

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 17 期 Vol.33 No.17 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 17 期 2013 年 9 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 植物角质层蜡质的化学组成研究综述 曾 琼, 刘德春, 刘 勇 (5133)
- 中国滨海盐沼湿地碳收支与碳循环过程研究进展 曹 磊, 宋金明, 李学刚, 等 (5141)

个体与基础生态

- 秸秆隔层对盐碱土水盐运移及食葵光合特性的影响 赵永敢, 逢焕成, 李玉义, 等 (5153)
- 盐地碱蓬二型性种子及其幼苗对盐渍环境的适应性 刘 艳, 周家超, 张晓东, 等 (5162)
- 不同抗旱性花生品种的根系形态发育及其对干旱胁迫的响应 丁 红, 张智猛, 戴良香, 等 (5169)
- 夏季苹果新梢生理指标与抗苹果绵蚜的关系 王西存, 周洪旭, 于 毅, 等 (5177)
- 花期海蓬子对盐胁迫的生理响应 刘伟成, 郑春芳, 陈 琛, 等 (5184)
- 白蜡多年卧孔菌生物学特性及驯化栽培 鲁 铁, 图力古尔 (5194)
- 重度火烧迹地微地形对土壤微生物特性的影响——以坡度和坡向为例
..... 白爱芹, 傅伯杰, 曲来叶, 等 (5201)
- 秸秆还田与施肥对稻田土壤微生物生物量及固氮菌群落结构的影响 刘骁蓓, 涂仕华, 孙锡发, 等 (5210)
- 大穗型小麦叶片性状、养分含量及氮素分配特征 王丽芳, 王德轩, 上官周平 (5219)
- 复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响 王晓佳, 秦婷婷, 胡 霞, 等 (5228)

种群、群落和生态系统

- 小兴安岭阔叶红松混交林林隙特征 刘少冲, 王敬华, 段文标, 等 (5234)
- 高寒矮嵩草群落退化演替系列氮、磷生态化学计量学特征 林 丽, 李以康, 张法伟, 等 (5245)
- 中亚热带人工针叶林生态系统碳通量拆分差异分析 黄 昆, 王绍强, 王辉民, 等 (5252)
- 高寒山区一年生混播牧草生态位对密度的响应 赵成章, 张 静, 盛亚萍 (5266)
- 乳山近海大型底栖动物功能摄食类群 彭松耀, 李新正 (5274)

景观、区域和全球生态

- 采伐干扰对大兴安岭落叶松-苔草沼泽植被碳储量的影响 牟长城, 卢慧翠, 包 旭, 等 (5286)
- 西南喀斯特地区轮作旱地土壤 CO₂ 通量 房 彬, 李心清, 程建中, 等 (5299)
- 干湿季节下基于遥感和电磁感应技术的塔里木盆地北缘绿洲土壤盐分的空间变异性
..... 姚 远, 丁建丽, 雷 磊, 等 (5308)
- 东北温带次生林和落叶松人工林土壤 CH₄ 吸收和 N₂O 排放通量 孙海龙, 张彦东, 吴世义 (5320)
- 新疆东部天山蝶类多样性及其垂直分布 张 鑫, 胡红英, 吕昭智 (5329)
- 玉米农田空气动力学参数动态及其与影响因子的关系 蔡 福, 周广胜, 明惠青, 等 (5339)

天山北坡家庭牧场复合系统对极端气候的响应过程..... 李西良,侯向阳,丁 勇,等 (5353)

大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例..... 李 灿,张凤荣,朱泰峰,等 (5363)

资源与产业生态

基于 GLBM 模型的中国大陆阿根廷滑柔鱼鱿钓渔业 CPUE 标准化 陆化杰,陈新军,曹 杰 (5375)

三峡库区古夫河水质时空分异特征..... 冉桂花,葛继稳,苗文杰,等 (5385)

城乡与社会生态

汉、藏、回族地区农户的环境影响——以甘肃省张掖市、甘南藏族自治州、临夏回族自治州为例.....

..... 赵雪雁,毛笑文 (5397)

研究简报

中国近海浮游动物群落结构及季节变化..... 杜明敏,刘镇盛,王春生,等 (5407)

海洋污染物对菲律宾蛤仔的免疫毒性..... 丁鉴锋,闫喜武,赵力强,等 (5419)

衰亡期沉水植物对水和沉积物磷迁移的影响..... 王立志,王国祥 (5426)

伊洛河流域外来草本植物分布格局..... 郭屹立,丁圣彦,苏 思,等 (5438)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 32 * 2013-09



封面图说: 帽儿山次生林林相——帽儿山属于长白山山脉的张广才岭西坡,松花江南岸支流阿什河的上游,最高海拔 805m,由侏罗纪中酸性火山岩构成,是哈尔滨市附近的最高峰,因其貌似冠状而得名。东北林业大学于 1958 年在此建立了实验林场。山上生长着松树、榆树、杨树及各种灌木等,栖息着山鸡、野兔等野生动物,在茂密的草地上还生长有各种蘑菇。其地带性植被为温带针阔混交林,目前状况为天然次生林。部分地方次生林转变为落叶松人工林后,落叶松林地的凋落物层影响了林地土壤水分的格局。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201206090829

王晓佳,秦婷婷,胡霞,胡纤,黄银春,张洪茂.复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响.生态学报,2013,33(17):5228-5233.

