

食品中持久性有机污染物现状及对策研究

王 鹏*, 朱荣菊

(延安大学西安创新学院护理学院, 西安 710100)

摘 要: 当前, 生态环境持续恶化问题已经引起国际社会的高度重视, 从全球范围内看, 环境污染问题的加剧, 给人类的身体健康带来了极大的威胁, 在此背景下, 各国政府针对环境污染对人类身体健康所带来的危害与影响问题加大了研究力度, 并以专门机构与部门的设置为进一步解决环境问题探寻出路。而持久性有机污染物(POPs)在农药中的运用, 使得农产品农药污染问题加剧, 并引起了社会的高度重视。本文就食品中持久性有机污染物的现状进行调查与评价, 阐述了持久性有机污染的特征, 分析了食品中持久性有机污染物的来源与危害, 并针对食品中 POPs 污染现状进行了分析, 最后为如何实现对 POPs 污染物的有效防治提出了对策。

关键词: 食品; 持久性有机污染物; 现状; 对策

Present situation and countermeasures of persistent organic pollutants in food

WANG Peng*, ZHU Rong-Ju

(College of Nursing, Xi'an Innovation College, Yan'an University, Xi'an 710100, China)

ABSTRACT: At present, the international community pays high attention to the continued deterioration of ecological environment problems. From the global scope, the aggravation of environmental pollution has brought a great threat to human health. In this background, governments make greater efforts to solve the problems of environmental pollution which bring harm and influence on human health, and set up specialized agencies and departments to solve the environmental problems. Application of persistent organic pollutants (POPs) in pesticides makes the pollution of agricultural products become serious. This paper investigated and evaluated the status of POPs in food, discussed the characteristics of POPs, and analyzed the origin, harm and present situation of POPs in food. Finally, this article put forward countermeasures for how to prevent the pollution and control the POPs.

KEY WORDS: food; persistent organic pollutants; present situation; countermeasures

1 引 言

目前, 环境污染问题日益加剧, 而在所有的环境污染物中, 持久性有机污染物(persistent organic pollutants, POPs)的毒害性最大, 轻则会引起一系列疾病的发生, 如畸形、过敏、癌症以及免疫系统疾病等, 重则会威胁到人

类与动物的生命。同时 POPs 还呈现出高度稳定性的特点, 通常能够持续存在十年之久, 而这一化合物也是很多杀虫剂的主要成分, 因此在使用农药的过程中, POPs 会对农产品造成极大的污染, 进而威胁到人类的身体健康与生命安全^[1]。本文概括了食品中持久性有机污染物现状, 在明确主要问题的同时, 提出有效解决问题的对策。

基金项目: 延安大学西安创新学院 2014 年科学研究项目(JG1502)

Fund: Supported by the Scientific Research Project (2014) of College of Xi'an Innovation of Yan'an University (JG1502)

*通讯作者: 王鹏, 讲师, 主要研究方向为有机化学及药物合成。E-mail: bjwycm@126.com

*Corresponding author: WANG Peng, Lecturer, College of Xi'an Innovation, Yan'an University, NO. 580 Shengdi Road, Xi'an 710100, China. E-mail: bjwycm@126.com

2 持久性有机污染物的特性

POPs 表现出如下几种特性: (1)持久性。基于自然条件下 POPs 难以实现降解, 释放后借助相应的介质能够持续存留十年左右, 研究表明, 这一化合物在释放后, 虽然能够随着时间的递增而促使相应含量减少, 但是却依旧存在而无法在短时间内消失^[2]。(2)生物蓄积性。实验表明 POPs 有着低水溶性与高脂溶性的特点, 因此, 这就意味着当这一化合物接触到生物后, 就会在相应的脂肪组织中进行积累, 而存在于土壤、大气以及水体等中的 POPs 虽然本身浓度在逐渐减弱, 但是, 借助食物链逐渐放大, 最终对动物以及人类的身体健康造成危害^[3,4]。(3)发挥性。这一物质能够在蒸发的过程中, 以蒸汽形式进入到大气中, 而又因其具有难降解性, 致使其随之慢慢沉降, 从而以循环的形式分散到各个角落, 给环境造成了严重的污染问题。

