

# 高寒草甸生态系统香鼬种群 能量动态的研究\*

梁杰荣 金菊香 叶润蓉

(中国科学院西北高原生物研究所)

食肉动物属二级消费者，它们以草食动物为食，为阐明食肉动物与食草动物能量流的相互关系，我们于1982年4—8月和1983年7—10月，在青海海北高寒草甸生态系统定位站地区，牧草返青、草盛和枯黄期，测定了食肉动物——香鼬(*Mustela altaica*)，对天然食物(鼠类)的消化率和同化率，同时，统计了香鼬的相对数量，然后初步估计通过其种群的能流。在这方面 McNab, (1963) Chew 等 (1970), Odum 等 (1960), Milner (1967), Gorecki (1968), Gorecki (1971), Grodzinski 等 (1967), Grodzinski (1975) 等都曾对通过动物种群的能流做了初步估计。

## 一、材料与方 法

实验采用平衡方法，在代谢笼内进行。代谢笼是根据王祖望等(1980)报道的方法，结合香鼬的生活习性进行适当改进的。实验工作在饲养室内进行，室温在18—20℃之间。实验动物捕于青海省海北高寒草甸生态系统定位站地区，海拔约3200米左右。动物置室内饲养3—4天，选择健康的成体参加试验。将实验动物称重后移入代谢笼内，每笼一只，每组4只。在预备试验的基础上，确定每天每笼投喂食物——高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)或高原鼯鼠(*Myospalax bailevi*) 400—500克。实验周期为24小时。实验结束后将动物从笼内取出，分别称重、记录。同时仔细收集剩余的食物残渣、粪便和尿。全部试验分别在牧草返青期(5—6月)、草盛期(7—8月)和枯黄期(9—10月)3个时期进行。食物、粪和尿的样品按 Drożdż (1975) 的方法处理后，用日本 YM-型数字热量计，根据 Gorecki (1975) 介绍的方法进行热值测定。

在上述3个时期，采用相对数量调查法(盛和林等，1982)，在灌丛、草库仑和小嵩草、异针茅草甸以及矮嵩草草甸草场(各类草场选固定样地4公顷，总计16公顷)，根据香鼬的活动足迹，粪便和洞道特征，估计其相对数量。在上述同化率和消化率测定的基础上，初步计算出单位面积上香鼬种群的能流。

\* 王德须站长对这项工作给予很大帮助，何海菊同志参加部分热值测定，特此致谢。

## 二、结果与讨论

### 1. 香鼬的日食量和排泄量

由表 1 看出, 香鼬在 3 个物候期的日食量(鲜重)分别为  $0.838 \pm 0.335$ 、 $0.571 \pm 0.132$  和  $0.466 \pm 0.025$  克/克体重/日, 全年平均  $0.625 \pm 0.164$  克/克体重/日。粪和尿的排泄量全年平均分别为  $0.066$  克/克体重/日和  $0.209 \pm 0.052$  毫升/克体重/日。香鼬粪的排泄量在返青期比较高, 而尿的排泄量以草盛期比较高。

表 1 香鼬的日食量和排泄量(平均值±标准误)

Table 1 The food intake, urine and feces egested in alpine weasel ( $\bar{x} \pm S.E$ )

物候期 Phenological period	动物数 No. of animal	平均体重 Weight (g)	日食量 Food intake (g/g weight)		粪 Feces (g/g weight)		尿 Urine (g-liquid/g weight)
			鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	鲜重 Fresh wt.	干重 Dry wt.	
返青期 Green up	6	$172.50 \pm$	$0.838 \pm$	$0.297 \pm$	$0.089 \pm$	$0.032 \pm$	$0.202 \pm$
		47.94	0.335	0.119	0.030	0.010	0.071
草盛期 Exuberance	18	$201.39 \pm$	$0.571 \pm$	$0.209 \pm$	$0.052 \pm$	$0.025 \pm$	$0.232 \pm$
		41.12	0.132	0.046	0.013	0.007	0.060
枯黄期 Withering	4	$222.75 \pm$	$0.466 \pm$	$0.165 \pm$	$0.056 \pm$	$0.025 \pm$	$0.192 \pm$
		21.16	0.025	0.087	0.009	0.004	0.026
全年 Year	28	$198.88 \pm$	$0.625 \pm$	$0.224 \pm$	$0.066 \pm$	$0.027 \pm$	$0.209 \pm$
		36.74	0.164	0.084	0.017	0.007	0.052

香鼬全年平均摄入干物质为  $0.224 \pm 0.084$  克/克体重/日。伶鼬 (*Mutela nivalis*) 每日摄入干物质为  $0.345$  克/克体重 (Moors, 1977), 高于香鼬的日食量。

