

土壤重金属作物效应的区域分异*

REGIONAL DIFFERENTIATION OF EFFECT OF HEAVY METALS IN SOIL ON PLANT

夏增禄

S154.4

关于土壤重金属的作物效应已有大量报道^[1-12]。但关于土壤重金属作物效应区域分异的研究结果,却极少见到报道。由于重金属作物的区域分异研究不仅因其理论性而具重大意义,而且也因它是土壤重金属作物效应区域性指标的划分和土壤重金属污染防治中因地制宜、分区防治的基础,因此,关于土壤重金属作物效应区域分异的研究,在理论上和生产上都具有重要意义。

1 试验材料与方法

土壤分别采自不同类型土壤区的较典型土壤。土壤的主要性质列于表1。

表1 供试土壤及其主要理化性质

Table 1 The soil and their physico-chemical characteristics

土壤 Soil	地点 Site	pH	代换量 Exchange capacity (me/100g土)	CaCO ₃ (%)	有机质 Organic matter (%)	土壤质地 Soil texture	<0.01mm 粒径(%) Size
灰钙土 Sierozem soil	甘肃白银 Gansu Baiyin	8.7	7.9	11.7	1.7	中壤土 Middle loam	42.7
黑土 Black soil	吉林榆林 Jilin Yulin	6.9	29.8	—	2.7	重壤土 Weight loam	58.4
草甸褐土 Meadow dark soil	北京 Beijing	7.8	20.0	6.0	2.3	轻壤土 Light loam	—
草甸棕壤 Meadow brown soil	辽宁沈阳 Liaoning Shenyang	6.5	16.0	—	2.0	—	—
黄棕壤 Yellow brown soil	江西下蜀 Jiangxi Xiashu	6.6	18.0	0	0.5	重壤土 Weight loam	48.1
石灰性紫色土 Calcareous purplish soil	四川陈家桥 Sichuan Chenjiaqiao	8.2	22.0	6.3	1.3	中壤土 Middle loam	43.9
红壤 Red earth	江西大尧山 Jiangxi Dakaoshan	5.7	10.0	0	2.9	轻粘土 Light clay	61.7
红壤 Red earth	广东韶关 Guangdong Shaoguan	5.2	—	0	1.1	—	—
赤红壤 Crimson earth	广东广州 Guangdong Guangzhou	6.8	—	0	1.1	—	—
砖红壤 Laterite	广东湛江 Guangdong Zhanjiang	5.4	14.9	0	1.1	—	34.0

2 结果与讨论

* 研究组由中国科学院地理研究所、中国环境科学研究院、北京师范大学环境科学研究所、中国科学院沈阳应用生态研究所、中国科学院南京土壤研究所等17个单位组成。本文由夏增禄执笔。

本文于1992年5月20日收到,修改稿于1992年8月1日收到,20日收到。

重金属对作物的影响可由作物诸生物性状反映出来。但就重金属而言,作物籽实产量及其吸收累积的量是两个综合性的最为重要的指标。同时亦因篇幅所限;以下仅以作物籽粒产量和吸收累积量作为代表性指标进行讨论。

2.1 土壤 Cd 对作物影响的区域分异

图 1 是 5 种土壤不同 Cd 浓度下水稻籽粒的相对产量(以对照产量作 100 计)。从中可见,我国南方亚热带地区的赤红壤、红壤和黄棕壤在土壤较低的 Cd 浓度下即显著减产。水稻产量随土壤 Cd 浓度增高而递减的曲线图型较为相似。而棕壤和褐土的曲线却位于上方,曲线至 150mg/kg 土壤 Cd 浓度时也未下跌,两者的线型较为相似。这说明 Cd 对水稻的影响已反映出明显的南北区域分异。

图 2 是 5 种土壤不同 Cd 浓度下水稻吸收累积的 Cd。其图型也可分为两组。一组是赤红壤、红壤和黄棕壤,一组是棕壤和褐土。前者曲线陡削,在很低土壤 Cd 浓度下,水稻就累积了大量的 Cd,而后者的曲线则较平缓。这与上述 Cd 对水稻产量影响的大趋势基本相似,即 Cd 在水稻中的残留累积,也表现出南北区域分异的规律。