3 食品中持久性有机污染物的来源与危害

3.1 持久性有机污染物的主要来源

POPs 主要来源于农业生产、工业生产以及垃圾焚烧等, 而食品中 POPs 主要来源于农业生产中有机氯农药类的使用。在农业生产中, 农药是用来防治农作物病虫害的主要手段, 而类似于艾氏剂、氯丹、敌敌畏、狄氏剂、灭蚁灵以及毒杀芬等农药, 都隶属于有机氯农药, 也是农作物病虫害防治中主要使用的农药种类, 而其中的 POPs 化合物在此过程中就传播到了空气、土壤以及水体中, 并残留在农作物中, 进而使得食品中因含有这一有害物质而威胁到了人类身体健康与生命安全^[5-8]。

3.2 持久性有机污染物所带来的危害

(1)对内分泌系统带来了一定的影响与危害。POPs 属于环境激素的一种, 对于生物体而言, 会对内分泌系统的运行过程产生一定的影响与阻碍, 在进入生物体后能够通过雌激素的模拟来进行取代, 或是直接发挥出雄激素的作用, 甚至还能够引发一些生理化学反应, 而其与受体结合之后, 则难以被有效的分离与排除, 进而致使生物的内分泌系统功能失衡。(2)危害到生物的生殖与发育系统^[9]。POPs 这一混合物还会给人类以及动物的生殖与发育系统造成一定的损害, 尤其是近年来野生动物生殖器发育异常问题的频发, 以及繁殖能力的不断下降, 加上人类生殖健康问题的不断恶化, 男性精子总数逐渐呈现下降趋势, 且雌性化趋势凸显, 使得 POPs 在该方面所带来的影响逐渐全面展现出来。(3)致癌威胁^[10]。在 POPs 中, 所含有的多氯联苯以及 DDT 等被验证有致癌性, 而从实际调查数据看, 在一些该类致癌物质或是 POPs 含量较高的地区, 近年来野生动物以及人类发生肿瘤疾病的数量提升, 尤其乳腺癌以及睾丸癌等癌症发病率增加。(4)危害神经系统与免疫系统^[11]。POPs 也会对相应的神经系统以及免疫系统造成

极大的损害, 比如人的记忆力下降、注意力不集中, 同时容易感染疾病等。

4 食品中 POPs 污染现状的调查与评价

4.1 污染现状

中国 POPs 的生产与使用量极大, 因此, 对这一污染物的排放量也极高, 基于《斯德哥尔摩公约》, 共总结出 12 种 POPs 控制物, 而我国则涉及到了 10 种, 其中有 9 种为有机氯农药, 可想而知, 食品安全问题极为严峻, 而受到污染的食品对人类身体健康也造成了极大的威胁隐患^[12,13]。20 世纪 80 年代末、90 年代初, 我国实施了农药登记制度, 停止了部分农药的生产, 但是, DDT 以及六氯苯仍然用于农药生产。即使是停产的工厂, 因厂房设备废弃后没有进行处理, 形成了 POPs 的污染源, 对土壤、空气以及水体也带来了极大污染^[14]。

农产品持久性污染物主要来源于土壤, 因农药的长期使用致使土壤中 POPs 含量不断提升, 且在循环系统的作用下, 对大气以及水体等都带来了不同程度的污染。针对对农副产品进行检测的过程中, 选取了一些名特优产品, 检测结果显示有机磷检出率达到了 100%, “六六六”检出率达到了 95%, 与相应正常指标进行对, 结果超出了 2.4%。同时, 针对全国 15 个省的农产品进行检测后, 瓜果蔬菜农药检出率达到 25%~60%, 超标率为 25%~45%。针对因瓜果蔬菜农药残留超标而引发中毒的案件进行统计后发现, 近五年总共发生该类型事件 60 起, 中毒人数达到了近千人, 其中急性中毒事件约 10 起^[15-17]。值得注意的是, POPs 化合物在浓度较低的状态下, 不会在短时间内引发不适症状, 但在长期积累的过程中会表现出来, 给人们的生命健康带来了极大的威胁^[18-20]。

农药使用存在不规范的问题, 致使我国食品安全存在着极大隐患, 据最新调查报告显示, 在对全国粮食有机氯农药含量进行抽样检测的过程中, 检查出小麦、水稻以及玉米这 3 大主要农作物中, 相应有机氯农药超标总量为 285.7×10^8 kg; 并在几乎所有的农作物中产出了“六六六”残留, 平均超标率达到了近 8%^[21]。而在我国禁止使用有机氯农药后, 逐渐以有机磷以及有机氮等替代, 但是, 这一举措不仅没有实现对农产品污染问题的有效治理, 反而使得相应污染问题随之加剧^[22]。

