

学术引领系列



国家科学思想库



中国学科发展战略

土壤生物学

国家自然科学基金委员会
中国科学院



科学出版社

学术引领系列



国家科学思想库



中国学科发展战略

土壤生物学

国家自然科学基金委员会
中国科学院

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

土壤生物学/国家自然科学基金委员会,中国科学院编. —北京:
科学出版社, 2016. 4

(中国学科发展战略)

ISBN 978-7-03-047569-5

I. ①土… II. ①国…②中… III. ①土壤生物学—研究 IV. ①S154

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 046639 号

丛书策划: 侯俊琳 牛 玲

责任编辑: 侯俊琳 杨婵娟 吴春花/ 责任校对: 蒋萍

责任印制: 张 倩/ 封面设计: 黄华斌 陈 敬

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep. com

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 4 月第一次印刷 印张: 11 1/4

字数: 208 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

中国学科发展战略

联合领导小组

组 长：陈宜瑜 李静海
副 组 长：秦大河 姚建年
成 员：詹文龙 朱道本 陈 颢 李 未 顾秉林
贺福初 曹效业 李 婷 王敬泽 刘春杰
高瑞平 孟宪平 韩 宇 郑永和 汲培文
梁文平 杜生明 柴育成 黎 明 秦玉文
李一军 董尔丹

联合工作组

组 长：李 婷 郑永和
成 员：龚 旭 朱蔚彤 孟庆峰 吴善超 李铭禄
刘春杰 张家元 钱莹洁 申倚敏 林宏侠
冯 霞 王振宇 薛 淮 赵剑峰

中国学科发展战略·土壤生物学

项 目 组

组 长：傅伯杰

成 员：（以姓氏拼音为序）

傅声雷	贺纪正	胡 锋	黄巧云
贾仲君	冷疏影	陆雅海	马 可
申倚敏	沈菊培	沈仁芳	宋长青
陶 澍	吴金水	徐建明	张丽梅
张旭东	周集中	朱永官	

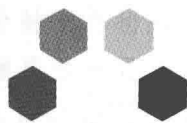
学术秘书：贺纪正 陆雅海

撰 写 组

组 长：傅伯杰

主要成员：（以姓氏拼音为序）

陈保冬	陈小云	褚海燕	邓 晔
傅声雷	葛体达	何红波	何 艳
贺纪正	胡 锋	胡水金	黄巧云
贾仲君	李芳柏	刘芳华	刘满强
刘占锋	陆雅海	沈仁芳	施卫明
王 妮	韦革宏	魏文学	吴金水
徐建明	杨云锋	张 斌	张丽梅
张旭东	赵方杰	周集中	朱永官



总 序

白春礼 杨 卫

17 世纪的科学革命使科学从普适的自然哲学走向分科深入，如今已发展成为一幅由众多彼此独立又相互关联的学科汇就的壮丽画卷。在人类不断深化对自然认识的过程中，学科不仅仅是现代社会中科学知识的组成单元，同时也逐渐成为人类认知活动的组织分工，决定了知识生产的社会形态特征，推动和促进了科学技术和各种学术形态的蓬勃发展。从历史上看，学科的发展体现了知识生产及其传播、传承的过程，学科之间的相互交叉、融合与分化成为科学发展的重要特征。只有了解各学科演变的基本规律，完善学科布局，促进学科协调发展，才能推进科学的整体发展，形成促进前沿科学突破的科研布局和创新环境。

我国引入近代科学后几经曲折，及至上世纪初开始逐步同西方科学接轨，建立了以学科教育与学科科研互为支撑的学科体系。新中国建立后，逐步形成完整的学科体系，为国家科学技术进步和经济社会发展提供了大量优秀人才，部分学科已进入世界前列，有的学科取得了令世界瞩目的突出成就。当前，我国正处在从科学大国向科学强国转变的关键时期，经济发展新常态下要求科学技术为国家经济增长提供更强劲的动力，创新成为引领我国经济发展的新引擎。与此同时，改革开放 30 多年来，特别是 21 世纪以来，我国迅猛发展的科学事业蓄积了巨大的内能，不仅重大创新成果源源不断产生，而且一些学科正在孕育新的生长点，有可能引领世界学科发展的新方向。因此，开展学科发展战略研究是提高我国自主创新能力、实现我国科学由“跟跑者”向“并行者”和“领跑者”转变的

