

土壤微生物学的研究进展和发展方向^{*}

林 先 贵

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文简要介绍了近年来土壤微生物学的国际研究现状及发展趋势;总结了国内近年来取得的主要成果与存在的问题;提出我国土壤微生物学的发展方向。

土壤微生物学是研究生活在土壤中的微生物的类型、分布、结构、成分、生命活动及其与宿主和环境关系的基础学科。它的主要目的是研究土壤微生物的生命活动及其对土壤肥力、植物营养、生态环境的影响,因而它又是农业科学的一个分支学科。本文对土壤微生物学的研究现状、发展趋势以及我们的任务作简要的介绍。

一、国际现状及发展趋势

近年来,生物学在理论和技术上的突破,有力地推动了土壤微生物学研究的发展,纵观国际研究动态,可以概括为以下几个特点:

(一)土壤微生物生态学研究得到发展

目前,土壤微生物生态学的研究兴旺发展,研究内容的广度和深度也远非昔比。1989年在日本京都召开的第5届国际微生物生态学会议上涉及到的内容有环境污染研究;污染物降解和废弃物处理系统;土壤有机物质降解;土壤微生物群体及生物量;硝化作用与反硝化作用;固氮及生物群体;根瘤菌固氮;菌根研究;根际及微域中微生物活性研究以及极端环境下土壤微生物的生态及其特异功能的研究。这些内容基本上反映了当今土壤微生物生态学的综合性,也反映出国际上土壤微生物学的研究动态。

由于土壤微生物生态学的发展在很大程度上要依赖于研究方法的改进和更新,所以研究方法的问题仍然是当今的研究重点之一。近年来,在强调近似或与环境基本相符的生态条件新技术的同时,也相应建立了模型生态系统研究或缩影研究,作为纯培与田间研究之间的桥梁,使原位研究技术更进一步;混合样品研究与微域原位研究使研究土壤微环境中微生物的活动规律有更科学的手段;区系分析方法的测定、土壤生物量的静态和动态研究有助于深入了解微生物与土壤肥力和植物营养的密切关系;生理学、生物化学、免疫学的方法,分子探针技术、核酸序列分析和DNA重组技术的应用,使微生物测数和种群鉴别从细胞水平进入分子水平。

(二)共生固氮研究不断深入

共生固氮研究领域不断扩大。1989年在美国召开的“北美共生固氮会议”就把以前一直名

^{*} 郝文英、李良谟、李振高、顾宗谦等同志为本文提供修改意见和帮助,谨表谢意。

为“北美根瘤菌会议”改名为“北美共生固氮会议”，增加了放线菌与非豆科固氮的内容。研究水平已进入分子生物学阶段，研究焦点在菌与宿主的关系上。主要进展是：用现代方法确定胞外多糖在根瘤菌发育中的作用与竞争结瘤的关系；共生固氮的nif基因被较深入的研究，fix基因之外与固氮酶活性有关的系列基因的结构和功能的研究取得了进展，fbc和cyt基因(细胞色素)、hem基因(血红素合成)，dec基因(二羧酸转移)等类菌功能的fix基因也开始有所了解；根瘤菌中O₂调控问题主要是在生化水平和遗传学水平上调节O₂的扩散；根瘤菌的竞争性研究是在分子水平上用基因克隆和转座子诱变等方法来获得具有结瘤高竞争性的优良菌株；根瘤菌生态方面主要研究接种时如何加进某些化合物以抑制敏感菌株，而使不敏感菌株得到竞争优势、在大豆接种的同时接假单胞菌、赛氏杆菌和芽孢杆菌以增进结瘤、接种剂的放置部位及数量也被引起了注意。随着分离技术的解决，弗兰克氏菌与非豆科木本植物共生固氮的研究也迅速发展；根际联合固氮已成为新的研究领域。