Wang X J, Qin T T, Hu X, Hu Q, Huang Y C, Zhang H M. Effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus*. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(17): 5228-5233.

复合不育剂 EP-1 对小鼠空间记忆与焦虑行为的影响

王晓佳,秦婷婷,胡霞,胡纤,黄银春,张洪茂*

(华中师范大学生命科学学院,分子与行为生态学研究组,武汉 430079)

摘要:EP-1 是由炔雌醚和左炔诺孕酮按照 1:2 的比例配制而成的一种用于鼠类不育控制的激素类复合不育剂,对鼠类的繁殖及繁殖行为等有一定影响,但对鼠类空间学习与记忆、焦虑行为等非繁殖行为的影响还没有报道。为此,用 0 (对照)、1.0、2.0、3.0 mg/kg 剂量的 EP-1 对昆明小鼠(*Mus musculus*)进行灌胃处理,然后用 Morris 水迷宫和高架十字迷宫分别测定其空间记忆、焦虑行为。结果发现灌胃后 15 d,剂量为 2.0 mg/kg 的 EP-1 使小鼠空间记忆能力显著下降,但 30 d 后其空间记忆能力有所恢复,表明 2.0 mg/kg 剂量的 EP-1 可以在一定时间范围内降低小鼠的空间记忆能力。但不同剂量的 EP-1 对小鼠焦虑行为无显著影响。该结果可以为从对非繁殖行为的影响的角度研究 EP-1 对鼠类的作用提供一定启示。

关键词:昆明小鼠(*Mus musculus*);EP-1;空间记忆;焦虑

Effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus*

WANG Xiaojia, QIN Tingting, HU Xia, HU Qian, HUANG Yinchun, ZHANG Hongmao*

Molecular and Behavioural Ecology Group, College of Life Sciences, Central China Normal University, Wuhan 430079, China

Abstract: It has been reported that the EP-1, a contraceptive compound composed of levonorgestrel and quinestrol with the ratio of 1:2, has negative effects on the breeding and reproductive behaviors in some species of mice and rats. However, little is known that the effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in mice. Here, the effects of treatment time (15 d and 30 d) and dose (0 mg/kg (control), 1.0 mg/kg, 2.0 mg/kg, 3.0 mg/kg) of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus* were tested using Morris water maze and elevated plus maze separately. Negative effects of 2.0 mg/kg EP-1 on spatial memory of the subjects were found in 15 days, and this ability recovered in 30 days, implying the 2.0 mg/kg EP-1 can decrease the ability of spatial memory of *M. musculus* within a period of time. No significant effects were found in all treatments of time and dose of EP-1 on anxiety of the subjects. The results might help to evaluate the effects of EP-1 on mice in respect to non-reproductive behaviors.

Key Words: anxiety; EP-1; *Mus musculus*; spatial memory

不育控制是借助某种技术和方法使雄性或雌性不育,或阻碍胚胎着床发育,甚至阻断幼体生长发育,以降低鼠类的生育率,达到控制其种群数量和密度的目的,其本质是生育控制^[1-2]。不育控制技术因其效果持久、生态安全等特点而备受关注^[1,3]。

EP-1 是由炔雌醚(quinestrol)和左炔诺孕酮(levonorgestrel)按照 1:2 的比例配制,用于鼠类不育控制的激素类复合不育剂,能对多种鼠类的繁殖和繁殖行为产生不同程度的抑制作用^[4]。例如 EP-1 可以降低布氏田

收稿日期:2012-06-09; 修订日期:2012-11-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hongmaozhang@gmail.com

鼠(*Lasiopodomys brandtii*)、灰仓鼠(*Cricetulus migratorius*)和子午沙鼠(*Meriones meridianus*)等鼠类的产仔率、产仔窝次数、胎仔数、延长产仔时间等^[4];可以有效降低大仓鼠(*Tscherskia triton*)^[5-6]、黑线毛足鼠(*Phodopus campbelli*)^[7]、高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)^[8]、长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)^[9]等的种群繁殖力、种群数量,产生明显的抗生育作用;此外 EP-1 还可以使雄性大仓鼠的繁殖器官明显萎缩,变小^[6]。但也有报道认为 EP-1 对雌性布氏田鼠的抗生育作用不明显^[10-11]。然而,EP-1 除了以生殖系统为作用靶标,直接影响鼠类与繁殖相关的生理过程和行为外,还可能影响非繁殖行为及其生理过程,例如空间记忆、焦虑等^[12],间接地影响鼠类的生存和繁殖,进而达到控制害鼠种群数量和密度的效果。空间记忆能力丧失或降低,过度焦虑等对人和鼠类的健康乃至生存具有重要影响^[13-14]。例如空间记忆能力减弱可能导致动物难以寻找食物和躲避危险而危及生存^[15];持续焦虑会引起人或动物行为异常、代谢紊乱而危及健康^[16]。激素类药物会影响鼠类空间记忆和焦虑已有少量报道,例如双酚 A (bisphenol A)可以降低雄性小鼠的空间学习与记忆能力,并且可以导致雄性小鼠的焦虑行为^[12];孕酮(progesterone)可以导致大鼠与小鼠在高架十字迷宫中的焦虑行为^[17]。但尚无关于 EP-1 影响鼠类空间记忆和焦虑的报道,评估 EP-1 对鼠类的综合作用效果时也常常忽略了 EP-1 对鼠类空间记忆、焦虑等非繁殖行为的影响。

