

关于稻田施用石灰的研究

何电源

(中国科学院长沙农业现代化研究所, 410000)

摘 要

本文对稻田施石灰的研究进行了综述。内容包括稻田水—旱轮作和施石灰对土壤 pH、Eh 和氧化还原物质的影响;施石灰对土壤微生物和有机质、氮、磷、钾及微量元素转化的影响;施石灰对土壤物理性质及大、小麦和水稻生长发育的影响。提出稻田土壤 pH 值达 5.6 及其以上不必对水稻施石灰,土壤 pH 在 5.5 以下,可根据土壤的缓冲性能在水稻移栽前结合稻草还田或翻压绿肥施石灰。最好在稻田轮作的旱作期将石灰施在旱作物(如大、小麦)上。

酸性土壤施用石灰,在欧美、苏联都进行了大量的研究,而且已有了一些专门论著^[18,23-25,35,37,39]。但稻田施用石灰的问题,迄今未见专题综述。中国是世界上栽培水稻面积最大的国家,稻田施用石灰是长江以南广泛采用的传统农业技术,以湖南省为例,1978 年以前,全省常年施用石灰的稻田约在 200 万公顷以上,每年消耗农用石灰 250—300 万吨^[4]。究竟应该如何施用石灰才算合理?若能从理论和实践上进行比较系统的研究和总结,对农业生产和发展土壤科学都有意义,本文着重就最近十多年来稻田施用石灰的研究工作作一综述。

一、稻田水旱轮作和施石灰对土壤性质的影响

中国南方稻田普遍的耕作制是水稻与旱作物(大、小麦,油菜,绿肥或蔬菜等)轮作,因此稻田每年都要经历淹水种稻及排水种旱作物两个过程。国内外研究结果都表明^[3,4,6,8,19],酸性水稻土淹水种稻后,由于土壤还原过程的加强,消耗氢离子,使 pH 值升高(图 1)、Eh 下降;而碱性或石灰性水稻土淹水后则 pH 值下降。一般来说,酸、碱两类土壤的酸碱度都趋向 pH 6.5—7.0 左右^[13]。据测定,稻田淹水三天后,土壤 pH 值急剧上升,至 15—21 天达到高峰,然后稳定地接近中性,排水三天后,土壤 pH 值开始缓慢下降,至 21—30 天左右达原来干土时的 pH 值,在整个旱作期间因土壤湿度的变化而略有波动^[3,4,8](图 1)。

施石灰使稻田土壤 pH 值迅速上升,然后逐步下降。但不同 pH 值的土壤,变化的幅度也不相同。酸性水稻土每亩施 30—80 公斤石灰后,短期内可提高 pH 值 0.5—1.5 单位,而 pH 8.0 左右的石灰泥田则几乎没有什么变化^[4]。施石灰可加速有机物的腐解并使还原物质增加,增加的数量与土壤性质密切相关^[4,5]。碱性石灰泥田变化不大;含有机质较低的酸性红黄泥田增加 3.2—12.3%,而含有机质较高的潮泥田可增加 55—100%。与还原物质增加的同时,土壤氧化还原电位(Eh)降低,其降低的幅度与石灰用量呈正相关^[4,5]。由于高度风化的酸性土壤富含残余矿物(如 Al、Fe、Mn、Si、Ti 的氧化物和氢氧化物等),具有可变电荷性质,施石灰使表面电荷的负值增大,因此零点电位的 pH 值更低^[22]。

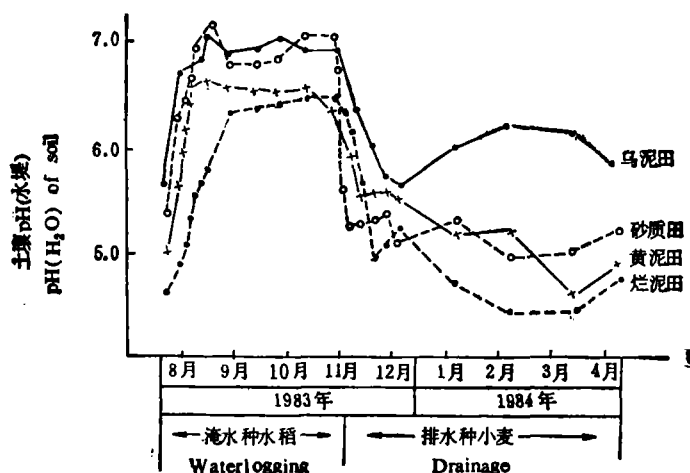


图1 淹排水对土壤 pH 的影响动态

Fig. 1 Effect of waterlogging and drainage on pH of paddy soil^[6]

