

根田鼠对天然食物的摄取、利用及其对策*

胡德夫** 王祖望

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘 要

本研究涉及栖息于金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛中根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 能量摄入的 3 个方面: (1) 根田鼠生境中的食物资源谱; (2) 营养谱; (3) 天然食物利用率。以抽样法调查各资源位的盖度、生物量和频度, 3 项参数的相对量的加权平均值作为各资源位的相对丰富度, 以镜检法分析各物候期鼠胃内含物, 以平衡法 (枯黄后期采用灰分示踪法) 测定根田鼠对天然食物的消化率及同化率。研究结果表明, 不同物候期各资源位的相对丰富度具有明显变化, 地上生物量随生长期进程而增加, 至花果期达最大值。不同物候期根田鼠的食性有差异, 雌鼠对双子叶植物、种子和根的选择性较雄鼠强。对不同植物的选择主要取决于植物的能量、纤维素含量和水分含量。在萌动期, 消化率和同化率分别为 65.46% 和 63.09%; 展叶期分别为 53.69% 和 49.62%; 花果期分别为 63.54% 和 59.34%; 枯黄前期分别为 82.13% 和 79.13%; 枯黄后期的消化率雄体为 65.04%, 雌体为 76.55%, 两者差异显著。

关键词: 根田鼠; 食物资源谱; 营养谱; 消化率; 同化率。

自 Lindeman (1942) 首次提出以能量为单位研究生物群落的食物链, 各营养层次之间相互关系后, 生态学家已广泛采用此单位, 在生态学的不同领域和层次研究生物与环境、生物与生物之间的能量关系。Golley (1960) 对弃耕地食物链的研究, 成为以食物链途径研究小哺乳动物能量动态的先导。60 年代中期开展的国际生物学事业规划 (IBP) 推动了包括小哺乳动物在内的陆地生态系统次级生产力的研究, 在方法学上有了很大发展, 并使之规范化 (Myrcha, 1966; Grodzinsky, 1971, 1975; Drożdż, 1975; Ferns, 1980)。

国内已开展小哺乳动物的食性研究 (蒋志刚和夏武平, 1985), 且从食物途径研究其能量动态 (王祖望等, 1980)。作者从探讨根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 天然食物的资源谱、营养谱以及对天然食物利用率着手, 对其栖息地的食物资源的可利用量进行评价, 并在此基础上分析其对天然食物能量利用的策略。

* 承蒙夏武平教授给予热情鼓励; 工作中得到刘季科、王为义、周文扬、周立诸先生的大力帮助和支持, 谨此一并致谢。

** 现在中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所。

本研究于1987年4月至1988年5月底在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区进行。根据植物生长和发育节律的变化,将该地区植物的物候期划分为萌动期、展叶期、花果期、枯黄前期、枯黄后期(表1)。

食性分析及能量测定均在各物候期的中期进行。供食性分析的根田鼠捕自金露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛,用于消化和同化测定的动物采自山麓、河岸阶地的金露梅灌丛及人工草地。

供资源谱测定的样地设在金露梅灌丛,样地面积为0.0625ha(25×25m²),在各物候期,沿样地的对角线,每隔18m,选取样方11—12块,每块样方为50×50cm²,在每样方内,测定各种植物的垂直投影盖度、频度、地上部分生物量,并计算每一样方各种的相对盖度(relative cover, *RC*)、相对生物量(relative biomass, *RB*)及相对频度(relative frequency, *RF*)。

参数盖度(*RC*)、生物量(*RB*)、频度(*RF*)是每种植物在环境中分布状况的反映。*RC*和*RF*是决定动物发现资源位及资源可利用性的重要依据(Grodzinski, 1975)。*RB*为每种植物量在各种总生物量的比例,它反映了各种植物在环境中贮存能量的相对程度,亦即相对大的*RB*值,其绝对生物量亦大,反之亦然。同时,*RC*与*RB*之间存在着正的相关关系。我们认为,*RC*、*RB*及*RF*是组成资源位丰富度的重要参数,它们在动物寻觅食物中起着同等的作用。因此,我们将这3项参数皆赋予1/3的权值,以其之和作为各资源位的相对丰富度。

$$RA = 1/3(RB + RC + RF)$$

由于同一属及亲缘关系接近的属间,各种植物的能量及营养成分差异不明显,加之,在各物候期,各种植物生物量较低及鉴别的困难性,我们将某些植物只能鉴定到属,作为一个资源位来处理。

食性分析的程序为,在各物候期,将实验动物称重、解剖,取得胃内含物。分别将雌、雄各5个胃内含物置于5% HCl + 10% Na₂SO₃ + 15% C₂H₅Cl₃O₂溶液中,于80°C加热10小时,经800目细筛过滤,取少许过滤物置于载玻片上,以清水作介质,将滤过物涂匀,每一胃内含物涂片3张,连续观察20个视野,每个胃内含物共观察300个(5×3×20)视野,累加各食物种类在所有镜检视野中的总碎片数,并计算各种食物的密度百分率,即每种食物碎片数占各种碎片总数的百分比例。

根据密度百分率与干重之间存在1:1关系,结合各物候期各种植物的干重与鲜重比例,将胃内含物各植物的干重百分率换算成鲜重。依此配制根田鼠在各物候期的天然食物。天然食物的鲜重组成为各种食物的密度百分率与其干鲜比例的比值。采用下述公式计算食物选择指数(Preference index, *PI*), $PI = r_i/p_i$ (Cock, 1978)。

式中 r_i 为种 i 的食物密度, p_i 为种 i 在植物群落中的相对丰富度(即 *RA* 值)。

在萌动期、展叶期、花果期和枯黄前期采用平衡法测定动物对天然食物的消化率和同化水平(Drozd, 1975),在枯黄后期,由于不能获得足够的可辨认食物,故采用灰分法(Johnson和Gropper, 1970; Johnson和Maxell, 1966)进行。处理的程序为,于每物候期将捕获的根田鼠,置于17±0.5°C的恒温室内,投喂天然食物。预饲7天后,将动物移入代谢笼内,每笼1只,投喂天然食物,适应2天。称重,投喂已知量的天然食物,每次实验周期为24小时,同时,设置食物对照组两份,测定投喂食物水分损耗量。

实验结果,自代谢笼内取出动物,以扭力天平测定体重,分别收集粪、尿和剩余食物。

在枯黄后期,对动物进行解剖,收集胃和直肠的内含物。按Paine(1971)的方法测定灰分量,灰分消化率(*DE*)按Johnson和Maxell(1966)的公式计算,

$$DE = 1 - \frac{1/Y - 1}{1/Y_0 - 1}$$

式中 Y 为食物含灰分比例, Y_0 为粪便含灰分比例。

表 1 各物候期根田鼠的食物资源谱 (%)*

Table 1 The food resource spectrums of *Microtus oeconomus* in the different phenophase periods.

