

晚近我国土壤化学及农业化学 的研究(文献综述)

李慶遠

(中国科学院土壤研究所)

在我国中央人民政府成立以前,土壤化学作为一个学科来说,它的基础是极为薄弱的。当时的主要工作,仅局限于土壤的化学分析,只是在总结大量分析结果的基础上提出了有关中国主要土类的化学组成及矿物组成的规律性的资料。解放以后,在党的领导下,国内基础理论科学迅速发展。许多化学、生物化学和物理学上的科学技术,开始应用于土壤科学的研究上,来阐明粘土矿物、土壤有机质、土壤养分等的性质,并且进一步的来探求这些组成在不同自然条件及不同利用情况下的转化规律,为土壤分类、土壤生成发育、土壤利用、肥料工业规划等的研究提供科学论据。中国土壤化学研究就在这样新的情况下成长起来。

在农业化学方面,解放初期的工作主要是继续过去氮、磷、钾的肥料试验,并且做了一些不同土壤对植物养分供应状况的研究。在执行经济建设第一个五年计划中,全面的进行了农家肥料及当地肥料的调查研究,并且组织了全国范围内的肥料试验网。1958年的农业生产大跃进中,按照深耕、密植、和以有机肥料为主、矿质肥料为辅的施肥制度等,获得了大面积的高产记录(例如,在太湖流域,以万公顷为单位的水稻土上,平均一季水稻产量达每公顷 9,000—11,500 公斤间,合每亩 1,200—1,500 斤)。全国农业化学工作者以极大的热情参加了这项研究。尽管这方面的科学研究工作仅属开始,但是中国农业化学工作将随着生产的发展,开辟新的研究道路。

在介绍晚近我国土壤化学及农业化学的研究情况时,我们不做全面的叙述。这里只把比较主要的文献扼要的加以说明。

土 壤 化 学

主要土类的矿物组成 中国主要土类粘土矿物的一般性质,首先由熊毅进行研究^[1],在他的报告中指出灰棕色土、灰钙土、灰褐土以及黄褐土的主要粘土矿物是伊利石,红壤的主要粘土矿物是高岭石,砖红壤的主要粘土矿物是三水铝矿和赤铁矿。在熊毅和许冀泉等对中国黄土胶体的进一步研究中^[2],证明了黄土中的主要粘土矿物是伊利石,局部的伊利石向蒙脱石转化,形成中间过渡矿物,并且还含有次要矿物蒙脱石和高岭石。由于黄土中多样性的矿物组成,他们推断黄土物质可能形成于冰期或其他环境,以后经过风的搬运和挑选,在干燥的气候条件下沉积而成。而沉积以后,虽有部分的分解作用,但尚未引起质的变化。

对于中国红壤的矿物组成,李庆远和张效年等做了比较详细的研究^[3,4]。他们指出华

中亚热带区的红壤(湖南、江西等地)以高岭石—石英[-蒙脱石]为主要粘土矿物。华南热带地区(广东、广西及云南等)的红壤(格拉西莫夫和馬溶之命名为砖红壤性土壤),以高岭石—埃洛石为主要粘土矿物。在中国的热带地区,由基性岩石而发育的砖红壤性粘土,以高岭石—三水铝矿及赤铁矿为主要粘土矿物。在华南 800—900 米以上的山地上,主要是黄壤,粘土矿物组成的变化比较繁复,以高岭、蒙脱、石英、伊利石为主,并且含有次要矿物蛭石。

在红壤区的土壤矿物风化过程的研究中,他们指出下列的风化循序:含钙矿物 > 含钠矿物 > 含镁矿物 > 含钾矿物。说明了在红壤区中有大面积的强酸性土壤,依然含有较高量的全钾和代换性钾,因此,一般的谷类作物对钾肥不起反应。

朱祖祥^[41]就做晶高陵土(蒙脱土),水化云母及高陵土用吸附的阳离子对于植物生长的关系进行研究,试验大体上证明了盐基饱和度愈大,代换性盐基对于植物的有效度也愈大,但是盐基饱和度与植物的关系,是随着粘土矿物类型及作物种类而有所不同的。试验也说明钙、镁、钾离子的饱和度,在一定范围以内,可以显著的影响这些离子进入植物体内的数量。在同一粘土矿物类型中,植物对于钙的饱和度要求约为 30%,镁 9%,钾 6%。

