

529-536

296370(13) www.cqvip.com

晋东豫西旱农试验区农业生态系统能流特征

高德明 陈丽娟 胡芬 梅旭荣

(中国农业科学院农业气象研究所, 北京, 100081)

5181,
5282

A **摘要** 以晋东豫西旱农试验区——山西省寿阳县宗艾镇宗艾村农业生态系统为研究对象, 分析了农田、果园、林业和畜牧业等亚系统能量流动途径、人工辅助能输入、能量产出、能量结构偏差以及能量转化效率等能流特征。结果表明, (1) 由于能量投入低, 尽管利用效率较高, 但能量产出仍处于低水平阶段, 农田生态系统的有机能投入和人工辅助能总投入很低, 低于1979年全国平均水平, 但能量产投比较高。增加人工辅助能投入、提高有机能投入比例和降低无机能投入比例, 能够提高能量产出和能量利用效率。(2) 初级生产和次级生产系统之间的能量结构偏差很大, 初级生产所提供的生物能浪费严重。大力发展畜牧业是协调初级生产和次级生产系统之间关系、提高整个系统能量产出的一条有效途径。

关键词: 旱地农业, 农业生态系统, 能量流动, 特征。

ENERGY FLOWING OF AGRICULTURAL ECOSYSTEM IN DRYLAND FARMING EXPERIMENTAL SITE BETWEEN EASTERN SHANXI AND WESTERN HENAN PROVINCE

Gao Deming Chen Lijuan Hu Fen Mei Xurong

(Agrometeorological Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081, China)

Abstract Taking the Zongai village, the dryland farming experimental site between eastern Shanxi and western Henan Province as study unit, this paper studied the energy flowing in different sub-systems of crop field, orchard, forest and animal husbandry. The ways of energy flow, structure of supplementary energy input, composition of the input and output energy for different sub-systems, and the relation of energy flow in sub-systems and energy transform efficiency were analyzed. The results showed that (1) organic and total supplementary energy input of agriculture field system was lower than mean level of the whole country in 1979; The ratio of energy output to input was high; The input of organic energy could greatly increase energy transformation efficiency and energy output. On the contrary, the input of inorganic energy could decrease efficiency; (2) the deviation of energy between primary and secondary production was too large. The waste of organic energy provided by primary production system was much serious. Developing animal husbandry would be an effective way to ordinate the relationship of cropping and raising system and

收稿日期: 1996-01-25, 修改稿收到日期: 1996-12-27.

increase energy output.

Key words: dryland farming, agricultural ecosystem, energy flow, characteristic.

任何生态系统的存在、运动、发展和变化都依赖于能量。在农业生态系统中,各种物质和能量的交换和转化过程称为生态过程,物质和能量转化的通量、速率和传递效率称为生态效率。为了使农业生态系统内的生态过程更好地满足人类的需要,人类通过各种措施调节能量的流向、流量及转化效率,形成人工生态过程。如何使得构成农业生态系统实体的无机环境、初级生产和次级生产之间的能量在性质和数量方面匹配、流动畅通和速率协调,便成为农村区域经济发展中农林牧结构优化和调整的根本问题,解决该问题的首要工作是对农业生态系统的能量流动特征作全面的分析和了解。

我国北方旱地农业综合发展历史悠久,是国内贫困地区之一,又是重要的农业生态经济区。该区的农业发展一直受到领导者、科技工作者的极大关注,其发展模式一直争论不休,很多方面的专家都认为农业结构单一,农林牧三者比例失调,急待解决,^[1,2]仅从经济角度出发的一些技术经济指标难以揭示其本质问题。然而,从能量观点对农业生态系统加以分析则是一个全面且能定量的办法。这种办法可以客观地反映农业生态系统各成分之间的最基本和最本质的关系^[3]。

