

制浆废液处理污泥改良酸性土壤的试验研究(I)

——污泥改土对土壤性质的影响

穆环珍¹, 何艳明², 杨问波¹, 陈 倩¹, 黄衍初¹, 郑 涛¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085; 2. 昆明冶金研究院, 云南 昆明 650031)

摘 要: 采用室内塑制质反应器培养方法, 研究了制浆废液处理的木质素污泥对酸性土壤的改良效果。结果表明, 木质素污泥能有效改良土壤酸性, 使达到植物生长发育适宜的 pH 条件。同时, 利用污泥改土能有效抑制酸壤中毒害元素的活性, 有利于提高土壤中有效磷的含量, 对促进植物吸收营养元素具有积极作用。木质素污泥改土的适宜用量为耕层土壤量的 0. 25% ~ 0. 50%, 细度 $\leq 0. 9$ mm。

关键词: 制浆废液; 污泥; 酸性土壤改良; 有效性; 活性

中图分类号: X833 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 – 2043(2004)03 – 0508 – 04

Improving Acid Soil with Lignin – sludge from Treating Pulping Black Liquor(I).

Effects of Improving Soil with Sludge on the Characters of the Acid Soil

MU Huan-zhen¹, HE Yan-ming², YANG Wen-bo¹, CHEN Qian¹, HUANG Yan-chu¹, ZHENG Tao¹

(1. Research Center for Eco – Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Kunming Research Academy for Metallurgy, Kunming 650031, China)

Abstract: The improving effects of acid soil with lignin – sludge from treating pulping black liquor was studied using indoor culture methods with plastic reactors. The lignin – sludge improved efficiently the acidity of acid soil and changed the pH to suitable for the growth of plants. Improving soil with the sludge restrained the activity of toxic elements, such as aluminum efficiently and increased the content of available phosphorus in acid soil, which promoted the plants for the absorption of nutrient elements. Under the suitable pH, the activity of aluminum reduced about 40% and the efficiency of phosphorus increased about 14%. The amount and the size of lignin – sludge to improve the acid soil were about 0. 25% ~ 0. 50% of the 0 ~ 20 cm soil weight and $\leq 0. 9$ mm, respectively.

Keywords: pulping black liquor; lignin sludge; acid soil improvement; availability; activity

酸性土壤广泛分布在我国长江以南地区, 全国总面积约为 1. 2 亿 hm^2 , 占国土面积的 12% 左右。由于酸性土壤属多处于高温多雨地区的矿质土, 因而肥分很容易随雨水径流流失, 这类土壤的有机质含量多数在 2% 以下或者更低, 土壤的有机质和养分贫乏而矿质含量高。由于红壤地区雨量多, 土壤中碱性成分(NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 等) 大部分被淋失, 而不容易流动的铁、铝等酸性物质相对聚积, 造成土壤呈酸性或强酸性反应。同时, 积蓄的 Fe, Al 等成分很容易与土壤组分特别是磷素结合成难溶解状态的磷酸铁、磷酸铝。因此导致磷素对植物的有效性^[1]降低。

适当施用石灰、粉煤灰、高炉渣等碱性物质是改良酸性土壤的有效措施^[2, 3]。造纸制浆废水处理产生

的沉淀固体称之为“木质素污泥”, 含有来自制浆原料中的木质素等有机质和相当量的石灰质, 与石灰、粉煤灰等具有某些相似的物理化学性质。木质素污泥具有较强的碱性, 且含有多种植物生长需要的常量和微量元素及有机质。将其施用于酸性土壤, 不仅能中和土壤的酸度, 同时又能补充酸性土壤所缺乏的 Ca 等有益于植物生长的元素; 另一方面, 其自身含有的相当量的石灰质, 在土壤中可发挥如石灰改土的作用。

对木质素污泥施用于酸性土壤的研究, 一方面达到对酸性土壤改良的目的, 同时对促进制浆造纸废液处理及消除固体废弃物的二次污染, 促进农业可持续发展, 实现保护生态环境具有重要的研究价值与很高的实用性。

1 材料与方法

1. 1 供试土壤及其理化性质

收稿日期: 2003 – 10 – 20

基金项目: 云南省 – 中国科学院(YK99013)资助项目

作者简介: 穆环珍(1952—), 女, 高级工程师。

供试土壤取自云南省新平地区,其基本理化性质测试^[4]结果见表 1。

表 1 数据表明,供试土壤 pH 值为 4.86,属于中强酸性土壤。土壤中有有机质为 1.13%,含量较低。土壤中有有效磷的含量仅占全磷含量的 1.71%。

表 1 供试土壤理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the tested soil

项目	pH 值	水分/%	有机质/%	有效磷/P ₂ O ₅ mg·kg ⁻¹	全磷/P ₂ O ₅ %	全 氮/N %	速效钾/K ₂ Omg·kg ⁻¹
指标	4.86	0.96	1.13	14.7	0.086	0.047	36.0

