

红豆草茬地羔羊放牧系统力能学分析

符义坤 周嘉友[✓] 贾笃敬 李光棣

(甘肃农业大学, 兰州)

5812

摘要

为了探讨草地农业系统的丰产高效性能, 作者通过羔羊轮牧与定牧加不同补饲水平的比较, 对红豆草茬地不同利用方式下能量投入的产出差异进行了力能学分析。试验分A(轮牧+混合草料)、B(轮牧+燕麦干草)、C(定牧+混合草料)和D(定牧+燕麦干草)4组。试验期30天。结果表明, 4种处理的能量产投比分别为22.3%(A)、19.98%(B)、18.67%(C)和17.50%(D), 其中轮牧平均为定牧的1.24倍($P < 0.05$)。给轮牧系统增加辅助能投入比定牧系统更为经济有效。

关键词: 红豆草茬地, 羔羊放牧系统, 力能学。

一、前言

在夏秋季牧草生长茂盛时, 进行短期羔羊放牧育肥, 使当年羔羊当年出栏, 及时收获畜产品, 实现草原季节畜牧业生产^[1]。这是生态学原理应用于草原生产的一个成功范例, 也是草地农业发展的标志。

尽管不少学者从母羊怀孕到羔羊育肥出栏的各阶段做了广泛深入的研究, 尤以探讨轮牧优劣性为目的的放牧试验屡见报道。但从草地农业系统的角度, 对在红豆草茬地进行羔羊育肥的不同放牧系统比较, 尚未见报道。

本试验通过羔羊轮牧与定牧加不同补饲水平的比较, 对红豆草茬地不同利用方式下能量投入的产出差异进行了力能学分析, 以期获得草地农业系统的丰产、高效性提供依据。

二、材料与方方法

试验于1986—1988年在甘肃农大牧草试验站进行。该站位于甘肃河西走廊东段, 武威黄羊镇以北15km处。年降雨量160mm, 蒸发量2400mm。雨量集中在6—8月。年平均温度7.2℃, 最高温34℃, 最低温-21℃。早霜出现在10月下旬, 昼夜温差大, 属于典型的内陆性气候。土壤为棕钙土。

试验草地面积 $2.0 \times 10^4 \text{m}^2$, 为栽培3—5年龄的普通红豆草(*Onobrychis viciaefolia*)草地, 具有较好的灌溉条件。7月上旬刈割收籽, 留茬高度5—10cm, 收割后的第一次再生草(二茬草)于8月下旬刈割, 经田间晒制成干草后, 运回堆垛, 留作补饲用。收割后的第二次再生草(三茬草)用于羔羊放牧。放牧草地全部围圈, 在大围栏内再用移动式网栏分隔, 进行划区轮牧(轮牧)或固定放牧(定牧)。

供试动物 为甘肃高山细毛羊(GF)和边甘杂种(BG)*羔羊, 2月、3月份出生, 羔羊出生后

本文于1990年11月7日收到。

* 即边区莱斯特公羊与甘肃高山细毛羊母羊的杂交一代。

8天断尾，1月后公羔去势，约4月龄断奶。选择体重相近、发育正常的健康个体作为试验羊。试验开始前进行羔羊编号、称重、药浴和驱虫。试验期间，羊群随意饮水和舔盐。

补饲草料制备 除红豆草干草外，另有 $1.3 \times 10^4 m^2$ 青燕麦草地，盛花期刈割调制成干草，作为补饲的禾本科草。精饲料从附近农场购入原料，按羔羊营养需要配制成混合料。

试验分阶段进行。除预试期(10天)外，正试期又分：(1)全天放牧红豆草茬地(30天)；(2)半天放牧半天补饲(30天)；(3)全天圈饲(20天)。试验处理采用析因设计的二元配置法^[2]，即放牧方式和补饲水平各为一个因素，全期试验共分4个组：(1)轮牧干草混合料(A组)；(2)轮牧+干草(B组)；(3)定牧+干草+混合料(C组)；(4)定牧+干草(D组)。供试羔羊按体重大小亦分成4组，每组每品种8只羊，3次重复。通过预试调整组分，使其组间差异不显著($P > 0.05$)。各组羔羊分别进行围栏饲养。

