

土壤pH与土壤养分有效度和玉米生长之间的关系*

孟赐福 周俊三 水建国

(浙江省农科院土肥所)

土壤养分有效度的高低通常以土壤中植物易吸收形态的养分数量多寡来衡量。土壤 pH 是影响养分有效度的一个重要因素。

酸性土壤通过施用石灰来提高作物产量,是我国南方红壤地区采用的一项传统农业措施。酸性土壤施用石灰后引起的土壤pH变化,影响着土壤养分的有效度和作物对养分的吸收,最终反映在作物的产量上。长期以来,人们一直认为在接近中性时,土壤养分有效度最高,因此石灰的用量均按把土壤的pH调节到近中性来计算。然而,近年来的若干研究还表明,风化程度很高的土壤,将pH提高到近中性,会降低某些养分的吸收,并导致作物产量的降低,因此上述观点值得重新考虑。

一般认为:土壤对磷的专性吸附随pH增大而减少,因此施用石灰会提高土壤磷的有效度。pH还影响土壤钾的固定和释放。然而,pH对土壤磷和钾的有效度影响,多年来一直有完全相反的报道^[1,2]。

本文通过土壤pH与土壤养分有效度之间关系以及土壤pH对杂交玉米吸收N、P、K、Ca及Mg的影响的研究,提出玉米生长的最适土壤pH。

试验方法

供试土壤采自浙江省兰溪县上华红壤综合试验场,为发育于第四纪中更新世红色粘土的荒地黄筋泥,粘壤土,pH4.81,有机质0.48%,全氮、全磷、全钾分别为0.05、0.07及0.85%,速效氮、磷、钾分别为32、痕迹及50ppm,总酸度和交换性铝含量分别为6.80和6.68毫克当量/100克土。

供试土壤风干后过2毫米筛。取3.5公斤土和相应数量的石灰石粉(74%过100目筛)与肥料充分混合,装盆(15×20厘米)。石灰石粉的用量分每公斤土施0、1、2、4及8克五个水平。为了区分石灰和作物对土壤养分有效度的影响,试验设置了种玉米和不种玉米二个系列,种玉米的重复8次,不种玉米的重复4次。

所有盆钵均施100ppm N(尿素),100ppm P和125ppm K(磷酸二氢钾),5ppm Zn(硫酸锌),1ppm Mo(钼酸铵)。

装入盆钵中的土壤在田间持水量的条件下,培养3天后,播种杂交玉米(壳黄),最后定

* 参加试验的还有刘晓寒、朱关龙、吴顺法、水建芬等同志。

苗至4株，出苗后20天采集植株样品和土样。植株样品在70℃的烘箱下保持48小时，称重后磨碎过40目筛，供化学分析用。

交换性铝用土液比为1:25的1N KCl提取，中和滴定法测定；土壤pH用玻璃电极测定，土水比为1:5；碱解氮用扩散法测定(1.8N NaOH，在40℃下扩散20小时)；速效磷用Bray-I法测定；用火焰光度计测定以1N中性醋酸铵提取的速效钾和1:5土水比平衡48小时后的水溶性钙。以H₂SO₄-一硒粉-硫酸铜消化植株样品，并分别用扩散吸收法、钒钼酸铵比色法和火焰光度计法测定植株的氮、磷、钾；用1N HNO₃消化植株样品，用原子吸收法测定钙和镁。

氮的挥发试验按下述方法进行：在每公斤土施石灰石粉0、1、2、4及8克的不种玉米的土壤上，将0.35克尿素采用表施和深施5厘米两种方法，然后将装有50毫升2%的硼酸溶液加5—6滴混合指示剂的蒸发皿，放到土壤表面设有支架的盆钵内。盆口涂以凡士林，其上复盖与盆口直径相同的聚乙烯薄膜，再复一张大一些的薄膜，最后用橡皮筋固紧，以防氨从盆口逸出。硼酸吸收的氨用0.02N HCl滴定。尿素施后的第2、9、18及30天测定其氨的挥发损失，每一处理重复二次。

结果与讨论

产量 随着石灰石粉用量的增加，土壤pH升高，交换性铝下降。每公斤土施用4克石灰石粉的(相当于1200斤/亩)，土壤pH升高到7.0，交换性铝接近完全消失。土壤pH低于7.0时，玉米的株高、地上部干重及根干重均随土壤pH的升高而显著增加，当土壤pH从7.0继续上升到7.6时，这三者又急剧下降，但仍比不施石灰的对照要高(表1)。土壤pH低时玉米

