

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **2011**

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 31 卷 第 19 期

2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征	王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例	焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流 ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 50 * 2011-10



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

刘汉武,王荣欣,张凤琴,李秋英. 我国害鼠不育控制研究进展. 生态学报, 2011, 31(19): 5484-5494.

Liu H W, Wang R X, Zhang F Q, Li Q Y. Research advances of contraception control of rodent pest in China. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5484-5494.

我国害鼠不育控制研究进展

刘汉武^{1,*}, 王荣欣², 张凤琴¹, 李秋英¹

(1. 运城学院应用数学系, 山西 运城 044000; 2. 河北科技大学 理学院, 石家庄 050018)

摘要: 害鼠给人类带来巨大的经济损失, 导致严重的生态问题。人们采用各种方法防治鼠害, 其中不育控制是一种新的方法。不育控制即通过某种手段使雄性或雌性或两性绝育, 或阻碍胚胎着床, 甚至阻断幼体生长, 以降低生育率。不育控制的概念最早在 20 世纪 60 年代提出, 近年来, 我国在利用不育技术控制害鼠方面做了大量研究, 总结了国内该领域研究的部分结果。在实验室测试了多种不育剂。被测试的不育剂对相应的鼠类几乎都有不育作用; 一些不育剂会影响鼠类的行为, 这会减弱竞争性繁殖干扰的作用; 一些不育剂在达到一定剂量后有致死作用, 不育和灭杀的双重作用会产生更好的控制效果; 还观察到不育个体的复孕现象, 这会减弱控制效果; 关于不育剂安全性的研究发现更昔洛韦和 M001 雄性不育灭鼠剂对家鸽没有任何毒性作用。大量野外实验证实不育剂对害鼠大都有较好的控制效果, 实际控制中, 控制面积不宜太小。利用数学模型所作的理论分析表明不育控制有不比灭杀控制差的效果; 在决定种群是否灭绝上, 不育率、灭杀率、选择性收获率等的作用是相同的。根据研究的实际情况, 本文提出了一些今后研究中应注意的问题。无论在实验室还是野外, 除了种群动态外, 还要记录更详细的数据, 以期对不育控制有更详细的了解。要加大不育剂对非靶向动物和环境影响的研究。在不育控制这种干扰下, 害鼠种群的变化必然导致与其相关的种群也作出相应的变化, 这一方面的研究需要进行。每种控制方式都有自己的特点, 多种控制方法联合使用会达到更理想的效果。竞争性繁殖干扰现象是存在的, 它使种群规模更小, 在数学模型中, 应体现出这一因素。

关键词: 害鼠; 不育控制; 室内实验; 野外试验; 数学模型

Research advances of contraception control of rodent pest in China

LIU Hanwu^{1,*}, WANG Rongxin², ZHANG Fengqin¹, LI Qiuying¹

1 Department of Applied Mathematics, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China

2 Science College, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China

Abstract: Rodent pests bring humans huge economic loss and cause serious ecological disaster. All kinds of methods were used to control rodent pests. Among them, contraception control is a new one. Contraception control is defined as, through certain measure, inducing the female or (and) male to sterilize, blocking implantation of embryo or interdicting development of juvenile individuals. Thus, contraception control can reduce birth rate of rodent pest population. The idea of contraception control was put forward in 1960s. In recent years, Chinese scientists made a lot of researches on controlling rodent pests with sterilants. In this paper, an overview of this kind research was given. In laboratory, many sterilants were tested and almost all sterilants can cause the relevant rodent to be sterile. Some sterilants may change behaviors of rodents and this would weaken the effect of competitive reproductive interference. Sterilants not only can cause rodent pests to be sterilize, but also can kill rodent pests with larger dosage, the double effects of sterilants imply preferable control results. Phenomenon of "resuming pregnancy" was detected and this would weaken control effect also. Research about safety of sterilants is less, now we only knew that the ganciclovir and M001 are safe for pigeons. Almost all field experiments verified that contraception control has better control effect. In control practice, the controlled area should large enough to guarantee

基金项目: 国家自然科学基金项目(11071283); 山西省自然科学基金项目(2009011005-3); 山西省重点扶持学科项目(20091028)

收稿日期: 2011-06-11; **修订日期:** 2011-07-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuhanwu-china@163.com

better effect. Analysis of mathematical models shows that contraception control is not short of than lethal control. On determining whether rodent pest population becomes extinct, the contraception rate, kill rate, harvest rate etc have same effect. Based the overview, some advices in subsequent researches were given. Whether in laboratory experiments or in field experiments, other than the population dynamics, more detailed data is needed to comprehend contraception control thoroughly. It is urgent to know that whether sterilants are safe to non-target animals and the environment. A population links with other populations closely or loosely. The change of rodent pest population subjected to contraception control must induce change of other populations. The effect of contraception control on other populations is desired to know. Every control method possesses itself feature, the union of some control methods may reach better integrative results. The phenomenon of competitive reproductive interference is existent and it suppresses the rodent pest population further. In mathematical models the factor of competitive reproductive interference ought to be involved.

Key Words: rodent pest; contraception control; laboratory experiment; field experiment; mathematical model

健康的生态系统是稳定、具有活力、有自调节能力的一个整体,其生物群落在结构和功能上与理论描述相近。系统为每一种植物、动物、微生物都准备了它们所需要的那份食物和生存空间。任何种植物、动物、微生物在系统中都有自己的位置,必不可少且无可替代;它们的存在不仅无害,还有助于维持整个系统的健康发展。然而在自然变异过程和人类不合理活动的影响下,系统的平衡被打破,每种生物都有可能偏离它原来的轨迹,数量减少或增多。如果发生种群数量的爆发,对人类的利益产生负面影响,则变成有害生物,如果是鼠类,则称为害鼠。

鼠害是农业生产的重要灾害,鼠类为杂食性动物,农作物从种到收的全过程以及农产品贮存过程中都可能遭受其害。我国年均发生鼠害面积约 4000 万 hm^2 ;涉及农户近 1.2 亿户;粮食损失超过 100 亿 kg,棉花 100 万担,甘蔗约 5000 万 kg,加上其它经济作物,年经济损失 80 亿—100 亿元^[1]。林业上,害鼠主要食害树种,啃咬成树、幼树苗,伤害苗木的根系,盗食森林的种子,从而影响植物固沙、森林更新和绿化环境。2010 年我国林业鼠(兔)害面积 193 万 hm^2 ^[2]。牧业上,害鼠大量啃食牧草,造成草场退化、载畜量下降、草场面积缩小;沙质土壤地区常因植被被鼠类破坏造成土壤沙化;鼠类的挖掘活动还会加速土壤风蚀,严重影响牧业的发展和草原建设的进行。草地鼠害是制约畜牧业发展的重要因素之一。主要草地害鼠不到 10 种,但数量惊人。2010 年,全国草原鼠害危害面积 3867.8 万 hm^2 ,占草原总面积的 10%^[2]。鼠类有终生生长的门齿,具有很强的咬切力,它们能对建筑物和一些设施造成很大危害。鼠类还是流行性传染病的潜在宿主,直接威胁着人类健康和畜牧业的安全。