试验期间，每10天称羔羊体重(空腹12小时)1次。用牧前牧后差额法估测羔羊群体采食量，试验结束时进行屠宰测定。放牧与补饲草料及皮、毛、肉等畜产品，均取样进行常规分析，并用PARR测热仪测定能值。试验数据均用GW-0520微机进行统计处理。

三、结果与讨论

1. 草地能流分析

红豆草茬地羔羊放牧系统的能量转化流程，也同其它草地生态系统一样，经历了由太阳能

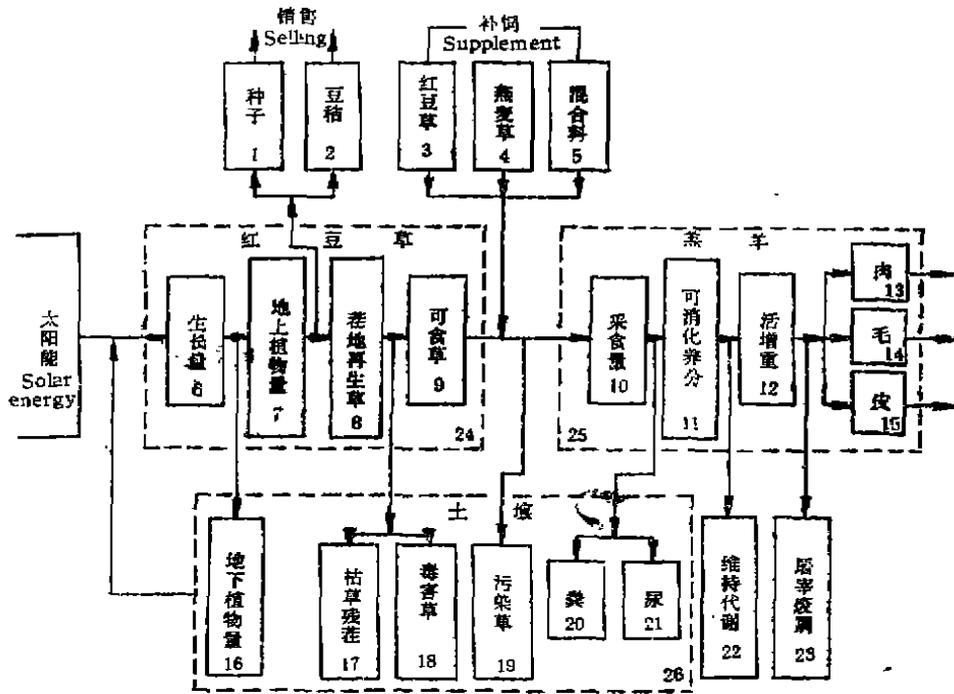


图1 红豆草茬地羔羊放牧系统能流示意图

Fig.1 Energy flow chart for Sainfoin-Lamb grazing system

1. Seeds, 2. Stalk, 3. Sainfoin, 4. Oat hay, 5. Mixtures, 6. Growth rate, 7. Aboveground phytomass, 8. Regrowth, 9. Herbage available, 10. Intake, 11. Digestion, 12. Live wt. gains
13. Lamb, 14. Wool, 15. Hide, 16. Underground phytomass, 17. Residues, 18. Poison weeds
19. Pollutant, 20. Dung, 21. Urine, 22. Maintenance, 23. Offal, 24. Sainfoin, 25. Lamb, 26. Soil.

到净初级生产,再到净次级生产,共6个转化阶^[1-3]。这里因为种子生产,我们在植物生长量和可食牧草之间增加了茬地再生草一项(见图1)。

本试验草地的初级生产中,第一次收获物为红豆草种子(包括一部分豆秸),已作为初级产品(草籽或加工草粉)被输出系统之外。其二茬草(即第一次再生草)方用于饲养家畜(放牧或刈割)。故从能量转化的角度来看,从日光能到可食牧草能的转化率仅为0.11%。以放牧利用方式而言,轮牧与定牧相比,从可食牧草能到羔羊的采食能(转化阶4),定牧系统比轮牧的高17%;而从采食的消化能到畜产品能(转化阶5),则轮牧比定牧高15%。这表明,在利用红豆草茬地放牧育肥羔羊系统中,以轮牧处理的可用畜产品能的转化率为高,牧草利用更为有效,净产出量较高。

