

## 国外考察报告

# 对美国土壤学研究的印象和感想

于天仁

(中国科学院南京土壤研究所)

笔者应美国国家科学院的邀请，于1984年春到美国访问了两个多月，访问期间的主要活动，是在 Illinois 大学、Louisiana 州立大学、Purdue 大学和 Pennsylvania 州立大学讲学，讲学的主要内容是电化学方法在土壤学研究中的应用和淡水土壤的物理化学。在这期间，也会见了一些美国土壤学者，参观了一些研究室。我所接触的学者，主要是土壤化学，其次是土壤矿物学和土壤肥力，因为在美国这三者的关系一直甚为密切，此外也有少数土壤物理、土壤发生分类和土壤微生物方面的。以下结合过去对美国土壤学的一些了解，谈谈对美国土壤学研究的印象和感想。

### 研究机构

美国的土壤学研究，主要是在各大学进行。美国不象我国那样专门设立独立的农学院，而是把农学院作为综合性大学中的一部分。在农学院中，有的设有单独的土壤学系(Florida, North Carolina, Minnesota, Wisconsin, Oregon 等)，有的与其他学科合在一起，其中较多的是与作物学在一起，称做农艺学(agronomy)系(Cornell, Illinois, Purdue 等)或称农艺学与土壤学系(Hawaii, Puerto Rico, Washington)、作物学与土壤学系(Michigan)、土壤学与作物学系(Rutgers)。也有与别的学科在一起的，如土壤学与植物营养学系(California大学Berkeley分校)、土壤与环境科学系(California大学Riverside分校)、土壤学与水工系(Arizona)、土壤学与生物气象学系(Utah)。但并不一定单独的土壤学系就力量较强，而与其他学科在一块的土壤学部分就较弱。例如，Wisconsin 过去是较强的一个土壤学系，但听说近年来下降很厉害。而相反，Purdue 和 Illinois 的土壤学部分则一直在全美国较强的，加州大学Riverside分校也是较强的一个。

一个大学的研究力量的强弱，主要决定于教授，因为美国的土壤学研究主要是靠教授指导研究生进行的。如果一个教授的能力强，则可到校外争取到较多的经费，也有较多的人愿做他的研究生。所以我们可以看到，在同一个系里，有的教授同时指导四五个研究生，

有的则指导一个，或一个也没有。当然，同是指导几个研究生的，水平也有差别，因为有的教授虽然活动能力很强，但真才实学并不特别高，所以研究生的论文水平也就平平。这样看来，一个学校的声望在一定程度上决定于一些偶然因素，但实际上又是必然因素，即有名望的教授的数量和水平。例如过去 Marshall 在粘土矿物学和土壤物理化学方面为 Missouri 大学争取到了很大的国际声誉，但当 Marshall 退休以后，Missouri 大学土壤系的名望就大大低落了。又如过去 Cornell 大学的土壤学研究一直很活跃，以土壤化学为例，过去在 Bradfield 及以后的 Peech 的领导下，研究工作在美国长期居于领先地位，以致有时被称为“Cornell 学派”，但是现在却一落千丈。

在这方面，系主任也很重要。我所见到的几个系主任，已经很少做研究工作(Riverside 的 Pratt 则仍然活跃)。但是他们有责任心好的教授并为他们创造较好的研究条件。有一个土壤化学教授曾谈到对他们系主任(不是我直接访问的几个大学)的意见，说系主任在这方面不称职，以致该系在美国的地位不高。另一方面，有一个很有名望的教授告诉我，有几次要他担任系主任，他不干，因为怕耽误了自己的科学研究。

除了大学以外，也有政府办的研究机构。象美国农部设在加州大学 Riverside 分校附近的盐土实验室，在土壤物理、土壤化学和盐土改良方面都做过一些有一定水平的研究。Purdue 大学附近也有一个研究土壤侵蚀的农部单位。也有大学与政府合办的(后者出经费)，象 Louisiana 州立大学有一个“湿地资源研究中心”，科研方面的主要负责人是海洋系的教授和副教授担任，另有几十个专职的科研人员。其中有一个湿土研究室，在 Patrick 教授(他还在农艺系教土壤化学)的领导下，成为世界上研究淡水土壤的著名单位之一。该校还有一个水稻试验站，经费一部分由政府拨，一部分由农民提供。Pennsylvania 州立大学也有一个与政府合办的土水资源研究所，主要科研负责人由有关系的教授兼任。

