

八氯二丙醚的研究现状与展望

吕辉雄^{1,2,3*}, 黄慧娟^{1,3}, 蔡全英^{1,2,3}, 曾巧云^{1,2,3}, 张君^{1,3}, 田军建^{1,3}

1. 华南农业大学资源环境学院, 广东 广州 510642; 2. 农业部生态农业重点开放实验室, 广东 广州 510642;

3. 广东高校土壤环境与废物资源农业利用重点实验室, 广东 广州 510642

摘要: 八氯二丙醚是一种农药增效剂, 多用于农药喷雾剂、蚊香等。八氯二丙醚在环境中滞留时间长, 属于类持久性有机污染物, 可能具有致畸、致癌、致突变作用。近10年来国内外学者对环境中的八氯二丙醚进行了比较多的调查和研究。首先对八氯二丙醚的性质、应用情况进行了阐述, 然后分析八氯二丙醚的研究现状及可能来源, 最后对未来八氯二丙醚的研究的重点和发展趋势进行了展望。文献分析表明: (1) 目前国内外的研究集中报道八氯二丙醚在环境中的含量(如农药、蚊香、茶叶、大米、蔬菜、水果等), 缺乏八氯二丙醚的环境行为及其在环境中的迁移、转化及降解机理的研究, 更缺乏农产品中八氯二丙醚残留的快速检测研究。(2) 报道八氯二丙醚对动物及昆虫的毒性及毒理学试验、杀虫活性研究, 缺乏八氯二丙醚对人体暴露风险的研究。

关键词: 八氯二丙醚; 土壤; 农产品; 来源

中图分类号: X592

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2011) 02-0379-05

八氯二丙醚(简称S421), 化学名称为双-(2,3,3,3-四氯丙基)醚, 分子式 $C_6H_6OCl_8$ 。常温下为淡黄色液态, 不溶于水, 可溶于乙醇、丙酮、甲苯等有机溶剂。八氯二丙醚是一种农药增效剂, 对多种拟除虫菊酯类农药有活化增效作用, 多用于农药喷雾剂、蚊香等。八氯二丙醚是一种环境行为与滴滴涕类似的有机氯化物, 其性能稳定, 在环境中滞留时间长, 而且在生物链中会发生生物富集作用, 导致在人和其他生物体中的残留, 属于类持久性有机污染物。根据八氯二丙醚在动物学上的毒理学研究结果, S421可能具有致畸、致癌、致突变作用^[1]。S421对生态环境和农产品质量安全存在潜在威胁, 备受关注。

国内外对 S421 的检测方法、其在环境和农产品中的浓度水平和时空分布及其来源、S421 的杀虫活性、生态毒理效应等方面开展了一定的研究。本文对近 10 年来八氯二丙醚的研究作了分析和总结, 并对今后的研究方向进行了展望。

1 八氯二丙醚的应用现状

根据不同杀虫剂的增效情况, S421被广泛应用于气雾剂、熏蒸剂、蚊香、粉剂、缓释剂、烟剂、烟片、涂抹剂、水乳剂、驱避剂及乳油等产品。目前S421在农林害虫防治中占有一席之地, 在提高杀虫率和降低成本等方面发挥了很大的作用。

鉴于八氯二丙醚的危害, 2006 年农业部发布公告, 停止受理和批准含有八氯二丙醚的农药产品登记, 自 2007 年 3 月 1 日起, 撤销已经批准的所有

含八氯二丙醚的农药产品登记, 自 2008 年 1 月 1 日起, 禁止销售含有八氯二丙醚的农药。虽然国家已禁止使用 S421, 但不排除部分农药厂家在生产过程中添加八氯二丙醚, 而在成分里不加说明。此外, S421 在中国的使用已达 20 多年之久, S421 的长期使用在农业环境中乃至人类生活环境中已经积累到了一定的浓度, 并已通过各种途径渗入到人类的生产生活中(如在一些生态环境较好的高山茶区和多年不用化学农药的有机茶园也发现 S421 的存在^[1]。

目前, 除中国外, 世界上其他国家很少登记和使用该物质, 有的甚至是禁止使用。据了解, 只有日本和德国这两个发明国还在进行一些相关研究^[2]。

2 国内八氯二丙醚的研究现状

目前国内对八氯二丙醚的研究主要包括: 八氯二丙醚的含量测定、毒性及毒理学试验、杀虫活性研究; 八氯二丙醚在茶叶、茶园土壤中的残留及其降解等研究; 农产品中八氯二丙醚的检测。

