

高原鼯鼠挖掘对植物生物量的效应 及其反应格局

张堰铭

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

刘季科 *

(浙江大学生命科学院, 杭州, 310027)

摘要: 高原鼯鼠取食洞道处, 在植物根系受损条件下, 主要测定各类植物生物量变动的格局。原生植被样区, 取食洞道回填土壤后, 单子叶植物地上生物量显著增加, 双子叶植物地上生物量及地下总生物量显著降低。植物地上总生物量与取食洞道的厚度密切相关。土层厚度 < 5 cm 的取食洞道, 植物地上及地下生物量显著下降; 土层厚度 > 10 cm, 植物地上及地下生物量无显著变化。高原鼯鼠长期栖息植被退化的斑块地, 在取食洞道区域, 单子叶及双子叶植物地上生物量和地下总生物量均显著降低。结果验证了本文提出的地下啮齿动物对双子叶直根类植物的存活具有负效应, 对单子叶须根类植物则产生正效应的假设。

关键词: 高原鼯鼠; 植物生物量; 挖掘; 觅食; 高寒草甸

中图分类号: Q958.113 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1050(2002)04-0292-07

植食性地下啮齿动物主要通过挖掘洞道、取食植物根系并在地面形成覆盖植被的土丘改变植物群落的结构及演替序列, 进而对生态系统的结构和功能产生直接及间接效应。Grant 等、Spencer 等和 Williams 等认为, 地下啮齿动物掘土活动对生态系统物质循环及初级生产力等有促进作用^[1~3], 而 Anderson 等、Miller、Foster 等和 Tilman 的论点则与此不同^[4~7]。

地下掘土动物挖掘洞道, 啃食植物及其土丘对植物群落结构及生产力的作用已有大量研究^[1,2,7], 问题主要集中于土丘植被的演替^[1,2,6,8,9,10]。取食洞道地上受损植被特征、生产力^[11,12,13]及植物根系的竞争关系^[7,14], 也为生态学家所关注。在青藏高原高寒草甸地区, 高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 以挖掘洞道获取食物, 其洞道地上植物的根系, 主要有单子叶须根类、双子叶须根类和双子叶直根类。高原鼯鼠啃食对不同根系植物生长及发育作用的多样性, 使不同植物对挖掘啃食的反应有明显差异。本研究的目的在于测定高原鼯鼠挖掘对植物生物量的作用格局, 探讨不同根系植物对啃食的应答反应。旨在检验地下啮齿动物啃食对双子叶直根类植物存活具有负效应, 对单子叶须根类植物产生正效应的假设。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30170170); 中国科学院知识创新工程项目 (KSCX2-1-03 和 KSCX2-SW-103); 中国科学院海北高寒草甸生态系统开放站资助项目 (110981651)

作者简介: 张堰铭 (1964-), 博士, 主要从事动物生态学研究。

收稿日期: 2000-11-20; **修回日期:** 2002-02-24

*通讯作者

1 研究材料与方法

本研究于 1998 年 5~8 月在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放站地区进行。实验样地设置在该地区的冬春放牧地。

1.1 原生植被高原鼯鼠洞道封闭样点

5 月, 在原生植被区域, 捕获高原鼯鼠 20 只。在每一捕获个体的洞道系统中, 选取 5~10 处相对直畅的取食洞道, 以疏松土壤封堵 1~1.5 m, 该地点作为 B 样点。8 月, 洞道封闭处, 未被同类个体及地面动物利用的条件下, 解剖洞道, 并在洞道封闭处地面, 选择长 25~30 cm、宽 5~7 cm 的草块, 排列为 50 cm ×50 cm 的样方 5 块; 在取食洞道两侧选取相同面积的草块, 组成 50 cm ×50 cm 的样方 5 块, 作为对照。

