

分层利用型生态农业系统的结构与功能分析

冷寿慈 韩祥铭 杨洪强 骆洪义 于贤昌 陈学刚*

(山东农业大学·泰安·271018)

摘 要 本文对岱密庵村“分层利用型”生态农业模式农业生态系统的结构,能流、物流及效益进行了研究。根据当地实际,将复合生态系统分为上层、中层、下层和庭院四个亚系统。研究结果表明,上、中、下三个亚系统的能量产投比分别为 1.513, 1.286 4, 12.569 6, 下层亚系统是系统内食物、饲料的主要能量来源,中层亚系统是系统内经济收入的主要来源,上层亚系统是中、下、庭院各亚系统发展的生态环境保障,高效的庭院系统是联结上、中、下三系统的枢纽。“分层利用型”生态农业模式,是山区生态农业建设的初等形式。在我省山区生态农业建设中具有普遍的指导意义。

关键词 分层利用 生态位 能流 物流结构 功能

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

Leng Shouci Han Xiangming Yang Hongqiang

Luo Hongyi Yu Xianchang Cheng Xuegang

(Shandong Agricultural University, Taian, 271018)

Abstract Constructure, energy flow, materials flow and benefits of eco-agriculture system about stratification utilization in Daimian village were researched. The compound eco-system was divided into four sub-system, they are upper layer, middle layer, lower layer and courtyard according to the local condition. The results show that the invest-rture ratio of energy in upper, middle, lower layer sub-system are 1.513, 1.2864, 12.5696, respectively. The lower layer sub-system was the main energy resource in food and feed for the system, the middle layer in economic incoming. The upper layer was the ecological environment ensure for the development of the middle, lower and courtyard sub-system. The courtyard with higher benefits was the key position to combine the upper, middle, lower sub-system. The eco-agriculture of stratification utilization was the primary type with a wide guiding action for developing eco-agriculture in mountain of Shandong province.

Key words stratification utilization ecologic inch energy flow materials flow constructure function

1 前言

窝铺山区生态农业建设研究试验区设在济南市历城区柳埠镇的窝铺流域, 该区海拔 300~877m, 在我省鲁中山区有一定的代表性。为了探索建立山区生态农业的适宜模式, 探讨适宜的途径与措施, 推动山区生态农业的发展, 我们从当地的实际出发, 根据生物与环境资源相适应, 共生互利的原则, 按照生物种群的生长特性和生态要求, 采用丰富、充实生态位的手段在该试验区的岱密庵村设立了“分层利用型”生态农业单元, 研究了“分层利用型”生态农业模式结构与布局, 以及适宜的工程技术措施、能流物流循环转化的特征和功能, 为促进山区生态农业系统的多样化和稳定性, 充分发挥系统的整体功能, 指导“分层利用型”生态农业单元向更高层次发展提供了依据。

2 基本情况与模式设计

岱密庵村位于泰山北麓, 窝铺流域的中部, 海拔 237~529m, 相对高度 292m, 交通方便, 具有发展商品经济的广阔前景。该村光热资源丰富, 年平均气温 11.8℃, 无霜期 171 天, 年平均降水 791mm, 光辐射量 520.3kJ/cm², 具有明显的山区小气候特征。土壤属棕壤, pH6.5, 土层薄, 结构差, 质地粗, 养分含量不高, 土壤侵蚀模数为 2400t/km²·a, 光照、热量和土壤状况基本能满足北方落叶果树和小麦、玉米、地瓜、花生生长发育的需要, 该村共有土地面积 8.6km², 1203 人, 其中男女劳力 710 人, 人均耕地 0.8 亩。过去由于过分强调粮食生产, 毁林开荒, 水土流失严重, 也未能充分发挥山区林果资源的优势, 农民生活困难。推行家庭联产承包责任制后, 经济发展较快, 但由于土地承包不完善, 农民技术素质低, 致使各层次资源得不到充分利用, 还存在着许多生态虚位或空位, 生态结构不合理, 功能不健全, 严重制约经济的发展和生态环境的改善。对此, 我们在对原系统进行系统分析的基础上, 运用植物生长过程的时空差异, 根据“生态位”原理进行多层布置, 按照海拔高度设计了“分层利用型”生态农业建设单元, 构成了一个上、中、下分层利用, 各取所需, 各尽其能的生物种群结构, 达到了既充分利用土地、光热资源, 提高系统整体功能又提高水保效益的双重目的。

