

土壤碱化过程与实质的研究

I. 重碳酸钠对土壤碱化的作用

俞仁培 杨道平

(中国科学院南京土壤研究所)

我们在研究华北平原瓦碱形成时,曾作了一些室内的土柱模拟试验,探讨地下水中碳酸钠、重碳酸钠对土壤碱化的影响,发现低矿化地下水中含有的碳酸钠和重碳酸钠明显地影响土壤的碱化过程。由于地下水中重碳酸钠含量的不同和土壤机械组成的差别,使土壤的碱化程度出现显著的差别,为了进一步查清地下水中重碳酸钠含量与不同质地的土壤的碱化关系,我们又采用平衡法进行比较试验,结果如下。

材料与处理

供试土样系江苏省徐州铜山县张集公社的潮土(耕种浅色草甸土)表层,母质为黄河沉积物,含有10%左右的碳酸钙,质地分别为砂壤、轻壤和中壤,<0.01毫米的物理性粘粒相应为10.8%,23.5%和37.8%。土壤阳离子交换总量砂壤土为6.4毫克当量,轻壤为9.0毫克当量,中壤为13.5毫克当量。

土样用饱和碳酸氢钙溶液反复处理,直至土壤溶液中无钠离子和氯离子为止。将土样风干,磨细后通过20孔筛,成为供试验用的钙饱和土。

三种不同质地的钙饱和土,分别加入不同浓度(室内配制的标准试剂)和体积的重碳

表1 平衡试验的不同处理

Table 1 Different treatments of equilibrium experiment of soils

处理号 Treatment No.			加入的 NaHCO ₃ 溶液 NaHCO ₃ solution added		
砂壤 Sandy loam	轻壤 Light loam	中壤 Medium loam	浓度 (g/l) Concentration	体积 (ml/100g soil) Volume	meq/100g soil
22	23	24	0.10	4200	5
1	8	15	0.20	2100	5
2	9	16	0.25	1680	5
3	10	17	0.30	1400	5
4	11	18	0.35	1200	5
5	12	19	0.40	1050	5
6	13	20	0.45	935	5
7	14	21	0.50	840	5

酸钠溶液,使加入的重碳酸钠总毫克当量数相等,具体方案见表 1,整个试验的平衡过程用钠功能玻璃电极进行监测。

试验证明,加入碳酸氢钠溶液后,在搅拌机上经 10 分钟的搅拌,即可达到稳定平衡。土壤悬液用离心机(每分钟 6000 转)进行分离,弃去溶液。土样用 60% 乙醇离心洗涤三次,以洗去残留在土样中的碳酸氢钠溶液。洗净的土样用红外灯低温烤干,磨细通过 60 孔筛,供分析用。

本试验所有的土壤样品均采用常规分析法^[2,4]。交换性钠是用 $\text{NHOH-NH}_4\text{Ac}$ 火焰光度计法。解离性钠系用土水比为 1:5 的提取液和 1:5 的 60% 乙醇提取液所提取出的钠的差数,钠是用火焰光度计比色测定。

结果与讨论

试验结果(表 2)表明: 1. 不同浓度的碳酸氢钠对土壤碱化作用是不同的。当我们用不同浓度不同体积而毫克当量数相同的碳酸氢钠与等量的土样进行平衡时,土壤吸附的

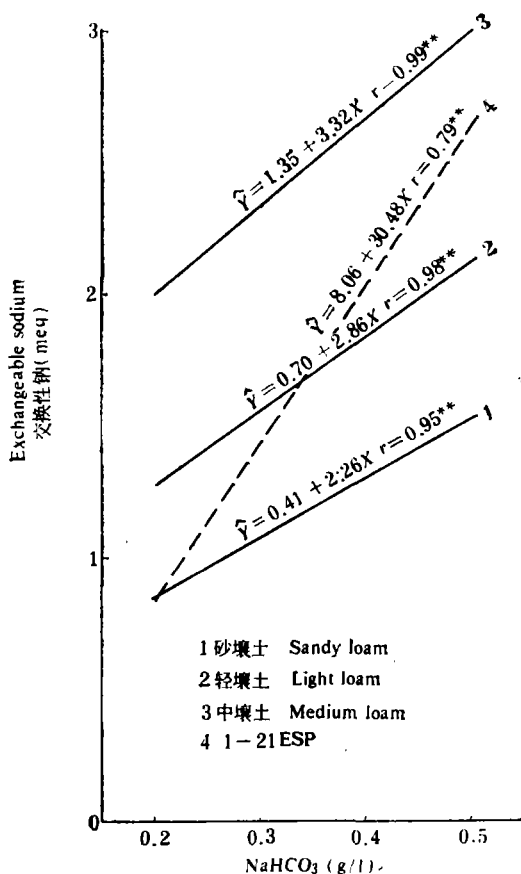


图 1 交换性钠与加入的重碳酸钠浓度的关系

Fig. 1 Relationship between exchangeable sodium of soils and the concentration of sodium bicarbonate added

