

## 植物生长季节早期高原鼠兔挖掘觅食对植被的影响

李文靖 (中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810008)

**摘要** 为探讨植物生长季节早期高原鼠兔挖掘觅食行为对高寒草甸植被的影响,对高原鼠兔的挖掘觅食行为及挖掘坑的大小及挖掘觅食对植被特征的影响进行了研究。结果表明:植物生长季节早期高原鼠兔会更多地在以前的干扰空地上进行挖掘觅食活动,挖掘取食坑数目显著高于原生草地,挖掘坑和挖掘出的土壤覆盖形成的干扰面积的比例也显著大于原生草地。植物生长季节早期高原鼠兔挖掘觅食是造成干扰空地上植被盖度、物种丰富度、物种多样性指数降低的一个重要原因。

**关键词** 高原鼠兔;挖掘觅食;盖度;物种丰富度;物种多样性指数

中图分类号 S812.6 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)16-0118-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.16.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of the Digging Behavior of Plateau Pika on Vegetation in Early Period of Plant Growth Season

LI Wen-jing (Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810008)

**Abstract** In order to investigate the influences of the digging behavior of plateau pika on alpine meadow vegetation during the early period of vegetation growing season, the digging behavior of plateau pika and the size of digging pits, as well as the effects of digging on vegetation characteristics were investigated. The results showed that plateau pika dug more often in the previously disturbed bare grounds in the early stage of vegetation growth season, and the number of digging pits was significantly higher than that in the primary grassland, and the proportion of digging pits and the disturbed bare grounds formed by excavated soil cover was also significantly larger than that in the primary grassland. Digging by plateau pika during the early vegetative growth period was an important cause of the decrease in vegetation cover, species richness, and species diversity index on disturbed bare grounds.

**Key words** Plateau pika; Digging behavior; Coverage; Species richness; Species diversity index

在高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)对植被影响的研究中,不同洞口密度的高原鼠兔对植被的物种组成、生物多样性指数、盖度、高度、生物量、群落组成物种变化状况以及土壤理化性质等的作用<sup>[1-3]</sup>是近期关注的重点,这些研究从不同的角度阐述了高原鼠兔对高寒草甸植被的影响,但这些研究均基于原生草地类型进行研究,均没有涉及高原鼠兔活动造成的微生境(也就是干扰空地)对植被的作用。亦有研究对不同年限的高原鼠兔土丘对地上生物量、物种组成等的影响和高原鼠兔洞口空地的群落演替及土壤理化性质等进行研究<sup>[4-6]</sup>。

高原鼠兔在植物生长季节早期存在挖掘觅食行为<sup>[7]</sup>,在以前的干扰空地上留下大小不等的挖掘痕迹,对生长在挖掘觅食取食地的植物造成毁灭性的作用,这些会对高寒草甸的植被特征产生一定影响,因高原鼠兔的挖掘觅食行为一直没有被明确提出,因此其对植被的作用特别是对干扰空地上植物的影响没有相关研究关注。

## 1 研究方法

**1.1 样地选择及样线选择** 样地位于 100° 21.638' E, 34° 24.052' N, 海拔 3 841 m, 位于青海省果洛州玛沁县大武镇羊场, 全年放牧。

一次雨后的第二天下午(6月3日),在平坦高寒草甸内选择8条平行样线,样线间的距离为20m。每一样线设15个样方,样方大小为50cm×50cm,样方间的距离为10m。统计每一样方的植被覆盖情况,分别为原生草地、干扰空地、原生草地和干扰空地共存。每一样方内,采用目测法统计样方

内植被总盖度和各植物的分盖度,记录高原鼠兔挖掘取食坑的数目,挖掘取食坑及挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例。

**1.2 行为观察** 观察时间为14:00—15:45,天气晴,风力2~3级,气温约15℃。静坐于草甸上,每一目标动物的观察时间为1min,记录1min内其不同行为的时间,观察到的行为有挖掘觅食、草地取食、移动、观望、晒太阳5种。所有观察对象均为成体,幼体未发现有挖掘觅食行为。