最近十年以来,中国土壤工作者通过大量的化学分析来总结中国主要盐渍土的化学性质,冷福田^[5],徐叔华^[6]等在华东沿海地区的研究结果,认为滨海盐土主要盐分是氯化钠,平均占可溶盐总量 80% 左右,而硫酸盐占 15±%。他们根据广泛的调查和分析,说明了主要农作物及天然植被在华东盐土区生长时的耐盐限度。

东北及内蒙的盐渍土,根据陈恩凤^[7],程伯容^[8],杨国荣^[9]等的研究材料,是以硫酸钠—氯化钠为主要的可溶盐组成,该区盐渍土硷化较为普遍,在硷土中代换性钠占代换量 50—80% 之间。中国科学院土壤队,在熊毅与席承藩领导下,对华北平原的盐土及地下水做了大量的分析工作^[10],说明华北氾滥平原的盐土是属于硫酸钠—氯化钠类型,并且根据土壤及地下水的盐分变动情况,做出了各地盐土的灌溉设计。

水稻土的化学特性 关于土壤中氧化还原过程的研究,主要是着眼于水稻土壤。于天仁等根据田间测定结果^[11],讨论了水稻土中决定氧化还原电位的体系问题,认为在电位较高时,主要的体系是“氧”;在电位较低时,主要的体系是“有机物组成”;在一般情况下,“铁”不是决定电位的主要体系。此外,植物在一定程度上也可以影响土壤的电位^[12],如水稻的栽培提高了电位,而小麦则降低了电位。

土壤中氧化还原状况的变化,可以影响到一系列的土壤性质的变化。黄东迈等指出^[13,14]:在灌水以后,铵态氮迅速升高,而硝酸态氮则在 3 天以内迅速消失。在水稻拔节以后,土壤中的铵态氮逐渐减少。但是其他工作指明^[15],在田间干燥情况下,水稻中也含有一定数量的铵态氮,铵的含量随深度而减少。

在水稻土的电位改变时,铁锰的状态也随之变化。丁昌璞、于天仁等的工作^[16,11]证明,锰的还原较铁容易,中性土壤在灌水情况下有 70% 以上的酸溶性锰可以形成低价状态。土壤剖面由于可溶性低价铁锰的淋失而发生分化,形成吸附性能极低的潜育层。低价锰的含量受土壤酸度的影响,并且讨论了代换性锰量与氢离子浓度之间的相互关系^[17]。

关于水稻土中强烈的还原条件对水稻生长的影响方面,主要集中于亚铁和硫化物的毒害上。何兴璠在四川“反硝田”的研究中^[18]认为这类水稻田的低产原因,与铁锈水和硫化

物有关。对于广东沿海“反酸田”的研究结果^[19]，认为大量的硫化物和低价铁造成了极强酸性(pH 3)的底土，从而影响到作物的生长。于天仁等^[20]也认为强烈还原条件下水稻的生长不良，是由于还原性物质过多所致，其中低价铁离子起有主要作用。但是在某些田间情况下，特别在施有大量有机肥料时，低价铁可以高达 0.3%，而水稻的生长还很正常。所以关于强烈的还原条件影响水稻生长的根本原因，其问题仍未解决。

由于水稻土中淋溶作用较强，所以盐基的移动也很明显，在一般情况下，表土 pH 和代换性钙镁的含量都较下层为低^[21]。至于酸度与养化电位的关系，则随土壤种类和试验条件而不同。

土壤吸附性能的研究 土壤酸度本质的确定，对于强酸性土壤的改良以及磷灰石和石灰等施用问题上具有一定意义。许多工作者对于这个问题的意见是不同的。土壤研究所凌云霄、于天仁等的工作^[22]，说明我国酸性土壤的代换性酸主要是由于铝离子所引起，而且发现土壤中的吸附性氢离子能迅速的为铝离子所代换，作者由此推论，在自然条件下，强酸性土壤以代换性铝为酸度的主体。酸度在 5.5 以上的土壤，代换性铝的含量便大为减低，而在有机质含量较高的土壤中，代换性氢的比重才开始增加。

