

《微生物学通报》与中国植物相关细菌研究 40 年

钱韦

(中国科学院微生物研究所 植物基因组学国家重点实验室 北京 100101)

摘要: 基于《微生物学通报》创刊 40 年来发表的植物相关细菌研究论文的数量与内容, 对该领域研究在国际和国内的发展进行了初步总结和对比。提出了学术期刊与研究方向相互合作, 共同提高的可能方式。

关键词: 寄主植物, 病原细菌, 共生细菌

Microbiology China and 40 year's study on plant-associated bacteria

QIAN Wei

(State Key Laboratory of Plant Genomics, Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Based on the all published papers, the current work briefly reviewed the relationship between Microbiology China and the study area of plant-associated bacteria during the past 40 years. It suggests potential directions and co-operative approaches for future development.

Keywords: Plant host, Pathogenic bacteria, Symbiotic bacteria

细菌是感染植物的重要病原或共生微生物。由于其在农业生产上的重要性, 对植物相关细菌的感染与共生现象进行探索也是微生物学的重要研究领域。其中, 病原细菌在我国乃至世界农业生产历史上曾经多次造成重大影响, 其造成的作物病害是导致农作物减产、人口数量下降和社会动荡的客观因素之一。尽管从战国时代以来, “重农”思维就已成为中国各个历史时期社会思想中的“显学”, 其影响见于诸子百家的种种著作当中, 但在 1676 年人类首次观察到细菌, 19 世纪现代微生物学正式诞生, 使人类认识到病原微生物是导致植物发生病害的根本原因这一科学事实以前, 对植物相关细菌病害的防治只能局限于对“农时”和“地宜”进行被动的选择, 始终处于经验、试错和盲目的阶段。只有

一些合理的传统农业生物方式, 如间作、轮作等, 对于防治植物相关细菌病害具有一定程度的作用。这一情况直到微生物学和现代植物病理学诞生和发展以后才发生了重大转变。

与传统动、植物学研究不同, 我国在植物相关细菌研究领域的起步时间很晚, 至今尚不到 100 年的历史, 过程当中还被战争和政治动乱打断。20 世纪 20–30 年代, 一批中国植物病理学研究的科学先驱, 如俞大绂、朱凤美、戴芳澜、邓叔群等学成归国, 他们分别在金陵大学、国立中央大学、京师大学堂农学院、岭南大学、西北农学院、国立北平研究院等高等院校及研究单位开展科学研究和专业人才的系统培养工作, 奠定了中国植物相关细菌研究的基础, 做出了功勋卓著的贡献。1929 年,

*通讯作者: Tel: 86-10-64806063; 信箱: qianw@im.ac.cn

收稿日期: 2013-12-20; 接受日期: 2014-01-17; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2014-01-21

在邹秉文、戴芳澜等先生的倡议和组织下,成立了中国植物病理学会。从学科草创、新中国建立直至文革前,中国植物相关细菌研究的方向主要集中在对重要细菌病害及共生细菌进行分类和致病小种鉴定、灾害流行病学调查、细菌生理生化特征分析等方向。在水稻白叶枯病、青枯病、柑桔溃疡病原分型、水稻细菌性条斑病的发现与病原确定、根瘤菌,固氮菌的分离鉴定与系统分类、地区性植物病害的防控等方面做出了重大贡献。同时,在作物抗病的生理学与生物化学,以及抗病作物品种的筛选、鉴定和田间应用方面成绩斐然,为支持国家粮食安全,养活不断增长的人口提供了有力的科学支持。大多数植物病理学教材和相关专著对此段历史已经有了较为详细的记录,本文不再赘述。相对而言,对于文革以后本领域研究工作总体状况的总结还比较缺乏。

《微生物学通报》(后文均简称《通报》)创刊于1974年,面向微生物学基础、应用基础研究和新技术、新方法的科学报道,到2013年已经出版了整整40卷。从中国现代科学发展阶段划分的角度来看,时间正好涵盖后续的2个重要时段:一是从文革结束到“科学的春天”开始(约含1976–1998年),另一个是从国家科技创新体系开始加速建设