**1.3 原生草地及干扰空地植被特征和高原鼠兔挖掘取食坑的大小** 随机选择原生草地及干扰空地样方各20个,样方大小为50cm×50cm,样方之间的距离大于20m。目测法统计样方内的植被总盖度和各植物的分盖度,高原鼠兔挖掘取食坑的数目及挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例。随机选择35个高原鼠兔挖掘取食坑,使用卷尺测量其长、宽及深度,精确到mm。物种多样性指数的计算采用Shannon-Wiener多样性指数公式<sup>[8]</sup>:

$$H = -\sum_{i=1}^S (P_i) (\log_2 P_i) \quad (1)$$

式中, $H$ 为群落多样性指数, $S$ 为每个样方中植物的数目, $P_i$ 为样方中第*i*种植物的盖度。

**1.4 数据处理与分析** 所有数据均以平均值±标准误表示,采用SPSS 16.0软件(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)进行统计分析(独立样本*t*检验)。

## 2 结果与分析

**2.1 高原鼠兔挖掘取食坑的大小** 高原鼠兔挖掘取食坑的平均长度为(62.77±3.98)mm,宽度为(40.54±3.07)mm,深度为(42.83±2.22)mm。

**2.2 挖掘觅食行为观察结果** 行为观察过程中,共观察到36只次成体高原鼠兔的有效数据,其中有29只观察到挖掘

**基金项目** 青海省科技厅应用基础项目(2017-ZJ-714);中国科学院西部之光西部青年学者项目。

**作者简介** 李文靖(1983—),男,山东临沭人,工程师,博士,从事动植物相互关系研究。

**收稿日期** 2020-12-15

取食行为,18 只观察到在原生草地上取食,9 只有观望行为,2 只观察到晒太阳行为,7 只有移动行为。36 只鼠兔的平均挖掘取食时间为  $(28.92 \pm 4.17)$  s, 约占其总体活动时间的 50%, 大于在草地上取食的平均时间  $[(18.89 \pm 3.70)$  s]。在观察的 36 只鼠兔中,有 8 只在 1 min 的时间内完全在挖掘取食,而挖掘取食在 30 s 及以上的高原鼠兔有 19 只,占观察总数的 50%以上。

