

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

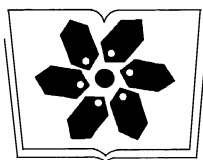
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 23 期 Vol.32 No.23 **2012**

中国生态学学会
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 32 卷 第 23 期 2012 年 12 月 (半月刊)

目 次

中国石龙子母体孕期调温诱导幼体表型:母体操纵假说的实验检测	李 宏,周宗师,吴延庆,等 (7255)
同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响	申 圳,董 钟,曹令立,等 (7264)
曝气充氧条件下污染河道氨挥发特性模拟	刘 波,王文林,凌 芬,等 (7270)
贵州草海越冬斑头雁日间行为模式及环境因素对行为的影响	杨延峰,张国钢,陆 军,等 (7280)
青藏高原多年冻土区积雪对沼泽、草甸浅层土壤水热过程的影响	常 娟,王根绪,高永恒,等 (7289)
长沙城市斑块湿地资源的时空演变	恭映璧,靖 磊,彭 磊,等 (7302)
基于模型数据融合的干烟洲亚热带人工林碳水通量模拟	任小丽,何洪林,刘 敏,等 (7313)
农田氮素非点源污染控制的生态补偿标准——以江苏省宜兴市为例	张 印,周羽辰,孙 华 (7327)
用 PFU 微型生物群落监测技术评价化工废水的静态毒性	李朝霞,张玉国,梁慧星 (7336)
京郊农业生物循环系统生态经济能值评估——以密云尖岩村为例	周连第,胡艳霞,王亚芝,等 (7346)
基于遥感的夏季西安城市公园“冷效应”研究	冯晓刚,石 辉 (7355)
海南岛主要森林类型时空动态及关键驱动因子	王树东,欧阳志云,张翠萍,等 (7364)
不同播种时间对吉林省西部玉米绿水足迹的影响	秦丽杰,靳英华,段佩利 (7375)
黄土塬区不同品种玉米间作群体生长特征的动态变化	王小林,张岁岐,王淑庆,等 (7383)
密植条件下种植方式对夏玉米群体根冠特性及产量的影响	李宗新,陈源泉,王庆成,等 (7391)
沙地不同发育阶段的人工生物结皮对重金属的富集作用	徐 杰,敖艳青,张璟霞,等 (7402)
增强 UV-B 辐射和氮对谷子叶光合色素及非酶促保护物质的影响	方 兴,钟章成 (7411)
不同产地披针叶茴香光合特性对水分胁迫和复水的响应	曹永慧,周本智,陈双林,等 (7421)
芦芽山林线华北落叶松径向变化季节特征	董满宇,江 源,王明昌,等 (7430)
地形对植被生物量遥感反演的影响——以广州市为例	宋巍巍,管东生,王 刚 (7440)
指数施肥对楸树无性系生物量分配和根系形态的影响	王力朋,晏紫伊,李吉跃,等 (7452)
火烧伤害对兴安落叶松树干径向生长的影响	王晓春,鲁永现 (7463)
山地梨枣树耗水特征及模型	辛小桂,吴普特,汪有科,等 (7473)
两种常绿阔叶植物越冬光系统功能转变的特异性	钟传飞,张运涛,武晓颖,等 (7483)
干旱胁迫对银杏叶片光合系统 II 荧光特性的影响	魏晓东,陈国祥,施大伟,等 (7492)
神农架川金丝猴栖息地森林群落的数量分类与排序	李广良,丛 静,卢 慧,等 (7501)
碱性土壤盐化过程中阴离子对土壤中镉有效态和植物吸收镉的影响	王祖伟,弋良朋,高文燕,等 (7512)
两种绣线菊耐弱光能力的光合适应性	刘慧民,马艳丽,王柏臣,等 (7519)
闽楠人工林细根寿命及其影响因素	郑金兴,黄锦学,王珍珍,等 (7532)
旅游交通碳排放的空间结构与情景分析	肖 潇,张 捷,卢俊宇,等 (7540)
北京市妫水河流域人类活动的水文响应	刘玉明,张 静,武鹏飞,等 (7549)
膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析——以新疆玛纳斯河流域棉花为例	范文波,吴普特,马枫梅 (7559)
高温胁迫及其持续时间对棉蚜死亡和繁殖的影响	高桂珍,吕昭智,夏德萍,等 (7568)
桉树枝瘿姬小蜂虫瘿解剖特征与寄主叶片生理指标的变化	吴耀军,常明山,盛 双,等 (7576)
西南桦纯林与西南桦×红椎混交林碳贮量比较	何友均,覃 林,李智勇,等 (7586)
长沙城市森林土壤 7 种重金属含量特征及其潜在生态风险	方 晰,唐志娟,田大伦,等 (7595)
专论与综述	
城乡结合部人-环境系统关系研究综述	黄宝荣,张慧智 (7607)
陆地生态系统碳水通量贡献区评价综述	张 慧,申双和,温学发,等 (7622)



封面图说: 麋鹿群在过河——麋鹿属于鹿科,是中国的特有动物。历史上麋鹿曾经广布于东亚地区,到 19 世纪时,只剩下在北京南海子皇家猎苑内一群。1900 年,八国联军攻陷北京,麋鹿被抢劫一空。1901 年,英国的贝福特公爵用重金从法、德、荷、比四国收买了世界上仅有的 18 头麋鹿,以半野生的方式集中放养在乌邦寺庄园内,麋鹿这才免于绝灭。在世界动物保护组织的协调下,1985 年起麋鹿从英国分批回归家乡,放养到北京大兴南海子、江苏省大丰等地。这是在江苏省大丰麋鹿国家级自然保护区放养的麋鹿群正在过河。

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

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 380 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 38 * 2012-12

DOI: 10.5846/stxb201205060654

申圳,董钟,曹令立,张明明,刘国强,易现峰. 同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响. 生态学报, 2012, 32(23): 7264-7269.

