

公路两侧农田土壤铅污染及对农产品质量安全的影响

李 波¹, 林玉锁²

(1 南京农业大学资源与环境学院, 江苏 南京 210095)

2 国家环境保护总局南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042)

摘 要: 综述了近年来我国在公路铅污染方面的研究进展, 介绍了公路两侧土壤和农产品的铅污染特征与评价方法。提出应系统地研究公路两侧农田土壤和农产品中铅污染的特征及影响因素, 完善公路两侧农产品产地环境质量评价方法, 进一步追踪实现汽油无铅化后公路两侧铅污染的影响变化。

关键词: 铅污染; 农田土壤; 农产品安全; 环境质量评价; 公路两侧

中图分类号: X53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-2009(2005)01-0011-04

从上世纪 20 年代初, 四乙基铅作为最有效、最经济的汽油抗爆剂, 开始在全世界被广泛使用。1970 年日本东京新宿区发生铅中毒事件后, 由烷基铅抗爆剂造成的铅污染引起了人们的重视。研究表明^[1,2], 大气环境中 90% 的铅污染来自含铅汽油的燃烧废气, 半个多世纪以来, 经汽油燃烧排入环境中的铅已有数百万吨。美国 1985 年汽车排铅量高达 3.2 万 t; 我国 1986 年—1995 年间的汽车排铅量亦超过 1.5 万 t。经汽车尾气进入环境中的铅主要分布在城市公路两侧, 使环境遭受到严重的铅污染, 并对人类健康造成影响。这一问题引起了各国政府的重视, 世界开始进入车用汽油无铅化的历史进程。20 世纪 90 年代初, 世界含铅汽油比例约占 57%, 到 1999 年, 约有 30 多个国家(地区)完全废除了含铅汽油, 2000 年, 世界含铅汽油比例已下降至不到 20%。中国政府响应国际公约, 积极采取措施, 逐步实现汽油无铅化。但是几十年含铅汽油的使用, 公路铅污染对两侧环境造成的影响并不是短期内就能消除的, 特别是公路两侧农产品产地的环境质量及农产品的质量安全仍是人们关心的问题。

1 公路两侧土壤和农产品铅污染特征

1.1 公路铅污染影响范围

含铅汽油燃烧后, 自发动机燃烧室排出的铅一般呈直径 $< 0.2 \mu\text{m}$ 的微粒。这类微粒一部分附着在发动机排气系统内, 逐渐形成较大的颗粒, 最终排出并散落在地面; 另一部分则随行驶中的汽车排放的废气弥散飘浮在空气中, 随着空气的流动而扩

散, 从而造成对农业生态系统的影响^[3]。公路铅扩散会受到各种因素的影响, 从而形成不同的扩散特征。影响公路铅污染扩散的因素主要有:

(1) 交通流量。交通流量是影响铅扩散的主要因素。研究表明, 公路运营时间长, 车流量大, 公路铅对土壤和作物的影响范围和程度较大。

(2) 气候及气象因素。气候及气象条件主要包括当地降雨量、降雨天数、湿度, 以及风向、风速、风力等。在多雨潮湿的地区, 铅颗粒很容易随空气中的水气凝聚而沉降下来, 公路铅一般扩散的范围较小, 但对靠近公路的土壤影响程度比较大^[4]。下风向地区较上风向地区受影响的范围更广^[4,5]。风速及风力较大的地区, 公路铅一方面能被有效稀释, 另一方面可扩散至更远的地方, 而形成更大范围的污染。

(3) 地形及路况。在山区和丘陵地区, 由于空气流通不畅, 因而公路铅影响范围更大, 污染更严重。另外, 路况对公路边土壤中的铅含量有直接影响, 如坡度越大, 污染越重。陈建安等^[5]对山区公路研究显示, 铅对公路两侧 400 m 内的土壤形成了影响, 100 m 内影响显著, 其中坡度为 20 度的坡道旁 10 m 处土壤的铅含量为 126 mg/kg, 是 10 度坡道的 1.7 倍, 是相应平道的 2.5 倍。

(4) 公路两侧障碍物。研究发现, 公路两侧障碍物(如树木、绿带等)能有效影响公路铅的扩

收稿日期: 2004-08-10; 修订日期: 2004-11-15

基金项目: 国家科技攻关计划课题(2002BA906A76)资助

作者简介: 李 波(1979—), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 从事农产品产地环境质量评价研究工作。