当预见到鼠害即将出现或鼠害已经出现后,人们会采取各种办法对其控制,以减少利益的损失。传统的鼠害治理方法主要有使用化学药物防治、生物防治、使用驱避剂防治、物理机械防治、综合治理等。在这些治理鼠害的方法中,实际使用最多的是化学药物毒杀法。化学药物可在一定时期内快速灭鼠,但化学药物会污染环境,危及人畜安全,造成二次中毒和生物富集,并可导致鼠类天敌生物种类和数量的下降,破坏生态系统的稳定性,长期使用会使鼠类产生抗药性,因而无法长期稳定地控制鼠害。其它方法有的不能大面积使用,有的耗费人力物力,有的需要多方协调。于是人们开始探索利用不育技术来控制害鼠,这为鼠害的防治添加了一条新途径。

1 鼠类不育控制的简单介绍

不育控制即借助某种技术或方法使雄性或\和雌性绝育,或阻碍胚胎着床发育,甚至阻断幼体生长发育,以降低生育率,从而控制种群的增长^[3],不育控制实际上是降低种群的出生率。通常情况下,不育雄性个体仍然能像正常雄性个体一样进行交配,并且保持原有的社会等级;雌性在与某个不育雄性交配之后就减少了与其他雄性个体交配的机会,所以,由于不育雄性的存在,正常雌性也可能不能进行繁殖。这就是所谓的竞争性繁殖干扰,竞争性繁殖干扰使种群内参与有效繁殖的个体数减少,进一步降低了种群的出生率,延缓了种群

数量的恢复。不育个体除不再生殖外,还继续占有巢域,消耗资源,保持社群紧张,能够抑制种群快速恢复。

害鼠取食含有不育剂的饵料后可以导致不育,有的不育剂只使得雌性不育,有的只使得雄性不育,有的可以使两性都不育。也可以通过结扎输卵管或输精管导致不育,这种方法通常用于实验动物或大型动物。不育个体不能导致其它个体不育,随着外科手术的结束、或不育剂的失效,不会再产生新的不育个体;随着不育个体生育能力的恢复或死亡,在种群中不育个体逐渐减少。上面提到的不育控制是非自传播的,还有一种自传播方式的不育控制,即在害鼠种群中散布带有不育疫苗的病毒,当害鼠感染病毒后,其中的不育疫苗在害鼠体内导致免疫反应,破坏生殖系统,使得害鼠不育。不育的害鼠能将病毒直接或间接传染给其它个体,使其它个体感染并不育。这种自传播方式下,病毒在害鼠种群中可以存在很长时间或者长期存在,害鼠的不育个体不断产生。由于一些关键问题没能解决,目前使用的主要是非自传播方式的不育控制,本文中也只对这种不用控制进行总结。

不育控制的概念最早由 Knipling^[4] 在 20 世纪 60 年代初提出,Davis^[5] 和 Wetherbee^[6] 较早地开展了应用不育剂控制褐家鼠(*Rattus norvegicus*) 数量的研究。直到 20 世纪 70 年代中期,化学不育剂曾是研究的热点,随后由于人们认识的不足,不育控制的研究基本上处于停滞的状态。20 世纪 80 年代中期以来,对不育剂的研究又活跃起来,两种不育剂 Epibloc 和 Glyzophro 已经商品化,在美国、加拿大、澳大利亚、印度等国家已广泛用于野鼠的控制^[7]。

我国对害鼠的不育控制进行了广泛的研究,主要集中于室内药理药效实验,野外控制实验和利用数学模型对控制下害鼠的种群动态进行理论分析等 3 个方面。涉及到的鼠类有重要的害鼠和实验用鼠,如布氏田鼠(*Lasiopodomys brandtii*)、长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)、高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)、棕背䎃(*Myodes rufocanus*)、褐家鼠、子午沙鼠(*Meriones meridianus*)、大仓鼠(*Tscherskia triton*)、朝鲜姬鼠(*Apodemus peninsulae*)、黑线毛足鼠(*Phodopus campbelli*)、甘肃鼯鼠(*Eospalax fontanierii*)、黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*)、金毛地鼠(*Mesocricetus amatus*)、金黄地鼠(*Syrian hamster*)、灰仓鼠(*Cricetulus migratorius*)、棕色田鼠(*Lasiopodomys mandarinus*)、大鼠(*Rattus norvegicus*)、小鼠(*Mus musculus*)等。在关于人类避孕的研究中,人们对很多不育物质有了认识,也积累了大量研究经验。人和鼠类都是哺乳动物,很自然地,人们以人类的不育物质为基础尝试对害鼠进行不育控制。涉及到的不育剂有贝奥不育剂(雷公藤多甙)、棉酚、 α -氯代醇、环丙醇类衍生物、油茶皂素、更昔洛韦、M001 雄性不育灭鼠剂(麟氧氮丙啶)、芸香、MSP-1(醇类雄性不育剂)、甲基炔诺酮(18-甲)、左炔诺孕酮、蓖麻油、天花粉、YY 不育剂、秋水仙素、丝裂霉素 C、长春新碱、蓖麻提取物、MG 复合不育剂(一种类激素和棉酚混合而成)、第 2 代 MG 鼠类不育灵颗粒剂、左炔诺孕酮-炔雌醚复合剂(EP-1,复方 18-甲)、莪术醇、印楝油、生物不育灭鼠剂、鼠克星、“栓绝命”灭鼠剂、人用避孕药等。在我国已经有 13 种鼠类不育剂申请了专利^[8](表 1)。

表 1 鼠类不育剂专利
Table 1 Patents of rodent sterilants

专利名称 Name of patents	有效成分 Active ingredient
雄性不育灭鼠剂及其制备方法	棉酚、雷公藤内酯
鼠用植物性复合不育剂	醋酸棉酚、天花粉、莪术
鼠类不育剂及其制备方法	环丙醇类衍生物
一种鼠不育药物及其制备方法	蓖麻油、蓖麻蛋白
以更昔洛韦用于灭鼠的雄性不育灭鼠剂及其配方	更昔洛韦
一种雄性不育灭鼠剂及其制备方法	雷公藤多甙
哺乳动物雄性不育剂	炔雌醚
一种鼠类不育颗粒药饵及其制备方法	不详
一种鼠用不育剂	脂族醇衍生物植物油、天花粉
含有雷公藤甲素的不育灭鼠剂及其制备方法	雷公藤多甙
一种雌性化学不育的灭鼠饵料	卡麦角林
一种控制雌性害鼠不育的饵料	米非司酮
一种抑制两性繁殖的鼠类不育剂饵料	尼尔雌醇