资源位 Resource state	萌 动 期				展 叶 期				花 果 期				枯 黄 前 期			
	Germination				Leaf expansion				Flowering-fruiting				Withering-I			
	RB	RC	RF	RA	RB	RC	RF	RA	RB	RC	RF	RA	RB	RC	RF	RA
披 碱 草 <i>Elymus</i> spp.	9.70	7.99	6.63	8.11	6.05	6.40	4.80	5.75	21.14	12.91	4.48	12.84	18.33	17.96	4.90	13.73
早 熟 禾 <i>Poa</i> spp.	4.81	5.06	6.63	5.50	3.22	3.55	4.80	3.86	4.68	3.55	4.48	4.24	5.47	5.70	4.90	5.36
羊 茅 <i>Festuca ovina</i>	0.31	0.77	2.41	1.16	0.22	0.69	1.75	0.89	1.50	1.28	1.72	1.50	3.78	3.48	4.49	3.92
二柱头蕨草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	9.36	9.33	6.63	8.44	31.20	19.81	4.80	18.60	8.57	6.04	4.48	6.36	9.08	9.85	4.90	7.94
小 嵩 草 <i>Kobresia pygmaea</i>	2.96	3.33	4.82	3.70	0.73	1.47	2.62	1.61	0	0	0	0	0	0	0	0
黑 褐 苔 草 <i>Carex atrofusca</i>	4.78	4.66	6.02	5.15	2.71	3.28	4.80	3.60	2.71	2.20	4.48	3.13	4.89	6.95	4.90	5.58
苔 草 <i>C.</i> spp.	6.37	6.33	6.63	6.44	3.95	4.07	4.80	4.27	5.10	4.00	4.48	4.53	5.07	5.02	4.90	5.00
线 叶 嵩 草 <i>K. capillifolia</i>	5.08	5.66	6.02	5.59	11.72	8.31	4.37	8.13	12.75	7.55	3.79	8.03	7.93	7.92	4.90	6.92
双 叉 细 柄 茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	0	0	0	0	0.35	0.43	1.75	0.84	0.64	0.51	1.72	0.96	0.84	0.58	2.86	1.43
长 叶 无 尾 果 <i>Coluria longifolia</i>	3.24	3.66	3.01	3.30	3.21	3.55	4.37	3.71	1.24	1.78	4.14	2.39	3.45	4.25	4.00	4.20
高 山 唐 松 草 <i>Thalictrum alpinum</i>	12.99	11.83	6.63	10.48	7.90	9.60	4.80	7.43	5.58	10.72	4.48	6.93	4.80	4.73	4.90	4.81
三 裂 叶 碱 毛 茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	3.56	3.33	3.61	3.50	1.95	3.55	4.37	3.29	1.58	1.58	4.14	2.44	1.13	1.26	3.27	1.89
蒙 古 蒲 公 英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	5.14	4.83	6.02	5.53	1.68	3.03	4.80	3.17	2.35	3.70	3.79	3.28	0	0	0	0
星 状 风 毛 菊 <i>Saussurea stella</i>	0	0	0	0	0.56	0.52	1.31	0.80	0.08	0.15	0.69	0.31	0	0	0	0
珠 芽 蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	11.02	8.66	6.02	8.57	2.36	3.81	4.80	3.66	1.49	3.40	4.48	3.12	4.52	3.86	4.49	4.29
细 叶 蓼 <i>P. tenuifolium</i>	3.41	3.00	4.22	3.54	1.73	2.86	4.80	3.13	1.99	3.02	3.79	2.93	1.41	1.35	3.27	2.01
虎 耳 草 <i>Saxifraga</i> spp.	0	0	0	0	0.06	0.35	0.87	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0

资源位 Resource state	萌 动 期				展 期 叶				花 果 期				枯 黄 前 期			
	Germination				Leaf expansion				Flowering-fruiting				Withering-I			
	RB	RC	RF	RA	RB	RC	RF	RA	RB	RC	RF	RA	RB	RC	RF	RA
麻 花 苳 <i>Gentiana straminea</i>	0	0	0	0	0.42	0.43	0.44	0.43	0.58	0.83	0.69	0.70	0.81	0.97	1.22	1.00
线叶龙胆 <i>G. farreir</i>	4.64	6.13	5.42	5.40	3.57	2.30	3.06	2.98	2.09	2.71	3.79	2.87	5.15	4.06	4.90	4.70
平 车 前 <i>Plantago depressa</i>	0	0	0	0	0.20	0.26	0.44	0.95	0.43	0.45	0.69	0.52	0	0	0	0
兰 石 草 <i>Lancea tibetica</i>	0	0	0	0	2.42	3.89	4.37	3.56	2.50	3.25	4.48	3.41	3.90	3.96	4.49	4.12
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	1.53	2.93	4.22	2.89	3.55	4.24	4.37	4.05	3.62	4.83	4.14	4.20	5.55	3.96	4.90	4.80
棘 豆 <i>Oxytropis spp.</i>	0	0	0	0	1.38	2.77	3.49	2.55	3.76	6.04	4.14	4.65	1.16	1.40	3.27	1.94
异叶米口袋 <i>Gueldenstedtia diversifolia</i>	0	0	0	0	0.96	1.90	2.62	1.83	2.13	2.94	3.10	2.72	1.36	1.11	4.08	2.18
阿拉善马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	4.73	4.76	6.02	5.17	0.46	0.84	3.49	1.60	1.53	1.74	3.79	2.35	0.74	0.43	2.45	1.21
雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>	3.04	4.06	5.42	4.17	1.58	2.16	3.06	2.27	2.05	3.40	3.79	3.08	3.13	2.90	4.08	3.67
美丽风毛菊 <i>S. superba</i>	3.35	3.66	3.61	3.54	0.57	1.04	1.75	1.12	0.64	1.28	1.72	1.21	1.89	1.64	2.45	1.99
香 晴 <i>Anaphalis iactea</i>	0	0	0	0	0.40	0.87	2.18	1.15	0.47	0.53	1.38	0.79	1.43	1.74	3.27	2.15
钝叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	0	0	0	0	1.18	1.30	2.62	1.70	0.74	0.83	2.41	1.33	0.39	1.16	2.86	1.47
大通风毛菊 <i>S. katochaete</i>	0	0	0	0	3.55	2.42	3.49	3.16	5.37	5.89	3.79	5.02	3.77	3.86	4.49	4.04
藏 黑 刺 <i>Hippophae tibetica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1.27	0.98	2.07	1.44	0	0	0	0
橐 吾 <i>Ligularia spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1.11	1.21	1.38	1.23	0	0	0	0
獐 芽 菜 <i>Swertia spp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0.29	0.68	3.45	1.47	0	0	0	0

* RB=Relative biomass; RC=Relative cover; RF=Relative frequency; RA=Relative abundance.

根田鼠的尿、粪便和食物的热值按梁杰荣和金菊香 (1986) 介绍的方法处理, 并用日本产 Y·M- 数字式热量计测定。按 Petruszewicz 和 Macfadyen (1970) 的公式计算下列参数,

$$\text{摄入量 } C = D + F = A + FU,$$

$$\text{消化率 } DE = \frac{D}{C} \times 100,$$

$$\text{同化率 } AE = \frac{A}{C} \times 100 = \frac{C - F - U}{C} \times 100,$$

式中 D 为消化能, F 为粪便损失能, A 为同化能, U 为尿液损失能。

结 果

(一) 根田鼠的食物资源谱

所选样地属冬春放牧地, 在萌动期、展叶期和花果期受牲畜啃食较少, 初级生产量得以积累, 地上生物量呈递增趋势 (图 1)。该地区植物生长季节短 (130—140 天) 而集中, 花果期地上生物量为萌动期的 8 倍以上。

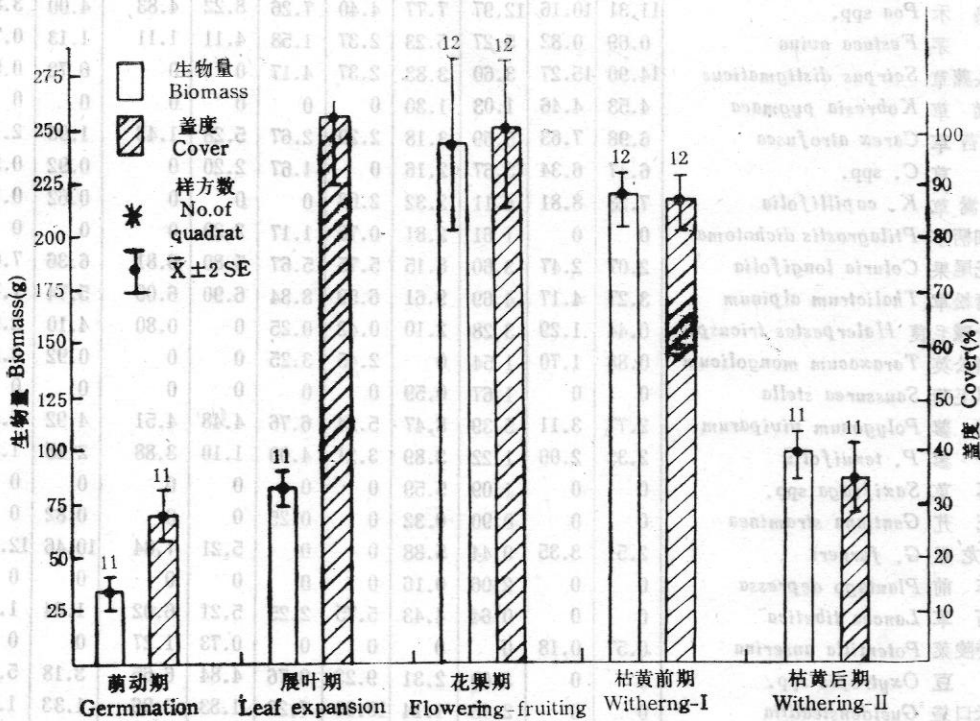


图 1 金露梅灌丛草本层的地上生物量和盖度

Fig. 1 Aboveground biomass and cover of the herb layer for *Potentilla fruticosa* shrub.

