

2020 年度高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）

科学技术进步奖推荐项目公示

一、项目名称：面向农田土壤动物信息获取和监测的关键技术及应用

二、提单位：哈尔滨师范大学

三、项目简介

人类目前面临严峻的土壤动物多样性丧失问题。虽然科学家针对土壤动物多样性如何维持开展了系列工作，但相关研究进展缓慢。其中一个重要瓶颈就是目前的调查监测主要依赖传统方式，缺乏针对土壤动物的多尺度和长期的监测理论和方法。为了应对该挑战，本项目在国家自然科学基金、中国博士后科学基金等项目的支持下，通过近十年坚持不懈的努力，解决了我国在土壤动物多尺度、长期监测理论和方法上的关键技术瓶颈，产生了显著的社会和生态效益，取得如下科技创新成果：

1. 提出了面向农田土壤动物信息获取和监测的嵌套式渐变疏密网格随机配置理论

引入蒙特卡洛二重积分的有利随机最优理论和算法，建立了规则网格与渐变嵌套相结合的混合采样模式，解决了时间—空间大跨度采集和微观—宏观跨尺度监测的核心关键技术难题。采用基于先进的超高精度卫星差分定位方法，确定样地基本单元空间划分布局，格网分辨率达到 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 及以上，实现了基本单元的超精细设置，达到了国际上该领域的最高划分密度和精确度。

2. 创建了我国东北黑土农田土壤动物大型超精细超大温差的野外科学验证技术

首次在我国东北黑土农田地区建立适应超大温差的土壤动物大型科学验证的多类型固定样地，改变了没有以土壤动物为研究对象的大型固定样地的现状，其空间粒度、空间跨度、时间粒度、时间跨度、温差跨度在国内外处于领先行列。采用动态实时差分高精度导航定位技术，创立了一种全数字无痕精准空间采样复位技术，解决了在高强度、高频度人类干扰生境中精准定位和复位采样点的技术挑战，其复位精度达到国际领先的厘米级。

3. 获得了土壤动物研究领域“群落空间格局及形成机制存在沿时空尺度的鲁棒性”的重要科学发现

建立了国内外最大规模的可变空间和时间的变粒度野外采集样本库，样本库的数据量远超国内外学界现有规模。样本库的采集空间尺度从 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 到 $400\text{m} \times 400\text{m}$ ，单次多样点采集数超过千位数。样本库在时间尺度上，实现了以小时为单位的连续采样，最大连续时长达到 72 天。基于此大数据样

本库，采用相关理论和技术进行时空变化分析，发现了环境过滤和随机扩散对土壤动物多样性维持的共同作用机制。与学界普遍存在的共识不同，本项目发现环境过滤和随机扩散对多样性维持的作用随着尺度的增加保持稳定性，且随机扩散的影响作用更强烈。通过大规模的数据计算和分析，提出了土壤动物“群落空间格局及其形成机制沿时空尺度的鲁棒性”这一重要科学发现。

发表论文 50 余篇，包括 SCI 期刊论文 18 篇，出版土壤动物识别图鉴 4 部、专著 2 部，获国家实用新型发明专利 12 项，获省部级科学技术奖励 3 项，制定土壤动物大型固定样地建设手册 1 部、调查和监测技术指南 1 部。解决了土壤动物长期调查和监测的关键技术瓶颈，建设了由 5 块大型固定样地和 80 余块辅助卫星样地组成的约 49ha 的土壤动物长期固定监测平台，首次开展了 1—4.4×10⁶m 大空间跨度的系统调查。在该平台开展了连续近 10 年 200 余次的调查，实现了从时到年的大时间跨度的土壤动物监测。实现了土壤动物野外调查和监测的标准化、规范化，为土壤动物多样性及生态系统服务功能的长期研究提供了关键性的技术支撑。

