

北京郊区几种典型土壤对硼的吸附性能^{*}

孙建华 李继云

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要 采用室内模拟法,研究了石灰性土壤中硼的吸附及其与土壤各理化性质的关系.对北京郊区不同海拔高度 5 种土壤吸附硼的几种影响因素研究结果表明,各种土壤对硼的吸附均符合 Freundlich 等温吸附方程,其吸附量随土壤 pH 值的增加而升高,pH 在 10.0 时达最高值,同时与土壤的有机质含量,CaCO₃ 含量以及< 0.002mm 的粘粒含量等土壤的基本性质呈正相关,其中褐土性土和水稻土对硼的吸附量较低.

关键词 硼,吸附量,土壤性质,北京郊区.

Adsorbing Boron Properties of Five Typical Soils from Suburban in Beijing

Sun Jianhua Li Jiyun

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085)

Abstract With simulation experiment in laboratory, the study was made on the relationship between the adsorption of boron onto lime soils and the physical and chemical properties of soils. Five types of soils were collected from the suburban areas of Beijing at different heights above sea level, and were used to examine the factors that affect the adsorption of boron(B) on-to soils. The results show that the adsorption of boron onto all the soils studied follows the Freundlich isotherm adsorption equation and the amount of boron adsorbed increases with pH value of soil increasing, while the maximum reaches at pH 10.0. At the same time, the boron adsorption was found to be positively correlative to the primary soil properties, such as contents of organic matter, CaCO₃, and clay particles with a size of < 0.002mm in soils. Among the soils, brown earth and paddy soil have a lower boron adsorption.

Keywords boron, adsorption, soil properties, suburban in Beijing.

土壤中硼的有效性与吸附作用密切相关,硼吸附量既影响与可溶性硼之间平衡,又控制着硼供给量,Keren 发现土壤粘粒对硼的吸附量随土壤粒径大小而变化,粘粒边缘面积越大对硼吸附量也越高^[1],腐殖质对硼有化学亲和力,有机质含量高的土壤硼含量相也应高^[2],Sabine 等在方解石和碳酸钙吸附硼的实验中发现,pH 是影响土壤吸附硼最重要因素,pH 10.0 时,吸附量最高^[3].因此,要提高硼在土壤中有效性,需研究硼在不同土壤被吸附原因,采取措施降低吸附量,使其活化有效态以供不同植物吸收利用^[4,5].由于北京地区褐土总面积占土壤总面积 64.65%,为分布最广的土壤,分布范围从京郊低山高地至低平原区具有多种亚类^[6,7],土壤理化性质随地貌不同而有较大差异^[8],故选该类土壤进行研究.

1 材料与方法

1.1 供试材料

各类土壤均选择 3 个相近地点挖取 0—25cm 的等量土壤混合均匀,供试样品的类型及地理环境见表 1.

表 1 供试样品的土壤类型及地理环境

采样地点	土壤类型	海拔高度/m	地形
昌平县康陵涧东高地	淋溶褐土	750	低山高地
昌平县康陵东坡地果园	典型褐土	500	低山坡地
十三陵南新村荒地	褐土性土	150	山前平原
昌平县西沙屯小麦地	褐潮土	80	低平原地
昌平县张各庄水稻田	水稻土	50	低洼地

^{*} 国家自然科学基金资助项目(Project Supported by National Natural Science Foundation of China)
项目负责人:李继云
孙建华:女,49 岁,助理研究员
收稿日期:1998-06-11

1.2 实验方法

(1) 供试样品的处理及测定 将土壤风干, 除石砾及杂根后按测定项目所需粒度过筛, 然后测 pH、有机质、CaCO₃、CEC、各类土壤颗粒(沙粒、粉粒、粘粒)百分率及土壤的全硼含量^[9]。

(2) 不同 pH 值对土壤吸附硼的影响 称取相当于 1.000g 烘干土重的不同类型的新鲜湿土装入塑料瓶内(按 25 : 1 的水土比), 加入含硼 17.0μg · g⁻¹ 的标准硼溶液, 用 0.1mol/L 盐酸及 0.1mol/L Ca(OH)₂ 水溶液将土壤悬液 pH 值分别调至 5.5、7.0、8.5、10.0, 最终体积用去离子水定容为 25ml, 将样品悬液充分振荡 6h, 离心 10min (1000r/min) 过滤, 用姜黄素比色法测定滤液含硼量。溶液含硼下降值即为不同 pH 条件下土壤对硼的吸附量。

