

芽胞杆菌

BACILLUS
第四卷

芽胞杆菌脂肪酸组学

Fatty Acid Lipidomics of Bacillus

刘 波 王阶平 刘国红 等 著
陈倩倩 张海峰 喻子牛



科学出版社

芽胞杆菌

第四卷

芽胞杆菌脂肪酸组学

刘 波 王阶平 刘国红 等 著
陈倩倩 张海峰 喻子牛

科学出版社

北 京

内 容 简 介

“芽胞杆菌”系列丛书是基于科学研究的专业学术著作。本书是“芽胞杆菌”丛书的第四卷，共分为八章。第一章绪论，介绍了微生物脂肪酸组、微生物和芽胞杆菌脂肪酸组学研究进展。第二章芽胞杆菌脂肪酸组测定与分析，介绍了芽胞杆菌脂肪酸组测定方法、脂肪酸组比较、测定条件的影响、脂肪酸数值分析等。第三章芽胞杆菌脂肪酸组生物学特性，介绍了芽胞杆菌脂肪酸组与其生长繁殖、酸碱适应、温度适应、盐分适应、生理生化特征的相关性。第四章芽胞杆菌脂肪酸组生态学特性，阐述了基于脂肪酸组的养猪发酵床垫料、猪肠道、堆肥发酵芽胞杆菌群落动态及芽胞杆菌种群分化多样性。第五章芽胞杆菌脂肪酸组分类学特性，论述了芽胞杆菌脂肪酸组分布特性、分群方法及其在系统分类、系统进化、系统发育、新种鉴定中的应用。第六章芽胞杆菌脂肪酸组属内分群，阐述了芽胞杆菌属、类芽胞杆菌属、短芽胞杆菌属脂肪酸群的划分。第七章芽胞杆菌脂肪酸组种下分型，阐述了 30 种芽胞杆菌脂肪酸组种下分型。第八章芽胞杆菌脂肪酸组鉴定图谱，展示了 4 科 14 属 133 种芽胞杆菌脂肪酸组鉴定图谱。书后列出了 1772 篇参考文献供读者查阅。

本书可供农业、工业、环境、医学、生态等微生物相关领域的科研人员、企业技术人员、高校教师和研究生等参考。

图书在版编目（CIP）数据

芽胞杆菌.第四卷, 芽胞杆菌脂肪酸组学/刘波等著. —北京: 科学出版社, 2019.1

ISBN 978-7-03-058880-7

I. ①芽… II. ①刘… III. ①芽胞杆菌属-脂肪酸-研究 IV. ①Q939.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 214916 号

责任编辑: 李秀伟 岳漫宇 / 责任校对: 樊雅琼 杜子昂 彭珍珍

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 刘新新

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

*

2019 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张: 91 1/2 插页: 1

字数: 2 170 000

定价: 698.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

BACILLUS

Volume IV: Fatty Acid Lipidomics of Bacillus

Edited by

Liu Bo, Wang Jieping, Liu Guohong,
Chen Qianqian, Zhang Haifeng, Yu Ziniu, et al.

Science Press

Beijing

Summary

BACILLUS is the book series based on scientific study of the professional academic works. The present book is *BACILLUS* Volume IV: *Fatty Acid Lipidomics of Bacillus*, which is divided into eight chapters. The first chapter is “Introduction”, introducing fatty acid lipidomic characteristics of microorganisms, and reviewing some research progresses in fatty acid lipidomics of microorganisms and the *Bacillus*-like bacteria. The second chapter is “Measurement and analysis of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, including measurement methods of the *Bacillus* fatty acid lipidome, comparison of fatty acid lipidome, effects of measurement conditions, numerical analysis of fatty acid lipidome, etc. The third chapter is “Biological characteristics of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, discussing the correlation of the *Bacillus* fatty acid lipidome with growth and reproduction, acid-base adaptation, temperature adaptation, salinity adaptation, and physiology and biochemistry characteristics of the *Bacillus*-like bacteria. The fourth chapter is “Ecological characteristics of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, elaborating community dynamics, population differentiation and diversity of the *Bacillus*-like bacteria in the fermentation bed for pig raising, pig intestine, and composts based on fatty acid lipidomic data. The fifth chapter is “Taxonomic characteristics of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, discussing fatty acid lipidomic clustering methods, systematic taxonomy, evolution, phylogenesis, and new species identification of the *Bacillus*-like bacteria. The sixth chapter is “Intragenus typing of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, introducing fatty acid group partition of the genera *Bacillus*, *Paenibacillus*, and *Brevibacillus*. The seventh chapter is “Intraspecific typing of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, elaborating the intraspecific typing of 30 *Bacillus*-like species based on the fatty acid lipidome. The eighth chapter is “Identification spectra of the *Bacillus* fatty acid lipidome”, including the fatty acid lipidomic spectra of 133 *Bacillus*-like species belonging to 14 genera within 4 families. A total number of 1772 references are cited in the book.

