

连续施石灰对作物生长及其 养分吸收的影响*

张效朴

(中国科学院南京土壤研究所)

郑根宝

(浙江省金华蒋堂农场农科所)

摘 要

在浙江金华由红色粘土发育的酸性水稻土上,对稻—稻—大麦连续9次施石灰的试验结果表明,适量地施石灰可使大麦增产2—3倍,而水稻的反应一般不明显。对土壤和作物的测定显示,大麦增产的原因主要与石灰提高土壤pH,消除铝的毒害,提高磷肥有效性,促进根系发育,并显著增强大麦对磷、钾等养分吸收有关。但施石灰反而降低了水稻对磷素的吸收。因此,石灰一般宜用于大麦等旱作物。从产量、经济效益、消除铝毒及养分有效性诸因素综合考虑,对大麦的石灰用量以中和土壤pH至6.0左右为宜。但不论何种作物,连续大量地施石灰都是极不可取的。

改良酸性土壤一般都强调施石灰,但是,哪些作物、什么条件下需要施,施多少为宜,石灰对不同作物生长和土壤养分有效性的影响及其作用机制等等说法不一^[6,9,11,12,14,16]。我国南方红壤荒地及新改田上施石灰的效果是公认的,然而对一般性水稻土上施石灰的反应看法各异;有些地区(如广西桂林)土壤已为碱性,当地农民却还在施石灰;有些地区(如贵州省某些地区)石灰用量有时高达8000斤/亩。生产实践提出的许多问题有些虽为科研人员所理解,却往往缺乏田间试验去证明。早些时候我们曾对土壤酸度与作物生长的关系作过初步研究^[4],本项工作旨在通过早稻—晚稻—大麦轮作制下连续施石灰的试验,以探讨石灰对作物生长、养分吸收及土壤化学和发生学性质的影响,本文先讨论前一部分。

一、试验材料与方法

田间试验在浙江省金华县蒋堂农场进行。供试土壤为第四纪红色粘土上新垦8年的水稻土,改水田初期曾施过石灰,其主要农化性质见表1。试验处理为:1. 无肥对照(0); 2. 无肥区加石灰200斤/

* 田间试验得到徐光亮同志大力支持;论文编写曾得到于天仁、龚子同教授斧正,谨致谢忱。

表 1 供试土壤的主要农业化学性质

Table 1 Some properties of soils used in experiment

土样编号 No. of soil samples	土壤种类 Soil type	pH (H ₂ O)	有机质 (%) O. M.	阳离子交 换量 (m.e./ 100g) CEC	水解性氮 (N, mg/ 100g) Hydroly- zable N	有效磷 (P ₂ O ₅ , ppm) Available phosphorus	有效硅 (SiO ₂ , mg/ 100g) Available SiO ₂	交换性阳离子 (mg/100g) Exchangeable cations		
								K	Ca	Mg
田间 I	红色粘土发 育的水稻土	4.93	2.52	8.34	12.7	16.5	6.9	10.0	97.0	9.9
培 I	红色粘土 (荒地)	5.02	0.65	7.95	6.5	0.40	12.4	4.8	23.5	2.6
培 II	红色粘土发 育的水稻土	5.63	1.78	8.20	17.2	8.3	7.5	7.2	70.4	7.7
培 III	红砂岩发育 的水稻土	6.06	1.01	3.39	10.2	10.0	3.6	3.5	49.2	4.4

亩; 3. 只施氮、磷、钾 (CK): 每季 N12 斤/亩 (硫酸铵 60 斤/亩, 或尿素 30 斤/亩), P₂O₅ 6 斤/亩 (过磷酸钙 40 斤/亩), K10 斤/亩 (氯化钾 20 斤/亩); 4、5、6 三处理是在 CK 基础上分别加施石灰 100 斤、200 斤和 400 斤/亩。试验从 1980 年春始至 1983 年夏止, 每年皆行早稻—晚稻—一大麦轮作, 共 9 季。石灰皆于每季插秧或播种前几天先行撒施, 而后再按处理施其他肥料 (部分氮肥追施)。试验田前茬作物为冬季绿肥; 从第三季始曾连续三季于施氮磷钾肥区施用猪牛栏粪 1000 斤或 2000 斤/亩, 后四季未再施有机肥。作物成熟后分区收获籽粒和稻草产量, 并同时采取土壤和植株样品以供分析。

