

# 梨园土壤中敌敌畏降解菌的分离及其降解效能比较

杨瑞红<sup>1,2</sup>, 宋彬<sup>1</sup>, 芦云<sup>1</sup>, 施宠<sup>2</sup>, 王纯利<sup>2</sup>

(1. 新疆教育学院 科学教育学院, 新疆 乌鲁木齐 830043; 2. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**从新疆南疆长期使用有机磷农药的梨园土壤中分离出 18 株能够降解敌敌畏有效成分 DDVP 的菌株。采用驯化培养, 形态观察及 16S rDNA 测序后, 利用 NCBI 数据库 Blast 比对鉴定。结果表明: 所分离的菌株有 12 株假单胞菌、4 株芽孢杆菌、1 株微杆菌和 1 株土壤杆菌, 其中以假单胞菌为主; 所获得的菌株对敌敌畏制剂的降解能力普遍低于 DDVP 纯品; 混合菌株能够明显的提高降解敌敌畏制剂的效果; 混合降解后菌液中的菌株比例发生了较大的改变, 但假单胞菌仍然为其中的优势菌株; 该研究为进一步研究其降解机制奠定良好的基础。

**关键词:**梨园; 土壤; 生物降解; DDVP; 土壤细菌

**中图分类号:**S 661.206<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0164-05

有机磷农药 (Organophosphorus pesticides, OPs) 由于杀虫效率高、选择性低、成本低廉等而被广泛地用在农业生产中。然而由于其不合理的使用及自然降解的周期较长, 给生态环境及人类带来了极大的潜在危害<sup>[1]</sup>。近年来, 国家限定了很多 OPs 类农药的使用, 然而由于环境友好型农药的发展滞后, 有些地区仍然在使用 OPs 类农药。研究发现 OPs 组分的降解可由生物因子介导<sup>[2]</sup>, 其降解速率受生物作用后可以加速进行, 并发现了多种起重要作用的微生物<sup>[3]</sup>。常用的有机磷农药如敌敌畏主要成分为 2,2-二氯乙烯基二甲基磷酸酯 (Dichlorvos, DDVP), 是一种中等毒性有机磷农药, 杀虫效果具有广谱性、内吸、触杀等特点, 对多种害虫有较好的防治效果, 在农业生产中一直得到广泛应用。目前对 DDVP 的研究除了关注其环境毒理方面, 如对 DDVP 的降解方法的研究多数在化学方法和光催化法<sup>[4-5]</sup>, 更多关注其生物降解方面。DDVP 在自然条件下可以自发降解, 然而降解效率较低, 降解周期较长。近年来, 研究者通过结合微生物降解的方法, 提高土壤中有机磷农药残留的降解效率, 对于敌敌畏的微生物降解已有不少报道, 如木霉<sup>[6]</sup>、尼古丁节杆菌<sup>[7]</sup>、鞘氨醇单胞菌<sup>[8]</sup>、甲基杆菌属<sup>[9]</sup>等, 这些不同种类的菌株或者不同来源的菌株具

有不同的降解特性及能力, 适用范围也有所不同。研究者多关注于对农药有效成分化学纯试剂的降解方面的研究, 对于在实际农业生产中使用的农药制剂中有效成分的降解效率的研究较少。由于生产中使用的农药制剂多为有效成分与其它物质的混和型, 如乳油、塑料缓释剂、二甲苯等物质, 因此对其降解的效果可能存在影响。

近年来, 新疆、南疆地区由于病虫害的发生, 有机磷农药的使用也比较普遍。南疆雨水稀少, 气候干燥, 微生物总量较低。对有机物降解速度远远低于其他地区。该研究以新疆、南疆连续多年使用敌敌畏的果园土壤为研究对象, 分离对敌敌畏有效成分 DDVP 具有降解作用的细菌, 同时分析所获得的菌株对敌敌畏制剂及 DDVP 的降解能力的差异, 以期对微生物菌肥方面的实际应用提供菌株支持与理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 供试材料 土样采集地点为新疆库尔勒和静县 8 年果园。取土壤上层 20 cm 处沙壤土, pH 7.57 (水中测定), 此处已连续多年使用有机磷农药, 主要品种有敌敌畏、乐果、氧化乐果等, 采集土样于 4℃ 保存至分离。敌敌畏制剂为含 50% DDVP, 来自农药市场 (下文称敌敌畏制剂), 由安徽农药厂生产, DDVP 为化学纯试剂 (下文称 DDVP)。