本文以晋东豫西旱农试验区——山西省寿阳县宗艾镇宗艾村为研究对象,分析该农业生态系统的能流特征,揭示系统运行存在的能流通量、能流方向与亚系统间能量结构不协调问题,旨在为合理调整晋东豫西旱地农业生态系统能量流动途径、方向与通量提供依据,提高系统能量产出,促进农业生态系统良性循环,农业健康持续地发展。

1 试验区概况与研究方法

1.1 试验区概况

经过大量调研和论证,晋东豫西旱农试验区设于山西省寿阳县宗艾镇宗艾村。从试验区的地形地貌、气候条件、自然资源、社会经济资源、农业生态系统的结构和生产力水平来看,宗艾村在晋东豫西地区具有一定的代表性。试验区位于晋中东部,黄土高原东部边缘,海拔1100m,年降水量510mm左右,年平均气温7.4℃,活动积温2600~2900℃,无霜期125~140d,春秋霜害严重。宗艾村人口2977人,劳动力716人,农业劳力274人,主要由如下子系统构成:居民区55.99hm²、农田443.51hm²、果园4.64hm²、林地6.78hm²、荒山坡地239.08hm²。农业生产中的种植业“一头倾”的现象严重,长期以来,以粮食为主、玉米为主的单一格局一直占主导地位。1990年种植业产值占农业总产值的87%,而畜牧业产值只占9%;玉米播种面积达种植面积的65%之多,而经济作物的播种面积不足7%。由于干旱严重、灾害频繁,再加上粮食效益差,农民经营农业的积极性低,不愿增加农业的各项投入,农业生态系统综合生产低而不稳,经济效益低,恶性循环。

1.2 研究方法

本研究以宗艾村1981~1993年各种农产品及农用物资的统计数据作为背景,折算出各项能量值,以子系统为研究单元,进行能量投入产出及统计分析,客观地反映农业生态系统各成分之间的最基本最本质的关系,揭示农业生态系统结构比例关系、初级生产与次级生产之间能量的流向、流量与转化效率。

1.2.1 物质的折能系数 农业生态系统内外物质流量的计量单位各不相同,但都可以转换为其本质属性能量。将各种物质统一能量单位(焦耳(J))来表示,更有利于定量研究特定的系统,根据系统所处的背景,本文能量折算参数主要采用闻大中、骆世明和韩纯儒的方法和标准^[4-6]。

1.2.2 太阳辐射能 作为农业生态系统最基本的能量来源,太阳辐射能在本质上确定该系统的功能特性并表达其输出水平。运用下面模型计算太阳辐射能:

$$Ra = (Q + q)[1 + 0.098(\lg Z - 2)](0.202 + 0.643n/N') \quad (1)$$

[1] 刘翼浩. 我国半干旱地区农业发展的潜力、模式与出路. 北方旱地农业综合发展与对策研讨会暨旱地农业开发经验交流会交流材料. 三门峡. 1993

式中 R_a 即为太阳总辐射; $(Q+q)$ 为晴空条件下的太阳总辐射可能值; Z 为海拔高度(寿阳海拔 1060.4m); n 为日照时数; N' 为实际可能日照时数 n/N' 为实际日照百分率。气象数据来源于寿阳站(离试验区 6km 左右); 劳动力按每年工作 300d、畜力每年 250d、每天工作 8h 计算能量投入。

2 结果与讨论

农业生态系统的能量输入有两大类, 太阳辐射能和人工辅助能, 人工辅助能又包括人力、畜力, 有机肥在内的有机能和机械, 电力, 化肥, 农药, 燃油等无机能源。如果人工辅助能输入中的绝大部分是无机能源, 则该系统的自给能力很差; 如有机能输入占总输入的比例较高, 则说明该系统的自给能力较强。因此, 有机能源在农业生态系统内部不同亚系统之间的通量和利用状况在一定程度上反映了系统的自我维持能力。

