

我国农业病虫害生物防治应用研究进展

杨怀文

中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100081

[摘要] 在参阅近 5 年全国生物防治领域发表的文章、专著和笔者在工作中收集到的资料基础上, 综述了全国农业病虫害生物防治的主要进展, 包括近年国家设置的生物防治研究重大项目、生物农药的新产品研发、昆虫天敌的商品化及应用等。

[关键词] 植物保护; 生物防治; 昆虫天敌; 生物农药

[中图分类号] O414.22, X524

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2007)07-0056-05

Advances in Bio-control of Plant Diseases and Pests in China

YANG Huaiwen

Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: The advances of biological control of plant diseases and pests in China are reviewed in this paper, based on the journal articles and works published within recent 5 years, including the national biological control research programs, the development of bio-pesticides, utilizations of natural enemies and their commercialisation.

Key Words: biological control; natural enemy; bio-pesticide; advances

CLC Numbers: O414.22, X524

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2007)07-0056-05

生物防治是指用生物或生物代谢产物来控制病虫害的技术, 它是植物保护不可缺少的组成部分。现代科技的发展使生物防治技术更加丰富, 近年来有学者把转抗虫、抗病基因植物也列入生物防治范畴^[1]。由于生物防治主要是运用自然界生物相生相克的原理, 人

为地增多原本在自然界中存在的对病虫害有相克作用的生物, 来控制有害生物的危害, 故具有较小的环境风险, 是一种与环境友好的植保技术。目前生物防治技术包括以虫治虫、以拮抗微生物治病、以微生物的代谢产物治虫、治病和用转入杀虫或抗病基因的植物杀虫

收稿日期: 2006-10-18

作者简介: 杨怀文, 女, 中国农业科学院植物保护研究所, 研究员, 主要从事农业害虫生物防治研究; E-mail: huaiweny@263.net

tion of L-theanine from Chinese tea by ion exchange[J]. Advances in Fine Petrochemicals, 2006, 7(3): 42-44.

[31] 马春雷, 陈亮. 茶树功能基因分离克隆研究进展[J]. 分子植物育种, 2006, 4(3): 16-22.

MA Chunlei, CHEN Liang. Research progress on isolation and cloning of functional genes in tea plant[J]. Molecular Plant Breeding, 2006, 4(3): 16-22.

[32] 赵东, 刘祖生, 奚彪. 茶树多酚氧化酶基因的克隆及其序列比较[J]. 茶叶科学, 2001, 21(2): 94-98.

ZHAO Dong, LIU Zusheng, XI Biao. Cloning and alignment of polyphenol oxidase cDNA of tea plant[J]. Journal of Tea Science, 2001, 21(2): 94-98.

[33] 陈忠正, 李斌, 黎秋华, 等. 茶叶多酚氧化酶基因克隆与序列分析[J]. 食品工业科技, 2006, 27(10): 109-117.

CHEN Zhongzheng, LI Bin, LI Qiuhua, et al. Cloning polyphenol oxidase DNA of tea [J]. Science and Technology of Food Industry, 2006, 27(10): 109-117.

[34] 赵丽萍, 高其康, 陈亮, 等. 茶树基因芯片的研制和初步应用[J]. 茶叶科学, 2006, 26(3): 166-170.

ZHAO Liping, GAO Qikang, CHEN Liang, et al. Development and preliminary application of cDNA microarray of tea plant (Camellia sinensis)[J]. Journal of Tea Science, 2006, 26(3): 166-170.

[35] 张中朋. 绿茶提取物市场巨大[J]. 中药研究与信息, 2005, 7(7): 41-44.

