

牦牛种群的能量流动态及其在系统 能量流中的地位和作用*

蒋志刚 夏武平

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁)

摘 要

继作者(1984)初步探讨了高寒草甸生态系统中牦牛种群的能量流动态以后, 本文深入探讨了牦牛种群的能量流动态及其在生态系统能流过程中的地位和作用。从测定牦牛的日常摄入能、消化能着手, 估算了由于瘤胃微生物发酵而产生的甲烷能量损失和代谢能, 研究了高寒草甸生态系统中, 每公顷面积上通过绿色植被和牦牛种群的能量流密度之物候期动态。比较了次级营养层上3种优势草食动物的种群密度、现存生物量以及每公斤体重、每公斤代谢体重的物质和能量消耗, 分析了牦牛种群在高寒草甸生态系统中的地位和作用。

自从海北高寒草甸生态系统定位站建立以来, 研究者们围绕着生态系统的能量流和物质流开展了大量的研究工作。然而, 关于高寒草甸系统中的大型草食动物——牦牛(*Bos grunniens*)的能量流动态及其在系统能流中的地位与作用迄今未见报道。在以往的研究中, 当需要有关牦牛种群的能量流参数时, 一般按藏系绵羊种群的能量流参数折算。鉴于牦牛与藏系绵羊之间存在着种的差异, 这就对于折算的合理性提出了疑问。牦牛是我国牧业特别是高原牧业的主体家畜品种之一, 我国的饲养量占世界饲养总量的85%以上(蔡立, 1980)。作为高寒草甸生态系统中的主要优势草食动物, 是系统内能量转化的重要环节, 探讨牦牛种群的能量流动态及其在系统能流中的地位和作用将有益于高寒草甸生态系统的深入研究, 于是1984年我们按高寒草甸的物候期开展了研究工作。

一、实验地点和研究方法

实验在中国科学院海北高寒草甸定位站(北纬37°29'—37°45', 东经101°12'—101°33')进行。

作为能量研究的第一步, 必须确定牦牛在自由放牧状态下的日采食量, 对于性情强悍的牦牛来说, 这项工作非常困难。为此, 我们提出酸不溶灰分法(acid insoluble ash method, AIA method)作为测定牦牛自由放牧采食量的方法(蒋志刚等, 1984), 计算日采食量的公式

$$DW_g = \frac{AIA_f (\%)}{AIA_g (\%)} \times DW_f \quad (1)$$

* 本文承蒙王祖望副研究员审阅文稿并提出宝贵修改意见, 作者谨此表示诚挚的谢意。
本文于1985年6月21日收到。

式中: DW_g : 日采食牧草风干重量 (kg); DW_f : 日排粪风干重量 (kg); AIA_f , 粪中AIA含率; AIA_g : 草中AIA含率。

按下列公式计算牦牛的每日摄入能 (energy intake, EI)、消化能 (digestive energy, DE) 和代谢能 (metabolic energy, ME):

$$EI = DW_g \times E_g \quad (2)$$

式中: EI : 日摄入能 (Kcal); DW_g : 日采食干物质质量 (kg); E_g : 牧草干物质热值含量 (Kcal/kg)

$$DE = EI - (DW_f \times E_f) \quad (3)$$

式中: DE : 日消化能 (Kcal); EI : 日摄入能 (Kcal); DW_f : 日排粪风干重 (kg); E_f : 粪干物质热值。

$$ME = DE - UE - GE \quad (4)$$

式中: ME : 日代谢能 (Kcal); UE : 尿能 (Kcal); GE : 瘤胃微生物发酵产生甲烷气体而损失的能量 (Kcal)。

鉴于 (4) 式右端后两项测定的困难性, 一般以公式 (5) 作为反刍动物代谢能的计算公式 (自奈林格, 1960)。

$$ME = 0.82 \times DE \quad (5)$$

用Blaxter (1962) 公式计算甲烷产生量:

$$E = 3.832X_1 - 3.61 \quad (6)$$

式中: E : 甲烷产生量 (g); X_1 : 可消化干物质质量 (100g单位)。

牧草样品与粪样品烘干、粉碎, 80℃烘烤至恒重后压片, 在日本产YM 数字热量计中测定燃烧热值。

研究地区的牧业为冬春和夏秋转场式季节性牧业。冬场的主要植被群系为矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸, 夏场的主要植被群系为金露梅 (*Dasiphora fluticosa*) 灌丛。两种植被的净初级生产效率用式 (7) 计算:

$$NPR (\%) = NP/TR \times 100 \quad (7)$$

式中, NPR : 净初级生产率; NP : 植物群落的净初级生产 (Kcal/m²·yr.); TR : 太阳辐射量 (Kcal/m²·yr.)。

一般在冬场放牧利用7个月 (11月至来年5月), 夏场放牧5个月 (6月至11月) (图1)。为了测定能量流密度的物候期间变化, 作如下简化: 设植被的净初级生产在放牧利用期

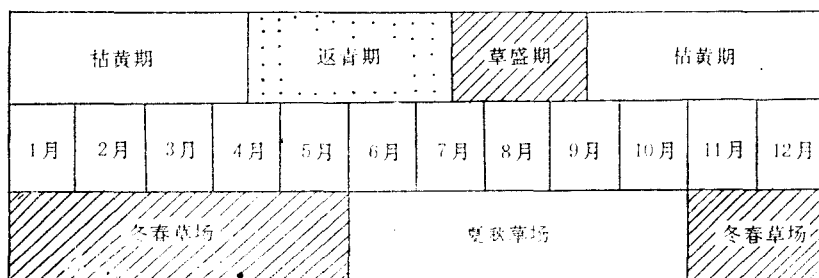


图1 研究地区的物候期、月份和季节性草场的划分

Fig. 1 The phenophases, months and seasonal grassland division in the studying area

间的每个月可能被草食动物利用的量是相等的, 若矮嵩草草甸和金露梅灌丛的净初级生产分别为 NP_K 和 NP_D , 则参照放牧月数, 在研究地区各物候期可被牦牛利用的净初级生产分别为:

$$\text{枯黄期: } WP = NP_K / 7 \times 5.5 + NP_D / 5 \times 1.5 \quad (8-1)$$

$$\text{草盛期: } EP = NP_D / 5 \times 2 \quad (8-2)$$

$$\text{返青期: } GP = NP_K / 7 \times 1.5 + NP_D / 5 \times 1.5 \quad (8-3)$$

每天每公顷面积进入牦牛种群的摄入能密度 EI_D :

$$NI = EI \times N \quad (9)$$

式中: EI : 日摄入能; N : 种群密度

牦牛种群的代谢能密度计算同 (9) 式

为了探讨牦牛种群在生态系统能流中的地位和作用, 比较高寒草甸生态系统中 3 种优势草食动物: 牦牛、藏系绵羊和高原鼠兔 (*Ochatona curzoniae*) 单位面积上的种群密度、生物量和以热值为代表的现存生物量。并计算了 3 个种群间的能流分配和物候期动态。鼠兔的食量数据在测定牦牛能流数据之同时测定。藏羊数据据皮南林 (1982), 鼠兔密度数据据刘季科 (1982), 系正常年份之密度值。草食动物组织热值据曾绍祥等 (1982)。

二、结 果 与 讨 论

各个物候期的植物样品的 AIA 含率 (表 1) 和牦牛粪样品的 AIA 含率 (表 2) 代入式 (1), 得到牦牛在各个物候期中日采食牧草干物质质量 (表 3)。在草盛期每日摄入牧草干物质最多, 枯黄期次之, 返青期最少。将日采食干物质质量折算成日摄入有机物质质量, 则是草盛期最多, 返青期居中, 枯黄期最少。这种变化, 一方面是由于牧草中有机质消化率的变化, 另一方面是由于牧草中含水率, 粗灰分率的变化而造成的。