Shen Z, Dong Z, Cao L L, Zhang M M, Liu G Q, Yi X F. Effects of conspecific and interspecific interference competitions on cache site selection of Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus*). Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(23): 7264-7269.

同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响

申 圳¹, 董 钟¹, 曹令立¹, 张明明¹, 刘国强¹, 易现峰^{1,2,*}

(1. 河南科技大学农学院, 洛阳 471003; 2. 中国科学院动物研究所农业虫害综合治理研究国家重点实验室, 北京 100080)

摘要: 同种和异种干扰竞争可以增强花鼠(*Tamias sibiricus*)分散贮藏强度, 但对其贮藏点选择的影响还不清楚。在半自然围栏内, 研究了同种(干扰源为不同性别花鼠)或异种(干扰源为大林姬鼠, *Apodemus peninsulae*)干扰竞争对花鼠贮藏点选择的影响。结果发现: (1) 同种和异种干扰竞争均显著降低了花鼠在高竞争区内的贮藏比例; (2) 同种个体存在时, 雌性花鼠显著降低了在高竞争区内的贮藏比例, 雄性花鼠则显著增加了在中竞争区的埋藏比例。结果表明, 花鼠贮藏食物时会避开高竞争区域以降低同种或异种的盗食损失, 同时雌雄个体对同种竞争干扰的响应有所差异。

关键词: 花鼠; 食物贮藏; 同种竞争; 异种竞争; 贮藏点选择

Effects of conspecific and interspecific interference competitions on cache site selection of Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus*)

SHEN Zhen¹, DONG Zhong¹, CAO Lingli¹, ZHANG Mingming¹, LIU Guoqiang¹, YI Xianfeng^{1,2,*}

1 College of Agriculture, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China

2 State Key Laboratory of Integrated Pest Management, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

Abstract: Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus*) tend to increase scatter-hoarding intensity in face of competitions posited by conspecifics and / or interspecifics; however, little is known how they deposit their caches in response to these competitions. Within outdoor enclosures, we investigated how Siberian chipmunks response to conspecifics (females and males) and interspecifics (Korean field mice, *Apodemus peninsulae*) in cache site selection. We found: (1) Siberian chipmunks avoided to cache in the areas of high competitions in face of both conspecifics and interspecifics; (2) female chipmunks decreased to cache in the high competition areas, while males increased to cache in the median competition areas when conspecifics presented. These results suggest that when competition is high, Siberian chipmunks tend to reduce hoarding foods in the areas with high competition to avoid pilferage; however, males and females may response differently to conspecifics in cache site selection.

Key Words: *Tamias sibiricus*; Food hoarding; Conspecific competition; Interspecific competition; cache site selection

食物贮藏是许多动物应对食物短缺的一种适应性行为^[1-2]。食物贮藏的方式可分为两种主要方式: 集中贮藏和分散贮藏。集中贮藏是指在某些位点如洞道或靠近巢穴处集中贮藏大量食物的方式; 而分散贮藏是指在较大范围内或者整个家域中形成许多小的贮藏点^[3]。动物的分散贮藏行为与种子大小、栖息生境、竞争干扰等都有着密切的联系^[3-4]。已有研究表明: 分散贮藏可能是一些鼠类快速占据丰富却短暂的食物资源的一

基金项目: 国家自然科学基金项目(31172101, 30930016)

收稿日期: 2012-05-06; 修订日期: 2012-10-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yxfeng1975@126.com

种竞争性策略^[5]。竞争者的存在意味着食物会被窃取的可能,为了获得和保护已有食物,动物进化出了应对干扰竞争者的策略。在竞争者存在时,一些贮食动物减少对食物埋藏的数量^[6];而有的则推迟埋藏或根本不埋藏^[7-8]。花鼠(*Tamias sibiricus*)在种间干扰的情况下,明显加强了分散贮藏行为的强度,而种内干扰没有显著影响^[9]。北美灰松鼠(*Sciurus carolinensis*)面临种内干扰时选择躲避的策略^[10],将埋藏的种子搬到更远的地方埋藏起来,有时还采用空埋藏点的策略来降低埋藏点被盗的危险^[13],但种间干扰则对它的贮藏行为则无明显影响^[10]。Preston 和 Jacobs 的研究进一步表明^[11],梅氏更格卢鼠(*Dipodomys merriami*)在遇到贮藏食物被盗窃时,将从集中贮藏为主转为分散贮藏为主,而大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)在同种个体干扰下则采取相反的方式^[12]。由此看来,关于干扰竞争下动物贮藏策略的研究已有很多,但有关干扰竞争对啮齿动物分散埋藏点空间分布的影响的研究鲜见报道。为此,本实验在黑龙江省带岭林业局东方红林场半天然围栏内研究了同种和异种干扰影响下花鼠对红松种子的分散贮藏策略,旨在探讨种间或种内干扰对花鼠分散埋藏点空间分布的影响。

