

我国农业持续发展和生态环境中重大土壤问题的化学机理研究建议

于天仁

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要 文章针对我国土壤学的发展状况及农业生产现状提出了有关土壤化学方面的研究课题。供土壤工作者参考。

关键词 土壤化学; 研究; 建议

当前,土壤学作为一个应用基础学科,正在经历着两方面的历史性转变。在研究对象方面,从主要研究温带地区的恒电荷土壤向积极研究热带、亚热带地区的可变电电荷土壤转移,因而使土壤学体系由恒电荷土壤学向恒电荷—可变电电荷土壤学过渡。在服务对象方面,从传统的主要着眼于农业生产向同时着眼于人类生存环境转移。因为这两方面所涉及的主要理论问题都与土壤的化学性质有关,所以正如土壤学史上的其它重要进展一样,土壤化学研究在这两方面的转移中都起着突击队的作用。

综观土壤学研究的国际现状,有一个非常明显的现象,即一个国家科学愈发达,以土壤化学为中心的基础土壤学所占的比重愈大。对一个具体的国家,基础土壤学所占的比重也随其科学的发展而增大。

我国土壤学研究中却有一个畸形的现象。一方面,我国生态环境和农业生产中所存在的许多重大土壤问题多与其化学性质有关,有的甚至主要是土壤化学问题,例如土壤的酸化、潜育化、盐化、碱化、化学污染及其对地下水水质的影响等。另一方面,有关的研究却非常薄弱。即使有,也多从其环境因素或表面现象去考察,而很少触及机理。结果是,对有关问题不能从理论上深入的认识,因而提出的防治措施也只能是泛泛的,甚至是不符合客观实际的。

造成这一现象的主要原因,是近年来有关这方面的基础性研究既不能纳入国家基础研究的范畴,又不能像土壤利用改良等那样参与“攻关”、“工程”、“重大”等项目,结果是两不沾边,得不到经费,以致土壤学中不应缺少的基础研究严重萎缩。

本文针对我国农业持续发展和生态环境中重大的土壤问题,提出一些需要研究的方面,希望研究结果能为土壤评价、施肥、利用改良等提供科学依据,并使我国的土壤学研究深入一步。

1 研究内容

1.1 南方土壤的酸度特征、酸化机理及其后果

我国酸性土壤可分为两大类。秦岭—淮河一线至长江一线者多为弱酸性,长江以南者多为强酸性。土壤酸化是一种普遍存在的自然过程,它是盐基性离子被水分淋溶的结果。这是多雨的南方地区多存在强酸性土壤的基本原因。

我国酸雨的大范围出现使南方土壤的酸化问题出现了新的情况,并且问题还在发展。酸雨的北缘已从 1986 年时的长江一带北移至 1993 ~ 1995 年时的黄河一带。在同一地区,雨水的酸度不断增高。例如在贵阳地区,1983、1985 和 1989 年雨水的年平均 pH 值分别为 4.53、4.20 和 3.95。因此,我国土壤的酸化必将因酸雨而日趋加剧。

我国南方土壤(红壤)的酸化过程的有不同于北欧、北美的温带地区的土壤以及我国东北地区土壤的一些特点。一方面,它对酸的缓冲能力较后者为弱,因而易于酸化。另一方面,由于大量氧化铁、铝的存在,它对酸雨中的硫酸根有专性吸附作用,可以释放出一些羟基。因为我国酸雨中硫酸占 3/4,这与土壤因素结合起来,使我国酸雨引起的土壤酸化问题有不同于北欧、北美地区土壤的复杂情况,需要建立适于我国土壤特点的土壤酸化模式。此外,由于表面质子化,红壤还有其他的消耗酸的途径。

长江与秦岭—淮河之间的过渡带土壤虽然目前多为弱酸性,但是根据土壤化学原理,其 pH 是处于对酸的缓冲性能较弱的范围,即少量酸的进入即可引起 pH 的显著降低。这种降低必将引起生态环境的一系列改变,因此也是值得密切注意的问题。

本课题应针对我国土壤的特点和我国酸雨组成的特点,研究土壤的酸化问题。内容包括:(1)氢离子进入土壤后的去向;(2)铝离子的形态及在固液相间的化学平衡;(3)硫酸根的专性吸附对土壤酸化的影响;(4)土壤酸化对有害元素的释放和养分元素的淋失的影响;(5)土壤酸化的预测(主要类型土壤对酸沉降的敏感性和缓冲容量);(6)过渡带弱酸性土壤的酸化特征。