The book series can be references for scientific research personnel, enterprise technical personnel, teachers and graduate students, etc. who are engaging in microbiology related fields such as agricultural microbiology industrial microbiology, environmental microbiology, medical microbiology, and ecological microbiology and so on.

作者简介

个人简历: 刘波, 男, 汉族, 1957年生, 福建惠安人, 中共党员, 博士、二级研究员。1987年获福建农学院(现福建农林大学)博士学位, 1992~1994年在德国波恩大学从事博士后研究, 1994年底至1995年初在美国密歇根大学做短期访问学者, 1996~2006年在德国波恩大学每年1~3个月做短期合作研究访问学者。



2009~2017年曾任福建省农业科学院院长; 现任福建省农业科学院学术委员会主任、福建省科学技术协会副主席、福建省政协委员、农业部科学技术委员会委员、中国农学会高新技术农业应用专业委员会副理事长、中国微生物学会常务理事、中国植物病理学会理事、福建省农业工程学会理事长、福建省农学会副会长、福建省微生物学会副理事长、福建省生物化学与分子生物学学会副理事长等; 《中国农业科学》《农业环境科学学报》《中国生物防治学报》《植物保护》《食品安全质量检测学报》《生物技术进展》《亚热带植物科学》等期刊编委; 《福建农业学报》《东南园艺》等期刊主编; 德国波恩大学植物病理研究所博士生导师, 福建农林大学博士生导师, 福州大学、福建师范大学硕士生导师, 中德生防合作研究、中美柑橘黄龙病合作研究、中以示范农场合作项目等中方首席科学家。

研究经历: 长期从事农业微生物生物技术、芽胞杆菌系统发育、农业生物药物(微生物农药、微生物肥料、微生物保鲜、微生物降解、动物益生菌、环境益生菌等)、微生物脂肪酸生态学、微机测报网络、设施农业等研究。主持中德国际合作项目、中美国际合作项目、中以国际合作项目、国家自然科学基金项目、国家863计划项目、国家973计划前期项目、国家科技支撑计划项目、福建省重大科技攻关项目等科研课题150多个。建立了福建省农业科学院农业微生物创新团队, 先后组建了国际合作平台(中德生防合作研究实验室、中美园艺植物病害综合治理合作研究实验室、中以示范农场等)、国家级科研平台[国家发展和改革委员会(以下简称国家发展改革委)微生物菌剂开发与应用国家地方联合工程研究中心、科技部海西农业微生物菌剂国际合作基地、农业部东南区域农业微生物资源利用科学观测实验站、农业部福州热带作物科学观测实验站]、省级科研平台(福建省科技厅福建省农业生物药物工程技术研究中心、福建省发展和改革委员会福建省生物农药工程研究中心、福建省财政厅福建省芽胞杆菌资源保藏中心)、院级科研平台(微生物发酵床大栏养猪生产性工程化实验室、芽胞杆菌生产性工程化实验室、生物基质生产性工程化实验室、智能化种苗繁育生产性工

程化实验室等)。以芽胞杆菌资源采集、收集、保存、筛选、鉴定、分类、物质组、脂肪酸组、基因组等研究为主线,进行农业生物药物(农业微生物制剂)研发,开发杀虫微生物、防病微生物、微生物发酵菌种、免疫抗病植物疫苗、微生物发酵床、饲用益生菌、粪污降解菌、动物病害生防菌、果蔬微生物保鲜、植物蛋白乳酸菌发酵菌种等农业微生物菌剂、技术、工艺和装备。创办内刊《菌剂工程》(1999年创刊《生物毒素》,2016年更名为《菌剂工程》)。

1987~1991年:1987年底博士毕业,1988年来到福建省农业科学院植物保护研究所,创立了电脑测报研究室;作为生物防治研究的博士,从事害虫天敌的研究,应用昆虫生态学知识,设计病虫电脑测报网络,研究害虫和天敌的相互关系,达到保护天敌、控制害虫的目的。结合留学德国的后续研究,作为第二作者,与德国波恩大学 Sengonca 教授一起,在德国用英文出版了《柑橘粉虱寄生蜂生物学》(ISBN 3-89873-983-X)著作,在昆虫学研究上留下足迹。

1992~1994年:在德国波恩大学从事博士后研究,起初从事昆虫天敌研究,后来接触到昆虫病理学的研究领域,开始了生物农药——苏云金芽胞杆菌的研究,提出了生物毒素生物耦合技术(bioconjugation technique),利用基团偶联剂(conjugator),将苏云金芽胞杆菌杀虫毒素与阿维菌素进行体外生物耦合,形成单体双毒素结构的 BtA,以拓宽生物农药的杀虫谱和提高杀虫速率,降低害虫抗药性。作为第一作者与德国波恩大学 Sengonca 教授合作,在德国用英文出版了《新型生物农药 BtA 生物耦合技术的研究》(ISBN 3-86537-288-0)著作,进入生物农药研究领域。

