

根田鼠瞬时摄入量对植物可利用性变量集 功能反应的格局

陶双伦¹ 刘季科^{2*} 都玉蓉³ 李俊年² 马建滨³

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

(2 浙江大学生命科学院, 杭州, 310012)

(3 青海师范大学生物系, 西宁, 810001)

摘要: 在实验室条件下, 以随机区组设计的新鲜紫花苜蓿叶片斑块, 测定苜蓿叶片可利用性变量, 叶片密度、生物量密度和叶片大小对根田鼠瞬时摄入率的作用格局。苜蓿叶片大小对根田鼠摄入量具有显著作用 ($P < 0.01$), 而叶片密度与生物量作用则不显著 ($P > 0.05$); 根田鼠摄入量对其口量变化能作出 2 倍以上的反应 ($P < 0.01$); 观测摄入量与模型预测摄入率的回归显著 ($P < 0.01$)。研究结果证明, 以叶片大小替代根田鼠口量是影响其摄入率的独立变量; 检验了植物大小是替代植食性哺乳动物口量的有效变量, 以及植物大小是影响植食性哺乳动物摄入量潜在独立变量的假设。

关键词: 根田鼠; 瞬时摄入量; 植物可利用性变量集; 口量; 功能反应

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 1050 - (2001) 04 - 0279 - 08

植物可利用性对植食性哺乳动物摄入的作用, 动物对植物的功能反应是探讨动物觅食生态学过程的基础, 是现代营养生态学的主要领域之一^[1]。已有的研究表明, 影响植食性哺乳动物摄入率的因子众多, 除植物形态结构、组织纤维和次生化合物对动物摄入量具有一定的作用外, 可利用植物的密度、生物量密度、大小以及动物口量则是影响动物摄入率的潜在变量集^[2~12]。诸多变量间的差异使动物功能反应更为复杂。因此, 从植物可利用性变量集中, 选择对动物觅食过程及其摄入量具有重要作用的变量, 检验各种独立变量及其交互作用, 对动物摄入率的作用尤为重要^[12]。

在自然条件下, 由于植物密度、生物量密度和大小易于混淆, 加之, 控制这些变量的困难性和艰巨性, 因此, 本文以新鲜紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 的叶片密度、生物量密度及大小作为苜蓿叶片可利用性变量集, 在实验室条件下, 测定苜蓿叶片各种变量对根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 摄入率的作用格局, 旨在检验如下特定假设: 植物大小可有效地替代植食性哺乳动物的口量; 植物大小是影响植食性哺乳动物摄入量潜在的独立变量。

1 材料与方法

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (38970149); 中国科学院北海高寒草甸生态系统开放站基金资助项目 (2040740)

作者简介: 陶双伦 (1968 -), 男, 博士研究生, 主要从事动物行为生态学及进化生态学的研究。

收稿日期: 2000 - 06 - 28; **修回日期:** 2000 - 11 - 16

*通讯作者

1.1 实验动物

实验动物捕自中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区，雄体 10 只，雌体 10 只，平均体重为 32.3 ±4.7 g。在实验室条件下，以木屑和脱脂棉为巢垫，驯养于透明饲养笼。以免颗粒饲料 (rabbit chow) 为主要食物，附加一定数量的胡萝卜，并供给充足的饮水。控制实验温度，使之保持在 20 ±1 。供觅食测定的食物为新鲜紫花苜蓿叶片。

1.2 实验设计与苜蓿叶片斑块配置

测定的苜蓿叶片可利用性变量集为叶片密度 (leaf density)、生物量密度 (biomass density) 及叶片大小 (leaf size)，其中，生物量密度为叶片大小与叶片密度之积。为分离上列变量对根田鼠摄入率的独立作用，采用 Sokal 的随机区组方法^[13]，分别设计两组平行处理 (图 1)。处理 A 为叶片大小 + 生物量密度；处理 B 为叶片大小 + 叶片密度。

