

## 湖南省科学技术奖提名公示内容

项目名称：东方田鼠觅食行为生态学的研究

### 提名意见

#### 提名建议 1:

该项研究系统地研究了东方田鼠觅食行为及进化生态学,构建了植食性哺乳动物觅食行为活动过程的原理性理论即警觉-功能反应模型理论。通过该模型理论将动物觅食生态学的研究由个体生态学的尺度拓展至种内关系及种间关系尺度的研究,进而能在这些尺度上定量探讨动物的觅食生态学理论,克服了传统生态学理论模型如逻辑斯谛种群增长模型及 Lotka-Volterra 种间竞争模型只能在理论上进行探讨而难以实验验证。该项研究不但提出了动物觅食活动过程的原创性理论警觉—功能反应模型,而且将该原理运用于动物的种内及种间关系的探讨,发现了一系列新的现象,提出了新的理论(紧迫性风险理论和非紧迫性风险理论;集群觅食的干扰性代价理论;社会性动物对社群气味的觅食行为过程理论;觅食活动中的警觉行为能缓冲捕食风险压力维持摄入率稳定)通过实验进行检验。因此,建议申报湖南省自然科学奖。

#### 提名建议 2:

该项研究系统地探讨了东方田鼠觅食生态学行为及机制,不但提出并检验了植食性哺乳动物觅食行为活动过程的原理性理论,而且将该理论拓展运用于动物个体生态学、种内及种间关系研究,发现了一系列新现象,提出了一系列新的理论并给与实验验证,得到了学术界的普遍认同和高度评价。通过该项目的实施,培养了一批优秀的硕士生,在国内外学术界及省经济建设做出了突出贡献。建议申报湖南省自然科学奖。

## 项目简介

本项目得到国家自然科学基金委及湖南省自然科学基金委的资助，系统地研究了东方田鼠觅食行为生态学及进化生态学，提出了植食性哺乳动物觅食行为活动过程的原理性理论即警觉-功能反应模型理论。将该理论运用探讨东方田鼠在个体生态学、种内关系及种间关系尺度上的觅食行为生态学研究，克服了传统生态学经典理论模型如逻辑斯谛种群增长模型及 Lotka - Volterra 种间竞争模型仅在理论上探讨而难以实验检验的问题；发现了一系列植食性哺乳动物觅食行为的新现象和特征，并提出了一系列新的理论如紧迫性风险理论和非紧迫性风险理论、集群觅食的干扰性代价理论、社会性动物对社群气味的觅食行为过程理论、觅食活动中的警觉行为能缓冲捕食风险压力维持摄入率稳定，并通过实验进行了验证。因此，该项目发现了一条原理，并在此原理的基础上提出了多个新的理论，创新性明显，得到了学术界的普遍认可和高度评价，一致认为达到了国际领先水平。研究成果均以学术论文的形式发表在国家著名学术刊物《生态学报》上。

## 客观评价

在觅食行为生态学领域,基于植食性哺乳动物觅食行为活动过程的一般特征,提出了动物觅食活动过程的一般性原理,构建了动物觅食行为的警觉—功能反应模型,属于原理发现。该模型不但能真实地描述和反映植食性哺乳动物觅食活动的一般过程和原理,而且更为重要的是,在新建立的模型中所引入的动物警觉行为参数—觅食中断时间,把影响觅食活动的一些重要因素(外界环境因子、种内及种间关系等)与动物的觅食活动有机地整合起来,为定量研究和探讨动物与环境的关系以及种内及种间关系提供了基础理论和可依赖的路径,大大地拓展了觅食生态研究的视野,丰富了觅食生态学的基础理论。

(1) 提出了动物觅食活动过程的一般性原理,构建了动物觅食行为的警觉—功能反应模型,属于原理发现。将警觉行为动作参数—觅食中断时间引入到经典的功能反应模型中,构建了动物觅食行为的警觉—功能反应模型。为检验和评价该模型,定义了植食性哺乳动物觅食活动中的警觉行为动作及参数,检测了动物警觉对其觅食行为及参数的影响。结果表明新建立的功能反应模型具有良好的可预测性。证实了东方田鼠因警觉引起采食率及摄入率减小的代价是以延长觅食时间来补偿的。研究结果充分验证了我们提出的假设:由食物大小调控的动物口量决定其摄入率,且受采食和处理食物竞争及觅食中断的制约,其功能反应为典型的II型功能反应。