3 “分层利用型”保水农业生态工程建设

在“分层利用型”生态农业建设中遵循工程措施与生物措施相结合的原则, 坚持了以治山治水为中心, 以植树造林改善生态环境为根本, 发展第一性生产的基础, 发展干鲜果品生产为骨干的技术路线, 进行了山地的综合治理。即在远山高山和 >25° 的地方采用鱼鳞坑、水平阶整地, 封山育林, 控制水土流失, 共整水平阶 350 亩, 建设以侧柏、刺槐为主的水土保持林; 山腰、近山及坡度介于 18°~25° 的地方, 退耕还林, 采用反坡梯田整地建设干鲜果品生产基地, 新栽苹果树 1000 株, 桃 2500 株, 杏 1200 株, 核桃 1000 株, 板栗 1200 株, 同时推行高接换头, 病虫害防治, 地膜覆盖穴贮肥水以及果园覆草等先进管理技术, 加强了老果园的改造, 提高了单位面积产量; 山脚下部, 通过秸秆还田, 增施有机肥料, 培肥土壤, 修筑地堰, 平整梯田, 健全排灌系统, 扩大水浇面积, 发展粮食生产, 确保了农田的高产稳产。先后整修地堰近 2000 条, 1.5 万余 m, 修建蓄水坝 5 座, 二级扬水站 1 座和 200m³ 的水池 3 个, 水窖 10 个, 扩大灌溉面积 2240 亩, 灌溉果园 400 亩, 解决了 400 口人, 150 头牲畜的用水问题, 加之农业结构的调整和先进农业生产技术的应用, 其中 50 亩丰产田实现了亩产吨粮。初级生产的发展推动了畜牧业的发展, 结合农村能源建设, 提高

了资源利用率,改善了环境质量,扩大了系统的能流,提高了系统的功能,初步形成了由“高山林业、中山果业、山下农业、家庭牧业”四个亚系统构成的分层利用型复合农业生态系统(见 60 页)。

4 “分层利用型”生态农业系统功能的综合分析

4.1 复合生态系统能流分析及各亚系统的能量输入输出分析

根据能流方向,将岱密庵村农业生态系统的能流划分为三类:

第一类:由系统外进入该系统的能流;

第二类:在系统内各亚系统之间流动的各种生物质流;

第三类:从系统中到系统外的能流,主要的输出系统的各种农、林、牧产品的能流和各组分的损失能量。

本文所用数据均采用实地抽样调查与典型调查相结合的办法取得,反映各层次输入产出的数据,力求在两个层次的界面上相互验证,对于一些影响较小的非生产性的或难以完全确定的项目,则通过查阅资料做了接近实际水平的估算。

4.1.1 岱密庵村农业生态系统的能流分析 表 1 为各种能流的流量。

表 1 复合农业生态系统的能流

项 目	能流量(10^{12}J)
农业机械	0.16422
化 肥	1.09446
农 药	0.16104
电 力	0.3644
农 膜	0.0491
底层亚系统输出	5.5917
中层亚系统果园输出	4.139
中层亚系统农田输出	2.6828
上层亚系统输出	6.9489
劳 力	3.2653
有机肥	2.1366
畜牧食品	0.2954
畜 力	0.22954
进入系统太阳能	20445.082

表 1 表明进入该系统的太阳生理辐射能为 $20\,445.8\times 10^{12}\text{J}$,系统所收获的净初级产品能量为 $19.362\,4\times 10^{12}\text{J}$,该系统光能利用率为 0.094 7%,占地面积仅为 2.595%的下层亚系统生产出了净初级产量的 28.876%,下部农田光能利用率为 0.69%。系统人工辅助能上、中、下三亚系统投入为 $8.199\,8\times 10^{12}\text{J}$,产投比为 1:2.361 27,投入折合 0.397 8GJ/亩,低于全国平均水平。因此增加系统的能量输入还是极为必要的。

4.1.2 下层亚系统的能量产出及效益分析 表 2 表明,下层亚系统的能量产投比为 1.513,其中工业能投入与产出比为 1:5.039 5,有机能为 1:2.163。说明工业能的投入更利于产量提高。在能量投入中的有机能为主,占 69.969%,劳力和有机肥分别为 31.105%和 23.209%,说明岱密庵的农业机械化水平低,劳力是下层亚系统的主要操作者。化肥、有机肥、根茬还田投入的能量分别占 21.878%、23.709%、7.854%,反映了该村在农田投入中所遵循的“有机与无机并重”的原则,避免了纯“石油农业”所带来的危害。在能量产出中小麦、玉米占总能量的 91.81%,菜田所占能量较少,菜田的栽培技术和投入尚待进一步提高。