四、主要完成人员情况

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目主要科技创新的贡献（限 300 字）
1	高梅香	教授	宁波大学	哈尔滨师范大学	对科技创新点 1、2 和 3 均有创造性贡献，全面负责项目总体方案与技术路线的制定以及各技术指标的完成，全面设计和开展应用示范，是实用新型专利 1-6 的发明者。
2	吴东辉	研究员	中国科学院东北地理与农业生态研究所	中国科学院东北地理与农业生态研究所	对科技创新点 1、2 和 3 均有创造性贡献，是项目总体方案的主要设计者，在东北黑土农田土壤动物大型超精细超大温差的野外科学验证中发挥重要作用。
3	李加林	教授	宁波大学	宁波大学	对科技创新点 3 有重要贡献，对“群落空间格局及其形成机制沿时空尺度的鲁棒性”这一重要科学发现的提出中具有突出贡献。
4	林琳	讲师	哈尔滨师范大学	哈尔滨师范大学	对科技创新点 2 有重要贡献，在全数字无痕精准空间采样复位技术的设计和应用中发挥重要作用，是实用新型专利 7-8 的发明者。
5	张利敏	副教授	哈尔滨师范大学	哈尔滨师范大学	对科技创新点 3 有重要贡献，是实用新型专利 9-10 的发明者，在开发识别环境过滤和随机扩散对土壤动物多样性维持作用的技术中发挥重要作用。
6	卢廷玉	副教授	哈尔滨师范大学	哈尔滨师范大学	对科技创新点 2 和 3 有重要贡献，在全数字无痕精准空间采样复位技术的设计和“群落空间格局及形成机制存在沿时空尺度的鲁棒性”研究发挥重要作用，是实用新型专利 5-6 发明者。

7	戴璐	副教授	宁波大学	宁波大学	对科技创新点3有重要贡献,在设计和建立可变空间和时间的变粒度野外采集样本库中做出重要贡献。
8	张雪萍	教授	哈尔滨师范大学	哈尔滨师范大学	对科技创新点1有重要贡献,在面向农田土壤动物信息获取和监测的嵌套式渐变疏密网格随机配置理论中,做出了重要的贡献。

五、主要完成单位及创新推广贡献

排名	单位名称	对本项目的贡献(限600字)
1	哈尔滨师范大学	全面主持本项目的实施,对科技创新点1、2和3有创造性贡献。为本项目的实施提供了人力、物力和实验平台的支持。对建立规则网格与渐变嵌套相结合的混合采样模式、建立和监测土壤动物大型固定样地等方面有突出贡献。
2	中国科学院东北地理与农业生态研究所	对科技创新点1、2和3有创造性贡献。率先组织在东北黑土农田开展科技创新点1、2的应用和实践。对提出土壤动物“群落空间格局及其形成机制沿时空尺度的鲁棒性”这一重要科学发现有突出作用。
3	宁波大学	对科技创新点1、2和3有重要贡献。为本项目的实施提供了创新性思维、关键技术指导的支持。对实现基本单元的超精细设置、创立全数字无痕精准空间采样复位技术等方面具有突出贡献。

六、主要知识产权和标准规范

序号	知识产权(标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家(地区)	授权号(标准编号)	授权(标准发布)日期	证书编号(标准批准发布部门)	权利人(标准起草单位)	发明人(标准起草人)	发明专利有效状态
1	实用新型专利	一种便携式土壤动物分离器	中国	ZL201220014104.4	2012.09.19	2416489	哈尔滨师范大学	高梅香, 张雪萍	无效
2	实用新型专利	一种土壤取样装置	中国	ZL201220014102.5	2012.09.19	2399313	哈尔滨师范大学	高梅香, 张雪萍	无效
3	实用新型专利	伸缩式土壤动物采集装置	中国	ZL201520893833.5	2016.3.9	5055701	哈尔滨师范大学	高梅香, 林琳, 张利敏	无效
4	实用新型专利	新型可调节土壤动物分离器	中国	ZL201520893832.0	2016.3.9	5054935	哈尔滨师范大学	高梅香, 林琳, 张利敏	无效
5	实用新型专利	一种有益土壤动物养殖	中国	ZL201821059310.0	2019.1.11	8345448	哈尔滨师范大学	高梅香, 卢廷玉	无效

6	实用新型专利	升降式土壤动物烘虫箱	中国	ZL201821059475.8	2019.1.11	8345171	哈尔滨师范大学	高梅香, 卢廷玉	无效
7	实用新型专利	新型土壤动物标本便携装置	中国	ZL201520701942.2	2015.12.30	4908426	哈尔滨师范大学	林琳, 张雪萍, 张利敏, 高梅香	无效
8	实用新型专利	土壤动物监测防水装置	中国	ZL201520701629.9	2015.12.30	4908455	哈尔滨师范大学	林琳, 张雪萍, 张利敏, 高梅香	无效
9	实用新型专利	一种土壤样品采集钻	中国	ZL201220659109.2	2013.5.15	2912490	哈尔滨师范大学	张利敏, 张雪萍	无效
10	实用新型专利	一种土壤采样器	中国	ZL201220659285.6	2013.5.15	2913191	哈尔滨师范大学	张利敏, 张雪萍	无效