散^[6,7]。阮宏华等^[7]的研究结果表明,公路两侧的树木能有效阻截铅的扩散,因为树木不但对含铅粉尘有吸附作用,还能阻止或减弱空气流动,防止铅的进一步扩散。研究还显示,不同树种对公路铅的阻截作用不同。

由于公路铅在土壤中的分布主要取决于污染源强度及其扩散情况,因而不同地区公路铅所造成的影响也不同。李湘南等^[8]对高速公路沿线农田的铅污染进行了研究,认为铅的影响主要在距路缘 100 m 左右的范围内,在此范围内随着距离的增加,土壤中铅含量逐渐降低,汽车排放的铅颗粒物有相当多的部分沉降在 50 m 以内。林健等^[9]研究表明,公路旁土壤中铅污染的特征是以公路为中心,两侧呈带状顺公路延伸,自公路向其两侧强度逐渐减弱,污染在 5 m~80 m 范围内最严重,污染晕带扩散范围约为 250 m 左右。

大量调查研究结果表明,公路铅污染对两侧农田土壤的影响范围可达几十米到几百米,甚至达到 1 000 多米,在公路两侧呈带状延伸^[5,9,10]。污染的总体趋势是沿着垂直公路延伸方向逐步减弱,当大于一定距离时,铅的含量明显降低,并开始趋于稳定^[10-12]。

1.2 铅在土壤中的累积与分布

进入农田系统中的铅,一部分被截留沉积在植被表面,随着农作物的收获或植物落叶清除迁移到其他区域;另一部分散落在土壤表层,经雨水渗透进入耕作层或地下水,或经流水冲刷而迁出该区域。因此,铅会在土壤中进行不断的累积与分布。

1.2.1 铅在土壤中的累积

研究表明,由于长时间含铅汽油的使用,铅在公路两侧土壤中存在显著的累积,并对土壤造成了一定程度的污染。李湘南等^[8]的调查显示,公路两侧 100 m 内土壤中铅的累积量是对照区土壤铅含量的 3~6 倍。胡迪琴^[13]对广州某公路的研究显示,公路两侧农田土壤铅最大累积量达 163 mg/kg,是对照值的 5 倍。铅在土壤中的累积是一个复杂的物理、化学过程,累积量取决于进入土壤中的铅总量、土壤性质及生长植物的影响。研究表明,公路运营时间越长,交通量越大,铅在土壤中的累积就越多^[5,10,14]。另外,在质地粘重、有机质含量高的土壤中,铅更易积累,而不易迁移流失,其表现为土壤相对铅含量较高^[15,16];同一地区、同一类型的土壤,水稻田土壤铅含量高于旱田土壤中

的铅含量^[17];裸露土壤中的铅含量明显高于有作物种植的土壤中的铅含量^[7,18],这也说明土壤覆盖物对公路铅有显著的截留作用,能明显影响铅在土壤中的累积。

1.2.2 铅在土壤中的分布

铅是一种迁移性很弱的元素,进入土壤后,很快被土壤吸附固定。大量的研究表明,公路铅主要积累在土壤的表层,很少向深层迁移^[5,18,19],深层土壤铅含量接近背景值^[20]。土壤中绝大部分铅以不溶态的无机盐形式存在,或被络合在有机质的交换位上,可溶性铅含量很低,不易随水分迁移,主要随耕翻而再次分配^[21]。另外,铅在土壤中的迁移还受到作物吸收的影响,铅会向作物根部迁移^[22],从而表现出作物根际土壤中的铅含量较高,但对铅的形态未形成太大影响^[23,24]。