(三) 菌根研究倍受重视

近年来，菌根的研究十分活跃。1990年在美国召开的第8届北美菌根会议和1991年在泰国召开的第2届亚洲国际菌根会议上所涉及的内容概括了当前菌根研究的动态：即分子生物学已逐步应用到菌根研究中，有不少人从事了DNA遗传物质重组的研究；生理学研究集中在碳及营养物质的流动和相互作用的功能与机理；生态学偏重于研究大气变化、生态系统的破坏对菌根和植物生长的影响以及菌根在持续农业中的作用，菌根的个体和群体生物学特性、寄主的特异性；应用方面着重在VA菌根菌剂商品化的可行性和耕地、草地、荒地、园艺上菌根作用的前景；菌根分类研究除在经典的分类研究方面有明显进展外，新的方法如血清学、凝胶蛋白电泳等作为辅助手段也取得了一定的成绩。

(四) 硝化、反硝化作用和根际微生物的研究活跃

硝化、反硝化作用涉及到土壤中氮素的损失和环境污染，因此也引起了重视。70年代前，明确了影响反硝化强度的因素，近年来则趋向于研究硝化作用的生物化学、植物—土壤体系及根的影响、根区系的转化和去向、异养硝化作用、硝化抑制剂、硝化作用与环境保护以及硝化菌的分离和计数。各种模式的建立、荧光抗体技术的改进和应用、原位研究土壤中硝化过程、酶活性的研究等等都有新的进展。

根际微生物的进展还有：一些概念得到更新，其中根际效应中认为根际营养通常是丰富的、根际微生物一直保持快速生长的概念被重新更正；生物量测定方法的改进和示踪、电镜技术的应用使根际微生物的研究更加科学性，根际微生物类群的不断发现和它在根面的分布、特异性能的研究更加深入。改善植物营养的研究主要放在根际微生物产生的生长调节物质和铁载体对植物的影响，以及它们所分泌的抗生素物质对某些植物病原菌的抗性等。

(五) 土壤微生物在环境保护中作用的研究有所推进

随着工农业的发展，有毒废弃物和化学农药的广泛使用，使环境污染日趋严重，这个问题已成为国际上一个热点课题。主要进展和趋势是：微生物降解有机和无机污染物的能力，自净能力和其代谢途径；土壤微生物群体结构、功能、动态变化及与环境条件的关系，群体降解的动力学模型；通过基因工程选育能降解某些合成化合物的高效菌种，以加速这些物质的转化，其中降解质粒的发现开辟了利用质粒分子育种和基因工程手段治理环境污染的新途

径；微生物对As、Hg、Pb等金属的转化、细胞质粒富集和它们的机制、在气圈—水圈—土圈之间的转化模型、反应式、动力学、微生物类群等方面都有不同程度的发展。

二、国内现状与存在问题

近10年来，我国土壤微生物学研究无论在基础研究、应用研究还是在方法研究上都获得显著成就^①。在生物固氮方面：豆科根瘤菌与非豆科弗兰克菌的资源调查、联合国氮的研究和固氮菌的生化、分子生物学研究都取得好的成绩；根瘤菌分类研究和用根瘤菌球化三叶草和沙打旺种子进行飞播的应用技术达国际水平；非豆科结瘤固氮得到了验证和评价，为研究非豆科固氮问题开拓了新的路子；第一个由我国学者鉴定并命名的“中华根瘤菌”新属为我国土壤中特有的快生型大豆根瘤菌，它的发现和定名引起国际上极大的兴趣。与此同时还首次通过DNA转化，构建出耐盐高效固氮的快生型大豆根瘤菌新菌株，这将有利于菌剂的工业化生产及其在我国大面积盐碱土地上的应用。

菌根研究取得了明显进展：菌根菌的资源调查、分类、生理、生态以及分子遗传学研究有良好开端；在应用上也初见成效，如利用菌根提高磷肥效益和树木生长速率、菌根化育苗可提早出圃、菌剂培养方法得到改善和外生菌根真菌纯培得到基本上解决；菌根增强植物的抗旱力、抗重金属和农药的能力等生态条件的研究也得到加强。