室内培养试验的土壤有 3 种 (见表 1), 试验处理把每种土壤分两组, 第一组不加化肥, 第二组加氮磷钾化肥 (以尿素和磷酸二氢钾形态加入; N, P₂O₅, K 用量分别为土重的 0.02%, 0.02% 和 0.011%)。每组均再分 6 级加施 CaCO₃, 用量分别为土重的 (1)0.0%, (2)0.05%, (3)0.10%, (4)0.15%, (5)0.20%, (6)0.30%; 其中 III 号土增加 0.025% 为 (2) 处理, 而去掉 0.30% 的一级, 仍为 6 级。CaCO₃ 与土壤和肥料拌匀后即加蒸馏水过土面, 置温室培养, 一俟土面露出, 再加水 (中途和后期曾短时期脱水), 4 个月后取样分析。

土壤和植物分析均用常规法^[1]进行, 有效磷用 NaHCO₃ 法提取。

二、结果与讨论

(一) 连续施石灰对不同作物生长和产量的影响

从表 2 结果可以看出, 三季大麦的产量皆因施用石灰而大幅度提高, 第一年分别增产 1 倍至 2 倍半以上, 第二年仍将保持这个势头, 到第三年时由于生理酸性化肥酸化土壤的结果, 对照 (CK) 区几乎颗粒无收, 而施石灰的各处理仍较正常。田间观察表明, CK 区大麦在开春后不久即有黄化现象, 接着则有部分麦苗枯死; 到第三年, CK 区麦苗几乎全部死光, 区内生长的皆是像牛毛草及看麦娘之类的耐酸性野草。而施石灰区, 根系发达, 分蘖多, 茎秆粗壮, 抽穗整齐, 成穗率高, 穗大粒多, 籽粒饱满, 因此最后表现大幅度增产。这就进一步证明了我们以往的看法, 即在酸性土壤上, 施石灰是保证大麦正常生长和高产的关键性措施, 酸性土壤如若再施用生理酸性化肥则尤其如此。然而在无肥区, 施石灰虽然增产幅度也很大, 但其绝对产量毕竟太低。从而又表明, 石灰只有在氮磷钾肥或有有机肥基础上, 才能更好地发挥增产效益。

表 2 石灰的连续施用和不同用量对作物产量的影响
Table 2 Effect of amounts and times of liming on the yield of crops

试验处理(石灰用量, jin/mu) Treatment (amounts of liming)		1980	1981	1982	1983	三年平均 Average of three years	相对% Relative %
大麦产量(斤/亩) Yield of barley (jin/mu)							
无肥区	(1)0	—	26	11	14	17.0	100
	(2)200	—	56	92	40	62.7	369*
施肥区	(3)CK	—	92	97	12	67.0	100
	(4)100	—	212	204	152	189.3	283*
	(5)200	—	288	240	190	239.3	357*
	(6)400	—	320	197	124	213.7	319*
早稻、晚稻产量(斤/亩) Yield of rice (jin/mu)							
无肥区	(1)0	— 300	464 400	350 300	—	366.8	100
	(2)200	— 280	448 440	320 400	—	377.6	103
施肥区	(3)CK	888 642	644 472	552 620	—	636.3	100
	(4)100	813 670	654 532	542 611	—	637.0	100
	(5)200	856 638	670 544	572 595	—	645.8	102
	(6)400	860 652	680 554	596 628	—	661.7	104

* $p < 0.05$

从表 2 还可看出,与大麦相反,早稻和晚稻对石灰几乎无反应。虽然试验中期施过有机肥的两季,可能由于石灰加速了有机肥的分解和养分释放,致使水稻产量似略有提高的趋势,但都未达到显著水平。可见,像水稻这种对土壤 pH 适应性较强的作物,一般无需施石灰,特殊情况当然例外。

