

祁连山东缘高原鼯鼠对溴敌隆的敏感性 与适口性测定实验

谭宇尘¹, 韩天虎², 许国成², 魏彦明³, 蔡志远¹, 王缠¹, 姚宝辉¹, 郭怀亮¹, 苏军虎¹

1 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 中美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070;

2 甘肃省草原技术推广总站, 甘肃 兰州 730020; 3 甘肃农业大学动物医学院, 甘肃 兰州 730070

摘要: 目的 测定祁连山东缘高原鼯鼠对抗凝血杀鼠剂溴敌隆的敏感性与适口性水平, 为野外采用溴敌隆鼠药防治高原鼯鼠提供科学依据。方法 于 2018 年 7—8 月, 在祁连山东缘天祝地区采用捕鼠笼非损伤捕获活的高原鼯鼠, 实验室环境下单鼠单笼饲养, 采用无选择性摄食试验, 连续喂食 1、3、5 和 7 d 0.000 5% 的溴敌隆毒饵, 记录高原鼯鼠取食和死亡情况, 使用 SPSS 19.0 软件 Bliss 计算机程序, 拟合回归分析, 计算半致死喂食期 (LFP₅₀), 99% 致死喂食期 (LFP₉₉)。采用成组设计资料的 *t* 检验, 分析其敏感性与适口性。结果 高原鼯鼠毒饵取食量有下降趋势, 不同性别高原鼯鼠对溴敌隆的敏感性差异无统计学意义 ($t = -1.232$, $P = 0.329$), 其 LFP₅₀ 和 LFP₉₉ 的估计值分别为 0.492 和 11.897 d; 高原鼯鼠取食毒饵后, 死亡高峰期出现在第 6~9 天。0.000 5% 溴敌隆对高原鼯鼠的首遇适口性为 0.66, 再遇适口性为 0.77, 均达到良好摄食系数, 实验室校正灭鼠率均达 100%。结论 溴敌隆对祁连山东缘天祝地区高原鼯鼠的毒效高、适口性好, 且无抗性发生, 0.000 5% 溴敌隆可有效防治该地区的高原鼯鼠。

关键词: 高原鼯鼠; 溴敌隆; 敏感性; 适口性

中图分类号: S443; S481⁺.9; S481⁺.4 文献标志码: A 文章编号: 1003-8280(2019)05-0545-05

DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2019.05.015

The determination study of *Eospalax baileyi* to bromadiolone and palatability of bromadiolone for *E. baileyi* in the eastern margin of the Qilian Mountains

TAN Yu-chen¹, HAN Tian-hu², XU Guo-cheng², WEI Yan-ming³, CAI Zhi-yuan¹, WANG Chan¹,
YAO Bao-hui¹, GUO Huai-liang¹, SU Jun-hu¹

1 College of Grassland Science, Key Laboratory of Grassland Ecosystem (Ministry of Education), Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu Province, China; 2 Garssland Technology Extension Station of Gansu Province;

3 College of Veterinary Medicine, Gansu Agricultural University

Corresponding author: SU Jun-hu, Email: sujh@gsau.edu.cn

Supported by the Grassland Technology Extension General Station Project of Gansu Agriculture and Animal Husbandry Department (No. GCB2015-01), Longyuan Youth Innovation and Entrepreneurship Talents Project of Gansu Province (No. LQ20180916-2) and the Fuxi Talents Cultivation Project of Gansu Agricultural University (No. Gauxf-02J03)

