

Progress in the Application of Microbial Agents in Citrus Production

Xianglei Liu Jian Liu Youyin Zhu

Jinhua Vocational and Technical University, Jinhua, Zhejiang, 321000, China

Abstract

In this paper, through the recent five years about microbial agent application research in citrus production has carried on the detailed analysis, expounds the microbial agent for citrus growth and development, soil improvement, pest control and the role and application: microbial agent can effectively promote root growth, improve nutrient utilization, enhance citrus resistance, also play an important role in the pest control of citrus. At the same time, the paper analyzes the problems existing in the application of microbial agents, including the mechanical study of microbial agents is not clear, its application technology is not perfect, the compatibility of microbial agents and chemical fertilizers and pesticides has not been solved, the paper also analyzes and prospects the future research prospects of microbial agents.

Keywords

microbial bacterial agent; citrus; application

微生物菌剂在柑橘生产中的应用进展

刘向蕾 刘健 朱友银

金华职业技术大学, 中国·浙江 金华 321000

摘要

论文通过对近年来有关微生物菌剂在柑橘生产中的应用研究报道进行了详细分析, 阐述了微生物菌剂对柑橘生长发育、土壤改良、病虫害防治等方面的作用及应用情况: 微生物菌剂能够有效促进根系生长, 提高养分利用率, 增强柑橘抗逆性, 在柑橘的病虫害防治中也起到多方面的重要作用。同时, 论文分析了微生物菌剂在应用中存在的问题, 主要包括微生物菌剂的机理性研究尚不清晰, 其应用技术不完善, 微生物菌剂与化学肥料和农药的兼容性问题尚未解决, 论文也对微生物菌剂未来研究前景进行了分析与展望。

关键词

微生物菌剂; 柑橘; 应用

1 引言

中国是柑橘重要原产地, 从古老的长江流域到南方各地, 柑橘已成为重要的经济作物, 其种植历史超过 4000 年^[1]。据统计, 自 2007 年以来, 中国柑橘种植面积和产量一直稳

居世界第 1 位^[2,3]。

近些年, 人们对环境保护和食品安全的关注度持续攀升, 使得传统化学肥料和农药在柑橘生产中的应用面临着越来越多的限制。

微生物菌剂是指有益菌经过工业化扩展繁殖后, 与氨基酸、腐植酸、草炭、各类饼粕渣或其他有机质等菌种载体混合加工制成的活菌制剂^[4]。微生物菌剂包含着多种对农业生产有益的微生物, 在农业生产中, 这些微生物能够通过自身的生命活动使土壤肥力得到活化, 它们一方面可以增强植物的抗病能力, 进而达到改善作物品质、提高作物产量的目的, 另一方面还能对植物生长状况进行调节, 促使植物更好地吸收营养^[5]。微生物菌剂作为一种新型的生物肥料和生物农药, 具有高效、安全、环保等优点, 在柑橘生产中的应用越来越受到重视。

【基金项目】金华市科技局重大项目《柑橘产中产后多功能微生物菌剂开发及其应用示范》(项目编号: 2022-2-014); 金华市科技局重大项目《金华地区优质柚品种引选与轻简化栽培关键技术研究与应用》(项目编号: 2021-2-027); 金华市科技局重点项目《农业废弃物田间肥化处理技术研究及其在“红美人”柑橘提质增效中的应用》(项目编号: 2021-2-019)。

【作者简介】刘向蕾(1980-), 女, 中国黑龙江绥化人, 硕士, 副教授, 从事绿色食品生产技术研究。

2 微生物菌剂对柑橘生长发育的作用

2.1 促进根系生长

微生物菌株广泛存在于根际区域,能够分泌酶和羧酸,帮助植物释放养分,并提供其他可溶性营养物质,从而促进植物对养分的吸收和提高利用效率。

微生物菌肥中的益生菌能够与植物根系形成共生关系,能够分泌植物生长激素(如赤霉素、细胞分裂素等)和植物生长助剂(如氨基酸、维生素等),它们除各自的独特作用外,还能互相促进或抑制,调节不同时期柑橘的生长发育并缓解生长过程中的各种胁迫^[6],来刺激柑橘根系的生长和发育,它们能够增加根毛的数量和表面积,提高根系的吸收能力和养分利用效率,从而促进柑橘的生长^[7]。

