

黄家二岔小流域能量流的系统分析*

III. 林业和畜牧业子系统能量流分析

李中魁

(中国林业科学研究院·北京市·100091)

摘要 计算了毛条等 5 种灌木和杨树等 4 种乔木在整地、栽培、抚育管理和采伐等各个环节的人工、畜工和机具投能量,对各种林木的活立木和薪材产能做了对比分析。分析了沙打旺、紫花苜蓿和红豆草生产的人工种子投能和畜力、幼畜、鸡蛋和畜禽类等产能,在分析家畜、家禽投能结构与产能关系的基础上,对畜牧业子系统能量流做了系统分析。建议发展养羊和畜牧,限制和减少兔、鸡的饲养量。

关键词 林业 畜牧业 能量投入 能量产出

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(1999)02-0044-04 中图分类号: S181

Systematic Approach to Energy Flow of Huangjia Ercha Watershed

III. Energy Flow Analysis for Forestry and Animal Husbandry

LI Zhong-kui

(Chinese Academy of Forestry Science, Beijing, 100091, PRC)

Abstract The energy input from human, animal and machines in soil preparation, planting cultivation and management and cutting, etc. to 5 kinds of shrubs and 4 of trees were calculated, then the comparison of energy input with output of standing trees and/or fuel wood was conducted. The production of *Astragalus adsurgens* Pall., *Medicago sativa* L., *Onobrychis visiaefolis* Scop was analysed, in energy input through human labour and seed and energy output through grass, fuel and seed. The energy input to animals through raise and management and their output of energy through animal power, young animal, eggs and excrement of animals were calculated. Having studied energy output with energy input structure of the animals, a systematic analysis to energy flow for the sub-system of animal husbandry was made. It is suggested to develop the number of sheep and cattlas but limit and decrease the number of rabbit and chickens.

Keywords: forestry; animal husbandry; energy input; energy output

1 林业子系统能量流分析

对毛条、刺槐、柽柳、杨树、白榆、云杉、落叶松、柠条和沙棘共 9 种乔灌木树种在整地、栽植、抚育管理和采伐中的人工投能、机具投能和畜工投能作了计算,并对它们的林木蓄积量和薪材产量的折能量作了对比分析。发现被研究的 9 种乔、灌木树种的主要产物是林木蓄积量或薪材(炭),其单位面积产能量以杨树最高,为 $1.0763915 \times 10^{10} \text{ J/hm}^2$,而以柠条最低,为 $1.8495 \times 10^{10} \text{ J/hm}^2$,前者为后者的 58 倍多。9 种乔、灌木树种单位面积平均产能量为 $3.155165 \times 10^{11} \text{ J/hm}^2$,全流域林业子系统年能量产出为 $5.4379045 \times 10^{13} \text{ J}$,单位面积加权

平均为 $3.474\ 255 \times 10^{11}$ J/hm², 相当于单位面积人工辅助投能的 178.82 倍。

9 种乔、灌木树种能量产投比依次排列为: 柠条(9.536 1) < 沙棘(28.22 1) < 刺槐(37.09 1) < 柽柳(40.98 1) < 毛条(47.16 1) < 云杉(281.94 1) < 落叶松(318.62 1) < 白榆(423.755 1) < 杨树(559.167 1)。结果表明:9 种乔、灌木树种的能量产投比均大于 1, 它从能量投入与产出的角度说明, 在黄家二岔小流域以及黄土高原相同类型区植树造林, 发展林业的实际内涵和现实意义, 可以看出, 乔木树种的产能量是灌木树种的 6 倍以上, 其原因是前者树体能够蓄存更多的能量, 其表现形式就是树木蓄积量的增加。如果仅从薪炭(材)能量产出分析, 不计算云杉、落叶松、白榆和杨树的立木蓄积量储能, 则 9 个树种的能量产投比可依次排列为: 柠条(9.536 1) < 沙棘(28.22 1) < 刺槐(37.09 1) < 柽柳(40.98 1) < 毛条(47.16 1) < 云杉(271.1 1) < 落叶松(301.19 1) < 白榆(399.72 1) < 杨树(523.35 1)。