2.1 八氯二丙醚的含量测定、杀虫活性及毒性、毒理试验

国内研究者对农药产品和蚊香中S421的浓度水平进行了调查研究, 并建立了不同色谱检测方法。例如, Cao等^[3]用高效液相-薄层色谱的方法测定了杀虫剂配方中S421的含量, 该方法的相关系数为0.99, 回收率为95.3%~104.3%。刘丽英^[4]采用气相色谱-质谱法对农药产品中的八氯二丙醚进行分析, 该方法具有快速、高效、灵敏度高等优点。张晓强等^[5]建立了用气相色谱法测定杀虫气雾剂中八

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41001328; 30800708); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(新教师类)(20104404120017)

作者简介: 吕辉雄(1977年生), 男, 讲师, 博士, 研究方向为土壤、空气等有机污染。*责任作者, E-mail: huixiong1@126.com

收稿日期: 2010-12-30

氯二丙醚的方法,测得杀虫气雾剂样品中八氯二丙醚的含量为1.0%。王孟歌等^[6]采用毛细管气相色谱法对盘香中八氯二丙醚含量进行了分离测定,结果表明,每单盘盘香样品中八氯二丙醚含量为70.3~96.8 mg,平均回收率为95.3%~101.7%。陈宗懋等^[7]研究发现:几乎每一种蚊香(包括盘状蚊香和喷雾蚊香)中都含有浓度不一的八氯二丙醚,质量分数最低的为0.2 mg·kg⁻¹,最高的达1100 mg·kg⁻¹。

八氯二丙醚作为农药增效剂,但其杀虫活性引起了广泛关注。国内部分学者研究了S421对蚊蝇和蟑螂等动物的杀虫活性。例如,陈超等^[8]研究了八氯二丙醚对卫生害虫的杀虫活性,结果表明八氯二丙醚对蚊蝇和蟑螂具有一定的杀虫活性。江洪涛等^[9]研究了杀虫剂与S421混用的方法,试验能取得较好的灭蚊效果。另外,含S421的喷射剂对德国小蠊、家蝇药效很低,对蚊虫药效较高,S421作为有效成分用于蚊香含量为1%时有较好的药效^[10]。国际公认的增效剂增效醚和增效胺尚无这种杀虫活性,S421是否超越增效剂的范畴有待研究^[8]。

因为八氯二丙醚具有杀虫活性,其对人体和动物的毒理效应备受关注。有研究者对长期暴露于S421的生产工人及S421对试验动物的毒性效应进行了调查研究。例如,唐萌等^[11]检测了八氯二丙醚生产工人氧化损伤及血清p53蛋白表达情况,结果表明:长期暴露接触于八氯二丙醚作业工人可有p53基因异常的危险性,以及对氧化性应激的易感性。冯建良和朱玮^[12]调查了某化工厂八氯二丙醚生产工人肺癌患病的情况,初步认定工人患肺癌是由生产S421的原料(即二氯甲醚)引起。曾垂焕等^[13]采用静式吸入染毒法证实,S421吸入染毒可引起小鼠肝、脾、肺的氧化损伤。而且,八氯二丙醚会引起小鼠肝和肺细胞的DNA链断裂^[14],导致中国仓鼠肺细胞染色体产生畸变作用^[15],具有遗传毒性作用。

2.2 农产品中八氯二丙醚的残留

近10年来,国内学者对S421在农产品的残留及其来源进行了一定的研究,但主要集中在茶叶方面。其中,陈宗懋院士及其研究组在该领域开展了卓有成效的研究工作。陈宗懋院士^[16]曾对茶叶中八氯二丙醚等农药的多残留检测技术的发展趋势进行了分析与展望。汤富彬、陈宗懋等^[17]建立了茶叶中八氯二丙醚残留的检测方法,在0.01~1.0 mg·kg⁻¹的添加水平下,平均回收率在93.0%~96.6%之间,相对标准偏差在1.70%~4.05%之间。赵玉琪等^[18]测定了市售代用茶(花、叶、果三大类样品)中八氯二丙醚的残留情况,发现样品中不同程度地存在S421的残

