

生物肥对氯嘧磺隆残留的降解及对水稻生长的影响^{*}

王彦杰 左豫虎 荆瑞勇 高亚梅 王伟东^{**}

(黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院 大庆 163319)

摘 要 为筛选具有降解氯嘧磺隆残留和作物增产效果的优质生物肥,采用田间小区模拟试验,研究了不同浓度氯嘧磺隆施用下,3种生物肥对氯嘧磺隆残留的降解及对水稻生长的影响。结果表明,供试的农大生物菌剂、世绿环保生物肥和农大生物肥对施用量分别为 $3\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $6\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的氯嘧磺隆残留均有降解作用,对施用量为 $6\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的氯嘧磺隆残留的降解率分别为 61.5%、58.3%和 62.7%,比自然降解率分别高 17.8%、14.6%和 19.0%。土壤中氯嘧磺隆施用量为 $0.03\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时即对水稻株高、穗长、结实率和产量性状产生明显影响,氯嘧磺隆施用量越大药害影响越显著。3种供试生物肥均可解除 $0.03\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 氯嘧磺隆的残留对水稻产量的影响,但随氯嘧磺隆施用量的增加,供试生物肥虽可减轻药害影响,但不能完全解除残留药害。农大生物菌剂和农大生物肥解除氯嘧磺隆残留药害能力高于世绿环保生物肥。田间氯嘧磺隆的施用量小于 $0.03\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,施用供试的3种生物肥均可保证水稻生产安全。

关键词 生物肥 氯嘧磺隆 农药残留 降解率 水稻

中图分类号: S144.1; X131.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2010)04-0852-04

Effect of three bio-fertilizers on degradation of chlorimuron-ethyl residue and rice growth

WANG Yan-Jie, ZUO Yu-Hu, JING Rui-Yong, GAO Ya-Mei, WANG Wei-Dong

(College of Life Science and Technology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract A plot experiment was conducted to investigate the effects of Nongda bio-agent (NBA), Shilu bio-fertilizer (SBF) and Nongda bio-fertilizer (NBF) on chlorimuron-ethyl residue degradation and rice growth under different concentrations of chlorimuron-ethyl. Results show that the three bio-fertilizers degrade $3\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $6\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorimuron-ethyl residues in soils. Degradation rates of $6\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorimuron-ethyl by the three bio-fertilizers are respectively 61.5%, 58.3% and 62.7%, which are 17.8%, 14.6% and 19.0% higher than those under natural conditions. Plant height, ear length, seed setting rate and rice yield are significantly influenced by $0.03\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorimuron-ethyl. The symptoms of phytotoxicity deteriorate with increasing chlorimuron-ethyl concentration. The three bio-fertilizers tends to eliminate negative effects on rice yield induced by $0.03\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ chlorimuron-ethyl. However, though chlorimuron-ethyl phytotoxicity is not effectively degraded by the three bio-fertilizers with increasing application, phytotoxicity is significantly alleviated. Chlorimuron-ethyl bio-degradability by SBF is inferior to that by the other two bio-fertilizers. Application of the three bio-fertilizers guarantees safe production of rice at chlorimuron-ethyl application rate below $0.03\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Key words Bio-fertilizer, Chlorimuron-ethyl, Pesticide residue, Degradation rate, Rice

(Received March 5, 2010; accepted May 10, 2010)

氯嘧磺隆是黑龙江省大豆产区应用面积较大的除草剂品种之一,因价格低、活性高,对大豆高度安全,杀草谱广,尤其对苣荬菜、刺菜等恶性杂草效果好而被广泛使用。但其缺点是在自然环境中的半衰

期较长,对后茬敏感作物造成的药害严重^[1-3]。受害作物的药害症状主要是生长缓慢,生长点坏死,分枝及茎基部老化,节间缩短,植株矮化,成熟期推迟,甚至全株死亡^[4]。利用微生物原位技术可以很好