(3) 各土样对硼的吸附强度比较 称取待测样品各 4.000g, 装入塑料瓶中, 分别加入 0.8、1.2、1.6、2.0 和 2.4mmol/L 的标准硼溶

液, 在室温下连续振荡 6h, 再离心 10min (1000r/min), 静置后过滤, 滤液用姜黄素比色法测定各土样对硼的吸附量。

2 结果与讨论

2.1 供试土壤的理化性质

表 2 结果表明, 各土壤 pH 值均在 7.2—7.6 间, 呈中性偏碱, 有机质含量除褐土性土来自生荒地而为低值外, 淋溶褐土与褐潮土为高值, 典型褐土与水稻土中等含量, CEC 除典型褐土外, 其它土壤测定值高低与海拔高度相一致, 粘粒百分数高的淋溶褐土及褐土性土的 CEC 较高, 砂粒百分数较高的褐潮土与水稻土的 CEC 较低, CaCO₃ 含量为中等偏低。各土壤全硼含量均不低, 但含量随土壤分布的海拔高度与土壤粒度而异, 海拔高而粘粒百分数高的淋溶褐土与典型褐土的全硼量高, 海拔低而砂粒百分数高的褐潮土与水稻土的全硼量较低。

2.2 pH 对土壤吸附硼强度的影响

表 2 供试土壤的理化性质

土壤名称	pH (CaCl ₂)	全硼 /mg · kg ⁻¹	砂粒 / %	粉粒 / %	粘粒 / %	CEC /me · 100g ⁻¹ 土	OM / 1%	CaCO ₃ / %	含水率 / %
淋溶褐土	7.31	40.22	12.5	44.5	33.0	18.2	1.60	0.31	9.7
典型褐土	7.50	33.80	33.5	43.7	22.8	12.7	1.31	0.36	11.6
褐土性土	7.21	28.62	22.6	46.0	31.4	16.0	0.30	0.27	4.4
褐潮土	7.59	11.90	50.0	29.0	21.0	13.2	1.65	0.32	11.1
水稻土	7.40	9.01	65.8	20.2	14.0	8.7	1.27	0.22	7.9

见图 1, 用不同 pH 值的含等量硼悬液研究各类土壤对硼的吸附量。当 pH 值由 5.0 增至 10.0 时, 吸附量随 pH 值的上升而增加。土壤悬液的 pH 为 10.0 时吸附量最大, 这与早已证明的大量研究结果相同, 即土壤溶液中的硼在碱性反应下的可溶性降低是以 H₄BO₃⁻ 离子为主要形态而被土壤吸附。同时在高 pH 和高粘粒含量的土壤, 一方面硼能被粘粒牢固地吸附, 并随 pH 的上升而增加硼的固定量。

2.3 土壤对硼的吸附强度比较

见表 3、图 2。5 种土壤对硼的吸附属于性质各异的多种吸附, 但均符合 Freundlich 等温方程。Freundlich 方程用下式表述: $Q = x/m = Kc^{1/n}$ 或 $\log(x/m) = \log k + 1/n \log c$, 这里 c 为