在高寒草甸植被的 3 个物候期中, 牦牛每日从植物中摄取的能量, 消化吸收的能量以及参加机体代谢的能量比较, 摄入能、消化能和代谢能均以草盛期多, 返青

表 2 三个物候期中, 牦牛粪样品的含水率、粗灰分率、 AIA 率及热值含量

Table 2 The moisture, gross ash, AIA and caloric contents of the faeces samples from three phenophases

物 候 期	枯 黄 期	返 青 期	草 盛 期
天 数	212	91	62
总 粪 量 (kg/day)	9.66 ± 0.61	10.89 ± 0.61	12.50 ± 0.80
含 水 率 (%)	67.62 ± 4.36	81.23 ± 0.53	82.78 ± 0.64
干 物 质 (kg/day)	3.13 ± 0.20	2.04 ± 0.12	2.15 ± 0.17
有 机 质 (kg/day)	2.43 ± 0.15	1.55 ± 0.09	1.53 ± 0.12
粗 灰 分 (%)	22.30 ± 0.21	24.08 ± 0.25	29.14 ± 0.33
AIA (%)	16.75 ± 0.37	17.96 ± 0.12	20.70 ± 0.13
热 值 含 量 (cal/g-dry wt)	$3,746 \pm 11$	$3,731 \pm 3$	$3,804 \pm 23$

表 1 3 个物候期中牧草样品的含水率、粗灰分率、 AIA 率和热值含量

Table 1 The moisture, gross ash, AIA and caloric contents of the samples from three phenophases

物 候 期	枯 黄 期	返 青 期	草 盛 期
含水率 (%)	20.97 ± 3.17	69.53 ± 5.36	67.00 ± 4.97
粗灰分 (%)	9.70 ± 0.13	7.53 ± 0.90	8.73 ± 0.11
有机质 (%)	65.79 ± 2.48	28.17 ± 3.44	30.12 ± 3.26
酸不溶灰分 (%)	6.30 ± 0.11	4.45 ± 0.05	4.12 ± 0.05
热 值 (cal/g)	$4,222 \pm 106$	$4,297 \pm 24$	$4,216 \pm 30$

表 3 三个物候期中, 牦牛每日从牧草中摄入的有机物质、干物质重量

Table 3 Daily dry matter, organic matter intakes of the yak from the grass during three phenophases (kg/head, day)

物 候 期	枯 黄 期	返 青 期	草 盛 期
有机物质	7.51±1.00	7.63±0.61	9.87±0.69
干 物 质	8.31±1.10	8.25±0.65	10.81±0.75

表 4 牦牛每日摄入能、消化能和代谢能物候期间的变化

Table 4 Variations of daily energy intake, digestive energy and metabolic energy of yak during different phenophases (Kcal/head, day)

物 候 期	枯 黄 期	返 青 期	草 盛 期
摄入能	35,098±4,657	35,456±2,778	45,586±3,166
消化能	23,381±3,102	27,828±2,180	37,400±2,594
代谢能	19,172±2,544	22,819±1,788	30,668±2,127