酸性土壤对磷的固定问题，在土壤文献上已经有了大量的著作。武致玲、鲁如坤^[23]等指出了华南红壤的强大固磷率，可溶性磷是与活性铁铝结合而被固定的，这项固定作用随着温度而提高。土壤的酸度和代换性阳离子的种类，对固定作用具有一定影响。孙羲用土壤胶体所进行的工作^[24]也证明，钙质胶体的固定量最高，钠钾质胶体的固定量最低。但是为钙质胶体所固定的磷，可以为 0.002N 硫酸所提取。

关于氮素固定问题，陈家坊曾进行了一些工作^[25]，作者把土壤对铵的吸附分为“易解吸性”和“非解吸性”两类，认为前者可能与土壤中活性铁铝相结合，可以用蒸汽蒸馏来解吸，后者则形成胶体的代换性铵，必须用酸液代置才能释放。

吴志华、高金芳，就东北地区的黑土进行干湿交替的处理，发现土壤对可溶性钾的固定量，由于干湿交替的影响而大大的提高^[26]。他们指出东北黑土区土壤中钾素的自然补给力都相当高，当代换性钾被排除以后，土壤很快的释放出难代换性的钾素。对于西北的黄土性土壤来说，谢建昌等^[27]的盆栽试验结果，也发现黄土性土壤在作物生长期间，有一部分非代换性钾转化成为代换性状态。

土壤有机质 关于土壤有机质的系统性研究，仅仅在最近几年才开始，主要的工作集中在腐殖质的系统分离上。文启孝、蒋国祥等^[28]就黑钙土、栗钙土、棕钙土、沼泽土、红壤和黄壤的代表性剖面进行了研究。结果说明了在黑钙土和华北石灰性土壤中，土壤条件与土壤腐殖质组成的相关性，一般符合于 И. В. 丘林所建立的腐殖质形成的地理规律。在华南强酸性的红壤及黄壤中，胡敏酸的含量低，分子简单，状态不确定，富啡酸的含量高(表土层 Cr/Cf 一般在 0.1—<0.5 间)，以及与这相矛盾的大量胡敏素的存在，似乎表明对于这些土壤的腐殖质研究方法，还需要有所改进，而特别应该注意富啡酸的性质。

在中国热带土壤的研究中，佐恩、李庆远等^[29]指出植被组成对成土作用的重大影响，指出土壤中胡敏酸与富啡酸的比率不仅与植被形成的大羣系(森林、热带干草原等)有关，而且也决定于羣系范围内的种属比例。

为了研究热带地区生物资源循环，中国科学院在苏卡切夫院士等的帮助下，于 1958

年在云南建立了第一个生物地理研究站,开始进行了不同植被下有关土壤有机质累积、分解及转化的系统测定。

分析方法 在土壤有机质测定方面,陈家坊等^[30]证明用 $K_2Cr_2O_7$ 和硫酸来消化土壤时,大大缩短了有机态氮的分解时间,而不致造成氮的硝化和挥发。在测定有机质中分解出来的 CO_2 时,王振权等建议以水汽蒸馏的方法,使 CO_2 以 H_2CO_3 的形态吸收在标准氢氧化钡溶液中而加以滴定,以代替过去所习用的气体换置方法,这样大大的缩短了 CO_2 的测定时间。这个方法,可以普遍提供碳酸盐分析的采用^[31]。当分析有机肥料时,在提取液中用比色法测定硝酸态氮,由于大量有色物质的干扰,很难得到正确结果。陈尚瑾^[32]建议用氯化亚铁把硝酸根还原成为一氧化氮,然后把一氧化氮吸收在 H_2SO_4 及 H_2O 中氧化成硝酸根,再用酚二磺酸比色,得到满意的结果。

朱兆良建议^[33]在分析植物与土壤提出液中的钙和镁时,加入 KCN 和柠檬酸来络合铁铝锰离子,这样可以不进行铁、铝、锰的分离,来直接沉淀钙和镁。许冀泉等提出土壤代换量的半微量测定法^[34],他们用标准 $MnCl_2-MnAc_2$ 溶液作为代换剂,用比色法来测定多余的锰离子。