**2.3 干扰空地的比例** 8 条样线中,样方内全部为干扰空地所占比例为 45%,样方内干扰空地和原生植被共存的比例为 35.8%,样方内全部为原生植被的仅占 19.2%。不同样线的 3 种类型样方的比例如图 1 所示。

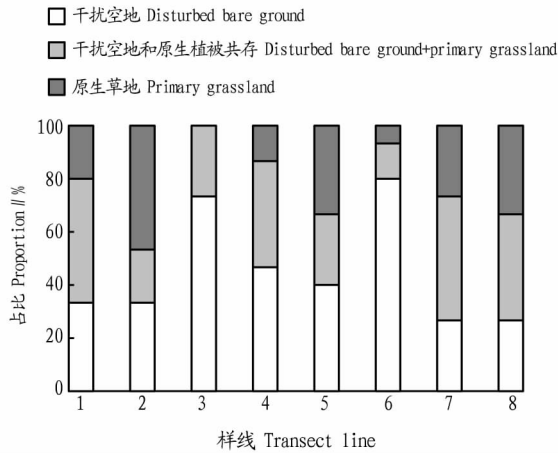


图 1 样线中不同类型样方所占的比例

Fig.1 The proportion of different types of quadrat in transect line

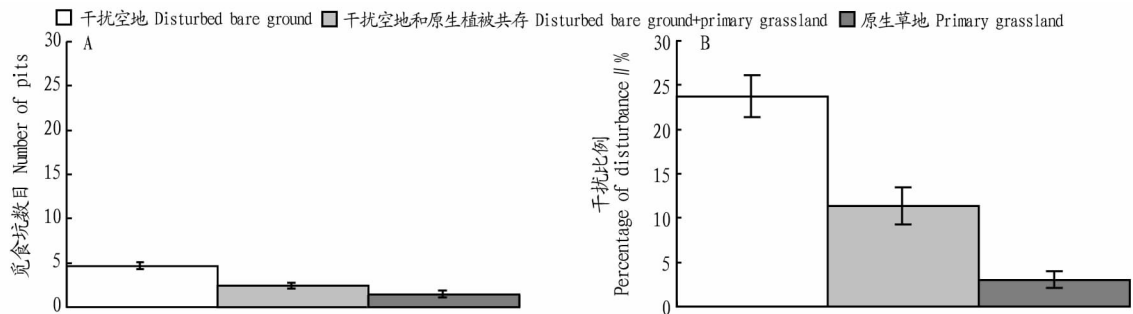


图 2 不同类型样方中挖掘取食坑的数目和挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占样方的面积比例

Fig.2 Number of pits and percentage of disturbance by digging in different types of quadrat

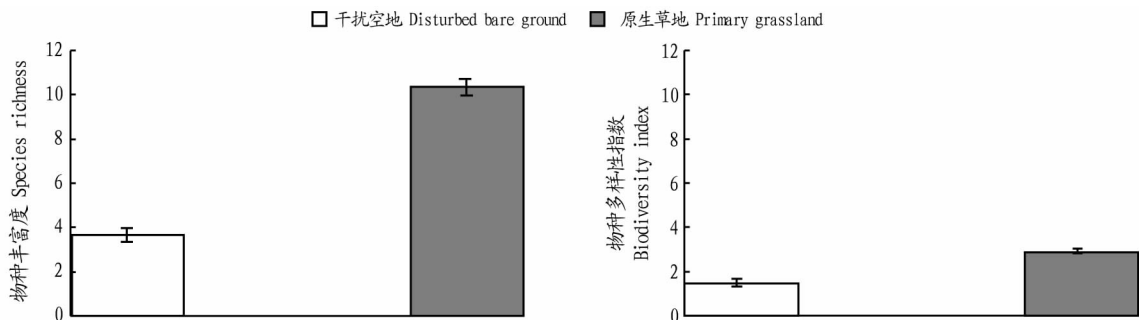


图 3 原生植被和干扰空地的物种丰富度和多样性指数

Fig.3 Species richness and diversity index in primary vegetation and disturbed bare ground

**2.4 高原鼠兔挖掘取食坑数目和挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例** 样方内全部为干扰空地时,高原鼠兔挖掘取食坑数目为  $(4.69 \pm 0.37)$  个,样方内干扰空地和原生植被共存时,挖掘取食坑数目为  $(2.41 \pm 0.30)$  个,样方内全部为原生植被时,挖掘取食坑的数目为  $(1.48 \pm 0.41)$  个(图 2)。样方内干扰空地和原生植被共存时与样方内全部为原生植被时高原鼠兔挖掘取食坑的数目差异不显著 ( $P > 0.05$ ),样方内全部为原生植被与干扰空地时挖掘取食坑的数目存在极显著差异 ( $P < 0.001$ )。样方内干扰空地和原生植被共存时与样方内全部为干扰空地时,二者上挖掘取食坑的数目存在极显著差异 ( $P < 0.001$ )。

样方内全部为干扰空地时,挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例为  $(23.76 \pm 2.41)\%$ ,样方内干扰空地和原生植被共存时,挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例为  $(11.36 \pm 2.09)\%$ ,样方内全部为原生植被时,挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例为  $(3.00 \pm 0.95)\%$ (图 2)。挖掘觅食坑及坑中挖出的土壤覆盖面积在不同类型样方中存在极显著差异 ( $P < 0.001$ )。