1.1.2 仪器 iCyclerTm PCR 仪 (Bio-Rad 公司生产); 安捷伦液相色谱 1100 (美国安捷伦公司生产)。

### 1.2 试验方法

1.2.1 土壤细菌的分离培养 将 10 g 土样倒入 100 mL 液体 LB (含 100 μg/mL DDVP) 中, 于恒温摇床 (120 × g,

**第一作者简介:**杨瑞红 (1980-), 女, 新疆和静人, 博士研究生, 讲师, 现主要从事生物学和科学基础教育等研究工作。E-mail: yangruihong99@163.com.

**责任作者:**王纯利 (1959-), 男, 硕士, 副教授, 现主要从事环境微生物等研究工作。E-mail: wangchunli59@yahoo.com.cn.

**基金项目:**新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目 (2014211B014); 新疆教育学院院级课题资助项目 (XJJY201326)。

**收稿日期:**2014-06-11

30℃)震荡,驯化培养 48 h,取 200  $\mu$ L 均匀涂布于含 100  $\mu$ g/mL DDVP 的 LB 培养基,30℃培养 3 d 后,纯化所获得的菌株,保存于 25%的甘油管中。

1.2.2 菌株的分子鉴定 细菌基因组 DNA 提取纯化,细菌菌落适量,悬于盛有 TE 的无菌离心管中,涡旋使其均匀悬浮于 TE 缓冲液中,加入溶菌酶混匀后置于 37℃水浴 30 min。随后加入 10% SDS 混匀,65℃水浴 1 h,再加终浓度为 0.5 mol/L NaClO<sub>4</sub> 与菌体混合后,加入等体积的氯仿:异戊醇(24:1)溶液抽提,12 000 r/min 离心 10 min,取上清液加入等体积的-20℃预冷的异丙醇,12 000 r/min 离心 10 min,弃上清液,70%乙醇洗涤沉淀,自然晾干。将沉淀溶于 ddH<sub>2</sub>O。细菌的 16S rDNA 引物用 primerF: 5'-AGAGTTTGATCMTGGCTCA-3'; primerR: 5'-AAGGAGGTGATCCAGCCGCA-3' 扩增,序列合成由上海生工完成。PCR 反应体系为 20  $\mu$ L 包括模板 DNA 1 ng,10 $\times$ buffer 2  $\mu$ L,镁离子(25 mM)2  $\mu$ L,引物(10  $\mu$ M)各 0.2  $\mu$ L,dNTPs(各 10 mM)0.3  $\mu$ L,Taq 酶(5 U/ $\mu$ L)0.2  $\mu$ L,ddH<sub>2</sub>O 补齐至 20  $\mu$ L。PCR 程序:94℃,5 min;94℃,30 s;47℃,30 s;72℃,1 min 共循环 30 次;72℃延伸 8 min;4℃保存。

1.2.3 菌株降解 DDVP 和敌敌畏的能力测定 菌株接种到液体 LB 培养基中。培养到 OD<sub>600</sub> 0.6 以后,按 1% 比例转接至液体 LB 中(含 100  $\mu$ g/mL DDVP 和 1 g/L 敌敌畏制剂)中培养,每个样品重复 3 次,培养条件均在恒温恒湿培养箱中避光进行。在培养 2、4、6、8、10、12、14、16 d 后分别取出 400  $\mu$ L 样品,加入 1 600  $\mu$ L 甲醇。过滤混合液(采用滤纸孔径为 0.4  $\mu$ m)后转移至高效液相色谱(HPLC)小瓶,测定 DDVP 的浓度。

1.2.4 菌株的混合降解能力 将 4 种菌培养至 OD<sub>600</sub> 到约 0.6,等量混合后,在按 1:100 接种量接种到培养管中,加入 1 g/L 敌敌畏制剂作为唯一碳源。在培养 2、4、6、8、10、12、14、16 d 后测定其中的 DDVP。并将培养液稀释 10<sup>4</sup> 倍,涂布 LB 平板,随机挑选 100 个单菌落进行形态学观察及显微镜检测。