2 不育剂药效的室内实验

在用不育剂控制害鼠之前,要了解不育剂对害鼠有什么影响,这主要通过室内实验来完成。室内实验主要测试不育剂的适口性、半不育剂量、毒性、不育效果、实验动物的生理变化和和行为变化等内容。不同的不育剂可能有不同的作用机理,加之不同鼠种之间也存在差异,因此可能的不育剂和可能的鼠种要一一配对进行测试。在我国,多种可能的不育剂与多种鼠配对进行了测试(表2)。

表2 不育剂的室内实验结果

Table 2 Experimental results about sterilants in laboratories

不育剂 Sterilants	鼠种 Rodents	不育作用 Sterile effect	行为 Behaviour	致死性 Lethality	参考文献 References
贝奥不育剂	小鼠	有	行动迟缓	有	[9]
贝奥不育剂	金毛地鼠	有	—	—	[10]
贝奥不育剂	小鼠	有	—	有	[10]
贝奥不育剂	金黄地鼠	有	—	—	[11]
贝奥不育剂	布氏田鼠	有	交配正常	无	[12]
贝奥不育剂	长爪沙鼠	有	—	有	[13]
EP-1	长爪沙鼠	有	—	有	[13]
EP-1	布氏田鼠	有	—	无	[14]
EP-1	灰仓鼠	有	—	无	[14]
EP-1	子午沙鼠	有	—	有	[14]
EP-1	长爪沙鼠	有	行动缓慢,雌性间 撕咬增多	—	[15]
EP-1	小鼠	有	—	有	[16]
EP-1	大仓鼠	有	—	—	[17]
甲基炔诺酮	小鼠	有	—	有	[16]
α -氯代醇	大仓鼠	有	—	有	[18]
α -氯代醇	大鼠	有	—	有	[19]
α -氯代醇	高原鼠兔	有	—	—	[20]
α -氯代醇	布氏田鼠	有	无影响	有	[21]
α -氯代醇	大鼠	有	—	—	[22]
鼠克星	布氏田鼠	有	无影响	—	[23]
环丙醇类衍生物	褐家鼠	有	—	—	[24]
环丙醇类衍生物	褐家鼠	—	无影响	—	[25]
秋水仙素	小鼠	有	—	—	[26]
丝裂霉素 C	小鼠	有	—	—	[26]
秋水仙素+丝裂霉素 C	小鼠	有	—	—	[26]
长春新碱+丝裂霉素 C	小鼠	有	—	—	[26]
抗凝血类化合物	高原鼠兔	—	攻击行为变化	—	[27]
人用避孕药	高原鼠兔	—	攻击行为变化	—	[27]
油茶皂素	小鼠	有	—	—	[28]
生物不育灭鼠剂	小鼠	有	—	有	[29]
左炔诺孕酮	大鼠	无	—	—	[30]
YY 不育剂	大鼠	有	—	—	[30]
更昔洛韦	小鼠	有	无影响	—	[31]
棉酚	小鼠	有	—	—	[32]
棉酚	布氏田鼠	有	行动迟缓	有	[33]
天花粉	小鼠	有	—	—	[32]
—	高原鼠兔	有	—	有	[34]
棉酚+天花粉	朝鲜姬鼠	有	—	—	[35]
棉酚+天花粉	棕背鼯	有	—	—	[35]

续表

不育剂 Sterilants	鼠种 Rodents	不育作用 Sterile effect	行为 Behaviour	致死性 Lethality	参考文献 References
蓖麻油	小鼠	有	—	有	[36]
M001 雄性不育灭鼠剂	小鼠	有	—	—	[37]
芸香	小鼠	有	—	—	[38]
“栓绝命”灭鼠剂	小鼠	有	—	有	[39]
“栓绝命”灭鼠剂	大鼠	有	—	有	[39]
莪术葡萄糖注射液	棕色田鼠	有	有较多攻击行为	—	[40]
0.2% 莪术醇	布氏田鼠	有	无影响	—	[41]
MSP-1	高原鼠兔	有	—	—	[42]
印楝油	小鼠	有	—	—	[43]

除了左炔诺孕酮对大鼠没有不育作用外^[30],其他被测试的不育剂对相应的鼠类都有不育作用。有些不育剂对鼠类的行为没有影响,有些不育剂对一些鼠类的行为产生了影响。不育剂如果不影响害鼠的行为,那么不育雄性的竞争性繁殖干扰作用可以使害鼠种群进一步受到抑制,达到更好的控制效果。实验中也观察到有些不育剂对一些鼠类的行为有影响,不育鼠行动迟缓,攻击性改变等,这在一定程度上会影响竞争性繁殖干扰的作用。有些不育剂在达到一定剂量后对一些鼠类有致死作用,即不育剂有不育和灭杀双重作用。张知彬^[3]认为不育和灭杀同时使用时会有更好的控制效果,刘汉武等^①利用数学模型也证实了这种可能,所以有致死作用的不育剂更理想。利用一种生物不育灭鼠剂对小鼠进行不育处理后,观察到了不育个体的复孕现象^[29],符和平等也在野外观察到 EP-1 控制下的长爪沙鼠会恢复生殖能力。这说明某些不育剂导致的不育可能会恢复,这对害鼠的控制是不利的,在实际控制时,要特别注意这种现象,对短效不育剂,要减小控制间隔,以达到最好的控制效果。在实验中还观察到雌鼠孕期延长现象^[40],这对害鼠的控制是有利的。不育剂对鼠类的不育作用和致死作用与不育剂的摄入剂量紧密相关,一般情况下,不育剂的摄入量越多,不育的效果越好,致死率也越大。所以,在利用不育剂控制害鼠之前要认真的进行室内实验,找到适宜的摄入剂量,以达到理想的控制效果。不育剂对其他动物的安全性是值得关注的问题,这方面只有零星的研究,发现更昔洛韦^[31]和 M001 雄性不育灭鼠剂^[37]对家鸽(*Columba livia f. domestica*)没有任何毒性作用。

3 野外不育控制实验

野外实验主要实地考察不育控制下害鼠种群变化的规律,多种不育剂在多种生境中针对多种害鼠进行了控制实验(表 3)。只有醋酸棉酚在草地上对鼫鼠(*Myospalax*)的控制没有明显的效果^[48],其他所有实验都有较好的控制效果。实验中还观察到环丙醇类衍生物对褐家鼠^[44],Ep-1 对长爪沙鼠^[15],甲基炔诺酮对甘肃鼫鼠^[58]等有致死作用。使用贝奥和 EP-1 分别对雄性和雌性布氏田鼠进行的控制实验还证实竞争性繁殖干扰现象的存在^[55]。由于鼠类有一定的巢区,同时也有迁移习性,不育控制的面积不宜太小,否则会影响控制效果^[46]。