**2.5 原生植被和干扰空地的植被特征** 原生草地的植被平均盖度为  $(42.45 \pm 2.20)\%$ ,物种丰富度为  $(10.35 \pm 0.36)$ ,物种多样性指数为  $(2.88 \pm 0.05)$ (图 3);干扰空地的植被平均盖度仅  $(7.45 \pm 0.83)\%$ ,极显著低于原生草地 ( $P < 0.01$ );物种丰富度为  $(3.65 \pm 0.31)$ ,极显著低于原生草地 ( $P < 0.01$ );物种多样性指数为  $(1.44 \pm 0.11)$ ,极显著低于原生草地 ( $P < 0.001$ )(图 3)。

原生草地样方内,高原鼠兔挖掘取食坑的数目为(1.20±0.31)个,挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例为(2.15±0.54)% (图4)。干扰空地样方内挖掘取食坑的数目为(6.50±0.77)个,极显著高于原生植被( $P<0.001$ );挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例为(25.25±3.17)%,极显著高于原生草地( $P<0.001$ )。

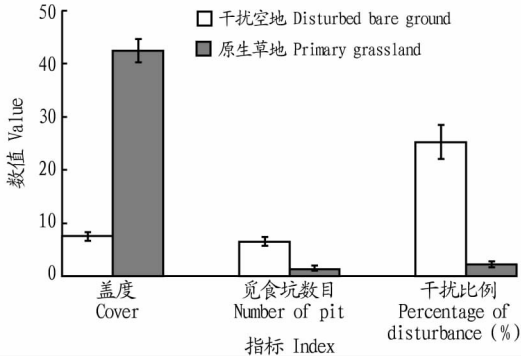


图4 原生植被和干扰空地的植被盖度、挖掘取食坑的数目和挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积占整个样方的面积比例

Fig.4 Coverage of vegetation, number of pits and percentage of disturbance by digging in primary vegetation and disturbed bare ground

### 3 讨论

高寒草甸植物生长季节早期,高原鼠兔在干扰空地上挖掘觅食产生的挖掘坑的数目及挖掘取食坑及其坑中挖出的土壤覆盖面积显著高于原生草地,说明高原鼠兔更喜欢在以前的干扰空地上挖掘,其对于干扰空地上植物的破坏性也大于原生草地。

干扰空地上,土壤结构改变<sup>[6,9]</sup>及其上植被组成的差异是高原鼠兔更喜欢在其上挖掘的主要原因。由于在研究前两天下午到夜间,研究地区下了一场雨,在干扰空地上高原鼠兔以前挖掘觅食的痕迹已被雨水破坏掉,因此研究中干扰空地上挖掘坑的数目是在不到2 d的时间达到每0.25 m<sup>2</sup>干扰空地上4~7个,说明在以前的干扰空地上高原鼠兔挖掘觅食的强度是很大的,在一定时间段,只要其下土壤中有高原鼠兔感兴趣的植物嫩芽,大部分干扰空地可能都会被挖掘。同时进行的行为观察结果也同样说明了挖掘觅食在高寒草甸中是很常见的行为,36只高原鼠兔的有效数据中,有8只在1 min的观察时间内,完全在挖掘觅食,29只观察到了挖掘觅食。挖掘觅食的平均时间大于在草甸上觅食的时间。本次观察的结果中,挖掘觅食行为发现的比率很高,且挖掘时间较长,约占到总地面活动时间的50%左右,其原因可能是在雨后2 d进行观测,干扰空地土壤下植物嫩芽在雨水的刺激下迅速生长,而湿润的土壤也有利于高原鼠兔挖掘觅食,因此在各种有利条件综合作用下,会出现高比例的挖掘觅食行为。2014年录像中的挖掘觅食约占总地面活动时间的11%<sup>[7]</sup>,说明挖掘觅食行为在植物生长季节早期高原鼠兔活动中占有重要地位,而特定时期高比例的挖掘觅食活动时间进一步验证了高原鼠兔挖掘觅食行为在这个时间段的重

