

徐州城市表层土壤中金属元素的磁学响应

Magnetic Response of Metals in Xuzhou Urban Topsoil

王学松/WANG Xue-song¹, 秦 勇/QIN Yong²

1. 淮海工学院化学工程系, 江苏连云港 222005

2. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州 221008

1. Department of Chemical Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, Jiangsu Province, China

2. School of Mineral Resources and Geo-Science, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China

[摘要] 城市表层土壤中金属元素的污染必须加以控制。近来,磁学监测正逐步作为代用指标,监测由某些工业或交通污染的土壤金属元素含量。为了进一步确认这种方法的有效性,研究金属元素的含量与磁学参数之间的关系是非常必要的。详细探讨了徐州城市表层土壤中 24 种金属元素 (As 为准金属元素; Pb、Cu、Zn、Co、Cd、Sb、As、Fe、Ni、Cr、Ag、Sc、Ba、Hg、Be、Bi、Mn、Al、Ti、Se、Ga、Li、V、Mo) 与 5 个磁学参数 (χ 、 χ_{fd} 、SOFT、SIRM、 χ_{AFM}) 的相关关系,并且建立了磁学诊断模型。结果表明,利用磁学监测方法能够初步定量地评估城市表层土壤中部分金属元素的含量。

[关键词] 环境磁学; 磁学表征; 金属; 城市表层土壤; 徐州

[文献标识码] A

[中图分类号] X53

[文章编号] 1000-7857(2006)05-0039-05

Abstract: Contamination of urban topsoils with metals is an issue all urban regions have to deal with. In recent years, magnetic measurements have been increasingly used as a proxy for the metal content in soils influenced by industrial or traffic emissions. In order to validate this method, a more detailed study of links between magnetic parameters characterizing the magnetic minerals and concentrations of metals is necessary. In this study, the connections between 24 metals (Pb, Cu, Zn, Co, Cd, Sb, As, Fe, Ni, Cr, Ag, Sc, Ba, Hg, Be, Bi, Mn, Al, Ti, Se, Ga, Li, V, and Mo) and five magnetic parameters (χ , χ_{fd} , SOFT, SIRM, and χ_{AFM}) in Xuzhou urban topsoil have been explored and the magnetic diagnosis models for some of the metals have also been established. Our results show some metal contents could be initially estimated quantitatively by means of magnetic measurements for the Xuzhou urban topsoil.

Key Words: Environmental magnetism; magnetic characterization; metals; urban topsoil; Xuzhou

CLC Number: X53

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)05-0039-05

1 引言

环境磁学在 20 世纪 70 年代诞生之后,在地球科学和环境科学的许多领域得到了广泛的应用,利用磁性测量技术研究重金属污染已有许多成功的实践^[1-12]。但是,在此类研究中,也存在一些有待进一步探讨的问题。① 对于重金属污染磁学诊断的机理涉及较少,通常认为重金属元素和磁性矿物具有相同的来源,在参数选择上多数仅以磁化率(χ)和饱和等温剩磁(SIRM)作为重金属含量替代指标^[13]。② 磁性颗粒和重金属含量之间的关系相当复杂,表现为不同的工业过程有着不同的相关关系,即不同的研究区域,获得磁学参数和重金属含量的关系不同,这就导致通过磁学参数的测量来评价重金属污染具有地区性^[14]。③ 除了磁化率(χ)和饱和等温剩磁(SIRM)等磁学参数外,其他磁学参数也可以作为识别磁性矿物的来源和种类以及诊断重金属污染的有用参数。例如,

张卫国等^[9]在研究上海潮滩沉积物磁学参数与重金属含量的关系,认为磁学参数 χ_{ARM} 等对潮滩沉积物中重金属含量的变化最为敏感,而磁化率(χ)和饱和等温剩磁(SIRM)等磁学参数对重金属含量的变化的敏感性不很显著。

因此,本文以徐州市城市土壤为例,探讨了表层土壤中金属元素和常用的磁学参数之间的相关关系,建立了徐州市城市表层土壤中部分金属元素的磁学诊断模型,探讨利用磁学方法作为监测徐州表层土壤某些金属元素含量的可行性。

