

喀左县农业生态系统能流的研究

闻大中

(中国科学院沈阳应用生态研究所)

摘 要

本文根据辽宁省西部一个典型县(喀左县)农业生态系统的调查,分析该系统八十年代初期基本特征,进而提出改善该农业生态系统的措施。

整个系统由七个组分(或亚系统)组成(农田、牲畜、果园、人工林、人工草地、天然灌丛草地、当地居民)。作者根据有关统计数据和调查资料估算出该系统1981—1983年期间年平均流量,其中包括流入和流出能量以及系统内各组分之间的能流量。最后讨论了调整畜牧业结构,提高工业能量、生物质能量利用率和林分改造等问题。

关键词: 辽宁, 农业生态系统, 能流。

一、自然地理概况与研究方法

喀喇沁左翼蒙古族自治县(简称喀左县)位于辽宁西部,北纬 $40^{\circ}46'42''$ 至 $41^{\circ}33'26''$,东经 $119^{\circ}27'35''$ 至 $120^{\circ}3'27''$ 。全县总面积 $2,238\text{km}^2$,人口36.3万。全县自然形成三个土地类型区:南部沿河平地区,中部丘陵岗地区和东部及西北部山区。全县现有耕地95.0万亩,林地95.3万亩,果园9.3万亩,人工草地15.0万亩和天然灌丛草地79.1万亩。年降水量400—500mm,年降水和各季降水变异较大。年蒸发量约2000mm,其中4、5、6三个月的蒸发量几乎占全年蒸发量的一半。由于自然植被受到严重破坏,干旱和水土流失日益加重。每年从坡耕地上流失的表土达123万吨,流失有机质1.2万吨,严重的水土流失,已成为该县农业发展的重要限制因素。

为了搞清喀左县农业生态系统的能流,采用了如下的研究方法和步骤。首先,将喀左县农业生态系统限定为喀左县行政边界范围内除城镇以外的广大农村地区(该系统不包括农村的各种副业和加工业)。

根据能流的流向,可将喀左县农业生态系统的能流划分为如下三类:

1. 由系统外进入该系统的能流,其中包括以太阳能为基础的自然能流,以矿物能源为基础的来自工业系统的能流,以返销粮形式进入系统的生物质能流。
2. 在系统内各组分间流动的各种生物质能流,包括以生物质形式在各组分间流动的能流和以消费者(人、畜)对其它各组分作功而实现的能流。
3. 从系统中流到系统外的能流,主要为输出到系统外的各种农林牧产品能流和各组分的热损失能流(此量未作估算,通常可将某组分输入和输出之生物质能流之差视为此值)。

采用 Odum 所设计的符号^[1],依据各组分之间的关系及其与外部的关系,画出系统的能流图(如图1所示)。根据调查和统计资料,确定系统的各种输入、输出流量和系统内各组分之间的各种流量(以1981—1983年期间为基础,计算出年平均流量)。然后将流量按

本文于1987年1月20日收到。

特定的折算标准变换为能流量^[2-5]。表 1 为对应于图 1 的各种能流的流量。

表 1 喀左县农业生态系统的能流 (1981—1983 年平均值)

Table 1 Energy flows through the agroecosystem of Kazuo county (Annual average in 1981—1983)

项 目	能流量 (TJ/a)	在图 1 中的序号
太阳能输入量	3,557,886	1—6
工业能输入量	540.22	7—22
粮食纯返销量	459.01	23—25
系统内收获之初级产量	3,782.11	26—42
系统内生产的肉蛋产品	103.84	43—45
系统所利用之畜力	375.16	46—60
系统所利用之人力	155.13	51—57
返回农田之人畜粪便	711.40	58—60

