4种杀鼠剂对高原鼠兔适口性及防控效果

根呷羊批[1], 周 俗[2*], 杨 孔[1*], 扎 德[3],
李开章[3], 严 林[4], 杨树晶[4]

(1. 西南民族大学,成都 610041;2. 四川省草原科学研究院,成都 611731;3. 四川省阿坝州若尔盖县科学技术和农业畜牧局,阿坝 624500;4. 四川省阿坝州草业技术研究推广中心,阿坝 624000)

摘要 为了筛选适用于高寒草地鼠害及鼠荒地治理的高效、安全的控鼠药剂,本试验选用氟鼠灵(A1)、胆钙化醇(A2)、地芬诺酯·硫酸钡(A3)、D型肉毒梭菌毒素(A4)4种杀鼠剂,在若尔盖县高寒草地典型分布区域针对高原鼠兔*Ochotona curzoniae*进行适口性及种群密度控制效果试验研究。结果表明:氟鼠灵被采食的重量显著高于地芬诺酯·硫酸钡($P<0.05$),而与胆钙化醇被采食量和D型肉毒梭菌毒素相比没有显著差异($P>0.05$),采食率从高到低依次为氟鼠灵(92.5%)>D型肉毒梭菌毒素(88.91%)>胆钙化醇(80.00%)>地芬诺酯·硫酸钡(66.33%);施药5 d后,D型肉毒梭菌毒素、氟鼠灵对高原鼠兔密度的控制效果相对较好;施药2个月后,氟鼠灵和D型肉毒梭菌毒素的灭洞率仍然显著高于其他两种药剂,灭洞率由高到低依次为氟鼠灵(91.31%)>D型肉毒梭菌毒素(85.79%)>胆钙化醇(70.47%)>地芬诺酯·硫酸钡(56.57%)。综合分析,氟鼠灵在适口性和防控高原鼠兔种群密度方面都优于其他3种药剂,更具使用和推广意义。

关键词 杀鼠剂; 适口性; 防控效果; 高原鼠兔

中图分类号: S 812.6 **文献标识码**: B **DOI**: 10.16688/j.zwbh.2019664

Palatability and control effects of four types of rodenticide on plateau pika (*Ochotona curzoniae*)

GEN Gayangpi[1], ZHOU Su[2*], YANG Kong[1*], ZHA De[3], LI Kaizhang[3], YAN Lin[4], YANG Shujing[4]

(1. *Southwest Minzu University*, *Chengdu* 610041, *China*; 2. *Sichuan Academy of Grassland Sciences*, *Chengdu* 611731, *China*; 3. *Zoige County Bureau of Science*, *Technology and Agriculture and Animal Husbandry*, *Aba Tibetan Autonomous Prefecture*, *Sichuan Province*, *Aba* 624500, *China*; 4. *Aba Prefecture Grass Technology Research and Promotion Center*, *Sichuan Province*, *Aba* 624000, *China*)

Abstract In order to screen efficient and safe rat control agents applicable to rodent damaged grassland, four rodenticides including flocoumafen (A1), cholecalciferol (A2), diphenoxylate barium sulfate (A3) and D-type kreotoxin (A4) were selected to investigate the palatability and population density control effects of *Ochotona curzoniae* in typical distribution areas of alpine grasslands in Ruoergai county. Results showed that the intake weight of flocoumafen was significantly higher than that of diphenoxylate barium sulfate ($P<0.05$), but no significant difference with the intake weight of cholecalciferol and D-type kreotoxin ($P>0.05$). The intake rates (from high to low) were ranked as flocoumafen (92.5%)> D-type kreotoxin (88.91%)>cholecalciferol (80.00%)>diphenoxylate barium sulfate (66.33%). After treatment for five days, the density of *O. curzoniae* was controlled more effectively with D-type kreotoxin and flocoumafen. After treatment for two months, the hole killing efficiences of flocoumafen and D-type kreotoxin were still significantly higher than those of the other two agents. The hole extermination rates (from high to low) were ranked as flocoumafen (91.31%)>D-type kreotoxin

收稿日期: 2019-12-01 **修订日期**: 2020-02-13
基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC0504803);阿坝州应用技术研究与开发资金项目(18YYJSYJ0001);四川省科技成果转移转化示范项目(2018CC0137-2);西南民族大学研究生创新型科研项目(CX2019SZ85);国家现代农业产业技术体系四川饲草创新团队病虫草害防控技术岗位;四川省国际科技合作与交流项目(20GJHZ0245)
* 通信作者 E-mail:周俗 zhousu666@163.com;杨孔 lx-yk@163.com

(85.79%)＞cholecalciferol (70.47%)＞diphenoxylate barium sulfate (56.57%). Based on comprehensive analysis, flocoumafen prevailed over other three agents in palatability and control effect on *O. curzoniae* population density and are worthier of application and promotion.

