

反刍动物能量代谢研究 VII. 生长发育牦牛 (1岁母牛)绝食代谢测定*

赵新全 皮南林 冯金虎

(中国科学院西北高原生物研究所)

牦牛是青藏高原特有家畜品种之一。我国的牦牛占世界总量的90%以上,其中绝大多数集中于青藏高原中心地带及东部边缘的青海、甘肃和四川西北部(蔡立,1981)。牦牛作为高寒草甸生态系统中的优势草食动物,无疑是系统内能量转化的主要环节。因此,开展对牦牛绝食代谢及能量需要的研究,对深入研究高寒草甸生态系统的结构和功能具有重要意义。

关于牛的绝食代谢研究,国外报道甚多,由于不同品种在不同条件下绝食代谢值不同,因此,牛的绝食代谢一直有人在试验研究(Blaxter, 1962; Frisch 等,1976; Simith 等, 1985)。在我国,对牛的绝食代谢研究工作起步较晚,最近几年才有人用呼吸面具法分别对生长期肉牛和黑白花奶牛进行了绝食代谢研究(冯定远等,1986;蒋永清等,1987)。但以上这些研究中,未涉及到高寒地区牦牛的绝食代谢,为此,作者用密闭回流式呼吸测热装置对生长期牦牛进行了绝食代谢测定。

一、材料和方法

试验于1988年4月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(北纬 $37^{\circ}37'$,东经 $101^{\circ}19'$,海拔3200米)进行。试验期日平均气温 0.6°C ,范围 -11.0°C — 12.5°C 。

供试牦牛为健康无病,生长发育良好的1岁母牛6头。

试验用 RA (c) III 型密闭回流式呼吸测热装置(吉林省农业科学院畜牧研究所研制),其特点是:气体回流时,全部与外界空气隔绝而密闭,家畜放置于呼吸小室中,并定量地向小室内供氧,小室内空气通过导管经室外吸收系统,将其中 CO_2 , H_2O 用药物吸收(本试验 CO_2 由 20% 的 KOH 溶液吸收, H_2O 由变色硅胶吸收),最后又经导管再进入小室中,如此循环往复。

试验时,要求牦牛绝食而处于吸收后状态,将牦牛置于小室恒温($15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)后开始测定,每头牛测定12小时。试验开始时采集呼吸小室及管道中的气体,并用感量为50毫克的大型精密天平称测吸收罐的始重;试验结束时,以同样方法采集气样和称测吸收罐重量,同时测量总排尿量,并取12毫升尿样

此研究项目为国家自然科学基金资助项目。

* 本研究工作受到奉勇、陈伟民同志支持,谨此致谢。

本文1988年6月29日收到。

加 10% 硫酸 3 毫升, 编号待分析。试验通过湿式气体流量计定量地向小室内输氧。

气体分析采用 Beckman 医用气体分析仪(美国产, 分析精度为 0.01%), 对气样中的二氧化碳和氧含量进行分析, 并求出标准状况下的氧耗量和二氧化碳产生量。

尿氮用半自动凯氏定氮仪(瑞士产)测定。

二、结果及分析

(一) 绝食状况下牦牛的呼吸商

各种营养物质氧化时, 其呼吸商 (RQ) 有特定的数值, 即糖类、脂肪、蛋白质的呼吸商分别为 1.00、0.70 和 0.80。

本次试验测得绝食状况下牦牛的呼吸商结果列于表 1, 其中非蛋白质代谢呼吸商 (NPRQ) 是根据每日尿氮排出量(克)乘以体内每排出 1 克尿氮的耗氧量和二氧化碳生成量(二者数值分别为 5.94 和 4.76 升。Hardy, 1979), 这样可计算出蛋白质代谢的耗氧量和二氧化碳产生量, 进而求得非蛋白质代谢呼吸商, 其平均值为 0.720。该呼吸商下, 糖和脂肪代谢所占的比例分别为 3.64 和 96.36%。可见糖代谢占的比例很低, 表明试验牛已基本上达到吸收后状态。

表 1 绝食状态下牦牛呼吸商

Table 1 Respiratory quotient (R. Q) of yak in fasting condition.

