

表面活性剂 LAS 与重金属 Cd 复合污染 对黄豆生长的影响

张 永, 廖柏寒, 曾 敏, 罗承辉

(湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 采用盆栽试验方法, 研究了表面活性剂 LAS(十二烷基苯磺酸钠)与重金属 Cd 单一及复合污染对黄豆生长和生理生化指标的影响。结果表明, 在单一 LAS 污染条件下, 较低浓度的 LAS($\leq 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)能促进黄豆的生长, 较高浓度的 LAS($\geq 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)对黄豆有毒害作用。在单一 Cd 污染条件下, 土壤中 Cd 浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 黄豆的生长受到严重的抑制。在同一 Cd 污染土壤中, 随着灌溉水 LAS 浓度的升高, 黄豆的株高、干重、叶片叶绿素含量和 SOD 活性都呈先升后降的趋势, 当 LAS 浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 这些指标的数值最大, 而 MDA 含量随着 LAS 浓度的升高呈先降后升的趋势。通过这些生长及生理生化指标的测定, 可以得知低浓度 LAS($\leq 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)能部分缓解 Cd 对黄豆的毒害。

关键词: LAS; 镉; 黄豆; 复合污染

中图分类号: X503. 231 文献标识码: A 文章编号: 1672 - 2043(2004)06 - 1070 - 03

Complex Effects of LAS and Cd on Growth of Soybean

ZHANG Yong, LIAO Bo-han, ZENG Min, LUO Cheng-hui

(College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Effects of single and complex pollution of dodecyl benzene sulfonic acid sodiumsalt(LAS) and cadmium on the growth of soybean (*Glycine max*) were studied with pot culture experiments. The results showed that the lower concentrations ($\leq 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) of LAS could promote soybean growth, while LAS was toxic to soybean at higher concentrations ($\geq 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$). The growth of soybean was seriously inhibited in the soils with 5 and 10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ of Cd. The plant height, dry weight, chlorophyll content and superoxide dismutase(SOD) activity of leaves increased first, then decreased with increasing LAS concentrations in the same Cd - polluted soils; while the content of malondialdehyde(MDA) in leaves decreased first and then raised slightly with increasing LAS concentrations. The maximum values of these indexes appeared at the solution with $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ LAS. According to the change of these indexes, lower concentrations of LAS ($\leq 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) can partly mitigate the toxicity of Cd to soybean plants.

Keywords: LAS; cadmium; soybean; complex pollution

随着人们对环境问题认识的不断深入, 其研究已从单一污染物转向多种污染物复合污染的研究。多种污染物共存时, 其复合作用可以大大改变某一或某些污染物的生物活性或毒性^[1]。Cd 是环境中危害较大的重金属之一, 由于采矿、污灌、空气污染和化肥施用等引起的土壤 Cd 污染日趋严重, Cd 污染对植物生理生化的影响^[2, 3]、毒害机理^[4, 5]已经被广泛地研究。表

面活性剂是合成洗涤剂的主要成分, 随着污水、垃圾和工业废料等排入环境中, 严重影响城市周围的农业生产^[6]。表面活性剂 LAS 与重金属 Cd 的复合污染是现实中广泛存在的污染现象, 这种复合污染对植物生长的影响缺乏深入研究。本试验研究了表面活性剂 LAS 和 Cd 复合污染对黄豆生长及生理生化指标的影响, 以便为评价这 2 类污染物对植物的联合毒性提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

收稿日期: 2004 - 04 - 15

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目([2000]156 - 00209); 湖南农业大学人才引进基金项目

作者简介: 张 永(1979—), 男, 湖南石门人, 硕士研究生, 研究方向为环境植物学。E-mail: zhy79@hotmail.com

联系人: 廖柏寒, E-mail: liao. bh@tom.com

黄豆 (*Clycine max*) 种子为凤乐特早熟, 购于湖南省农科院种子公司。供试土壤为菜园土 (无 Cd 污染), 采自湖南农业大学试验基地。LAS 选用十二烷基苯磺酸钠, 产自中国医药 (集团) 上海化学试剂公司。

1.2 试验设计

采用盆栽试验方法。将土壤风干, 过 5 mm 筛, 统一施菜枯 (按 $4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土的标准) 和 CdCl_2 , 使土壤中 Cd 的浓度 (以纯 Cd 计) 为 5 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 培养 2 周后, 装入塑料盆 (高 20 cm, 直径 20 cm), 每盆装土 5 kg。黄豆种子经消毒后, 直接播种于塑料盆中, 每盆 18 颗。播种后即开始浇灌 LAS 溶液 (LAS 溶液设 5、15、50、 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 4 个浓度), 浇灌蒸馏水做空白, 每 2 d 一次, 每次 $265 \text{ mL} \cdot \text{盆}^{-1}$ (根据长沙地区年降雨量为 1 540 mm 计算)。播种 1 周后, 每盆选择留下均匀一致的幼苗 8 株, 播种 30 d 后, 每盆拔出 4 株用于分析测定, 60 d 后收获植株用于分析测定。试验重复 3 次, 数据进行统计分析。