到当前(约含1998–目前)。其上刊载的研究论文在一定程度上反映了各个领域在这两个历史时段的发展情况。从整个学科来看,70年代后期开始到现在也是国际上分子植物病理学(Molecular plant pathology)、分子微生物学(Molecular microbiology)和细菌基因组学(Bacterial genomics)起步和飞速发展的时期,对比植物相关细菌研究领域在国内、国际的发展状况将有利于我们对未来学科发展的趋势进行评价与预测;同时,也可作为《通报》在本领域进行更加合理的布局和稿件组织提供依据。

利用题录进行逐文统计的方法发现,《通报》从创刊早期就开始发表与植物相关细菌有关的研究论文。头3篇论文应为1979年第6卷上刊载的“杉木细菌性叶枯病及其防治”^[1],“防治水稻白叶枯病筛选放线菌方法的研究”^[2],以及1980年第7卷上的“植物保护用抗菌素的研究与应用”^[3],内容均与植(作)物重要细菌病害防治有关。到2013年底,《通报》一共发表了157篇与植物相关细菌有关的研究论文,约占6002篇总发文数量的2.6%,平均每年(卷)发表4.5篇该领域研究论文(图1)。其中,2008年发文数为13篇,为历年最高。由这些数字可知,《通报》在本领域的发文数量与工业微

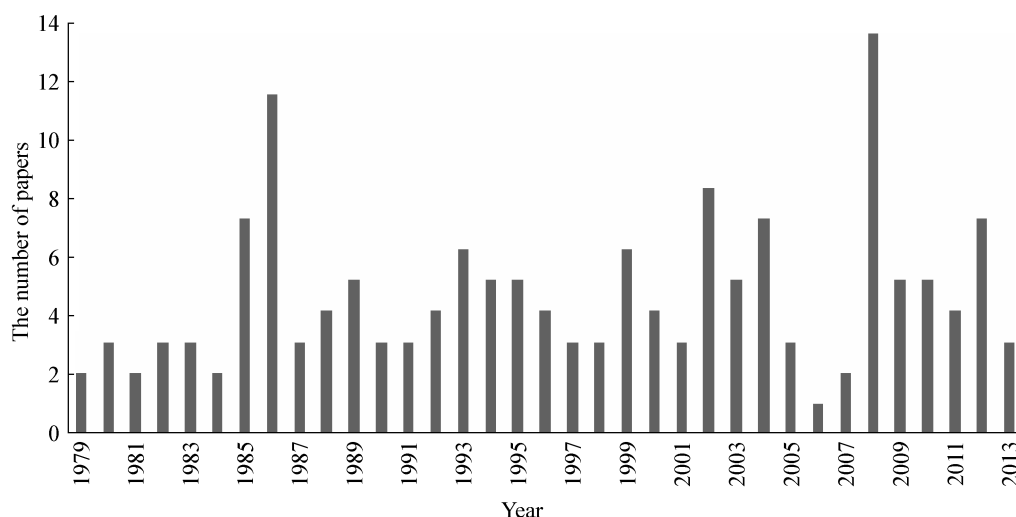


图1 《微生物学通报》发表植物相关细菌相关研究论文的数量统计

Figure 1 The number of papers about plant-associated bacteria published on Microbiology China along different years

生物、微生物生理学等重点领域相比还有一定差距,但已经具有一定的规模。未来如果能够达到每一期都有植物相关细菌相关论文刊载的目标,将会显著提高对该领域发展的支持强度。

对上述 157 篇论文的具体研究方向进行进一步划分发现,研究涉及植物相关细菌的分类与鉴定、遗传多样性与地理变异分析、致病因子研究、细胞信号转导、共生细菌生态学、细菌生理生化特征鉴定等多个研究领域。以下将结合过去 20–30 年间植物相关细菌热点方向的研究,分析《通报》在促进国内研究方面做出的贡献。

