

☆我国生物农药现状分析与发展趋势

邱德文

(中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100094)

摘要 生物农药的研究与开发对于满足我国无公害农产品、绿色食品和有机食品生产中病虫害防治的需要,缓解农药残留带来的环境污染具有重要的意义,已成为我国科技界、产业界研究的热点之一。本文介绍了我国生物农药的发展现状,从技术和产业的角度展望了生物农药的发展趋势。

关键词 生物农药; 发展现状; 发展趋势

中图分类号 S 482.39

Current situation and prospects of bio-pesticides in China

Qiu Dewen

(Institute of Plant Protection, CAAS, Beijing 100094, China)

Abstract The research and development of bio-pesticides are very important for safe food products and environmental protection. The current situation of bio-pesticides and the prospects of bio-pesticide industry in China in the near future were analyzed and discussed.

Key words bio-pesticide; current situation; development trend

生物农药是指直接利用生物产生的生物活性物质或生物活体作为农药,以及人工合成的与天然化合物结构相同的农药。生物农药具有生产原料来源广泛,对非靶标生物安全、毒副作用小、对环境兼容性好等特点,已成为全球农药产业发展的新趋势。特别是近10年来,随着分子生物学技术、基因工程、细胞工程、蛋白质工程、发酵工程、酶工程等高新技术的飞速发展,并逐渐渗入到生物农药生产中,使其展现出良好的应用前景和巨大的社会效益,生物农药的优越特性(节能、环保、保护资源)比以往任何时期都更加受到世界各国政府的重视,成为各国生物技术研究机构和公司的研究热点^[1]。目前科学家们已研制出一系列选择性强、效能高、无污染的生物农药。统计资料表明,美国生物杀虫剂销售额1990年为1500万美元,而到2000年已达6亿美元左右。

1 我国生物农药的现状分析

1.1 发展现状

目前世界上生物农药使用量最多的国家有墨西哥、美国和加拿大等国,占世界总量的44%。欧洲

的生物农药使用量占全世界的20%,亚洲占13%,大洋洲占11%,拉美洲和加勒比湾占9%,非洲占3%^[2]。

我国生物农药的研究始于20世纪50年代初,至今已有50年的历史。在国家主管部门的扶持下,经过近30年的发展,已逐步形成了具有良好试验条件的科研院所、高校、国家及部级重点实验室,以及其他具备一定工作条件的研究单位。在生物农药的资源筛选评价、遗传工程、发酵工程、产后加工和工程化示范验证方面已经自成体系,拥有大约400家生物农药生产企业^[3]。我国生物农药的研究开发步伐逐年加快,至2001年我国已注册登记生物农药品种达80个,占已注册品种总数的13.7%;产品694个,占已注册产品的7.2%,年产量近10万t制剂。至2004年我国已注册登记生物农药有效成分品种140个,占我国农药总有效成分品种的15%;产品411个,占已注册产品的8%;年产量12~13万t制剂,约占农药总产量的12%;年产值约3亿美元,占农药总产值的10%左右;使用面积约2600万hm²次,每年新研制成功和登记注册的生物农药品种以4%的速度递增,我国规划到2015年生

物农药占有所有农药的份额将由现在的 10% 增加到 30%。目前,天敌昆虫还没有被接受注册产品,加强生物农药新产品研发,加快生物农药产业发展速度,增加生物农药市场份额,满足我国无公害农产品、绿色食品和有机食品生产中病虫害防治的需要,缓解农药残留带来的环境污染问题已成为我国科技界、产业界关注的问题。