2 材料和方法

2.1 供试土壤的采集

根据徐州市城市表层土壤的主要分布区域和利用类型,按照重点地区(如主要污染区)和面上均匀分布相结合的原则,系统采

收稿日期: 2005-12-19

基金项目: 江苏省“333”学术技术带头人基金项目

作者简介: 王学松,男,江苏省连云港市新浦区苍梧路 59 号淮海工学院化学工程系,副教授,研究方向为环境磁学与环境地球化学;

E-mail: snowpine1969@126.com

集具有代表性的表层土壤(0~20 cm)21 件。每个采样点的土壤分析试样均由多点采集混合而成。

2.2 样品预处理与分析

采集的土壤样品经风干后,用 2 mm 的尼龙筛筛除土壤中比较大的杂物和石砾,剩余的土壤样品进一步用玛瑙研钵研磨,再过 100 目的尼龙筛获得粒度比较均匀的样品。样品采用 HNO₃-HClO₄-HF 消解,其中 Hg 元素含量利用冷原子吸收法测定,Cd 利用石墨炉原子吸收法测定,其余元素含量用 ICP-AES 方法测定。为了控制测定的准确度,在进行上述元素分析时,每 10 个测定样品用标准土壤样品校验。10%~20% 的平行样分析用于控制实验的精密度。

样品的高频磁化率和低频磁化率采用英国 Bartington MS2 磁化率仪测量,非磁滞剩磁(ARM, 交变磁场峰值 100 mT,直流磁场 0.04 mT)和等温剩磁(IRM)利用英国 Molspin 公司生产的交变退磁仪、脉冲磁化仪和 Minispin 旋转磁力仪完成。根据测量结果计算了质量磁化率(χ)、频率磁化率(χ_{fi})、饱和等温剩磁(SIRM=IRM_{100mT})、软剩磁(SOFT=IRM_{20mT})、非磁滞剩余磁化率(χ_{ARM})等参数。

3 结果与讨论

3.1 单一磁学参数与金属含量的关系

土壤中磁性矿物来源不同,其粒度特征以及与金属含量之间的关系也不同。例如: χ_{fi} 可以作为超顺磁晶粒度范畴磁性矿物的数量的测度, χ_{ARM} 主要反映了稳定单畴(SSD)晶粒度范畴的磁性矿物的数量,SIRM 也是主要反映稳定单畴磁性矿物数量,SOFT 指示多畴(MD)磁性矿物的数量; χ 则可以作为样品中各个晶粒度范畴的磁性矿物含量总和的一个测度^[15]。

鉴于此,为了能够详细阐明土壤样品中磁性矿物的含量与金属含量的关系,分别考察代表不同磁学参数与金属含量的关系;另外,由于土壤样品复杂的组成和元素分布特征,运用下述的 4 种方法分别考察了它们的关系。① 运用 SPSS 11.0 软件直接考察样品磁学参数与金属含量之间的相关关系。② 用 Al 作为归一化因子,考察归一化后样品的磁学参数与金属元素之间的相关关系。用 Al 作为归一化因子主要是为了抵消土壤中的有机质、石英以及碳酸钙等有机或无机矿物对磁学参数和金属元素含量之间关系的影响^[16]。③ 土壤中金属元素往往呈对数正态分布^[6],故将样品的磁学参数和金属含量的数值分别取自然对数后,考察其相关关系。④ Al 归一化后磁学参数和金属元素含量再分别取自然对数,考察两者相关关系。

3.1.1 质量磁化率(χ)与金属含量的关系

质量磁化率能够粗略指示样品中亚铁磁性矿物的含量,但是该数值受到样品中磁性矿物的种类、粒度以及其他矿物存在的影响^[1]。质量磁化率与对应元素含量之间的关系见表 1。

就整体而言,磁化率与重金属元素含量之间具有一定的相关性,特别是与土壤中的 Fe、Se、Sc、Mo 等元素存在比较显著的相关关系,相关系数分别为 0.486、0.507、0.539 和 0.440。与 Al 呈较为显著的负相关,表明含 Al 原生矿物(特别是粘土矿物)对样品磁化率具有一定的稀释效应;同时,用 Al 归一化后的相应元素相关系数有一定的提高,这从另一个角度说明了用 Al 作为归一化因子的合理性。