国际环保组织“绿色和平”的最新一次针对农产品抽样检测报告显示, 在为期半年的时间内, 分别选取了某市 3 家大型超市, 将各个分店作为调查取样对象, 针对相应的瓜果蔬菜以及豆类等进行检测, 得出的结果为: 在所选取的样本中, 有近 80% 以上的食品含有农药残留成分, 其中有 15 种食品样品的农药残留量超出了国家给出的相关标准要求, 同时, 有 28% 的食品样品检测出使用了国家禁用的农药^[23]。

4.2 评 价

从我国当前农产品安全的现状看,整体上依旧存在着 POPs 污染问题,因有机氯农药的使用,致使食品安全问题随之加剧。虽然我国不断加大了对相关领域的研究力度,针对农产品 POPs 污染问题先后采取了一系列措施,但依旧难以从根本上解决这一问题^[24-28]。尤其是 POPs 污染物本身具有挥发性,且能够持续作用的时间较长,同时,借助相应的循环链,使得这一污染问题在进行治理的过程中难度加大。因此,要想有效解决我国当前食品 POPs 污染问题,就需要结合这一污染的现状与所存在的问题,实现有针对性解决措施的持续落实^[29-31]。

5 针对 POPs 污染物的防治措施

5.1 实现相应替代品的开发

要想从源头上解决 POPs 对食品所带来的污染问题,需要在进一步减少这一化合物使用与排放的基础上,研发出可替代的物质。具体而言,需要确保相应的替代品具备较高的性价比且无污染^[32-34]。食品 POPs 污染主要来源于农业有机氯农药的使用,因此,需要在农业生产活动中,针对农作物的病虫害防治,逐渐将物理与生物治理作为主要手段,并以新型污染小甚至无污染、不易残留农药的研发来取代传统常用的敌敌畏以及敌杀虫等农药,进而实现对这一污染物的根除,为确保食品安全奠定基础^[36-38]。

5.2 完善相应污染物分析法并实现相关调查工作的全面开展

我国在 POPs 监测研究工作上还处于发展阶段,现有的监测分析方法还有待完善,在实际践行过程中,需要逐渐建立完善标准分析方法,并实现相关生物技术的研发^[39]。另一方面,针对 POPs 的生产、使用、排放以及污染现状进行持续调查,结合相应治理措施的落实,以动态化监管数据的获取来明确这一污染的实际情况,同时明确其所带来的影响,以及相应控制治理工作的实效性等,为不断完善与优化相应工作方法等奠定基础^[40-43]。

5.3 参与相应的国际控制行动并加大宣传教育力度

当前 POPs 污染问题是国际社会所面临的共同难题,因此,为了有效解决这一问题,需要积极参与到国际合作之中,通过沟通交流丰富相应的研究成果等,为加快治理 POPs 治理工作的进展奠定基础^[44,45]。另一方面,要进一步加强宣传教育,在深入推进保护环境基本国策的基础上,健全相关方面的法律法规,并提高社会大众对 POPs 污染问题的认识与重视程度,在充分明确该物质所带来危害的基础上,提高公众的自我防护意识^[46-48]。尤其是对于农民而言,需要借助强有力的宣传措施促使其全面意识到 POPs 的危害,进而在开展农业生产的过程中,避免使用含有该类物质的农药,为切实提高食品的安全奠定基础^[49,50]。

6 总 结

本文针对食品中 POPs 污染的现状进行了调查与评价,在研究过程中,分析了 POPs 特性、来源以及危害,阐述了目前 POPs 在农产品中的污染现状,并在做出评价的同时,为如何针对这一污染问题实现有效治理提出了对策。在实际践行过程中,需要在进一步加大相应替代品研发力度的基础上,完善 POPs 污染物分析法并实现相应调查工作的全面开展与持续跟进,同时,加大宣传力度,并积极参与到国际合作中,为解决 POPs 污染问题不断探寻出路,在确保我国食品安全的同时,为对环境的保护以实现可持续发展战略目标奠定基础。

