

表面活性剂 SDBS 对甘薯吸收涕灭威的影响

徐 建, 戴树桂

(南开大学环境科学与工程学院, 天津 300071)

摘 要:利用水培法研究了阴离子表面活性剂十二烷基苯磺酸钠(SDBS)对甘薯从溶液中吸收涕灭威的影响。结果显示,SDBS 对甘薯吸收涕灭威有一定的抑制作用,随着 SDBS 浓度的增加,抑制作用增强。25 d 生长动态试验表明,SDBS 是一直影响着甘薯对涕灭威的吸收(每个时间点的浓度都低于对照点的浓度)。甘薯对涕灭威的吸收呈线性增长规律(相关系数大于 0.85),SDBS 浓度越大,线性方程的斜率 k 就越小。

关键词:SDBS; 甘薯; 涕灭威; 植物吸收

中图分类号:X839.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)03-0490-04

Effects of Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate (SDBS) on Uptake of Aldicarb by Sweet Potatoes

XU Jian, DAI Shu-gui

(College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071,China)

Abstract:The effect of an anionic surfactant—sodium dodecyl benzene sulfonate (SDBS) on uptake of aldicarb by sweet potatoes was investigated using water—culture experiment. Eight different concentrations of SDBS (from 0 to 1 000 mg·L⁻¹) were set in the experiment, and the results showed that SDBS could inhibit the uptake. The totally toxic residues (TTR) in sweet potatoes were in a range of from 28.55 mg·kg⁻¹ to 3.43 mg·kg⁻¹ while SDBS concentration varied from 0 to 1 000 mg·L⁻¹, respectively. The extent of inhibition increased with increased concentration of SDBS. Kinetic experiment results for 25 d indicated that the inhibition occurred at each sampling time, with lower concentration of aldicarb in sweet potatoes with SDBS, compared with no SDBS. The uptake amounts of aldicarb in sweet potatoes were correlated with the linear equation, with a correlation coefficient of over 0.85, and the slopes of the linear equations declined with the increased SDBS concentrations.

Keywords: SDBS; sweet potato; aldicarb; plant uptake

涕灭威是一种氨基甲酸酯农药,其化学名称为 2-甲基-2-甲硫基-O-(甲氨基甲酰基)丙醛肟,通用名为 Aldicarb,是一种内吸性高效杀虫、杀螨和杀线虫剂。1986 年,我国开始在棉花、花生和烟草上登记使用涕灭威防治病虫害。近几年,尤其是 1999 年农业部发布补充涕灭威在甘薯上使用的登记以来,涕灭威大量用于河北、山东等地区的甘薯田防治线虫。

十二烷基苯磺酸钠 SDBS 是一种阴离子表面活性剂,它是家庭常用洗涤剂的主要成分。由于洗涤剂的大量使用,表面活性剂已经大量进入环境中。表面活性剂是由两个性质不同的基团组成的,一个是非极

性的亲油(疏水)基团,一个是极性的亲水(疏油)基团。它的特殊性质对进入环境中一些化学物质的形态、环境行为等造成了一定的影响。已有研究报道,SDBS 对土壤中涕灭威的降解有促进作用^[1],对水体中涕灭威及其氧化产物的水解也有促进作用^[2]。SDBS 还会影响涕灭威在土壤中的淋溶行为^[3],有人研究过甘薯对涕灭威的吸收和涕灭威在甘薯体内的降解^[4],结果表明涕灭威能很快被甘薯吸收,并在体内降解。本课题组在研究了河北省卢龙县农田土壤的生态系统表征之后,发现该地区的土壤环境中存在着农药涕灭威和表面活性剂 SDBS 共同存在的情况^[5],因此本文考虑进入环境中的表面活性剂对植物吸收农药涕灭威的影响,利用水培条件来研究 SDBS 对甘薯吸收涕灭威的作用。