二、施石灰对土壤有机质的影响

一般来说,施石灰可提高土壤微生物的活性,有的作者发现可提高酸性土壤中的呼吸率和生物量中碳的水平,也有研究者观测到,施石灰使细菌数量增加,CO₂的产生和逸出加快^[22]。稻田施石灰一般都使土壤有机质含量下降。盆栽试验按土重的0.13—1.80%早、晚稻各施一次石灰,有机质总量比对照低5.7—12%。富里酸比对照低10—28%;胡敏酸低15.2—24.5%;而胡敏素则仅低2.8—7.9%。因此作者认为,施石灰加速有机质的分解,首先是促进结构比较简单的有机物的矿化^[4,5]。

三、石灰对土壤氮的转化及稻、麦氮素营养的影响

在酸性土壤上施石灰一般可提高有机态氮的矿化率^[22]。例如,在pH 5.5和5.7的土壤上施石灰比未施石灰的有机氮矿化率分别高69%和96.7%。当pH值低于4.5时,检测不出多少硝态氮,在上述两种土壤中,硝态N分别占铵态及硝态N总量的8%和28%,施石灰后硝态N的比例分别增加8.25和3倍^[22]。

红壤性稻田连续三年六季共施石灰300公斤后,土壤全N比对照低8.4%^[4,12],水解N也有所减少^[6,7]。应用¹⁵N进行微区实验的动态测定结果表明^[4,5],在施硫酸铵的基础上增施石灰,由于石灰抑制了水稻前期的生长,而且增加了氨的挥发损失,因此水稻幼穗分化期以前吸收的N量比未施石灰的低7.8—14.3%。但到水稻的生长后期,一方面石灰的抑制作用已经消失;另一方面,由于石灰促进了土壤氮的矿化,因此水稻成熟期的吸N总量却比未施石灰的高15.2%,但氮肥利用率则低20%,土壤残留率低15.5%,而损失率则高40%。在施硫酸铵的基础上配施稻草,由于石灰促进稻草和土壤有机态氮的矿化,而且稻草有利于矿质态N的保存,因此施石灰的水稻各生育期吸收的N分别比未施石灰的高16—55%。但由于氮肥损失率高20%,土壤中的残留率低17%,故增施石灰的氮肥利用率比未施石灰的水稻仅高2.8%。

关于施石灰对稻、麦氮素营养的影响,不同的作者得到的结果都很一致^[2,7,11],在酸性稻田上对大麦施用石灰,无论施化学氮肥与否,都可获显著增产。但对于水稻来说,只有

在土壤酸性较强和不施氮肥时,由于增施石灰促进了土壤有机态氮化合物的矿化,故可提高水稻的吸N量和产量;一旦施有足够的氮肥,增施石灰虽可提高稻草重量及吸N量,但并不增加稻谷产量,甚至还出现明显的减产。因此利用施石灰来改善水稻的氮素营养是不可取的。

四、石灰对土壤磷的转化及稻、麦磷素营养的影响

施石灰一般可使含有机质的土壤中微生物活性加强,从而促进有机磷的矿化^[4,5,22,1],使土壤中的有机P含量减少,无机速效P含量增加,但不同的水热条件和利用方式其增减量也不相同。例如用红黄泥田盆栽大麦,按每公斤土施2和5克CaO,结果使土壤有机P减少2—12.3%,用同样的土壤和处理种植水稻,有机P减少3.9—15.5%^[4]。