留。据李腊梅报道,我国主要产茶区的茶叶样品中普遍存在S421残留,质量分数范围在0.027~0.394 mg·kg⁻¹之间,不同省份的茶样中S421残留水平不同^[19]。此外,我国出口的茶叶曾被欧盟、日本检测出含有八氯二丙醚而遭退货。欧盟和日本均将茶叶中S421的最高限量标准定为0.01 mg·kg⁻¹。据我国海关总署报道,近几年欧盟、日本相继提高农残检测标准,我国出口茶叶将面临更加严峻的挑战^[20]。不过,茶叶中八氯二丙醚的浸出试验结果表明,S421通过饮茶进入人体的量很小,对人体是安全的^[21]。

国内对其他农产品中S421的研究报道极少。张卫锋等^[22]用气相色谱-质谱法测定蔬菜中(菜心等)八氯二丙醚的残留量,该方法的检出限为0.005 mg·kg⁻¹。刘永波等^[23]用固相萃取-GC-MS法测定了水果和蔬菜中(白菜、油菜、草莓等)的八氯二丙醚,方法的最低检出限为0.0047 mg·kg⁻¹。蔬菜和谷物中S421的质量分数在0.029~0.282 mg·kg⁻¹,且大米中S421的含量高于小麦面粉和玉米面粉,叶菜类蔬菜S421含量明显高于根菜类蔬菜^[19]。另据报道,2005年底中国对德国出口的多种脱水蔬菜(蘑菇、青椒、洋葱、生姜、绿菜花等)出现了S421残留问题,最高值超出欧盟标准5倍^[24]。中国科学院农业科技领域发展路线图研究组^[25]在论述我国生态高值农业的产业体系时,专门强调了农产品安全问题。综上所述,农产品中S421的残留问题已经不容忽视。

2.3 八氯二丙醚的降解及其在土壤中的相关研究

八氯二丙醚在环境中具有一定的持久性,会在土壤等介质残留。李腊梅^[19]调查了茶园和非茶园农田土壤中S421的残留情况,结果发现S421在茶园土壤中的含量稍高于非茶园土壤。

国内部分学者对S421在茶叶和土壤的降解作用进行了研究。例如,孙威江等^[26]研究了八氯二丙醚在茉莉花和茶叶中的降解动态,结果表明,S421在茉莉花中的残留期较长,半衰期为3.78 d,而在茶叶中降解较快,半衰期为1.90 d。为了降低茶叶中S421的残留量,有学者研究了物理方法对S421的降解效果例如,孙威江等^[26]研究了烘箱烘干法和微波烘干法对茶叶中S421的降解作用,结果显示,烘干法处理对茶叶S421具有一定的降解效果。加热处理和辐照可以有效降低茶叶中八氯二丙醚的残留量^[27]。谭琳等^[28]采用气相色谱(GC-ECD)分析方法,研究了八氯二丙醚在4种不同茶园土壤上的消解动态。结果表明,八氯二丙醚在土壤中的降解符合一级动力学方程。茶园土壤的有机质含量是影响S421降解的最主要因素。但目前缺乏其他降解方法的研究。

3 国外八氯二丙醚的研究现状

由于其他国家早就不登记和使用八氯二丙醚,因此国外有关八氯二丙醚的相关研究和报道不多。国外的研究主要包括蚊香、海鱼、贝类、大米、空气、水、粉尘、杀虫剂、沉积物、防蛾螨试剂、人乳中S421的含量测定及少量S421的相关毒理、毒性研究。

1982年日本在人乳中检出八氯二丙醚,认为与使用蚊香及气雾剂有关^[29]。Matsushima等^[30]做了S421对老鼠的毒性试验,发现下限剂量为 $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。Krieger等^[31]报道了燃烧含S421的蚊香在亚洲、美国的使用情况以及对人体健康的影响。Yoshida等^[32]检测了海鱼和贝类体内S421的含量,发现日本本土鱼类和贝类S421的平均质量分数为 $0.6 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 、日本以外鱼类和贝类S421的平均质量分数为 $0.2 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