1 材料和方法

1.1 研究地点和研究对象

本研究在黑龙江省伊春市带岭林业局东方红林场进行。该林场位于黑龙江省小兴安岭南坡(128°57'16"—129°17'50"E,46°50'8"—46°59'20"N),多为缓坡,以低山地为主。全年平均气温 1.4℃,月平均最低气温-19.4℃,月平均最高气温 20.9℃。最高海拔 1 050 m,最低海拔 250 m。年平均降水量为 660 mm,全年无霜期 115 d^[9]。

研究对象为花鼠(*Tamias sibiricus*)。花鼠属于啮齿目(*Rodentia*)松鼠科(*Sciuridae*)花鼠属(*Tamias*),体长约 113—168 mm,尾长约 113—168 mm,体重 100 g 左右^[14]。多在树木和灌木丛的根际挖洞,或利用田埂石缝穴居。常白天活动,晨昏之际最活跃,多以坚果、种子等为食物。花鼠是小兴安岭地区阔叶针叶林内的重要的啮齿动物类群,参与红松(*Pinus koraiensis*)、平榛(*Corylus heterophylla*)、毛榛(*Corylus mandshurica*)和蒙古栎(*Quercus mongolica*)等种子的分散贮藏。本研究选用红松(*P. koraiensis*)种子,实验前采集于研究地区,种子特征见于飞等^[15]。

本实验所用花鼠(*T. sibiricus*)和大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)捕自东方红林场比较典型的阔叶红松林内。以花生米为诱饵,利用捕鼠笼(25 cm×11 cm×9 cm)进行捕捉。将所捕花鼠单独饲养于饲养笼(80 cm×50 cm×40 cm,钢丝制成)内,大林姬鼠则统一放入 2 个饲养笼内。饲养过程中,在饲养笼一角用铁皮制成一巢箱(10 cm),内放适量棉花供其保暖,并按及时为其提供适量玉米、花生等食物和充足的饮水^[9]。

本实验共选用 26 只花鼠(12♂,14♀)作为研究对象。其中选定 16 只埋藏行为显著的花鼠个体(7♂,9♀,平均体重:(93.99±2.73) g)用于干扰竞争实验,其余 10 只花鼠(5♂,5♀)和 8 只大林姬鼠作为干扰个体,由于花鼠雌雄个体不等,个别实验花鼠个体被作为种内干扰个体^[9]。

1.2 研究方法

1.2.1 围栏设计

在研究区内,选择地势相对平坦的弃耕地段建造半自然围栏(10 m×10 m×2.5 m)。围栏以砖石砌成,内壁用水泥抹平^[14, 16-17]。将每个围栏人为划分为 4 个区域(5 m×5 m),根据距离竞争者和巢箱的距离,将区域 I 定义为低竞争区,区域 II、IV 定义为中竞争区,区域 III 定义为高竞争区,种子释放站位于围栏的中央(图 1)。

1.2.2 种子标记

种子标记参照 Yi 等^[18]的方法。随机选择大小一致、健康的试验种子,利用迷你微型手电钻在每个种子远离胚的部位钻一小孔(直径≈0.3 mm),截取长短一致的细钢丝(15 cm×0.2 mm),一端连于处理好的种子,另一端拴一塑料标签(长×宽:3.5 cm×2.5 cm,重量<0.3 g)。该标记方法对啮齿动物扩散种子的影响较小^[19],但有可能影响花鼠颊囊每次携带的种子量。

1.2.3 实验设计和步骤

实验共分 4 种处理,分别为单鼠对照实验、种内同性干扰竞争、种内异性干扰竞争和种间干扰竞争。每个处理实验结束后晚上都将花鼠带回饲养房,次日再进行下一个处理实验。每个处理实验结束后,清理围栏内各区域内剩余种子,以免对其他处理实验产生影响。

(1)单鼠对照实验 选取分散埋藏行为显著的花鼠个体 16 只(7♂,9♀),分别放入每个围栏让其自由活动进行适应。实验第 1 天 8:00 在种子站释放 30 粒标记的红松种子,16:30 开始统计低竞争区、中竞争区、高竞争区内各埋藏位点的坐标位置,构建空间分布图,分析干扰竞争下花鼠对红松种子分散贮藏点位空间分布的影响。

(2)同种干扰竞争 分为同性干扰竞争和异性干扰竞争。前者选择 16 只花鼠个体(7♂,9♀)作为干扰者与 16 只实验个体(7♂,9♀)相配,将干扰者分别单独放入 25 cm × 11 cm × 9cm 的鼠笼内(内置食物和饮水)并放于高竞争区(巢穴对角区)进行实验。后者选择 16 只花鼠个体(7♂,9♀)作为干扰者与 16 只实验个体(7♂,9♀)相配进行试验。实验个体可以在围栏各区域内自由活动,干扰个体和实验个体可相互发现对方。统计方法同上。

(3)异种干扰竞争 将 16 只花鼠试验个体(7♂,9♀)与大林姬鼠配对,大林姬鼠作为异种干扰竞争者单独放入鼠笼内(内置食物和饮水)并放于高竞争区(巢穴对角区)进行实验。统计方法同上。