1994~2003年:1994年从德国回来,随后前往美国做短期访问学者,1995年从美国返回。1996年调入福建省农业科学院生物技术中心工作,创立了农业环保技术研究室(Laeptb)。建立了与德国波恩大学植物病理研究所 20 多年(1996~2016年)的合作关系,在国内建立了中德生防合作研究实验室,联合申请到三轮的德国科学基金(Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG)和德国国际合作基金(Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ),并承担了国家自然科学基金项目、国家 863 计划项目、国家科技支撑计划项目等,在继续研究生物耦合技术的基础上,拓展了生物农药的研究领域,从以芽胞杆菌作为生物杀虫剂的研究进入以芽胞杆菌作为生物杀菌剂的研究领域,在研究作物青枯病生物杀菌剂——蜡样芽胞杆菌 ANTI-8098A 的过程中,发现了芽胞杆菌对青枯雷尔氏菌的致弱作用,进行了致弱机理和致弱物质的研究,出版了《青枯雷尔氏菌多态性研究》(ISBN 7-5335-2553-1)著作,进入植病生防研究领域。

2004~2007年:2004年,福建省农业科学院微生物、动物、植物生物技术三大学科合并,组建了生物技术研究所,在微生物生物技术研究领域成立了生物毒素研究室和生物发酵技术与生物反应器研究室,组合形成生物农药研究中心,承担了福建省生物农药工程研究中心的建设;在原有生物农药研究的基础上,拓展了芽胞杆菌作为饲用益生菌的研究领域,利用绿色荧光蛋白基因标记致病大肠杆菌,通过感染小白鼠和小白鼠服用益生菌抗病的相互关系研究,建立了益生菌作用模型;进行芽胞杆菌作为化学农药降污菌剂的研究;系统收集芽胞杆菌资源,对其进行保存、鉴定和利用,出版了 380 多万

字的《芽胞杆菌文献研究》(ISBN 7-80653-754-6)著作;随着研究的深入,开始了对植物免疫特性的研究,进行了青枯雷尔氏菌无致病力菌株免疫抗病特性的研究。与作者的博士后周涵韬一起出版了《基因克隆的研究与应用》(ISBN 7-5023-4920-0)、《生化物质分析方法咨询手册》(第一卷 气相色谱法;第二卷 液相色谱法;第三卷 紫外分光光度法)(ISBN 7-5640-0622-6)著作,进入了农业微生物生物技术研究领域。

2008~2010 年:2008 年,根据福建省农业科学院研究所结构调整,成立了福建省农业科学院农业生物资源研究所,将生物农药研究中心改为农业微生物研究中心。2008 年作为福建省农业科学院农业微生物学科的首席专家,组建了福建省农业科学院农业微生物科技创新团队,从事微生物基础生物学及农业生物药物的研究与应用。建立了微生物资源采集、筛选、保存、鉴定、分类平台,组建了微生物形态、生理、生态、分子生物学、基因组学、脂肪酸生态学研究平台,打造了微生物发酵技术、活性物质分析、功能微生物筛选研究平台。注重生物耦合技术、生物致弱机理、免疫抗病机理、植物内生菌、抗病物质分析、脂肪酸生态学、基因组学等研究。开发生物农药、生物肥药、植物疫苗、生物饲料、生物保鲜、生物降污、生物转化等农业生物药物(农业微生物制剂)。在这个时期出版了《微生物发酵床零污染养猪技术的研究与应用》(ISBN 978-7-8023-3876-0)、《植物饮品原料研究文献学》(ISBN 978-7-1220-7149-1)等著作。

2011~2014 年:深入研究芽胞杆菌的资源采集、系统分类、生物学、脂肪酸组学、基因组学、物质组学、酶学、发酵工艺学等,研发生物农药、生物肥料、生物保鲜、生物降污、益生菌、生物转化等农业生物药物产品,组建了芽胞杆菌生产性工程化实验室。在这个时期出版了《微生物脂肪酸生态学》(ISBN 978-7-5116-0360-9)、《农药残留微生物降解技术》(ISBN 978-7-5335-3953-5)、《尖孢镰刀菌生物学及其生物防治》(ISBN 978-7-03-038346-4)等著作。