表 2 不同质地土样用不同浓度重碳酸钠溶液平衡后所含的交换性钠、碱化度及解离性钠
 Table 2 Exchangeable sodium, ESP and dissociated sodium in soils with different texture after equilibrium treated by NaHCO_3

solution of different concentration

处理号 Treatment No.	砂 壤 Sandy loam			轻 壤 Light loam			中 壤 Medium loam				
	交换性钠 (meq/100g soil) ES	碱化度 (%) ESP	解离性钠 (meq/100g soil) Dissociated Na	处理号 Treatment No.	交换性钠 (meq/100g soil) ES	碱化度 (%) ESP	解离性钠 (meq/100g soil) Dissociated Na	处理号 Treatment No.	交换性钠 (meq/100g soil) ES	碱化度 (%) ESP	解离性钠 (meq/100g soil) Dissociated Na
22	0.45	7.0	—	23	0.69	7.7	—	24	1.10	8.2	—
1	0.77	12.0	0.19	8	1.24	13.8	0.22	15	1.98	14.7	0.31
2	1.01	15.8	0.19	9	1.38	15.3	0.21	16	2.19	16.2	0.32
3	1.10	17.2	0.21	10	1.57	17.4	0.23	17	2.41	17.9	0.34
4	1.25	19.5	0.28	11	1.73	19.2	0.32	18	2.43	18.0	0.41
5	1.34	20.9	0.28	12	1.97	21.9	0.34	19	2.67	19.8	0.41
6	1.36	21.3	0.30	13	2.00	22.2	0.37	20	2.93	21.7	0.45
7	1.54	24.1	0.37	14	2.03	22.6	0.37	21	2.95	21.9	0.45

钠离子毫克当量数大不相同, 吸附的钠离子量随着溶液浓度的增加而增加, 呈现明显的相关性 (图 1)。这一结果符合于土壤阳离子交换吸附的一般规律。Kelley 和 Cummin 早在 1921 年的工作中就已发现土壤中钙、镁离子被钠离子代出作用随溶液中钠离子浓度的增加而增强。而后又为 Гедриш Birrell 和 Gradwell 等人所证实^[1,7]。我们的试验再次证实了溶液的不同离子浓度对土壤的离子交换吸附的影响。尽管我们用于平衡的溶液中钠离子总毫克当量数是相等的, 但这个规律仍然不变。

2. 相同浓度的碳酸氢钠对不同质地土壤的碱化作用是不同的。从表 2 结果可见, 当我们用 0.2 克/升的碳酸氢钠 2,100 毫升分别与 100 克不同质地的土样进行平衡时, 质地细的土样从溶液中吸附的钠离子要比质地粗的土样多, 其吸附的顺序: 中壤 > 轻壤 > 砂壤。这个趋势从图 1 中三个相应的相关系数 r 明显地看出。这一结果也符合土壤吸附阳离子的规律。不过, 从我们的试验中可以看到, 同一质地的土壤从不同浓度的碳酸氢钠溶液中吸附的钠离子的量有很大差别。砂壤土在 0.2 克/升重碳酸钠溶液中吸附 0.77 毫克当量的钠离子, 而当重碳酸钠溶液的浓度增加到 0.5 克/升时, 它吸附了 1.54 毫克当量, 即增加一倍; 而轻壤、中壤则相应增加 0.64 倍及 0.5 倍, 说明轻质的土壤随溶液浓度的增加吸附钠离子的数量相对比较较多。

上述规律是对土壤吸附钠离子的绝对值而言, 至于钠离子占阳离子总量的相对值 (ESP) 来说, 只有在重碳酸钠溶液浓度很低时, 质地细的中壤土 ESP 略大于砂壤土。而当浓度 > 0.35 克/升后, 中壤土的 ESP 值反而小于砂壤土。

