

红黄壤的石灰位*

王敬华 于天仁

(中国科学院南京土壤研究所)

Aslyng^[2] 和 Schofield^[3] 提出了“石灰位”的概念。石灰位的数学表示式为 $\text{pH} - 0.5 \text{pCa}$, 它是土壤中石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 的数量的一个函数。以后, 一些学者^[3-4, 6-11, 13] 研究了石灰位的影响因素。为了测定石灰位, 通常的方法是用玻璃电极测 pH , 用化学法分析 Ca 的浓度, 然后计算为 Ca 的活度。但在物理化学上, 单种离子的活度系数是无法精确计算的。而且在测定 pH 时由于必须使用一个参比电极, 而引入一个盐桥与土壤悬液之间的液接电位所带来的误差^[4]。Крупский 等^[4] 分别用 pH 电极和钙离子选择电极测定 pH 和 pCa 值。这时由于使用参比电极, 仍不能避免液接电位所带来的不肯定性。我们^[12] 用 pH 电极和 Ca 电极组成电极对, 直接测定土壤的石灰位, 可以快速地得到较为准确的结果。

过去关于石灰位的研究都是在实验室进行的。由于石灰位易随环境条件而变, 如果在田间测定, 应该更能代表土壤的实际情况。

自然植被下的红黄壤多为强酸性。这些土壤在利用以后, 酸度发生不同程度的变化。因为石灰位是土壤的 pH 和含钙情况的综合反映, 所以应该可以作为其肥力状况的一个指标。

本工作选择云南西双版纳砖红壤地区和贵州中部黄壤地区, 在田间研究一些与此有关的问题。

一、方 法

挖土坑分层取样, 将土壤置于小塑料烧杯内, 加少量水使成泥糊(如土壤较湿, 可不加水), 搅拌, 放置数分钟使接近平衡, 然后插入 pH 电极和钙离子选择电极, 待电极电位平衡后用携带式毫伏计测定。电极的标定方法和 $\text{pH} - 0.5 \text{pCa}$ 的计算方法同上一工作^[12]。

同时用通常的方法测定 pH 和 pCa 。

所用的 pH 电极 of 平板状玻璃电极, 自制。钙离子选择电极为苏州市标准计量局实验工厂生产, 电极的活性物质为 2 异辛基苯基磷酸。电极的选择性系数 $K_{\text{Ca}, \text{Mg}}$ 为 0.027, 所以镁离子的存在不致影响测定结果。当 pH 值与 pCa 值相等时, 氢离子对钙电极电位的影响不明显。当 pH 值比 pCa 值低 0.5 单位时, pCa 值的测定结果有约 0.2 单位的正(而不是负)误差。据用以中性载体为活性物质的钙离子选择电极(Simon 寄赠的电极膜)(pH 值比 pCa 值低 1 单位时尚不影响电极电位)对两个含交换性钙极少的强酸性土壤剖面进行对比的结果, 苏州产电极的误差一般也在 0.2 pCa 单位以内, 相当于 0.1 单位的石灰位。所以本工作中某些强酸性土壤的测定结果的绝对值不准确。但这些土壤的 pH 在剖面中的变异不是很大, 氢离子对钙电极的干扰不致妨碍所得结果的相互比较。

* 工作中得到云南热带植物研究所汪汇海、云南热带作物研究所罗仲全、贵州农业厅蔡恩水等同志的协助。

二、结果和讨论

(一) 主要类型土壤的石灰位

西双版纳的主要土壤为砖红壤, 贵州中部的的主要土壤为黄壤。从利用方式看, 大致可分为天然林、经济林、农田三类。以下分别说明。

1. 天然林下的土壤 图 1 为三个黄壤剖面的石灰位。在剖面上部 20 厘米的范围内, 石灰位的变异较大。半腐解的枯枝落叶层及与之紧接的土层, 石灰位较高; 向下数值逐渐降低; 到超过一定深度后, 数值又稍为升高。出现石灰位最低值的深度约为 5—15 厘米, 其与最上层的差值为 0.4—1.4 单位。最上层石灰位较高是由于土壤含钙较多所致。中间层石灰位较低是由于这层的 pH 值最低。比较三种天然林下的土壤时还可看到, 马尾松林下者石灰位最低, 新生林下者由于受植物落叶的影响较小一些, 全剖面的变异范围较小。三个土壤的石灰位的范围为 1.4—3.0, 其中下层的范围约为 2.1—2.5。

