

DOI: 10.5846/stxb202104140970

兴安, 王也, 石岩生, 戴和民, 杨雨龙, 张广宇, 贾举杰. 炔雌醚对内蒙古农牧交错带长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 家群大小和巢域行为的影响. 生态学报, 2022, 42(9): 3633-3639.

Xing A, Wang Y, Shi Y S, Dai H M, Yang Y L, Zhang G Y, Jia J J. Effect of the Quinestrol on herd size and home-range behavior of Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(9): 3633-3639.

炔雌醚对内蒙古农牧交错带长爪沙鼠 (*Meriones unguiculatus*) 家群大小和巢域行为的影响

兴 安¹, 王 也^{2,3}, 石岩生⁴, 戴和民⁴, 杨雨龙⁴, 张广宇⁴, 贾举杰^{5,*}

1 内蒙古民族大学, 通辽 028000

2 北京市第一六二中学, 北京 100311

3 中国科学院动物研究所, 北京 100101

4 锡林郭勒盟农技推广站, 锡林浩特 026000

5 清华大学生态修复研究中心, 北京 100084

摘要:为检验施用炔雌醚对农牧交错带长爪沙鼠家群大小与巢域行为的影响,于2006年5月至9月对内蒙古锡林郭勒盟锡林浩特市农牧交错区域分布的长爪沙鼠家群使用炔雌醚进行种群不育控制实验。分设投药区 and 对照区两个组别,分别于5月、7月与9月份采用1/4样圆面积有效洞口计数法,随机选取24个长爪沙鼠家群,调查对照区域和投药区内沙鼠的家群洞口数量以及家群大小。另在对照区和投药区,随机测定了30个沙鼠的家群活动范围,对比使用炔雌醚前后长爪沙鼠巢域平均半径和活动面积的影响。结果为:对照区家群平均洞口数58个,投药区仅23个,在炔雌醚投药区长爪沙鼠家群受炔雌醚影响,洞口数仅为23个,表明其对长爪沙鼠家群大小控制效果显著。投药区内长爪沙鼠家群密度在投药后连续下降,最大下降幅度较对照区家群密度低70%,表明炔雌醚对长爪沙鼠的家群密度影响较大,可显著降低长爪沙鼠家群密度($P < 0.05$)。炔雌醚对长爪沙鼠家群平均半径和活动面积的研究结果显示,施用炔雌醚后家群巢域半径与活动面积均显著缩小($P < 0.05$),与对照区巢域平均面积相比缩小15%、平均活动半径缩小30%。通过以上结果可得出:单独施用炔雌醚对控制野外长爪沙鼠家群以及降低长爪沙鼠巢域、活动面积效果显著。炔雌醚可有效降低农牧交错带长爪沙鼠种群数量和有效活动范围,这对于农牧交错带的鼠害防控,同时降低鼠源性疾病,包括鼠疫的传播都有一定的意义。

关键词:炔雌醚;不育控制;长爪沙鼠;巢域;家群大小

Effect of the Quinestrol on herd size and home-range behavior of Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*)

XING An¹, WANG Ye^{2,3}, SHI Yansheng⁴, DAI Hemin⁴, YANG Yulong⁴, ZHANG Guangyu⁴, JIA Jujie^{5,*}

1 Inner Mongolia University for Nationalities, Tongliao 028000, China

2 Beijing NO.161 High School, Beijing 100311, China

3 Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China

4 Xilingol League Agricultural Science and Technology Extension Station, Xilinhot 026000, China

5 Research Center for Ecological Restoration, School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Quinestrol is a synthetic steroidal estrogen-type rodent infertility agent. Studies have shown that Quinestrol had an efficient sterile control effect on the reproduction of some pest rodent populations. The aim of this study is to test effects of

基金项目:中国科学院科技服务网络计划项目(KFJ-STZ-ZDTP-2021-002-02);内蒙古自然科学基金项目(2020BS03029);内蒙古民族大学博士科研启动项目(BS576)

收稿日期:2021-04-14; 网络出版日期:2022-01-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 54081128@qq.com