2015~2017 年:系统地开展了芽胞杆菌新资源挖掘及其生防菌剂的创制工作,针对我国实施化学农药与肥料双减、生态保护和食品安全等发展战略,围绕芽胞杆菌资源挖掘、生防机理、菌剂创制与应用等方面开展研究。系统开展了芽胞杆菌资源的多样性调查,采集了中国包括台湾在内 32 个省份的土壤等芽胞杆菌资源材料 15 800 多份,分离菌株 34 892 株;完成了 105 种芽胞杆菌基因组的首次测序,占全球同类研究总量(320 种)的 32.8%,新发现了 3 个杀虫基因 *cry2Ab30*、*vip3Aa60* 和 *vip3Ad5*;完成了对 98 种 300 多株芽胞杆菌的 2400 多个物质的测定,首次发现羟苯乙酯等 6 个具有免疫抗病活性的物质;测定了 4800 株芽胞杆菌脂肪酸组,出版了《微生物脂肪酸生态学》;发表芽胞杆菌新种 12 个,如兵马俑芽胞杆菌(*Bacillus bingmayongensis* sp. nov. Liu et al. 2014)、仙草芽胞杆菌(*Bacillus mesonae* sp. nov. Liu et al. 2014)、慈湖芽胞杆菌(*Bacillus cihuensis* sp. nov. Liu et al. 2014)、武夷山芽胞杆菌(*Bacillus wuyishanensis* sp. nov. Liu et al. 2015)、台湾芽胞杆菌(*Bacillus taiwanensis* sp. nov. Liu et al. 2015)、茄科芽胞杆菌(*Bacillus solani* sp. nov. Liu et al. 2015)、戈壁芽胞杆菌(*Bacillus gobiensis* sp. nov. Liu et al. 2016)、高山杜鹃芽胞杆菌(*Bacillus loisleuriae* sp. nov. Liu et al. 2016)、喜湿芽胞杆菌(*Bacillus mesophilus* sp. nov. Zhou et al. 2016)、茄科类芽胞杆菌(*Paenibacillus solani* sp. nov. Liu

et al. 2016)、五大连池芽胞杆菌 (*Bacillus wudalianchiensis* sp. nov. Liu et al. 2017)、稻田芽胞杆菌 (*Bacillus praedii* sp. nov. Liu et al. 2017)。成功筛选到一批芽胞杆菌高效生防菌株, 创新了适合不同用途的微生物菌剂生产工艺和产品, 与企业合作创制出 15 个芽胞杆菌微生物菌剂(肥料)产品和四大类 17 个功能性生物基质产品, 获得相关产品登记证 15 个, 示范推广面积 973 万亩 (1 亩 $\approx$ 666.7 m²)。

在我国养殖污染治理方面进行了深入的研究, 提出了原位和异位发酵床养殖污染微生物治理的新思路, 研发了微生物发酵床健康养殖与污染治理菌种、技术与装备, 广泛应用于牛、羊、鸡、鸭等畜禽养殖, 大幅提高健康养殖、污染治理、节本增效和资源循环利用的水平, 实现养殖污染治理的无臭味、零排放、广适应、低成本。成功地筛选出一批粪污降解菌、饲用益生菌, 揭示其作用机理, 研发出菌剂产品, 应用于微生物发酵床, 阐明了发酵床促进猪群生长和增强猪群免疫力的机理, 提出了养猪发酵床管理新措施, 制定了微生物发酵床大栏养猪地方标准, 在福建、山东、江苏、安徽等省饲养猪、羊、牛、兔、鸡、鸭等的 100 多个养殖场中大面积推广应用。创新了发酵床垫料资源化利用技术与装备, 成功研制出机器人堆垛自发热隧道式固体发酵功能性生物基质自动化生产线, 提出了“分段发酵—整体配伍”的新工艺, 创制出四大类(育苗基质、栽培基质、修复基质、园艺基质) 17 个功能性生物基质新产品, 推广面积 308.3 万亩, 取得了良好的社会、经济、生态效益。

在这个时期出版了“芽胞杆菌”系列专著 3 部,《芽胞杆菌·第一卷 中国芽胞杆菌研究进展》概括介绍了细菌的分类系统、芽胞杆菌的分类地位、芽胞杆菌的种类数量、芽胞杆菌的应用和中国学者在芽胞杆菌上的研究概况。《芽胞杆菌·第二卷 芽胞杆菌分类学》阐述了芽胞杆菌的分类学、系统发育、发展趋势, 描述了芽胞杆菌 5 科 71 属 752 种的分类学特性, 规范了 752 个芽胞杆菌的中文学名。《芽胞杆菌·第三卷 芽胞杆菌生物学》阐述了芽胞杆菌的形态学特性、生物学特性、酶学特性、生态学特性、分子生物学特性等; 阐明了芽胞杆菌活性功能作用机理, 包括芽胞杆菌对青枯雷尔氏菌的致弱机理、芽胞杆菌杀虫毒素生物耦合理、芽胞杆菌果品保鲜机理、芽胞杆菌动物益生菌作用机理、微生物发酵床猪病生物防治机理、芽胞杆菌环境益生菌作用机理等。