关于施石灰对作物磷素营养的影响,因作物种类而不同,而且有明显的差异。对大麦施用石灰,在石灰用量适宜范围内植株的吸磷量和麦粒产量都与石灰用量成正相关^[4,6,7,22,1]。对水稻施石灰后,植株的吸磷量显著降低;产量有所降低或增、减产都不显著^[1-7,15]。应用³²P标记磷肥和红砂岩发育的水稻土(pH 5.6)盆栽水稻,在其中加入相当于土重0.2—1.0%的CaCO₃,结果表明,施碳酸钙使水稻干物质的减产虽未达到统计上的显著水平,但使水稻从土壤和肥料中吸收的磷量分别比对照低17.4—18.3%和15.7—23.5%,统计都达到极显著水平^[4]。

石灰物质降低水稻对土壤磷和肥料磷的吸收机理如何?不同的作者应用不同性质的土壤分别进行了试验研究。采用三种母质发育的水稻土施石灰后分别盆栽水稻和大麦,结果表明^[3-5],石灰促进了有机磷矿化并向无机磷转化;在无机磷组成中,施石灰的铝磷酸盐(Al-P)比对照高7—99%^[3-5,15];闭蓄态磷酸盐(O-P)除个别处理外,一般都随石灰用量增大而提高,磷酸铁盐(Fe-P)则无一致的转化规律;虽然施石灰显著增加了土壤中的钙含量,但钙磷酸盐(Ca-P)并未因施石灰而产生显著变化。应用上述土壤进行磷的等温吸附试验和根据Langmuir等温吸附方程式计算的结果表明^[3-5],土壤对磷的最大吸附量(B)随石灰用量的增加而上升;吸附强度(K)和吸持度(S)则随石灰用量的增多而降低,说明这部分磷呈弱吸附态,在一定的条件下仍可为植物吸收。

关于施石灰使土壤中铝磷酸盐含量增加的原因,一些作者认为^[17,22,23],富含交换性Al的酸性土壤,施石灰会造成羟基铝聚合物沉淀,在土壤中形成新的吸附表面,因而增加磷酸盐的吸附;但是在含交换性铝低的土壤中,施石灰却可降低磷酸盐的吸附。也有的作者指出^[22],应用已施石灰的风干土进行等温吸附研究,施石灰会降低磷酸盐的吸附;而应用相同的土壤进行培养试验,当同时加入磷酸盐和石灰时,施石灰会增加磷酸盐的吸附,例如Haynes^[22]应用一个pH 4.2,且含高量交换性Al(12.8 c mol kg⁻¹)的酸性土与石灰进行培养,然后在湿润时与磷酸盐进行反应,结果表明,施石灰会增加磷酸盐的吸附;但若在加入磷酸盐之前,先将施过石灰的土壤风干,那末施石灰会减少磷酸盐的吸附。显然,干燥会改变已施石灰土壤的表面性质。

土壤质地与施石灰对磷的吸附也有很大的关系,孟赐福等^[9]应用5个老成土和1个氧化土研究施石灰对磷吸附的影响,结果发现施石灰使3个轻质土吸附的磷减少,而使3

1) 何电源等, 1987: 稻田施用石灰对土壤养分和作物生长的影响。中国土壤学会, 1987年学术年会论文摘要集, 104—105页。

个粘质土吸附的磷增加^[9]。

五、石灰对土壤钾的转化和稻、麦钾素营养的影响

田间小区和室内培养试验结果都表明,无论施钾肥与否,施石灰都使土壤溶液中的 K 显著降低^[4]。应用同一成土母质,起始 pH 为 5.13—7.46 的五种土壤,加同一用量的石灰,同时用 pH 6.23 的水稻土(面红泥田)加入不同数量的石灰进行培养试验,结果表明,施石灰使土壤水溶态 K 和交换态 K 显著降低 ($r = -0.9654^{**}$),但是当石灰加入量达土重的 0.8% 时,继续增加石灰用量,使水溶态钾和交换态 K 的变化都不明显,甚至随着石灰用量的增加而使水溶态 K 含量略有回升。与此同时,土壤的固 K 容量则因施石灰而大量增加,其固定 K 量 (ΔK_f) 与土壤起始 pH (盐提) 呈极显著的负对数相关 [$r = -0.9789^{**}$; $\Delta K_f = 44.3 - 24.65 \log(\text{pH}3.7)$], 被土壤固定的钾用 1molL^{-1} 的硝酸煮沸 10 分钟即可提取出来,说明这部分钾属缓效态^[4,5]。

