

单宁酸对根田鼠食物摄入量和蛋白质消化率的效应

李俊年^{1,3} 刘季科^{2*} 陶双伦^{1,3}

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810000);

(2 浙江大学生命科学院, 杭州, 310012);

(3 吉首大学环境与资源学院, 吉首, 416000)

摘要: 在食物中含 10% 和 20% 蛋白质的条件下, 采用食物平衡法测定了单宁酸对根田鼠食物摄入量和蛋白质消化率的作用。食物蛋白质含量为 10% 时, 第 1~5 天, 单宁酸对根田鼠食物摄入量具有显著的抑制作用, 自第 6 天, 其作用不明显, 以 3% 和 6% 单宁酸处理的根田鼠, 其食物蛋白质消化率较对照组分别降低 22% 和 47.67%; 在食物蛋白质含量为 20% 的条件下, 单宁酸对根田鼠的食物摄入量和蛋白质消化率无显著作用。上述结果验证了植物次生化合物能抑制植食性小哺乳动物食物摄入量及蛋白质消化率的假设。

关键词: 根田鼠; 单宁酸; 食物摄入量; 蛋白质消化率

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2003)01-0052-06

Effects of Tannic Acid on the Food Intake and Protein Digestibility of Root Voles

LI Junnian^{1,3} LIU Jike² TAO Shuanglun^{1,3}

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

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

(3 College of Environment and Resources, Jishou University, Jishou, 416000)

Abstract: The effect of tannic acid on the food intake and protein digestibility of root voles (*Microtus oeconomus*) was studied by food balance method under 10% or 20% protein diets with tannic acid in diet at 0, 3%, or 6%. The results indicated that tannic acid significantly inhibited the food intake during the first 5 days, however, it did not influence the food intake between 6th and 9th days. Tannic acid affected the protein digestibility of the voles at 10% protein diet; while there was no significant effect of tannic acid on the food intake and protein digestibility of the voles at 20% protein diet. Our results has confirmed the hypothesis that plant secondary compounds can inhibit the food intake and protein digestibility of small vegetarian mammals.

Key words: Root voles (*Microtus oeconomus*); Tannic acid; Food intake; Protein digestibility

植物次生化合物对植食性哺乳动物觅食生理生态学特征的作用, 是探讨动物与植物相互作用的主要领域。单宁酸 (Tannic acid, TA) 为植物阻遏植食性动物觅食的防卫性化合物^[1,2], TA 对荒漠林鼠 (*Neotoma lepida*)^[3]、草原田鼠 (*Microtus ochrogaster*)^[4]、草甸田鼠 (*Microtus pennsylvanicus*)^[5]、驯鹿 (*Odocoileus hemionus*) 以及绵羊 (*Ovis brise*)^[6,7]

食物摄入量及蛋白质消化率的作用已有报道, 但对根田鼠的此类研究迄今未见报道。已有的研究表明, 植食性哺乳动物对 TA 的反应, 不仅具有明显的种间差异, 更与食物蛋白质、纤维素及能量密切相关。因之, 在控制其它营养因子的条件下, 探讨 TA 对植食性哺乳动物摄入量与蛋白质消化率的作用更有意义。1998~1999 年, 我们以根田鼠为对

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39970133)

作者简介: 李俊年 (1964-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事动物营养生态学和进化生态学研究。

收稿日期: 2000-06-28; 修回日期: 2002-06-21

*通讯作者, E-mail: liujike_228@163.com

象, 测定 TA 对该物种摄入量和蛋白质消化率的作用, 旨在检验植物次生化合物降低植食性小哺乳动物食物摄入量和消化率的假设。

1 材料和方法

1.1 实验动物

实验动物为中国科学院西北高原生物研究所动物生态学实验室饲养的根田鼠, 初始种群于 1998 年 5 月在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区捕获。将捕获的健康个体置于 464 mm × 314 mm × 200 mm 塑料笼内饲养, 笼内铺垫木屑, 以脱脂棉作为覆盖物, 供给充足食物和饮水。食物为兔生长与繁殖的全价颗粒饲料, 其主要成分为: 粗蛋白 18%、粗脂肪 4.1%、粗纤维 10% ~ 15%、灰分 9%、钙 0.9% ~ 1.2%、磷 0.4% ~ 0.7%、赖氨酸 0.6%、蛋氨酸 + 胱氨酸 0.6%、维生素 A 10 000 Iu/kg、维生素 D 1 000 Iu/kg、附加一定数量的胡萝卜, 供给充足饮水。幼体在 18 日龄