研究成果: 完成了“蚜茧蜂人工大量繁殖技术”“稻飞虱综合治理”“数据库自动编程系统”“水稻病虫微机测报网络”“生物杀虫剂 BtA 的研究与应用”“生物杀菌剂 ANTI-8098A 的研究与应用”“尖孢镰刀菌生物学及其生物防治”“农业科技推广互联网的建立与应用”“茶叶病虫系统调控技术的研究”“微生物发酵床健康养猪技术”“微生物脂肪酸生态学”“微生物保鲜技术研究”“作物病害植物疫苗研究”等课题。在德国博士后工作期间, 发明了新型昆虫嗅觉仪, 提高了昆虫利他素的测定精度和效率。研究成果“植物生长调节剂”“苏云金杆菌培养基”“气升式发酵生物反应器”“生物杀虫剂 BtA 的耦合理”“微生物发酵床大栏养猪技术”“微生物保鲜剂”“植物蛋白乳酸芽胞杆菌饮品”等获国家专利 40 多项。获国家科学技术进步奖二等奖 1 项 [排名第三: 细菌农药新资源及产业化新技术新工艺研究 (2015 年)], 农业部中华农业科技奖一等奖 1 项 [主持: 重要土传病害生防菌剂创制与应用 (2013 年)]; 获福建省科学技术奖一等奖 1

项[主持：芽胞杆菌新资源挖掘及其生防菌剂的创制(2016年)],福建省科学技术奖(专利贡献)二等奖6项[主持：作物病虫微机电网络测报技术(1996年)、生物农药 BtA 生物藕合技术(2000年)、青枯生防菌剂 ANTI-8098A(2004年)、微生物发酵床养猪工程化技术(2008年)、龙眼微生物保鲜技术(2010年)、一种判别养猪微生物发酵床垫料发酵程度的方法(2015年)]、三等奖3项[主持：蚜茧蜂人工大量繁殖技术(1992年)、计算机管理模块自动编程系统(1994年)、线虫生防菌淡紫拟青霉的研究与应用(2015年)];获中国青年科技奖(1992年)、全国优秀留学回国人员奖(1996年)、福建省省级优秀专家(1997年)、福建省五一劳动奖章(1999年、2010年),享受国务院政府特殊津贴(1997年),国家“百千万人才工程”第一、第二层次人选(1997年)和福建省杰出科技人才(2009年)。在国内外学术刊物上发表论文600多篇,其中SCI期刊论文60多篇;出版专著18本(其中英文专著2本)。

目前,作为中德国际合作项目、中美国际合作项目、中以国际合作项目、国家自然科学基金项目、国家科技重点研发计划项目、农业部行业科技专项、国家引智办项目、福建省农业重点项目等的主持人或子项目主持人,从事农业微生物生物技术、芽胞杆菌分类、农业生物药物、环保农业技术的研究和应用。围绕绿色农业中种植业和养殖业的生物药物研发应用问题,研究用于生猪健康养殖的芽胞杆菌,包括饲用益生菌、猪粪降解菌和猪病抑制菌,建立新型微生物发酵床生猪养殖体系,利用饲用益生菌替代抗生素促进猪的生长,利用猪粪降解菌分解猪粪防止养殖污染和除去养殖臭味,将猪病抑制菌接入生猪健康养殖的微生物防治床用于防控猪病,在养猪过程中采用原位发酵技术,使得猪粪成为优质的微生物肥料。利用养猪生成的微生物肥料,接入防病功能微生物,形成用于植物病害生物防治的生物肥药,如芽胞杆菌防治作物青枯病和枯萎病、淡紫拟青霉防治作物线虫病、木霉防治作物根腐病等土传病害。利用 Tn5 插入和芽胞杆菌致弱方法构建青枯雷尔氏菌无致病力菌株,通过导入尖孢镰刀菌无毒基因构建尖孢镰刀菌无致病力菌株,研制用于植物免疫抗病的植物疫苗,对茄科、瓜类、香蕉等作物进行种苗接种和移栽接种,产生抗病作用,替代化学药剂和补充种苗的嫁接技术。筛选具有果品采后保鲜和蔬菜种苗保鲜功能的芽胞杆菌,进行果蔬采后保鲜和种苗调运中的保鲜,替代化学保鲜剂。筛选乳杆菌发酵植物蛋白,研发植物蛋白乳酸菌饮品。从产前、产中、产后环节考虑,农业生物药物的研究为整个绿色农业中的产业链提供了系统的农业微生物制剂研制与应用模式,并紧密地结合农业龙头企业,将农业微生物制剂(农业生物药物)的研究成果直接应用于农业生产。

《芽胞杆菌·第四卷 芽胞杆菌脂肪酸组学》

著 者 名 单

(按姓氏汉语拼音排序)

曹 宜	硕士、助理研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
车建美	博士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
陈 峥	博士、助理研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
陈德局	博士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
陈梅春	博士、实习研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
陈倩倩	博士、实习研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
陈燕萍	硕士、助理研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
葛慈斌	硕士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
黄素芳	副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
蓝江林	博士、研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
林抗美	研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
林营志	博士、副研究员	福建省农业科学院数字农业研究所
刘 波	博士、研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
刘 芸	硕士、助理研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
刘国红	博士、实习研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
潘志针	硕士、实习研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
阮传清	博士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
史 怀	硕士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
苏明星	硕士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
陶天申	教授	武汉大学生命科学学院
王阶平	博士、研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
肖荣凤	硕士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
喻子牛	教授	华中农业大学微生物农药国家工程研究中心
张海峰	研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
郑梅霞	硕士、实习研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
郑雪芳	博士、副研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
朱育菁	博士、研究员	福建省农业科学院农业生物资源研究所
Cetin Sengonca	Ph D、Professor	University of Bonn, Germany
Yongping Duan	Ph D、Professor	USDA Horticultural Research Laboratory, Florida, USA

