

邻苯二甲酸二丁酯在不同品种菜心-土壤系统的累积

曾巧云¹,莫测辉^{2*},蔡全英¹,吴启堂¹ (1.华南农业大学资源环境学院,广东 广州 510642; 2.暨南大学环境工程系,广东 广州 510632)

摘要: 在邻苯二甲酸二丁酯(DBP)污染的水稻土中盆栽不同品种菜心,采用 GC/MS 研究了菜心-土壤系统中 DBP 的分布特征.结果表明,不同品种菜心茎叶和根系对 DBP 的吸收累积存在明显差异;不同品种菜心茎叶中 DBP 含量与其叶面积大小之间存在一定的正相关关系,不同品种菜心-土壤系统中 DBP 的分布特征明显不同,新选 45 天油菜心表现为茎叶和根系中 DBP 含量较低,盆栽后土壤中 DBP 含量也较低;特青 60 天菜心和新选油青四九菜心表现为茎叶和根系中 DBP 含量较低,但盆栽后土壤中 DBP 含量较高;油青 60 天菜心表现为茎叶和根系中 DBP 含量较高,盆栽后土壤中 DBP 含量也较高.

关键词: 邻苯二甲酸二丁酯(DBP); 菜心; 水稻土; 累积效应

中图分类号: X53 文献标识码: A 文章编号: 1000-6923(2006)03-0333-04

Accumulation of di-n-butyl phthalate in different genotypes of *Brassica Campestris* - soil systems. ZENG Qiao-Yun¹, MO Ce-Hui^{2*}, CAI Quan-Ying¹, WU Qi-Tang¹ (1.College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2.Department of Environmental Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China). *China Environmental Science*, 2006,26(3): 333~336

Abstract: Different genotypes of *Brassica Campestris* were pot-cultured in paddy soil polluted by di-n-butyl phthalate(DBP), and the distribution of DBP in *Brassica Campestris*-soil system was studied adopting GC/MS. DBP accumulation of the leaves and roots of different genotypes of *Brassica Campestris* varied obviously. The contents of DBP in the leaves and roots of Teqing-60 *Brassica Campestris* and Youqingsijiu *Brassica Campestris* were all lower, Yashuquannianyoulu *Brassica Campestris* and Youqing-60 *Brassica Campestris* were all higher. The contents of DBP in the leaves existed definite positive correlation with the size of leaves areas. The distribution of DBP in different genotypes of *Brassica Campestris*-soil systems was different obviously. The contents of DBP in Xinxunsiwu *Brassica Campestris* in leaves and roots and in pot-cultured soil were lower; DBP contents in Teqing-60 *Brassica Campestris* and Xinxunsiujiu *Brassica Campestris* in leaves and roots were lower, but DBP content in pot-cultured soil was higher; and DBP contents in Youqing-60 *Brassica Campestris* in leaves and roots were higher, and also higher in pot-cultured soil.

Key words: di-n-butyl phthalate (DBP); *Brassica Campestris*; paddy soil; accumulation effect

邻苯二甲酸二丁酯(DBP)是一种邻苯二甲酸酯类(PAEs)化合物,在环境中普遍存在^[1].DBP 急性毒性虽不高,但具有致突变性、致畸性和生殖毒性^[2],美国国家环境保护局和我国都将 DBP 列入“优先控制污染物”名单.

土壤中 DBP 主要来自工业“三废”及农业生产资料如地膜、肥料等^[3].DBP 在土壤中具有一定的生物累积效应,可以沿食物链进入人体,对人体健康造成危害.研究表明,珠江三角洲一些蔬菜基地土壤已受到 DBP 污染^[4],有关 DBP 的研究主要集中于作物种间对 DBP 的吸收累积规律及

差异^[5-8].作物对土壤中污染物的吸收累积程度不仅种间存在差异,而且种内也存在差异^[9,10].本研究在不同 DBP 污染程度的水稻土中,盆栽了 8 个品种菜心,研究不同品种菜心-土壤系统中 DBP 的环境行为与归宿,探讨不同基因型菜心对 DBP 的富集及降解能力的差异和机理.

