

# 一种酶制剂对稻米农残的影响

姜心禄<sup>1,2</sup> 李旭毅<sup>1,2</sup> 池忠志<sup>1,2</sup> 吴茂力<sup>3</sup> 陈莉<sup>4</sup> 郑家国<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup> 四川省农业科学院作物研究所, 成都 610066; <sup>2</sup> 四川省德阳市水稻专家大院, 四川 广汉 618300; <sup>3</sup> 四川省原子能研究院, 成都 610101; <sup>4</sup> 成都尚食农业科技有限公司, 成都 610051; 第一作者: jxinlu679@126.com; \* 通讯作者: zhjguo580@126.com)

**摘要:** 农药残留影响稻米品质, 直接影响人们的身体健康。通过引进一种酶制剂, 研究了该试剂不同使用时期和使用量对稻米中农药残留的影响, 以集成稻米的安全生产技术。结果表明, 应用战氏生物转换酶制剂, 在总用量为 5 400 ~9 000 mL/hm<sup>2</sup> 时, 在水稻抽穗前 5 d 和齐穗后 5 d 各喷施叶面 1 次, 可以收到较好的降低农残的效果。该酶制剂在德优 4727、川优 6203 生产中适宜的使用量为 5 400 mL/hm<sup>2</sup> 以上, 能实现未检出农残的效果; 在宜香 2115、F 优 498 生产中适宜的使用量为 9 000 mL/hm<sup>2</sup> 时, 才能达到未检出农残的效果。

**关键词:** 酶制剂; 农药残留; 降解, 安全生产

**中图分类号:** S511.05 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2017)06-0076-04

在农业生产中, 由于农药的广泛使用, 成功防控了病虫害。但同时, 由于农药的使用, 也给农产品、植株体、农田生长环境带来了直接和间接的污染和危害。目前, 我国农药使用量超过 300 万 t<sup>[1]</sup>, 以农药防治为主要防治手段的面积超过 30 亿 hm<sup>2</sup>。主要农产品的农药残留超标率超过 20%。主要农产品特别是人畜使用的农产品的农药残留, 已经给人畜的生存造成了日益严重的危害<sup>[2-5]</sup>。

为了促进农产品安全生产, 保障人们的身体健康, 国家相继出台了多项鼓励支持安全生产的政策。同时, 加强科研, 研发新的更安全的生产技术和农药降解技术。酶是自然界存在的一种具有生物催化功能的高分子物质, 它们通过复杂的化学反应, 能催化、转移、分解特定的成分。因此, 通过寻找对某些特定元素具有定向催化、转移的酶, 可以有效的分解、转化农药成分。以多种近似酶的集合, 利用酶的稳定、转移、高效、不需要碳源、能耐受恶劣环境, 可以制成能降解多种农药成分的产品<sup>[6-10]</sup>。战氏生物转换酶是山东省威海市战氏生物转换酶制剂有限公司生产的一种酶制剂, 它利用特定的多种酶来降解农药成分, 降低农产品中的农药残留。为了研究该酶制剂在水稻生产中对稻米农残的影响, 2014-2016 年笔者在四川省广汉市和崇州市进行了相关研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验用酶制剂为威海市战氏生物转换酶制剂有限

公司生产的一种由战氏生物转化酶制成的液体。水稻品种为目前四川省水稻生产中应用面积较大且具有代表性的品种。

### 1.2 试验设计

#### 1.2.1 不同品种和酶制剂施用时期对稻米农残的影响

试验采用主裂区设计, 主处理(A)为战氏生物农残降解剂的使用时期: A1, 返青期; A2, 抽穗期; A3, 灌浆期; A4, CK; A5, 返青期+抽穗期; A6, 返青期+灌浆期; A7, 抽穗期+灌浆期; A8, 返青期+抽穗期+灌浆期。副处理为品种: 宜香优 2115(B1)和川优 6203(B2)。

战氏生物农残降解剂的用量按照每 hm<sup>2</sup> 每次 900 mL 对水 450 kg 均匀喷施叶面, 对照等量喷施清水。

试验于 2014 年、2015 年在四川现代农业产业(广汉)示范区(四川省广汉市连山镇锦花村一组)、崇州市隆兴镇黎坝村(成都市 10 万亩粮经高产高效示范区)按照同一方案进行。