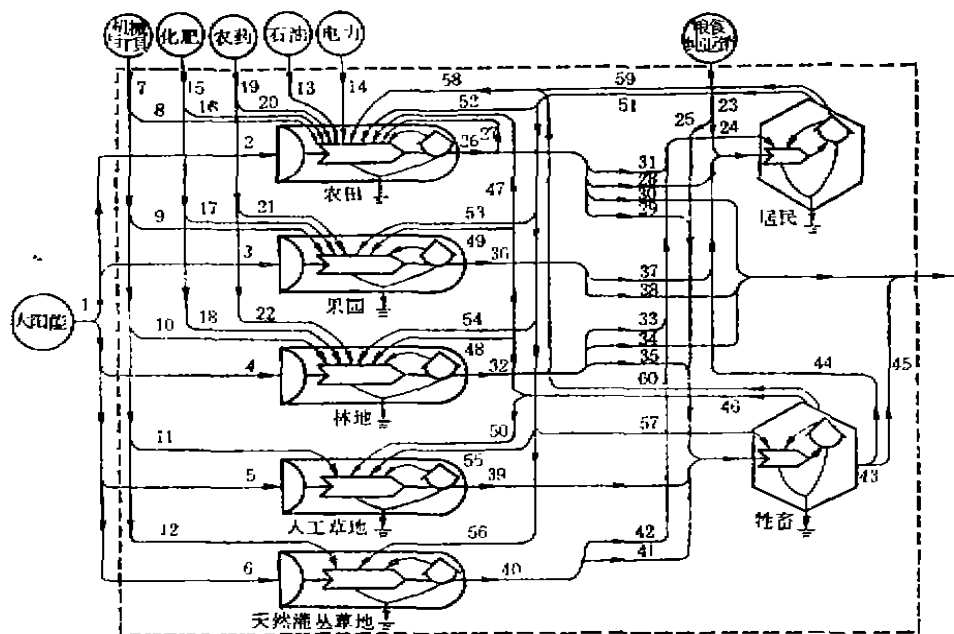


图 1 喀左县农业生态系统能流图* (1981—1983 年)

Fig. 1 Energy flows through Kazuo agroecosystem (1981—1983)

二、对喀左县农业生态系统的评价

1. 由表 1 可见, 平均每年从该农业生态系统所收获的初级生产量总量为 3782.11TJ*

* 根据 Odum (1972) 图例绘制。

生物能。生长季输入到该系统的太阳生理辐射能为3,557,686TJ。该系统光能利用率为0.1%。农田为系统的主体,在收获的初级生产量中,61%来自农田,25%来自林地。尽管农田仅占该系统总光合生产土地面积的三分之一,但所收获的初级生产量却几乎占总收获量的三分之二,其光能利用率也仅为0.2%。粮食作物又是农田亚系统的主体,但单位面积粮食产量仅为70.1kg/亩,处于较低水平。

2. 总工业能(包括机械、化肥、农药、石油、电力)年均输入量为0.55GJ/亩,当时全国平均每亩作物播种面积的工业能消耗量为0.71GJ。尽管该亚系统单位播种面积的工业能消耗水平略低于全国平均水平,但该县农田亚系统单位播种面积的粮食产量仅为全国平均水平的三分之一,因而生产每单位能量的粮食所消耗的工业能却比全国平均水平高。

3. 自然条件制约着林业生产的发展。全县人工造林覆盖率已达28.3%,但由于林分质量差,三十多年来全县营林投资的经济收益是负值。占全县林地面积60%的人工油松林,地上部分年均净生产量仅为1.59GJ/亩,年均材积增长量仅为0.097m³/亩。占林地面积23%的刺槐林生长稍快,其地上部分年净生产量为3.01GJ/亩,平均年材积增长量也仅为0.127m³/亩^[6]。在现有林地中,当地居民急需的薪炭林面积仅占现有林总面积的4%。由于系统内居民生活燃料紧缺,因而对现有林采取过度修枝和几乎搂走全部枯枝落叶的作法,这不仅进一步限制了林分的生长,也极大地降低了林分保持水土和改善环境的功能。

