

文章编号: 1000-5692(2006)05-0575-06

球孢白僵菌研究现状及提高其杀虫效果展望

林海萍^{1,2}, 韩正敏¹, 张 昕², 毛胜凤²

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院 江苏 南京 210037;

2. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 是目前国内应用最广泛的昆虫病原真菌, 但用于害虫大规模防治效果缓慢而不稳定, 致使工业化、标准化及剂型加工等方面均存在困难。鉴于此, 从球孢白僵菌对寄主侵染途径的 10 个阶段, 蛋白酶、几丁质酶、脂肪酶、淀粉酶等在杀虫过程中的作用, TF-1 毒素、TF-2 毒素、白僵菌素、卵孢霉素和布氏白僵菌素等与杀虫有关的毒素等 3 个方面阐述了国内外球孢白僵菌杀虫机理研究的现状, 并总结出球孢白僵菌制剂开发过程中存在的菌种容易退化和制剂储藏稳定性不足等问题。在此基础上, 从酶、毒素、菌种、生产工艺与剂型的角度对如何提高球孢白僵菌杀虫效果的问题进行展望。主要措施有: 筛选酶活力强的优良菌株, 利用分子生物学技术克隆出毒素基因, 并进行转基因育种, 进一步研究菌种毒力退化机制, 对发酵反应器进行改进与条件控制, 提高制剂的储藏稳定性等。参 53

关键词: 植物保护学; 球孢白僵菌; 杀虫效果; 杀虫机理; 制剂开发; 剂型

中图分类号: S763; S746

文献标识码: A

随着化学农药大量使用对环境带来的严重污染和人类可持续发展战略的提出, 虫生真菌在害虫的持续控制及维护生物多样性方面所发挥的作用正越来越受到人们的关注。目前在农林害虫生物防治方面, 真菌是研究、生产和应用最多的生物类群之一, 其中球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 是一类广谱性昆虫病原真菌, 研究表明此菌能侵染 15 个目 149 个科的 700 多种昆虫^[1~3]。同时由于球孢白僵菌对环境和温血动物无害, 易于培养, 原料价廉易得, 杀虫谱广, 致病性强, 从而成为目前国内应用最广泛的昆虫病原真菌, 而且自 20 世纪 70 年代以来我国应用此菌防治农林害虫的规模一直居世界前列^[4,5]。但由于真菌杀虫剂用于害虫大规模防治效果缓慢而不稳定, 致使工业化、标准化及剂型加工等方面均存在困难, 从而阻碍了虫生真菌杀虫剂的产业化和推广应用进程。因此, 提高以球孢白僵菌制剂为代表的真菌杀虫剂的杀虫效果迫在眉睫。作者在国内外球孢白僵菌研究现状基础上, 对如何提高球孢白僵菌制剂杀虫效果的问题进行了展望, 以找出影响杀虫真菌制剂使用效果的瓶颈问题, 理清球孢白僵菌制剂研发关键技术的思路, 推动真菌杀虫剂的产业化进程。

1 球孢白僵菌杀虫机理研究现状

1.1 侵染途径

球孢白僵菌对寄主的侵染途径同其他虫生真菌一样^[6], 一般要经历 10 个阶段, 即分生孢子的附

收稿日期: 2006-01-19; 修回日期: 2006-05-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30240070); 浙江省科技厅农业成果转化项目(2004B70023)

作者简介: 林海萍, 副教授, 博士研究生, 从事生物防治和微生物等研究。E-mail: hplin@zjfc.edu.cn

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

着、萌发、穿透表皮、菌丝在血腔内生长、产生毒素、寄主死亡、菌丝入侵所有器官、菌丝穿出表皮、产生分生孢子和分生孢子扩散。其中只要经历前4~5个阶段，就可以使昆虫致病。

1.2 酶在杀虫过程中的作用

1.2.1 酶与致病的相关性 研究表明，球孢白僵菌在代谢过程中能合成、分泌一系列胞外水解酶，如蛋白酶、几丁质酶、脂肪酶和淀粉酶等。它们在白僵菌侵害虫时，尤其在穿透昆虫体壁过程中，起到溶解昆虫表皮，以利于菌体侵染的作用^[7~10]。球孢白僵菌蛋白酶、几丁质酶、β-N-乙酰葡萄糖苷酶和酯酶产生水平与其菌株毒力之间存在一定的相关性^[11~14]。