1.2 研究进展

近 10 年来,我国在生物农药研究的关键技术与产品开发方面已取得了一批重大成果,苏云金杆菌杀虫剂、农用抗生素、棉铃虫 NPV、杀虫真菌剂等技术产品已经达到或部分超过国外同类先进水平,不但满足国内市场需求变化,而且走出国门,进入亚洲和欧美市场。生物农药的主要品种的罐吨位目前已达到 100 t,其中以抗生素产品为主。近年来,我国在微生物源抗病激活蛋白的研究方面也取得了突破,拥有自主知识产权的真菌激活蛋白的研究为此类新型生物农药的后续开发创造了良好的条件。转基因生物农药在我国的工业化研究开发处于起步发展阶段,已研制了一些复合型的杀虫防病工程菌,如高效 Bt 和荧光假单胞菌的组合基因工程菌剂,其中 WG001 已于 2000 年通过安全性审批,允许生产和应用。而抗生素的研究开发又进入一个新高潮,一些新的抗菌素得到开发,而且杀虫素(阿维菌素)的研究开发得到迅速发展。我国在原生动物生物农药方面也取得了长足进展,开发出了蝗虫微孢子虫,在防治蝗灾方面起到了一定作用,总体水平处于世界先进水平。绿僵菌杀蝗剂的研究技术已获得了国家发改委的真菌杀虫剂产业化项目支持,将成为我国绿僵菌杀虫剂的产业化中心^[3]。国内已研究出真菌杀虫剂工业化大规模生产新工艺—气相双动态固态发酵新技术,从根本上解决了常规开放式发酵易染菌、发酵参数难以控制,产品质量不稳定的弊病;新工艺使染菌率降低到 0.1% 以下,发酵水平比常规固态发酵提高 1~2 倍,产品生产成本降低 50% 以上。同期,我国的植物源农药也得到迅速发展,国内已成功开发了众多植物源农药,其中相当一部分进行了工业化生产,其中除虫菊是国内生产技术最完备的植物杀虫剂品种,其种植面积已经达到 6 000 hm²,产量达到 5 000 t,约占国际市场的 1/4。生物化学农药以昆虫生长调节剂(IGR)产品为主,国内有关科研单位和企业相继引进、研制开发了一些新品种的生化农药。

部分引进和本地天敌昆虫已经可以低成本、大批量生产,一些人工生产技术超过国外同类技术水平。

1.3 相关产业的研究热点

1.3.1 细菌、病毒类杀虫剂

苏云金芽孢杆菌(Bt)制剂是目前国内外产量最大、应用范围最广的微生物杀虫剂。Bt 杀虫作用的主要机制是在其生长过程中产生不同类型的杀虫晶体蛋白(ICPs)^[5]。自 1981 年 Schnepf 分离了第一个 *cry* 基因以来,迄今全世界从 Bt 中发现并正式命名的 ICP 基因已有 47 群 323 个。在国家“863”计划的支持下,近年我国 Bt 分子生物学的研究发展迅速。1997 年以来已经克隆了 28 种 ICP 基因,占同期国际新记载 Bt 基因总数的 1/3。除 ICP 以外,Bt 以及蜡样芽孢杆菌营养生长阶段产生的另一种杀虫蛋白 VIP 亦引起了广泛注意,有的 *Vip* 基因对一些重要农业害虫更显特异性,因而具有很大的开发应用潜力。为了进一步提高 Bt 的杀虫效果,如延长持效期、扩大杀虫谱等,可以通过杀虫基因的修饰、改造、转移等基因工程手段构建新型的工程菌。国际上,已有 Conder、MVP 等 10 余种 Bt 工程菌制剂投入了商业应用。我国也开发出多种高效 Bt 和荧光假单胞菌的组合基因工程菌剂,其中 WG001 已于 2000 年通过安全性审批,允许生产和应用^[4]。

Bt 杀虫剂在我国研究始于 20 世纪 50 年代,获得了较长时期的项目支持与产业发展,已形成较大产业规模,年产量约 4 万 t。但与发达国家的 Bt 产业相比,我国产品的发酵和制剂水平仍存在相当大的差距。国外生产上已广泛采用高效广谱的工程菌株,发酵水平较高;发酵产品回收率高;剂型多样,有粉剂、可湿性粉剂、悬浮剂、浓水剂、油乳剂、乳油、颗粒剂、片剂、ES(emulsifiable suspension)、缓释剂、生物包被剂等。而国内大部分生产菌株为 Bt 苏云金杆菌 k 类型,产品剂型仅有粉剂、可湿性粉剂、悬浮剂、颗粒剂、油剂等品种;液体发酵工艺主要采用批次发酵技术,后提取技术采用离心浓缩工艺导致发酵液中增效因子等有效成分大量损失,此外我国目前的喷雾干燥设备也制约了产品回收率的提高。