期居中, 枯黄期少。牦牛能流动态与成年牦牛平均体重的物候期间之变化趋势是一致的(表 4)。在长达 212 天的枯黄期, 气温低, 风速高, 据海北站气象观测站资料, 1983 年整个草枯黄期月平均气温 -8.6°C , 最低气温 -35°C 。月平均风速为 3.01 米/秒, 风速最高时为 17.8 米/秒。而牦牛在这期间摄入的能量最少, 为了维持生命活动, 不得不动用在草盛期以脂肪、糖元形式贮存的能量, 于是造成体重下降, 个别较瘦弱的个体因得不到足够的营养而死亡。返青期, 气候转暖(1983 年 5 月日平均气温高于 5°C 的天数为 20 天), 草甸植被迅速返青生长。但由于这一物候期中, 绿色植物高度较低, 草食动物又面临着激烈的种间利用性竞争, 据我们测定, 这期间, 牦牛与草甸上另一优势草食动物——藏系绵羊的生态重叠达 0.9695 (蒋志刚、夏武平, 1985), 居一年中的最高值。食物资源有限, 加之竞争剧烈, 所以尽管日摄入能量有所增长, 但增加的幅度并不大。与枯黄期比较, 摄入能仅增加 1%, 而消化能却增加了 19%。可见这期间的能量利用效率提高了。草盛期, 牦牛进入泌乳盛期, 据郑丕留(1980)资料计算, 每日仅泌乳净能需要 2,511.11 千卡。这一时期也是牦牛体重恢复, 增长时期, 每日增重达 435 克, 需增重净能 1,740 千卡以上。泌乳和增重沉积能量的需要, 使得牦牛在这期间的采食量大幅度增加, 总摄入能较枯黄期增长 30%, 食物的消化利用效率也大大提高(表 5), 草盛期的干物质与有机物质之消化率是三个物候期中最高的, 消化能草盛期较枯黄期增加 60%, 于是, 弥补了牦牛种群在这一阶段的能量需要。随着摄入能量的增加, 由于瘤胃微生物发酵产生甲烷气体而排出体外而损失的能量也相应增加(表 6)。

由于海拔、降水和有效积温等生态因子的作用, 高寒草甸生态系统的能流有着鲜明的特点:

系统内初级生产效率低, 植物地上部分在初级生产中占的比重少。据海北站气象观测站资料, 1983 年全年总辐射量为 137.5 千卡/厘米²。矮蒿草草甸植物群落的净初级生产为 $3,695.16$ 千卡/米²·年, 其中地上部分为 909.80 千卡/米²·年; 金露梅灌丛的净初级生产为 $7,030$ 千卡/米²·年, 其中草食动物可利用部分为 822.77 千卡/

表 5 在不同物候期中牦牛对牧草的干物质与有机物质的消化率

Table 5 The digestibilities of yak to the dry matter and organic matter in the grass during different phenophases

物 候 期	消 化 率 (%)		
	枯 黄 期	返 青 期	草 盛 期
干 物 质	62.37	75.22	80.10
有 机 质	67.62	79.55	84.55

表 6 不同物候期中, 牦牛瘤胃微生物发酵而产生的甲烷能量损失
Table 6 The energy lose in methane produced by the microorganisms in rumen of yak during different phenophases

物 候 期	枯 黄 期	返 青 期	生 长 盛 期
可消化干物质 (100g)	51.85 ± 6.88	62.06 ± 4.95	86.62 ± 6.02
甲烷气产生量 (g/No. day)	195.08 ± 22.75	234.20 ± 15.36	328.32 ± 19.46
甲烷能损失 (ELM) (Kcal/No. day)	2,580.89 ± 330.98	3,038.47 ± 203.21	4,343.69 ± 257.46
ELM/IE (%)	7.35	8.74	9.53
ELM/DE (%)	11.04	11.13	11.61
DE/IE (%)	66.61	78.48	82.04

米²·年(杨福国等, 1982)。据式(7)计算净初级生产效率, 矮嵩草草甸为0.269%; 金露梅灌丛为0.511%。而据Woodwell 和 Whittaker (1968)报道, 陆地生态系统的净初级生产效率为0.88%。

系统的能流过程有明显的物候期动态。以往的研究(皮南林, 1982)证明了这一点, 牦牛种群的能流动态也证明了这一点。每公顷面积进入牦牛种群的能流密度, 以草盛期最高, 返青期次之, 枯黄期最低(表7)。牦牛种群从初级营养层摄取的能量占净初级生产的比较

表 7 每公顷草甸面积上, 进入绿色植物群落和牦牛种群的能量流密度
Table. 7 The densities of the energy flow entering the green plant community and yak population per hectare meadow