自枯黄前期开始, 植被受牲畜啃食, 地上生物量开始下降, 至枯黄后期, 由于受啃食和强烈风蚀的影响, 使地上生物量急剧下降。从表 1 可知, 金露梅灌丛草本层各种资源位的相对丰富度越大, 被动物发现的机率越大, 而其是否被动物采食则取决于动物在该期对食物的选择。有的资源位 RA 随物候期变化而增加, 如双叉细柄茅 (*Ptilagrostis*

dichotoma), 鹅绒委陵菜 (*P. anserina*); 有的则减小, 如高山唐松草 (*Thalictrum alpinum*)。大多数资源位的 *RA* 呈增加或减少趋势; 而某些资源位的 *RA* 在某一物候期出现与此相反的趋势, 如披碱草 (*Elymus spp.*) 增加, 但在展叶期减少, 珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 则呈下降趋势, 但在枯黄前期有所增高。

(二) 根田鼠的营养谱

动物在一既定生境中所采食的植物种类反映出该动物对能量和营养物的需要, 此需要在不同物候期则受食物资源和其它环境因子的影响。表 2 为不同性别根田鼠在各物候

表 2 各物候期雄、雌根田鼠的营养谱

Table 2 The trophic spectrums of males and females for *Microtus oeconomus* in different phenophase periods.

食物种类 Food items	萌动期 Germination		展叶期 Leaf expansion		花果期 Flowering-fruiting		枯黄前期 Withering-I		枯黄后期 Withering-II	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
	披碱草 <i>Elymus spp.</i>	20.99	15.91	13.94	11.76	9.55	7.76	10.86	6.02	5.33
早熟禾 <i>Poa spp.</i>	11.31	10.16	12.97	7.77	4.40	7.26	8.22	4.83	4.00	3.83
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	0.69	0.82	5.27	5.23	2.37	1.58	4.11	1.11	1.13	0.75
二柱头薹草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	14.90	15.27	3.60	3.83	2.37	4.17	0	0	0.72	0.53
小嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	4.53	4.46	1.03	1.30	0	0	0	0	0	0
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i>	6.98	7.63	5.59	3.18	2.20	2.67	5.28	1.43	1.95	2.13
苔草 <i>C. spp.</i>	6.47	6.34	3.67	2.16	0	1.67	2.20	0	0.92	0.32
线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	7.23	8.81	4.11	2.32	2.03	0	0	0	0.62	0.11
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	0	0	1.61	2.81	0.76	1.17	2.20	0	0	0
长叶无尾果 <i>Coluria longifolia</i>	2.07	2.47	3.60	8.15	5.75	5.67	5.80	6.81	6.36	7.67
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	3.27	4.17	4.69	9.61	6.59	8.84	6.90	6.09	5.74	7.77
三裂叶碱毛茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	0.44	1.29	3.28	2.10	0.42	0.25	0	0.80	4.10	2.66
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.88	1.70	1.54	0	2.45	3.25	0	0	0.92	0.21
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i>	0	0	1.67	0.59	0	0	0	0	0	0
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	2.77	3.11	5.39	8.47	5.24	6.76	4.48	4.51	4.92	6.07
细叶蓼 <i>P. tenuifolium</i>	2.33	2.00	1.22	3.89	3.21	4.00	1.10	3.88	2.15	1.06
虎耳草 <i>Saxifraga spp.</i>	0	0	1.09	5.59	0	0	0	0	0	0
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>	0	0	0.90	0.32	0	0.25	0	0	0.82	0
线叶龙胆 <i>G. farreri</i>	2.51	3.35	0.44	5.88	0	0	5.21	7.84	10.46	12.25
平车前 <i>Plantago depressa</i>	0	0	2.06	0.16	0	0	0	0	0	0
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	0	0	0.64	4.43	5.75	2.25	5.21	6.02	1.64	1.60
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	0.57	0.18	0	0	0	0	0.73	1.27	0	0
棘豆 <i>Oxytropis spp.</i>	0	0	3.60	2.31	9.23	9.76	4.84	6.65	3.18	5.22
异叶米口袋 <i>Gueldensteadtia diversifolia</i>	0	0	2.18	1.14	10.90	7.26	1.83	3.96	1.33	1.17
阿拉善马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	1.89	2.23	0	0.76	5.49	3.34	2.57	2.45	2.56	2.13
雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>	0.94	0.53	0	0	0	0	2.27	0.24	0	0
美丽风毛菊 <i>S. superba</i>	0	0.53	0	0	0	0	0	0	0	0
种子 Seeds	0	0	0	0	4.82/6.34 ^{a)}	4.67/7.00 ^{a)}	7.26 ^{b)}	12.83 ^{b)}	14.26	15.44
根 Roots	0	0	2.89	0.76	1.69	1.08	6.75	11.08	17.13	16.29
不可识别物 Unidentified fragments	9.24	9.04	10.47	10.47	9.34	9.34	12.19	12.19	9.74	8.63

a): 毛茛/珠芽蓼 *Halerpestes tricuspis*/*Polygonum viviparum*, b): 单子叶植物种子 Seeds of monocotyledons.

期的营养谱, 经 χ^2 检验, 雄、雌鼠在各期的食性差异均极显著 ($P < 0.01$), 若删去萌动期的披碱草 ($\chi^2 = 11.56$)、三裂叶碱毛茛 (*Halerpestes tricuspis*) ($\chi^2 = 6.78$) 和美丽风毛菊 (*Saussurea superba*) ($\chi^2 = 8.41$), 则差异不显著 ($\chi^2 = 19.52, df = 17, P > 0.05$)。同样, 删去枯黄后期食物中的蒙古蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*) ($\chi^2 = 4.20$)、麻花苳 (*Gentiana straminea*) ($\chi^2 = 7.70$)、棘豆 (*Oxytropis* spp.) ($\chi^2 = 4.76$), 差异亦不显著 ($\chi^2 = 23.49, df = 19, P > 0.05$), 表明这两个物候期的差异主要由删去的种类所致。在展叶期、花果期和枯黄前期, 除少数种类外, 大部分食物种类的 χ^2 值均达

表3 不同物候期之间根田鼠食物组成的 χ^2 检验

Table 3 χ^2 Tests of the food compositions of *Microtus oeconomus* in different phenophase periods.

食物种类 Food items	萌动期	萌动期	萌动期	萌动期	展叶期	展叶期	展叶期	花果期	花果期	枯黄前期
	展叶期 G-L	花果期 G-F	枯黄前期 G-W-I	枯黄后期 G-W-II	花果期 L-F	枯黄前期 L-W-I	枯黄后期 L-W-II	枯黄前期 F-W-I	枯黄后期 F-W-II	枯黄后期 W-I-W-II
披碱草 <i>Elymus</i> spp.	16.58	47.13	52.15	84.07	11.60	5.55	40.11	0.02	11.10	10.69
早熟禾 <i>Poa</i> spp.	0.22	19.95	14.48	33.74	16.70	5.14	30.09	0.63	3.45	6.77
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	55.52	7.86	14.91	0.16	19.55	8.31	31.41	0.93	3.94	7.96
二柱头蘼草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	114.41	96.42	198.50	129.95	0.55	42.86	23.07	42.74	17.63	8.22
小嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	32.50	53.83	58.99	43.04	14.16	13.39	11.32	0	0	0
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i>	12.75	31.35	20.42	38.24	7.13	0.30	13.92	1.87	1.91	6.80
苔草 <i>C.</i> spp.	22.53	53.37	51.96	47.55	14.60	8.39	15.18	0.35	0.31	1.22
线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	34.85	67.39	105.23	66.96	14.73	36.16	21.50	13.15	2.44	5.48
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	37.96	16.49	17.56	0	20.11	4.14	22.08	7.22	9.60	10.21
长叶无尾果 <i>Coluria longifolia</i>	30.06	22.10	29.92	34.19	0.26	25.58	0.68	0.43	1.48	0.38
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	20.88	20.38	11.37	11.89	0.05	34.86	0.37	1.29	0.58	0.08
三裂叶碱毛茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	15.47	2.92	2.51	22.60	22.37	18.87	1.28	0.03	30.02	31.07
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	2.70	8.76	16.74	2.46	19.97	8.04	0.06	37.26	14.04	8.22
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i>	18.49	0	0	0	13.45	12.72	10.76	0	0	0
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	29.60	15.04	5.04	10.71	1.58	4.02	2.44	2.48	0.14	1.21
细叶蓼 <i>P. tenuifolium</i>	0.97	4.92	0.34	0.81	1.73	0.09	2.87	2.40	7.16	1.84
虎耳草 <i>Saxifraga</i> spp.	13.63	0	0	0	9.91	9.37	7.93	0	0	0
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>	9.73	2.75	0	6.88	3.04	6.70	0.35	2.19	1.20	5.48
线叶龙胆 <i>G. farreir</i>	0.69	34.91	21.33	71.99	41.07	2.93	61.35	78.47	136.31	15.04
平车前 <i>Plantago depressa</i>	16.55	0	0	0	12.04	11.38	9.63	0	0	0
三石草 <i>Lancea tibetica</i>	44.78	65.99	92.82	27.51	3.58	23.22	2.87	3.42	9.79	21.98
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	6.16	4.36	4.46	3.49	0	19.41	0	11.86	0	9.49
棘豆 <i>Oxytropis</i> spp.	48.67	155.35	94.08	68.77	52.17	20.59	2.68	11.58	20.73	2.58
异叶米口袋 <i>Gueldensteadtia diversifolia</i>	27.26	148.48	47.67	20.63	80.74	8.39	0.66	40.36	57.63	6.78
阿拉善马先蒿 <i>Pedicularis alaschana</i>	18.52	12.63	0.65	0.31	54.33	29.98	21.34	6.68	6.18	0.02
雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>	12.33	8.73	2.39	6.98	0	25.39	0	15.51	0	12.40
美丽风毛菊 <i>S. superba</i>	4.11	2.91	3.09	2.33	0	0	0	0	0	0
种子 Seeds	0	186.97	165.58	244.13	192.08	197.13	250.80	0.99	4.97	10.44
根 Roots	29.20	23.37	146.76	275.07	0.54	95.41	19.13	65.89	151.44	27.56
不可识别物 Unidentified fragments.	1.68	0.01	6.33	0	1.21	7.10	1.18	4.95	0	4.56