收稿日期:2004-09-18

基金项目:国家自然科学基金资助项目(29837170)

作者简介:徐 建(1978—),男,博士,讲师,主要研究方向为环境污染与控制化学。E-mail:xujian@nankai.edu.cn

联系人:戴树桂 E-mail:sgdaai@public.tpt.tj.cn

1 材料和方法

1.1 仪器与试剂

M600D 气相色谱仪 (YOUNG LIN), FPD 检测器 (HP), 393 nmS 滤光片, 固定液为 ATWAX 的毛细管柱 (内径 0.53 mm, 长 10 m, 固定液膜厚 0.25 μm)。色谱条件: 进样口温度 180 ℃, 检测器温度 200 ℃, 程序升温 85 ℃ (1 min)—10 ℃·min⁻¹ 升温—140 ℃ (10

min); 气体流量 H₂ 80 mL·min⁻¹, N₂ 10 mL·min⁻¹, O₂ 20 mL·min⁻¹; 衰减 2, 外标法定量。

混合提取液 (丙酮:水=3:1 (V/V))。十二烷基苯磺酸钠 (化学纯, 天津市光复精细化工研究所), 经实验室提纯后, 配制 10 000 mg·L⁻¹ 溶液备用。甘薯苗 (采自河北省卢龙县, 长度约 15~18 cm)。培养液的配制 (改良的 Hoagland 试剂): 具体营养盐的成分如表 1 所示。

表 1 水培养液的成分

Table 1 Composition of the cultural solution used in the test

营养盐浓度 /mol·L ⁻¹	KNO ₃ 2×10 ⁻³	CaCl ₂ ·2H ₂ O 2×10 ⁻³	MgSO ₄ ·7H ₂ O 1×10 ⁻³	KH ₂ PO ₄ 5×10 ⁻⁴	Na ₂ EDTA 1×10 ⁻⁴
微量元素浓度 /mol·L ⁻¹	H ₃ BO ₃ 1×10 ⁻⁵	MnCl ₂ ·4H ₂ O 2×10 ⁻⁶	ZnSO ₄ ·7H ₂ O 1×10 ⁻⁶	CuSO ₄ ·5H ₂ O 2×10 ⁻⁷	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O 5×10 ⁻⁸

1.2 实验部分

1.2.1 SDBS 浓度对甘薯吸收涕灭威的影响

设置 8 个塑料瓶, 编号为 1#~8#。在每个塑料瓶中加入 300 mL 培养液, 并且依次设置 SDBS 浓度为 0、10、50、100、200、400、700 和 1 000 mg·L⁻¹, 培养液中的涕灭威初始浓度设为 10 mg·L⁻¹。用稀盐酸调节溶液的 pH 至 6.5~7。选取大小相似、健康的甘薯苗, 置于塑料瓶中, 每个瓶子中栽种一颗, 使得液面恰好淹没苗的根部。每 2 d 换一次培养液, 连续培养 10 d 后取样分析。

1.2.2 生长动态实验

选取大小相似、健康的甘薯苗, 栽种在一个盛有 300 mL 培养液的塑料瓶中。每 7 颗为一组, 共计 3 组, 依次设置 SDBS 浓度为 0、50、200 mg·L⁻¹。用稀盐酸调节 pH 值至 6.5~7。涕灭威的初始浓度设置为 10 mg·L⁻¹。分别在培养后的 1、3、6、10、15、20、25 d 取样, 每 2 d 添加一定量的水, 以补充蒸发导致的水分损失。

1.2.3 植物样品的处理

取甘薯植株, 称重, 研磨。用 100 mL 混合提取液在恒温振荡器上振荡提取 2 h, 以 4 000 r·min⁻¹ 离心 15 min, 残渣再用 100 mL 混合提取液振荡提取 1 h。离心, 合并上清液, 于旋转蒸发装置上减压 (0.06~0.07