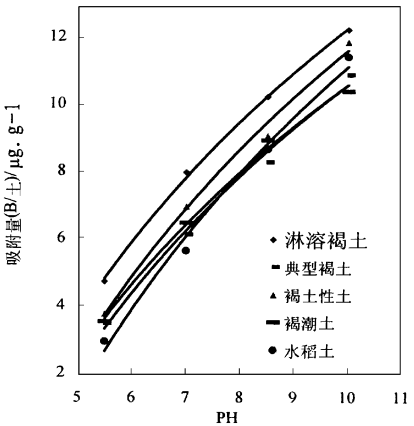


图 1 pH 值对各土壤吸附硼强度的影响
平衡溶液硼浓度(μg/ml); x/m 为土壤吸附的

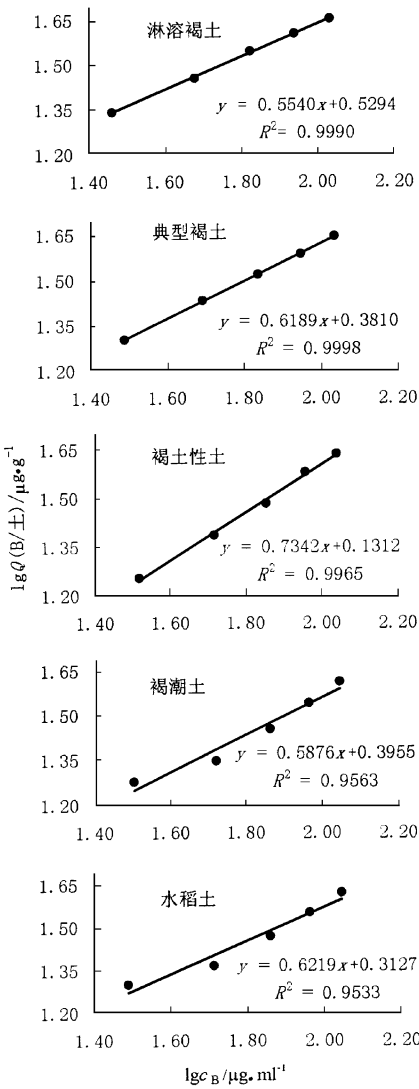


图 2 5 种土壤对硼的吸附等温线

表 3 相同 pH(7.0) 条件时土壤对硼吸附量与各理化性质的关系

土壤 类型	吸附量 / $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	有机质		CaCO_3		粘粒(< 0.002mm)		CEC	
		含量/%	相关性	含量/%	相关性	含量/%	相关性	含量/ $\text{me} \cdot 100\text{g}^{-1}$ 土	相关性
淋溶褐土	21.5	1.60		0.36		33.0		18.2	
典型褐土	19.7	1.31	$r = + 0.829$	0.31	$r = + 0.873$	31.4	$r = + 0.865$	12.7	$r = + 0.433$
褐土性土	17.62	0.30	$t = 2.570$	0.27	$t = 3.104$	16.8	$t = 2.990$	16.0	$t = 0.831$
褐潮土	19.6	1.62	$P < 0.05$	0.32	$P < 0.01$	21.0	$P < 0.05$	13.2	$P > 0.1$
水稻土	18.6	1.20		0.24		17.9		8.7	

(下转第 74 页)

硼量(B/ 土) $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, k, n 为拟合常数. 本研究用 Freundlich 方程能较好的表述土壤对硼的吸附数据.

2. 4 相同 pH(7.0) 条件时土壤对硼吸附量与各理化性质的关系

表 3 显示了各类型的土壤对硼的吸附量, 淋溶褐土> 典型褐土> 褐潮土> 水稻土> 褐土性土. 吸附量与土壤有机质、 CaCO_3 、粘粒含量均呈显著性正相关, 尤其与 CaCO_3 含量的相关性达到极显著水平, 表明 CaCO_3 是影响硼被吸附的重要因素. 此外, 不同土壤吸附硼量虽与 CEC 也呈正相关, 但相关性不显著.

3 结束语

(1) 5 种土壤对硼的吸附均符合 Freundlich 等温方程, 均为性质各异的多

种吸附. (2) 各土壤对硼的吸附能力与土壤溶液的 pH 值有密切关系, 随 pH 值上升土壤吸附硼量不断增加, pH 值在 10.0 时吸附量最高.

该结果表明, 欲提高碱性土壤中硼的有效性, 除适当施用水溶性硼肥外, 也可采取其他改良土壤的措施^[10, 11]. 例如增施有机肥或利用秸秆还田等, 这可使有机物腐解后产生的有机酸类物质降低根际 pH 值, 从而减少土壤对硼的吸附.

(3) CaCO_3 、有机质含量高的土壤吸附硼的能力相对较强, 而有机质含量较低的褐土性土及水稻土对硼的吸附能力较差, 这类土壤应适当增加硼肥的投入强度, 同时应经常监测土壤微肥含量, 保护土壤的营养库存.

图 5 表明了 2 种不同的 pH_0 下, L/G 对 η 的影响. 可见, 当 L/G 较小时, η 受 L/G 的影响较显著; 无论 pH_0 高低, 当 L/G 大于 3, η 随 L/G 的增加幅度都很小. 其主要原因为: ①在 SO_2 浓度不变时, 增大 L/G 则液体沿塔板下流时 pH 值的降低较少, 且塔板上气液接触面积增加, 而有利于增加吸收速率; 但 L/G 增大到一定程度, 对液体 pH 值下降的影响已很小, 气液接触面积增加也有限. ②较低 pH_0 时, pH 的变化对板效率的影响比高 pH_0 显著(参见图 2), 因此 η 随 L/G 的变化更加明显. 从本实验看, L/G 控制在 $2\text{--}3\text{L}/\text{m}^3$ 较合理. 这样既可保证较高的脱硫率, 又不致于使投资和运行费过高.