应用四种酸性土壤研究施石灰对钾的容量与强度 (Q/I) 参数的影响,结果表明^[10],施石灰使土壤的 CEC, pH, 潜在缓冲性钾量 (PBCK, Potential buffering capacity) 和活性钾 (labile K, ΔK) 增加,而交换性 Al 和 K 的活性率 (AR_K^s), 即 K 的强度因素则随石灰用量的增加而减少,这可能是施石灰中和 3 粘土的矿物层间的 Al, 结果使土壤无机胶体的 CEC 和 K 的选择键位增加,故活性钾库 (labile K Pool) 也增加,由于 PBCK 与 pH ($r = 0.61$) 和 CEC ($r = 0.78$) 存在着显著的正相关,因此施石灰后引起土壤 CEC 及 pH 依变电荷的增加,致使 PBCK 增加二倍^[10]。也有作者认为^[11],施石灰引起土壤固钾容量增加,主要是因为固 K 矿物层间晶穴中的 H_2O 或 Al 从层间移出所致。

正是由于施石灰使土壤水溶态 K 和交换态 K 降低,固定的 K 量增加,故施石灰使水稻^[12-15]和意大利黑麦草^[16]的吸收 K 量都降低了,只是由于施石灰促进了有机态氮的矿化,使稻草的重量增加,故水稻地上部分的吸 K 总量比对照略有增加或明显增加^[4,5]。也有人指出^[17],在施有钾肥时,若施低量石灰则使大麦秸秆的含钾量随石灰用量的增加而提高,但每亩施石灰达 200 公斤时,则麦秸的含钾量和吸钾总量都显著下降,连续三年对水稻施石灰,第一年第二季水稻的吸钾趋势与大麦相似,后两年的四季水稻的吸钾量都无显著差异。

六、石灰对土壤微量元素转化和水稻营养的影响

土壤中各种微量营养元素和重金属的转化都与 pH 的关系极为密切,有的研究者^[18]研究了水稻土 pH 值与有效态 B、Zn、Fe、Cu 和 Mo 含量的相关性,其相关系数 (r) 分别为 -0.63^{**} , -0.76^{**} , -0.90^{**} , -0.37 和 0.66 。水稻吸收的 B 量在 pH 5.3—6.0 范围内,随石灰用量的增加而增加,在 pH 7.5—8.13 范围内,随石灰用量的增加而减少,大麦的含 B 量和穗重都以 pH 6.0—6.3 之间为最高。有的研究者测定了施石灰后的土壤溶液组成,结果表明,溶液中 Al、Fe、Mn、Zn 都下降了^[14,16,20,29-32,36],甚至导致水稻缺 Zn^[36]。有的则降低了水稻对 Cd、Pb、Ni、Cu 等重金属的吸收^[18]。若在石灰性水稻土上施用石灰,则降低水稻对 B、Zn、Cu 等元素的吸收量,而增加对 Mo 及 Cu、Mg 的吸收量^[19]。

七、施石灰对土壤物理性质的影响

施石灰可降低土壤表面开裂的面积,增加中、小孔隙的比例,加强团聚体的稳定度,从而增加土壤的持水量。一些高度风化的土壤(如老成土和氧化土),其铝氧化物和氢氧化物的絮凝和胶粘作用可造成极稳定的团聚体,施石灰可使新沉淀的 Al、Fe 氧化物和氢

氧化物及 CaCO_3 本身的颗粒相互絮凝和胶结^[22]。在红壤性水稻土(青隔黄泥团)连续三季施石灰后使土壤浸水容重降低, 沉降系数增加, 促进 20.25 毫米的水稳性团聚体增加^[22, 23]; 但过量施用石灰则使土壤板结, 甚至形成石灰硬盘^[24]。