### 1.3 项目测定

PCR 产物用 1% 的琼脂糖凝胶电泳检测;Maker 采用 DL 2 000 检测;序列分析采用 NCBI 数据库的 Blast 程序进行;DDVP 浓度采用高效液相色谱(HPLC)测量。

## 2 结果与分析

### 2.1 DDVP 降解细菌的分子鉴定

共分离获得 39 株细菌,进一步筛选获得 18 株降解 DDVP 效果较好的细菌。对获得菌株的 16S rDNA 进行 PCR 扩增(图 1),测序后利用 NCBI 数据库进行 Blast 分析,发现 12 株菌为假单胞菌(*Pseudomonas* sp.)具 96%~99% 的序列相似性,12 株菌分别编号为

P20100601~P20100612;有 1 株菌与微杆菌(*Microbacterium* sp.)有 97% 的序列相似性,编号为 M20100601;4 株菌与芽孢杆菌(*Bacillus* sp.)具 96%~99% 的序列相似性,菌株编号为 B20100601~B20100604;1 株与土壤杆菌属(*Agrobacterium* sp.)具有 95% 的序列相似性,菌株编号为 A20100601。

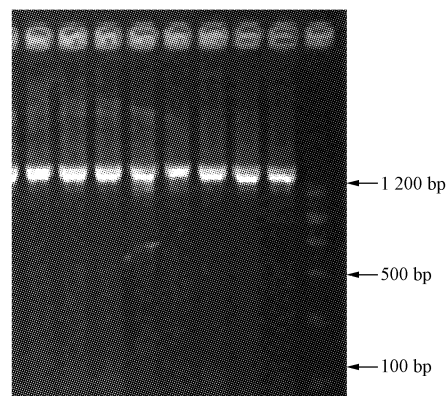


图 1 DDVP 降解细菌 16S rDNA 扩增结果电泳检测图谱

Fig. 1 16S rDNA PCR redaction of DDVP-degrading strain

### 2.2 4 种菌株对 DDVP 的降解效果

选择假单胞菌中的 P20100601、微杆菌 M20100601、芽孢杆菌 B20100601 及土壤杆菌 A20100601 进一步试验,分析其对 DDVP 和敌敌畏制剂的降解效果。

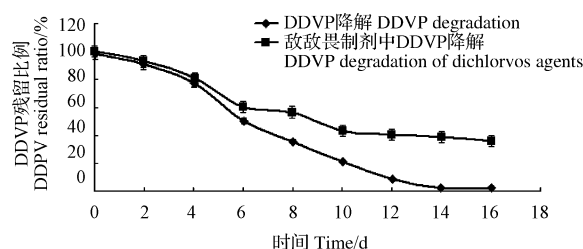


图 2 假单胞菌 P20100601 降解 DDVP 后的残留率

Fig. 2 DDVP residual ratio after *Pseudomonas* sp. P20100601 degraded

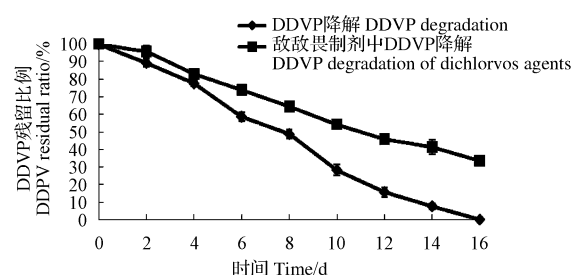


图 3 微杆菌 M20100601 降解 DDVP 及敌敌畏制剂中 DDVP 的残留率

Fig. 3 DDVP residual ratio after *Microbacterium* sp. M20100601 degraded

由图2~5可以看出,4株菌对于DDVP纯化学试剂的降解能力均强于敌敌畏制剂的降解能力。假单胞菌中的P20100601和芽孢杆菌B20100601对于DDVP降解到第14天的时候基本完全,微杆菌M20100601和土壤杆菌A20100601到第16天降解到最低,但仍然未能完全降解。4种菌株对于敌敌畏制剂的降解到第16天都未能降解完全。其中假单胞菌中的P20100601的残留量最低达到32%,A20100601对敌敌畏制剂的降解能力最低,残留达到64%。该试验的24d与16d测定值几乎一样,并未因时间增加而降解完全。

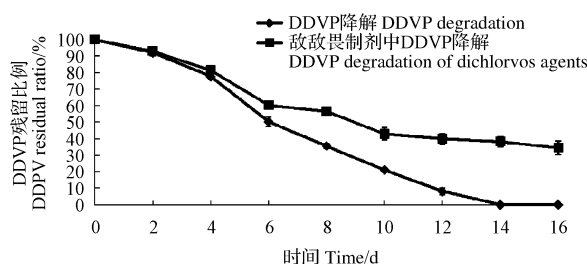


图4 芽孢杆菌 B20100601 降解 DDVP 后的残留率

Fig. 4 DDVP residual ratio after *Bacillus* sp.

