

# 150亿孢子/g球孢白僵菌可湿性粉剂的研发及对西花蓟马的防治应用

王海鸿<sup>1</sup>, 刘胜<sup>1</sup>, 王帅宇<sup>2</sup>, 雷仲仁<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 2. 北京市植物保护站, 北京 100029)

**摘要:** 为了研发靶标害虫为西花蓟马的球孢白僵菌杀虫剂, 我们首先通过筛选、纯化和复壮获得对西花蓟马高效的真菌菌株; 其次, 对液-固双相发酵条件和发酵工艺进行优化; 然后, 改良了产品剂型和配方; 最后对产品进行环境和毒性评价。结果显示该产品各项指标均符合国家标准。150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂于 2018 年在国内获审批登记。喷施 1800~3000 g/hm<sup>2</sup> 对辣椒上西花蓟马的防效均为 74% 以上。推荐用量为 2400 g/hm<sup>2</sup>。该产品的研发和获批登记为西花蓟马的生物防治奠定了坚实的基础。

**关键词:** 球孢白僵菌; 可湿性粉剂; 西花蓟马

中图分类号: S476.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-9261(2020)06-0858-04

## Research and Development of Wettable Powder of *Beauveria bassiana* and Its Control and Application to *Frankliniella occidentalis*

WANG Haihong<sup>1</sup>, LIU Sheng<sup>1</sup>, WANG Shuaiyu<sup>2</sup>, LEI Zhongren<sup>1\*</sup>

(1. State Key Laboratory for Plant Diseases and Insect Pests/Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Beijing Plant Protection Station, Beijing 100029, China)

**Abstract:** In order to develop an insecticide of *Beauveria bassiana* against Western Flower Thrips (WFT), *Frankliniella occidentalis*, firstly, fungal strains with high efficiency to WFT were selected by screening, purification and rejuvenation; secondly, the liquid-solid two-phase fermentation conditions and fermentation process were optimized; thirdly, the product formulation and formula were improved; fourthly, environment and toxicity assessment of the product were evaluated. The results showed that all the indicators of the product were in line with national standards. The 15 billion conidia/g *B. bassiana* wettable powder was approved and registered in China in 2018. The control efficacies of spraying 1800—3000 g/ha on thrips on pepper are above 74%. The recommended dosage is 2400 g/ha. The development and registration of the product have laid a solid foundation for the biological control of WFT.

**Key words:** *Beauveria bassiana*; wettable powder; *Frankliniella occidentalis*

## 1 产品开发背景

西花蓟马 *Frankliniella occidentalis* (Pergande) 属缨翅目 Thysanoptera, 蓟马科 Thripidae, 是观赏植物及蔬菜上的一种重要害虫<sup>[1,2]</sup>。主要以成虫和若虫为害植物, 通过口器取食植物汁液, 传播病毒病, 降低农作物产量和质量, 影响园林植物的观赏价值<sup>[3,4]</sup>。由于长期过度依赖使用杀虫剂, 加之蓟马的世代周期短, 繁殖力强, 食性杂等特点, 导致其对不同类型的杀虫剂均产生了不同程度的抗性<sup>[5]</sup>。随着人们对食品安全、

收稿日期: 2020-11-18

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0201205); 国家现代农业产业技术体系 (CARS-25-B-07)

作者简介: 王海鸿, 博士, 副研究员, E-mail: wanghaihong2020@sina.com; \*通信作者, 博士, 研究员, E-mail: zrlei@ippcaas.cn。

DOI: 10.16409/j.cnki.2095-039x.2020.06.017

环境污染等问题的关注，生物农药在西花蓟马的防治中受到越来越广泛的关注。球孢白僵菌 *Beauveria bassiana* 对人畜无害且对环境安全，同时可以有效控制蓟马的种群数量，降低损失<sup>[6-8]</sup>。此外，前期国内登记的真菌杀虫剂防治对象均不包括蓟马类害虫。因此，研发和登记防治西花蓟马的球孢白僵菌农药，对我国的农业发展和环境保护均具有重要意义<sup>[9]</sup>。

