

国外考察报告

西德土壤及土壤科学

姚贤良 龚子同

(中国科学院南京土壤研究所)

一、一般情况

我们应西德马普学会邀请，于1982年9月26日到10月24日，赴西德进行土壤学专业考察。考察计划分为两方面，(1) 希望短期内较全面地了解西德的主要土壤类型和利用情况；(2) 适当安排参观西德最著名的土壤研究机构和与著名的西德土壤学家接触，以便较深入地了解西德土壤学研究的现状和学术见解。所到地区或单位均由主要教授或所长负责接待。

考察期间，我们先后访问了吉森市李比希大学土壤研究所、植物营养研究所、热带土壤研究中心、大陆农业研究中心以及李大综合性试验站；波恩市波恩大学土壤研究所、波大低湿地改良试验站；汉诺威市汉诺威大学土壤研究所、联邦地球科学研究所及钾肥研究所；格廷根市格廷根大学土壤研究所、森林营养研究所；斯图加特市霍恩海姆大学土壤研究所、植物营养研究所；慕尼黑市慕尼黑科技大学土壤研究所等6个大学的10多个与土壤科学有关的研究单位。与西德著名土壤科学家H. Zakosek教授(波大)，J. Breburda教授(李大)，Reichenbach教授，K. H. Hartge教授(汉大)，E. Schlichting教授(霍大)，U. Schwertman教授(慕大)，B. Meger教授(格大)，以及老一辈的土壤学家E. Mückhausen等进行了座谈和讨论。他们中有的业已在近年访问过中国，有的即将访问中国，对中国同行十分友好，都能热情地介绍他们过去的研究心得和今后的工作设想。

我们还进行了较多的野外实地考察。考察了西德中部以粮仓称著的黄土区的主要土壤类型及其农业利用，北部砂土区的土壤类型及其农林利用，以及南部以种啤酒花为中心的土壤利用及水土流失情况。了解了该地区的第四纪地质、地貌类型，观察了主要的土壤剖面，并据此与我国和东欧相应的土壤剖面作了对比，以加深对西德土壤分类、土壤利用的了解。

参加了两次由西德土壤学会举办的“土壤物理学和改良”和“第四纪地质和古土壤研究”的小型学术会

议。

考察期间我们分别作了“中国土壤类型、特性及利用”(龚子同)和“中国土壤物理学研究近况”(姚贤良)两篇学术报告，受到了西德同行的好评。

考察期间由马普学会的Kuhner博士主持宴请我们。考察期末，吉森市记者对我们进行了采访、拍照，并于翌日用较大篇幅的照片和内容报导了我们访德的消息。考察始终都受到德国同行的热情接待，反映了当前中德的友好形势，也与德国土壤学家愿与中国土壤学家加强合作、加强交流密切相关。

二、西德土壤

1. 土壤分类 德国土壤分类研究历史悠久。在西欧比较全面而流传较广的四个分类系统中，有两个是德国的分类系统，即W. L. Kubiena和E. Mückhausen的土壤分类系统。此外，德国H. