

参 考 文 献

- [1] 高桥俊三等,张自杰译,活性污泥生物学,179页,中国建筑工业出版社,1978年。
[2] 美国公共卫生协会等,宋仁元等译,水和废水标准检验方法(15版),111—112页,中国建筑工业出版社,1985年。

- [3] 张宽厚等,细菌生理学,185页,人民卫生出版社,北京,1962。
[4] 章家琪等,上海环境科学,(1),26(1983)。
[5] 左景伊,腐蚀数据手册,90页,966页,化学工业出版社,北京,1982年。

(收稿日期: 1988年1月19日)

运城市郊区小麦中苯并(a)芘污染调查*

薛文山

靳振南

王爱玲

(运城行署环保局)

(运城地区卫生防疫站)

(运城地区环境保护监测站)

苯并(a)芘(简称 BaP)是一种具有强致癌性的多环芳烃化合物,是一切含碳燃料、煤、石油、木材等与有机高分子化合物、烟草不完全燃烧和许多碳氢化合物高温裂解条件下的产物,它广泛地存在于环境中,形成了对人体健康的潜在威胁。因此,近年来,对环境中 BaP 的调查研究工作,正日益增多。但是,对农作物小麦中 BaP 含量的调查研究报道较少。我们以我国北方的主要栽培作物之一小麦为对象,从大气—土壤—小麦的链索关系对本市郊区 BaP 的含量、分布、消长和积累,进行调查分析,为评价与改善区域环境质量提供科学依据。

一、调查方法

1. 按运城市市政分区,在运城市的西郊、北郊、南郊和东郊布点采样。同时,在远离运城市的地区设“清洁区”作为对照,以资进行比较。

2. BaP 含量测定采用乙酰化滤纸层析-荧光分光光度法。

二、结果与讨论

1. 市郊各采样点小麦中 BaP 含量到 1986 年为止,我们先后对市郊各区域

小麦(品种为 78-1 号)中 BaP 含量进行了四年次采样测定,现将测定结果列于表 1 中。试样未经任何漂洗处理。

从表 1 可以看出,市郊各区域小麦中 BaP 含量在 0.837—5.430 PPb 范围内变化;西郊和南郊区小麦中 BaP 含量有逐年积累趋势,而北郊区小麦中 BaP 含量从第一年年次以后有明显降低。这可能与西郊和南郊区的大气污染日益严重有关;可能与北郊区火力发电厂搬迁,大气污染明显减轻有关。此外,还有在限定的时间内,土壤中 BaP 赖于土壤耕翻和生物分解作用,逐渐得到降解的缘故。

对各区域小麦中 BaP 含量进行了统计分析,有高度显著性差异 ($P < 0.01$)。

对不同区域小麦中 BaP 含量进行两两比较:

①与⑤、①与④、①与③、②与⑤、②与④、③与④均有高度显著性差异 ($P < 0.01$)。

①与②、②与③、③与⑤均有显著性差异 ($P < 0.05$)。

④与⑤无显著性差异 ($P > 0.05$)。

以上检验结果表明,运城市郊各区域小麦受 BaP 污染状况各异,基本污染程度顺序

* 本文承蒙中国科学院应用生态研究所高拯民先生审阅,在此致谢。

表 1 市郊各区域小麦中 BaP 含量 (PPb)

区 域	西 郊		北 郊		南 郊		东 郊		对 照 区	
编 号	①		②		③		④		⑤	
项 目	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
第一年次	4.618	0.780	3.964	0.903	1.862	0.688	0.847	0.378	0.416	0.212
第二年次	4.920	0.894	2.863	0.724	1.981	0.832	0.837	0.367	0.431	0.220
第三年次	5.168	0.914	2.854	0.790	2.113	0.754	0.878	0.354	0.419	0.185
第四年次	5.430	0.901	2.845	0.842	2.345	0.828	0.862	0.345	0.420	0.207

表 2 市郊各区域土壤-小麦植株中 BaP 含量 (PPb)

区 域	西 郊	北 郊	南 郊	东 郊	对 照 区
根	92.099	73.501	44.201	12.718	10.049
茎叶	195.072	145.430	81.974	27.667	22.300
籽实	5.146	2.989	2.075	0.856	0.422
土壤	391.289	261.178	96.275	27.396	6.988

注: 表中每一个 $\bar{x}$ 值都是 12 个样本的算术平均数。

为西郊>北郊>南郊>东郊, 东郊区与对照区比较无显著性差异。这可能与西郊、北郊和南郊区都是工业区, 大气污染严重有关; 可能与东郊区是学校、机关区, 大气污染较轻有关。