Yoshida等^[33]检测了室内空气中的S421,发现餐厅和房间空气中S421的质量浓度范围分别为 $0.12 \sim 0.79$ 、 $0.008 \sim 0.046 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。Yoshida等^[34]检测了室内空气颗粒物中的S421,其质量分数范围为 $0.04 \sim 15.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。Yoshida等^[35]检测了地表水、沉积物和雨水中的S421,其含量范围分别为 $1.6 \sim 11.7 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $1.5 \sim 3.2 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 、和 $1.0 \sim 3.7 \text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ 。Utunomiya等^[36]报道了家用防蛾、螨试剂中S421的含量及其对人体的致突变贡献,发现S421的质量分数为 $0.03 \sim 6.99 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, S421的致突变贡献在 $17.8\% \sim 74.7\%$ 之间。

4 环境和农产品中八氯二丙醚的可能来源

4.1 生产种植环节使用农药

八氯二丙醚作为一种农药增效剂,许多农药含有其成分。据报道,大约有200多个已登记的农药产品中含有八氯二丙醚,其中大部分产品为卫生杀虫剂产品,也有少数大田农药产品^[4]。

4.2 肥料来源

文国华等^[37]通过对有机肥、枯饼肥和复合肥等18种肥料进行检测,有8种肥料中含S421,且在同一品牌不同批次的肥料中S421的含量不同,差别较大。肥料一旦在茶园土壤中形成一定的积累,就不容易消除,茶树的根系从土壤中吸收水分和养料的同时就将S421同时吸收,这也可能会导致茶叶鲜叶中含有S421。

4.3 蚊香与气雾剂

陈宗懋院士等^[7]对茶叶中S421的来源等进行了研究,结果表明,茶叶中八氯二丙醚残留的污染源主要来自蚊香,因已加工好的成茶可以吸附空气中的八氯二丙醚。汤富彬、陈宗懋等通过室内吸附实验,推测蚊香和气雾杀虫剂中的八氯二丙醚是构成

茶叶中八氯二丙醚残留的主要来源^[17]。另外,李腊梅^[19]也通过吸附试验推测,茶叶中的S421除了来源于茶园农药的直接施用外,还可能来源于加工过程中蚊香使用而引起的空气污染。

5 研究展望

由于S421在我国长时间的大量应用,其在环境中具有一定的累积性,因此残留S421将继续影响到我国的农业生态环境和农副产品安全及其出口。尽管目前国内外对环境中的八氯二丙醚开展了一定的研究,并取得了一些进展,但仍存诸多不足。未来的研究重点应集中在以下几个方面。

(1) 八氯二丙醚对人体暴露风险的研究。

(2) 农产品中八氯二丙醚残留的快速检测方法的研发。

(3) 农产品尤其是茶叶对八氯二丙醚吸收累积规律及其机理。

(4) 八氯二丙醚在环境中的迁移、转化及降解机理的研究。

参考文献:

- [1] 谭琳, 谭济才, 文国华, 等. 八氯二丙醚的研究进展[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2008, 34(1):91-94.
TAN Lin, TAN Jicai, WEN Guohua. Progress of bis (2,3,3,3-tetrachloropropyl) ether research. Journal of Hunan Agricultural University: Natural Sciences, 2008, 34(1):91-94.
- [2] 王以燕, 吴志凤, 刘绍仁, 等. 加强八氯二丙醚管理势在必行[J]. 农药科学与管理, 2006, 25(9): 46-48.
WANG Yiyan, WU Zhifeng, Liu Shaoren, et al. Strengthening the management of Octachlorodipropyl ether is imperative[J]. Pesticide Science and Administration, 2006, 25(9):46-48.
- [3] Cao H Q, Yue Y D, Hua R M, et al. HPTLC analysis of octachlorodipropyl ether in insecticide formulation[J]. JPC-Journal of Planar Chromatography -Modern TLC, 2007, 20(5):341- 345.
- [4] 刘丽英. 农药产品中八氯二丙醚的GC - MS定性分析[J]. 福建农业科技, 2008(5): 89-91.
LIU Liying. Qualitative analysis of Octachlorodipropyl ether in pesticide products by GC-MS [J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2008(5): 89-91.
- [5] 张晓强, 孙长恩, 顾爱国. 杀虫气雾剂中八氯二丙醚检测方法的研究[J]. 江苏农业科学, 2008(4): 273-274.
ZHANG Xiaoqiang, SUN Changen, GU Aiguo. Detection method of octachlorodipropyl ether in insecticide aerosol [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2008(4): 273-274.
- [6] 王孟歌, 乔凤霞, 闫宏远, 等. 毛细管气相色谱法测定盘香中烯丙菊酯和八氯二丙醚[J]. 河北大学学报: 自然科学版, 2005, 25(6): 629-632.
WANG Mengge, QIAO Fengxia, YAN Hongyuan, et al. Determination of allethrin and octachlorodipropylether contents in disc mosquito repellent incenses. Journal of Hebei University: Natural Science Edition, 2005, 25(6):629-632.
- [7] 陈宗懋, 阮建云, 蔡典雄, 等. 茶树生态系中的立体污染链与阻隔