1.2 原生植被高原鼯鼠洞道利用样点

5 月, 在原生植被高原鼯鼠非捕获地区, 标志 50 个新土丘群, 8 月解剖土丘的洞道。将距地面 3~5 cm 的取食洞道作为 A1 样点。在该地点, 选择长 25~30 cm、宽 5~7 cm 的草块, 列为 50 cm ×50 cm 的样方 5 块; 在取食洞道两侧样点取相同大小的草块, 组成 50 cm ×50 cm 的样方 5 块, 作为对照。取食洞道距地面 10 cm 以上, 设置取样点 A2。在该地点选择长 25~30 cm, 宽 5~7 cm 的草块, 列成 50 cm ×50 cm 的样方 5 块; 同时, 选取 50 cm ×50 cm 的对照样方 5 块。

1.3 原生植被高原鼯鼠未栖息样点

在高原鼯鼠未栖息原生植被地区, 选取 50 cm ×50 cm 的样方 5 块, 作为 U 样点。

1.4 次生植被高原鼯鼠洞道利用样点

5 月, 在高原鼯鼠长期栖息形成的次生斑块地, 标志 50 个新土丘群。8 月, 对取食洞道解剖, 在取食洞道地面选择长 25~30 cm, 宽 5~7 cm 的草块, 组成 50 cm ×50 cm 的样方 5 块; 采用相同方法选取 50 cm ×50 cm 的对照样方 5 块。

1.5 生物量测定

采用刈割法测定植物地上生物量, 依种类分别置于 65 ℃ 烘箱烘至恒重, 折为 1 m² 的生物量。单子叶植物包括禾本科及莎草科植物, 对双子叶植物地上生物量则以种, 分别统计之。

在地上生物量测定的同一样方, 选择深度为 30 cm 的土块。粉碎土块, 用 36 目铁筛分离植物根系及土壤, 冲洗并剔除杂质, 风干, 置于 60 ℃ 烘箱烘至恒重。

2 结果

2.1 原生植被高原鼯鼠取食洞道区域植物生物量

2.1.1 植物总生物量及其地上、地下生物量比率

高原鼯鼠取食洞道主要分布于 3~15 cm 的土层。洞道土层 3~5 cm、10 cm 以上及洞道封闭处, 植物地下、地上生物量总和, 单子叶和双子叶植物地上生物量及地下生物量明显不一致 (图 1)。

封闭点及不同深度洞道处植物总生物量存在极显著 ($F_{3,16} = 20.393, P < 0.01$) 差异。洞道封闭点及 A1 样点植物总生物量极显著地 ($t_{block} = 5.7452, t_{A1} = 5.7272, P < 0.01$) 降低。取食洞道距地面 10 cm 以上 A2 样点, 植物总生物量虽有降低, 但其差异未达到显著 ($t_{A2} = 1.3950, P > 0.05$) 水平。

高原鼯鼠挖掘洞道, 使植物地下生物量对其总生物量的比率降低 (图 2)。植物地下生物量比率的降低程度与洞道深度及利用密切相关。在洞道深度 > 10 cm 的 A2 样点, 地下生物量与总生物量的比率为 80.83%, 略低于未栖息的 U 样点 (82.58%); 洞道深度 3~5 cm 的 A1 样点, 则为 73.99%, 而洞道封闭 B 样点最低, 仅为 67.51%。B 样点单子叶植物与总生物量的比率为 21.94%, 高于其它样点, 而 A1 样点双子叶植物的比率 (12.53%) 略高于其它样点。

2.1.2 取食洞道区域植物地下生物量

高原鼯鼠挖掘、取食导致植物地下生物量发生极显著 ($F_{3,16} = 19.285, P < 0.01$) 变化 (图 3)。取食洞道越浅, 植物地下生物量损失越大。A1 样点, 植物地下生物量显著 ($t = 3.521, P < 0.05$) 降低, 而 A2 样点则无明显 ($t = 1.5734, P > 0.05$) 降低。洞道封闭 B 样点, 植物地下生物量较 A1 样点增加, 但仍显著地 ($t = 4.1298, P < 0.05$) 低于洞道两侧对照样点。