2.2 提高养分利用率,促进植株生长

微生物菌剂里的有益微生物,例如菌根真菌,能够和柑橘根系形成菌根,增强柑橘对矿物质磷、钾等养分的吸收能力。与此同时,这些有益微生物还能分解土壤中的有机物质,将其中可供柑橘吸收利用的养分释放出来,提升土壤养分的利用率^[8]。微生物肥料中的特定微生物可通过生物固氮、溶磷、解钾、产生铁载体等过程促进植物吸收氮、磷、钾、铁等营养元素,进而促进植物生长^[9]。

马成战等^[10]在湖北省丹江口市柑橘树上进行的试验显示,使用复合微生物果树专用菌肥和微生物菌剂可以提高柑橘的养分利用效率,促进土壤健康,进而提高柑橘的产量和品质。

祝虹钰等^[11]研究表明,微生物菌剂能够改善土壤性质,提高作物产量,高效发酵粪便废弃物,释放营养物质,调节养殖水体氨氮,改善水质,降解污水中有机污染物等作用。

袁秉琛等^[12]研究进展表明,微生物菌剂对土壤养分及微生物群落结构有显著影响,能够提高土壤中磷的可利用性,促进作物生长。

周连昊等^[13]研究表明,柑橘种植导致土壤pH下降,土壤有效磷累积,从而抑制土壤解磷细菌的活性,影响土壤微生物对磷的获取。

彭柱青等^[14]针对不同微生物菌剂对温州蜜柑果实产量与品质的影响展开了研究。研究结果表明,微生物菌剂可显著促进土壤磷的活化和吸收,使得果实品质得到改善,其中复合菌剂所发挥的效果更为突出。

卢杰等^[15]通过试验筛选出由3株菌株混合的菌剂,对柑橘、桉树、玉米等作物促生效果显著。

刘烽^[16]采用六种不同微生物肥料(蒙力、菌帮收、土秀才、绿陇、棵康、海状元)处理柑橘,相较于对照组均显著增加枳苗株高和茎粗,且六种不同微生物肥料处理均显著降低了温州蜜柑的果形指数和果实果肉硬度,这有利于果实商品性展示,提升化渣性;其中棵康肥料处理相较于对照组显著增加了温州蜜柑单位体积产量,达到 $3.25\text{kg}/\text{dm}^3$ 。纯菌剂绿陇、海状元、棵康肥料对枳苗生长量和温州蜜柑果实单

果增重作用表现较佳,表明微生物肥料功能发挥由施加有益菌浓度以及与植株接触程度决定。

邓应秋^[17]针对早熟蜜橘开展了“科斯润”微生物肥效果试验,并对产量进行了分析。结果显示,K1处理(习惯施肥+微生物肥)和K2处理(习惯施肥化肥用量80%+微生物肥)相较于CK(习惯施肥)增产效果显著。而且,这两种处理下果实的单果重、果径以及可溶性固形物含量都有所提高,种植收益也相应增加。

2.3 增强柑橘抗逆性

微生物菌剂中的有益微生物可以分泌多种抗逆性物质,如脯氨酸、甜菜碱、脱落酸等,这些物质可以提高柑橘的抗逆性,如抗旱、抗寒、抗盐等。同时,有益微生物还可以诱导柑橘产生系统抗性,增强柑橘对病虫害的抵抗能力。在柑橘果实采后病害的防治领域,拮抗菌的应用已然成为热点。拮抗菌不但可以提升病害防治的效果,还能有选择性地对病原菌进行抑制,相较于化学防治方法更具优势,因为它不会导致耐药菌的产生^[18]。

据田中欢^[19]的研究,生防酵母34-9在不同柑橘果实(如纽荷尔脐橙、沃柑、W.默科特)贮藏保鲜期所展现出的防腐保鲜效果存在差异。在贮藏3个月后,生防酵母34-9能够有效降低纽荷尔脐橙果实的腐烂比率,且经过生防酵母34-9处理的果实,其可溶性固形物(TSS)含量均显著高于清水处理组。

3 微生物菌剂对土壤改良的作用

微生物肥料能够将土壤中部分难以利用的元素较好地转变为可供植物生长所需的营养物质,对于土壤的改善有着较大的作用^[20]。

微生物菌剂中的有机酸等物质可能会导致土壤pH值降低,不过其pH值依旧处于适宜作物生长的区间内。秸秆还田和微生物菌剂的添加能够显著提高土壤有机质、全氮、有效磷和速效钾含量,降低土壤pH值^[21]。王依涵^[22]研究表明柑橘园土壤性质显著影响微生物群落与病原菌丰度。长期集约化种植可导致柑橘园病原菌危害显著增加,但柑橘根系募集的抗逆微生物丰度也增加。