注 (Note): G: 萌动期 Germination, L: 展叶期 Leaf expansion, F: 花果期 Flowering-fruiting, W-I: 枯黄前期 Withering-I, W-II: 枯黄后期 Withering-II。

到显著或极显著水平, 说明雄、雌鼠在食物选择上差异很大。

任何两个物候期之间, 根田鼠食物组成的差异均极显著 ($P < 0.01$) (表 3), 但两物候期相隔越远, 其 χ^2 值越大, 差异越大, 说明食物组成随物候期而改变。天然食物的鲜重值列于表 4。因萌动期、展叶期和花果期时间较短, 仅能分析出雄鼠的食性, 所以各期均采用雄鼠数据。

表 4 各物候期根田鼠鲜天然食物组成 (g)*

Table 4 Composition of fresh natural food of *M. oeconomus* at each phenophase (g).

食物种类 Food items	萌 动 期 Germination		展 叶 期 Leaf expansion		花 果 期 Flowering- fruiting		枯 黄 前 期 Withering-I	
	披 碱 草 <i>Elymus</i> spp.	33.00	63.61	38.10	40.87	42.50	25.24	93.00
早 熟 禾 <i>Poa</i> spp.	30.25	37.39	35.10	41.31	39.75	12.43	90.50	9.08
羊 茅 <i>Festuca ovina</i>	50.50	1.37	53.10	18.26	44.75	5.94	91.30	4.50
二柱头藜草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	44.25	33.67	47.40	8.48	48.00	5.54	0	0
小 嵩 草 <i>Kobresia pygmaea</i>	39.25	11.54	48.82	2.35	0	0	0	0
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i>	30.25	21.39	34.40	11.89	0	0	93.00	2.37
苔 草 <i>C.</i> spp.	39.75	17.56	42.20	14.78	42.25	5.85	90.00	5.87
线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	38.75	18.66	48.30	9.52	41.25	5.53	0	0
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	0	0	56.30	3.18	0	0	0	0
长叶无尾果 <i>Coluria longifolia</i>	30.00	6.90	32.10	12.49	31.69	20.78	86.30	6.72
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	28.33	11.54	31.50	16.63	34.00	21.76	93.00	7.42
三裂叶碱毛茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	13.50	3.26	16.80	21.78	25.18	23.39	0	0
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	19.75	4.46	21.00	2.19	22.33	12.32	0	0
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i>	0	0	22.70	8.24	0	0	0	0
珠 芽 蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	25.75	10.76	28.60	21.05	34.83	23.72	88.50	5.06
细 叶 蓼 <i>P. tenuifolium</i>	25.25	9.23	28.60	4.76	34.00	31.56	86.50	1.27
虎 耳 草 <i>Saxifraga</i> spp.	0	0	18.40	6.63	0	0	0	0
麻 花 苳 <i>Gentiana straminea</i>	0	0	27.40	3.65	0	0	0	0
线叶龙胆 <i>G. farreir</i>	22.50	11.16	24.50	2.04	0	0	80.50	6.47
平 车 前 <i>Plantago depressa</i>	0	0	22.61	0.71	0	0	0	0
兰 石 苳 <i>Lancea tibetica</i>	0	0	21.80	2.88	22.50	28.71	89.50	5.82
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	36.00	1.58	0	0	0	0	89.50	0.81
棘 豆 <i>Oxytropis</i> spp.	0	0	26.42	13.63	36.37	25.85	82.30	5.88
异叶米口袋 <i>Gueldensteadtia diversifolia</i>	0	0	25.87	8.43	37.50	32.67	82.30	2.22
阿拉善马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	25.25	7.49	27.63	1.32	26.59	37.19	86.00	2.99
雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>	27.25	3.45	0	0	0	0	88.30	2.57
根 Roots	0	0	0	0	19.27	8.77	34.50	19.57

* 每物候期之下, 第一列数字为干/鲜, 第二列数字为鲜重 (g)。Under each phenophase, first figures are dry wt/fresh wt., and second figures are fresh weight.

(三) 食物选择指数

以各资源位在植物群落中的相对丰富度和在胃中的密度百分率 (表 1, 表 2), 计算出根田鼠对各资源位的选择指数 (表 5, 表 6)。

雄、雌鼠的选择指数有一定差异, 各物候期食物选择指数变化十分明显。萌动期的单子叶植物除羊茅 (*Festuca ovina*) 的选择指数小于 1 ($PI = 0.655$), 其它均大于 1; 而双子叶植物的选择指数均小于 1。其它各物候期单子叶植物的选择指数大体呈下降趋势,

表 5 各物候期不同性别根田鼠对天然食物的选择指数 (PI)

Table 5 The preference indices for natural food by *M. oeconomus* at each phenophase.

食物种类 Food items	萌 动 期		展 叶 期		花 果 期		枯 黄 前 期	
	Germination		Leaf expansion		Flowering-fruiting		Withering-l	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
披 碱 草 <i>Elymus</i> spp.	2.588	1.962	2.424	2.045	0.744	0.604	0.791	0.438
早 熟 禾 <i>Poa</i> spp.	2.056	1.847	3.360	2.013	1.038	0.565	1.534	0.901
羊 茅 <i>Festuca ovina</i>	0.594	0.707	5.921	5.876	1.580	1.053	1.048	0.283
二柱头蘼草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	1.765	18.09	0.194	0.206	0.373	0.656	0	0
小 嵩 草 <i>Kobresia pygmaea</i>	1.224	1.205	0.640	0.807	0	0	0	0
黑 褐 苔 草 <i>Carex atrofusca</i>	1.084	1.185	1.309	0.745	0.487	0.850	1.056	0.286
苔 草 <i>C.</i> spp.	1.256	1.225	1.019	0.600	0	0.534	0.396	0
线 叶 嵩 草 <i>K. capillifolia</i>	1.293	1.576	0.506	0.285	0.253	0	0	0
双 叉 细 柄 茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	0	0	1.381	3.345	0.792	1.219	1.538	0
长 叶 无 尾 果 <i>Coluria longifolia</i>	0.627	0.748	0.970	2.197	2.406	2.372	1.381	1.621
高 山 唐 松 草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0.312	0.398	0.631	1.293	0.951	1.276	1.4325	1.266
三 裂 叶 碱 毛 茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	0.125	0.369	0.997	0.638	0.172	0.102	0	0.423
蒙 古 蒲 公 英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.165	0.319	0.486	0	0.747	0.991	0	0
星 状 风 毛 菊 <i>Saussurea stella</i>	0	0	2.088	0.738	0	0	0	0
珠 芽 蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	0.323	0.363	1.473	2.314	1.679	2.167	1.044	1.051
细 叶 蓼 <i>P. tenuifolium</i>	0.658	0.565	0.390	1.243	1.096	1.365	0.547	1.930
虎 耳 草 <i>Saxifraga</i> spp.	0	0	2.535	1.372	0	0	0	0
麻 花 茺 <i>Gentiana straminea</i>	0	0	2.093	0.744	0	0.357	0	0
线 叶 龙 胆 <i>G. farreir</i>	0.465	0.620	0.148	1.973	0	0	1.109	1.668
平 车 前 <i>Plantago depressa</i>	0	0	6.867	0.533	0	0	0	0
兰 石 草 <i>Lancea tibetica</i>	0	0	0.180	1.244	1.686	0.660	1.265	1.461
鹅 绒 委 陵 菜 <i>Potentilla anserina</i>	0.197	0.062	0	0	0	0	0.152	0.265
棘 豆 <i>Oxytropis</i> spp.	0	0	1.412	0.906	1.985	2.099	2.495	3.428
异 叶 米 口 袋 <i>Gueldensteadtia diversifolia</i>	0	0	1.191	0.623	4.007	2.669	0.839	1.817
阿 拉 善 马 先 蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	0.366	0.431	0	0.475	2.336	1.421	2.124	2.025
雪 白 委 陵 菜 <i>P. nivea</i>	0.225	0.127	0	0	0	0	0.674	0.071
美 丽 风 毛 菊 <i>S. superba</i>	0	0.149	0	0	0	0	0	0