4 不育控制下害鼠种群动态的理论研究

建立数学模型,对数学模型进行理论分析和数值模拟,可以分析不育控制下的种群动态,评价各参数的作用,比较不同控制的效果,预测害鼠种群发展趋势等,目前这一方面的研究还比较少。

作为不育控制下害鼠种群动态的奠基性工作,Knipling 和 McGuire^[62]最早利用模型比较了灭杀和不育控制下的害鼠种群动态。在一个有 1 万只老鼠的种群里,灭杀不会导致种群灭绝,种群很快会恢复到原来的水平;而如果使连续三代的 70% 雄性和雌性老鼠不育,这个种群就会灭绝。虽然模型中有很多假设,但得到的结果使人们对利用不育技术控制害鼠充满了期待。

关于不育控制,人们关心是否有好的控制效果,以及与传统灭杀法相比,效果如何。利用静态模型,

① 私人通讯

Zhang^[63] 分析了 5 种情况下的不育控制,在不考虑竞争性繁殖干扰的情况下,不育控制和灭杀控制有相同的效果;如果考虑竞争性繁殖干扰,不育控制比灭杀控制有更好的效果;控制小型动物需要达到较高的不育率;扩散会降低控制效果。Shi 等^[64] 建立了布氏田鼠种群的 Leslie 模型,利用野外实验得到的数据,通过模拟认为在春天两次不育控制与一次化学灭杀具有类似的控制效果;如果在秋天进行控制,不育控制比灭杀控制有更好的效果。

表 3 不育剂的野外控制实验

Table 3 Results about sterilants in field experiments

不育剂 Sterilants	生境 Habitats	参考文献 References
更昔洛韦	农田	[31]
更昔洛韦	农村	[31]
环丙醇类衍生物	岛屿	[44]
环丙醇类衍生物	养殖场	[45]
棉酚+天花粉	林地	[46]
棉酚+天花粉+莪术粉	林地	[47]
醋酸棉酚	草地	[48]
贝奥	林地	[10]
贝奥	农村	[49]
贝奥	居民区	[50]
贝奥	林地	[51]
贝奥	林地	[52]
Ep-1	草地	[53]
Ep-1	农牧交错带	[15]
EP-1	围栏	[54]
贝奥+EP-1	围栏	[55]
MG 复合不育剂	林地	[56]
第 2 代 MG-鼠类不育灵颗粒剂	林地	[57]
—	草地	[34]
甲基炔诺酮	草地	[58]
生物不育灭鼠剂	农村	[59]
0.2% 莪术醇	农田	[60]
0.2% 莪术醇	林地	[61]
M001 雄性不育灭鼠剂	农田	[37]
“栓绝命”灭鼠剂	农村	[39]
α -氯代醇	工厂	[22]

如果只对雌性进行不育控制,可育雌性转化成不育雌性的不育率、对可育雌性的灭杀率、选择性收获率等都是可育雌性子种群的移出率。李秋英等^[65-66] 研究了对雌性进行不育控制的单种群模型,当可育雌性子种群的增长率小于雌性的不育率时种群灭绝。王文娟和李秋英^[67] 研究了不育和捕获控制下的单种群模型,当可育雌性子种群的增长率小于不育率和捕获率的和时种群灭绝。所以,当可育雌性子种群的增长率小于所有移出率的和时,种群灭绝,这点说明,在决定种群是否灭绝上,所有移出率的作用是相同的。如果不考虑性别,在不育控制时可以得到和上面类似的结果^[68],即:当可育子种群的增长率小于所有移出率的和时,种群灭绝。刘汉武等^[69] 考虑对两性以不同不育率进行控制,建立了 4 维常微分方程模型,分析表明不育控制比化学灭杀在抑制和消灭种群上都具有更好的效果;在不考虑竞争性繁殖干扰时,雌性不育率和雄性不育率的作用是不对称的,在不育控制中雌性的不育率具有更为重要的作用。李秋英等^[70] 讨论了不育和天敌的定期释放控制下害鼠的种群动态,不育率和天敌释放强度满足一定条件时,害鼠种群会逐渐消亡。

5 研究中需要注意的问题

我国在鼠害不育控制的各个方面都作了一定的工作,总结前面的经验,在今后的研究工作中下面几个方面值得注意。

(1)无论在实验室还是野外,期望更详细的、更长时间的种群动态。不育控制是一个新兴的事物,人们期望对它有更多的了解。不育控制首先改变害鼠的生理状况,然后抑制种群的增长。作为对生理和种群规模改变的反应,除了总的种群规模外,害鼠种群在其他方面也会发生变化,如怀孕率、胎仔数、妊娠期、成熟年龄、成体存活率、出生性别比、幼体存活率等。除了需要知道是否有控制作用外,还需要了解被控制种群更长久的动态,至少应观察到所有不育个体全部消失后。除非只想了解某种药物是否有不育作用,在给实验鼠喂食不育剂时要遵循一定的规则,如每隔固定的时间或每当种群达到一定的规模时喂食,这样得到的数据更有意义。

(2)环境问题值得关注 在提到不育控制的优点时,往往会指出其“比较安全,环境污染小”,需要用事实来说明是否真正如此。当在草原上大面积投撒不育剂时,牛羊和鸟类取食之后是否会中毒,是否会导致不育?不育剂及其降解产物随水渗入地下或流入江河之后,是否会产生生物富集现象?这些需要通过大量实验和长期观察来回答。

(3)实验与模型紧密结合 利用数学模型可以全面分析种群动态,预测种群发展趋势,但模型中的参数来源于实验研究,实验研究只能观察特定情况下、特定时间段的种群动态,要想了解更多,需要借助数学模型。所以模型研究和实验研究应该相辅相成,取长补短。在设计实验方案时,可以同时建立数学模型,根据模型中的参数需要去统计实验数据,这样根据实验数据也可以更好的检验模型。

(4)注意相关种群 一个生境中往往同时生活着多种动物,种群间通过复杂的联系协调变化,不育控制可能只对其中的一种害鼠有作用,或以不同强度对多种动物起作用,在不育控制这种干扰下,直接受到影响的种群会改变原来的发展趋势,这必然导致与其相关的种群也作出相应的变化。王西之等^[71]观察到不育控制后小家鼠对褐家鼠的“种间替代”现象。

(5)与其他控制方法结合使用 每一种控制方法都有其自身的特点,如综合治理可以改变害鼠的栖息环境,降低害鼠种群的环境容纳量,这可以从根本上根除鼠害;化学灭杀见效快,控制后害鼠种群迅速下降到很小;不育控制同样可以使害鼠种群下降到很小,但与化学灭杀相比,下降得比较缓慢^[62]。所以多种控制方法联合使用可能会达到更理想的效果,张知彬^[3]曾预言化学灭杀与不育控制的结合会有更好的控制效果。