项 目 Item	牛 号 Yak No.						平均 Average
	1	2	3	4	5	6	
总呼吸商 Total R. Q	0.714	0.710	0.724	0.770	0.707	0.710	0.723
尿氮量(克/日) Urinary nitrogen (g/d)	0.63	0.96	1.73	2.59	0.02	1.18	1.18
蛋白质代谢耗 O ₂ (升/日) Protein metabolism consumed O ₂ (L/d)	3.74	5.70	10.27	15.38	0.06	7.01	7.030
蛋白质代谢 CO ₂ (升/日) Protein metabolism produced CO ₂ (L/d)	3.00	4.57	8.23	12.33	0.05	5.62	5.63
非蛋白代谢耗 O ₂ (升/日) Non-protein metabolism consumed O ₂ (L/d)	366.72	410.01	235.40	304.98	315.10	308.23	323.02
非蛋白代谢 CO ₂ (升/日) Non-protein metabolism produced CO ₂ (L/d)	261.24	290.39	169.61	234.71	222.95	218.14	232.77
非蛋白质代谢呼吸商 NPRQ	0.713	0.708	0.721	0.768	0.708	0.708	0.720

(二) 绝食状态牦牛的气体交换

气体交换指家畜在单位时间内所消耗的氧及产生的二氧化碳量。由表 2 可知, 绝食状态下牦牛每日耗氧量和生产二氧化碳量平均为 330.35 和 238.04 升。根据糖、脂肪、蛋

表2 绝食状况下牦牛气体交换

Table 2 Gaseous exchange of yak in fasting condition.

牛号 Yak No.	体重 (公斤) Body-weight (kg)	代谢体重 $W^{0.75}$	耗氧量(升) O_2 consumed (L)				产生 CO_2 量(升) CO_2 produced (L)			
			日总量 Daily total amount	糖类 Carbo- hydrate	脂肪 Fat	蛋白质 protein	日总量 Daily total amount	糖类 Carbo- hydrate	脂肪 Fat	蛋白质 Protein
1	74.00	25.23	369.96	16.30	349.92	3.74	264.26	16.30	244.96	3.00
2	62.50	22.23	415.72	7.99	402.03	5.70	291.96	7.99	282.40	4.56
3	48.00	18.23	245.68	16.01	219.32	10.28	177.84	16.01	153.60	8.23
4	59.50	21.43	230.36	8.30	296.68	15.38	246.60	8.30	225.99	12.33
5	57.00	20.74	316.16	7.88	307.22	0.06	223.00	7.88	215.07	0.05
6	58.80	21.15	315.24	7.95	300.28	7.01	223.76	7.95	210.19	0.62
平均数 Average	59.97	21.50	330.35	10.94	312.58	7.03	238.40	10.94	220.04	5.63

白质参加代谢的比例,分别求得了糖、脂肪、蛋白质代谢的耗氧和生产二氧化碳占总耗氧和总二氧化碳生成量的比例分别为 3.46% 和 4.50%, 94.41% 和 93.14%, 2.13% 和 2.36%。

(三) 绝食状况下牦牛每日产热量

以动物每消耗一升氧为单位,氧化某种营养物质所产生的热量,称为该营养物质的氧热价。糖、脂肪、蛋白质代谢的氧热价分别为 5.00、4.70 和 4.46 千卡¹⁾/升。氧热价分别乘以各营养物质代谢的耗氧量,则可得到各营养物质代谢的产热量,总产热量为各种营养物质代谢产热之和(表 3)。

表3 绝食状况下牦牛每日产热量

Table 3 Daily heat production of yak in fasting condition.

牛号 Yak No.	总产热 (千卡) Total heat produced (kcal)	每公斤 $W^{0.75}$ 产热 (千卡) Heat production per $W^{0.75}$ (kcal)	其中 In which					
			糖(千卡) Carbohy- drate (kcal)	百分比 (%)	脂肪(千卡) Fat (kcal)	百分比 (%)	蛋白质 (千卡) Protein (kcal)	百分比 (%)
1	1742.80	69.08	81.50	4.68	1644.62	94.37	16.68	0.96
2	1954.91	87.94	39.95	2.04	1889.54	96.66	25.42	1.30
3	1156.70	63.45	80.05	6.92	1030.80	89.12	45.85	3.96
4	1504.48	72.20	41.50	2.76	1394.39	92.68	68.59	4.56
5	1483.60	71.53	39.40	2.66	1443.93	97.33	0.27	0.02
6	1482.28	70.08	39.75	2.68	1411.32	95.21	31.26	2.11
平均 Average	1554.13	72.38	53.69	3.45	1469.10	94.53	31.35	2.02