Al 归一化后的磁化率与金属元素之间的相关性明显提高,其中与 Fe、Ti、Se、Sc、Ba、Cu、Mo、Be 等元素之间具有显著相关性,特别是与 Fe 的相关系数从 0.486 提高到 0.722。 $\ln(\text{Bi})$ 、 $\ln(\text{Pb})$ 、 $\ln(\text{Cu})$ 、 $\ln(\text{Zn})$ 、 $\ln(\text{Se})$ 、 $\ln(\text{Sc})$ 、 $\ln(\text{Mo})$ 、 $\ln(\text{Fe})$ 等元素与 $\ln(\chi)$ 之间的相关性也比未进行数学转换高,相关系数为 0.434、0.590、0.614、0.609、0.772、0.633、0.591、0.796 和 0.512。Hanesch 等^[14]报道了 Leoben 城市土壤 $\ln(\text{Pb})$ 、 $\ln(\text{Cu})$ 、 $\ln(\text{Zn})$ 、 $\ln(\text{Fe})$ 、 $\ln(\text{Hg})$ 、 $\ln(\text{Cr})$ 与 $\ln(\chi)$ 的 Pearson 相关系数为 0.503、0.385、

表 1 质量磁化率与金属元素含量的 Pearson 相关系数
Tbl. 1 Pearson correlation coefficients between χ and metals' concentrations

	(1)	(2)	(3)	(4)		(1)	(2)	(3)	(4)
Al	-0.444*	-	-0.457*	-	Fe	0.486*	0.722**	0.512*	0.710**
Ti	-0.363	0.583*	-0.418	0.435	Ag	0.229	0.269	0.334	0.488**
Se	0.507*	0.524*	0.772**	0.752**	Sc	0.539*	0.633**	0.633**	0.590**
Ga	-0.120	0.293	-0.029	0.338	Ba	0.206	0.613*	0.242	0.606**
Li	-0.201	0.090	-0.031	0.321	Bi	0.144	0.173	0.434*	0.493*
V	-0.322	0.054	-0.328	0.090	Pb	0.419	0.432	0.590**	0.589**
Cu	0.347	0.448*	0.614**	-0.161	Zn	0.325	0.394	0.609**	0.524*
Cd	0.066	0.057	0.318	0.177	Ni	0.089	0.162	0.228	0.338
Co	-0.037	0.294	-0.052	0.274	Cr	0.179	0.308	0.214	0.539*
As	0.054	0.049	0.145	0.202	Hg	-0.106	-0.093	0.036	-0.055
Sb	0.060	0.055	0.226	0.280	Mn	-0.203	0.043	-0.222	-0.013
Mo	0.440*	0.465*	0.591**	0.586**	Be	-0.159	0.467*	-0.088	0.617**

注: (1) χ ; (2) χ/Al ; (3) $\ln(\chi)$; (4) $\ln(\chi/\text{Al})$; * 表示在 0.05 水平显著相关, ** 表示在 0.01 水平显著相关;相关分析在 SPSS 11.0 软件上完成。

0.672、0.438、0.769、0.428。相比而言,同种元素本区的相关系数大于 Leoben 的城市土壤。

Georgeaud 等^[16]报道了法国南部 Etang de Berre 地区土壤中磁化率和金属元素含量的关系,其中 $\ln(\chi/\text{Al})$ 与 $\ln(\text{Ti}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Fe}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Mn}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Cu}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Zn}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Ni}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Cr}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Pb}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Cd}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{V}/\text{Al})$ 之间的相关系数为 0.002、0.483、0.135、0.520、0.760、0.504、0.461、0.420、0.767、0.087;本区对应元素的相关系数为 0.488、0.710、0.083、-0.223、0.772、0.498、0.572、0.810、0.219、0.244。两者相比,除 Cu、Mn、Cd 3 种元素外,本区研究其余元素的相关性都大于 Georgeaud 等的结果,特别是 Pb。