表 2 下层系统的能量输入与产出

输 入				产 出			
项 目	数 量	折算能量 $\times 10^{12}J$	组成(%)	项 目	数 量	折算能量 $\times 10^{12}J$	组成(%)
种 子	2627.5kg	0.042	1.137	小麦籽粒	70537.5kg	1.1498	19.62
劳 力	16212.5	1.1470	31.105	小麦秸秆	11.49 万 kg*	1.5448	26.36
畜 力	5 个	0.22995	6.224	玉米籽粒	87975kg	1.4014	23.3
有机肥	400000kg	0.8760	23.709	玉米秸秆	87975kg	1.2844	21.92
根茬还田	194355kg	0.2902	7.854	菜田经济产品	10.0 万 kg	0.25	4.27
农 膜	300kg	0.042	1.137	菜园非经济产品	10.0 万 kg	0.23	3.92
农 药	190kg	0.03894	1.054				
N 肥(氢铵)	3450kg	0.7882	21.333				
P 肥	7500kg	0.02016	0.545				
电 力	1800kw	0.1278	3.459				
农业机械	40 马力	0.0924	2.50				
合 计		$3.6947 \times 10^{12}J$		合 计		$5.8604 \times 10^{12}J$	

表 3 下层亚系统能量流向

项 目		数 量	折合能量(10 ¹² J)	所占比例
家 庭 亚 系 统	下层亚系统根茬还田	194355kg	0.2902	5.19
	中层亚系统秸秆覆园	12750kg	0.1862	3.33
	畜牧业	707550.25kg	1.1404	20.39
	农民食用	192881.875kg	1.7087	30.56
	农村建筑用	3000kg	0.0438	0.78
	农村烧柴	131734.35kg	1.9233	34.40
	有机肥转化	13000kg	0.3212	5.74%

表 3 表明, 下层亚系统的能量分配情况。能量总产出中, 作物留茬而返回本系统的 5.19%, 流入中层亚系统的 3.33%, 亚系统流向 P·S 系统的能量为零, 经济产品全部进入农民食用和畜牧业, 流向农民烧材的为 34.40%。说明流向分配虽已改善, 总利用仍不合理, 资源浪费严重, 尚待进一步调整。

表 4 下层亚系统的栽培能投入与能效比较

项 目	岱密庵	上海市	宁波地区	全国
栽培能总量(MJ/亩)	12122.6	10338.2	8150.1	4288.6
其中无机能(MJ/亩)	3637.9	4081.8	1680.7	980.4
产出能(MJ/亩)	19214.4	23777.8	20375.4	7743.7
产出能/总栽培能	1.513	2.3	2.5	1.8
产出能/无机能	5.0395	3.8	12.1	7.9

从表 4 中, 我们看到岱密庵村单位面积上栽培能投入多, 但栽培能利用率低, 产投比为 1.513, 其中无机能与产出能之比为 1:5.0395 也较低。说明岱密庵村的栽培能量投入达到一定水平, 投能结构和其他技术没有相应的改善提高, 使其效益下降。因此岱密庵村的栽培技术和管理应进一步提高。

4.1.3 中层亚系统的能量及效益分析

表 5 表明, 中层亚系统的能量产出为 $6,814.4 \times 10^{12}J$, 投入为 $5.3062 \times 10^{12}J$, 产投比为 1.2840。在输入亚系统的能量中有机肥、根茬还田(落叶、果园覆草)分别为系统投入量的 23.25%, 19.66%, 而工业能投入为 13.29%, 说明中部以有机能为主。劳力占总投能量的 39.50%, 这说明中层亚系统特有的状况要求手工操作多。能量总产出中果品占产出量的 41.5%。