一项基础工程，对于更好把握世界科技创新发展趋势，发挥科技创新在全面创新中的引领作用，具有重要的现实意义。

学科发展战略研究的核心是结合科学技术和经济社会的发展需求，在分析科学前沿发展趋势的基础上，寻找新的学科生长点和方向。在这个过程中，战略科学家的前瞻引领作用十分重要。科学史上这样的例子比比皆是。在1900年8月巴黎国际数学家代表大会上，德国数学家戴维·希尔伯特发表了题为“数学问题”的著名讲演，他根据过去特别是19世纪数学研究的成果和发展趋势，提出了23个最重要的数学问题，即“希尔伯特问题”。这些“问题”后来成为许多数学家力图攻克的难关，对现代数学的研究和发展产生了深刻的影响。1959年12月，美国物理学家、诺贝尔奖得主理查德·费曼在加利福尼亚理工学院举行的美国物理学会年会上发表了题为《物质底层大有空间——一张进入物理新领域的请柬》的经典讲话，对后来出现的纳米技术作出了天才的预见。

学科生长点并不完全等同于科学前沿，其产生和形成不仅取决于科学前沿的成果，还决定于社会生产和科学发展的需要。1841年，佩利戈特用钾还原四氯化铀，成功地获得了金属铀，可在很长一段时间并未能发展成为学科生长点。直到1939年，哈恩和斯特拉斯曼发现了铀的核裂变现象后，人们认识到它有可能成为巨大的能源，这才形成了以铀为主要对象的核燃料科学的学科生长点。而基本粒子物理学作为一门理论性很强的学科，它的新生长点之所以能不断形成，不仅在于它有揭示物质的深层结构秘密的作用，而且在于其成果有助于认识宇宙的起源和演化。上述事实说明，科学在从理论到应用又从应用到理论的转化过程中，会有新的学科生长点不断地产生和形成。

不同学科交叉集成，特别是理论研究与实验科学相结合，往往也是新的学科生长点的重要来源。新的实验方法和实验手段的发明，大科学装置的建立，如离子加速器、中子反应堆、核磁共振仪等技术方法，都促进了相对独立的新学科的形成。自20世纪80年代以来，具有费曼1959年所预见的性能、微观表征和操纵技术的

仪器——扫描隧道显微镜和原子力显微镜终于相继问世，为纳米结构的测量和操纵提供了“眼睛”和“手指”，使得人类能更进一步认识纳米世界，极大地推动了纳米技术的发展。

作为国家科学思想库，中国科学院（以下简称中科院）学部的基本职责和优势是为国家科学选择和优化布局重大科学技术发展方向提供科学依据、发挥学术引领作用，国家自然科学基金委员会（以下简称基金委）则承担着协调学科发展、夯实学科基础、促进学科交叉、加强学科建设的重大责任。继基金委和中科院于2012年成功地联合发布“未来10年中国学科发展战略研究”报告之后，双方签署了共同开展学科发展战略研究的长期合作协议，通过联合开展学科发展战略研究的长效机制，共建共享国家科学思想库的研究咨询能力，切实担当起服务国家科学领域决策咨询的核心作用。

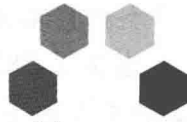
基金委和中科院共同组织的学科发展战略研究既分析相关学科领域的发展趋势与应用前景，又提出与学科发展相关的人才队伍布局、环境条件建设、资助机制创新等方面的政策建议，还针对某一类学科发展所面临的共性政策问题，开展专题学科战略与政策研究。自2012年开始，平均每年部署10项左右学科发展战略研究项目，其中既有传统学科中的新增长点或交叉学科，如物理学中的软凝聚态物理、化学中的能源化学、生物学中生命组学等，也有面向具有重大应用背景的新兴战略研究领域，如再生医学、冰冻圈科学、高功率高光束质量半导体激光发展战略研究等，还有以具体学科为例开展的关于依托重大科学设施与平台发展的学科政策研究。

学科发展战略研究工作沿袭了由中科院院士牵头的方式，并凝聚相关领域专家学者共同开展研究。他们秉承“知行合一”的理念，将深刻的洞察力和严谨的工作作风结合起来，潜心研究，求真唯实，“知之真切笃实处即是行，行之明觉精察处即是知”。他们精益求精，“止于至善”，“皆当至于至善之地而不迁”，力求尽善尽美，以获取最大的集体智慧。他们在中国基础研究从与发达国家“总量并行”到“贡献并行”再到“源头并行”的升级发展过程中，脚踏实地，拾级而上，纵观全局，极目迥望。他们站在巨人肩上，