Quinestrol application on the nesting behavior of *Meriones unguiculatus* population in the agro-pastoral transition zone in the Inner Mongolia. The rodent population controlling experiment was conducted on May, 2006, at the gerbil populations distributed in the agro-pastoral transition zone of Xilinhot City, Xilingol League, Inner Mongolia autonomous region. We settled two testing groups: the drug-administrated area and the controlled group of gerbils. In May, July, and September, 24 gerbil herds were randomly chosen and used the rodent hole counting method to investigate the herd size of the Mongolian gerbils both in the controlled area and the drug-administrated area. The variety of the density of gerbil holes and the effect of sterilization agent on the population size of the gerbils were calculated pre and post antifertility drug was applied. At the same time, the active ranges of 30 gerbil herds were randomly selected and measured both in the controlled group and the drug-administrated group, and the effect of quinestrol on the agro-pastoral zone was compared between pre and post stage of quinestrol usage. The results of quinestrol application were significantly reduced the size of all 54 gerbil herds. More narrowly, the population of the controlled area had an average of 58 burrows were observed, and there were only 23 burrows were found in the dosage area. The Mongolian gerbil population was controlled in the quinestrol dosage area that Mongolian gerbil population density in the drug-administered area continued to decline after drug administered, and the largest decline was 70%, which was lower than the population density in the controlled area. Investigation results of nest radius and active area of gerbils showed that: there were significant reduction happened after the administration of quinestrol, and the radius and activity reduction of dosage area was 15% and 30% lower than the average radius and the nest active area in controlled zone. Therefore, the application of Quinestrol had significant effects on controlling the wild gerbil population and reducing the home-range radius and activity area of the gerbils. The effects of single usage of quinestrol were meaningful for the prevention and controlling of rodent pests in agro-pastoral ecotone, as well as for the reduction of rodent-borne diseases, including the spread of plague.

Key Words: quinestrol; sterility control; gerbils; home-range area; herd size

长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)属鼠疫源动物,其种群季节消长明显,年间变幅大,是我国农牧交错带地区重点防治的害鼠之一^[1-3]。长爪沙鼠主要分布在我国内蒙古中东部,山西北部,河北北部,陕西北部,甘肃东部,宁夏东部、青海以及新疆等地的典型草原、荒漠、半荒漠草原地带以及农牧交错带^[4]。这些区域均是我国占地面积最大的生态系统,在生物多样性保育、维持生态平衡与发展畜牧业等方面起到重要作用,也是生态文明建设的核心区域^[5-6]。长爪沙鼠根据其所栖息的生境类型而呈现出不同的种群密度,反之则可根据长爪沙鼠种群密度反映其生境选择。武晓东等^[7]认为通过对草地和农田不同类型生境中的长爪沙鼠的活动洞口调查,可反映其适宜的生存环境。长爪沙鼠在其生境内常常构建复杂的洞穴系统(简称洞系)^[8-9],洞系出入口在地面上多形成连片“洞群”。长爪沙鼠多在洞系中的主洞口范围活动,从而产生较为明显的跑道^[10],其活动范围一般在 15m 半径范围内,但也有记录在 30—80m 距离内依旧有个体被捕获。宛新荣等^[11]对具有社群性行为的布氏田鼠进行研究时采用跑道测量法对布氏田鼠巢域面积进行测量,这对研究包括长爪沙鼠在内的集群性害鼠巢域面积及相关鼠害防治提供了便捷的野外测量方法。

目前对于鼠害的防控主要防治手段仍为化学防治方法,此法虽见效快,亦无须操作人员的专业培训,但其毒性大且对非目标生物的威胁以及对环境的污染等因素导致此法遭到诟病。由于化学防治方法的诸多弊病,利用不育剂控制鼠害的想法于 1959 被提出并不断被国内外学者研究探索^[12-15]。不育剂控制鼠害的原理是利用药物造成鼠类群体中部分个体不育,降低鼠类种群的繁殖率,从而实现控制鼠类种群的效果^[3]。炔雌醚作为一种人工合成的雌激素,能够抑制雌性啮齿动物生殖器官以及参与生殖的组织形成与发育,其广泛应用于灵长类生殖避孕^[13-16]。Giannina 等^[17]使用炔雌醚对啮齿动物不育效果的研究表明其在高浓度时可对性腺功能产生较直接的抑制作用,而低浓度时对精子与卵子结合产生抑制或对精子在卵子上的定植产生阻碍,而对啮齿动物卵巢功能影响不显著^[18]。王涛涛等^[19]对炔雌醚在鼠类不育控制上的研究表明,含一定浓