2.1.3 取食洞道区域植物地上生物量

高原鼯鼠洞道封闭 B 样点植物地上生物量略有 ($t = 0.5097, P > 0.05$) 增加 (图 4), 与 A2 样点比较无明显差异 ($t = 0.7912, P > 0.05$), 但极显著 ($t = 4.7971, P < 0.01$) 高于 A1 样点。A1 样点植物地上生物量显著地降低 ($t = 4.0885, P < 0.05$), 亦显著低于 ($t = 3.8139, P < 0.05$) A2 样点。A2 样点植物地上生物量无显著 ($t = 0.2258, P > 0.05$) 变化。说明高原鼯鼠洞道深度和利用不仅影响植物地下生物量, 且对植物地上生物量也有较大影响。

2.1.4 取食洞道区域单子叶植物地上生物量

高原鼯鼠洞道封闭 B 样点单子叶植物生物量增加, 虽未达到显著 ($t = 1.7962, P > 0.05$) 水平 (图 5), 但极显著地 ($t = 4.9907, P < 0.01$) 高于 A1 样点, 亦显著地

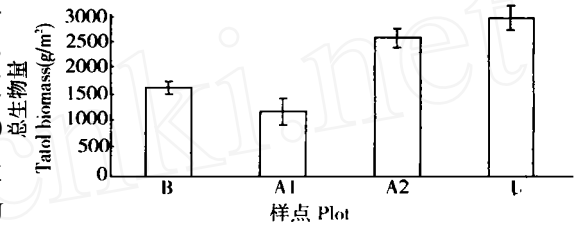


图 1 高原鼯鼠洞道区域植物总生物量

Fig. 1 The total biomass of vegetation on overlying burrow of plateau zokor

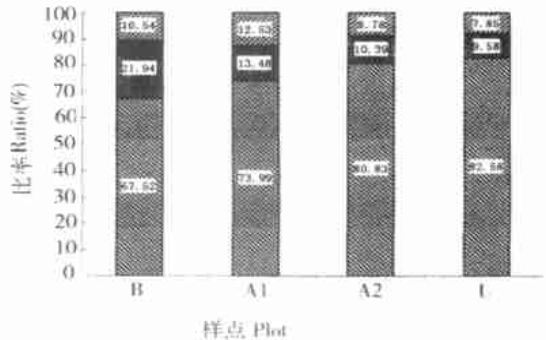


图 2 高原鼯鼠洞道区域植物不同部位的生物量比率

Fig. 2 The ratio of biomass of different part on overlying burrow of plateau zokor

($t = 2.8505$, $P < 0.05$) 高于 A2 样点。A1 样点单子叶生物量显著降低 ($t = 3.3268$, $P < 0.05$), 也显著 ($t = 2.8194$, $P < 0.05$) 低于 A2 样点。A2 单子叶植物地上生物量则无显著 ($t = 0.2541$, $P > 0.05$) 变化。说明高原鼢鼠深层挖掘对植物的作用较小, 浅层挖掘且封闭洞道, 对单子叶植物较为有利。

2.1.5 取食洞道区域双子叶植物地上生物量

封闭 B 样点双子叶植物生物量显著低于 ($t = 2.8145$, $P < 0.05$) 两侧对照样点。A1 样点双子叶植物生物量低于对照, 但差异 ($t = 1.3546$, $P > 0.05$) 不显著, A1 样点显著 ($t = 4.0914$, $P < 0.05$) 低于 A2 样点, 而 A2 样点与其对照之间差异不显著 ($t = 0.0911$, $P > 0.05$) (图 6)。B 样点和 A1 样点双子叶生物量的降低, 主要是直根类物种数减少, 两区域直根类植物单株重量也明显低于其它样点。说明高原鼢鼠啃食对直根类植物有明显的负效应。

2.2 植被退化地区高原鼢鼠取食洞道区域植物生物量

高原鼢鼠的长期栖息地呈形成的退化斑块, 其取食洞道区域植物地上总生物量 ($t = 3.0856$, $P < 0.05$)、地下生物量 ($t = 3.4008$, $P < 0.05$)、单子叶生物量 ($t = 2.8692$, $P < 0.05$)、双子叶生物量 ($t = 2.8585$, $P < 0.05$) 均显著低于洞道两侧对照样点 (图 7), 说明在该地区高原鼢鼠的啃食对单子叶植物、双子叶植物均产生负效应。