1.2 潜育化土壤的生物限制因素

潜育化作用发生于 3 类土壤:长年渍水的沼泽土、灌水种稻期间的水稻土和地下水位高到一定程度的底潜型土壤。其共同的特征是所有的土层或某一土层由于被水分饱和而发生还原作用,产生影响生物活动的有毒物质。这种土壤约占世界土壤的 1/5,在我国更为重要。而且,潜育化土壤的面积还有扩大的可能。例如,据推测,三峡大坝建成后,长江中下游某些地区的土壤有发生潜育化的危险。因此,关于潜育化土壤中的有毒物质的产生机理及其影响因素,是国内外广泛关心的一个问题。我国在 50 年代至 80 年代初,对水稻土中以氧化还原过程为中心的物理化学性质及其与植物生长的关系,包括铁、锰和硫的化学形态,进行过开创性研究。以后中断下来。现在根据我国的新的情况,需要扩展并深入下去。研究内容包括:(1)还原条件的强度因素与数量因素之间的关系;(2)有机还原性物质的化学法和电化学法区分;(3)有机还原性物质与铁、锰的反应机理及其动力学;(4)铁、锰离子的形态及其对植物生长的影响;(5)硫化氢—硫离子—固态硫化物之间的物理化学平衡及在生物毒性中的意义。

1.3 盐碱化土壤中的盐分运移规律及碱化机理

盐土和碱土在我国占有广大的面积。我国在这方面已进行了大量的研究,并已有专著出版。这些研究中已涉及到盐分在土壤中的动态问题,因为自然条件下的土壤盐分是处于经常变动之中。但是已有的研究多着眼于盐分的地球化学,而对其物理化学机理则很少注意。实际上当各种盐分在土壤中迁移时受到土壤的一系列物理化学性质的影响。至于土壤的碱化过程的机理,更需要深入研究。本研究主要包括:(1)吸附—解吸作用对钠、钾、钙、镁离子的迁移的影响;(2)络合(螯合)反应在盐离子迁移中的作用;(3)吸附—负吸附—解吸作用引起的氯、硝酸根、重碳酸根、硫酸根阴离子迁移时的分异;(4)土壤溶液渗透压与各种离子在固—液相间的物理化学平衡的关系;(5)碱化土壤中控制 pH 值的物理化学因素。

1.4 污染元素进入土壤后的形态转化及其对生物毒性的影响

化学物质对土壤污染问题是近年来我国土壤化学研究中工作较多的一个领域。涉及的元素主要有汞、镉、铬、铅、铜、砷、氟等。关注的重点是这些元素的总量及其形态区分。这方面研究的主要薄弱之处,是这些元素进入土壤后的形态转化的机理及其影响因素。实际上,上述所有元素的生物毒性都不主要决定于其在土壤中的总量,而决定于其对生物起实际毒害作用的活性数量。这个数量仅占其总量的极小部分。这种活性数量与总量的关系,决定于吸附、沉淀、络合、氧化还原等物理化学反应。所以对污染元素进入土壤后的形态转化的机理的阐明,是认识这些元素的生物毒性的前提。另一方面,由于这些元素与土壤之间的化学反应较营养元素复杂,国际上对其中的许多方面所知尚少,这就更增加了在我国进行有关研究的必要性和迫切性。研究内容主要包括:(1)不同类型土壤中重金属离子的专性吸附和电性吸附的相对重要性;(2)沉淀、吸附、络合反应对重金属离子在固-液相间分布的影响;(3)重金属离子对土壤的表面化学性质的影响;(4)相伴阳离子和阴离子对砷和氟在固-液相间分布的影响;(5)变价元素(铬和砷)在不同氧化还原条件下的形态及其活性。

1.5 污染元素和营养元素的迁移及对地下水水质的影响

各种元素在土壤中的迁移有两方面意义。无论营养元素或有毒元素,必须从土壤中的某处迁至根系的表面,才能对植物发生作用。这些元素对地下水的影响情况,与其随渗漏水流经土壤时发生的一系列反应有关。例如,磷肥对植物的有效性较低,在很大程度上是由于其迁移速度较小。地下水中的硝酸盐含量易受施于土壤的氮肥的影响,是由于硝酸根易随水迁移。各种元素在土壤中的迁移速度决定于其与土壤进行的一系列化学反应,所以在近代土壤学研究中,愈来愈注意这些物质在土壤中的迁移问题。本研究内容主要有:(1)吸附-解吸对离子迁移的影响及其机理;(2)重金属离子的专性吸附与其迁移速度的关系;(3)共存的同种电荷离子和异种电荷离子对离子迁移的影响;(4)离子在土壤胶体-溶液-根系及土壤胶体-溶液-微生物界面间的动态反应;(5)可变电荷土壤中硝酸根的吸附与地下水硝酸盐污染的关系。