表 5 中层亚系统的能量产出与投入

输 入				输 出			
项 目	数 量	折算能量 $\times 10^{12}\text{J}$	所占比例(%)	项 目	数 量(kg)	折算能量 $\times 10^{12}\text{J}$	所占比例(%)
种 子	28005kg	0.1925	3.629	果 品	9650025	2.8049	41.15
劳 力	19206.23	2.093	39.50	果 叶	232497.2	0.7909	11.61
有机肥	60000kg	1.5605	23.75	枝 柴	106931	0.5361	7.86
根茬还田	235676.351kg	1.04296	19.66	作物经济产品	231750	1.4367	21.08
电 力	2000kw	0.2306	4.3459	作物非经济产品	67344.28	1.2458	18.28
农业机械	24 马力	0.05944	1.1202				
农 药	510kg	0.1221	2.301				
化 肥	1	0.2861	5.392				
农 膜	50kg	0.007	0.1319				
合 计		5.306210 ¹² J		合 计	6.8144 $\times 10^{12}$ J		

总产量为 965 002.5kg。果园产投比为 1.66 : 1,农田投比为 1.385 5 : 1。说明了果业能量效益低,其栽培能输入输出密度小(与下层农田相比)。农田总能量输出为 2.682 5 $\times 10^{12}$ J,占总输出量的 39.36%,表明中层亚系统要把果园和农园紧密地结合起来,才能取得良好效益。

表 6 中层亚系统的能量流向

项 目	数 量	折合能量($\times 10^{12}\text{J}$)	所占比例(%)
根茬还田,果叶归还	222926.35kg	0.85681	11.111
农户消费		0.62341	9.142
畜牧业		1.1240	16.48
农村烧柴	138529.5kg	0.73608	20.79
加工业	700kg	0.0161	0.023
农村建筑秸秆	1000kg	0.0146	0.021
商品输出	978200kg	2.738	40.61

从表 6 中我们看到,系统商品输出和农户消费分别为能量的 40.61%,9.142%,表明系统的商品率提高。中层输给畜牧业的能量为 1.24 $\times 10^{12}$ J,与下层亚系统 1.140 4 $\times 10^{12}$ J 相当,重视中层农田对畜牧业影响较大。在中层能量输出中,直接流向下层亚系统的能量没有,而农村烧柴仅为 0.736 08 $\times 10^{12}$ J,表明中层亚系统的能量浪费小于下层亚系统。因此增加果树管理,提供更多修剪枝条将改变农村能源状况,中层系统的副产品较多,怎样合理利用,仍需继续探索。

表 7 中层亚系统各类土地蓄水保土量

项 目	面积(亩)	每亩蓄水量(m^3)	每亩侵蚀量(m^3)	土壤侵蚀量(m^3)	保水量(m^3)
果园坝头田	150	50	0.1	15	7500
果园水平梯田	800	40	0.50725	40058	3200
果园坡式梯田	450	25	0.6335	285.075	11250
农田坝头田	110	50	0.1	11	5500
水平梯田(果农间作)	400	40	0.50669	202.67	16000
同类面积稀林区	2010	10	1.19	1477.575	20100

中层亚系统各类土地面积蓄水保土见表 7。表明坝头田、水平田单位蓄水多,土壤侵蚀量小。若中层亚系统全部为稀林草地,则减少蓄水量 23 350 m^3 ,增加土壤流失 477.525 m^3 。若土壤多蓄水中的 40%渗入土壤,则相当于 9 340 m^3 渗入下层亚层系统,按每 m^3 水 0.2 元计算,则为 1 868 元,折合能量为 0.050 8 $\times 10^{12}$ J。每立方米沙按市场价 8.6 元计,则相当于 12 706.715 元。水土流失的减少则减轻了对蓄水坝,土壤坝和河道的淤积程度,其社会效益极大,相当于为下层亚系统

增加能量 $0.090\ 98\times10^{12}\text{J}$ 。

4.1.4 上层亚系统的能量及效益分析 上层生态系统多在高山远山地带,主要为疏林荒山,草地和林地,对于涵养水源,保持水土具有主要作用。

表 8 上层亚系统的能量产出与投入

输 入				输 出			
项 目	数 量	折算能量($\times10^{12}\text{J}$)	所占比例(%)	项 目	数 量(kg)	折算能量($\times10^{12}\text{J}$)	所占比例(%)
苗 木	1500 元	0.408	73.8	刺槐林木材	195.8m ³	0.0015	0.02158
劳 力	10350 个	0.13405	24.24	落 叶	211936kg	3.030	43.6
工程机械	5 马力	0.01238	2.238	侧柏林木材	24.725m ³	0.0002	
				落 叶	61836kg	0.9054	13.03
				草 地	1204226.87kg	3.01	43.315
合 计		0.55283		合 计		6.9489	

