

作物幼苗 Cd 含量标征土壤 Cd 污染的研究

杨林书 吴姃姃* 王宏康

(北京农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

摘要 用盆栽试验, 以小麦、大豆和油菜为对象, 研究了利用作物幼苗 Cd 含量标征土壤 Cd 污染的可行性。结果表明, 在 3 种作物生长过程中, 幼苗 Cd 含量均高于生长后期或可食部分 Cd 含量。小麦、大豆籽粒 Cd 含量与苗期 Cd 含量及土壤 Cd 投加量成正相关关系, 采收期油菜 Cd 含量与苗期 Cd 含量成正相关关系。这 3 种作物的可食部分 Cd 含量达到我国食品卫生标准时, 小麦三叶期、大豆幼苗地上部分及油菜幼苗的 Cd 含量临界值分别为 0.72 mg/kg、0.53 mg/kg 和 0.16 mg/kg(鲜重)。

关键词 幼苗 Cd 含量, 土壤 Cd 污染, 小麦, 大豆, 油菜, 盆栽试验。

利用作物幼苗诊断土壤重金属污染, 作为一条诊断思路已有作者提及^[1, 2], 国外已做了一些工作^[3, 4], 国内的工作尚未开展。以幼苗的重金属含量标征土壤污染, 可以比较真实地反映土壤重金属的有效性, 而且具有以下几个优点。幼苗含量高, 可以敏感地反映土壤污染状况; 和收获后可食部位高度相关, 可提前预测, 作为环境影响评价的指标; 培育幼苗简单易行, 生长时间短。

土壤 Cd 通过食物链危害人体和动物健康, 其污染的严重性远大于对作物的直接毒害作用。因此, Cd 在土壤中的污染临界值, 许多研究都推荐用食品卫生标准的达标临界值表示。在日本, 仍用米镉含量评价土壤 Cd 污染, 而不用土壤 Cd^[5]。因此, 本研究着重考察作物幼苗 Cd 含量同收获期的可食部位 Cd 含量的关系, 研究以幼苗 Cd 含量标征土壤 Cd 污染的可行性。

1 材料和方法

1.1 供试作物

北方地区普遍种植的大田作物和蔬菜作物: 小麦(*Triticum aestivum* L.), 品种 87051。

大豆(*Glycine max* L.), 品种科丰 6 号。

油菜(*Brassica campestris* L.), 品种五月

慢。

1.2 供试土壤

土壤取自东北旺农场原菜地土壤, 为轻壤褐土。试验土壤理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性质¹⁾

pH	粘粒含量 (%)	有机质 (%)	TN (%)	速效 P (P/土, mg/kg)	全 Cd (mg/kg)
7.71	13.53	0.997	0.093	15.7	0.068

1) 北方地区土壤平均含 Cd 0.074 mg/kg, 褐土平均 0.100 mg/kg^[2]

1.3 试验设计

盆栽试验。镉处理设 8 个水平, 以 Cd 计设加量分别为 0, 0.5, 1, 3, 6, 10, 20, 50 mg/kg。处理时, 先将不同量的 3 CdSO₄ · 8 H₂O 的水溶液与小部分土壤混匀, 再将此小部分土壤搅拌入其余土壤中, 充分混匀后装盆。

小麦和大豆试验采用直径为 25 cm, 高 30 cm 的瓷盆, 每盆装土 8 kg。油菜试验采用直径为 20 cm, 高 20 cm 的瓷盆, 每盆装土 4 kg。

小麦分三叶期、返青期、拔节期和成熟期采集地上部分。大豆分苗期和成熟期采样。豆苗采样时为 2 片单叶 1 片复叶。油菜分苗期和采收期采样, 苗期在 3 片叶时采样。每次采样均采完整的 3 盆。