由表 3 可知,生长期(1岁)母牦牛的绝食代谢为 72.38 千卡/($W^{0.75}$ ·日),该值较同龄黑白花奶牛和 Holstein heifer 牛较低(二者分别为 87.56、84.10 千卡/($W^{0.75}$ ·日)。蒋永清等,1987; Blaxter, 1962)。在总产热中,糖、脂肪、蛋白质代谢产热分别占 3.45%、94.53%、

1) 1卡=4.1868 焦耳。

2.02%。

(四) 绝食状况下牦牛体内各种营养物质每日消耗量

家畜在绝食代谢条件下的产热量,来源于体内各种营养物质的分解,在理想状态下,应全部为脂肪分解产热,在极度饥饿时,将要分解一部分体蛋白来维持生命活动。

在生理学上,把1克营养物质分解所释放的热量叫该物质的生理热价。糖、脂肪、蛋白质的生理热价分别为4.10, 9.30, 4.10千卡/克。各营养物质的产热量分别除以其生理热价,则可求得牦牛在绝食代谢条件下各种营养物质的分解量(表4)。

表4 绝食状况下牦牛每日营养消耗量

Table 4 Daily body nutrient consumed by yak in fasting condition.

牛号 Yak No.	物质分解量 (克) Nutrient consumed (g)	其 中 In which					
		糖类 Carbohy- drate (g)	百分比 (%)	体脂肪 Fat (g)	百分比 (%)	体蛋白质 Protein (g)	百分比 (%)
1	200.78	19.87	9.90	176.84	88.08	4.07	2.03
2	219.20	9.74	4.44	203.18	92.69	6.28	2.86
3	141.54	19.52	13.79	110.84	78.31	11.18	7.90
4	176.80	10.12	5.72	149.94	84.81	16.74	9.47
5	164.88	9.61	5.83	155.26	94.17	0.01	0.00
6	169.07	9.70	5.74	151.75	89.76	7.62	4.51
平均 Average	178.71	13.09	7.33	157.97	88.39	7.65	4.28

由表4结果可知,绝食代谢条件下,1岁母牦牛每日消耗营养物质总量为178.71±27.55克,其中脂肪分解量竟占了87.97%,蛋白质和糖分别占4.46%,7.57%。此结果亦说明,本试验中牦牛已基本达到吸收后状态。

三、讨 论

本试验结果表明,1岁母牦牛在绝食状况下的产热量为72.38千卡/(W^{0.75}·日),该值较同龄黑白花奶牛和Holstein heifer牛的绝食代谢低,二者分别为87.56, 84.10千卡/(W^{0.75}·日)。我们认为这是由于本次试验结果为牦牛基础代谢的缘故。

家畜维持生命活动的最低能量消耗称为家畜的基础代谢,这时,家畜必须处于:①吸收后状态,即家畜依靠分解体组织产热;②没有明显的肌肉活动,处于静止状态;③环境温度在等热区范围内,家畜主要依靠物理调节维持体温恒定,使其产热处于最低水平。从本次试验的呼吸商看,牦牛已基本达到吸收后状态(糖代谢产热只占总产热的3.45%),且在试验期牦牛置于代谢笼中,无其他干扰而处于静止状态,在12小时的试验中,有87%时间处于躺卧状态。因此,从基础代谢的前两个条件看,本试验已具备。本试验中动物所处的环境温度控制在15℃±1℃,这比牦牛的临界温度13℃(李诗洪等,1983)高,我们认为,这是由牦牛的营养状况和生长发育年龄所决定的。据大量的研究表明,幼年家畜的等热区温度较窄,临界温度较高。出生后5—6天,体重1—2公斤的哺乳仔猪的临界温度为34—35℃,体重为6公斤时下降为30℃。本次实验牛为未成年的1岁母牦牛,其等热区温

度应较高。另外,家畜的等热区温度还与其营养状况有关,营养愈高,增生热愈高,临界温度愈低。例如:被毛正常的阉牛,维持饲养时临界温度为 7°C ,饥饿时升高到 18°C ;刚剪毛高营养水平绵羊其临界温度为 25.5°C ,吃维持日粮时为 32°C ,本实验在4月份进行,牦牛经过漫长的枯草期而使其营养水平很差,其等热区温度应较高。所以,作者认为,本试验的环境温度控制在 15°C 应在牦牛的等热区温度范围内。该值较一般舍饲牛热中性温度 20°C (Robison等,1986)低。从以上分析看,本试验测得的结果应为牦牛的基础代谢。