B20100601 degraded

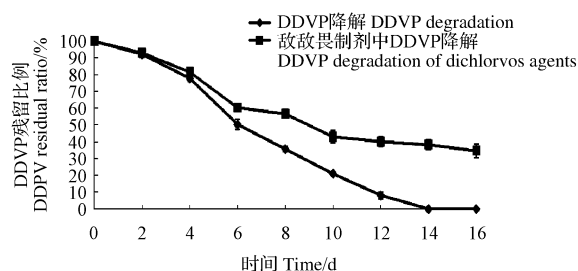


图5 土壤杆菌 A20100601 降解 DDVP 后的残留率

Fig. 5 DDVP residual ratio after *Agrobacterium* sp.

A20100601 degraded

试验表明,敌敌畏制剂中的某些成分可能对微生物的生长或降解 DDVP 具有抑制作用。一般来说,能降解纯 DDVP 的土壤细菌也可降解敌敌畏制剂中的 DDVP。有机磷杀虫剂的降解作用最有可能是由降解菌产生某种酶或者酶的复合物引起,它可以使细菌在生长和发育过程中用有机磷作为磷源和碳源。由于敌敌畏制剂为 50% 的 DDVP 乳油,其它为溶剂和助剂,可能这些溶剂及助剂影响到降解菌产生酶或酶的表达功能活性,进而干扰了细菌对 DDVP 的降解过程。

### 2.3 4 种菌株的混合降解效率比较

有研究表明对一些化合物的生物降解往往需要多个步骤,某一类微生物可能只能参与其中的一个或者几个步骤,对有机物的降解可能由多个菌株共同起作用,因此该研究前期获得的 4 种菌株在以往的研究中对各类有机物的降解机制都不尽相同。在该研究中降解菌

株均来自于自然条件下长期施用敌敌畏农药的环境中,因此将 4 株菌等比例混合后检测对敌敌畏制剂降解效果,结果发现混合菌株的降解效果明显的好于单个菌株,并且能够彻底的降解敌敌畏制剂中的 DDVP 成分。然而降解后的各种菌株的比例发生了明显的变化,其中 *Pseudomonadales* sp. 仍然为优势菌株,为所检测菌数量的 59%,然而单个菌株降解效果比较好的菌株 *Bacillus* sp. 只占到 17%。这可能与菌株本身的生存能力,或者在化合物降解过程中所处的位置以及菌株之间相互的竞争依存关系有一定的关系,还有待于进一步研究。