广汉基地试验田前作小麦, 土质为沙壤土, pH 6.27, 全氮 0.20%, 有效氮 133.23 mg/kg, 全磷 0.09%, 有效磷 11.66 mg/kg, 全钾 1.71%, 有效钾 98.33 mg/kg, 有机质 23.08%, 镉 0.61 mg/kg。前作小麦 5 月 11 日收获。小麦收获时秸秆粉碎还田, 淹水后旋耕, 保水 3 d, 待水落干成“花花水”时施用底肥, 埋草提浆后插秧。试验于 4 月 13 日播种, 5 月 24 日移栽, 移栽规格 16.5

收稿日期: 2017-07-27

**基金项目:** 四川省科技厅应用基础项目(2014JY0252); 成都市科技惠民项目(2015-HM01-00002-SF)

表 1 不同品种和使用时期对稻米农残的影响

处理	I	II	III	IV	汇总
A1B1	Y	Y	Y	Y	Y4
A2B1	Y	N	Y	Y	Y3N1
A3B1	Y	Y	Y	Y	Y4
A4B1	Y	Y	Y	Y	Y4
A5B1	Y	N	Y	Y	Y3N1
A6B1	Y	Y	N	Y	Y3N1
A7B1	N	Y	Y	Y	Y3N1
A8B1	Y	N	Y	N	Y2N2
A1B2	Y	Y	Y	Y	Y4
A2B2	Y	N	Y	Y	Y3N1
A3B2	Y	Y	Y	Y	Y4
A4B2	Y	Y	Y	Y	Y4
A5B2	Y	Y	Y	N	Y3N1
A6B2	Y	N	Y	Y	Y3N1
A7B2	Y	Y	Y	N	Y3N1
A8B2	Y	N	Y	N	Y2N2

依据 GB2763-2014(GC,LC)检测,检出为 Y,未检出为 N。下同。

cm×30.0 cm。每 hm<sup>2</sup> 用复合肥(N、P、K 为 15-15-15,下同)375 kg、碳铵 375 kg 作底肥。全生育期施肥量:N 165 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 75 kg/hm<sup>2</sup>,氮肥中基肥、分蘖肥、穗肥比例为 6:2:2。

崇州基地试验田前作小麦,土质为沙壤土,pH 7.3,全氮 0.129%,有效氮 79.5 mg/kg,全磷 0.034%,有效磷 7.17 mg/kg,全钾 1.31%,有效钾 66 mg/kg,有机质 2.01%,镉 0.70 mg/kg。前作小麦 5 月 9 日收获。小麦收获时秸秆粉碎还田,淹水后旋耕,保水 3 d,待水落干成“花花水”时施用底肥,埋草提浆后插秧。试验于 4 月 13 日播种,5 月 25 日移栽,移栽规格 16.5 cm×30.0 cm。每 hm<sup>2</sup> 用复合肥 375 kg、碳铵 375 kg 作底肥,全生育期施肥量:N 165 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 75 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥中基肥、分蘖肥、穗肥比例为 6:2:2。

试验记载水稻生产的播种期、移栽期、齐穗期、收获期。试验收获时测产。稻谷晒干后 15 d,每区取混合稻谷样本碾米,取精米 600 g 送诺安实力可商品检验(青岛)有限公司依据 GB2763-2014 (GC)、GB2763-2014(LC)对稻米的农残进行农残全扫套餐(GC,LC)检测。

试验数据和分析测试结果 2 年均较接近,本文以 2014 年广汉基地试验数据采用 Excel、DPS 14.5 软件进行方差分析。

1.2.2 酶制剂的施用量对不同品种稻米农残的影响

试验采用主裂区设计,主处理(E)为酶制剂的施用量:E1,总用量 9 000 mL/hm<sup>2</sup>,分 2 次喷施,每次 4 500

mL/hm<sup>2</sup> 对水 450 kg;E2,总施用量 5 400 mL/hm<sup>2</sup>,分 2 次喷施,每次 2 700 mL/hm<sup>2</sup> 对水 450 kg;E3,总施用量 2 700 mL/hm<sup>2</sup>,分 2 次喷施,每次 1 350 mL/hm<sup>2</sup> 对水 450 kg;E4,CK,每次喷施等量清水。酶制剂在水稻抽穗前 5 d、齐穗后的第 5 d 进行叶面喷施。副处理(F)为品种。F1 为宜香 2115;F2 为德优 4727;F3 为川优 6203;F4 为 F 优 498。3 次重复,小区面积 15 m<sup>2</sup>。