要作用。

在植物生长季节早期,高原鼠兔经常性的挖掘觅食行为使干扰空地经常处于被挖掘的状况,也就是干扰行为由瞬时非持续性变为不定时且有持续性或连续性。这也使高原鼠兔挖掘觅食形成的干扰空地与另外一种地下生存的小哺乳动物高原鼯鼠掘洞形成的土丘上植被更替有着本质上的差异,高原鼯鼠土丘基本上是一个相对静态的土壤表层,生长在其上的植物有充足的时间生长,随着时间的推移发生一定的变化<sup>[10-12]</sup>,而挖掘觅食使高原鼠兔干扰空地表面经常处于一个动态过程中,其上植被更替受到的影响更大。

异质性斑块的存在有助于物种多样性的增加<sup>[13]</sup>,高原鼠兔挖掘觅食形成的干扰空地是一种异质性斑块,但挖掘觅食行为的存在改变了这种状况。干扰空地的土壤结构发生改变<sup>[6,9]</sup>,使土壤的渗水性和透气性发生改变,营养元素等亦发生改变<sup>[5]</sup>,而高原鼠兔挖掘觅食行为的存在,挖掉了约40 mm深的土壤,吃掉了一些多年生植物的绝大部分茎叶,完全破坏了这些植物的生长点,使这些植物不能继续生长,挖掘出土壤中的一年生植物幼苗,由于土壤水分的蒸发等原因,也会失去生存机会。植物生长季节早期,原生草地上的植被盖度、物种丰富度及生物多样性指数远高于干扰空地。植物生长季节早期,挖掘坑周围空地土壤下的植物数量较大,高原鼠兔的每次挖掘觅食都会造成一定数量的多年生植物生长点受损,对这些植物产生影响,当这些植物所有生长点完全被破坏后,植物可能就不能逃脱死亡的命运,而一些刚萌发的当年生植物在这个过程中虽然不是高原鼠兔挖掘的目标,被动迎来死亡之旅。挖掘坑中植物基本被破坏,说明挖掘觅食对植物的破坏作用很大,可能是致命性的,因此挖掘觅食是导致植物生长季节早期干扰空地植物物种数目下降和盖度降低的主要原因,也是改变干扰空地上植物物种组成的重要原因。

### 4 结论

植物生长季节早期,高原鼠兔会更多在以前的干扰空地上进行挖掘觅食活动,挖掘取食坑数目显著高于原生草地,挖掘坑和挖掘出的土壤覆盖形成的干扰面积的比例也显著大于原生草地。植物生长季节早期高原鼠兔挖掘觅食是造成干扰空地上植被盖度、物种丰富度、物种多样性指数降低的一个重要原因。

### 参考文献

- [1] 孙飞达,龙瑞军,蒋文兰,等.三江源区不同鼠洞密度下高寒草甸植物群落生物量和土壤容重特性研究[J].草业学报,2008,17(5):111-116.
- [2] 石红霄,于健龙.高原鼠兔洞口密度对高寒嵩草草甸植被及土壤水分的影响[J].中国草地学报,2010,32(4):109-112.
- [3] ZHANG Y, DONG S K, GAO Q Z, et al. Responses of alpine vegetation and soils to the disturbance of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) at burrow level on the Qinghai-Tibetan Plateau of China[J]. Ecological engineering, 2016, 88: 232-236.
- [4] WEI X H, LI S, YANG P, et al. Soil erosion and vegetation succession in alpine Kobresia steppe meadow caused by plateau pika-A case study of Nagqu County, Tibet[J]. China geographical science, 2007, 17(1): 75-81.
- [5] 刘伟,李里,严红宇,等.高原鼠兔挖掘活动对植物种的丰富度和地上生物量的影响[J].兽类学报,2012,32(3):216-220.