- [J]. 中国农业科学, 2007, 40(5): 948-958.
CHEN Zongmao, RUAN Jianyun, CAI Dianxiong, et al. Tri-dimension pollution chain in tea ecosystem and its control [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(5):948-958.
- [8] 陈超, 姜志宽, 王以燕. 八氯二丙醚的杀虫活性研究[J]. 农药科学与管理, 2006, 25(12):41-43, 48.
Chen Chao, Jiang Zhikuan, Wang Yiyan. Research on the activity of octachlorodipropyl ether (S2) for the control of insects[J]. Pesticide Science and Administration, 2006, 25(12):41-43, 48.
- [9] 江洪涛, 王怀位, 甄天民, 等. 杀虫剂与八氯二丙醚(S₂)复配杀灭现场淡色库蚊效果观察[J]. 中国预防医学杂志, 2005, 6(5):429-431.
JIANG Hongtao, WANG Huai wei, ZHEN Tiannan, et al. Field observation on the efficacy of insecticides mixed with octachlorodipropyl ether against culex pipiens pattens [J]. China Preventive Medicine, 2005, 6(5):429-431.
- [10] 黄清臻, 李宏, 杨惠. 八氯二丙醚用于蚊香与喷射剂的药效研究[J]. 中华卫生杀虫药械, 2007, 13(6): 415-416.
HUANG Qingzhen, LI Hong, YANG Hui. Efficacy of S2 as the active ingredient of sprayer and coil [J]. Chinese Journal of Hygienic Insecticides & Equipments, 2007, 13(6): 415-416.
- [11] 唐萌, 曾垂焕, 王波, 等. 八氯二丙醚生产工人p53蛋白及氧化损伤检测[J]. 中国公共卫生, 2007, 23(8):964-965.
TANG Meng, ZENG Chuihuan, WANG Bo, et al. Detection of serum p53 protein and oxidative damage in octachlorodipropyl ether exposed population[J]. Chinese Journal of Public Health, 2007, 23(8): 964-965.
- [12] 冯建良, 朱玮. 某化工厂八氯二丙醚生产工人肺癌患病情况调查[J]. 中国工业医学杂志, 2004, 17(3): 193-194.
FENG Jianliang, ZHU Wei. Survey on the lung cancer in di-octachlorodipropyl ether workers of a chemical factory [J]. Chinese Journal of Industrial Medicine, 2004, 17(3): 193-194.
- [13] 曾垂焕, 唐萌, 熊丽林, 等. 八氯二丙醚吸入染毒对小鼠脏器组织的氧化损伤作用[J]. 环境与职业医学, 2006, 23(2):151-153.
ZENG Chuihuan, TANG Meng, XIONG Lilin, et al. Effect of Octachlorodipropyl Ether Inhalation on Oxidative Damage in Mice[J]. Journal of Environmental & Occupational Medicine, 2006, 23(2): 151-153.
- [14] 谈伟君, 王心如, 徐锡坤. 八氯二丙醚对小鼠肝肺细胞DNA损伤的影响[J]. 中国公共卫生, 2005, 21(10): 1212-1214.
TNA Weijun, WANG Xinru, XU Xikun. Effect of octachlorodipropylether on DNA damage of liver and lung cells in mice [J]. Chinese Journal of Public Health, 2005, 21(10): 1212-1214.
- [15] 唐萌, 董菊, 李倩, 等. 八氯二丙醚对中国仓鼠肺细胞染色体畸变作用. 中国公共卫生, 2004, 20(12): 1422-1424.
TANG Meng, DONG Ju, LI Qian, et al. Chromosome aberration in Chinese Hamster Lung Cells induced by Octachlorodipropyl Ether. Chinese Journal of Public Health, 2004, 20(12): 1422-1424.
- [16] 陈宗懋. 食品中农药残留检测发展的新趋势[J]. 农产品质量与安全, 2010(1):9-12.
CHEN Zongmao. New trends of pesticide residues detection in food [J]. Quality & Safety of Agro-Products, 2010(1): 9-12.
- [17] 汤富彬, 陈宗懋, 刘光明, 等. 茶叶中八氯二丙醚(S2421)的检测及污染源研究[J]. 农药学报, 2007, 9(2): 153-158.
TANG Fubin, CHEN Zongmao, LIU Guangming, et al. Identification of the sources and gas chromatographic determination of octachlorodipropyl ether in tea [J]. Chinese Journal of Pesticide Science, 2007, 9(2):153-158.
- [18] 赵玉琪, 金瑛, 周相娟, 等. 毛细管气相色谱法测定代用茶中八氯二丙醚残留量研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 285-287.
ZHAO Yuqi, JIN Ying, ZHOU Xiangjuan, et al. Determination of residual octachlorodipropyl ether in substitutional tea by capillary gas - chromatography [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008, 29(5): 285-287.
- [19] 李腊梅. 茶叶中八氯二丙醚(S-421)的残留及其可能的环境影响因子[M]. 杭州: 浙江大学, 2007.
LI Lamei. Residue of octachlorodipropyl ether(S421)in tea and main environmental influence factors[M]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007.
- [20] <http://www.customs.gov.cn/publish/portal0/tab637/module18162/info44792.htm>
- [21] 汤富彬, 陈宗懋, 刘光明, 等. 八氯二丙醚在茶汤中的浸出研究[J]. 中国茶叶, 2006(3):19-20.
TANG Fubin, CHEN Zongmao, LIU Guangming, et al. The study of octachlorodipropyl ether in the extraction of tea[J]. China Tea, 2006(3):19-20.
- [22] 张卫锋, 洪振涛, 李嘉静, 等. 气相色谱-质谱法测定蔬菜中八氯二丙醚(S421)的残留量[J]. 福建分析测试, 2008, 17(1):1-3.
ZHANG Weifeng, HONG Zhentao, LI Jiajin, et al. Gas chromatography-mass spectrometry determination of residual octachlorodipropyl ether(S-421) in vegetable[J]. Fujian Analysis & Testing, 2008, 17(1):1-3.
- [23] 刘永波, 张明霞, 薛瑞芳, 等. GC-MS 法测定蔬菜和水果中八氯二丙醚[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1):28-30.
LIU Yongbo, ZHANG Mingxia, XUE Ruifang, et al. Determination of octachlorodipropyl ether in vegetables and fruits with GC-MS[J]. Administration and Technology of Environmental Monitoring, 2007, 19(1):28-30.
- [24] <http://cccfna.mofcom.gov.cn/aarticle/fanqingxiao/200512/20051201064643.html>.
- [25] 中国科学院农业科技领域发展路线图研究组. 至2050年中国生态高值农业体系建设特征与目标[J]. 生态环境学报, 2010, 19(8): 1765-1770.
The Research Group for the Route Chart of Agricultural Science and Technology Development, Chinese Academy of Sciences. The feature and goals of the construction of Ecological High-value Agriculture system in China until 2050 [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(8): 1765-1770.
- [26] 孙威江, 叶秋萍, 张孔禄, 等. 茶叶和茉莉花中八氯二丙醚的残留动态及降解[J]. 福建农林大学学报:自然科学版, 2007, 36(5): 471-475.
SUN Weijiang, YE Qiuping, ZHANG Konglu, et al. Residue dynamics and degradation of S421 in jasmine flower and tea[J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition, 2007, 36(5): 471-475.
- [27] 刘海芳. 八氯二丙醚(S-421)在茶叶中的降解[M]. 杭州: 浙江大学, 2008.
LIU Haifang. Degradation of-Octachlorodipropyl ether (S-421) in tea[M]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.