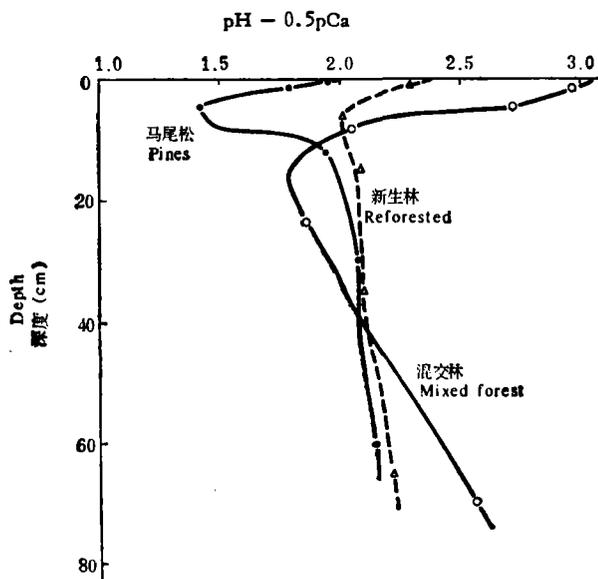


图 1 天然林下黄壤的石灰位(贵阳)

Fig. 1 Lime potential of yellow soils under natural forest

从图 2 中三个砖红壤剖面的石灰位的情况看, 趋势与黄壤者相似, 也是在上部 20 厘米的范围内变异较大。但整个剖面的变异没有黄壤中那样明显。三个土壤的石灰位的范围为 1.6—2.5, 其中下层的范围约为 1.8—2.2。

2. 经济林下的土壤 可以用橡胶林作为经济林的代表。图 3 为发育于不同母质的三个砖红壤剖面的石灰位。与天然林下的土壤一样, 在某一中间深度, 石灰位的数值最低。表层的石灰位较高, 是由于橡胶树(三层林还有其他植物)落叶的影响所致。三个剖面下层的石灰位有相当差异, 其中发育于花岗岩者较高, 应该与土壤的某些其他物理化学性质不同有关。三个土壤的石灰位的范围为 1.7—4.0, 较天然林下的土壤为宽。

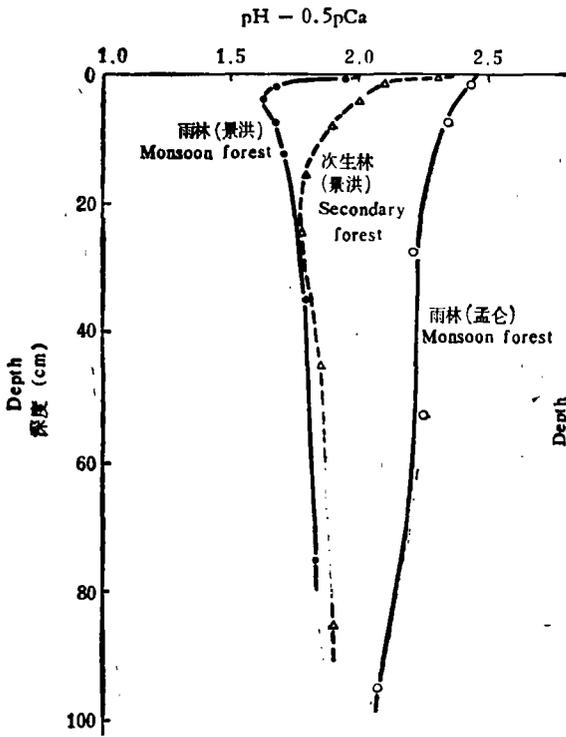


图2 天然林下砖红壤的石灰位(西双版纳)