于酸性壤质的特点。

1.2 木质素污泥组分分析

木质素污泥为云南省某碱法蔗渣制浆造纸废液处理产生的固体废弃物,风干后经磨细,过筛后备用。木质素污泥的基本理化性质测试结果见表 3。

表 3 数据显示,木质素污泥中含有较多的有机

表 2 供试土壤元素分析数据

Table 2 Contents of elements in the tested soil

编号	元素	含量	编号	元素	含量
1	Al	3.08	9	Ba	182.
2	Ca	0.06	10	Cu	18.3
3	Fe	1.67	11	Mn	78.8
4	K	0.78	12	Mo	<4.00
5	Mg	0.12	13	Sr	19.0
6	Na	0.08	14	V	42.4
7	Ti	0.37	15	Zn	77.1
8	S	<0.005	—	—	—

注:编号 1~9 单位为%,编号 10~15 单位为 mg·kg⁻¹。

质,其中包括了一定数量的木质素。其 pH 值为 13.89,是一种碱性较强的材料。

以 ICP 分析测定木质素污泥中各元素的含量见表 4。

数据表明,木质素污泥中含有丰富的有益于改良酸性土壤的钙元素和多种有益于植物生长的常量和微量元素。

1.3 试验设计与处理

为确定利用木质素污泥改土的适宜用量、细度和时间等因素对土壤性质的影响,本研究设计了木质素污泥对土壤不同掺量、不同细度与反应时间的处理试验,观察其对土壤酸度、有效磷含量以及土壤铝形态的影响。

根据试验设计,按 75% 田间持水量调整土壤水

表 3 木质素污泥理化性质

Table 3 Physical and chemical properties of the lignin sludge

项目	水分/%	pH	有机质/%	木质素/%	灰分/%
结果	2.4	13.89	21.3	1.6	80.6

以电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP)分析供试土壤的各元素含量,测试结果列于表 2。

表 2 数据表明,该地区土壤中 Al,Fe 含量分别达到 3.08% 和 1.67%,含量很高。其 Ca 的含量为 0.06%,这 3 种元素的含量水平表明了本地区土壤属

表 4 木质素污泥主要元素与含量

Table 4 Contents of the main elements in lignin sludge

编号	元素	含量	编号	元素	含量
1	Al	0.79	9	P	0.06
2	Ca	20.80	10	Cu	22.4
3	Fe	0.59	11	Mn	98.7
4	K	0.61	12	Mo	26.9
5	Mg	0.40	13	Ba	130
6	Na	0.16	14	Sr	94.2
7	Ti	0.14	15	V	44.8
8	S	0.31	16	Zn	98.7

注:编号 1~9 单位为%,编号 10~16 单位为 mg·kg⁻¹。

分并混合均匀,然后分别定量称取土壤样品和不同质量、不同细度的木质素污泥。分别加入对应的塑质反应器中,经充分混合匀化后于室温条件下培养。经培养不同时间后的土壤样品,分别测试 pH 值、有效磷含量以及土壤铝形态的变化,研究木质素污泥掺量、细度与施用时间对土壤环境的影响。

2 研究结果与讨论

2.1 木质素污泥对土壤酸性的影响

土壤的酸性主要影响土壤中各种化学反应和土壤微生物的活性。酸性环境使土壤中 Fe,Al,Mn 等元素具有很高的活化度。当 pH 小于 5 时,Al,Fe 和 Mn 的溶解度可以加大到足以毒害某些植物生长的程度。土壤酸性加速阳离子如 NH₄⁺,K,Ca,Mg 离子的淋失,而使植物生长受害。

木质素污泥在不同掺量、不同细度条件下培育当天(5 h)、5 d 和 10 d 后的土壤酸度变化观测结果见图 1~图 4。

图 1 表明,改土污泥的细度与掺量对土壤酸度具有显著的影响。掺量一定,土壤 pH 值随污泥细度增加呈明显的上升趋势。同一污泥用量不同污泥细度对土壤酸度有显著的影响,污泥细度越高土壤 pH 增幅越大。当污泥细度一定掺量不同时,土壤 pH 值随掺量增加呈现明显上升的趋势。污泥细度的变化对土壤

酸碱度影响更大。从土壤酸度变化趋势也可以看出,木质素污泥加入土壤后,对土壤酸度的影响在很短时间内即发生作用,效果明显。当天的结果显示,污泥对土壤酸度的影响作用在施用初期表现得最为迅速。