病毒类的主要是昆虫病毒杀虫剂,其研究始于 20 世纪 70 年代。由于病毒对害虫具有专一性,能造成流行病,因此对目标害虫有持续控制效果。昆虫病毒资源非常丰富,目前世界上有记载的昆虫病毒超过 1 000 种,已开发投入市场的产品有 30 多种。

20 世纪棉铃虫的暴发,促进了棉铃虫核型多角体病毒杀虫剂的发展。我国多年来也研制了 20 多种病毒杀虫剂,但除了棉铃虫核多角体病毒(HaSNPV)每年防治面积超过 6.7 万 hm^2 以外,其他病毒制剂应用规模都不很大,可见目前我国昆虫病毒杀虫剂品种单一。

进一步提高病毒的毒力,缩短其侵染时间是扩大昆虫病毒生产应用的关键。国外近年尝试通过基因工程方法,将不同的外源杀虫基因导入野生型苜蓿银纹夜蛾核多角体病毒(AcMNPV),有关研究取得了良好进展。我国采用导入蝎神经毒素基因(*AalT*)和缺失蛻皮激素 UTP 葡萄糖苷转移酶(*egt*-)的策略,得到了杀虫速度明显加快的重组 HaSNPV。大田试验结果显示,施用病毒制剂后棉铃虫幼虫 LT_{50} 减少了 1/4,取食量减少了 2/3。

目前开发的新型杀虫微生物制剂,主要以叶甲类鞘翅目害虫、甜菜夜蛾、斜纹夜蛾和抗性小菜蛾等鳞翅目害虫为防治对象,进行高效广谱 Bt 制剂的研制和应用研究。致力于充分利用我国极其丰富的微生物资源,分离有自主知识产权和重要应用价值的新的抗虫和抗病蛋白基因;通过杀虫蛋白基因组合、分子进化、不同结构域中氨基酸定点诱变、融合、互换等分子设计手段进一步提高杀虫毒力,扩大杀虫谱。

1.3.2 农用抗生素

农用抗生素占生物农药总产量的 90%。20 世纪 90 年代以来,国内先后报道筛选了一些具有自主知识产权的新农抗品种,其中杀虫抗生素有戒台霉素、梅岭霉素,杀菌抗生素有宁南霉素、波拉霉素、抑霉菌素等,但目前已实用化的品种仅宁南霉素 1 种。我国目前杀虫、杀菌抗生素类农药 29 种,120 个产品,生产厂家约 100 个,年产制剂 8 万 t 以上,是生产农用抗生素的大国,但具有自主知识产权实用化的有影响力的新农抗品种少。我国“九五”期间登记的宁南霉素是一种新结构抗生素,对番茄等作物病毒病和青枯等细菌病害表现出良好防效。但其发酵工艺尚需进一步完善。“八五”期间研制成功的中生菌素,对水稻白叶枯等多种细菌性病害防效显著,目前尚只有水剂和可湿性粉剂两种,还不能满足不同作物和不同生态环境应用需要。从世界范围看,20 世纪 80 年代发现了最有影响力的新的杀虫抗生素 avermectin 和除草抗生素 phthoxazollin,90 年代发

现了最有影响力的新的杀虫抗生素 spinosad 和杀菌抗生素 strobilurin。其中 avermectin 被美国默克等公司开发成目前世界上最好的产品;phthoxazollin 被作为先导化合物合成出目前最好的除草剂—草甘膦系列;spinosad 和 strobilurin 已经成为优秀的生物杀虫剂和杀菌剂。

农用抗生素的研究重点在于研制一些针对性强的化学修饰技术,改造一些天然的农用抗生素如井冈霉素、尼可霉素和阿维菌素的结构,以增加其用途或提高其药效;加强老品种的研究开发,通过代谢工程显著提高井冈霉素、南昌霉素和梅岭霉素等的产量,使井冈霉素产生菌的产量超过现有工业生产菌株;通过基因簇系列敲除获得只产生南昌霉素或只产生梅岭霉素的工程菌;利用丰富的抗生素基因资源,通过组合生物合成定向获得新活性衍生抗生素。利用发酵工程技术研究农用抗生素发酵代谢规律,获得大幅度提高发酵水平的新工艺和新剂型加工工艺。