(二) 对土壤酸度的影响及其与大麦产量的关系

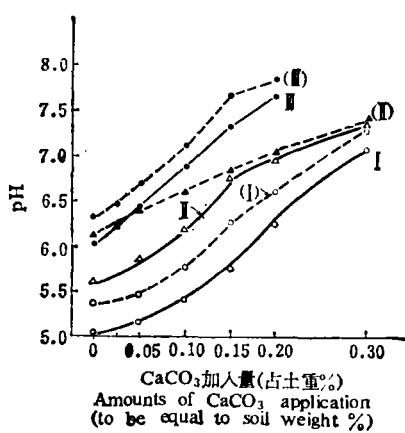
试验结果(表 3)表明,各季成熟期的土壤 pH 值随石灰用量和施用次数的增加而不断提高;但当 pH 达 7.6 之后,继续施石灰,土壤 pH 已不再增加或增加甚微。在施用生理酸性化肥条件下,CK 区 pH 值在 4.93—4.54 范围内逐渐向下波动;亩施 100 斤石灰处理到第四季末 pH 达 5.6,此后在 5.6—6.0 间缓慢上升;而亩施 200 及 400 斤石灰者,分别在第二季和第一季 pH 即达 5.5 或更高,到第四季和第三季 pH 都已达 6.6 以上。室内培养试验结果表明(图 1),土壤 pH 值与 CaCO_3 加入量在一定范围内大致呈正相关;土壤种类虽有异(皆为酸性红壤),pH 上升曲线的形状却较相似,大体皆呈斜体“J”状;土壤缓冲性能及原 pH 水平将影响曲线的斜率或方向。例如施用土重的 0.05% CaCO_3 于交换量低且原 pH 水平较高的砂质土(培 III)时,比施于原 pH 较低但交换量较高的粘质土(培 I),其提高 pH 的幅度要大一倍以上。

一般认为,消除活性铝的毒性是酸性土壤施石灰的主要目的。表 3 的结果还显示出,随着石灰用量及施用次数的增加,交换性铝迅速下降。在施用生理酸性化肥条件下,基本消除交换性铝所需的石灰用量和次数是: 100 斤/亩石灰约 4 次(季),200 斤/亩石灰需 2 次,400 斤/亩石灰只需一次,与此相应的土壤 pH 皆在 5.6 左右。看来,石灰对降低或消

表 3 连续施石灰对土壤 pH 及交换性铝的影响(田间试验)

Table 3 Effect of continuous liming on soil pH and exchangeable Al (field experiment)

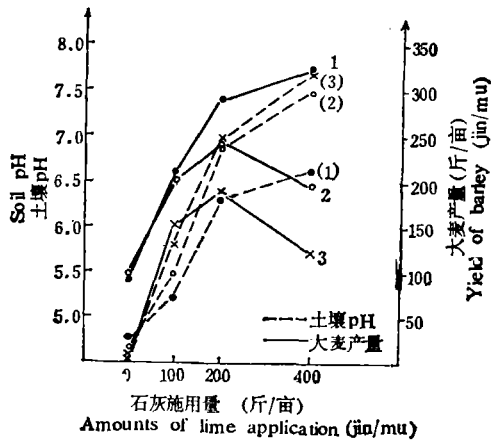
试验处理 (石灰用量, jin/mu) Treatment (amounts of lime application)	1980			1981			1982			1983(年)	
	4	7	11	5	7	11	5	7	11	5(月)	
pH (H ₂ O)											
无肥区	(1)0	—	—	5.16	5.03	5.13	4.96	5.10	4.96	4.75	
	(2)200	—	—	6.16	6.50	7.04	6.62	6.60	6.59	7.03	
施肥区	(3)CK	4.93	4.82	4.76	4.76	4.76	4.89	4.64	4.78	4.96	
	(4)100		5.01	4.96	5.18	5.56	5.68	5.47	5.60	5.66	
	(5)200		5.21	5.75	6.32	6.60	6.71	6.88	6.80	6.96	
	(6)400		5.50	6.10	6.60	7.23	7.28	7.48	7.64	7.59	
交换性铝 (mg/100g) Exchangeable Al											
无肥区	(1)0		—	—	4.7	6.3	—	—	—	—	10.0
	(2)200		—	—	0.45	0.0	—	—	—	—	0.0
施肥区	(3)CK	7.5	9.3	12.3	12.5	12.3	7.9	14.0	—	7.9	16.6
	(4)100		5.5	6.5	—	0.54	0.8	—	—	0.9	0.5
	(5)200		3.8	0.9	—	0.0	0.3	0.2	—	0.0	0.0
	(6)400		1.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	—	0.0	0.0