2. 能量转化率

能量转化率是生态效率的重要部分。高的能量转化率是同生产上的高效性能相一致的(表1)。

表1中4个处理采食能转化为净肉或净毛能的转化率均以A为最高,B次之。其中净肉能的转化率依次是:A>B>C>D;净毛能的转化率依次是:A>B>D>C。这与试验羔羊生产性能的结果基本相同。

同美国西部条件下放牧羊的净肉能的转化效率(1.75%)^[4]相比,本试验结果轮牧处理为其3.6倍,定牧为其2.5倍。如果与我国新疆粗放经营条件下畜牧系统的能量转化率比较^[4],本试验可食畜产品(净肉)的转化率比其高4.6—9.2倍,可用畜产品(净毛)的转化率比其高1.1—1.8倍,总畜产品能高3.2—6.0倍。

造成本试验中定牧处理的采食能较多而固定在畜产品中的能较少的原因,是由于定牧处理羔羊采食大多较老化的茎秆(含再生的嫩枝、叶少)。所以尽管采食的总能量较高,但消化能、代谢能较少,另外定牧比轮牧游走耗能较多亦有关。

3. 草地力能学简析

对大量投入辅助能源的农业生产系统进行力能学分析,是评判其管理效果的科学指标,也是现代草地农业系统的重要经营依据。

韩纯儒、闻大中等人^[5-8]曾分别对种植业、养殖业和草业初级生产等子系统进行过力能学的分析,提供了有价值的资料。但草业次级生产子系统力能学分析尚未见报道。

本文参考李兰海等提出的能流分析指标^[9],把后期的补饲能定为羔羊的直接生理辅助能。因补饲是子系统之间的能源投入,也是草地农业系统主体构想的一部分,而电力、围栏等则为动物的间接生理能(见表2)。

对于不能直接折算的辅助能,先将其换算为标准价格的人民币,然后按人民币与投入能

表1 各处理组羔羊采食能转化为净肉、毛能的转化率

Table 1 Conversion efficiency of energy intake

处理 Treatment	采食能 Energy intake (MJ)	净增肉 Lamb increased		净增毛 Wool increased		总转化率 Total conversion (%)
		能值 Energy (MJ)	转化率 Conversion (%)	能值 Energy (MJ)	转化率 Conversion (%)	
A	1628.71	112.01	6.88	15.94	0.98	7.85
B	1497.70	75.65	6.05	11.38	0.76	5.81
C	2067.11	85.48	4.16	11.84	0.68	4.73
D	1817.40	66.66	3.48	12.01	0.63	4.11

的折算关系进行计算。根据价格理论,人类的抽象劳动创造价值,而这个过程也是体能的支出过程。所以,货币量与能量之间存在着合理的互算关系。其公式为:

$$E = \frac{O}{P}$$

这里, E ——劳动者劳动报酬的社会承认度; O ——社会平均的中等劳动强度下单位时间付出的能量; P ——社会平均工资。

表 2 辅助能源组成(%)
Table 2 Support energy(%)

处 理 Treatments	间 接 生 理 能 Indirect physiol. energy					直 接 生 理 能 Direct physiol. energy
	人 力 Labour	电 力 Electricity	围 栏 Fence	农 机 Machine	其 它 Others	补 饲 草 料 Aided stuffs
A	0.81	12.48	46.28	0.31	0.16	39.96
	60.04					
B	1.04	18.02	59.42	0.40	0.20	22.91
	77.09					
C	0.55	11.93	44.26	0.30	0.15	42.80
	57.20					
D	0.72	15.44	57.29	0.39	0.19	25.97
	74.03					

参考宋德勇等人的资料^[10], 得 $E = 1.487 \times 10^8 \text{J/Yuan}$ 或 1.487MJ/Yuan 。

关于系统的产出能, 只有用净能量来表示, 方可进行系统间的比较^[11]。实际上, 用产出净能计算产投比, 包含着整体效应的内涵。为此, 我们采用净肉, 净毛和净皮能计算产出, 得出单位面积草地能量产投的比较(见表3)。