Key words rodenticide; palatability; control effect; plateau pika (*Ochotona curzoniae*)

高原鼠兔 *Ochotona curzoniae* 为青藏高原高寒地区特有种，关于高原鼠兔在高寒草原生态系统中的作用，目前尚未完全定论[1]。一些学者认为高原鼠兔仍是高寒草原生态系统中的一种重点物种[2]。适宜的鼠类种群可维持青藏高原生物多样性，发挥其不可替代的作用，有益于整个生态系统向健康的方向发展[3]。同时，鼠类作为自然演替链条的重要组分，是猛禽和肉食兽的重要食物资源[4]；高原鼠洞的高密度对土壤结构有破坏作用，但适度的鼠洞密度，则能改善土壤的渗透性，增加土壤的稳定性。废弃洞道也可以为其他小型草原动物提供隐蔽、栖居等的场所[5]；此外，适量的地洞可以改善植被的覆盖面积，提高植物的株高，增加植物的地上生物量；当然，鼠类采食也有利于种子的传播，扩大了植物的分布范围[6]。但是高密度的高原鼠兔则会对草原造成危害——草原植被受损，导致草原沙化、水土流失，限制其他物种的繁殖，降低草原物种的多样性，影响草原畜牧业的健康发展[7]。据报道，鼠害是川西北草原的主要生物灾害之一，近十年平均发生面积 282 万 hm^2，严重的形成鼠荒地(黑土滩)，其面积约 110 万 hm^2[8-9]。科学、安全、高效防控草原鼠害是“绿色植保，公共植保”的必然要求，也是加快川西北草原生态修复的迫切需要。

用杀鼠剂控制草原害鼠仍是当前最常用和行之有效的措施之一[10]。我国大部分地区高密度草原害鼠控制措施仍以药剂灭治为主，药剂能快速有效控制害鼠的种群数量[11]，但是不能脱离科学的用药指导，否则不仅降低鼠害防治效果，还会导致环境污染，严重影响人、畜健康[12-13]。我国是目前世界上鼠害治理实践最为活跃的国家，化学杀鼠剂为有效控制鼠害大暴发发挥了无可替代的作用。然而鼠害治理对化学杀鼠剂的过度依赖，已经对生态平衡造成了严重的影响[14]。但是鉴于目前在我国并未形成欧美等国家广泛存在的抗性问题[15]，因此当前我国杀鼠剂研究主要集中在杀鼠剂施用技术的研发，其中如何提高杀鼠剂使用效率和环境安全性是最主要的研究领域[15]。

长期以来，川西北草原鼠害的防控主要依赖 C、D 型肉毒梭菌毒素杀鼠剂，然而肉毒素杀鼠剂在国家林草局和很多地方面临被列入禁用名单，并且未来大有退出杀鼠剂主要市场的趋势，研究在草原鼠害防治中有应用前景的高效安全杀鼠剂进行试验和效果评估，不仅能避免川西北草原鼠害防治出现“无药可治”的情况，也增加了杀鼠剂的选择性。本试验选择了 4 种杀鼠剂进行防控效果评价，以期为川西北草原鼠害防控及鼠荒地治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

