

## 降解农药的微生物

朱福兴 王沫 李建洪

(华中农业大学植物科学技术学院 武汉 430070)

**摘要:** 按农药的品种综述了降解农药的微生物种类。降解农药的细菌主要有假单胞菌属、芽孢杆菌属、黄杆菌属、产碱菌属、节细菌属等;降解农药的真菌主要有曲霉属、青霉属、根霉属、木霉属、镰刀菌属等;降解农药的放线菌主要有诺卡氏菌属、链霉菌属。

**关键词:** 农药, 降解, 微生物

**中图分类号:** Q93 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2654 (2004) 05-0120-04

### Pesticide Degrading Microorganisms

ZHU Fu-Xing WANG Mo LI Jian-Hong

(College of Plant Science & Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

**Abstract:** This paper was mainly on pesticide degrading microorganisms. The major pesticide degrading bacteria were *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, etc. The major pesticide degrading fungi were *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma*, *Fusarium*, etc. The major pesticide degrading actinomycetes were *No-cardia*, *Streptomyces*, etc.

**Key words:** Pesticide, Degrading, Microorganisms

农药在防治病虫害中发挥着重要的作用,随着农药的大量使用,农药特别是化学农药在其生产、运输、贮存、使用过程中对环境造成的污染也越来越严重。微生物的资源丰富、处理相对简单、容易进行筛选诱变和通过转基因技术构建高效能新菌株或者通过降解酶系统及降解酶的固定化可更有效的处理农药污染。

农药的微生物降解研究开始于20世纪40年代末,60年代中后期由于大规模化学农药的使用带来了日益严重的环境污染问题,农药的微生物降解研究越来越受到重视。经过几十年的研究,已筛选分离到许多可降解或转化一种或几种农药的微生物类群。现已研究表明,降解农药的微生物主要为细菌、真菌、放线菌和藻类,其中细菌由于易诱发突变和适应能力强而占多数,在细菌中,又以假单胞菌属(*Pseudomonas*)研究的较多。据不完全统计,已报导的农药降解的细菌至少有28个属,真菌至少有14个属,放线菌有5个属,藻类有3个属<sup>[1]</sup>。常见农药的降解微生物如下。

降解 DDT<sup>[1-4]</sup> 的微生物有:无色杆菌(*Achromobacter*),梭状芽杆菌(*Coslridium*),埃希氏杆菌(*Esherichia*),黄单胞杆菌(*Xanthomonas*),变形杆菌(*Proteus*),微球菌(*Micrococcus*),链球菌(*Stroptococcus*),假单胞菌(*Pseudomonas*),棒状杆菌(*Corynoba-erium*),土壤杆菌(*Agrobacterium*),气杆菌(*Aerobacter*),节细菌(*Arthrobacter*),芽孢杆菌(*Bacillus*),肠杆菌(*Entrobacter*),欧文氏菌(*Erwinia*),库特氏菌(*Kurthia*),

气单胞菌 (*Aeromonas*), 乳酸杆菌 (*Lactobacillus*), 沙雷铁氏菌 (*Serratia*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 青霉菌 (*Penicillium*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 根霉菌 (*Rhizopus*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 毛霉菌 (*Mucor*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*), 白腐真菌 (white rot fungi)。

降解六六六<sup>[1,4]</sup>的微生物有: 楔形梭菌 (*Clostridium*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 无色杆菌 (*Achromobacter*), 气杆菌 (*Aerobacter*), 气单胞菌 (*Aeromonas*), 梭状芽杆菌 (*Clostridium*), 埃希氏杆菌 (*Escherichia*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 白腐真菌 (white rot fungi)。

降解狄氏剂、艾氏剂<sup>[3,4]</sup>的微生物有: 气杆菌 (*Aerobacter*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 微球菌 (*Micrococcus*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 根霉菌 (*Rhizopus*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*), 链霉菌 (*Streptomyces*)。

降解七氯<sup>[3]</sup>的微生物有: 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 链球菌 (*Streptococcus*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 根霉菌 (*Rhizopus*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*), 链霉菌 (*Streptomyces*), 小单胞菌 (*Micromonospora*)。

降解毒杀芬<sup>[1]</sup>的微生物有: 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 气杆菌 (*Aerobacter*)。

降解甲胺磷<sup>[3,4]</sup>的微生物有: 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 酵母 (*Saccharomyces*)。