^{*} 黑龙江省科技厅国际科技合作项目(WC02208)、黑龙江省科技计划项目(GB08B502)、黑龙江省教育厅海外学人重点项目(1054HZ026)和黑龙江农垦总局科技攻关项目(HNKXIV-01-13)资助

^{**} 通讯作者, E-mail: wwdcyy@126.com

王彦杰(1972~),男,汉族,硕士研究生,副教授,主要从事农业废弃物资源化方面的研究。E-mail: wangyanjie1972@163.com

收稿日期: 2010-03-05 接受日期: 2010-05-10

地解决氯嘧磺隆在土壤中的残留问题^[5]。但目前氯嘧磺隆生物降解的研究多集中在菌种筛选及降解特性等方面^[4,6], 实际应用的报道较少。因此, 研究解决氯嘧磺隆残留药害切实可行的措施对扩大氯嘧磺隆在大豆生产中的应用, 减少农药残留污染和降低对后茬作物药害具有重要意义。荆瑞勇等^[7]研究了本试验供试的生物肥在不同氯嘧磺隆应用浓度下对水稻土壤微生物数量和土壤酶活性的影响, 发现3种生物肥在不同氯嘧磺隆应用浓度下对土壤细菌、真菌和放线菌数量产生不同的影响, 但均提高了土壤尿酶活性。为进一步明确供试生物肥在氯嘧磺隆污染土壤上应用于水稻生产的可行性, 本文通过小区模拟不同水平氯嘧磺隆的残留量, 进一步研究了供试生物肥对氯嘧磺隆残留的降解及对水稻生长的影响, 以期筛选出具有降解、增效作用的优质生物肥, 为大田作物安全生产提供保证。

1 材料与方法

1.1 试验材料

生物肥所用菌种 *Pseudomonas pulida* 和 *Enterobacter cloacae* 为黑龙江省科技厅国际科技合作项目(WC02208)引进菌种。供试生物肥为农大生物菌剂(成分为 *P.pulida* 和 *E.cloacae* 的发酵菌液, 有效活菌数 $2.0 \text{ 亿} \cdot \text{mL}^{-1}$)、世绿环保生物肥(含 *P.pulida* 有效活菌数 $1.0 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$, 所用载体为腐熟的牛粪、腐殖酸、白黏土, 比例为 5:3:2)和农大生物肥(含 *E. cloacae* 有效活菌数 $1.0 \text{ 亿} \cdot \text{g}^{-1}$, 载体及比例同世绿环保生物肥), 均由黑龙江省牡丹江农垦世绿肥业有限公司提供。20%氯嘧磺隆可湿性粉剂, 由沈阳化工研究院试验厂生产。供试水稻品种为“垦鉴稻10号”, 生育期128 d, 主茎11叶。供试土壤为草甸黑钙土, 土壤基本肥力状况为: 有机质 $30.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 碱解氮 $178.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 有效磷 $25.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $257.4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 7.88。

1.2 试验设计

试验于2008年在黑龙江八一农垦大学实验基地进行, 小区面积为 16 m^2 , 采用二因素完全随机区组设计。供试生物肥施用时期为水稻移栽后, 农大生物菌剂施用量为 $7500 \text{ mL} \cdot \text{hm}^{-2}$, 世绿环保生物肥和农大生物肥施用量均为 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 以不施生物肥为对照。氯嘧磺隆在水稻移栽前施用, 将氯嘧磺隆与水稻田耕层土壤混合, 施用量设 0、0.03 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、0.3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 6 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 5个水平。二因素组合共20个处理, 3次重复。试验小区土壤供肥水平相同, 用量为尿素 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、磷酸二铵 $105 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、硫酸钾 $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; 其中