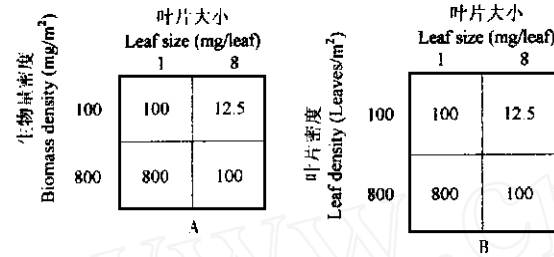


图 1 根田鼠觅食苜蓿叶片可利用性变量处理

Fig. 1 Treatments for sets of leaf availability variables for root voles foraging trials

A 为叶片大小 + 生物量密度，B 为叶片大小 + 叶片密度，方框内数字分别为生物量密度 (mg/m²) 与叶片密度 (leaves/m²)
A is leaf size with biomass density, B is leaf size with leaf density, and the numbers in the cell are biomass density and leaf density, respectively

将苜蓿叶片大小以干重分为 1 mg 和 8 mg 两个等级 (图 1)。为了有效地控制叶片大小，依据每个等级新鲜苜蓿叶片大小的圆面积，制作标准模具，获取苜蓿叶片。

设置由不同大小木质纤维板构成的以苜蓿叶片不同间距配置的大叶片低密度 (large leaf and low density, LLD)、小叶片中密度 (small leaf and medium density, SMD)、大叶片中密度 (large leaf and medium density, LMD)、小叶片高密度 (small leaf and high density, SHD) 及大叶片高密度 (large leaf and high density, LHD) 5 种类型斑块 (图 2)。以小型金属夹固定苜蓿叶片。各类斑块及其苜蓿叶片数、叶片间距、叶片

密度大小各异 (表 1)。

表 1 根田鼠觅食苜蓿叶片的密度及斑块大小

Table 1 Densities and patch sizes of alfalfa leaf for root voles foraging

斑块大小及变量处理 Patch size and treatment of variables	LLD	SMD	LMD	SHD	LHD
斑块大小 Patch size (m ²)	5.20 ×0.31	2.60 ×0.31	1.01 ×0.31	0.72 ×0.31	0.72 ×0.31
叶片间距 Distance between Leaves (cm)	24.20	6.10	6.10	3.00	3.00
叶片数 Number of leaves	30	120	40	264	264
叶片密度 Leaf density (leaves/m ²)	18.80	150	150	1200	1200

LLD 为大叶片低密度；SMD 为小叶片中密度；LMD 为大叶片中密度；SHD 为小叶片高密度；LHD 为大叶片高密度

LLD presents large leaves and low density; SMD presents small leaves and medium density; LMD presents large leaves and medium density; SHD presents small leaves and high density; LHD presents large leaves and high density

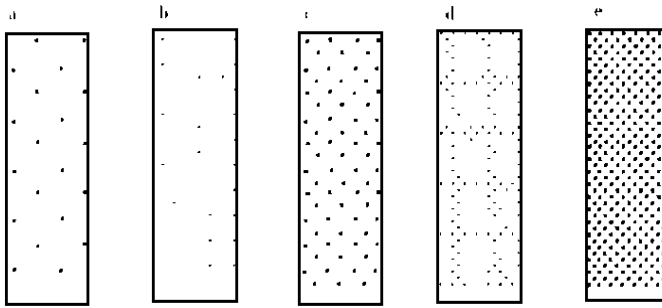


图2 根田鼠觅食实验的苜蓿斑块

Fig. 2 Alfalfa-leaf patches of foraging experiment root voles

a 为大叶片低密度斑块 LLD; b 为小叶片中密度斑块 SMD; c 为大叶片中密度斑块 LMD; d 为小叶片高密度斑块 SHD; e 为大叶片高密度斑块 LHD

a is patch of large leaves and low density represented by LLD; b is patch of small leaves and medium density represented by SMD; c is patch of small leaves and high density represented by SHD; d is patch of small leaves and high density represented by SHD; e is patch of large leaves and high density represented by LHD

苜蓿叶片斑块均置于实验室特定部位，在观测箱上方悬挂 1 只 60 W 荧光灯。在观测箱的中部，观测实验个体的觅食过程和行为序列，用计算机记录各种觅食行为的持续时间。