八、石灰对稻田旱作物生长发育的影响

热带亚热带地区的稻田一般是每年种 1—2 季水稻, 然后种一季旱作物。正如前面所述, 稻田在淹水和排干期间的土壤 pH、Eh 氧化还原物质等许多性质和养分状态都不相同, 而且水稻和大麦等旱作物对土壤条件的要求也不一致, 因此石灰对旱作物生长发育的影响也不同。针对稻田土壤酸化后大麦生长不良, 早衰低产等情况, 曾经进行过一系列的盆栽和田间试验^[25, 26], 明确了土壤 pH 5.6 以下, 施石灰使 pH 值上升到 6.5—7.0 左右, 均可使大麦获得显著的增产。在其后的研究^[27]表明, 施石灰使 pH 上升到 6.0—6.6 之间时, 大麦的产量曲线正处于高峰范围, 作者认为这是大麦生长的最适 pH 值, 但从高产和经济效益出发, 作者提出对大麦施用石灰似以中和至土壤 pH 6.0 左右为宜。

选择四种不同类型的水稻土, 其土壤 pH 值为 4.65—6.10, 按每亩分别施石灰 25 和 100 公斤, 使 pH 值上升到 4.72—6.0 及 4.90—6.37, 小麦产量分别增加 15.9% 和 24.3%^[28]。可见在酸性土壤上种植小麦, 适当施用石灰可以获得增产。

九、石灰对水稻生长发育的影响

近十多年来, 关于水稻施石灰的研究结果表明, 一般无显著的增产或减产作用, 少数有明显增产^[1-9, 12, 28-29]; 有些则显著减产^[13, 21, 36], 因此阐明水稻施用石灰的有效条件具有重要的生产实际意义。

针对中国南方稻田对水稻施用石灰这项传统农业技术存在的问题, 自 80 年代以来, 湖南在全省 17 种代表性水稻土上布置了 63 个对水稻施用石灰的试验, 结果表明, 施石灰各处理都达到显著增产的试验共 6 个, 占总数的 9.5%, 其中 83.3% 分布在土壤 pH 6.5 以下; 增、减产均不显著的达 51 个, 占总数的 81%, 其中 82.4% 分布在 pH 5.6 以上; 显著减产的有 6 个试验, 占总数的 9.5%, 都分布在土壤 pH 5.6 以上; 总计在 pH 5.6 及其以上的试验对水稻施用石灰, 有 92% 左右的处理稻谷增、减产都不显著或显著减产。联系到水稻的适生 pH 值为 6—7, 酸性土壤在淹水后可逐步趋向 pH 6.5—7.0^[4, 8, 13], 作者明确提出 pH 5.6 以上的水稻土对水稻可不必施用石灰^[4, 5, 12]。在上述 63 个试验中, 凡有一个施石灰达显著增产的试验共 11 个, 其中属 pH 5.5 以下的为 8 个, 占 73%, 而且, pH 5.5 以下的土壤对水稻施石灰都未出现显著减产; 考虑到 pH 5.5 以下的土壤中还有相当数量的活性铝离子^[6, 12], 南方农村有用稻草还田和翻压绿肥的习惯, 因此作者认为土壤 pH 5.5 以下, 可结合对水稻施有机肥适量施石灰, 尤以在冬种大、小麦等旱作物时施用更好^[4, 5, 7, 12]。

十、石灰的适宜施用量及测定方法

从以上的综述可以看到, 稻田旱作物(如大麦或小麦)土壤 pH 值低于 5.6—6.0 时, 通过施石灰调节 pH 达 6.3—6.5 左右可获明显增产; 对于种植水稻则只有当土壤 pH 低于 5.5 及其以下时, 施石灰才可获得明显效益。关于石灰的适宜施用量, 因土壤类型及其缓冲性能力的大小而异, 对于我国亚热带地区的稻田, 一般以每亩施用 30—50 公斤石灰的效果较好, 每亩用量达 90 公斤时, 在水稻移栽后到分蘖初期, 植株生长受到抑制, 影

1) 同前。

响养分的吸收和稻谷产量^[4,5,12],从稻田轮作周期考虑,以旱作期施用石灰为宜^[2,4,7,8]。

多年来,一般认为对作物生长最适土壤 pH 是 6.5—7.0,但是近十多年来的研究证明不同的土壤对作物的最佳 pH 是不同的,对含有高量铁铝氢氧化物的大多数土壤,施用石灰只需要能中和交换性铝的大部分,使 pH 达到 5.6 或 5.7 左右,且交换性铝的含量低于有效阳离子交换量的 10% 便可以了^[22,37]。