1.3 公路两侧农产品铅污染特征

1.3.1 铅在作物中的累积与分布

研究显示,对公路铅的影响,不同作物的表现各不相同,反映在作物可食部分的铅含量,蔬菜和茶叶更易受到污染^[5,18]。同一类作物不同品种受铅的影响也不同,如不同类别蔬菜中含铅量水平通常有如下顺序:叶菜类>茄果类>根茎类^[18,23]。重金属污染特征在不同器官内的累积量上一般表现为:根>茎叶>穗^[25],这是由于根部吸收的铅主要累积在根部,只有少数才转移到地上部分。但对公路铅污染的研究还显示,由于作物及客观条件的差异,不同作物表现出不同的分布特征。刘玉萃等^[26]研究显示,铅在小麦体中由根向茎、穗的迁移较小,小麦各器官中铅含量大小依次为:根>叶>穗>茎>籽,其中籽粒中铅的含量为 9 mg/kg 左右。吴永刚等^[27]对公路边茶树的研究显示,铅在嫩枝含量最高,为 8.5 mg/kg 左右,其次是老枝,而嫩叶与根中铅含量最低,分别为 2 mg/kg 左右与 1 mg/kg 左右,并得出嫩枝对铅的富集能力最强。另外,铅在作物体内的累积与分布还受到生长期与生长季节的影响。如在小麦的不同生长阶段,各器官的累积铅量不同,其累积随生长期的延长而加大^[26];在测定茶叶中铅含量时,春茶中铅的含量明显高于秋茶^[27]。

1.3.2 作物对大气中铅的叶面吸附吸收

飘浮在空气中的含铅粉尘能被作物表面吸附,一方面阻止了铅向土壤中迁移,另一方面作物的部分表面吸收加重了铅对作物的污染。索有瑞等^[11]

研究表明, 路边植物表面吸附率达 37.3% ~ 48.2%。魏秀国等^[18] 研究显示, 叶菜表面吸附率在 35% ~ 40% 之间, 茄果类、瓜豆类吸收率则在 25% ~ 30% 之间。范文秀等^[28] 研究表明, 在公路两侧青饲料中, 包菜叶片吸附率较高, 为 44.2%, 光叶苕子和小麦秸秆的吸附率相对较低, 分别为 30.1% 和 24.3%。由此可见, 作物对铅吸附率的大小首先取决于大气中颗粒的含铅量, 其次与作物类型有关, 因为叶面对铅尘的吸附率与植物的生长周期、叶面的表面积、光滑度、是否分泌黏性物质, 以及叶片的生长状态等因素有关。

叶面吸附的铅一部分进入叶片内部而被叶片吸收, 但叶面吸收对作物体内铅累积的贡献率却很少有详细研究。郑路等^[29] 认为, 生长在污染空气中的蔬菜, 50% 以上的铅通过叶片从大气中吸收。李湘洲^[14] 对公路旁莴苣受公路铅影响的研究显示, 作物铅含量随土壤铅含量的增加而增加, 但在高车流量区和中车流量区, 地上部分累积的铅高于地下部分, 而在低车流量区则相反, 作物地下部分铅含量高于地上部分。而魏秀国等^[18] 研究认为, 蔬菜体内的铅主要通过根部吸收, 叶片吸附吸收起次要作用。刘玉萃等^[26] 对小麦的研究也得出了类似的结果, 认为小麦各器官含铅量主要由根从土壤中吸收有效铅而来, 叶片和穗可从大气中吸收少量铅, 但由于迁移性比较差, 对籽实的贡献很低。随着大气中铅浓度的增加和暴露时间的延长, 作物茎叶表面吸附和吸收大气中的铅也随之增多^[14, 28, 30]。

由此可见, 不同作物品种对大气中铅的吸收能力也不同, 如蔬菜类一般是叶菜大于根、果菜^[18, 23], 而对某些作物, 当大气中的铅浓度达到一定程度时, 叶面吸收也会转变为主导因素^[14]。

1.3.3 作物通过根系对土壤中铅的吸收

研究表明, 作物体内和土壤中铅的含量具有一定的相关性, 即作物体内的铅随着土壤中铅含量的增加而增加^[9, 14, 15]。说明在汽车公路铅对农田土壤及作物的影响中, 叶面吸收只是次要的, 而根系从土壤中吸收铅才是作物铅累积的主要方式。林健等^[31] 的研究结果表明, 土壤中铅含量高, 稻谷体系中铅含量也高, 两者铅水平高度相关, 呈线性关系, 说明稻谷体系中铅含量主要取决于土壤中的铅含量。有研究者认为可以利用这种相关性推算土壤中铅的临界含量^[15]。

作物通过根系吸收土壤中的铅, 会受到土壤条

件及作物等因素的影响。进入土壤中的铅如果不能被土壤有效固定, 则较易迁移到作物根部而被吸收。在有铅不断补充的情况下, 作物根部的铅浓度始终较高, 作物会通过根系吸收累积较多的铅。曹立新等^[15] 的研究结果显示, 轻壤水稻土中铅的累积量小于重壤水稻土, 但轻壤水稻糙米的含铅量却高于重壤。