注: I, II, III 为土壤代号, 加括号者示加入 N, P, K 区组

图 1 CaCO₃ 不同用量对几种土壤 pH 的影响 (培养试验)

Fig. 1 Effect of amounts of CaCO₃ application on soil pH (pot experiment)



注: 1, 2, 3 分别代第 1 年, 第 2 年, 第 3 年

图 2 石灰用量, 土壤 pH 与 大麦产量的关系 (田间试验)

Fig. 2 Relation between amounts of lime application, soil pH and yield of barley (field experiment)

除活性铝的作用比提高 pH 作用更明显, 因为交换性铝的变化有时甚为敏锐。例如田间试验土壤 pH 从 5.6 降至 4.6 时只降 1 个 pH 单位, 而交换性铝却从 0.3 毫克上升到 16 毫克/100 克土, 此时因铝的毒害, 大麦已完全不能生长。这些结果与以往的研究及国外许多报道基本一致^[1,2]。

若把大麦产量与石灰用量及土壤 pH 三者相联系而作图 (图 2), 可以看出它们之间存在一定的关系: 即 pH 曲线既随石灰用量又随施用次数不断上升, 而大麦产量曲线却只有第一年与 pH 曲线相似, 以后的两年则已变成抛物线状, 高度上则一年比一年降低, 其产量相对降低的顺序是: 石灰 400 斤处理 > 200 斤处理 > 100 斤处理。由此推测, 呈抛物线的第二、三年产量曲线的转折点(高峰), 似应在 100 斤与 200 斤石灰处理之间的某处, 对应的 pH 值在 6.0—6.6 之间, 这与盆栽试验得出的大麦干物重最高时的 pH 范围^[1]基本相吻合。

明确作物生长的最适 pH 范围, 再参照土壤 pH 水平及缓冲性能, 则不难确定石灰施用量。但生产实践中不仅要考虑高产, 还要看经济效益, 以及石灰对土壤其它性质可能带来的影响等因素。近年来越来越多的人认为, 石灰用量应以恰可消除交换性铝的毒性为宜^[8-11,16]。我们虽也倾向于此, 但最好再参考作物的习性, 上述指标对小麦、玉米、大豆等作物也许是适宜的, 而对大麦(忌酸)则稍嫌不足。又鉴于交换性铝与土壤 pH 值之间相关性甚好, 且测定土壤 pH 比测定交换性铝简单易行, 因此似可用土壤 pH 值作指标, 而基本消除交换性铝的 pH 约为 5.6, 对大麦的石灰用量似以中和土壤 pH 至 6.0 左右为宜。

(三) 连续施石灰对作物吸收氮磷钾的影响

施石灰能否提高酸性土壤磷素的有效性说法很不一致^[3,6,11-13,16]。我国南方酸性土区以水—水—旱为主的轮作制下, 不但土壤磷素的有效性有其自身特点, 施石灰对磷素吸收的影响也与一般旱作土壤不同。从我们的试验结果(表 4) 可以看出, 不同作物秸秆的含磷量, 不论是单季比较还是几季的平均值, 旱作大麦皆显著地随石灰用量的增加而提高