宗艾村农业生态系统由生产性亚系统和非生产性亚系统构成。本文主要对农田、果园、林地和畜牧业等生产性亚系统的能流进行分析。

2.1 宗艾村农田生态系统的能流分析

农田生态系统通过农作物光合作用转化太阳辐射能, 形成初级生产力, 它是整个农业生态系统生产力的基础。对农田生态系统能量投入除太阳辐射外主要包括两类: 一是有机能, 主要包括投入农田的劳动力、畜力、种子和有机肥料等; 二是无机能, 主要包括化肥、农药、农业机械、农具、柴油、塑料薄膜和电力等。农田产出能主要是经济产出、作物秸秆和根系等非经济产出。80年代以来, 宗艾村农田生态系统能量输入输出见表1。由表1可见宗艾村农田生态系统能流特征。

表1 农田生态系统能量输入输出状况

Table 1 Energy input and output of crop field system ($10^{10}J/hm^2$)

年份	有机能比	每公顷有	每公顷能	能流循	经济产出	非经济产出	每公顷产出	产投比
Year	Ratio of organic to inorganic energy input	Organic energy input per hm^2	Total energy input per hm^2	Ratio of organic to total energy input	Energy output for economy	Energy output of non-economic matter	Total energy output per hm^2	Ratio of energy output to input
1981	0.15	1.89	14.70	0.1286	2099.50	2492.50	10.23	0.70
1982	1.56	1.91	3.14	0.6083	2419.50	2910.92	11.96	3.81
1983	1.36	1.79	3.11	0.5756	2301.28	2849.11	10.93	3.51
1984	1.40	1.85	3.18	0.5818	2451.53	2638.77	11.42	3.60
1985	0.49	1.71	5.20	0.3288	2069.58	2080.09	10.03	1.93
1986	0.40	1.68	5.84	0.2877	1925.44	2086.71	9.91	1.70
1987	0.78	1.69	3.84	0.4401	2806.84	3109.57	13.72	3.57
1988	1.04	1.68	3.30	0.5091	2850.97	3293.35	13.99	4.24
1989	0.85	1.66	3.61	0.4598	2888.91	3251.84	14.61	4.04
1990	0.61	1.73	4.58	0.3778	3394.06	3704.28	16.89	3.69
1991	0.53	1.71	4.94	0.3462	2014.03	1999.37	9.68	1.96
1992	0.38	1.77	6.40	0.2766	2902.86	3223.70	13.70	2.14
1993	0.61	1.77	4.70	0.3766	2168.51	2206.20	9.90	2.10
平均	0.78	1.76	5.12	0.4074	2848.08	2757.42	12.07	2.85
Mean								

* 有机能投入占总能量投入的比例称为能流循环指数

2.1.1 人工辅助能投入较低 人工辅助能投入平均为 $5.12 \times 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ 低于1979年全国平均水平 $6.43 \times 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$,更低于高产区的 $1.244 \times 10^{11} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ [7] 能量产投比为2.85,高于1979年高产地区水平2.43,但单位面积的能量产出只相当于高产区的40%。由于农业生产技术的进步,能量利用效率得到了提高,但能量产出仍处于很低的水平,这主要是由于投入低的缘故,该地区80年代以来平均每年每公顷耕地的能量投入水平只相当于1979年全国高产地区能量投入的41.16%,全国平均的79.63%。人工辅助能投入低,严重影响太阳能到生物能质的转变,降低了农业生态系统的总的能量产出。基础薄弱,投入不足,从根本上制约着该地区农业经济的发展。

2.1.2 有机能投入偏低,能流循环指数低 在人工辅助能投入中,有机能的投入占总能量投入的比例称为能流循环指数(CREF):

$$CREF = OEI/SEI \quad (2)$$

式中CREF表示能流循环指数;OEI表示有机能投入;SEI表示人工辅助能投入。

能流循环指数反映了农业生态系统内部亚系统之间协调关系和能量利用状况,是反映系统稳定性、自我维持能力和持续发展的一个指标。

从1981~1993年,宗艾村对农田生态系统的有机能投入平均为 $1.76 \times 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$,能流循环指数仅为0.4074。而1979年全国平均有机能投入已达 $4.96 \times 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$,高产地区达到 $8.62 \times 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$;能流循环指数全国平均0.7714,高产地区达到0.6929 [7,8]。