表1 土壤pH对玉米生长的影响

石灰石粉 (克/公斤土)	pH		交换性铝 (毫克当量/100克土)	株高 (厘米)	地上部干重 (克/盆)	根干重 (克/盆)
	H ₂ O	KCl				
0	5.0	4.3	4.43	27.4e*	0.74e	0.30e
1	5.5	4.5	2.77	53.1bc	3.16d	1.53d
2	5.9	4.6	0.84	54.1b	4.23b	2.90b
4	7.0	6.1	0.01	69.8a	6.80a	4.33a
8	7.6	6.9	0	48.0cd	4.04bc	2.33bc

* 同一列中注有相同字母的平均数差异经新复极差测验，为未达到5%显著水平，下同。

生长严重受阻，显然是由于铝离子毒害作用的结果，而土壤pH(7.6)高时玉米生长又受到阻碍，则可能是由于微量元素(如Zn、B、Mn等)的有效度降低所致。

尿素的氨挥发损失 根据30天内氨挥发的总量绘于图1。在pH4.7—7.9的范围内，表施尿素的氨挥发损失随pH升高而呈直线地增加。由氨挥发作用的反应方程：



可以知道，pH愈高，愈有利于使上述反应向右进行从而使氨的挥发损失加大。因此，施入尿素土壤的原始pH对氨的挥发影响很大。

尿素深施5厘米后可大大减少氨的损失，特别是在pH7以下时，尿素的氨损失还不到施入量的1%；土壤pH超过7时，氨的损失急剧增加，但仍比表施的要少得多，pH7.9时，尿素深施5厘米的氨损失仅为表施的41%(图1)。施用石灰不久的土壤即使石灰没有过量，

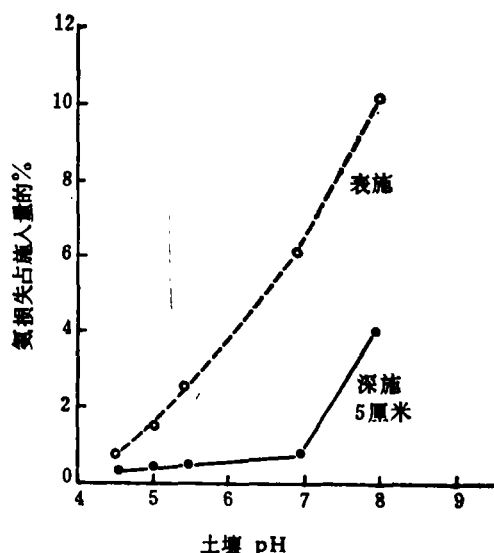


图1 pH和尿素施用深度对氮挥发损失影响

在地上部和地下部)中的氮含量随着pH的增高而减少,恰好与土壤有效氮的变化吻合。这种降低是土壤有效氮的降低和植物的稀释作用所造成的。然而,当土壤pH增高到7.0以上时,植株中的氮浓度又趋向增大(表3),这可能是在高pH时玉米生长受压抑,造成对养分的平衡吸收之故。尽管如此,由于玉米的干物质产量随pH的升高而增加(表1),因此玉米对氮的吸收量在pH5.0升高到5.5时急剧增加,此后吸收量的增加渐趋缓慢(表4)。

表2 种玉米和未种玉米的土壤养分含量(ppm)

土壤 pH	种 玉 米					不 种 玉 米					
	N	P ₁	P ₄	K	水溶Ca	土壤 pH	N	P ₁	P ₄	K	水溶 Ca
5.0	7.9a	12.0a	6.8c	176a	6d	5.3	124a	13.8a	9.5a	217a	5d
5.5	4.3b	10.6b	8.7ab	160b	5d	5.7	99bc	10.7b	9.5a	210ab	8d
5.9	4.6b	9.9bc	9.7a	144c	9c	5.9	103b	9.1c	10.0a	217a	13c
7.0	3.9b	5.9d	8.2bc	118c	23b	7.2	92bc	6.0d	9.5a	186d	58b
7.6	3.2b	3.6d	9.4ab	135cd	43a	7.8	80d	3.2c	11.3a	171e	111a