在钾的测定方面,朱兆良等^[35]建议用亚硝酸钠来排除试样中铵的干扰,由于亚硝酸离子对铵是个氧化剂,可以使铵形成游离态氮而挥发。

周鸣铮^[36]应用氫质树脂来吸取土壤溶液中的阳离子,再滴定滤液中的代换性氫含量,得到与蒸干比较接近的结果。

农 业 化 学

土壤肥力 解放以来,各地农业科学研究所 17 个省中的 100 多个点进行了肥料三要素试验。1957年,中国农业科学院土壤肥料研究所在全国主要土区内又进行了150个左右的试验点,表明试验地区的土壤大约有 80% 是缺乏氮的,50% 左右缺磷,而缺钾的只有 15%^[37]。中国科学院土壤研究所曾在大量化学分析的基础上,说明我国土壤普遍缺乏氮素,磷素次之,钾素除个别地区外,一般较为富裕。在这些研究资料的基础上,中央农业部和中国科学院,曾经编印了各项图表,概括的说明不同地区土壤的一般肥力水平,以及要求高产时的需肥情况^[38,39]。

由于中国土壤普遍缺乏氮素,而轮作比例上谷类作物又占绝对优势,因此化学氮肥便极为重要。磷肥的效果在荒地上一比较显著,红壤荒地上历年的肥料试验结果^[40]证明在新垦的荒地上,磷肥的重要性超过了氮肥,但是当土壤逐渐熟化以后,磷肥和石灰的用量便可逐年减少。

不同类型氮肥的肥效比较 几乎所有的试验都这样指出,在水稻田上施用等量的氮素时,铵态氮的功效率超过硝态氮。这点华东农业科学研究所比较完全的结果^[41]。土壤胶体对于铵态氮的吸附作用远较硝态氮为大,因此可以免于水稻田中氮肥的淋失。华东农业科学研究所的试验指出,把硫酸铵深施于水稻田心土层时,可以大大的提高氮素的肥效。虽然化学测定的结果说明在水稻土比较强烈的还原情况下,硝态氮肥的转化为铵态氮,只需三、五天时间便可完成^[42],但田间实践的结果,通常指出硝态氮对水稻的肥效远远不如铵态氮来得快,特别是对于水稻幼苗的回青。

过去的田间及盆栽试验早已指出,在华南非石灰性土区中,硫酸铵的长期施用,造成土壤酸化。最近在红壤区的试验结果,证明了以每亩 30 斤的硫酸铵条施于大麦时,大大酸化了根际土壤, pH 可降至 3—4, 使大麦在发芽后枯萎,氯化铵对于酸化土壤的程度较硫酸铵为烈,在红壤旱地及红壤性水稻田施用硫酸铵时,如在翻田时施入适量的石灰,无论硫酸铵或氯化铵对于各种作物,都起显著的增产作用^[40,43]。

陈尚瑾等^[41]在华北石灰性土壤上施用氯化铵,指出对于水稻、玉米、小麦、蔬菜等作物氯化铵与硫酸铵有同样的肥效,连续施用十年的结果,对于土壤的物理性质和化学性质都没有不良影响。浙江省农业科学研究所尹道明^[45]在大量焦泥灰的基肥上,进行尿素与铵态氮的小麦肥效试验,其增产效益极为近似。

农业化学工作者早已指出,氰胺态氮在施用时的局限性,浙江省农业科学研究所建议把石灰氮在施用前和细土堆制,说明在适当的水分和温度下,氰胺迅速的向尿素及氨态氮转化,生成的二氰胺极少^[46]。

陈尚瑾等^[47]及李光锐^[48]在华北石灰性土壤上进行了施用氨水的试验,说明了把氨水随灌溉水施入,其浓度小于 1:10,000,以及在耕地时施入,都有很高的肥效。在北京市郊对玉米进行的试验,证明氨水的肥效与硫酸铵大约相等。试验也指出当氨水用于喷射时,往往引起不良反应,使作物的叶子发黄。

磷灰石的利用及土壤对于磷的固定 十年以来,地质工作者对中国磷矿的储量有巨大而广泛的发现,农业化学工作者,就已发现的磷矿进行在酸性土壤上直接施用时的肥效试验^[49-52]。肯定了各地磷矿粉在酸性及石灰性土壤上的不同程度的肥效。在上述的磷肥肥效试验中大都用含磷是高于过磷酸钙 2.5—3 倍的 80 筛孔,磷矿粉做对比,在这样的比例下,无论在酸性或石灰性的土壤上,过磷酸钙对第一季及第二季作物的肥效,一般都超过了磷矿粉。只有在长期的试验中,磷矿粉在强酸性的红壤上,才显现它较过磷酸钙为强的肥效。