1.2.2 酶的诱导与人工生产 杨星勇等^[17]以几丁质为底物诱导球孢白僵菌产生分解昆虫表皮的蛋白酶。张永军等^[18]报道球孢白僵菌在蝉蜕诱导液中培养后的总胞外蛋白酶及类枯草杆菌蛋白酶的活性最高。张洁等^[19,20]对球孢白僵菌Bb174产几丁质酶进行了固态发酵条件及酶学特征的研究，同时还进行液态发酵条件研究，分别获得最适培养基配方和最适培养条件。罗志兵等^[21]则研究获得了重组球孢白僵菌表达目标产物类枯草杆菌蛋白酶的发酵特性，结果为研究和利用球孢白僵菌重组菌株的代谢产物和提高真菌杀虫剂的杀虫效果奠定了基础。

1.2.3 酶的分子生物学研究 研究表明，MAPK信号途径与多种植物病原真菌发育、分化及致病性密切相关，是研究病原真菌致病机理的一条重要途径^[22~25]。张永军等^[24]从球孢白僵菌中扩增出MAPK基因的部分片段，进而利用YADE法延伸该片段的上、下游邻接序列，获得MAPK基因的全长序列，并对该基因进行了特征分析。方卫国等^[27,28]构建了球孢白僵菌不同诱导时间的混合cDNA文库，对它降解昆虫体壁蛋白酶基因CDEP-1进行克隆与序列分析，然后利用YADE法，克隆了该基因的启动子CDEPP，并分析了该启动子的序列。这些研究成果为阐明球孢白僵菌的致病机理和菌株基因改造奠定了基础。

1.3 与杀虫有关的毒素

早在1949年Diesner^[29]已提出孢子萌发时产生的物质是球孢白僵菌使昆虫致病的主要原因。目前，国内外对毒素的研究成果主要是毒素种类与它们对昆虫的作用。

1.3.1 毒素种类 到目前为止，已报道的白僵菌属的有毒代谢产物主要有3类：蛋白质类，如从球孢白僵菌代谢物中分离得到的10 kDa毒素和TF-1，TF-2毒素^[30,31]。环肽类，如从球孢白僵菌中分离得到的白僵菌素(beauvericin)和白僵菌素A(beauvericin A)及白僵菌素B(beauvericin B)^[32~33]。非肽类，如从Beauveria brongniartii中分离得到的卵孢霉素(oosporin)和布氏白僵菌素(tenellin)^[34]；从球孢白僵菌中分离到的球孢白僵菌素(bassianin)，pyridovericin和pyridomacrolidin^[35]。

1.3.2 毒素对害虫的作用 武艺等^[36,37]用吸附法从球孢白僵菌的代谢产物中提取毒素，并将毒素作用于草地夜蛾Spodoptera frugiperda体外培养细胞。同工酶特异性染色结果表明，细胞中毒后，细胞内的乳酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶和酯酶等同工酶在种类和含量上都有所减少，并发生细胞代谢紊乱。电镜观察表明，在毒素的作用下，体外培养细胞的细胞膜、细胞核、线粒体和核糖体均受到较大程度的损伤。

2 球孢白僵菌制剂开发

球孢白僵菌制剂生产工艺的要素有菌种、发酵工艺和剂型3个方面，这也正是目前造成球孢白僵菌制剂防治害虫效果不稳定的主要方面。

2.1 菌种

2.1.1 菌种分离 目前科研与生产中最常用的球孢白僵菌菌种分离方法还是僵虫法。此法易于获得高毒力菌株，但寻找僵虫的工作量大，且受季节限制。王滨等^[38]研究获得快速分离纯化球孢白僵菌的方法。史红霞等^[39]研制了选择性培养基，可回收土壤中球孢白僵菌孢子达79.5%。

2.1.2 菌种退化及其控制 球孢白僵菌在继代培养过程中常常发生不同类型的菌落局变，并产生各种形态和颜色不同于母株的分离株。与出发株相比，分离株多表现为菌苔瘠薄或气生菌丝徒长，产孢量下降和毒力降低等现象。对于此菌的生产和应用来说，这些变异意味着生产性状的退化^[40]。研究