MPa) 浓缩至约 50 mL。加入 10 mL 0.5 mol·L⁻¹ 盐酸, 静置 30 min 后用 10 mL 石油醚萃取, 弃去有机相, 重复萃取两次。加入 25 mL 二氯甲烷萃取, 重复 3 次, 合并萃取液, 减压浓缩至约 5 mL, 转移至试管, 在弱 N₂ 流下吹干。加入 1.0 mL 丙酮定容溶解, 进 GC-FPD 1 μL 测定。每个样品均作平行样实验。

2 结果与讨论

一般地, 以 TTR (Total Toxic Residues) 来表示涕灭威、涕灭威亚砷和涕灭威砷三者之和。将涕灭威亚砷和涕灭威砷都转化为以涕灭威的量来表示, 总涕灭威残留 TTR 可以按下式计算:

$$TTR=C_1+0.922\times C_2+0.856\times C_3$$

式中, C₁、C₂、C₃ 分别为涕灭威、涕灭威亚砷和涕灭威砷的浓度, 0.922 和 0.856 分别为涕灭威亚砷和涕灭威砷转化为涕灭威的转换系数。

2.1 SDBS 浓度对甘薯吸收涕灭威的影响

甘薯在含有不同浓度 SDBS 的涕灭威溶液中培养 10 d 后, 甘薯植株对涕灭威的吸收结果见表 2。

10 d 的实验结果表明了 SDBS 对甘薯吸收涕灭威的抑制作用, 并且随着 SDBS 浓度的增大, 甘薯植株体内的涕灭威残留浓度降低, 表现为抑制作用增强。以 SDBS 浓度的常用对数为横坐标, TTR 为纵坐

表 2 10 d 后不同 SDBS 浓度下甘薯植株体内农药的浓度

Table 2 The pesticide concentrations in sweet potatoes after treatment with different SDBS concentrations at day 10

SDBS 浓度/mg·L ⁻¹	0	10	50	100	200	400	700	1000
涕灭威/mg·kg ⁻¹	12.80	9.46	5.31	7.46	4.01	2.09	1.41	0.92
涕灭威亚砷/mg·kg ⁻¹	16.17	17.62	14.68	5.92	6.07	8.47	4.44	2.51
涕灭威砷/mg·kg ⁻¹	0.98	0.62	1.30	0.59	0.59	0.48	0.42	未检出
TTR/mg·kg ⁻¹	28.55	26.23	19.96	13.42	10.11	10.31	5.86	3.43

标作图,得到图 1。

外界因素对植物吸收某些物质的影响,已有很多人做过研究。顾志忙等人^[6]采用水培法研究了富里酸对小麦植株积累稀土元素的影响,发现富里酸对小麦积累稀土存在“高抑低促”的生物效应,即高浓度的富里酸对积累有抑制,而低浓度对积累过程有促进作用。Zsoldos 等人^[7]使用稳定放射性同位素法研究了 pH 变化对小麦根吸收离子和 2,4-D 的影响,结果表明在 pH4 时小麦对 2,4-D 的吸收高于 pH6 时,因此抑制了根对离子的吸收,并增加了 2,4-D 在植物体内的毒性。

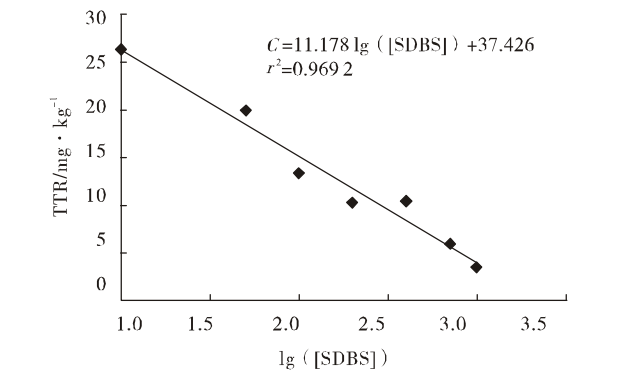


图 1 甘薯体内农药残留 TTR 和 SDBS 浓度的关系
Figure 1 Relationship between concentrations of SDBS and totally toxic residues (TTR)

