

南方经济作物固氮微生物研究进展

孙向平

中国农业科学院麻类研究所, 湖南 长沙

收稿日期: 2022年6月6日; 录用日期: 2022年7月4日; 发布日期: 2022年7月11日

摘要

生物固氮的定量方法分为直接定量法和间接定量法。直接定量法为 $^{15}\text{N}_2$ 气体饲喂法。间接定量法有总氮差异法、 ^{15}N 自然丰度法、 ^{15}N 同位素稀释法和乙炔还原法。固氮微生物的研究主要集中在豆科植物, 经济作物固氮微生物研究对南方地区经济作物的绿色发展提供借鉴。

关键词

南方地区, 固氮微生物, 生物固氮, 经济作物

Research Progress on Nitrogen Fixing Microorganisms of Southern Economic Crops

Xiangping Sun

Bast Fiber Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha Hunan

Received: Jun. 6th, 2022; accepted: Jul. 4th, 2022; published: Jul. 11th, 2022

Abstract

The quantitative methods of biological nitrogen fixation are divided into direct quantitative methods and indirect quantitative methods. The direct quantitative method is $^{15}\text{N}_2$ gas feeding method. Indirect quantitative methods include total nitrogen difference method, ^{15}N natural abundance method, ^{15}N isotope dilution method and acetylene reduction method. The research on nitrogen-fixing microorganisms mainly focuses on legumes, and the research on the nitrogen-fixing microorganisms of cash crops provides a reference for the green development of cash crops in the south.

Keywords

Southern Region, Nitrogen-Fixing Microorganisms, Biological Nitrogen-Fixing, Economic Crops

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

南方地区一般是指中国东部季风区的南部，当今中国四大地理区划之一，主要是秦岭 - 淮河一线以南的地区。经济作物是指对自然条件的选择较严、技术要求复杂、产品的经济价值较高、主要是用作工业原料的作物，故又称“技术作物”或工业原料作物[1]。经济作物的种类很多，主要包括棉花、油料、麻类、桑柞丝、茶叶、糖料、蔬菜、烟叶、果品、药材等。南方地区主要经济作物主要有柑橘、香蕉、荔枝、桂圆、菠萝、茶、油茶、油桐、漆树、毛竹、杉树、樟树、蚕桑、油菜。经济作物生产的集约化和商品化程度较高，综合利用的潜力很大，要求投入较高的人力、物力和财力。因此，必须注意解决好经济作物和粮食作物争地、争劳力、争资金的矛盾，以及收购政策、价格政策、奖售政策等问题，促进经济作物的发展[2] [3]。

在自然界中，某些原核微生物在常温常压下通过固氮酶将空气中的氮素转化为氨，这一过程称为生物固氮，这类微生物称为固氮微生物。固氮微生物是指能将大气中游离的氮素转变成含氮化合物的微生物。其种类很多，按照微生物的生活习性和固氮条件的特殊性，可以分为自生固氮和共生固氮微生物以及联合固氮微生物。固氮微生物广泛的分布在原核生物和古核生物中，既有异养型，又有自养型；既有需氧型，也有厌氧型，还有兼性型[4] [5]。据联合国粮农组织统计，地球上结合态氮总量有 70%来源于生物固氮，每年全球微生物固定的氮素量可达 2 亿吨，约占全球作物需氮量的 3/4，相当于工业生产氮肥的 3 倍多[4]。利用生物固氮部分或完全替代化学氮肥，在农业生产中不仅能节肥节能，同时还能增产增效。目前已有的研究表明在我国豆科植物根瘤菌和非豆科树木结瘤弗兰克氏菌的资源调查和分类方面，研究人员逐步摸清了我国豆科植物根瘤菌和非豆科树木结瘤弗兰克氏菌的资源[4] [5] [6]。尤其在花生、大豆和豆科牧草接种根瘤菌的应用研究方面，做了大量的工作，并取得了明显的经济和社会效益[7]。随着现代分子生物学的研究进展，在固氮分子遗传学研究方面，我国处于世界先进行列。中科院上海植物生理学研究所固氮分子生物学研究室是国际上著名的实验室，20 世纪 70 年代对固氮基因精细结构的研究就已进入国际先进行列。20 世纪 80 年代在固氮基因正调控基因 *nifA* 研究方面又有突出成果，构建成不受氨调控的组成性表达的 *nifA*，并引入阴沟肠杆菌用于接种水稻，可获增产。进入 20 世纪 90 年代，在苜蓿根瘤菌结瘤基因的表达和调控方面，发现结瘤基因 *nodD3* 的表达不受植物类黄酮物质的启动，为扩大宿主范围的研究提供了依据[8] [9]。有关固氮酶催化机理和化学模拟研究。我国学者于 20 世纪 80 年代初，证明在有 D2 无 N₂ 的条件下，固氮酶不能催化 HD 形成，对国外学者发表的不依赖 N₂ 也可形成 HD 的观点提出异议。20 世纪 90 年代初，论证了在生理条件下固氮酶每还原 1 mol N₂ 所放出 H₂ 的摩尔数不是 1，不符合通常的生物固氮化学反应计量式，因而提出了固氮酶双位点放 H₂ 的假说[10]。