2 公路两侧农田土壤和农产品污染评价

2.1 土壤环境质量评价

2.1.1 布点采样

公路两侧土壤的环境质量评价没有统一的布点方法。一般做法是在公路两侧一定的范围内, 从公路路基处先密后疏布点采样, 样点数、样点位置及间距根据研究目的和具体情况而定。在调查研究时, 一般采集表层土样与剖面土样, 表层土样一般采到 10 cm ~ 30 cm 处, 剖面土样一般采到 50 cm ~ 60 cm 处。

2.1.2 评价标准

目前一般采用的评价依据主要有区域土壤背景值、GB 15618 - 1995《土壤环境质量标准》等。《土壤环境质量标准》中, 铅的土壤二级标准分别为 250 mg/kg (pH < 6.5)、300 mg/kg (pH 为 6.5 ~ 7.5) 及 350 mg/kg (pH > 7.5)。

2.1.3 评价方法

一般采用单项污染指数法: $P = C/S$ 。式中, P 为污染指数; C 为污染物实测值; S 为污染物评价标准。根据指数大小进行土壤污染分级评价 (非污染、轻污染、中污染和重污染)。

2.2 农产品污染评价

2.2.1 布点采样

一般在农产品成熟期和土样同步采集, 根据评价或研究目的的不同, 多采集农产品可食部分, 或采集整株, 以便研究铅在农作物中的迁移情况。

2.2.2 评价标准

常用的评价标准主要有以下两种: 农产品对照点铅含量和 GB 14935 - 1994《国家食品卫生标准》。《国家食品卫生标准》中规定的铅含量 (以 Pb 计) 为: 蔬菜类 < 0.2 mg/kg 粮食类 < 0.4 mg/kg 水果类 < 0.2 mg/kg。

以对照点作为评价标准, 可以说明公路铅的污染情况; 以《国家食品卫生标准》作为评价标准, 可以说明农产品的安全状况。

2.2.3 评价方法

采用单项污染指数法: $P = C/S$ 。根据污染指数进行农产品铅污染情况的评价。

3 结语

公路两侧农田土壤铅污染及对农产品质量安全的影响受各种因素影响,为了更好地开展公路两侧农产品产地规划和环境质量评价,现在仍有一些问题有待进一步研究。一是要系统地研究公路两侧农田土壤和农产品中铅污染的特征及影响因素,阐明不同地区、不同公路状况对两侧农田生态系统的影响规律。二是需要完善公路两侧农产品产地环境质量评价方法,特别是土壤和大气中铅的评价标准。如国内所有关于公路铅污染的调查研究资料都显示,公路两侧土壤中的铅含量均不超过《土壤环境质量标准》但农产品安全质量超标现象却普遍存在,这说明在对公路两侧农田土壤环境质量进行评价时,现行的评价标准不太适宜,需要制定更为合理的评价标准和土壤质量控制标准。三是要进一步追踪实现汽油无铅化以后,公路两侧铅污染的影响变化。

[参考文献]