我听到过有的教授对政府办的科研机构的意见，说他们虽然经费充足，但没有做出什么好的成绩，大学

虽然经费少，但主要工作还是靠他们做出来的。顺便提到，1979年我在西德参观了农业部农业科学院的几个研究所以后，与同行的一个教授谈到我的印象是，这些研究所的设备在世界上是第一流的，这个教授感慨地说，这些单位的设备是“过多了”。

## 研究趋势

很难简单地概括出美国整个土壤学的研究趋势，只能谈几个侧面。

美国的土壤学研究没有各种规划和计划，各教授在选题方面有高度的自由。这是美国出现较多的开创性学术领域的基本原因。美国土壤学会每年举行一次年会，此外还有各种小型的学术会议，但这些会议全是自由参加，主要是宣读论文，交换看法，对任何人都没有约束力。可是另一方面，美国的土壤学研究也受一种约束力的支配，那就是“钱”。整个说来，土壤学与物理学、化学、技术科学等相比是较难争取到经费的。以土壤学中较为基础性的学科如土壤化学为例，如果要进行理论性研究，只能向国家科学基金会申请经费，但这需要提出有说服力的科学设想，不是很容易的。近年来也有甚易得到经费的途径，那就是向环境科学靠拢。譬如说，现在有一个全国性的酸雨协作网，有一百多个单位参加，其中有相当多的土壤学单位。我曾参观了两个大学的有关工作。污水的性质和处理，也是一个热门题目。这就是为什么从七十年代起在美国的土壤化学中有关土壤污染的论文占相当大的比例的基本原因。也有的土壤学教授宁可在经费困难的条件下坚持基础性研究，象Purdue大学的Low，根据他的声望，如果他改而结合土壤污染，则很易得到经费，但他没有这样做，这只能归之于一种献身于自己的科学理想的崇高精神。也有的教授象Riverside的Sposito，采取“脚踏两只船”的办法。Hawaii大学的Uehara教授对于掌握经费支配大权的人不懂基础研究的重要性这一点深为感慨。但是不管怎么说，即使象美国这样被称为“科学研究自由”的国家，土壤科学的发展也不能完全按照其本身应该走的，而又为有识的科学家所认识到的方向去进行。

新技术的应用方面，有两点值得注意。一个是大型分析仪器的应用，一个是电子计算机的应用。近十几年来在化学领域中各种类型的仪器有飞速发展。我曾参加了在St.Louis举行的美国化学会第187届年会。会议期间各公司展出的仪器很多，特别是各种类型的光化学仪器。这在土壤学研究方面也有所反映。Illinois大学有一个土壤化学副教授，主要从事仪器分析方法的研究。听说Cornell大学也有一个很有发展前途的副教授进行这方面的研究。我自己对物理学

仪器是外行，而且到目前为止，美国在这些方面的工作似乎还处于兴起阶段，但可以预期，这对提高土壤分析的分辨力、精密度和速度方面以及开辟某些新的研究领域方面，都会有促进作用。电子计算机的应用也颇为普遍，其中较多的是用于数据处理，但也有人用于较深入的研究，例如加州大学Riverside分校土壤和环境科学系专门设计了一种计算机，用于数学模拟土壤溶液和水中各种离子的形态。Illinois大学和Louisiana州立大学都有人利用市售的计算机，进行类似的研究。我自己在这方面是外行，但看来国内过去有人对计算机的作用进行了不是恰如其份的介绍。譬如有人说，某某国家已经利用计算机“指导施肥”。这种讲法就过于简单化，容易引起误解。关于这一点，在“土壤检验”一节中将要谈到。总的说，物理学、化学和生物学中的新技术在土壤学中的应用，在过去、现在以及将来都是推动土壤学进展的一个重要途径，但是这些应用只能靠有关的土壤学家自身的努力去实现。我所看到的美国是这样，北美、欧洲和澳洲一些其他国家的情况也是这样。土壤学家与有关新技术的专家进行合作的情况是有的。在我国，近年来有一种现象，人为地把新技术在土壤学中的应用分割开来，让一部分对有关仪器的作用所知极少的人提出“要求”，让一部分对土壤学所知极少或几乎不懂的人用“现代化”仪器去分析“数据”。在我看来，这既妨碍了这两部分人员的土壤科学水平的提高，更阻碍了新技术在我国土壤学研究中的应用，极不足取。