表明, 菌种退化主要是由遗传物质决定的, 如异核现象、准性循环和核基因突变等, 但也与培养基成分及培养条件有关^[41-42]。彭国雄等^[43]认为, 在总胞外蛋白酶中, Pr 1 是影响菌株毒力的主要因子之一, 其产生水平的下降是菌株毒力退化的主要原因之一。李增智^[44]提出防止菌种退化最有效的是采取基因工程措施, 寻找毒力基因, 在稳定性菌株中将其克隆并使之表达, 产生出所谓的“超级菌株”。另外, 采用原生质体融合技术也是创造新菌株的方法^[45, 46]。

2.2 生产工艺

球孢白僵菌的发酵方法主要有液态发酵法、固态发酵法和液固双相发酵法。目前, 应用于规模化工业生产效果较好的要数液固双相发酵法。近年来国内外研究的重点是考虑产品对气生孢子的需要, 在保证质量和产量的前提下简化工艺, 降低生产成本。对液固两相工艺进行了规范化研究, 优化工艺参数和发酵条件, 确立了规范化生产工艺流程和配套机械, 进一步缩短了生产周期, 降低了生产成本^[47]。

2.3 剂型

球孢白僵菌杀虫剂生产初期采用的剂型是含有大量载体或培养料的粉剂, 运输不便且效果不稳定。20世纪80年代, 纯孢粉生产工艺研制成功, 大大方便了产品的运输与应用, 之后陆续有多种剂型被研制出来^[48-53]: 为提高孢子粉润湿性发明了可湿性粉剂。为提高孢子悬液分散度与黏附力研制获得乳剂和油剂。为提高对害虫击倒速度, 相应的剂型有混合制剂。为提高孢子储藏期, 相应的剂型有微囊剂。为提高孢子粉在防治蛀干害虫上利用率的黏膏剂。在各种剂型研究中为了增加球孢白僵菌杀虫剂的活力与杀虫效果, 在制剂中还常添加一些助剂、紫外保护剂和增效剂等。所有这些研究, 都在不同程度上方便了使用或提高了防治效果, 但在延长球孢白僵菌杀虫剂的储藏期方面仍需作进一步的努力。

3 提高球孢白僵菌杀虫效果展望

3.1 酶

由于球孢白僵菌胞外酶活性与其毒力呈明显正相关, 可以通过提高筛选胞外酶(如几丁质酶和蛋白酶等)活力强的优良菌株来提高杀虫效果。

通过发酵法对酶进行工业化生产, 然后在球孢白僵菌制剂中加入酶产品作为增效剂以提高其杀虫效果。

昆虫病原真菌感染昆虫体壁时分泌一系列的蛋白酶, 其中Pr 1 不但在穿透昆虫体壁时分解蛋白酶, 而且还是昆虫致病因子, 如将Pr 1 基因导入虫生真菌和植物中, 可望提高真菌杀虫能力和植物的抗病能力。