Abstract: Objective To determine the sensitivity of *Eospalax baileyi* to bromadiolone (an anticoagulant rodenticide) and the palatability of bromadiolone for *E. baileyi* in the eastern margin of the Qilian Mountains, and to provide a scientific basis for prevention and control of *E. baileyi* in the field using bromadiolone as a rodenticide. **Methods** During July to August, 2018, non-invasive live cage trapping was used to capture *E. baileyi* in Tianzhu area in the eastern margin of the Qilian Mountains; the *E. baileyi* was then individually caged and fed in a laboratory environment. In a non-selective food intake test, 0.000 5% bromadiolone bait was continuously provided to the *E. baileyi* for 1, 3, 5, and 7 days, and food intake and death of the *E. baileyi* were recorded. Bliss calculating program in SPSS 19.0 software was used for regression analysis and fitting, and the half-lethal feeding period (LFP₅₀) and the 99% lethal feeding period (LFP₉₉) were calculated. The *t*-test for

基金项目: 甘肃省农牧厅草原技术推广总站项目(GCB2015-01); 甘肃省陇原青年创新创业人才项目(LQ20180916-2); 甘肃农业大学“伏羲杰出人才”培育项目(Gauxf-02J03)

作者简介: 谭宇尘, 女, 在读硕士, 从事生化与分子生物学研究, Email: sasuke421339218@qq.com

通信作者: 苏军虎, Email: sujh@gsau.edu.cn

网络出版时间: 2019-08-07 07:00 网络出版地址: <http://navi.cnki.net/knavi/JournalDetail?pcode=CJFD&pykm=ZMSK>

grouped data was applied to analyze the sensitivity and palatability. **Results** There was a decreasing trend in the food intake of *E. baileyi*, with no significant difference observed in the sensitivity of *E. baileyi* to bromadiolone between sexes ($t=-1.232, P=0.329$). The estimated values of LFP₅₀ and LFP₉₉ were 0.492 day and 11.897 days, respectively. The death peak of *E. baileyi* appeared on the sixth to the ninth day after intake of the poison bait. The first and second palatability of 0.000 5% bromadiolone for *E. baileyi* was 0.66 and 0.77, respectively, both of which showed a good food intake coefficient and a laboratory-corrected deratization rate of 100%. **Conclusion** Bromadiolone is highly toxic and palatable to the *E. baileyi* in Tianzhu area in the eastern margin of the Qilian Mountains with no resistance observed; therefore, 0.000 5% bromadiolone may be used to control *E. baileyi* effectively in this area.

Key words: *Eospalax baileyi*; Bromadiolone; Sensitivity; Palatability

抗凝血杀鼠剂是重要的化学杀鼠剂,也是目前最常用的一类慢性杀鼠剂^[1]。与剧毒性杀鼠剂相比,抗凝血杀鼠剂不会因药物作用使害鼠不适而产生拒食性,且存在抗凝血杀鼠剂的特效解毒剂维生素K1^[2]。溴敌隆是第2代抗凝血杀鼠剂,在过去几年中抗药性报道较多的鼠种有长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)、黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*)、小家鼠(*Mus musculus*)和褐家鼠(*Rattus norvegicus*)等^[2-4]。

高原鼯鼠(*Eospalax baileyi*)是分布于青藏高原的主要啮齿类动物,在人类活动干扰等影响下,其种群数量上升,大量啃食牧草根茎等,堆土造丘,导致水土流失严重、植被盖度下降^[5-7]。为了减轻高原鼯鼠对高山草甸的危害,以溴敌隆为主要原料制成的“鼯鼠灵”已被广泛应用于高原鼯鼠防治^[8]。唐俊伟等^[9]使用鼯鼠灵、0.2% C型肉毒杀鼠剂、0.2% D型肉毒杀鼠剂对高原鼯鼠进行了毒杀试验。由于长期使用抗凝血剂类药物对啮齿动物进行杀灭的行为使啮齿动物对该类药剂产生了拒食行为,从而导致啮齿动物对此类药饵有抗拒的行为^[10-12]。但有关高原鼯鼠对溴敌隆抗性的研究尚未见报道,摸清抗性的现状和程度,优化高原鼯鼠的防控策略具有重要的现实指导意义^[13-14]。鉴于此,本研究选择0.000 5%溴敌隆毒饵给药于高原鼯鼠,观察该鼠的取食和死亡状况,从而探究高原鼯鼠对溴敌隆的敏感性。为掌握祁连山东缘高原鼯鼠对溴敌隆的抗药性的发生情况,科学指导防制及合理用药,以及指导祁连山区鼠害防治和环境保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况 试验区位于祁连山东缘甘肃省武威市天祝藏族自治县抓喜秀龙乡南泥沟村)周围,海拔2 940 m,地理位置37°11'45" N, 102°47'10" E。气候寒冷,气温低,昼夜温差大,年平均气温0.1℃,牧草生长周期为158 d左右,年降雨量为265~632 mm,多集中在6—9月,光照强,光照充足。