美国的土壤学研究虽然互无联系，但是在每一个领域里与大家都有或多或少的关系，那就是分类制度。对于美国现行的土壤分类制(Soil Taxonomy)，虽然农部的土壤保持局无权用行政手段去推行，而且在土壤学界(特别是教授级的)持一定程度的批评态度的还大有人在，但现在它已几乎成为全国通用的制度，却是事实。有一次一个澳大利亚土壤学者在中国当着一个美国土壤学者的面开美国的玩笑，问我“你知道论文能在美国土壤学杂志上发表的秘诀吗？”我不知如何回答才好。他说：“用Soil Taxonomy”。确实，美国学者在介绍土壤的时候，多用Taxonomy的名称，有时怕我不熟悉这些名词，再补充说这相当于过去分类制的什么土壤。而且，现在美国的土壤分类制在世界上已有相当大的影响。在我看来，这种分类制所用的名词虽然对于初接触它的人来说古里古怪，但它是基于土壤所具有的属性，不仅仅在名词上下功夫。而且，他们也知道这种分类制还有不足之处，特别当用做全世界范围的分类制的时候。这也是他们对中国的土壤有兴趣，并想到中国来看看的原因之一。

## 水平和展望

所谓水平，包括研究人员的科学水平和研究工作本身的水平。这两者当然互有联系。总的说，美国土壤科学人员的基础知识较为深厚。这有几方面的原因。一个是，土壤学专业设在综合性大学，在大学生阶段就注重数、理、化基础知识的教育，而且这些课程是由有关的系的教授讲授的。另一个是，绝大多数科研人员都有博士学位，在研究生阶段，又得到深入的培养。所以他们即使是搞发生分类的，也懂得相当多的土壤物理学、矿物学和化学。此外，在美国竞争和淘汰都很厉害，即使得到了博士学位，而且有幸能在大学里找到一个职位，如果六年内不能以自己的科研成绩争取到被提升为副教授，就只好离开。

近几十年来美国的土壤科学在国际上一直居于较为领先地位，这是绝大多数土壤学者所公认的。这并不是说美国在所有的研究领域里都领先。以土壤有机质来说，加拿大的 Schnitzer、苏联的 Kononova 和西德的 Flaig 所领导的研究，都在各自的学术领域内有突出的贡献，绝没有理由说美国的 Stevenson 等人的工作超过了他们。又如关于氧化铁及其性质的研究，澳大利亚的 Quirk 和西德的 Schwertmann 所领导的工作在起步的时间和理论的系统性方面都是超过美国学者的。但是美国土壤学会现有会员六千多人（西德仅有七八百人），力量雄厚，美国的两个专业性杂志“美国土壤学会会志”和“土壤科学”总的来说是水平较高的，实际上已是国际性的杂志，几十年来对于全世界土壤科学的发展一直有广泛影响。苏联虽然土壤科学人员很多，论文也多，但能推动土壤科学发展的创造性的论文则很少。所以全面地看，美国是居于较为领先地位。

但是从另一个角度看，近年来美国土壤科学的发展正如其他国家一样，似乎处于一个停滞的阶段。以土壤化学来说，四十年代土壤胶体与离子的相互关系的研究、五十年代铝离子在土壤酸度中的作用的研究、六十年代金属离子与有机物质的络合作用的研究、七十年代土壤电荷的可变性的研究等，都对整个土壤学的发展起了一定的推动作用。但是纵观近年来的论文，很难找到一个开创性的研究重心。我曾就这个问题征询了十个以上美国的和了解美国的其他国家土壤化学家的意见，得到的回答与我的看法基本上相同。