3.2 毒素

除了筛选高毒力菌株外, 利用分子生物学克隆出毒素基因, 然后进行转基因育种, 把毒素基因导入作物或树木体内使其表达, 从而达到防治病虫害的目的。

从球孢白僵菌菌体中提取, 或用发酵法工业化生产获得毒素, 然后直接利用该真菌源生物农药进行杀虫。

3.3 菌种

由于球孢白僵菌菌种退化现象严重, 使得依靠自然筛选和诱变育种获得高毒力菌种远远满足不了生产实际的需求。原生质体融合技术和基因工程技术将是今后遗传育种的方向。

进一步研究菌种毒力退化机制, 加强研究引起球孢白僵菌变异的分子生物学和生物化学基础以及影响基因表达的因素, 从而进一步寻找保持菌株相对稳定的有效途径。

由于胞外蛋白酶Pr 1 是影响菌株毒力的主要因子之一, 对它进行深入研究, 可为从分子水平上改造球孢白僵菌, 获得高毒力菌株提供新途径。

3.4 生产工艺

理想的球孢白僵菌杀虫剂生产工艺应具备高效性、稳定性和规模性等。要实现上述目标, 发酵反

应器上的突破是关键。研究的核心是针对球孢白僵菌的生物学特性，通过反应器系列设备的相应改进与条件控制，从而满足球孢白僵菌发酵过程不同阶段的不同条件需求。

3.5 剂型

产品的剂型研究，仍将是今后亟须深入研究的重点问题，这也是实现产品标准化的前提。目前迫切需要解决的问题是提高制剂的储藏稳定性。

参考文献：

- [1] ST LEGER R J, SCREEN S. Prospects for strain improvement of fungal pathogens of insects and weeds [M] // ST LEGER R J. *Fungal as Biocontrol Agents*. London: CABI Publish House, 2001: 219—237.
- [2] BLAKE R, BEXTUN E, HARLAN G, et al. Field applications of bait-formulated *Beauveria bassiana* alginate pellets for biological control of the red imported fire ant [J]. *Biol Control*, 2002, 31(4): 746—752.
- [3] FELIPE T, MARIO Z, RAQUELA, et al. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* [J]. *Florida Entomol*, 2004, 87(4): 533—536.
- [4] 李春香, 张淑红. 白僵菌对害虫致病性的研究进展 [J]. 唐山师范学院学报, 2005, 27(5): 40—43.
- [5] 刘健, 陈洪章, 李佐虎. 白僵菌杀虫剂生产工艺研究状况与展望 [J]. 中国生物防治, 2003, 19(2): 86—90.
- [6] 付志坚, 陈建新, 付丽君. 白僵菌对昆虫的致病机理研究综述 [J]. 武夷科学, 2000, 16(1): 105—109.
- [7] CHARNLEY A K, ST LEGER R J. The role of cuticle-degrading enzymes in fungal pathogenesis in insects [M] // ST LEGER R J. *The Fungal Spore and Disease Initiation in Plants and Animals*. New York: Plenum Press, 1991: 267—286.
- [8] CLARKSON J M, CHARNLEY A K. New insights into mechanisms of fungal pathogenesis in insects [J]. *Trends Microbiol Lett*, 1996, 133: 189—196.
- [9] SMITH R J, PEKRUL S, GRULA E A. Requirement for sequential enzymes activities for penetration of the integument of the corn earworm [J]. *J Invertebr Pathol*, 1991, 58: 110—116.
- [10] 杨怀文. 我国农业病虫害生物防治进展 [M] // 杨怀文. 迈入 21 世纪的中国生物防治. 北京: 中国农业科技出版社, 2005: 1—5.
- [11] ST LEGER R J, BIDOCHEKA M J, ROBERTS D W. Isoforms of the cuticle-degrading Pr1 proteinase and production of metalloproteinase by *Metarhizium anisopliae* [J]. *Arch Biochem Biophys*, 1994, 313(1): 1—7.
- [12] ST LEGER R J, FRANK D C, ROBERTS D M, et al. Molecular cloning and regulatory analysis of the cuticle-degrading protease structural gene from the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* [J]. *Eur J Biochem*, 1992, 204: 991—1001.
- [13] FANG W G, LENG B, XIAO Y H, et al. Cloning of *Beauveria bassiana* chitinase gene Bbchitl and its application to improve fungal strain virulence [J]. *Appl Environ Microbiol*, 2005, 71(1): 363—370.
- [14] ST LEGER R J. The role of cuticle-degrading protease in fungal pathogenesis of insects [J]. *Can J Bot*, 1995, 73: 1119—1125.
- [15] 樊美珍, 胡景江. 白僵菌酯酶同工酶、脂肪酸与其毒力的关系 [J]. 安徽农业大学学报, 1996, 23(3): 260—266.
- [16] 姚剑, 黄大庆. 球孢白僵菌蛋白质酶、几丁质酶和 β -N-乙酰葡萄糖苷酶产生水平及其与毒力关系的研究 [J]. 宿州学院学报, 2004, 19(4): 102—106.
- [17] 杨星勇, 王中康, 夏玉先, 等. 球孢白僵菌凝乳弹性蛋白酶(BbPr1)的纯化与特性 [J]. 菌物系统, 2000, 19(2): 254—260.
- [18] 张永军, 彭国雄, 方卫国, 等. 球孢白僵菌胞外蛋白酶及类枯草杆菌蛋白酶的诱导 [J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 182—186.
- [19] 张洁, 蔡敬民, 吴克, 等. 球孢白僵菌 Bb174 固态发酵产几丁质酶产酶及酶学特征研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 863—866.
- [20] 张洁, 张敏, 吴茜茜, 等. 球孢白僵菌产几丁质酶液态发酵研究 [J]. 合肥学院学报: 自然科学版, 2004, 14(1): 53—56, 108.
- [21] 罗志兵, 张永军, 金凯, 等. 重组球孢白僵菌表达目标产物类枯草杆菌蛋白酶的发酵特性研究 [J]. 农业生物技术学报, 2005, 13(3): 372—376.
- [22] XU J R. MAP kinases in fungal pathogens [J]. *Fung Genet Biol*, 2000, 31: 137—152.