研 究 机 构

1. 福建省农业科学院农业生物资源研究所
2. 微生物菌剂开发与应用国家地方联合工程研究中心（国家发展和改革委员会）
3. 海西农业微生物菌剂国际合作基地（科技部）
4. 东南区域农业微生物资源利用科学观测实验站（农业部）
5. 国家引进外国智力成果示范推广基地（国家外国专家局）
6. 福州热带作物科学观测实验站（农业部）
7. 福建省农业生物药物工程技术研究中心（福建省科技厅）
8. 福建省生物农药工程研究中心（福建省发展和改革委员会）
9. 福建省芽胞杆菌资源保藏中心（福建省财政厅）
10. 中德生防合作研究实验室（福建省农业科学院/德国波恩大学植物病理研究所）
11. 中美园艺植物病害综合治理合作研究实验室（福建省农业科学院/美国佛罗里达园艺实验室）
12. 中以示范农场（福建省农业科学院/以色列工贸部）
13. 芽胞杆菌生产性工程化实验室（福建省农业科学院）
14. 微生物发酵床大栏养猪生产性工程化实验室（福建省农业科学院）
15. 生物基质生产性工程化实验室（福建省农业科学院）
16. 福建省农业科学院农业微生物科技创新团队（福建省农业科学院）
17. 智能化种菌繁育生产性工程化实验室（福建省农业科学院）

资 助 项 目

“芽胞杆菌”系列丛书得到国家、福建省等部门科技项目的资助，特表衷心感谢。
主要项目如下。

（1）国际合作项目

- [1] 中国东南部柑橘粉虱的生物防治技术研究，德国 DFG & GTZ，1995～1998 年。
- [2] 新型生物农药 BtA 的研制及其在中国东南部蔬菜害虫上的应用，德国 DFG SE 425/4-1，2000～2004 年。
- [3] 柑橘黄龙病传播媒介柑橘木虱的生防防治(6618-22320-001-37S)，美国 618-22320-001-37S，2011～2004 年。

[4] 中以示范农场的建设, 以色列工贸部, 2012~2015 年。

(2) 国家级科研项目

- [1] 新型生物杀虫剂 BtA 的藕合机理的研究(国家自然科学基金项目), 30471175, 2004~2007 年。
- [2] 生防菌对青枯雷尔氏菌致弱机理的研究(国家自然科学基金项目), 30871667, 2009~2011 年。
- [3] 中国芽胞杆菌属资源分类及其系统发育研究(国家自然科学基金项目), 31370059, 2014~2017 年。
- [4] 多位点杀虫毒素 BtA 新型藕合体系的构建及靶标害虫抗药性延缓机理的研究(国家自然科学基金项目), 31371999, 2014~2017 年。
- [5] 芽胞杆菌种质资源多样性及其生态保护功能基础研究(国家 973 前期), 2011CB111607, 2011~2012 年。
- [6] 茄科作物青枯病和枯萎病生防菌剂的研究与应用——芽胞菌工程菌的构建及生防菌剂的创制(国家 863 计划项目), 2006AA10A211, 2007~2011 年。
- [7] 生物杀虫剂研究和创制(国家 863 计划项目), 2006AA10A212, 2007~2011 年。
- [8] 植物源微生物功能胶高产高效菌株的引进、创制与应用(国家 863 计划项目), 2014-Z48, 2014~2014 年。
- [9] 设施蔬菜病虫害生物-化学协同控制技术研究(国家 863 计划项目), 2002AA244031, 2002~2005 年。
- [10] 茄科作物青枯病防控技术与示范(国家 863 计划项目), 201303015-3, 2013 年 1 月至 2017 年 12 月。
- [11] 东南地区农田秸秆菌业循环生产技术集成研究与示范(国家科技支撑计划项目), 2007BAD89B13, 2007~2009 年。
- [12] 华南村镇塘坝地表饮用水安全保障适用技术与示范宁德示范点(国家科技支撑计划项目), 2008ZX07425-002, 2008~2010 年。
- [13] 闽东南外向型社会主义新农村建设(国家科技支撑计划项目), 2008BAD96B07, 2008~2010 年。
- [14] 高效新型微生物资源引进与创新(农业部 948 计划项目), 2011-G25, 2011~2015 年。
- [15] 功能性微生物制剂在农业副产物资源化利用中的研究与示范(农业部行业专项), 201303094, 2013~2017 年。
- [16] 由尖孢镰刀菌引起的茄科等作物土传病害综合防控技术研究(农业部行业专项), 200903049-08, 2009~2013 年。
- [17] 入境台湾果蔬危险性有害生物防控新技术研究与示范(农业部行业专项), 200903034, 2009~2013 年。