收稿日期: 2005-10-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471007);广东省自然科学基金资助项目(036716);广东省科技计划项目(03A20504,03C34505)

* 责任作者, 教授, tchmo@jnu.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验材料

DBP 为分析纯,天津市化学试剂厂生产。

选择广州地区种植面积较广的 8 个菜心品种(表 1),菜心种子购自广东省农业科学研究院。

供试水稻土理化性质为 pH 5.86,有机质含量为 13.5g/kg,阳离子交换量为 7.993cmol/kg,全氮、全磷和全钾分别为 1.39,1.84,18.54g/kg,粒径 0.05~2.00mm 占 36%,0.01~0.05mm 占 16%,<0.01mm 占 48%。

1.2 实验方法

1.2.1 污染土壤的制备 取 DBP3.06, 6.11mL 溶于丙酮(分析纯),分别添加到 24kg 过 2mm 筛的 2 盆水稻土中混匀,置于阴凉处,使丙酮自然挥发。分别称取 0.5kg 上述污染土壤,并与 4.5kg 的原土壤(过 5mm 筛)混匀,即获得污染水平 I 和污染水平 II 的人工污染土壤。同时,称取 0.5kg 过 2mm 筛的原土壤与 4.5kg 过 5mm 筛的原土壤混匀,作为对照。上述土壤均以蒸馏水调至田间持水量,5d 后进行粉碎、混匀和装盆。盆栽时取各土壤样品分析 DBP 的初始含量,对照、污染水平 I 和污染水平 II 处理土壤中 DBP 的含量分别为 6.102, 13.464, 24.284mg/kg。

盆栽拌施化肥为尿素、过磷酸钙和氯化钾(均为化学纯),其施用量以氮,磷,钾计分别为 0.20, 0.15, 0.20g/kg。

1.2.2 盆栽与采样 盆栽实验在华南农业大学资源环境学院玻璃网室进行。实验设置对照、污染水平 I 和污染水平 II 3 个处理,每个处理设置 4 个重复,随机排列。2002 年 10 月 6 日播种,每盆约 10 粒。待苗长到 3 片真叶时间苗,每盆留苗 5 株。盆栽试验用蒸馏水浇灌(以不渗漏为准),人工防治虫害,不喷施农药。

2002 年 11 月 15 日收获(生长期为 40d)。从距土面上 20mm 处剪断,分别采集地上部和地下部样品,地上部立即称鲜重。所有样品依次用自来水、蒸馏水洗净,室内晾干,后于 50~55℃ 烘干并粉碎。同时采集土壤样品,自然风干后粉碎过筛。所

有样品均在 4℃ 干燥条件下保存。

1.3 样品预处理与 GC/MS 分析

样品中 DBP 的预处理及 GC-MS 分析方法参照文献[11]。

采用工作标准曲线和内标法定量。替代物苯胺-d₅ 的回收率为 75.53%~89.96%,DBP 的检测限 0.600μg/L,空白试验中未检测出目标化合物。

2 结果与讨论

2.1 DBP 对不同品种菜心生物量的影响

盆栽期间,各处理不同品种菜心长势均较好,收获时其生物量见表 1。由表 1 可见,对照处理四九-19 菜心的生物量显著低于亚蔬全年油绿甜菜心、佰顺 811 菜心和新选油青四九菜心;污染水平下,各品种菜心生物量差异不显著;不同污染水平下,同一品种菜心各处理之间生物量差异不显著。说明在本实验污染浓度下,除品种之间的差异之外,DBP 对菜心的生长影响不显著。

表 1 不同 DBP 污染水平下各品种菜心的生物量(g/盆,鲜重)

Table 1 Biomass of various genotypes of *Brassica Campestris* grown in DBP-polluted soil(g/pot, FW)