- [23] KIM Y K, KAWANO T, LI D X, et al. A mitogen-activated protein kinase required for induction of cytokinesis and appressorium formation by host signals in the conidia of *Colletotrichum gloeosporioides* [J]. *The Plant Cell*, 2000, **12**: 1 331—1 343.
- [24] TAKANO Y, KIKUCHI T, KUBO Y, et al. The *Colletotrichum lagenarium* MAP kinase gene CMK1 regulates diverse aspects of fungal pathogenesis[J]. *Mol Plant-Microbe Interac*, 2000, **13**(4): 374—383.
- [25] XUE C Y, PARK G, CHOI W, et al. Two novel fungal virulence genes specifically expressed in appressoria of the rice blast fungus [J]. *The Plant Cell*, 2002, **14**: 2 107—2 119.
- [26] 张永军, 方卫国, 金凯, 等. 球孢白僵菌 FUS3/KSS1 类 MAPK 同源基因(BbMPK1)的克隆及特征分析[J]. 菌物学报, 2005, **24**(1): 104—111.
- [27] 方卫国, 张永军, 杨星勇, 等. 球孢白僵菌降解昆虫体壁蛋白酶基因 CDEP-1 的克隆与序列分析[J]. 遗传学报, 2002, **29**(3): 278—282.
- [28] 方卫国, 张永军, 马金成, 等. 用 YADE 法克隆球孢白僵菌类枯草杆菌蛋白酶基因 CDEP-1 的启动子及启动子序列分析[J]. 菌物系统, 2003, **22**(2): 252—258.
- [29] DRESNER E. Culture and use of entomogenous fungi for the control of insect pests [J]. *Contrib Boyce Thompson Inst*, 1949, **1**(15): 319.
- [30] MAZET I, HUANG S Y, BOUCIAS D G. Detection of toxic metabolites in the hemolymph of *Beauveria bassiana* [J]. *Experientia*, 1994, **50**: 142—147.
- [31] 李建庆, 张永安, 张星耀, 等. 昆虫病原真菌毒素的研究进展[J]. 林业科学研究, 2003, **16**(2): 233—239.
- [32] URTZ B E, RICE W C. Purification and characterization of a novel extracellular protease from *Beauveria bassiana* [J]. *Mycol Res*, 2000, **104**(2): 180—186.
- [33] GUPTA S, MONTILLOR C, HWANG Y S, et al. Isolation of novel Beauvericin analogues from the fungus *Beauveria bassiana* [J]. *J Nat Prod*, 1995, **58**(5): 733—738.
- [34] LLOYD B J, GEORGE G, KHACHATOURIANS G G. Toxic properties of beauveria pigment on *Erthrocyte membranes* [J]. *Toxic*, 1997, **35**(8): 1 351—1 356.
- [35] TAKAHASHI S, KAKINUMA N, UCHIDA K, et al. Pyidovericin and pyridomacrolidin: novel metabolites from entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* [J]. *J Antibiotic*, 1998, **51**(6): 596—598.
- [36] 武艺, 黄秀梨, 邓继先. 球孢白僵菌毒素对昆虫体外培养细胞内同工酶和代谢水平的影响[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1997, **33**(1): 117—121.
- [37] 武艺, 黄秀梨, 邓继先. 球孢白僵菌毒素对昆虫体外培养细胞超微结构和细胞内总蛋白的影响[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1999, **35**(1): 114—118.
- [38] 王滨, 樊美珍, 李增智. 球孢白僵菌选择性培养基的筛选[J]. 安徽农业大学学报, 2000, **27**(1): 23—28.
- [39] 史红霞, 胡明龙, 阎峻. 球孢白僵菌选择性培养基的筛选和检测应用[J]. 浙江林学院学报, 2002, **19**(2): 161—165.
- [40] 唐晓庆, 樊美珍, 李增智. 球孢白僵菌继代培养中菌落型变现象及环境影响因素的研究[J]. 菌物学报, 1996, **15**(3): 45—53.
- [41] 樊美珍, 李增智, 唐晓庆. 白僵菌菌种退化及其控制[J]. 安徽农业大学学报, 1996, **23**(3): 239—245.
- [42] 蔡国贵, 林庆源, 徐耀昌, 等. 白僵菌菌株退化与培养条件关系及其控制技术[J]. 福建林学院学报, 2001, **21**(1): 76—79.
- [43] 彭国雄, 张永军, 杨星勇, 等. 球孢白僵菌不同世代菌株胞外蛋白酶与毒力的关系[J]. 中国生物防治, 2000, **16**(2): 61—64.
- [44] 李增智. 杀虫微生物: 第3卷[M]. 武汉: 华中师范大学出版社, 1991: 1—6.
- [45] KAWOMOTO H, AIZAWA K. Fusion conditions for protoplasts of an entomogeneous fungus *Beauveria bassiana* [J]. *Appl Entomol Zool*, 1986, **21**: 624—626.
- [46] JENKINS N E, GOETTEL M S. Methods for mass production of microbial control agents of grasshoppers and locusts[J]. *Mem Entomol Soc Can*, 1997, **171**: 37—38.
- [47] 汤坚, 王成树, 李农昌, 等. 中国虫生真菌研究与应用: 第4卷[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 131—135.
- [48] 来燕学, 柳建定, 徐企尧, 等. 球孢白僵菌×蜡蚧轮枝孢菌(BV 制剂)对松墨天牛幼虫寄生试验初报[J]. 江苏林