为此,以小鼠在水迷宫(MWM)中的逃逸潜伏期、目标象限滞留时间、穿越逃逸平台次数为空间记忆指标,以小鼠在高架十字迷宫(EPM)内开臂进入次数和开臂滞留时间为焦虑行为指标,分别研究了不同剂量的 EP-1 在不同时间段对昆明小鼠(*Mus musculus*)空间记忆和焦虑的影响,以探索 EP-1 能否对鼠类的空间记忆及焦虑产生影响,为从对非繁殖行为影响的角度研究和评估 EP-1 对鼠类的作用提供一定启示和参考。

1 材料与方法

1.1 实验鼠及分组

实验鼠购自湖北省卫生防疫站,单笼饲养(320mm×215mm×170mm),饲料(动物全价营养颗粒饲料,购自湖北省动物研究中心)和饮水充足供应,光照 14 L:10 D。选择成年(体重 > 25 g)健康个体共 40 只(20 ♀ 20 ♂)用于实验。将 40 只小鼠随机分为 4 组,每组 10 只(5 ♀ 5 ♂),分别对应 EP-1 灌胃剂量为 0(对照组)、1.0、2.0、3.0 mg/kg。

1.2 实验过程

按照 1:2 的比例将炔雌醚和左炔诺孕酮溶解于花生油(鲁花牌)中,分别配制成 1.0、2.0、3.0 mg/mL 的 EP-1 溶液,并以花生油为对照。每天 18:00—19:00 用小鼠灌胃器(zc14000,武汉博驰生物科技有限公司)对各组小鼠灌胃,连续给药 15 d,每 5 d 测定一次小鼠体重。给药结束后以正常饲料饲养。

Morris 水迷宫(MWM)实验:该实验分别在给药结束后 15 d 与 30 d 各进行 1 次,每次连续训练 5 d。以经典 Morris 准则使用 MWM 测定空间学习与记忆^[18]。MWM(DB001,淮北正华生物仪器有限公司)由黑色圆柱形恒温游泳水池(直径 120 cm,高 40 cm),黑色隐藏平台(直径 8 cm,高 21 cm)及摄像与记录系统组成,置于控温房间内,并用黑色不透光布帘罩住,以保证稳定的测试环境和避免实验鼠利用其它的空间记忆线索。实验时在水池四周做 4 个迷宫标记,将水池分为 4 个象限,隐藏平台所在的区域为目标象限,水深 22 cm,水温(22±1)℃。实验开始时,将小鼠头面对水池墙壁上的标记,由任一象限入水,并利用摄像系统记录小鼠对隐藏平台的寻找。设定找寻时间 60 s,小鼠在 60 s 内找到隐藏平台并滞留 3 s 及以上,视为逃逸成功,从动物入水至逃逸成功所用时间记为逃逸潜伏期。如果小鼠 60 s 内未找到隐藏平台(未成功逃逸),则由实验者将其引导至隐藏平台上适应 30 s,以帮助小鼠学习,逃逸潜伏期记为 60 s。每只小鼠分别在四个象限连续训练 5 d。用逃逸潜伏期表示小鼠的学习能力。然后撤去平台,在任意一非目标象限放入小鼠,记录其目标象限滞留时间和穿越隐藏平台次数,以测试其空间记忆(寻找隐藏平台)能力。

高架十字迷宫(EPM)测试:该实验在水迷宫实验完成后第 2 天进行。EPM 测试是研究啮齿类动物焦虑的经典试验方法^[17]。EPM(XR-XG201,武汉一鸿科技有限公司)“十”型平台距离地面 50 cm,由两条相对开臂(50 cm 长×10 cm 宽)和两条相对闭合臂(50 cm 长×10 cm 宽×40 cm 高)及中央区(10 cm×10 cm)组成,置

于暗室内(80 lx)。实验开始时,将动物背对实验者面对开臂放入迷宫中央区,随后 5min 内用摄像机记录小鼠在迷宫里的活动情况。为了消除不同次测试间的相互影响,每次测试结束后立即清除小鼠粪便,用医用酒精(75% 浓度)擦洗迷宫,并闲置 30min 待酒精挥发后再进行下一次测试。用 ANY-MAZE 软件分析动物开臂进入次数和开臂滞留时间,以此反映实验动物的焦虑状态。