度的炔雌醚药剂可显著降低参试布氏田鼠种群中胎仔数与幼崽出生率,杨进荣等^[20]等对长爪沙鼠不育控制试验中,独立使用炔雌醚亦可达到调控长爪沙鼠种群密度的目的。对比 EP 不育剂对鼠类种群的控制效果,炔雌醚不育剂在种群控制效果上并无明显差异。

我国研究人员研发了 EP 不育剂系列的鼠害不育控制技术,其主要原理是将左炔诺孕酮(Levonorgestrel)和炔雌醚(Quinestrol)作为一种伍配的复合不育剂用于防治草原鼠害^[21],分别在高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)^[22-23]、小毛足鼠(*Phodopus roborovskii*)^[24]、黑线毛足鼠(*Phodopus sungorus*)^[25]、布氏田鼠(*Lasiopodomys brandtii*)^[26-27]、黑线仓鼠(*Cricetulus barabensis*)^[28]以及长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)^[13,20,29]进行测试,除此以外,贝奥不育剂、炔雌醚也被用于长爪沙鼠的不育控制实验中,都取得较好的防治效果^[30-33]。但单独以炔雌醚不育剂对内蒙古农牧交错带长爪沙鼠家群大小及其活动巢域范围的影响如何,尚未见报道。为此,作者在内蒙古农牧交错区开展炔雌醚对长爪沙鼠家群大小以及巢域行为影响的研究,结合近十年对内蒙古农牧交错地带长爪沙鼠种群动态以及生态学特征的研究基础,参考长爪沙鼠种群、行为、栖息地植被类型及其对气候因素的响应等相关研究结果,依据当地农事活动进程进而提出的一些适合于长爪沙鼠鼠害的生态治理对策,旨在为农牧交错带地区的长爪沙鼠鼠害防控以及鼠疫防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究地点

研究地点为白音锡勒牧场新九连开荒地,该样地位于内蒙古自治区锡林郭勒盟锡林浩特市白音锡勒牧场一连部南,地理坐标为:北纬 43°50',东经 116°20',海拔 1140—1160 m,为典型的农牧交错带,2006 年以前当地将部分草地开垦后作为小麦的种植场地,本样地以克氏针茅(*Stipa krylovii*)和羊草(*Leymus chinensis*)为自然植被优势种。

前期实验采用小麦做为拌饵,炔雌醚药物与小麦拌饵的重量配比为 1:10000,将药物与拌饵均匀混合后制成实验药饵^[31]。以上步骤均在白音锡勒牧场连部于 2006 年 5 月完成。随后进行为期 2 天的撒药作业,投药区总面积 267 hm²,在投药区采用喷撒药剂专用的大型拖拉机进行机械化喷撒,所投药饵量 3 kg/hm²。在设置投药区的同时,另设置了面积为 267 hm²的空白对照区,该样地为撂荒小麦地,在对照区内不进行投撒药饵作业。

1.2 研究方法

1.2.1 长爪沙鼠家群大小的调查方法

长爪沙鼠是以家群为单位进行群居性生活的种类,其家群数量调查方法采用 1/4 样圆面积有效洞口计数法进行长爪沙鼠洞口数量统计,进一步结合洞口系数,参照张知彬等^[1]提供各月份野外长爪沙鼠的洞口系数:即春季为 0.17,夏秋季为 0.12 的数值,以上述洞口系数为计算依据,将 5 月份的洞口系数按照 0.17 计算,7 月、9 月份的洞口系数按照 0.12 折算,重新统计每个 1/4 hm²圆面积中的长爪沙鼠的家群数量,并计算出相应的家群个体数量大小^[34-35]。5 月、7 月和 9 月份各调查一次,每次在对照区和投药区里随机选取 24 个洞群。

1.2.2 长爪沙鼠家群巢域面积的调查方法

样地整体为沙土环境,长爪沙鼠活动的足迹和活动洞口都非常清晰,地面上主要跑道也非常清晰,采用沙鼠活动轨迹几何平均半径法进行长爪沙鼠家群巢域面积调查^[1]。具体方法是:在 5 月、7 月和 9 月各调查一次,每次在对照区和投药区设置 6 个小区,在每个小区里面随机选取 30 个洞群,对于每个洞群,用 30 m 测绳,测算 6—8 个跑道方向的最远距离,然后根据几何平均数公式,计算出长爪沙鼠活动半径,公式如下:

$$\bar{R} = \sqrt[n]{r_1 r_2 r_3 r_4 \dots r_n}$$

式中, $\bar{R}$ 为长爪沙鼠活动半径几何平均数, n 为长爪沙鼠跑道中随机测量的跑道个数, $r_1 r_2$ 至 r_n 为所测量的长爪沙鼠跑道中第一个第二个至第 n 个跑道实际测量长度。