ZHANG Zhongpeng. Huge market for green tea extracts [J]. Research & Information on Traditional Chinese Medicine, 2005, 7(7): 41-44. (责任编辑 王芷)

或防病等技术。生防工作者希望这些技术能替代高毒高残留的化学农药,从而降低蔬菜、水果等农产品的农药残留,以此提高全国有机食品和绿色食品的生产能力,提高农产品的安全性和国际市场竞争力。进入 21 世纪以来,全球保护环境呼声日渐增高,公众对食品安全的关注愈加密切,使得生物防治在国际、国内获得了又一次发展的机遇。

1 全国生物防治的基本状况

1.1 我国生物防治与发达国家的差距

我国对生物防治一直都很重视,经过多代科技人员的努力,全国生物防治技术整体水平基本达到国际先进,某些领域国际领先,但与发达国家相比,全面应用生防技术控制病虫害方面仍有相当的差距。究其科技原因,主要是对已获单项成果的生防技术的集成和大规模应用的配套技术缺乏研究,再则是对昆虫天敌的利用只注重大量繁殖技术、释放技术的研究,而对天敌作为一个生防制剂所需要的包装技术、贮存技术、安全运输技术等商品化技术研究甚少。因此室内所繁殖的大量天敌无法适时、安全地到达田间进行实际应用。目前,全国对病虫害混合发生的复杂的农田环境或温室环境,尚缺乏像北欧和北美一些国家供生产者使用的多种天敌和较多品种生物农药的整套生防技术。

1.2 全国生物防治研究立项强度增加

为了加强生物防治技术的研究与应用,满足全国绿色食品、无公害农产品生产的需求,在“十五”期间(2001–2005 年),国家对重要作物的综合生防技术和新的生物农药的研制增加了立项强度。“十五”攻关重大项目——“生态农业技术体系研究与示范”项目中,设立了生物农药的研发和农药污染控制技术的研究专项;在“农林重大病虫害和农业气象灾害的预警及控制技术攻关”重点攻关项目中,也有天敌保护利用等生物防治技术研究内容;在“发酵工程关键技术与重大产品”重点攻关项目中,设立了“微生物农药发酵新技术、新工艺”课题;在 863“十五”项目新设立的现代农业技术领域的中,建立了“新型、广谱、高效、多功能生物农药”课题。新近颁布的“十一五”科技部项目中,有关生物防治的课题有加强的趋势。

1.3 全国生物防治研究成果转化得到重视

国家不仅重视生物防治的基础与应用研究,而且加强了对生物防治成果转化的支持。在 2001 年国家计委高技术产业化示范工程的 14 个项目中,有 5 个生物农药项目,它们分别为天然植物源杀虫剂菊酯、年产 6 000 t 的“武大绿洲”系列生物病毒杀虫剂、真菌生防制剂、复合微生物活菌制剂和年产 5 000 t 的寡聚糖生物农药^[2]。2002 年批准的国家计委高技术产业化示范工程有关生物农药的项目有年产 3 000 t 的“安徽奥绿”

系列生物病毒杀虫剂,年产 1 万 t 的宁南霉素、线虫生防制剂和年产 3 万 t 固体发酵 Bt 等 4 个项目^[3]。此类项目都是企业为主持单位、科研单位为技术依托,以促进产、学、研的紧密接合,加速新的生防制剂的商品化进程。

在国家设立的众多农业项目中,如科技型中小企业技术创新基金、农业科技成果转化资金、农业科技跨越计划、国家重点新产品计划、引进国际先进农业科学技术计划等,都有生物防治技术与生防产品研发的项目获得资助。

2 生物农药的重要进展

2.1 生物农药产业有较快发展

根据农业部农药检定所的农药注册登记统计,在全国登记的 1 300 多种农药品种中,生物农药(含农用抗生素)品种有 350 余种。近年全国生物农药生产总量约为 12 万 t 制剂,占全国农药市场份额的 11%左右^[4]。尽管全国生物农药产品的数量与质量还远不能满足无公害食品、绿色食品和有机食品生产中植保的需要,但近年来生物农药产业整体呈上升趋势。

2.2 自主知识产权的微生物农药种类增多

全国微生物农药在 20 世纪 80 年代以前,品种较为单一,微生物农药只有苏云金杆菌(Bt)杀虫剂、井冈霉素、链霉素杀菌剂等少数几个品种。改革开放以来,由于国家对研发具有自主知识产权农药,尤其是对全国丰富微生物资源利用的重视,目前全国基本上改变了主要靠引进国外生产菌株的局面,自主知识产权的微生物农药产品已占主导地位。