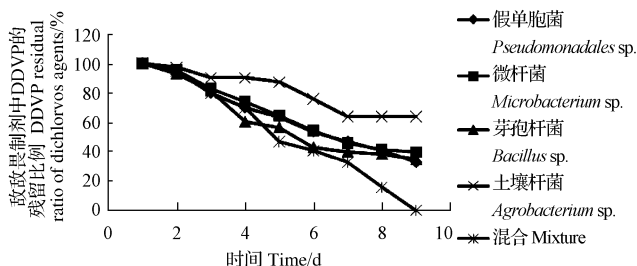


图6 4 种菌株混合降解敌敌畏制剂中 DDVP 的能力比较

Fig. 6 Degraded ability to dichlorvos agents of

four strains mixture with equal proportion

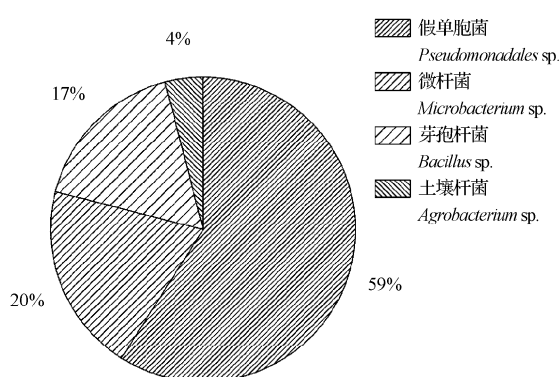


图7 混合培养物降解敌敌畏制剂后菌株的比例

Fig. 7 The percentage of each strain after mixture of

four strain degraded dichlorvos agents

### 3 讨论与结论

从新疆长期使用有机磷农药的果园土壤中分离到 18 株对 DDVP 有降解作用的菌株,其中 12 株为假单胞菌,其次是芽孢杆菌 4 株,微杆菌 1 株和土壤杆菌 1 株。由于假单胞菌属分布范围广泛,也有研究在连续施用农药的梨树叶上分离过假单胞菌<sup>[10]</sup>,许多种在污染物的降解过程中发挥着极大的作用,如甲胺磷<sup>[11]</sup>、4-氯硝基苯<sup>[12]</sup>、酚类化合物<sup>[13]</sup>等,在很多有机物污染方面均表现出极大的用途与巨大的潜力。芽孢杆菌包括多种类型,在降解有机物方面的研究也已开展,如有研究表明,芽孢杆菌对水胺硫磷<sup>[14]</sup>、氧化乐果<sup>[15]</sup>、无机磷<sup>[16]</sup>等均有较



好的降解作用。另外,有研究表明微杆菌属物种在降解有机磷农药方面扮演重要角色,如在德国<sup>[17]</sup>、澳大利亚<sup>[18]</sup>土壤中均发现该菌具有有效降解有机磷的作用,而且不同的地区和不同的土壤条件均发现此类菌对有机磷的降解作用。还有报道称此属的分离物也可加速降解氨基甲酸酯杀线虫剂卡巴呋喃和除草剂异恶草胺<sup>[19-20]</sup>,可能微杆菌属在降解包括有机磷在内的外源性物质起着重要的作用。土壤杆菌可降解非类化合物<sup>[21]</sup>,但是在有机磷降解方面尚鲜见研究和应用。该研究获得的土壤杆菌在降解敌敌畏制剂的能力的确比其它的菌株弱一些,但是确实具有降解 DDVP 试剂的能力,分析其 16S rDNA 序列与已发表的种同源性只有 95%,这也可能说明其为潜在的新种。

目前,各类农药降解菌的研究多集中在有效成分降解方面。而各类农药在应用时,常被制成各类制剂,制剂中很多辅助成分对微生物的降解有影响,而在这方面的研究较少,该研究发现多数细菌对敌敌畏制剂中有效成分的降解作用受到制剂中其它成分的影响,其中土壤杆菌 A20100601 受到的抑制作用非常明显。不同的菌株对 DDVP 的降解途径可能存在差异,或者不同的菌自身对某些化学物质较为敏感而影响了其对敌敌畏制剂中 DDVP 的代谢作用。4 种菌株的混合菌液对敌敌畏直接的降解效果明显的增强,也可能由于微生物降解农药制剂中的其它物质可以通过种间协同代谢过程进行。在实际生产中为保证农药在田间的效用、保持农药的有效成分、提高农药的利用率或者延长有效期限,从而混配了各种辅助成分,同时也给自然条件下的降解增大了难度,为此可以采用多种有效菌株的混合培养来提高农药成分的降解。从事农药研究工作的同时,关注农药在自然环境中的降解作用及辅助成分对农药的降解影响。至于具体是农药制剂中哪些成分的影响以及如何影响菌株的代谢过程还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 付广云,韩长秀.有机磷农药及其危害[J].化学教育,2005(1):9-10.
- [2] Singh B K. Organophosphorus-degrading bacteria; ecology and industrial applications[J]. Nat Rev Microbiol, 2009(7):156-164.
- [3] Singh B K, Walker A. Microbial degradation of organophosphorus

compounds[J]. FEMS Microbiol Rev, 2006, 30(3):428-471.