1.3 统计与分析

用 SPSS 16.0 软件包进行数据统计与分析。应用非参检验中的卡方检验(Nonparametric Chi-square)检验不同干扰竞争组和单鼠对照组的埋藏种子在围栏各个区域的分布是否均匀,同样方法检验同一区域内种子埋藏点的空间分布在不同处理组间是否有显著效应。

2 研究结果

即使在非干扰竞争下,低竞争区、中竞争区和高竞争区内分散埋藏点数量呈不均匀分布($\chi^2 = 19.030$, $df=2$, $P<0.001$),这种分布规律不受花鼠性别的影响(雄性: $\chi^2 = 47.540$, $df=2$, $P<0.001$;雌性: $\chi^2 = 16.475$, $df=2$, $P<0.001$);种间或种内干扰均未能改变这种分布模式(种间干扰: $\chi^2 = 45.980$, $df=2$, $P<0.001$;种内干扰: $\chi^2 = 43.580$, $df=2$, $P<0.001$)。进一步分析表明:在同种个体干扰下,雄性个体(雄性干扰者: $\chi^2 = 64.340$, $df=2$, $P<0.001$;雌性干扰者: $\chi^2 = 33.860$, $df=2$, $P<0.001$)和雌性个体(雌性干扰者: $\chi^2 = 47.120$, $df=2$, $P<0.001$;雄性干扰者: $\chi^2 = 48.020$, $df=2$, $P<0.001$)的分散埋藏点也呈不均匀分布。

实验表明:同种异种干扰竞争显著影响高竞争区内埋藏点的分布(高竞争区: $\chi^2 = 7.714$, $df=2$, $P=0.021$),且种间干扰($\chi^2 = 4.765$, $df=1$, $P=0.029$)和种内干扰($\chi^2 = 4.765$, $df=1$, $P=0.029$)都显著降低了高竞争区内的埋藏点的分布比例(图 2)。然而,干扰竞争对低竞争区和中竞争区内的埋藏点的分布均无影响(低竞争区: $\chi^2 = 1.396$, $df=2$, $P=0.498$;中竞争区: $\chi^2 = 0.650$, $df=2$, $P=0.732$)。雄性花鼠个体在同种个体的干扰竞争下,低竞争区和高竞争区内分散埋藏点的空间分布均无明显变化(低竞争区: $\chi^2 = 5.607$, $df=2$, $P=0.061$;高竞争区: $\chi^2 = 0.100$, $df=2$, $P=0.951$),但中竞争区内分散埋藏点的空间分布有显著变化($\chi^2 = 10.647$, $df=2$, $P=0.05$)。雌性个体干扰显著增加了中竞争区内雄性个体分散埋藏点的分布比例($\chi^2 = 4.570$, $df=1$, $P=0.033$),且比雄性个体干扰的效应强($\chi^2 = 9.389$, $df=1$, $P=0.002$)(图 3)。雌性花

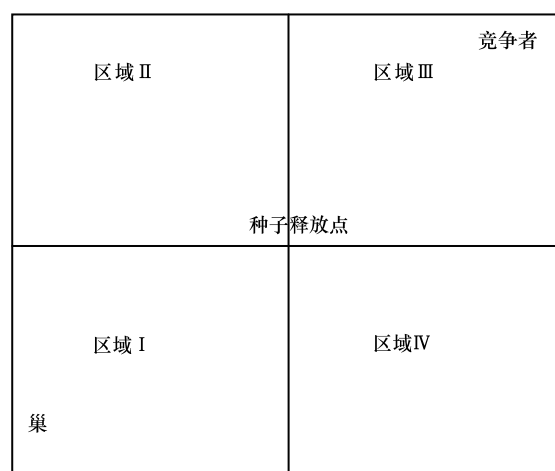


图 1 同种或异种干扰对花鼠分散贮藏点选择的影响的实验围栏

Fig. 1 Draft of enclosures used in the experiment of conspecific and interspecific competition on cache site selection of Siberian chipmunks (*Tamias sibiricus*)

I:低竞争区, II、IV:中竞争区, III:高竞争区

鼠个体在同种个体干扰竞争下,对低竞争区和中竞争区内分散埋藏点的空间分布影响不显著(低竞争区: $\chi^2 = 4.039$, $df=2$, $P=0.133$;中竞争区: $\chi^2 = 0.605$, $df=2$, $P=0.739$)(表1),但对高竞争区内分散埋藏点的空间分布有极显著影响($\chi^2 = 17.789$, $df=2$, $P<0.001$)。在高竞争区内,无论雄性还是雌性个体作为干扰者存在时,雌性花鼠的分散埋藏点显著减少($\chi^2 = 9.941$, $df=1$, $P=0.002$; $\chi^2 = 9.941$, $df=1$, $P=0.002$)(图4)。

表1 不同干扰条件下围栏内埋藏点的分布比例

Table 1 Cache distribution of Siberian chipmunks in the enclosures under different interference competitions

实验处理 Treatments	低竞争区/% Low competition area	中竞争区/% Median competition area	高竞争区/% High competition area
单鼠对照 Single Siberian chipmunk	43.5	43.5	12.9
异种干扰 Interspecific interference	58.9	37.1	3.9
同种干扰 Conspecific interference	57.2	39.0	3.7
雄 Male	63.3	30.0	6.6
雄+雄 Male+Male	70.0	23.3	6.6
雄+雌 Male+Female	45.2	49.1	5.6
雌 Female	38.6	46.5	14.8
雌+雌 Female+Female	55.7	42.3	1.9
雌+雄 Female+Male	57.1	40.5	2.3