而双子叶植物则上升。从选择的种类而言, 在生境中相对丰富度较大的种类, 在胃中所占的比例也较大, 如披碱草、早熟禾(*Poa* spp.)、二柱头蘼草(*Scirpus distigmaticus*)、苔草(*Carex* spp.)、长叶无尾果(*Coluria longifolia*)、高山唐松草、珠芽蓼、兰石草(*Lancea tibetica*)等; 有的种类虽在生境中占比例不高, 但在胃中却较高, 因而选择指数也较大, 如棘豆、米口袋(*Gueldensteadtia diversifolia*)、阿拉善马先蒿(*Pedicularis alaschanica*)、黑褐苔草(*C. atrofusca*)等; 有的种类虽在生境中比例较高, 但在鼠胃中却不高或没有, 因而选择指数较小或为零, 如鹅绒委陵菜、雪白委陵菜(*P. nivea*)、大通风毛菊(*S. katochaere*)等。表明根田鼠对金露梅灌丛草本层植物的采食具有很强的选择性, 且这种选择性随物候的变化而异。总之, 雌鼠对双子叶植物的选择指数较雄鼠高。而雄鼠对单子叶植物的选择指数较前者为高。

表6 各物候期根田鼠对天然食物的选择指数 (PI)

Table 6 The preference indices for natural food by *M. oeconomus* at each phenophase.

食物种类 Food items	萌动期 Germination	展叶期 Leaf expansion	花果期 Flowering-fruiting	枯黄前期 Withering-I
披碱草 <i>Elymus</i> spp.	2.275	2.235	0.674	0.615
早熟禾 <i>Poa</i> spp.	1.953	2.687	1.375	1.218
羊茅 <i>Festuca ovina</i>	0.655	5.899	1.320	0.666
二柱头藜草 <i>Scirpus distigmaticus</i>	1.788	0.200	0.514	0
小嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	1.216	0.726	0	0
黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i>	1.135	1.028	0.540	0.672
苔草 <i>C.</i> spp.	1.245	0.811	0.268	0.197
线叶嵩草 <i>K. capillifolia</i>	1.435	0.396	0.127	0
双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>	0	2.631	0.615	0.769
长叶无尾果 <i>Coluria longifolia</i>	0.688	1.585	2.389	1.502
高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0.355	0.962	1.114	1.351
三裂叶碱毛茛 <i>Halerpestes tricuspis</i>	0.249	0.818	0.139	0.212
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	0.242	0.243	0.869	0
星状风毛菊 <i>Saussurea stella</i>	0	1.413	0	0
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	0.343	1.893	1.923	1.049
细叶蓼 <i>P. tenuifolium</i>	0.613	0.818	1.232	1.239
虎耳草 <i>Saxifraga</i> spp.	0	1.953	0	0
麻花艸 <i>Gentiana straminea</i>	0	1.419	0.186	0
线叶龙胆 <i>G. farreir</i>	0.543	1.060	0	1.389
平车前 <i>Plantago depressa</i>	0	3.700	0	0
兰石车 <i>Lancea tibetica</i>	0	0.713	1.173	1.364
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	0.131	0	0	0.208
棘豆 <i>Oxytropis</i> spp	0	1.161	2.043	2.964
异叶米口袋 <i>Gueldensteudtia diversifolia</i>	0	0.907	3.338	1.330
阿拉善马先蒿 <i>Pedicularis alaschanica</i>	0.398	0.238	1.881	2.074
雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>	0.177	0	0	0.374
美丽风毛菊 <i>S. superba</i>	0.076	0	0	0

(四) 天然食物的利用率

根田鼠每日能量摄入随物候期变化而改变(表7), 同一物候期雄、雌鼠能量摄入差异不显著 ($P > 0.05$)。

比较不同物候期的摄入能, 除萌动期—花果期, 展叶期—花果期之间差异不显著外 ($P > 0.05$), 其它各物候期差异极显著 ($P < 0.01$)。每日能量摄入在展叶期最高 [6.54kJ/(g·d)], 枯黄前期最低 [3.74kJ/(g·d)]。干物质消耗量变化与摄入能相似, 即展叶期最高 [0.37g/(g·d)], 枯黄前期最低 [0.22g/(g·d)]。

雌、雄动物随粪、尿损失的能量, 除展叶期粪便的损失能差异显著外, 在其它各物候期差异均不显著。在各物候期之间, 除萌动期—花果期粪的损失能差异显著 ($P < 0.05$), 萌动期—花果期尿的损失能量差异不显著 ($P > 0.05$) 外, 其它各项于各物候期差异极显著 ($P < 0.01$)。随粪便损失的能量以展叶期最高 [2.98kJ/(g·d)], 枯黄前期最低 [0.67kJ/(g·d)]。随尿损失的能量以展叶期最高 [0.27kJ/(g·d)], 枯黄前期最低 [0.11kJ/(g·d)]。

在萌动期、展叶期和花果期, 因时间较短, 而镜检胃内含物耗时较多, 只允许做雄、

表7 各物候期根田鼠的能量摄入、粪尿损失能量、消化率和同化率 ($\bar{X} \pm SE$)

Table 7 The dry matter consumption, energy intake, energy loss from faeces and urine, digestibility and assimilation of *Microtus oeconomus* at each phenophase.

物候期 Phenophase	性别 Sex	动物数 No. of animal	体重 Body weight (g)	消耗干物质 Dry matter consumption (g)	摄入能量 Energy intake [kJ/(g·d)]	随粪便损失能量 Energy loss from Faeces [kJ/(g·d)]	随尿损失能量 Energy loss from Urine [kJ/(g·d)]	粪便 Faeces (%)	消化率 Digestibility (%)	尿 Urine (%)	同化率 Assimilation (%)
萌动期 Germination	♂	5	27.51±2.4	0.31±0.01	5.04±0.19	1.76±0.09	0.13±0.01	34.81±1.02	65.2 ±1.02	2.57	62.62±1.02
	♀	5	22.68±1.98	0.35±0.02	5.73±0.28	1.96±0.09	0.12±0.01	34.27±0.44	65.73±0.44	2.16	63.56±0.44
	合计 Total	10	25.1 ±1.67	0.33±0.01	5.39±0.2	1.86±0.07	0.13±0.0	34.54±0.53	65.46±0.53	2.37	63.09±0.53
展叶期 Leaf expansion	♂	6	28.89±1.21	0.34±0.02	5.93±0.44	2.71±0.19	0.24±0.02	46.00±2.72	54.00±2.72	4.11	49.90±2.72
	♀	5	24.82±0.51	0.41±0.03	7.27±0.05	3.31±0.09	0.29±0.02	46.69±4.31	53.31±4.31	4.03	49.28±4.31
	合计 Total	11	27.06±0.92	0.37±0.02	6.54±0.38	2.98±0.14	0.27±0.02	46.31±2.33	53.69±2.33	4.07	49.62±2.33
花果期 Flowering-fruiting	♂	8	31.12±2.31	0.33±0.02	5.87±0.38	2.12±0.09	0.25±0.02	36.52±1.41	63.91±1.45	4.20	59.28±1.41
	♀	7	30.87±0.76	0.33±0.02	5.93±0.30	2.13±0.04	0.21±0.01	36.39±1.56	63.61±1.56	3.57	59.41±1.56
	合计 Total	15	31.00±1.24	0.33±0.01	5.90±0.24	2.12±0.05	0.23±0.01	36.46±1.01	63.54±1.10	3.89	59.34±1.01
枯黄前期 Withering-I	♂	6	19.53±0.56	0.22±0.01	3.72±0.01	0.69±0.01	0.11±0.00	18.60±0.61	81.41±0.61	3.00*	78.41±0.61
	♀	4	19.03±0.68	0.23±0.01	3.78±0.18	0.63±0.03	0.11±0.00	16.78±0.49	83.23±0.50	3.00	80.23±0.49
	合计 Total	10	19.33±0.42	0.22±0.00	3.74±0.07	0.67±0.02	0.11±0.00	17.87±0.50	82.13±0.50	3.00	79.13±0.50

* 估计值, Estimated values.