- [4] 周波,鲍长利,冯志兵,等.天然沸石负载 TiO<sub>2</sub> 光催化降解敌敌畏和对硫磷[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004, 5(6):33-35.
- [5] 刘春英,弓晓峰,张政辉.光催化氧化法降解有机磷农药的研究[J]. 四川环境, 2006, 25(6):5-8.
- [6] Zhang X H, Zhang G S, Zhang Z H, et al. Isolation and Characterization of a Dichlorvos-Degrading Strain DDV-1 of *Ochrobactrum* sp. [J]. Pedosphere, 2006, 16(1):64-67.
- [7] 王俊,张干,李军,等.富产敌敌畏降解酶菌株的筛选及降解性能研究[J]. 环境与健康杂志, 2006, 23(4):310-312.
- [8] 李荣,贾开志,蒋建东,等.敌敌畏、敌百虫高效降解菌株 DDB-1 的分离鉴定及降解特性研究[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(2):554-558.
- [9] 蔡颖慧,张惠文,苏振成,等.敌敌畏降解菌的分离鉴定及降解特性研究[J]. 生物技术, 2009, 19(2):60-62.
- [10] 杨瑞红,施宽,王纯利.新疆梨园有机磷降解菌的分离及其降解谱研究[J]. 北方园艺, 2013(24):123-126.
- [11] 李淑彬,钟英长.固定化假单胞菌降解甲胺磷的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(4):422-466.
- [12] 赫荣乔.探索假单胞菌降解 4-氯硝基苯代谢新途径[J]. 微生物学通报, 2008, 35(3):363.
- [13] 孙纪全,汤岳琴,刘伟强,等.两株假单胞菌降解酚类化合物的特性[J]. 中国环境科学, 2010, 30(12):1633-1638.
- [14] 杜春梅,金术超,范晶,等.侧孢芽孢杆菌降解水胺硫磷的条件及途径[J]. 北方园艺, 2008(11):170-173.
- [15] 宫占元,王艳杰,李永鹏,等.侧孢芽孢杆菌降解有机磷能力的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2005, 17(5):14-17.
- [16] 宫占元,王艳杰,李永鹏,等.侧孢芽孢杆菌降解无机磷能力的研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(1):12-14.
- [17] Cabrera J A, Andreas K, Richard A, et al. Alexander Schouten Isolation and characterization of fenamiphos degrading bacteria [J]. Biodegradation, 2010(21):1017-1027.
- [18] Ca'ceres T P, Megharaj M, Malik S, et al. Hydrolysis of fenamiphos and its toxic oxidation products by *Microbacterium* sp. in pure culture and groundwater[J]. Bioresour Technol, 2009(100):2732-2736.
- [19] Arrault S, Desaint S, Catroux C, et al. Isolation and characterization of efficient isoxaben-transforming *Microbacterium* sp. strains from four European soils[J]. Pest Manag Sci, 2002(58):1229-1235.
- [20] Karpouzias D G, Morgan J A, Walker A. Isolation and characterization of 23 carbofuran-degrading bacteria from soils from distant geographical areas [J]. Lett Appl Microbiol, 2000(31):353-358.
- [21] 仇磊,袁红莉,汪双清,等.一株土壤杆菌降解非的代谢途径初探[J]. 中国科学 D 辑, 2005, 35(增D):226-232.

## Isolation and Degraded Effect of DDVP-degrading Bacteria in Soil of Pear Orchards

YANG Rui-hong<sup>1,2</sup>, SONG Bin<sup>1</sup>, LU Yun<sup>1</sup>, SHI Chong<sup>2</sup>, WANG Chun-li<sup>2</sup>

(1. Science Education Branch, Xinjiang Education Institute, Urumqi, Xinjiang 840043; 2. College of Grassland and Environment Sciences, Xinjiang Agriculture University, Urumqi, Xinjiang 830052)

**Abstract:** 18 strains of bacteria were isolated from the pear orchards soils in southern Xinjiang, which could degrade DDVP (effective constituent of Dichlorvos agent) habituated culture and morphologic observation were adopted, and blasted 16S rDNA sequence in NCBI database. The results showed that those strains were identified as 4 groups, 14 strains were

# 化肥对薄层黑土中镉、铅活性及小白菜生长的影响

王 冰<sup>1</sup>, 慕 姝<sup>1</sup>, 秦 治 家<sup>2</sup>, 高 云 航<sup>3</sup>, 娄 玉 杰<sup>3</sup>, 刘 淑 霞<sup>1</sup>