试验于 2015 年、2016 年在崇州市隆兴镇黎坝村进行。前作小麦 5 月 11 日收获。小麦收获时秸秆粉碎还田,淹水后旋耕,保水 3 d,待水落干成“花花水”时施用底肥,埋草提浆后插秧。试验于 4 月 10 日播种,5 月 25 日移栽,移栽规格 16.5 cm×30.0 cm。每 hm<sup>2</sup> 施复合肥 375 kg、碳铵 375 kg 作底肥。全生育期施肥量:N 165 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 75 kg/hm<sup>2</sup>,氮肥中基肥、分蘖肥、穗肥比例为 6:2:2。

试验记载水稻的播种期、移栽期、齐穗期、收获期。收获时测产。稻谷晒干后 15 d,每小区取混合稻谷样本碾米,取精米 600 g 送诺安实力可商品检验(青岛)有限公司依据 GB2763-2014(GC)、GB2763-2014(LC)对稻米的农残进行农残全扫套餐(GC,LC)检测。

根据 GB2763-2014(GC,LC)对各项指标的要求,对低于限制指标的标示为未检出,高于限制值的以实际检测数值标出。为方便统计,高于限制值的标识为检出。

试验数据和分析测试结果 2 年接近,本文均以 2016 年试验数据采用 Excel、DPS 14.5 软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 品种和酶制剂施用时期对稻米农残的影响

2.1.1 该酶制剂降低农残有效,但不够好,品种间农残降解效果的差异较小

从表 1 可见,使用 1 次酶制剂的 A1、A2、A3 处理中,4 次重复的样本中有 3 次甚至 4 次重复都有农残检出;使用 2 次酶制剂的 A5、A6、A7 处理中,有 1 次重复没有农残检出;使用 3 次酶制剂的 A8 处理有 2 次重复没有农残检出。宜香优 2115、川优 6203 的农残降解效应虽然存在一定的差异,但趋势一致,均表现为使用 3 次的处理效果好于使用 2 次的处理,只使用 1 次的处理效果较差。试验两个品种 4 次重复且分别在广汉、崇州两地的检测结果高度一致,但是对于农残的降低都没有达到较好的效果。在使用 2 次、3 次的处理中,

表 2 农残检出的药剂分析

处理	三唑磷	毒死蜱	丙环唑	腐霉利	多效唑	噻虫嗪
A1B1	N	N	Y	N	N	N
A2B1	N	N	Y	Y	N	N
A3B1	N	N	Y	Y	N	N
A4B1	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A5B1	N	N	Y	Y	N	N
A6B1	N	N	Y	Y	N	Y
A7B1	N	N	Y	Y	N	Y
A8B1	N	N	Y	N	N	Y
A1B2	N	N	N	N	N	N
A2B2	N	N	N	Y	N	N
A3B2	N	N	Y	Y	N	N
A4B2	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A5B2	N	N	N	Y	N	N
A6B2	N	N	Y	Y	N	Y
A7B2	N	N	Y	Y	N	Y
A8B2	N	N	Y	N	N	Y

表 3 不同酶制剂用量对 4 个品种稻米农残降解的效应比较

使用量 (mL/hm <sup>2</sup> )	品种	处理	I	II	III	IV	汇总
9 000	宜香 2115	E1F1	N	N	N	N	N4
	德优 4727	E1F2	N	N	N	N	N4
	川优 6203	E1F3	N	N	N	N	N4
	F 优 498	E1F4	N	N	N	N	N4
5 400	宜香 2115	E2F1	N	Y	N	N	Y1N3
	德优 4727	E2F2	N	N	N	N	N4
	川优 6203	E2F3	N	N	N	N	N4
	F 优 498	E2F4	Y	N	N	N	Y1N3
2 700	宜香 2115	E3F1	Y	Y	Y	Y	Y4
	德优 4727	E3F2	Y	Y	Y	N	Y3N1
	川优 6203	E3F3	N	Y	Y	Y	Y3N1
	F 优 498	E3F4	Y	Y	Y	Y	Y4
0	宜香 2115	E4F1	Y	Y	Y	Y	Y4
	德优 4727	E4F2	Y	Y	Y	Y	Y4
	川优 6203	E4F3	Y	Y	Y	Y	Y4
	F 优 498	E4F4	Y	Y	Y	Y	Y4