从薪炭(材)能量产投比序列发现, 9 个树种的能量产投比仍然大于 1, 这说明, 在黄家二岔小流域发展乔、灌木是解决燃料问题的可行途径; 同时看出, 薪炭能量产投比排列次序同总能量产投比排列次序完全一致。除 5 个灌木树种以外, 云杉等 4 个乔木树种的薪炭能量产投比同总能量产投比基本处于同一数量水平, 且各个乔木树种的薪炭能量产出占总能量产出的 93.59% ~ 96.10%, 平均为 94.65%, 可见, 乔木树种年能量产出中, 薪材占绝大部分, 而立木蓄积能量只占年能量总产出的 5.35%。

如果只从能量产出的角度考虑, 大力发展杨树、白榆、落叶松和云杉等乔木树种比栽植柠条等灌木树种有利, 因为前者不只提供了更多的薪材, 同时有一定数量的立木蓄积。但是, 如果从全流域的地形、土地生产力和农林牧布局以及各树种的生长特性和群众生活实际来考虑, 发展柠条等灌木树种也有其必要性和合理性。由于小流域系统是一个由农林、林地、草地、水域、河流、公路、居民住地等组成的多元复合系统, 对于灌、乔木的种植面积, 配置方式等必须做系统的、全面的研究, 以取得最大生态、经济和社会效益。

2 畜牧业子系统能量流分析

畜牧业子系统是小流域内有机肥料、畜力和各种畜产品的主要来源, 它通过家畜、家禽这个活的“能量转换器”把绿色植物通过光合作用得到的碳水化合物及其它产品进行再转化, 变成人类可以利用的、使用价值和交换价值更高的肉、奶、皮、毛、粪等畜产品。这些新产品具有更高的能量密度, 从而有效地提高了人们对于光合作用的利用率, 使太阳能在人工辅助能量的影响下, 得到更集中、更全面的利用。

畜牧业对于整个小流域系统运行和发展的作用, 主要表现在 3 个方面: 第一, 为种植业子系统提供有机肥料能源; 第二, 为种植业、林业子系统提供畜力能源; 第三, 为人类社会子系统提供畜产品能量产出。

畜牧业的生产过程, 从生态系统能量循环的角度看, 是太阳能转化为植物能, 又从植物能转化为动物能的过程。因此, 研究畜牧业子系统能量流可以分 2 个阶段进行, 即通过人工辅助能的投入, 使太阳能转化为植物能和植物能转化为动物能及各种副产品产能。

2.1 牧草生产的能量流分析

1980—1990 年, 黄家二岔小流域种植的牧草为沙打旺(*Astragalus adsurgens* Pall.), 紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.) 和红豆草(*Onobrychis visiaefolis* Scop), 其生产投能包括人工投能和种子投能 2 部分, 产出包括牧草(及燃料)产能和种子产能 2 部分, 沙打旺、紫花苜蓿和红豆

草 3 种牧草的面积分别为 126 hm^2 , 6 hm^2 和 50.7 hm^2 , 总计为 182.67 hm^2 。牧草主要作为饲料, 另有部分作为燃料。整个牧草生产系统的能量产投比还未达到 3 种牧草单位面积能量产投比的平均数(81.84 1), 建议从土地利用、小流域系统物质流和能量流方面综合分析, 增加紫花苜蓿种植面积。

2.2 家畜、家禽能量流计算

牧草生产为发展、饲养畜禽提供了基本条件, 同时, 以草定畜, 产草量和其它饲料的数量, 限制了畜禽的种类和数量。黄家二岔小流域 1986—1990 年间家禽、家畜能流运行过程中, 能量投入主要是饲料能, 约合总投能的 90%, 而人工投能和幼畜投能各占不到 1%。所以, 这一阶段能流过程实质上是绿色植物能转化为动物能及其它产品能量的过程。