1.2 药物来源与配制 采用0.5%溴敌隆原药作为试验药物,溴敌隆购自天津天庆化工有限公司。将原

药与高原鼯鼠喜食食物胡萝卜混合配成大小为1 cm³ 0.000 5%毒饵供试,无毒基饵(对照饵料)为胡萝卜制成1 cm³饵料。试验前将饵料放置在50℃电热恒温鼓风干燥箱(GZX-GF101-3-BS-II)内烘干表面水分1 h后称重,试验后剩余饵料放置在50℃电热恒温鼓风干燥箱内烘干表面水分1 h后称重^[15]。

1.3 试验动物 于2018年9月在上述区域非损伤捕获活的高原鼯鼠,选择成年(体质量100 g以上)、健康、非孕、无外伤的个体,单独饲养于37 cm×70 cm的塑料饲养桶中,取高原鼯鼠生活洞土质为垫料。

1.4 试验方法

1.4.1 适口性试验 实验室条件为室内温度(12±4)℃,相对湿度52%的试验条件下,每只高原鼯鼠单桶饲养。采用有选择性摄食试验,给药组随机选择20只健康成体高原鼯鼠,雄性6只,雌性14只。对照组选择17只健康成体高原鼯鼠,雄性3只,雌性14只,均单只单桶饲养。高原鼯鼠用无毒饵正常饲养2 d后,分别将50 g的0.000 5%溴敌隆毒饵和无毒饵对称地放入鼠桶内,让试鼠自由选择摄食,每天记录毒饵和无毒饵的消耗量和试鼠死亡情况,隔天更换新的毒饵和无毒饵,同时交换毒饵和无毒饵的位置,连续摄食2 d后,清除毒饵,恢复正常饲养,计算试鼠的死亡率和摄食系数^[16-17]。

1.4.2 敏感性试验 参照《NY/T 1152—2006 农药登记用杀鼠剂防治家栖鼠类药效试验方法及评价》,在室内环境温度(10±4)℃、相对湿度40%~70%的试验条件下,每只高原鼯鼠单桶饲养^[18-19]。先供给无毒饵红薯胡萝卜饵料适应饲养2 d,每天称消耗量,并更换新饵,第2天食饵量少于全部试鼠平均摄食量1/5者淘汰。淘汰后高原鼯鼠共49只,称量每只试鼠体质量并鉴定性别,随机分为4组,每组雌、雄各半,分别连续供给毒饵1、3、5和7 d。每天称量毒饵喂食量,第2天称量毒饵剩余量,并更换新毒饵。食毒期结束后,存活鼠移至干净饲养笼正常饲养观察,食毒期和观察期共30 d。记录出血日期、部位及死亡日期,并对死鼠进行解剖,淘汰试验期产仔或试验结束前死亡的个体数据^[20-21]。

1.5 结果计算

饵料重量:经 50 °C 电热恒温鼓风干燥箱内烘干 1 h 后的重量直接称重获得。

毒饵烘干修正系数 = 饵料晾干前重量 / 同种饵料经 50 °C 电热恒温鼓风干燥箱内烘干 1 h 后的重量

消耗量(g) = 投放量(g) - 剩余饵料室温条件下晾干 1 h 后的重量(g) × 毒饵烘干修正系数

摄食系数 = 毒饵消耗量(g) / 无毒基料消耗量(g)^[22]