根据香鼬的日食量(约 125 克)和高原鼠兔平均体重(约 130 克)计算香鼬每日捕食鼠兔 1 只, 每年捕 360 只。因此, 保护香鼬, 对控制鼠害和保持生态平衡都有重要的意义。

### 2. 香鼬的食物、粪和尿的热值

由表 2 看出, 食物热值在返青期稍高于枯黄期和草盛期。香鼬粪和尿热值分别平均为  $4.83 \pm 0.14$  大卡/克和  $0.31 \pm 0.04$  大卡/克-液重。

### 3. 香鼬每日能量的摄入和同化水平

香鼬每日能量摄入在 3 个物候期分别为  $1.77 \pm 0.71$ 、 $1.09 \pm 0.25$  和  $0.92 \pm 0.05$  大卡/克/日, 全年平均为  $1.26 \pm 0.34$  大卡/克/日; 粪便能量损失分别为  $0.153 \pm 0.047$ 、 $0.121 \pm 0.032$  和  $0.134 \pm 0.016$  大卡/克体重/日, 全年平均为  $0.136 \pm 0.032$  大卡/克体重/日; 尿的能量损失分别为  $0.051 \pm 0.018$ 、 $0.074 \pm 0.019$  和  $0.060 \pm 0.008$  大卡/克体重/日, 全年平均为  $0.062 \pm 0.015$  大卡/克体重/日(表 3)。

表2 香鼬食物、粪和尿的热量

Table 2 Energy values of food, feces and urine in alpine weasel

物候期 Phenological period	食物 Food		粪 Feces		尿 Urine	
	样品数 (N)	大卡/克 (kcal/g)	样品数 (N)	大卡/克 (kcal/g)	样品数 (N)	大卡/克 (kcal/g)
返青期 Green up	10	5.94±0.34	12	4.83±0.39	8	0.25±0.02
草盛期 Exuberance	10	5.38±0.23	14	4.78±0.25	8	0.32±0.03
枯黄期 Withering	8	5.58±0.51	7	4.88±0.09	4	0.35±0.03
平均 Average	—	5.63±0.38	—	4.83±0.14	—	0.31±0.04

表3 香鼬每日能量摄入和同化率(平均值±标准误)

Table 3 Daily energy intake and assimilation rate in alpine weasel ( $\bar{x} \pm S.E$ )

物候期 Phenological period	动物数 No. of animal	能量摄入 (大卡/克体重/日) Energy intake (kcal/g weight)	粪能量损失 (大卡/克体重/日) Feces of Energy lost (F) (kcal/g weight)	尿能量损失 (大卡/克体重/日) Urine of Energy lost (U) (kcal/g weight)	消化率 Digestibility rate (%)	同化率 Assimilation rate(%)
返青期 Green up	6	1.766±0.707	0.153±0.047	0.051±0.018	90.58±2.33	87.52±3.02
草盛期 Exuberance	18	1.089±0.250	0.121±0.032	0.074±0.019	88.61±3.08	81.80±4.03
枯黄期 Withering	4	0.923±0.048	0.134±0.016	0.060±0.008	85.44±2.09	78.56±1.70
全年 Year		1.259±0.335	0.136±0.032	0.062±0.015	88.21±2.50	82.63±2.92

香鼬对食物的消化率和同化率的计算方法是,由摄入能量(C)减去粪便中损失的能量(F),剩余者为消化能量(D),该值以占摄入能量的百分率表示,称为消化率(DR),其表达公式为  $DR = (C - F)/C \times 100\%$ ,由摄入能量(C)减去粪便和尿的能量损失(FU),剩余者称为同化能(A),该值以摄入能量的百分率表示,称为同化率(AR),其表达式为  $AR = (C - FU)/C \times 100\%$  (Petruwicz, 1967)。香鼬的消化率和同化率,据上述公式计算。

由表3看出,香鼬在3个物候期对食物的消化率分别为90.58±2.33%,88.61±3.08%和85.44±2.09%,全年平均为88.21±2.50%,对食物的同化率分别为87.52±3.02%,81.80±4.03%和78.56±1.70%,全年平均为82.63±2.92%。伶鼬的同化率为82.6%(Grodzinski, 1975),这与上述结果非常接近。毛丝鼠的同化率平均为66.95%(梁杰荣等,1982),明显地低于香鼬对食物的同化率。由此可见,不同种类对食物的同化水平有差异。

综上所述,香鼬从食物中摄入的能量为1.26±0.34大卡/克体重/日,粪便损失能量占其11.79%,尿能量损失为5.58%,实际利用同化能为82.63±2.92%。

#### 4. 香鼬种群能量流的初步估计

在高寒草甸生态系统中,确定初级生产与初级消费者(食草动物)以及二级消费者(食肉动物)种群摄入能量与同化能之间的平衡关系,这对于系统内各组分之间的相互作用有着十分重要的意义。本文在香鼬对天然食物的消化率和同化率测定基础上,根据 Grodzinski (1975)的公式初步计算出单位面积上香鼬种群的能流。

