

# 改良剂对镉胁迫莴苣根际土壤酶活性的影响

卫怡君, 杨海滨, 辉建春, 朱雪梅

(四川农业大学 资源环境学院, 四川 成都 611130)

**摘要:**采用根袋法盆栽试验,研究了石灰、猪粪和过磷酸钙 3 种改良剂对镉胁迫莴苣根际土壤过氧化氢酶、土壤脲酶、土壤蔗糖酶和土壤淀粉酶活性的影响。结果表明:种植莴苣前和莴苣成熟期,3 种改良剂均显著或极显著提高了土壤酶活性,且最大值均出现在高浓度猪粪处理中。种植莴苣前土壤过氧化氢酶、土壤脲酶、土壤蔗糖酶和土壤淀粉酶活性最大值分别为 2.35 mL/g、8.51 mg/g、12.8 mg/g 和 0.49 mg/g;莴苣成熟期,莴苣根际土壤过氧化氢酶、土壤脲酶、土壤蔗糖酶和土壤淀粉酶活性最大值分别为 1.89 mL/g、13.67 mg/g、12.65 mg/g 和 0.66 mg/g。因此,猪粪对改善镉胁迫莴苣土壤生态环境的效果优于石灰和过磷酸钙。

**关键词:**改良剂;镉;莴苣;土壤酶活性

**中图分类号:**X 53;S 636.2;S 154.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)24-0178-04

随着工业迅猛发展,大量重金属通过废水、废渣等途径污染了农田,其在土壤-植物系统中迁移转化,经过食物链的积累和放大,对生物产生了巨大毒害<sup>[1-2]</sup>。施加改良剂能固定土壤重金属离子,降低其活性,使土

壤微生物活性增强,从而提高土壤酶活性,进而达到治理重金属的目的<sup>[3-5]</sup>。土壤酶作为土壤的有机成分,驱动着土壤的代谢过程,参与土壤发生与发育、土壤肥力的形成和土壤净化等,其活性的大小可较敏感地反映土壤中生化反应的方向和程度,是探讨重金属污染生态效应的有效指标之一<sup>[6]</sup>。目前,国内外关于改良剂对重金属胁迫作物的研究多集中在大田粮食作物和非根际土壤中,而对莴苣等蔬菜及其根际土壤的研究较少。

该试验通过盆栽试验,研究改良剂对镉胁迫莴苣根际土壤酶活性的影响,以期筛选出提高镉污染土壤

第一作者简介:卫怡君(1990-),女,四川梓潼人,本科,研究方向为污染生态学。E-mail:594400286@qq.com。  
责任作者:朱雪梅(1963-),女,四川仁寿人,博士,教授,现主要从事污染生态学的研究工作。E-mail:zhubroad@163.com。  
基金项目:四川省科技厅科技支撑计划资助项目(2008FZ0180)。  
收稿日期:2011-10-10

[9] 徐汉虹.植物化学保护学[M].北京:中国农业出版社,2007:138.  
[10] 王答龙.麦冬炭疽病防治试验研究[J].安徽农业科学,2008,36(23):10037-10038.

[11] 谭光仙,雷邦海,杨显范,等.6种杀菌剂防治辣椒炭疽病田间药效试验[J].贵州农业科学,2009,37(4):91-92.

## Study on Controlling Technology and Identification of New Disease of *Distylium chinese*

ZHANG Ru-qin

(College of Agriculture and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract:** A disease occurred in *Distylium chinese* was verified with Koch' Rules, and *in vitro* inhibiting effects of 4 commonly used fungicides including 75% chlorothalonil WP, 80% carbendazim WP, 70% mancozeb WP and 250 g/L amistar were studied. The results showed that the disease was a new disease occurred in the leaves of *Distylium chinese* and it was preliminarily named *Distylium chinese* anthracnose caused by the pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. Among the 4 fungicides, inhibiting effect of 75% chlorothalonil WP was the best, followed by 80% carbendazim WP and 250 g/L amistar, and 70% mancozeb WP was the worst.