1.3 测试指标及方法

株高用直尺测量, 干重用电子台秤称量, 叶绿素含量用丙酮和乙醇浸提法测定^[7], SOD 活性和 MDA 含量用试剂盒测定 (试剂盒购自南京建成生物工程研究所)。

2 试验结果

2.1 LAS 与 Cd 复合污染对黄豆株高和生物量的影响

从表 1 可以看出, 在 Cd 单一污染条件下, 当土壤中 Cd 浓度为 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 黄豆植株的株高和干重分别较对照植株下降 30% 和 38%; Cd 浓度为 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 株高和干重分别较对照植株下降 44% 和 58%。在同一 Cd 污染水平下, 随着浇灌的 LAS 溶液浓度的升高, 黄豆的株高和干重呈先升后降的趋势。在未添加 Cd 的土壤中, 当 LAS 溶液的浓度为 $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 黄豆的株高和干重达到最大值; 在 Cd 浓

度为 5 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的土壤中, LAS 溶液的浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 黄豆的株高和鲜重达到最大值。从表中还可以看到所有浇灌 LAS 溶液的黄豆株高和干重都大于相应只加 Cd 的情况, 说明 LAS 能部分缓解 Cd 对黄豆的毒害。

2.2 LAS 与 Cd 复合污染对黄豆叶片叶绿素含量的影响

叶绿素含量在一定程度上反映了光合作用的水平, 植物叶片中叶绿素含量与光合速率、营养状况等密切相关, 因此常用叶绿素含量的高低来表征植物在逆境下受伤害的程度。由图 1 可知, 单一 Cd 污染对黄豆叶片叶绿素含量有明显的影 响, 叶绿素含量随着 Cd 浓度的增加而显著下降; 浇灌 LAS 溶液提高了黄豆叶片叶绿素含量, 但随着 LAS 浓度的升高, 叶绿素含量呈现先升后降的趋势。原因可能是低浓度的 LAS 溶液能提供碳源, 促进了黄豆植株的生长, 而 LAS 溶液达到一定浓度时, 又对黄豆的生长产生了毒害^[8]。在复合污染条件下, 当土壤中 Cd 浓度为 5 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 随着浇灌的 LAS 溶液浓度的升高, 叶绿素含量呈现先升后降的趋势, 在 LAS 浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 叶绿素含量的值最大。

2.3 LAS 与 Cd 复合污染对黄豆叶片 SOD 活性和 MDA 含量的影响

SOD 是重要的抗氧化酶。正常情况下 SOD 活性稳定, 植物产生和清除 $\text{O}_2^{\cdot -}$ 的能力处于动态平衡,

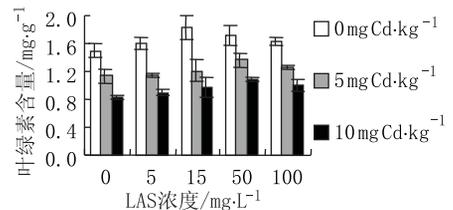


图 1 LAS 与 Cd 复合污染对黄豆叶片叶绿素含量的影响

Figure 1 Complex effects of LAS and Cd on the content of chlorophyll in soybean leaves

表 1 LAS 与 Cd 复合污染对黄豆的株高和生物量的影响

Table 1 Complex effects of LAS and Cd on the height and biomass of soybean plants

指标	Cd 浓度 / (mg · kg ⁻¹)	LAS 浓度 / (mg · kg ⁻¹)				
		0	5	15	50	100
60 d 株高 / cm	0	33.0 ± 0.5d	35.0 ± 0.1c	37.5 ± 0.5a	36.5 ± 0.3b	34.7 ± 0.3c
	5	23.0 ± 0.4e	24.8 ± 0.3bd	25.5 ± 0.7bc	27.0 ± 0.3a	25.5 ± 1.0b
	10	17.8 ± 0.4d	19.5 ± 0.4c	20.3 ± 0.3b	21.8 ± 0.4a	20.0 ± 0.5bc
60 d 干重 / (g · (4 plants) ⁻¹)	0	4.86 ± 0.08d	5.15 ± 0.13c	6.18 ± 0.06a	5.50 ± 0.11b	5.37 ± 0.12b
	5	3.02 ± 0.12d	3.38 ± 0.10c	3.84 ± 0.14ab	3.99 ± 0.09a	3.70 ± 0.10b
	10	2.02 ± 0.07c	2.15 ± 0.05b	2.33 ± 0.06a	2.40 ± 0.10a	2.19 ± 0.09ab

注: 表中数据为平均值 ± 标准差 (n = 3)。同一行有相同字母的表示在 0.05 水平不显著。

但当植物受到高浓度污染物长期作用时,体内产生的活性氧超过了抗氧化防御系统的清除范围,就会引起抗氧化酶活性发生相应变化^[9]。当细胞长时间地维持在较高的 $O_2 \cdot^-$ 浓度下,细胞内的活性物质包括酶也会受到损伤,致使 SOD 活性下降。由图 2 可以看出 Cd 对黄豆的毒害十分明显,随着 Cd 浓度的增加,SOD 活性显著下降。在相同 Cd 浓度的污染土壤中,随着浇灌的 LAS 溶液浓度的升高,黄豆叶片 SOD 活性呈先升后降的趋势。在未添加 Cd 的土壤中,当 LAS 浓度为 $15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,SOD 活性最大,在添加了 Cd 的污染土壤中,当 LAS 浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,SOD 活性最大。这与黄豆株高、干重、叶片叶绿素含量的变化趋势