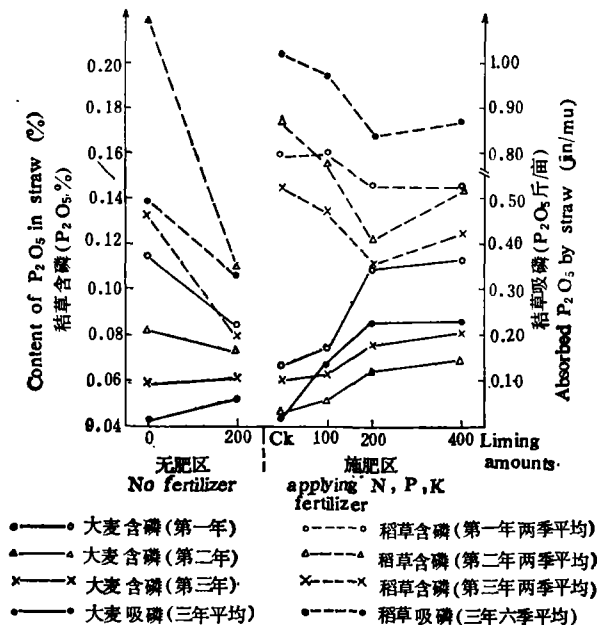


图 3 连续施石灰对大麦和水稻吸收磷素的影响(田间试验)

Fig. 3 Effect of continuous liming on P uptake by barley and rice (field experiment)

表 4 连续施石灰对作物吸收氮磷钾及土壤氮磷钾水平的影响(田间试验)

Table 4 Effect of repeatedly liming on the content of available N, P, K in soil and the N, P, K uptake by crops (field experiment)

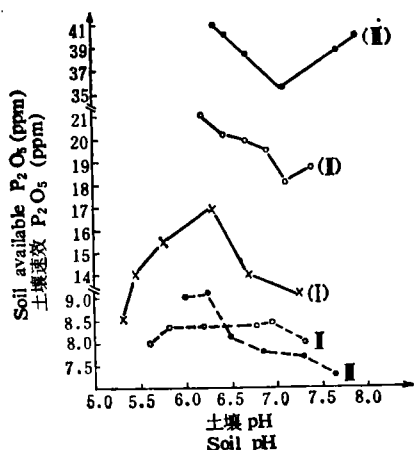
试验处理 (石灰用量, jin/mu) Treatment (amounts of liming)	N		P ₂ O ₅		K				
	大麦 Barley	水稻 Rice	大麦 Barley	水稻 Rice	大麦 Barley	水稻 Rice	前两季水稻平均 (1980年) Average of two seasons rice	后四季水稻平均 (1981年+1982年) Average of four seasons rice	
. 稻草含量(%) Content of nutrients in straw (%)									
无肥区	(1)0	0.63	0.68	0.085	0.177	0.80	1.67	—	1.67
	(2)200	0.54	0.66	0.073	0.095	0.69	1.69	—	1.69
施肥区	(3)CK	0.52	0.88	0.058	0.160	0.95	1.92	1.61	2.09
	(4)100	0.49	0.87	0.063	0.137	1.14	2.00	1.88	2.06
	(5)200	0.57	0.84	0.083	0.126	1.51	2.09	2.16	2.05
	(6)400	0.50	0.88	0.088	0.138	1.24	1.89	1.94	1.86
. 稻草吸收总量(斤/亩) Absorbed amounts by plant (jin/mu)									
无肥区	(1)0	0.13	1.85	0.017	0.488	0.17	4.89	—	4.89
	(2)200	0.35	2.32	0.050	0.330	0.45	6.32	—	6.32
施肥区	(3)CK	0.33	5.41	0.037	1.02	0.63	12.0	12.7	11.7
	(4)100	0.99	5.57	0.127	0.982	2.31	12.7	14.0	11.7
	(5)200	1.49	5.49	0.217	0.828	3.91	13.6	16.7	12.1
	(6)400	1.22	5.77	0.213	0.896	2.95	12.2	15.0	10.8
		土壤水解氮 (N, mg/100g) Soil hydrolyzable N		土壤速效磷 (P ₂ O ₅ , ppm) Soil available P ₂ O ₅		土壤速效钾 (K, mg/100g) Soil available K			
无肥区	(1)0	11.9	11.5	13.4	14.3	5.1	5.3	—	5.3
	(2)200	9.7	11.3	12.9	12.8	4.7	5.0	—	5.0
施肥区	(3)CK	12.6	12.5	19.9	18.2	6.8	6.4	5.3	7.2
	(4)100	12.3	12.2	21.0	18.6	6.9	5.9	4.8	7.8
	(5)200	12.5	12.6	19.9	21.3	7.5	7.2	5.8	7.7
	(6)400	12.0	12.8	24.0	20.9	6.4	7.2	6.3	7.6