20 世纪 80 年代国内生产的 Bt 杀虫剂菌株较为单一,以从美国引进的 HD-1 菌株制剂为主。现在全国 Bt 新菌株筛选十分活跃,据统计,全国有关研究单位和大学自行分离、保存的菌株现已达近万株^[5]。现在国内市场上防治棉铃虫、小菜蛾等 Bt 产品均为自主筛选、选育的菌株制剂。全国已有棉铃虫核型多角体病毒、银纹夜蛾核型多角体病毒、斜纹夜蛾核型多角体病毒等 6 种病毒杀虫剂完成了产品注册登记,每年防治棉铃虫面积为 6.6 万 hm^2 ,防效 70%~80%^[6]。

国内研究内白僵菌、绿僵菌有很长的历史,20 世纪 70 年代就有土生产方法,并大量用于松毛虫、玉米螟等农林害虫的防治。由于生产工艺的制约,一直未有正式登记的产品。近年来,虫生真菌的规模化工业生产技术及设备已获突破性进展,由重庆大学基因工程研究中心研制的杀蝗绿僵菌 COMa102 已获临时农药登记许可,投放市场 2 年来反映很好。其企业具有 2 000 t 油剂的生产能力。杀蝗绿僵菌 CQMa102 分离自重庆缙云山罹病死亡黄脊竹蝗僵虫,是一种用于河滩、草地蝗虫生物防治的真菌制剂。

应用绿僵菌防治入侵害虫椰心叶甲 (*Brontispa longissima*(Gestro))的工作,也取得显著成效。中国农科院植保所目前已经获得 5 株有效的菌株应用于海南省椰心叶甲防治,林间调查证明害虫控制效果达 80%以上,绿僵菌并可在林间扩散^[7]。

2.3 植物抗性诱导剂研制十分活跃

植物抗性诱导剂是一类新型的生物农药,本身并无杀菌活性,但它能激发植物产生系统获得性抗性,激发植物内部的免疫机制,达到抗病、防病的目的。

2.3.1 植物激活蛋白

中国农业科学院植物保护研究所从交链孢菌 (*Alternaria spp.*) 中提取了一类具有生物活性的植物激活蛋白 (activator protein), 该蛋白能诱导植物自身防卫系统, 增强抵御病虫害侵袭的能力, 促进植物生长, 增加产量。分析表明, 激活蛋白的氨基酸和基因序列不同于过敏蛋白和隐地蛋白, 与蛋白质数据库中已知的蛋白序列同源性较低。田间试验表明植物激活蛋白对多种农作物都具有增强抗病、改善品质、提高产量的多功能作用^[8]。

2.3.2 壳寡糖

中国科学院大连化学物理研究所研制成功的壳寡糖是脱乙酰基几丁质经酶解后制备的氨基葡萄糖。它可以诱导大豆、欧芹、番茄及豌豆等植物产生植保素、胍胍质及蛋白酶抑制剂。

他们应用激光共聚焦显微成像技术, 研究了壳寡糖与草莓细胞的结合过程及结合位点。研究表明壳寡糖能在几分钟内穿过细胞壁进入细胞, 并与膜结合, 激发一系列防御反应, 只需 6~8 h 就能形成抗病的次生代谢产物。葡萄试验表明能延缓发病 7 d^[9]。

2.4 芽孢杆菌制剂

华东理工大学生物反应器工程国家重点实验室和上海泽元海洋生物技术有限公司合作, 在国内外首次利用多粘类芽孢杆菌 (*Paenibacillus polymyxa*) 成功地开发出了一种防治素青枯病和枯萎病的高效生物农药 (商品名: 康地蕾得)^[10]。

中国农业大学植物生态工程研究所, 将从植物体内分离出的芽孢杆菌自主开发成多种杀菌剂 (益微系列产品)。此类产品具有多方面的生态学效应, 能调节植物体表微生物区系, 减轻病原菌的侵袭, 对多种土壤枯萎病、叶面斑点落叶病等都表现出良好的控制效果^[11]。