1.3 数据分析

采用 SPSS17.0 统计软件进行数据分析。用 Mann-Whitney U Test 分别对水迷宫实验中逃逸潜伏期,目标象限滞留时间、平均穿越平台次数,以及对高架十字迷宫实验中开臂进入次数、开臂滞留时间进行各实验组与对照组之间的两两比较。

2 结果

Morris 水迷宫测定结果显示,经过 5 d 寻找隐藏平台训练,四组小鼠的逃逸潜伏期迅速下降,到第 5 天时达较精准水平。给药后 15 d,与对照组相比,各处理组鼠的逃逸潜伏期较对照组延长,但 1.0 mg/kg 组、3.0 mg/kg 组无显著性差异,2.0 mg/kg 组在水迷宫训练的第 5 天 ($Z = -2.893$, $P = 0.004$) 有极显著性差异(图 1)。给药后 30 d,各处理组鼠的逃逸潜伏期较对照组延长,水迷宫训练的第 1 天 1.0 mg/kg 组($Z = -2.463$, $P = 0.014$), 2.0 mg/kg 组($Z = -2.163$, $P = 0.031$)小鼠差异显著,但第 2 天,第 3 天,第 4 天,第 5 天无显著差异(图 1)。

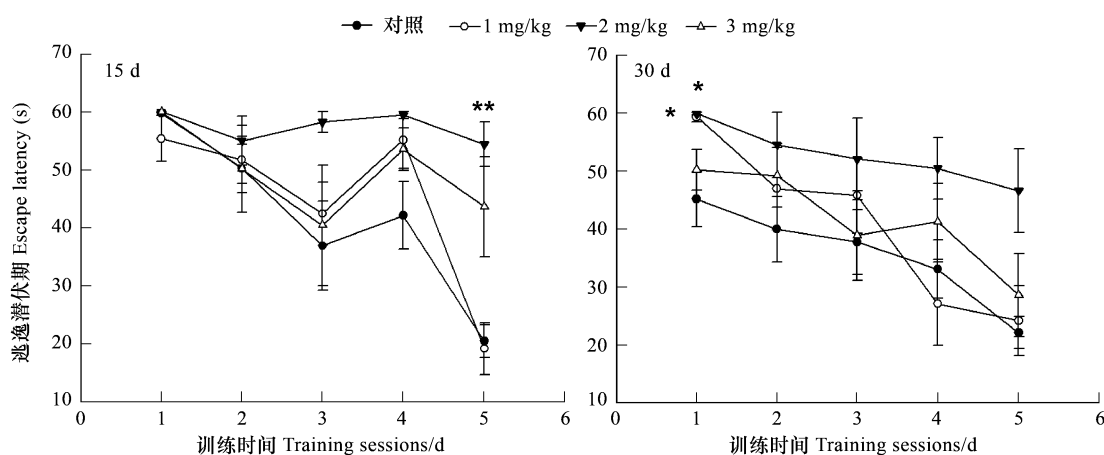


图 1 不同剂量 EP-1 灌胃后 15 d、30 d 小鼠在水迷宫内的逃逸潜伏期

Fig. 1 Escape latency of *Mus musculus* within Morris water maze at 15 d and 30 d after EP-1 gastrogavage

平均数±标准误; * ($P < 0.05$), ** ($P < 0.01$) 表示与对照组差异显著

给药后 15 d, 2.0 mg/kg 组($Z = -2.911$, $P = 0.004$)和 3.0 mg/kg 组($Z = -2.654$, $P = 0.008$)小鼠在目标象限内的滞留时间较对照组显著减少;给药后 30 d, 处理组小鼠在目标象限内的滞留时间较对照组无显著差异(图 2)。与对照组相比, 给药后 15 d, 2.0 mg/kg 组平均穿越平台的次数显著减少($Z = -2.459$, $P = 0.014$), 1.0 mg/kg 组、3.0 mg/kg 组无显著差异;给药后 30 d, 各组平均穿越平台次数较对照组均无显著差异(图 2)。

高架十字迷宫测定结果显示, 给药后 15 d、30 d 各处理组小鼠开臂滞留时间、开臂进入次数较对照组均无显著差异($P > 0.05$, 图 3)。

3 讨论

结果表明 EP-1 处理可以在一定时间内(15 d)导致小鼠的空间学习记忆能力下降。动物表现为寻找隐藏平台的潜伏期显著延长, 当平台撤去时动物在隐藏平台所在象限滞留时间和穿越隐藏平台次数明显减少。该结果与 Ryu 等关于动物在应对外界压力时可能出现认知缺陷, 导致空间记忆能力下降的研究结果类似^[19]。但田栋等研究表明双酚 A 对雌性小鼠的空间记忆能力影响不显著^[12], 这可能是不同激素的差异所致。经过