断乳, 以非同胞成体作为实验个体。室温控制在 20 ± 1, 光照周期为 14L 10D^[8]。

1.2 实验食物

鉴于人工处理的食物能精确地控制食物的营养成分, 更能检验单种化合物与多种化合物相互作用对动物觅食的效应。因此, 采用人工处理的食物测定 TA 对动物摄入量和蛋白质消化率的作用。实验所用的 TA 为 Sigma 公司出品的分析纯化学试剂。参照 Feeny^[9]、Lindroth 等^[4]及 Harborne^[10]有关田鼠属动物天然食物中类黄酮和 TA 的含量, 将实验食物的 TA 浓度设置为 0%、3% 和 6%, 将食物中蛋白质的浓度设置为 10% 和 20% (表 1)。为消除其他营养因子的影响, 将实验食物的能量、纤维素及矿物质等营养成分控制在同一水平。

将粉碎的食物与 TA 充分混合, 应用颗粒饲料机制成直径为 4 mm 的颗粒状饲料, 将颗粒饲料机的温度控制在 40 °C 左右, 制成的颗粒饲料置于干燥阴凉处。

表 1 根田鼠实验食物的成分及营养价值*

Table 1 Composition and nutritional values of experimental food fed to root voles*

成分 Composition	食物 1 Food 1	食物 2 Food 2	食物 3 Food 3	食物 4 Food 4	食物 5 Food 5	食物 6 Food 6
玉米 Corn (%)	39.0	36.0	32.0	11.0	0.0	0.0
麸皮 Wheat bran (%)	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
豆饼 Soybean cake (%)	0.0	0.5	10	26.0	29.0	29.0
草粉 Hay powder (%)	60.0	59.5	59.5	60.0	58.0	55.0
氯化钠 Sodium chloride (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
矿物质 Minerals (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
单宁酸 Tannic acid (%)	0.0	3.0	6.0	0.0	3.0	6.0
淀粉 Starch (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	9.0
粗蛋白 CP (%)	10.0	10.0	10.0	20.0	20.0	20.0
消化能 DE (kJ/g)	2.19	2.20	2.15	2.14	2.16	2.18
粗纤维 CF (%)	18.19	18.20	18.6	18.7	19.0	18.9

* CP - Crude protein; DE - Digestible energy; CF - Crude fiber

1.3 饲喂实验

参照 Drozd^[11] 及王祖望等^[12] 报道的方法。将体重相似的 30 只根田鼠成体, 随机分为 6 组, 每组供给特定的实验食物 (表 1), 采用食物平衡法^[13] 测定实验个体对食物摄入量及蛋白质消化率。

测定供试动物体重, 置入代谢笼, 供给实验食物及饮水, 预试 5 d。连续 3 d 测定投入食物, 剩余食物、粪便及尿液。将剩余食物及粪便烘干、称重保存。为防止尿样酸化和铵态氮挥发, 在尿样中加入 2~3 滴浓硫酸, 并在 -20℃ 保存, 以供分析。

采用 Drozd^[11] 及 Robbins^[13] 的公式计算实验个体对 TA 食物的摄入量和蛋白质的消化率。

食物摄入量 = 投入食物量 - 剩余食物量

蛋白质消化率 = (摄入蛋白质 - 粪中蛋白质) / 摄入蛋白质 × 100 %

1.4 统计分析

应用双因素 ANOVA, 分析食物 TA 和食物蛋白质对根田鼠食物摄入量及消化率的作用。

2 结果

2.1 单宁酸对根田鼠摄入量的影响

在食物蛋白质含量为 10 % 的条件下, 以 3 % 及

6 % TA 为食物的根田鼠, 第 1 天食物摄入量较对照组下降 36 %, 在 1~5 d, 其摄入量明显低于对照组; 与对照组比较, 第 1 天分别降低 56 % 和 44 %, 第 3 天分别降低 31 % 和 56 %, 第 5 天分别下降 29 % 和 57 %; 经 *F* 检验, $P < 0.001$ 。说明在 1~5 d, TA 对实验个体的食物摄入具有极显著的抑制作用; 然而, 在第 6~9 d, 除第 7 天以 6 % TA 处理者的摄入量 (8.02 ± 2.54 g) 大于对照组 (7.39 ± 2.68 g) 外, 其它时间摄入量与对照组接近, *F* 检验结果 (表 2) 表明, 二者差异不显著 ($P > 0.05$)。即实验个体对 TA 的抑制作用具有一定的适应性。