微生物菌肥中的微生物能够改善土壤结构。它们通过分泌糖胺聚糖和胞外多聚物,促进土壤颗粒间的团聚和胶结,形成块状或团状结构,提高土壤孔隙度和稳定性。这有助于改善土壤的透气性、保水性和排水性,增强土壤的肥力和保水能力^[23]。

4 微生物菌剂在柑橘病虫害防治中的作用

生物防治技术是柑橘病虫害防治技术中最有发展前景的技术之一^[24]。由植物促生菌(Plant Growth-Promoting Bacteria, PGPB)^[25]制成的生物防控剂可用于保护农产品免受昆虫、病原体和杂草的侵害^[26]。芽孢杆菌属由于具有较好的抑制植物病原菌的能力被广泛用作农业领域的生物

控制剂^[27]。薛超等^[28]通过对患枯萎病香蕉根际微生物进行高通量测序,发现适当增加芽孢杆菌和降低尖刀镰孢有利于防控此病害。宋波等^[29]研究表明贝莱斯芽孢杆菌发酵液对脱落青霉的生长具有一定的抑制效果,其半有效最大浓度约为8.7%,贝莱斯芽孢杆菌在柑橘病害绿色防控上有巨大的应用潜力。潘浪等人^[30]研究发现前贝莱斯芽孢杆菌有10多种次级代谢产物对害虫产生作用,可多途径抑制柑橘红蜘蛛生理代谢,有效减缓抗药性增长,延长药剂的生命周期。

据雷梦英等^[31]的研究,有一些内生菌具备促进植物生长和诱导寄主产生抗性的能力。这些内生菌可以分泌抗生素等代谢物,从而抑制柑橘黄龙病菌的生长。然而,其抑制柑橘黄龙病菌的具体作用机理,仍有待进一步深入探究。ZHANG等^[32]通过高通量测序技术,一种伯克氏菌株被筛选出来,将其接种于患黄龙病的柑橘植株时,可对柑橘黄龙病症状起到有效的缓解作用。

TRIVEDI等人以患黄龙病的柑橘作为研究材料,并将健康柑橘设为对照。他们从中成功分离出6类细菌,分别为恶臭假单胞菌、沙雷氏菌、食油微细菌、芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、梭状芽孢杆菌。研究发现,这些菌种在氮固定、吲哚乙酸(IAA)合成、磷酸盐增溶以及铁载体生产等矿物质营养吸收环节中有着至关重要的作用^[33]。

杨海中等^[34]把绿僵菌当作微生物农药使用,其速效性和防治效果不如噻虫嗪,在药后3天仅为33.07%,不过到药后14天,防效提升至80.13%。绿僵菌具有低残留、低毒、无污染的特性,扩散能力强,能主动侵染寄主、害虫也不容易对它产生抗性,当前在生产领域,绿僵菌可作为生防菌。

5 微生物菌剂在柑橘应用中存在的问题

5.1 微生物菌剂的机理性研究尚不清晰

当前,在针对微生物菌剂于柑橘方面的研究中,多数都被限制在传统的固氮、解磷、解钾细菌范围内,其中芽孢杆菌占据较大比例。大部分微生物菌剂的作用机理尚不明晰,如微生物菌剂里的微生物和作物相互作用的原理、在土壤中的作用时长,特别是那些影响其肥效发挥的因素等,都亟待更深入地研究。而且微生物菌剂在不同地区的生态适应性,以及在不同环境条件下对柑橘最合适的施用方式和用量,也都还未确定。现阶段已有的研究更多地关注于提高柑橘产量和化肥利用率,却在一定程度上忽略了菌剂调控作物生长机制,尤其是对菌剂功能基因的研究^[35]。对于使用微生物菌剂进行柑橘果实的贮藏保鲜方面的研究也相对较少。

5.2 微生物菌剂应用技术不完善

微生物菌剂作为一种具有潜力的农业和环境领域的产品,其应用技术目前确实还存在诸多不完善之处。首先,在施用方法方面,不同的微生物菌剂可能需要不同的施用方式,有的适合拌土施用,有的则更适合兑水浇灌,但目前缺乏明确的指导标准,使得使用者在选择施用方法时往往感到

困惑。其次,施用量也是一个难题。施用量过少可能无法达到预期的效果,而施用量过多又可能造成资源浪费甚至对土壤或环境产生不良影响。然而,目前并没有一个统一的施用量标准,这给实际应用带来了很大的不确定性。最后,施用时间也至关重要,不同的微生物菌剂在不同的生长阶段可能发挥出不同的作用,但是由于缺乏统一标准,使用者很难确定最佳的施用时间,从而影响了微生物菌剂的应用效果。