雌的食性分析。同时,为便于比较雄、雌鼠对天然食物的消化、同化能力,必须采用同一种新鲜食物投喂动物。因此,在各期实验中,均根据雄鼠的镜检结果,配制食物测定雄、雌鼠的消化率和同化率。据 Drożdż (1975) 和本实验结果,将枯黄前期根田鼠随尿损失的能量估计,占总摄入能量的 3%。雄雌鼠的消化率和同化率于各物候期内差异均不显著 ($P > 0.05$)。然而,各物候期之间的差异,除萌动期与花果期消化率差异不显著,同化率差异显著外,其它物候期的消化率和同化率差异均极显著。消化率和同化率以枯黄前期最高 (82.13%, 79.13%), 展叶期最低 (53.69%, 49.62%)。在枯黄后期,采用灰分法测定消化率,由于此方法测定的消化率实际上为干重消化率 (gravimetric digestibility), 其结果为雌鼠 $76.55 \pm 2.48\%$; 雄鼠 $65.04 \pm 2.53\%$, 两者差异显著 ($t = 3.25$, $df = 8$, $P < 0.05$)。

讨 论

(一) 根田鼠栖息地的食物资源评价

根田鼠主要分布于欧亚大陆北部,亦分布于北极地区 (Getz, 1985)。在高寒草甸地区,栖息于靠近溪流和河岸阶地的金露梅灌丛中的根田鼠,生境较为湿润 (蒋志刚和夏武平, 1987), 灌丛的草本层盖度较大,根田鼠可利用食物 (F_a) 占初级净生产力 (P_p) 的比例 (F_a/P_p), 及根田鼠种群的消耗量 (C) 占可利用食物 F_a 的比例 (C/F_a), 可对其天然食物丰富度作出评价。此外, F_a/P_p 、 C 及 C/F_a 等也是估计通过根田鼠种群能流的重要参数。

由于金露梅灌丛在生长季节内,脱落在地表的枯枝落叶甚少,加之本区又为冬春放牧地,故在计算其净初级生产量时,枯枝落叶量和家畜采食量可忽略不计。按杨福囿 (1982) 报道的公式,即, P_p 为生物量的增加值 ΔB , 直接取花果期地上生物量的最大值作为草本层的地上净初级生产量。金露梅灌丛的地上净初级生产量则为草本层地上净初级生产量与灌木地上净初级生产量之和。根据曾绍祥等 (1982) 报道的各物候期植物热值,将净初级生产量换算成热值 (表 8)。

各物候期根田鼠采食的植物种类差别不大,但各期每种植物在天然食物中的比例却有较大的差异 (表 4)。

各物候期根田鼠的体重、单位体重摄入能均不同,所以采用加权平均值计算其种群的摄入能,其种群密度为 8—15 只/ha, 根田鼠种群摄入能 (C) 为单位体重摄入能的平均值与种群密度及全年天数 (365 天) 的乘积。在计算中,枯黄后期的单位体重摄入能和种群体重采用枯黄前期的数据。

从表 8 可知,金露梅灌丛中净初级生产量居中等水平,可利用食物量较高, F_a/P_p 值为 70.12%, 高于 Grodzinski (1971) 报道的云杉人造林根田鼠的值 (56%)。在本项研究中根田鼠种群能量消耗仅占可利用食物的 0.8—1.5%, 其食物资源较为丰富。Grodzinski (1975) 认为,对小哺乳动物的生存而言,草原生态系统较森林生态系统能提供更多的可利用食物,此与本文研究结果一致。

(二) 根田鼠对天然食物的选择及利用策略

田鼠属动物的食物选择取决于食物的正营养因子 (水分和营养成分) 和负营养因子

表 8 不同生境小哺乳动物摄入能、可利用食物和初级净生产量 [$10^3 \text{kJ}/(\text{ha}\cdot\text{a})$]

Table 8 The primary net production, available food and consumption of small mammals in several types of forests and shrubs [$10^3 \text{kJ}/(\text{ha}\cdot\text{a})$].

生 境 Habitat	种 类 Species	初级净生产量(Pp) primary net production	可利用食物 (Fa) Available food for mammal	种群摄入能(C) Energy intake of mammal populations	Fa/Pp	C/Fa	文 献 Reference
金露梅灌丛 <i>Potentilla fruticosa</i> shrub	<i>Microtus oeconomus</i>	51785	36309	297—556	70.12	0.8—1.5	本研究 Present study
泰加林 Taiga forest	<i>Clethrionomys rutilus</i>	42831	5526	749	12.9	13.5	Grodzinski(1970) ²⁾
松树林 Pine wood	<i>Tamiasciurus</i>	—	(5526—6823)	(197—2068)	—	(3—38)	Ryszkowski(1970) ¹⁾
松树林 Pine wood	<i>C. glareolus</i>	—	10109—29594	88—176	—	0.6—1.2	Ryszkowski(1970) ¹⁾
松树林 Pine wood	<i>Apodemus flavicollis</i>	—	—	—	—	—	—
松树林 Pine wood	<i>C. glareolus</i>	—	4286	84	—	1.9	Ryszkowski(1970)
栎树-松树林 Oak-pine forest	<i>A. flavicollis</i>	—	—	—	—	—	—
栎树-松树林 Oak-pine forest	<i>C. glareolus</i>	—	54585	314—427	—	0.6—0.8	Ryszkowski(1970)
针阔混交和落叶林 Mixed & deciduous forest	<i>A. flavicollis</i>	—	—	—	—	—	—
针阔混交和落叶林 Mixed & deciduous forest	<i>C. glareolus</i>	—	67771	440	—	0.6	Ryszkowski(1970)
栎树-槲树林 Oak-hornbeam forest	<i>A. flavicollis</i>	—	—	—	—	—	—
栎树-槲树林 Oak-hornbeam forest	<i>C. glareolus</i>	—	8581	398	—	4.6	据 Grodzinski(1961) Gorecki 和 Gebczynska (1962) 计算出的值
山毛榉林 Beech wood	<i>A. flavicollis</i>	179998	8163	188—540	4.4	3.9	Grodzinski 等(1970) Drozd(1968)
人造云杉林 Spruce plantation	<i>M. agrestis</i>	61534—80371	相近似 nearly the same	1390—2800	—	1.5—2.8	Hansson(1971)
人造林 Forest plantation	<i>M. oeconomus</i>	49939	27837	1570	56.0	3.1	Gebczynska(1970)
荒漠灌丛 Desert shrub	<i>Dipodomys merriami</i>	23860	10025	548	42.0	5.5	Chew 和 Chew(1970)
荒漠灌丛 Desert shrub	<i>Lepus californicus</i>	—	—	—	—	—	—

1): 皆从 Hyszkowski 资料重新计算, All data are recalculated from Hyszkowski (1970).

2): 据 Gebczynska (1970) 资料估计, Figures calculated roughly from data of Gebczynska (1970).