氮肥50%作基肥, 30%作蘖肥, 20%作穗肥, 磷肥和钾肥全部作基肥。5月28日插秧, 每小区插400穴, 每穴3株。整个生育期按当地大田生产标准方式管理。

1.3 氯嘧磺隆残留量分析及成熟期水稻株高、穗长、结实率和产量测定

移栽后25 d 取水稻根际土壤30 g, 采用宋艳宇^[8]的方法对氯嘧磺隆施用量为 3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 6 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的土壤进行氯嘧磺隆的提取和测定。HPLC 仪器及检测条件: Shimadzu LC2010HT 高效液相色谱仪、LCsolution 色谱工作站(日本岛津)。色谱柱为 Venus C₁₈ 柱(4.6 mm×150 mm, 5 μm , 大连科瑞科技有限公司), 检测波长为 243 nm; 流动相为甲醇-水(30:70); 柱温为 25 $^{\circ}\text{C}$, 流速 $0.7 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, 进样量 10 μL 。氯嘧磺隆的保留时间为 4 min 左右。

收获后各小区进行室内考种、测产。数据处理采用 SPSS13.0 软件。

2 结果与分析

2.1 氯嘧磺隆标准曲线及土壤中最小检出量测定

称取氯嘧磺隆标准品 0.010 0 g, 用流动相定容至 100 mL, 配制成 $100 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的标准母液, 将母液稀释成 0.05 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、0.10 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、0.15 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、0.20 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、0.25 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 系列标准溶液, 按照上述色谱条件测定, 得到色谱图, 以进样量为横坐标, 峰面积为纵坐标, 绘制标准曲线, 其直线回归方程为 $y = 4413.8x - 77.9$, 相关系数 $r = 0.9997$ 。通过此回归方程计算土壤中氯嘧磺隆的最小检出量及氯嘧磺隆在土壤中的残留量。

在所设定的仪器条件下, 以氯嘧磺隆最小进样量峰高为噪声2倍时作为氯嘧磺隆最小检出量^[8], 此时峰面积为2000, 通过上式计算得出土壤中氯嘧磺隆最小检出量为 0.47 ng。供试 30 g 土壤浸提后得到 1 mL 氯嘧磺隆浸提液, 取 10 μL 进行氯嘧磺隆含量分析, 峰面积低于 2000 的处理结果为未检出氯嘧磺隆, 经计算土壤中氯嘧磺隆最小检出浓度为 $1.57 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

2.2 不同生物肥处理对氯嘧磺隆在土壤中残留量的影响

移栽后25 d 氯嘧磺隆在土壤中残留量的测定结果见表1。氯嘧磺隆施用量为 0.3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下时, CK 与施用生物肥处理的氯嘧磺隆浓度均低于最低检出浓度 $1.57 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 故未对氯嘧磺隆施用量为 0.3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以下处理进行残留量检测。在氯嘧磺隆用量为 3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, CK 的氯嘧磺隆残留检出量为 $1.71 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 降解率为 43.0%, 说明氯嘧磺隆在土壤中存在自然降解作用。在此浓度下, 3 种生物肥处

表 1 3 种生物肥对土壤中氯嘧磺隆的降解效果

Tab. 1 Degrading effects of three bio-fertilizers on chlorimuron-ethyl in soil

氯嘧磺隆 施用量 Application amount of chlorimuron-ethyl ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	不施生物肥 CK		农大生物菌剂 Nongda bio-agent		世绿环保生物肥 Shilu bio-fertilizer		农大生物肥 Nongda bio-fertilizer	
	检出量 Detected amount ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	降解率 Degradation rate (%)	检出量 Detected amount ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	降解率 Degradation rate (%)	检出量 Detected amount ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	降解率 Degradation rate (%)	检出量 Detected amount ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	降解率 Degradation rate (%)
3	1.71	43.0	< 1.57	—	< 1.57	—	< 1.57	—
6	3.38	43.7	2.31	61.5	2.50	58.3	2.24	62.7

理均未检出氯嘧磺隆的残留,可见 3 种生物肥均促进了氯嘧磺隆的降解。在氯嘧磺隆用量为 $6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,CK 的降解率为 43.7%,而施用农大生物菌剂、世绿环保生物肥和农大生物肥的氯嘧磺隆降解率分别为 61.5%、58.3%和 62.7%,比自然降解率分别增高 17.8%、14.6%和 19.0%。可见供试 3 种生物肥对施用量为 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的氯嘧磺隆均有降解作用。

