

DOI: 10.3969/j.issn.2095-3704.2012.04.022

微生物农药研究进展

朱玉坤¹, 尹衍才²

(1. 山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018; 2. 肥城市泰西中学, 山东 肥城 271600)

摘要: 微生物农药包括活体微生物农药和农用抗生素两大类。随着越来越多的化学农药被禁止或有限制地使用, 微生物农药由于其高效、广谱、安全、环境相容性好等特点成为目前应用最多的一大类生物农药, 有着极为广阔的应用前景。通过对微生物农药的特点、分类、微生物农药的研究和应用现状进行介绍, 并对微生物农药的发展前景做出了展望。

关键词: 微生物农药; 杀虫剂; 杀菌剂; 除草剂; 植物生长调节剂

中图分类号: TQ458.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-3704 (2012) 04-0431-04

Research Advances on Microbial Pesticides

ZHU Yu-kun¹, YIN Yan-cai²

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;
2. Middle School of Taixi, Feicheng 271600, China)

Abstract: Microbial pesticides originate from microorganisms and the secondary metabolites of them. They have a great prospect because of their advantages, such as high-efficiency, wide-spectrum, being safety to non-target organisms and friendly to environment. This article summarizes characteristic of research advances on microbial pesticide, research advances, the trend of using of the pesticides.

Key words: microbial pesticides; insecticides; fungicides; herbicides; plant growth regulators

微生物农药是指由微生物及其代谢产物加工而成的具有杀虫、杀菌、除草、杀鼠或调节植物生长等具有农药活性的物质^[1], 包括农用抗生素和活体微生物农药, 是生物防治的物质基础和重要手段。微生物农药污染小、针对性强的特点符合绿色农业的需求^[1]。因此, 微生物农药产业化进程较快, 早在 20 世纪 50 年代初—70 年代末就奠定了较好的基础, 80 年代中期发展尤为迅速^[2]。随着微生物农药研究的深入和应用技术的发展, 微生物农药的种类和数量越来越多, 市场份额将会不断扩大, 在有害生物防治中的作用也会越来越大^[1]。

1 微生物农药的分类和应用现状

按功能作用来分, 有杀菌微生物农药、杀虫微生物农药、除草微生物农药和植物生长调节剂微生

物农药四大类^[1]。

1.1 微生物杀虫剂

1.1.1 细菌杀虫剂 细菌杀虫剂(bacterial insecticide)是利用对某些昆虫有致病或致死作用的杀虫细菌及其所含有的活性成分制成^[1]。其作用机制是胃毒作用, 昆虫摄入病原细菌制剂后, 通过肠细胞吸收, 进入体腔和血液, 使之得败血症导致全身中毒死亡^[3]。目前筛选的杀虫细菌大约有 100 多种, 其中被开发成产品投入实际应用的主要有 4 种, 即苏云金芽孢杆菌(*Bacillus thuringiensis*, Bt)、日本金龟子芽孢杆菌(*Bacillus popilliae*)、球形芽孢杆菌(*Bacillus sphaericus* Meyer and Neide)和缓病芽孢杆菌(*Bacillus Lentimorbus*)^[4], 其中苏云金芽孢杆菌是当今研究最多、用量最大的杀虫细菌^[1]。其作用机理是 δ -内毒素起作用使昆虫发生毒血症而死亡^[5]。

收稿日期: 2012-10-20

作者简介: 朱玉坤, 男, 山东泰安人, 硕士, 主要从事农药毒理与有害生物抗药性研究, E-mail: zhuyukun204@163.com。

近年来,国内外专家致力于 Bt 的高效剂型增效因子、发酵工艺、广谱毒性重组 Bt 以及转基因植物的研究,取得了较大成果^[6-7],如高毒力苏云金杆菌 CAB109 菌株对葱田甜菜夜蛾的平均防效达 75.3%,高于常用化学农药和微生物农药的防效^[8]。其他杀虫细菌的研究还涉及假单孢菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、赛氏杆菌(*Serratia marcescens* Bizio)、链球菌(*Streptococcus*)、发光杆菌(*Photobacterium*)等,它们大都作用于特异的害虫群体,并未见大规模使用的报道^[1]。