测定的行为参数为有效觅食时间 ($h + t$)：排除企图逃跑和非觅食活动外，用于觅食活动的时间，即收获与咀嚼食物所消耗的时间 (min)；收获时间 (h)：摄取每口食物的时间 (min)；咀嚼频次 (C_f)：单位时间的咀嚼次数 (chews/min)；咀嚼投入 (C_e)：每次咀嚼的食物量 (g/chew)；摄入量数：单位时间动物的取食口数 (bites/min)。

1.4 实验程序与觅食参数估计

在排除实验个体繁殖、哺乳、厌食及消化等生理抑制因子的前提下，从实验群体中选择 10 只健康个体作为样本，其中雄体 5 只，雌体 5 只。每只个体每次测定时间为 2 min。

测定开始前一周，以新鲜苜蓿茎叶饲喂根田鼠。为使动物充分适应测定装置，将个体动物放入有苜蓿叶片的观测箱 5 ~ 10 min，每天重复两次。测定前，将实验个体饥饿 6 ~ 8 h。测定时，从观测箱巢区释放实验个体，用计算机测定其觅食过程和行为。每次测定结束后，分离被食苜蓿叶片的剩余部分，用消费的叶片数与被替换叶片重量之积，减去剩余叶片的重量，估计每只个体对叶片的摄入量。从提供的苜蓿叶片中选取 50 个样本，在 55 °C 烘箱中烘至恒重，测定每次实验苜蓿叶片干物质的转化率；口量大小为实验个体的摄入量 (干物质) 与摄入量数之比；以实验个体的摄入量除以有效觅食时间，计算瞬时摄入率。

1.5 统计分析

采用双因素 ANOVA，分析苜蓿叶片各种可利用性变量对实验个体瞬时摄入率的独立作用及交互效应；

1.3 行为观测装置与觅食行为测定

为有效地控制实验动物，便于准确测定实验个体的觅食过程和行为，在各苜蓿叶片斑块上部周边设立观测箱。观测箱由木质纤维板构成，底部面积与相应的斑块一致，高度为 30 cm。观测箱分为觅食区与巢区两部分，其间以带孔的隔板相间，此孔可使实验个体在两区自由活动，巢区面积为 10.0 cm × 31.0 cm。

在行为学实验室进行觅食行为测定。行为观测箱及

以单因素 ANOVA, 测定实验个体体重间差异对其摄入率的作用;

在动物觅食过程中, 由于颌的收获与咀嚼动作不能同时进行, 收获率为收获与处理每口食物时间的函数, 因此, 以方程^[14]

$$\frac{1}{H} = B = \frac{R_{max}}{R_{max}h + S}$$

检验实验个体觅食苜蓿叶片时, 收获与咀嚼间的功能关系, 并估计其收获率 (cropping rate)。式中, B 为实验个体的收获率 (bites/min); h 为无咀嚼时, 平均收获 1 口叶片的时间 (min); R_{max} 是不存在收获时, 处理叶片的最大速率 (g/min), 其为一集合; S 为实验个体处理叶片的口量 (g/bite)。以 C_e 与 C_f 之积, 直接估计 R_{max} 的测定值。

由于动物收获和咀嚼对食物摄入的约束作用, 以方程^[14]

$$I = \frac{R_{max}S}{R_{max}h + S}$$

估计实验个体对苜蓿叶片瞬时摄入率的预测值, 并从中估计 R_{max} 的预测值。式中, I 为实验个体在有效觅食时间内, 对苜蓿叶片的摄入量 (g/min)。

以线性回归分析, 检验摄入率测定值与预测值的相关性。

全部统计分析均由 STATGRPH 5.0 软件包执行。

2 结果

尽管由于控制苜蓿叶片产生的误差使配置的各种变量与设计的略有不同, 但就整个变量集而言, 二者仍极为近似 (表 2), 说明本项研究所配置的苜蓿叶片变量集是可行的。