若尔盖县位于青藏高原东南沿、川西北草原东北部。本研究区域选择在若尔盖县北部牙相村(103.47°E，34.12°N)的典型鼠荒地，距县城约 37 km，平均海拔 3 515 m，属高原寒温带湿润季风气候，常年无夏，冬长夏短；年平均气温－3 ℃，年降水量 648.5 mm，无绝对无霜期。土壤以亚高山草甸土、山地草甸土和沼泽泥炭土为主[16-17]。植被以高山草甸、杂类草草甸为主，由高山蒿草 *Kobresia pygmaea*、矮生蒿草 *Kobresia humilis*、蕨麻 *Potentilla anserina*、青藏薹草 *Carex moorcroftii* 等组成。该区域主要的啮齿类动物为高原鼠兔、高原鼢鼠 *Eospalax baileyi* 和喜马拉雅旱獭 *Marmota himalayana* 等。高原鼠兔属兔形目，鼠兔科，鼠兔属，体长约 166 mm，体重 128～175 g，主要栖息在高山、亚高山草甸草原，营洞穴群居生活[18-19]。试验区无青海田鼠侵扰，高原鼠兔的洞穴又区别于高原鼢鼠的土丘，且明显小于喜马拉雅旱獭洞穴，保证了试验的真实有效性。

1.2 试验对象

高原鼠兔，青藏高原高寒地区特有种，是川西北草原主要害鼠之一，也是若尔盖草原的优势种害鼠，4 月进入繁殖期。主要取食禾本科、莎草科及豆科植物，平均每日约采食鲜草 77.3 g[20]。

1.3 试验药剂

供试药剂相关信息见表 1。

表 1　试验药剂[1)]

Table 1　Information of the tested rodenticides

药剂通用名 Common name	药剂商品名 Trade name	药剂生产厂家 Manufacturer	毒力 Degree of virulence	作用机理 Mechanism of action	毒饵状态 Poison bait status	起效时间 Onset time
0.005%氟鼠灵饵粒 flocoumafen 0.005% GB	杀它仗	巴斯夫欧洲公司	低毒	干扰凝血过程	蓝色无味粒状饵料	害鼠取食后 2～5 d死亡
0.075%胆钙化醇饵粒 cholecalciferol 0.075% GB	优迪王	浙江花园生物高科股份有限公司	低毒	快速升高血钙浓度引发循环系统障碍	绿色蜡丸	害鼠取食后 3 d 后死亡
20.02%地芬诺酯·硫酸钡饵粒 diphenoxylate barium sulfate 20.02% GB	鼠道难	辽宁微科生物工程股份有限公司	低毒	肠道内形成硫酸钡导致肠道梗阻	灰白色块状饵料	害鼠取食后一般在 3～7 d内死亡
1 500 万毒价/mL D 型肉毒梭菌毒素浓饵剂 D-type kreotoxin bait concentrate 15 million MLD/mL CB	D 型肉毒梭菌毒素	青海生物药品厂有限公司	低毒	破坏害鼠的中枢神经系统	黄白色小颗粒饵料	害鼠取食当天死亡

1) D 型肉毒梭菌毒素先用 1∶80 的比例进行稀释后再与基饵(本试验选用小麦)按 1∶1 000 的比例混合均匀配制成毒饵。在试验投饵前 24 h 制备、晾干。
The D-type kreotoxin was diluted with the proportion of 1∶80 first, then mixed with the base bait (wheat was selected in this experiment) evenly with the proportion of 1∶1 000. The bait was prepared and dried 24 hours before the test.

1.4　试验设计

将 4 种药剂分别标为氟鼠灵(A1)、胆钙化醇(A2)、地芬诺酯·硫酸钡(A3)、D 型肉毒梭菌毒素(A4)。为充分考虑样方的同质性,在高原鼠兔生境相同、密度相对均匀的区域设置 5 块样地(A1、A2、A3、A4 试验区和 CK),每块面积约为 15 hm^2,样地间距大于 50 m。在牧草返青前(2019 年 3 月 27 日)4 块样地分别投入一种与之编号对应的药剂,采用一次性饱和投药,每种杀鼠剂投放量均约为 2 kg/hm^2,对照区不作投药处理。以 15 个有效洞口为每个样区的抽样单位,并做好标记。根据每一种药剂的建议使用量,氟鼠灵、胆钙化醇 2 种饵剂每洞口投放 2 粒,重量均约为 6 g/洞口;地芬诺酯·硫酸钡饵剂每洞口投放 20 粒,重量约为 6 g/洞口;D 型肉毒梭菌毒素毒饵每洞口投放 40 粒,重量约为 6 g/洞口。在投药 24、48、72 h 后,分别对每种药剂进行采食量调查记录。在投药前和投药后第 5 天以及在 2 个月后,分别对各处理样区的高原鼠兔种群密度进行监测。为保证试验科学准确和安全,试验期间家畜禁牧。