(3) 省级科研项目

- [1] 果蔬微生物保鲜加工增值关键技术的研究与应用（福建省重大科技专项），2015NZ0003，2015～2017 年。
- [2] 线虫生防菌的研究与应用（福建省发展和改革委员会专项），闽计投资[2003]170 号，2003～2005 年。
- [3] 青枯病生防菌的研究与应用（福建省发展和改革委员会专项），2002～2005 年。
- [4] 高效生物杀虫剂 BtA 在蔬菜上的推广应用（福建省发展和改革委员会专项），2001～2002 年。
- [5] 青枯病生防菌的研究与应用（福建省财政专项），闽计农经[2002]48 号，2002～2003 年。
- [6] 福建省生物农药工程研究中心（福建省发展和改革委员会专项），闽计高技[2002]153 号，2002～2005 年。
- [7] 利用猪粪资源固体发酵微生物菌剂产品的研究与应用（福建省发展和改革委员会专项），闽发改投资[2016]482 号，2016～2017 年。
- [8] 远程监控秣稗微生物发酵舍零污染养猪法示范推广（福建省省长基金），Sbxd0902，2009～2010 年。
- [9] 福建省农业生物药物工程技术研究中心（福建省科技厅），2013～2017 年。

序

芽胞杆菌作为微生物的重要成员，广泛分布于土壤、水、空气、动物肠道、植物体内等处。芽胞杆菌的特性包括：①繁殖快速：代谢快、繁殖快，4 h 增殖 10 万倍。②生命力强：无湿状态可耐低温 -60°C 、耐高温 280°C ，耐强酸、耐强碱、耐高压、耐高盐、耐高氧（嗜氧繁殖）、耐低氧（厌氧繁殖）。③菌体积大：体积比一般病原菌细胞大 4 倍，占据空间优势，抑制有害菌的生长繁殖。

芽胞杆菌与人类关系密切，如炭疽芽胞杆菌引起人、畜的炭疽病；蜡样芽胞杆菌引起食物中毒。对人有利的芽胞杆菌有枯草芽胞杆菌，产生工业或医疗用的蛋白酶、淀粉酶；丙酮丁醇梭菌用于生产丙酮丁醇；多黏芽胞杆菌用于生产多黏菌素；地衣芽胞杆菌用于生产杆菌肽；著名的细菌杀虫剂——苏云金芽胞杆菌能杀死 100 多种鳞翅目的农林害虫，现已扩大到杀蚊、蝇幼虫；日本甲虫芽胞杆菌、幼虫芽胞杆菌和缓病芽胞杆菌可用于防治蛴螬等地下害虫。芽胞杆菌分解有机物能力强，在自然界的元素循环中起重要作用。有些种如多黏芽胞杆菌有固氮的能力。

芽胞杆菌的突出生态功能包括：①保湿能力强，形成强度极为优良的天然材料聚谷氨酸，为土壤的保护膜，防止肥分及水分流失；②分解能力强，增殖的同时，会释放出高活性的分解酶（酵素），将难分解的大分子物质分解成可利用的小分子物质；③代谢能力强，合成多种有机酸、酶、生理活性物质等，以及其他多种容易被利用的养分；④抑菌能力强，具有占据空间优势，抑制有害菌、病原菌等有害微生物生长繁殖的作用；⑤除臭能力强，可以分解产生恶臭气体的有机物质、有机硫化物、有机氮等，大大改善场所的环境。

芽胞杆菌由于产生芽胞具有较强的抵抗外界环境压力的能力，能够抵抗其生存环境中干燥、高热、高盐、高碱、高酸、高紫外线辐射所造成的伤害，便于工业化生产，被广泛应用于生物农药、生物肥料、生物保鲜、生物降污、益生菌、酶制剂、生化物质等产品的生产。可应用于：①生物肥料制作，用于发酵有机肥、农家肥、复合肥和化肥添加，如多黏芽胞杆菌具有固定分子态氮的能力等；②生物农药生产，如苏云金芽胞杆菌用于防治鳞翅目害虫等；③土壤污染修复，降解土壤有机废弃物、钝化土壤重金属、降解土壤农药和化肥残留等；④生物保鲜剂生产，利用短短芽胞杆菌制作龙眼果实保鲜剂等；⑤城市垃圾处理，利用芽胞杆菌降解居家垃圾、处理厨余垃圾、净化城市污水等；⑥饲用益生菌生产，制作动物饲料添加剂、水产环境水质净化剂等，如枯草芽胞杆菌可用于畜牧水产饲料添加剂，地衣芽胞杆菌用于水产水环境净化等；⑦生化物质生产，芽胞杆菌可用于酶类如脂肪酶、蛋白酶、植酸酶等生产，用于氨基酸、丁二醇、抗生素等生产。芽胞杆菌各属拥有各自的生物学特性，通过基因选育等生物工程学，可以将自然