5.3 微生物菌剂与化学肥料和农药的兼容性问题尚未解决

在农业生产中,微生物菌剂、化学肥料和农药的合理使用至关重要。然而,目前微生物菌剂与化学肥料和农药的兼容性问题尚未得到很好的解决。一方面,某些化学肥料中的成分可能会对微生物菌剂的活性产生抑制作用。另一方面,部分农药也会给微生物菌剂带来不良影响。一些广谱性杀菌剂在杀灭有害病菌的同时,也可能误杀微生物菌剂中的有益微生物,严重影响其功能的发挥。

6 微生物菌剂未来研究前景

在柑橘生产中,微生物菌剂有着极为广阔的应用前景。随着人们对食品安全与环境保护的关注度日益增加,微生物菌剂必将在柑橘生产中占据不可或缺的地位。

6.1 菌种筛选和优化

虽然已经有一些微生物菌剂被应用于柑橘种植中,但对于不同品种和生长环境的柑橘,可能需要筛选和优化更适合的菌种。未来可以进一步探索不同菌种对柑橘生长和发育的影响,以及如何通过菌种的组合来提高效果。

6.2 明确作用机制研究

研究人员也需要逐步明确根系、土壤微生物群落之间的相互作用,以及它们如何影响柑橘的营养吸收、生长发育和病虫害抵抗能力,从而为微生物菌剂的合理应用提供理论依据。

6.3 微生物菌剂与其他农业措施的结合

微生物菌剂可以与其他农业措施如有机肥料、生物防治、合理灌溉等相结合,以提高柑橘的产量和品质。未来可以进一步研究这些结合方式的效果和机制,为柑橘种植提供更加综合和可持续的解决方案。

6.4 微生物菌剂的稳定性和保质期

微生物菌剂的效果受到其稳定性和保质期的影响。未来需要进一步提高微生物菌剂的稳定性,延长其保质期,以确保其在柑橘种植中的效果和可靠性。

6.5 应用技术和方法的标准化

目前微生物菌剂的应用技术和方法还没有统一的标准,这可能影响其效果和推广应用。研究人员需要制定标准化的应用技术和方法,包括施用时间、施用量、施用方式等,以提高微生物菌剂的效果和可操作性,为微生物菌剂在柑橘中大面积推广使用提供理论依据。

7 结语

微生物菌剂在柑橘生产中展现出巨大潜力,对柑橘生长发育、土壤和病虫害防治相关环节有着积极影响,为柑橘产业朝着更优质、更高效的方向发展提供有力支撑。然而,当前微生物菌剂在柑橘应用中仍存在诸多问题,机理性研究的模糊、应用技术的欠缺以及与化肥农药兼容性问题,都限制了其更好地发挥作用。未来,我们必须加大对这些方面的研究力度,深入挖掘微生物菌剂的作用机制,进一步完善应用技术,并着力解决兼容性难题,从而让微生物菌剂在柑橘生产中释放出更多能量,为柑橘产业的可持续发展注入源源不断的动力。

参考文献

- [1] 孙爱华,张礼杰,李虎,等.不同水分处理的三峡库区柑橘品质综合评价[J].节水灌溉,2022(12):24-30.
- [2] 郭文武,叶俊丽,邓秀新.新中国果树科学研究70年:柑橘[J].果树学报,2019,36(10):1264-1272.
- [3] 祁春节,顾雨檬,曾彦.我国柑橘产业经济研究进展[J].华中农业大学学报,2021,40(1):58-69.
- [4] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB 20287—2006 农用微生物菌剂[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [5] 黄钦,尉广飞,常瑞雪,等.微生物肥料发展现状及其在中药材种植中的应用[J].中国现代中药,2022,24(1):153-159.
- [6] 马莹,曹梦圆,石孝均,等.植物促生菌的功能及在可持续农业中的应用[J].土壤学报,2023,60(6):1555-1568.
- [7] 周鹏.微生物菌肥在农业生产中的应用实践探讨[J].农村科学实验,2023(20):82.
- [8] 李江,靳艳玲,赵海.根际促生菌对植物生长的影响及其作用机制[J].黑龙江农业科学,2023(10):132-137.
- [9] 黄钦,尉广飞,常瑞雪,等.微生物肥料发展现状及其在中药材种植中的应用[J].中国现代中药,2022,24(1):153-159.
- [10] 马成战,汪才莲,王莉,等.复合微生物果树专用菌肥和微生物菌剂在柑橘上的肥效试验[J].果树实用技术与信息,2019(8):19-20.
- [11] 祝虹钰,刘闯,李蓬勃,等.微生物菌剂的应用及其研究进展[J].湖北农业科学,2017,56(5):805-808.
- [12] 袁秉琛,王燕茹,孙郁婷.荔枝园分别间作距瓣豆与广东金钱草对土壤养分、微生物群落结构及多样性的影响[J].热带作物学报,2024,45(7):1411-1419.
- [13] 周连昊,曾全超,梅唐英泽,等.集约化柑橘种植抑制土壤磷循环微生物活性[J].环境科学,2024,45(5):2881-2890.
- [14] 彭柱青,金胜昔,梁晓敏,等.不同微生物菌剂对温州蜜柑果实产量及品质的影响[J].华中农业大学学报,2022,41(5):91-97.
- [15] 卢杰,马丽娟,罗春婷,等.复合微生物菌剂的筛选及促生效果的研究[J].现代农业研究,2024,30(1):58-62.
- [16] 刘烽.不同微生物肥料对柑橘幼苗生长及成年树结实的影响[D].