江苏农业科学院植物保护研究所将枯草芽孢杆菌 Bs-916 研制成纹曲宁杀菌剂, 已注册上市, 应用于水稻纹枯病和稻曲病防治。该产品 2003 年投产, 累计应用面积达 130 万 hm^2 。应用纹曲宁后, 水稻全生育期防治纹枯病的用药次数减少 1.5 次^[12]。

2.5 木霉菌

木霉菌 (*Trichoderma spp.*) 具有广泛适应性、抗菌

广谱性、拮抗多样性等优点, 是最有潜力的生防微生物之一, 可用来防治多种植物病害^[13]。近年来全国此领域的研究相当活跃, 已有注册产品。国内有关单位正在开展木霉菌液体深层发酵产厚垣孢子的发酵工艺研究, 期望以一步生产法获得质量稳定、廉价的产品。

近年来全国新注册的微生物农药还有脱落酸植物生长调节剂、杀植物线虫的厚孢轮枝菌、控制病毒病的新结构抗生素宁南霉素^[14]、防治植物细菌性病害的中生菌素^[15]。我国近年海洋微生物、极地微生物资源利用研究日趋活跃, 由于海洋的特殊生境, 将会为新结构、新功能生物农药的研发提供新的资源。

2.6 植物源农药

在一些相关科研单位及农药企业的努力下, 我国植物源农药的研制有了长足的进步。据 2003 年农药检定所公布的资料, 全国有 13 个省 2 个直辖市的 31 个厂家生产 39 种植物源农药产品, 其中苦参碱产品有 24 个 (含复配), 另外还有印楝素、楝素、苦皮藤素、除虫菊素、野燕枯、鱼藤酮和苦豆子等产品^[16]。

2.7 昆虫病原线虫及共生细菌

现在全国既能固相大量生产昆虫病原线虫, 也能采用先进的液相培养技术, 在工业发酵罐内生产斯氏和异小杆两属的线虫, 用于草坪地下害虫、跳甲类蔬菜害虫和蛀干害虫的防治。在我国的南方、北方都开展了昆虫病原线虫的资源调查, 获得了几十个线虫品系和共生菌菌株, 正在逐步进行鉴定, 已描述发表的线虫新种 4 个, 已收集整理入国家微生物资源库的共生细菌菌株达 80 余品系。

共生细菌分子生物学研究近年来有较大进展, 已在基因银行登记的嗜线虫致病杆菌北京变种 CB6 菌株两型的差异基因片断 8 个; 嗜线虫致病杆菌 Bp 菌株杀虫毒素基因片断 6 个; 嗜线虫致病杆菌、伯氏致病杆菌和 *X. budapestensis* 的 16S rRNA 基因序列 3 个。共生细菌杀虫蛋白研究报道表明, 昆虫病原线虫共生细菌有望成为继苏云金杆菌后, 又一个能提供杀虫蛋白基因的微生物资源^[17]。研究还揭示, 嗜线虫致病杆菌北京变种能产生抗菌的异香豆素 (又称之为帕克素)。室内与田间的试验证明, 它对马铃薯晚疫病、青椒疫病、大豆疫病等重要植物病害有很强的控制作用^[18]。将此菌开发为杀菌剂的研究正在进行之中。

3 天敌昆虫的利用

胡瓜钝绥螨、松毛虫赤眼蜂、玉米螟赤眼蜂、螟黄赤眼蜂、甘蓝夜蛾赤眼蜂、桨角蚜小蜂、丽蚜小蜂、食蚜瘿蚊、管氏肿腿蜂等天敌昆虫是近年来可购到的天敌商品, 全国已有为数不多的几个天敌公司能分别提供以上产品。由于大多数地区农民土地的小块分割和农民的购买能力低, 加之活体天敌的运输尚未有快捷通