界的菌种人工选育出特定功能强势的菌种,应用于工农业生产各个方面。在抗生素污染问题越来越严重的今天,有益的芽胞杆菌的应用研究,可能是解决抗生素问题的一个有效方案。

刘波研究团队几年来完成了对 17 个国家(地区) 15 800 多份土样采集与保存,分离保存了 34 800 多株芽胞杆菌;收集引进了 260 多个芽胞杆菌标准菌株;测定了芽胞杆菌 62 个属 105 种的全基因组测序,开展了芽胞杆菌属 120 多个种的物质组的测定,完成了芽胞杆菌 6800 多个菌株脂肪酸组的测定,实施了芽胞杆菌属 120 多个种 10 种酶的测定;鉴定出芽胞杆菌潜在新种资源 140 多种(将陆续发表),发表了芽胞杆菌 14 个新种。出版了“芽胞杆菌”系列专著,包括《芽胞杆菌·第一卷 中国芽胞杆菌研究进展》、《芽胞杆菌·第二卷 芽胞杆菌分类学》、《芽胞杆菌·第三卷 芽胞杆菌生物学》。

此次出版的是“芽胞杆菌”系列专著的第四卷——《芽胞杆菌·第四卷 芽胞杆菌脂肪酸组学》。脂肪酸几乎是所有芽胞杆菌活体细胞壁的主要成分,含量相对恒定,且不受质粒丢失或增加的影响。不同种类的芽胞杆菌细胞壁中脂肪酸含量和结构具有种属特征或与其分类位置密切相关,能够指示某一类或某种特定芽胞杆菌的存在。脂肪酸结构与种类的多样性对环境因素敏感,它既是菌株基因组差异的外在表现,同时也反映了菌株对外界环境条件的不同反应。作者在测定了 6800 多株芽胞杆菌脂肪酸组的基础上,分析芽胞杆菌脂肪酸组与其生物学、生态学、分类学的关系,著述了《芽胞杆菌脂肪酸组学》,全书共分八章。第一章,绪论,介绍了微生物脂肪酸组、微生物和芽胞杆菌脂肪酸组学研究进展;第二章,芽胞杆菌脂肪酸组测定与分析,分析了芽胞杆菌脂肪酸组测定方法、脂肪酸组比较、测定条件影响、脂肪酸组数值分析等;第三章,芽胞杆菌脂肪酸组生物学特性,介绍了芽胞杆菌脂肪酸组与其生长繁殖、酸碱适应、温度适应、盐分适应、生理生化适应的相关性;第四章,芽胞杆菌脂肪酸组生态学特性,阐述了基于脂肪酸组的养猪发酵床、猪肠道、堆肥发酵芽胞杆菌群落动态及其芽胞杆菌种群分化多样性;第五章,芽胞杆菌脂肪酸组分类学特性,论述了芽胞杆菌脂肪酸组的分群方法及其在系统分类、系统进化、系统发育、新种鉴定中的应用;第六章,芽胞杆菌脂肪酸组属内分群,阐述了芽胞杆菌属、类芽胞杆菌属、短芽胞杆菌属脂肪酸群划分;第七章,芽胞杆菌脂肪酸组种下分型,阐述了 30 种芽胞杆菌脂肪酸组种下分型;第八章,芽胞杆菌脂肪酸组鉴定图谱,展示了 4 个科 15 个属 133 种芽胞杆菌脂肪酸组鉴定图谱。本书试图全面展现芽胞杆菌脂肪酸组学的概貌,为芽胞杆菌研究提供新的手段和方法。

《芽胞杆菌脂肪酸组学》利用脂肪酸生物标记研究芽胞杆菌生态学的科学问题、理论体系和研究技术,特别是作者通过收集芽胞杆菌 4 个科 15 个属 133 种 6800 多菌株的脂肪酸组测定作为实验支撑,不仅有理论而且有实践,是一本真正意义上的芽胞杆菌脂肪酸组学的奠基之作。

前几年,他的大作《微生物脂肪酸生态学》出版,他力邀我在付梓之前为之写上几句序言,我当时的真实心情是作为相识相知多年的业界朋友,难辞其诚!近年来,他佳

作不断，可谓等身，在感其勤奋之余真的为其“咬定青山不放松”的韧劲所叹服！

精彩的生命世界中任何一个类群都有其各自的精彩！刘波把一个微小的芽胞杆菌做成一份如此之大的事业，成为名副其实的世界之最，这才是实力！我们需要核武器，需要大飞机，需要高铁、大桥！需要超级稻、超级豆！我们也同样需要小小的细菌！强国之梦包括了方方面面，也包括不入常人法眼的菌类！

刘波“千磨万击还坚韧，任尔东南西北风”的执着，使他在一片热土上真正的“大鹏一日同风起，扶摇直上九万里”！创造出了微生物研究领域的一座丰碑！

李 玉

中国工程院院士

2018年11月26日