2 产品介绍

真菌不同菌株对害虫的致病性差异较大，影响菌株毒力的因子较复杂，菌株的选育过程是通过实际感染害虫来测试毒力<sup>[10,11]</sup>。另外，由于真菌是真核生物，能进行有性生殖，在不同营养条件下产生适应不同环境的后代，因此毒力会随生产工艺的不同而改变<sup>[12]</sup>。在发酵生产中，不同菌株需要的适宜发酵条件不同。因此，本研究团队经过大量菌株筛选<sup>[13-15]</sup>，纯化复壮<sup>[16]</sup>，液-固双相发酵的条件优化<sup>[17]</sup>和发酵工艺<sup>[18]</sup>研究，再经过配方和剂型研发及环境和毒性评价等多个环节，历经 10 年，在国内首次获得了防治辣椒蓟马的 150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂国家农药正式登记。该产品的各项指标均符合国际标准<sup>[19]</sup>（表 1），产品登记证号：PD20183086。生产单位为中国农业科学院植物保护研究所廊坊农药中试厂。在这十年里，我们共培养出了 6 名硕士研究生<sup>[20-25]</sup>和十余名本科实习生，申请了 4 项国家发明专利<sup>[26-29]</sup>，在国内外核心期刊共发表相关文章 7 篇<sup>[13-18,30]</sup>。

表 1 150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂各项指标  
Table 1 The indicators of 15 billion conidia/g *Beauveria bassiana* wettable Powder

项目名称 Project name	含孢量 Spore content (spore/g)	活菌率 Viable spore (%)	杂菌率 Impurity rate (%)	干燥减重 Desiccation loss (%)	pH	悬浮率 Suspension rate (%)	润湿时间 Wetting time (s)	细度（通过 150 μm 筛） Fineness (through 150 μm sieve) (%)
检测数据 Test date	823.3×10 <sup>8</sup>	96.5	<1	3.84	6.09	70.78	43	98.75

3 应用技术

于西花蓟马始盛发期，取 150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂 1800~3000 g/hm<sup>2</sup>，兑水 600~750 L/hm<sup>2</sup>，对叶面均匀喷雾。喷雾时一定要对植株的上下、内外均匀喷洒，在下午 4 点后喷雾对西花蓟马防治效果更好。150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂对其他生防因子无害，将其与其他生防产品联合应用，建立新的技术体系，能够提高综合防效，提升整体生态功能。

联合应用技术体系之一，针对 85%以上的西花蓟马若虫落在地表化蛹这一特性，将球孢白僵菌可湿性粉剂（地上喷施）与球孢白僵菌复合颗粒剂（球孢白僵菌发酵过程的固体残渣，含孢量可达 90 亿孢子/g，地面撒施）联合应用，打断西花蓟马生活史。在示范区内，单用可湿性粉剂对西花蓟马的平均防效为 70.5%，联合应用效果可达 85.2%以上。从成本和防效综合考虑，每亩 600 g 可湿性粉剂和 10 kg 复合菌剂更经济有效<sup>[29]</sup>。

联合应用技术体系之二，利用球孢白僵菌对西花蓟马的短期快速效应和捕食性天敌巴氏新小绥螨 *Neoseiulus barkeri* 的长期持续效应，将其联合应用，对西花蓟马的防效达到 75%以上，比单一应用球孢白僵菌或捕食螨平均提高 29%的防效<sup>[31]</sup>。

联合应用技术体系之三，将球孢白僵菌可湿性粉剂置于熊蜂 *Bombus* spp.出箱口处，携带有球孢白僵菌孢子的熊蜂在给草莓花授粉的同时，可以将球孢白僵菌孢子粉带入花中，对西花蓟马的致死率达到 40%以上，克服了草莓花中蓟马难以防治的困境，且对西花蓟马种群具有持续控制作用<sup>[26]</sup>。