硝化反硝化方面证实了水稻土中存在的无定形氧化铁、锰等金属氧化物可作为铵氧化时的电子受体导致脱氮，指出了水稻土氮素损失的又一途径，并建立了原位测定土壤 N_2O 的方法和原位研究土壤中 N_2O 通量。研究了根际微生物与氮素转化有关的微生物动态活性以及在养分有效性中的作用；根系特定分泌物与养分有效性以及根际微生物优势种和酶活性等。土壤微生物生态学方面已逐渐由广域向微域，由群体生态向个体生态的方向发展；种群生态分布、世代率、动态及功能的研究也渐向深入；研究方法有所更新。

在环境微生物学方面，人们开始探索了土壤微生物降解合成化合物的可能性；运用发光细菌法并研制与之配套的仪器监测环境急性生物毒性；以微生物量和活性为指标制定重金属等有毒物质在土中的临界浓度和允许量。此外微生物资源的开发利用再次受到重视，尤其是近年来对“增产菌”菌株的筛选、菌剂研制和机理研究，并通过大面积推广运用，获得了明显的增产效果。

但总的来看，我国土壤微生物的研究现状同国际水平相比差距很大。在基础理论研究上，深度和系统性不够，加上仪器设备陈旧、短缺，手段方法显得落后；有些领域尚未开展研究或处于初期阶段，特别是分子水平和生物工程方面更为不足。在实际应用上，也做得不够，同我国其它学科领域比较显得有些薄弱。

三、我国土壤微生物学的发展方向

当今，国际上生物科学的发展一日千里，土壤微生物学的研究也蓬勃发展，竞争日益激烈。我们在掌握国内动态，对照国际先进水平的同时，从我国国情和生物资源特点出发确定我们的方向和任务，这是很为重要的。下面仅就个人之所见，谈谈我们今后应开展的研究工

^① 第6届土壤微生物学专业会议资料，1989。

作。

(一) 土壤微生物与物质循环的研究

土壤微生物是土壤中物质循环的动力，我们可着重在两个方面开展研究：

研究微生物在碳素循环中作用。在全球碳素循环中，土壤碳素由有机碳转化为无机碳乃至进入大气，主要取决于土壤微生物及其酶的作用。所以着重探究在土壤碳素循环的各个环节中起动力作用的微生物类型及其酶作用的条件；动态的研究“土圈—生物圈”中微生物的反应动力学模型。另外，土壤中生物量的积累、转化和方法也值得进行研究。

2. 研究微生物在氮素循环中的作用。氮循环对农作物的营养具有很重要的作用，其中硝化和反硝化作用是自然界氮素循环的重要环节之一，它与氮素损失和环境污染密切相关。研究可集中在渍水土壤中硝化作用和氮素损失；植物根系—硝化菌—反硝化菌之间的相互关系；反硝化菌的动力学研究；根瘤菌与反硝化作用的关系、条件；研制用量小、效率高、成本低、无毒害的硝化抑制剂和它的有效使用条件；同时也应寻求能在田间条件下有效抑制硝酸盐还原为亚硝酸盐的措施。

(二) 土壤微生物与植物营养的研究

土壤微生物对植物营养的吸收，有益与有害微生物相互作用及其对植物生长的影响是土壤微生物学科较为重要的领域，所以必须着重研究。

1. 生物固氮：它仍然是国际上较为活跃并有望取得较大突破的研究领域。我们的研究重点可放在开发和利用我国丰富的固氮资源、挖掘自然界中尚未发现的新共生体；深入进行根瘤菌生态学的研究；研究固氮基因的调控和转移；非豆科植物结瘤固氮的研究，构建非豆科固氮作物。在应用上可着重在菌系品种配合、菌剂生产、质量监测、剂型和使用技术等方面。同时对异养和光合营养固氮菌在全球氮素平衡中的作用、联合固氮菌在生态系氮循环中的作用亦应开展研究。