当地尚未对该系统内79万亩的天然灌丛草地采取任何人工管理措施,恶劣的自然条件和过度地放牧、樵采,使这些灌丛草地的生产力处于极低的状态。平均每亩每年仅产干草30kg左右,使占全系统光合生产用地27%的这一广大面积上所收获和利用的生物量仅占全系统收获之生物量的10%(以能量计)。因技术和条件的限制,人工种草面积尚不到该系统整个光合生产用地的5%。

4. 系统内初级生产各组分提供给牲畜亚系统的饲料总量为1616.16TJ生物能,再加上系统外返销粮中提供的一部分饲料99.77TJ,总计为1715.93TJ。其中所含可消化能为1081.56TJ。按1981年该系统内牲畜数量,应需可消化能1234.14TJ计^[7],尚缺13%可消化饲料能,其中一部分饲料被役用牲畜消耗,输入到牲畜亚系统的总饲料能量与输出的畜产品能量之比为16.6:1。

5. 系统内居民每年所消耗的食物能中,粮食占92.5%,动物性食品占3.8%,水果、蔬菜占3.7%,总能量为948.76TJ(该系统本身所提供的食物能仅为589.52TJ),相当于每人每天消耗食物能7558kJ。我国制订的保证人体健康的正常食物能消耗标准为每人每天10000kJ。

6. 系统每年为居民提供的生活用燃料总量为1315.01TJ,占系统所收获的总初级生物量的三分之一,其中农作物秸秆占48%,树木枝叶占47%,其余来自天然灌丛草地。系统内平均每户每年所消耗的生物质燃料为17.23GJ,相当于1293kg气干重的生物质。全县有5个集体办的煤窑,1981—1983年平均每年产煤3.6万吨。全县每年还从县外输入约1万吨煤,平均每个农户每年烧煤量相当于750kg气干重的生物质,则每个农户每年总的生活燃料用量相当于2043kg气干生物质,此仅为当地目前正常生活燃料需要量的二分之一。系统内居民生活

* TJ = 10¹²焦耳; MJ = 10⁶焦耳; GJ = 10⁹焦耳; KJ = 10³焦耳。

**根据喀左县统计局1981—1983年统计资料。

燃料的严重不足,即影响居民的健康,也使植被的破坏加剧。

上述分析表明:该系统为全国为数不多的脆弱农业生态系统之一。自然条件恶劣、人口迅速增加,又使系统受着更大的压力。

三、改善系统状况的措施

1. 调整畜牧业结构 提高粮食利用效率

建立食物链式的多级结构,实行农牧结合,可使农业生态系统具有更好的稳定性,产品更具多样性,但也伴随着生物质能在多级转化过程中的大量损失。对于象喀左这样的生产力水平低、人口压力大的农业生态系统,如将以粮食作物为始端的食物链缩到最短的程度,使粮食直接朝向系统居民,进而改善居民口粮自给率。例如该系统中每年养猪消耗粮食183.7TJ,而猪肉产量的三分之二被输出到系统外。如将这部分粮食用于居民口粮,从而减少按Linderman的“百分之十定律”所制约的粮食——猪肉转化过程中的营养和能量的损失。该系统畜牧业的重点应转向以发展草食性的小畜禽为主。

2. 稳定工业能量投入 提高能量利用效率

在工业能源短缺的情况下,我们不能单纯追求高投入、高产出,而应注意提高投入效率。由上述分析可见:该系统生产每单位能量的粮食所消耗的各种工业能量比全国平均高出一倍多,即工业能利用率较低。例如该地农田平均每亩施氮肥量为3.93kg(以纯氮计),生产每公斤粮食所消耗的化学氮肥为0.056kg(当时全国平均消耗水平为0.024kg)。显然,在今后相当一段时期内,这里的粮食生产水平的提高不应靠继续大量投入化肥、农药和机械等形式的工业能量。应将这些工业能的输入量稳定在现有水平或略有所增加。主要加强和改善系统的管理水平,改进农业技术,特别是开发各种行之有效的旱地农业技术,加强农田基本建设,从而提高农田生态系统的抗旱能力,增强系统的稳定性。