对上述 4 种方法获得的相关系数进行比较,筛选出最大相关系数的元素,进行了线性回归,获得了相应的回归模型。典型的回归方程有($R>0.7$, $p<0.0001$):

$$\ln(\chi)=0.954\ln(\text{Se})+5.98$$
$$(\chi/\text{Al})=-141.64(\text{Fe}/\text{Al})+305.18$$

$$R=0.77$$
$$R=0.77$$

3.1.2 频率磁化率(χ_{fi})与金属含量的关系

土壤的频率磁化率可以粗略地指示样品中超顺磁晶粒度范畴的磁性矿物。表 2 表明,与 χ_{fi} 呈显著相关的元素有 Al、Ti、Ga、Li、V、Co、Mn、Be, 相关系数为 0.704、0.669、0.612、0.717、0.731、0.489、0.575、0.696。由于这些元素主要是土壤母质分化产生的内源元素^[16],所以徐州市表层土壤的频率磁化率主要揭示土壤自身产生的磁性矿物,而非外源输入的磁性矿物。聚类分析的结果(图 1)显示,频率磁化率(χ_{fi})与粘土(Clay)以及 Li、Ga、Ba、Fe、Mn、Co、Be、V、Ti、Al 等聚成一类,进一步指示该组元素来自土壤母质。这从另一个角度进一步佐证了上述结论。

χ_{fi}/Al 与 Ti/Al 、 Ba/Al 、 Pt/Al 呈显著负相关; $\ln(\chi_{fi})$ 与 $\ln(\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Ti})$ 、 $\ln(\text{Ga})$ 、 $\ln(\text{Li})$ 、 $\ln(\text{V})$ 、 $\ln(\text{Co})$ 、 $\ln(\text{Cr})$ 、 $\ln(\text{Mn})$ 、 $\ln(\text{Be})$ kgf 显著正相关; $\ln(\chi_{fi}/\text{Al})$ 与 $\ln(\text{Ti}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Sc}/\text{Al})$ 、 $\ln(\text{Cr}/\text{Al})$ 呈显著负相关,与 $\ln(\text{Li}/\text{Al})$ 呈显著正相关。

筛选后,选择同种元素中相关系数最大的建立了回归方程。典型的回归模型有:

$$\chi_{fi}=0.097V-3.88$$
$$\ln(\chi_{fi})=2\ln(\text{Li})-5.98$$

$$R=0.73$$
$$R=0.74$$

3.1.3 软等温剩磁(SOFT)与金属含量的关系

软等温剩磁主要指示 MD 晶粒度范畴的磁性矿物含量的多少。表 3 显示,软剩磁与 Fe、Se、Pb、Cu、Zn、Mo 等元素含量呈显著正相关,表明这些元素可能与土壤样品中较粗的磁性矿物有着共同的来源。Al 归一化后,两者之间的相关性明显提高。SOFT /Al

$$\ln(\chi_{ARM})=-0.11+0.76\ln(Zn) \qquad R=0.816$$
$$\ln(\chi_{ARM}/Al)=3.83+0.74\ln(Se/Al) \qquad R=0.85$$
$$\ln(\chi_{ARM}/Al)=10.22+6.94\ln(Be/Al) \qquad R=0.752$$

3.1.5 饱和等温剩磁(SIRM)与金属含量关系

饱和等温剩磁是通过人工方法获得的最有效的单一剩磁^[1],它主要指示属于 SSD 范畴的磁性矿物的含量,同时也受到磁性矿物的晶粒度以及赤铁矿等其他矿物的强烈影响。所研究的金属元素与饱和等温剩磁的相关系数见表 5。

表 5 饱和等温剩磁与金属的 Pearson 相关系数
Tbl. 5 Pearson correlation coefficients between
SIRM and metals' concentrations

	(1)	(2)	(3)	(4)		(1)	(2)	(3)	(4)
Al	-0.395	-	-0.406	-	Fe	0.594	0.825**	0.552*	0.627*
Ti	-0.354	0.459*	-0.392	0.445*	Ag	0.319	0.359	0.397	0.511*
Se	0.725**	0.718**	0.842**	0.674**	Sc	0.631**	0.684**	0.621**	0.648*
Ga	-0.022	0.365	0.049	0.405	Ba	0.369	0.733**	0.264	0.684**
Li	-0.068	0.245	0.052	0.177	Bi	0.466*	0.466*	0.612**	0.596*
V	-0.246	0.140	-0.268	0.003	Pb	0.742**	0.734**	0.716**	0.616**
Cu	0.564*	0.652**	0.704**	-0.157	Zn	0.496*	0.583**	0.689**	0.353
Cd	0.134	0.061	0.350	-0.106	Ni	0.160	0.226	0.263	0.181
Co	0.023	0.356	-0.008	0.226	Cr	0.527*	0.605**	0.316	0.580*
As	0.367	0.342	0.357	0.343	Hg	0.160	0.163	0.204	0.117
Sb	0.371	0.347	0.420	0.420	Mn	-0.154	0.095	-0.187	-0.004
Mo	0.563*	0.581**	0.637**	0.549*	Be	-0.063	0.580**	-0.026	0.496*