1.5　调查指标及方法

1.5.1　药剂采食量调查方法

试验前用电子称称量药剂重量,在投药 24、48、72 h 后,分别进行饵剂采食量调查,记录被采食饵剂的颗粒数并计算采食重量。计算公式为:

饵剂采食率＝毒饵采食总重量/毒饵投放总重量×100%;

饵剂采食量＝投放毒饵总重量－剩余毒饵总重量;

投放毒饵总量＝投放洞口数×投放粒数×毒饵平均粒重。

1.5.2　高原鼠兔种群密度和灭洞率调查方法

用单位面积的有效洞口数量代表高原鼠兔种群的相对密度[7]。在各样地分别设置面积 666.7 m^2 的样方 3 个,采用堵洞盗洞法调查投药前后高原鼠兔的有效洞口数。计算高原鼠兔的灭洞率及校正灭洞率[21],以校正灭洞率表示药剂的灭治效果。计算公式为:

灭洞率＝(投药前有效洞口数－投药后有效洞口数)/投药前有效洞口数×100%;

校正灭洞率＝(试验区灭洞率－对照区的灭洞率)/(1－对照区的灭洞率)×100%。

1.6　统计分析

采用 Excel 2016 进行数据的基本统计,SPSS 20.0 统计软件进行 One-way ANOVA 分析,两两比较采用 LSD 检验。

2　结果与分析

2.1　高原鼠兔对不同药剂的采食率

表 2 表明,在投饵 24 h 后,4 种药剂毒饵均被高

原鼠兔不同程度采食，D型肉毒梭菌毒素毒饵采食率最高，显著高于地芬诺酯·硫酸钡和胆钙化醇（$P<0.05$），采食率从高到低依次是D型肉毒梭菌毒素（85.17%）＞氟鼠灵（66.67%）＞胆钙化醇（53.33%）＞地芬诺酯·硫酸钡（51.00%）；48 h后，采食率从高到低依次是氟鼠灵（90.00%）＞D型肉毒梭菌毒素（86.50%）＞胆钙化醇（73.33%）＞地芬诺酯·硫酸钡（65.00%）；72 h后，采食率从高到低依次是氟鼠灵（92.50%）＞D型肉毒梭菌毒素（88.91%）＞胆钙化醇（80.00%）＞地芬诺酯·硫酸钡（66.33%）。投药48 h和72 h后，氟鼠灵的采食率最高，显著高于地芬诺酯·硫酸钡（$P<0.05$），胆钙化醇采食率与D型肉毒梭菌毒素相比差异不显著（$P>0.05$）。

表2 投药24、48、72h后高原鼠兔对4种药剂采食率比较[1)]

Table 2 Comparison of the intake rates of plateau pika to four types of rodenticide after 24, 48 and 72 hours

组别 Bait	总投放量/g Bait quantity	24 h后采食率/% Intake rate after 24 hours	48 h后采食率/% Intake rate after 48 hours	72 h后采食率/% Intake rate after 72 hours
A1	90	(66.67±2.72)ab	(90.00±1.87)a	(92.50±1.87)a
A2	90	(53.33±3.20)b	(73.33±2.48)b	(80.00±2.48)ab
A3	90	(51.00±1.75)b	(65.00±1.86)b	(66.33±1.96)b
A4	90	(85.17±1.48)a	(86.50±1.40)a	(88.91±1.30)ab

1) A1，A2，A3，A4分别代表氟鼠灵、胆钙化醇、地芬诺酯·硫酸钡和D型肉毒梭菌毒素；样本数$n=15$；不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），下同。

A1，A2，A3，A4 represent flocoumafen，cholecalciferol，diphenoxylate·barium sulfate baits and D-type kreotoxin；n is the number of samples，$n=15$；Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level。The same applies below.