作物吸收性能与磷灰石肥效是有明显关系的,李庆远等^[49]通过田间及盆栽试验,指出萝卜菜、油菜、荞麦、苕子对磷矿粉的利用率最强;猪屎豆、田菁、胡枝子、甘薯、豆类次之;禾本科作物,如小麦、黑麦、燕麦,以及三叶草类对磷矿粉的利用率极低。田间试验结果大都提出通过吸收性较强的绿肥栽培来增进后作水稻、小麦、玉米等对磷矿粉的肥效。谢建昌等^[53]研究了植物根系代换性能与植物对磷灰石利用率的关系,得出萝卜菜 > 大豆 > 饭豆 > 荞麦 > 小白菜 > 番茄 > 燕麦 > 紫苜蓿 > 大麦及黑麦。

在过去我们过分的强调了酸性土壤对磷肥的固定作用,田间试验结果证明,即使在强酸性的红壤上,过磷酸钙对作物生长还是有良好的肥效。如果在红壤中施入可溶性磷酸盐,再经过干燥,生物试验的结果证明了所施入的磷肥几乎全部成为无效性^[54], 研究工作者以为铁、铝的磷酸盐在含有结晶水并且与液相相联系的状态下是易效性的,但是脱水以后,便不易为植物所吸收了,而这项脱水反应是不可逆的。

中国农民对于施用磷肥有许多优良的方法。在水稻栽培上,秧田集中施肥、秧根沾肥等方法,在肥料的经济利用上都有很高的价值。水稻沾秧根,以及在秧田中集中施用过磷酸钙的高度功效,也都得到了田间试验的证明^[55]。

在花生的留种地上,施用大量磷肥,造成含磷较高的籽实。这项籽实在播种于缺磷的

紅壤荒地时,可以緩和作物对于磷肥的迫切性,而获得較高的产量^[56]。

化学肥料对农作物的噴射試驗工作首先于 1951 年由彭謙等^[57]在苏南进行,結果指出在強酸性及极度缺磷的土壤中,少量过磷酸鈣的噴射(每亩 0.8 斤)对于小麦及水稻有明显的增产作用。以后各地試驗場进行根外追肥的試驗很多,但是有关禾本科作物对噴射磷肥的結果是很不一致的,目下还很难在这个問題上做出肯定的結論。噴射磷肥,对于棉花的肥效比較明显,例如,江苏省于 1954 年起在四处棉花試驗場进行試驗,得到平均 21% 的增产效果^[58,59]。

鉀肥問題 关于中国土壤的含鉀情况,根据土壤研究所、林业土壤研究所及其他农业研究机构所累积的分析資料,华北平原及东北的土壤含 K_2O 1.8—2.6 間,代換性鉀每百克土在 8—15 毫克間;长江以南的酸性土壤,风化較強, K_2O 含量一般在 0.5% 上下,但是部分土壤,由于成土母质中含有丰富的云母和鉀长石, K_2O 含量也达 1.0—2.0% 上下。中国农民几乎不用化学鉀肥,但是在长期的耕作过程中,都經常施用灰肥。历年来肥效試驗結果鉀肥对稻、麦等粮食作物的肥效并不显著,但在某些砂质土壤上,或对某些作物如薯类、大豆、花生、烟草等,仍发现土壤中鉀肥的不足。

在創造高額丰产时,鉀肥的需要量也相应的提高。1958 年的农业大跃进中,許多高額外丰产的事例也都反映出草木灰及化学鉀肥和磷肥具有显著的增产和防止水稻及小麦倒伏的效果。

解放以前,中国沒有发现过鉀盐沉积。最近三年以来,中国科学院及中央地質部在西北各地的調查,开始发现若干含 KCl 10% 上下的光卤石矿,但是属于新的沉积。这项工作的进一步发展,将为我国鉀肥創立一新面貌。1958 年以来,少数具有鉀长石、矾石的地区,在迫切需要鉀肥时,也用小型的化学处理来用做鉀肥。