2.3 不同生物肥处理对水稻株高与穗长的影响

从表 2 可以看出,随氯嘧磺隆施用量增加,不同处理的水稻株高、穗长均呈下降趋势。不施生物肥时,氯嘧磺隆施用量 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时水稻株高显著低于不施用氯嘧磺隆处理,说明氯嘧磺隆施用量 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时的残留量严重影响了水稻株高。农大生物菌剂和农大生物肥在氯嘧磺隆施用量为 $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、世绿环保生物肥在氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,水稻株高与相应的不施用氯嘧磺隆处理差异不显著,说明农大生物菌剂和农大生物肥可有效解除 $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氯嘧磺隆的残留对水稻株高的影响,世绿环保生物肥可有效解除 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氯嘧磺隆的残留对水稻株高的影响。不施用氯嘧磺隆时,世绿环保生物肥可显著提高水稻的株高,另两种生物肥对水稻株高无显著影响。氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,与不施肥 CK 相比 3 种生物肥对水稻株高无显著影响。氯嘧磺隆施用量为 $0.3 \sim 6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,与 CK 相比,农大生物菌剂和农大生物肥处理的水稻株高增加显著。氯嘧磺隆施用量为 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,世绿环保生物肥处理也显

著提高了水稻株高。说明供试 3 种生物肥在一定氯嘧磺隆施用量下均可提高受药害水稻的株高。

氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,CK 和施用世绿环保生物肥、农大生物肥处理的穗长与不施用氯嘧磺隆相比均呈显著下降趋势,表明水稻穗的生长在此浓度下即开始明显受到药害影响,世绿环保生物肥和农大生物肥不能解除此浓度氯嘧磺隆的残留对水稻穗长的影响。农大生物菌剂在氯嘧磺隆施用量达到 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,与不施用氯嘧磺隆处理的水稻穗长相比差异不显著,说明农大生物菌剂可以有效解除施用量达到 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时氯嘧磺隆的残留对水稻穗长的影响。不施用氯嘧磺隆时,与 CK 相比,世绿环保生物肥和农大生物肥可显著提高水稻穗长。氯嘧磺隆施用量在 $0.03 \sim 6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,3 种生物肥在同一氯嘧磺隆施用量下,与 CK 相比,水稻穗长均显著增加,说明 3 种生物肥可降低氯嘧磺隆药害作用,增加水稻的穗长。

2.4 不同生物肥处理对水稻结实率与产量的影响

从表 3 可以看出,随氯嘧磺隆施用量的增加,不同生物肥处理的水稻结实率均呈逐渐下降趋势。不施生物肥时,氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的水稻结实率显著下降,说明氯嘧磺隆施用量 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的残留量严重影响了水稻结实率。农大生物菌剂和世绿环保生物肥在氯嘧磺隆施用量 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、农大生物肥在氯嘧磺隆施用量 $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,水稻结实率与不施用氯嘧磺隆处理差异不显著,说明 3 种生物肥解除了相应施用量氯嘧磺隆残留对水稻结实率的影响。在氯嘧磺隆施用量为 $0 \sim 6$

表 2 3 种生物肥对不同氯嘧磺隆施用量下水稻株高与穗长的影响

Tab. 2 Effects of three bio-fertilizers on the rice height and ear length under different chlorimuron-ethyl application amounts

氯嘧磺隆施用量 Application amount of chlorimuron-ethyl ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	株高 Height (cm)				穗长 Ear length (cm)			
	不施生物肥 CK	农大生物菌剂 Nongda bio-agent	世绿环保生物肥 Shilu bio-fertilizer	农大生物肥 Nongda bio-fertilizer	不施生物肥 CK	农大生物菌剂 Nongda bio-agent	世绿环保生物肥 Shilu bio-fertilizer	农大生物肥 Nongda bio-fertilizer
0	58.6Ab	61.8Aab	66.5Aa	62.0Aab	14.4Ab	15.2ABab	16.3Aa	15.6Aa
0.03	54.5Ba	60.8Aa	63.1Aa	59.4ABa	13.5Bc	15.3Aa	14.3Bb	14.3Bb
0.3	53.4Bb	57.4Aa	52.2Bb	58.5ABa	12.5Cb	14.2Ba	13.4Ca	14.0Ba
3	43.5Cc	51.0Ba	52.6Bb	55.7Bab	10.3DCc	14.3ABa	13.1Cb	12.6Cb
6	37.5Cc	45.9Bb	50.5Ba	49.0Cab	10.7DCc	11.6Cb	12.9Ca	12.1Cb