可见,宗艾村农田生态系统有机能投入只相当于80年代以前全国平均水平的35.48%,能流循环指数只相当于全国平均的52.81%;相当于高产区的20.42%和58.80%。有机能投入低,能流循环指数低,稳定性差,抗灾能力低。旱农地区农田有机能投入低,一方面说明有机肥源不足,劳动力投入不足,另一方面说明种植业和养殖业能量结构不合理,有机能利用效率低。

2.1.3 无机能投入相对较高 宗艾村农田生态系统辅助能投入不但水平低,而且有机能与无机能比值也低,这并不说明该地农业现代化程度高。宗艾村煤炭资源丰富,是农村电力和燃料的主要能量来源,但不够重视,使用不当,管理不善。对农田系统投入的电力、农用机械、柴油等无机能利用效率低,浪费严重,使得无机能投入相对较高。

2.1.4 能量产投比与人工辅助能投入关系 由表1可知,近10a来,宗艾村的人工辅助能投入为 $5.12 \cdot 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$,产出能为 $12.07 \times 10^{10} \text{J}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$,水平较低;但能量产投比平均值为2.85,属于高水平 [9,10]。因此有必要对能量产投比和人工辅助能投入结构作进一步分析:

①能量产投比(R)与无机能投入量I(单位为 MJ/hm^2)呈极显著负相关($R=0.7828^{**}$);

$$R = 3.8156 - 0.0000289I \quad (3)$$

表明每公顷农田增加1MJ能量的投入,能量产投比将会降低0.0000289。

②能量产投比(R)与投入结构S(有机能比无机能)和辅助能投入量SEI呈极显著相关:

$$R = -3.089SEI^2 - 0.0000000007848S^2 - 0.0001S \cdot SEI + 9.57SEI - 0.00000856S + 1.12 \quad (4)$$

$$(R = 0.9191^{***})$$

表明增加有机能投入、降低无机能投入、提高无机能利用效率和有机能投入比例,能够提高能量产投比。

2.1.5 光能利用率与人工辅助能投入的关系 根据模型(1)计算出1981~1993年宗艾村每公顷土地太阳辐射能量(MJ),主要农作物的光能利用率如表2所示。

晋东豫西旱农试验区生态环境的一个重要特点就是光照充足、热量不够、无霜期短,种植制度只能一年一熟,因此,光能利用率较低。由表2可见,宗艾村主要农作物光能利用率平均只有0.165%,低于世界农田光能利用率的平均水平0.2% [6]。玉米、高粱和谷子的生物产量较高,光能利用率均在0.2%以上,其中玉米最高,为0.263%,仍低于1991年我国农田光能利用率的平均水平0.35%,更低于高产地区典型农田2% [2]。马铃薯和大豆的光能利用率很低(见表2)。

表2 作物光能利用率(%)

Table 2 Solar energy utilization efficiency of crops

年份	玉米	谷子	高粱	马铃薯	大豆	葵花	蔬菜	平均	每公顷太阳能(MJ)
Year	Corn	Millet	Sorghum	Potato	Soybean	Sunflower	Vegetable	Mean	Solar energy per hm ²
1981	0.195	0.184	0.264	0.055	0.169	0.217	0.062	0.164	56657900
1982	0.207	0.231	0.222	0.042	0.114	0.199	0.095	0.159	59539700
1983	0.248	0.247	0.239	0.051	0.083	0.180	0.046	0.156	57897600
1984	0.211	0.194	0.212	0.056	0.113	0.216	0.047	0.150	59759500
1985	0.241	0.258	0.272	0.055	0.101	0.133	0.129	0.170	58248200
1986	0.196	0.167	0.151	0.044	0.070	0.122	0.000	0.107	63130200
1987	0.291	0.249	0.258	0.082	0.106	0.128	0.000	0.159	61611500
1988	0.350	0.318	0.336	0.076	0.124	0.072	0.164	0.206	57438300
1989	0.361	0.309	0.266	0.091	0.115	0.074	0.201	0.202	56154200
1990	0.403	0.333	0.355	0.061	0.128	0.146	0.133	0.223	56781400
1991	0.226	0.078	0.124	0.014	0.029	0.122	0.204	0.114	58235900
1992	0.328	0.275	0.269	0.097	0.061	0.089	0.204	0.189	55314600
1993	0.167	0.216	0.189	0.050	0.043	0.119	0.257	0.149	58646300
平均	0.263	0.235	0.243	0.060	0.097	0.140	0.119	0.165	58416500
Mean									

作物平均光能利用率($SEUE$)与太阳辐射能(SE ;单位为 $10^{11}J$),人工辅助能投入(SEI ;单位为 $10^{11}J$)和能流循环指数($CREF$)呈极显著线性和指数关系:

$$SEUE = 7.7796 - 0.0105SE \quad (R = -0.6807^{**}) \quad (5)$$

$$SEUE = 0.0001596SEI \cdot e^{1-0.00031SEI} \quad (R = 0.8533^{**}) \quad (6)$$

$$SEUE = 1.266439CREF \cdot e^{(-2.67673CREF)} \quad (R = 0.8403^{**}) \quad (7)$$

说明增加人工辅助能的投入,提高有机肥投入比例,将会提高作物的光能利用率。作物平均光能利用率与太阳辐射能呈线形极显著负相关,表明该地区若阴雨天气比较多,作物的光能利用率将会得到提高。

2.2 果园、林地生态系统能流特征

林果树都是多年生植物。果园、林地生态系统的能流特征用某年的数据意义不大,只能根据其生育特点,采用多年的平均值来反映系统能流特征。本文采用1981年到1993年的平均值,见表3。

由表3可见,果园生态系统能量产投比较低,仅为0.224。其原因一方面是由于果园近期才被重视,发展不久,人力物力投入较多,但尚未完全受益;另一方面,果树品种对土壤和气候的生态适应性不强,再加上生态脆弱,气象灾害频繁,尤其是旱灾和雹灾,水果产量低而不稳,机械损伤较重,降低了能量产出水平。林地的产投比较高,原因是树木生长周期长,管理粗放,投入不高,成形树木受灾程度低,投入低且经济价值较高。因此,引进适宜的果树品种、采取减灾防灾工程措施、大力发展林果业,是改善旱地生态环境、提高生态系统能量产出和经济效益的重要途径。

2.3 畜牧业亚系统能流分析

畜牧业亚系统是农业生态系统的次级生产系统。其能量输入主要是饲料、饲草和种苗,产出能主要有猪肉、羊肉、牛奶、生鸡、鸡蛋等。宗艾村80年代以来畜牧业亚系统能量投入产出情况见表4。

表3 果园、林地生态系统能量投入产出

Table 3 Energy input-output of orchard and forest system ($10^{10} \text{J}/\text{hm}^2$)

系统 System	劳力 Manpower	畜力 Livestock power	化肥 Chemical fertilizer	农膜 Plastic film	柴油 Diesel oil	农药 Pesticide	粪肥 Manure
果园 Orchard	5.01	1.79	0.88	0.025	1.23	0.037	7.5
林地 Forest	1.38				2.47		

系统 System	农机具 Machinery and tools	种苗 Seeds & seedlings	电力 Electric power	投入 Input	产出 Output	产投比 Ratio of output to input
果园 Orchard	2.15	0.17		18.79	4.21	0.224
林地 Forest	3.47		14.24	21.56	132.82	6.160

表4 畜牧业系统能量投入产出

Table 4 Energy input and output of animal husbandry system (10^{10}J)