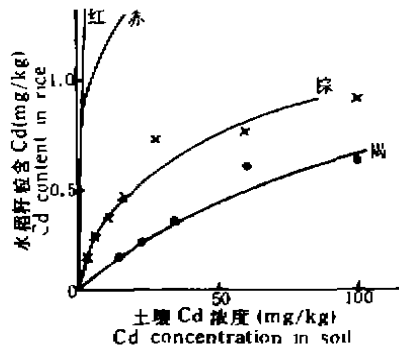


图 2 不同 Cd 浓度土壤中水稻累积 Cd

Fig. 2 Accumulation Cd in rice at various concentration Cd in soil

积的区域分异上比 Cd 对水稻产量影响的分异要细微一些。

由于气候的原因,我国北方一些地区不种水稻,仅种旱作,因此这种土壤中 Cd 对作物的影响不能参与上述的对比讨论。但它在北方旱作土壤中是否可显示作物效应的区域分异,图 3 列出了 3 种土壤中 Cd 在小麦(籽粒)中的累积。从中可见,在黄棕壤、褐土和灰钙土 3 种土壤中,Cd 在小麦中的残留累积量曲线,呈有序的南北分异,以黄棕壤的最高,曲线陡削,褐土居中,灰钙土最低,曲线平缓。

2.2 土壤 Pb 对作物影响的区域分异

Pb 对水稻影响的区域分异不如 Cd 那样明显。某些在同一气候带下的不同类型土壤,无论 Pb 对水稻产量的影响或在水稻中的累积,往往表现不出明显的或稳定的差异规律。但就我国南北分区而言,亚热带地区的土壤与北方暖温带半湿润区的土壤之间,却表现出 Pb 对水稻影响的区域性差异。如图 4 不同类型土壤间水稻产量表现出高、低两区,北方黄棕壤、棕壤、和褐土为偏高区,而南方赤红壤、红壤为低区。

在这几种土壤中,Pb 对水稻含 Pb 量的影响,在一定程度上也表现出上述相似规律(图 5)。在黄棕壤、棕壤、褐土中,Pb 在水稻中的累积量较低,而在赤红壤和红壤中,Pb 在水稻中的累积量相对较高。

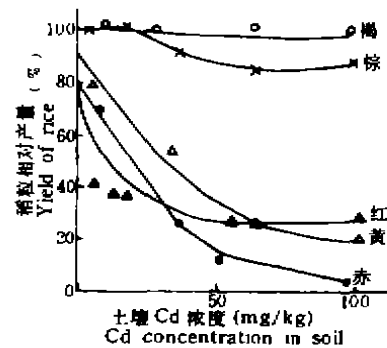


图 1 不同 Cd 浓度土壤中水稻产量

Fig. 1 Yield of rice at various concentration Cd in soil

从图 2 中还可进一步看出,棕壤和褐土对 Cd 在水稻中的残留累积也具有一定的区别。两者的曲线从很低的土壤 Cd 浓度开始就具有明显的分异。褐土线一直低于棕壤线。考虑到褐土是暖温带半湿润区的土壤,土壤偏碱性并多含碳酸钙,而棕壤属温带半湿润区中性或微酸性土壤。两种土壤的性质有较显著区别。因此,两种土壤中 Cd 在水稻中的残留累积不一样,正好反映了 Cd 在两种土壤中对水稻影响的区域性差异。

从图 1 和图 2 中还可看出,Cd 对水稻的影响以 Cd 在水稻中的残留累积较敏感于对水稻产量的影响。这不仅表现在 Cd 在水稻中累积的阈值显著低于 Cd 对水稻产量影响的阈值,而且也表现在 Cd 在水稻中残留累