参考文献

- [1] 孙闰霞. 珠江三角洲水生生物中卤代有机污染物的时空分布、生物积累及人体暴露评估[D]. 广州: 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所), 2016.
Sun RX. Spatial and temporal distribution of organic pollutants in aquatic organisms in the Pearl River Delta, the biological accumulation and human exposure assessment [D]. Guangzhou: Graduate University of Chinese Academy of Sciences (Guangzhou Institute of Geochemistry), 2016.
- [2] 巫承洲. 典型有机污染物的皮肤吸收、气—水界面迁移及人工碎屑的介导效应[D]. 广州: 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所), 2016.
Wu CZ. Typical organic pollutants skin absorption, gas water interface migration and artificial debris mediated effect of [D]. Guangzhou: Graduate University of Chinese Academy of Sciences (Guangzhou Institute of Geochemistry), 2016.
- [3] 刘昕. 持久性有机污染物的森林过滤效应研究[D]. 广州: 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所), 2016.
Liu X. Persistent organic pollutants on forest filter effect [D]. Guangzhou: Graduate University of Chinese Academy of Sciences (Guangzhou Institute of Geochemistry), 2016.
- [4] 常鹏. 青海省二噁英类持久性有机污染物排放现状及污染防治对策分析[J]. 青海环境, 2015, 2: 72-74, 96.
Chang P. The status and pollution control countermeasures of persistent organic pollutants emission in Qinghai province [J]. Qinghai Environ, 2015, 2: 72-74, 96.
- [5] 董少霞, 杜鹏, 胡小键, 等. 全国疾病预防控制系统实验室技术人员持久性有机污染物监测能力培训效果评估[J]. 环境卫生学杂志, 2015, 3: 298-301, 305.
Dong SX, Du P, Zhao XJ, et al. National disease prevention and control personnel system laboratory technology training lasting effects of organic pollutants monitoring capability assessment [J]. Environ Hyg Mag, 2015, 3: 298-301, 305.
- [6] 潘凌臻, 王文龙. 持久性有机污染物污染现状及监测技术分析[J]. 资源节约与环保, 2015, 7: 101.
Pan LZ, Wang WL. The status and monitoring technology of persistent organic pollutants pollution [J]. Resour Sav Environ Prot, 2015, 7: 101.
- [7] 王飞. 持久性有机污染物多氯联苯(PCBs)的研究进展[J]. 科技资讯, 2015, 20: 139-141, 143.
Wang F. Research progress of persistent organic pollutants (PCBs) in