然后根据圆面积公式,计算出活动巢域面积。

$$S = \pi \bar{R}^2$$

式中, S 为长爪沙鼠活动巢域面积, $\bar{R}$ 为长爪沙鼠活动半径几何平均数。

1.3 数据分析

研究数据包括两部分:第一部分数据来自于 1/4 样圆面积有效洞口计数法获取的长爪沙鼠家群密度;第二部分数据来源于采用洞群跑道的几何平均半径法所获取的长爪沙鼠活动面积。

数据统计分析采用软件 Statgraphics Centurion 18 进行 T 检验和独立性检验,统计结果以平均值 $\pm$ 标准差表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果与分析

选择实验样地后进行样区划分与本底调查。5 月份对照样区与不育控制样区鼠类密度无显著差异,表明样地选择与样区设置对该地区具有良好的代表性。于 5 月投药后进行取样测量。

2.1 炔雌醚对农牧交错区长爪沙鼠家群大小的影响

5 月份统计在投药之后立刻进行,可视为本底差异,因为此时的炔雌醚还未发挥药效。作为投药区和对照区的本底调查,7、9 月份炔雌醚的药效已经发挥作用,视为药效影响。

所有调查均使用半径为 28.2 m,面积为 0.25 hm²的样圆(或 1/4 圆面积法)。炔雌醚对长爪沙鼠的家群大小的影响,结果见表 1。

表 1 炔雌醚对长爪沙鼠家群大小的影响(基于四分之一圆面积洞口系数法)

Table 1 Impact of quinestrol on *Meriones unguiculatus* population dynamic (based on the burrow counting method)

调查月份 Month	投药区鼠类洞口数 Burrows in dosed zone/个	对照区鼠类洞口数 Burrows in CK/ (个/0.25 hm ²)	投药区家群个体数 Rodent density in dosed zone/只	对照区家群大小 Rodent density in CK/(个/0.25 hm ²)	显著性 Significance
5	20.13 $\pm$ 2.74	19.33 $\pm$ 2.76	3.42 $\pm$ 0.47	3.29 $\pm$ 0.47	$P > 0.05$
7	20.96 $\pm$ 3.82	54.46 $\pm$ 6.45	2.52 $\pm$ 0.46	6.054 $\pm$ 0.77	$P < 0.01$
9	28.46 $\pm$ 5.91	101.42 $\pm$ 10.24	3.42 $\pm$ 0.71	12.17 $\pm$ 1.23	$P < 0.01$

实验统计样本量均为 24 个洞群统计量的平均值 $\pm$ 标准差;95%置信区间内 P 小于 0.05 表示差异显著

由表 1 可见,5 月份(投药当天),投药区和对照区长爪沙鼠的洞口数量不具有显著性差异($P > 0.05$),而长爪沙鼠家群密度的调查结果表明,5 月份投药区和对照区的家群大小也没有显著差异($P > 0.05$)。说明了本次实验,选取的对照区域和投药区域长爪沙鼠的密度和家群大小本底一致。在投药 2 个月之后的 7 月份,投药区和对照区长爪沙鼠的个体数量存在显著差异($P < 0.01$),在投药区长爪沙鼠家群密度下降(与 5 月份对比),而对照区长爪沙鼠家群密度呈明显上升,对照区长爪沙鼠家群大小较 5 月份增高近一倍,从洞口数量看,对照区洞口数量明显增加,存在极显著的差异($P < 0.01$)。在投药 4 个月之后的 9 月份,洞口数量和家群大小在数量上的差异继续上升,两个区域内个体数量在投药 30 天以后的差值达 72%,在该月份对照区和投药区无论洞口数量还是家群大小均呈现极显著差异,投药区长爪沙鼠个体数量显著地低于对照区($P < 0.01$)。