* P₁和P₄分别为取样后立即测定和4个月后测定的Bray-I提取的速效磷。

磷 种玉米和不种玉米土壤中用Bray-I溶液提取的P, 风干后立即测定的数值随pH的增大而显著下降(表2)。供试土壤的交换性铝含量很高,施用石灰后新沉淀的无定形聚合羟基铝离子会自身形成沉淀或包蔽到土壤胶体颗粒上去,形成一种新的、活性很高的吸附表面,因此施石灰后增加磷的吸附,减少有效磷^[1]。至于在高pH(>7.0)时有效磷的进一步减少则是形成难溶性磷酸钙的缘故。然而,同样的土壤放置4个月后再进行测定,出现了与上述相反的情形,种玉米土壤的P₄在pH5.0—5.9范围内却随pH的升高而显著增大; pH大于5.9时,有效磷受pH的影响很小(表2)。不种玉米土壤的P₄受土壤pH的影响不大。新形成的聚合羟基铝离子老化后,会降低它们对磷的吸附量^[3],或许可以解释施过石灰的风干土放置4个月后速效磷增大的原因。由此可见,用来测定土壤有效磷的风干土的放置时间与测定值有很大关系。

植株中的磷含量在pH5.5时最高(表3)。在低pH时,土壤溶液中过量的铝会抑制植物对

但由于撒施后耕耙的次数不多,石灰大多聚集在5厘米左右的表土内,而石灰需要量则是根据15厘米的土层计算的,因此这段时间的土壤pH往往会超过7。施用尿素和铵态氮肥时,应注意深施复土,以防氨的挥发损失。

氮 在所研究的土壤pH范围内,种玉米和不种玉米的土壤中的碱解氮均随着pH的增大而显著减少,在土壤pH超过7.0时尤甚(表2)。氮的挥发损失机制可说明不种玉米土壤的碱解氮随pH升高而减少的原因,至于种玉米土壤中碱解氮的这种变化则是氮挥发损失和玉米对氮的吸收随pH升高而增加(表4)的双重作用的结果。

在土壤pH5.0—7.0范围内,玉米植株

表3

玉米植株中的养分含量(%)

土壤 pH	地 上 部					地 下 部				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
5.0	2.39ab*	0.10c	3.65b	0.71e	0.31e	2.05a	0.11b	2.18bc	0.57c	0.30e
5.5	2.41a	0.24a	3.93a	1.10cd	0.38cd	1.35bc	0.16a	2.47a	0.56e	0.35ed
5.9	1.96cd	0.14b	3.61bc	1.44ab	0.41c	1.13cd	0.11b	2.37ab	0.63e	0.36c
7.0	1.38e	0.09c	2.40b	1.30bc	0.49a	0.81e	0.06d	1.46e	0.81b	0.52a
7.6	2.03c	0.09c	3.33c	1.64a	0.44b	1.52b	0.07d	2.29d	1.38a	0.42b

表4

不同pH水平土壤中玉米对养分的吸收(毫克/盆)

土壤 pH	地 上 部					地 下 部				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
5.0	17.7e	0.7e	27.0e	5.3e	2.3e	6.2e	0.3e	6.5e	1.7e	0.9e
5.5	76.2bc	7.6a	124.2c	34.8d	12.0d	20.7d	2.4bc	37.8d	8.6b	5.4d
5.9	82.9bc	5.9bc	152.7ab	60.9bc	17.3bc	32.8bc	3.2a	68.7a	18.3c	10.4b
7.0	93.8a	6.1b	163.2a	88.4a	33.3a	35.1a	2.6bc	63.2ab	35.1a	22.5a
7.6	82.0ab	3.6d	134.5bc	66.3b	17.8b	35.4a	1.6d	53.4c	32.2ab	9.8bc

磷的吸收和运输,因此植株中磷浓度显著降低;高pH时植株磷含量的降低则是由于磷有效度的降低所造成的。玉米对磷的吸收量在pH5.5—7.0之间较高(表4)。土壤pH对玉米吸收磷的影响基本上与植株中的磷含量是一致的。

钾 在pH5.0—5.9之间,不种玉米土壤中的速效钾不受土壤pH的影响,种玉米土壤却随pH升高而显著下降(表2)。后一种情形的速效钾降低是作物对钾吸收量的增大所造成的。当土壤pH由5.9增高到7.0或7.2时,种玉米和不种玉米土壤中的速效钾均随pH升高而显著降低。据Van Diest^[4]报导,pH能影响钾的固定,pH值低时,聚合羟基铝离子能阻止钾占据粘土矿物的晶格位置;pH值较高时,钙可以置换这种位置上的铝。钙阻止钾占有这些位置的能力比铝要弱得多。因此在高pH时,有较多的钾离子进入粘土矿物的晶格位置而使其固定,从而降低了土壤速效钾的含量。