**Key words:** *Distylium chinese*; disease; identification; fungicide effect

酶活性效果较好的改良剂,进而为蔬菜安全生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试土壤为紫色土,取自四川农业大学新区农场,土壤 pH 7.56,全镉含量 0.078 mg/kg,有机质含量 8.45 g/kg,全氮含量 0.45 g/kg,全磷含量 3.7 g/kg,全钾含量 2.45 g/kg,碱解氮含量 27.77 mg/kg,速效磷含量 2.51 mg/kg,速效钾含量 30.38 mg/kg。供试蔬菜为“香优九号”莴苣。供试重金属为镉,以  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  分析纯的形式,按国家土壤环境质量(GB15618-1995)二级标准加入(旱地,  $\text{pH} > 7.5$ ),即镉为 0.6 mg/kg。供试改良剂为石灰、猪粪和过磷酸钙,分高、低浓度 2 个施用水平(表 1)。

表 1 改良剂施用水平

Table 1 The concentrations of amendments

改良剂 Ameliorant	对照 CK/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	低浓度 Low concentration $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	高浓度 High concentration $/\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$
石灰 Lime	0	0.3	0.8
猪粪 Pig manure	0	3.0	10.0
过磷酸钙 Calcium superphosphate	0	4.0	8.0

### 1.2 试验方法

采用完全随机设计,设置 1 个对照,即只施加重金属不施加改良剂。共 7 个处理,每处理 3 次重复。

取供试土壤(称重),风干、研磨、过 5 mm 筛后加入  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$  溶液,充分混匀(未淹水浸没),浸泡 10 d,放置 1 个月。之后与配置好的各种改良剂充分混匀,放置 1 周后装盆(35 cm×30 cm 的 PVC 盆),每盆装土 3.1 kg,同时每盆施入 2 g 复合肥作为底肥。装盆时采用根袋法分离根际土壤和非根际土壤<sup>[7]</sup>。每盆种植莴苣幼苗 4 株。莴苣整个生长过程按一般盆栽要求进行常规管理。在莴苣种植前 1 d 对土壤取样;在莴苣茎顶端与最高叶片尖端相平后对莴苣根际土壤进行取样。土壤过氧化氢酶、土壤脲酶、土壤蔗糖酶和土壤淀粉酶活性采用关松荫<sup>[8]</sup>的方法测定。

### 1.3 数据处理

用 Microsoft Excel 2007 和 DPS 软件进行数据分析与处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 莴苣种植前改良剂对土壤酶活性的影响

2.1.1 改良剂对土壤过氧化氢酶活性的影响 由图 1 可知,与对照相比,3 种改良剂均提高了土壤过氧化氢酶活性,且都达到极显著水平( $P < 0.01$ )。在同一改良

剂处理下,土壤过氧化氢酶活性均为低浓度处理 < 高浓度处理。高浓度猪粪处理的土壤过氧化氢酶活性最高,为 2.35 mL/g;低浓度过磷酸钙处理的土壤过氧化氢酶活性最低,为 0.79 mL/g。

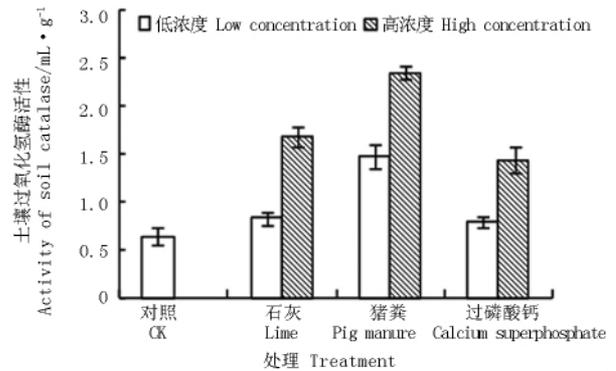


图 1 改良剂对土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig. 1 Effects of amendments on soil catalase activity

2.1.2 改良剂对土壤脲酶活性的影响 由图 2 可知,与对照相比,3 种改良剂均提高了土壤脲酶活性,且都达到极显著水平( $P < 0.01$ )。在同一改良剂处理下,除猪粪处理外,石灰和过磷酸钙处理均表现为低浓度处理 > 高浓度处理。高浓度猪粪处理下的土壤脲酶活性最高,为 8.51 mg/g;高浓度过磷酸钙处理中最低,为 5.08 mg/g。