立于科学前沿，为中国乃至世界的学科发展指出可能的生长点和新方向。

各学科发展战略研究组从学科的科学意义与战略价值、发展规律和研究特点、发展现状与发展态势、未来5~10年学科发展的关键科学问题、发展思路、发展目标和重要研究方向、学科发展的有效资助机制与政策建议等方面进行分析阐述。既强调学科生长点的科学意义，也考虑其重要的社会价值；既着眼于学科生长点的前沿性，也兼顾其可能利用的资源条件；既立足于国内的现状，又注重基础研究的国际化趋势；既肯定已取得的成绩，又不回避发展中面临的困难和问题。主要研究成果以“国家自然科学基金委员会—中国科学院学科发展战略”丛书的形式，纳入“国家科学思想库—学术引领系列”陆续出版。

基金委和中科院在学科发展战略研究方面的合作是一项长期的任务。在报告付梓之际，我们衷心地感谢为学科发展战略研究付出心血的院士、专家，还要感谢在咨询、审读和支撑方面做出贡献的同志，也要感谢科学出版社在编辑出版工作中付出的辛勤劳动，更要感谢基金委和中科院学科发展战略研究联合工作组各位成员的辛勤工作。我们诚挚希望更多的院士、专家能够加入到学科发展战略研究的行列中来，搭建我国科技规划和科技政策咨询平台，为推动促进我国学科均衡、协调、可持续发展发挥更大的积极作用。



前言

土壤被誉为地球“活的皮肤”，蕴含着极丰富的生物多样性。土壤生物作为元素生物地球化学过程的引擎，驱动着土壤圈与其他各圈层之间活跃的物质交换和循环，在全球变化中扮演着重要的角色。土壤生物也是维系陆地生态系统地上-地下相互作用的纽带，支撑着陆地生态系统的过程和功能，是土壤生态系统的核心，深刻影响着土壤质量。不仅如此，土壤生物还可通过影响土壤-植物系统中污染物的迁移转化、病原菌及抗生素抗性基因的存活与传播而直接影响人体健康。但长期以来由于土壤生物系统的复杂性和土壤生物学研究技术手段的限制，人类对土壤生物多样性和功能的认识十分有限。近年来，突飞猛进的生物学特别是分子生物学技术的进步，为土壤生物学研究提供了新的契机。20世纪90年代以来国际上土壤生物学研究蓬勃发展，土壤生物学迅速成为土壤学、环境科学、地球表层科学和生命科学等学科最为活跃的交叉发展前沿。土壤生物学研究正在为阐明地球系统的生源要素循环，促进土壤资源的可持续利用，理解全球变化及影响，发展污染环境的生物修复技术提供强有力的科学依据和技术支撑。

鉴于土壤生物在土壤物质循环和生态系统功能维持中的重要作用，以及近年来国际上该研究领域迅猛发展的态势，中国科学院地学部于2012年4月启动了“土壤与土壤生物学发展战略研究”项目，2013年7月该项目进一步提升为中国科学院和国家自然科学基金委员会联合资助的发展战略研究项目。项目组由来自中国科学院、北京大学、清华大学、浙江大学、中国农业大学、南京农业大学、华中农业大学等单位长期从事土壤生物学、环境科学、生态

学、地理学和土壤学各分支学科的著名专家和中青年学者组成，先后召开了6次学术研讨会，共邀请了187人次专家学者参加项目的咨询和研讨。项目组系统梳理了我国土壤生物学的发展历程和现状，调研了国际土壤生物学的发展态势和前沿热点，并在此基础上，经过反复咨询研讨提出了我国土壤生物学研究领域未来所面临的重要挑战，凝练了今后5~10年的关键科学问题，明确了发展目标和发展方向。前期调研成果已编辑成《土壤生物学前沿》一书于2015年年初由科学出版社出版。本书主要包括调研成果的第二部分，聚焦未来的发展目标和方向。