各种大牲畜、幼畜、羊、兔和鸡, 对青饲料、粗饲料、饲料粮和糠麸、油渣等的能量利用和转化效率是不同的, 其原因, 一是由于各种动物的食物结构不同; 二是对能量的转移途径不同。如果从能量守恒的角度考虑, 能量产投比为 1 1; 但是, 单个动物体重增加耗能, 动物呼吸及其它无效活动耗能等都作为无效能量产出, 在能量产出中没有计入。有效能量产出只包括那些能为人类所直接“捕获”的或产生直接效益的能量产出。

从表 1 看出, 以羊的能量产投比 0.89 1 为最高, 大牲畜 0.86 1 和幼畜 0.83 1 次之, 而以鸡(0.62 1) 和兔(0.51 1) 的能量产投比为最低。在羊的能量产出中, 羔羊产能、羊毛产能和羊粪产能分别占总产能的 6%, 3%, 91%, 如果除去前两项, 则羊的能量产投比变为 0.86 1, 这说明, 羊的能量产投比较高, 一是由于产出了大量粪能; 二是产生了羔羊和羊毛能。

大家畜的能量产出中畜力产能占总能量产出的 9.41%, 幼畜产能占 0.3%, 畜粪产能占 90.3%, 仍然是以畜粪产能占总产出的比例最高。畜力产能虽然占大家畜产能的比例不到 10%, 但畜力产能是小流域生产活动中畜力的主要能源。畜力产能的多少或役牛、役马、骡和役驴的数量应与种植业、林业等子系统的畜力和有机肥需要量相适应。

兔子的能量产出主要表现为兔子数量增加产能和兔粪产能, 它们分别占兔子能量产出的 3.3% 和 91.2%; 鸡的能量产出则表现为鸡数量增加产能、鸡蛋产能和鸡粪产能, 分别占能量总产出的 0.4%, 7.71% 和 91.9%。可以看出, 养兔的能量收获主要是粪能, 鸡的能量产出中鸡蛋产能还有继续提高的潜力; 从数据分析, 平均每只鸡的鸡蛋产能已达 $2.861 \times 10^7 \text{ J}$, 相当于每只鸡产蛋 4.2 kg。结合能量产投比考虑, 养兔、养鸡在黄家二岔小流域的能量产出是有限的。

从以上分析看出, 家畜、家禽饲养产能中, 以粪能占绝大部分, 平均为 89.8%, 因而为种植业子系统提供了大量的粪能。在它们当中, 单位大牲畜、幼畜、羊、兔和鸡的粪能产出依次为: 大牲畜 $25208.58 \times 10^6 \text{ J}/(\text{a} \cdot \text{头})$; 幼畜 $8259.44 \times 10^6 \text{ J}/(\text{a} \cdot \text{头})$; 羊 $2536.21 \times 10^6 \text{ J}/(\text{a} \cdot \text{只})$; 兔 $98.98 \times 10^6 \text{ J}/(\text{a} \cdot \text{只})$; 鸡 $343.43 \times 10^6 \text{ J}/(\text{a} \cdot \text{只})$ 。

总之, 在畜牧业子系统中, 人工投能只占总投能极少部分, 饲草、饲料是投能的主要组成部分。青、粗饲料生产的能量产投比较高, 平均为 0.50 1, 饲料粮和糠渣生产的能量产投比较低, 平均为 0.494 1, 大牲畜、幼畜和羊以前者为能量主要投入源, 其饲养的能量产投比较高, 为 0.86 1, 兔和鸡则以后者为主要投入源, 其饲养的能量产投比较低, 平均为 0.57 1。建议根据黄家二岔小流域的自然、经济和生产条件, 发展大牲畜、幼畜和羊的饲养, 限制鸡、兔的饲养数量。