- [28] 谭琳, 谭济才, 文国华, 等. 不同茶园土壤对八氯二丙醚降解的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(4): 1692-1696.
TAN Lin1, TAN Jicai, WEN Guohua, et al. Residual dynamics and factors affecting degradation of bis(2,3,3,3-tetrachloropropyl) ether in tea garden soils[J]. Journal of Agro-Environment Science, 2008, 27(4): 1692-1696.
- [29] Miyazaki T. Residues of the synergist S-421 in human milk collected from the Tokyo metropolitan area[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1982, 29(5):566-569.
- [30] Matsushima Y, Uchida O, Saitoh M, et al. Twenty-eight day repeated dose oral toxicity test of synergist of a pyrethroid insecticide, 2,3,3,3,2',3',3'-Octachlorodipropyl ether (S-421) in rats[J]. Kokuritsu Iyakuhiin Shokuhin Eisei Kenkyusho Hokoku, 2003, 121:40-47.
- [31] Krieger R I, Dinoff T M, Zhang X F. Octachlorodipropyl ether (S-2) mosquito coils are inadequately studied for residential use in Asia and illegal in the United States[J]. Environmental Health Perspectives, 2003, 111(12):1439-1442.
- [32] Yoshida S, Taguchi S, Tanaka Y, et al. Occurrence of an organochlorine synergist S-421 in fish and shellfish[J]. Journal of The Food Hygienic Society of Japan, 2003, 44(3): 175-179.
- [33] Yoshida S, Taguchi S, Fukushima S. Residual status of chlorpyrifos and octachlorodipropylether in ambient air and polished rice stock in houses five years after application for termite control[J]. Journal of Health Science, 2000, 46(2): 104-109.
- [34] Yoshida S, Taguchi S, Fukushima S. Octachlorodipropylether residue in housedust[J]. Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health, 1997, 43(1): 64-67.
- [35] Yoshida S, Kitagawa M, Taguchi S, et al. Levels of octachlorodipropylether and hexachlorocyclohexanes in surface water, sediments and rain [J]. Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health, 1996, 42(6):529-533.
- [36] Utunomiya A, Hasegawa K, Mori Y. Analysis of pyrethroid pesticides, synergists and repellent in moth/mite-proofed household products and their mutagenicity [J]. Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health, 1997, 43(6):366-375.
- [37] 文国华, 谭琳, 张莹, 等. 茶叶中S-421(八氯二丙醚)残留控制研究[J]. 检验检疫学刊, 2009,19(4):19-23.
WEN Guohua, TAN Lin, ZHANG ying, et al. Residue control of octachlorodipropyl ether (S-421) in tea[J]. Journal of Inspection and Quarantine, 2009, 19(4):19-23.