有 1~2 个样本农残未检出。研究认为,这可能与该酶制剂使用量不足有关,需要加大使用量。

2.1.2 对杀虫剂的降解效果较好,对杀菌剂的降解效果次之

从表 2 可见,该酶制剂对杀虫剂的降解效果较好,但对杀菌剂的效果要差一些。三唑磷、毒死蜱未检出,噻虫嗪有部分检出,腐霉利和丙环唑多数检出,且多数样本中丙环唑残留量超过 0.05 mg/kg。分析认为,这可能与丙环唑使用时间较晚有关,试验中由于天气和病害发生原因,于 8 月 17 日才喷施丙环唑,而 9 月 4 日试验水稻即收获。

2.2 酶制剂的使用量对不同品种稻米农残的影响

2.2.1 该酶制剂的降解作用具有剂量效应,用量越大降解作用越强

从表 3 可见,酶制剂用量达到 9 000 mL/hm<sup>2</sup> 时,4 个品种 4 次重复全部没有农残检出。随着使用量的降低,农残降解的效果降低。使用量降低到 5 400 mL/hm<sup>2</sup> 时,参试品种中有 2 个品种有农残检出。使用量降低到 2 700 mL/hm<sup>2</sup> 时,参试品种均有农残检出。

2.2.2 不同品种对酶制剂的用量反应存在差异

对不同品种而言,酶制剂使用量达到 9 000 mL/hm<sup>2</sup> 时,所有品种稻米农残未检出。但随着使用量的降低,一些品种稻米有农残检出,且不同品种间存在差异。具体表现为德优 4727、川优 6203 在酶制剂用量达到 5 400 mL/hm<sup>2</sup> 时未检出,但使用量再降低,即有农残检出;而宜香 2115、F 优 498 在酶制剂使用量达到 9 000 mL/hm<sup>2</sup> 时,才能达到农残未检出(表 3)。

3 讨论与结论

农药虽然可以有效的进行病虫害防治,但也造成了农产品中的农药残留和生产环境的污染<sup>[8]</sup>,直接或间接影响人们的健康。加快农药降解是广大科研工作者一直在努力的方向。目前常用的降解农药的方法有物理降解、化学降解、生物降解等多种方法<sup>[9]</sup>。其中,生物降解中微生物、降解酶、工程菌等方法的研究在近年得到长足的发展。通过一些特定的稳定的酶,以酶的专一性和多样性,可以利用性质近似的多种酶集合制成特定的农残降解剂,能通过酶的增殖、分解,可以转化、降解农药残留。而且,酶不需要碳源,一些还能耐受±50℃甚至更高的温度、盐碱环境,降解效果远胜于微生物本身<sup>[11-13]</sup>。

本试验选用的战氏生物转换酶虽然限于知识产权原因未有关于成分的介绍,但近年在蔬菜、水果、茶叶等上都有相关的研究报道<sup>[14-17]</sup>。笔者只能结合同行业的研究情况和近年的研究报道,对本试验的研究进行分析。

2014 年的研究结果表明,在本试验条件下,水稻生产中采用资料介绍的 500 倍稀释液叶面喷施的方法,并未能收到较好的农残降解效果。根据研究结果调整后的使用量和使用方法,经检测,应用该酶制剂能显著降低稻米中的农残,甚至达到未检出的效果。说明应用该酶制剂可以实现稻米的安全生产。

本研究结果表明,应用战氏生物转换酶制剂,以 5 400~9 000 mL/hm<sup>2</sup> 使用量时,在水稻抽穗前 5 d 和齐

穗后 5 d 对水 450 kg 等量各叶面喷施 1 次, 可以收到较好的降低农残的效果。以 GB2763-2014(GC、LC)为检测标准测定农残指标, 德优 4727、川优 6203 适宜的酶制剂使用量为 5 400 mL/hm<sup>2</sup> 以上, 能达到未检出农残的效果。宜香 2115、F 优 498 适宜的酶制剂使用量为 9 000 mL/hm<sup>2</sup> 时, 才能达到未检出农残的效果。