其公式如下:

$$A = \{Kc \times C - [(Kf \times F) + (Ku \times U)]\} \times \bar{N} \times T \times \bar{W}$$

C: 每克体重每日摄入干物质(克);

F: 每克体重每日排出粪便干物质(克);

U: 每克体重每日排出尿量(克-液重);

Kc: 食物热值(大卡/克,去灰分干物质);

Kf: 粪便热值(大卡/克,去灰分干物质);

Ku: 尿热值(大卡/克-液重);

$\bar{N}$ : 在 T 时期内,单位面积的数量(只/公顷);

T: 估计能流的时间(日);

$\bar{W}$ : 平均体重(克);

通过香鼬种群能流的有关参数如表 4。

表 4 香鼬种群能流的有关参数

Table 4 Parameters of energy flow of the population in alpine weasel

物候期 Phenological period	C干物质 (克) Dry matter (g)	F干物质 (克) Dry matter (g)	U (克-液重) (g-Liquid)	Kc (大卡/克) (kcal/g)	Kf (大卡/克) (kcal/g)	Ku (大卡/克) (kcal/g)	T(天) (Day)	$\bar{N}$ (只/公顷) (Ind/ha)	$\bar{W}$ (克/只) (g/ind)
返青期 Green up	0.297± 0.119	0.032± 0.010	0.202± 0.071	5.94	4.83± 0.39	0.25± 0.02	91	0.32	172.50
草盛期 Exuberance	0.209± 0.046	0.025± 0.007	0.232± 0.060	5.38	4.78± 0.25	0.32± 0.03	62	0.69	201.39
枯黄期 Withering	0.165± 0.087	0.025± 0.004	0.192± 0.026	5.58	4.88± 0.09	0.35± 0.03	212	0.63	222.75
平均 Average	0.224± 0.084	0.027± 0.007	0.209± 0.052	5.63	4.83± 0.14	0.31± 0.04	—	0.55	198.88

将上述参数代入以上的方程式中,计算结果列于表 5。

由表 5 看出,香鼬在不同物候期的摄入能有差异。枯黄期的摄入能为  $2.739 \times 10^4$  大卡/公顷,而返青期和草盛期的摄入能分别为  $0.886 \times 10^4$  和  $0.968 \times 10^4$  大卡/公顷。很明显,香鼬在枯黄期的摄入能高于返青期和草盛期。香鼬全年的总摄入能  $4.593 \times 10^4$  大卡/公顷,通过种群的能量为  $3.761 \times 10^4$  大卡/公顷·年。全年损失能量以枯黄期为最高  $0.563 \times 10^4$ ,这与冬季气候严寒,代谢水平增加有密切关系。

综上所述,在高寒草甸生态系统中,香鼬种群的摄入能和同化能是很少的。因此,保护二级消费者——香鼬。增加其数量,是高寒草甸生态系统改造的任务之一。

表5 香鼬种群的能量估计(大卡/公顷)

Table 5 Estimation of energy flow through the population of alpine weasel (kcal/ha)

物候期 Phenological period	摄入量 Intake energy (C)	损失能(粪、尿) Lost energy (F. U)	同化能 Assimilation energy (A)
返青期 Green up	$0.886 \times 10^4$	$0.103 \times 10^4$	$0.783 \times 10^4$
草盛期 Exuberance	$0.968 \times 10^4$	$0.166 \times 10^4$	$0.802 \times 10^4$
枯黄期 Withering	$2.739 \times 10^4$	$0.563 \times 10^4$	$2.176 \times 10^4$
全年 Year	$4.593 \times 10^4$	$0.832 \times 10^4$	$3.761 \times 10^4$

### 三、小 结

1. 这项工作于1982—1983年的4—10月,在青海海北高寒草甸生态系统定位站地区进行。
2. 在牧草返青、草盛和枯黄期,香鼬的干物质摄入量分别为  $0.297 \pm 0.119$ 、 $0.209 \pm 0.046$  和  $0.165 \pm 0.087$  克/克体重/日。全年平均为  $0.224 \pm 0.084$  克/克体重/日。
3. 香鼬在3个物候期的摄入量分别为  $1.766 \pm 0.707$ 、 $1.089 \pm 0.250$  和  $0.923 \pm 0.048$  大卡/克体重/日。全年平均摄入能为  $1.259 \pm 0.335$  大卡/克体重/日。
4. 在3个物候期,通过香鼬种群的能流分别为  $0.783 \times 10^4$ 、 $0.802 \times 10^4$  和  $2.176 \times 10^4$  大卡/公顷。全年通过种群的能流为  $3.761 \times 10^4$  大卡/公顷/年。