四、小 结

1. 绝食状况下生长期(1岁)母牦牛的呼吸商为0.723,非蛋白质代谢呼吸商为0.720,在非蛋白质代谢呼吸商下,糖和脂肪参加代谢的比例分别为3.64、96.36%。
2. 生长期牦牛在绝食代谢条件下,总耗氧量和二氧化碳产生量分别为330.35、238.40升/日,每公斤代谢体重的耗氧量和二氧化碳产生量分别为15.32、11.06升/日。
3. 绝食代谢条件下,1岁母牛每日分解体内营养物质178.71克,其中脂肪157.97克,糖13.90克,蛋白质7.65克。
4. 生长期母牦牛的基础代谢量为 $72.38 \text{ 千卡}/(\text{W}^{0.75} \cdot \text{日})$,其中糖、脂肪、蛋白质代谢分别占总产热的3.45、94.53、2.02%。

参 考 文 献

- 王庆镐主编,1981,家畜环境卫生学,16—17,农业出版社。
- 皮南林、赵新全、赵多琥,1986,反刍动物能量代谢研究 II. 不同年龄、性别藏系绵羊基础代谢测定。高原生物学集刊,(5): 56—61。
- 冯定远、李永禄、马曼云,1986,用呼吸面具法对生长肉牛绝食代谢的研究,中国畜牧杂志,(2): 3—6。
- 李诗洪、欧阳熙、田珠光、张世亮、汪明月、何四东,1983,牦牛耐热性观测。川西北草原开发利用研究,171—174。四川民族出版社。
- 蒋永清、张晓明、周建民、冯仰廉,1987,黑白花生长母牛绝食代谢和不同运动量的能量代谢,中国畜牧杂志,(4): 11—13。
- 蔡立,1981,牦牛的品种(或类群)。中国家畜品种及其生态特征,45—59,农业出版社。
- Blaxter, K. L., 1962 The energy metabolism of ruminants pp. 98—100. Hutchinson and Technical (Publishers), London.
- Frisch, J. E., Vercoe, J. E., 1976, Maintenance requirement, fasting metabolism and body composition in different cattle breeds. In "Energy metabolism of farm animals". Ed. M. Vermorel, pp. 209—212. Proc. 7th symposium energy metabolism. Held at Vichy (France).
- Hardy, R. N., 1979, Temperature and animal life, pp. 10—31. Eawrd arndd (Publishers), London.
- Robinson, J. B., Ames, D. R., Milliken, G. A., 1986, Heat production of cattle acclimated to cold, thermoneutrality and heat when exposed to thermoneutrality and heat stress. *J. Anim. Sic.* 62(5): 1434—1440.
- Smith, A. J., Mollison, D. R., 1985, Fasting metabolism of different beef cattle breeds. *J. Anim. Sic.* 60(3): 855—860.

STUDY ON ENERGY METABOLISM OF RUMINANTS VII. MEASUREMENT IN FASTING METABOLISM OF ONE-YEAR-OLD FEMALE YAK

Zhao Xinquan, Pi Nanlin and Feng Jinhu
(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The basal metabolism of one-year-old yak was measured by closed-circuit respiration apparatus at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem in 1988. Some results obtained as follows:

1. In fasting condition, respiratory quotient (R. Q) and non-protein respiratory quotient (NPRQ) were 0.723 and 0.720. In non-protein metabolism condition, the percent of carbohydrate and fat metabolism were 3.64 and 96.36%.

2. The basal metabolism of one-year-old female yak was $72.38 \text{ kcal} \cdot \text{W}^{0.75} \cdot \text{day}^{-1}$. In which, carbohydrate, fat and protein make up 3.45, 94.53 and 2.02% respectively.

3. The amounts of carbon dioxide production and oxygen consumption in fasting condition were 11.06 and $15.73 \text{ L} \cdot \text{W}^{0.75} \cdot \text{day}^{-1}$.

4. The daily body nutrient consumed by one-year-old female yak was 178.71 g. In which, carbohydrate, fat and protein were 13.09, 157.97 and 7.65 g. respectively.

* $1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$.