从表3可知, 能量产投比以A为最高, 依次是 $A > B > D > C$ 。其中轮牧(A、B)两组的产投比平均为定牧(C、D)组的1.24倍($P < 0.05$)。本试验能量产投比结果, 在国内外都算是较高的^[12-14], 由于净产出能与总的产出能(包括粪、尿、内脏、骨及其它废屑物)之间的差别, 加上第一次收获物在内, 其实际的产投比肯定比计算值还要高。

进一步分析辅助能源的组成, 发现以A处理直接生理能占40%、间接生理能占60%的结构较为合理, 其系统的效益也最高。而C处理的直接生理比重较大(45%), 致使系统的效率不显著。直接生理能产投比的分析表明, 能量效率也基本符合报酬递减的规律, 因羔羊对草、料能的转化是有阈限的, 过高的直接生理能投入会造成能量的浪费^[15]。这一环节是种植业子系统和畜牧业子系统的连接过程, 也是草地农业的一个显著特点, 必须处理得当。

间接生理能的产投比, 由大到小依次是 $A > C > B > D$ 。分析表明, 过高的间接生理能的投入(如B、D), 其产投比反而下降。人力的投入低于或接近于1%, 表明劳动生产率高。围栏的投入是间接生理能的主体, 这是集约利用草地的基础。本试验未施入化肥能, 这是一般农业中少见的, 但也可能是现代草地农业发展的预兆。亦未同步进行零牧(刈割青饲)比较, 因主要以放牧利用茬地再生草。刈割舍饲将会增加辅助能投入, 并使产出能减少。

表 3 系统投入辅助能及产出能比较表
Table 3 Energy input and output for Sainfoin-lamb system

项目 Item	投入能(I) Energy input(I)							产出能(O) Energy output(O)			能量产投比 Energy ratio			
	间接生理能(S) Indirect physiol. energy(S)					直接生理能(P) Direct physiol. energy(P)		净肉 Net meat (kg)	净皮 Net hide (kg)	净毛 Clean wool (kg)	O/I	O/P	O/S	
	劳 力 Labour (man·h)	电 力 Electricity (kW·h)	围 栏 Fence (kg)	农 机 machinc (kg)	其 它 Others (yuan)	燕 麥 Oat Grass (kg)	精 料 Concentrates (kg)							
A	数量 Amount	52.50	50	32.76	10	5	44.45	64.99	26.68	2.06	5.27			
	能值 Energy (MJ)	38.45	591.20	2193.92	14.90	7.45	667.43	1225.83	876.21	57.74	124.64	0.22	0.56	0.37
	总能 Total energy (MJ)	2845.92					1893.26		1058.59					
B	数量 Amount	52.50	50	32.76	10	5	56.29	—	18.94	1.58	3.85			
	能值 Energy (MJ)	38.45	591.20	2193.92	14.90	7.45	845.29	—	605.22	41.00	90.09	0.20	0.87	0.26
	总能 Total energy (MJ)	2845.92					845.29		736.31					
C	数量 Amount	37.50	50	32.76	10	5	59.59	64.99	21.28	1.76	4.01			
	能值 Energy (MJ)	27.45	591.20	2193.92	14.90	7.45	892.74	1225.83	683.75	47.57	94.85	0.17	0.39	0.29
	总能 Total energy (MJ)	2834.92					2118.57		826.17					
D	数量 Amount	37.50	50	32.76	10	5	66.20	—	16.97	1.53	4.06			
	能值 Energy (MJ)	27.45	591.20	2193.92	14.90	7.45	994.12	—	533.17	41.21	96.06	0.18	0.67	0.24
	总能 Total energy (MJ)	2834.92					994.12		670.44					

四、结 论

1. 利用红豆草茬地放牧育肥羔羊, 轮牧较定牧平均增产 11.68%, 放牧加少量精料补饲可再增产 18.23% (轮牧组) 和 7.21% (定牧组)。实行本试验的不完全的季节畜牧业, 可使羊只平均增重 3.39 倍。草地的产肉量为 210.8 kg/10⁴ m², 接近于集约化程度较高的挪威的水平^[16]。说明红豆草茬地羔羊放牧系统具有丰产性, 也验证了草地农业系统的“生产效益放大”原则^[3]。