竞争性繁殖干扰现象是存在的,它使种群规模更小,在数学模型,应体现出这一因素。用 δ 表示可育雌性中实际成功繁殖的比例,这和害鼠的婚配制度密切相关。用 m 表示雄性中可育个体所占的比例,则 $0 \leq m \leq 1$,如果害鼠是一夫一妻制或一夫多妻制,则 $\delta = m$;如果是一妻 n 夫制,则 $\delta = 1 - (1 - m)^n$;如果是混交制,需要根据具体情况确定 δ 的表达式,例如,若每只雌鼠只和 n 只雄鼠交配,则 δ 与一妻 n 夫制的情况形相同。如果害鼠不是单一的婚配制度, δ 难以用具体的表达式表示,对此种情况以及更一般的混交制, δ 是 m 的增函数, $m = 1$ 时,有 $\delta = 1$, $m = 0$ 时,有 $\delta = 0$ 。

References:

- [1] Shi D Z, Guo Y W. The condition and reason of agriculture and animal husbandry rodent pest in China//Cheng Z M, ed. Technological Innovation and Development of Plant Protection. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2008: 215-217.
- [2] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. 2010 Report on the State of the Environment in China. Beijing: MEP, 2011.
- [3] Zhang Z B. The ecological fundamentals of rodent control by contraception. Acta Theriologica Sinica, 1995, 15(3): 229-234.
- [4] Knipling E F. Sterile male method of population control. Science, 1959, 130(3380): 902-904.
- [5] Davis D E. Principles for population control by gametocides. Transactions of the North American Wildlife Conference, 1961, 26: 160-167.
- [6] Wetherbee D K. Vertebrate pest control by biological means//Knipling E F, ed. Pest Control by Chemical, Biological, Genetic, and Physical Means. Washington: Agricultural Research Service, 1966: 102-111.
- [7] Zhu J, Zhang Z B. The present states and control strategies of agriculture and animal husbandry rodent pest. Information Research of Agriculture

- and Animal Husbandry, 1988, (7): 1-10.
- [8] State Intellectual Property Office of the People's Republic of China. [2011-06-01]. <http://www.sipo.gov.cn/>.
- [9] Ji Z Y, Yuan J F, Chen B H, Yu C, Ye S Y. Experiment on Beiao male sterilitant. Shanghai Laboratory Animal Science, 2004, 24(4): 241-242.
- [10] Jiang Y L, Li G Z, Li J C, Ji Q L, Wang Y H, Zhuang X T. A test report on controlling forest rats by using Beiao male sterilitant. Jilin Forestry Science and Technology, 2006, 35(3): 26-29.
- [11] You D K, Dong X B, Song Y S, Li J C, Sun Y J, Jiang Y L. "BIO" male sterilitant screening trail against *Syrian hamster* in lab. Forest Pest and Disease, 2006, 25(2): 32-34.
- [12] Li J M, Zheng M, Guo Y W, Hai S Z, Wu X P, Ji L L, Shi D Z. The sterility effect of tripterygium glucosides (*Tripterygium wilfordii*) on male Brandt's voles. Acta Theriologica Sinica, 2009, 29(1): 69-74.
- [13] Huo X F, Wang D, Liang H C, Shi D Z, Zhang H Q, Liang J J. A preliminary study on the anti-fertility effect of two sterilitants to clawed jirds (*Meriones Unguiculatus*). Acta Agrestia Sinica, 2006, 14(2): 184-187.
- [14] 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.
- [15] Liang H C, Huo X F, Wang D, Shi D Z, Zhang H Q, Liang J J. A preliminary study on the control effect of the sterilitant on the population of clawed gerbil. Plant Protection, 2006, 32(2): 45-48.
- [16] Zhang X L, Duan Y H, Wu Y F, Wang W N, Cao W L. Effect of two of the contraceptive medicine on fertility of mice. Journal of Ningxia University (Natural Science Edition), 2005, 26(1): 71-74.
- [17] 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.
- [18] Zhang Z B, Wang S Q, Hao S S, Wang F S, Cao X P. The sterile effect of α -chlorohydrin on *Cricetulus triton*. Acta Theriologica Sinica, 1997, 17(3): 232-233.
- [19] Zhang Z B, Wang S Q, Hao S S, Cao X P, Wang F S. The sterile effects of α -chlorohydrin on male rats. Acta Zoologica Sinica, 1997, 43(2): 223-225.
- [20] Wu Y X. Study on Effect of the Reproductive Toxicity of α -Chlorohydrin in Male Plateau Pika. Ya'an: Sichuan Agriculture University, 2010.
- [21] Zhou Y, Hai S Z, Shi D Z. Sterile effect of different dosages of α -chlorohydrin on male Brandt's vole//Preceding of the National Symposium on Rodents and Ectoparasites. Beijing: The Society for Vector Biology and Control, Chinese Preventive Medicine Association, 2009: 17-20.
- [22] Wang J, Ren D S, Liu Q Y. Laboratory and field observations of the impact of rodent control with α -chlorohydrin baits. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2010, 21(2): 157-158.
- [23] Fu Y, Shi D Z, Guo Y W, Wu X P, Ji L L. Sterile effect of male sterilitant-"Shukexing" on Brandt's voles//Cheng Z M, ed. Technological Innovation and Green Plant Protection. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2006: 358-364.
- [24] Chen D P, Wang Y Z, Yang S Z. Study on the effect of chemical sterility-halo propanediol derivative in noway rat, *Rattus norvegicus*. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2004, 15(6): 437-438.
- [25] Wang Y Z, Chen D P, Ma L, Yang S Z. Study the socially productive behavior on sterile male of *Rattus norvegicus*. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2006, 17(5): 363-365.
- [26] Peng H M, Yang P, Duan M S, Huang M, Yu X M. The effect of oral drugs on reproduce rate of mice. Chinese Journal of Preventive Medicine, 1995, 29(5): 318-318.
- [27] Wei W H, Fan N C, Zhou W Y, Yang S M, Jing Z C, Cao Y F. The Change of aggressive behaviour and hormone change of plateau pika after contraception control. Acta Theriologica Sinica, 1999, 19(2): 119-131.
- [28] Chen J F, He X L, Li F, Chen H, Wu J Z, Guo Y H. Experimental research on antifertility function of sasanqua saponin sterilitant against rodent. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2006, 17(1): 11-14.
- [29] Ma Y L, Chen J P, Dai X. Experiment on biological sterilitants. Chinese Journal of Pest Control, 2008, 24(6): 457-457.
- [30] Chen C A. Study on rodents chemoserilant. Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments, 2004, 10(1): 13-15.
- [31] Zhang Z B. Study on Reproductive Toxicity of Ganciclovir with Potential Application in Rodential Biocontrol [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2006.
- [32] Chen R H, Zhao R L, Huang N Z, Zhao Z J. A studies on the fertility control of rat with plant sterilizer. Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition), 1990, (2): 53-60.
- [33] Li G, Guo Y W, Wu X P, Hai S Z. A study on anti-fertility of gossypol to *Lasiopodomys brandtii*. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2009, 20(5): 404-406.
- [34] Wei W H, Fan N C, Zhou W Y, Yang S M, Jing Z C, Cao Y F. The control effect of compound sterilitant on population of plateau pika. Acta Agrestia Sinica, 1999, 7(1): 39-45.
- [35] Zhang C M, Wu K Y, Chen R H, Zhao R L, Yang C W. The anti-fertility effect of compound sterilitant on forest rodent pest. Journal of Liaoning Forestry Science and Technology, 1994, (Z1): 65-66.
- [36] Zhang X X. Study on the Separation, Identification and the Mechanism of Antifertility Bioactive Components from Castor Bean (*Ricinus communis* L.) Seed Extract in Female Rodents. Chengdu: Sichuan University, 2007.