注:(a): (1) SIRM;(2) SIRM /Al;(3) ln(SIRM);(4) ln(SIRM/Al);(b): * 表示在 0.05 水平显著相关,** 表示在 0.01 水平显著相关;(c): 相关分析在 SPSS 11.0 软件上完成。

饱和等温剩磁与金属含量之间存在显著相关,如与 Fe、Se、Pb、Cu、Zn、Cr、Mo 的相关系数分别是 0.594、0.725、0.742、0.544、0.496、0.527、0.563。与磁化率相比,饱和等温剩磁与金属元素(Fe、Ag、Se、Ba、Pb、Cu、Zn、Cd、Ni、Cr、As、Sb)的相关性更强,这可能是因为样品磁化率的大小除了受到磁性矿物和反铁磁性矿物含量和晶粒度的影响外,还受到顺磁性(如粘土)数量的影响,而顺磁性矿物的多少对饱和等温剩磁贡献较小^[15]。这一点也可以从 Al 归一以后饱和等温剩磁与许多元素(如 Fe、Se、Ba、Cr、Cu、Zn、Br、Be、Mo、Co、Ni 等)相关系数大于未归一化的相关系数得到证实。

ln(SIRM)与 ln(Fe)、ln(Se)、ln(Sc)、ln(Pb)、ln(Cu)、ln(Zn)、ln(Mo)之间呈显著相关,其相关系数为 0.552、0.842、0.621、0.716、0.704、0.689、0.637,但与其他元素的相关性弱或无相关性。ln(SIRM/Al)则与 ln(Fe/Al)、ln(Ti/Al)、ln(Ag/Al)、ln(Se/Al)、ln(Sc/Al)、ln(Ba/Al)、ln(Bi/Al)、ln(Pb/Al)、ln(Cr/Al)、ln(Mo/Al)、ln(Be/Al)等多种元素呈显著正相关,相关系数为 0.627、0.445、0.511、0.674、0.648、0.596、0.616、0.580、0.549、0.496、0.555。

筛选后,选择同种元素中相关系数最大的建立了回归方程。典型的回归方程有:

$$SIRM/Al=-1\ 702.6+375.4\ Fe/Al \qquad R=0.825$$
$$\ln(SIRM)=8.61+1.06\ln(Se) \qquad R=0.84$$
$$SIRM=-212.57+69.71\ Pb \qquad R=0.742$$

值得注意的是,频率磁化率主要与来自土壤母质分化的金属元素(如 Li、Ga、Ba、Fe、Mn、Co、Be、V、Ti、Al)显著相关;其他几个磁学参数(如 SOFT, SIRM, χ_{ARM} , χ)则主要与交通污染释放的金属元素相关;与燃煤释放的金属元素(如 Hg、As、Sb 等),相关性较差或没有相关性(与燃煤释放的金属元素,主要与硬剩磁——HIRM 具有比较显著的相关性^[6],本文未加以讨论)。因此,通过磁学测量,并与其他方法相结合,可以初步定量地评判某些金属在

表层土壤中的含量以及污染强度。

3.2 表层土壤中金属元素的磁诊断模型

运用逐步回归的方法,建立了土壤中部分金属元素的含量与磁学参数(磁化率、饱和等温剩磁、频率磁化率、软剩磁和非磁滞剩磁)的定量的磁学诊断的数学模型(表 6)。

与土壤中元素的化学分析相比,磁学监测具有简单、迅捷、经济以及对样品无破坏等特点。逐步回归结果表明,徐州城市表层土壤中部分金属元素与磁学参数之间具有一定的潜在的内在关系。因此,通过对徐州城市表层土壤的磁学监测,可以确定判断这些元素的含量。