2.3 畜牧业子系统能量流的系统分析

畜牧业子系统能量流程和体系较为复杂, 青饲料生产中投工和种子投能与能量产出问题

作者在《水土保持通报》1996年第2期所发表的文中已计算过,但家畜、家禽饲料中精饲料、饲料粮和糠麸、油渣投能来自种植业子系统,因此,畜牧业子系统的能量分析,不仅包括牧草生产能量,牧草、饲料与动物产能的转化,而且要同种植业子系统相联接综合分析(表1)。

作为畜牧业子系统能流的最终指标——能量产投比 H ,比较全面地代表了黄家二岔小流域畜牧业生产发展的情况。总体上, $H = 1.26$,它表明畜牧业中,可以较少的投入经过绿色植物的光合作用吸收太阳能,再经过畜禽转化,变成为人们可以直接利用的有效能量产出,包括畜力、蛋、毛和粪肥等,其总能量产出是能量总投入的1.26倍。应该指出的是,家畜体重增加产能中只对幼畜做了计算,而大家畜、羊等体重增加产能未考虑,因为一般情况下,这部分能量人们无法直接利用。

表1 畜牧业子系统能量产投计算 ($\times 10^8$ J)

项目	投 入			产 出			产投比		
	各种饲料折能A	青饲料折能B	人工用量折能C	牧草总产出折能D	畜、禽总产出折能E	物质投能产投比M	人工投能产投比L	畜牧业子系统能量产投比H	
大牲畜	46524.078	286.72	289.06		56988.687	1.22	197.15	1.21	
幼畜	1528.54	6.89	7.776		1778.241	1.16	228.68	1.15	
羊	7212.769	87.84	157.594		10012.949	1.39	65.54	1.36	
兔	3200.29	61.49	137.894		1904.13	0.60	13.81	0.57	
鸡	13702.6	16.48	170.388		4439.379	0.32	26.055	0.32	
牧草		930.2		32473.10					
合计	72168.277	459.42	762.712	32473.10	75123.368	1.27	120.04	1.26	

注:牧草在B中按投入能量做系统性换算,系数为 $1/34.91$,在D项中按牧草本身的能量产出值计算。

从表1中可以看出, $H_i [i (1, 2, 3, 4, 5)]$,按大小顺可排列为:鸡(0.32) < 兔(0.57) < 幼畜(1.15) < 大牲畜(1.21) < 羊(1.36)。羊、大牲畜和幼畜的能量产投比较高,以羊为最高;兔和鸡的能量产投比较低,以鸡为最低。因此,在黄家二岔小流域发展畜牧业的基本方向是增加羊、大牲畜和幼畜数量,限制或减少鸡、兔数量,这样可进一步提高畜牧业子系统的能量产投比。

同时,物质能量产投比 M 同畜牧业总体能量产投比 H 在数值上十分接近,这就意味着在全部能量投入中,饲料等物质投能是畜牧业发展投能的最主要部分,也是影响 H 值的关键因子。参照各种家畜、家禽的食物结构和各种饲料用量加权折能的程序可以看出,以青、粗饲料为主的能量投入其能量产投比较高,平均为1.24,如羊、大牲畜和幼畜;而以饲料粮等为主的,其能量产投比较低,平均为0.45,如鸡、兔。为提高畜牧业子系统能量产投比,调整畜禽结构的原則是增加以青、粗饲料为主的家畜,限制以饲料粮为主的家畜。

人工投能产投比 L 值为120.04,说明畜牧业人工投能的重要性,其中以幼畜的 L 值为最大,以兔的 L 值为最小。 L 值越大,饲养越省工; L 值越小则越费工。从总体上看,人工投能在畜牧业生产中的作用主要是调节、控制子系统的运行和发展。

参 考 文 献

- 1 骆世明,陈聿华,等著.农业生态学.长沙:湖南科学技术出版社,1991.6
- 2 施立民.宁夏黄土丘陵区主要树草种热值测定和优良薪材树种选择的试验研究.陕西林业科技,1989(3)
- 3 农业技术经济手册编委会.农业技术经济手册(修订本).北京:农业出版社,1984
- 4 孙立达,孙保平,等著.小流域综合治理理论与实践.北京:中国科学技术出版社,1992.6