

# 农艺措施对降低污染土壤重金属活性的影响

蒋玉根

(浙江省富阳市农业局 富阳 311400)

**摘 要** 本文利用小冶炼厂重金属污染的农田为对象,研究了不同农艺措施对土壤重金属活性及植物累积的差异,并对不同农艺措施改良效果作了评价,为植物修复重金属污染土壤选择相应的农艺措施提供科学依据。

**关键词** 农艺措施;污染土壤;重金属活性;稻谷积累

80年代末期富阳某乡利用各地来的含Cu、Zn、Pb污泥,用小熔炼炉炼Cu,由于其效益较好,短短的几年内,在975 hm<sup>2</sup>范围内发展了35只小熔炼炉,但同时带来的环境污染等负效应也是不可估量的。据测算,在1989~1995年期间,排放出含Cu、Zn、Pb等有害元素的烟尘有36720吨,以不同程度受害的334 hm<sup>2</sup>农田推算,将平均每公顷承受烟尘109.94吨,当然,因耕地离小熔炼炉的距离不等,承受的烟尘量也不同。根据受害农田田间观察,植株根系异常,白根很少,新根伸长受抑,根系多为黄褐色,支根着生在主根尖端,整个根系呈狮尾状,新叶黄化失绿,稻苗青枯。在小熔炼炉群周围的几十米范围内,由于烟尘的大量累积,根本无法种植植物,甚至连杂草也枯死。为此,引起当地政府的高度重视,于1997年下令全部停产整顿,同时要求有关部门加紧对污染农田的治理和土壤修复。近年来,国内外对污染土壤的修复已作了不少工作<sup>[1-4]</sup>,但主要集中在单一污染元素的工程和生物修复<sup>[5]</sup>,对复合污染的修复很少有资料。为此,我们与浙江大学有关专家合作,开展了利用农艺措施治理复合污染农田的研究。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验方法

本试验选择环山乡诸家坞村离小熔炼炉40 m,且96、97两年连续种植水稻,但没有收割(因几乎没有生长稻谷)的农田上,试验分5个处理,3次重复,小区面积为33.3 m<sup>2</sup>。处理为:I、对照区;II、每公顷加有机肥15000 kg;III、每公顷加石灰3750 kg;IV、每公顷加石灰3750 kg,有机肥15000 kg;V、每公顷加无污染的山地红粘土750000 kg,石灰3750 kg,有机肥15000 kg。在5个处理措施全部完成的情况下,每个小区采用等量种子抛秧栽培法种植,且每个小区田间管理,施肥量完全相同。

### 1.2 供试样品及分析方法

土壤样本的采集分试验前基础土样和试验后各小区土样,谷粒样本为试验后各小区样本。土壤的有机质、N、P、K含量按常规分析法进行,重金属元素分析采用等离子发射光

表1 试验田块处理前土壤重金属含量(mg/kg)

项 目	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
全 量	10.68	13.11	1.90	184.30	1542.11	3.26	199.79	382.76
有效量	<D*	<D	0.55	70.71	<D	0.15	77.40	235.51
浙江省土壤背景值(含量)	8.5	0.202	58.51	19.77	26500	23.84	24.49	84.84

\*D表示未检测到

谱测定<sup>[6]</sup>。试验田的基础肥力为：有机质 39.4 g/kg，碱解 N 214 mg/kg，速效 P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 6.0 mg/kg，速效 K (K<sub>2</sub>O) 108 mg/kg，pH6.0。试验田处理前重金属含量如表 1。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同农艺措施处理对稻苗生长和产量的影响

各处理抛秧后 1 周观察，处理 V 叶色葱绿，生长良好，苗明显较高，抛秧后 3 周苗情观察，处理 V 分蘖强，呈中毒症状；抛秧后 8 周苗情考察，处理 I(对照)的分蘖率为 26.1%，处理 II 为 56.9%，处理 III 为 52.2%，处理 IV 为 65.2%，处理 V 为 139.1%。各处理比对照（处理 I）苗高增加 18.6%~80.7%，根长增加 9.23%~51.5%，白根数增加 5.3%~136.8%。从各小区的考种及产量情况看，各处理比对照（处理 I）结实率增加 2%~3.6%，千粒重增加 0.2~1.7g，产量增加 23.7%~91.4%，特别是处理 V，差异更明显。具体见表 2。