注: 凡未标明季数者,“大麦”皆为 3 季平均数,“水稻”皆为 6 季平均数。

(除 400 斤/亩石灰处理略有减缓外),而水稻却大都以石灰处理较低(图 3);根据含磷量和稻草产量计算而得的吸磷量也有同样趋势,只是因石灰对大麦的增产作用而使吸磷量提高的幅度更扩大了。从而表明,适量的石灰可增强大麦对磷素的吸收作用,但却降低水稻的吸磷量。后者从用同位素磷进行的盆栽试验中可得到进一步证明^[4],同位素试验还表明,降低吸收的主要是肥料磷。

石灰对大麦和水稻吸磷的这一截然相反的影响,一种可能是两种作物的生理特性不同,另一可能是水田栽培与旱作种植的条件不同,因而磷酸盐的有效性也不同。在淹水还原条件下,土壤中非闭蓄态磷酸铁、铝是水稻可以吸收利用的^[9]。而施石灰后,可能因羟基离子的骤然增加,从而抑制或竞争水稻根系对溶液中磷酸根的吸收;抑或由于磷酸根被

处于水化铁铝氧化物交换位上的钙离子或游离碳酸钙所吸附^[12], 从而降低水稻对磷的吸收。然而大麦是一种忌铝作物, 在较多的活性铝存在时, 它可能难以吸收与铁、铝结合的磷酸根。鲁如坤等研究证明旱作物对磷肥的反应比水稻高得多^[3], 那也许可间接说明旱作物对磷酸铁、铝的吸收要比水稻低得多。但可以肯定的是, 施石灰大大改善了大麦的生长环境, 消除了铝毒, 促进了根系的发育, 从而必将增强其吸磷能力; 另一方面, 在旱作条件下, 土壤 pH 的提高可能有利于磷酸铁、铝向钙盐方向转化, 从而降低了铁、铝对磷的固定^[6,13], 提高了磷的有效性。不过, 400 斤/亩石灰处理的大麦吸磷量有所减缓的事实又表明, 过量的石灰很可能因形成磷酸钙盐沉淀, 或者可能被新形成的高度活性的 Al—OH 多聚体所吸附^[16], 而导至吸磷量的降低。室内培养试验结果(图 4)显示, 在几种土壤的不同 pH 条件下大致有如下规律: 当 pH 5.5 以下时土壤有效磷水平较低, 在 pH 6.0—6.5 范围内磷水平较高, pH 大于 6.7 之后有效磷又有所下降。这些结果与某些报道较接近^[7,12]。图中个别土壤在 pH 7.3 以上时有效磷反有所提高, 估计与石灰提高了土壤有效硅含量, 进而活化了土壤磷有关(拟另文讨论)。而若把图 4 与图 2 相对比则可看出, 大麦产量最高的 pH 范围与土壤有效磷含量最高的 pH 范围基本上一致, 可见石灰使大麦增产的作用与其提高磷的有效性有密切关系。但是在田间条件下, 除无肥区的石灰处理速效磷似略有下降外, 其余则无明显规律性变化, 这可能由于田间耕作条件较复杂, 干湿交替频繁, 肥料施用均匀程度的限制, 以及大麦与水稻吸磷量的相反趋势等因素所致。