(2) 在动物与环境关系的尺度上探讨了视野受阻对东方田鼠觅食行为的影响。动物对觅食环境各种风险因子的评估依赖于对环境各种信息的感知和判断。食物斑块周围植被高度作为环境复杂性因子之一,对植食性哺乳动物尤其是中、小型动物的觅食行为有着重要的影响。但旧有的研究大多仅限于定性探讨,如一些研究将动物觅食活动中的警觉分为一般警觉和明显警觉两种类型,而另有一些研究则根据种内竞争及种间捕食关系,将动物觅食活动中的警觉分为社会性警觉和反捕食警觉。在未测定此类警觉行为所引致的觅食中断对摄入率的影响的条件下,就定义一般警觉和社会性警觉为低代价行为,明显警觉和反捕食警觉为高代价行为,难以阐明植食性哺乳动物觅食行为的进化适应性意义。Lima 等认为,动物各种警觉行为动作在警觉强度和代价上可能存在差异,探讨动物的警觉代价时,定义警觉动作应充分考虑其是否引起觅食中断。结果发现,在不同视野受阻条件下,东方田鼠能通过调整警觉行为动作的发生频次和持续时间,维持觅食中断时间的稳定,进而保证进食时间的稳定。东方田鼠在不同程度的视野遮挡条件下均能通过行为变异和优化使摄入率保持稳定。结果充分说明,东方田鼠在警觉强度上的变化不能反映觅食中断所带来的食物收益减损的代价,但觅食活动中各警觉动作的持续时间的变异却能够明确指示个体摄入率的动态变化,因此,以觅食活动中警觉引起的觅食中断时间代价为线索,检验其对摄入率的影响,是评价植食性小型哺乳动物在不同生境觅食适应性策略的有效的方法。该项研究通过引入动物觅食行为参数—食物摄入率评价因环境植被高度引起的视野受阻对动物觅食行为的影响,结果发现动物能通过行为调节维持摄入率的稳定,属于理论创新。同时提出了紧迫性风险理论(动物觅食活动中的视觉警觉和听觉警觉主要是用以监测和收集由风险源动物直接发出的紧迫性风险信息,以权衡觅食活动是否继续)和非紧迫性风险理论(嗅觉警觉主要是用以监测和收集由风险源动物间接发出的非紧迫风险如尿液和粪便等气味信息,以权衡觅食活动是否继续)。

(3) 在种内关系的尺度上探讨了东方田鼠家族群及社群气味对成员个体觅食行为的影响。首先,在动物集群觅食生态研究中,存在两种对立的论点,其中一种观点认为,集群觅食因成员个体间的相互协作和轮流警惕会给群内个体的生存带来诸多好处,亦即集群觅食会给社群性动物带来好处;另一种观点则认为,集群觅食在给社群性动物带来好处的同时,会因群内成员个体间的相互影响而潜在地增大其觅食代价。为此,在实验室条件下,基于我们建立的警觉功能反应模型理论,首次以实验动物家族群觅食方式,通过测定家族群成员个

体的觅食行为及参数对该论点进行检验。结果发现,与单只个体相比,家族群觅食尽管能显著地缩短成员个体的觅食决定时间,但却显著地降低了成员个体的摄入率。成员个体间的相互干扰能使个体的一般扫视、盯视及嗅闻动作时间比例显著增大,尽管直立扫视和静听动作时间比例减少显著,但并未使个体的觅食中断时间减小。结果说明,东方田鼠家族群成员个体间的相互干扰能使个体觅食行为参数发生变异,导致觅食中断时间增加,摄入率降低。进而证明集群觅食在给社群性动物带来好处的同时,会因群内成员个体间的相互影响而潜在地增大其觅食代价这一论点。其次,基于我们新建立的警觉功能反应模型理论及有关的动物气味作用的研究成果,首次将气味作用引入到觅食生态学领域。因为,在与环境长期协同进化的适应性过程中,一些社群性动物为应对、规避和弱化社群间因食物等资源而引发的各种竞争,发展出用尿液和粪便等排泄物标记领地的行为,以共占共享同一块领地。这些排泄物所代表的独特的社群气味,不但具有警示和阻抑入侵者的作用,而且社群成员在觅食活动中常常会遇到本群及其他社群成员的尿液和粪便等排泄物,在此情形下,这些代表不同群体气味的排泄物,是否会影响社群成员的觅食行为?结果表明,家族群自身气味能显著地缩短本群成员个体的觅食决定时间,通过减少成员个体的嗅闻及直立扫视动作时间比例、增大一般扫视、盯视及静听动作时间比例,降低觅食中断时间比例,进而提高其摄入率;而非亲缘家族群气味则能显著地延长家族群成员个体的觅食决定时间,通过增大家族群成员个体的嗅闻和一般扫视动作时间比例、减小直立扫视、盯视及静听动作时间比例,增大觅食中断时间比例,降低其摄入率。结果揭示,熟悉的社群气味会促使觅食活动中的家族群成员个体,在监测环境风险时,将精力更多地用于观察和监听群内其他成员个体的行为及其发出的警报信息,以便在有效规避环境风险的同时减缓个体间因干扰性竞争对觅食活动所造成的不利影响;而陌生的社群气味会迫使成员个体,将精力由依赖群内其他成员个体的行为转向凭借自身直接警觉周围环境。