1.6 土壤和水质的电化学法测定及原位连续监测

土壤的一个重要特点是其性质易随环境条件而变。通常研究土壤时,总是将土壤采回实验室内进行研究,而且多用试剂做成溶液后再进行测定,此时许多化学性质已不代表田间实际条件下的情况。电化学方法可以将电极直接插入土壤,利用电极与介质间的界面反应,研究土壤的性质。我国在这方面已有的开创性的一系列研究,使在田间甚至原位测定土壤的许多性质成为可能,并通过《Electrochemical Methods in Soil and Water Research》专著在国际上产生了广泛的影响。这类方法还有进一步发展的巨大潜力,特别是原位连续监测。天然水的许多性质与土壤类似,这些方法在水质等环境监测中的应用前景也是广阔的。主要内容包括:(1)新型电化学传感器的研制及在土壤和环境研究中的应用;(2)土壤和天然水质的电化学法连续监测;(3)小型便携式电化学复用仪的研制;(4)土壤中还原性物质及水中 COD 的原位测定;(5)电极-土壤界面间的反应机理及在土壤电化学分析中的意义。

1.7 土壤电化学理论基础研究

本项目中所有的土壤化学机理,都涉及到一个本质问题:土壤中带电粒子(胶体电荷、离子、质子、电子)间的相互作用。这些带电粒子是目前所能认识到的土壤中最微小的粒子,其相互之间的作用可以有各种各样的化学表现,包括本项目中前述的 6 项。为了使前述研究的成果建立在较坚实的理论基础上,必须对带电粒子间的相互作用及其化学表现进行理论

性研究。我国在《Chemistry of Variable Charge Soils》的研究成果中,已对可变电荷土壤(红壤)的特性进行了初步阐明。但许多理论问题有待于深入。我国北方还有大面积的恒电荷土壤。对两类土壤的电化学性质的直接比较,可以补充主要来源于对恒电荷土壤的研究的土壤学理论,为综合两类土壤的特点而成的较全面的土壤学体系提供重要条件。本研究主要包括:(1)土壤胶体表面正电荷和负电荷的产生机理和分布;(2)土壤与离子间的反应平衡及双电层的构造;(3)土壤与离子间的动态反应,如动电性质和电导;(4)土壤与质子间的反应所表现的土壤酸度;(5)土壤与电子间的作用所引起的氧化还原反应。

2 已有基础

南京土壤研究所所有较强的土壤化学基础,特别是其土壤电化研究成果,分别从理论(《水稻土的物理化学》、《Physical Chemistry of Paddy Soils》、《可变电荷土壤的电化学》、《Chemistry of Variable Charge Soils》)和实验技术(《土壤和水研究中的电化学方法》、《Electrochemical Methods in Soil and Water Research》)方面为本项目的完成提供了重要条件。我国高等院校和科研单位还有许多土壤化学力量,也分别在不同领域做出了一定成绩。如能将这些力量组织起来,统一计划,分头进行,应可较好地完成本项目中所提出的任务。

3 目标和预期成果

对我国农业持续发展和生态环境中重大的土壤问题,包括酸化、潜育化、盐化、碱化、化学污染等的化学机理有较深入的认识,为有关的防治措施提供科学依据。通过上述研究,对土壤学的进展从两方面起推动作用。在土壤学体系方面,从恒电荷土壤学向恒电荷—可变电荷土壤学转移。在学科发展方面,由以土类为中心的宏观土壤学经以粘土矿物为基础的中观土壤学向以带电粒子(胶体电荷、离子、质子、电子)为中心的微观土壤学转移。

预期应可总结成果,完成几部专著,包括《土壤酸度和酸化》、《土壤中的氧化还原过程》、《土壤的盐化和碱化》、《中国土壤的化学污染》、《土壤胶体表面化学》、《土壤电化学》。通过以上著作,使我国成为国际上土壤化学研究的中心之一。

会 讯

第十二届世界肥料大会即将召开

经国务院批准,由中国科学院与国际肥料科学中心主办、中国科学院沈阳应用生态研究所与德国植物营养与土壤科学研究所承办的第十二届世界肥料大会将于 2001 年 8 月 3 日至 9 月在北京国际会议中心召开。大会主题:二十一世纪的肥料科学——施肥、食物安全与环境保护。大会交流包括 Trade and market of fertilizers; Alternative sources of plant nutrients 等 12 个专题。论文摘要(英文)接收截止日期:2001 年 7 月 1 日。联系人与地址:沈阳市沈河区文化路 72 号,110016,中国科学院沈阳应用生态研究所 李欣、徐慧。

E-mail: ciec2001@iae.syb.ac.cn 或 ciec2001@163.net. 电话:024-23916240 传真:024-23843313. 大会注册网址: <http://www.cashq.ac.cn/cise/12wfc.html>. 大会查阅网址: <http://www.cashq.ac.cn/cise/12wfc.html> 或 <http://www.pb.fal.de>.