看来，在美国也有一个科研领导人的知识老化问题。土壤学在整个自然科学中是一门应用科学。以土壤化学来说，从历史上看，往往当一个有识之士把化学上的新理论或新方法适时地应用于土壤学研究的时候，就能使土壤学前进一步。以后基础化学又发展了，

如果这个人不再随之进步，就不能继续起这种作用。这是一个可悲的历史规律，但是这样的例子很多。现在美国一些过去有成就的土壤学者有的已经退休，有的已默默无闻，有的正在著书立说，准备完成自己的历史任务。象 Barber 的“土壤养分的生物有效性的机理”的专著今年即可出版，Low 的“粘土的物理化学”已完成大半。

未来美国土壤学的发展，将取决于较年轻的一代的成长。我所遇到的应用大型仪器或电子计算机进行土壤化学和土壤肥力研究的人员，都是较年轻的副教授、助教授或博士后研究员 (Post-doctor)。有些研究生也很能钻研。Illinois 大学有一个研究生，研究题目是用离子电极研究腐殖酸对阴离子的吸附，最近集中于研究电极表面对腐殖酸的吸附，看来其思维方法是相当不错的。Pennsylvania 州立大学有一个女研究生，当我为了节省时间，对一个问题讲得不够全面时，她当场就听得出来，并提出了质疑。我还见到了另一些科学基础和思维方法都相当不错的研究生。现在正值基础科学和实验技术飞速发展的时代，象美国那样易于接受新事物的国家，如果预期不久将会出现若干个能促进土壤科学发展的新生力量，大概不是毫无根据的。

## 土壤检验

因为这个问题在我国当前有相当的重要性，所以这里作为一节介绍。

在四十年代，美国兴起了根据土壤性质的简单测定来判断土壤肥力状况的热潮，这种方法称做“土壤速测”(quick test)或“土壤检验”(soil test)，有时还结合植物汁液的速测。这在世界范围内起了相当广泛的影响。以后在美国这方面的论文渐少，但是这次我看到，这种方法的应用却相当普遍。一般每州立大学有一个这样的检验单位，由一个土壤化学或土壤肥力方面的教授做技术指导，一个专职的科技人员具体负责，以下有若干个全日的或临时工性质的分析人员(中学程度)。土壤标本是农民直接寄来的，每年的分析量达数万个至十几万个标本。根据分析项目的多少，收费自数元至十几元不等。检验报告中除了分析数据以外，还往往附有对施肥的建议。当然，报告都是用计算机打印出来。其实这些建议是根据对某种有效性养分的数量分级预先做出并由计算机储存起来的，所以并不难，这大概就是被有人说成是用计算机“指导施肥”的原因吧。有的报告还附有对产量的估计，这看起来似乎更神奇，其实美国主要的农业地区的土壤局部差异较小，作物种类较单一，所以既然可以从农场的所在地点从土壤图上推断出土壤所属的土系(series)，

那么，根据几个土壤分析结果，结合常年的一般产量，做出产量估测（有相当大的变幅）也是可能的。听说还有一些私营的土壤检验单位，收费更多。美国还有一个土壤检验者协会，我在 Illinois 大学时正巧该协会在该地开会，有几十人参加，其中有相当多的农业推广人员。

在这方面，值得注意的是关于分析方法问题和实际效果问题。我所看到的几个实验室，测定项目和所用的方法大体类似，而且基本上是沿用四十年代五十年代的方法。例如有效性磷的测定多用Bray I 法。实验室设备也较为简单，不过多实行流水作业，所以分析效率很高。据一个教授说，其他州的情况也大体类似。只有 Pennsylvania 的分析方法有些特殊，在这种方法中，既考虑养分供应的数量因素，又考虑其强度因素。另外还考虑缓冲因素及相对强度（或相对有效性）因素。数量因素代表有效性养分的储存量；强度因素是养分对植物根系的有效性的一个尺度，即植物根吸收该种养分的难易；缓冲因素是数量因素随强度因素而变的情况；相对强度因素表示两种养分之间的相互关系，例如Mg/K因素、Ca/Mg因素、(Ca + Mg)/H 因素等，因为这些元素在与植物的关系方面是互为影响的。根据这些理论上的考虑，他们的提取剂也与一般不同，例如用含  $2.5 \times 10^{-4} M$  KCl,  $10 \times 10^{-4} M$  MgCl<sub>2</sub> 和  $50 \times 10^{-4} M$  CaCl<sub>2</sub> 的提取液，测定与土壤反应后的 ΔK, ΔMg 和 ΔCa，用以计算土壤对这些元素的需要量。因为这些方法是在 Baker 的领导下建立起来的，所以称做 Baker 法。看来这些方法的主要特点是应用了现代土壤化学的一些原理，值得注意和进一步的研究。