海洋微生物、昆虫病原细菌肠道微生物的研究也获得了一定的进展,这两类特异生境的微生物能产生特异杀虫或抑菌代谢物。已获得研究结果表明,嗜线虫致病杆菌北京变种(*Xenorhabdus nematophila* var. *pekingensis*)产生的异香豆素衍生物对马铃薯晚疫病、番茄晚疫病、白粉病等重要病害有较好的控制作用,田间防治马铃薯晚疫病效果达 70% 以上,防治盆栽番茄晚疫病 9 d 后效果达 98.13%,12 d 后防治效果达 68.10%;防治盆栽大豆根腐疫霉病效果达 70% 左右,防治温室黄瓜白粉病效果达 98.3%。

近年来,可产生许多重要抗生素的链霉菌的分子生物学研究取得了快速的进展,有关基因簇克隆和遗传操作技术平台已经建立并日趋完善。其中,以链霉菌聚酮类抗生素的研究最为活跃。例如产生阿维菌素(avermectin)的阿维链霉菌(*Streptomyces avermitilis*)的全基因组测序已经完成,聚酮合酶(PKS)生物合成途径与主要功能已基本明确,这就为进一步利用分子生物学手段对该菌进行遗传改良打下了基础。目前国内通过缺失其生物合成途径中的一个关键酶(C5-O-甲基转移酶)而阻断支路代谢,获得了仅产 B 组分的工程菌。下一步的目标是构建仅产 B1 组分双氢还原物的伊维菌素(ivermectin)。若能成功,不仅使这种微生物农药更加高效和低毒,

还能大大简化工艺流程和降低生产成本,因而得到更加广泛的应用。

1.3.3 真菌类制剂

真菌是最大杀虫微生物类群之一,能通过表皮侵入昆虫,与其他病原菌相比,昆虫病原真菌的致病机制更加复杂,对解决害虫的抗药性问题极具潜力。在国际记载的 800 多种昆虫病原真菌中,应用效果最好的是白僵菌(*Beauveria* spp.)和绿僵菌(*Metarhizium* spp.)。自 80 年代后期以来已有 40 多个真菌杀虫剂注册登记并且大面积应用^[5]。目前开展的有昆虫病原真菌资源收集、毒力菌株筛选、杀虫真菌侵染机理以及利用基因工程进行毒力菌株改造等方面的研究工作;通过农杆菌介导转化真菌技术,将克隆到的分解昆虫外壳的蛋白酶和几丁酶基因导入白僵菌;筛选对蚜虫等刺吸式害虫防治效果明显提高的重组菌株,建立以蜕皮激素(ecdysone)为诱导物的调控系统;筛选能在较低湿度与不同温度下促进杀虫真菌孢子萌发与侵染、提高杀虫真菌货架寿命的辅助剂。基因工程技术已成为高效的杀虫真菌菌株选育和改良手段,我国在国际上首次建立了球孢白僵菌(*B. bassiana*)的农杆菌转化体系,并从该菌中克隆了类枯草杆菌蛋白酶基因(*Bbpr1*)、几丁质酶基因(*Bbchit1*)和真菌孢子形成相关基因。新构建的含有前两种基因的工程菌较单一 *Bbpr1* 基因工程菌杀虫毒力提高约 1 倍,侵染致病时间缩短近 1/2。

国内杀虫真菌农药的研究开发已有 30 多年,其中白僵菌研究的历史最长,研究队伍最大,每年应用白僵菌防治松毛虫和玉米螟面积达 66 万 hm^2 以上,杀菌真菌农药主要有木霉菌等。木霉菌是被国际国内研究所证明的一类理想的生防微生物,其通过寄生病原菌、产生抑菌物质、提高植物抗病能力等起到防病作用。同时具有刺激作物生长,提高作物产量和产品品质的性能,是研究最多,应用面积最大的真菌杀菌剂,目前产品主要是采用液固两相发酵生产分生孢子。开展木霉菌产厚垣孢子调控机制研究,进行担子拟青霉等高效菌株筛选和工程菌株的构建,为真菌发酵工艺突破提供技术支持。20 世纪 90 年代末期,美国研究出的液体发酵产厚垣孢子工艺有望为木霉菌产业化提供新途径。