摄药剂量(mg/kg) = 毒饵取食量 × 0.000 5%

1.6 统计学处理 使用 SPSS 19.0 软件,采用 Bliss 计算机程序,分别对雌性和雄性高原鼯鼠的食毒期与毒杀比进行回归分析,如果不同性别高原鼯鼠对溴敌隆敏感性差异无统计学意义,则合并雌、雄鼠的食毒期和毒杀比数据,计算斜率和致死喂食期(LFP),求得回归方程 LFP₅₀ 和 LFP₉₉ 及其 95%

置信限(95%CI)。采用成组设计资料的 *t* 检验,分析不同性别、不同组别与不同适口性次数高原鼯鼠对溴敌隆的敏感性与适口性。 $P > 0.05$ 为差异无统计学意义。

适口性评价标准:摄食系数 ≥ 0.30 时适口性为 A 级,适口性良好; $0.10 \leq$ 摄食系数 < 0.30 时适口性为 B 级,适口性差^[18]。

2 结果

2.1 高原鼯鼠对 0.000 5% 溴敌隆毒饵适口性试验毒饵烘干修正系数 首遇摄食系数和再遇摄食系数中对照组和给药组分别称取 50 g 毒饵放置在 50 °C 干燥箱内烘干 1 h 后称得每组平均重量分别为 48.540、47.620、48.070 和 48.590 g, 每组平均毒饵烘干修正系数分别为 1.03、1.05、1.04 和 1.03(表 1)。

表 1 饵料取食量及摄食系数测定结果

Table 1 Results of bait intake and food intake coefficients

适口性次数	组别	毒饵剩余量(g)	无毒饵剩余量(g)	烘干修正系数	毒饵消耗量(g)	无毒饵消耗量(g)	摄食系数
首遇适口性	对照组	20.830	24.190	1.03	22.050	29.450	0.750
	给药组	33.530	24.130	1.05	17.350	26.650	0.590
再遇适口性	对照组	28.050	16.820	1.04	20.160	34.760	0.740
	给药组	33.610	29.920	1.03	13.770	20.260	0.680

注:毒饵剩余量和无毒基饵剩余量为经 50 °C 电热恒温鼓风干燥箱内烘干 1 h 后的重量直接称重获得

2.2 高原鼯鼠对 0.000 5% 溴敌隆毒饵适口性试验摄食系数 首遇摄食系数和再遇摄食系数中对照组及给药组在 2 d 给药期内的试验阶段剩余的毒饵和无毒饵,剔除垫料,放置在 50 °C 烤箱内烘干 1 h 后称取重量,经计算每组平均毒饵消耗量分别为 22.050、17.350、20.160 和 13.770 g, 每组平均无毒饵的消耗量分别为 29.450、26.650、34.760 和 20.260 g, 每组平均摄食系数分别为 0.75、0.59、0.74 和 0.68(表 1)。

雌、雄性高原鼯鼠的毒饵取食量没有随取食天数增加而减少,雌、雄性之间取食量差异不大。SPSS 19.0 软件分析独立样本 *t* 检验表明,雌、雄性高原鼯鼠在摄食系数间差异无统计学意义($t = -1.232, P = 0.329$),故合并雌、雄性数据统一分析。对照组的高原鼯鼠在不同天数间摄食系数差异无统计学意义($t = -0.356, P = 0.796$);给药组的高原鼯鼠在不同天数间摄食系数差异亦无统计学意义($t = -0.942, P = 0.230$)(表 1)。首遇摄食系数中对照组和给药组的摄食系数($t = 1.517, P = 0.758$)、再遇摄食系数中对照组和给药组的摄食系数间差异均无统计学意义($t = 0.842, P = 0.612$)。合并对照组和给药组对高原鼯鼠首遇摄食系数和再遇摄食系数进行分析后,0.000 5% 溴敌隆对高原鼯鼠的首遇适口性为 0.66,再遇适口性为 0.77,发现高原鼯鼠的首遇摄食系数和再遇摄食系数差异无统计学意义($t = 0.783,$