1.1.2 真菌杀虫剂 真菌杀虫剂以真菌分生孢子附着于昆虫的皮肤,分生孢子吸水后萌发而长出芽管或形成附着孢,侵入昆虫体内,造成病理变化和物理损害,最后导致昆虫死亡。真菌杀虫剂和某些化学杀虫剂的触杀性能相似,杀菌广谱、残效长、扩散力强。缺点是作用较慢、侵染过程长、受环境影响大^[1]。

杀虫真菌的种类很多,已发现的杀虫真菌约有 100 属 800 种,其中以白僵菌、绿僵菌、拟青霉应用最多^[1]。绿僵菌处理后 15 d 对稻水象甲成虫的防效可达 66.7%~88.3%^[9]。白僵菌(*Beauveria*)是一种典型的杀虫真菌,也是研究应用最多的一种杀虫真菌,能寄生于 700 多种昆虫和 13 种螨类,大面积用于防治马尾松毛虫、玉米螟和水稻叶蝉等害虫^[1]。在玉米心叶末期使用白僵菌防治玉米螟虫,防治效果可达 85%~93%^[10]。

1.1.3 病毒杀虫剂 病毒杀虫剂宿主特异性强,能在害虫群内传播,形成流行病。病毒侵入昆虫后,核酸在宿主细胞内进行病毒颗粒复制,产生大量的病毒粒子,促使宿主细胞破裂,导致昆虫死亡。也能潜伏于虫卵,传播给后代,持效作用长;缺点是施用效果受外界环境影响较大,宿主范围窄^[1]。

目前已知的昆虫病毒有 1 600 多种,其中 60 种为杆状病毒,可引起 1 100 种昆虫和螨类发病,可控制近 30%的粮食和纤维作物上的主要害虫。其中研究最多、应用最广的是核形多角体病毒(NPV),质形多角体病毒(CPV)和颗粒体病毒(GV)^[11]。我国在昆虫病毒研究领域中取得了较大的进展,已从 188 种昆虫中分离到 220 多株病毒,其中 110 株为我国首次分离得到^[6]。目前,我国核多角体病毒杀虫剂主要用于农业和林业,如防治棉花、高粱、玉米、烟草、番茄等作物的棉铃虫、斜纹夜蛾、茶毛虫、甜菜夜蛾等害虫^[1]。颗粒病毒的应用不及核多

角体病毒广泛,主要用于防治菜青虫、小菜蛾及黄地老虎等。质多角体病毒主要用于林区^[12]。目前有 20 多个国家的 30 多种病毒杀虫剂进行登记、注册、生产应用,国内已有 20 多种进入大田试验^[1]。

1.2 微生物杀菌剂

微生物杀菌剂是一类控制植物病原菌的制剂,主要有细菌杀菌剂、真菌杀菌剂和病毒杀菌剂等类型。微生物杀菌剂主要抑制病原菌能量产生、干扰生物合成和破坏细胞结构。内吸性强、毒性低,有的兼有刺激植物生长的作用^[1]。

1.2.1 细菌杀菌剂 细菌的种类多、数量大、繁殖速度快,且易于人工培养和控制,因此,细菌杀菌剂的研究和开发具有较大的前景^[6]。目前用作杀菌剂的拮抗细菌主要有:枯草杆菌(*Bacillus subtilis*)、放射形土壤杆菌(*Agrobacterium radiobacter*)、洋葱球茎病假单孢菌(*Burkholderia cepacia* Wisconsin)、胡萝卜软腐欧文氏菌[*rwinia carotovora* (Holl)]地衣芽孢杆菌(*Bacillus licheniformis*)、假单孢菌(*Pseudomonas pseudoacaligenes*)^[2]。拮抗细菌及其代谢产物的开发利用,以及通过基因工程改造产生新型、高效、稳定、适生性强的拮抗细菌是今后生防菌发展的趋势^[13]。美国报道用草生欧氏杆菌防治梨火疫病效果与链霉素相当。80 亿个活芽孢/mL 地衣芽孢杆菌水剂同时具有保护、治疗作用,对黄瓜霜霉病和西瓜枯萎病均有较好的防效^[14]。周木涛等^[15]筛选出了有较强的抑菌能力的细菌 B6、B8 和 B10 菌株。从黄瓜大棚的土壤中筛选得到对黄瓜黑星病原菌具有抑制作用的细菌 B5^[16]。3000 亿个/克荧光假单孢菌粉剂用于烟草和番茄防治青枯病、西瓜枯萎病有较好的防治效果^[17-18]。其他报道的细菌杀菌剂还有用来防治黄瓜及烟草炭疽病菌的地衣芽孢杆菌、防治甘蓝黑腐病的枯草芽孢杆菌、以及防治水稻纹枯病的假单孢菌等^[1]。拮抗细菌还可以与其他杀菌剂混用防治病害^[19]。有些细菌还可用来防治根结线虫病害^[20]。