	枯 黄 期	返 青 期	草 盛 期
天 数 (Di)	212	91	62
密 度 (No./ha)	0.203	0.295	0.370
在夏季和冬季草场上被绿色植物固定的太阳能			
UNPP ¹⁾ (10 ³ Kcal/ha)	9,616.74	4,417.88	3,291.08
NPP ²⁾ (10 ³ Kcal/ha)	50,125.56	29,010.36	28,122.88
进入牦牛种群的能量流密度			
EI ³⁾ (10 ³ Kcal/ha·day)	7.12 ± 0.95	10.46 ± 0.82	16.87 ± 1.17
ME ⁴⁾ (10 ³ Kcal/ha·day)	3.89 ± 0.52	6.73 ± 0.53	11.45 ± 0.79
EI × Di	1510.28 ± 200.40	951.92 ± 74.62	1,045.74 ± 72.54
ME × Di	824.68 ± 110.24	612.59 ± 48.23	703.47 ± 48.98
EI × Di/UNPP	17.02 ± 2.09	21.54 ± 1.09	31.77 ± 2.20
ME × Di/UNPP	9.30 ± 1.15	13.86 ± 1.09	21.37 ± 1.49
EI × Di/NPP	3.01 ± 0.40	3.28 ± 0.26	3.72 ± 0.28
ME × Di/NPP	1.64 ± 0.22	2.11 ± 0.17	2.50 ± 0.05

1) UNPP——该物候期中净初级生产的可利用部分;

2) NPP——该物候期中净初级生产量, 分别据式8、9和10计算;

3) EI——摄入量, 据式11计算;

4) ME——代谢能, 据式12计算。

也呈相似的变化规律。物候是植被在水温环境生态因子作用下所产生的生长发育节律。牦牛种群的能流过程受到植被物候的影响,说明环境生态因子除直接作用于牦牛种群外,还通过食物而间接影响牦牛种群的能流过程。

为了分析牦牛种群在系统能流中的地位与作用,我们首先从分析牦牛与初级生产营养层的能流联系着手。冬春季从矮嵩草草甸上流入牦牛种群的能量为 $1.849 \times 10^6 \text{ Kcal/ha.}$;夏秋季从金露梅灌丛中流入牦牛种群的能量为 $1.659 \times 10^6 \text{ Kcal/ha.}$;这样,由于季节轮牧,每公

顷面积上的牦牛种群实际上消耗了两公顷面积上 $3.518 \times 10^6 \text{ Kcal}$ 的净初级生产能量。占净初级生产可被利用部分的20.65% (表7),这说明牦牛在系统中处于重要的消费者地位。

其次,牦牛种群在次级生产营养层上的比重如何呢?次级营养层上的3种优势动物的种群密度。现存生物量和以热值为代表的生物量相比较,鼠兔的密度较高,而生物量中牦牛种群占的比例大,为55.71% (表8)。说明牦牛种群在草食动物群落中是很重要的组成成分。由于高寒草甸生态系统是一种放牧生态系统,人们的经济生产目的需要增加系统内草食家畜的数量和提高能流转换效率,所以有必要进一步讨论能流在次级生产营养层上各种群间的分配。以个体重、代谢体重、干物质和能量摄入量比较,以牦牛最大,鼠兔最小 (表9)。而

表 8 高寒草甸生态系统中次级营养层上
3种优势种的种群密度、生物量
和组织能量含量

Table. 8 The population densities, biomasses
and caloric contents of the standing
biomass of three dominant species
on secondary trophical level in
alpine ecosystem

	牦 牛	藏 羊	鼠 兔
密度 (D_i) ($\text{No.}/\text{ha}$)	0.254	0.500	70.16
生物量 (B_i) (kg/ha)	42.76	25.24	8.75
$C.C.S.B.^{1)} C_i$ ($10^3 \text{ Kcal}/\text{ha}$)	41.90	59.82	14.20
$B_i / \sum_{i=1}^3 B_i$ (%)	55.71	32.89	11.40
$C_i / \sum_{i=1}^3 C_i$ (%)	36.15	51.60	12.25