从表 8 可看到,上层亚系统的能量产出为 $6.948\ 9\times10^{12}\text{J}$,其能量产投比为 12.593 6。从表中我们看到林地和草地的生长量都是极小的,侧柏林幼林每年蓄积量为 $0.16\text{m}^3/\text{亩}$,成林 $0.055\text{m}^3/\text{亩}$,刺槐幼林为 $0.03\text{m}^3/\text{亩}$,成林 $0.152\text{m}^3/\text{亩}$ 。草地面积的生产量极低,相当于 547.375 个草地单位。因此从长远观点看,开发利用荒山造林植草,其经济效益并不显著,或者具有负效益。

表 9 上层亚系统能量流失状况

项 目		蓄水体积(m ³)	土壤侵蚀量(m ³)
林	稀林地	800	917.2
地	中稠林	28000	466.69
草	稀林地	25000	3087.56
地	中稠林	6000	100
减少流失		32000	5762.4

表 9 表明上层亚系统植林种草多蓄水 $3\ 200\text{m}^3$ 减少水土流失 $5\ 762.4\text{m}^3$,其效益相当大。若折算为能量,按 40% 的水渗入土壤,相当于 $10\ 800\text{m}^3$,折合人民币 2 160 元,每立方米土沙为 8.6 元则相当于人民币 44 396.64 元。其生态社会效益是无法计算的。抓好上层亚系统的建设是极其重要的。

4.1.5 庭院经济亚系统的能量分析 岱密庵村农户庭院占地面积为 180 亩,做为分层利用来说是一个不可忽视的层次,是复合生态系统的一个重要组成部分,也是一个“人类社会——环境——生物”组成的复合系统,高效的庭院亚系统是复合生态系统走向高效的基础。

表 10 庭院经济亚系统对有机能的转化利用

输 入				输 出			
项 目	数 量	折算能量($\times10^{12}\text{J}$)	所占比例(%)	项 目	数 量(kg)	折算能量($\times10^{12}\text{J}$)	所占比例(%)
系统内食物投入		2.6252	23.77	劳 力	259150(2)	3.2653	51.21
外部输入的饲料	85000kg	1.9853	17.98	畜牧主产品	23520kg	0.2954	4.6335
畜牧业系统内投入		2.2644	20.51	畜 力	5 个	0.22955	3.606
畜牧业劳力投入	5781.5 个工	0.0728	0.6592	畜牧粪便	3000	0.7691	12.06
加工业能量	700	0.0087	0.0787	人粪尿及其他	7500000	1.3675	21.45
有机秸秆沤肥		0.7782	0.705	加工业		0.0161	0.2525
农村烧柴	290963.85	3.0035	27.18	庭院林木	26800kg	0.4368	6.852
其他形式投入		0.308	2.789				
合 计		11.04295		合 计		6.3754	

表 11 可以分析出,庭院亚系统是各个亚系统的能量转化枢纽,消化了中、下两亚系统的食物能量为 $2.6252 \times 10^{12} \text{J}$,其中下、中两层各占 65.4%、34.9%,进入畜牧业的总能量为 $2.3372 \times 10^{12} \text{J}$,其产出为 $1.2944 \times 10^{12} \text{J}$,产投比为 0.566:1,其中精饲料占总投能的 69.24%,在庭院亚系统能量产出中,畜牧业占 20.29%,其比例和产出能量少,说明畜牧业应进一步发展。

庭院加工还不发达,主要是技术不过关,产品质量差,销路差,目前仅是一些简单的食品加工工业。在农村能源中,烧柴占能量总投入的 27.18%。

表 11 各亚系统对庭院亚系统的投入及庭院对各亚系统的投入比例

输 入				输 出			
项 目	能量($\times 10^{12} \text{J}$)	占所在亚系统比例	占系统比例	项 目	能量($\times 10^{12} \text{J}$)	占所在亚系统比例	庭院输出比例
下层亚系统	5.1153	91.48%	61.17%	下层亚系统	2.25295	60.91%	39.14%
中层亚系统	3.24619	47.45%	38.83%	中层亚系统	3.35786	63.28%	58.34%
上层亚系统	/	/		上层亚系统	0.14483	26.44979%	25.12%
合 计		8.26149		合 计		5.75563	