表 2 根田鼠苜蓿斑块叶片可利用性变量集

Table 2 Variable set of leaf availability on alfalfa patches for root voles

斑块类型 * Types of patches *	叶片大小 Leaf size (mg/leaf)		叶片密度 Leaf density (leaves/m ²)	生物量密度 Leaf biomass (mg/m ²)	
	目标 Target	实际 Actual		目标 Target	实际 Actual
	LLD	8	7.8	800	6400
SMD	1	0.8	100	100	80
LMD	8	7.9	100	800	6320
SHD	1	0.9	800	800	720
LHD	8	8.0	12.5	100	100

* 斑块类型定义同表 1 The definition of patch types are the same as table 1

由于收获与咀嚼间的竞争关系决定根田鼠对苜蓿叶片的摄入, 因此, 两种不同大小的苜蓿叶片对根田鼠瞬时摄入率的作用各异。根田鼠觅食大叶片的瞬时摄入率比小叶片的高 2 倍以上 (图 3)。

综合各种处理数据, 双因素 ANOVA 结果 (表 3, 表 4) 显示, 苜蓿叶片大小对根田

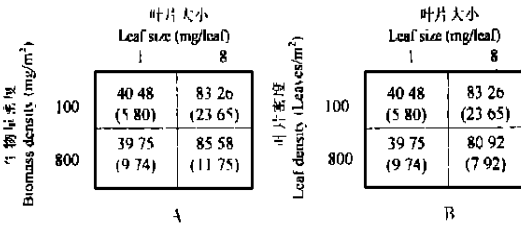


图3 根田鼠瞬时摄入率对苜蓿叶片变量集处理的反应
Fig.3 Response of instantaneous intake rates of root voles to treatment of set of alfalfa leaf variables and mechanism of functional response

A、B 两种处理类型同图 1 The two treatment types of A and B are the same as Fig. 1;
每格顶部数字为根田鼠平均摄入量，下部数字为标准误
Within each cell, The top number is average intake rate of root voles and the bottom number is the standard error

鼠瞬时摄入率具有极显著的独立作用 ($F = 427.86, df = 1, P = 0.000 < 0.01$; $F = 174.08, df = 1, P = 0.000 < 0.01$); 而生物量密度 ($F = 0.12, df = 1, P = 0.676 > 0.05$;) 与叶片密度 ($F = 1.46, df = 1, P = 0.894 > 0.05$) 对根田鼠瞬时摄入率的独立作用则不显著; 苜蓿叶片大小分别与生物量密度和叶片密度的交互作用对根田鼠瞬时摄入率无显著影响 ($F = 0.52, df = 1, P = 0.793 > 0.05$; $F = 1.42, df = 1, P = 0.607 > 0.05$)。

表 3 苜蓿叶片大小与生物量密度对根田鼠瞬时摄入率的双因素 ANOVA

Table 3 Results from two-way ANOVA for treatments of leaf size and biomass density on instantaneous intake rate

来源 Source	df	F	P
叶片大小 Plant size	1	427.86	0.000
生物量密度 Biomass density	1	0.12	0.676
交互作用 Interaction	1	0.52	0.793
根田鼠体重 Root voles mass	9	0.74	0.709

表 4 苜蓿叶片大小与叶片密度对根田鼠瞬时摄入率的双因素 ANOVA

Table 4 Results from two-way ANOVA for treatments of leaf size and leaf density on instantaneous intake rate

来源 Source	df	F	P
叶片大小 Plant size	1	174.08	0.000
叶片密度 Leaf density	1	1.46	0.894
交互作用 Interaction	1	1.42	0.607
根田鼠 Root voles mass	9	0.84	0.151

单因素 ANOVA 结果 ($F = 0.74, df = 9, P = 0.709 > 0.05$; $F = 0.84, df = 9, P = 1.151 > 0.05$) 表明, 根田鼠个体体重间的差异对其摄入量作用不显著。根田鼠对苜蓿叶片瞬时摄入率观测值与其功能反应模型预测值间线性回归极为显著 ($F = 262.47, df = 1, 62, P = 0.000 < 0.01$), 回归方程为 $y = 1.0255x - 0.0023, R^2 = 0.89$ 。说明根田鼠