菜心品种	对照处理	污染水平 I	污染水平 II
亚蔬全年油绿甜菜心	154.43±1.84 ^a	138.06±1.86 ^a	148.11±2.22 ^a
油青 60 天菜心	150.04±1.83 ^{ab}	147.79±1.90 ^a	144.11±1.94 ^a
四九-19 菜心	126.84±2.23 ^b	152.49±1.57 ^a	144.60±1.96 ^a
新种油青四九-31 菜心	134.29±1.98 ^{ab}	141.39±2.01 ^a	155.65±1.97 ^a
佰顺 811 菜心	158.27±1.69 ^a	147.01±2.17 ^a	155.40±2.11 ^a
特青 60 天菜心	137.60±2.06 ^{ab}	141.51±1.60 ^a	151.99±1.96 ^a
新选油青四九菜心	157.84±1.88 ^a	154.53±1.65 ^a	145.54±1.95 ^a
新选 45 天油菜心	142.44±2.14 ^{ab}	146.12±2.33 ^a	148.35±1.58 ^a

注:数据表示方式为平均值±标准差;采用 Duncan 法进行多重比较,

同一列数据后相同字母者表示差异不显著($P=0.05$)

2.2 不同品种菜心茎叶中 DBP 的含量

不同污染水平下各品种菜心茎叶对 DBP 的吸收累积特征差异明显(图 1),亚蔬全年油绿甜菜心茎叶中 DBP 含量在各污染水平下相近,其他各品种菜心茎叶中 DBP 含量随土壤污染程度的增加而增加。增长顺序为四九-19 菜心>油青 60 天

菜心>新种油青四九-31 菜心>特青 60 天菜心>佰顺 811 菜心>新选油青四九菜心>新选 45 天油菜心。

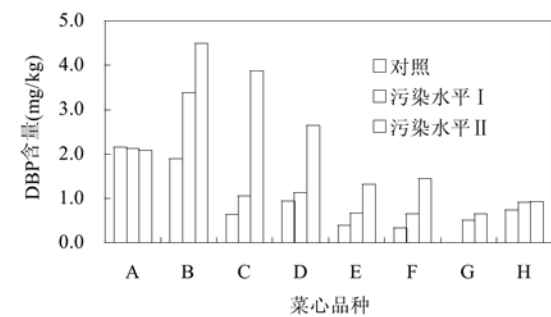


图1 不同品种菜心茎叶中 DBP 的含量
Fig.1 DBP concentrations in shoots of different genotypes of *Brassica Campestris*
A 亚蔬全年油绿甜菜心 B 油青 60 天菜心 C 四九-19 菜心
D 新种油青四九-31 菜心 E 佰顺 811 菜心 F 特青 60 天菜心 G 新选油青四九菜心 H 新选 45 天油菜心
图中数据为 4 个混合样品数据

总体上看,亚蔬全年油绿甜菜心和油青 60 天菜心在各污染水平尤其是较高污染水平下茎叶中 DBP 的含量都较高,四九-19 菜心和新种油青四九-31 菜心只是在较高污染水平下茎叶中 DBP 含量较高,而佰顺 811 菜心、特青 60 天菜心、新选油青四九菜心和新选 45 天油菜心在各污染水平下茎叶中 DBP 含量都较低。

2.3 叶面积对不同品种菜心茎叶中 DBP 含量的影响

作物茎叶可以从空气中吸收/吸附 DBP 等半挥发性化合物^[11].因此叶面积大小是影响茎叶中 DBP 含量的重要因素之一.本实验中,选取菜心从心叶数第 2、4、6 片叶为代表叶片,利用叶面积测定仪测定其面积(表 2).

由表 2 可见,不同品种菜心叶面积与茎叶中 DBP 含量的关系比较复杂.四九-19 菜心茎叶中 DBP 含量随污染水平的增加而增加较快,可能与其叶面积在 2 个污染水平下均较大有关.油青四九菜心和新选 45 天油菜心的叶面积相对较小,二者茎叶中 DBP 的含量均较低。

表 2 不同品种菜心平均叶面积(mm²/张)
Table 2 Leaf areas of different genotypes of *Brassica Campestris* (mm²/piece)