3 讨论

高原鼢鼠挖掘觅食活动对高寒草甸植物的影响存在多样性。挖掘洞道的深度及利用时间, 对洞道区域植物地上生物量的变化有重要的作用 (图 4)。在啃食过程中, 高原鼢鼠以其前爪和特化的上唇从不同方向挖掘土壤、寻觅食物, 在土层中形成深度不一的洞道系统; 在挖掘洞道的过程中, 高原鼢鼠并未将所有土壤推上地面, 其中, 一部分用于封闭其它洞道。此类活动, 使单子叶类、双子叶类植物地上生物量及地下生物量对其

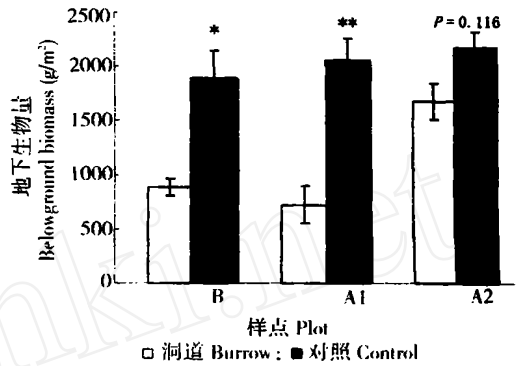


图 3 高原鼢鼠洞道区域地下生物量

Fig. 3 The belowground biomass of vegetation on overlying burrow of plateau zokor

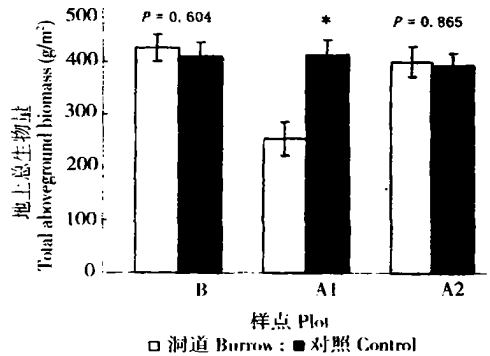


图 4 高原鼢鼠洞道区域地上总生物量

Fig. 4 The total aboveground biomass of vegetation on overlying burrow of plateau zokor

总生物量的比率发生明显变化 (图 1, 图 2)。

在封闭通道处, 单子叶植物生长发育良好, 其地上生物量显著高于其它地区 (图 4); 双子叶尤其是直根类植物, 根部受到损伤, 使之生长发育不良, 地上生物量显著降低 (图 4), 此类植物植株明显小于高原鼯鼠未栖息地区。8 月中下旬, 其它地区直根类植物, 如摩岭草 (*Morina chinensis*) 等, 已进入结果期, 而该地区此类植物多未进入开花期。而 Minnesota 囊鼠 (*Geomys attwateri*) 放弃利用的通道区域的杂类草生物量则明显降低, 禾草类植物生物量增加^[11]。显然, 在通道封闭处, 由于混合地下土壤, 使其营养状况得到明显改善。在生长季节, 须根类植物依赖其它未受损伤的根系, 可充分利用土壤营养和水份, 通过地上部分叶片面积的增大, 改变其植株高度。由于阳光充足, 光合效率得到提高, 从而弥补根部损伤的损失^[7,14]。Laundre^[13] 则认为, 地下挖掘活动可改变土壤的水热条件, 尤其, 土壤湿度的增加, 使植物地上生物量增加。值得注意的是, 由于植物根型不同, 对同一地下啃食强度的耐受性存在较大的差异。在部分须根类植物根系受损条件下, 其未受损根系, 仍有一定功能, 从而降低损伤对植物的作用。直根类和根茎类植物, 其营养储存及运输功能均集中于轴根, 因此, 根部损伤不仅影响其生长发育, 同时亦会改变此类物种与其它种的竞争。高原鼯鼠通道区域, 单子叶植物生物量增加, 双子叶植物生物量降低 (图 4、图 6), 说明啃食作用能降低直根类及根茎类植物的生命力, 使须根类获得竞争优势; 而部分根系受损的单子叶植物, 不仅其生长发育未被影响, 且出现补偿现象。