- 业科技, 2003, 30(4): 6—9.
- [49] 于有志, 孙洪儒. 白僵菌的致病性及其在地下害虫防治中的应用[J]. 宁夏农学院学报, 2003, 24(1): 58—61.
- [50] 马良进, 毛胜凤, 单成明. 球孢白僵菌培养条件及施菌方法的研究[J]. 辽宁林业科技, 2003(4): 1—3, 43.
- [51] 刘云鹏, 夏成润, 王四宝, 等. 球孢白僵菌无纺布菌剂与引诱剂联合防治松褐天牛初报[J]. 安徽农业大学学报, 2005, 32(4): 415—418.
- [52] 柴新义, 樊美珍, 李增智, 等. 白僵菌不同放菌策略对防治松墨天牛效果的影响[J]. 滁州学院学报, 2005, 6(4): 113—114, 123.
- [53] JEFFREY C. Desiccant dusts synergize the effect of *Beauveria bassiana* on stored-grain beetles[J]. *Biol Micro Control*, 2004, 94(2): 367—372.

Current research situation on *Beauveria bassiana* and prospects of how to improve its pesticidal effects

LIN Hai-ping^{1,2}, HAN Zheng-min¹, ZHANG Xin², MAO Sheng-feng²

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 2.

School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: *Beauveria bassiana*, is entomopathogenic fungi which applied the most widely presently in China. But the effect is slow and unsteady when it is used for protecting plant from insects in large scope. There are some difficulties in industrialization, standardization and formulation. So, the authors describe the current research situation of *Beauveria bassiana* about its pesticidal mechanism on three sides: ten phases of infecting course; function of protease, chitinase, lipase, amylase, etc; toxins, such as TF1, TF2, beauvericin, oosporin, tenellin related to pesticidal effect. The matters of strains degenerate easily and preparations lack of stabilization during storage are summed up. On the basis of these, the authors bring forward the prospects of how to improve pesticidal effects of *Beauveria bassiana* from enzyme, toxin, strain, production technology and formulation. There are some main measures: obtaining fine strains with active enzyme; cloning genes of toxins with molecular biological technology, then breeding by genetic transformation; further research on mechanism of strains degeneration on virulence; improvement and control on reactor of fermentation; advancing stabilization during storage of preparation, and so on. [Ch, 53 ref.]

Key words: plant protection; *Beauveria bassiana*; pesticidal effects; pesticidal mechanism; development of insecticides; formulation