不同大写字母表示不同氯嘧磺隆施用量处理间差异显著 ($P < 0.05$), 不同小写字母表示不同生物肥处理间差异显著 ($P < 0.05$), 下同。Different capital letters mean significant difference ($P < 0.05$) among treatments of chlorimuron-ethyl application amount; different small letters mean significant difference ($P < 0.05$) among treatments of biological fertilizers. The same below.

表3 3种生物肥对不同氯嘧磺隆施用量下水稻结实率与产量的影响

Tab. 3 Effects of three bio-fertilizers on the rice setting rate and yield under different chlorimuron-ethyl application amounts

氯嘧磺隆施用量 Application amount of chlorimuron-ethyl ($\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	结实率 Seed setting rate (%)				产量 Yield ($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$)			
	不施生物肥 CK	农大生物菌剂 Nongda bio-agent	世绿环保生物肥 Shilu bio-fertilizer	农大生物肥 Nongda bio-fertilizer	不施生物肥 CK	农大生物菌剂 Nongda bio-agent	世绿环保生物肥 Shilu bio-fertilizer	农大生物肥 Nongda bio-fertilizer
0	96.6Ac	98.2Aa	97.2Ab	97.6Ab	256.3Ac	277.8Aa	268.9Ab	273.4Ab
0.03	95.8Bb	97.9Aa	97.0Aa	97.8Aa	208.3Bb	271.2Aa	269.9Aa	271.4Aa
0.3	96.0Bc	97.3Ba	96.3Bb	97.7Aa	199.1Bb	218.8Ca	216.7Ba	199.0Bb
3	94.7Cd	97.3Bb	96.4Bc	96.5Ba	128.4Cc	220.0Ca	205.1Cb	203.4Cb
6	94.5Cc	96.9Ba	96.3Bb	96.5Bb	121.7Dc	141.5Dab	125.5Dbc	153.8Da

$\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 范围内, 施用 3 种生物肥处理与 CK 相比均显著提高了水稻结实率。

随氯嘧磺隆用量的增加, 不同处理的水稻产量均呈下降趋势。在不施生物肥时, 氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时水稻产量显著下降, 说明 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氯嘧磺隆的残留量对水稻产量产生了显著影响。3 种生物肥在氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 水稻产量与不施氯嘧磺隆处理差异不显著, 说明供试生物肥可有效解除 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 氯嘧磺隆的残留对水稻产量的影响。但随氯嘧磺隆施用量的增加($0.3 \sim 6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), 施用生物肥处理的水稻产量显著低于不施氯嘧磺隆处理, 表明供试生物肥不能解除氯嘧磺隆施用量大于 $0.3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时对水稻产量的影响。在氯嘧磺隆施用量为 $0 \sim 6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 范围内, 施用 3 种生物肥处理与 CK 相比总体呈现提高水稻产量的趋势。

3 结论

氯嘧磺隆用量为 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 施用 25 d 后的土壤残留检出量分别为 $1.71 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $3.38 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 降解率分别为 43.0% 和 43.7%, 这与磺酰类除草剂在土壤中存在非酶促的生物降解、光化学分解及水解作用相关^[9-10]。供试的 3 种生物肥对施用量为 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的氯嘧磺隆均有加速降解的作用, 在施用量为 $6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 农大生物菌剂、世绿环保生物肥和农大生物肥处理的土壤中氯嘧磺隆降解率分别比自然降解率高 17.8%、14.6% 和 19.0%。低于 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的氯嘧磺隆处理因仪器最小检出量限制, 未检测到氯嘧磺隆残留。