1 植物共生细菌相关研究

在植物共生细菌领域,固氮细菌与寄主植物的相互作用研究最具有代表性。在我国,以沈善炯院士等为代表的一批杰出科学家始终注重以我国豆类、禾本类作物的固氮细菌作为研究模式,做出了独具中国特色的研究成果,并且在 1970 年就将分子生物学研究方法引入本领域,做出了开创性的研究。与此相对应,在《通报》发表的植物相关细菌相关论文中,有关植物根瘤菌的研究占有最大的比例,合计 69 篇研究论文,占比 44.0%。其中,中国农业大学的陈文新院士共计发文 30 篇,时间从 1986–2004 年,数量为植物相关细菌研究论文作者之翘楚(占植物相关细菌研究领域发文总数的 19%)。上述论文中,有关根瘤菌系统分类的研究又占绝大多数。从 1985 年第 12 卷上的“根瘤菌分类的最新进展”^[4]开始,到 2010 年“根瘤菌分类研究进展及存在的争议”^[5],论文内容涉及到此类细菌的传统分类、数值分类、生化分类及分子谱系学分析,基本反映出这一领域在过去 40 年间国际、国内的研究水平及主要发展趋势。这表明《通报》始终支持该领域研究和科研人员的发展,并做出了重要贡献。

2 病原细菌组学研究

自从 1995 年第一个细菌全基因组(嗜血流感菌)被测定以来,细菌基因组学研究在生命科学领域中呈现出了令人惊讶的发展速度。到目前为止,

已经有近 3 000 个细菌基因组全序列被释放到公共数据库中,并且目前细菌序列测定已经成为类似 PCR 反应一样的实验室常规研究手段。在序列信息的基础上,研究者进一步扩大了转录组、蛋白组和调控组等方向的研究。中国科学家在本领域的研究也做出了可观的贡献。从 2005 年,由中国科学院微生物研究所、广西大学、人类基因组南方中心等单位合作完成国内首个植物相关细菌(野油菜黄单胞菌野油菜变种)的序列测定和大规模遗传突变分析以来,中国科学家在斯氏假单胞菌基因组学研究、植物相关细菌的转录组、非编码调控 RNA 和基因组重新注释等领域做出了重要研究。值得注意的是,到目前为止《通报》尚未发表过有关植物相关细菌组学研究的成果或相关综述,相信这一空白会在未来的论文出版过程中被迅速填补。

3 病原细菌 III 型分泌系统效应蛋白功能

过去 20 年是动、植物病原细菌效应子蛋白功能研究的黄金时期,研究者发现了此类效应蛋白通过 III 型分泌系统进入到寄主体内后,能够以多种生物化学模式操纵寄主的免疫系统或重要生理代谢过程,从而为细菌的生存和种群的扩大提供方便。该领域是病原细菌-寄主相互作用领域研究的热点,处于整个微生物学研究的最前沿。中国科学家在本领域做出了卓越的贡献。例如,中国科学院遗传发育所的周俭民研究员研究组和上海交通大学的陈功友教授研究组在 *Nature*、*Science*、*Cell Host & Microbe*、*PNAS*、*The Plant Cell* 和 *Molecular Plant-Microbe Interactions* 等重要学术期刊上报道了一系列植物相关细菌效应蛋白的生化功能、结构特征及其调控机制。早在 1992 年第 19 卷上,《通报》就发表了题为“植物病原菌寄主范围的决定因子”^[6]的综述,对黄单胞菌、农杆菌等植物病原菌无毒基因编码产物的功能进行了评述,较早地对该领域的进展进行了跟踪报道。近年来,《通报》又发表了“转 HrpN 的工程菌 E4 对水稻根际细菌群落结构的影响”(2004 年)^[7]、“丁香假单胞大豆致病变

种两个 III 型效应因子的克隆及功能分析”(2011 年)^[8]和“水稻黄单胞菌三型分泌系统效应物的研究进展”(2011 年)^[9]等一系列论文,持续报道中国科学家在本领域的进展情况或相关评述。随着对效应子蛋白新生物化学功能的进一步分析和效应子蛋白之间功能合作关系的解析,可以预期,未来《通报》上必将会出现更多有关植物相关细菌效应蛋白-植物先天免疫系统相互作用研究及其在病原细菌防控领域应用前景的论文。