菜心品种	对照处理	污染水平 I	污染水平 II
亚蔬全年油绿甜菜心	60.10±1.28 ^{ab}	59.87±1.47 ^{bc}	62.42±1.47 ^{ab}
油青 60 天菜心	61.21±1.58 ^{ab}	64.55±1.53 ^{ab}	60.59±1.61 ^{ab}
四九-19 菜心	66.94±1.29 ^a	72.48±1.70 ^a	69.72±1.71 ^a
新种油青四九-31 菜心	55.73±1.86 ^{ab}	60.00±1.28 ^{bc}	61.18±1.58 ^{ab}
佰顺 811 菜心	58.94±1.54 ^{ab}	58.94±1.33 ^{bc}	60.41±1.50 ^{ab}
特青 60 天菜心	54.48±1.60 ^b	62.14±1.49 ^{bc}	70.43±1.50 ^a
新选油青四九菜心	58.63±1.66 ^{ab}	56.48±1.46 ^{bc}	56.32±1.72 ^b
新选 45 天油菜心	61.16±1.51 ^{ab}	54.35±1.70 ^{bc}	54.36±1.47 ^b

注同表 1

由此可见,本实验条件下,不同品种菜心茎叶中 DBP 的含量高低与其叶面积大小有一定的正相关性.通菜茎叶中 DEHP 含量也有类似特征^[11].但不同品种菜心茎叶中 DBP 的含量与其叶面积大小之间并没有一一对应关系,这可能还与叶片的结构和生理生化特征等因素有关。

2.4 不同品种菜心根系中 DBP 的含量

各污染水平下不同品种菜心根系中 DBP 的含量也差异明显(图 2),并与土壤污染水平呈正相关趋势,但在 2 个污染水平之间差异相对较小。

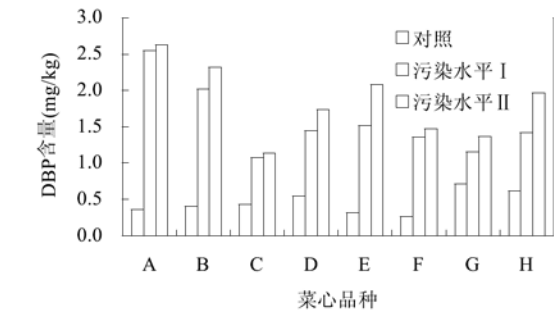


图 2 不同品种菜心根系中 DBP 的含量
Fig.2 DBP concentrations in roots of different genotypes of *Brassica Campestris*
注同图 1

总体上看,在各污染水平下,亚蔬全年油绿甜菜心和油青 60 天菜心根系中 DBP 含量均较高,特青 60 天菜心、油青四九菜心,尤其是四九-19 菜心根系中 DBP 含量均较低。

由图 1,图 2 对比可见,亚蔬全年油绿甜菜心和油青 60 天菜心的茎叶和根系中 DBP 的含量均较高,而特青 60 天菜心和新选油青四九菜心的茎叶和根系中 DBP 的含量均较低。

茎叶和根系中 DBP 含量的相对高低与污染水平和菜心品种有关。对照处理中,茎叶中 DBP 的含量均大于根系(新选油青四九菜心除外),相反,污染水平 I 中,菜心根系中 DBP 含量均大于茎叶(油青 60 天菜心除外)。但在污染水平 II 下,油青 60 天菜心、四九-19 菜心和新种油青四九-31 菜心茎叶的 DBP 含量大于根系,其余品种菜心茎叶中的 DBP 含量小于根系。

2.5 盆栽不同品种菜心后土壤中 DBP 的残留

盆栽各品种菜心后土壤中 DBP 含量见图 3。与盆栽时土壤初始 DBP 含量相比,盆栽菜心后土壤中 DBP 含量明显降低,但不同品种菜心和不同污染水平下降低的程度不同,没有明显的规律。