1) C.C.S.B.——现存生物量的热值含量。

表 9 牦牛、藏羊和高原鼠兔的体重,代谢体重、干物质摄入量和能量摄入量

Table 9 The boy weights, metabolic weights, dry matter intakes and energy
intakes of yak, tibetan sheep adn plateau pika

	体 重 (kg) W	代 谢 体 重 (kg) $W^{0.75}$	干物质摄入量 (kg/day) W_f	能量摄入量 (Kcal/day) w_e
I ¹⁾ 牦牛	168.346 + 13.260	46.736 + 6.949	8.313 + 1.103	35,098.000 + 4,656.866
I ¹⁾ 藏羊 ²⁾	54.300 + 0.980	20.003 + 0.985	1.770 + 0.120	8,101.640 + 536.950
I ¹⁾ 鼠兔	0.112 + 0.008	0.194 + 0.027	0.032 + 0.001	135.104 + 4,222
II ¹⁾ 牦牛	—	—	8.251 + 0.658	35,456.000 + 2,827.542
II ¹⁾ 藏羊	44.600 + 1.230	17.258 + 1.168	2.380 + 0.130	11,029.610 + 524.690
II ¹⁾ 鼠兔	0.134 + 0.029	0.221 + 0.070	0.028 + 0.003	122.030 + 11,560
III ¹⁾ 牦牛	—	—	10.814 + 0.751	45,586.000 + 3,165.811
III ¹⁾ 藏羊	46.000 + 0.930	17.663 + 0.947	1.190 + 0.080	5,469.630 + 384.260
III ¹⁾ 鼠兔	0.140 + 0.011	0.229 + 0.034	0.034 + 0.001	144.690 + 4,255

1) I——草枯黄期, II——草返青期, III——生长盛期;

2) 据皮南林 (1982)。

比较干物质摄入量能量摄入量与体重的比值时，鼠兔每公斤体重所消耗的食物量、能量是最高的(表10)，为牦牛的4.98倍，藏羊的8.61倍。高密度的鼠兔种群是有害的，一方面它大量消耗了本来可以进入牦牛、藏羊种群的净初级生产，另一方面它还挖掘洞道，破坏植被，直接影响初级生产。尽管鼠兔种群的现存生物量又占3种草食动物总现存生物量的11.40% (图2 a)，但它消耗的净初级生产量占总消耗量的27.17% (图2 b)。

表 10 食物摄入量(或能量摄入量)与体重
(或代谢体重)的比率

Table 10 the ratios of food consumptions (or energy intakes) to body weights (or metabolic weights)

	W_f/W (kg/kg·day)	$W_f/W^{0.75}$ (kg/kg·day)	W_e/W (Kcal/kg·day)	$W_e/W^{0.75}$ (Kcal/kg·day)
牦牛	0.057	0.197	239,220	832,550
藏羊	0.033	0.088	149,201	405,022
鼠兔	0.284	0.165	1,206,286	696,412

当仅仅着眼于系统的能量转换过程时，从初级营养层流入次级营养层的能量占净初级生产的比例并不高。从金露梅灌丛中每年流入牦牛种群的净初级生产为总净初级生产的2.63%，流入藏羊种群为1.64%，以矮嵩草草甸流入牦牛种群的净初级生产为总净初级生产的4.49%，流入藏羊种群为5.12%，流入鼠兔种群为5.61% (图3)。然而，净初级生产并不是全部可被以上3种草食动物利用的。金露梅灌丛和矮嵩草草甸可被利用部份分别占净初级生产的11.70%和24.62% (图3)。即便在轮牧的情形下，牦牛种群已经消耗了两季草场上UNPP的20.65%，加上藏羊种群消耗的20.50%，已占UNPP的41.15%，而高密度的鼠兔种群也消耗了大量的净初级生产，其在每公顷矮嵩草草甸上所消耗的UNPP超过牦牛种群冬春季的消耗量。要提高牦牛、藏羊等草食家畜的经济效益，限于系统中的初级生产不能依靠提高牦牛、藏羊的数量，而应靠调整种群结构，提高能量转换效率，并应该控制高密度的高原鼠兔种群，调整次级营养层上的能量分配，让更多的能量流入牦牛，藏羊种群。