土壤检验在实际农业生产上的效果如何？这是我关心的一个问题。美国有这么多的土壤检验单位，而且每年都分析大量的土样，这是一个事实。有一个地方报纸报导，Pennsylvania 州立大学已与一个县的二十多户农民合作，进行了两年类似于我国的土壤中养分的收支平衡的研究，其中包括土壤养分和植物成份的测定，今年进行合作的农场还将增多。为了掌握第一手材料，我与 Baker 教授一道，访问了大概是他的重点联系的两户农民。有一个农民有很系统的档案材料，其中包括每年的土壤检验报告。但他没有谈到如何根据土壤检验结果进行土壤管理的。还有一个农民，根据 Baker 与他谈话的内容和他的反应情况来判断，二者在知识上的差距并不比我国一个土壤科技人员向一个一般水平的农民宣传土壤检验的作用时二者的差距小多少。这些印象使我可以保留过去对土壤检验（我国有人称为土壤“诊断”，看来这个名称不很确切）的看法，即在现有土壤科学水平的条件下，当一个有经验

的科技人员对一定类型的土壤与田间试验的结果进行对照后，土壤检验的数据在推断土壤的肥力状况时有一定的参考价值，但不宜把它的作用说得过于普遍化或甚至神乎其神。顺便说一句，1979 年当我参观西德的一个土壤检验机构（简称 LUFA）以后，陪同我参观的一个土壤肥力学教授对我说，他们介绍中对分析数据的作用的说法是根据不足的。

美国还有一个与中国不同之处，就是他们农业地区的土地甚为平整，一块农田的面积是以百亩计，所以一个土壤标本对农民来说具有相当大的代表性。但是在我国田块面积甚小，而且即使是紧邻的两个田块，土壤肥力水平也可以有极大的差异。这也是在应用土壤检验结果时应该注意的一个问题。

## 设备和效率

总的印象是，美国大学土壤学系的仪器设备并不比加拿大、西德和澳大利亚明显的好。象 Purdue 大学 Barber 那样有成就的教授，他的实验室设备就不比南京土壤所的同样性质的研究室好。Illinois 大学的粘土矿物方面的仪器，都还是十几年以前的老产品。但是他们都是根据科研中的实际需要购置仪器，有时并加以改装，或用几个部件自己组装的，所以常各有特色，并且能确实在土壤学研究中发挥作用。象 Louisiana 大学的湿土研究室，利用通常的 pH 计和自动滴定仪组装成自动控制土壤 pH 和氧化还原电位的装置，在元素的形态转化方面进行了一系列成果卓著的研究，以致现在在西德和澳大利亚都有人模仿他们的研究途径。Illinois 大学 Kurtz 教授的一个助手利用七十年代的一个质谱仪，自己设计了一个研究反硝化作用的装置，据介绍效果很好。Purdue 大学一个中国访问学者利用红外光谱仪研究粘土表面吸附的水分子的性质，原来几个月工作没有进展，最近在一个光学部件上稍作改进，得到了满意的结果。Low 教授的一个研究生所使用的电导仪，还是南京土壤所五十年代使用的那种老类型，但他结合利用一个市售的廉价的激光仪用移动界面法研究粘土的动电性质，比常用的电泳法有若干优点。这些使我得到一个强烈的印象，在科学飞速发展的今天，必要的现代化仪器的重要性是不待言的，但是土壤科技人员必须自己去探索研究手段现代化的途径，绝不能等待、依赖别人的代劳。从全国范围来说，即使把全世界最先进的仪器都买进来，如果使用不当，也并无助于中国土壤科学的研究的现代化。顺便说，有些外国土壤学者包括外籍华人对中国也有类似的看法。

