

高寒草甸啮齿动物、绵羊及牧草

能量值季节变动的初步研究*

曾绍祥 王祖望 韩永才 何海菊

(中国科学院西北高原生物研究所)

自Lindeman (1942) 发表关于食物链内能量转换的概念, 并建议把生物量折算为能量以来, 其影响是极其广泛的, 现已开展了大量的工作, 在生态学研究逐渐重视生物热值的测定, 许多学者对动、植物热值作过研究 (Golley, 1961; Bliss, 1962; Hadley and Bliss, 1964; Gorecki, 1965; Myrcka, 1968; Anderson et al, 1976; Bergeron, 1976), 并注意到动、植物热值含量受环境因素 (如温、湿、光), 特别是季节变化的影响。Golley (1961) 曾指出: “植物的各个部分, 或在不同季节采集的植物以至不同群落的植物, 其热值均有差异, 故应直接测定生物的能量值。” Gorecki (1965); Myrcka (1968) 曾对欧洲几种啮齿动物的身体热值季节变动作过阐述。我们对高寒草甸啮齿动物、绵羊和牧草的热值季节变动进行研究, 以探讨季节变化的生物学意义, 并为该生态系统的研究积累资料。

材料与方法

啮齿动物、绵羊及牧草热值测定的材料, 自1979—1980年均采于青海省海北州高寒草甸生态系统定位研究站地区, 海拔约3200米。

本区因地势高, 气候寒冷, 没有明显的四季之分, 仅有冷暖两季之别, 冷季长达7—8个月, 暖季只有4—5个月。故动、植物材料均按草返青期、草生长盛期、草枯黄期3个物候期进行采集。作为牧草来看, 并未将植物分种进行研究, 但将牧草地上部分 (茎、叶) 与地下部分 (根部) 分开, 根部用清水洗净。啮齿动物的材料作整体绞碎 (包括骨骼), 绵羊由于体型大, 则对其整体按比例取样。然后将动、植物样品置70—80°C真空干燥箱内烘干, 直至恒重为止, 用粉碎机分别进行粉碎、制片。动、植物材料均用国产GR—3500型氧弹式热量计进行测热。热值测定的程序请参看有关热量计操作说明及Gorecki (1975); Allen (1976) 等的报道。

* 本文承蒙夏武平教授指导并审阅文稿, 工作中得到梁杰荣、皮南林、周兴民、沙渠等同志的帮助, 特此致谢。

结 果

一、牧草热值的季节变动:

不同植被类型的混合牧草,按不同物候期分别进行测定,结果见表1,其热值的季节变动呈现相同的趋势,以草生长盛期热值最高,草返青期最低,草枯黄期居中。4种不同植被类型的混合牧草的热值变化均呈不对称的倒“V”形曲线(图1),其中以矮嵩草、羊茅草甸混合牧草的热值最高,这与矮嵩草(*Kobresia humilis*)和羊茅草(*Festuca ovina*)具有较高的粗蛋白和粗脂肪含量相一致。以华扁穗草、青藏苔草沼泽化草甸的混合牧草热值最低。4种植被类型的混合牧草于不同物候期其热值具有显著性差异($F=8.24$, $F_{0.05}=5.42$, $P<0.05$)。

莎草科牧草、禾本科牧草以及杂类草三者于不同物候期的热值亦具显著性差异($F=3.36$, $F_{0.05}=2.83$, $P<0.05$),其中以莎草科植物的热值最高,杂类草最低,它们与4种不同植被类型的混合牧草的热值季节变动相同,均于草生长盛期最高。

莎草科和禾本科牧草地上部分的热值高于地下部分,差异非常显著($t=6.95$, $t_{0.01}=3.17$, $P<0.01$),而杂类草地上部分与地下部分的热值,两者虽有差异,但不显著($t=0.24$, $t_{0.05}=2.23$, $P>0.05$)。