### 参 考 文 献

- 王祖望、曾缙祥、韩永才、张晓爱, 1980, 高山草甸生态系——小哺乳动物能量动态的研究 I, 高原鼠兔和中华鼯鼠对天然食物的消化率和同化率水平的测定, 动物学报 26(2): 184—195。
- 郑生武、曾缙祥、崔瑞贤, 1983, 青海海北地区艾虎的某些生态学特征及种群能量动态资料, 兽类学报 3(1): 35—46。
- 盛和林、陆厚基, 1982, 黄鼬的产仔环境和巢穴密度调查, 兽类学报 2(1): 29—34。
- 梁杰荣、曾缙祥、何海菊、金菊香、阚兴国, 1982, 毛丝鼠消化率和同化水平的测定。毛皮动物饲养 3: 6—8。
- Chew, R. M. and A. E. Chew, 1970, Energy relationships of the mammals of a desert shrub (*Larrea tridentata*) community. *Ecol. Monogr.* 40: 1—21.
- Drozdz, A., 1975, Food habits and food assimilation in mammals. In Grodzinski W. (ed) IBP Handbook No. 24 Methods for Ecological Bioenergetics. 325—333.
- Gorecki, A., 1975, The adiabatic bomb calorimeter. In Grodzinski, W. (ed) IBP Handbook No. 24 Methods for Ecological Bioenergetics, 281—288.
- Gorecki, A., 1971, Metabolism and energy budget in the harvest mouse. *Acta Theriologica*, 16: 213—365.
- Grodzinski W. and A. Gorecki 1967 Daily energy budgets of small rodents. In Petruszewicz K. (ed) Secondary productivity of Terrestrial Ecosystems, 295—314. Warszawa, Krakow.
- Grodzinski W., 1975, Energy flow through a vertebrate population. In Grodzinski W. (ed) IBP Handbook No. 24 Methods for Ecological Bioenergetics. 65—94. Blackwell scientific, Oxford.
- Grodzinski W. and B. A. Wunder, 1975, Ecological energetics of small mammals. In Golley F. B. (ed) IBP No. 5 Small mammals their productivity and population dynamics 173—204.
- McNab, B. K., 1963, A model of the energy budget of a wild mouse. *Ecology* 44: 521—532.

- Milner, C. 1967, The estimation of energy flow through population of large herbivorous mammals. In Petruszewicz, K. (ed) Secondary productivity of terrestrial ecosystems, 147—148.
- Moors, P. J., 1977, Studies of the metabolism, Food consumption and assimilation efficiency of small carnivore the weasel (*Mustela nivalis* L.) *Oecologia* (berl) 27: 185—202.
- Odum, E. P., C. E. Connell, and L. B. Davenport., 1960, population energy flow of three primary consumer components of oldfield ecosystems. *Ecology* 43: 88—96.
- Petrusewicz K., 1967, Suggested list of more important concept in productivity studies (difinitions and symbols). In Petruszewicz, K. (ed) Secondary productivity of terrestrial ecosystems 51—58.

## ENERGY DYNAMICS OF THE POPULATION OF ALPINE WEASEL IN ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

Liang Jierong Jin Juxiang Ye Runrong

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The energy dynamics of alpine weasel (*Mustela altaica* Pallas) was carried out at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem at Menyuan, Qinghai, during April and October in 1982—1983. The whole materials were collected in three vegetation phenological periods: green up, exuberance and withering. The results are as follows:

1. The daily food consumption (fresh wt.) averages  $0.625 \pm 0.164$  g/g weight/day in whole year, but is higher in green up period, averages  $0.838 \pm 0.335$  g/g weight/day (Table 1).

2. The daily egested feces (fresh wt.) averages  $0.066 \pm 0.017$  g/g weight/day. The excreted urine averages  $0.209 \pm 0.052$  ml/g weight/day yearly, but is higher in exuberance period, averages  $0.232 \pm 0.060$  ml/g weight/day.

3. The daily dry matter intake averages  $0.224 \pm 0.084$  g/g weight/day. The energy intake averages  $1.259 \pm 0.335$  kcal/g weight/day; The energy cost of feces averages  $0.136 \pm 0.032$  kcal/g weight/day; The energy cost of urine averages  $0.062 \pm 0.015$  kcal/g weight/day in all (table 3).

4. In all the three phenological periods, the digestibility rate averages  $88.21 \pm 2.50\%$ , the assimilation rate averages  $82.63 \pm 2.92\%$  (Table 3). The energy levels of both intake and assimilation by population are higher in green up period.

5. The energy flow (A) through population is  $3.761 \times 10^4$  kcal/ha/yr. The energy intake (C) by the population is  $4.593 \times 10^4$  kcal/ha/yr. (Table 5).