土壤生物学是高度交叉的研究领域，尽管本质上属于土壤科学的分支学科范畴，但不同学科如环境科学、地理学、生态学和生命科学皆能在这一研究领域进行广泛的渗透融合。鉴于这一特点，本战略研究未按传统的学科门类划分分支方向，而是以具体的科学问题为导向和框架。本书共包含十一章：第一和第二章，讨论了土壤生物学的学科发展任务和战略地位，总结分析了学科发展历程与态势；第三至第五章，提出了我国土壤生物学发展亟须解决的基础性科学问题，包括：土壤生物网络与生态服务功能、土壤微生物时空演变规律和土壤生物地球化学循环的微生物驱动机制；第六至第八章，针对生态环境和社会可持续发展面临的重大挑战，提出了应用性科学问题，包括：土壤生物与土壤肥力、土壤生物与全球变化和土壤生物与土壤污染；第九和第十章，为促进多学科交叉发展和方法平台建设，提出了土壤生物与土壤物理、土壤化学的交叉发展和土壤生物研究方法与平台建设的建议；第十一章，为实现土壤生物学的发展目标，提出了相应的资助机制和政策建议。另外，本书还在附录部分介绍了若干具有重要影响的国际土壤生物学研究计划。本书由傅伯杰、陆雅海、贺纪正、张丽梅设计和组织，各章撰写人分别为：第一和第二章：陆雅海、傅伯杰、贺纪正、贾仲君、张丽梅；第三章：胡锋、刘满强、陈小云、傅声雷；第四章：贺纪正、杨云锋、褚海燕；第五章：吴金水、葛体达、魏文学、杨云锋；第六章：沈仁芳、张旭东、施卫明、韦革宏、胡水金、陈保冬；第七

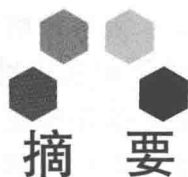
章：陆雅海、傅声雷、褚海燕、杨云锋、刘占锋、王妮、刘芳华；第八章：朱永官、赵方杰、陈保冬、徐建明、李芳柏、韦革宏；第九章：徐建明、李芳柏、黄巧云、张斌、何艳；第十章：贾仲君、刘占锋、何红波、邓晔、周集中、陆雅海、傅声雷；第十一章：贺纪正、傅伯杰、陆雅海、张丽梅；附录：贾仲君、陆雅海。

值得指出的是，本书从国际土壤生物学发展趋势出发，着眼于国家需求和学科发展前沿，提出了土壤生物学领域的关键科学问题和优先发展方向，但并不能涵盖当今土壤生物学研究的所有方面。特别是，基础研究总是存在不可预见性，科学家的好奇心和自由探索永远是科学发展的重要动力。

本项目在执行期间，得到了中国科学院学部工作局的大力支持。国家自然科学基金委员会地球科学部的宋长青和冷疏影不仅以项目组成员身份直接参与项目的咨询研讨，而且一直以管理科学家的身份跟踪和推进本学科的发展。本书成稿后，得到了项目组邀请专家和学部邀请专家的宝贵修改意见和建议，中国科学院生态环境研究中心、城市环境研究所、南京土壤研究所、亚热带农业生态研究所、水利部水土保持研究所，广东省生态环境与土壤研究所和浙江大学支持了项目的实施和多次研讨会，在此一并表示衷心的感谢。

傅伯杰

2015年6月



摘要

中国科学院学部工作局于 2012 年 4 月批准“土壤与土壤生物学发展战略研究”项目，由傅伯杰院士主持承担。2013 年 7 月该项目进一步提升为中国科学院和国家自然科学基金委员会联合资助的发展战略研究项目。项目于 2012 年 6 月召开启动研讨会，确立其主要目标、任务内容和专题分工。随后分别于 2012 年 11 月、2013 年 11 月、2014 年 6 月、2014 年 12 月和 2015 年 5 月先后共召开了 6 次学术研讨会。来自中国科学院生态环境研究中心、南京土壤研究所、城市环境研究所、沈阳应用生态研究所、亚热带农业生态研究所、华南植物园、北京大学、清华大学、浙江大学、中国农业大学、南京农业大学、华中农业大学等单位的专家学者组成了项目研究组，研究期间还邀请了中国科学院青藏高原研究所、水利部水土保持研究所、烟台海岸带研究所，中国农业科学院，中国林业科学院，福建师范大学，西北农林科技大学和广东省生态环境与土壤研究所等多个单位共 187 人次专家学者参加了项目的咨询和研讨。现将研究成果总结如下：

一、研究背景

土壤是人类赖以生存和发展最基本的物质基础，土壤过程不仅直接影响土壤肥力和作物生产，而且还影响水圈、大气圈、生物圈和岩石圈的物质循环和平衡。土壤被誉为地球“活的皮肤”，蕴含极丰富的生物多样性，全球土壤中栖居的微生物总量约为海洋微生物总数的 10 倍。土壤生物是物质（元素）转化的主要驱动