表 11 中说明上、中、下各亚系统对庭院的投入能为 $8.36149 \times 10^{12} \text{J}$ 输入各亚系统为 5.75563,转移率为 68.83%。各亚系统对庭院的输入比例不一样,中、下各亚系统比例为 61.17%、38.83%。(上层死封,暂不流向庭院),各占百分比例为 91.48%、47.45%,说明庭院下层亚系统对庭院输入占其系统的绝大多数。庭院亚系统输出能流上、中、下三个亚系统的比例分别为 39.14%、58.34%、25.12%,分别占其亚系统的 60.97%、63.28%、26.44979%,进而表明庭院亚系统的对各亚系统的输入是极其重要的。因此建立高效的庭院经济对提高分层利用的转化效率是十分必要的,岱密庵村的庭院经济系统尚需进一步发展。

4.2 复合生态系统的养分循环及平衡分析

能流和物流是反映系统结构与功能的两个主要标志,养分平衡关系到系统的持续发展。

4.2.1 系统的 N 素流程 投入系统的总 N 量为 13 535kg,其中下层、中层亚系统分别为 6 190.5 055kg。中层亚系统产出为 4 593.815kg,下层亚系统输出为 404 405kg,中、下两层的 N 素利用转化率分别为 47.82%、44.79%,这与韩纯儒论述的农田 N 的生产效率基本一致(1993)。中、下两亚系统流给庭院亚系统分别为 2 737.643kg、3 786.267kg,占产出能的 59.59%、93.63%,基本上与能量输入一致。庭院流失 3 098.008kg N,其中烧柴 1 580.70kg,畜牧业 483.14kg,人类消费流失 1 002.961kg,建房 31.2kg。因此改变能源建设增强畜牧业转化对减轻 N 素损失有利。

4.2.2 中、下两亚系统的养分平衡分析

①下部亚系统的养分平衡概算

表 12 下层亚系统的养分输入与输出

输 入				输 出			
项 目	N(kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O(kg)	项 目	N(kg)	P ₂ O ₅ (kg)	K ₂ O(kg)
化 肥	6037.5	1500		小麦秸秆	476.132	190.45	571.3601
雨 水	152.5			小麦籽粒	1467.18	493.7625	352.6075
根茬还田	161.2511	75.8064	162.4515	玉米籽料	1126.08	527.85	351.90
有机肥	2627.16	1010.1184	1958.4	玉米秸秆	617.5945	316.71	475.065
种 子	50.42	18.6375	13.0625	菜园产品	357.543	125.075	415.6362
合 计	9028.83	2604.6279	2133.914	合 计	40444.05	1418.68	2166.33

表 12 表明下层亚系统各养分的输入与输出状况。其中输入 9 028.83kg N, 2 604.627kg P_2O_5 , 2 133.914kg K_2O , 折合每亩 29.603kg N, 8.539 8kg P_2O_5 , 6.996kg K_2O , 其投入水平相当高的, 其回收利用率分别为 44.79%、54.367%、100%, $N < P < K$ 。

表 13 N 、 P_2O_5 转化投入对比

项目	总产出/投入	有机投入/产出	无机投入/产出
N	1 : 2.2326	1 : 1.4245	15.306 : 1
P_2O_5	1 : 1.8395	1 : 1.2853	1.057 : 1

从表 13 中我们可以看到, P_2O_5 的投入产出比大于 N, 而 P_2O_5 的有机投入产出比大于无机投入产出比, 说明对山地农田来说应增加有机肥投入, 培肥土壤。若按无机 N55% 利用率, 有机 N35% 的利用率, 则系统盈余 40.75kgN, P_2O_5 有机利用率为 20%, 无机按 40% 计算, 则 P_2O_5 亏损。其中的 N 投入 < 产出, K 肥基本平衡。因此今后应提高 K 肥、P 肥的投入。

② 中层亚系统的养分循环平衡概算

表 14 中层亚系统的输入产出

输 入				输 出			
项 目	N(kg)	P_2O_5 (kg)	K_2O (kg)	项 目	N(kg)	P_2O_5 (kg)	K_2O (kg)
化 肥	4050	200		农 田	2538.77	140.6	2311.939
有机肥	3067.06	1230.84	2438.4	果 园	2055.045	521.93	1197.3135
根茬还田	59.01725	156275	27.2275				
降 雨	1005						
种 子	127.5136	18.839	76.205				
树 叶	1297.1436	432.38	864.26				
合 计	9605.895	1897.68	3376.513	合 计	1593.805	1312.53	3509.2525