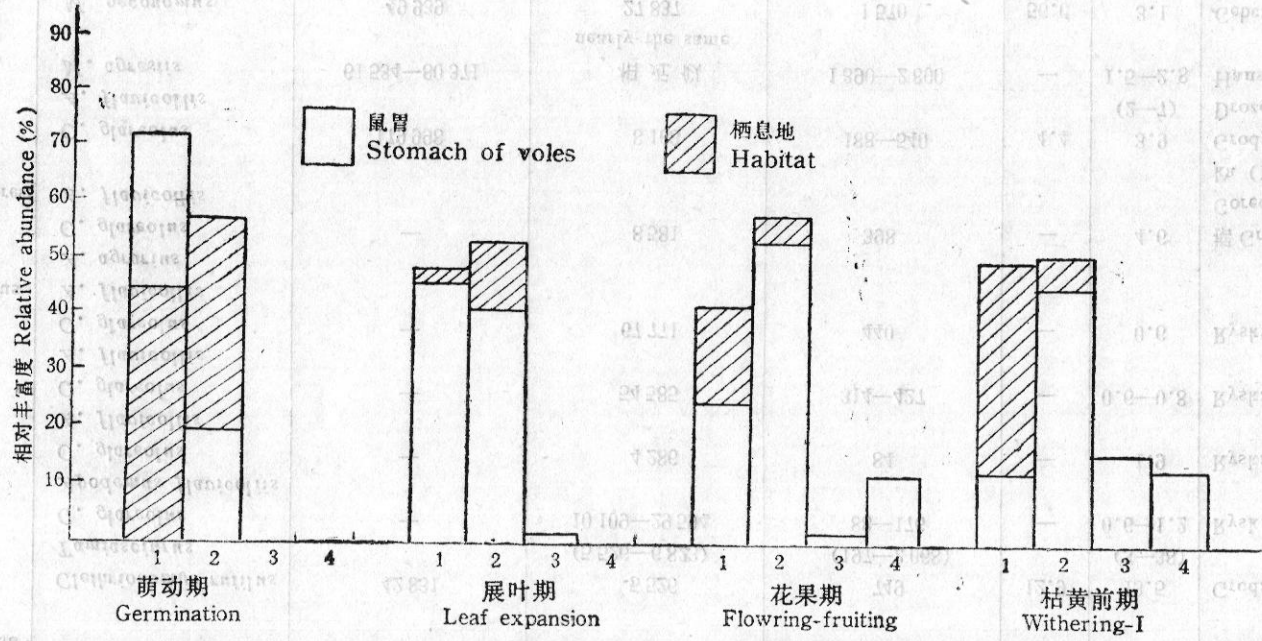


图2 各物候期单子叶植物、双子叶植物、根和种子在胃和栖息地的相对丰富度

Fig.2 Relative abundances of monocotyledons, dicotyledons, roots and seeds in the stomach content of *Microtus oeconomicus* and habitat at each phenophase.

1. 单子叶植物 Monocotyledon; 2. 双子叶植物 Dicotyledon; 3. 根 Root; 4. 种子 Seed.

(纤维素和植物次级化合物)的综合作用(Batzli, 1985)。在高寒草甸地区,大部分单子叶植物的粗蛋白、粗脂肪和粗纤维(王祖望等, 1980)、热值和灰分含量(曾绍祥等, 1982)较双子叶植物高。各物候期单子叶植物、双子叶植物、种子和根在胃内含物中密度百分率及其在植物群落中的相对丰富度有一定变化(图2)。在萌动期,植物较鲜嫩,纤维素量低,根田鼠主要摄取单子叶植物(71.28%),而较少摄取双子叶植物(19.64%)。在展叶期,各种植物的水分含量下降,单子叶植物更明显(表4),同时,随单子叶植物的纤维素含量增加,根田鼠对此类植物的摄入趋于减少(46.10%),而对双子叶植物的摄入相对地增加(42.20%)。在花果期,根田鼠转向摄食珠芽蓼、细叶蓼(*P. tenuifolium*)和毛茛的果实(11.42%),对单子叶植物的摄食量逐渐下降(24.63%),而双子叶植物则上升(55.13%)。草枯黄前期各类植物的含水量最低(表4),加之,此时地上营养物转入地下根茎,因此,根田鼠选择地下根茎组织,使其在胃中的比例增加(约为8.92%),同时,摄食较多的种子(约10.05%)。单子叶植物在食物中的比例有所下降(约45.77%)。枯黄后期金露梅灌丛植被经大牲畜啃食,其地上生物量很低,此期根田鼠摄食了大量的根(16.71%)和种子(14.85%),单子叶植物摄入比例为全年最低值(约13.26%),而双子叶植物的含量与枯黄前期近似(46.03%)。纵观各期食物选择的变化,纤维素含量和水分含量起主导作用。同时,各期雌鼠对双子叶植物、种子和根的选择多于雄鼠(表2)。Goldberg等(1980)报道,纤维素含量超过50%时,草原田鼠(*Microtus ochrogaster*)因能量不足而死亡,与本实验根田鼠避免摄入过多的含纤维较高的单子叶植物相似。Grodzinski(1971)以“自助餐法”对阿拉斯加泰加林根田鼠的食物选择测定表明,在不同物候期或季节,根田鼠趋向于选择水分含量高、纤维素含量低的食物。

在高寒草甸地区,冬季气候严寒,风蚀强烈,加之大型食草动物的啃食使植物地上生物量降低。小哺乳动物暴露于寒冷气候条件,必然增加体组织产热以维持体温的恒定,冬季食物资源的优劣对食草小哺乳类有着更重要的意义。从胃内含物分析看出,在枯黄后期根田鼠食物组成中,各种可利用食物的密度百分率仍很高(表2)。特别值得注意的是,种子和根的比例在此期有显著地增加。欧鼯(*Clethrionomys glareolus*)在冬季胃内具有肌纤维(Gebczynska, 1983),说明它有同类相残的现象,可能是由于冬季食物贫乏之故。在本项研究中,在笼养条件下,观察到根田鼠有同类残食现象,而在自然条件下则未发现此类现象。同时在冬季,胃中亦未发现有昆虫或肌纤维。

食草动物对食物的消化能力主要取决于食物种类(Petrusewicz和Macfadyen, 1970; Drożdż, 1975)和能量胁迫的影响。对于高质量食物,在能量胁迫增加时,消化及同化水平增强(Piatkoak和Weiner, 1987),对于低质量食物,当能量胁迫增加时,消化、同化水平降低(McManus, 1974)。Batzli(1985)认为,田鼠属动物的消化道相对比例与大型食草动物相近,然其单位体重的代谢率却较高,因此,田鼠动物消化道内含物的周转时间较大型食草动物短,即高纤维素,低消化率的食物在消化道中延长滞留时间对田鼠是不经济的。Gross等(1985)进一步发现,食物的质量和能量胁迫不仅使田鼠的消化道的长度、湿重和干重发生变化,而且使消化道的不同部分对不同压力因子产生不同的反应。

在植物萌动期,根田鼠虽然摄食大量的单子叶植物,但该期植物纤维素含量低,使消化、同化水平较高。随物候期变化,植物纤维素含量增加,根田鼠虽对单子叶植物摄

入降低,但因各种植物的纤维素含量均增加,此期根田鼠选择低消化的方式,以缩短食物在消化道内的滞留时间,使摄食量增加,以获得对能量和营养的需求。花果期,根田鼠的消化率增加是由大量摄食果实和双子叶植物所致。枯黄前期和后期,由于大量摄食根和种子等食物,使消化率增高(表2,表7)。由此可见,在能量胁迫条件下,根田鼠主要采取改变食物选择性和食物可利用率的策略以适应严酷的环境。消化、同化水平降低,结果必然增加摄食,以求得能量和营养的补偿(Batzli,1985)。比较各物候期的能量摄入与消化、同化水平(图3),能量摄入与消化率显著负相关($r = -0.992, P < 0.01$)。