酸性土壤中石灰的施用 在酸性土壤上施用石灰,中国农民已有长期的經驗和习惯。近年来有关施用石灰的田間試驗,使各地区土壤对不同作物所需要的石灰用量更为明显。1958 年在广东及广西农田土壤調查中^[60],发现了大面积的紅壤区酸性水稻土,由于长期的施用石灰,表面 30 厘米內的土壤含碳酸鈣在 5—12% 間,耕作层下形成了坚硬的石灰板結层。正确的对待石灰施用問題,依然是当前迫切的工作,而这类石灰板結田的改良,将为当前华南水稻土研究者的重要任务之一。

中国主要的石灰材料还是以氧化鈣为主的烧石灰,随着国家工业的进展,我們將逐漸的施用石灰石粉,这样对于用量及施用时期均將有所改变。

农家肥料 中国利用化学肥料只有四十年的历史,到目下为止,施用范围并不广泛,而几千年来賴以維持土壤肥力、提高作物产量的,主要是靠农家肥料,包括农作物及植物殘体、綠肥、人畜糞尿、河塘泥、草皮泥、烧土、草木灰等,这些肥料也有单独施用,也有相互混和后通过透气性的高温堆制,或嫌气性的发酵再行使用。

在綠肥研究方面,南方各省除了对冬季綠肥在原有基础上繼續进行栽培和利用的研究外,在紅壤地区引用了許多新的夏季綠肥及复盖植物,如猪屎豆、茅蔓豆、飯豆^[61,62]等;在北方一年一熟冬小麦地区,以种植綠豆、黑豆、草木樨夏季綠肥为宜,根据华北农业科学研究所及西北农业科学研究所的試驗結果,用上述綠肥压青,使小麦产量增加 39—60%。盐碱荒地上引用了田菁、苦豆、紫穗槐、檉柳,都得到良好的生长^[63]。

1958 年全国主要土壤肥料研究单位,对各地的农家肥料和土化肥做了一次极为普遍的鑑定,对有效养分及制造方法做了比較全面的分析,积累了丰富的資料,但是农业化学工作者对于中国农家肥料的深入研究,仅仅是开端^[6]。

結 語

在扼述了十年来中国土壤化学及农业化学的进展以后,我們深深地感到由于党对科学事业的正确领导和重視,由于苏联的无私帮助,解放以来,我們在土壤学的理論上及有关农业生产的技术問題上,都做了不少的工作,根本改变了旧中国土壤科学的落后状态。但是这些工作对于加速建設社会主义來說,还是远远不够的。

1958 年在中国农业生产大跃进的高潮中,土壤科学工作者有許多深刻的体会。首先是关于耕作对土壤肥力的影响有了进一步的認識,实践証明,土地毕竟可以依照人們的意志,引导着向提高土壤肥力的方向发展的,成土母質以及有关生物气候条件的許多因子,将只是提高土壤肥力中所应该对待的問題,而不是决定性的因素。我們对于耕地土壤生成发育的研究,过去比較忽略,現在正在改变这种状态。

在农业化学問題上,我們更明确的看到有机肥料的优越性,感到单凭无机盐类的用量、比例、类型和物理化学性质的研究,不能說明整个植物营养的問題,更不符合于中国目前的农业生产情况。但是过去在这方面的研究,还是比較肤浅的。

适当的深耕密植,对农业增产起了很大的作用,从土壤、农化的角度来考虑植物的根系营养,从而提出合理的深耕深度和密度,是当前的一個迫切問題。

农业生产的发展,对土壤科学提出了許多新的任务,但是中国土壤科学工作者,圍繞着农民所創造的成就,运用科学理論和技术来进行耕作土壤的研究,仅仅只是开始。我們相信,今后中国土壤科学工作者,在党的领导下,在社会主义各国科学工作者的帮助下,必能在現有的基础上,按照国家的需要,做出更多更好的成就。