Fig. 2 Lime potential of laterites under natural forest

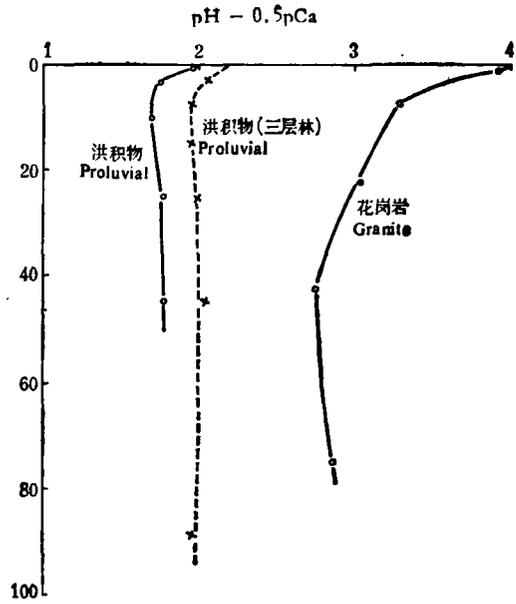


图3 橡胶林下砖红壤的石灰位(西双版纳)

Fig. 3 Lime potential of laterites derived from different parent materials under rubber trees

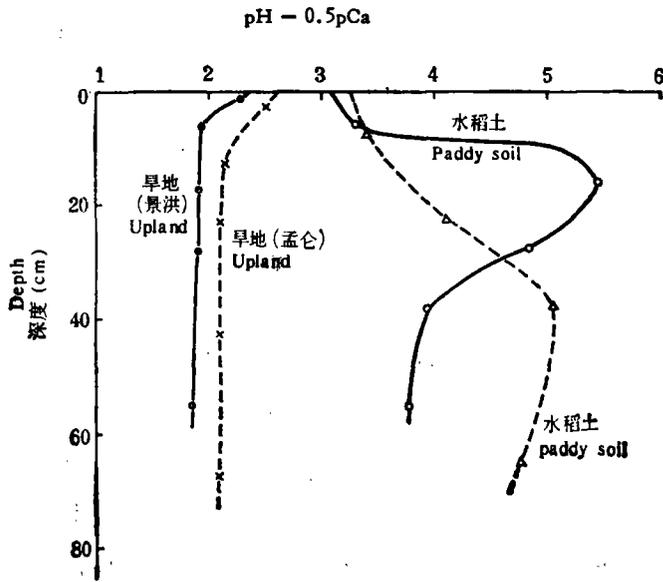


图4 农用土壤的石灰位(西双版纳)

Fig. 4 Lime potential of agricultural soils

3. 农用土壤 在西双版纳地区, 农用土壤以旱地为主, 也有水田。图 4 示四个代表性土壤的石灰位。旱地土壤由于实行刀耕火种, 受天然植被的影响大, 所以石灰位的数值和在剖面中的变异趋势与天然林下的土壤相似(参照图 2), 范围为 1.8—2.5。水稻土的石灰位的变异范围最宽, 为 3.2—5.5, 绝对值也较高, 显然是由于人工施肥的影响所致。水稻土剖面中石灰位的变异趋势与受植物影响较大的土壤(图 1, 2, 3) 相反, 在某一中间深度有一最高值, 这是由于人为措施(施肥、灌溉)所引起。

(二) 石灰位与 pH 和 pCa 的关系

石灰位决定于 pH 和 pCa 的差值。对于同一土壤来说, 当其他条件相同时, 一般的规律是 pCa 愈高(钙饱和度愈小), pH 愈低。石灰位的数学表示式为 $pH - 0.5pCa$, 所以土壤愈酸, 石灰位愈低。但是在相同 Ca 饱和度的情况下, 土壤固相的性质和交换性氢与铝的比例以及其他交换性离子的组成等也可对 pCa 或 pH 有所影响, 所以 pH 和 pCa 与石灰位的关系比较复杂。以下区分不同情况, 讨论三者的相互关系。

图 5 为一个盐基过饱和的红色石灰土的石灰位。这种土壤的特点是 pCa 值低(2.7—3.1), pH 值高(7.6—8.2), 所以石灰位较高, 达 6.3—6.7, 整个剖面的变化不大。

对于图 6 中一个发育于砖红壤的水稻土来说, 其 pCa 值也较低(3.2—3.6), 除耕作层外 pH 值也较高(5.8—6.7), 所以石灰位达 4.1—5.1。耕作层的石灰位为 3.4, 是由于其 pCa 值较高, pH 值较低。

一个发育于花岗岩的砖红壤(种植橡胶树)剖面(图 7), 除表层(0—2 厘米)以外, pCa 值高达 3.9—4.5, pH 值低至 4.8—5.1, 所以石灰位仅为 2.7—3.3。表层的 pCa 值较低, pH 值较高, 所以石灰位较高。