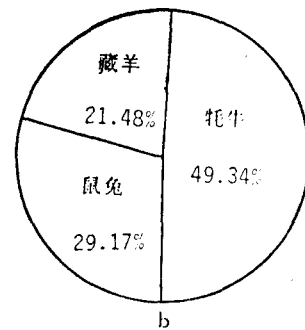
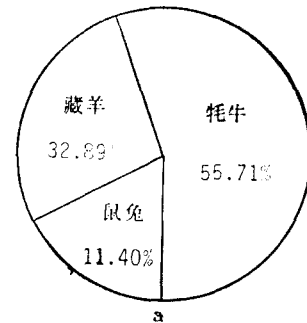


图 2 a. 次级生产营养层上，牦牛、藏羊和鼠兔的生物现存量

b. 从初级生产营养层流入次级生产营养层的能量流在牦牛、藏羊和鼠兔3个种群间的分配

Fig. 2a. The standing biomass per hectare of yak, tibetan sheep and pika on secondary trophical level

b. The energy flow, from the primary trophical level to secondary trophical level, distributes among the yak, tibetan sheep and pika populations

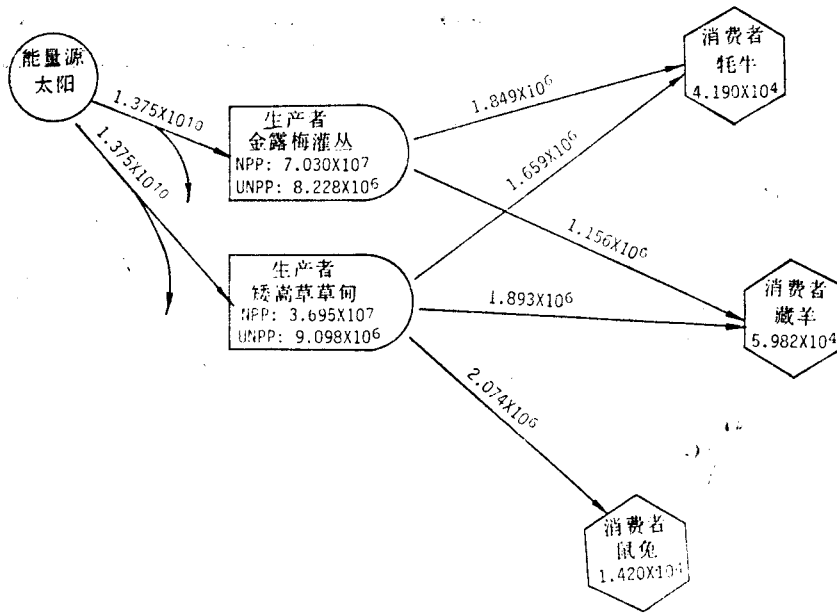


图3 高寒草甸生态系统中的能量转换等级链 (Kcal/ha.yr)

Fig. 3 The energy transformation hierarchical chain of alpine meadow ecosystem

三、小 结

不同物候期间, 牦牛的摄入能、消化能、代谢能以及干物质、有机物质消化率存在着较大的差异。单位面积上通过牦牛种群的能流也受到草甸物候期的影响。

牦牛种群在系统的能流过程中处于重要的消费者地位, 被矮嵩草草甸植物群落和金露梅灌丛植物群落固定的太阳能进入牦牛种群的比例分别为4.49%和2.63%, 蕴含于两种植物群落地上部分的净初级生产中的20.65%流入了牦牛种群。