参 考 文 献

- [1] 熊毅: общая характеристика коллоидов Почв Китая, 苏联土壤学报 1956. 71—72。
- [2] 熊毅,許冀泉,蔣劍敏: 中国土壤胶体研究。I. 黄土胶体的矿物組成和性质。土壤学报 6(1): 89—98, 1958。
- [3] 李庆遠,张效年: 中国紅壤的化学性质。土壤学报 5(1): 78—96, 1957。
- [4] 张效年,李庆遠: 华南土壤的粘土矿物組成。土壤学报 6(3): 178—192, 1958。
- [4a] 朱祖祥: 粘土矿物的盐基饱和度与代換性阳离子的有效度的关系浙江农学院学报。2卷1期, 1957年。
- [5] 冷福田,赵守仁: 江苏滨海地区盐渍土研究,华东农业科学研究所土壤肥料研究报告汇编 1—97, 1958。
- [6] 徐叔华: 渤海湾盐渍土的形成与发展过程。盐渍土改良試驗研究技术座談会汇刊 2 輯 7—12, 1957。
- [7] 陈恩凤等: 吉林郭前旗灌区的硷化草区盐土。盐渍土改良試驗研究技术座談会汇刊 2 輯 13—28, 1957。
- [8] 程伯容: 辽河河谷平原土壤盐分的地理分布。全国第二次土壤会議論文 1956。
- [9] 楊国荣、高德良: 吉林梨树灌区盐硷土之理化特性及其改良利用問題。盐渍土改良試驗研究技术座談会 2 輯 34—45, 1957。
- [10] 科学院土壤队: 未发表資料 1955—1957。熊毅: 中国盐渍土分区。盐渍土改良試驗研究技术座談会汇刊 1 輯 65—72, 1957。
- [11] 于天仁、謝建昌: 太湖流域低产白土的研究,土壤研究所参考資料。1958。
- [12] 于天仁、李松华: I. 水稻土中氧化还原过程的研究, II. 土壤与植物的相互影响。土壤学报 5(2): 166—174, 1957。
- [13] 黄东迈、张柏寿: 水稻田干耕及湿耕对于土壤中氮素轉化及水稻产量的影响。土壤学报 5(3): 223—233, 1957。
- [14] 黄东迈、李錫經: 水稻生长期間土壤中铵态氮素及亚鉄的变化。土壤学报 3卷 83—90, 1955。
- [15] 李实华: 稻田耕层土壤的一些化学性质。土壤通报 1: 27—28, 1958。