- organic pollutants [J]. *Sci Technol Inform*, 2015, 20: 139–141,143.
- [8] 毕鹏禹, 齐婧. 固相微萃取技术在环境污染物检测中的应用[J]. *理化检验(化学分册)*, 2015, 10: 1487–1492.
Bi PY, Qi J. Physical and chemical testing using solid phase microextraction in the determination of environmental pollutants [J]. *Phys Test Chem Anal Part B: Chem Anal*, 2015, 10: 1487–1492.
- [9] 于艳新, 李奇. 食物中典型持久性有机污染物(POPs)的生物可给性研究综述[J]. *生态环境学报*, 2015, 8: 1406–1414.
Wang YX, Li Q. Research progress on the bioaccessibility of typical persistent organic pollutants (POPs) in food [J]. *Ecol Environ Sci*, 2015, 8: 1406–1414.
- [10] 潘红, 许亚红. 荧光分析法在环境有机污染物分析中的运用[J]. *科技创新与应用*, 2015, 31: 167.
Pan H, Xu YH. Application of fluorescence analysis in the analysis of environmental organic pollutants [J]. *Technol Innov Appl*, 2015, 31: 167.
- [11] 王姝婷, 金铨. 杭州地区城市土壤中持久性有机污染物的调查研究[J]. *中国卫生检验杂志*, 2015, 21: 3742–3746.
Wang ST, Jin Q. Survey on persistent organic pollutants in soil in Hangzhou city [J]. *Chin Health Lab Technol*, 2015, 21: 3742–3746.
- [12] 邢燕, 王钟. 固相微萃取在食品有机污染物检测中的应用[J]. *食品安全导刊*, 2015, 30: 118–119.
Xing Y, Wang Z. Guide in food inspection of organic pollutants in solid phase microextraction [J]. *Appl Food Saf*, 2015, 30: 118–119.
- [13] 邢寒竹. 分散固相萃取结合气相色谱—质谱联用技术测定水体中的痕量持久性有机污染物[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
Xing HZ. Chimonobambusa marmorea dispersive solid phase extraction combined with gas chromatography-mass spectrometry for determination of trace water in persistent organic pollutants [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2015.
- [14] 王佳. 环境中中小分子有机污染物的免疫分析技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2015.
Wang J. Immune analysis technology of environmental small and medium molecular organic pollutants [D]. Beijing: China Agricultural University, 2015.
- [15] 武颢羽. 焦化行业持久性有机污染物健康风险评估及管理方法研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2015.
Wu Yuyu. of the coking industry persistent organic pollutants health risk assessment and management methods of Taiyuan University of Science and Technology, [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2015.
- [16] 王逊. 浑河沉积物中持久性有机污染物的生物可利用性测定方法对比研究以及风险评价[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
Wang X. Persistent organic pollutant bioavailability determination method of comparative study and risk assessment of river sediments [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2015.
- [17] 郑博文. 持久性污染物多环芳烃的研究进展[J]. *工业卫生与职业病*, 2016, 5: 386–390.
Zheng BW. Research progress of persistent pollutants polycyclic aromatic hydrocarbons [J]. *Ind Health Occup Dis*, 2016, 5: 386–390.
- [18] 王雪莉, 高宏. 持久性有机污染物在陆生食物链中的生物积累放大模拟研究进展[J]. *生态与农村环境学报*, 2016, 4: 531–538.
Wang XL, Gao H. Research progress on the biological accumulation and amplification of persistent organic pollutants in the terrestrial food chain [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2016, 4: 531–538.