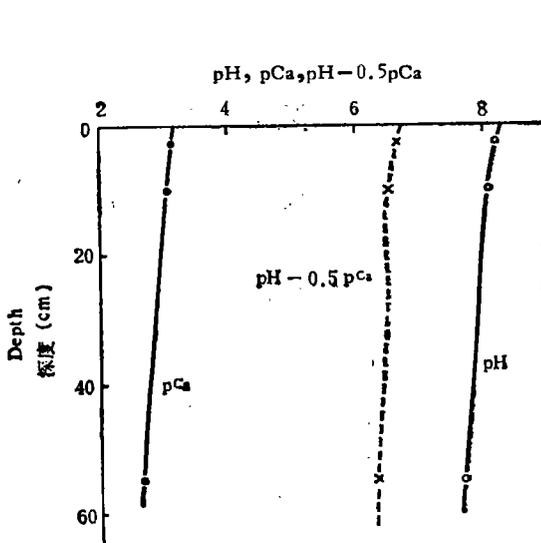


图 5 红色石灰土的 pH、pCa 和 $pH - 0.5pCa$ (孟仑)

Fig. 5 pH, pCa and $pH - 0.5pCa$ of a terra rossa

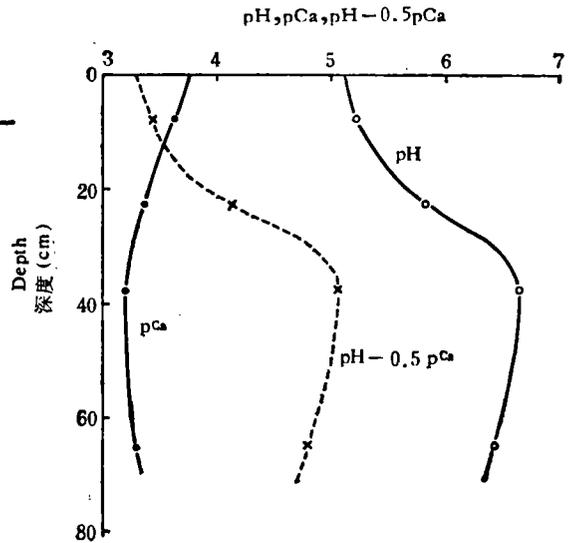


图 6 水稻土的 pH、pCa 和 $pH - 0.5pCa$ (孟仑)

Fig. 6 pH, pCa and $pH - 0.5pCa$ of a paddy soil profile

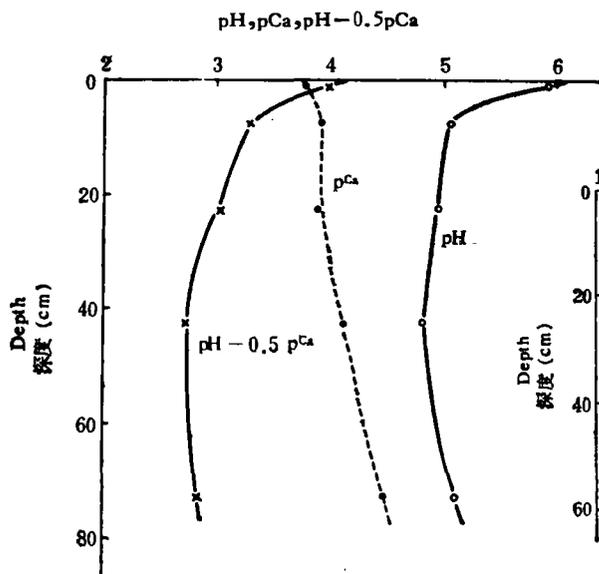


图7 砖红壤的 pH、pCa 和 $\text{pH} - 0.5\text{pCa}$
(景洪)(橡胶)

Fig. 7 pH, pCa and $\text{pH} - 0.5\text{pCa}$ of a laterite profile (rubber tree)

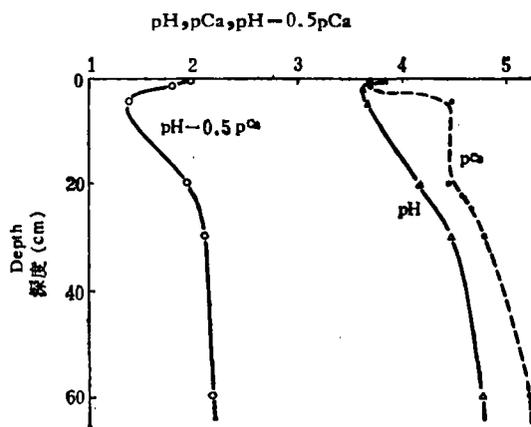


图8 黄壤的 pH、pCa 和 $\text{pH} - 0.5\text{pCa}$
(贵阳)(马尾松)