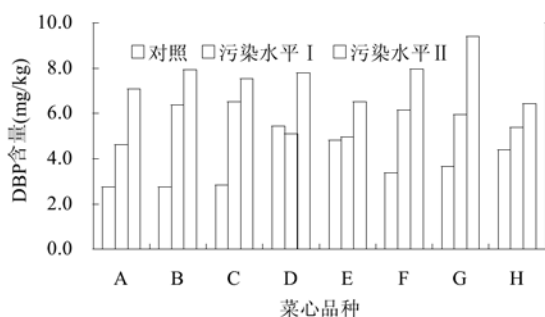


图 3 盆栽不同品种菜心后土壤中 DBP 的含量

Fig.3 DBP concentrations in pot soils grown

Brassica Campestris

注同图 1

不同品种菜心-土壤系统中 DBP 的分布特征主要有 3 种类型,一是菜心茎叶和根系中 DBP 含量较低,盆栽后土壤中 DBP 含量也较低,如新选 45 天油菜心;二是菜心茎叶和根系中 DBP 含量较低,但盆栽后土壤中 DBP 含量较高,如特青 60 天菜心和新选油青四九菜心;三是菜心茎叶和根系中 DBP 含量较高,盆栽后土壤中 DBP 含量也较高,如油青 60 天菜心。这可能与不同品种菜心对 DBP 的吸收累积能力、根系分泌物和根际

微生物对土壤中 DBP 降解的影响等因素有关。

3 结论

3.1 不同品种菜心茎叶和根系对 DBP 的吸收累积存在明显差异。

3.2 不同品种菜心茎叶中 DBP 含量与其叶面积大小之间存在一定的正相关性,但并没有一一对应关系。

3.3 不同品种菜心-土壤系统中 DBP 的分布特征明显不同,主要表现为 3 种类型,一是菜心茎叶和根系中 DBP 含量较低,盆栽后土壤中 DBP 含量也较低;二是菜心茎叶和根系中 DBP 含量较低,但盆栽后土壤中 DBP 含量较高;三是菜心茎叶和根系中 DBP 含量较高,盆栽后土壤中 DBP 含量也较高。

参考文献:

- [1] 张蕴晖,陈秉衡,郑力行,等.环境样品中邻苯二甲酸酯类物质的测定与分析 [J]. 环境与健康杂志,2003,20(5):283-286.
- [2] Van W A, Van V, Posthumus R, et al. Enviromental risk limits for two phthalates, with special emphasis on endocrine disruptive properties [J]. Ecotoxic. Environ. Safety, 2000,46,305-321.
- [3] 莫测辉,李云辉,蔡全英,等.农用肥料中有机污染物的初步检测 [J]. 环境科学,2005,26(3):209-313.
- [4] 蔡全英,莫测辉,李云辉,等.广州、深圳地区蔬菜生产基地土壤中邻苯二甲酸酯(PAEs)研究 [J]. 生态学报,2005,25(2):283-288.
- [5] 尹睿,林先贵,王曙光,等.土壤中 DBP/DEHP 污染对几种蔬菜品质的影响 [J]. 农业环境科学学报,2004,23(1):1-5.
- [6] 甘家安,王西奎.酞酸酯的生态毒性及其在植物中的吸收积累 [J]. 山东建材学院学报,1995,9(4):23-26.
- [7] Wang S G, Lin X G, Yin R, et al. Effects of Di-n-butyl phthalate on mycorrhizal and Non-mycorrhizal cowpea plants [J]. Biologia. Plantarum, 2003,47(4):637-639.
- [8] 陈英旭,何云峰,林崎,等.土壤植物系统中有机毒性物迁移和分配的研究 [J]. 浙江农业大学学报,1998,24(1):1-4.
- [9] 徐照丽,吴启堂,依艳丽.不同品种菜心对镉抗性的研究 [J]. 生态学报,2002,22(4):571-576.
- [10] 蔡全英,莫测辉,曾巧云,等.邻苯二甲酸酯在不同品种通菜-土壤系统中的累积效应研究 [J]. 应用生态学报, 2004,15(8): 1455-1458.
- [11] 曾巧云,莫测辉,蔡全英,等.菜心对邻苯二甲酸酯(PAEs)吸收途径的初步研究 [J]. 农业工程学报,2005,21(8):137-141.

作者简介: 曾巧云(1974-),女,湖南益阳人,讲师,硕士,主要从事农业有机污染与食品安全研究工作.发表论文 10 篇。