2. 菌根的研究：菌根真菌能增加植物对磷素和某些微量元素的吸收，同时还有抗逆等作用。所以国际上已把它作为一个重要的研究领域，我国也应引起重视并予以支持。第7届北美菌根会议提出把该菌在离体条件下单独培养、孢子和菌丝在土中的生理生态、以及菌剂大量生产和应用作为今后10年优先考虑的课题，这对我国来说也是适应的，可资借鉴。另外，我国生态环境复杂，真菌资源丰富，应对菌根菌的资源进行调查和区系研究，这对我国菌根资源及其前期开发都有实际意义，菌根菌分类除了加强经典分类研究外，也要探讨新的方法；菌根菌的生理学、生态学、分子遗传也应加强；花卉及其它经济植物育苗中利用菌根接种是一项有效措施，要给予足够的重视。

3. 根际微生物的研究：根际是土壤微生物的特殊生境，根际微生物与植物对养分的吸收和释放有密切关系。这方面应着重研究根际微生物的类群、营养机制和对植物生长的影响；阐明植物—微生物—土壤三者在多因素动态变化中的相互作用和根际微生物的研究技术。

(三) 微生物在生态环境中的作用

世界面临着人口—粮食—环境问题的严重挑战，可以预料，微生物在环境中作用的研究将进一步受到重视。我们的研究重点应放在环境污染物质(包括重金属、酸雨、无机有机污染

(下转第197页)

- [9] Beckett, P. H. T., *Advances in Soil Sciences*, vol. 9, p. 143-176, Springer-Verlag, New York Inc., 1989.
- [10] McBride, M. B., *Advances in Soil Sciences*, vol. 10, p. 1-56, Springer-Verlag, New York Inc., 1989.
- [11] Lemely, A. T. et al., *J. Environ. Qual.*, 17: 408-414, 1988.
- [12] Yaron, B. et al., *Advances in Soil Sciences*, vol. 3, p. 121-211, Springer-Verlag, New York Inc., 1985.
- [13] Walker, A. and S. J. Welch, *Weed Res.*, 29: 375-383, 1989.
- [14] Helling, C. S. and T. J. Gish, *Evaluation of Pesticides in Ground Water*, p. 14-38, ACS Symp. Series No. 345, American Chemical Society, Washington DC, 1986.
- [15] Carse, R. F. et al., *Ecol. Modelling*, 30: 49-69, 1985.
- [16] Wangenet, R. J. et al., *J. Environ. Qual.*, 18: 78-84, 1989.
- [17] Elabd, H. and W. A. Jury, *Environ. Sci. Tech.*, 20: 256-260, 1986.
- [18] Knighton, R. E. and R. J. Wagenet, *Water Resour. Res.*, 23: 1911-25, 1987.
- [19] Dar-Yuan, Lee and W. J. Farmer, *J. Environ. Qual.*, 18: 468-474, 1989.
- [20] Wierenga, P. J., *Future in Soil Science Research*, p. 23-34, Soil Science Society of America, Inc., Madison Wisconsin, USA, 1987.
- [21] Bergstrom, L., *J. Environ. Qual.*, 16: 11-18, 1987.
- [22] Van Breeman, N. and T. C. J. Feijtel, *Soils and the Greenhouse Effect*, p. 195-223, John Wiley & Sons Ltd., 1990.

(上接第213页)

物、放射性矿等)对土壤微生物的影响和微生物对这些污染物质的转化、降解以及对环境的自净作用;微生物降解过程的生物学、生理学和遗传方面的研究;地下水层中农药污染的脱毒研究;城市及生活废弃物的资源化处理和开发利用,以及极端环境中的微生态研究。

(四)分子生物学的渗透

自70年代初开发了重组DNA的实验技术之后,分子生物学已飞速发展,为此科学家预测21世纪将是生命科学和生物技术的世纪。我国土壤微生物学也应迅速跨入分子生物学的领域。这个领域的研究超越了细胞生物学、遗传学、微生物等的范畴,所以应鼓励多学科协作,互相渗透。重点应放在基因重组、细胞融合、质体转移等方面的研究。目的是改造原有土壤微生物菌株的特性和构建新的微生物种,包括固氮效率高、广谱性的固氮菌;碳水化合物消耗量小的菌根真菌;能在无氧条件下降解含氯的碳氢化合物的菌株;产生用于生物防治的有效菌种等等。可以预见,分子生物学将会在我国土壤微生物研究中发挥巨大的作用。(参考文献12篇从略)