- [37] Liu W. Reproductive Toxicity Research of M001 and Application as Rodential Control Method in Agricultural Sciences [D]. Beijing: Peking Union Medical College, 2006.
- [38] Wang Z X, Qin R, Yang Y F, Liu L, Liang X M, Qu W M. Study on rat male sterility by rue bait to a purpose of biological deratization. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2010, (3): 56-57.
- [39] Lian Y L, Su Y C, Guo J W, Lian J H, Lian X J, Su T Z, Zhao J R, Wei M L, Chen L G, Yuan C H. Effect of "Shuanjueming" on control rodent. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2006, 17(3): 234-236.
- [40] He F Q, Wang B. Oral zedoary oil inhibited sexual behavior and the expression of estradiol receptor in brain nuclei of female mandarin vole (*Microtus mandarinus*). Acta Theriologica Sinica, 2010, 30(2): 218-222.
- [41] Jiang Y E, Guo Y W, Shi D Z, Du G L. The anti-fertility effect of curcumol baits on *Lasiopodomys brandti*. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2011, 22(1): 22-25.
- [42] Wu Y X, Liu S Y, Zhong N N, Zhao J, Zha K, Zhang M. Effects of the male sterile preparation (MSP-1) on plateau pika (*Ochotona curzoniae*) sperm. Acta Theriologica Sinica, 2010, 30(2): 229-233.
- [43] Yang F. Research on the Preparation of the Neem Oil Granules for Rodents' Ambisexual Sterility and Study on Its Quality Standard and Pharmacodynamics [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2010.
- [44] Ye Q L, Ma L, Yang X R, Cao R Y, Li Y C, Fu X L, Xie D G, Liao J. Field experiment of male sterlant (halo propanediol derivative) on controlling rodent pest. Chinese Journal of Pest Control, 2003, 19(12): 717-718.
- [45] Yang X R, Ma L, Liao J, Cao R Y, Li Y C. Effect of male sterlant-halo propanediol derivative on controlling rodent pest in chicken farm. Chinese Journal of Pest Control, 2004, 20(9): 524-526.
- [46] Zhuang K X, Jia P F, Chu D Z, Chen X, Li Y. Application of new technique in the control of forest rodent pest by plant sterilent. Forest Pest and Disease, 2001, (S1): 34-37.
- [47] Zhang C M, Wu D H, Zhao R L, Zhang L. Study on rat-killing effect of a new plant sterile drug. Journal of Liaoning Forestry Science and Technology, 1999, (1): 35-38.
- [48] Yan X M, Yin H Y, Zhou S J. Effect of sterlant on decreasing of grassland rodent. Journal of Sichuan Grassland, 1990, (3): 50-52.
- [49] Sun H Z, Fei J B, Xu J H, Li S L, Ding L J, Xu R Q, Zhang P L, Zhao B. Efficacy of field application of BIO masculine sterility rodenticide. Chinese Journal of Hygienic Insecticides and Equipments, 2006, 12(4): 266-270.
- [50] Chen J P, Ding K Z, Ma Y L. Observation of wild rodent pest control with "BIO" male sterlant. Chinese Journal of Pest Control, 2006, 22(11): 807-808.
- [51] Zhang J S, Wang G S, Kang E N, Meng X Y, Li S, Zhang J H. Control effect of "BIO" sterlant in the forests. Forest Pest and Disease, 2008, 27(6): 39-40.
- [52] You D K, Song Y S, Jiang Y L, Pan J J, Chai S Q, Dong X B. Experiment against two forest mice with "BIO" male sterlant. Forest Pest and Disease, 2010, 29(6): 46-49.
- [53] Wan X R, Shi S M, Bao X, Guan Q G, Yu C, Wang G H, Liu W, Zhang Z B, Zhong W Q, Jiao Y S, Qimuge H. 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.
- [54] 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.
- [55] Zhang L L, Shi D Z, Wang D. Effect of different sterility rates on Brandt's vole population. Acta Agrectir Sinica, 2009, 17(6): 830-833.
- [56] Yang C W, Zhang G C, Jin J L, Gao S Q. Using a sterlant of MG compound against *Clethrionomys rufocanus*. Forest Pest and Disease, 2002, 21(5): 8-10.
- [57] Sun C M, Liu T Z, Yang B, Qi D Y, Jin M L, Zhang W. Experiment of second generation MG rodent sterlant on control forest rodent. Forest Pest and Disease, 2009, 28(3): 46-46.
- [58] Zhang X L, Tang W, Gu Z Y, Wang Y K, Zhang Y H, Cheng H. Experiment of population control with norgestrel (NGT) on Gansu zokor (*Myospalax cansus Lyon*) in mountainous area of southern Ningxia. Journal of Agricultural Sciences, 2005, 26(1): 37-40.
- [59] Shen Y, He E Q, Luo J, Lu H F, Chen J P, Ma Y L, Dai X. Studies on the effects of biological infertility anti-rat bait on rodents control. Modern Preventive Medicine, 2008, 35(21): 4221-4223.
- [60] Zhao J, Huang Y Z, Li Y, Zhao R L, Guo J P, Liu S Q, Liu B X. Experiment against agricultural pest rats with 0.2% curcumol sterlant. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2010, (6): 95-97.
- [61] Ju H L, Ma W X, Han Y, Guo D Q. Test on control forestry mole with biological sterile drug. Science and Technology of Qinghai Agriculture and Forestry, 2006, (4): 60-62.
- [62] Knipling E F, McGuire J U. Potential Role of Sterilization for Suppressing Rat Populations: A Theoretical Appraisal. Washington: United States Department of Agriculture, 1972.
- [63] Zhang Z B. Mathematical models of wildlife management by contraception. Ecological Modelling, 2000, 132(1/2): 105-113.
- [64] 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 brandti*. Journal of Applied Ecology, 2002, 39(2): 337-348.