者，是土壤生态系统的核心，深刻影响着土壤质量。土壤生物也是维系陆地生态系统地上-地下相互作用的纽带，支撑着陆地生态系统过程和功能，在全球物质循环和能量流动过程中发挥着不可替代的作用。土壤生物可通过影响土壤-植物系统中污染物的迁移转化、病原菌及抗生素抗性基因的存活与传播而最终影响人体健康。不仅如此，土壤生物作为生物地球化学过程的引擎，驱动土壤圈与其他各圈层之间发生活跃的物质交换和循环，在全球变化中扮演着重要的角色。因此，近20年来，土壤生物学不仅是土壤科学也是环境科学、地球表层科学和生命科学等学科十分活跃的交叉发展前沿。

英国自然环境研究委员会（NERC）于1998年率先启动了土壤生物学重大研究计划，该计划以英国北部草原土壤为模型，旨在解析驱动陆地生态系统碳循环的微生物群落结构和功能。几乎同时，美国国家科学基金会（NSF）于1999年启动了“微生物观测”项目群计划，2004年进一步将其扩展为“微生物观测、相互作用和过程研究”项目群计划，其中相当一部分项目聚焦土壤微生物研究。2009年，美国科学院（NAS）出版战略咨询报告《土壤科学研究前沿》，强调多学科交叉研究土壤微生物的重要性及其培育新兴学科生长点的巨大潜力，指出未来优先发展领域是不同尺度下土壤微生物格局及其功能的多学科交叉研究。同年，美国科学院出版《生物学战略咨询报告》，指出土壤微生物学研究需借鉴物理、化学、数学和工程等领域的先进技术和理念，从基因、细胞、群落、田块和区域尺度开展土壤微生物功能研究。2010年，美国和欧盟土壤生物学专家联合提出了土壤宏基因组研究计划（TerraGenome），在美国国家科学基金会（NSF）和法国国家科研署（ANR）等资助下，针对野外长期定位试验，开展土壤宏基因组的系统研究，解剖土壤微生物的生态功能。2011年，美国阿贡国家实验室启动了地球微生物计划，重点围绕土壤生态系统，计划在全球范围内开展地球微生物群落结构和功能的系统研究。

目前，我国土壤科学面临的重要科学问题和挑战包括：土壤

肥力保持与粮食安全、土壤碳平衡与全球变化、土壤污染修复与生态环境安全等,发展土壤生物学科将有助于解决这些问题,为之提供理论基础和技术支撑。在国际土壤生物学迅速发展背景下,针对我国土壤生物学发展的需求,中国科学院学部工作局于2012年启动了本战略研究项目,旨在汇聚我国相关领域的中青年学者专家,系统梳理我国土壤生物学的发展过程和现状,调研国际土壤生物学发展态势和前沿热点,提出我国土壤生物学领域的重要挑战,并凝练今后5~10年的主要发展目标和亟须解决的关键科学问题。

二、土壤与土壤生物学发展态势分析

近年来土壤生物学研究领域的迅速发展主要得益于微生物分子生态学技术的发展和运用。20世纪后半叶,美国科学家伍斯(Woese)提出细胞的核糖体RNA序列可作为生命进化的分子计时器,创立了生命三域概念,为地球生物多样性的系统研究提供了全新视角。基于伍斯的理论,土壤微生物学家发展了一系列基于16S rRNA基因测序的分子生物学研究方法,包括DNA克隆测序、稳定同位素探针技术和环境元(宏)基因组学技术等,爆发了一场探索土壤未知微生物种类和功能的革命,使土壤微生物学迅速成为土壤学、生态学、微生物学和环境科学等学科最为活跃的交叉发展前沿。近年来,土壤生物学研究的新发现正在为阐明地球系统的生源要素循环,促进土壤资源的可持续利用,理解全球变化及影响,发展污染环境的生物修复技术提供强有力的科学依据和手段。土壤生物学研究领域标志性的研究进展可总结为以下几个方面。

(一) 显著拓展了土壤微生物多样性和功能的认识

门(Phylum)是生物分类的最高分类单元,随着土壤分子生物学方法的发展和运用,人们对微生物多样性的认识得到不断发展。20多年前,学术界认为地球原核生物由14个门组成,目前海量的环境基因组数据表明环境中原核生物的种类在100个门以上。