比较投药后不同月份长爪沙鼠对照区家群密度与投药区家群密度,与 5 月份投药区相比与对照区比较后,发现 7 月投药区长爪沙鼠家群密度与 5 月、7 月对照区沙鼠密度存在显著差异($P < 0.05$),与 5 月投药区不存在显著差异,与 9 月投药区、对照区均存在显著差异。9 月投药区与对照区差异显著,同时与 5 月份的投药区与对照区存在显著差异(表 2)。调查结果暗示炔雌醚在投放后从 2 个月到 4 个月之内,对长爪沙鼠个体数量均具有明显的控制效果。

2.2 炔雌醚对农牧交错区长爪沙鼠家群巢域面积的影响

为进一步分析炔雌醚对长爪沙鼠巢域面积的影响,按照洞群跑道的几何平均数计算方法^[20],分别计算出 5 月(春季),7 月(夏季),和 9 月(秋季)两个样地的长爪沙鼠家群的巢域面积,结果见表 3。

5 月巢域面积与活动半径数据均在投放炔雌醚不育剂当天完成测量,该月两组长爪沙鼠家群活动半径与

巢域面积无显著差异($P>0.05$)。7月、9月炔雌醚投药区与对照区长爪沙鼠活动半径以及巢域面积间均存在显著差异($P<0.05$),暗示在炔雌醚投放2个月、4个月对长爪沙鼠个体活动范围以及家群巢域面积产生显著影响。在炔雌醚作用下,7月长爪沙鼠活动半径显著下降,与5月和9月(越冬前)相比均存在显著差异,说明炔雌醚在投放2个月对长爪沙鼠家群活动起到较明显抑制效果。

表2 炔雌醚对不同月份长爪沙鼠家群密度的影响

Table 2 Impact of quinestrol on the population dynamic of *Meriones unguiculatus* in different months

时间 Time	分组 Group	5月 May		7月 July		9月 September	
		对照区 CK	投药区 Dosed	对照区 CK	投药区 Dosed	对照区 CK	投药区 Dosed
5月 May	对照区		>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05
	投药区	0.65		<0.05	>0.05	<0.05	<0.05
7月 July	对照区	29.01	28.36		<0.05	<0.05	<0.05
	投药区	1.34	0.69	27.67		<0.05	<0.05
9月 September	对照区	67.80	67.14	38.79	66.46		<0.05
	投药区	7.54	6.88	21.48	6.19	60.26	

对角线右上部为显著性水平,对角线左下部为平均差值;95%置信区间内 P 小于0.05表示差异显著

表3 不育剂炔雌醚对长爪沙鼠家群活动半径与巢域面积的影响

Table 3 Contrast of different months impact of quinestrol on action radius and nest area of *Meriones unguiculatus* population

样区 Sample area	鼠类活动半径/m与巢域面积/m ² Rodent action radius& home range area	5月 May	7月 July	9月 September
对照区 CK	活动半径	4.36±0.82	5.303±0.55	4.98±0.55
	巢域面积	61.74±22.33	89.24±18.59	78.70±17.84
投药区 Dosed	活动半径	4.14±0.86	3.70±0.58	4.22±0.52
	巢域面积	56.10±22.77	44.16±13.42	56.66±14.09
显著性水平 Significant level		$P>0.05$	$P<0.01$	$P<0.01$

实验统计样本量均为30个洞群统计量的平均值±标准差;95%置信区间内 P 小于0.05表示差异显著

投药两个月后,即7月份投药区与对照区长爪沙鼠家群巢域面积间存在显著差异($P<0.05$)。投药四个月后(9月),长爪沙鼠家群巢域面积在投药区与对照区间存在显著差异($P<0.05$),较7月在投药区巢域面积略有上升,对照区面积略有下降。综上所述,且以7月长爪沙鼠投药区家群巢域面积为三月份中最小(44.16 ± 13.42) m²,投药区巢域面积较对照区呈下降趋势,表明炔雌醚使长爪沙鼠家群活动减少从而导致活动范围紧缩,以7月份抑制效果最佳。9月份投药区长爪沙鼠的巢域面积增大是因为种群自然增长,有部分个体迁入或者恢复繁殖力。