Fig. 8 pH, pCa and $\text{pH} - 0.5\text{pCa}$ of a yellow soil profile (pine)

发育于砂岩,生长马尾松的黄壤(图8)的石灰位是所研究的土壤中最底的,仅为1.4—2.1。这是由于这种土壤的pH值低至3.6—4.8, pCa值除表层外高达4.5—5.2的缘故。

比较四种土壤的pH与pCa的差值时可见,对于红色石灰土、水稻土和砖红壤,其值约分别为5, 3和1单位,但对于黄壤来说, pCa值却反而较pH值高约0.5单位。这反映了这些土壤的酸度特点的一种差异。

总的看来,这些土壤的pH值与pCa值之间的关系符合土壤物理化学的一般规律。但是仔细分析起来,“反常”的情况也颇为常见。例如从图8看到,整个剖面的变异趋势是pH值反而随着pCa值的升高而增高。如果考虑到氢离子对钙电极电位的可能影响,这种趋势还更为显著。这种反常情况多出现于强酸性土壤。设想,低pH时不同土层中交换性氢与铝离子的比例不同,因而对pH的影响情况不同,可能是这方面的一个重要原因。

(三) 钙的富集和淋溶

在以上两节中,已经涉及到土壤剖面中钙的富集和淋溶问题。因为土壤中交换性钙的数量直接影响pCa的数值,间接影响pH的数值,所以是决定土壤的石灰位的主要因素,有必要对红黄壤中钙的富集和淋溶问题做进一步的分析。

在红黄壤地区,存在着钙的生物富集和化学淋溶两种趋势相反的过程。如果用作农地,还涉及到人为措施的影响。一个土壤的含钙量决定于这些作用的相对强度。以下区分不同情况,讨论这个问题。

在高温多雨的情况下,钙的化学淋溶是一个普遍现象。水稻土中由于淋溶强度大,随

表 1 红壤性水稻土耕作层和犁底层中 pCa 值和石灰位的比较 (西双版纳)

Table 1 Comparison between pCa and $\text{pH} - 0.5\text{pCa}$ in the cultivated layer and plowpan of paddy soils derived from red earth

田块号 Field no.	利用情况 Utilization	土 层 Horizon	pH	pCa	$\text{pH} - 0.5 \text{pCa}$ (计) (calc.)	$\text{pH} - 0.5 \text{pCa}$ (测) (meas.)
1	休 闲 Fallow	耕作层 Cultivated	4.89	3.08	3.35	3.30
		犁底层 Plowpan	6.96	3.01	5.45	5.44
2	休 闲 Fallow	耕作层 Cultivated	4.85	3.50	3.10	3.11
		犁底层 Plowpan	5.32	3.27	3.68	3.68
3	休 闲 Fallow	耕作层 Cultivated	5.23	3.62	3.42	3.40
		犁底层 Plowpan	5.82	3.38	4.13	4.11
4	植 稻 Rice	耕作层 Cultivated	6.43	3.34	4.76	4.76
		犁底层 Plowpan	6.53	2.95	5.05	5.08

肥料施入耕作层的钙的淋溶特别明显。图 4 中两个水稻土剖面的石灰位的变异, 就是由于耕作层的钙淋至下层所致。从表 1 中几个水稻土的耕作层和犁底层的 pCa 值的比较可见, 耕作层的交换性钙量都是比犁底层为低, 因此其石灰位也较低。这种差别情况在南方红壤性水稻土地区具有很大的代表性。