标准化的评价体系,可以根据评价结果对未来工程政策制订进行适当调整。

**5.2.3 对伊春当地职能机构日常运行有预警功能。**伊春当地政府和森工集团职能的行使过程中,难免出现职责不清、职能混乱的现象,如果得不到及时的纠正将会使得工程实施成本大幅上升,甚至影响工程实施最终效果。天保二期工程政策实施绩效评价指标体系的建立,将为该类机构日常职能行使提供行政准则,减少天保工程政策实施过程中“犯错”的几率,并时刻提醒当地机构职能行使的方向,起到必要的预警功能。

### 参考文献

- [1] 耿建新,吕晓敏,刘尚睿.基于资源环境承载能力的资源资产离任审计研究:以我国林木资源为例[J].会计之友,2019(24):104-112.
- [2] 李娜娜,韩有志.山西省天然林保护工程生态效益评价[J].林业经济,2016,38(10):89-92.
- [3] 孙传淳,甄霖,王超,等.天然林资源保护一期工程生态成效评估:以甘肃小陇山地区为例[J].地理科学进展,2017,36(6):732-740.
- [4] 庞冬鹏,白雪冰,白子红.浅谈实施天保工程实现林业经济的可持续发展[J].农业与技术,2017,37(18):201.
- [5] 康秋利.实施天保工程对林区经济发展的影响[J].中国农业信息,2017(20):48-49.
- [6] 杨俊,杨涛.天然林保护工程政策实施效果对现行林业政策影响的研究[J].科技资讯,2015,13(11):234.
- [7] 杨晓晨.生态补偿资金绩效审计评价指标体系构建[J].商业会计,2017(8):73-75.
- [8] 邓冬梅,刘萍,邓鉴锋,等.林业生态文明评价指标体系构建与应用[J].林业与环境科学,2018,34(5):48-52.
- [9] 陈宁静,曹玉昆.基于政策视角的天然林保护工程实施效果评价指标体系研究[J].中国林业经济,2011(2):1-4.
- [10] 马威,董希斌,毛波.呼伦贝尔市地方林业天然林资源保护工程实施效果的评价[J].东北林业大学学报,2015,43(6):139-142,148.
- [11] 崔军,应红涛.曲靖市天保工程可持续发展体系建设探讨[J].绿色科技,2019(5):166-168.
- [12] DEMISSIE F, YESHITELA K, ROULEAU M, et al. Socio-economic importance of forest resources and their conservation measures in Ethiopia: The case of area closure in South Gonder of Ethiopia[J]. Environmental monitoring and assessment, 2019, 191(7): 1-11.
- [13] 范琳.山西省天然林保护工程综合效益评价[J].西北林学院学报, 2019, 34(3): 265-272.