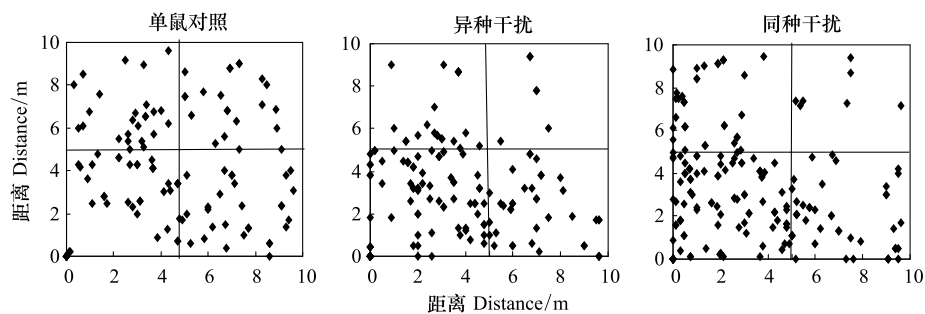


图2 同种和异种干扰下花鼠分散埋藏点空间分布

Fig.2 The spatial distribution of caches of Siberian chipmunks under the conditions of conspecific and interspecific interference competitions

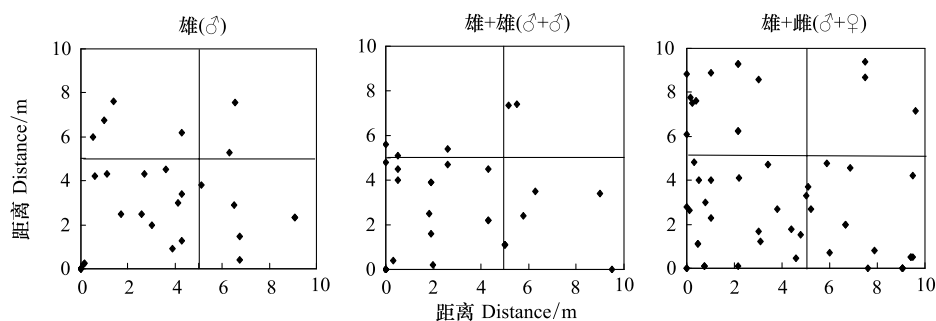


图3 同种干扰下雄性花鼠分散埋藏点的空间分布

Fig.3 The spatial distribution of caches of male Siberian chipmunks under the conditions of conspecific interference competitions

3 讨论

大量的研究已表明,同种竞争可改变贮食动物的食物贮藏策略:北美灰松鼠通过建立空的食物贮藏点欺骗竞争者,以避免自身埋藏食物被偷盗^[13]。有的动物则在同种竞争干扰下推迟食物埋藏,甚至不埋藏食物^[7-8]。张洪茂等发现^[12],在同种偷窥干扰下,大林姬鼠食物贮藏策略由分散贮藏转向集中贮藏。在同种竞

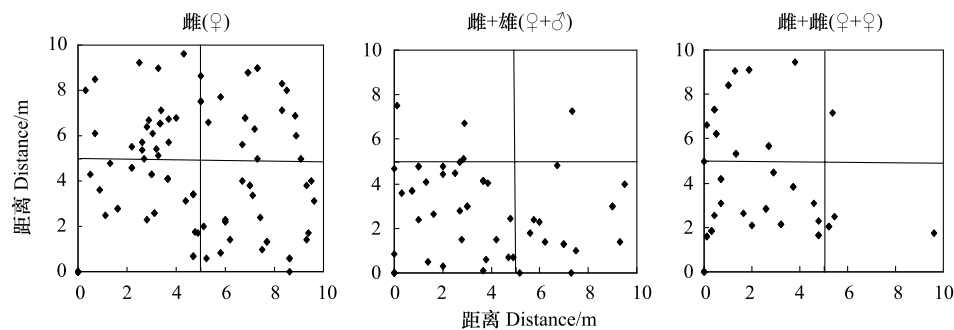


图4 同种干扰下雌性花鼠分散埋藏点的空间分布

Fig. 4 The spatial distribution of caches of female Siberian chipmunks under the conditions of conspecific interference competitions

争者存在的条件下,小泡巨鼠(*Leopoldamys edwardsi*)明显增加了埋藏种子的搬运距离^[22]。北美灰松鼠(*Sciurus carolinensis*)在面临同种干扰或偷盗时,也会将种子搬到更远的地方埋藏起来^[10]。本实验表明:在同种干扰竞争条件下,花鼠将红松种子分散埋藏在低竞争区或中竞争区内,以减少埋藏点被盗食,是应对竞争干扰的贮藏行为策略。

食物贮藏行为除了受到同种竞争的影响外,异种竞争也可改变食物贮藏策略。之前的研究表明,花鼠在异种干扰的情况下,明显加强了分散贮藏行为的强度^[9],而灰松鼠(*Sciurus carolinensis*)面临异种干扰时,贮藏行为无明显变化^[10]。最近的研究表明^[23],岩松鼠(*Sciurotamias davidianus*)、大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)和黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*)均增加食物分散贮藏比例,来应对人工模拟完全偷盗。异种干扰竞争不仅提高了花鼠分散贮藏的比例^[9],同时引起花鼠分散埋藏点的空间分布变化。由此看来,异种和同种个体的存在均会给目标贮食动物带来威胁,后者将种子分散埋藏在远离竞争者的区域以避开这种威胁。