4 病原细菌生理学、细胞信号转导与毒力因子表达调控

病原细菌进入到寄主体内后,为了应对免疫反应的伤害和对寄主体内环境进行生存适应,必须迅速对自身生理代谢和生化反应进行调节,其中涉及到细胞信号转导和精细调控的科学问题。在 2000 年以前,中国科学家在细菌生理学、生物化学和分子生物学领域曾经做出过具有较高国际显示度的工作,为随后的分子机制研究提供了丰富的数据资源和研究基础。例如,南京农业大学王金生教授和许志刚教授的研究团队长期从事黄单胞菌等植物病原菌的致病分子机制研究,做出了具有国际声誉的成果。许志刚教授主编的普通植物病理学教材已经更新到第四版,王金生教授则编辑出版了国内第一分子植物病理学专著,他们均为本领域的快速进展和专业人才培养做出了重要贡献。中国农业科学院植物保护研究所的何礼远研究员在青枯假单胞菌等致病机制研究领域成果卓著,为解决我国重要农作物病害的防治提供了大量的科学依据。随着 21 世纪的到来,在基因组学和生物化学等学科的推动下,过去 10 年间细菌分子生物学分别在双组分信号转导系统调控通路解析、新型细胞第二信使 c-di-GMP 分子调节机理、铁离子转运系统在致病过程中的功能、非编码 RNA 的系统解析与功能分析、重要毒力因子如胞外多糖、细胞表面分子模式信号等研究方向上获得了飞速的进展。中国科学家群体在这些方向上也做出了相应的贡献,如广西大

学唐纪良教授研究组、南京农业大学刘凤权教授研究组、郭坚华教授研究组、中国科学院微生物研究所方荣祥院士研究组、钱韦研究员研究组、中国农业科学院植物保护所的何晨阳研究员研究组等在 Molecular Microbiology、Environmental Microbiology、Molecular Plant-Microbe Interactions、Applied and Environmental Microbiology 等重要专业期刊上发表了大量研究论文。这一方向也是《通报》刊文的主要方向之一,有将近 25%的植物相关细菌论文与此有关。例如,从 1986 年第 13 卷“三叶草根瘤菌胞外多糖的研究”^[10]和 1989 年第 16 卷“根癌农杆菌毒力调节基因在识别寄主植物及 T-DNA 转移的作用”^[11]开始,《通报》一直致力于报道植物病原细菌毒力因子表达和细胞信号转导方面的探索与评论。1994 年何晨阳、王金生等教授发表的“植物病原细菌的双组分传导系统”^[12]对农杆菌、青枯菌、黄单胞菌中致病相关双组分信号转导系统 VirA-VirG, RpfC-RpfG 等进行了评述,是本文作者所在研究领域在国内发表的第一篇相关综述。由于第一个双组分信号系统是美国麻省理工学院科学家于 1986 年首次发现,随后成为细菌细胞信号转导研究的核心系统,《通报》在 8 年后即发表这一方向的综述,保持了非常好的时效性。

5 病原细菌群体感应(Quorum-sensing)及生物被膜(Biofilm)

群体感应和生物被膜是作为单细胞的细菌类群中产生的社会行为和发育的高等生物学现象,是过去 10 年细菌生物学研究领域的新热点,也是国内外研究者激烈竞争的一个领域。国内华南农业大学的张炼辉教授研究组、上海交通大学的何亚文教授研究组和中国农业大学的张力群教授研究组等在这个领域做出了代表植物相关细菌研究的代表作,论文发表在 FEMS Microbiology Review、PNAS、Structure、Molecular Microbiology、Journal of Biochemical Biology 等主流期刊上,对农杆菌、黄单胞菌和假单胞菌等植物相关细菌的特异性信

号小分子进行了深入的功能分析。《通报》上首篇相关论文为陈文新院士研究组于 2004 年第 31 卷上发表的“根瘤菌群体感应系统研究进展”^[13]一文,及时地对本领域的研究进行了综述和展望。值得一提的是,该文同时也是《通报》上所有有关群体感应现象研究的首篇论文。在展望部分提到的未来研究方向,如胞外多糖在群体感应过程中的功能、细菌与寄主相互作用对群体感应的影响等问题,至今仍然是这一研究方向的科学前沿。到目前为止,《通报》上尚未发表有关植物相关细菌生物被膜形态建成和调控机制的相关研究论文。

6 微生物群(Microbiota)与宏基因组学(Metagenomics)