2. 土壤-小麦植株中 BaP 含量分布

在市郊不同区域选择典型代表点, 对土壤、小麦植株进行采样分析。现将各区域土壤-小麦植株中 BaP 含量分布列于表 2 中。

从表 2 可以看出, BaP 在小麦植株中的分配次序为: 茎叶>根系>籽实。无论从市郊各区域土壤中, 还是从各区域小麦植株的不同部位中, BaP 的水平都是西郊>北郊>南郊>东郊。这一方面表明, 植物根系可以吸收土壤中 BaP, 并将其吸收的一部分转移、积累在地上部分。另一方面, 从土壤-根-茎叶-籽实中 BaP 含量的变化可以看出, 小麦根系和茎叶所吸收的 BaP 难以转移到籽实部分, 或者在转移时绝大部分在代谢过程中被同化或降解了。因而, 在籽实中极少积累。

对照区土壤中 BaP 含量水平为<7PPb, 此值可被当作本地区土壤中 BaP 的“自然背景值”^[1]。

关于在土壤剖面中 BaP 的垂直分布状

况, 我们测定的结果是: 西郊区域 0—20cm 为 391.289PPb, 20—100cm 为 11.762PPb; 北郊区域 0—20cm 为 261.178PPb, 20—100cm 未检出。质地较重的土壤(如北郊区), 对 BaP 具有强烈吸附作用与结合力, 所以 BaP 主要集中分布在 0—20cm 耕作层中, 自然降水和灌溉时, 很少被淋洗到耕作层以下^[1]。质地较轻的土壤(如西郊区), 由于对 BaP 的吸附作用较差和结合力较小, 可以被淋洗到耕作层以下。

在清洁对照区, 我们依次提高土壤中 BaP 的含量, 进一步研究对小麦籽实中 BaP 含量的影响, 结果列于下面表 3 中。本试验共进行了四年次。

从表 2 可以看出, 当土壤中 BaP 含量增加时, 小麦籽实中 BaP 含量也随之增加, 土壤中 BaP 含量与籽实中 BaP 含量呈正相关($r = 0.590$)。但是, 当土壤中 BaP 含量达到一定水平(如 300PPb)后, 小麦籽实中 BaP 含量不再增加。这表明不论土壤中 BaP 含量多少, 基本上由于 BaP 的疏水特性而难以为根系吸收所致。同时, 进一步表明了根系所吸收的 BaP 在向地上部分转移时, 绝大部分在代谢过程中被同化或降解了, 因而在籽实

表 3 不同 BaP 含量的土壤对小麦籽实的影响

编 号	1	2	3	4	5	6	7
土壤中 BaP 含量 (PPb)	20	50	100	300	500	1000	2000
小麦籽实中 BaP 含量 (PPb)	0.792	1.242	1.662	2.049	2.025	2.050	2.038

表 4 市郊各区域大气中 BaP 浓度分布

(单位: $\mu\text{g}/100\text{m}^3$)

区 域	春	夏	秋	冬	浓度范围	年日均值
西 郊	25.64	14.24	16.73	31.15	2.76—36.72	21.94
北 郊	18.37	6.18	9.24	25.45	2.41—27.35	14.81
南 郊	6.44	2.92	3.50	11.38	0.54—13.28	7.56
东 郊	1.91	0.31	0.60	3.17	0.14—3.94	1.93
对照区	0.20	0.09	0.14	0.28	0.05—0.31	0.18

表 5 市郊各区域小麦籽实漂洗试验结果

编 号	采样区域	漂洗前 BaP 含量 (PPb)	漂洗后 BaP 含量 (PPb)	漂洗后 BaP 降低的百分率(%)
1	西郊	5.146	0.650	87.4
2	北郊	2.989	0.512	82.9
3	南郊	2.075	0.330	84.1
4	东郊	0.856	0.240	72.0
5	对照	0.422	0.121	71.3

中积累很少。

在上述试验中,经过小麦生长季节,我们测定与估算 BaP 在土壤中总的净化率为 57%。

另外,我们调查的区域都没有进行过灌溉,土壤中 BaP 没有发现有其它来源。

3. 大气污染对小麦籽实中 BaP 含量的影响

据测定*,市郊各区域大气中 BaP 浓度分布状况列于表 4 中。

从表 4 可以看出,市郊各区域大气中 BaP 浓度分布状况是西郊>北郊>南郊>东郊>对照区,这与市郊各区域土壤和小麦中 BaP 浓度分布是一致的。

运城市的西郊、北郊和南郊区都是工业区,那里的大气污染物主要是燃煤形成的总悬浮微粒 (T. S. P), IP/TSP 值在 52.1—69.4% (IP 代表可吸入颗粒物),均值为