在食物蛋白质含量为 20 % 的条件下, 虽在第 7 天, 实验个体对 3 % TA 处理食物的摄入量 (5.73 ± 1.68 g) 小于对照组, 其它时间, 对 3 % 及 6 % TA 处理的摄入量均与对照组相近, *F* 检验结果显示, 除第 3 天略接近显著 ($P_3 = 0.0590$; $P_5 = 0.0540$) 外, 在其它时间, 处理组与对照组均无显著差异 ($P > 0.05$) (表 2)。说明在食物蛋白质含量增高的条件下, TA 对根田鼠食物摄入量不存在明显的抑制作用。

2.2 单宁酸对根田鼠食物蛋白质消化率的作用

表 2 单宁酸食物条件下根田鼠的摄入量 (g) (Mean ± SE)

Table 2 Food intake (g) (Mean ± SE) of root voles fed with tannic acid diet

食物 Food	样本数 Sample size	第 1 天 Day 1	第 2 天 Day 2	第 3 天 Day 3	第 4 天 Day 4	第 5 天 Day 5	第 6 天 Day 6	第 7 天 Day 7	第 8 天 Day 8	第 9 天 Day 9
10 % 蛋白质 10 % Protein										
对照 Control	10	5.02 ± 0.68	5.70 ± 1.53	5.70 ± 1.65	6.72 ± 1.33	7.04 ± 2.04	6.41 ± 2.34	7.39 ± 2.68	7.51 ± 2.69	7.33 ± 3.12
3 % TA *	10	3.22 ± 1.32	4.81 ± 1.22	4.81 ± 1.45	4.28 ± 1.56	5.00 ± 1.66	5.51 ± 1.65	7.51 ± 2.31	6.35 ± 2.17	5.73 ± 2.54
6 % TA *	10	2.80 ± 0.89	3.12 ± 0.99	4.12 ± 1.65	4.46 ± 1.34	4.02 ± 1.44	5.40 ± 2.11	8.02 ± 2.54	7.06 ± 2.43	5.82 ± 1.89
<i>F</i>		20.34	17.61	22.46	15.72	14.35	5.34	3.72	5.33	7.64
<i>P</i>		0.0003	0.0012	0.0001	0.0020	0.0049	0.2868	0.6053	0.2801	0.1288
20 % 蛋白质 20 % Protein										
对照 Control	10	4.60 ± 1.06	6.30 ± 2.06	6.30 ± 2.00	6.98 ± 2.06	6.80 ± 1.66	6.75 ± 2.34	6.96 ± 2.45	7.36 ± 2.64	7.13 ± 2.98
3 % TA *	10	5.00 ± 1.87	5.80 ± 1.79	5.80 ± 1.87	6.80 ± 2.78	7.18 ± 2.34	6.86 ± 2.57	7.52 ± 2.88	6.92 ± 1.65	6.73 ± 1.68
6 % TA *	10	4.30 ± 1.06	5.56 ± 2.05	5.56 ± 2.07	5.16 ± 1.63	5.80 ± 1.76	6.47 ± 2.04	6.59 ± 1.66	6.25 ± 1.69	6.99 ± 2.41
<i>F</i>		3.24	4.11	10.97	7.48	17.49	3.14	4.25	0.76	2.38
<i>P</i>		0.5528	0.4042	0.0590	0.1186	0.054	0.5818	0.3694	0.8183	0.6426

* TA - 单宁酸 Tannic acid

TA 对根田鼠食物蛋白质消化率的作用依食物蛋白质含量而不同 (图 1)。在食物蛋白质含量为 10% 时, 3% TA 可使根田鼠对蛋白质的消化率降低 22%, 而 6% TA 则使之降低 47.67%; 与对照组比较, 3% 及 6% TA 对根田鼠蛋白质消化率具有明显的降低作用 ($F = 8.324$, $df = 2, 24$, $P = 0.034 < 0.05$), 亦即在 10% 的蛋白质食物中, 3% 及 6% TA 能显著地降低根田鼠对食物蛋白质的消化率。

然而, 与对照组比较, 在蛋白质为 20% 的食物中, 3% 及 6% TA 对根田鼠食物蛋白质消化率虽有降低作用, 但不显著, ($F = 1.652$, $df = 2, 24$, $P = 0.653 > 0.05$)。