- [1] KLOS W L L, ANGLIN D L. 汽车有害排放物的控制 [M]. 北京:人民交通出版社, 1989. 41.
- [2] 徐元强, 桑有业. 含铅汽油与汽油无铅化 [J]. 石油科技, 1996 (5): 59.
- [3] 乔向明. 车用汽油铅损害及其对策研究 [J]. 中国安全科学学报, 1998 8(3): 2-5.
- [4] 张振维, 李 巍, 盖永刚. 沈大高速公路沿线气象因子特征研究 [J]. 环境保护科学, 2000 26(97): 45-46.
- [5] 陈建安, 林 健, 兰天水, 等. 山区公路边土壤铅污染水平及其分布规律研究 [J]. 海峡预防医学杂志, 2001 5(2): 5-8.
- [6] 徐永荣, 冯宗炜. 绿带对公路两侧土壤的重金属含量影响的研究 [J]. 湖南农业科学, 2002 (5): 75-77.
- [7] 阮宏华, 姜志林. 城郊公路两侧主要森林类型铅含量及分布规律 [J]. 应用生态学报, 1999 10(3): 362-364.
- [8] 李湘南, 凌 玲, 李海东. 汽车废气中铅对沿线农田污染的环境质量评价 [J]. 武汉汽车工业大学学报, 2000 8(6): 37-41.
- [9] 林 健, 邱卿如, 陈建安, 等. 公路旁土壤中重金属和类金属污染评价 [J]. 环境与健康杂志, 2000 17(5): 284-286.
- [10] 王 斌, 丁 桑. 公路两侧土壤中铅的分布规律研究 [J]. 重庆环境科学, 1998, 20(4): 53-55.
- [11] 索有瑞, 黄雅丽. 西宁地区公路两侧土壤和植物中铅含量及其评价 [J]. 环境科学, 1996, 17(2): 74-76.
- [12] 刘英对, 王 峰. 珠江三角洲主要城市郊区公路两侧土壤和蔬菜中铅含量初探 [J]. 仲恺农业技术学院学报, 1999 12(4): 51-54.
- [13] 胡迪琴. 广州市近郊农田土壤及作物铅污染水平评价 [J]. 生态科学, 1997 16(1): 71-74.
- [14] 李湘洲. 公路系统沿线作物铅累积状况的研究 [J]. 中南林学院学报, 2002 22(1): 40-42.
- [15] 曹立新, 李杨川, 刘 莹, 等. 公路边土壤和水稻中铅的分布、积累及临界含量 [J]. 环境科学, 1995 16(6): 66-68.
- [16] 成春奇. 粘土对重金属污染物容纳阻滞能力研究 [J]. 水文地质工程地质, 2001 (6): 12-14.
- [17] 张振维, 常艳君, 李光辉. 沈大高速公路环境铅污染现状 [J]. 辽宁城乡环境科技, 1998, 19(6): 51-52.
- [18] 魏秀国, 何江华, 王少毅, 等. 城郊公路两侧土壤和蔬菜中铅含量及分布规律 [J]. 农业环境与发展, 2002 (1): 39-40.
- [19] 万勇善. 铁路建设项目环境影响评价中的生态问题 [J]. 中国环境科学, 1992 (4): 145-147.
- [20] 张书海, 林树生. 交通干线铅污染对两侧土壤和蔬菜的影响 [J]. 环境监测管理与技术, 2000, 12(3): 27-28.
- [21] 廖自基. 环境中微量重金属元素的污染危害与迁移转化 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [22] 姚志麒, 陈秉衡. 环境卫生学 [M]. 第 2 版, 北京: 人民卫生出版社, 1987. 85-86, 158-160.
- [23] 陈建安, 林 健, 兰天水, 等. 公路边农作物铅污染水平与相关因素研究 [J]. 海峡预防医学杂志, 2002 8(2): 15-19.
- [24] 陈有镛, 陶 澍, 邓宝山, 等. 小麦根际环境中铜和铅形态的变化 [J]. 环境科学学报, 2000, 20(3): 365-369.
- [25] 冯绍元, 邵洪波, 黄冠华. 重金属在小麦作物体中残留特征的田间试验研究 [J]. 农业工程学报, 2002 18(4): 113-115.
- [26] 刘玉李, 李保华, 吴明作. 大气-土壤-小麦生态系统中铅的分布和迁移规律研究 [J]. 生态学报, 1997 17(4): 418-425.
- [27] 吴永刚, 姜志林, 罗 强. 公路边茶园土壤与茶树中重金属的积累与分布 [J]. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2002 26(4): 39-42.
- [28] 范文秀, 谷永庆, 荆瑞俊. 公路两侧青饲料中铅含量的测定 [J]. 河南职业技术学院学报, 2003 31(4): 69-70.
- [29] 郑 路, 常 江. 合肥市菜园蔬菜和土壤的铅污染调查 [J]. 环境污染与防治, 1989 (5): 35-37.
- [30] 石元值, 马立峰, 韩文炎, 等. 汽车尾气对茶园土壤和茶叶中铅、铜、镉元素含量的影响 [J]. 茶叶, 2001 27(4): 21-24.
- [31] 林 健, 杜恣闲, 陈建安, 等. 公路交通污染土壤和稻谷中镉铅分布特征 [J]. 环境与健康杂志, 2002 19(2): 119-121.

本栏目责任编辑 姚朝英