注: I、II、III 为土壤代号, 加括号者为施 N、P、K 区组(因 I 号不施肥区含磷特低, 图中未绘出)

图 4 土壤速效磷水平与 pH 的关系 (培养试验)

Fig. 4 Relation of available phosphorus and soil pH (pot experiment)

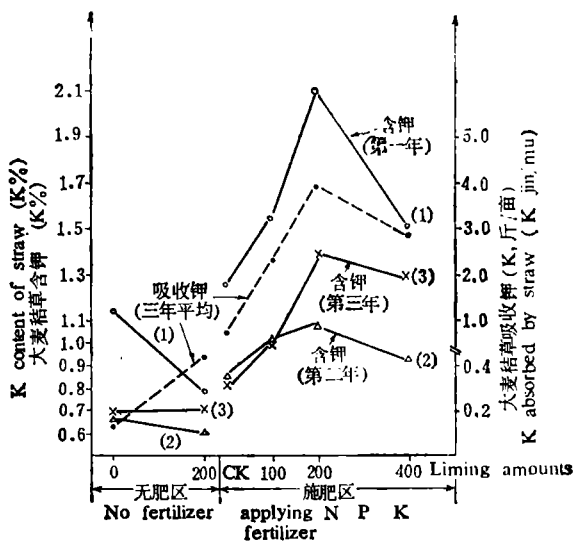


图 5 石灰施用量对大麦稻草含钾量和吸收钾总量的影响(田间试验)

Fig. 5 Effect of amounts of lime-application on the K uptake by barley plant (field experiment)

石灰施用量对作物吸收钾素的影响与磷有所不同。对大麦而言, 在有钾肥供应时, 若石灰用量较低, 则稻草含钾量随石灰用量的增加而提高(图 5), 但若石灰用量过高(如

400 斤/亩)时, 稻草含钾量则显著下降, 吸钾总量也同样如此。对比图 2 可看出, 这种含钾趋势与大麦的产量曲线十分相似。而在无肥供应时, 施石灰的处理稻草含钾量反而比不施者为低(可能是稀释作用所致)。这些都清楚地表明, 若土壤钾素水平较高, 适量地施石灰将显著提高大麦的钾素吸收, 并进一步促进大麦生长; 但过多地施石灰, 反而会降低钾素吸收, 进而影响大麦产量。连续施石灰对水稻吸收钾的影响在第一年的前两季其趋势基本与大麦相似(参见表 4), 仅仅是影响的程度较小罢了。而对后两年的 4 季水稻, 石灰用量低时钾素含量无变化, 石灰用量高时含钾量和吸钾量则反而降低了。这些看来似乎是矛盾的现象, 是否由于在较低石灰用量下或连续施石灰的初期, 因 Ca 离子对土壤吸附位的亲和力比 K 大^[7], 从而提高了土壤溶液中 K 离子的活度, 这有利于作物对 K 的吸收, 但过多的石灰施用, 有可能造成土壤溶液中 K/Ca 比例失调^[12, 16], 或由于增加了钾素固定^[12]和淋溶(另文再讨论), 从而降低了作物对钾的吸收。室内培养试验有助于说明过多的石灰可能增加钾素固定, 当 CaCO₃ 用量较高(第 5—第 6 级)时, 土壤交换性钾大都有所降低, 不同土壤和不同施肥条件下其降低幅度从 5% 到 27%。但对田间土壤测定结果, 不同处理间交换性钾的差异不明显, 这又可能是田间条件较复杂之故。