样品采集后, 用自来水洗去灰尘, 然后用去离子水冲洗。65℃烘干后粉碎。

* 现在中科院生态环境研究中心环境水化学开放实验室工作
收稿日期: 1994-12-25

样品处理采用干灰化法, 1 : 30 稀硝酸定容, 日立 Z-8000 型原子吸收分析测定。

2 结果

2.1 小麦

小麦各生长期地上部分积累 Cd 的趋势相同, 都随土壤 Cd 投加量的增加而增加, 见表 2。

小麦生长前期, 即三叶期、返青期、拔节

期, Cd 含量均高于成熟期的茎、叶及籽粒 Cd 含量。相关分析结果(计算过程略去)表明, 各采样期 Cd 含量、小麦籽粒 Cd 含量及土壤 Cd 投加量之间都呈极显著正相关($r>0.834$, $P=0.01$)。原则上, 生长前期各期都可作为标征采样期, 但三叶期生长期短, 可适应快速诊断土壤 Cd 污染的需要, 因此, 可以确定小麦以三叶期为最佳诊断采样期。

表 2 小麦各生长期地上部分 Cd 含量(mg/kg)

土壤 Cd 投加量 (mg/kg)	三叶期	返青期	拔节期	成熟期叶	成熟期茎	籽粒
0	0.15	0.52	0.10	0.06	0.20	0.06
0.5	1.54	2.27	1.96	0.20	1.39	0.72
1	2.55	3.14	3.40	0.34	2.06	0.81
3	6.17	8.33	8.32	0.80	4.76	4.86
6	10.30	12.09	14.08	1.08	8.64	8.35
10	16.75	17.94	16.96	2.04	14.68	11.64
20	25.68	24.10	33.84	3.53	24.03	19.58

三叶期 Cd 含量同籽粒 Cd 含量间的一元线性回归方程为:

$y_{\text{籽}} = -0.349 + 0.767x_{\text{苗}} (r = 0.9961)$

我国食品卫生标准规定, 粮食含 Cd 不得超过 0.2 mg/kg, 由此计算到小麦三叶期 Cd 含量临界值为 0.72 mg/kg。

2.2 大豆

土壤 Cd 投加量为 0—10 mg/kg 时, 大豆苗期地上部分 Cd 含量随土壤 Cd 投加量的增加而增加。随后, Cd 含量反而降低了。这种现象在水稻吸收和累积铜时也有发现^[7]。在 0—20 mg/kg 的土壤 Cd 投加量范围内, 大豆籽粒 Cd 含量随土壤 Cd 投加量增加依次增加。土壤 Cd 投加量为 50 mg/kg 时, 大豆不能结实, 结果见表 3。这样的结果表明, 大豆幼苗对土壤 Cd 的毒性反应比成熟期敏感, 在土壤 Cd 投加量为 20 mg/kg 时, 吸收能力已降低, 而籽粒吸收能力减弱则出现在 20 mg/kg 之后。

大豆苗期 Cd 含量高于成熟期叶片及籽粒 Cd 含量, 同样说明可以用苗期含量表征土壤 Cd 污染。土壤 Cd 投加量为 0—10 mg/kg 时, 大豆苗期 Cd 含量同籽粒 Cd 含量之间呈高度正

相关($r>0.874$, $P=0.01$), 其一元线性回归方程为:

$y_{\text{籽}} = -0.134 + 0.627x_{\text{苗}} (r = 0.9992)$

我国食品卫生标准中没有规定大豆的标准, 暂时借用粮食卫生标准 0.2 mg/kg。本试验中, 大豆籽粒含 Cd 0.2 mg/kg 时, 其达标临界值, 即幼苗地上部分的 Cd 含量为 0.53 mg/kg。

表 3 大豆苗期和成熟期 Cd 含量(mg/kg)

土壤 Cd 投 加量 (mg/kg)	苗期地 上部分	成熟期叶	籽粒
0	0.20	0.12	0.14
0.5	0.67	0.27	0.57
1	1.74	0.49	1.35
3	5.15	0.93	3.32
6	7.31	1.67	4.81
10	9.52	1.74	6.04
20	5.41	2.67	11.81
50	8.01	6.13	

2.3 油菜

油菜对土壤 Cd 的吸收随土壤 Cd 投加量增加而增加, 见表 4。苗期 Cd 含量均比采收期高, 且两者间高度相关($r>0.798$, $P=0.01$), 一元线性回归方程为:

$y_{\text{采}} = -0.028 + 0.393x_{\text{苗}} (r = 0.9954)$

国家食品卫生标准规定。蔬菜含 Cd(以鲜重计)不超过 0.05 mg/kg。当采收期油菜达到此标准时,苗期含 Cd 临界值(以鲜重计)为 0.16 mg/kg。

表 4 油菜苗期和采收期 Cd 含量(mg/kg, 以鲜重计)

土壤 Cd 投加量 (mg/kg)	苗 期	采收期
0	0.04	0.03
0.5	0.16	0.05
1	0.29	0.10
3	0.85	0.31
6	1.45	0.51
10	2.44	0.81
20	4.54	1.83
50	13.28	10.03

3 分析与讨论

(1) 3 种作物生长正常,没有受到 Cd 的严重毒害的情况下,苗期 Cd 含量均高于生长后期,且同后者高度相关。苗期 Cd 含量比生长后期高,说明苗期吸收能力强,而后期表现出作物生长过程中的稀释效应,这与土壤矿质养分的变化规律是一致的。关于苗期重金属含量同成熟期含量及各器官含量之间的相关性已有报道^[3,8]。Cd 是一个极易在作物体内迁移的重金

属元素^[9,10],有利于它在作物生长过程中的转移、分配和平衡,因而苗期 Cd 含量同生长后期的各器官含量之间呈高度相关也是必然的。

(2) 以植物幼苗吸收量反映土壤 Cd 的有效性,比化学模拟法,即用化学试剂从土壤中浸提,更为直接和准确。它一方面可以预测成熟作物的污染状况,另一方面可较快地通过作物效应诊断、评价土壤 Cd 污染。

(3) 本方法和由此确定的苗期含 Cd 临界值,只是一个初步的可行性研究。方法的科学性和可靠性还需要更多的试验和研究加以验证。另外,其它一些问题,如指示植物的选择,诊断标征期的选择确定等均需做大量的工作,才能制定用幼苗残毒量标征土壤 Cd 污染的具体方法和评价标准。

参考文献

- 1 王宏康. 环境化学. 1991, 10(5): 36
- 2 曹长乐, 牟树森, 蒲永富. 农业环境保护. 1992, 11(2): 51
- 3 Macnicol R D et al. Plant and Soil. 1985, 85: 107
- 4 Lehn L et al. Plant and Soil. 1987, 101: 9
- 5 環境庁水質保全局. 環境測定技術. 1991, 18(12): 2
- 6 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 39
- 7 王宏康, 闫蔚全. 环境科学. 1990, 11(3): 9
- 8 杨卓亚, 王宏康. 环境科学. 1993, 14(6): 8
- 9 彭鸣, 王焕校, 吴玉树. 环境科学学报. 1989, 9(1): 61
- 10 张紫芹, 杨居荣. 农业环境保护. 1992, 11(4): 171

(上接第 48 页)内。常规污染物的浓度: 颗粒物、NO₂、CO、SO₂ 均无严重超标, 3 者相比, 天然气均比另 2 者低, 只 NO₂ 和 CO₂ 天然气稍高, 但并不突出。

(2) 气体燃料燃烧产物中有机物含量较低, 均不超过 1%, 其中以天然气最低。

(3) 北京现有以任丘为主的天然气伴生气中所含氮及其子体浓度不高, 至末端用户室内, 对用户居民所致年有效剂量的贡献不足 1%, 但如引进陕西大气田天然气入京, 则需监测气中浓度并关注此问题。

(4) 为反映 B(a)P 的生物效应, 从少量对比测定的尿 1-羟基芘的结果看, 此项指标较为敏感。

(5) 限于 3 种燃气燃烧产物样品采集之难

度及生物活性常规检测需样较多, 较微量的 Ames 检测条件尚未建立, 未实测生物活性, 但根据有机物等检测结果及文献报道估计天然气燃烧产物生物活性不高, 低于另 2 者。

致谢 参加此项工作的同志还有孟全新、刘江、胡国华、马光勋、全文熠、田德海、秦耘、李茂忠, 在此表示感谢。

参考文献

- 1 曹守仁等. 大气污染物监测方法. 北京: 化学工业出版社, 第一版, 1984: 114—117, 198—229
- 2 陈宝生等. 质谱学报. 1988, 9(增刊): 54
- 3 赵振华等. 多环芳烃的环境健康化学. 北京: 中国科学技术出版社. 1993: 98—121
- 4 林莲卿等. 中华放射医学与防护. 1990, 10(1): 10—14
- 5 林莲卿等. 中华放射医学与防护. 1990, 10(2): 73—7

with a RSD of 6.2%.