$P = 0.858$)。

2.3 高原鼯鼠对 0.000 5% 溴敌隆毒饵适口性评价在对高原鼯鼠的适口性检测中发现所有高原鼯鼠的摄食系数全部 > 0.30 ,适口性均达到 A 级,其中给药组再遇雌性毒饵摄食系数最高(0.83),给药组首遇雌性毒饵摄食系数最低(0.51)。试验结束后,所有试鼠全部死亡,死亡率为 100%。

2.4 高原鼯鼠不同食毒期对溴敌隆的敏感性分析对高原鼯鼠敏感性分析发现,有效试鼠共 49 只(其中雌鼠 26 只、雄鼠 23 只),试验结束后因溴敌隆致死的高原鼯鼠共 43 只,其中雌鼠 21 只,雄鼠 22 只。除雌性只有 7 d 组无存活鼠,而雄性除 1 d 组有存活鼠外,其他各组高原鼯鼠全部因食用溴敌隆导致内出血而死亡(表 2)。食毒期与毒杀比回归分析表明,虽然雌鼠有较高致死喂食期,但是不同性别高原鼯鼠对溴敌隆的敏感性差异无统计学意义(表 3)。

雌、雄性高原鼯鼠对溴敌隆的敏感性具有个体差异,雌性高原鼯鼠中最敏感的个体是食用溴敌隆时长为 3 d 的个体,在食毒期因摄入 3.559 mg/kg 溴敌隆而 3 d 死亡。而具有强抗药性的个体是食用溴敌隆时长为 5 d 的个体,在食毒期摄入 15.119 mg/kg 溴敌隆试验结束后仍然存活。雄性高原鼯鼠中最敏感的个体是食用溴敌隆时长为 1 d 的个体,在食毒期摄入 2.549 mg/kg 溴敌隆 5 d 死亡,具有强抗药性的

表 2 高原鼢鼠对 0.000 5% 溴敌隆毒饵敏感性测定结果
Table 2 Results of sensitivity of *Eospalax baileyi* to 0.000 5% bromadiolone bait

性别	食毒期(d)	平均体质量(g)	毒杀比	摄药剂量 (mg/kg)		致死天数(d)
				死亡鼠	存活鼠	
雌性	1	178.640	2/5	1.913(1.735~2.078)	1.660(1.124~2.564)	6(5~7)
	3	182.380	7/8	4.219(3.559~5.412)	4.338	5.7(3~7)
	5	173.592	6/7	10.936(15.119~8.587)	15.119	7.7(4~9)
	7	179.680	6/6	13.367(19.210~8.388)	—	8.3(6~10)
雄性	1	241.630	3/4	1.433(2.549~0.592)	1.334	7.7(5~11)
	3	237.390	6/6	6.171(9.266~1.864)	—	6.5(5~8)
	5	235.400	7/7	8.407(11.316~7.009)	—	7.4(6~9)
	7	166.134	6/6	14.964(17.932~12.698)	—	7.5(6~9)

表 3 高原鼢鼠对溴敌隆毒饵的敏感性基线
Table 3 Baseline sensitivity of *Eospalax baileyi* to bromadiolone bait

性别	毒杀比	LFP ₅₀ 及其95%CI(d)	LFP ₉₅ 及其95%CI(d)	回归方程(y=bx+a)	P值
雌性	21/26	1.46(5.162~270.369)	15.21(9.857~590.175)	0.169x-0.247	0.372
雄性	22/23	0.89	3.29	0.969x-0.865	0.998
雌性+雄性	43/49	0.49(2.700~31.635)	11.89(7.952~55.537)	0.188x+0.092	0.368