图2绘出了污泥掺量为0.125%~1.0%时土壤酸度在不同时间内随污泥细度的变化。

结果表明,污泥对土壤酸度的影响强度随培育时间的延长而降低。在一定的污泥掺量条件下,土壤pH值的上升与培育时间和污泥细度具有正相关关系。木质素污泥对土壤酸度的影响作用呈现出随污泥施用时间的延长而衰减的趋势,土壤pH增加的梯度随时间变化减弱。污泥掺量、细度和施用时间与土壤酸性降低均呈现正相关关系。

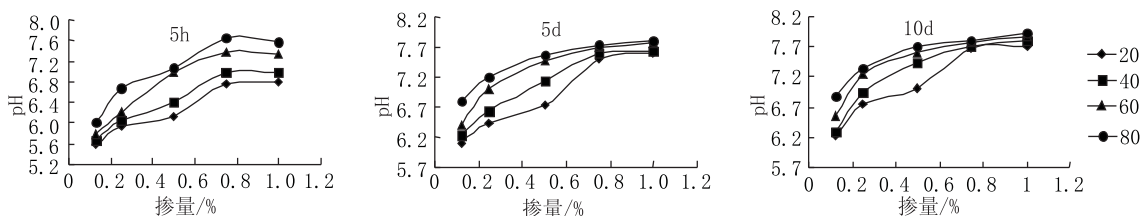


图1 土壤酸度与污泥掺量、细度的关系

Figure 1 Effects of sludge dose and grain size on soil acidity

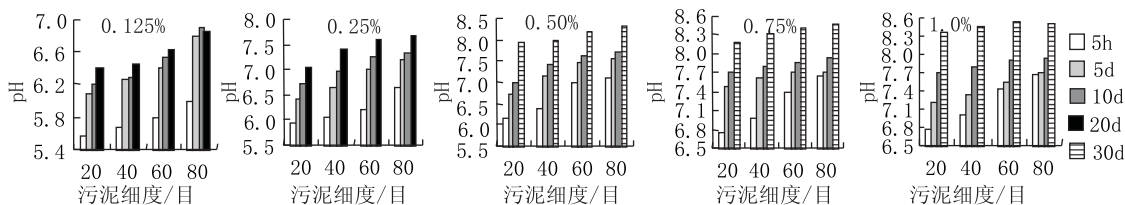


图2 掺量与培育时间对土壤酸度的影响

Figure 2 Effects of sludge dose and culture time on soil acidity

响趋势。

利用细度 ≥ 20 目、掺量0.25%的木质素污泥改良酸壤,培育时间达到30d时,土壤的pH值增加到7.13,较20d仅增加了约0.1pH,此时土壤pH值上升的趋势已经很弱,在自然界中这种作用将为自然因素的影响所抵消。

另外,在0.5%污泥掺量条件下,土壤pH值在施用10d内保持在6~7的植物生长发育适宜的范围。考虑自然环境条件对土壤环境的影响,实际生产过程中,改土污泥的用量可以确定在0.25%~0.5%范围。

2.2 污泥改土酸度对土壤有效磷含量的影响

磷在土壤中的有效性是十分重要的。影响土壤磷有效性的问题主要包括:土壤全磷量低、土壤原有磷的无效性、加入的可溶性磷肥的固定作用。

图3绘出了污泥细度为20目时不同掺量对土壤酸度的影响趋势。可以看出,污泥加入土壤后使pH值上升很快,达到一定时间后,pH上升幅度减弱;低掺量污泥使土壤pH增加的幅度较高掺量污泥增加的幅度更大;高掺量污泥使土壤的pH上升到更高的水平。因此,污泥掺量控制在合理的水平是必要的,掺量过低达不到改良土壤酸性环境的目的,掺量过高则会使土壤发生碱性危害。考虑在实际环境中受自然因素等过程的影响,实际生产中改土污泥的用量应在试验研究适宜用量的基础上适当提高。因为,如降雨、植物生长等自然现象会削弱污泥对土壤pH升高的作用。

图4绘出0.25%, ≥ 20 目污泥对土壤酸度的影

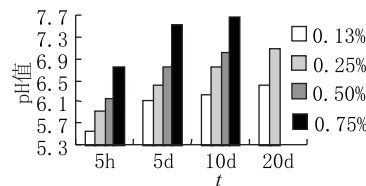


图3 土壤酸度随培育时间的变化(20目)

Figure 3 Changes of the soil acidity with the culture time

污泥改土土壤酸度变化对土壤有效磷的影响见图5。由图5看出,施用木质素污泥以后土壤pH值上升,土壤中磷的有效性随着土壤酸性的改良而得到明显的提升。土壤pH值和有效磷含量的上升与木质素污泥掺量的增加和培育时间的延长呈正相关关系。污泥掺量在0.125%,0.25%,0.5%条件下培育5d,土壤有效磷含量分别提高了4.8%,14.13%和24.55%。土壤pH值和有效磷含量的上升与木质素