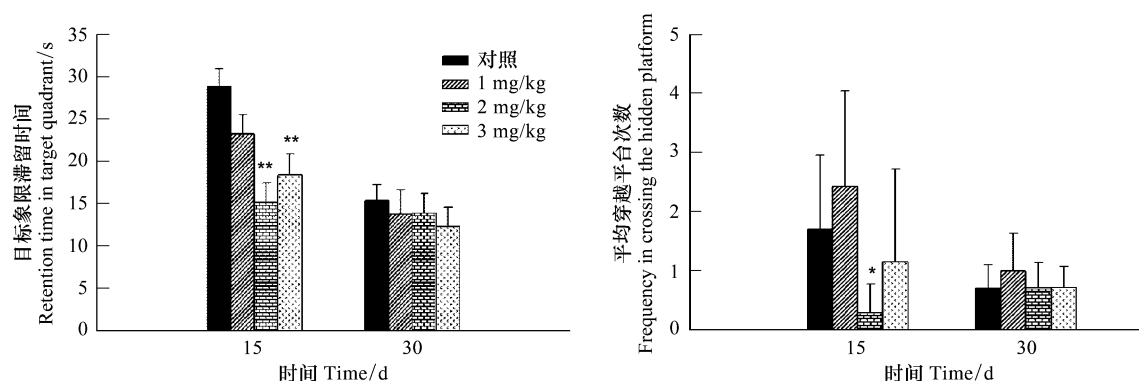


图2 不同剂量 EP-1 灌胃后 15 d、30 d 小鼠在水迷宫内目标象限滞留时间和平均穿越平台次数

Fig. 2 Retention time and frequency in crossing the hidden platform of *Mus musculus* in the target quadrant of Morris water maze at 15 d and 30 d after EP-1 gastrogavage

平均数±标准误; * ($P < 0.05$), ** ($P < 0.01$) 表示与对照组差异显著

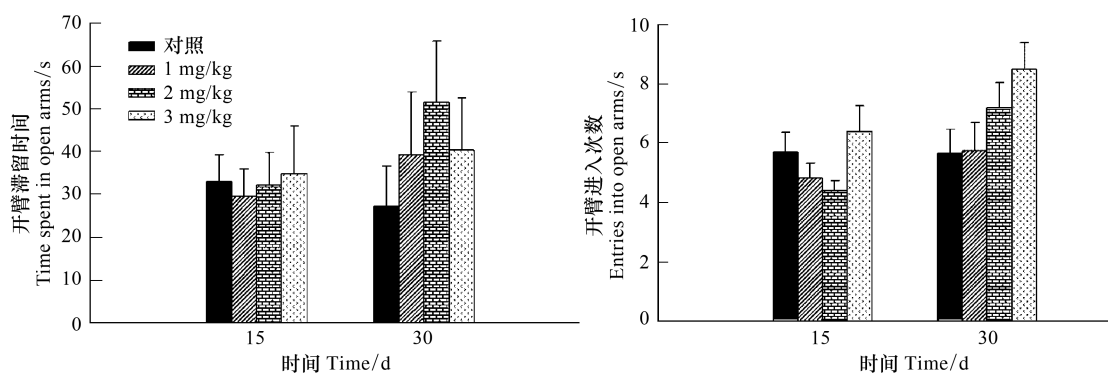


图3 不同剂量 EP-1 灌胃后第 15 天、30 天小鼠在高架十字迷宫内开臂滞留时间和开臂进入次数

Fig. 3 Time spent in open arms and entries into open arms of *Mus musculus* in the elevated plus maze at 15 d and 30 d after EP-1 gastrogavage

平均数±标准误

一段时间(30 d)后,小鼠的空间学习记忆能力有所恢复,表现为随着 EP-1 作用时间延长,处理组与对照组小鼠之间逃逸潜伏期的差异性减小,目标象限滞留时间和隐藏平台穿越次数整体降低,处理组与对照组之间差异不明显,表明 EP-1 对小鼠空间学习记忆能力的影响可能具有可逆性。沈伟等也曾报道炔雌醚对雄性长爪沙鼠生殖器官和繁殖的影响具有可逆性^[20],表明 EP-1 对鼠类繁殖行为与非繁殖行为的影响可能在一定程度上都具有可逆性。与对照组相比,处理组小鼠寻找隐藏平台潜伏期延长、在目标象限滞留时间缩短、穿越原平台次数减少,表明 EP-1 处理可能在一定程度上导致小鼠的认知障碍,降低其空间学习记忆能力,进而可能影响小鼠的生存^[15]。自然条件下,空间记忆能力下降或丧失会危及鼠类生存和繁殖,从而可能降低种群密度,达到控制害鼠的目的^[21-22]。例如,分散贮藏食物的鸟类和鼠类,很大程度上依靠空间记忆找回食物以度过食物短缺期,空间记忆下降或丧失,贮食动物将无法找回贮藏食物而危及生存和繁殖,导致种群数量下降^[21-22]。因此,该结果可能为从“降低空间记忆、影响生存与繁殖、降低种群密度,有效防控鼠害”的角度探索 EP-1 对鼠类的影响提供一些启示和思考方向。