从图 1 可以直观地看出 SDBS 浓度的增大对甘薯吸收涕灭威的抑制作用。甘薯植株中 TTR 与 SDBS 浓度的常用对数之间存在着很好的线性关系,相关系数达到 0.969 2。由得到的线形方程

$C = -11.178 \lg([SDBS]) + 37.426$
可以预测出,当 SDBS 的浓度达到 $2\,229.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,甘薯对涕灭威的吸收将完全被抑制,这与实际情况可能有一定的差距,需要进一步研究。该方程适用于 SDBS 浓度为 $0\sim 1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间。

2.2 生长动态实验

涕灭威被甘薯吸收到体内后,会很快被氧化为涕灭威亚砷和涕灭威砷。将甘薯中的涕灭威亚砷和涕灭威砷的浓度都转化为 TTR,并以取样时间对 TTR 作图,得到结果如图 2。

由图 2 可以明显地看出 SDBS 对甘薯吸收涕灭威的抑制作用:在 25 d 实验里,随着时间的延长,不论溶液中是否含有 SDBS,甘薯中的 TTR 都呈上升的趋势;在没有 SDBS 的溶液中,每个采样点的浓度都大于加有 SDBS 的溶液;SDBS 浓度为 $200\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的溶液抑制作用强于 SDBS 浓度为 $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的溶液。

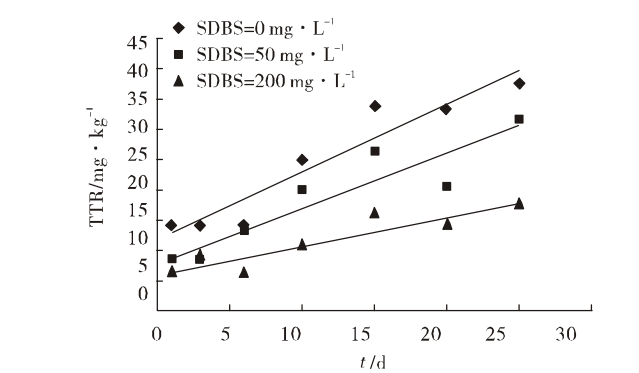


图 2 甘薯植株体内农药残留随时间的变化
Table 2 Totally toxic residues (TTR) in sweet potatoes with the variation of time

25 d 实验表明,甘薯对涕灭威的吸收规律符合线性递增函数方程,可以用下面的方程来表示:

$C = kt + m$
式中: C 为甘薯中 TTR 浓度; k 为甘薯吸收积累常数; t 为时间; m 为常数。

不同 SDBS 浓度下吸收速率方程如表 3。
表 3 不同条件下涕灭威在甘薯中的积累函数方程

Table 3 Bioaccumulation equations of Totally toxic residues (TTR) in sweet potatoes			
SDBS 浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	方程	k	相关系数 r^2
0	$C = 1.112\,4t + 11.89$	1.112 4	0.911 8
50	$C = 0.904\,4t + 8.00$	0.904 4	0.854 8
200	$C = 0.483\,8t + 5.88$	0.483 8	0.854 4

表 3 中线性方程的斜率 k 值代表了甘薯植株对涕灭威的吸收积累能力,当 k 值越大,吸收能力越强。可见,随着 SDBS 浓度的增加,甘薯吸收涕灭威的能力减弱。

涕灭威现在广泛地应用于防治甘薯茎线虫病中^[8]。其作用机理是:涕灭威穴施于土壤中,有效成分溶于水后,可以直接杀死土壤中的线虫;溶解于土壤溶液中的涕灭威被植物吸收后,随着植物体内水分的移动而遍布整个植株,当线虫吸食植物的汁液时,农药进入线虫体内,也起到一定的毒杀作用。