(1. 吉林农业大学 资源与环境学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林省东辽县足民农业站, 吉林 东辽 136615; 3. 吉林农业大学 动物科技学院, 吉林 长春 130118)

**摘 要:**在食品安全领域,重金属污染已经对人类的健康造成了严重的威胁。以小白菜和薄层黑土为研究对象,通过盆栽试验,分别模拟被镉和铅污染的土壤,通过施入不同类型的化肥,研究被镉、铅污染的薄层黑土中,化肥对镉、铅活性及日常生活中食用的小白菜生长的影响。结果表明:在镉、铅污染的土壤中,不同施肥处理对土壤中镉、铅存在形态所占比例的影响不同;不同施肥处理对小白菜地上部鲜重、干重及叶长的影响不同,其中硝酸钙、骨粉和硝酸钾处理的小白菜上述3项指标值相对较高,而在氯化铵、普钙和氯化钾处理中,上述3项指标值则相对较低;不同施肥处理对小白菜对镉、铅的吸收量影响不同。

**关键词:**化肥;镉;铅;小白菜;薄层黑土

**中图分类号:**S 143 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0168-06

近年来,我国关于重金属引起土壤污染的问题已有很多报道<sup>[1-3]</sup>。由于重金属不能被生物降解,且在环境中仅能发生各形态间的相互转化,所以消除重金属污染对于环境治理十分困难<sup>[4]</sup>。Cd和Pb均属于对环境污染较严重的污染物<sup>[5]</sup>,它们进入土壤后会引引起土壤理化性质的改变,造成土壤质地的降低。它们还会在一定的浓度范围内引起植物中毒,造成植株形态、结构的变化<sup>[6]</sup>。除此以外,土壤中所含的重金属可通过食物链被植物、动物数十倍的富集<sup>[7]</sup>,并最终通过食物链进入人

体进而对人类的健康产生危害<sup>[8]</sup>。Cd和Pb是造成我国蔬菜污染的主要重金属元素<sup>[9]</sup>,且蔬菜中的镉污染具有一定的隐蔽性,一般不会发生急性中毒,但会通过食物链,在人体中不断累积,因此对人类的健康有巨大的潜在危害性<sup>[10]</sup>。小白菜是人们经常食用的蔬菜品种之一,其可食用的地上部分较易受到土壤重金属的影响<sup>[9]</sup>。该研究以薄层黑土为供试土壤,分析了盆栽试验条件下,化肥在被镉、铅污染的薄层黑土中对镉、铅活性及小白菜生长的影响,以期土壤重金属污染的防治和无公害蔬菜的生产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试蔬菜:小白菜;供试药品:重金属镉为 $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ ,重金属铅为 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,2种试剂均为分析纯;供试肥料:尿素、硫酸铵、氯化铵、硝酸钙、磷酸二铵、过磷酸钙、骨粉、硫酸钾、氯化钾、硝酸钾;供试土壤:薄层黑土,采自吉林农业大学试验田土壤(0~20 cm),经风干后过筛备用,基本理化性状见表1。

**第一作者简介:**王冰(1991-),女,北京人,硕士研究生,研究方向为植物营养与环境生态。E-mail:wangbingyajd@126.com

**责任作者:**刘淑霞(1969-),女,硕士,教授,现主要从事施肥与生态环境及废弃物资源化利用和面源污染防治技术等研究工作。E-mail:liushuxia2005824@163.com

**基金项目:**吉林省教育厅“十二五”科学技术研究资助项目(216-172);吉林省科技发展计划资助项目(20110202);吉林省科技引导计划资助项目(201205057);现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-38)。

**收稿日期:**2014-05-22

*Pseudomonadales* sp., 4 strains were *Microbacterium* sp., 1 strain was *Bacillus* spp. and 1 strain was *Agrobacterium* sp., *Pseudomonadales* sp. was dominant group. In degraded DDVP experiments, compared with pure DDVP, the degradation effect of dichlorvos was lower. Mixture the 4 strains with same proportion could enhance the degradation effect of dichlorvos, which may be due to every strains' different roles in the complex degrading process of organic phosphorus. After the dichlorvos degradation, the percentage of each strain of mixture was significantly changed. *Pseudomonadales* sp. was still dominant species. This study would provide strong support for further study of degraded mechanism.

**Keywords:** pear orchard; soil; biodegradation; DDVP; soil bacteria