年份 Year	投入 Input	产出 Output	产投比 Ratio of output to input
1981	138.24	47.25	0.342
1982	122.29	32.73	0.268
1983	112.85	38.54	0.341
1984	92.54	18.97	0.205
1985	63.13	19.08	0.302
1986	63.40	19.48	0.307
1987	90.32	25.47	0.282
1988	96.80	27.58	0.285
1989	103.74	27.62	0.266
1990	90.06	29.72	0.330
1991	96.90	31.18	0.322
1992	98.74	35.35	0.358
1993	98.36	39.19	0.398
平均 Mean	97.49	30.17	0.308

初级生产与次级生产的能量结构偏差指它们能量需求与供给之间的补缺或剩余,用来衡量初级生产系统与次级生产系统的关系是否协调。表5可见宗艾村初级生产与次级生产之间的能量结构偏差很大。历年来,山坡草地的饲草利用率没有超过21%,平均才达15%,而宗艾村山坡草地面积占总面积32%,造成了资源的巨大浪费;作物秸秆利用率从来没有超过27%,平均才达20%,造成的损失就太可惜了。由于晋东旱区大量产煤,不存在燃料问题,因此,绝大部分秸秆就地焚烧,污染环境,能量耗散于系统之外,造成巨大的生物能源浪费。就宗艾村而言,若按每头大牲畜年需粗饲料能量 $2.18 \times 10^{10} \text{J}$,每只羊需 $3.84 \times 10^9 \text{J}$ 算,该地秸秆饲料还可养979头大牲畜或5558只羊,利用现有的农业资源完全可以将宗艾村发展成为一个畜牧业基地。

由表4可见,近10多年来,宗艾村畜牧业亚系统能量产出为301700MJ,而且有逐年上升的趋势。产投比为0.308,属于低等水平^[9,10]。该区域发展畜牧业潜力很大,宜林宜牧地多,秸秆资源丰富,能为畜牧业系统提供的生物能潜力较大。若通过农林牧结构调整,改善初级生产和次级生产的能量关系,次级生产力和畜牧业系统能量产投比将会有较大幅度的提高,扩大畜牧业规模,完全可将晋东旱区生态脆弱区发展成为一个重要的畜牧业基地。

2.4 初级生产系统与次级生产系统的能量结构偏差

能量的高效产出是人们对生态系统追求的目标。农业生态系统能量产出水平是衡量农业生态系统功能的重要指标,有初级生产系统产出和次级生产系统产出,次级生产是以初级生产的支持能力为基础,同时也要充分利用初级生产所提供的能量,这就在于合理配置农业生态系统的结构。如果初级生产系统为次级生产系统所提供的能量的利用率很低,不仅是一种资源浪费,能量流失,还会造成环境污染,给农业生态系统带来危害。表5为初级生产为次级生产所提供的能量及其利用率。

表5 初级生产系统与次级生产系统能量结构偏差($\times 10^{10}$ J)

Table 5 Deviation between energy utilization of secondary production and available energy of primary production

年份	预留饲料	购进	草地可供	牧用	草地饲草	可供	饲用	秸秆能
Year	Stored	Feed	Available	Forage energy	Efficiency	Available	Utilization	Efficiency
	grain	import	forage	utilization	of meadow	energy	of straw	of straw
	fodder		energy of	for grazing	energy	of straw	energy	energy
			meadow		utilization			utilization
1981	137.00	27.40	137.12	28.22	0.21	2515.82	685.87	0.27
1982	79.36	15.87	138.81	27.82	0.20	2821.94	656.08	0.23
1983	57.15	11.43	138.81	27.21	0.20	2857.94	624.70	0.22
1984	128.18	25.64	141.41	13.67	0.10	2356.93	425.09	0.18
1985	48.99	9.80	141.41	11.12	0.08	1569.13	334.87	0.21
1986	42.45	8.49	141.38	11.99	0.08	1819.81	342.86	0.19
1987	81.64	16.33	141.38	19.23	0.14	2850.51	460.68	0.16
1988	81.64	16.33	145.16	22.05	0.15	3203.47	499.04	0.16
1989	81.64	16.33	140.74	25.68	0.18	3249.77	539.72	0.17
1990	81.64	16.33	144.89	20.00	0.14	3599.14	457.63	0.13
1991	91.44	18.29	144.89	21.85	0.15	2009.89	488.14	0.24
1992	91.44	18.29	144.52	18.66	0.13	3220.12	502.96	0.16
1993	106.14	21.23	138.15	20.15	0.15	2173.22	481.17	0.22
平均	85.29	17.06	141.44	20.59	0.15	2634.44	499.91	0.20
Mean								