3 讨论

本研究中采取单独施用炔雌醚进行长爪沙鼠不育控制,研究结果显示:单独使用炔雌醚,能有效抑制长爪沙鼠家群个体数、活动半径及巢域面积即可达到控制长爪沙鼠种群密度及其为害的作用。另外采用1/4样圆面积有效洞口计数法及单一炔雌醚,该法既能保证样区内目标鼠种的相对种群密度,也可确保捕获鼠种的准确性^[35-36],并可有效控制人工成本,为鼠类防控实践提供了参考。

研究结果表明,在5月份投放药剂后当月,鼠类家群大小在对照区与投药区并未发现显著差异。但施药2个月后投药区长爪沙鼠家群大小下降60%以上,家群大小在4个月后降至最低,与2个月后家群大小存在显著差异,大小相差70%以上(表1),从而验证杨进荣等^[20]使用炔雌醚对长爪沙鼠进行不育控制,从而调控其种群密度的结论。5月投药后密度差异不显著可能是施药后成体雌鼠采食量以及药物作用未开始导致。本研究结果显示投放炔雌醚后长爪沙鼠的活动半径及巢域面积均呈下降趋势,暗示炔雌醚在一定程度上对长爪沙鼠的活动产生抑制作用。从投放开始,炔雌醚可在4个月左右时间均可对长爪沙鼠的活动产生影响,且以投放2个月左右的抑制效果好。7、9月沙鼠密度迅速下降可能因为家群中部分可育雌鼠由于取食药剂而

导致死亡,或由于炔雌醚药剂的不育效果导致两性长爪沙鼠的生殖能力下降^[13]。综上所述,炔雌醚不育剂对长爪沙鼠具有良好的控制效果,可调控野外长爪沙鼠家群并能保持长时间的高效控制。

对农牧交错区长爪沙鼠家群活动范围与巢域面的研究在国内未见相关报道,5月巢域面积与活动半径数据均在投放炔雌醚不育剂当天完成测量,该月两组长爪沙鼠家群活动半径与巢域面积无显著差异,而7月、9月长爪沙鼠家群受炔雌醚不育剂效果影响,投药区与对照区长爪沙鼠家群活动半径以及巢域面积间均存在显著差异。在炔雌醚作用下,7月长爪沙鼠活动半径下降20%,而越冬前期(9月)长爪沙鼠活动半径下降15%,相比7月略有增加,由于长爪沙鼠越冬前准备导致活动范围略有增加,但与5月存在显著差异,说明炔雌醚在长爪沙鼠家群活动中起到了抑制效果(见表3)。投药两个月后,投药区长爪沙鼠家群巢域面积下降50%以上,而投药4个月后,即9月,投药区长爪沙鼠家群巢域面积下降近30%,与7月相比,投药区巢域面积略有增加。综上所述,在炔雌醚不育剂的不育效果影响下,长爪沙鼠野外家群的活动范围以及巢域面积总体趋势呈现下降趋势,表明炔雌醚使长爪沙鼠家群活动减少从而导致活动范围紧缩。

5月使用炔雌醚后,在七月份长爪沙鼠的家群个体数(2.52 ± 0.46)只、活动半径(3.70 ± 0.58) m及巢域面积均为最小,至9月份投药区长爪沙鼠家群个体数、活动半径及巢域面积与5月份投药区数值相当,表明炔雌醚对长爪沙鼠的抑制作用和防控基本可持续4个月左右。长爪沙鼠家群密度对其活动范围产生了一定影响。对照区长爪沙鼠平均个体巢域面积在5、7、9月分别为18.7、13.6、6.4 m²,呈现下降趋势。投药区个体的平均巢域面积为保持在5、7、9月分别为16.4、17.5、16.6 m²,巢域面积保持相对稳定。可见投放炔雌醚后长爪沙鼠种群活动面积增大,间接增加了长爪沙鼠被天敌捕获几率^[37],结合天敌防控等方法,在不育剂控制鼠害施药结束后,可在较长时间保证害鼠密度控制在较低范围内。

本实验中产生的雌性长爪沙鼠死亡归因于采用了0.1‰的炔雌醚,对于长爪沙鼠个体剂量偏高而导致的,但其不育控制效果与EP复合不育剂并无差别^[33,38]。就防治成本而言,施用单一成分不育剂可大大降低药物成本。施用单一炔雌醚可有效控制长爪沙鼠家群大小以及巢域面积,可对炔雌醚不育机理以及对长爪沙鼠行为、生理的影响进一步研究,从而达到为农牧交错带鼠类的科学管控提供参考。