石灰对氮吸收的影响与磷和钾都不同。在施肥区内, 不同石灰处理间水稻的含氮百分数及吸氮总量均没有明显差异(见表 4), 大麦的含氮百分数也无多大变化, 吸氮总量却因石灰的施用而提高了好几倍, 不过那主要是石灰提高了大麦产量的结果。由此说明, 在有氮肥供给时, 施石灰对作物体内的氮素浓度没有明显影响。但在无肥区, 大麦和水稻体内的氮素浓度皆因石灰施用而略有降低, 吸氮总量又皆有所提高, 与之相应的是土壤水解氮水平也略有下降。这说明在无氮供应时, 施石灰多少促进了土壤氮的释放; 另外也暗示, 在此种条件下, 作物吸氮量的增加是以土壤氮的耗损为代价的, 换句话说, 如果不施含氮肥料而单独施石灰, 只会使土壤越来越贫瘠, 无怪乎有人称此种耕作法为“惩罚性种植”。

参 考 文 献

- [1] 裴子同等著, 1983: 华中亚热带土壤。第 13 章, 182—194 页(土壤酸碱性及石灰施用), 湖南科技出版社。
- [2] 李西开主编, 1983: 土壤农业化学常规分析方法。科学出版社。
- [3] 鲁如坤、蒋柏藩、牟润生, 1965: 磷肥对水稻和旱作的肥效及后效的研究。土壤学报, 第 13 卷 1 期, 152 页。
- [4] 何电源、臧惠林、张效朴, 1980: 炉渣作为硅肥在红壤性水稻土上的效应。土壤学报, 第 17 卷 4 期, 355—364 页。
- [5] 蒋柏藩、鲁如坤、顾益初、李阿荣, 1963: 南方水稻土中的磷酸铁对水稻磷素营养的意义。土壤学报, 第 11 卷 4 期, 361 页。
- [6] 鲁如坤、于天仁、姚文华, 1956: 石灰对红壤中磷肥有效性的影响。土壤学报, 第 4 卷 2 期, 143—158 页。
- [7] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。第九章 333—344 页, 科学出版社。
- [8] Yuan T. L., 1970: Interpretation of soil pH in liming practice. Soil and Crop Sci. Soc. Florida Proc., 30: 200—210.
- [9] Farina, M. P. W., et al., 1980: Exchangeable Al and pH as indicators of lime requirement for corn. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 1036—1041.
- [10] Kamprath, E. J., 1970: Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34: 252—254.
- [11] Haynes, R. J., 1982: Effects of liming on phosphate availability in acid soils. Plant and Soil, 68(3): 289—308.
- [12] Sims, J. T., Ellis, B. G., 1983: Adsorption and availability of phosphorous following the application of limestone to an acid, aluminous soil. Soil Sci. Soc. Am. J., 47(5): 888—893.

- [13] Juo, A. S. R. and F. O. Uzu, 1977: Liming and nutrient interactions in two Ultisols from Southern Nigeria. *Plant and soil*, 47: 419—430.
- [14] Amedee, G. and M. Peech, 1976: The significance of KCl-extractable Al(III) as an index to lime requirement of soils of the humid tropics. *Soil Sci.*, 121: 227—233.
- [15] J. H. Grove, M. E. Sumner and J. K. Syers, 1981: Effects of lime on exchangeable Mg in variable surface charge soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 497—500.
- [16] S. L. Amarasiri and S. R. Olsen, 1973: Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 716—721.

EFFECT OF CONTINUOUS LIMING ON CROP GROWTH AND THEIR ABSORPTION OF NUTRIENTS

Zhang Xiaopu

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Zheng Genbao

(Institute of Agriculture Science, Jiangtang State Farm, Jinhua)

Summary

The data obtained from the experiment of continuous liming for three years under triple cropping system of rice—rice—barley on the paddy soil derived from Quaternary red clay indicated that liming increased the yield of barley in 2—3 times, but the respond of rice to liming was not obvious. The increase of yield of barley may be mainly related to the raising of pH value of acid soil, the elimination of Al-toxicity, the improvement of growing environment and availability of P-fertilizer as well as markedly promoting of the absorption of P and K by barley. However, due to strong of rice adaptability to soil acidity, liming will depress P-absorption of rice under submerged condition. Therefore, the lime should only be applied to some upland crops as barley. It is suggested that the amount of lime for barley should be applied to neutralize soil pH at about 6.0. In any case, excessively liming is undesirable.