尽管在非干扰竞争条件下,雌性个体贮藏食物一般要比雄性多^[24-26],但有关性别在干扰竞争中对食物贮藏的作用还鲜有报道。当雌雄松田鼠(*Microtus pinetorum*)被一起饲养时,雌性个体几乎不贮藏食物,而雄性个体会贮藏更多食物^[27]。研究也表明^[9]:雄性花鼠在面临同性干扰竞争下食物埋藏率不增加,但在雌性干扰下分散埋藏明显增加。然而,雌性在同种竞争下分散贮藏无明显改变。本研究表明,雌性个体在同种个体的干扰下,显著降低了高竞争区内分散埋藏点的分布比例,但雄性个体在同种干扰下分散埋藏点分布无明显改变。这些结果说明,食物贮藏行为存在明显的性别差异,这种差异可能受到激素水平的影响^[28-29]。

结果表明:在干扰竞争下,花鼠采取相应的行为策略来减少其埋藏的种子被窃取而造成的损失。无论在同种还是异种竞争干扰下,花鼠贮藏食物时均避开高竞争区域。这种针对干扰竞争者的行为反应可使食物资源(或种子)埋藏到远离竞争者的区域,减少埋藏点的偷盗率,有利于植物种子的存活。从长远来看,这种贮食策略也有利于植物种群的扩展更新。

致谢:黑龙江省带岭区东方红林场提供研究场地,焦广强、于飞和牛可坤收集部分实验数据,特此致谢。

References:

- [1] Smith C C, Reichman O J. The evolution of food caching by birds and mammals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1984, 15: 329-351.
- [2] Vander Wall S B. Food hoarding in animals. Chicago: University of Chicago Press. 1990.
- [3] Lu J Q, Zhang Z B. Food hoarding behavior of chinese white-bellied rat (*Niviventer confucianus*). *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25 (3): 248-253.
- [4] Chang G, Xiao Z S, Zhang Z B. Effect of seed size on hoarding behavior of Edwards's long-tailed rats (*Leopoldamys edwardsi*). *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28 (1): 37-41.
- [5] Hart E B. Food preference of the cliff chipmunk, *Eutamias dorsalis*, in northern Utah. *Great Basin Naturalist*, 1971, 31: 182-188.
- [6] Stone R C, Baker M C. The effects of con-specifics on food caching by black-capped chickadees. *Condor*, 1989, 91: 886-890.
- [7] Bugnyar T, Kotrschal K. Observational learning and the raiding of food caches in ravens, *Corvus corax*: is it 'tactical' deception?. *Animal Behaviour*, 2002, 64: 185-195.