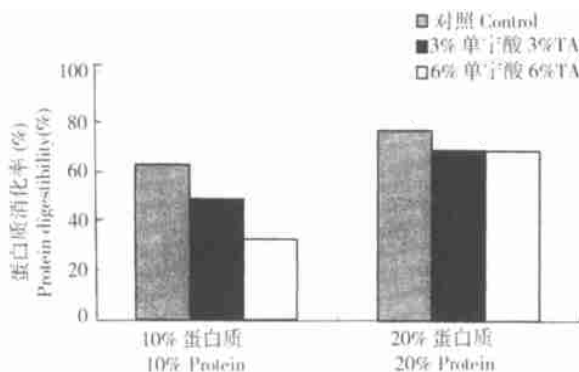


图 1 食物单宁酸与根田鼠蛋白质消化率

Fig. 1 Digestibility of protein in root voles fed with tannic acid diet

3 讨论

3.1 单宁酸与动物食物摄入量

在自然界, 植食性哺乳动物对食物的摄入为各种因子所制约。根据动物最优觅食理论^[14,15]及植物对植食性动物的最优防卫对策 (Optimal defense strategy)^[16,17], 植食性哺乳动物应选择营养成分高, 植物次生化合物低的植物, 而植物次生化合物和营养不仅随植物形态及不同部位而有变化^[18,19], 还依植物生长的环境而有所差异。植物次生化合物对动物的负作用亦依动物的年龄、性别、生理状态和营养状况有所不同^[20]。

植食性哺乳动物将食物的滋味 (Flavor) 与次生化合物的负作用以反馈联系^[20-22], 调节其食物摄入量。TA 具有涩味, 类黄酮和生物碱则有苦味^[10,23], Provenza 等^[22]将能引起动物呕吐, 且具有苦味的氯化锂加入绵羊食物中, 发现绵羊通过调节其食物摄入量, 来控制氯化锂的总摄入量。Scott

等^[24]对实验小鼠的研究结果, 与 Provenza 等^[22]的研究结果一致。而 Mcloed^[25]将 TA 加入绵羊的食物中, 则发现 TA 对绵羊的食物摄入量具有抑制作用, 并提出吸收入体内的 TA, 可改变动物机体的内环境; 同时, 动物对 TA 的解毒和排泄是耗能的过程, 能显著地增加动物的能量消耗, 因之, 影响绵羊的食物摄入量。

TA 对根田鼠食物摄入的抑制作用, 与 TA 对草原田鼠^[5]及实验小鼠^[26,27]食物摄入的抑制作用不一致; 但与 TA 对草甸田鼠食物摄入的抑制作用相似^[5]。

在食物蛋白质为 8% 的条件下, 6% TA 对草原田鼠的食物摄入无抑制作用, 反之, 却显示出明显的刺激觅食的作用^[25]。

在 10% 蛋白质食物中, 3% 及 6% 的 TA 均可降低根田鼠的食物摄入量, 然而, TA 对根田鼠食物摄入的抑制作用逐渐减弱, 至第 7 天, 与对照组比较, TA 对根田鼠食物摄入无显著的抑制作用 (表 2)。说明实验个体消化系统和机体解毒系统可使其适应 TA 的负作用, 同时, 形成相应的降解酶, 使机体耐受 TA 的能力增强。

Mehansho 等^[28]以 TA 食物饲喂实验小鼠, 在第 3 天, 小鼠唾液出现可与 TA 结合形成络合物的蛋白质。相似地, 金色中仓鼠 (*Mesocricetus auratus*) 则在持续摄入 TA 食物的第 7 天, 其唾液出现能与 TA 结合的蛋白质^[29]。由于唾液蛋白质含脯氨酸, 可降低 TA 对消化酶及赖氨酸、蛋氨酸和色氨酸的络合, 从而, 降低 TA 对动物食物摄入的抑制作用。摄入大量 TA 的家畜和实验小鼠, 肝脏和肾脏体积膨大, 肝细胞受损, 致使动物对食物的摄入量大幅度降低^[26]。

总括上述, 我们认为, TA 对植食性哺乳动物食物摄入量的作用与食物中 TA 含量及蛋白质含量, 以及动物对 TA 的解毒能力密切相关。

3.2 单宁酸与动物食物蛋白质消化率

TA 和酚类化合物是植物组织常见的、且为食性泛化动物普遍选择的防卫性化合物。TA 与蛋白质结合形成络合物, 不仅在体外消化实验中得到验证^[21], 同时, 亦能降低动物的食物蛋白质消化率。