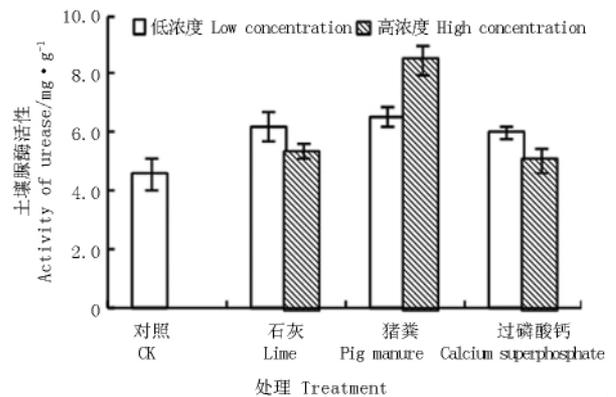


图 2 改良剂对土壤脲酶活性的影响

Fig. 2 Effects of amendments on soil urease activity

2.1.3 改良剂对土壤蔗糖酶活性的影响 由图 3 可知,与对照相比,3 种改良剂均提高了土壤蔗糖酶活性,且都达到极显著水平( $P < 0.01$ )。在同一改良剂处理下,除猪粪处理外,石灰和过磷酸钙处理均表现为低浓度处理 > 高浓度处理。其中高浓度猪粪处理下的土壤蔗糖酶活性最高,为 12.8 mg/g;高浓度过磷酸钙处理中最低,为 9.52 mg/g。

2.1.4 改良剂对土壤淀粉酶活性的影响 由图 4 可知,与对照相比,3 种改良剂均提高了土壤淀粉酶活

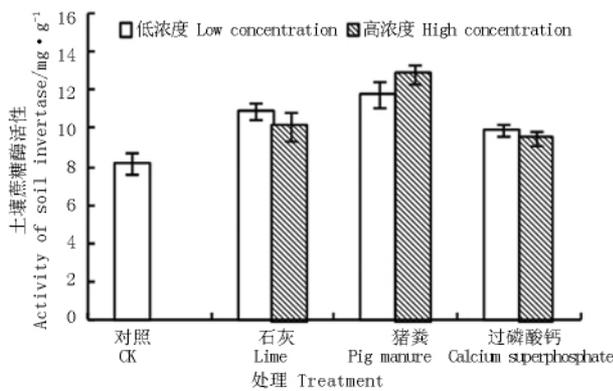


图3 改良剂对土壤蔗糖酶活性的影响

Fig. 3 Effects of amendments on soil invertase activity

性,除低浓度的过磷酸钙处理下土壤淀粉酶活性的差异不显著外,其余改良剂处理下均达到显著水平。在同一改良剂处理下,除石灰处理外,猪粪和过磷酸钙处理均表现为低浓度处理<高浓度处理。高浓度猪粪处理下的土壤淀粉酶活性最高,为 0.49 mg/g;低浓度过磷酸钙处理中最低,为 0.26 mg/g。

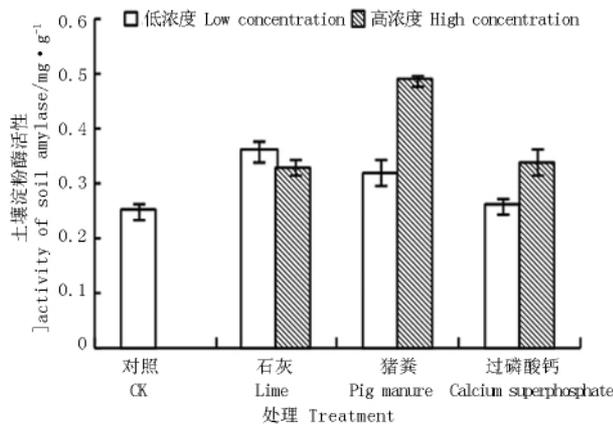


图4 改良剂对土壤淀粉酶活性的影响

Fig. 4 Effects of amendments on soil amylase activity

## 2.2 改良剂对钵胁迫莴苣根际土壤酶活性的影响

2.2.1 改良剂对莴苣根际土壤过氧化氢酶活性的影响 由表 2 可知,同一改良剂处理下莴苣根际土壤过氧化氢酶活性均表现为高浓度处理>低浓度处理。莴苣根际土壤过氧化氢酶活性在猪粪(高)处理中达到最大值,其值为 1.89 mL/g,比对照提高了158.26%;最小值则出现在过磷酸钙(低)处理中,其值分别为 1.44 mL/g,比对照提高了 25.21%。

2.2.2 改良剂对莴苣根际土壤脲酶活性的影响 由表 2 可知,同一改良剂处理下,除猪粪处理下莴苣根际土壤脲酶活性表现为高浓度处理>低浓度处理外,石灰和过磷酸钙处理的莴苣根际土壤脲酶活性均表现为高浓度处理<低浓度处理。莴苣根际土壤脲酶活性在猪粪(高)处理中达到最大,其值为 13.67 mg/g,比对照提高了 93.63%;最小值则均出现在过磷酸钙(高)处理中,其值为 7.26 mg/g,比对照提高了 2.83%。