4 产品应用情况及展望

2014—2016 年分别在河北，湖南，安徽和四川等地进行了田间药效试验。于西花蓟马始盛发期开始施药，药液均匀喷雾。以 2015 年在河北省保定市清苑北店乡牛庄村的试验为例，处理剂量为 1800、2400 和 3000 g/hm<sup>2</sup> 时，药后 1 d 的防效分别为 54.77%、64.42%和 77.54%，药后 7 d 的防效分别为 92.85%、96.16%

和 98.13%。从成本和防效综合考虑, 2400 g/hm<sup>2</sup> 球孢白僵菌可湿性粉剂更经济有效。在辽宁、山东和海南等地, 对大葱、韭菜, 菜豆、茄子和黄瓜等作物上的西花蓟马的防治也取得了较好的防效。

150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂还可以有效防治其他害虫。防治花蓟马 *Frankliniella intonsa* 的试验结果表明, 叶面喷施 2400 g/hm<sup>2</sup> 药后 3 d 防效为 57.61%, 药后 14 d 防效为 82.62%。防治葱蓟马 *Thrips alliorum* 的试验结果表明, 叶面喷施 2400 g/hm<sup>2</sup> 药后 3 d 防效为 64.42%, 药后 7 d 防效为 96.16%。药后 10 d, 二斑叶螨 *Tetranychus urticae* 和甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* 的种群分别降低 62% 和 70%。

目前, 150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂的试验作物和害虫种类在不断增加, 示范面积已累计 1500 多亩, 辐射面积 10 万亩。示范区内, 平均减少施药次数 11 次, 减少施药 30 次, 其中减少化学农药用量 70%, 取得了较好的生态和经济效率。生物农药是我国实现“双减”计划的重要内容之一。在未来几年, 150 亿孢子/g 球孢白僵菌可湿性粉剂及其他生防产品的研发和应用将会得到更多的重视和应用, 为我国“双减”计划的顺利推进保驾护航。