个体是食用溴敌隆时长为 1 d 的个体,在食毒期摄入 1.334 mg/kg 溴敌隆试验结束后仍然存活。

2.5 高原鼢鼠不同食毒期与对应死亡时间的关系在不同药物使用时期的高原鼢鼠平均致死天数相近,但雌鼠的平均致死天数范围较雄鼠长(表 2),每组雌性高原鼢鼠的平均致死天数为(7.0±1.3) d,雄性的平均致死天数为(7.1±0.6) d。结合不同性别时期高原鼢鼠的死亡频率,食毒期为 3、5 和 7 d 的高原鼢鼠其死亡频率具有很高的相似性,死亡高峰期均在 7.0 d 左右;食毒期为 1 d 的高原鼢鼠致死时间则持续 9 d 左右(图 1)。

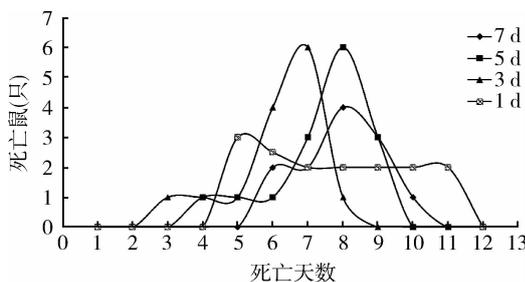


图 1 不同食毒期高原鼢鼠死亡天数分布
Figure 1 Distribution of days of death of *Eospalax baileyi* in different poison intake periods

3 讨论

高原鼢鼠是我国青藏高原草甸地区的主要害鼠,是青藏高原地区蝇蛆的主要宿主之一,有关其物种控制和管理一直是研究的热点^[23]。目前控制高原鼢鼠的主要手段有人工捕捉和药物防控,而抗凝血剂类药物是防制该鼠的重要药品之一。溴敌隆是第二代抗凝血杀鼠剂,在多地区均有普遍使用,适口性是决定鼠药被用于实际灭鼠过程中的重要因素^[24]。野外试验发现,多种常见害鼠均对抗凝血剂

类药物存在明显的拒食现象,一些不常见的害鼠如地松鼠(*Spermophilus beecheyi*)也存在拒食现象^[25]。

适口性试验结果表明,0.000 5% 溴敌隆在用于高原鼢鼠的适口性检测过程中发现,该鼠对饵料的首次摄食系数和再次摄食系数及取食率在性别上无明显差别,说明高原鼢鼠对毒饵的新物反应并不强,第二代抗凝血剂溴敌隆在用于灭杀高原鼢鼠时并不会因为药物的原因导致鼠类产生抵抗从而影响杀灭效果^[26]。此外,考虑到毒饵的使用方法和安全性,抗凝血杀鼠剂类药物是田间仓储和野外草地中控制害鼠的安全产品,说明第二代抗凝血剂溴敌隆在用于灭杀高原鼢鼠中适口性良好,毒杀效果好,是一种适合在高山草甸大面积灭杀高原鼢鼠的杀鼠剂。

确定所用药物的浓度和给药时间是使用化学杀鼠剂对啮齿动物种群数量控制中的重要部分。美国公共卫生服务系统(US Public Health Service)推荐溴敌隆在小家鼠、黑家鼠(*R. rattus*)和褐家鼠的使用浓度范围分别是 0.012 5%~0.025%、0.005%~0.010%和 0.005%~0.010%^[27]。王军建等^[28]研究了不同浓度的溴敌隆对杀鼠剂的影响,结果表明药物浓度与杀灭率呈正相关。敏感性试验结果表明,本试验中使用的 0.000 5% 溴敌隆浓度,在高原鼢鼠取食 1、3 和 5 d 的情况下,杀灭率分别为 55.55%、92.85%和 92.85%,而取食 7 d 及以上,则杀灭率可达 100%,因此,选择 0.000 5% 溴敌隆作为天祝区高原鼢鼠毒饵浓度较为合适。在试验中观察到,部分高原鼢鼠在投喂药物后出现活动能力下降,食量减少,所有高原鼢鼠在完成试验后解剖均发现有皮下出血或腹腔出血现象,一些高原鼢鼠还伴随有胃肠道出血。在达到啮齿动物控制效果的前提下,应尽可能减少连续给药天数。在本试验中连续饲喂 0.000 5%