1.3.4 微生物蛋白质农药

过敏性蛋白是一类能激活、诱导植物保卫反应

和产生系统抗性的新型蛋白,最早发现于梨火疫病病菌(*Erwinia amylovora*)的侵染机理研究。由于这类蛋白具有作用机制独特、防病和促进植物生长效果显著和环境友好的突出优点,现已迅速开发成为一类新型的“绿色农药”并进入了国际市场。我国在水稻白叶枯病菌、水稻条斑病菌等多种细菌的研究中发现,Harpin 不仅广泛存在,而且其基因结构具有丰富的遗传多样性。这就为这类激活蛋白作用机理的进一步研究和生防制剂的后续开发创造了良好的条件^[6]。

有关激发植物免疫抗病和促生增产作用的蛋白激活剂的研究,已引起国内外的广泛关注和重视。2000 年由美国 EDEN 公司从细菌源过敏蛋白中开发出的 Messenger 农药产品,在美国获得登记,被 EPA 列为免检残留的农药产品,准许在所有作物上使用。现已在美国、墨西哥、西班牙等国的烟草、蔬菜和水果上广泛应用。2004 年, Messenger (康壮素)经我国农业部农药检定所(ICAMA)审定通过取得了农药临时登记证,首批推荐在番茄、辣椒、烟草和油菜上使用。

目前我国已成功分离和获得了多个植物激活蛋白基因工程菌株。通过激发植物防御免疫反应,提高植物抵御病虫害的能力,同时促进植物生长发育,提高作物产量。田间试验表明,激活蛋白农药 1 000 倍液对多种植物病害防效可达 70%和增产 10%以上,2004 年该成果已通过了农业部成果鉴定,达到同类研究的国际先进水平。与国际同类产品比较,激活蛋白发酵周期长,产率低^[7]。我国应以加强新基因挖掘,功能域和构效关系为研究重点。通过基因工程菌株的构建和表达,创制具有我国自主知识产权的新型产品;通过功能域和构效关系的研究,提高生物活性;通过基因重组和工艺优化,提高蛋白产生量,通过改变添加及其理化性质延长产品活性保存期,建立多元化微生物蛋白类农药产品研发平台。

1.3.5 生物化学及新型激发子类农药

20 世纪 80 年代学者们发现来源于真菌及植物细胞壁的甲壳素、寡糖、糖蛋白、多肽和脂肪酸类物质能开启植物中多种信号传导途径,作为一类全新的生物激发子(含寡糖、糖蛋白、多肽和脂肪酸等类物质)生物化学农药的研发、生产及应用已引起国外科技界及国际上跨国大公司的高度关注。最新昆虫生化(消化)酶抑制剂研究表明:小分子蛋白和有机

脂肪酸(透明质酸)对昆虫生化(消化)酶具有强烈的抑制作用导致昆虫死亡,还具有兼抗线虫、真菌、细菌和病毒的作用^[8]。

我国科研工作者以来源丰富的生物资源为原料,通过糖生物学及寡糖工程技术,已研制开发了用于防治粮食作物、经济作物、蔬菜、水果、花卉等植物的病毒病和真菌病的系列寡聚糖生防农药产品。从1998—2003年在全国18个省、市对寡聚糖生物农药在烟草等25种作物、18种病害进行了全面的田间药效应用试验。结果表明寡聚糖生物农药能十分有效地控制烟草花叶病(防效72%)、大豆花叶病(防效71%)、棉花黄萎病(防效80%)、辣椒病毒病(防效83%)、木瓜病毒病(防效85%)、苹果花叶病(防效85%)、番茄晚疫病(75%)、黄瓜霜霉病(防效70%)等农作物及经济作物病害。同时可调节植物生长,明显提高产量10%~30%。