### 参考文献

- [1] 钱伯章. 我国农药产量跃居世界第一 [J]. 农药研究与应用, 2008 (2): 18.
- [2] 雷国明. 农药残留的危害和降解[J]. 植物医生, 2007(2): 51-52.
- [3] 赵丹彤. 有机磷农药检测方法研究进展 [J]. 生物技术世界, 2014 (1): 34-34.
- [4] 裴亮, 张体彬, 赵楠, 等. 有机磷农药降解方法及应用研究新进展 [J]. 环境工程, 2011, 29(S1): 273-277.
- [5] 尹芳, 张无敌, 周盼, 等. 新型生物农药残留物降解剂研发及其潜在前景展望[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 157-159.
- [6] 杜静波, 周月凤. 农作物药害的预防及补救 [J]. 现代农业科技, 2009(2): 112-113.
- [7] 刘艳, 王丽华, 王玉灿. 农药对土壤环境的影响及其去除[J]. 能源与环境, 2007(6): 67-69.
- [8] 李玉国, 陈凤琴, 史秀娟. 土壤环境污染研究[J]. 中国人口资源与环境, 2010(5): 197-200.
- [9] 魏敏, 李玉江. 微生物降解土壤残留农药的研究进展[J]. 山东化工, 2007(36): 15-18.
- [10] 陈少华, 罗建军, 林庆胜. 农药残留降解方法研究进展[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(1): 343-345.
- [11] 潘玉娟, 尹芳, 张无敌, 等. 有机磷降解剂对生菜农残降解效果分析[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(32): 136-138.
- [12] 李玉梅, 王根林, 于洪久, 等. 土壤农药残留微生物降解研究进展 [J]. 北方园艺, 2007(4): 72-74.
- [13] 刘建利. 有机磷农药残留微生物降解的研究现状[J]. 广东农业科学, 2010(2): 107-110.
- [14] 于军华. 战氏生物农残降解剂对玉米药害的缓解效果[J]. 黑龙江农业科学, 2014(6): 75-76.
- [15] 王丽娟, 张彩庆, 冯树音, 等. 人参喷施“战氏生物农残降解剂”效果的试验[J]. 吉林林业科技, 2010(4): 34-36.
- [16] 贺泽英, 刘潇威. 农产品中农药残留分析技术研究进展[J]. 农业资源与环境学报, 2016, 33(4): 310-319.
- [17] 胡春华, 陈禄禄, 李艳红, 等. 环鄱阳湖区水稻-土壤有机氯农药污染及健康风险评估[J]. 环境化学, 2016, 35(2): 355-363.

## Effect of Enzyme Reagent on Pesticide Residue of Rice

JIANG Xinlu<sup>1,2</sup>, LI Xuyi<sup>1,2</sup>, CHI Zhongzhi<sup>1,2</sup>, WU Maoli<sup>3</sup>, CHEN Li<sup>4</sup>, ZHENG Jiaguo<sup>1,2\*</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Crop Science, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China; <sup>2</sup>Courtyard of Rice Experts in Deyang City, Guanghan, Sichuan 618300, China; <sup>3</sup>Sichuan Institute of Atomic Energy, Chengdu 610101, China; <sup>4</sup>Chengdu Shangshi Agricultural Science and Technology Co., Ltd., Chengdu 610051, China; 1st author: jxinlu679@126.com; \*Corresponding author: zhjguo580@126.com)

**Abstract:** There are great effects of pesticide residues on rice quality and people's health. Through the introduction of an enzyme reagent, a study was carried out to explore the effects of using time and dosage of the reagent on pesticide residue in rice. The results showed that the suitable dosage of the enzyme reagent was 5 400~9 000 mL/hm<sup>2</sup> and applied in 5 days before heading and after heading, could reduce the pesticide residue, different varieties had different suitable dosages.

**Key words:** enzyme preparation; pesticide residue; degradation; safety production

## 《稻之路》书讯

本书提出了设立稻花为中国国花的构想,并详细讨论了其理由,对水稻的作用和地位进行了叙述,概述和新描绘了水稻起源和传播路线图,概述了稻之路——一条源远流长的生命之路和不断开拓创新的发展之路,包括水稻品种、栽培、碾米、煮饭等的简要发展史,列表介绍了我国认定超级稻品种以来的全部超级稻品种的名单和选育单位等信息。概述了稻与中国、日本、印度等东南亚、南亚主要国家社稷和我国粮政的发展的关系,概述和讨论了稻米价格的历史影响和今后调控的对策,概述和展望了稻米品牌的发展及水稻转基因技术和应用的现状和发展,概述了稻与汉字和艺术,探讨了水稻从物质到精神——中国精神的概念及稻的信仰与祭祀,最后讨论了新发展理念发展稻米粮食生产,确保供求平衡、生态美丽。

本书定价:46.00 元。需要者可汇款到《中国稻米》编辑部购买。

(地址:杭州市富阳区新桥水稻所路 28 号,电话:0571-63370271,邮编:311400,户名:中国水稻研究所,开户行:中国建设银行浙江省富阳支行,账号:33001617235050004535(共 20 位),汇款请注明购《稻之路》书。