生物固氮的定量方法分为直接定量法和间接定量法。直接定量法为 ¹⁵N₂ 气体饲喂法。间接定量法有总氮差异法、¹⁵N 自然丰度法、¹⁵N 同位素稀释法和乙炔还原法[11]。目前，国内外有关生物固氮科技创新的 3~5 年近期目标是克服天然固氮体系缺陷，创制新一代根际固氮微生物产品，在田间示范条件下替

代化学氮肥 25%；10 年中期目标是扩大根瘤菌宿主范围，构建非豆科作物结瘤固氮的新体系，减少化学氮肥用量 50%；15 年远期目标是探索作物自主固氮的新途径，在特定条件下完全替代化学氮肥[12] [13]。

但是，天然固氮体系存在宿主范围窄和固氮活性受环境影响大等缺陷，固氮生产菌株存在竞争力弱和田间应用效果不稳定等问题，从而大大局限了生物固氮在农业生产中广泛应用。如何增强根际联合固氮效率，扩大根瘤菌共生固氮的宿主范围，构建自主固氮的非豆科作物，创制新一代固氮微生物产品是当前国际固氮领域的研究前沿，同时也是一个世界性的农业科技难题[11] [14]。本世纪兴起的合成生物技术被誉为是改变世界的十大颠覆性技术之一，将为生物固氮这一世界性农业科技难题提供革命性的解决方案。目前南方经济作物固氮微生物主要围绕[14]：

1) 天然固氮体系的网络调控机制。尤其是共生结瘤固氮植物基因组分子演化机制，固氮与相关抗逆信号传导和表观调控机制以及根际固氮微生物组、宿主作物与根际环境三者之间相互作用机制，为共生结瘤、根际固氮相关抗逆元件及功能模块的人工设计提供理论指导[11] [15]。

2) 人工固氮线路的适配优化机制。主要集中在：一是构建通用的表达载体系统和功能模块，在底盘生物上进行大规模功能测试；二是创建具有农业应用价值的人工高效固氮回路并在底盘生物中进行适配性研究，使之标准化和最优化[14] [15]。

3) 新型固氮产品的先进制造工艺。主要是通过固氮微生物组剂型(液体、干粉、颗粒包被等)和固氮菌种子包衣等工艺的优化，解决固氮菌群在实际使用过程中活力不稳定等关键问题；同时，理性设计根际环境下最小根际固氮功能群，研发新型合成固氮微生物组肥料产品[15]。

2. 结论

“非豆科植物人工接瘤固氮成功”和“生物肥料可以代替化学肥料”等，干扰我国生物固氮的基础研究，已解决了生物固氮的大难题。目前国内的研究集中以根瘤为研究对象，展开了一系列研究。但是我国目前生物固氮基础研究仍处于困境，研究还处在薄弱中。就整体而言，我国的生物固氮研究与国际水平尚有一定的差距。今后生物固氮研究应该主要围绕固氮酶的固氮分子机理、共生固氮菌与豆科植物的分子互作、非豆科植物结瘤固氮工程、非豆科植物的联合固氮等方面进行深入研究。

参考文献

- [1] 佚名. 南方经济作物生产[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [2] 邢淑莲, 姚艳丽, 徐磊, 刘洋. 我国南方地区旱作农业发展概况与对策分析[J]. 中国农学通报, 2013, 30(17): 175-179.
- [3] 梁正强. 林下经济作物套种模式分析[J]. 南方农机, 2019, 50(10): 91.
- [4] 黄美福, 谭宏伟. 中国南方经济作物及果树的平衡施肥[J]. 南方农业学报, 2003(S2): 64-67.
- [5] 燕永亮, 李力, 李俊. 根际固氮微生物功能基因组及微生物肥料研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(5): 93-101.
- [6] 田永辉, 夏绍涓, 卢天国. 茶树根际固氮微生物群落组成及生态位[J]. 茶叶通讯, 1999(4): 13-16.
- [7] 赵志英. 固氮微生物[J]. 生物学教学, 2007, 32(9): 60-62.
- [8] 李凌凌, 陆雅琳, 汪江正, 周子西, 左振宇, 杨忠华. 一株固氮菌的筛选, 鉴定及混菌发酵制备复合型菌糠菌肥的研究[J]. 武汉科技大学学报, 2021, 44(1): 34-42.
- [9] 徐胜涛, 王攀磊, 何翔, 等. 植物覆盖对蕉园土壤质量和微生物多样性的影响[J]. 南方农业学报, 2020, 51(3): 18-26.
- [10] 杨雅婷. 三叶草根瘤菌与 AMF 互作效应及其对梨生理代谢的影响[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [11] 李永仁, 鲍关龙, 齐同现. 生物固氮的现状与展望[J]. 河南科技, 1984(5): 40-42.
- [12] 朱奇, 陈彦. 生物固氮在我国农业生产中的研究现状及发展对策[J]. 微生物学杂志, 2003, 23(5): 40-43.

-
- [13] 王辉, 张飞. 生物固氮在农业生产方面应用的研究现状与展望[J]. 农家之友(理论版), 2011(2): 13+22+39+58+62+64.
- [14] 陈文新. 发挥生物固氮作用减少化学氮肥用量[C]//北京微生物学会, 中国微生物学会. 微生物与公共卫生安全科技论坛论文汇编. 2004.
- [15] 王秀云. 生物固氮的作用机理和应用[J]. 经济技术协作信息, 2006(15): 58-58.