道,缺乏天敌与其它防治措施配合的综防技术体系,使得天敌的应用远未达到生产需求。但也有几种天敌应用得十分成功,现总结如下。

3.1 胡瓜钝绥螨

福建农业科学院植物保护研究所从英国引进胡瓜钝绥螨(*Amblyseius cucumeris* Oudemans),此捕食螨在国外是一种捕食蓟马的天敌,引进后经营驯化培育出能捕食多种叶螨的胡瓜钝绥螨,并研制出大量、廉价繁殖的技术,现能以商品形式出售此天敌。在四川省、广东省、广西省应用胡瓜钝绥螨控制柑桔园害螨,防效可持久保持在 75% 以上,控制效果能持续到采果前,不再喷施农药。在新疆棉田释放控制红蜘蛛效果在 85% 以上,释放田在棉花生长期基本不喷农药,2006 年在新疆生产建设兵团,此天敌以商品购买方式应用面积达 9 000 hm^2 [19]。

3.2 椰甲截脉姬小蜂

中国热带农业科学院植物保护研究所于 2004 年 3 月从越南引进椰心叶甲幼虫寄生性天敌椰甲截脉姬小蜂(*Asecodes hispinarum* Bouček),该所研究出一套以自然寄主椰心叶大量饲养椰心叶甲的生产技术,在野外实验的基础上,完成了该蜂在我国的适生性分析和对控制椰心叶甲潜能的评价。解决了天敌大量饲养繁殖技术瓶颈问题,建成了 3 个小型繁蜂工厂,日产天敌 20 万头;自行设计了放蜂器,提出了一套行之有效的天敌田间释放操作规程,建立和完善了田间防效评价体系,达到了规模化生产该天敌和大面积防治应用的技术水平 [20]。

在海南省释放椰甲截脉姬小蜂防治椰心叶甲已取得成效,各放蜂点的受害棕榈科植物均已抽出心叶,长势得到恢复;蜂可自行扩散,纵向露干 20 余 m 的椰子树上可找到被寄生的椰心叶甲,横向可达 1 年扩散 8 km;至 2005 年底,累积放蜂 6 000 多万头,有效防控面积达 14 000 余 hm^2 。

3.3 中红侧沟茧蜂

河北省农业科学院植物保护研究所研究出中红侧沟茧蜂(*Microplitis mediator* Haliday)的大量繁殖技术,并已较大规模释放棉田,用于控制棉铃虫,据报道在新疆棉田对二代棉铃虫田间防效达 76% 以上 [21]。

3.4 松毛虫赤眼蜂

东北三省是玉米主要产区,玉米螟为重要害虫。由于种植面积大施药困难,一直坚持应用释放松毛虫赤眼蜂(*Trichogramma dendrolimi* Matsumura)防治玉米螟,东北地区有十几个赤眼蜂工厂应用榨蚕卵生产赤眼蜂。但执行土地家庭承包制以来,本项技术的应用受到影响,应用面积缩小。为了保障本项技术的实施,从 2001 年起吉林省开展财政补贴政策,每年释放面积达 5 600 万 hm^2 。该省还采取白僵菌处理封垛玉米节秆防

治越冬玉米螟幼虫与释放赤眼蜂相结合的方法,使全省玉米螟得到有效控制。

3.5 应用本地天敌昆虫控制入侵害虫

生物入侵已成为威胁全国生态安全的重要问题。世界成功的经验表明,生物防治是控制入侵生物的有效技术之一,我国科学家的工作也证明了这一点。杨忠岐报道全国本土天敌白蛾周氏啮小蜂释放林间能有效控治入侵害虫美国白蛾。释放啮小蜂区,5 年后天敌寄生率仍达 92%,将林间有虫株率压低至 0.1% 以下。这一成功利用本土天敌控制外来入侵害虫的技术,是我国生防科技工作者对生物防治理论的发展,获得了国际同行的赞誉 [22]。

引进天敌或寻找本国天敌控制侵入我国的烟粉虱、稻水象甲、椰心叶甲、红火蚁等害虫研究正在开展之中,天敌昆虫可望成为控制入侵害虫的重要技术之一。

4 结论与展望

我国幅员辽阔、生物资源丰富,在自然界中生物之间相生相克现象普遍存在。生物防治工作者应深入实际,发现自然界存在的生物防治作用物如天敌昆虫、害虫的病原物、植物病原菌的拮抗菌和寄生菌、诱导植株抗性的生物活性物质等,采取多种措施保护它们,使它们能在自然界增殖,最大限度地发挥其自然控制的功能;对有些生防作用物,可引入室内深入研究,将其研制成生物农药、天敌商品等,供生产者使用,为我国农药市场增添新的品种。随着人们对食品安全、生态安全的重视,我国生物防治的工作将会获得更快的发展。