- [8] Burnell K L, Tomback D F. Stellar's jays steal gray jay caches: field and laboratory observations. *Auk*, 1985, 102, 417-419.
- [9] Jiao G Q, Yu F, Niu K K, Yi X F. Effects of intra- and inter-specific interference competition on scatter- hoarding behavior of Siberian chipmunk (*Tamias sibiricus*) in semi- natural enclosures. *Acta Theriologica Sinica*, 2011, 31(1): 62-68.
- [10] Leaver L A, Hopewell L, Caldwell C. Audience effects on food caching in grey squirrels (*Sciurus carolinensis*): evidence for pilferage avoidance strategies. *Animal Cognition*, 2007, 10: 23-27.
- [11] Stephanie D P, Lucia F J. Conspecific pilferage but not presence affects Merriam's kangaroo rat cache strategy. *Behavioral Ecology*, 2001, 12 (5): 517-523.
- [12] Zhang H M, Wang Y, Zhang Z B. Responses of seed-hoarding behaviour to conspecific audiences in scatter- and/or larder-hoarding rodents. *Behaviour*, 2011, 148(7): 825-842.
- [13] Steele M A, Halkin S L, Smallwood P D, McKenna T J, Mitsopoulos K, Beam M. Cache protection strategies of a scatter-hoarding rodent: do tree squirrels engage in behavioural deception? *Animal Behaviour*, 2008, 75: 705-714.
- [14] Zhang H M. Interactions between Rodents and Forest Seeds in the Donglingshan Mountain, Northwestern Beijing. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences Ph. D. Dissertation, 2007, 1-361.
- [15] Yu F, Niu K K, Jiao G Q, Lv H Q, Yi X F. Effect of small rodents on seed dispersal of five tree species in Xiaoxing'an Mountains. *Journal of Northeast Forestry University*, 2011, 39(1): 11-13.
- [16] Cheng J R, Xiao Z S, Zhang Z B. Seed consumption and caching on seeds of three sympatric tree species by four sympatric rodent species in a subtropical forest, China. *Forest Ecology and Management*, 2005, 216: 331-341.
- [17] Chang G, Xiao Z S, Zhang Z B. Hoarding decisions by Edward's long-tailed rats (*Leopoldamys edwardsi*) and South China field mice (*Apodemus draco*): The responses to seed size and germination schedule in acorns. *Behavioural Processes*, 2009, 82: 7-11.
- [18] Yi X F, Xiao Z S, Zhang Z B. Seed dispersal of Korean pine *Pinus koraiensis* labeled by two different tags in a northern temperate forest, northeast China. *Ecological Research*, 2008, 23: 379-384.
- [19] Xiao Z S, Jansen P A, Zhang Z B. Using seed-tagging methods for assessing post-dispersal seed fate in rodent-dispersed trees. *Forest Ecology and Management*, 2006, 223: 18-23.
- [20] Zhang H M, Wang Y and Zhang Z B. Responses of seed-hoarding behaviour to conspecific audiences in scatter-and/or larder-hoarding rodents. *Behaviour*, 2011, 148: 825-842.
- [21] Heinrich B, Pepper J. Influence of competitors on caching behaviour in the common raven, *Corvus corax*. *Animal Behaviour*, 1998, 56: 1083-1090.
- [22] Cheng J R, Zhang Z B, Xiao Z S. Analysis of the effect of a conspecific competitor on the caching of oil tea seeds by Edward's rats. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(2): 143-149.
- [23] Huang Z Y, Wang Y, Zhang H M, Wu F Q, Zhang Z B. Behavioural responses of sympatric rodents to complete pilferage. *Animal Behaviour*, 2011, 81: 831-836.
- [24] Fleming T H, Brown G J. An experimental analysis of seed hoarding and burrowing in two species of Costa Rican heteromyid rodents. *Journal of Mammalogy*, 1975, 56: 301-315.
- [25] Wong R, Jones C H. A comparative analysis of feeding and hoarding in hamsters and gerbils. *Behavioral Processes*, 1985, 11: 301-308.
- [26] Lee T H. Feeding and hoarding behavior of the European red squirrel *Sciurus vulgaris* during autumn in Hokkaido, Japan. *Acta Theriologica*, 2002, 47(4): 459-470.
- [27] Geyer L A, Kornet C A, Robers J G. Factors affecting caching in the pine vole. *Microtus pinetorum*. *Mammalia*, 1984, 48: 165-172.
- [28] Nyby J P, Wallace K, Owen. An influence of hormones on hoarding behavior in the Mongolian gerbil (*Meriones unguiculatus*). *Hormones and Behavior*, 1973, 4: 283-288.
- [29] Fantino M, Brinell H. Body weight set-point changes the ovarian cycle: experimental study of rats using hoarding behavior. *Physiology and Behavior*, 1986, 35: 991-996.

参考文献:

- [3] 路纪琪, 张知彬. 围栏条件下社鼠的食物贮藏行为. *兽类学报*, 2005, 25 (3): 248-253.
- [4] 常罡, 肖治术, 张知彬. 种子大小对小泡巨鼠贮藏行为的影响. *兽类学报*, 2008, 28 (1): 37-41.
- [9] 焦广强, 于飞, 牛可坤, 易现峰. 种内及种间干扰对围栏内花鼠分散贮藏行为的影响. *兽类学报*, 2011, 31(1): 62-68.
- [14] 张洪茂. 北京东灵山地区啮齿动物与森林种子间相互关系研究. 北京: 中国科学院研究生院博士学位论文, 2007, 1-361.
- [15] 于飞, 牛可坤, 焦广强, 吕浩秋, 易现峰. 小型啮齿动物对小兴安岭 5 种林木种子扩散的影响. *东北林业大学学报*, 2011, 39(1): 11-13.
- [22] 程瑾瑞, 张知彬, 肖治术. 同种竞争压力对小泡巨鼠贮藏油茶种子行为的作用分析. *兽类学报*, 2005, 25(2): 143-149.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 23 December, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Maternal thermoregulation during gestation affects the phenotype of hatchling Chinese skinks (<i>Eumeces chinensis</i>): testing the maternal manipulation hypothesis	LI Hong, ZHOU Zongshi, WU Yanqing, et al (7255)
Effects of conspecific and interspecific interference competitions on cache site selection of Siberian chipmunks (<i>Tamias sibiricus</i>)	SHEN Zhen, DONG Zhong, CAO Lingli, et al (7264)
Characterization of ammonia volatilization from polluted river under aeration conditions: a simulation study	LIU Bo, WANG Wenlin, LING Fen, et al (7270)
Diurnal activity patterns and environmental factors on behaviors of Bar-headed Geese <i>Anser indicus</i> wintering at Caohai Lake of Guizhou, China	YANG Yanfeng, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (7280)
Impacts of snow cover change on soil water-heat processes of swamp and meadow in Permafrost Region, Qinghai-Tibetan Plateau	CHANG Juan, WANG Gengxu, GAO Yongheng, et al (7289)
Spatial-temporal changes of urban patch wetlands in Changsha, China	GONG Yingbi, JING Lei, PENG Lei, et al (7302)
Modeling of carbon and water fluxes of Qianyanzhou subtropical coniferous plantation using model-data fusion approach	REN Xiaoli, HE Honglin, LIU Min, et al (7313)
Ecological compensation standard for controlling nitrogen non-point pollution from farmland: a case study of Yixing City in Jiang Su Province	ZHANG Yin, ZHOU Yuchen, SUN Hua (7327)
Static toxicity evaluation of chemical wastewater by PFU microbial communities method	LI Zhaoxia, ZHANG Yuguo, LIANG Huixing (7336)
Emergy evaluation of an agro-circulation system in Beijing suburb: take Jianyan village as a case study	ZHOU Liandi, HU Yanxia, WANG Yazhi, et al (7346)
Research on the cooling effect of Xi'an parks in summer based on remote sensing	FENG Xiaogang, SHI Hui (7355)
The dynamics of spatial and temporal changes to forested land and key factors driving change on Hainan Island	WANG Shudong, OUYANG Zhiyun, ZHANG Cuiping, et al (7364)
Impact of different sowing dates on green water footprint of maize in western Jilin Province	QIN Lijie, JIN Yinghua, DUAN Peili (7375)
The dynamic variation of maize (<i>Setaria mays</i> L.) population growth characteristics under cultivars-intercropped on the Loess Plateau	WANG Xiaolin, ZHANG Suiqi, WANG Shuqing, et al (7383)
Effect of different planting methods on root-shoot characteristics and grain yield of summer maize under high densities	LI Zongxin, CHEN Yuanquan, WANG Qingcheng, et al (7391)
Heavy metal contaminant in development process of artificial biological Soil Crusts in sand-land	XU Jie, AO Yanqing, ZHANG Jingxia, et al (7402)
Effects of enhanced UV-B radiation and nitrogen on photosynthetic pigments and non-enzymatic protection system in leaves of foxtail millet (<i>Setaria italica</i> (L.) Beauv.)	FANG Xing, ZHONG Zhangcheng (7411)
Photosynthetic response of different ecotype of <i>Illicium lanceolatum</i> seedlings to drought stress and rewating	CAO Yonghui, ZHOU Benzhi, CHEN Shuanglin, et al (7421)
Seasonal variations in the stems of <i>Larix principis-rupprechtii</i> at the treeline of the Luya Mountains	DONG Manyu, JIANG Yuan, WANG Mingchang, et al (7430)
Influence of terrain on plant biomass estimates by remote sensing: a case study of Guangzhou City, China	SONG Weiwei, GUAN Dongsheng, WANG Gang (7440)
Effects of exponential fertilization on biomass allocation and root morphology of <i>Catalpa bungei</i> clones	WANG Lipeng, YAN Ziyi, LI Jiyue, et al (7452)
Effects of fire damages on <i>Larix gmelinii</i> radial growth at Tahe in Daxing'an Mountains, China	WANG Xiaochun, LU Yongxian (7463)
A model for water consumption by mountain jujube pear-like	XIN Xiaogui, WU Pute, WANG Youke, et al (7473)
Specificity of photosystems function change of two kinds of overwintering broadleaf evergreen plants	ZHONG Chuanfei, ZHANG Yuntao, WU Xiaoying, et al (7483)