(4) 在种间关系的尺度上探讨了捕食风险对动物觅食行为的影响。植食性哺乳动物对食物斑块的选择和利用不仅取决于食物的可利用性,且与觅食环境潜存的各种风险紧密关联。已有的研究认为,捕食风险对植食性哺乳动物的觅食行为会产生影响,但这种影响并不会对其觅食适合即食物摄入率造成影响。这些研究尽管充分考虑到动物觅食过程中其行为自主调节作用对摄入率的维持作用,然而动物是如何通过觅食活动中的行为调节维持其摄入率?其行为调节机制过程是怎样的?仍然知之甚少。基于我们提出的警觉—功能反应模型理论,在实验室条件下通过测实验个体在捕食风险条件下的觅食行为及参数,结果发现,捕食风险能显著地延长东方田鼠的觅食决定时间,但其摄入率保持稳定,功能反应构型亦未发生改变,仍为II型功能反应;结果揭示,在捕食风险压力下,虽然动物觅食行为及参数变异能潜在地降低摄入率,但个体能通过改变觅食活动中各种警觉行为动作如降低嗅闻和静听监视动作的发生频次,增大视觉监视动作比重,以此缓冲捕食风险压力,维持摄入率。

## 代表作及论文目录

序号	代表作及论文名称/刊名/作者	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	他引总次数	知识产权是否归国内所有	是否代表作
1	东方田鼠警觉对其功能反应的作用格局/生态学报/陶双伦	2011 年 31 卷 02 期	2011 年 01 月 23 日	陶双伦	陶双伦	杨锡福, 邓凯东, 张良军, 李俊年, 刘季科	9	是	是
2	捕食风险对东方田鼠功能反应格局的作用/生态学报/陶双伦	2013 年 33 卷 09 期	2013 年 05 月 08 日	陶双伦	马静	杨锡福, 姚小燕, 王璐, 李俊年	10	是	是
3	视野受阻对东方田鼠觅食行为的影响/生态学报/陶双伦	2017 年 37 卷 03 期	2016 年 06 月 13 日	陶双伦	唐显江	马静, 章力, 吴帅玲, 李俊年	8	是	是
4	东方田鼠家族群对成员个体觅食行为的影响/生态学报/陶双伦	2019 年 39 卷 13 期	2019 年 04 月 17 日	陶双伦	吴帅玲	章力, 马静, 唐显江, 汪玲, 左方明, 李俊年	2	是	是
5	东方田鼠社群气味对家族群成员个体觅食行为的影响/生态学报/陶双伦	2020 年 40 卷 05 期	2019 年 12 月 17 日	陶双伦	章力	吴帅玲, 左方明, 李波, 汪玲, 李俊年, 马静	0	是	是
6	植食性哺乳动物能量收益函数模型的预测性及适用性 /生态学报/陶双伦	2010 年 30 卷 20 期	2010 年 10 月 23 日	陶双伦	陶双伦	张伟华, 李俊年, 何岚	3	是	否
7	植食性哺乳动物能量收益增长减速机制的检验/生态学报/陶双伦	2010 年 30 卷 18 期	2010 年 09 月 23 日	陶双伦	陶双伦	张伟华, 李俊年, 何岚, 杨锡福	11	是	否
8	根田鼠几种觅食功能反应模型的比较/生态学报/陶双伦	2010 年 30 卷 16 期	2019 年 12 月 31 日	陶双伦	陶双伦	刘季科, 李俊年, 张伟华, 何岚	5	是	否

## 完成人情况

姓 名	陶双伦	性 别	男	排 名	1	国 籍	中国
出生年月	1967 年 10 月 30 日			出 生 地	新疆	民 族	汉族
身份证号	230107196710300455			归国人员	否	归国时间	
技术职称	副教授			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	中国科学院			毕业时间	2002 年 08 月 09 日	所学专业	生态学
电子邮箱	taoshl_xj@126.com			办公电话	13707430429	移动电话	13707430429
通讯地址	湖南省吉首市人民南路 120 号沙子坳校区					邮政编码	416000
工作单位	吉首大学					行政职务	无
二级单位	生物资源与环境科学学院					党 派	群众
主要完成 单位	吉首大学					所 在 地	湖南
						单位性质	学校
参加本项目的起止时间		2015 年 01 月 02 日 至 2021 年 09 月 14 日					
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>构建了植食性哺乳动物觅食行为活动过程的原理性理论即警觉-功能反应模型模型理论。将该模型理论运用于动物个体生态学、种内及种间关系的探讨，进而提出了一系列新的理论如紧迫性风险理论和非紧迫性风险理论、集群觅食的干扰性代价理论、社会性动物对社群气味的觅食行为过程理论、觅食活动中的警觉 行为能缓冲捕食风险压力维持摄入率稳定。</p>							
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p style="text-align: center;">无</p>							

主要完成单位情况

单位名称	吉首大学				
排 名	1	法定代表人	廖志坤	所 在 地	湖南
单位性质	学校	传 真	84715490	邮政编码	416000
通讯地址	湖南省吉首市人民南路 120 号沙子坳校区				
联 系 人	陶双伦	单位电话	13707430429	移动电话	13707430429
电子邮箱	taoshl_xj@126.com				
对本项目科学发现的贡献：（限 600 字）					
吉首大学生物资源与环境科学学院拥有的动物行为实验室、生物科学实验室、生物工程实验室及环境科学与工程实验室以及湖南省生态学重点建设学科，为本项目顺利实施和完成提供了可靠的保障。					