从图 2 可以看出, 土壤从不同浓度重碳酸钠溶液中吸附钠离子量与溶液浓度之间不

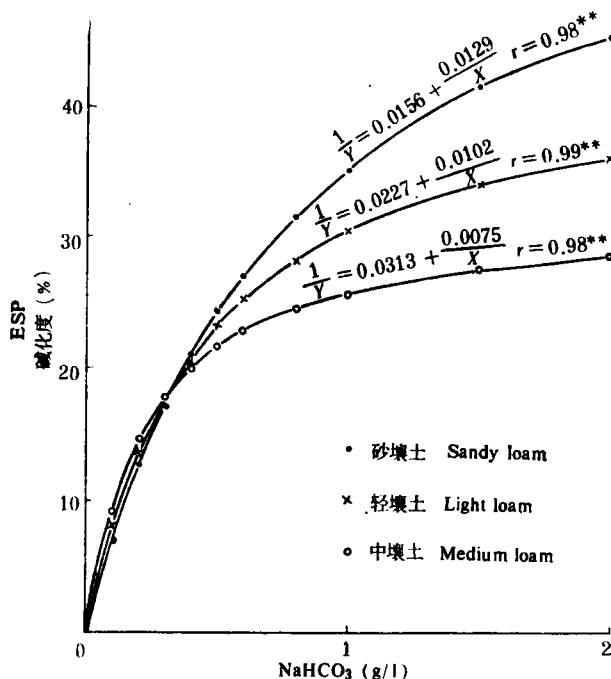


图 2 碱化度与重碳酸钠浓度的关系

Fig. 2 Relationship between ESP of soils and the concentration of sodium bicarbonate added

是直线关系，而是呈双曲线型。当处理土壤的重碳酸钠溶液浓度 <0.2 克/升时，土壤吸附钠离子的量随浓度的增加而急剧上升，ESP 很快就接近 15%，当溶液的重碳酸钠浓度 >0.4 克/升时，土壤吸附钠离子量的增加率较前有明显减少，溶液的重碳酸钠浓度 >1 克/升，曲线渐趋平缓，即土壤对钠离子的吸附能力渐趋减弱。尤以中壤对钠离子的吸附能力减弱最显著。这可能是与土壤的交换量有关。

据此，我们可以认为：(1) 地下水中重碳酸钠可以引起土壤碱化。只要地下水中的重碳酸钠浓度达到 0.1% 时，土壤吸附钠离子而发生碱化(碱化度超过 5%)。但是要使土壤达到碱土的程度，只有在地下水中的重碳酸钠含量超过一定数量时。如果按照我国目前暂定的碱化度 >20% 作为划分碱土的指标^[3]，那么形成典型瓦碱的地下水重碳酸钠含量应大于 0.4 克/升。(2) 黄淮海平原的瓦碱质地一般都比较轻，这是因为含有碳酸氢钠和碳酸钠的地下水，在上升蒸发的过程中，先与心底土作用，由于轻质土的吸附能力相对较低，使地下水中的钠离子能随蒸发上升至地表，在地表通过蒸发形成了高浓度的溶液而使土壤迅速碱化；相反，质地较粘重的土壤，由于其高的吸附能力，使地下水中的钠离子在心底土产生交换而降低上升溶液中的钠离子浓度，从而不会使上层土壤发生碱化，所以粘质的碱土比较少见。然而，瓦碱的机械组成也并非整个剖面是均一的，一般多为砂粘相间的质地剖面出现，在这种情况下土壤的水盐运行就要复杂得多，它们对土壤碱化的影响，有待以后研究。同时还应指出，瓦碱的形成并非只有地下水具有重碳酸钠一个因素，对此我们已在“瓦碱的形成与改良”一文^[4]中作了初步讨论。

当土壤受到重碳酸钠溶液的作用而碱化以后，土壤的性质发生显著的变化，由于土壤代换性钠的解离而使土壤溶液变成强的碱性。根据我们的测定，钠离子的解离是随着交

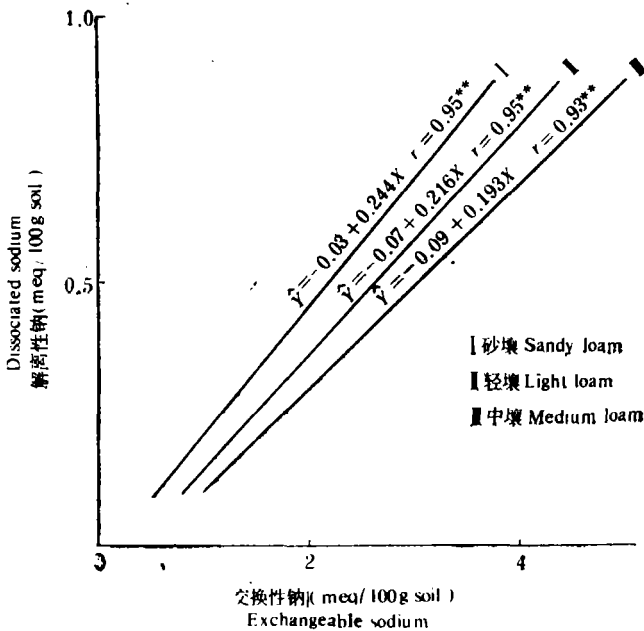


图3 解离性钠与交换性钠的关系

Fig. 3 Relationship between dissociated sodium and exchangeable sodium of soils

换性钠的增加而增加(图3)。质地不同,交换性钠的解离量也不同,与钠离子的吸附相反,当解离时,砂壤土吸附的钠离子易于解离,解离性钠占交换性钠21.8%;轻壤为17.2%;中壤为15.6%。因此,轻质的瓦碱比质地较重的瓦碱易于改良。