溴敌隆 7 d 的高原鼯鼠可以被有效灭杀,且死亡高峰开始出现在第 5 天。因此,建议在使用 0.000 5% 溴敌隆对高原鼯鼠进行种群控制时应将连续给药时间控制在 7 d 为宜。

曹煜等^[29]以 0.000 5% 溴敌隆作为毒饵研究了东方田鼠 (*Microtus fortis*) 对溴敌隆的敏感性,测得布氏田鼠连续摄食 0.000 5% 溴敌隆毒饵 11 d 存活即为抗性鼠。陈越华等^[30]使用 0.04% 溴敌隆喂食天祝区东方田鼠,摄药剂量达到 21.98 mg/kg 时毒杀率仅为 90.00%,与本试验中摄药量达到 15.32 mg/kg 仍有存活鼠的结果一致。王军建等^[28]使用溴敌隆杀死野外黄胸鼠的试验过程中,黄胸鼠的死亡个体出现在第 2~3 天,在第 5~7 天达到死亡高峰,并且随着毒饵浓度的增加,黄胸鼠的死亡时间未缩短,与本次试验结果一致。

参考文献

- [1] 赵卫燕,张秀娟. 血液灌流联合维生素 K1 治疗急性溴敌隆、溴鼠灵中毒 1 例急救与护理[J]. 中国妇幼健康研究, 2017, 28 (增刊4): 275-276.
- [2] 宋英,李宁,王大伟,等. 鼠类对抗凝血类灭鼠剂抗药性的遗传机制[J]. 中国科学: 生命科学, 2016, 46(5): 619-626.
- [3] 刘阳,张韶华,梁焯南,等. 广东省深圳市 2017 年褐家鼠对抗凝血杀鼠剂抗药性研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2018, 29 (6): 617-620. DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2018.06.016.
- [4] 曹煜,王宇,王大伟,等. 哈尔滨地区黑线姬鼠对溴敌隆的敏感性测定[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2008, 19(5): 405-407. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4692.2008.05.006.
- [5] 王庭林,郭永旺,刘晓辉,等. 山西省中华鼯鼠发生危害现状[J]. 农业技术与装备, 2015(7): 51-53. DOI: 10.3969/j.issn.1673-887X.2015.07.019.
- [6] 王克琴,郭发新. 世双鼠靶地芬诺·硫酸钡成品颗粒剂防治高原鼯鼠田间试验[J]. 现代农业科技, 2018(19): 140-141, 146.
- [7] 苏军虎,南志标,纪维红. 家畜放牧对草地啮齿动物影响的研究进展[J]. 草业学报, 2016, 25(11): 136-148.
- [8] 王俊超,程春河,张进华,等. 增效溴敌隆对几种害鼠的毒杀作用[J]. 植物保护, 2012, 38(5): 174-178. DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2012.05.038.
- [9] 唐俊伟,张明,马志贵. 3 种药剂防治高原鼯鼠的药效研究[J]. 现代农业科技, 2013(24): 144, 152. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2013.24.085.
- [10] 刘鹏,徐勇,于雪岚,等. 内江市鼠类种群监测及控制研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2016, 22(3): 266-267, 270.
- [11] Greaves JH. Resistance to anticoagulants in rodents [J]. Pest Manag Sci, 1971, 2(6): 276-279. DOI: 10.1002/ps.2780020609.
- [12] Pelz HJ, Rost S, Hünerberg M, et al. The genetic basis of resistance to anticoagulants in rodents [J]. Genetics, 2005, 170 (4): 1839-1847. DOI: 10.1534/genetics.104.040360.
- [13] Cowan PE, Gleeson DM, Howitt RL, et al. *Vkor1* sequencing suggests anticoagulant resistance in rats in New Zealand [J]. Pest Manag Sci, 2017, 73(1): 262-266. DOI: 10.1002/ps.4304.
- [14] 刘正祥,高子厚,段兴德,等. 云南省野鼠疫疫区处置中溴敌隆灭鼠效果评价[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2018, 29(2): 172-174. DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2018.02.014.