在食物含蛋白质为 10% 的条件下, TA 能显著地降低根田鼠对蛋白质的表观消化率, 且随食物中 TA 浓度的增加, TA 对根田鼠食物蛋白质消化率的

抑制作用增强。TA 之所以能降低根田鼠食物蛋白质消化率, 是由于 TA 能与食物蛋白质和消化道的酶结合, 形成不溶性的络合物; 它还能限制消化道中微生物的活力, 从而, 使动物自粪便排出的总氮增加, 导致动物对食物蛋白质的消化率降低。相反, 在食物蛋白质含量为 20% 时, TA 对根田鼠食物蛋白质表观消化率无明显的影响 (图 1), 此与在蛋白质含量为 20% 的条件下, TA 对草原田鼠食物蛋白质消化率无显著的影响^[4]相似。

可以认为, TA 对植食性小哺乳动物食物蛋白质消化率的作用, 受食物 TA 含量和蛋白质含量的制约。对植食性哺乳动物食物摄入量和消化率的作用, 主要决定于 TA 的来源、动物的食性及觅食生态位^[3-5]。TA 与蛋白质络合形成沉淀, 可使消化道酶活性降低, 影响微生物的活力^[26,27,30,31]。食物 TA 含量的增高, 可使食物蛋白质的消化率降低, 使粪中氮含量上升。

尽管, Lindroth 等^[4]对草原田鼠的食物蛋白质进行过控制, 但在加工过程中, 却将 TA 和食物加水混合, 制成颗粒, 再烘干。Brett 等^[5]的研究表明, 这种方法易使溶于水中的蛋白质与 TA 络合, 加热又加速络合物的形成, 从而, 使食物中的 TA 难以萃取和测定, 蛋白质也变成难以利用的成分。因此, 在研究植物次生化化合物对动物食物摄入量和消化率的作用时, 不仅要考虑食物中次生化化合物的含量和其它营养因子的含量, 同时应权衡食物的加工方法。

绵羊和驯鹿均为反刍动物, 其发达的前消化道结构, 使其可摄入大量富含次生化化合物的禾本科植物和灌木的枝叶, 庞大的瘤胃微生物区系能使植物次生化化合物, 在吸收到体内出现其毒性作用之前即被降解, 作为单消化道的植食性小哺乳动物, 其觅食和消化对策则不同于反刍动物。不同物种对植物次生化化合物的反应各异。许多高等植物含有 TA, 植食性哺乳动物常摄入 TA, 因此, 有关 TA 对植食性哺乳动物食物摄入量和消化率的作用, 尚需进一步探讨。

参考文献:

- [1] Rhoades D F, Cates B. A general theory of plant anti-herbivore chemistry [A]. In: Wallace J, Mansell RL eds. Bio-chemical interaction between plants and insects. Recent advanced in phytochemistry [C]. New York: Plenum Press, 1976. 10: 168 - 213.
- [2] Swain T. Tannins and lignins [A]. In: Rosen GA, Janzen D H eds. Herbivores: their interaction with secondary plant metabolism [C]. New York: Academic Press, 1979. 657 - 682.
- [3] Meyer B W, Karasov W H. Anti-herbivore chemistry of (*Larrea tridentata*): effects on woodrat (*Neotoma lepida*) feeding and nutrition [J]. *Ecol*, 1989, 70: 953 - 962.
- [4] Lindroth RL, Batzli GO. Plant phenolics as chemical defense effects of natural phenolics on survival and growth of prairie voles (*Microtus ochrogaster*) [J]. *J Chem Ecol*, 1984, 10: 229 - 244.
- [5] Brett A D, Hagerman A E, Barrett W. Role of condensed tannin on salivary tannin-binding proteins, bioenergetics and nitrogen digestibility in *Microtus pennsylvanicus* [J]. *J Mamm*, 1994, 75: 880 - 889.
- [6] Robbins C T, Hagerman A E, Austin P J, Mearthar, Hanley T A. Variation in mammalian physiological responses to a condensed tannin and its ecological implications [J]. *J Mamm*, 1991, 72: 480 - 486.
- [7] Hagerman A E, Bulter L G. Tannins and lignin [A]. In: Rosenthal S ed. Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites. The chemical participants [C]. New York: Academic Press, 1992, 335 - 388.
- [8] 梁杰荣, 曾缙祥, 王祖望, 韩永才. 根田鼠生长和发育的研究 [J]. 高原生物学集刊. 北京: 科学出版社, 1982, 1: 195 - 208.
- [9] Feeny P. Plant appearance and chemical defense [J]. *Rec Adv Phytochem*, 1976, 10: 1 - 40.
- [10] Harborne J B. Ecological chemistry and biochemistry of plant terpenoids [M]. Oxford: University Press, 1991, 234 - 276.
- [11] Drozd A. Food habits and food assimilation in IBP Handbook No. 24 Methods for Ecological Bio-energetic [A]. In: Grodzinski S G, Sharma O P eds. Blackwen scientific publications [C]. 1975. 333 - 337.
- [12] 王祖望, 孙儒泳. 陆地生态系统次级生产力的研究 (IV): 呼吸量及其测定方法 [J]. 动物学杂志, 1982, 3: 59 - 63.
- [13] Robbins C T. Wildlife feeding and nutrition [M]. New York: Academic Press, 1983. 176 - 182.
- [14] Belovsky G E. Diet optimization in a generalist herbivore the moose [J]. *Theor Popul Bio*, 1978, 14: 105 - 134.
- [15] McNaughton S T. Adaptation of herbivore to seasonal changes in nutrient supply [A]. In: Hacker J B, Ternouth J H eds. The nutrition of herbivores. Sydney: Academic Press, 1987, 391 - 408.
- [16] Coley P D, Bryant J P, Chapin F S. Resource availability and plant anti-herbivore defences [J]. *Science*, 1985, 230: 895 - 899.
- [17] Rhoades D F. Offensive defensive interactions between herbivores and plants: their relevance in herbivore population dynamics and ecological theory [J]. *Am Nat*, 1985, 125: 205 - 238.
- [18] Mckey D. The distribution of secondary compounds within Plants [A]. In: Rosenthal GA, Janzen D H eds. Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites [C]. New York: Aca-