- [19] 朱青青, 刘国瑞, 张宪, 等. 大气中持久性有机污染物的采样技术进展[J]. *生态毒理学学报*, 2016, 2: 50–60.
Zhu QQ, Liu GR, Zhang X, *et al.* Advances in sampling techniques for persistent organic pollutants in the atmosphere [J]. *Asian J Ecotoxicol*, 2016, 2: 50–60.
- [20] 卢晓霞, Lessner L, Carpenter DO. 妇女乳腺癌医院出院率与在含持久性有机污染物场地邮政区居住之间的关系[J]. *生态毒理学学报*, 2016, 2: 201–208.
Lu XX, Lessner L, David O, Carpenter DO. Relationship of Women's breast cancer hospital discharge rate and the post residence in the area with persistent organic pollutants [J]. *Asian J Ecotoxicol*, 2016, 2: 201–208.
- [21] 王滢, 任永, 高新华, 等. 我国新增持久性有机污染物的清单方法学研究[J]. *环境保护*, 2016, 15: 46–51.
Wang Y, Ren Y, Gao XH, *et al.* Research methodology of new persistent organic pollutants list in China [J]. *Environ Prot*, 2016, 15: 46–51.
- [22] 南明君, 顾婷婷, 周洋, 等. 持久性有机污染物电化学分析的研究进展[J]. *理化检验(化学分册)*, 2016, 6: 735–740.
Nanming J, Gu TT, Zhou Y, *et al.* Research progress in electrochemical analysis of physical and chemical examination of persistent organic pollutants [J]. *Phys Test Chem Anal Part B: Chem Anal*, 2016, 6: 735–740.
- [23] 黄惠. 广东省废弃物焚烧行业持久性污染物二噁英排放特点及防控政策研究[J]. *环境与可持续发展*, 2016, 4: 199–201.
Huang H. Study on the characteristics and prevention and control policy of persistent pollutants in waste incineration industry in Guangdong province [J]. *Environ Sustain Devel*, 2016, 4: 199–201.
- [24] 王涛. 持久性有机污染物的特征性质及其在环境中迁移的基本原理[J]. *化工管理*, 2016, 23: 272–273.
Wang T. The characteristic properties of persistent organic pollutants and their basic principles of migration in the environment [J]. *Chem Eng Manag*, 2016, 23: 272–273.
- [25] 高建勋, 高明俊. 持久性有机污染物(POPs)国际法规制研究[J]. *云南大学学报(法学版)*, 2016, 04: 137–145.
Gao JX, Gao MJ. Research on persistent organic pollutants (POPs) international of law [J]. *J Yunnan Univ (Law Ed)*, 2016, 4: 137–145.
- [26] 杨洋. 持久性有机污染物在中国的环境监测现状[J]. *黑龙江科技信息*, 2016, 24: 41.
Yang Y. The status of environmental monitoring of persistent organic pollutants in China [J]. *Heilongjiang Sci Technol Inf*, 2016, 24: 41.
- [27] 穆希岩, 罗建波, 黄瑛, 等. 持久性有机污染物对鱼类生态毒性研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2015, 33: 125–132.
Mu XY, Luo JB, Huang Y, *et al.* Research progress on the ecological toxicity of persistent organic pollutants [J]. *Anhui Agric Sci*, 2015, 33: 125–132.
- [28] 赵晗, 艾仕云, 丁葵英, 等. 酚类污染物的危害及其检测技术研究进展[J]. *检验检疫学刊*, 2015, 6: 66–68.
Zhao H, Ai SY, Ding KY, *et al.* Research progress of damage and detection technology of phenolic pollutants [J]. *Inspect Quarant Sci* 2015, 6: 66–68.
- [29] 娄雪宁, 周丽萍, 宋丹, 等. 乙腈和正己烷对环境特征污染物免疫传感分析的影响[J]. *环境科学*, 2016, 1: 391–396.
Lou XN, Zhou LP, Song D, *et al.* The influence of acetonitrile and hexane on environmental characteristics of pollutants in immune sensor analysis [J]. *Environ Sci*, 2016, 1: 391–396.
- [30] 李桂香, 张国英, 浦亚清, 等. 食品中有机氯农药残留检测研究进展[J]. *曲靖师范学院学报*, 2015, 6: 116–119.