表面活性剂具有增溶作用,可以增加污染物的水溶解度,使更多的污染物进入到液相中,应该是增加污染物的生物利用性,而本实验却得出了相反的结论:表面活性剂 SDBS 抑制着甘薯对涕灭威的吸收。这一方面与实验条件有关,本实验使用水培法,不存在污染物从吸附态向水相中迁移的过程;另一方面也和污染物与表面活性剂的相互作用有关,一般污染物进入溶液中,都会与表面活性剂分子结合,形成“污染物-表面活性剂”结合态,可能会对污染物向植物细胞

的迁移产生一定的阻碍作用。

SDBS 是家庭常用洗涤剂的主要成分，在日常生活中使用量大，极易进入环境造成一定的污染。虽然表面活性剂对受农药污染的土壤修复有积极作用^[9~11]，对涕灭威在土壤和水中的降解和转化有促进作用^[1,2]，但是当它进入农田环境中，就会对农药的杀虫效果造成一定的负面影响，这一点应该引起注意。

3 结 论

(1)SDBS 会抑制甘薯吸收涕灭威，并且随着 SDBS 浓度的增大,抑制作用增强。水培 10 d 的实验表明,在 SDBS 浓度为 0~1 000 mg·L⁻¹ 范围内,甘薯体内总涕灭威残留 (TTR) 浓度 *C* 与 SDBS 浓度的关系为：

$$C=-11.178\lg([SDBS])+37.426。$$

(2)25 d 的生长动态实验结果表明,SDBS 在每个取样时间都抑制着甘薯对涕灭威的吸收。

(3)SDBS 会对涕灭威农药的杀虫效果产生一定的负面影响。

参考文献：

[1] Liu G L, Dai S G, Qian Y and Gan Q. Influence of SDBS on degradation

of aldicarb in surface soil[A]. Preprints of extended abstracts– Symposia paper presented before the devision of environmental chemistry[C].

American Chemical Society, Orlando, FL, April 7–11, 2002

[2] 戴树桂,承雪琨,刘广良,张 珽.SDBS 及腐殖酸对涕灭威及其氧化产物水解的影响[J].中国环境科学,2002,22(3):193–197.

[3] Dai S G, Liu G L and Liu Q X. The leaching behavior of aldicarb among complex pollution system composed of surfactant SDBS and aldicarb[J]. *Water Air and Soil Pollution*, 2001,131:119–133.

[4] 戴树桂,徐 建,刘广良,张 珽.农药涕灭威在甘薯中的消解特性[J].农业环境保护,2002,21(3):248–250.

[5] 孙玉宝,施用农药涕灭威的典型农田生态系统表征[D].天津:南开大学硕士研究生毕业论文,2001.

[6] 顾志忙,王晓蓉,顾雪元,戴乐美,陈逸君.富里酸对小麦植株积累稀土元素的影响[J].环境科学学报,2001,21(3):333–337.

[7] Zsoldos F, Haunold E. Effects of pH changes on ion and 2,4–D uptake of wheat roots[J]. *Physiol Plant*, 1979, 47:77–80.

[8] 戴树桂,孙玉宝,刘广良,徐 建,涕灭威污染体系研究现场土壤生态系统表征[J].城市环境与城市生态,2002,15(3):1–4.

[9] Roy D, Kommalapati R R, Mandava S S, Valsaraj K T, and Constant W D. Soil washing potential of a natural surfactant [J]. *Environ Sci Technol*, 1997, 31(3): 670–675.

[10] Deitsch J J, Smith J A. Effect of Triton X–100 on the rate of trichloroethene desorption from soil to water[J]. *Environ Sci Technol*, 1995, 29(4): 1069–1080, 1995.

[11] 朱利中.土壤及地下水有机污染的化学与生物修复[J].环境科学进展,1999,7(2):65–71.