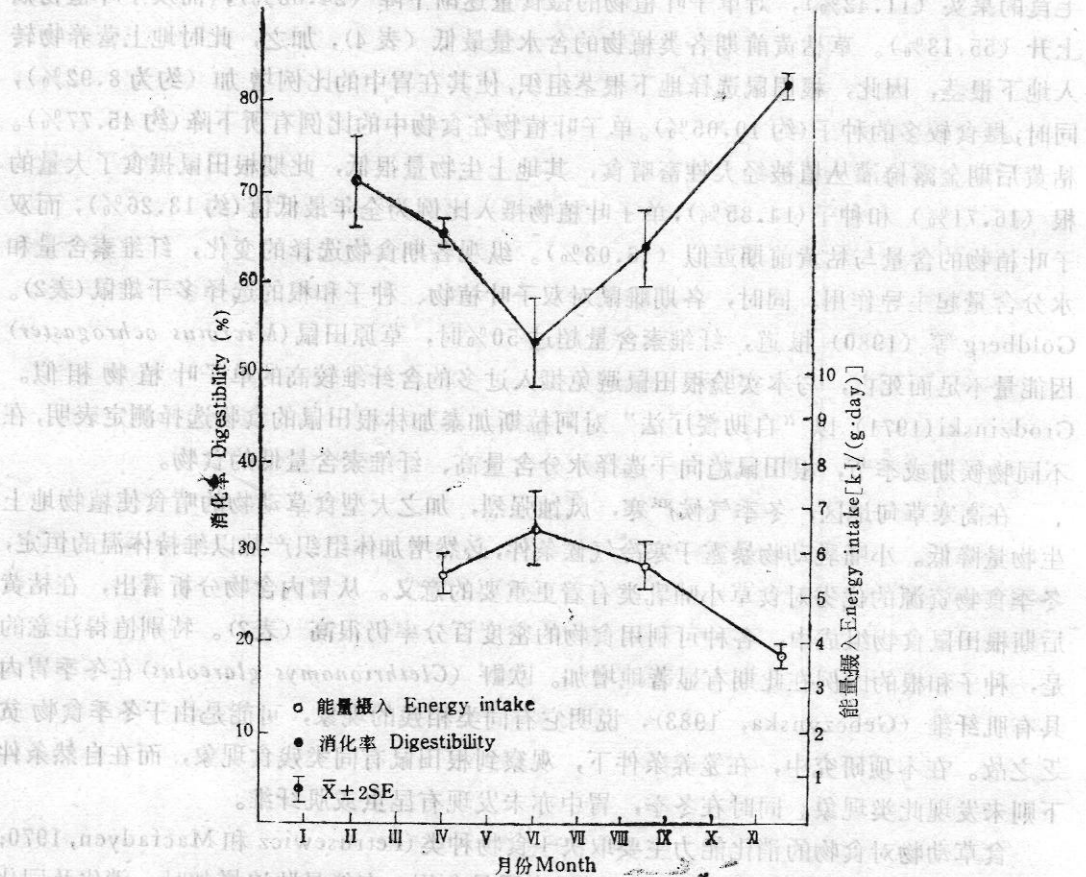


图3 各物候期根田鼠的消化率与能量摄入的比较

Fig. 3 Comparison of digestibility and energy intake of *Micronomus oeconomus* at each phenophase.

参 考 文 献

- 王祖望、曾绪祥、韩永才、张晓爱, 1980, 高山草甸生态系统——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的测定, 动物学报, 26(2): 184—195。
- 杨福国、沙渠、张松林, 1982, 高寒灌丛和高寒草甸初级生产量, 高寒草甸生态系统, (夏武平主编), 甘肃人民出版社, 44—50。
- 梁杰荣、金菊香, 1986, 动物热值的测定方法, 动物学杂志, 3: 33—37。
- 曾绪祥、王祖望、韩永才、何海菊, 1982, 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, 高寒草甸生态系统(夏武平主编), 58—65, 甘肃人民出版社。

- 蒋志刚、夏武平, 1985, 高原鼠兔食物资源利用的研究, 兽类学报, 5(4): 251—262。
- 蒋志刚、夏武平, 1987, 高寒草甸生态系统中牦牛、藏系绵羊和高原鼠兔的生态兔研究, 高原生物学集刊, 6: 115—146。
- Batzli, G. O., 1985, Nutrition. in Biology of New World Microtus (R. H. Hamarin, ed.), Special Publication No. 8, The American Society of Mammologists 779—811.
- Cock, M. J. W., 1978, The assessment of preference, *J. Anim. Ecol.*, 47: 805—816.
- Drozd, A., 1975, Food habits and food assimilation in mammals, in IBP Handbook No. 24 Methods for Ecological Bioenergetics (Grodzinski *et al.*, ed.), Blackwell Scientific Publications, 333—337.
- Ferns, P. N., 1980, Energy flow through small mammals population, *Mamm. Rev.*, 10: 165—188.
- Gebczynska, Z., 1983, Feeding habits. in Ecology of the bank vole, *Acta Theriol. Suppl.*, 1. pp. 40—49.
- Getz, L. L., 1985, Habitats. in Biology of New World Microtus (Tamarin, R. H. ed.), Special Publication No. 8, The American Society of Mammologists, 286—305.
- Goldberg, M., N. R. Tabroff and R. H. Tamarin, 1980, Nutrient variation in beech grass in relation to beech vole feeding, *Ecology*, 61: 1029—1033.
- Golley, F. B., 1960, Energy dynamics of a food chain of an old-field community, *Ecol. monogr.*, 30: 187—206.
- Grodzinski, W., 1971, Energy flow through population of small mammals in the Alaskan taiga forest, *Acta. Theriol.*, 16: 231—275.
- Grodzinski, W., 1975, Energy flow through a vertebrate population, in IBP Handbook No. 24 Methods for Ecological Bioenergetics (Grodzinski, w. ed.), Blackwell Scientific, Oxford, 65—94.
- Gross, J. E., Z. W. Wang and B. A. Wunder, 1985, Effects of food quality and energy needs: Change in gut morphology and capacity of *Microtus ochrogaster*, *J. Mamm.*, 66: 661—667.
- Johnson, D. R. and K. I. Groepper, 1970, Bioenergetics of North Plains Rodents, *Amer. Wild. Nat.*, 84: 537—548.
- Johnson, D. R. and M. H. Maxell, 1966, Energy dynamics of Colorado pikas, *Ecology*, 47: 1059—1061.
- Lindeman, R. L., 1942, The trophic-dynamics aspect of ecology, *Ecology*, 23: 399—418.
- Mcmanus, J. J., 1974, Bioenergetics and water requirement of the redbacked vole, *Clethrionomys gapperi*, *J. Mamm.*, 55: 30—44.
- Myrcha, A., 1966, Bioenergetics of an experimental populations and individual laboratory mice, *Acta. Theriol.*, 20: 175—226.
- Paine, R. T., 1971, The measurements and application of the caloric to ecological problems, *Ann. Rev. Ecol. Sys.*, 2: 145—164.
- Petrusewicz, K. and A. Macfadyen, 1970, Productivity of terrestrial animal—Principles and methods. IBP Handbook No. 13, Blackwell Scientific, Oxford.
- Piatkoaka, K. and J. Weiner, 1987, Maximum rates of energy assimilations in the bank vole., *Acta. Theriol.*, 32: 45—50.

THE INTAKE AND UTILIZATION OF NATURAL FOOD AND THE STRATEGIES IN ROOT VOLE, *MICROTUS OECONOMUS*

Hu Defu and Wang Zuwang

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

The present work was carried out at Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem (Lat. 37° 29'—37° 45' N', Long. 101° 12'—101° 33'E) from April, 1987 to May, 1988.

The study deals with three aspects; (1) the food resource spectrum; (2) trophic spectrum; and (3) the utilization efficiency. Eleven and/or twelve sampling plots of 50 × 50cm were chosen for studying the biomass, coverage and frequency of dif-

ferent plant species, and the abundance was used to estimate the primary net production of the *Potentilla fruticosa* shrub (aboveground). The stomach contents were analyzed and the energy intake, digestibility and assimilation of root vole population were determined during the different phenophases. The main results were as follows:

1. The abundance of resource state changed with phenophases, the biomass increased during growing period, and reached the peak value in flowering period.
2. The relative density of plant species in stomach content disagreed with the relative abundance in the habitat because of the selective utilization of food resource in root vole and it tended to feed monocotyledons in germination. The proportion of monocotyledons in natural food composition decreased and dicotyledon increased during growing period. In particular, the female voles chose the amounts of dicotyledon seeds and roots more than the males.
3. The digestibility and assimilation of vole, which were determined with metabolic cage method, were 65.46% and 63.09% in germination; 53.69% and 49.62% in leaf expansion; 63.54% and 59.34% in flowering-fruiting; 82.13% and 79.13% in early withering, respectively. The digestibility of the male and female voles obtained by ash trace method was 65.04% and 76.55% in late withering, respectively. The differences among them were significant.
4. The primary net production (Pp) of *potentilla fruticosa* shrub amounts to 51785×10^3 kJ/(ha. year), and the total available food (Fa) for voles reached 36309×10^3 kJ/(ha. year), and the ratio of Fa/Pp reached to as much as 70.12% of the primary net production (only 296.7×10^3 — 556.32×10^3 kJ/ha. year), and only 0.8—1.5% of the available food were consumed by voles. So the available food resource for voles in their natural habitat was abundant.

The data from experiments and field observation indicated that with the decreasing of good quality food resources voles turned to other food items and then dilute food intake increased, reducing retention time of food in the digestive tracts and the digestibility decreased. Root voles could combine these strategies for the compensation of their energy intake.

Key words: Root vole, *Microtus oeconomus*; Food resources spectrum; Trophic spectrum; Digestibility; Assimilation.