我们通过表 14 可以分析, 系统总产出 1 593.805kgN、1 312.533kg P_2O_5 、3 509.252 5kg K_2O , 而投入为 9 605.895kgN、1897.68kg P_2O_5 、3 376.513kg K_2O , 其产投比分别是 N 1 : 2.091, P_2O_5 1 : 1.445 8, 转化率利用率 N 为 47.83%, P_2O_5 69.165%, 但 N 、 P_2O_5 的利用率仍需进一步提高。K 肥其转化效率高, 若除去果叶回田, 根茬还田的量, 则系统 K 肥是盈余的。其有机 N/产出 N 为 1 : 2.110 7, 无机 N/产出 N 1 : 1.900 2, 说明有机 N 的投入对中层亚系统是非常重要的。同时由于果叶归还和根茬还田占养分投入相当比例。系统的养分恢复较快。

4.3 系统的分层利用价值

由于各亚系统在复合生态系统中生态的不同, 其价值状况不相同。所起的作用不同。

表 15 岱密庵复合生态系统总产值状况

项 目	资金总投入	产出总值	资金产投比	劳动生产率	所占总系统比例
下层亚系统	64669.85	161539.48	2.4979 : 1	9.9638	8.283%
中层亚系统	108648.56	1071562.5	9.8626 : 1	21.7769	54.9457%
上层亚系统	2000	280148.8	14.007 : 1		14.36%
庭院亚系统		436967			22.40%
总系统		1950217.73			

岱密庵村的产值的状况如表 15, 总系统年总产值为 1 950 217.73 元, 其中各亚系统所占比例中层 > 庭院 > 上层 > 下层。其中庭院为 22.406%, 中层亚系统为 54.945 7%, 说明中层亚系统在岱密庵村总产值中占有极其重要地位。上层生态亚系统由于死封和林草生长慢, 直接经济效益小, 人们难以投入大量资金, 但上层具有重要的生态效益。因此, 在保证中、下两层亚系统的资金

状况下,应加大对上层亚系统的投入,充分发挥其生态效益。

岱密庵的经济纯收入来源中主要来自商品(果品)输出和劳务输出,其中中层亚系统为 926 950 元,庭院收入 253 100 元,合计 1 180 050 元,人均 980.922 元,其投向亚系统为 49 669.85 元,中层亚系统 59 080.915 元(注家庭畜牧业商品输出与人购买的食用大油、肉基本平衡,据统计,每人每年需 20kg 肉油),表明了中层亚系统的收入直接与下中上的投入有关。

5 分层利用的生态经济效益分析

5.1 生态效益

1. 森林覆盖率已由 1990 年的 34% 上升到 37.48%, 植被覆盖率已由 55% 上升到 65.92%, 蓄水保土能力大大增强。

2. 土壤有机质含量略有提高。土壤侵蚀减少 $7\,240.15\text{m}^3$, 多增蓄水容量 $35\,350\text{m}^3$ 。侵蚀模数由原来的 $1\,720\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$, 下降为 $1\,277\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$ 。

3. 中、下两层亚系统 N 素转化率为 46.35%, 略有提高。

4. 系统总光能利用率为 0.094%, 其中下部已有 50 亩年平均粮食产量 1 100kg 以上, 高产带动开发田也达到 900kg 以上, 其光能利用率达到 0.69%。

5.2 经济效益

1. 系统商品收入人均 980.922 元, 比 1990 年的 735 元提高 33.442%。

2. 资金产投比(上、中、下三层)为 1:7.114, 劳动生产率为 18.849 元, 每劳力年净收入 1 662 元, 比 1990 年提高了很多。

3. 系统(中层)商品率由原来的 80%, 上升到 86.49%。

5.3 社会效益

1. 三年的试点工作, 使得经济收入逐步提高, 经济的收入使人民生活水平提高, 从而推动了精神文明的建设。

2. 该村适龄儿童入学率已达 100%, 农民的科技文化素质逐步提高。科学种田逐步深入人心, 群众对地膜覆盖, 果园覆草, 良种良法配套栽培, 小麦精播, 玉米高产栽培, 果树修剪与管理等技术普遍推广应用, 市场观念和经营观念也有了新的提高。