- [65] Li Q Y, Zhang F Q, Liu H W. Model of single-species population with sex-structure under contraception control. *Mathematics in Practice and Theory*, 2009, 39(19): 145-151.
- [66] Li Q Y, Liu H W, Zhang F Q. Large model of single-species population with sex-structure and contraception control. *Journal of Hebei Normal University(Natural Science Edition)*, 2010, 34(3): 263-267.
- [67] Wang W J, Li Q Y. A model of single-specie with harvesting control and contraception control. *Journal of Shanxi Normal University: Natural Science Edition*, 2011, 25(1): 29-33.
- [68] Wang L H, Liu H W, Zhang F Q. Model of single-species population under contraceptive control with harvesting rate. *Mathematics in Practice and Theory*, 2010, 40(20): 234-237.
- [69] Liu H W, Zhou L, Liu W, Zhou H K. Theoretical model of *Ochotona curzoniae* control via contraception. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(7): 1238-1243.
- [70] Li Q Y, Zhang F Q, Liu H W. A model of predator-prey population with contraception and impulsive stoking. *Mathematics in Practice and Theory*, 2010, 40(16): 94-100.
- [71] Wang Y Z, Ma L, Chen D P, Yang S Z. Control rodent pest with chemical sterility-halo propanediol derivative III. Control effect of field trial. *Sichuan Journal of Zoology*, 2003, 22(4): 215-217.

参考文献:

- [1] 施大钊, 郭永旺. 我国农牧业鼠害发生状况及成因分析//成卓敏. 植物保护科技创新与发展. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2008: 215-217.
- [2] 中华人民共和国环境保护部. 2010 年中国环境状况公报. 北京: 中华人民共和国环境保护部, 2011.
- [3] 张知彬. 鼠类不育控制的生态学基础. 兽类学报, 1995, 15(3): 229-234.
- [7] 朱靖, 张知彬. 农牧业鼠害综合治理的研究现状及对策. 农牧情报研究, 1988, (7): 1-10.
- [8] 中华人民共和国国家知识产权局网站. [2011-06-01]. <http://www.sipo.gov.cn/>.
- [9] 冀仲义, 袁锦富, 陈伯华, 虞春, 叶诗英. 贝奥雄性不育灭鼠剂的实验观察. 上海实验动物科学, 2004, 24(4): 241-242.
- [10] 蒋永利, 李桂枝, 李继成, 纪秋里, 汪永华, 庄秀廷. “贝奥”雄性不育灭鼠剂控制森林鼠类数量的试验报告. 吉林林业科技, 2006, 35(3): 26-29.
- [11] 尤德康, 董晓波, 宋玉双, 李继成, 孙永吉, 蒋永利. 贝奥雄性不育灭鼠剂室内药效试验. 中国森林病虫, 2006, 25(2): 32-34.
- [12] 李季萌, 郑敏, 郭永旺, 海淑珍, 吴新平, 嵇莉莉, 施大钊. 雷公藤制剂对雄性布氏田鼠的不育作用. 兽类学报, 2009, 29(1): 69-74.
- [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] 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.
- [15] 梁红春, 霍秀芳, 王登, 施大钊, 张焕强, 梁继军. 不育技术控制长爪沙鼠种群的初步研究. 植物保护, 2006, 32(2): 45-48.
- [16] 张显理, 段玉海, 吴永峰, 王万宁, 曹文丽. 人用不育剂对小鼠繁殖的影响. 宁夏大学学报(自然科学版), 2005, 26(1): 71-74.
- [17] 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.
- [18] 张知彬, 王淑卿, 郝守身, 王福生, 曹小平. α -氯代醇对雄性大仓鼠的不育效果观察. 兽类学报, 1997, 17(3): 232-233.
- [19] 张知彬, 王淑卿, 郝守身, 曹小平, 王福生. α -氯代醇对雄性大鼠的不育效果研究. 动物学报, 1997, 43(2): 223-225.
- [20] 吴宥析. α -氯代醇对雄性高原鼠兔生殖功能的影响. 雅安: 四川农业大学, 2010.
- [21] 周月, 海淑珍, 施大钊. 不同剂量 α -氯代醇对雄性布氏田鼠的不育作用//全国鼠类及体表寄生虫学术研讨会会议资料. 北京: 中华预防医学会媒介生物学及控制分会, 2009: 17-20.
- [22] 王君, 任东升, 刘起勇. α -氯代醇饵剂实验室及现场鼠害控制效果观察. 中国媒介生物学及控制杂志, 2010, 21(2): 157-158.
- [23] 付昱, 施大钊, 郭永旺, 吴新平, 嵇莉莉. 雄性不育剂-鼠克星对布氏田鼠作用的初步研究//成卓敏. 科技创新与绿色植保. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006: 358-364.
- [24] 陈东平, 王西之, 杨世枣. 环丙醇类衍生物不育剂对褐家鼠的控制效果. 中国媒介生物学及控制杂志, 2004, 15(6): 437-438.
- [25] 王西之, 陈东平, 马林, 杨世枣. 褐家鼠雄性不育处理后的社群生殖行为研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 2006, 17(5): 363-365.
- [26] 彭惠民, 杨培, 段明松, 黄茂, 余小梅. 口服药物对小鼠生育率的影响. 中国预防医学杂志, 1995, 29(5): 318-318.
- [27] 魏万红, 樊乃昌, 周文扬, 杨生妹, 景增春, 曹伊凡. 实施不育后高原鼠兔攻击行为及激素水平变化的研究. 兽类学报, 1999, 19(2): 119-131.
- [28] 陈剑锋, 何晓玲, 李锋, 陈浩, 吴锦忠, 郭养浩. 油茶皂素不育剂对鼠类抗生育功能的实验研究. 中国媒介生物学及控制杂志, 2006, 17(1): 11-14.
- [29] 马玉林, 陈继平, 戴新. 生物不育灭鼠饵剂在实验室的效果观察. 医学动物防制, 2008, 24(6): 457-457.
- [30] 陈长安. 鼠类不育剂研究. 中华卫生杀虫药械, 2004, 10(1): 13-15.
- [31] 张子伯. 更昔洛韦的生殖毒性作用及其对农业鼠害防制的研究. 北京: 中国协和医科大学, 2006.
- [32] 陈荣海, 赵日良, 黄迺珍, 赵宗健. 应用植物不育剂控制鼠类生育的试验研究. 东北师大学报(自然科学版), 1990, (2): 53-60.
- [33] 李根, 郭永旺, 吴新平, 海淑珍. 棉酚对雄性布氏田鼠的不育作用. 中国媒介生物学及控制杂志, 2009, 20(5): 404-406.