3. 改变生物质能利用方向 提高生物质能利用效率

目前该系统内山地人工林每年地上部分净生产量可为每户居民提供1235kg 气干生物质。然而仅有12%用作居民燃料,其余大部分作为木材蓄积在林分中。鉴于这里的山地条件较差,人工林生长量很低,即使经过很长的生长期也不可能生产出有较高经济价值的木材。可将目前山上的刺槐林和油松林加以改造,逐步使其变成薪炭林,改变其生物质能的利用方向。可节余农作物秸秆,同时也不必再用40—50万亩土地营造薪炭林。

对山上现有的刺槐林采取每三年一次周期性平茬,将刺槐用材林变成薪炭林。对现有油松林可采取横坡带状间伐,在间伐带内栽植沙棘、胡枝子和刺槐等固氮树种,最终可将油松林改造成薪炭林。这将使林分保持水土和改善环境。

4. 提高输出系统外的生物质能的经济效率

该系统具有适于苹果、梨等果树生长的自然条件。水果的经济效率将10倍于粮食和畜产品。因而发展以苹果为主的水果生产应成为该系统重要的商品生产。这样做可使该系统在不过多危及其自身物质和养分循环前提下,以较少的生物质能输出,换取较高的经济效益。因此,适当地扩大该系统的果园面积,利用一部分好的农田耕地栽植果树,使该系统内集约经营的高质量果园面积达15万亩,水果产值将会占全系统农林牧总产值的三分之一。

参 考 文 献

- [1] Odum H.T., 1972, An energy circuit language for ecological and social systems. In: *«Systems Analysis and Simulation in Ecology»* Vol. I (B.C. Patten ed.) New York, pp. 548—565.
- [2] Norman M.J.T., 1978, Energy inputs and outputs of subsistence cropping systems in the tropics. *Agro-Ecosystems* (4): 355—366.
- [3] Wen Dazhong and D. Pimentel, 1984, Energy inputs in agricultural systems of China. *Agric. Ecosystems Environ.*, 11: 29—35.
- [4] Pimentel D. (ed), 1980, *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. p. 475, CRC Press, Boca Raton, Florida.
- [5] 闻大中, 1985, 农业生态系统能流的研究方法 (一). *农村生态环境* (4): 47—52.
- [6] 雷启迪, 1988, 关于喀左县森林资源的特点与林业发展的意见. *《燕辽易旱区生态农业的雏型》* (严超升主编), 第409—423页, 辽宁科学技术出版社.
- [7] 张凯风、陈士文, 1988, 喀左县的畜禽养殖业. *《燕辽易旱区生态农业的雏型》* (严超升主编) 第469—488页, 辽宁科学技术出版社.

STUDY ON ENERGY FLOWS THROUGH AN AGROECOSYSTEM IN WESTERN LIAONING PROVINCE

Wen Dazhong

(Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang)

The impacts of increased human activities in the last two hundred years have seriously damaged the semi-arid and semi-humid ecosystems of western Liaoning in China. Frequent droughts and heavy soil erosion are the major obstructions of agricultural development in the area. The energy flows through an agroecosystem in rural area of Kazhou county, a typical one in western Liaoning province, have been studied to learn some basic characteristics of the agroecosystem and to find some strategies for improving it. The system covers seven subsystems: cropping fields, orchards, tree plantations, artificial grass lands, natural shrubbery-grass pastures, domestic animals, and local residents. The annual average energy flows through the agroecosystem, including input and output energy flows and the energy flows between the components, were calculated and estimated for the period of 1981—1983. Based on analysis, some strategies for improving the agroecosystem were recommended, such as reducing pork production and developing dry-land farming techniques to improve food supply to local residents, developing fuelwood plantation to improve local household fuel supply, and developing intensive orchards to increase commercial outputs.

Key words: Liaoning province, agroecosystem, energy flows.