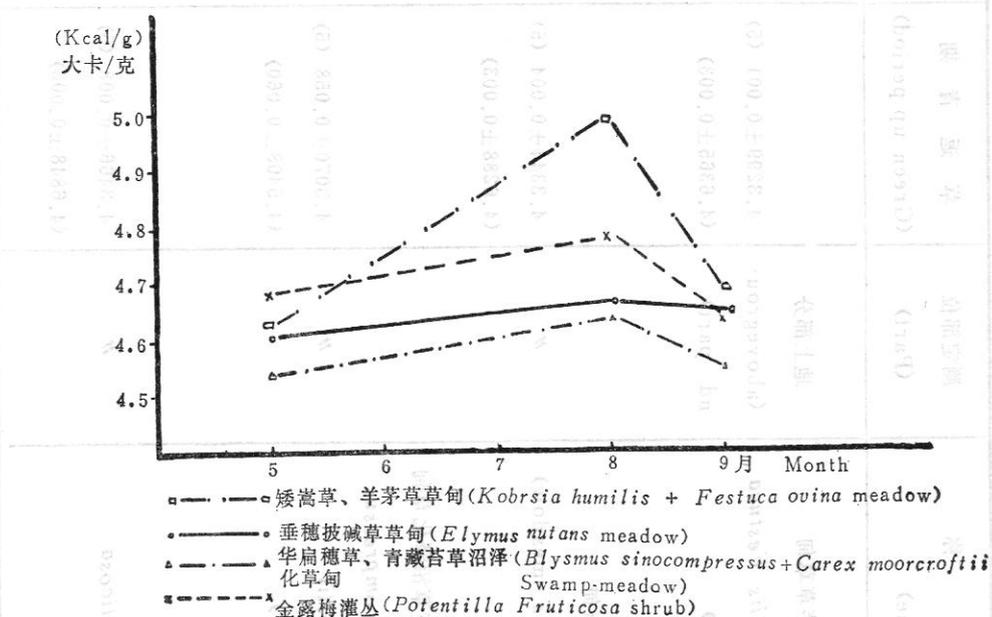


图1 4种不同植被类型的混合牧草热值的季节变化

Fig. 1 Seasonal changes of calorific values of mixed grass in the four type of vegetations

表1 高寒草甸牧草的热值 (大卡/克; 平均值 ± 标准误)

Table 1 Energy values of grass in alpine meadow (Kcal/g); ($\bar{X} \pm S.E.$)

名 称 (Name)	测定部位 (Part)	草 返 青 期 (Green up period)	草 生 长 盛 期 (Exuberance period)	草 枯 黄 期 (Withering period)	年 平 均 值 (Average)
矮嵩草、羊茅草草甸 (<i>Kobresia humilis Festuca ovina</i> meadow)	地上部分 (aboveground part)	4.3299 ± 0.001 (5)	4.6365 ± 0.040 (5)	4.4701 ± 0.007 (5*)	4.4943
		(4.6365 ± 0.003)	(5.0000 ± 0.030)	(4.7062 ± 0.004)	(4.7809**)
垂穗披碱草草甸 (<i>Elymus nutans</i> meadow)	"	4.3344 ± 0.004 (5)	4.3647 ± 0.022 (5)	4.3643 ± 0.008 (5)	4.3545
		(4.6288 ± 0.003)	(4.6608 ± 0.025)	(4.6444 ± 0.003)	(4.6446)
华扁穗草、青藏苔草沼泽化草甸 (<i>Blysmus sinocompressus Carex moorcroftii</i> Swamp-meadow)	"	4.3070 ± 0.058 (5)	4.3889 ± 0.015 (5)	4.1582 ± 0.003 (5)	4.2847
		(4.5408 ± 0.060)	(4.6275 ± 0.005)	(4.5482 ± 0.002)	(4.5755)
金露梅灌丛 (<i>Potentilla fruticosa</i> shrub)	"	4.3466 ± 0.008 (5)	4.3347 ± 0.007 (5)	4.3068 ± 0.036 (5)	4.3337
		(4.6848 ± 0.003)	(4.7869 ± 0.005)	(4.6394 ± 0.044)	(4.6722)