在北方土壤中,Pb对小麦影响的分异较为明显(图6)。随不同Pb浓度处理,Pb在小麦中的累积以褐土最高,黑土居中,灰钙土最低。

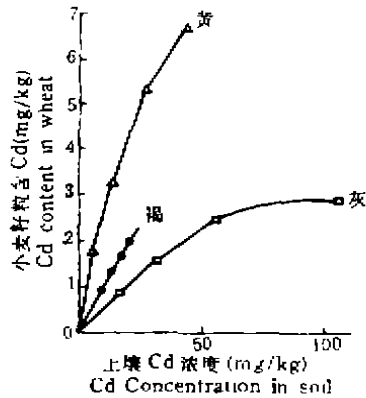


图3 不同Cd浓度土壤小麦Cd含量(mg/kg)
Fig. 3 Cd content in wheat at various concentration Cd in soil

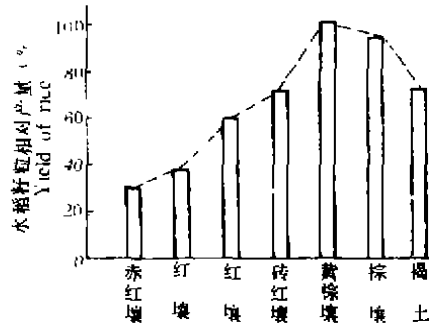


图4 2000mg/kg土壤Pb浓度下水稻产量(%)
Fig. 4 Yield of rice at 2000mg/kg Pb concentration in soil

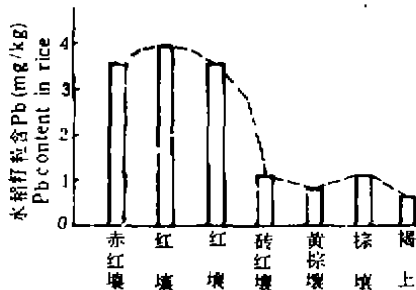


图5 2000mg/kg土壤Pb浓度下水稻含Pb(mg/kg)
Fig. 5 Pb content in rice at 2000mg/kg Pb in soil

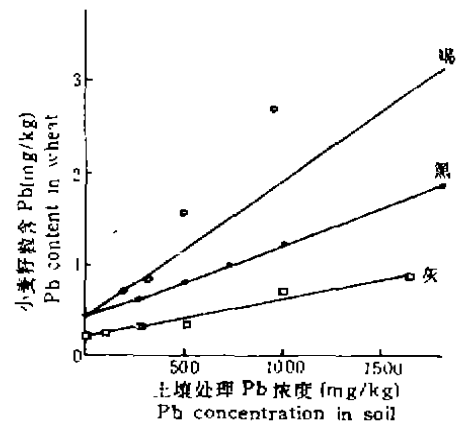


图6 不同Pb浓度土壤中小麦含Pb量(mg/kg)
Fig. 6 Pb content in wheat at various concentration Pb in soil

2.3 土壤Cu对作物影响的区域分异

棕壤未作Cu试验,但从图7仍可看出,南方赤红壤、红壤在100mg/kg处理时,水稻的相对产量都低于北方褐土、黄棕壤的相对产量,表现出区域差异。

图8是北方几种土壤在100mg/kg处理时小麦含Cu量。从中可见,小麦含Cu量由南到北逐渐减低,依次为黄棕壤的>褐土的>灰钙土的。图中黑土含Cu亦很低,位于褐土之后。众所周知,Cu极易与有机质络合。黑土含有有机质甚为丰富。这可能是导致黑土中小麦吸收累积Cu较低的原因。

2.4 土壤As对作物影响的区域分异

土壤含20mg/kg As时(图9),As在南方土壤中对水稻的危害比北方褐土的低。从中还可见,南方四川石灰性紫色土中As对水稻的危害也较高。这一现象表明,As对水稻的危害与上述3种元素的呈相反次序。这显然与As在碱性土壤中溶性较高有关。