- [16] 丁昌璞、于天仁:水稻土中氧化还原过程的研究Ⅳ·红壤性水稻土中铁锰的活动性。土壤学报 6(2): 99—107, 1958。
- [17] 于天仁、凌云霄、牟润生、刘婉兰:土壤酸度对锰的活动性的影响。土壤专报 33: 16—30, 1958。
- [18] 何兴瑞:四川省几种低产水稻土的特性和利用。水稻土通讯 1: 8—9, 1957。
- [19] 黄继茂:广东滨海酸性盐渍水稻土(反酸田)化学特性的研究。土壤学报 6(2): 114—122, 1958。
- [20] 于天仁、刘婉兰:水稻土中氧化还原过程的研究,Ⅲ·氧化还原条件对水稻生长的影响。土壤学报 5(4): 292—304, 1957。
- [21] 于天仁、丁昌璞:红壤性水稻土中代换性盐基的状况及其在发生学上的意义。土壤专报 33: 31—43, 1958。
- [22] 凌云霄、于天仁:土壤酸度与代换性氢、铝的关系。土壤学报 5(3): 234—245, 1957。
- [23] 武玖玲、鲁如坤等:溶性磷酸盐在红壤中的状态转化。土壤学报 5(4): 305—316, 1957。
- [24] 孙贇:土壤胶体之代换性盐基对于磷酸固定之影响。中国土壤学会会志 1卷 2期 123—130, 1950。
- [25] 陈家坊:中国某些红黄壤中吸收性铵的解吸作用。土壤学报 5(4): 331—344, 1958。
- [26] 吴志华、高金芳:东北土壤钾素养分的自然补给与固定。土壤专报 25号 227—234, 1951。
- [27] 谢建昌等:黄土性土壤对磷钾的供给力。土壤专报 33号 62—71, 1958。
- [28] 文启孝、蒋国祥、钮季文:我国几种主要土类的腐殖质组成的初步分析(中国科学院土壤研究所参考材料), 1956。
- [29] C. B. 佐恩、李庆远:中国热带土壤发生与分类的一些问题。土壤学报 6(3): 193—203, 1958。
- [30] 陈家坊、方柏:硫酸-重铬酸钾消煮液的土壤氮素测定法。土壤学报 3卷 125—128, 1953。
- [31] 王振权等:有机质碳氮连续测定法。土壤学报 6(3): 205—208, 1958。
- [32] 陈尙瑾:有机肥料中硝酸盐氮素分析方法的研究。土壤学报 2: 7—12, 1952。
- [33] 朱兆良:植物和土壤提取液中钙镁微量快速分析法。土壤学报 3: 113—123, 1955。
- [34] 许冀泉、熊毅:阳离子交换量半微量速测法。土壤学报 3: 31—37, 1955。
- [35] 朱兆良、于天仁:用亚硝酸铵去铵的微量定钾法。土壤学报 3: 15—24, 1955。
- [36] 周鸣舜:离子交换剂在土壤可溶性盐分分析中的应用。浙江农学院学报 2(1): 121—130, 1957。
- [37] [全国肥料试验网试验总结]中国农业科学院土壤肥料研究所, 1959。
- [38] 科夫达、宋达泉等:土壤利用与提高土壤肥力措施说明书。1958。中央农业部编印。
- [39] 文振旺、马溶之:中国土壤区划。中国科学院出版印。1959。
- [40] 李庆远等:红壤荒地的利用。中国科学院出版。1958。
- [41] 华东农科所土壤系:氮态及硝态氮肥在水稻田中的肥效及使用办法。华东农业科学通报 6: 300, 1958。
- [42] 黄东迈、张柏寿:水稻田干耕及湿耕对于土壤中氮素转化及水稻产量的影响。土壤学报 5(3): 223—233, 1957。
- [43] 谢建昌:氯化铵肥效试验。土壤专报 33号 91—99, 1958。
- [44] 陈尙瑾、乔生辉:石灰质土壤施用氯化铵与硫酸铵比较。中国农业研究 1(1): 89—96, 1950。
- [45] 尹道明:1956年小麦氮素化学肥料肥效试验报告。华东农业科学通讯 3: 142, 1957。
- [46] 浙江省农科所:石灰氮施用方法的研究。该所 1950—55年土壤肥料部分研究资料汇编 106—110页。
- [47] 陈尙瑾、马复祥、乔生辉:工业氨水对石灰质土壤的肥效初步报告。农业学报 3: 211—216, 1953。
- [48] 李光毅:怎样使用氨水和液体氮施肥。农业科学通讯 5: 246, 1958。
- [49] 李庆远等:磷灰石肥效试验报告。土壤学报 2(1): 37—42; 2(3): 167—177, 1953; 4(1): 1956。
- [50] 蒋柏藩:我国主要磷矿粉的性质及其直接施用于红壤的肥效。土壤专报 33号 51—64, 1958。
- [51] 华东农业科学研究所土壤系海州磷灰石及凤台磷灰土的农业化学评价。华东农业科学通报 6期 293—299, 1958。
- [52] 陈尙瑾等:石灰质土壤施用海州磷矿粉的肥效。华北农业科学 1(4): 545, 1957。
- [53] 谢建昌等:植物特性与分解磷灰石能力的关系。土壤专报 33号 44—48。
- [54] 李庆远:对于土壤有效性磷概念的演变。土壤学报 5(3): 214—215, 1958。
- [55] 土壤研究所:红壤性水稻土磷肥施用试验。科学通报 735, 1958。
- [56] 土壤研究所:利用高磷培育花生种子对增产效果的试验。科学通报 736, 1958。
- [57] 苏南农业科学研究所:化学肥料喷射试验。科学通报 72—75, 1951。
- [58] 馮清:棉花根外追施磷肥。农业科学通讯 8: 436, 1958。
- [59] 楊坤:棉花根外追施过磷酸钙与“666”混合液的效果。华东农业科学通报 8: 444, 1956。
- [60] 广东省土壤普查报告:1959年广东省土地利用局。
- [61] 顾荣申、彭坤:华东地区冬季绿肥作物的研究与调查。华东农业科学研究所研究报告汇编 193—248, 1958。
- [62] 裴德安等:红壤荒地利用与改良综合研究初步报告,农业学报 8(4): 454—462, 1957。
- [63] 中央农业部:1957年全国肥料会议材料。
- [64] 土化肥:中央农业部 1958年全国土化肥会议专刊(余杭)。浙江省人民出版社印行。