- [15] 陈骏飞,徐娜,金艳,等. 趁鲜清洗和干制后清洗对三七药材质量的影响[J]. 中国药学杂志, 2017, 52(14): 1227-1233. DOI: 10.11669/cpj.2017.14.007.
- [16] 林伟松,林森馨,冯志勇,等. 不同浓度敌鼠钠盐毒饵的适口性及灭效研究[J]. 广东农业科学, 2011, 38(15): 68-69. DOI: 10.3969/j.issn.1004-874X.2011.15.026.
- [17] 冯刘栋,雍峰,仲四清,等. 苏中圩田地区褐家鼠对杀鼠灵的抗药性研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2015, 21(5): 472-473.
- [18] 中华人民共和国农业部. NY/T 1152-2006 农药登记用杀鼠剂防治家栖鼠类药效试验方法及评价[S]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2006.
- [19] Drummond DC, Rennison BD. The detection of rodent resistance to anticoagulants [J]. Bull World Health Organ, 1973, 48(2): 239-242.
- [20] 陈蔚恩,李选云,钟柳青,等. 0.005% 溴鼠灵饵剂的适口性及其现场灭鼠效果研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2016, 22(3): 239-241.
- [21] 王文龙,林希刚. 0.005% 大隆毒饵适口性和灭鼠效果观察[J]. 中华卫生杀虫药械, 2009, 15(2): 119-120.
- [22] 黄金波,柳付明,潘孝猛,等. 模拟现场快速评价家栖鼠毒饵适口性的应用研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2017, 28(5): 505-507. DOI: 10.11853/j.issn.1003.8280.2017.05.027.
- [23] 苏军虎, Ji WH, 南志标, 等. 鼯鼠亚科 Mypsalacinae 动物系统学研究现状与展望[J]. 动物学杂志, 2015, 50(4): 649-658. DOI: 10.13859/j.cjz.201504019.
- [24] 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. DOI: 10.16688/j.zwbh.2018304.
- [25] Whisson DA, Salmon TP. Effect of the timing of applications and amount of 0.01% diphacinone consumed on mortality of California ground squirrels (*Spermophilus beecheyi*) [J]. Crop Prot, 2002, 21(10): 885-889. DOI: 10.1016/S0261-2194(02)00054-6.
- [26] 石金泉. 灭鼠毒饵适口性效果观察[J]. 中华卫生杀虫药械, 2006, 12(3): 212-214. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2781.2006.03.018.
- [27] Bentley EW. A review of anticoagulant rodenticides in current use [J]. Bull World Health Organ, 1972, 47(3): 275-280.
- [28] 王军建,杨宇林,陈念慈,等. 不同浓度敌鼠钠盐毒鼠效果比较[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 1991, 2(2): 108-110.
- [29] 曹煜,牛海峰,田治中,等. 布氏田鼠对溴敌隆的敏感性测定[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(1): 59-61.
- [30] 陈越华,黄华南,王勇. 几种抗凝血杀鼠剂对东方田鼠的毒杀试验[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007, 18(4): 267-268. DOI: 10.3969/j.issn.1003-4692.2007.04.002.

收稿日期: 2019-04-21 (编辑: 陈秀丽)