As在水稻中的残留累积亦显示出同样规律。北方土壤中水稻对As的累积比南方土壤的高(图10)。

北方土壤中As对小麦产量的影响表现出明显的差异(图11),不同土壤As影响的程度是:灰钙土的>褐土的>黑土的>黄棕壤的。这一次序在总体上更显示出As在不同类型土壤中对作物危害和在作物中的累积

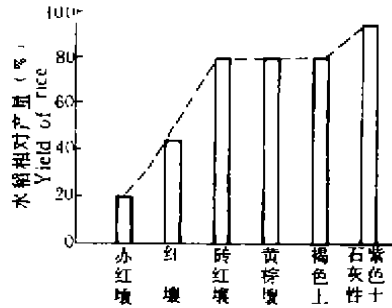


图 7 含 100mg/kg Cu 土壤中水稻产量 (%)
Fig. 7 Yield of rice at 100mg/kg Cu concentration in soil

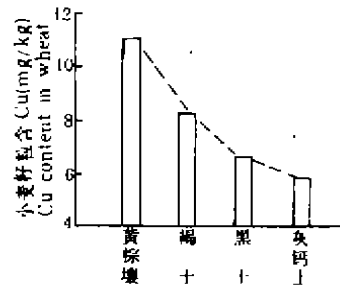


图 8 土壤含 100mg/kg Cu 时小麦含 Cu 量 (mg/kg)
Fig. 8 Cu content in wheat at 100 mg/kg Cu in soil 的影响,与 Cd、Pb、Cu 的呈相反规律。

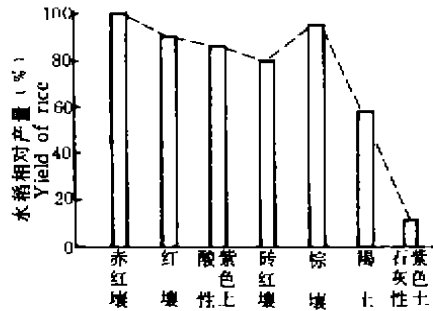


图 9 土壤含 As 20mg/kg 时水稻产量 (%)
Fig. 9 Yield of rice at 20mg/kg As concentration in soil

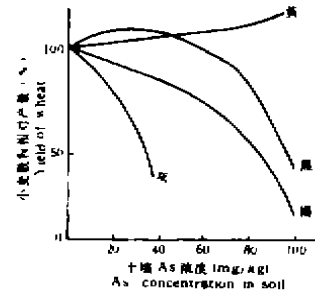


图 10 不同 As 浓度土壤中小麦产量 (%)
Fig. 10 Yield of wheat at various concentration As in soil

土壤重金属的作物效应受控于土壤性质。由于土壤类型的地带性分异,各土壤类型间在主要性质上具有质的差异,因而这些地带性土壤所具有的主要属性的地带分异,在总体上控制着 Cd、Pb、Cu、As 等元素的作物效应的区域分异。因而这几种元素作物效应的区域分异在总体上也带有地带性分异的特征。但是不同类型土壤非地带性因素的存在所形成的特殊性质也影响土壤重金属的作物效应。因而在总体的基础上也应作具体分析,分别对待。

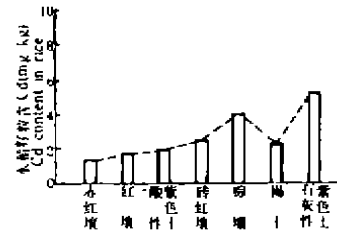


图 11 含 20mg/kg As 土壤中水稻含 As 量 (mg/kg)
Fig. 11 As content in rice at 20mg/kg As in soil

参 考 文 献

- (1)夏增禄等.土壤环境容量研究.北京:气象出版社,1986
- (2)夏增禄主编.土壤环境容量及其应用.北京:气象出版社,1988
- (3)夏增禄等.土壤环境容量及其信息系统.北京:气象出版社,1991

夏 增 禄

Xia Zenglu

(中国科学院地理研究所,北京,100101)

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101)