61.4%。煤烟中代表性的致癌物质 BaP 90% 存在于 IP 中^[2]。而且,各区域的污染程度是西郊>北郊>南郊>东郊>对照区,与各区域大气中 BaP 浓度的分布次序是一致的。

表中,冬、春两季大气中 BaP 含量高于夏、秋季,这与取暖用煤量增大,排入大气中的烟尘量增多, IP/TSP 值增高有关;同时与气温降低,更多的 BaP 凝集在颗粒物上有关。

从表 1—表 4 可以看出,小麦植株表面受到大气中 BaP 的污染,相应地进行一系列物理、化学吸收、吸附以及生物学的代谢过程,造成小麦植株各部位 BaP 的积累。

为了研究大气污染对小麦 BaP 的影响,我们对小麦籽实用有机溶剂进行了漂洗,结果列于表 5 中。从上面表 5 可以看出,未经漂洗的小麦

(下转第80页)

* 我们同时采样测定了市郊各区域大气中 BaP 浓度,未整理发表。

作为标准设计,例如瑞典 FLAKT 公司、西德 LURGI 公司和瑞士 ELEX 公司等。国内许多厂家也都开始采用 400mm 左右间距,这说明它的优越性得到了普遍的承认。另外,宽间距还有一个突出的优点就是方便维修,它使维修人员有可能直接进入电极通道内,由于极板板线及振打系统的易损零部件数量减少,因而也使维修工作量相应地减少。

在本次会议上,用 SO_2 和 NH_3 调质、在锅炉燃烧时注入石灰石、用外部分解硫酸铵随后喷入烟气流等方法来降低飞灰比电阻的技术也有不少研究成果发表。这些技术有些当前已有应用,有些在某些场合将会得到应用。此外在本届会议上还介绍了电除尘器的

一些较为特殊的应用情况。例如用电除尘器收集焦油、除去酸雾、用于燃木锅炉的烟灰除尘等等。人们还试图用化学的方法使 SO_x 、 NO_x 吸附在固体尘粒上或者转化为固体尘粒,然后用电除尘器加以收集以达到脱硫或脱氮的目的。总之开发新技术,提高运行性能,降低消耗(包括钢耗和能耗),不断开拓新的应用领域,是电除尘技术研究和发展的主要目标。

参 考 文 献

- [1] 俞寿成,劳动保护科学技术,(3),29(1985).

(收稿日期:1988年4月1日)

(上接第39页)

籽实 BaP 水平为 0.422—5.146PPb,漂洗后即下降到 0.121—0.650PPb。尽管这个水平仍包括大气污染与土壤污染的贡献,但却说明西郊、北郊和南郊区小麦籽实的 BaP 高达几个 PPb 的水平,“主要来自大气污染的贡献”^[1]。这与 Grimmer, G. 等得出的“植物中 BaP 的积累主要是大气污染造成的”结论相一致。

从市郊各区域与清洁对照区大气污染程度和土壤污染程度的差异及小麦植株中 BaP 含量的差异可以看出大气污染对小麦 BaP 含量做出的主要贡献:大气污染越严重,漂洗后降低的幅度就越大。可见,大气污染程度对小麦 BaP 含量起主导作用。西郊、北郊和南郊区小麦 BaP 含量高,主要原因就在于此。

根据 BaP 的基本理化性质和植物体内 BaP 的“多源性”,以及植物根系从土壤中吸收 BaP 的生理特征可知,除了生物合成因素外,植物株体,特别是籽实部分,长时间直接暴露在大气污染环境中,大气污染对植物地上部分 BaP 的贡献要比水-土壤的贡献大得多。

三、结 论

1. 运城市郊各区域大气中 BaP 的含量和土壤、小麦植株中 BaP 的含量分布都是西郊>北郊>南郊>东郊。这表明小麦植株中 BaP 的积累主要是大气污染造成的。从我们测得的小麦植株中 BaP 含量茎叶>根系>籽实也可以看出,大气污染对小麦植株中 BaP 的贡献要比土壤的贡献大得多。

2. 小麦根系可以吸收土壤中 BaP,并将其吸收的一部分转移、积累在地上部分。但是,一方面由于 BaP 的疏水性,难以为根系所吸收,另一方面由于根系所吸收的 BaP 在转移时绝大部分在代谢过程中被同化或降解,因而在籽实中积累很少。

3. 大气污染对于食物链 BaP 的贡献是十分重要的,必须及早对大气中 BaP 的污染源进行有效的控制。

参 考 文 献

- [1] 高拯民等,环境科学学报,1(1),12(1981).
[2] 曹守仁等,环境与健康,2(2),6(1985).

(收稿日期:1988年3月1日)