而土壤含有最为复杂和多样的微生物种类。20 世纪 90 年代初，人们推测 1 克土壤样品中包含 7000 种不同的原核生物物种。实际上，21 世纪初，基于大量数据的统计学模型预测显示，1 吨土壤中至少包含 400 万种不同的原核生物物种。为便于快速鉴定微生物群落的多样性和结构特征，土壤微生物学家发展了许多基于生物标记物指纹图谱的分析方法，包括：磷脂脂肪酸分析技术、限制性片段长度多态性分析技术、变性梯度凝胶电泳和温度梯度凝胶电泳等。至今，以 16S 或 18S rRNA 基因为基础，围绕不同地域或不同土壤类型（如农田、草地和森林），土壤微生物学家开展了大量微生物群落结构和多样性的研究。对于土壤中具有特殊功能的微生物类群，则采用功能基因作为分子标记物，开展了功能基因多样性和微生物群落结构及功能的研究。

为了克服微生物原位研究的困难，土壤微生物学家还把生物标记分子与光学显微技术相结合，创新发展了一系列研究方法，如激光共聚焦技术、荧光原位杂交技术等，这些技术将分子荧光的可视性与显微技术相结合，扫除了原位研究土壤微生物的物种数量、组成比例、时空分布、种群特征和群落结构等的障碍。相关研究不仅促进了植物-土壤-微生物相互作用的研究进展，而且推动了微生物-矿物界面相互作用的研究。另外，稳定同位素示踪和分子标记物分析相结合的方法也得到广泛应用。DNA 同位素探针技术、磷脂脂肪酸同位素质谱耦联技术（PLFA-GC-MS）、纳米次级离子质谱技术（NanoSIMS）等的应用，显著推动了功能微生物种群结构、多样性和生态功能的研究。

（二）发现了驱动生物地球化学循环的重要物种

土壤中碳、氮、磷、硫、铁等生源要素的生物地球化学循环影响到地球各圈层间物质交换的动态平衡和稳定性，是土壤生物学领域的前沿研究方向之一。不同微生物类群通过独特的新陈代谢机理驱动土壤中生源要素的转化与循环。近 10 多年来，国内外在土壤碳、氮、铁等元素的生物地球化学研究领域取得了一系列重要进展。

(1) 碳循环的微生物学机理

碳循环是近年来备受关注的土壤学基本科学问题之一, 土壤中有机物质的转化、分解和积累不仅直接影响土壤肥力的发展和演化, 而且影响全球碳循环、温室气体排放和气候变化。国内外开展了大量土壤呼吸及其影响因子的研究, 揭示了土壤—植物系统光合同化碳的转移分配规律, 并在不同地理气候区域开展了大量土壤碳循环的模型模拟研究, 揭示了参与土壤碳循环的关键微生物群落结构和机理。

在缺氧土壤(如湿地和水稻土)中, 有机物质发生厌氧降解, 形成甲烷作为最终产物。由于甲烷是大气重要的温室气体之一, 近20年来, 学术界针对缺氧土壤有机质降解和甲烷产生机理开展了大量研究, 尤其在产甲烷微生物的研究方面获得了一系列突破。欧美科学家针对北半球湿地特别是泥炭沼泽地的甲烷产生和排放机理开展了系统研究, 通过分子生物学和传统分离培养相结合的方法, 探明了北半球典型酸性泥炭土中起关键作用的产甲烷古菌群落。德国、日本和我国科学家则对水稻田的产甲烷过程机理开展了大量研究, 发现在水稻土中起关键作用的并非传统菌群, 而是一类新型产甲烷古菌, 对该类古菌的分离培养突破了产甲烷古菌的传统分类体系, 为调控稻田甲烷产生和排放提供了理论基础。

(2) 氮循环的微生物学机理

氮是生命必需的营养元素, 土壤氮生物地球化学过程与农业生产紧密相关。土壤氮的生物转化由固氮作用、硝化作用、反硝化作用和氨化作用等过程组成, 其中氨氧化是农业土壤中氮循环的关键环节。近年来, 国际上氨氧化研究的一个重要突破是发现和分离培养了氨氧化古菌。长期以来, 细菌被认为是氨氧化过程的唯一执行者, 氨氧化古菌的发现突破了该传统理论。对分离培养的氨氧化古菌的研究表明, 尽管它们具有氧化铵离子或游离氨的能力, 但在细胞内未检测到中间产物——羟胺, 表明氨氧化古菌拥有一套不同于氨氧化细菌的特殊代谢途径。同时, 大量田间和实验室的模拟实验