单子叶植物补偿作用, 虽对初级生产量有一定的增加效应, 但在更深层次上, 则是以丧失或部分丧失物理防御能力为代价。就单子叶植物而言, 为提高光合效率, 必须扩大其叶片面积, 增加植株高度。相应地, 具有较好物理防卫作用的双子叶植物, 如摩岭草, 蒙古蒲公英 (*Taraxacum mongolicum*) 等, 在其主根受伤条件下, 则不能正常生长发

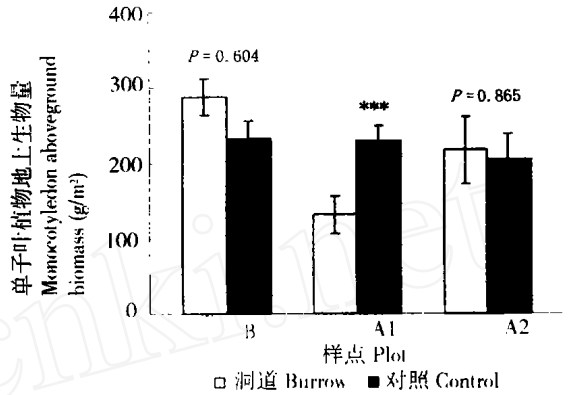


图 5 高原鼯鼠通道区域单子叶植物生物量
Fig. 5 The monocotyledon biomass of vegetation on overlying burrow of plateau zokor

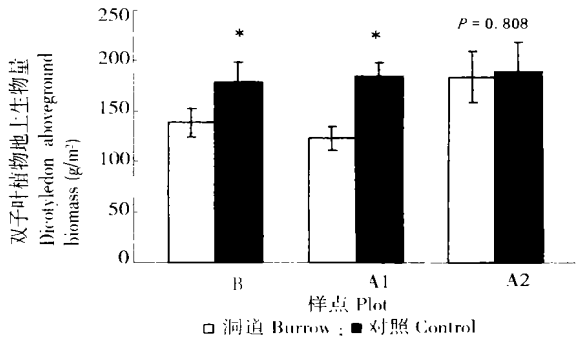


图 6 高原鼯鼠通道区域双子叶植物生物量
Fig. 6 The dicotyledon biomass of vegetation on overlying burrow of plateau zokor

育, 从而, 使地面植物的防御作用降低, 致使家畜及其它地面活动的植食性动物对植物的可利用性增加, 这种变化在动植物群落中的作用, 尚待探讨。

植物对高原鼢鼠啃食的应答, 与其物质基础密切相关。在深度为 3~5 cm 取食洞道及植被退化斑块取食洞道区域, 由于高原鼢鼠啃食造成植物地下生物量显著降低, 加之洞道被长期使用, 植物地上及地下物质无法积累。因此, 单子叶、双子叶植物地上生物量和地下生物量均显著降低。Aresco 等^[15]认为, 地下鼠长期挖掘觅食, 可显著降低栖息环境地食物质量, 最终导致其放弃对栖息地的利用。

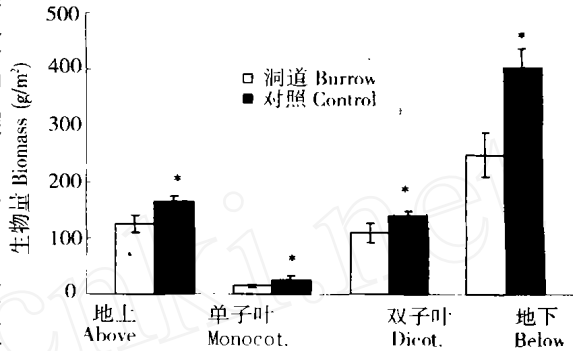


图 7 高原鼢鼠栖息退化斑块洞道区域生物量

Fig. 7 The biomass overlying burrow in the habitat colonized over long time by plateau zokor

参考文献:

- [1] Grant W E, Mcbeayer J F. Effects of California as agents in soil formation [J]. *J Mammal*, 1981, 4: 137 - 149.
- [2] Spencer S R, Cameron G N, Eshelman B D, Cooper L C, Williams L R. Influence of pocket gopher mounds on a Texas coastal prairie [J]. *Oecologia*, 1985, 66: 111 - 115.
- [3] Williams L R, Cameron G N, Spencer S R, Eshelman B D, Gregory M J. Experimental analysis of the effects of pocket gopher mounds on Texas coastal prairie [J]. *J Mamm*, 1986, 67 (4): 672 - 679.
- [4] Anderson D C, MacMahon J A. Population dynamics and bioenergetics of a fossorial herbivore, *Tbomomys talpoides* (Rodentia: Geomyidae), in a spruce-fir sere [J]. *Ecol Monogr*, 1981, 51: 179 - 202.
- [5] Miller R S. Ecology and distribution of pocket gophers (Geomyidae) in Colorado [J]. *Ecology*, 1964, 45: 256 - 272.
- [6] Foster M A, Stubbendieck J. Effects of the plains pocket gopher (*Geomys bursarius*) on rangeland [J]. *J Range Manage*, 1980, 33: 74 - 78.
- [7] Tilman D. Plant succession and gopher disturbance along an experimental gradient [J]. *Oecologia*, 1983, 60: 285 - 292.
- [8] Buechner H K. Interrelationships between the pocket gopher and land use [J]. *J Mammal*, 1942 23: 346 - 348.
- [9] 肖运峰, 梁杰荣, 乐炎舟, 谢文忠. 木格滩地区中华鼢鼠的分布对草场植被的影响 [J]. *兽类学报*, 1981, 1 (1): 57 - 66.
- [10] 樊乃昌, 王权业, 周文扬, 景增春. 高原鼢鼠种群数量与植被破坏程度的关系 [A]. 见: 夏武平主编. 高寒草甸生态系统国际学术讨论会论文集 [C]. 北京: 科学出版社, 109 - 116. 1988.
- [11] Reichman O J, Smith S C. Impact of pocket gopher burrows on overlying vegetation [J]. *J Mammal*, 1985, 66: 720 - 725.
- [12] Reichman O J, Jarvis J U M. The influence of three sympatric species of fossorial mole rats (Batheryergidae) on vegetation [J]. *J Mammal*, 1989, 70: 763 - 771.
- [13] Laundre J W. Effect of ground squirrel burrows on plant productivity in a cool desert environment [J]. *J Range*, 1998, 51: 638 - 643.
- [14] Schaal B, Leverich W. Survivorship patterns in an annual plant community [J]. *Oecologia*, 1982, 54: 149 - 151.
- [15] Aresco M J, Guyer C. Burrow abandonment by gopher tortoises in slash pine plantations of the conecuh national forest [J].

J Wildl Manage, 1999, 63 (1): 26 - 35.

EXCAVATING EFFECTS OF PLATEAU ZOKOR ON THE PLANT BIOMASS AND THEIR RESPONSE PATTERNS IN ALPINE MEADOW

ZHANG Yanming

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

LIU Jike

(College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou, 310027)

Abstract : The research work was conducted in alpine meadow north of Qinghai Province in 1998. We mainly explored the plant biomass which roots had been impaired by excavation of plateau zokor. The results showed that the above and belowground biomasses of dicotyledons were obviously decreased at first colonizing, and the biomasses of monocotyledons over burrows in which the excavated soil was backfilled was significantly increased in primary vegetation. In contrast, both the above and belowground biomass were significantly decreased in the area that soil layer thickness is 3 - 5 cm only over burrows in which have been used continually in all season. However, there were not statistically distinct effects on the overlying vegetation where the burrows were under 10 cm in the same vegetation area. But whatever above and belowground biomass greatly decreased in the overlying vegetation of burrows where plateau zokors colonized over 10 years in which the vegetation was obviously different with surrounding environment. The results indicated the hypothesis that the excavation under ground by plateau zokor caused negative effect for the dicotyledons of taproots, but could promote the growth and development of the monocotyledons to some extent was correct.

Key words : Plateau zokor (*Myospalax baileyi*); Excavation; Plant biomass; Alpine meadow