- Effects of drought on fluorescence characteristics of photosystem II in leaves of *Ginkgo biloba* WEI Xiaodong, CHEN Guoxiang, SHI Dawei, et al (7492)
- Numerical classification and ordination of forest communities in habitat of Sichuan Snub-nosed Monkey in Hubei Shennongjia National Nature Reserve LI Guangliang, CONG Jing, LU Hui, et al (7501)
- Impact of inorganic anions on the cadmium effective fraction in soil and its phytoavailability during salinization in alkaline soils WANG Zuwei, YI Liangpeng, GAO Wenyan, et al (7512)
- Photosynthetic adaptability of the resistance ability to weak light of 2 species *Spiraea* L. LIU Huimin, MA Yanli, WANG Baichen, et al (7519)
- Fine root longevity and controlling factors in a *Phoebe Bournei* plantation ZHENG Jinxing, HUANG Jinxue, WANG Zhenzhen, et al (7532)
- Analysis on spatial structure and scenarios of carbon dioxide emissions from tourism transportation XIAO Xiao, ZHANG Jie, LU Junyu, et al (7540)
- The hydrological response to human activities in Guishui River Basin, Beijing LIU Yuming, ZHANG Jing, WU Pengfei, et al (7549)
- Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: a case in the Manas River Basin, Xinjiang, China FAN Wenbo, WU Pute, MA Fengmei (7559)
- Effects of pattern and timing of high temperature exposure on the mortality and fecundity of *Aphis gossypii* Glover on cotton GAO Guizhen, LÜ Zhaozhi, XIA Deping, et al (7568)
- Physiological responses of *Eucalyptus* trees to infestation of *Leptocybe invasa* Fisher & La Salle WU Yaojun, CHANG Mingshan, SHENG Shuang, et al (7576)
- Carbon storage capacity of a *Betula alnoides* stand and a mixed *Betula alnoides* × *Castanopsis hystrix* stand in Southern Subtropical China: a comparison study HE Youjun, QIN Lin, LI Zhiyong, et al (7586)
- Distribution and ecological risk assessment of 7 heavy metals in urban forest soils in Changsha City FANG Xi, TANG Zhijuan, TIAN Dalun, et al (7595)
- Review and Monograph**
- The relationship between humans and the environment at the urban-rural interface: research progress and prospects HUANG Baorong, ZHANG Huizhi (7607)
- Flux footprint of carbon dioxide and vapor exchange over the terrestrial ecosystem: a review ZHANG Hui, SHEN Shuanghe, WEN Xuefa, et al (7622)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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

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 32 卷 第 23 期 (2012 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 23 (December, 2012)

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:1000717	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 70.00 元