对苜蓿叶片瞬时摄入率的观测值与其功能反应模型的预测值极为近似 (图 4)。经线性回归分析, 观测的摄入率与功能反应模型预测的极为近似, $F_{(1, 62)} = 262.47, P < 0.01$ (图 4)。

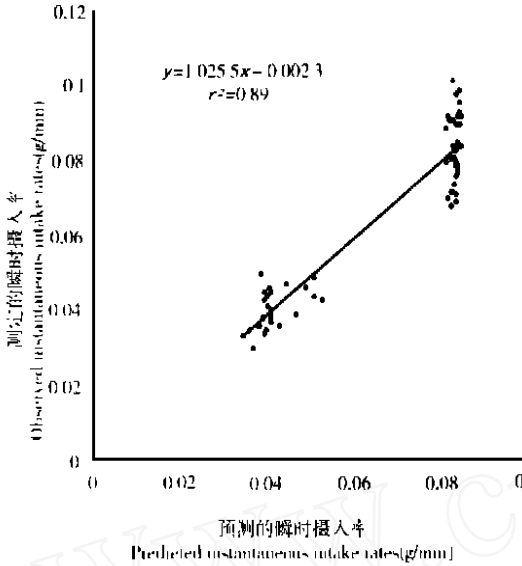


图 4 根田鼠摄入率测定值与预测值的线性回归关系
Fig. 4 Linearly regressive relation between predicted and observed intake rates for root voles

3 讨论

根田鼠瞬时摄入率对分别相差 8 倍的苜蓿叶片密度及生物量密度反应不显著, 而对叶片大小则具有显著反应 (图 3)。说明引起根田鼠摄入率变化的主要变量是叶片大小, 而与叶片密度及生物量密度无关。由于根田鼠能同时进行咀嚼和行走, 其处理 1 片叶片所花费的时间较搜寻到下一片叶片的时间多, 同时, 根田鼠对叶片的摄入仅受咀嚼和吞咽的限制。因此, 在实验设计上, 叶片间距与叶片可利用性之间不存在相关关系。

根田鼠处理苜蓿叶片的最大速率受收获和咀嚼间竞争的调节。动物吞咽食物之前必须进行咀嚼^[6,12,14,15], 因此, 颌的收获和咀嚼动作不能同时出现^[16-18]。颌的运动是有限的, 当口量减小时, 动物必须在单位时间摄入更多口叶片以维持其摄入率。当口量下降时, 咀嚼动作更少, 且咀嚼效率下降, 使收获与咀嚼间的竞争调节动物的摄入, 并决定其功能反应形式。因之, 以此概念为基础建立的 型功能反应模型能充分地解释植食性哺乳动物摄入率的变化。

根田鼠处理苜蓿叶片的最大速率受收获和咀嚼间竞争的调节。动物吞咽食物之前必须进行咀嚼^[6,12,14,15], 因此, 颌的收

获和咀嚼动作不能同时出现^[16-18]。颌的运动是有限的, 当口量减小时, 动物必须在单位时间摄入更多口叶片以维持其摄入率。当口量下降时, 咀嚼动作更少, 且咀嚼效率下降, 使收获与咀嚼间的竞争调节动物的摄入, 并决定其功能反应形式。因之, 以此概念为基础建立的 型功能反应模型能充分地解释植食性哺乳动物摄入率的变化。

尽管植食性哺乳动物口量对其摄入率的调节作用为生态学家所公认, 但对动物口量与植物可利用性变量集的关系及其可替代性变量, 仍持有不同观点^[12]。一些学者仍强调, 生物量密度与动物口量存在相关关系, 并提出生物量密度是预测动物摄入率的有效变量, 摄入率为生物量密度的函数^[20,21]。但是, 以生物量密度建立的植食性哺乳动物功能反应模型, 至今仍缺乏系统的统计学描述和理论概括, 而且, 对所观测的模型亦未提出可靠的机制性解释^[15]。以植物生物量密度预测动物摄入率, 始于对家养反刍动物觅食的研究^[22,23]。在植被结构相对简单的禾草草地, 家畜口量与禾草生物量密度具有显著的相关关系^[3,19,22,24,25]。此类研究认为, 依禾草的任一可利用性变量均可预测家畜的摄入率。然而, 动物口量常由一片叶片或带有几只叶片的嫩枝组成, 亦即动物的口量受叶片大小的支配。当叶片大小控制动物口量时, 口量与生物量密度不相耦合^[14,26], 因此, 以生物量密度预测动物摄入率已失去意义^[8,10,26,27], 同时, 亦不能对动物功能反应作出总体预测^[15]。