Spielberge 等将焦虑分为特质焦虑和状态焦虑,特质焦虑是相对持久的、焦虑倾向相对稳定的、个体差异明显的焦虑;而状态焦虑则是指焦虑的暂时波动状态,是由特定的情境引起的^[23]。本文实验结果表明 EP-1 处理对小鼠焦虑反应无显著影响,表现为 EP-1 处理小鼠和对照组在高架十字迷宫内开臂进入次数和开臂滞留时间无显著差异。关于激素与鼠类焦虑的关系已有少量研究结果,例如双酚 A 可使雄性小鼠焦虑,而使雌

性小鼠的焦虑有所缓解^[12];孕酮(progesterone)可以导致大鼠与小鼠焦虑行为等^[17],但尚无 EP-1 影响鼠类焦虑行为的报道。EP-1 可能导致不同鼠类体重减轻,生殖器官萎缩、繁殖行为弱化、繁殖能力下降等^[5-9]。室内观察结果也表明,EP-1 处理会导致小鼠食量减少、体重减轻、胚胎死亡、亲体抚育行为减弱及杀婴等(王晓佳等,未发表)。这些结果表明,EP-1 会导致小鼠身体条件下降,对环境压力的反应可能增强,进而产生不同程度的焦虑反应。该种焦虑反应可能属于 Spielberge 等定义的状态焦虑,会随着不同的情景条件而变化,具有短暂性和波动性^[23]。测试的时间可能错过了由 EP-1 引起的小鼠焦虑反应时期,结果难以否定 EP-1 刺激小鼠及其它鼠种焦虑反应的可能性,因此这方面还需要继续研究。

结果表明 EP-1 在一定时间内可以导致小鼠的空间学习记忆能力下降。这可能是 EP-1 直接作用的结果,也可能是 EP-1 作用于鼠类繁殖和繁殖过程的行为表现,类似药物反应副作用。由于个体差异较大,数据的标准误差也较大,意味着测试存在较大的差异区间及不同剂量间的重叠,导致结果具有一定的不确定性。同时,测试限于给药后 15 d 和 30 d,时间间隔有一定随意性,结果体现了两个时间点 EP-1 处理和对照间的差异,但难以反映整个给药过程(30 d)的行为变化。因此,结论尚需在更精确的实验条件下加以验证。但作为新探索之一,该实验的思路和结果在探索 EP-1 对鼠类非繁殖行为的影响方面还是具有某些启示和借鉴意义。野外条件下,空间学习记忆能力下降会影响鼠类的生存和繁殖,导致种群下降,达到鼠害防控的目的。因此该结果也可以为从 EP-1 导致空间记忆能力下降进而危及生存和繁殖的角度探索 EP-1 对野生鼠的效用提供一定启示。

致谢:感谢华中师范大学生命科学学院廖晓梅博士为水迷宫、高架十字迷宫测试提供的帮助。

References:

- [1] Zhang Z B. The ecological fundamentals of rodent control by contraception. *Acta Theriologica Sinica*, 1995, 15(3): 229-234.
- [2] Zhang Z B, Zhang J X, Wang F S, Wang Y S, Wang Y Q, Cao X P. Effect of imposed sterility and removal on reproductivity and population size of rat-like hamster in enclosures. *Acta Zoologica Sinica*, 2001, 47(3): 241-248.
- [3] Marsh R E. Chemosterilants for rodent control//Prakash I ed. *Rodent Pest Management*. Boca Raton: CRC Press, 1988, 353-367.
- [4] Zhang Z B, Liao L F, Wang S Q, Cao X P, Wang F S, Wang C, Zhang J X, Wan X R, Zhong W Q. Effect of a contraceptive compound (EP-1) on fertility of female Brandt's voles, gray hamsters and mid-day gerbils. *Acta Zoologica Sinica*, 2004, 50(3): 341-347.
- [5] Zhang Z B, Wang Y S, Wang S Q, Wang F S, Cao X P, Zhang J X. Effect of a contraceptive compound on reproduction of greater long-tailed hamsters (*Tscherskia triton*) in experimental enclosures. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(3): 269-272.
- [6] Zhang Z B, Zhao M R, Cao X P, Wang Y L, Wang F S, Zhang J X. Effects of a contraceptive compound (EP-1) on reproductive organs of male greater long-tailed hamsters (*Tscherskia triton*). *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(3): 300-302.
- [7] Wan X R, Shi Y S, Bao X, Guan Q G, Yu C, Wang G H, Liu W, Zhang Z B, Zhong W Q, Jiao Y S, Hasi Q M G. Effect of the contraceptive compound EP-1 on reproduction of the Djungarian hamster (*Phodopus campbelli*) in the typical steppe. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(4): 392-397.
- [8] Wei W H, Fan N C, Zhou W Y, Yang S M, Jing Z C, Cao Y F. The control effect of compound sterlant on population of plateau pika. *Acta Agrestia Sinica*, 1999, 7(1): 39-45.
- [9] Zhang J W, Hai S Z, Guo Y W, Wu X P, Shi D Z. Anti-fertility effect of EP-1 contraceptive compound on male Mongolia gerbils *Meriones unguiculatus*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 2011, 38(1): 86-90.
- [10] Zhao M R, Liu M, Li D, Wan X R, Hinds L A, Wang Y L, Zhang Z B. Anti-fertility effect of levonorgestrel and quinestrol in Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*). *Integrative Zoology*, 2007, 2(4): 260-268.
- [11] Wang D W, Liu Q, Liu M, Li N, Huang B H, Liu X H. Preparation of hydroxypropyl- β -cyclodextrin inclusion with Levonorgestrel and Quinestrol (EP-1) and its influence on the reproductive organs Brandt's voles (*Lasiopodomys brandtii*). *Acta Theriologica Sinica*, 2011, 31(1): 79-83.
- [12] Tian D, Xu X H, Hong X, Chen L, Xie L D, Li T. Effects of adulthood exposure to bisphenol-A on behaviors in mice. *Acta Psychologica Sinica*, 2011, 43(5): 534-543.
- [13] Brandi N R, Massimo B, Julia M F, Lillian M C, Kate E K, Kelly G L, Craig H K. Reproductive experience and the response of female Sprague-Dawley rats to fear and stress. *Comparative Medicine*, 2009, 59(5): 437-443.
- [14] Abbe H M, Victoria N L. Changes in anxiety and cognition due to reproductive experience: A review of data from rodent and human mothers.

Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 2010, 34(3): 452-467.

- [15] James S N, Joshua E V, Josefa N S P, Janell R B. Adaptive memory: Enhanced location memory after survival processing. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 2012, 38(2): 495-501.
- [16] Jane Q. Fear not. Nature Publishing Group, 2006, 7: 1.
- [17] Walf A A, Frye C A. The use of the elevated plus maze as an assay of anxiety-related behavior in rodents. Nature Protocols, 2007, 2(2): 322-328.
- [18] Morris R. G. M. Spatial localization does not require the presence of local cues. Learning and Motivation, 1981, 12: 239-260.
- [19] Ryu J, Futai K, Feliu M, Weinberg R, Sheng M. Constitutively active Rap2 transgenic mice display fewer dendritic spines, reduced extracellular signal-regulated kinase signaling, enhanced long-term depression, and impaired spatial. The Journal of Neuroscience, 2008, 28(33): 8178-8188.
- [20] Shen W, Guo Y W, Shi D Z, Wang D, Hai S Z. Anti-fertility effect of quinestril in male Mongolian gerbils (*Merione sunguiculatus*) and its reversibility. Acta Theriologica Sinica, 2011, 31(2): 171-178.
- [21] Vander Wall S B. Food hoarding in animals. Chicago (IL): The University of Chicago Press, 1990.
- [22] Brodin A. The history of scatter hoarding studies. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Science, 2010, 365: 869-881.
- [23] Spielberger C D. Anxiety: State-trait-process//C D Spielberger & I G Sarason, eds. Stress and anxiety. Vo. 1 New York: Hemisphere, 1975: 116-141.

参考文献:

- [1] 张知彬. 鼠类不育控制的生态学基础. 兽类学报, 1995, 15(3): 229-234.
- [2] 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.
- [4] 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.
- [5] 张知彬, 王玉山, 王淑卿, 王福生, 曹小平, 张健旭. 一种复方避孕药物对围栏内大仓鼠种群繁殖力的影响. 兽类学报, 2005, 25(3): 269-272.
- [6] 张知彬, 赵美蓉, 曹小平, 王雁玲, 王福生, 张健旭. 复方避孕药物(EP-1)对雄性大仓鼠繁殖器官的影响. 兽类学报, 2006, 26(3): 300-302.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 张锦伟, 海淑珍, 郭永旺, 吴新平, 施大钊. 复合不育剂 EP-1 对雄性长爪沙鼠的抗生育作用. 植物保护学报, 2011, 38(1): 86-90.
- [11] 王大伟, 刘琪, 刘明, 李宁, 黄宝欢, 刘晓辉. EP-1 包合物制备及其对布氏田鼠繁殖器官的影响. 兽类学报, 2011, 31(1): 79-83.
- [12] 田栋, 徐晓虹, 洪星, 陈蕾, 谢灵丹, 李涛. 成年期双酚 A 暴露对小鼠行为的影响. 心理学报, 2011, 43(5): 534-543.
- [20] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 17 Sep. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The overview and prospect of chemical composition of plant cuticular wax ZENG Qiong, LIU Dechun, LIU Yong (5133)
- Research progresses in carbon budget and carbon cycle of the coastal salt marshes in China
..... CAO Lei, SONG Jinming, LI Xuegang, et al (5141)