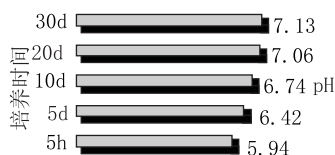


图 4 0.25%, ≥20 目污泥对土壤酸度的影响

Figure 4 Effects of 0.25% and ≥0.9mm of the sludge on the soil acidity

污泥掺量的增加和培育时间的延长呈正相关关系。污泥掺量在 0.125%, 0.25%, 0.5% 条件下培育 5 d, 土壤有效磷含量分别提高了 4.8%, 14.13% 和 24.55%。

掺量 0.25%, 细度 ≥20 目污泥改土后土壤酸度随时间变化对提高土壤有效磷含量的影响变化趋势见图 6。

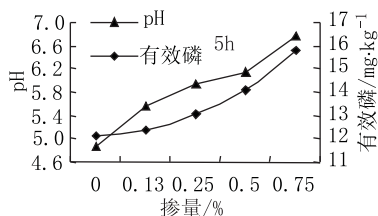


图 5 土壤酸度对有效磷含量的影响

Figure 5 Effects of the soil acidity on the content of available phosphorus

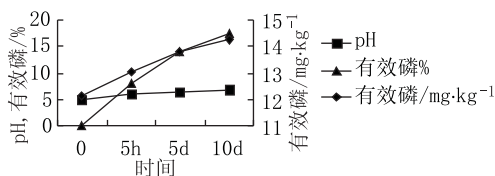


图 6 土壤酸度与有效磷关系(0.25%, 20 目)

Figure 6 Relationship between the available phosphorus and the soil acidity in the soil with 0.25% and 0.9 mm of the sludge

的影响。施用 0.25% 的木质素污泥, 经历当天、5 d、10 d 后, 土壤酸度下降, 活性 Al 含量分别被降低到了 35%, 40.8% 和 44.8%。说明利用木质素污泥改良酸性土壤, 对土壤中 Al 的活性具有显著的抑制作用。

3 结论

(1) 利用木质素污泥改良酸性土壤, 可以降低土壤酸性, 使土壤酸度调节至适宜植物生长的 pH 范围, 是利用和消除制浆造纸废水处理污泥二次污染的有效途径。

(2) 污泥改土适宜的用量为耕层土壤量的 0.25% ~ 0.50% 范围, 污泥使用细度为 ≥20 目, 土壤 pH 值为 6 ~ 7 范围。

土壤量 0.25%, 细度 ≥20 目的木质素污泥施入土壤 5 h 后, 土壤 pH 值由对照的 4.86 上升到 5.94, 有效磷含量较对照增加 4.8%; 施入 10 d 以后, 土壤 pH 值达到 6.74, 有效磷含量较对照增加 17.5%。由此可以确定, 污泥改土对土壤酸度改良以及提高土壤有效磷含量均具有促进作用。

2.3 木质素污泥对土壤铝形态的影响

酸性土壤中积蓄的大量 Al, Fe, Mn 等是降低植物营养元素特别是磷有效性的主要元素。有关利用木质素污泥施入土壤后, 对危害土壤中植物营养元素磷有效性的土壤组分的抑制作用, 观测污泥改土对酸性土壤 Al 形态的影响, 结果见图 7。

结果显示, 在酸性土壤中施用木质素污泥, 对土壤中危害植物营养元素磷有效性的 Al 的活性有明显

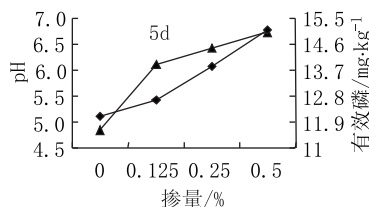


图 7 污泥改土对土壤 Al 活性的影响

(污泥掺量 0.25%, 0 为原土壤)

Figure 7 Effects of improving soil with the sludge on the activity of aluminum in the soil with 0.25% dose of the sludge

(3) 污泥改土有利于提高土壤中磷的有效性, 有利于植物从土壤中吸收养分, 提高肥料利用率。

(4) 污泥改土可抑制酸性土壤中铝的活性, 对削减土壤有害元素对磷的固定具有积极作用。

参考文献:

- [1] 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 46 - 54, 59 - 60.
- [2] [美] NC 布雷迪著. 南京农学院土化系译. 土壤的性质与性状[M]. 北京: 科学出版社, 1982. 246 - 257.
- [3] 吴家化, 刘宝山, 等. 粉煤灰改土效应研究[J]. 土壤学报, 1995, 32(3): 152 - 31.
- [4] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.