1.2.2 真菌杀菌剂 真菌杀菌剂研究和应用最广泛的是粘帚霉(*Gliocladium spp.*)^[21]和木霉(*Trichoderma spp.*)^[6]。利用木霉菌防治植物病害一直是国内外研究热点,已被用于防治水稻纹枯病,棉花枯萎病,花生、甜椒、茉莉等的白绢病,蔬菜猝倒病、枯萎病、立枯病等病害^[22-27]。短短小芽孢杆菌 TW-2 对田间水稻穗颈瘟防效达 80%以上,对水稻稻瘟病也有较高的防治效果^[28]。国际上已开发出了

Soil Gard、Blue Circle、Epic、Trichodex、Rootshield、Mycostop等100余种生物制剂^[29-30]。目前我国已有2个木霉菌产品获得农药登记。此外,一些真菌可用于防治大豆孢囊线虫、根结线虫病害,如淡紫拟青霉[*Paecilomyces lilacinus* (Thorn.) Samson]用于防治香蕉穿孔线虫病、马铃薯金线虫病,并提高其产量^[1]。

1.3 微生物除草剂

微生物除草剂目前成为国外研究和开发的热点,常用于微生物除草剂研究的植物病原菌有细菌、真菌和病毒^[31]。其中以真菌除草剂的研究和开发最为活跃^[1]。

微生物除草剂是由杂草病原菌的繁殖体和适宜的助剂组成的微生物制剂。其作用方式是孢子、菌丝等直接穿透寄主表皮,进入寄主组织、产生毒素,使杂草发病并逐步蔓延,影响杂草植株正常的生理状况,导致杂草死亡,从而控制杂草的种群数量^[13]。具有杂草生物防治开发潜力的微生物中真菌类主要集中在以下9个类型:镰刀菌属、盘孢菌属、链格孢菌属、尾孢菌属、疫霉属、柄锈菌属、黑粉菌属、核盘菌属、壳单孢菌;细菌类主要为根际细菌,主要有以下几个属:假单孢杆菌属,黄杆菌属,黄单孢杆菌属等^[1]。我国首次将真菌用于杂草生物防治的是1963年利用炭疽病“鲁保一号”防治大豆菟丝子,1966年以后生物除草剂“鲁保一号”推广到全国20多个省、市、自治区,防治效果稳定在80%以上^[32]。新疆分离并研制出镰刀菌除草剂,采用割茎涂液的方法防除埃及列当,效果在95%以上^[1]。

1.4 微生物植物生长调节剂

20世纪50年代初,我国开始植物生长调节剂的研究。植物生长调节剂中的品种有细胞分裂素、赤霉素、脱落酸、多聚寡糖(oligosaccharins)和超敏蛋白(Harpin protein)等。中国农业科学院于20世纪50年代发现“5406”,其活性有效成分为玉米素和激动素,现已广泛用于蔬菜、柑桔、茶叶、烟草、人参等多种植物上^[1]。