2.2 不同药剂灭洞率

在投药第5天，对试验区高原鼠兔有效洞口进行调查，计算灭洞率、校正灭洞率。表3显示，氟鼠灵和D型肉毒梭菌毒素的灭洞效果显著高于其他两种药剂（$P<0.05$），校正灭洞率由高到低依次是D型肉毒梭菌毒素（82.41%）＞氟鼠灵（71.44%）＞胆钙化醇（53.67%）＞地芬诺酯·硫酸钡（38.53%）。表4显示，投药2个月后（6月），几种投药区的灭洞效果都有明显上升，氟鼠灵和D型肉毒梭菌毒素的校正灭洞率依然显著高于其他两种药剂（$P<0.05$），由高到低依次是氟鼠灵（91.31%）＞D型肉毒梭菌毒素（85.79%）＞胆钙化醇（70.47%）＞地芬诺酯·硫酸钡（56.57%）。

表3 投药5 d后4种药剂对高原鼠兔的灭洞率

Table 3 Killing efficiency of four types of rodenticide to plateau pika after five days of testing

杀鼠剂 Bait	样地编号 Sample number	施药前有效洞口数/个 Available burrow before the test	施药第5天有效洞口数/个 Available burrow after five days of testing	灭洞率/% Killing efficiency	平均灭洞率/% Average killing efficiency	校正灭洞率/% Corrected killing efficiency	平均校正灭洞率/% Average corrected killing efficiency
A1	1-1	57	15	73.68	72.68	72.49	(71.44±3.51)a
	1-2	39	10	74.36		73.20	
	1-3	50	15	70.00		68.64	
A2	2-1	50	18	64.00	55.67	62.37	(53.67±2.51)b
	2-2	37	18	51.35		49.15	
	2-3	60	29	51.67		49.48	
A3	3-1	35	18	48.57	41.19	46.24	(38.53±2.48)c
	3-2	32	19	40.63		37.94	
	3-3	32	21	34.38		31.41	
A4	4-1	55	12	78.18	83.17	77.19	(82.41±2.37)a
	4-2	46	9	80.43		79.54	
	4-3	44	4	90.90		90.49	
CK	5-1	32	29	9.38	4.61±1.50	—	—
	5-2	45	43	4.45		—	
	5-3	18	18	0.00		—	

表 4　投药 2 个月后 4 种药剂对高原鼠兔的灭洞率

Table 4　Killing efficiency of four types of rodenticide to plateau pika after two months of testing

杀鼠剂 Bait	样地编号 Sample number	施药前有效洞口数/个 Available burrow before the test	施药 2 个月后有效洞口数/个 Available burrow after two months of testing	灭洞率/% Killing efficiency	平均灭洞率/% Average killing efficiency	校正灭洞率/% Corrected killing efficiency	平均校正灭洞率/% Average corrected killing efficiency
A1	1-1	57	9	84.21	89.69	86.69	(91.31±2.60)a
	1-2	39	2	94.87		95.68	
	1-3	50	5	90.00		91.57	
A2	2-1	50	16	68.00	64.98	73.02	(70.47± 3.54)b
	2-2	37	11	70.27		74.93	
	2-3	60	26	56.67		63.47	
A3	3-1	35	18	48.57	48.48	56.64	(56.57±2.28)c
	3-2	32	15	53.13		60.48	
	3-3	32	18	43.75		52.58	
A4	4-1	55	12	78.18	83.14	81.61	(85.79±2.55)a
	4-2	46	8	82.61		85.34	
	4-3	44	5	88.64		90.42	
CK	5-1	32	36	−12.50	−18.61±4.67	—	—
	5-2	45	52	−15.56		—	
	5-3	18	25	−27.78		—	

3　结论与讨论

本试验测定了氟鼠灵、胆钙化醇、地芬诺酯·硫酸钡和 D 型肉毒梭菌毒素 4 种杀鼠剂毒饵对高原鼠兔的适口性,结果显示,4 种药剂毒饵均被高原鼠兔不同程度采食,其中氟鼠灵采食率最高,达到 92.50%,可能由于氟鼠灵药剂具有微弱的鲜草气味,更容易吸引高原鼠兔采食[7]。D 型肉毒梭菌毒素和胆钙化醇的采食率也达到了 80%以上,表明对高原鼠兔的适口性也较好。胆钙化醇杀鼠剂是一种新型高效、环保、安全杀鼠剂,在被鼠兔采食 2 d 后由于血钙浓度升高,导致鼠类出现厌食,进食困难等症状,可能直接影响了其总体采食率[22]。