1.4 困难和问题

尽管生物农药在“十五”期间获得了一定发展,但在我国整个农药行业中所占份额相当有限,我国生物农药的发展与发达国家相比还有较大差距。面对农业可持续发展对植物保护技术的需求,我国生物农药发展存在的突出困难和问题主要是:仿制国外产品多,原创性拳头产品少;研究开发与生产脱节,重学术水平,轻技术创新;生产工艺落后,产品质量稳定性差;产品的产业化,市场化及应用推广难度大;缺乏有效的风险投资意识等^[9]。由于目前我国生物农药品种有50余种,其发展历史长短各异,研究深度也不一致,各个产品面临的技术瓶颈也不尽相同。

2 生物农药的发展趋势

2.1 主要发展趋势

国内外主要发展趋势表现为:一是以基因重组为核心的战略高技术竞争日趋激烈,关键技术创新显著加快,最新的分子生物学手段越来越多地被应用到生物农药研究开发中去,转基因生物农药新品种不断涌现;二是生物农药的研究开发和应用向更安全和环保的方向发展,这是新型生物农药比起传统化学农药更具优势的方面;三是产品更新换代速度加快,生物农药产业已成为涉农工业最具前景的发展领域^[10]。基因工程微生物的研究十分活跃,并先于抗病虫遗传工程植物进入了实用化阶段。生物

技术广泛用于生防微生物遗传改良显示出巨大潜力,并为新一代微生物农药的进一步研究开发奠定了基础。蛋白质农药成为新型生物农药发展中的一新亮点,2001年美国EDEN生物科学公司开发出广谱性无公害生物农药Messenger,在多种大田作物、经济作物上应用效果明显,防病虫害效果达50%~80%,增产效果10%~20%,是一种较为理想的环境友好型生物农药。

2.2 技术方面

近10年来,生物农药的研究与开发发展迅猛,取得了一大批引人瞩目的重大成果。由于新技术、新方法的不断涌现,又为生物农药领域注入了新的生机和活力,其研究、开发和应用的深度和广度不断拓展。以生物信息学和化学基因学为基础的靶标发现和分子设计成为生物农药创制的前沿技术,并逐渐成为竞争激烈的热点。生物农药的分子靶标发现、计算机辅助分子设计、定向化学合成、离体筛选等技术,比传统的化学合成和随机筛选法更具目的性,开发成功机会提高、省时节耗。以基因重组为核心的生物高技术发展迅速,关键技术日益更新,已有Conder、MVP等10余种Bt工程菌制剂投入了商业应用。这些最新理论和技术进步越来越多地被应用到生物药物研发,使这一领域的研究技术和成果集中反应了分子生物学技术应用的前沿,产品更新换代显著加快^[11]。基因资源的发掘更加受到重视,生物农药相关功能基因的克隆和应用RNAi等的基因控制表达研究将一直是竞争的重点。此外,纳米技术等前沿制剂和高效剂型的涌现,新一代工业生物技术和代谢工程技术将进一步受到重视,生物农药的绿色制备技术和产业化,将是极大促进生物农药的发展。

2.3 产业方面

欧美发达国家均把生物农药作为现代农业的朝阳产业发展。统计资料表明,仅在2003年美国环保署(EPA)登记的生物农药有效成分和产品分别达256和912种。化学农药近年来在全球销售量长期处于徘徊、低迷状态,而生物农药却一直保持10%以上的年增长率,2003年生物农药产品销售额超过30亿美元,约占农药总销售额10%以上。据预测,到2008年生物农药将以近10%的速度增长,销售额将达到57亿美元。为了促进生物农药的开发和商品化生产,美国EPA采取和调整了相应的管理策

略,给生物农药的商品注册简化手续,大开绿灯,在登记的时间、费用方面分别仅为化学农药品种的1/3和1/30。1995—1996年间美国登记的生物源农药只有14~15个,到2003年末为止,生物源农药的活性成分已有202种,约1 090个产品登记注册,其中生物化学农药124种,微生物生物农药68种,植物源生物农药10种,产品销售额达到近22亿美元。