如何测定不同土壤的石灰需要量,最简单而较费时的方法是称取若干份需要施石灰的土壤,加入不同数量的酸式氢氧化钙,作 pH-Ca(OH)₂ 用量缓冲曲线,然后根据所需达到的土壤 pH 计算出需要的石灰量^[37]。但目前用的最多的是缓冲溶液法,即将土壤样品加到一定量的缓冲溶液中,根据溶液 pH 的变化来确定石灰的用量,这种缓冲溶液法由 Schofield 首先提出来,以后经过许多人的研究和改进,有的研究者将几种改进的方法进行比较,认为 SMP 单缓冲法能比较准确地预测低石灰需要量和高石灰需要量的土壤。Ba-Cl₂-TEA 和双缓冲法对低石灰用量则测定值偏高,而 Ca(OH)₂ 滴定法则偏低^[19]。

参 考 文 献

- [1] 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。
- [2] 何电源、臧惠林、张效朴,1981: 红壤的酸度与作物生长及石灰施用的研究。农业现代化研究,第 2 期,33—40 页。
- [3] 何电源、朱应远、王昌燎,1983: 水田施用石灰问题的研究。湖南农业科学,第 5 期,30—33 页。
- [4] 何电源、廖先苓,1989: 稻田合理施用石灰的研究。土壤通报,第 20 卷 3 期,108—112 页。
- [5] 何电源,1989: 稻田土壤合理施用石灰的研究。华中农业大学学报, (增刊), 总第 6 期, 19—24 页。
- [6] 张效朴、臧惠林、何电源,1983: 土壤酸碱性及石灰施用。华中亚热带土壤, 182—194 页。湖南科学技术出版社。
- [7] 张效朴、郑根宝,1987: 连续施石灰对作物生长及其养分吸收的影响。土壤学报,第 24 卷 4 期,344—351 页。
- [8] 林增泉、林炎金,1985: 水稻土的酸度及其调节研究简报。土壤通报,第 16 卷 6 期,267—268 页。
- [9] 孟锡福、袁嗣良,1988: 淹水条件下施加石灰和有机质对酸性土壤性质和磷吸附的影响。土壤学报,第 25 卷 2 期,146—155 页。
- [10] 欧阳洸等,1988: 石灰性水稻土的化学组成与微量元素供给状况。土壤,第 20 卷 5 期,232—238 页。
- [11] 臧惠林、张效朴、何电源,1980: 大麦生长与土壤酸度的关系。土壤学报,第 17 卷 3 期,291—298 页。
- [12] 廖先苓、何电源、王昌燎等,1986: 稻田施用石灰的研究。农业现代化研究,第 4 期,45—48 页。
- [13] 国际水稻研究所编,1979: “土壤与水稻”论文集(中译本) 89—108,109—127,128—148,149—168 页,1981 年,浙江科学技术出版社。
- [14] Bandyopadhyay K., Haldar M. and Mandal L. N., 1983: Effect of CaCO₃ on the changes in availability of B, Mn and Fe in an acid soil in relation to nutrition of rice. Agrochimica, 27(4), 290—299.
- [15] Chang T. C. et al., 1971: Effect of liming on the rice. Soil and Fertilizer in Taiwan, 30.
- [16] Curtin D. and Smillie G. W., 1986: Effects of liming on soil chemical characteristics and grass growth in laboratory and long-term field-amended soil. Plant and Soil, 95(1): 15—22, 23—31.
- [17] Debrath N. C. and Nandal S. K., 1983: Effect of liming acid soils on inorganic transformation of native and added phosphorus. J. Indian Soc. Soil Sci., 31: 197—201.
- [18] Fox R. L., 1980: Soils with Variable Charge: Agronomic and Fertility Aspects. Soils with Variable Charge (Edited by B. K. G. Theng), 195—224, New Zealand Society of Soil Science.
- [19] Fox R. H., 1980: Comparison of several lime requirement methods for agricultural soils in pennsylvania. Commun. in Soil Science and Plant Analysis, 11(1): 57—69.
- [20] Freire F. M. et al., 1986: Lime, organic fertilizer and water management for control of iron toxicity in irrigated rice. Soil and Fertilizer, 49(8): 991.
- [21] Gupta A. P. et al., 1984: Availability of phosphorus from different sources to rice crop as influenced by levels of calcium carbonate. A International J. of Tropical Agriculture, 2(2): 129—135.
- [22] Haynes R. J., 1984: Lime and phosphate in the soil plant system. Advances in Agronomy, 37: 249—315.
- [23] Hue N. V., Fox R. L. and McCall W. W., 1987: Aluminum Ca and Mn concentrations in macadamia see-