一致。

植物处于逆境胁迫或衰老时,体内活性氧累积,引发膜脂过氧化,使植物生长异常。MDA(丙二醛)是膜脂氧化的主要产物之一,因此,测定 MDA 的含量可在一定程度上了解膜脂过氧化的程度,从而了解植物受破坏的程度^[6]。从图 2 可以看出,Cd 毒害对黄豆叶片 MDA 含量的影响很大。单一 Cd 污染条件下,当土壤中 Cd 浓度为 5 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,MDA 的含量分别比对照增加了 65% 和 116%。单一 LAS 污染条件下,随着 LAS 溶液浓度的升高,MDA 含量有上升趋势。在同一 Cd 浓度的污染土壤中,MDA 含量随着浇灌的 LAS 溶液浓度的升高呈先降后升的趋势,当 LAS

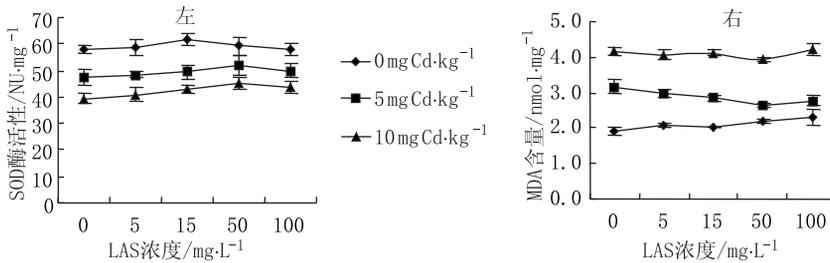


图 2 LAS 与 Cd 复合污染对黄豆叶片 SOD 活性和 MDA 含量的影响

Figure 2 Complex effects of LAS and Cd on the SOD activity(Left)and MDA content(Right)in soybean leaves

浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,MDA 含量最低。

3 讨论与结论

初步研究结果显示,单一 Cd 污染条件下 Cd 浓度为 5 和 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,黄豆的生长受到严重的抑制,表现为植株矮小,叶绿素含量降低,SOD 活性下降,MDA 含量升高。单一 LAS 污染条件下,较低浓度的 LAS($\leq 15 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 能促进黄豆植株的生长,较高浓度的 LAS($\geq 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 对黄豆有毒害作用。

LAS 与 Cd 复合污染条件下,当浇灌的 LAS 溶液浓度 $\leq 50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,虽未完全消除高浓度 Cd 污染对黄豆植株毒害,但致害程度有所减轻。当 LAS 浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,这种缓解毒害的作用最为明显。这可能有 3 个原因:一是 LAS 作为一种有机物,提供了碳源,能促进黄豆植株的生长^[8];二是 LAS 作为一种弱酸强碱盐,水解后呈碱性,能固定土壤中部分 Cd;三是 LAS 又是一种络合剂,可以与 Cd 形成稳定的络合物,降低土壤溶液中 Cd 的活度,从而降低 Cd 的毒性和减少植物吸收^[10]。当浇灌的 LAS 溶液浓度达到 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,两种污染物对黄豆的毒害作用有协同作用的趋势。

LAS 与 Cd 复合污染条件下,Cd 在黄豆植株体内的分配情况还值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 陈怀满,郑春荣. 复合污染与交互作用研究[J]. 农业环境保护, 2002,21(2):192-192.
- [2] 杨居荣,贺建群,蒋婉茹. Cd 污染对植物生理生化的影响[J]. 农业环境保护, 1995, 14(5):193-197.
- [3] 檀建新,尹君,王文忠,等. 镉对小麦、玉米幼苗生长和生理生化反应的影响[J]. 河北农业大学学报,1994,17(增刊):83-87.
- [4] 江行玉,赵可夫. 植物重金属伤害及其抗性机理[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(1):92-99.
- [5] 杨居荣,蒋婉茹. 小麦耐受 Cd 胁迫的生理生化机制探讨[J]. 农业环境保护,1996,15(3):97-101.
- [6] 罗立新,孙铁衍. Cd 和表面活性剂复合污染对小麦叶片若干生理性状的影响[J]. 应用生态学报,1998,9(1):95-100.
- [7] 沈伟其. 测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法[J]. 植物生理通讯,1988,127:62-67.
- [8] 黄士忠,陈国光,王德荣,等. 合成洗涤剂(LAS)对农作物影响的研究[J]. 农业环境保护,1994,13(2):58-62.
- [9] 余苹中. 模拟酸雨和 Zn、Cd 对小白菜、四季豆生长及其生理生化特性的影响[D]. 长沙:湖南农业大学(硕士学位论文),2003.
- [10] 蒋先军,骆永明,赵其国,等. 镉污染土壤植物修复的 EDTA 调控机理[J]. 土壤学报,2003,40(2):205-209.