武汉:华中农业大学,2019.

- [17] 邓应秋.柑橘施用微生物肥效果试验[J].东南园艺,2023,11(1):62-65.
- [18] 熊亚波,闫晓俊,颜静,等.新型柑橘贮藏保鲜剂的研究进展[J].食品科学,2015,36(9):284-288.
- [19] 田中欢.柑橘采后生防菌34-9和w176响应环境因子的调控机制及保鲜应用研究[D].武汉:华中农业大学,2021.
- [20] 张珍玉.微生物肥料替代化肥在柑橘种植中的应用效果研究[J].农家科技(上旬刊),2020(7):213.
- [21] 王时聪.“秸秆还田+微生物菌剂”对土壤理化性质的影响[J].南方农业,2024,18(14):4-6.
- [22] 王依涵.集约化种植柑橘园微生物群落结构特征及病原菌演替规律[D].武汉:华中农业大学,2023.
- [23] 周鹏.微生物菌肥在农业生产中的应用实践探讨[J].农村科学实验,2023(20):82-84.
- [24] 唐辉.柑橘栽培管理技术与病虫害防治措施探析[J].种子科技,2022,40(17):81-83+86.
- [25] 马莹,曹梦圆,石孝均,等.植物促生菌的功能及在可持续农业中的应用[J].土壤学报,2023,60(6):1555-1568.
- [26] Russo M L, Scorsetti A C, Vianna M F, et al. Effects of endophytic *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) on biological, reproductive parameters and food preference of the soybean pest *Helicoverpa gelato-poeon*[J]. Journal of King Saud University-Science, 2019,31:1077-1082.
- [27] Dhoubi H, Zouafi I, Ben A D, et al. Potential of a novel endophytic *Bacillus velezensis* in tomato growth promotion and protection against verticillium wilt disease[J]. Biological Control, 2019, 139(12):104092-104098.
- [28] 薛超.香蕉根际土壤微生物区系特征与土壤枯萎病防控研究[D].南京:南京农业大学,2015.
- [29] 宋波,张廷富,杨昌鑫,等.贝莱斯芽孢杆菌对柑橘病原菌皮落青霉的生防初探[J].西南农业学报,2022,35(11):2609-2615.
- [30] 潘浪,熊仁科,谢鹏,等.新型微生物杀螨剂LMFSSMJ-1防治柑橘红蜘蛛药效试验[J].现代农药,2024,23(4):79-82.
- [31] 雷梦英,杨贤智,黄少彬.柑橘黄龙病菌与柑橘根系关系研究进展[J].广东农业科学,2018,45(5):58-64.
- [32] ZHANG Y, XU J, RIERA N. Huanglongbing impairs the rhizosphere to rhizoplane enrichment process of the citrus root-associated microbiome[J]. Microbiome, 2017,5(1):97.
- [33] 黄洋.2种药剂对黄龙病柑橘根际细菌群落结构和功能基因的影响[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [34] 杨海中,陈剑山,林培,等.3种杀虫剂对柑橘木虱的田间防效[J].中国植保导刊,2018,38(6):75-77.
- [35] 刘京京,陈学文,梁爱珍,等.微生物肥料及其对黑土旱田作物应用的效果[J].土壤与作物,2023,12(2):179-195.