一般认为,某种杀鼠剂的灭鼠率在 80%以上为良好,达到 90%为理想效果,灭鼠率低于 50 %,则效果较差,如果只达到 30%以下,则基本没有效果[23]。本试验结果表明,4 种杀鼠剂对高原属兔种群都有一定的控制效果;投药 2 个月后,氟鼠灵、D 型肉毒梭菌毒素灭洞率分别为 91.31%、85.79%,对防控高原鼠兔存在显著作用,氟鼠灵的短期高效控鼠效果与刘丽等[7]的研究结果一致;D 型肉毒梭菌毒素在草原上已使用较长时间[14,20-21],仍能达到良好的控鼠效果;胆钙化醇防控效果达到 70%以上,与殷为申等[22]研究胆钙化醇对家鼠防控效果结果相一致;地芬诺酯·硫酸钡的控鼠效果没有达到试验预期效果,与其他研究报道存在一定差异[7,24],其防控效果有待进一步重复试验验证。

本次试验结果验证了氟鼠灵、D 型肉毒梭菌毒素和胆钙化醇优良的适口性和防控效果,氟鼠灵作为新型第 2 代抗凝血性杀鼠剂,其作用机理主要是通过抑制动物体内凝血酶的生成、干扰血液的凝固而造成鼠体内出血而死亡,是一种外观呈蓝色的无味块状饵料,由有效成分和糖浆、蓝色染料、少量有机溶剂、苦味剂及蜡粉组成,老鼠 1 次取食即达致死剂量,3～7 d 发生死亡,21 d 达到彻底灭鼠效果[25-27]。但是近年来研究表明,第 2 代抗凝血类杀鼠剂也对天敌动物存在较强的二次毒性,因此该类药物目前也处于限用药物范畴[14]。胆钙化醇是一种新型高效、环保、安全杀鼠剂,其有效成分胆钙化醇(维生素 D3)为脂溶性维生素,是一种在动物体内作用于钙、磷代谢的激素前体[28-29]。胆钙化醇可以解决第 2 代抗凝血杀鼠剂长期使用产生的抗药性问题,具有对环境友好,对人、畜安全的特性,在美国、新西兰等发达国家得到广泛应用[30-31]。本次研究结果表明地芬诺酯·硫酸钡对高原鼠兔的适口性较差,可能影响了其防治效果,应进一步加强剂型研

究，改善其适口性。

综上所述，氟鼠灵在4种灭鼠药剂中适口性和防控效果表现最佳，胆钙化醇也呈现较为优良的适口性和防控效果，在以C、D型肉毒梭菌毒素为主导的生物毒素药剂面临退出杀鼠剂市场的背景下，及时研究并考虑引入氟鼠灵、胆钙化醇等高效安全的杀鼠剂，对川西北草原鼠害的有效防治具有重要意义。本试验有几点不足之处，首先是几种杀鼠剂的剂型方面的相关试验还有待深入；其次是由于受试验场地限制，在做适口性及防控效果研究时，试验药剂不排除被鸟类等野生小动物采食的可能，影响试验结果。

参考文献

[1] HARRIS R B. Rangeland degradation on the Qinghai-Tibetan plateau: A review of the evidence of its magnitude and causes [J]. Journal of Arid Environments, 2009, 74(1): 1－12.

[2] LI Xincheng, WANG Zhongnan, WANG Deli, et al. Livestock grazing impacts on plateau pika (*Ochotona curzoniae*) vary by species identity [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2019, 275: 23－31.

[3] 钟文勤，樊乃昌. 我国草地鼠害的发生原因及其生态治理对策[J]. 生物学通报，2002，37(7)：1－4.

[4] AHO K, HUNTLY N, MOEN J, et al. Pikas (*Ochotona princeps*: Lagomorpha) as allogenic engineers in an alpine ecosystem [J]. Oecologia, 1998, 114(3): 405—409.

[5] 孙飞达，郭正刚，尚占环，等. 高原鼠兔洞穴密度对高寒草甸土壤理化性质的影响[J]. 土壤学报，2010，47(2)：378－383.

[6] ZHANG Yong, DONG Shikui, GAO Qingzhu, 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.