当土壤pH由5.0升高到5.9时,植株钾含量显著增大,此后它又随pH的升高而急剧下降,土壤pH超过7.0时它又开始增大(表3)。玉米植株的吸钾量随土壤pH增大而增大,pH5.9—7.0之间不受pH的影响,pH超过7.0时,吸钾量又急剧下降(表4)。土壤pH对玉米植株钾含量和钾吸收的影响,反映了它对土壤养分有效度和玉米生长这两个因素的综合作用。

钙和镁 如所预料,由于石灰的加入,土壤中的水溶性钙随着土壤pH的升高(即石灰用量的增大)而急剧增大(表2);同样,植株中钙镁含量和吸收均随土壤pH的升高而显著增加。不过,植株中的镁含量和吸收在pH超过7.0时有下降的趋势(表3和表4)。

小 结

土壤中氮、磷、钾及水溶性钙的有效度及玉米对这些养分的吸收均受土壤pH(石灰用量)的影响。尽管在所研究的pH范围内,土壤速效氮、磷及钾的有效度均有随土壤pH升高而降低的趋势,但玉米对这些养分的吸收随pH变化的趋势却与玉米的干物质产量一致,即随pH升高而增加。这说明,影响玉米吸收养分的主导因素是土壤中的交换性铝。至于土壤pH大于7.0时玉米吸收的养分又转趋减少,可能由于养分吸收不平衡和某些养分的缺乏所造成

的。

土壤溶液中即使只有极少量的铝，也会抑制玉米吸收养分和生长，因此，要使玉米获得高产，须将土壤pH调节到接近中性。

尿素表施会引起严重的氨的挥发损失，这种损失随着土壤pH升高而急剧增加，特别是在pH大于7.0时，深施可大大减少尿素的氨挥发损失。因此，在施用石灰的土壤上，施用尿素和铵态氮肥应注意深施复土。

石灰施用过量时，会显著降低磷和钾的有效度。所以，连年施用石灰或石灰施用过量的土壤上，作物都易于发生缺磷和缺钾症状。对这类土壤应增施磷、钾肥和硼、锌、锰等微量元素，并停止石灰的施用。

参 考 文 献

- [1] Haynes, R. J., Soil Sci., 135: 221-227, 1983.
- [2] Tisdale, S. L. and W. L. Nelson (孙秀延、曹志洪等译)，土壤肥力与肥料，第153页，科学出版社，1984。
- [3] Sims, J. T. and B. G. Ellis, Soil Sci. Soc. Am. J., 47:912-916, 1983.
- [4] Van Diest, A. (梁德印译)，影响土壤钾肥有效度的因素。国外农学—土壤肥料，第1期，23—25页，1982。

土壤有效硅含量变化的初步研究

臧惠林

(中国科学院南京土壤研究所)

近年来，在我国南方不同土壤上，对水稻硅肥肥效的研究，积累了较多的资料。对我国南方水稻土的供硅能力进行了大致的划分^[1]，基本上明确了我国南方水稻施用硅肥的前景。为了进一步探讨土壤有效硅含量变化与土壤性质的关系，本文特作初步的讨论。

一、土壤有效硅含量和土壤性质的关系

我国台湾省调查结果，酸性(pH5—6)红壤性水稻土和酸性冲积性水稻土的有效SiO₂一般为每百克土2.8—5.5毫克(酸性缓冲液提取，下同)，中性至碱性(pH7—8)水稻土则为17.3毫克^[2]。国外资料表明，重粘土和pH高于6.6的盐土供硅能力高。我国南方水稻土供硅能力的一般规律是：红砂岩和花岗岩母质发育的水稻土，供硅能力低，玄武岩和长江三角洲冲积物发育的土壤供硅能力高。前一类土壤的特点是砂性强和偏酸性，后一类土壤或则粘粒含量很高，或则粘粒含量较高且偏中性。若以有效硅含量(SiO₂毫克/100克土)为y，pH值和粘粒含量分别为x₁和x₂，根据所收集的27个样品统计结果，其关系式是：

* 本文得到陈家坊、何电源同志斧正，谨致谢意。