

土壤生态学研究前沿

丛书主编 朱永官

丛书执行主编 徐建明

土壤健康
研究
前沿解读

朱永官 主编

Frontiers in
Soil Health Research



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

土壤生态学研究前沿

丛书主编 朱永官
丛书执行主编 徐建明

土壤健康研究 前沿解读

朱永官 主编

 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

· 杭州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

土壤健康研究前沿解读 / 朱永官主编. — 杭州 :
浙江大学出版社, 2023.10
(土壤生态学研究前沿)
ISBN 978-7-308-24220-2

I. ①土… II. ①朱… III. ①土壤学—研究 IV.
①S15

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 174097 号

土壤健康研究前沿解读

朱永官 主编

策划编辑 许佳颖
责任编辑 潘晶晶
责任校对 冯其华
封面设计 浙信文化
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(<https://www.zjupress.com>)
排 版 杭州晨特广告有限公司
印 刷 浙江海虹彩色印务有限公司
开 本 710mm×1000mm 1/16
印 张 10
字 数 135 千
版 印 次 2023 年 10 月第 1 版 2023 年 10 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-24220-2
定 价 88.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社市场运营中心联系方式: 0571-88925591; <https://zjdxcb.tmall.com>

“土壤生态学研究前沿”

编委会

主 编 朱永官

执行主编 徐建明

副 主 编 蔡祖聪 骆永明 陆雅海 沈仁芳

编 委(按姓氏笔画排序)

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 丁维新 | 马 斌 | 王 钢 | 王玉军 | 韦 中 |
| 韦革宏 | 邓 晔 | 吕镇梅 | 朱 冬 | 刘杏梅 |
| 刘满强 | 苏建强 | 李芳柏 | 李金天 | 李保海 |
| 杨云锋 | 吴龙华 | 吴永红 | 何 艳 | 谷保静 |
| 汪 鹏 | 张 颖 | 张丽梅 | 陈保冬 | 罗忠奎 |
| 周顺桂 | 赵方杰 | 胡凌飞 | 施积炎 | 姚槐应 |
| 袁 军 | 袁俊吉 | 贾汉忠 | 贾仲君 | 高彦征 |
| 唐先进 | 黄巧云 | 崔 丽 | 梁玉婷 | 蒋瑀霁 |
| 焦 硕 | 褚海燕 | 蔡 鹏 | 谭文峰 | 滕 应 |

《土壤健康研究前沿解读》

编委会

主 编 朱永官

副主编 朱 冬 王洪涛

编 委(按姓氏笔画排序)

丁 晶 苏晓轩 李 顺 李弘哲 杨 凯

肖可青 张思宇 陈 正 陈青林 陈松灿

陈学萍 周曙仡聃 郝秀丽 韩瑞霞

总 序

土壤圈是联系大气圈、岩石圈、水圈和生物圈的纽带,是维系陆地生态系统功能和服务的基础。土壤中的生物类群复杂多样、数量庞大,不同的土壤生物类群相互作用并形成复杂的营养级和食物网。土壤生物和环境相互作用,从而构成自然界中最为复杂的生态系统——土壤生态系统。土壤生态学正是以土壤生态系统为研究对象,探讨土壤生物多样性及其生态功能,以及土壤生物与环境相互作用的学科。

土壤生态学的研究有着悠久的历史,早在1881年,查尔斯·达尔文(Charles Darwin)就开创性地研究了蚯蚓活动对土壤的发生、风化和有机质形成过程的影响,并发现了蚯蚓活动对土壤肥力和植物生长具有重要作用。由于土壤中蕴藏着难以估量的生物数量和生物多样性,同时土壤生物之间以及土壤生物和环境之间存在着复杂的相互作用,在相当长的历史时期,土壤生态学发展非常缓慢。但随着人们对土壤生态系统重要性的认知和相关研究方法及技术的不断发展,土壤生态学的深度和广度不断拓展,逐步成为现代土壤学、生态学和环境科学研究领域的热点及前沿。人类大约90%的食物直接或间接来源于土壤,土壤生态过程影响着有机质积累和养分循环,并且为植物促生、抗病虫、抗逆等提供支持,因此土壤生态过程对粮食安全至关重要。土壤是地球上最大的陆地碳库,土壤微生物驱动的碳循环在生物固碳、温室气体排放等生态过程中发挥着不可替代的作用,是实现“双碳”目标的重要途径。土壤有机