表 2 不同农艺措施对污染农田稻苗生长的影响

测定项目	I	II	III	IV	V
分蘖率%	30.4	56.9	52.5	65.2	139.1
苗高 (cm)	26.9	38.1	31.9	39.6	48.6
苗高比对照增加%	0	41.6	18.6	47.2	80.7
根长 (cm)	13	14.2	12.7	17	19.2
根长比对照增加%	0	9.2	- 2.3	30.7	51.5
白根数 (支/株)	3.8	4.5	4.0	5.8	9.0
白根比对照增加%	0	18.4	5.3	52.6	136.8
总粒 (粒/穗)	91.0	84.7	93.1	95.7	98.0
实粒	83.2	79.2	87.3	90.1	93.1
结实率 (%)	91.4	93.4	93.8	94.2	95
千粉重 (g)	24.3	25.2	24.5	25.1	26.0
产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	2790dC	3645bB	3450cB	3945bB	5370aA
增幅 (%)	0	30.6	23.7	41.4	91.4

a、b、c、d 代表 P<0.05，A、B、C 代表 P<0.01

### 2.2 不同农艺措施对污染土壤重金属含量及活性的影响

根据试验后各处理土壤样本分析(表 3)。可以看出，采用农艺措施改良后，土壤中污染重金属元素含量均有下降，特别是 Cu、Zn、Pb 三元素。Cu 全量下降幅度在 24.95%~44.28%，有效态 Cu 下降幅度在 3.89%~51.72%；Pb 全量下降幅度在 24.57%~45.34%，有效 Pb 下降幅度在 40.78%~44.05%；Zn 全量下降幅度在 0.92%~8.63%，有效 Zn 下降幅度 21.19%~42.2%。从土壤重金属的有效态之间的差异看，改良后土壤有效 Cu、有效 Zn、有效 Pb 的含量下降显著 (p<0.05)，而且处理 V（即加客土、加有机肥、加石灰相结合），土壤中重金属有效态含量下降最明显，增产效益也最显著。

### 2.3 不同农艺措施对谷粒中重金属积累的影响

农艺措施改良污染土壤的效果，一是看改良后植物生长是否有影响，更要紧的是要看农产品中重金属积累是否过高。从表 4 的分析结果可以看出，不同农艺措施改良对谷粒中

重金属含量及积累部位有一定差异,谷粒中各污染重金属元素的吸收量是  $Zn > Cu > Pb$ , 主要累积在谷粒的外部,即壳、糠上。从糙米中看,III处理(施石灰)可以抑制糙米中重金属的积累;值得注意的是,精米中各处理重金属积累均减少,而且,均未超过国家允许标准包括对照处理。

表3 试验后不同处理的重金属含量(mg/kg)

处 理		Cu	Pb	Zn
I	有效态	58.72aA	44.02bB	211.24bB
	含量	200.80aA	197.95aA	400.59aA
II	有效态	56.45bB	59.22aA	218.51aA
	含量	111.89dc	108.19cB	396.90bB
III	有效态	38.22cc	24.63dE	155.47cC
	含量	150.71bB	148.56bA	372.29dC
IV	有效态	30.68dD	25.29cD	127.57dD
	含量	143.78cB	147.42bA	369.76dC
V	有效态	28.35eE	26.07eC	122.10eE
	含量	144.66cB	149.31bA	366.02dD

a、b、c、d、e代表  $P < 0.05$ , A、B、C、D、E代表  $P < 0.01$

表4 不同处理后水稻谷粒不同部位重金属含量(mg/kg)

元素 处理	Cu				Zn				Pb			
	糙米	精米	糠	壳	糙米	精米	糠	壳	糙米	精米	糠	壳
I	14.06	9.59	27.04	18.65	29.94	26.08	93.98	138.19	0	0	3.0	25.10
II	24.80	7.43	41.95	7.53	31.88	26.84	112.67	135.71	0	0	4.1	23.76
III	8.76	8.11	20.71	25.9	30.48	22.38	69.72	88.17	0	0	1.26	15.44
IV	14.45	7.18	29.28	26.86	41.22	21.73	74.00	130.6	0.69	0	3.46	24.11
V	29.73	9.03	25.89	11.68	33.18	25.74	96.7	96.33	2.83	0	1.79	18.95
标准	<10 (GB15199-94)				<50 (GB14935-94)				<0.4 (GB13106-91)			