牦牛种群在次级生产营养层上是主要组成部分。单位面积上牦牛种群的现存生物量占牦牛、藏羊和鼠兔3种群现存生物量的55.71%。流入牦牛种群的能量流量为流入3种群总流量的49.34%。

参 考 文 献

- 中国医学科学院卫生研究所 1977 常用食物成分表。人民卫生出版社。
- 皮南林 1982 高寒草甸生态系统绵羊种群能量动态的研究。见夏武平主编《高寒草甸生态系统》I: 67—72页, 73—74页, 甘肃人民出版社。
- 刘季科、梁杰荣等 1982 高寒草甸生态系统定位站地区的啮齿动物群落与数量。见夏武平主编《高寒草甸生态系统》I: 34—43页, 甘肃人民出版社。
- 杨福国、沙渠等 1982 青海高原海北高寒灌丛和高寒草甸初级生产量 见夏武平主编《高寒草甸生态系统》I: 44—50页, 甘肃人民出版社。
- 郑丕留 1980 我国家畜品种及其生态特征。农业出版社。
- 曾绍祥、王祖望等 1982 高寒草甸啮齿动物、绵羊及牧草能量值季节变化的初步研究。见夏武平主编《高寒草甸生态系统》I: 58—60页, 甘肃人民出版社。
- 蒋志刚、皮南林 1985 高寒草甸生态系统中牦牛种群能量流动态的初步研究。西南民族学院学报 1985(3): 1—7。
- 蔡立 1980 中国的牦牛。西南民族学院学报 1980(1): 1—12。
- 奈林格, K. 1965 家畜饲养与饲料。北京农业大学畜牧系饲养教研组, 西北农学院牧医系畜牧总论教研组译, 农业出版社。

- Blaxter, K.L. 1961 草地产品的利用. 第八届国际草地会议论文集, 中国农业科学院情报室译, 农业出版社.
- Woodwell, G.M. and R.H. Whittaker 1968 Primary production in terrestrial ecosystems. In R.G. Wiegert (ed.) Ecological Energetics. pp. 224—235. Dowden, Hutchinson and Ross.

THE DYNAMICS OF THE ENERGY FLOW OF DOMESTIC YAK POPULATION AND ITS POSITION AND FUNCTION IN THE ENERGY FLOW OF THE ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

Jiang Zhigang Xia Wuping

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academic Sinica, Xining)

The dynamics of energy flow of yak population was studied at the Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station (Lat. $37^{\circ}29'$ — $37^{\circ}47'N$, long. $101^{\circ}12'$ — $101^{\circ}33'E$) during 1984. Owing to the high altitude of the studying area (3,200—3,800 m above sea level), the four seasons in the year are not as distinct as the phenophases of the meadow vegetation so we carried on our experiments according to the three main phenophases: green up, exuberance and withering of vegetations instead of the four seasons. The daily food consumptions of the yak during different phenophases were determined with AIA (acid insoluble ash) method.

The results led us to conclude that energy flow of yak population has a phenophase dynamics. The energy intake, digestive energy and metabolic energy reached their peaks in the exuberance period and became the lowest in the withering period. As the digestible dry matter in the food increased, the energy loss caused by the methane producing rumin microorganisms increased, too. The results show the yak population is an important consumer of the primary production of the ecosystem. The percentage of the solar energy fixed by the *Kobresia humilis* meadow plant community and *Dasiphora fluticosa* shrub plant community flowing into the yak population counts for 4.49% and 2.63% respectively. 20.65% of the energy stored in the above-ground part of the net primary production of the system flowed into the yak population. Having a strong influence over the distribution of the energy flow into the herbivore community, the yak population is a main component of the secondary trophical level in ecosystem. The standing biomass of yak population on unit area amount to 55.71% of the total standing biomass of yak, tibetan sheep and plateau pika populations. The energy flowing into the yak population made up 49.34% of the total energy flow entering the three dominant herbivore populations.