在植食性哺乳动物觅食生态学的研究中, 分析、选择及分离主要植物可利用性变量^[12], 评估动物口量体积与密度^[4,6,24]、探讨和制定植物叶面积与动物口量的方法及技

术^[10,28]，以及定义动物口量与食物质量^[15]，对理解动物觅食功能反应、以及由主要变量所决定的动物摄入率动态的生态过程至关重要。

本项研究通过控制苜蓿叶片大小与叶片间距，使叶片密度与生物量密度分别相差 8 倍，在叶片大小分离为独立变量的条件下，探讨苜蓿叶片可利用性各种变量对根田鼠摄入量率的作用，获得了苜蓿叶片大小对根田鼠摄入量率具有显著的独立效应，从而，充分地验证了本文提出的植物大小是影响植食性哺乳动物摄入量率的独立变量的假设。

致谢：承蒙苏建平研究员对数据分析的帮助，谨此感谢。

参考文献：

- [1] 刘季科, 王溪, 刘伟. 北美田鼠亚科啮齿动物营养生态学研究进展 [J]. 兽类学报, 1991, 11 (3): 226 - 253.
- [2] Chacon E, Stobbs T H. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle [J]. *Aust J Agric Res*, 1976, 27: 709 - 727.
- [3] Black J L, Kenney P A. Factors affecting diet selection by sheep height and density of Pasture [J]. *Aust J Agric Res*, 1984, 35: 565 - 578.
- [4] Burlison A J, Hodgson J, Illius A W. Sward canopy structure and the bite dimensions and bite weight of grazing sheep [J]. *Grass and Forage Science*, 1991, 46: 29 - 38.
- [5] Shipley L A, Spalinger D E. Mechanics of browsing in dense food patches: effects of plant and animal morphology on intake rate [J]. *Can J Zool*, 1992, 70: 1743 - 1752.
- [6] Laca E A, Ungar E D, Seligman N, Dement M W. Effects of sward height and bulk density on bite dimension of cattle grazing homogeneous [J]. *Grass and Forage Science*, 1992, 47: 91 - 102.
- [7] Arnold G W, Dudzinski M L. Studies on the diet of the grazing animal. II. The effect of physiological status in ewes and pasture availability on herbage intake [J]. *Aust J Agric Res*, 1967, 18 (7): 349 - 359.
- [8] Trudell J, White R G. The effect of foraging structure and availability on food intake rate, biting size and daily feeding time of reindeer [J]. *J Appl Ecol*, 1981, 18: 63 - 81.
- [9] Batzli G O, Jung H ³/₄ G, Guntenspergen G. Nutritional ecology of microtine rodents: liner foraging rate cures for brown lemmings [J]. *Oikos*, 1981, 37: 112 - 116.
- [10] Wickstrom M L, Robbins C T, Hanley T A, Spalinger D E, Parish S M. Food intake and foraging energetics of elk and mule deer [J]. *J Wildl Manage*, 1984, 48: 1285 - 1301.
- [11] Allden W G, Whittaker I A McD. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability [J]. *Aust J Agric Res*, 1970, 21: 755 - 766.
- [12] Gross J E, Hobbs N T, Wunder B A. Independent variables for predicting intake rate of mammalian herbivores: biomass density, plant density, or bite size [J]? *Oikos*, 1993b, 68: 75 - 81.
- [13] Sokal R R, Rohlf F J. Biometry [M]. 1981, 2nd ed. Freeman, San Francisco.
- [14] Spalinger D E, Hobbs N T. Mechanisms of foraging in mammalian herbivores: new models of functional response [J]. *Am Nat*, 1992, 140: 325 - 348.
- [15] Gross J E, Shipley L A, Hobbs N T, Spalinger D E, Wunder B A. Foraging by herbivores in food-concentrated patches: tests of a math model of functional response [M]. *Ecology*, 1993a, 74: 778 - 791.
- [16] Ardran G M, Kemp F H, Ride W D L. A radiographic analysis of mastication and swallowing in the domestic rabbit: *Oryctolagus cuniculus* (L) [J]. *Proc Zool Soc Lond*, 1958, 130: 257 - 274.
- [17] Greaves W S. The jaw lever system in ungulates: a new model [J]. *J Zool*, 1978, 84: 271 - 285.
- [18] Fortelius M. Ungulate cheek teeth: development, functional and evolutionary interrelations [J]. *Acta Zoologica Fennica*,