名 称 (Name)	测定部位 (Part)	草 返 青 期 (Green up period)	草 生 长 盛 期 (Exuberance period)	草 枯 黄 期 (Withering period)	年 平 均 值 (Average)
莎 草 科 (<i>Cyperaceae</i>)	地上部分 (aboveground part)	4.3814 ± 0.009 (6) (4.6287 ± 0.081)	4.4211 ± 0.015 (6) (4.6778 ± 0.011)	4.3973 ± 0.021 (6) (4.6600 ± 0.012)	4.3999 (4.6555)
禾 木 科 (<i>Gramineae</i>)	"	4.3972 ± 0.058 (5) (4.6209 ± 0.030)	4.3759 ± 0.018 (5) (4.6406 ± 0.012)	4.3373 ± 0.015 (5) (4.5969 ± 0.029)	4.3368 (4.6159)
杂 类 草 (Forb)	"	4.2064 ± 0.021 (8) (4.5664 ± 0.042)	4.2814 ± 0.008 (8) (4.6044 ± 0.036)	4.2698 ± 0.040 (8) (4.5467 ± 0.038)	4.2525 (4.5725)
莎草科 + 禾木科 (<i>Cyperaceae and Gramineae</i>)	地下部分 (underground part)	3.3721 ± 0.048 (5) (4.7059 ± 0.018)	3.9396 ± 0.016 (5) (4.6789 ± 0.046)	4.0899 ± 0.003 (5) (4.7146 ± 0.012)	3.8002 (4.0699)
杂 类 草 (Forb)	"	3.8926 ± 0.016 (6) (4.6946 ± 0.011)	4.1733 ± 0.007 (6) (4.4404 ± 0.018)	4.2323 ± 0.020 (6) (4.6085 ± 0.030)	4.0994 (4.6545)

*样品数 (Number of samples)

**括弧内为每克去灰分的热值 (Kcal/g, ash-free)

二、动物身体热值的季节变动:

啮齿动物和绵羊于不同物候期对身体热值测定的结果见表2。

其中高原鼠兔 (*Ochotona curzoniae*)、根田鼠 (*Microtus oeconomus*)、中华鼯鼠 (*Myospalax fontanierii*) 均呈现季节性变动,且具相同的变化趋势,以草返青期热值最高,草生长盛期最低,草枯黄期居中,三者热值季节间变动呈不对称的“V”形曲线。

而藏系绵羊 (*Ovis aries*) 的身体热值季节变动与啮齿动物有相当大的差异,身体热值的高峰出现于草枯黄期,草返青期最低,草生长盛期居中。

三、啮齿动物与牧草灰分含量的变化:

灰分的含量直接影响热值的高低。两者灰分含量测定的结果列于表3。啮齿动物的灰分含量范围在12.76—15.71%之间,平均值为14.08%。

4种不同植被类型的混合牧草,其地上部分灰分含量的范围在5.00—9.31%之间,平均值为6.87%。

莎草科和禾本科牧草及杂类草地下部分的灰分含量波动幅度较大,介于8.16—18.34%之间,平均值为13.85%。从测定结果来看,牧草地下部分的灰分含量显著高于地上部分,而动物的灰分含量一般又比牧草为高。

讨 论

1. 无论啮齿动物、绵羊还是牧草的热值,均呈现季节性变动,我们的研究看到三者热值高峰期出现的时间彼此各异,牧草热值高峰期出现于草生长盛期。牧草在返青时期,由于气温低,叶面积小,光合作用弱,物质积累也少,故此期间的牧草热值最低,至7—8月,气温升至全年最高水平,此时又正值该地区的雨季,有利于牧草的生长发育和物质的积累,这与大部分牧草的开花、结实期相一致,故牧草热值于8月份出现峰值。9月份牧草热值开始下降,可能反应了种子的脱落和牧草的枯萎过程。这与牧草最大的现存量产生于8月下旬,9月份开始下降的结果是一致的。本地区从9月份开始,气温急剧下降,光合作用逐渐减弱,物质积累日趋减少,而牧草也完成了它的周年生长过程。

本地区啮齿动物身体热值的季节变化与牧草相反,即于草返青期最高,草生长盛期最低,此种变化与这些高寒啮齿动物的繁殖期主要集中于4、5月有关(即于春季繁殖)。啮齿动物经过严冬,大量死亡,但存活下来的个体都是比较肥壮的,故其身体热值较高。这也正符合该动物繁殖的需要,繁殖中要消耗大量的能量,故在繁殖开始时,必需有大量的物质储备,这就是草返青期身体热值高的一个重要原因。