3. 较高的经济收入, 增强了人民的生态意识。山区植被得到了很好的保护, 农村生态环境有了很大的改善。

6 讨 论

山地的分层利用是遵循生态位原理, 但各层次的关系及处理仍必须遵循“整体, 协调, 循环, 再生”原理, 做到各层次的合理配置, 各层次的利用也不是界限分明的, 而主要依据山地特点做到宜林则林, 适草则草, 做到生态特性与环境条件相吻合。

岱密庵的“分层利用型”的上、中、下、庭院四个系统的关系影响是间接的。上层生态亚系统的蓄水保土, 涵养水源, 为中、下两层减少水土冲刷, 灾害防护设立了屏障。提高了中、下两层的水量来源和减少养分流失。中层亚系统是经济收入的主要来源, 它的高额收入有利于增加上层、下层两亚系统的投入, 增加上层的生态效益和下层的能量投入, 又有利于自身发展。下层生态亚系统是系统内食品和饲料的主要来源, 是系统得到稳定的基础。庭院生态系统是将上、中、下亚系统相互影响的转化枢纽, 它通过能量的输入输出影响上、中、下各层次的关系。因此四个亚系统是相互

作用,互不可分的。

岱密庵的分层利用虽然取得很大进展,但从系统发展的长远观点来看,还应做好以下几点:

6.1 调整优化产业结构,建立城郊型农业体系,提高综合生产力,振兴农村经济

本系统具有较高的第一性生产力,急需开拓与之相适应的第二、第三产业,因此,要充分利用毗邻济南市的城郊“边缘效应”优势和交通便利的条件,根据市场导向和生态位原理,以肉蛋果作为基础,从深层产品开发入手,发展深层次加工,向城市商品经济推进,融入商品经济大循环,形成软硬结合,优势互补的农村产业结构。

6.2 加强生态工程建设,重视层次利用,搞好有机废弃物的多级循环与资源转化

运用生态工程原理,根据各亚系统的资源特征,搞好分层利用,建立起有机物多层利用的食物链结构。对系统的草地、林地资源与养殖存在生态位进行合理利用和改善,结合市场需要,适当扩大畜禽饲养规模和提高集约经营,改善资源转化效率,并开拓腐食链和加工链等非存在生态位,使得有机物多级开发利用,减少资源浪费。

6.3 建立技术服务体系,提高分层利用效益

建立健全技术服务体系,对上、中、下各亚系统根据其资源特征加以合理利用。下层利用,从种植制度,优化模式,节能技术以及品种的生态筛选等统筹进行,注意投入和效率的量化关系,提高第一性生产,中层通过各果树的合理配置,做到名、优、特、新、少相结合,提高经济效益,上层加强薪炭林、水源林、防护林等的配套,提高生态功能。

6.4 重视科技投入和劳动力的改善

知识、信息、技术已成为现代社会重要的资源因素。高层次的利用和维护都需要高素质的劳动者,特别是岱密庵这样的资源开发利用,更需要的是智力的超前或同步。

7 结 语

岱密庵的“分层利用型”农业生态系统在鲁中山区具有一定的代表性,本系统的特征可以反映出鲁中山区分层利用的轮廓,对山地要做到防止水土流失分层合理利用自然资源,改善生态环境,不断提高生产力是鲁中山区发展的方向。

农学专业87级学生赵传庆,88级学生张锋、鞠远江、王德升、赵希志,89级学生梁付生参加部分研究工作。

(上接第63页)

2.4 为山区生态农业建设的深入发展奠定了理论基础

在生态农业建设的理论研究方面,如对三类生态农业模式的结构功能与能流物流分析;无公害果品、蔬菜基地的建立及其配套技术的研究;森林植被涵养水源,保持水土效能的研究;山区果树丰产优质、栽培技术及其生态功能的研究;山区土地利用规划,土壤建设与培肥方式的研究;粮食高产栽培节能技术的研究;山区合理畜群结构和畜牧生态系统能流特性的研究;农村能源建设及生态效率的研究等等,大大丰富了生态农业的理论,为完善生态农业的理论体系作出了贡献,为在更大范围内推行生态农业建设提供了理论依据,它将在生态农业的深入发展中发挥应有的作用。

参加此项研究工作的还有韩祥锦、李德生、骆洪义、杨洪强、杨全明、于贤昌、魏钦平以及历城区政府、柳埠镇政府有关部门的同志。