- demic Press, 1979. 155 - 188.
- [19] Bryant J P. Phytochemical deterrence of snowshoe hare browsing by adventitious shoots of four Alaskan trees [J]. *Science*, 1981, 213: 889 - 890.
- [20] Freeland W J, Janzen D H. Strategy in herbivory by mammals: the role of plant secondary compounds [J]. *Am Nat*, 1974, 108: 269 - 289.
- [21] Garcia J. Food for Tolman: Cognition and Cathexis in concert [A]. In: Tarche A, Nirsson M eds. Aversions. Avoidance and anxiety [C]. New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc. Hillsdale, 1989. 45 - 85
- [22] Provenza F D, Balph D F. Applicability of five-diet selection models to various foraging challenge ruminants encounter [J]. *J Chem Ecol*, 1990, 16: 423 - 460.
- [23] Laycock W A, Young J A, Uerckert D N. Ecological status of poisonous plants on rangelands [A]. In: James L F, Ralphs M, Nielson D B eds. The ecology of economic impact of poisonous plants on livestock production [C]. Colorado: Westview Press, 1988. 72 - 42.
- [24] Scott T R, Giza B K. A measure of tastes intensity discrimination in the rat through conditioned taste aversions [J]. *Physiol Behav*, 1987, 41: 315 - 320.
- [25] Mcleod M N. Plant tannins - their role in foraging quality [J]. *Nut Abst Rev*, 1974, 44: 803 - 815.
- [26] Gick Z, Joslyn M A. Food intake depression and other metabolic effects of tannic acid in the rat [J]. *J Nut*, 1970, 100: 509 - 515.
- [27] Gick Z, Joslyn M A. Effects of tannic acid and related compounds on the absorption and utilization of proteins in the rat [J]. *J Nut*, 1970, 100: 516 - 520.
- [28] Mehansho J, Butler L G, Carlson D M. Dietary tannins and salivary proline rich proteins: interactions, induction and defense mechanisms [J]. *Annu Nut*, 1987, 7: 423 - 428.
- [29] Mehansho J, Ann D K, Colger J, Carlson D M. Induction of proline-rich proteins in hamster salivary glands by isoproterenol treatment and an unusual growth inhibition by tannins [J]. *Biochem*, 1986, 262: 12 344 - 12 350.
- [30] Bulter L G. Effects of condensed tannin on animal nutrition [A]. In: Hemingway C R W, Karchesy T K eds. Chemistry and significance of condensed tannins [C]. New York: Plenum Press, 1989. 391 - 402.
- [31] Foley W F. Nitrogen retention and acid-base status in the common ringtail possum (*Pseudocheirus peregrinus*): evidence of the effects of absorbed allelochemicals [J]. *Physio Zool*, 1992, 65: 403 - 421.