藏系绵羊身体热值以草枯黄期(9月下旬)最高,此期间绵羊体内脂肪含量也最高,也是本地区绵羊配种繁殖季节。绵羊身体热值于草返青期最低,比草枯黄期约低1.230大卡/克,这种较大的相差,是与本地区冬草场面积小,供草不足,绵羊处于春乏阶段,牧草量少质差,加之绵羊经过冬季的消耗,体内脂肪贮备已降至最低水平,这就是它身体热值在草返青期处于最低的原因。在此时期绵羊早已产羔完毕,但仍有哺乳的

表2 啮齿动物和绵羊的身体热值 (大卡/克; 平均值 ± 标准误)

Table 2 Energy values of Rodents and Sheep (Kcal/g; $\bar{X} \pm S.E.$)

动物种类 species	草返青期 (Greenup period)	草生长盛期 (Exuberance period)	草枯黄期 (Withering period)	年平均值 (Average)
中华鼯鼠 <i>Myospalax fontanierii</i>	5.013 ± 0.22 (40) (5.866 ± 0.19)	4.513 ± 0.23 (19) (5.371 ± 0.16)	4.655 ± 0.13 (27)* (5.509 ± 0.27)	4.727 (5.589)**
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	5.255 ± 0.38 (41) (6.009 ± 0.37)	4.595 ± 0.22 (27) (5.389 ± 0.15)	4.974 ± 0.51 (22) (5.642 ± 0.23)	4.641 (5.680)
根田鼠 <i>Microtus oeconomus</i>	5.117 ± 0.37 (11) (5.900 ± 0.29)	4.801 ± 0.11 (10) (5.570 ± 0.10)	4.746 ± 0.15 (10) (5.544 ± 0.16)	4.888 (5.671)
藏绵羊 <i>Ovis aries</i>	4.932 ± 0.03 (8) (5.550 ± 0.02)	6.119 ± 0.05 (8) (6.749 ± 0.03)	6.271 ± 0.12 (8) (6.781 ± 0.08)	5.774 (6.359)

*样品数 (Number of samples)

**括弧内为每克去灰分的热值 (Kcal/g ash-free)

表3 啮齿动物与牧草的灰分含量 (%)

Table 3 The content of ash in rodents and grass (%)

名 称 (Name)	测定部位 (Part)	草返青期 (Green up period)	草生长盛期 (Exuberance Period)	草枯黄期 (Withering period)	年平均值 (Average)
高原鼠兔 <i>Ochotona curzoniae</i>	整体 (Whole body)	12.48	14.92	11.92	13.77
根田鼠 <i>Microtus oeconomus</i>	"	12.41	14.02	11.84	12.76
中华鼯鼠 <i>Myospalax fontanierii</i>	"	15.06	16.00	16.06	15.71
矮嵩草、羊茅草草甸 <i>Kobresia humilis Festuca ovina meadow</i>	地下部分 (above- ground part)	5.00	6.76	9.31	7.02
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutan meadow</i>	"	6.61	6.35	6.98	6.65
华扁穗草、青藏苔草沼泽化草甸 <i>Blysmus sinocompressus Carex moorcroftii swamp-meadow</i>	"	6.54	6.31	6.83	6.56
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa shrub</i>	"	7.22	7.31	7.17	7.23
莎草科 + 禾木科 <i>Cyperaceae + Gramineae</i>	地上部分 (under- ground part)	17.09	10.45	8.16	11.90
杂类草 Forb	"	18.34	15.80	13.25	15.80

消耗，故也影响母体的热值含量。

2. 从我们测定结果来看，食草性啮齿动物身体平均热值与同一地区牧草热值相比，前者比后者约高1.155大卡/克，表明动物比植物具有较高的热值。Golley (1961) 对动、植物热值测定的结果也证明动物热值比植物约高1.00大卡/克。

3. 动物与牧草的灰分含量虽有季节变动，但规律性不明显，如啮齿动物身体灰分于

热值最低时期(草生长盛期)含量最高,而混合牧草灰分含量则于草枯黄期最高。植物的灰分含量可能主要受粗纤维的影响,而动物身体灰分含量则与骨骼钙盐的沉积有关。植物地下部分的灰分含量明显高于地上部分,可能由于地下部分的粗纤维和无机盐含量较多的缘故。