- [34] 魏万红, 樊乃昌, 周文杨, 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.
- [35] 张春美, 吴克有, 陈荣海, 赵日良, 杨春文. 复合不育剂对森林害鼠生殖阻断的研究. 辽宁林业科技, 1994, (Z1): 65-66.
- [36] 张小雪. 蓖麻油抗雌鼠生育作用活性物质的分离、分析及作用机理研究. 成都: 四川大学, 2007.
- [37] 刘巍. M001 雄性不育灭鼠剂的生殖毒性研究及其在农业鼠害防治方面的应用. 北京: 中国协和医科大学, 2006.
- [38] 王宗霞, 秦荣, 杨艳芳, 刘路, 梁晓明, 曲万明. 生物灭鼠新探索-芸香雄性不育毒饵的实验研究. 内蒙古农业科技, 2010, (3): 56-57.
- [39] 连耀林, 苏元成, 郭军旺, 连继红, 连晓军, 苏天泽, 赵金荣, 魏美丽, 陈连国, 袁长海. “栓绝命”灭鼠剂灭效观察. 中国媒介生物学及控制杂志, 2006, 17(3): 234-236.
- [40] 何凤琴, 王波. 口服莠去津抑制雌性棕色田鼠性行为 and 雌二醇受体在大脑核团中的表达. 兽类学报, 2010, 30(2): 218-222.
- [41] 蒋永恩, 郭永旺, 施大钊, 杜桂林. 莠去津毒饵剂对布氏田鼠的不育效果观察. 中国媒介生物学及控制杂志, 2011, 22(1): 22-25.
- [42] 吴宥析, 刘少英, 钟妮娜, 赵杰, 扎科, 张明. 一种醇类雄性不育剂对高原鼠兔精子的影响. 兽类学报, 2010, 30(2): 229-233.
- [43] 扬帆. 印楝油两性不育灭鼠颗粒剂的研制与质量标准及其药效学研究. 雅安: 四川农业大学, 2010.
- [44] 叶庆临, 马林, 杨学荣, 曹若愚, 黎艳春, 傅小鲁, 谢大刚, 廖骏. 雄性不育剂(环丙醇类衍生物)控制鼠害的现场效果试验研究. 医学动物防治, 2003, 19(12): 717-718.
- [45] 杨学荣, 马林, 廖骏, 曹若愚, 黎燕春. 环丙醇类衍生物-雄性不育剂对养鸡场控制鼠害效果观察. 医学动物防制, 2004, 20(9): 524-526.
- [46] 庄凯勋, 贾培峰, 初德志, 陈新, 李郁. 应用植物不育剂控制林木鼠害新技术应用. 中国森林病虫, 2001, (Z1): 34-37.
- [47] 张春美, 吴东海, 赵日良, 张来. 新型植物性不育剂与化学灭鼠剂杀鼠效果对比试验. 辽宁林业科技, 1999, (1): 35-38.
- [48] 颜显明, 尹会业, 周生甲. 不育剂减少草原鼠害的效果观察. 四川草原, 1990, (3): 50-52.
- [49] 孙红专, 费巨波, 徐建华, 李胜林, 丁丽娟, 徐仁权, 张品莲, 赵冰. 贝奥雄性不育灭鼠剂现场应用效果的研究. 中华卫生杀虫药械, 2006, 12(4): 266-270.
- [50] 陈继平, 丁柯中, 马玉林. 贝奥雄性不育灭鼠剂野外鼠害防制的效果观察. 医学动物防制, 2006, 22(11): 807-808.
- [51] 张军生, 王广山, 康尔年, 孟祥玉, 李山, 张金华. 贝奥不育剂林间防治效果调查. 中国森林病虫, 2008, 27(6): 39-40.
- [52] 尤德康, 宋玉双, 蒋永利, 潘竞军, 柴守权, 董晓波. 贝奥雄性不育灭鼠剂防治两种害鼠试验. 中国森林病虫, 2010, 29(6): 46-49.
- [53] 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.
- [54] 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.
- [55] 张亮亮, 施大钊, 王登. 不同不育比例对布氏田鼠种群增长的影响. 草地学报, 2009, 17(6): 830-833.
- [56] 杨春文, 张广臣, 金建丽, 高淑琴. MG 复合不育剂防治棕背䖃的研究. 中国森林病虫, 2002, 21(5): 8-10.
- [57] 孙成明, 刘铁柱, 杨斌, 齐大勇, 金美兰, 张伟. 应用第二代 MG-鼠类不育灵颗粒剂防治森林害鼠的试验. 中国森林病虫, 2009, 28(3): 46-46.
- [58] 张显理, 唐伟, 顾真云, 王玉科, 张玉海, 成红. 不育剂甲基炔诺酮对宁夏南部山区甘肃鼯鼠种群控制试验. 农业科学研究, 2005, 26(1): 37-40.
- [59] 沈元, 何恩奇, 罗建, 陆宏枫, 陈继平, 马玉林, 戴新. 生物不育灭鼠剂现场鼠类控制效果研究. 现代预防医学, 2008, 35(21): 4221-4223.
- [60] 赵珺, 黄玉珍, 李悦, 赵日良, 郭俊平, 刘淑清, 刘冰许. 0.2% 莠去津毒饵剂防治农田害鼠试验. 河南农业科学, 2010, (6): 95-97.
- [61] 巨海兰, 马武星, 韩英, 郭德卿. 生物性不育剂防治林业鼠害试验. 青海农林科技, 2006, (4): 60-62.
- [65] 李秋英, 张凤琴, 刘汉武. 不育控制下的具有性别结构的单种群模型. 数学的实践与认识, 2009, 39(19): 145-151.
- [66] 李秋英, 刘汉武, 张凤琴. 具有性别结构和不育控制的单种群模型. 河北师范大学学报(自然科学版), 2010, 34(3): 263-267.
- [67] 王文娟, 李秋英. 一类不育控制和捕获控制下的单种群模型. 山西师范大学学报(自然科学版), 2011, 25(1): 29-33.
- [68] 王莲花, 刘汉武, 张凤琴. 有收获的不育控制下的单种群模型. 数学的实践与认识, 2010, 40(20): 234-237.
- [69] 刘汉武, 周立, 刘伟, 周华坤. 利用不育技术防治高原鼠兔的理论模型. 生态学杂志, 2008, 27(7): 1238-1243.
- [70] 李秋英, 张凤琴, 刘汉武. 一类具有不育和脉冲投放的捕食模型. 数学的实践与认识, 2010, 40(16): 94-100.
- [71] 王西之, 马林, 陈东平, 杨世枣. 化学不育剂-环丙醇类衍生物控制鼠害 III. 灭鼠现场试验. 四川动物, 2003, 22(4): 215-217.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China ...	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yongshan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distribution of <i>Platyclus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow ϕ and p in ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 19 2011

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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@csppg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@csppg.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 70.00 元