致谢: 感谢科尔沁沙地生态农业国家民委重点实验室和内蒙古草原动物生态研究站提供的支持。

参考文献(References):

- [1] 张知彬,王祖望. 农业重要害鼠的生态学及控制对策. 北京: 海洋出版社, 1998.
- [2] 夏武平,廖崇惠,钟文勤,孙崇璐,田云. 内蒙古阴山北部农业区长爪沙鼠的种群动态及其调节的研究. 兽类学报, 1982, 2(1): 51-71.
- [3] 中国科学院动物志编辑委员会,罗泽珣. 中国动物志-第六卷,下册-兽纲,啮齿目,仓鼠科. 北京: 科学出版社, 2000: 264-273.
- [4] 赵肯堂. 内蒙古啮齿动物. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1981.
- [5] 于恩逸,崔宁,吴迪,唐明方,付晓,吴钢. 草原生态环境损害因果关系判定路径. 生态学报, 2021, 41(3): 943-948.
- [6] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,郑华. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价. 生态学报, 2004, 1(6): 1101-1110.
- [7] 武晓东,付和平. 内蒙古半荒漠与荒漠区的啮齿动物群落. 动物学报, 2005, 51(6): 961-972.
- [8] 贾举杰,李锋,倪亦非,林峻,徐云虎,贺兵,王玉梅,赵景瑞. 大鸮对不同数量布氏田鼠越冬洞群的选择偏好. 动物学杂志, 2015, 50(5): 795-800.
- [9] 张知彬,王福生. 鼠类对山杏种子存活和萌发的影响. 生态学报, 2001, 21(11): 1761-1768.
- [10] 张知彬. 鼠类不育控制的生态学基础. 兽类学报, 1995, 15(3): 229-234.
- [11] 宛新荣,张新阶,刘伟,王广和,王梦军,钟文勤. 布氏田鼠标志种群的社群等级及其季节变化. 生态学杂志, 2007, 26(3): 359-362.
- [12] Chambers L K, Singleton G R, Hood G M. Immunocontraception as a potential control method of wild rodent populations. Belgian Journal of Zoology, 1997, 127(S1): 145-156.
- [13] 霍秀芳,王登,梁红春,施大钊,张焕强,梁继军. 两种不育剂对长爪沙鼠的作用. 草地学报, 2006, 14(2): 184-187.
- [14] Twigg L E, Lowe T J, Martin G R, Wheeler A G, Gray G S, Griffin S L, O'Reilly C M, Robinson D J, Hubach P H. Effects of surgically imposed sterility on free-ranging rabbit populations. Journal of Applied Ecology, 2000, 37(1): 16-39.
- [15] Durand M, del Carmen Cravioto M, Raymond E G, Durán-Sánchez O, De la Luz Cruz-Hinojosa M, Castell-Rodríguez A, Schiavon R, Larrea F.