Current situation and prospect of octachlorodipropyl ether

LÜ Huixiong^{1,2,3*}, HUANG Huijuan^{1,3}, CAI Quanying^{1,2,3},
ZENG Qiaoyun^{1,2,3}, ZHANG Jun^{1,3}, TIAN Junjian^{1,3}

1. College of Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. Key Laboratory of Ecological Agriculture of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, Guangzhou 510642, China;

3. Key Laboratory of Soil Environment and Waste Reuse in Agriculture of Guangdong High Education Institutions, Guangzhou 510642, China

Abstract: Octachlorodipropyl ether is a pesticide synergist, and it is used in pesticide sprays, mosquito coils and so on. Octachlorodipropyl ether has long residence time in the environment and is belonged to persistent organic pollutants. Octachlorodipropyl ether may have teratogenic, carcinogenic, mutagenic effect. A lot of surveys and studies on octachlorodipropyl ether at home and abroad were carried out during the past decade. This paper firstly sums up the character and application of octachlorodipropyl ethers. Then we analyze current situation and possible source of octachlorodipropyl ethers. Lastly we probe the research prospect of octachlorodipropyl ethers. The literature shows: (1) Large number of surveys and studies have focused on the occurrence and levels of octachlorodipropyl ether in environment (eg. pesticide, mosquito coils, tea, rice, vegetable, fruit, etc.), but very few study has focused on the environmental behavior of octachlorodipropyl ether and the mechanism of octachlorodipropyl ether on migration, transformation, degradation; the rapid residual detection way of octachlorodipropyl ether in agricultural products. (2) Some studies have been conducted to investigate the toxicity of octachlorodipropyl ethers and its insecticidal activity of animals and insects. However, few literature was about the risk exposure of octachlorodipropyl ether on human.

Key words: octachlorodipropyl ether; soil; agricultural products; source