2. 羔羊采食能转化为可用畜产品 (净肉、净毛和净皮) 能的转化率, 分别是 7.85%

(A)、5.81%(B)、4.73%(C)和4.10%(D)。轮牧处理平均是定牧的1.43倍。每生产1kg净肉所需采食能A、B、C和D 4个处理组依次是477.67MJ、632.98MJ、773.17MJ和903.06MJ。其生态学效率,轮牧比定牧提高了26.0—54.0%。

3. 4个处理组的能量产投比分别为22.34%(A)、19.98%(B)、16.67%(C)和17.51%(D),轮牧平均是定牧的1.24倍($P < 0.05$)。表明其投入能对轮牧比对定牧更为有效。

4. 生产1kg净肉所需辅助能的投入总量,A、B、C和D各组分别为177.63MJ、194.84MJ、223.0MJ和225.58MJ。其中直接生理能所占比例分别是40%(A)、23%(B)、43%(C)和26%(D)。增加直接生理能的投入对轮牧处理组较为有效,可增加产投比;而对定牧处理组效果甚微,只会造成能量的空耗。

参 考 文 献

- [1] 任继周等, 1978, 草原生产流程与草原季节畜牧业, 中国农业科学 (2):21—26.
- [2] 任继周主编, 1985, 《草原生态化学》, 第1—3页, 农业出版社.
- [3] 任继周, 1986, 草原生态系统生产效益放大, 中国草原与牧草 (3):7—9.
- [4] 金以圣、熊易强, 1988, 新疆草原畜牧系统能量转换效率的研究——现状及今后改进的途径, 中国草原与牧草 (2):11—15.
- [5] 韩纯儒等, 1984, 畜牧业在农业系统中的地位——冀唐畜牧业系统分析, 农村生态环境 (4):31—33.
- [6] 刘翼浩, 1988, 能量的投入与产出在农业上的应用, 农村生态环境 (1):11—14.
- [7] 李向林, 1988, 云贵高原草业力能学的初步探讨, 中国草业科学 (1):15—19.
- [8] 闻大中, 1984, 农业生态系统研究方法, 农村生态环境(1):25—28.
- [9] 李兰海, 1988, 农业生态系统能流分析指标探讨, 农业现代化研究 (1):65—71.
- [10] 宋德勇等, 1988, 用生态系统观点分析——农户能流, 农村生态环境 (1):32—34.
- [11] Worthington, M.K., 1982, *Agriculture and environment*, 349—381.
- [12] 卞有生, 1988, 留民营生态系统中人工辅助能产投比的计算、分析与研究, 农村生态环境 (4):36—38.
- [13] Boswell, C. C., Monteath, N. A., 1984, Intensive lamb production under continuous and rotational grazing system. *N. Z. Jour. Exp. Agric.* 27:403—405.
- [14] Newton, J. E., Toung, N. E., 1973, A comparison between rotational grazing and set stocking with ewes and lambs at three stocking rates, *Anim. production*, 21:303—311.
- [15] Wen, D.Z., Pimentel, D., 1986, *Agriculture ecosystems and environment*, 15:233—246.
- [16] Sharrow, S. H., 1983, The sheep and lamb production in the upland by rotational grazing and continuous grazing, *J. Anim. Sci.*, 49(1):151—153.

ENERGETIC ANALYSIS OF LAMB GRAZING SYSTEM IN SAINFOIN STUBBLE FIELDS

Fu Yi-Kun Zhou Jia-You Jia Du-Jing Li Guang-Di
(Grassland Department, Gansu Agriculture University, Lanzhou)

A lamb grazing system in sainfoin stubble fields was studied from the stand point of view of agricultural energetics. Results from the experiment indicate that the output/input ratio of energy from four treatments of RM, SM, RO and SO were 22.34%, 19.98%, 16.67% and 17.51%, respectively. The ratio of rotational grazing was 1.24 times over that of set stocking. It would be more effective to increase energy input including the input of direct and indirect physiological energy to those Lamb under rotational grazing.

Key words: lamb grazing system, sainfoin stubble fields, energetic analysis, rotational grazing, set stocking.