- 1985, 180: 1 - 76.
- [19] Hudson R J, Watkins W G. Foraging rates of Wapiti on green and cured pastures [J]. *Can J Zool*, 1986, 64: 1705 - 1708.
- [20] Short J. The effect of pasture availability on food intake, species selection and grazing behaviour of kangaroos [J]. *J Appl Ecol*, 1986, 23: 559 - 571.
- [21] McCorquodale S M. Energetic considerations and habitat quality for elk in arid grasslands and coniferous forests [J]. *J wild mana*, 1991, 55: 237 - 242.
- [22] Hodgson J. The control of herbage intake in the grazing ruminant [J]. *Proc Nutr Soci*, 1985, 44: 339 - 346.
- [23] Forbes T D A. Reserching the plant - animal interface, the investigation of ingestive behavior in grazing animals [J]. *J Ani Sci*, 1988, 66: 2369 - 2379.
- [24] Stobbs T H. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. III. Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. *Kazzungula* swards [J]. *Aust J Agric Res*, 1973, 26: 997 - 1007.
- [25] Penning P D, Parson A J, Orr R J, Treacher T T. Intake rate and behavior response by sheep to change in sward characteristics under continuous stocking [J]. *Grass and Foraging Science*, 1991, 46: 15 - 28.
- [26] Spalinger D E, Hanley T A, Robbins C T. Analysis of the functional response in foraging in the stika black - tailed deer [J]. *Ecology*, 1988, 69: 1166 - 1175.
- [27] Rerecker L A, Hudson R J. Seasonsforaging rates of free-ranging moose [J]. *J Wild Mana*, 1986, 50: 143 - 147.
- [28] Reid D G, Jinchu H. Giant panda selection between *Bashania-Fangiana* Bamboohabitats in Wolong Resever, Sichuan, China [J]. *J Appl Ecol*, 1991, 41: 369 - 383.

FUNCTIONAL RESPONSE PATTERS OF INSTANTANEOUS INTAKE RATE FOR ROOT VOLE (*MICROTUS OECONOMUS*) TO THE SET OF PLANT AVAILABILITY VARIABLES

TAO Shuanglun¹ LIU Jike² DU Yurong³ LIJunnian² MA Jianbin³

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

(2 College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310012)

(3 Department of Biology, Qinghai Normal University, Xining, 810001)

Abstract: The effects of the set of alfalfa leaf availability variables, biomass density and leaf density and leaf size on the patterns of instantaneous intake rates of root voles, *Microtus oeconomus* were measured on the fresh alfalfa leaf patches by random-blocked design in laboratory. Leaf size had a significant effect on the voles intake rates ($P < 0.01$), while leaf size and biomass density had no effects ($P > 0.05$). We observed over two fold increase in intake rates in response to increased bite size ($P < 0.01$). The regression between the observed and predicted intake rates was significant ($P < 0.01$). These results indicated that leaf size as a surrogate for bite size is a main variable, so we tested the hypotheses that plant size is mammalian herbivores' bite size surrogator, and that plant size as an independent variable influence on mammalian herbivores' bite size.

Key words: Root voles (*Microtus oeconomus*); Instantaneous intake rate; Set of plant availability variables; Bite size; Functional response