- On the mechanisms of action of short-term levonorgestrel administration in emergency contraception. *Contraception*, 2001, 64(4): 227-234.
- [16] 郑普阳, 彭真, 王勇, 徐云虎, 贺兵, 王玉梅, 赵景瑞. 贝奥不育剂和溴敌隆抗凝血杀鼠剂对布氏田鼠种群控制作用的试验研究. *草业学报*, 2017, 26(12): 186-193.
- [17] Giannina T, Steinetz B G, Meli A. General biology of quinestrol. *International Journal of Fertility*, 1967, 12(2): 142-147.
- [18] 杨玉超, 王勇, 张美文, 李波, 徐正刚. EP-1 对雄性东方田鼠生殖的影响. *植物保护学报*, 2012, 39(5): 467-472.
- [19] 王涛涛, 郭永旺, 王登, 海淑珍. 炔雌醚对布氏田鼠繁殖的抑制效果. *兽类学报*, 2015, 35(1): 87-94.
- [20] 杨进荣, 王勇, 张美文, 姜路帆, 师军, 刘锦, 哈斯宝力道, 刘志霄. 炔雌醚对内蒙古农牧交错带长爪沙鼠种群繁殖的影响. *四川动物*, 2018, 37(2): 207-210.
- [21] Chambers L K, Singleton G R, Hinds L A. Fertility control of wild mouse populations: the effects of hormonal competence and an imposed level of sterility. *Wildlife Research*, 1999, 26(5): 579-591.
- [22] 陈千权, 曲家鹏, 刘明, 张堰铭. 高原鼠兔对炔雌醚、左炔诺孕酮和 EP-1 不育药饵适口性. *动物学杂志*, 2010, 45(3): 87-90.
- [23] 魏万红, 樊乃昌, 周文扬, 杨生妹, 景增春, 曹伊凡. 复合不育剂对高原鼠兔种群控制作用的研究. *草地学报*, 1999, 7(1): 39-45.
- [24] 王广和, 钟文勤, 宛新荣. 浑善达克沙地小毛足鼠的生物学习性. *生态学杂志*, 2001, 20(6): 65-67.
- [25] 宛新荣, 石岩生, 宝祥, 关其格, 于成, 王广和, 刘伟, 张知彬, 钟文勤, 焦裕生, 哈斯其木格. EP-1 不育剂对黑线毛足鼠种群繁殖的影响. *兽类学报*, 2006, 26(4): 392-397.
- [26] Shi D Z, Wan X R, Davis S A, Pech R P, Zhang Z B. Simulation of lethal control and fertility control in a demographic model for Brandt's vole *Microtus brandtii*. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39(2): 337-348.
- [27] Shi L Y, Li X J, Ji Z H, Wang Z S, Shi Y H, Tian X Y, Wang Z L. The reproductive inhibitory effects of levonorgestrel, quinestrol, and EP-1 in Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*). *PeerJ*, 2020, 8: e9140.
- [28] 范尊龙, 王勇, 孙琦, 彭真, 李福生, 邓彪, 哈斯宝力道, 巩和平. EP-1 不育剂对内蒙古沙地黑线仓鼠种群结构与繁殖的影响. *生态学报*, 2015, 35(11): 3541-3547.
- [29] 沈伟, 郭永旺, 施大钊, 王登, 海淑珍. 炔雌醚对雄性长爪沙鼠不育效果及其可逆性. *兽类学报*, 2011, 31(2): 171-178.
- [30] 张知彬, 廖力夫, 王淑卿, 曹小平, 王福生, 王诚, 张健旭, 宛新荣, 钟文勤. 一种复方避孕药物对三种野鼠的不育效果. *动物学报*, 2004, 50(3): 341-347.
- [31] 张知彬. 左炔诺孕酮和炔雌醚复合物(EP-1)及组分对鼠类不育效果的研究进展. *兽类学报*, 2015, 35(2): 203-210.
- [32] 付和平, 张锦伟, 施大钊, 郭志成, 高文渊, 张卓然, 余奕东, 杨吉雅, 侯少青. EP-1 不育剂对长爪沙鼠野生种群增长的控制作用. *兽类学报*, 2011, 31(4): 404-411.
- [33] 施大钊, 海淑珍, 刘雪龙. 布氏田鼠数量调查方法的比较. *草地学报*, 1998, 6(3): 185-190.
- [34] 王桂明, 周庆强, 钟文勤. 内蒙古典型草原 4 种常见小哺乳动物的营养生态位及相互关系. *生态学报*, 1996, 16(1): 71-76.
- [35] 张知彬, 张健旭, 王福生, 王玉山, 汪永庆, 曹小平. 不育和“灭杀”对围栏内大仓鼠种群繁殖力和数量的影响. *动物学报*, 2001, 47(3): 241-248.
- [36] 贾举杰, 李锋, 倪亦非, 徐云虎, 青格勒图, 贺兵, 毕力格巴雅尔, 朝格吉勒玛, 乌日格木勒. 内蒙古典型草原区狭颅田鼠集群数量与被捕食风险的关系. *生态学报*, 2016, 36(24): 8128-8135.
- [37] 李亚衡, 曼丽, 洪立国, 高利军, 乌云其其格, 青格勒图, 毕力格巴雅尔, 王勇. 大锈鸚对长爪沙鼠秋季的集群捕食策略. *生态学报*, 2017, 37(3): 1021-1026.
- [38] Selemani M, Makundi R H, Massawe A W, Mhamphi G, Mulungu L S, Belmain S R. Impact of contraceptive hormones on the reproductive potential of male and female commensal black rats (*Rattus rattus*). *Integrative Zoology*, 2021, doi: 10.1111/1749-4877.12563.