东北地区大豆田氯嘧磺隆正常用量为 $15 \text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$ (折合土壤含量为 $10 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)^[11], 经过 1 年的自然降解后, 虽然采用高效液相色谱法已检测不到氯嘧磺隆 (低于最低检出浓度)^[12], 但若进行旱改水后氯嘧磺隆残留对水稻药害时有发生^[13-14]。本试验土壤中氯嘧磺隆施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时对水稻生长即产生明显的影响, 随施用量增加, 水稻受药害症状明显加重, 株高、穗长、结实率和产量也随之下降。3 种生物肥可解除施用量为 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$

氯嘧磺隆对水稻产量的影响; 随氯嘧磺隆施用量加大, 供试生物肥无法解除氯嘧磺隆对水稻产量的影响, 但可增加受药害水稻成熟期的株高、穗长和结实率。本试验结果表明, 田间氯嘧磺隆施用量小于 $0.03 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 施用供试的 3 种生物肥均可安全地进行水稻生产。农大生物菌剂和农大生物肥的解药害能力好于生物世绿环保生物肥, 这与分蘖期 3 种生物肥对氯嘧磺隆的降解率一致。

不施用氯嘧磺隆时, 3 种生物肥均可促进水稻生长和提高产量, 这是生物肥的肥料效应引起的。

参考文献

- [1] 王哲, 孙继全, 马吉平, 等. 氯嘧磺隆降解菌株 LW-3 的分离及生物学特性研究[J]. 微生物学通报, 2008, 35(12): 1899-1904
- [2] 滕春红, 陶波. 氯嘧磺隆高效降解真菌 F8 的分离和鉴定[J]. 土壤通报, 2008, 39(5): 1160-1163
- [3] 黄春艳, 陈铁宝, 王宇, 等. 氯嘧磺隆土壤中降解动态研究[J]. 植物保护, 2001, 27(3): 15-17
- [4] 李丽, 谢明, 周淑云, 等. 氯嘧磺隆高效降解细菌的分离与筛选[J]. 中国生物防治, 2009, 25(1): 70-73
- [5] 张蓉, 岳永德, 花日茂, 等. 磺酰脲类除草剂在环境中的转归和影响[J]. 安徽农业科学, 2003, 31(6): 1007-1009
- [6] 任洪雷, 滕春红, 韩玉军, 等. 豆田除草剂氯嘧磺隆残留降解菌(*Saccharomyces cerevisiae*)培养条件的研究[J]. 作物杂志, 2009(3): 44-47
- [7] 荆瑞勇, 王彦杰, 王丽艳, 等. 生物肥和氯嘧磺隆对水稻土壤微生物和土壤酶活性的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2009, 21(4): 20-24
- [8] 宋艳宇. 氯嘧磺隆在大豆田的残留动态及其降解菌的特性研究[D]. 长春: 吉林农业大学, 2006: 11-14
- [9] Sanyal N, Pramanik S K, Pal R, et al. Laboratory simulated dissipation of metsulfuron methyl and chlorimuron ethyl in soils and their residual fate in rice, wheat and soybean at harvest[J]. Journal of Zhejiang University: Science B, 2006, 7(3): 202-208
- [10] 朗印海, 蒋新, 赵其国, 等. 土壤中磺酰脲除草剂降解机制研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 98-101
- [11] 滕春红, 陶波. 氯嘧磺隆对土壤微生物类群及土壤呼吸强度的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 384-387
- [12] 辛颖, 纪明山, 黄媛媛, 等. 大豆田土壤中氯嘧磺隆残留动态研究[J]. 杂草科学, 2009(1): 29-30
- [13] 田立彬, 孙殿霞. 大豆除草剂对水稻秧苗生长的影响[J]. 北方水稻, 2007(6): 45-47
- [14] 苏少泉. 长残留除草剂在土壤中的分解及其使用中带来的严重问题[J]. 农化新世纪, 2008(4): 24-26