- [14] 卞纪兰,赵桂燕.基于 DEA 的黑龙江省林业产业投入产出效率评价研究[J].林业经济,2019,41(6):63-68.
- [15] 于博洋,李明川,高岚,等.自然保护区林业资源利用方式的最优选择:以四川卧龙国家级自然保护区为例[J].林业与环境科学,2020,36(2):48-59.
- [16] SAATY T L. The modern science of multicriteria decision making and its practical applications: The AHP/ANP approach[J]. Operations research, 2013, 61(5): 1101-1118.
- [17] 国政,聂华,臧润国.西南地区天保工程综合效益评价[J].安徽农业科学,2011,39(24):15035-15038.
- [18] 李谦,任晓鸽,支玲,等.云南省天保工程区二期工程民生影响评价:以重点森工企业职工为例[J].林业经济,2018,40(7):32-38.
- [19] 支玲,夏彩贵,刘燕,等.西部天保工程区集体公益林管护保障能力评价:以云南省鹤庆县、贵州省织金县为例[J].林业经济,2018,40(10):45-52.
- [20] ASMAWI M Z, NGAIMIN N, MAHAMOD N Z, et al. Assessing the forestry environmental condition using GIS-AHP approach in the forest research institute Malaysia (FRIM) campus, Malaysia[J]. Journal of computational & theoretical nanoscience, 2017, 23(7): 6372-6376.
- [21] MORANDI D T, DE JESUS FRANÇA L C, MENEZES E S, et al. Delimitation of ecological corridors between conservation units in the Brazilian Cerrado using a GIS and AHP approach [J/OL]. Ecological indicators, 2020, 115 [2020-07-25]. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106440>.
- [22] 王启祥,张万才.国有林区社区参与天然林保护的初步研究[J].甘肃林业科技,2007,32(2):37-40.
- [23] 柯水发,陈章纯,陈建成,等.中国西部十省区天然林保护工程实施效率评价:基于 DEA 模型[J].林业经济,2014,36(4):65-71.
- [24] STRAND J, CARSON R T, NAVRUD S, et al. Using the Delphi method to value protection of the Amazon rainforest[J]. Ecological economics, 2017, 131: 475-484.
- [25] 李小兰,钱焯英,孔强.对城市绿地指标体系的理论分析与研究[J].浙江农业科学,2012,53(11):1531-1533.
- [26] 张熠,王先甲.节水型社会建设评价指标体系构建研究[J].中国农村水利水电,2015(8):118-120,125.
- [27] 陈甜,金科,房振南.水生态文明城市评价指标体系和方法研究:以江苏省邳州市为例[J].人民长江,2020,51(S1):47-52.
- [28] 王海东,王印,张成明,等.徐州城市生态绿化综合体系的调查研究及问题分析[J].现代园艺,2019(9):19-21.
- [29] 曹茂林.层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算[J].江苏科技信息,2012(2):39-40.
- [30] 韩玲.伊春林区天保工程实施期森林资源变化分析和森林生态指标前景预测[J].林业勘查设计,2016(3):15-16.
- [31] 王兵,刘祖英,赵雨森,等.东北重点国有林区天然林生态区划[J].中国水土保持科学,2017,15(6):81-88.

(上接第 120 页)

- [6] GUO Z G, ZHOU X R, HOU Y. Effect of available burrow densities of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) on soil physicochemical property of the bare land and vegetation land in the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Acta ecologica sinica, 2012, 32(2): 104-110.
- [7] LI W J, ZHANG H, WANG Y S, et al. Ignored digging of plateau pika is the primary reason for the occurrence and enlargement of bare patches in alpine meadow ecosystem[J/OL]. Preprint in Researchgate, 2020 [2020-07-25]. <https://www.researchgate.net/publication/344576622>. DOI: 10.13140/RG.2.2.32428.28809.
- [8] PIELOU E C. An introduction to mathematical ecology[M]. New York: John Wiley and Son Press, 1969: 224-251.
- [9] 韩立辉,尚占环,任国华,等.青藏高原“黑土滩”退化草地植物和土壤对秃斑面积变化的响应[J].草业学报,2011,20(1):1-6.

- [10] ZHANG Y M, ZHANG Z B, LIU J K. Burrowing rodents as ecosystem engineers: The ecology and management of plateau zokors *Myospalax fontanievi* in alpine meadow ecosystems on the Tibetan Plateau[J]. Mammal review, 2003, 33(3/4): 284-294.
- [11] WANG T C, XIONG Y C, GE J P, et al. Four-year dynamic of vegetation on mounds created by zokors (*Myospalax baileyi*) in a subalpine meadow of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Journal of arid environments, 2008, 72(2): 84-96.
- [12] ZHANG W G, HANG X L, YAN L, et al. Patterns of change amongst plant functional groups along a successional status of zokor mounds in the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. New Zealand journal of agricultural research, 2009, 52(3): 299-305.
- [13] RICKLEFS R E. Environmental heterogeneity and plant species diversity: A hypothesis[J]. The American naturalist, 1977, 111(978): 376-381.