Autecology & Fundamentals

- Effects of straw interlayer on soil water and salt movement and sunflower photosynthetic characteristics in saline-alkali soils
..... ZHAO Yonggan, PANG Huancheng, LI Yuyi, et al (5153)
- Adaptations of dimorphic seeds and seedlings of *Suaeda salsa* to saline environments
..... LIU Yan, ZHOU Jiachao, ZHANG Xiaodong, et al (5162)
- Responses of root morphology of peanut varieties differing in drought tolerance to water-deficient stress
..... DING Hong, ZHANG Zhimeng, DAI Liangxiang, et al (5169)
- The relationship between physiological indexes of apple cultivars and resistance to *Eriosoma lanigerum* in summer
..... WANG Xicun, ZHOU Hongxu, YU Yi, et al (5177)
- Physiological responses of *Salicornia bigelovii* to salt stress during the flowering stage
..... LIU Weicheng, ZHENG Chunfang, CHEN Chen, et al (5184)
- Biological characteristics and cultivation of fruit body of wild medicinal mushroom *Perenniporia fraxinea*
..... LU Tie, BAU Tolgor (5194)
- The study of characteristics of soil microbial communities at high severity burned forest sites for the Great Xingan Mountains: an
example of slope and aspect BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (5201)
- Effect of different fertilizer combinations and straw return on microbial biomass and nitrogen-fixing bacteria community in a paddy
soil LIU Xiaoqian, TU Shihua, SUN Xifa, et al (5210)
- Structural characters and nutrient contents of leaves as well as nitrogen distribution among different organs of big-headed wheat
..... WANG Lifang, WANG Dexuan, SHANGGUAN Zhouping (5219)
- Effects of EP-1 on spatial memory and anxiety in *Mus musculus* WANG Xiaojia, QIN Tingting, HU Xia, et al (5228)

Population, Community and Ecosystem

- Gap characteristics in the mixed broad-leaved Korean pine forest in Xiaoxing'an Mountains
..... LIU Shaochong, WANG Jinghua, DUAN Wenbiao, et al (5234)
- Soil nitrogen and phosphorus stoichiometry in a degradation series of *Kobresia humilis* meadows in the Tibetan Plateau
..... LIN Li, LI Yikang, ZHANG Fawei, DU Yangong, et al (5245)
- An analysis of carbon flux partition differences of a mid-subtropical planted coniferous forest in southeastern China
..... HUANG Kun, WANG Shaoqiang, WANG Huimin, et al (5252)
- The niche of annual mixed-seeding meadow in response to density in alpine region of the Qilian Mountain, China
..... ZHAO Chengzhang, ZHANG Jing, SHENG Yaping (5266)
- Functional feeding groups of macrozoobenthos from coastal water off Rushan PENG Songyao, LI Xinzhen (5274)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of selective cutting on vegetation carbon storage of boreal *Larix gmelinii*-*Carex schmidtii* forested wetlands in Daxing'anling,
China MU Changcheng, LU Huicui, BAO Xu, et al (5286)
- CO₂ flux in the upland field with corn-rape seed rotation in the karst area of southwest China
..... FANG Bin, LI Xinqing, CHENG Jianzhong, et al (5299)
- Monitoring spatial variability of soil salinity in dry and wet seasons in the North Tarim Basin using remote sensing and electromagn-
etic induction instruments YAO Yuan, DING Jianli, LEI Lei, et al (5308)
- Methane and nitrous oxide fluxes in temperate secondary forest and larch plantation in Northeastern China
..... SUN Hailong, ZHANG Yandong, WU Shiyi (5320)
- Butterfly diversity and vertical distribution in eastern Tianshan Mountain in Xinjiang
..... ZHANG Xin, HU Hongying, LÜ Zhaozhi (5329)

- Dynamics of aerodynamic parameters over a rainfed maize agroecosystem and their relationships with controlling factors CAI Fu, ZHOU Guangsheng, MING Huiqing, et al (5339)
- The response process to extreme climate events of the household compound system in the northern slope of Tianshan Mountain LI Xiliang, HOU Xiangyang, DING Yong, et al (5353)
- Analysis on spatial-temporal heterogeneities of landscape fragmentation in urban fringe area; a case study in Shunyi district of Beijing LI Can, ZHANG Fengrong, ZHU Taifeng, et al (5363)
- Resource and Industrial Ecology**
- CPUE Standardization of *Illex argentinus* for Chinese Mainland squid-jigging fishery based on generalized linear Bayesian models LU Huajie, CHEN Xinjun, CAO Jie (5375)
- Spatial-temporal differentiation of water quality in Gufu River of Three Gorges Reservoir RAN Guihua, GE Jiwen, MIAO Wenjie, et al (5385)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Comparison environmental impact of the peasant household in han, zang and hui nationality region; case of zhangye, Gannan and Linxia in Gansu Province ZHAO Xueyan, MAO Xiaowen (5397)
- Research Notes**
- The seasonal variation and community structure of zooplankton in China sea DU Mingmin, LIU Zhensheng, WANG Chunsheng, et al (5407)
- Immunotoxicity of marine pollutants on the clam *Ruditapes philippinarum* DING Jianfeng, YAN Xiwu, ZHAO Liqiang, et al (5419)
- Influence of submerged macrophytes on phosphorus transference between sediment and overlying water in decomposition period WANG Lizhi, WANG Guoxiang (5426)
- Distribution patterns of alien herbs in the Yiluo River basin GUO Yili, DING Shengyan, SU Si, et al (5438)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 张利权

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 17 期 (2013 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 17 (September, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元