参考文献(References)

- [1] 庞义. 生物技术与生物杀虫剂[C]//全国生物防治暨第八届杀虫微生物学术研讨会论文集摘要集. 2000: 3-4.
PANG Yi. Biotechnology and bio-insecticides[C]//Proceedings of The 2000 National Symposium on Biological Control. 2000: 3-4.
- [2] 中华人民共和国科学技术部. 2002 中国农村科技发展报告[R]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 174.
The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The report of science and technology development in Country of China for the year of 2002[R]. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 174.
- [3] 中华人民共和国科学技术部. 2003 中国农村科技发展报告[R]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 248.
The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China. The report of science and technology development in Country of China for the year of 2003[R]. Beijing: China Agricultural Press, 2003: 248.
- [4] 顾保根, 姜辉. 全国生物农药的现状及其问题[C]//微生物农药及其产业化. 北京: 科学出版社, 2000: 13-20.
GU Baogen, JIANG Hui. Development of bio-pesticides in China[C]//Microbe Pesticides and Its Industrialization.

- Beijing: Science Press, 2000: 13-20.
- [5] 杨自文, 王开梅, 吴继星, 等. 全国苏云金芽孢杆菌杀虫剂产业化现状及出路[C]//微生物农药及其产业化. 北京: 科学出版社, 2000: 27-34.
YANG Ziwen, WANG Kaimei, WU Jixin, *et al.* The status and prospects of industrialization of bacillus thuringiensis insecticides in China [C]//Microbe Pesticides and Its Industrialization. Beijing: Science Press, China, 2000: 27-34.
- [6] 杨怀文, 陈建锋, 叶正楚. 我国农业害虫生物防治研究与应用[C]//面向 21 世纪的植物保护发展战略. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 91-99.
YANG Huaiwen, CHENG Jianfeng, YE Zhengchu., Research and application of biological control for agricultural pest insects in China [C]//The Development Strategy of Plant Protection in 21 Century. Beijing: China Science and Technology Press, 2001: 91-99.
- [7] 卢辉, 张礼生, 张泽华, 等. 绿僵菌侵染椰心叶甲的部位及侵染过程的电镜观察[J]. 植物检疫, 2005, 19(4): 201-204.
LU Hui, ZHANG Lisheng, ZHANG Zehua, *et al.* Observation on the infected position and process of *Metarhizium anisopliae* on *Brontispa longissima* (Gestro) using scanning microscope[J]. Plant Quarantine, 2005, 19(4): 201-204.
- [8] 邱德文. 微生物蛋白农药研究进展 [J]. 中国生物防治, 2004, 20(2): 91-94.
QIU Dewen. Advance in microbe protein pesticide and it's prospect [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2004, 20 (2): 91-94.
- [9] 赵小明, 李东鸿, 杜昱光, 等. 2%氨基寡糖防治苹果花叶病 [J]. 植物保护, 2002, 28(5): 15-18.
ZHAO Xiaoming, LI Donghong, DU Yiguang, *et al.* Field experiments on oligochitosan for controlling apple mosaic disease[J]. Plant Protection, 2002, 28 (5): 15-18.
- [10] 李元广, 王伟, 沈国敏, 等. 防治植物细菌性青枯病的微生物制剂和方法及其用途: 中国, ZL 02151019.9. [P] 2005.
LI Yuanguang, WANG Wei, SHEN Guomim, *et al.* A microbiological products for controlling of plant bacterial disease: China, ZL 02151019.9. [P] 2005.
- [11] 田涛, 元雪晨, 王琦, 等. 芽孢杆菌绿色荧光蛋白标记系统的构建及其在小麦上定殖的初探[J]. 植物病理学报, 2004, 34(4): 346-351.
TIAN Tao, QI Xuechen, WANG Qi, *et al.* Colonization study of GFP-tagged *Bacillus* strains on wheat surface [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2004, 34(4): 346-351.