3 讨论与结论

粮食生产是宗艾村农业生态系统的主导产业。种植业亚系统生产的作物秸秆等附属产品,具有的能量很大,但利用率很低,初级生产系统与次级生产系统之间的能量关系不协调,造成了初级生产的部分生物能浪费严重,耗散于系统之外。农田能量投入很低,光能利用率低,但人工辅助能的产投比较高。辅助能投入仍达不到80年代以前全国的平均水平,主要是由于有机能投入偏低。农田光能利用率低于1991年世界平均水平。林业系统的能量产投比高于农田系统、果园系统和畜牧业系统,植树造林会产生良好的生态效益。

总之,晋东豫西旱农试验区——山西省寿阳县宗艾镇宗艾村农业生态系统有机能投入很低,但产投比较高;人工辅助能投入偏低,农田光能利用率低于90年代初世界平均水平;亚系统之间能流结构偏差很大,造成能量流失,环境污染。

我国北方由于特定的气候条件和国土资源特征,治理和发展模式一直争论不休,相继出现了有机农业模式、种树种草模式、以牧为主模式、农林牧综合发展生态农业模式^[2,11]。通过对晋东豫西旱农试验区——山西省寿阳县宗艾镇宗艾村农业生态系统能流特征的分析,可为进一步提高晋东豫西旱农地区农业生态系统的能量产出寻找有效措施。根据晋东豫西旱农地区目前农村经济状况和本文研究结果,认为以玉米、谷子等粮食作物和饲草作物间套作为主的种植业,种树种草和以羊、牛等草食家畜专业户为骨干,小规模,大群体的畜牧业应作为晋东豫西旱农地区农业发展的方向,以粮饲作物高产技术,饲草秸秆高效利用技术

和集约化草食畜高产高效技术为依托,带动农牧结合技术的集成并形成资源高效利用的主导产业,逐步建成粮食和肉类商品生产基地。

参 考 文 献

- 1 陶毓汾等. 中国北方旱地农区水分生产潜力及开发. 北京:气象出版社,1993,7
- 2 高德明. 农林牧综合发展北方旱地农业高产优质高效持续发展的必由之路. 河北农业大学学报,1994,17(2)增刊:15~18
- 3 闻大中. 我国东北地区农业生态系统的力能学研究. 生态学杂志,1986,5(4):1~25
- 4 闻大中. 农业生态系统能流的研究方法. 农村生态环境,1985(4):47~52
- 5 骆世明等. 农业生态学. 长沙:湖南科学技术出版社,1986
- 6 韩纯儒. 农业生态系统的能量结构与效率. 农村生态环境,1985,(3):6~8
- 7 刘巽浩. 科学增加投入,着眼农业的长远发展. 农业现代化研究,1987,(1):10~13
- 8 王宏广. 中国农业(问题·潜力·道路·效益). 北京:农业出版社,1991,123
- 9 曹凑贵. 鄂中丘陵地区农户生态系统能流分析. 农村生态环境,1993,(4):22~25
- 10 吕富保. 一个农牧果系统的能流分析. 生态农业研究,1994,2(3):40~46
- 11 高德明. 北方旱地农业资源系统分析与持续发展战略. 中国的可持续发展研究——从概念到行动. 北京:中国环境科技出版社,1995,135~139