## 参 考 文 献

- [1] 雷仲仁, 问锦曾, 王音. 危险性外来入侵害虫-西花蓟马的鉴别、危害及防治[J]. 植物保护, 2004, 30(3): 63-66.
- [2] Stuart R Reitz. Thrips: pests of concern to China and the United States[J]. Agricultural Sciences in China, 2011, 10(6): 867-892.
- [3] Pearsall I A. Damage to nectarines by the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) in the interior of British Columbia, Canada[J]. Journal of Economic Entomology, 2000, 93(4): 1207-1215.
- [4] Parrella M P, Murphy B. Western flower thrips: identification, biology and research on the development of control strategies[J]. Bulletin OILB SROP (France), 1996, 19(1): 115-118.
- [5] Bielza P, Quinto V, Contreras J, et al. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain[J]. Pest Management Science, 2007, 63(7): 682-687.
- [6] Ugine T A, Wraight S P, Brownbridge M, et al. Development of a novel bioassay for estimation of median lethal concentrations (LC<sub>50</sub>) and doses (LD<sub>50</sub>) of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*, against western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*[J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2005, 89(3): 210-218.
- [7] 王静, 雷仲仁, 徐洪富, 等. 白僵菌对西花蓟马若虫的致病力和对巴氏钝绥螨的影响[J]. 中国生物防治学报, 2011, 27(4): 479-484.
- [8] Jacobson R J, Chandler D, Fenlon J, et al. Compatibility of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin with *Amblyseius cucumeris* Oudemans (Acarina: Phytoseiidae) to Control *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) on cucumber plants[J]. Biocontrol Science & Technology, 2001, 11(3): 391-400.
- [9] 雷仲仁. 病虫害生物防治是实现蔬菜安全生产的主要途径[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 2932-2934.
- [10] Niassy S, Maniania N K, Subramanian S, et al. Selection of promising fungal biological control agent of the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)[J]. Letters in Applied Microbiology, 2012, 54: 487-493.
- [11] Wang J P, Zheng C Y. Characterization of a newly discovered *Beauveria bassiana* isolate to *Frankliniella occidentalis* Pergande, a non-native invasive species in China[J]. Microbiological Research, 2012, 167: 116-120.
- [12] Safavi S A, Shah F A, Pakdel A K, et al. Effect of nutrition on growth and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*[J]. FEMS Microbiology Letters, 2007, 270: 116-123.
- [13] 李银平, 雷仲仁, 王海鸿. 对西花蓟马高效的球孢白僵菌菌株筛选及产孢特性研究[J]. 中国生物防治学报, 2013, 29(2): 219-226.
- [14] 刘晓晨, 吴圣勇, 雷仲仁, 等. 不同温度下两株球孢白僵菌侵染西花蓟马的生长动力学及其毒力[J]. 中国农业科学, 2018, 51(8): 1484-1492.
- [15] 李娟, 吴圣勇, 王晓青, 等. 防治西花蓟马的球孢白僵菌菌株筛选及耐热性测定[J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(6): 845-852.
- [16] 张慧, 吴圣勇, 李娟, 等. 不同培养基继代培养球孢白僵菌对西花蓟马毒力和产孢量的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(15): 2977-2987.
- [17] 张亚平, 吴圣勇, 王海鸿, 等. 球孢白僵菌液体生长营养和培养条件优化[J]. 植物保护, 2014, 40(6): 87-93.
- [18] 张璐璐, 吴圣勇, 王帅宇, 等. 防治蓟马的球孢白僵菌 SDDZ-9 菌株液体发酵工艺优化[J]. 中国农业科学, 2015, 48(15): 2985-2994.
- [19] GB/T 21459.3-2008 真菌农药可湿性粉剂产品标准编写规范[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [20] 李银平. 防治蓟马的白僵菌剂型及应用技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2012.

- [21] 张璐璐. 防治西花蓟马的球孢白僵菌液固双相发酵条件优化[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [22] 李娟. 防治西花蓟马的白僵菌耐热性及可湿性粉剂研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015.
- [23] 张亚平. 防治蓟马的白僵菌营养和发酵条件研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [24] 刘晓晨. 西花蓟马感染球孢白僵菌后的生物学特性及基因表达分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [25] 张桃. 西花蓟马被球孢白僵菌侵染后的亚致死效应及其免疫相关基因分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016.
- [26] 吴圣勇, 雷仲仁, 李娟. 一种使熊蜂携带白僵菌孢子的方法、装置及其应用: 中国, ZL201310332809.X[P]. 2013.
- [27] 王海鸿, 王登杰, 张桃, 等. 一种球孢白僵菌菌株 GZGY-1-3 及其应用: 中国, ZL201410449467.4 [P]. 2014.
- [28] 王海鸿, 王登杰, 张桃, 等. 一种球孢白僵菌菌株 SCWJ-2 及其应用: 中国, ZL201410449469.3[P]. 2014.
- [29] 王海鸿, 雷仲仁, 问锦曾. 球孢白僵菌菌核的培养方法及其应用: 中国, ZL201110101663.9[P]. 2011.
- [30] Zhang T, Reitz S R, Wang H H, *et al.* Sublethal effects of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) on Life table parameters of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)[J]. Journal of Entomology, 2015, 108(3): 975-985.
- [31] Wu S Y, Gao Y L, Zhang Y P, *et al.* An Entomopathogenic strain of *Beauveria bassiana* against *Frankliniella occidentalis* with no detrimental effect on the predatory mite *Neoseiulus barkeri*: evidence from laboratory bioassay and scanning electron microscopic observation[J]. PloS ONE, 2014, 9(1): e84732.