从表4还可以看出,产量越高的处理,其谷粒中Cu、Zn、Pb的含量越高,这可能由于试验田处理前的重金属含量高,经处理后,植株生长越茂盛,对重金属的吸收相应较多,从而加速了谷粒中含量的累积,而生长前期生长相对较差的处理(如I、III),因本身的植株生长受到抑制,致使植株的吸收组织和输导组织发育不健全,在抑制养分吸收的同时,也减少了重金属的吸收输送量,从而减少了重金属在谷粒中的累积,这也说明,在严重污染农田上种植一些耐抗性的作物,通过植物的富集作用,从而移走一些污染元素,降低污染程度是很有前途的。

### 3 小 结

1. 从土壤分析和调查情况看,环山试验地的重金属污染以Cu、Zn、Pb、Ni为主,分别超过浙江省的土壤背景值的8.3倍、3.5倍、7.2倍、63.9倍。

2. 农艺措施改良可以明显提高水稻产量,尤其是加客土和农艺措施处理,产量可达 $5370 \text{ kg/hm}^2$ ,基本接近正常田块水平。但从可食部分谷粒样本的重金属含量分析看,农艺

措施改良仅能减少土壤中重金属含量，不能有效地降低谷粒中重金属含量，尤其谷壳、米糠中严重超标，但精米中仍然积累较少，未超过国家允许标准。因此从农产品安全考虑，农艺改良技术需进一步研究。

3. 从水稻生长及谷粒样本分析看，植树生长旺盛的水稻，其谷粒中重金属的含量也高。因此，我们可以考虑植物富集作用，选择一些耐抗性，且生物量大的植物，在农艺措施处理前提下种植，从而移走一些污染元素，从而达到治理效果。

4. 重金属污染容易治理难，因此最要紧的是预防污染、减少污染。因此，要充分认识到保护环境的重要性，加大对污染源的控制。同时对污染耕地加大改造投入，从生物富集、工程改良、农艺改良多方面治理。

### 参 考 文 献

- 1 沈振国, 陈怀满. 土壤重金属污染生物修复的研究进展. 农村生态环境, 2000, 16(2): 39 ~ 44
- 2 吴龙华, 骆永明等. 铜污染土壤修复的有机调控研究. 土壤, 2000, 32(2): 62 ~ 70
- 3 蒋先军, 骆永明等. 重金属污染土壤的植物修复研究 I. 金属富集植物 *Brassica juncea* 对铜、锌、镉、Pb 污染的响应. 土壤, 2000, 32(2): 71 ~ 74
- 4 吴龙华, 骆永明等. 有机络合强化植物修复的环境风险研究. 土壤, 2001, 33(4): 189 ~ 192
- 5 王庆仁, 崔岩山, 董艺婷. 植物修复 - 重金属污染土壤整治有效途径. 生态学报, 2001, 21(2): 326 ~ 331
- 6 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

\*\*\*\*\*

(上接第 140 页)

封闭、一斑多码、图斑遗漏代码等等经常出现，修改时要有很强的专业知识，并要参考相关的其他图件，比如地形图、土地利用图等，有时还需要查阅原始野外考察资料才能解决。

正规的纸质图件都有投影信息，但是从地方收集到的各种各样图件往往没有标注这些信息，这时就需要弄清楚用来制作该图的底图的投影类型，再推断该图的投影信息。由于不同类型纸质图件往往投影不同，坐标参数不同，数字化后不能直接与其他图件套合，必须再进行投影转换，并统一坐标系统。一般的 GIS 软件都具有投影及坐标系统转换功能。

土壤质量数字化制图需要一系列新技术的支持，现在的技术发展已经完全可以满足我们的需求，而且成本并不高。这些技术的应用将大大加快数字制图的速度以及专业图件的更新速度。

### 参 考 文 献

- 1 沈思渊. 地统计学在土壤空间变异研究中的应用及其展望. 土壤学进展, 1989, 17 (3): 11 ~ 25.
- 2 Vieria, etc. Spatial variability of field-measured infiltration rate. Soil Sci. Soc. Am. J., 1981, 45: 1040 ~ 1048.
- 3 Yost, R. S., etc, Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land area. I. Semi-variogram. II. Kriging. Soil Sci Soc. Am. J., 1982, 46: 1028 ~ 1037.
- 4 张定祥等. 太湖流域土壤质量调查样点确定的方法. 土壤, 2001, 33(5): 268 ~ 272
- 5 赵其国等. 土壤地理研究法. 北京: 科学出版社, 1989, 201 ~ 212.