污染物与重金属生物转化也是土壤中重要的生态过程,是污染土壤自净和生态修复的重要驱动力。虽然土壤中存在人类和动植物的不少病原生物,但近年来研究发现健康的土壤微生物群落可以提高人体对疾病的抵抗力,并且可以预防过敏、哮喘、自身免疫性疾病、抑郁症等健康问题。此外,土壤生物多样性是开发新药所需的化学和遗传资源的重要基础。人类使用的大部分抗生素来源于土壤,弗莱明和瓦克斯曼分别因发现青霉素和链霉素这两种重要抗生素而获诺贝尔生理学或医学奖。因此,土壤生态学研究有助于客观认识土壤生物多样性的发生、分布规律及其生态功能维持机制,发掘和利用土壤生物资源,为应对环境和气候变化、恢复退化生态系统、促进土地资源的可持续利用提供科学支撑。

过去20年,得益于分子生物学和基因组学技术的进步,土壤生态学研究快速发展,很大程度上更新了我们对于土壤生态系统的认识。然而,由于土壤生态系统的复杂性,目前我们对土壤生态过程机制的认知仍较为粗浅,且现有的理论多借鉴宏观生态学研究,因此亟须发展土壤生态学的自有理论体系,提升研究水平和深度。首先,为解析微生物组的复杂性,土壤生态学的研究应更多地“拥抱”新技术新方法,并从宏基因组学(metagenomics)向宏表型组学(meta-phenomics)发展,探索微生物组的原位生态功能,跨越当前基于基因组和宏基因组的功能预测研究。其次,考虑到地上与地下生态过程的耦合及其环境和尺度依赖性,野外定位实验配合大尺度的监测和联网研究势在必行,并应在此过程中加强不同学科间的交叉融合,拓展土壤生态学研究的尺度。最后,在全球变化的大背景下,土壤生态学与其他生态环境和资源学科一样,面临着应对全球变化与环境污染、维持资源可持续利用等一系列重大挑战。如何利用土壤生态学理论及其最新成果发展土壤生态调控技术,发掘和利用土壤生物资源,修复退化土壤,维持土壤健康,支撑生态文明建设和可持续

发展国家战略,已成为当前土壤生态学研究的重要任务。因此,有必要对最新发展的土壤生态学理论和研究成果进行全面总结,为后续土壤生态学研究与技术开发提供前沿和系统的知识储备,为提升土壤生态系统的可持续发展和人类“一体化健康”(One Health)提供重要依据。

“土壤生态学研究前沿”丛书涵盖了土壤生态学研究领域多个前沿方向,包括土壤健康与表征、土壤污染与生态修复、元素循环与养分调控、土壤生物互作与效应、全球变化与土壤生态演变、土壤生态学研究技术与应用等前沿理论和创新方法,提供了全面、系统、前沿的土壤生态学知识体系。这套丛书凝聚了土壤微生物、土壤生物化学、土壤生态学等相关领域专家的智慧,具有较强的前沿性、实用性,可为土壤生态学研究提供借鉴和参考。希望“土壤生态学研究前沿”丛书的出版,能够对从事土壤学研究的人员和社会各界有所启发,促进土壤生态领域的人才培养和技术发展,同时为推动土壤健康行动目标的实现奠定基础。

由于编著者的学术水平有限,丛书尚存进步和完善的空间,编著者也希望和广大读者一起开展交流讨论,不断提升丛书的学术水平。

是以为序!

朱永官 刘俊

目 录

第1篇 土壤健康研究若干基础前沿

- | | |
|---------------------------|-----|
| 第1章 矿物-有机质界面的动态相互作用 | 004 |
| 第2章 土壤微生物的隐秘能源——痕量气体 | 014 |
| 第3章 重视土壤微食物网:捕食性黏细菌是关键类群? | 023 |
| 第4章 有机农业和保护性农业助力土壤健康 | 031 |

第2篇 生物地球化学循环与土壤健康

- | | |
|-----------------------------|-----|
| 第5章 封闭微生物群落通过自组织支持长期碳循环 | 046 |
| 第6章 好氧硝化与氮气产生耦合过程的未解之谜 | 053 |
| 第7章 具有氧化还原活性的抗生素可提高磷的生物可利用性 | 061 |
| 第8章 解密厌氧湿地土壤中细菌对多酚类物质的代谢过程 | 068 |

第3篇 全球变化与土壤健康

- | | |
|------------------------------|-----|
| 第9章 气候变暖增强微生物网络的复杂性和稳定性 | 080 |
| 第10章 微生物代谢能力抑制土壤剖面对气候变暖的积极响应 | 088 |
| 第11章 水稻根内生菌对干旱胁迫的“记忆效应” | 097 |
| 第12章 抗生素耐受性的生态与进化 | 104 |

第4篇 土壤健康研究前沿技术进展

- 第13章 多底物DNA稳定同位素探针技术揭示介导土壤碳循环的细菌
功能群结构 115
- 第14章 宏病毒组在揭示农业土壤病毒群落时空格局方面优于宏基因组
122
- 第15章 多组学手段辅助分离厌氧砷甲基化土壤细菌 130
- 第16章 BONCAT-FACS技术助力土壤微生物研究新革命 137