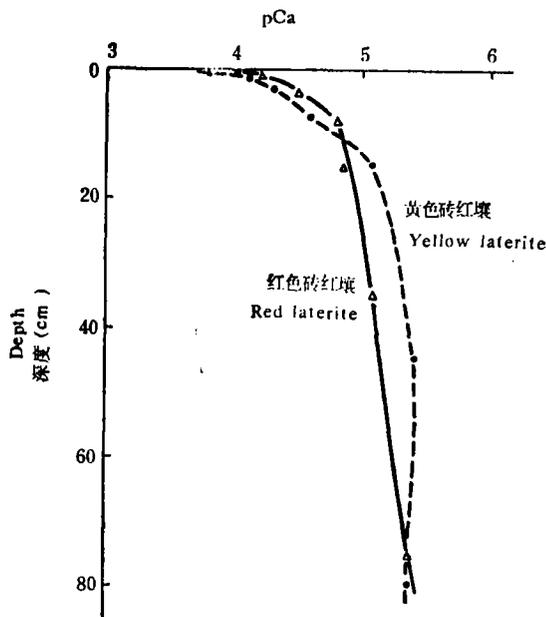


图 9 天然林下土壤的 pCa 值

Fig. 9 pCa of soils under natural forest

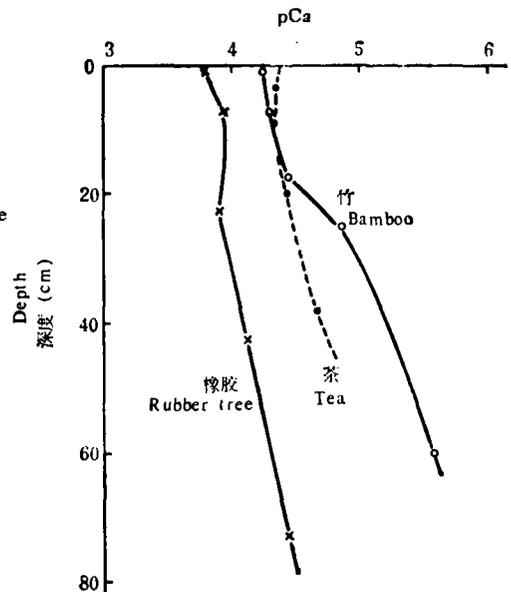


图 10 经济林下土壤的 pCa 值

Fig. 10 pCa of soils under economic forest

另一方面,植物可以通过根系吸收下层土壤中的钙,然后经落叶而富集于土壤上层。在天然季雨林下,由于植物茂密,富集的时间也长,所以土壤上层的含钙量较下层高得多,特别是在枯枝落叶层和与之紧接的土层。由图9看到,砖红壤剖面下部的 pCa 值高达 5—5.5,但表层却可低至 3.8—4.5,即其交换性钙量较下层高数十倍。其中黄色砖红壤地区的雨量较红色砖红壤地区为高,钙的生物富集更为显著。在经济林下的土壤;表层中也显示了钙的生物富集作用(图10)。其中茶树土壤当然还受到施肥的影响。

对于旱地土壤来说,由于该地区主要还是刀耕火种,天然植被对土壤的影响还较为明显,而且烧荒可以促进有机物中钙的释放,所以土壤上层的含钙量甚高(图11)。至于主要受人为影响的菜地土壤,含钙量更高,特别是其表层。

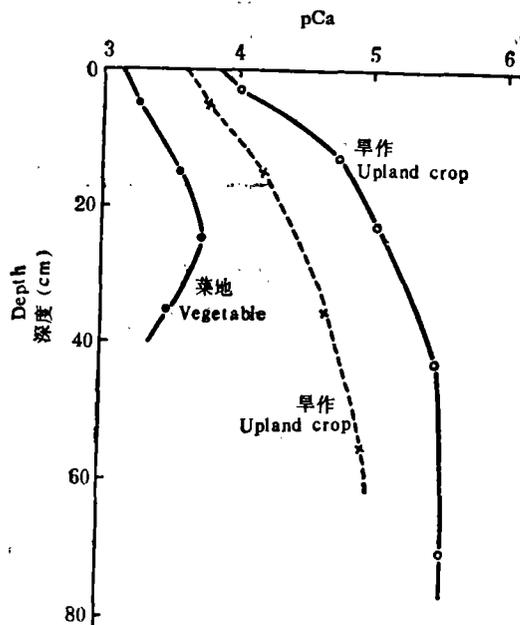


图 11 旱地土壤的 pCa 值

Fig. 11 pCa of upland soils

从以上可见,红黄壤矿质部分的含钙量极低,是长期遭受淋溶的结果;但如果生长植物,可以引起钙在土层中的重新分配,使之富集在上层;如果有农业措施,可以随肥料而加入钙,也可能因灌溉而加速钙的淋溶。这就是红黄壤中钙(特别是交换性钙)量以及石灰位有很大的变异范围的基本原因。