降解对硫磷<sup>[4]</sup>的微生物有: 黄单胞杆菌 (*Xanthomonas*), 大肠杆菌 (*Escherichia*), 极瘤细菌 (*Rhizobium*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 产碱菌 (*Alcaligenes*), 短杆菌 (*Brevibacterium*), 固氮极毛杆菌 (*Azotomonas*), 不动杆菌 (*Acinetobacter*), 青霉菌 (*Penicillium*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 木霉菌 (*Trichoderma*)。

降解甲基对硫磷<sup>[1,5,6]</sup>的微生物有: 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 产碱菌 (*Alcaligenes*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 短杆菌 (*Brevibacterium*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 链格孢菌 (*Alternaria*)。

降解水胺硫磷<sup>[7]</sup>的微生物有: 黄杆菌 (*Flavobacterium*)。

降解马拉硫磷<sup>[4]</sup>的微生物有: 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 极瘤细菌 (*Rhizobium*), 木霉菌 (*Trichoderma*)。

降解甲拌磷<sup>[3]</sup>的微生物有: 硫杆菌 (*Thiobacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 小球绿藻 (*Chlorolla*)。

降解敌百虫<sup>[3]</sup>的微生物有: 镰刀菌 (*Fusarium*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*)。

降解敌敌畏<sup>[3,4]</sup>的微生物有: 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 不动杆菌 (*Acinetobacter*), 埃希氏菌 (*Escherichia*), 木霉菌 (*Trichoderma*)。

降解二嗪农<sup>[1]</sup>的微生物有: 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 链霉菌 (*Streptomyces*)。

降解毒死蜱<sup>[1]</sup>的微生物有: 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 固氮极毛杆菌 (*Azotomonas*)。

降解杀螟松<sup>[1]</sup>的微生物有: 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 黄单胞杆菌 (*Xanthomonas*), 产碱菌 (*Alcaligenes*), 镰刀菌 (*Fusarium*)。

降解乐果<sup>[8]</sup>的微生物有:芽孢杆菌 (*Bacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 不动杆菌 (*Acinetobacter*)。

降解氧化乐果<sup>[9]</sup>的微生物有:芽孢杆菌 (*Bacillus*)。

降解氰戊菊酯、杀灭菊酯<sup>[10]</sup>的微生物有:产碱菌 (*Alcaligenes*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 无色杆菌 (*Achromobacter*)。

降解西维因<sup>[1,4]</sup>的微生物有:无色杆菌 (*Achromobacter*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 根霉菌 (*Rhizopus*), 镰刀菌 (*Fusarium*)。

降解吡喃丹<sup>[4]</sup>的微生物有:节细菌 (*Arthrobacter*), 无色杆菌 (*Achromobacter*)。

降解单甲脒<sup>[11]</sup>的微生物有:假单胞菌 (*Pseudomonas*)。

降解杀虫脒<sup>[1]</sup>的微生物有:镰刀菌 (*Fusarium*), 根霉菌 (*Rhizopus*)。

降解灭幼脲<sup>[5]</sup>的微生物有:芽枝霉菌 (*Cladosporium*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 青霉菌 (*Penicillium*), 曲霉菌 (*Aspergillus*)。

降解乙烯菌核利<sup>[2]</sup>的微生物有:假单胞菌 (*Pseudomonas*)。

降解五氯硝基苯<sup>[1]</sup>的微生物有:青霉菌 (*Penicillium*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*), 链霉菌 (*Streptomyces*)。

降解阿特拉津<sup>[3,12]</sup>的微生物有:假单胞菌 (*Pseudomonas*), *Ralstonia*, 产碱菌 (*Alcaligenes*), 极瘤细菌 (*Rhizobium*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*), 红球菌 (*Rhodococcus*), 不动杆菌 (*Acinetobacter*), 土壤杆菌 (*Agrobacterium*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 根霉菌 (*Rhizopus*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 衣绿藻 (*Chlamydomonas*)。

降解西玛津<sup>[1]</sup>的微生物有:假单胞菌 (*Pseudomonas*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 木霉菌 (*Trichoderma*), 镰刀菌 (*Fusarium*), 链霉菌 (*Streptomyces*)。

降解西草净<sup>[1]</sup>的微生物有:曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*)。

降解扑草净<sup>[1]</sup>的微生物有:埃希氏杆菌 (*Escherichia*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 青霉菌 (*Penicillium*)。

降解2, 4-D<sup>[3]</sup>的微生物有:无色杆菌 (*Achromobacter*), 枝动杆菌 (*Mycoplana*), 棒状杆菌 (*Corynebacterium*), 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*)。