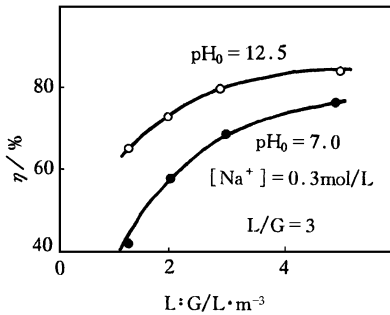


图 5 液气比对脱硫率的影响

(5) 气体中 SO_2 初始浓度(y_0) 结果如图 6 所示. 可见, η 随 y_0 的增高而有所下降. 当 pH_0 较高时, η 随 y_0 的上升而下降缓慢; 当 pH_0 较低时, η 下降较快.

3 结论

(1) 实验研究范围内的结果表明, 再生液 pH 值、溶液中 Na^+ 浓度和 L/G 愈高, 则脱硫率也愈大; 溶液中

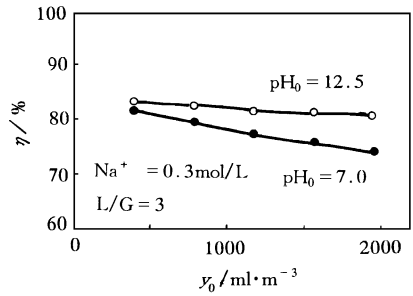


图 6 SO_2 初始浓度对脱硫率的影响

SO_4^{2-} 的存在会使脱硫率下降.

(2) 气体中 SO_2 的 y_0 较低, 有利于脱硫率的提高.

(3) 综合考虑脱硫率和费用, 实验表明, 以下的工艺条件较为适宜: $\text{pH}_0 = 7\text{--}8$, $L/G = 2\text{--}3\text{L}/\text{m}^3$, $[\text{Na}^+] \approx 0.3\text{mol}/\text{L}$.

参 考 文 献

- Smock R. A acid rain bills point to wet scrubber retrofits. Power Engineer, 1990, 94(7): 34
- 吴忠标, 谭天恩. 石灰湿法脱硫传质-反应过程机理. 环境科学, 1996, 17(2): 42
- AEER/EPA. Status of utility flue gas desulfurization in the United States. Dec. 9, 1989
- Colley J D et al. Optimization of LGSPE's CANE Run 6 Dual Alkali FGD System, EPRI, SO_2 Control Symposium, Session 2, 1995
- 陈建孟, 谭天恩等. 旋流板塔上的两相流场. 化工学报, 1993, 44(5): 507

(上接第 68 页)

参 考 文 献

- Keren R. and Bingham F T. 水、土壤和植物中的硼. 土壤学进展, 1987, 15(2): 22—31
- 刘铮, 朱其清等. 我国缺乏微量元素的土壤及其区域分布. 土壤学报, 1982, 19(3): 209—212
- Sabine Goldberg and Forster H S. Boron Sorption on calcareous soil and reference calcites. Soil Sci., 1991, 152(1): 304—309
- 胡秋辉等. 硼素营养对低芥酸油菜籽品质的影响. 江苏农业科学, 1989, (3): 13—14
- 徐光壁. 7501-1 油菜的硼素营养及吸收氮、磷、钾规律初

探. 南京农业大学学报, 1991, 14(2): 53—58

- 刘铮等. 微量元素的农业化学. 北京: 农业出版社, 1991: 108—111
- 王关禄. 北京地区土壤有效硼、锌、锰的分布与农业区划. 北京农业科学, 1998, (4): 35—37
- Gupta U C. 硼的中毒和缺乏. 土壤学进展, 1988, (1): 381—409
- 南京农业大学主编. 土壤农化分析(第二册). 农业出版社出版, 1992: 173—180
- 宋世文, 王道华. 硼矿粉直接施用的研究. 土壤肥料, 1997, (3): 36—37
- 徐俊祥等. 红壤施用石灰和硼对油菜的增产效应及钙硼平衡. 土壤学报, 1994, 31(1): 109—112