2 抗生素类农药

农用抗生素是由细菌、真菌和放线菌等微生物在生长代谢过程中所产生的次级代谢产物,此类物质在低微浓度时即可抑制或杀灭作物的病、虫、草害或调节作物生长发育^[1]。

农用抗生素研究开发在美、日等国均已列入国家重点科研规划,先后开发了阿维菌素、多氧霉素、有效霉素、植霉素、木霉素等品种^[1],其中阿维菌素是迄今为止发现的最有效的杀虫抗生素。我国从20世纪50年代起已筛选出不少农用抗生素新品种,如多效霉素、春雷霉素、华光霉素等。现有登记注册的抗生素品种23种,产品170个^[33]。最近开发的申嗪霉素对蔓枯病、枯萎病和根腐病等平均防治效果达80%。目前申嗪霉素已经获得农业部的正式登记,农业部全国农技推广中心已将申嗪霉素列入“十二五”期间的推广产品。

近年来开发的除草抗生素也为数不少。如日本明治制果开发的双丙氨磷,用于防除一年生和多年生禾本科杂草和阔叶杂草,并已商品化;日本三共株式会社介绍的Conmexistin对单、双子叶杂草均有效。近年来介绍的Antibiotis—SF2494, Antibiotis—6241B也具有良好除草活性^[34]。放线菌株可产生除草活性物质,植株主要表现为发黄、矮化、生长较弱^[33]。其他报道的还有硫代乳酸霉素、浅蓝菌素、丁香霉素、Alteichin、Tentoxin等也具有相当除草活性。但微生物产生的除草抗生素实用化的品种很少,除日本明治制果开发的双丙氨磷产业化成功外,其它几乎均未实现产业化^[1]。

3 微生物农药的前景

随着许多发达国家推行生态农业计划,微生物农药的研究和应用成为支持该计划的核心内容。近年来,美国、澳大利亚和巴西等国生物农药推广面积迅速增加,并且把生物农药的研究推向高潮。随着对微生物分子生物学和遗传学的深入研究,构建具有综合优良性能的重组菌株成为国内外微生物农药制剂发展的一个重要方向,采用遗传工程方法研制新型的遗传工程微生物农药,可以克服当前野生菌制剂效果不持久,防治对象单一等固有缺点,能够更好地发挥生物防治的综合效益^[1]。因此,构建内生基因工程菌也是微生物农药制剂研究的热点。作为公认的“无公害农药”中的微生物农药在本世纪将有更广阔的发展前景,它将在控制农林、仓库害虫、保护生态平衡等方面发挥巨大作用。

参考文献:

[1] 袁兵兵,张海青,陈静.微生物农药研究进展[J].山东

- 轻工业学院学报, 2010, 24(1): 45-49.
- [2] 张化霜. 微生物农药研究进展[J]. 农药科学与管理, 2011, 32(11): 22-25.
- [3] 范瑛阁, 曹远银. 微生物源农药的研究进展[J]. 安徽农药科学, 2005, 33(7): 1266-1268.
- [4] 施跃峰. 微生物杀虫剂研究进展[J]. 植物保护, 2000, 26(5): 32-34.
- [5] Gill S S, Cowles E A, Pietvantonio P V. The mode of *Bacillus thuringiensis* endotoxins[J]. Annu Rev Entomol, 1992, 37: 615-636.
- [6] 李勇, 杨慧敏, 李铭刚, 等. 微生物农药的研究和应用进展[J]. 贵州农业科学, 2003, 31(2): 62-63.
- [7] 蔡健, 刘志, 王跃强, 等. 蓝藻发酵生产微生物农药的影响因素研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(5): 951-955.
- [8] 金大勇, 柳镛万. 高毒力苏云金杆菌 CAB109 菌株的蛋白质特性及其田间防效[J]. 延边大学农学学报, 2011, 33(3): 168-171.
- [9] 于凤泉. 绿僵菌对稻水象甲的田间防治效果研究[J]. 辽宁农业科学, 2008, 6: 5-8.
- [10] 王喜印, 王艳春, 黄慧光, 等. 利用微生物农药白僵菌防治玉米螟虫技术[J]. 杂粮作物, 2009, 29(2): 143-145.
- [11] 张超. 微生物农药在病虫害防治中的应用及发展前景[J]. 西南园艺, 2003, 31(4): 58-59.
- [12] 洪华珠, 杨红. 病毒杀虫剂的发展[J]. 中国生物防治, 1995, 11(12): 84-88.
- [13] 程亮, 游春平, 肖爱萍. 拮抗细菌的研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(5): 732-737.
- [14] 刘刚. 新型微生物农药——地衣芽孢杆菌的防治效果[J]. 西北园艺, 2007(3): 39.
- [15] 周术涛, 雷志力, 俞巧仙, 等. 利用活体微生物农药防治铁皮石斛黑斑病研究[J]. 现代农业科技, 2009, 20: 167-168.
- [16] 雷晓燕. 防治黄瓜黑星病的微生物农药的开发研究[J]. 沈阳化工学院学报, 2008, 22(1): 40-43.
- [17] 柳辉林, 张剑, 徐隆根, 等. 荧光假单胞菌 3000 亿个/克粉剂防治烟草青枯病田间药效试验[J]. 农药科学与管理, 2008, 29(6): 24-26.
- [18] 余露. 青萎散预防重茬地西瓜枯萎病[J]. 农药市场信息, 2009(1): 36.
- [19] 孙东磊, 管楚雄, 曾杨, 等. 发光杆菌 1029 发酵液和乙磷铝混配对荔枝霜疫霉病菌的抑制作用[J]. 广东农业科学, 2009(9): 105-107.
- [20] 魏利辉, 周冬梅, 王云鹏, 等. 枯草芽孢杆菌 168 的遗传修饰菌株对番茄根结线虫病的生防作用[J]. 农业生物技术学报, 2011, 19(4): 740-745.
- [21] Robert D. Lumsden, James F. Walter, Charles P. Baker. Development of *Gliocladium virens* for damping-off disease control[J]. Canadian Journal of Plant Pathology, 1996, (18):463-468.
- [22] 王伟, 赵谦, 杨微. 木霉对土传病原尖孢镰刀菌的拮抗作用[J]. 中国生物防治, 1997, 13(1): 46-47.
- [23] 王芊. 木霉菌在生物防治上的应用及拮抗机制[J]. 黑龙江农业科学, 2001(1): 41-43.
- [24] 纪明山, 王英姿, 程根武, 等. 西瓜枯萎病拮抗菌株筛选及田间防效试验[J]. 中国生物防治, 2002, 18(2): 71-74.
- [25] 纪明山, 李博强, 许远, 等. 绿色木霉 TR-8 菌株的生物学特性研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(3): 195-199.
- [26] Kozo NAGAYAMA, Satoshi WATANABE, Kazuo KUMAKURA, et al. Development and commercialization of *Trichoderma asperellum* SKT-1 (Ecohope®), a microbial pesticide[J]. J. Pestic. Sci., 2007, 32(2): 141-142.
- [27] Yohei Yoshioka, Haruki Ichikawa, Hushna Ara Naznin, et al. Systemic resistance induced in *Arabidopsis thaliana* by *Trichoderma asperellum* SKT-1, a microbial pesticide of seedborne diseases of rice[J]. Pest Manag Sci, 2012, 68: 60-66.
- [28] 朱桂梅, 杨敬辉, 潘以楼, 等. 短小芽孢杆菌 TW-2 菌株对水稻穆颈瘟的防治效果[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(31): 9822-9823.
- [29] COOK R J, BRUCKARTW L, COULSON J R. Safety of microorganisms for pest and plant disease control: a framework for scientific evaluation[J]. Biological Control, 1996(7): 333-351.
- [30] FRAVEL D R, CONNICKW J, LEWIS J A, et al. Formulation of microorganisms to control plant disease[A]//In: Burges, H. D. (ed.) Formulation of Microbial Biopesticides[C]. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, 1998: 187-202.
- [31] 李海游, 王金信. 微生物除草剂的研究现状和应用前景[J]. 山东科学, 2009, 18(1): 30-34.
- [32] 高昭远, 于静娇. 菟丝子的生物防除“鲁保一号”的研究进展[J]. 生物防治通报, 1992, 8(4): 173-175.
- [33] 宗志友, 周瑜, 徐文平, 等. 放线菌612243 产除草活性代谢产物的研究[J]. 化学与生物工程, 2011, 28(7): 35-38.
- [34] 沈寅初, 张一宾. 生物农药[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.