2.2.3 改良剂对莴苣根际土壤蔗糖酶活性的影响 由表 2 可知,同一改良剂处理下,除过磷酸钙处理下莴苣根际土壤蔗糖酶活性表现为高浓度处理<低浓度处理外,石灰和猪粪处理的莴苣根际土壤蔗糖酶活性均表现为高浓度处理>低浓度处理。莴苣根际土壤蔗糖酶活性在猪粪(高)处理中达到最大,其值为 12.65 mg/g,比对照提高了 38.71%;最小值则出现在过磷酸钙(高)处理中;其值为 9.61 mg/g,比对照提高了 5.37%。

2.2.4 改良剂对莴苣根际土壤淀粉酶活性的影响 由表 2 可知,同一改良剂处理下,莴苣根际土壤淀粉酶活性均表现为高浓度处理>低浓度处理。莴苣根际土壤淀粉酶活性在猪粪(高)处理中达到最大,其值为 0.66 mg/g,比对照提高了 135.71%;最小值则出现在过磷酸钙(低)处理中,其值为 0.33 mg/g,比对照提高了 17.86%。

表 2 改良剂对莴苣根际土壤酶活性的影响

Table 2 Effects of amendments on lettuce rhizosphere soil enzyme activity

试验处理 Treatment	土壤过氧化氢酶活性 The activity of soil catalase /mL·g <sup>-1</sup>	土壤脲酶活性 The activity of urease /mg·g <sup>-1</sup>	土壤蔗糖酶活性 The activity of soil invertase /mg·g <sup>-1</sup>	土壤淀粉酶活性 The activity of soil amylase /mg·g <sup>-1</sup>
CK Control	1.15±0.75fE	7.06±0.07fE	9.12±1.55fD	0.28±0.03eDE
石灰(低) Lime(Low)	1.57±0.77dD	8.93±0.04cC	10.92±1.27cBC	0.35±0.04cdCD
石灰(高) Lime(High)	2.29±1.05bB	8.26±0.05cdCD	11.17±1.09bcB	0.47±0.07bB
猪粪(低) Pig manure(Low)	1.89±0.85cC	10.18±0.08bB	11.49±0.87bB	0.38±0.05cCD
猪粪(高) Pig manure(High)	2.97±0.79aA	13.67±0.05aAE	12.65±0.98aA	0.66±0.03aA
过磷酸钙(低) Calcium superphosphate(Low)	1.44±0.87eDE	7.94±0.08deCD	10.41±2.18dC	0.33±0.03dD
过磷酸钙(高) Calcium superphosphate(High)	1.93±1.01cC	7.26±0.06efDE	9.61±1.95eD	0.35±0.05cdC

注:数据后的小写字母表示 5%显著水平,大写字母表示 1%显著水平。

### 3 结论与讨论

土壤酶主要来自于土壤微生物和植物根系的分泌作用,对土壤中有机质的转化起至关重要的作用<sup>[9]</sup>,参与了土壤的发生、发育以及土壤肥力的形成与演化的整个过程,其活性大小可较敏感地反映土壤中生化反应的程度,是探讨重金属污染生态效应的有效指标之一<sup>[6]</sup>。崔红标等研究表明<sup>[10]</sup>,石灰和猪粪等改良剂的施入降低了土壤重金属活性,增强了土壤微生物活性,进而提高了土壤过氧化氢酶和土壤脲酶等土壤酶活性。这与该试验研究结果相一致。

该试验研究表明,施加不同改良剂均不同程度提高了镉胁迫条件下莴苣成熟期根际土壤过氧化氢酶活性、土壤脲酶活性、土壤蔗糖酶活性和土壤淀粉酶活性。猪粪处理下的土壤酶活性提高效果优于石灰和过磷酸钙处理。猪粪含有较高的有机质,且粪类对土壤酶活性具有良好的持续作用<sup>[11]</sup>,有机质作为土壤过氧化氢酶活性的良好基质<sup>[12]</sup>,为土壤微生物提供丰富的能源和营养源,从而激活土壤过氧化氢酶活性<sup>[13-14]</sup>。猪粪内含有大量易分解含氮有机物<sup>[13,15]</sup>,施入土壤后土壤碱解氮含量增加,而土壤脲酶活性可以反映土壤有机氮及其转化状况,其活性同土壤水解性氮具有较高的正相关性<sup>[14]</sup>。高浓度猪粪处理下的土壤蔗糖酶和淀粉酶活性均达到最大,可能是由于猪粪 C/N 小,含易分解的有机物多,呼吸作用强,利于激发土壤生物学活性<sup>[11]</sup>。石灰和过磷酸钙的加入改变了土壤中镉的形态,从而降低了镉的生物有效性,进而减少了重金属镉对土壤酶活性的抑制作用<sup>[10,16]</sup>。