- dling as affected by soil acidity and liming, *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.*, 18(11): 1253—1267.
- [24] Kamprath E. J., 1970a: Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34: 252—254.
- [25] Kamprath E. J., 1970b: Lime requirements of soils inactive toxic substances or favourable pH range. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34: 364.
- [26] Khanvilkar G. S. et al., 1972: Liming of acid soils of maharashtra. *Indian J. of Agri. Chem.*, 5(1): 13—17.
- [27] Machado M. O. et al., 1987: The effect of phosphorus and limestone over five seasons on irrigated rice. *Soil and Fertilizers*, 50(3): 315.
- [28] Machado M. O., 1984: Effects of limestone nitrogen on the productivity over three successive seasons of irrigated rice. *Soil and Fertilizers*, 47(12): 1487, 1488, 1489.
- [29] Mahendra Singh et al., 1980: Yield of submerged paddy and putakes of Zn, P, and N as affected by liming and Zn fertilizers. *Plant and Soil*, 56(1): 81—92.
- [30] Mariam K. A. et al., 1980: The effect of zinc in combination with mi lime on the composition and absorption of nutrients by rice. *Soils and Fertilizers*, 43(9): 840.
- [31] Moore P. A. Jr. et al., 1989: Manganese availability and uptake by rice in acid sulfate soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53(1).
- [32] Mukhopadhyay P. et al., 1989: Effect of CaCO_3 on the availability of Al, Mo, P, Ca and Mg in waterlogged acidic rice soil. *Agrochimica*, 28(2—3): 125—132.
- [33] Nagdoff F. R. and Bratlett R. J., 1980: Effect of liming acid soils on potassium availability. *Soil Sci.* 129: 12—44.
- [34] Patiram and R. N. Rai., 1988. Effect of liming on quantity-intensity parameters of potassium in some acid soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 36: (3).
- [35] Pearson R. W., 1975: Soil acidity and liming in the humid tropics. *Cornell International Agriculture Bulletin.*, 30, Cornell University. Ithaca, New York, 66 pp.
- [36] Peterson F. J. et al., 1974: Liming as related to zinc deficiency in rice. 10th International Congress of Soil Science IV, 177—184.
- [37] Tisdale S. L., Nelson W. L., 1975: *Soil Fertility and Fertilizers* (中译本, 1984, 科学出版社, 244—270)。
- [38] Wachi K., 1974: Influences of environmental factors on the uptake of heavy metals from soil by rice plants. *Soils and Fertilizers*, 41(1): 42.
- [39] Кеаров-зихман О. К., 1957: Известкование почв и применение микроэлементов (中译本, 1951, 科学出版社)

A REVIEW ABOUT STUDIES ON LIMING OF PADDY SOIL

He Dianyuan

(Changsha Institute of Agricultural Modernization, Academia Sinica, 410000)

Summary

This article present a brief review on liming of paddy soils. It covers the effects of liming and process of waterlogging-drainage. on pH, Eh and reducing materials of paddy soils; and the effects of liming on soil microbe, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, microelements transformation, properties of soil physics and the growth of upland crops (such as barley, wheat) and rice in paddy field.

From above, it could be concluded that lime is not necessary for rice production when soil pH is over 5.6, but when below 5.5 lime may be applied in combination with application of organic manures before transplantation with consideration of soil buffer capacity. It's best to apply lime to up-land crops in the rotation of paddy field.