大家知道，在美国工作效率较高，在美国进修的中国人也是这样。我遇到几个中国访问学者，大多能

在一两年的时间里完成两三个研究题目。当然，这与在美国研究人员（包括中国访问学者）的积极性高，外界对研究工作的干扰少等有关。看来，选题适当和研究路线正确，也是重要的因素。有个美国土壤学者到中国一个单位访问时，有人希望他向科研人员讲讲如何进行科学的研究。有些外籍华人到南京土壤所访问时，也曾请他们讲过与此类似的题目。这说明国内在这方面存在的问题的普遍性。应该说，这是在大学生阶段和进研究单位两三年内就应该解决的问题。

## 一 点 感 想

如果问，中国土壤科学与美国的差距如何？或者说有什么不同之处？

我认为，在中国主要的问题是没有按照现代土壤科学本来的面目去看待它。现在在中国居于主导地位的指导思想，是三、四十年代的土壤学、苏联土壤学和把土壤科学看成一种应用技术这三者的混合。我这里是指学术思想，因为一个三四十岁的人在这方面的思想可以比一个六七十岁的人浓厚得多。在三十、四十年代，对几个土壤标本进行一些理化分析，总结起来就可以是一篇论文；对一种土壤进行一下单因子肥效试验，就可以是一项科学的研究。现在在美国如果有这样的论文，就会找不到发表的地方。七十年代初苏联出版了一本书，书名大概是“苏联土壤的农业化学”，内容是总结苏联各地施肥试验的结果。当时美国土壤学会会志上有一篇评论说，书中所引述的试验内容在美国是在本世纪初就已进行了的。苏联土壤学的重要特点之一，是土壤地理学挂帅。长期以来在南京土壤研究所也有一种占主导地位的意见，就是发展中

国土壤学的核心是发展中国的土壤分类学。土壤分类应是在土壤的基本性质的基础上进行的，它虽然重要，但它本身在土壤学中是较为应用性的，怎么能本末倒置呢？现在中国各大学把“农业化学”和土壤学割裂开来，也主要是受苏联的影响。这个名称本身就很不妥。难道除了研究施肥问题需要“农业”化学以外，土壤化学、土壤矿物学、土壤生物化学等的研究就不应用化学吗？至于把土壤科学作为一种纯应用技术来看待，似乎土壤学的内容就是施肥技术和土壤改良措施，这实际上是否定了土壤学作为一门科学的存在。

这些指导思想的后果之一，是对中国的土壤科学工作起了束缚作用，以致三十多年来虽然全国的土壤工作者辛勤努力，但研究内容基本上没有超脱区域性土壤学的范畴，真正能够谈得上对土壤科学的进展有所贡献，值得在土壤学教科书中引用的材料很少。现在中国土壤学在国际上所处的地位连起步较晚、人员少得多的加拿大和澳大利亚都不如，这既与中国这样大国在国际上的地位不相称，也对解决我国国民经济中的实际问题不利。现在大家常说的我国土壤学研究是在低水平上的大量重复，就是这方面的一个集中反映。

在我看来，要想使中国土壤学的科学水平有所提高，就必须从这些思想的束缚中解脱出来，分析美国等西方科学先进国家的现状和发展趋势，结合中国土壤的特点，充分利用我国土壤科学人员多和可以有较长远的计划的优点，敢于有对国际土壤学的发展有所贡献的志气。只要经过艰苦的努力，就可以取得良好的成绩，使中国土壤学在某些领域里的研究工作在国际上居于较为领先地位。

## 《土壤》1985年征订启事

《土壤》期刊由中国科学院南京土壤研究所主办。本刊主要刊登土壤学学术论著及各领域的科研成果、介绍土壤学研究的新手段和新方法、普及土壤学知识、并提供国内外土壤科研信息。

本刊为双月刊，全年出版6期，16开本，自1985年起，每期56面定价0.45元。需订阅者，请于11月份向当地邮局（所）预订。本刊代号28—21，可以破季订购。

《土壤》编辑部