Key words: β -correction, spectrophotometry, silver, malachite green, real absorbance.

Study on a Synthetical Index Method for Air Quality Assessment. Wu Limin et al. (Fuxin College of Mining, Fuxin 123000); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(3), 1995, pp. 58–60

A synthetical index method for air quality was developed, where the principles followed are: ① each of pollution factors has an equal contribution to the synthetical assessment index; and ② the air pollution becomes heavier when multiple pollution factors exist simultaneously. Finally, the rationality of the method is proven based on an assessment prototype.

Key words: air pollution, environmental quality assessment, synthetical index.

Preliminary Study on the Pollution Assessment of Cd in Soil by the Concentration of Cd in Plant Seedling. Yang Linshu et al. (Resources and Environ. College, Beijing Agriculture Univ., Beijing 100094); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(3), 1995, pp. 61–63

Pot experiments were conducted to study the feasibility for the pollution assessment of Cd in soil by the concentration of Cd in seedlings of *Triticum aestivum* L., *Glycine max* L. and *Brassica campestris* L. The results show that Cd concentrations in the three plant seedlings were higher than those of their later growth stages or harvested parts. The seed Cd concentrations of *Triticum aestivum* L. and *Glycine max* L. were highly positively correlated to Cd concentrations in their seedlings, respectively. Cd concentration in harvested *Brassica campestris* L. was also highly correlated to its seedling Cd concentration. According to the National Criterion for Public Health, the critical Cd concentrations for three-leave *Triticum aestivum* L., seedlings of *Glycine max* L. and *Brassica campestris* L. were 0.72 mg/kg, 0.5 mg/kg and 0.16 mg/(kg · fw) respectively.

Key words: Cd concentration in seedlings, soil Cd pollution, *Triticum aestivum* L., *Glycine max* L., *Brassica campestris* L..

Study on the Information System for Management of Solid Waste Exchange. Wang Jue et al. (Institute of Environ. Sci., Beijing Normal Univ., Beijing 100875); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(3), 1995, pp. 64–67

An information system has been developed for the

management of solid waste exchange which is a means of waste recycling and recovery and a kind of exchange between waste generators and potential waste users, based on the relativity of waste. Based on the analysis of solid waste exchange patterns, the exchange types were classified and their effects were summarized. By expounding the links of waste exchange and using the method of system analysis, the basic functions and components of such an information system were analyzed. Computer technology system design and system implement action were used to set up the information system for management of solid waste exchange by using a modern database as its system core. According to the basic demands of waste exchange, this system realizes functions such as data input, output, transport, retrieval and statistics. A theoretical discussion on system intellectualization was made based on the development of the system.

Key words: waste exchange, system analysis, information system.

Criteria of Centralization or Decentralization for Use in a Regional Planning of Wastewater Treatment System. Wang Yonghang and Fu Guowei (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(3), 1995, pp. 68–71

A simple and efficient methodology was developed for use in a regional planning of wastewater treatment systems. The criterion for eliminating nonoptimal treatment plant sites for every wastewater source in a region took into account the critical distance parameter derived from the interrelation between the lower limit of transportation cost and the upper limit of regionalization efficiency. The developed method was able to significantly reduce the number of candidate locations of shared facilities for regionalized wastewater treatment. In addition, a case study was given. Enhancement of regional systems management would be a principal benefit of the suggested methodology.

Key words: wastewater treatment, critical distance, centralization, decentralization.

Investigation on the Current Status of Sewage Discharge from Beijing and the Response Strategy. Wang Yan et al. (Beijing Municipal Research Academy of Environment Protection, Beijing 100037); *Chin. J. Environ. Sci.*, 16(3), 1995, pp. 72–74