#### 参考文献

[1] Lombi E, Hamon R E, McGrath S P, et al. Lability of Cd, Cu and Zn

in polluted soils treated with lime, beringite, and red mud and identification of a non-labile colloidal fraction of metals using isotopic techniques[J]. Environ. Sci. Technol., 2003, 37(5): 979-984.

[2] 丁园. 重金属污染的土壤治理方法[J]. 环境与开发, 2000, 15(2): 25-30.

[3] 屠乃美, 郑华, 绉永霞. 不同改良剂对铅镉污染稻田的改良效应研究[J]. 农业环境保护, 2000, 19(6): 324-326.

[4] 王新, 吴燕玉. 重金属在土壤-水稻系统中的行为特性[J]. 生态学报, 1997, 16(4): 10-14.

[5] 孙健, 铁柏清, 周浩, 等. 不同改良剂对铅锌尾矿污染土壤中灯心草生长及重金属积累特性的影响[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(3): 637-643.

[6] 杨燕娜, 温小乐. 土壤汞污染及其治理措施的研究综述[J]. 能源与环境, 2006(3): 9-11.

[7] 石汝杰, 陆引罡, 丁美丽. 植物根际土壤中铅形态与土壤酶活性的关系[J]. 山地农业生物学报, 2005, 24(3): 225-229.

[8] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 262-281.

[9] 许晓平, 冯浩, 赵西宁, 等. 土壤改良剂与氮肥配施对玉米生长及其养分含量的影响[J]. 西北农业学报, 2008, 17(3): 139-142.

[10] 崔红标, 梁家妮, 范玉超. 磷灰石等改良剂对铜污染土壤的修复效果研究-对铜形态分布、土壤酶活性和微生物数量的影响[J]. 土壤, 2011, 43(2): 247-252.

[11] 姚胜蕊, 薛炳焯, 束怀瑞. 有机物料对盆栽苹果土壤酶活性的影响[J]. 土壤肥料, 2000(1): 32-34.

[12] 杨涛, 徐慧, 李慧, 等. 樟子松人工林土壤养分、微生物及酶活性的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 50-53.

[13] 劳秀荣, 吴子一, 高燕春. 长期秸秆还田改土培肥效应的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 49-52.

[14] 汤树德. 作物秸秆直接还田的土壤生物学效应[J]. 土壤学报, 1980, 17(2): 172-181.

[15] 赵兰坡, 姜岩. 施用有机物料对土壤酶活性的影响-有机物料对土壤酶活性的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1987, 9(4): 43-50.

[16] 田毅, 张玉龙. 过磷酸钙对土壤中铅的形态及其生物有效性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(3): 327-330.

## Effects of Amendments on Rhizosphere Soil Enzyme Activity of Lettuce Under Cadmium Stress

WEI Yi-jun, YANG Hai-bin, HUI Jian-chun, ZHU Xue-mei

(College of Resource and Environment, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130)

**Abstract:** The pot experiment of root bag method was used to study the effects of 3 amendments (the lime, the pig manure and the superphosphate) on rhizosphere soil enzyme (the soil catalase, the soil urease, the soil invertase and the soil amylase) activities of lettuce under Cd stress. The results showed that three amendments significantly or very significantly improved four soil enzymes activities of lettuce before lettuce growth and at lettuce maturity stage, and the maximum was in high concentration of pig manure treatment. Before lettuce growth, the maxima of soil catalase, soil urease, soil invertase and soil amylase activities were 2.35 mL/g, 8.51 mg/g, 12.8 mg/g and 0.49 mg/g, respectively. At mature stage of lettuce, the maxima of lettuce rhizosphere soil catalase, soil urease, soil invertase and soil amylase activities were 1.89 mL/g, 13.67 mg/g, 12.65 mg/g and 0.66 mg/g, respectively. Therefore, the pig manure was better to improve lettuce soil environment under Cd stress than lime and superphosphate.

**Key words:** amendments; cadmium; lettuce; soil enzyme activity