我国是农业大国,常年种植粮食作物1亿hm²以上,棉花480万hm²以上,油料作物1 400万hm²以上,蔬菜瓜果1 800万hm²以上,常年需要防治面积超过3亿hm²次,但是采用生物药防治病虫害的只占10%左右。生物农药应用需求范围涉及所有农作物,因此市场十分广阔。目前我国登记注册的生物农药(防治植物病、虫、草、鼠害防治)有效成分77个,占有效成分的13.4%。产品691个,占整个农药产品的7.1%,制剂产量接近10万t。生物农药产品逐步进入国际市场,出口数量快速增长,进出口贸易顺差“十五”期间年均增长35.9%,一些生物农药制剂也成为了出口的重要品种,如阿维菌素、井冈霉素和赤霉素。Bt和棉铃虫病毒杀虫剂出口量也在逐年增加。针对中国入世,发达国家纷纷调整提高了产品进口的技术门槛,农产品受到的影响首当其冲。我国仅农副产品因农药残留超标而遭国外“绿色壁垒”封杀的损失每年就高达70亿美元以上。无公害生物农药属于环境友好型产品,发展生物农药,替代化学农药,从而减少化学农药和化肥的使用,将为我国农产品出口创造十分有利的条件,极大地增强我国农产品的国际竞争力。发展生物农药将有效地实现农产品的优质安全生产,提升农产品的经济附加值,扩大我国农副产品外销市场,推进绿色农业产业的发展,这些均对发展农村经济、增加农民收入、促进农村繁荣具有重要的推进作用。

3 结语

生物农药作为一种性能优越的农业生产资料,将会在农业安全生产中发挥十分重要的作用。通过研发安全、高效、环境友好型的、多功能的生物农药新品种;突破生物农药基因工程与发酵工程关键技术,对生物农药的制剂加工、产品质量、环境行为等一系列问题开展研究,从而保障农产品安全,大力改善农村生态环境,保持农业生产的可持续发展,实现建设社会主义新农村的宏伟目标。

参考文献

[1] 吴林森. 生物农药发展现状与加大研发力度的探讨[J]. 中国林副特产, 2005(3): 35-38.

[2] 李树林. 生物农药[J]. 云南农业, 2005(6): 21-24.

[3] 邓洪渊, 孙雪文, 谭红. 生物农药的研究和应用进展[J]. 世界科技研究与发展, 2005, 27(1): 76-80.

[4] 黄大昉. 生防微生物生物技术研究与发展[J]. 植物保护, 2003, 29(5): 3-4.

[5] 杨谦. 植物病原菌抗药性[M]. 北京: 科技出版社, 2003.

[6] 邱德文, 杨秀芬, 刘峥, 等. 植物激活蛋白对烟草抗病促生和品质的影响[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(6): 33-36.

[7] 邱德文, 杨秀芬. 蛋白质农药研究与产业化进展[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(6): 1-4.

[8] VEIT S, WORLE J M, NURNBERGER T, et al. A novel protein elicitor (PaNie) from *Pythium aphanidermatum* induces multiple defense responses in carrot, Arabidopsis and tobacco[J]. Plant Physiol, 2001, 127: 832-841.

[9] 杨宁, 段玉玺, 陈立杰. 植物寄生线虫生物防治中存在的问题及解决途径[J]. 植物保护, 2006, 32(4): 1-4.

[10] RICCI P, BONNET P, HUET J C, et al. Structure and activity of proteins from pathogenic fungi *Phytophthora* eliciting necrosis and acquired resistance in tobacco[J]. Eur J Biochem, 1989, 183: 555-563.

[11] 赵利辉, 邱德文, 刘峥. 免疫增产蛋白对基因转录水平的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1358-1363.

北
农
阳
光
书
讯

书名	定价	书名	定价
植保大典(当代农业经典书系)	218.00	农药大典(当代农业经典书系)	218.00
新编农药商品手册(张敏恒)	228.00	农药问答(第四版)	65.00
果树病虫害诊断与防治原色图谱	98.00	农田杂草识别与防除原色图谱	32.00
世界农药大全(杀菌剂卷)	98.00	世界农药大全(除草剂卷)	90.00
植物生长调节剂调控原理与实用技术	68.00	棉田有害生物综合治理	98.00
中国农作物抗病性及其利用	148.00	现代蔬菜病虫鉴别与防治手册(全彩版)	450.00
除草剂药害诊断及防治	50.00	固体制剂(第三版)	88.00

邮购办法及具体联系方式详见21页。