表 6 部分金属元素的磁学诊断模型
Tbl. 6 Magnetic models for indicating
some metals' concentrations

磁学诊断模型	相关指数(R ²)
Al(%)= 4.893+0.333 χ_{di}	0.495
Ti(mg/kg)= 3179.385 + 131.172 χ_{di}	0.448
V(mg/kg)= 56.738 + 5.506 χ_{di}	0.535
Se(mg/kg)= 4.294E-03+1.061E-02 χ_{ARM}	0.643
Mo(mg/kg)= 0.324 +3.02E-02 χ_{ARM}	0.479
Cu(mg/kg)= 4.808 +1.297 χ_{ARM} -7.23E-03 SIRM	0.82
Pb(mg/kg)= 21.018 - 0.179 χ +2.273E-02 SIRM	0.849
Fe(%)= 2.236 +1.77E-02 χ_{ARM} +0.126 χ_{di}	0.595
Ga(mg/kg)= 10.649 + 0.909 χ_{di} + 3466E-02 χ_{ARM}	0.524
Li(mg/kg)=21.561+2.007 χ_{di} +0.342 χ_{ARM} -2.61E-03 SIRM	0.777
Bi(mg/kg)=0.275+2.395E-02 χ_{ARM} -1.16E-03 SOFT-0.105 χ_{di}	0.621
Zn(mg/kg)=-31.677+6.993 χ_{ARM} -4.08E-02 SIRM	0.731
Cr(mg/kg)=67.235+1.312 χ_{ARM} -5.75E-02 SOFT-5.487 χ_{di}	0.635
Be(mg/kg)=1.283 +0.109 χ_{di} +3.259E-03 χ_{ARM}	0.598

注: 1. 磁学参数的单位分别为: χ_{di} (%); χ_{ARM} (10⁻⁷ m³/kg); SIRM(10⁻⁵ Am²/kg); SOFT(10⁻⁵ Am²/kg); χ (10⁻⁸ m³/kg); 2.逐步回归分析在 SPSS 11.0 统计软件完成。

4 结论

利用磁学手段来开展金属污染的研究,近来正在受到广泛关注。在对 24 种金属元素和 5 个常用磁学参数的关系进行分析的基础上,提出了部分金属元素的磁学诊断模型。从研究结果来看,通过磁学监测方法能够初步评价徐州城市表层土壤某些金属元素含量及其污染状况。

当然,本文只是从相关关系角度报道了 5 个磁学参数与金属元素含量之间的关系,对于两者之间的内在相关机理仍需进一步加以探讨和研究。

参考文献 (References)

[1] THOMPSON R, OLDFIELD F. Environmental Magnetism [M]. London: Allen and Unwin, 1986.

[2] 张卫国. 长江口潮滩沉积物环境磁学研究[D]. 上海:华东师范大学地理系, 2001.

[3] 王学松, 秦 勇. 徐州城市表层土壤的磁学特征 [J]. 科技导报, 2005,23(11):14-19.

[4] 王学松,秦 勇. 论城市表层土壤中重金属的可持续管理与发展[J]. 科技导报,2005,23(9):26-30.

[5] 王学松,秦 勇. 徐州城市表层土壤中铁的氧化物、有机质以及颗粒组成与磁学参数的关系[J]. 科技导报,2006,24(2):30-33.

[6] 王学松. 城市土壤重金属富集淋滤特征与磁学响应——以徐州市城市土壤为例[D]. 徐州: 中国矿业大学资源与地球科学学院, 2005.

[7] HELLER F, STRZYSZCZ Z, MAGIERA T. Magnetic record of industrial pollution in forest soils of Upper Silesia, Poland [J]. J Geophys Res, 1998, 103: 17 767 -17 774.