有关微生物群和宏基因组学的研究是最近几年出现的新兴研究领域。研究者发现微生物群对于维持动物正常的生存、营养代谢甚至器官发育过程具有核心作用,从学术观念上改变了人类对微生物区系研究的认识。植物相关细菌研究领域也开始着手对此方向进行深入探索,已有相应研究论文发表在 Nature 等顶级学术期刊。《通报》上尽管还未出现有关的研究论文,但由于从创刊以来,就已经在植物土壤微生物区系、植物共生菌、内生菌等领域进行了较好的报道,如果研究者能够迅速掌握宏基因组学研究工具,就能够在较短时间内做出有意义的研究工作来。赫荣乔主编在 2009 年的主编年度点评“植物内生菌成为我国当前微生物研究领域的热点”^[14]里,也正确地指出了这一方向的重要性和紧迫性。预期《通报》也将在此研究方向的进展上做出引领和促进的作用。

由上述分析可见,在未来,《通报》如果需要致力于加强在植物相关细菌研究领域的影响力度,可以通过多种方法进行组织,其中包括:(1)在相关科研人员群体,特别是专业优势单位中扩大宣传,积极争取稿源;(2)采取组织专刊、专栏和定向约稿等方式,有目的地培养具有稳定稿源的作者群体;(3)积极组织对国际国内研究的热点问题发表评论或综述,提高当前的学术交流水平与程度;(4)组织和参与相关的国际国内专业学术会议,通

过开展主题论坛、专家座谈和青年学术论坛等,扩大影响力;(5)依靠专业主编和编委队伍,提高稿件的研究水平和时效性;(6)进一步完善期刊的网站,增加专业信息量等。《通报》与中国植物相关细菌研究已共同走过了刚刚过去的 40 年。伴随着《通报》办刊理念和办刊方式的优化和完善,伴随着植物相关细菌研究已经呈现出的飞速发展趋势,我们相信两者之间不但有着紧密联系、相互促进的合作历史,也必将会有携手同程、协同创新的美好未来。

致谢:本文主要参考《通报》创刊 40 年以来发表的论文。限于篇幅和本人学识,对于中国科学家群体在本领域做出的贡献必然有所遗漏,不能一一提及,也不能深入到科学发现的细节,对此深为致歉。

参 考 文 献

- [1] 湟山斌, 洪黎皴. 杉木细菌性叶枯病及其防治[J]. 微生物学通报, 1979, 6(2): 7-9.
- [2] 浙江省温州地区农业科学研究所微生物组. 防治水稻白叶枯病筛选放线菌方法的研究[J]. 微生物学通报, 1979, 6(4): 3-6.
- [3] 陈玉梅. 植物保护用抗菌素的研究与应用[J]. 微生物学通报, 1980, 7(2): 80-84.
- [4] 陈文新. 根瘤菌分类的最新进展[J]. 微生物学通报, 1985, 12(1): 28-31.
- [5] 张晓霞, 马晓彤, 姜瑞波. 根瘤菌分类研究进展及存在的争议[J]. 微生物学通报, 2010, 37(4): 601-606.
- [6] 何晨阳, 王金生. 植物病原菌寄主范围的决定因子[J]. 微生物学通报, 1992, 19(5): 299-302.
- [7] 朱红惠, 姚青, 赵立平. 转 HrpN 的工程菌 E4 对水稻根际细菌群落结构的影响[J]. 微生物学通报, 2004, 31(6): 1-5.
- [8] 张金梅, 伍辉军, 高学文. 丁香假单胞大豆致病变种两个 III 型效应因子的克隆及功能分析[J]. 微生物学通报, 2011, 38(11): 1679-1687.
- [9] 赵帅, 张子宇, 冯家勋. 水稻黄单胞菌三型分泌系统效应物的研究进展[J]. 微生物学通报, 2011, 38(12): 1828-1842.
- [10] 俞南雄, 史志敬, 王先极. 三叶草根瘤菌胞外多糖的研究[J]. 微生物学通报, 1986, 13(6): 258-260.
- [11] 马德钦. 根癌农杆菌毒力调节基因在识别寄主植物及 T-DNA 转移的作用[J]. 微生物学通报, 1989, 16(3): 162-168.
- [12] 何晨阳, 饶军华, 王金生. 植物病原细菌的双组分传导系统[J]. 微生物学通报, 1994, 21(1): 40-44.
- [13] 谷峻, 陈文峰, 陈强, 等. 根瘤菌群体感应系统研究进展[J]. 微生物学通报, 2004, 31(6): 110-114.
- [14] 赫荣乔. 植物内生菌成为我国当前微生物研究领域的热点[J]. 微生物学通报, 2009, 36(1): 1.