- [12] 陈志谊, 刘荣, 刘永锋. 水稻纹枯病拮抗细菌 B-916 的选育[J]. 中国生物防治, 2003, 19(1): 15-18.
CHEN Zhiyi, LIU Rong, LIU Yongfeng. The Screening of Antagonistic Bacteria Strain B-916 Against Rice Sheath Blight[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2003, 19 (1): 15-18.
- [13] 陈捷. 木霉菌在植物病害生物防治中的作用机理研究进展 [C]//迈入二十一世纪的中国生物防治. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 70-76.
CHEN Jie. Advance in biocontrol mechanism research of trichoderma against plant diseases[C]//Biological Control in China at the Beginning of 21st Century. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2005: 70-76.
- [14] 胡厚芝, 向固西, 陈家任, 等. 一种抗生素新农药——宁南霉素: 中国, ZL931042879 [P]. 1994-10-26.
HU Houzhi, XIANG Guxi, CHEN Jiaren, *et al.* A New Agro-antibiotic - Ninnanmycin: China, ZL931042879 [P] 1994-10-26.
- [15] 朱昌雄, 蒋细良, 谢德玲, 等. 新农用抗生素——中生菌素 [J]. 精细与专用化学品, 2002, 16: 14-18.
Zhu Changxiong, JIANG Xiliang, XIE Denlin, *et al.* Zhongshengmycin, a new agro-antibiotics [J]. Fine and Specialty Chemicals, 2002, 16: 14-18.
- [16] 中华人民共和国农业部农药检定所. 农药登记公告汇编[G]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.
Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture. China Registered Agricultural Chemicals Bulletin [G]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003.
- [17] 庞在堂, 杨怀文, 杨秀芬, 等. 一株高毒力致病杆菌的鉴定 [J]. 微生物学报, 2004, 44(2): 131-135.
PANG Zaitang, YANG Huaiwen, YANG Xiufen, *et al.* Identification of strain *xenorhabdus* sp. with high antibiotic and insecticidal activity[J]. Acta Microbiologica Sinica, 2004, 44(2): 131-135.
- [18] 杨秀芬, 杨怀文, 简恒, 等. 嗜线虫致病杆菌北京变种的抗菌活性[C]//迈入二十一世纪的中国生物防治. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2005: 363-368.
YANG Xiufeng, YANG Huaiwen, JIAN Heng, *et al.* The antibiotic activities of *xenorhabdus nematophila* var *pekingensis* [C]//Biological Control in China at the Beginning of 21st Century. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2005: 363-368.
- [19] 张艳璇, 林坚贞, 季洁, 等. 胡瓜钝绥螨控制柑桔害螨研究 [J]. 植物保护, 2003, 29(5): 31-33.
ZHANG Yuanxuan, LIN Jianzhen, JI Jie, *et al.* Study in control of citrus leaf mites by amblyseius cucumeris oudemans[J]. Plant Protection, 2003, 29 (5): 31-33.
- [20] 吕宝乾, 彭正强, 许春霁, 等. 椰心叶甲蛹寄生蜂——椰心叶甲啮小蜂的生物学特性[J]. 昆虫学报, 2006, 49(4): 643-649.
LU Baoqian, PEN Zhengqiang, XU Chunai, *et al.* Biology of asecodes hispinarum bouček [J]. Acta Entomologica Sinica, 2006, 49(4): 643-649.
- [21] 王德安, 王金耀, 陈红印. 侧沟茧蜂繁殖蜂器的研制及操作规程[J]. 中国生物防治, 2001, 17(1): 43-44.
WANG Dean, WANG Jinyao, CHEN Hongyin. Chamber for mass rearing of microplitis mediator [J]. Chinese Journal of Biological Control, 2001, 17(1): 43-44.
- [22] 杨忠歧. 利用天敌昆虫控制全国重大林木害虫研究进展[J]. 中国生物防治, 2004, 20(4): 221-227.
YANG Zhongqi. Advance in bio-control researches of the important forest insect pests with national enemies in China[J]. Chinese Journal of Biological Control, 2004, 20 (4): 221-227.

(责任编辑 王士泉)