4.从生物的适应上看,年热值变动,似乎与生物的年生活周期有密切的关系,特别是与繁殖有协调的配合,小食草动物与绵羊,身体热值最高的时期都在繁殖开始之时,此时最需要能量供繁殖需要,动物也正好在此时作了最大的储备。牧草因是混合研究的,不能分种观察,而各个种之间繁殖季节相差极大,但从总体上看,高热值时期都在繁殖盛期,植物繁殖时,果实种子多在植物体上,与哺乳动物脱离母体不同,故最高热值出现在繁殖盛期,而不在开始时期。

小 结

1.啮齿动物、绵羊、牧草的热值均呈现季节性变化,牧草热值以生长盛期最高,草返青期最低;啮齿动物的身体热值季节变化与此相反,即草返青期最高,草生长盛期最低;藏系绵羊身体热值于草枯黄期最高,草返青期最低。三者热值的季节变动规律虽各不相同,但热值的高峰期均出现于繁殖期,说明热值的变化与繁殖密切相关,这是生物季节性适应的表现。

2.混合牧草的平均热值为4.670大卡/克,啮齿动物的平均热值为5.825大卡/克,后者比前者高1.155大卡/克。动物的灰分含量亦高于植物。

参 考 文 献

- Allen S.E., H.M.Grimshaw, J.A.Parkinson, C.Quarmby and J.D.Roberts, 1976. Chemical analysis. In: Chapman S.B., Methods in plant ecology, 411—451.
- Anderson C., K.B.Armitage, 1976. Caloric of Rocky Mountain subalpine and alpine plants by Douglas.J. of Range management, 29 (4), 344—345.
- Bergeron J.M., 1976. Caloric values of small mammals of southeastern Quebec. Acta theriol. 21 (10) :157—163.
- Bliss L.C, 1962. Caloric and lipid content in alpine tundra plants. Ecology, 43 (4) :753—757.
- Golley F.B., 1961. Energy values of ecological materials. Ecology, 42 (3) :581—584.
- Gorecki A., 1965. Energy values of body in small mammals. Acta theriol. 23:333—352.
- Gorecki A., 1975. The adiabatic bomb calorimeter. In: Grodzinski W. (ed.), IBP Handbook No.24, Methods for ecological bioenergetics, 281—288.
- Hadley E.B., L.C.Bliss, 1964. Energy relationships of alpine plants on Mt. Washington, New Hampshire. Ecol. Monogr. 34:331—357.
- Lindeman R.L., 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology, 23:399—418.
- Myrcha A., 1968. Seasonal changes in caloric value, body water and fat in some shrews. Acta theriol. 16:211—227.

外文摘要 (Abstract)

ON THE SEASONAL CHANGES IN ENERGY
VALUES OF RODENTS, SHEEP AND
GRASS IN ALPINE MEADOW

ZENG Jinxiang WANG Zuwang HAN Yoncai HE Haiju

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

Samples were collected in Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem, Menyuan, Qinghai, during 1979 to 1980.

Caloric values for aboveground parts of mixed grass in four types of vegetation were examined ranging from 4.541 to 5.000 Kcal/g., averagely 4.670 Kcal/g ash-free. They showed same seasonal fluctuation, caloric values of mixed grass are the highest in the grass exuberance period (summer), the lowest in the green up period (spring) (table 1; fig 1). Ash contents of aboveground parts of mixed grass are ranging from 5.00 to 9.31%, averagely 6.87%.

Energy values of the body of rodents were examined ranging from 5.589 to 6.360 Kcal/g ash-free, averagely 5.826 Kcal/g. Caloric values of rodents were the highest in green up period (spring), lowest in the exuberance period (summer) (table 2). Ash contents in rodents range from 12.41 to 16.60%, averagely 14.08%. Caloric values of sheep were the highest in Withering period (autumn).

The seasonal changes of caloric values are closely correlated with their reproductive period. For animals, the highest values occur in the beginning of reproductive period; but for the plants, they occur in between the reproductive period.