[7] 刘丽，周俗，刘芳，等. 不同灭鼠饵剂对高原鼠兔种群密度的影响[J]. 草原与草坪，2018，38(4)：94－98.

[8] 唐川江，周俗，张新跃，等. 四川省草原鼠荒地调查报告[J]. 草业科学，2007，24(7)：59－61.

[9] 杨廷勇，王大成. 甘孜州草原鼠荒地的治理[J]. 中国畜牧业，2016(17)：54－56.

[10] 景增春，樊乃昌. 几种杀鼠剂防制草原害鼠的试验研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，1992，3(4)：221－225.

[11] 张显锋，张学顺，侯淑梅，等. 草原鼠虫害及其防治技术[J]. 中国西部科技，2010，18(9)：55－56.

[12] 祁明祥，陈季贵. 门源县草地退化的原因与治理措施[J]. 草业与畜牧，2007(4)：27－29.

[13] 邓址. 鼠类对抗凝血灭鼠剂的抗药性[J]. 中国公共卫生，1992，8(1)：29－31.

[14] 刘晓辉. 我国杀鼠剂应用现状及发展趋势[J]. 植物保护，2018，44(5)：85－90.

[15] MA Xiaohui, WANG Dawei, LI Ning, et al. Low warfarin resistance frequency in Norway rats in two cities in China after 30 years usage of anticoagulant rodenticides [J]. Pest Management Science, 2018, 74(11): 2555－2560.

[16] 杨俊森. 川西北地区阿坝州土壤资料[J]. 中国牦牛，1983(2)：54－56.

[17] 赵娜娜，王贺年，张贝贝，等. 若尔盖湿地流域径流变化及其对气候变化的响应[J]. 水资源保护，2019，35(5)：40－47.

[18] 贾荣莉. 高原鼠兔部分脏器的组织结构观察[J]. 中国兽医科学，2000，30(10)：44.

[19] 贾婷婷. 高原鼠兔干扰与青藏高原高寒草甸植被和土壤的关系[D]. 兰州：兰州大学，2016.

[20] SMITH A T, FOGGIN J M. The plateau pika (*Ochotona curzoniae*) is a keystone species for biodiversity on the Tibetan Plateau [J]. Animal Conservation, 1999, 2(4): 235－240.

[21] 王兴堂，花立民，苏军虎，等. 高原鼠兔的精确性可持续控制技术研究——几种杀鼠剂的对比试验[J]. 草业学报，2010，19(1)：191－200.

[22] 殷为申，蔡恩茂，冷培恩，等. 新型环保杀鼠剂胆钙化醇现场灭鼠效果观察[J]. 中国媒介生物学及控制杂志，2018，29(2)：200－201.

[23] 梁杰荣，周立，魏善武，等. 高寒草甸灭鼠后鼠兔和鼢鼠数量恢复的数学模型[J]. 生态学报，1984，4(1)：88－98.

[24] 何世丞，旦久罗布，次旦，等. 不同生物灭鼠剂控制草原鼠兔试验[J]. 畜牧兽医科学(电子版)，2019(11)：3－4.

[25] 郭英阅. 灭鼠良药杀它仗 [J]. 新农业，2007(4)：46.

[26] 胡应辉，刘旭振，周伟清，等. 杀它仗蜡块和溴敌隆毒米现场灭鼠效果比较[J]. 医学动物防制，2006，22(4)：303－304.

[27] 丁薇，程传杰. 抗凝血灭鼠剂杀它仗的合成[J]. 合成化学，2012，20(2)：244－247.

[28] 陈谊，张彩菊，蒋洪. 胆钙化醇灭鼠剂的研究[J]. 中华卫生杀虫药械，2014，20(3)：282－286.

[29] 潘楷军，张彩菊，陈谊. 新型杀鼠剂胆钙化醇[J]. 中华卫生杀虫药械，2018，24(5)：512－514.

[30] MARSHALL E F. Cholecalciferol: a unique toxicant for rodent control [C]//Proceedings of the Eleventh Vertebrate Pest Conference. Lincoln: University of Nebraska, 1984: 95－99.

[31] 郑卫青，陈陵，陈海婴，等. 美国灭鼠剂应用概述[J]. 中华卫生杀虫药械，2013，19(3)：255－257.

（责任编辑：杨明丽）