交换性钠的解离,势必引起pH值的上升。A. S. Mashhady等^[6,8,9]人指出碱度的来源之一是高的交换性钠百分率。我们用重碳酸钠溶液处理而具有不同碱化度的中壤土,测定其水土比为5:1时的pH值,可以看到pH值与ESP值之间的关系(图4),证实了交换性钠的解离提高了土壤溶液的碱度,而且二者之间呈直线相关。

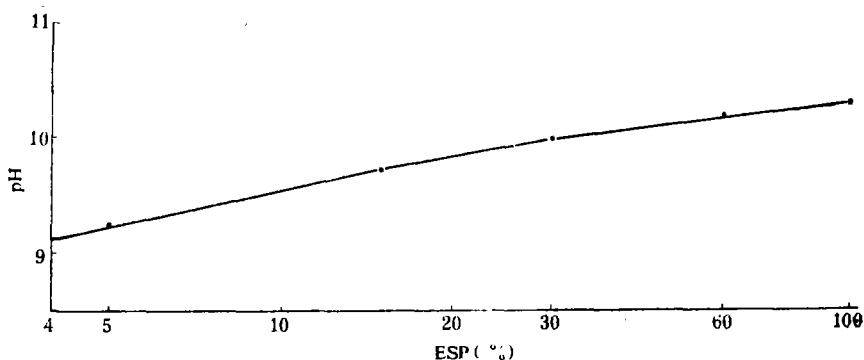


图4 pH对ESP相关性

Fig. 4 Correlation between pH and ESP of soils

小 结

综上所述:(1)使土壤碱化的重碳酸钠溶液浓度应大于0.1克/升。形成碱土的重碳酸钠浓度应大于0.4克/升(纯重碳酸钠溶液)。(2)不同质地的土壤吸附钠离子的绝对量不同,质地愈重的土壤吸附的钠离子量愈多,但因不同质地土壤的交换总量不同,故吸附钠离子的相对量(ESP)相差不大。在重碳酸钠浓度低于0.3克/升的情况下,中壤土的ESP略大于砂壤土;当浓度大于0.3克/升时,情况正相反。(3)土壤的解离性钠与交换性钠呈正相关,土壤含交换性钠的量愈高,则其解离的钠愈多。(4)土壤溶液的pH值与土壤ESP也呈正相关。在水土比为5:1情况下测定的pH值随ESP值增大而增大。

参 考 文 献

- [1] 于天仁等编著,1976: 土壤的电化学性质及其研究法(修订本)。科学出版社。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所分析室,1978: 土壤的理化分析。上海人民出版社。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所主编,1978: 中国土壤。科学出版社。
- [4] 杰克逊, M. L. (蒋柏藩等译,1964), 1958: 土壤化学分析。科学出版社。
- [5] 俞仁培,杨道平,蔡阿兴,石万普,1982: 瓦碱的形成和改良。土壤学报,第19卷1期,34—42页。
- [6] C. G. E. M. Van Beek and N. Van Breenen, 1973: The alkalinity of alkali soil. The J. of Soil Sci., 24: 1,129—136.
- [7] Kalley, W. P., 1951: Alkali Soils. Printed in U.S.A.
- [8] Mashhady, A. S. and Rowell, D.L., 1978: Soil alkalinity 1. Equilibria and alkalinity development. The J. of Soil Sci., 29:1, 65—75.
- [9] Poonia, S. R. and Talibudeen, O., 1977: Sodium calcium exchange equilibria in salt affected and nor-

mal soils. The J. of Soil Sci., 28:2, 276—288.

STUDIES ON THE PROCESS OF SOIL ALKALIZATION

I. THE EFFECT OF SODIUM BICARBONATE ON THE ALKALIZATION OF SOIL

Yu Ren-pei and Yang Dao-ping

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Summary

This paper deals with the effect of the concentration of sodium bicarbonate in groundwater on the alkalization of soils with different texture. According to the data from soil equilibrium experiment in laboratory, the results are summarized as follows:

(1) The concentration of sodium bicarbonate in groundwater which could induce the alkalization of soils was more than 0.1g/l, and the concentration which could induce the formation of solonetz was 0.4g/l.

(2) Soils with different texture adsorbed different absolute amounts of sodium from sodium bicarbonate solution of same concentration. The quantity of absorbed sodium by clay soil was more than that by silt loam, but their soil ESP were similar.

(3) There was a positive correlation between the dissociated sodium and exchangeable sodium of the soils.

(4) It was also found that there was a good correlation between the pH and ESP of the soils.