三、结 论

红黄壤中石灰位在不同条件下的变异情况,符合土壤化学的一般规律。由于石灰位是 pH 值和 pCa 值的综合反映,而从测定原理和测定技术来看它又具有优越之处,所以可以用石灰位作为土壤酸度的一个指标。

参 考 文 献

- [1] 宣家祥、于天仁, 1964: 土壤电化学性质的研究: IV. 悬液效应的产生原因。土壤学报, 第12卷 3 期, 307—313页。
- [2] Aslyng, H. C., 1954: The lime and phosphate potential of soils: The solubility and availability of phosphates. Roy. Vet. Agric. College Copenhagen Yearbook.
- [3] Larsen, S., 1965: The influence of calcium chloride concentration on the determination of lime and phosphate potential of soil. J. Soil Sci., 16: 275—281.
- [4] Lisanti, L. E., 1964: Untersuchungen über das Kalkpotential des Bodens. Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenk., 107: 11—18.
- [5] Schofield, R. K. and Taylor, A. W., 1955: The measurement of soil pH. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 19: 164—167.
- [6] Turner, R. C. and Nichol, W. E., 1962: A study of the lime potential: 1. Conditions for the lime potential to be independent of salt concentration in aqueous suspensions of negatively charged clay. Soil Sci., 93: 374—382.
- [7] Turner, R. C. and Nichol, W. E., 1962: A study of the lime potential: 2. Relation between lime potential and percent base saturation of negatively charged clays in aqueous salt suspensions. Soil Sci., 94: 58—63.
- [8] Turner, R. C. et al., 1963: A study of the lime potential: 3. Concerning reactions responsible for the magnitude of the lime potential. Soil Sci., 95: 186—191.
- [9] Turner, R. C., 1965: A study of the lime potential: 5. Significance of the lime potential in aqueous acid clay systems. Soil Sci., 100: 14—19.
- [10] Turner, R. C. and Clark, J. S., 1965: Lime Potential and degree of base saturation of soils. Soil Sci., 99: 194—199.
- [11] Ulrich, B. 1961: Boden und Pflanze, Ihre Wechselbeziehungen in Physikalisch-chemischer Betrachtung. Enke Verlag, Stuttgart.
- [12] Wang Ching-hua and Yu Tian-ren 1981: Lime potential of soils as directly measured with two ion-selective electrodes. Z. pflanzenernähr. Bodenk., 144: 514—523.
- [13] Webster, G. R. and Harward, M. E., 1959: Hydrogen and calcium ion ratios in dilute equilibrium solutions as related to calcium saturation. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 23: 446—451.
- [14] Крупский, Н. К. и др., 1975: Электрометрические методы определения активности ионов в почвах. X. Электрометрический метод определения известкового потенциала в почвах. Агрохимия, №3: 133—138.

LIME POTENTIAL OF RED AND YELLOW SOILS

Wang Jinghua and Yu Tianren

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

A new method was used for the determination of lime potential of soils in the field. A flat-type glass pH electrode and a calcium-selective electrode were inserted into the thick soil paste, and the $\text{pH}-0.5\text{pCa}$ value was found by measuring the potential difference directly with a portable mV-meter. It was found that the ranges of lime potential of various soils were: 1.4—3.0 in yellow soils under natural forest; 1.6—2.5 in laterites under monsoon forest; 1.7—4.0 in laterites under rubber tree; 1.8—2.5 in upland soils with shifting cultivation, 3.2—5.5 in paddy soils. The lime potential in paddy soils was highest at the middle part of the soil profile, and that in other types of soil was lowest at a certain depth in the middle part of the soil profile. For a terra rossa, the lime potential was as high as 6.3—6.7. The lime potential was determined primarily by the status of exchangeable calcium which affected the pCa value as well as the pH value of the soil. For terra rossa, paddy soil and laterite, the pH values were higher by 5, 3 and 1 units than the pCa values respectively, whereas for yellow soil profile with strong acidity, the pH values were lower by about 0.5 unit than the pCa values. On acid soils the plant can induce the redistribution of calcium within the soil profile, enriching calcium in the surface layer, whereas in paddy soils the percolation water can cause the leaching of calcium applied as fertilizers from the cultivated layer to plowpan and lower horizons.