降解2甲4氯<sup>[1]</sup>的微生物有:假单胞菌 (*Pseudomonas*), 无色杆菌 (*Achromobacter*), 黄杆菌 (*Flavobacterium*), 枝动杆菌 (*Mycoplana*), 曲霉菌 (*Aspergillus*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 棒状杆菌 (*Corynebacterium*)。

降解茅草枯<sup>[1,10]</sup>的微生物有:产碱菌 (*Alcaligenes*), 假单胞菌 (*Pseudomonas*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 节细菌 (*Arthrobacter*), 棒状杆菌 (*Corynebacterium*), 土壤杆菌 (*Agrobacterium*), 微球菌 (*Micrococcus*), 青霉菌 (*Penicillium*), 诺卡氏菌 (*Nocardia*), 链霉菌 (*Streptomyces*)。

降解百草枯<sup>[1]</sup>的微生物有:棒状杆菌 (*Corynebacterium*), 梭状芽杆菌 (*Clostridium*)。

降解草枯醚<sup>[1]</sup>的微生物有:棒状杆菌 (*Corynebacterium*), 链霉菌 (*Streptomyces*)。

降解灭草隆<sup>[1]</sup>的微生物有:八叠球菌 (*Sarcina*), 黄单胞杆菌 (*Xanthomonas*), 芽孢杆菌 (*Bacillus*), 曲霉菌 (*Aspergillus*)。

降解利谷隆<sup>[1]</sup>的微生物有:芽孢杆菌 (*Bacillus*), 曲霉菌 (*Aspergillus*)。

降解氟乐灵<sup>[1]</sup>的微生物有:拟杆菌 (*Bacteroides*), 毛螺菌 (*Lachnospira*)。

降解敌稗<sup>[1]</sup>的微生物有:青霉菌 (*Penicillium*)。

农药微生物降解的途径包括氧化、还原、水解、脱卤、缩合、脱羧、异构化等,其作用实质是酶促反应。有机磷酸酯和氨基甲酸酯类农药在土壤中比较容易降解正是由于土壤中存在分泌可降解磷酸酯和氨基甲酸酯结构水解酶的微生物。降解酶往往比产生这些酶的微生物本身更能忍受异常环境条件,并且酶的降解效果特别是对低浓度农药的降解效果远胜于产生这些酶的微生物本身,再加上酶的固定化技术可以使酶更加稳定,因此,降解酶的性质及其制剂化或固定化技术已是研究的重点之一。降解酶的制剂化及其在土壤中的应用技术也有了一定的研究<sup>[13]</sup>。最近,随着分子生物学技术地迅速发展,对农药降解微生物的功能基因组研究、利用转基因技术构建对农药高效降解的工程菌也取得了成功<sup>[14]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] 虞云龙, 樊德方, 陈鹤鑫. 环境科学进展, 1996, 4 (3): 28~35.
- [2] 仪美芹, 王开运, 姜兴印, 等. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2002, 33 (4): 519~524.
- [3] 郑金来, 李君文, 晁福寰. 环境科学研究, 2001, 14 (2): 62~64.
- [4] 周乐民. 广西植保, 1999, 12 (1): 33~35.
- [5] 仪美芹, 王开运, 姜兴印, 等. 农药学学报, 2000, 2 (4): 40~43.
- [6] 陈亚丽, 张先恩, 刘虹, 等. 微生物学报, 2002, 42 (4): 490~497.
- [7] 崔中利, 李顺鹏. 江苏环境科技, 1998, 11: 1~5.
- [8] 刘玉焕, 李淑彬, 刘芳. 上海环境科学, 1998, 17 (8): 20~21.
- [9] 杨小蓉, 宗浩, 郑鸽, 等. 四川师范大学学报 (自然科学版), 2001, 24 (4): 392~394.
- [10] 虞云龙, 宋凤鸣, 郑重, 等. 浙江农业大学学报, 1997, 23 (2): 111~115.
- [11] 刘志培, 贾省芬, 杨惠芳. 微生物学通报, 1995, 22 (5): 285~288.
- [12] 张宏军, 崔海兰, 周志强, 等. 农药学学报, 2002, 4 (4): 10~16.
- [13] Sarkar J M. Soil Biol Biochem, 1989, 21: 223~230.
- [14] 沈标, 洪青, 李顺鹏. 农村生态环境, 2002, 18 (1): 16~21.