- Li GX, Zhang GY, Pu YQ, *et al.* Research progress on the detection of organochlorine pesticide residues in food [J]. *J Qujing Normal Univ*, 2015, 6: 116–119.
- [31] 缪文彬, 李皖豫, 蒋伟, 等. 食品中多溴联苯醚检测技术研究进展[J]. *食品安全质量检测学报*, 2015, 12: 4878–4882.
- Miu WB, Li WY, Jiang W, *et al.* Research progress on detection technology of multi bromine ether in food [J]. *J Food Saf Qual*, 2015, 12: 4878–4882.
- [32] 穆希岩, 黄瑛, 李学锋, 等. 我国水体中持久性有机污染物的分布及其对鱼类的风险综述[J]. *农药学报*, 2016, 1: 12–27.
- Mu XY, Huang Y, Li XF, *et al.* The distribution of persistent organic pollutants in the water of our country and its effect on the risk of fish [J]. *Chin J Pest Sci*, 2016, 1: 12–27.
- [33] 崔立迁, 王欣, 崔进, 等. 气相色谱-质谱联用测定艾叶中持久性有机污染物[J]. *分析科学学报*, 2016, 1: 111–115.
- Cui LQ, Wang X, Cui J, *et al.* Determination of persistent organic pollutants in Artemisia by gas chromatography and mass spectrometry [J]. *J Anal Sci*, 2016, 1: 111–115.
- [34] 陈姝蓉. 持久性有机污染物在中国的环境监测现状[J]. *黑龙江科技信息*, 2016, 9: 53.
- Chen SR. The status of environmental monitoring of persistent organic pollutants in China [J]. *Heilongjiang Sci Technol Inf*, 2016, 9: 53.
- [35] 卜庆伟, 王东红, 王子健, 等. 基于风险分析的流域优先有机污染物筛查: 方法构建[J]. *生态毒理学报*, 2016, 1: 61–69.
- Bu QW, Wang DH, Wang ZJ, *et al.* The risk analysis method based on priority organic pollutants screening: Construction [J]. *Asian J Ecotoxicol*, 2016, 1: 61–69.
- [36] 郭敏, 吴文铸, 宋宁慧, 等. 固相萃取-GC/MS 法测定水中持久性有机污染物[J]. *环境监测管理与技术*, 2016, 2: 41–45.
- Guo M, Wu WZ, Song NH, *et al.* Determination of organic pollutants in water by solid phase extraction and -GC/MS [J]. *Admin Tech Environ Monit*, 2016, 2: 41–45.
- [37] 张晓惠, 袁雪竹, 陈红, 等. 基于 SSD 法的持久性污染物水生态风险阈值研究[J]. *生态科学*, 2016, 3: 85–91.
- Zhang XH, Yuan XZ, Chen H, *et al.* Research on persistent pollutants water ecological risk threshold based on the SSD method [J]. *Ecol Sci*, 2016, 3: 85–91.
- [38] 黄志慧, 李育珍, 张宁, 等. 无机、有机及复合吸附材料处理有机污染物的研究[J]. *化学研究与应用*, 2016, 6: 770–776.
- Huang ZH, Li YZ, Zhang N, *et al.* Research on treatment of organic pollutants by inorganic and organic composite materials [J]. *Chem Res Appl*, 2016, 6: 770–776.
- [39] 孔祥胜, 苗迎, 栾日坚, 等. 南宁市朝阳溪岸边地下水持久性有机污染物的污染特征[J]. *地球与环境*, 2016, 4: 406–413.
- Kong XS, Miao Y, Luan RJ, *et al.* Pollution characteristics of persistent organic pollutants in Nanning Chaoyang river shore groundwater [J]. *Earth Environ*, 2016, 4: 406–413.
- [40] 李平. 环境监测中有机污染物样品前处理技术研究进展[J]. *生物化工*, 2016, 3: 71–74.
- Li P. Research progress on pretreatment technology of organic pollutants in environmental monitoring [J]. *Biochem Ind*, 2016, 3: 71–74.
- [41] 段文慧, 尤梦阳. 光催化复合分离膜降解持久性有机污染物[J]. *江苏理工学院学报*, 2016, 2: 61–64, 73.
- Duan WH, You MY. Photocatalytic degradation of persistent organic pollutants in composite membranes [J]. *J Jiangsu Inst Technol*, 2016, 2: 61–64, 73.
- [42] 曹秀芹, 吕小凡. 持久性有机污染物(POPs)修复方法的研究进展[J]. *北京建筑大学学报*, 2016, 2: 33–40.
- Cao XQ, Lv XF. Research progress on the method of repairing persistent organic pollutants (POPs) [J]. *J Beijing Univ Arch Build*, 2016, 2: 33–40.
- [43] 米洁, 孙全贵. 典型持久性有机污染物诱导肥胖及脂肪分化的研究进展[J]. *毒理学杂志*, 2016, 3: 246–249.
- Mi J, Sun QG. Research progress on typical persistent organic pollutants induced obesity and fat differentiation [J]. *J Toxicol*, 2016, 3: 246–249.
- [44] 高建勋, 高明俊. 持久性有机污染物(POPs)国际法规制研究[J]. *华北电力大学学报(社会科学版)*, 2016, 3: 6–12.
- Gao JX, Gao MJ. Research on persistent organic pollutants (POPs) international law [J]. *J North China Elec Power Univ (Soc Sci Ed)*, 2016, 3: 6–12.
- [45] 王宝金, 张天民, 严冬, 等. 持久性有机污染物对环境的影响及对策[J]. *地质与资源*, 2010, 4: 293–296, 315.
- Wang BJ, Zhang TM, Yan D, *et al.* The influence and countermeasures of persistent organic pollutants on the environment [J]. *Geol Resour*, 2010, 4: 293–296, 315.
- [46] 黄绣娟, 孟先贵, 姚琳. 持久性有机污染物的危害与污染现状及对策研究[J]. *内蒙古环境科学*, 2011, 3: 21–24.
- Huang XJ, Meng XG, Yao L. Study on the hazards and pollution status and Countermeasures of persistent organic pollutants [J]. *Inner Mongolia Environ Sci*, 2011, 3: 21–24.
- [47] 杨晓霞, 龚久平, 柴勇, 等. 我国农产品产地环境现状问题及其对策研究[J]. *南方农业*, 2014, 28: 68–72.
- Yang XX, Gong JP, Chai Y, *et al.* Study on the current situation and countermeasures of agricultural products producing area in China [J]. *Southern Agric*, 2014, 28: 68–72.
- [48] 方莹, 刘潇威, 王静, 等. 农产品产地土壤环境主要污染物现状及防治研究[J]. *农产品质量与安全*, 2012, 4: 54–57.
- Fang K, Liu XW, Wang J, *et al.* Agricultural products origin of soil environmental status of major pollutants and prevention research [J]. *Agric Prod Qual Saf*, 2012, 4: 54–57.
- [49] 张燕. 持久性有机污染物的治理技术及控制对策[J]. *安徽农业科学*, 2012, 32: 15835–15836, 15838.
- Zhang Y. Treatment technology and control strategy of persistent organic pollutants [J]. *Anhui Agric Sci*, 2012, 32: 15835–15836, 15838.
- [50] 赵子鹰, 黄启飞. 我国持久性有机污染物污染防治进展[J]. *环境科学与技术*, 2013, S1: 473–476.
- Zhao ZY, Huang QF. Progress in the prevention and treatment of persistent organic pollutants in China [J]. *Environ Sci Technol*, 2013, S1: 473–476.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介

王 鹏, 讲师, 主要研究方向为有机化学及药物合成。
E-mail: bjwycm@126.com