中国水稻生产中 Cd 吸收及其健康风险的有关问题

Issues of Grain Cd Uptake and the Potential Health Risk of Rice Production Sector of China

龚伟群/GONG Wei-qun, 潘根兴/PAN Gen-xing

南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 南京 210095

Institute of Resources, Ecosystem and Environment of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

[摘要] 环境中 Cd 的迁移及其对生物和人的毒性问题是环境科学关于重金属行为研究的重点和热点问题。土壤-植物(作物)-食品-人的迁移途径在人类对环境 Cd 的暴露中占主要地位,发达国家对土壤和食品中 Cd 的限量作出了严格的规定。主要对最近十多年来关于水稻 Cd 吸收与籽粒积累及其影响因素的研究进行了综述,分析中国水稻生产中存在稻米 Cd 积累与食物健康风险问题,讨论了其与我国水稻生产的发展趋势、主产区稻田的土壤环境问题的关系。

[关键词] Cd 暴露;健康风险;品种;水稻生产;水稻土;水稻育种;土壤污染

[文献标识码] A

[中图分类号] S5,X3

[文章编号] 1000-7857(2006)05-0043-06

Abstract: The transfer of Cd in the environment and the toxicity has been one of the foci for studies of heavy metal behaviors in environmental sciences. Cd transfer through soil-plant-food-human has been ranked as the dominant pathway for human Cd exposures. Very strict guideline values have been proposed or established in regulations of soil and food in the developed world. In this paper, the research findings on Cd uptake by rice grains and the major controlling factors are overviewed from literature at home and abroad. The trends of enhanced Cd uptake and accumulation in rice grains and the potential health risk especially for subsistence diet consumers are analyzed and discussed, taking into account the cultivars innovation, soil conditions of acid reaction and low organic carbon as well as the expansion of Cd-polluted paddys in

收稿日期: 2006-02-22

基金项目: 教育部重点科研项目(2002012), 高等学校博士点专项基金项目, 国土资源部和江苏省生态地球化学调查重大项目(EG0008)

作者简介: 龚伟群, 女, 南京市卫岗 1 号南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 硕士生, 主要从事土壤重金属污染与食品安全研究;

E-mail: weiqungong@yahoo.com.cn

潘根兴(通讯作者), 男, 南京市卫岗 1 号南京农业大学农业资源与生态环境研究所, 教授, 主要从事土壤环境质量研究;

E-mail: panggenxing@yahoo.com.cn

[8] HAY K L, DEARING J A, BABAN S M J, et al. A preliminary attempt to identify atmospherically-derived pollution particles in English topsoils from Magnetic susceptibility measurements [J]. Phys Chem Earth, 1997, 22 (1, 2): 207-210.

[9] 王学松, 秦勇. 城市环境中磁学响应的研究进展 [J]. 中国环境监测, 2003, 19(6): 62-64.

[10] CHAPARRO M A E, BIGEGAIN J C, SINITO A M, et al. Magnetic studies applied to different environments (soils and stream sediments) from a relatively polluted area in Buenos Aires Province, Argentina [J]. Environmental Geology, 2004, 45: 654-664.

[11] DURZA O. Heavy metals contamination and magnetic susceptibility in soils around metallurgical plant [J]. Phys Chem Earth (A), 1999, 24 (6): 541-543.

[12] WANG X S, QIN Y. Correlation between magnetic susceptibility and heavy metals in urban topsoil: a case study from the city of Xuzhou, China [J]. Environmental Geology, 2005, 49: 10-18.

[13] 张卫国, 俞立中, Hutchinson S M. 长江口南岸沙滩沉积物重金属污染记录的磁诊断方法[J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(6): 616-623.

[14] HANESCH M, SCHOLGER R. Mapping of heavy metal loadings in soils by means of magnetic susceptibility measurements [J]. Environmental Geology, 2002, 42: 857-870.

[15] SHU J, DEARING J A, MORE A P, et al. Magnetic properties of daily sampled total suspended particulates in Shanghai [J]. Environmental Science and Technology, 2000, 34: 2 392-2 400.

[16] GEORGEAUD V M, ROCHETTE P, AMBROSI J P, et al. Relationship between heavy metals and magnetic properties in a large polluted catchment: the Etang de Berre(south of France) [J]. Phys Chem Earth, 1997, 22 (1-2): 211-214.

[17] WANG X S, QIN Y, SANG S X. Accumulation and sources of heavy metals in urban topsoils: a case study from the city of Xuzhou, China [J]. Environmental Geology, 2005, 48: 101-107.

(责任编辑 李慧政)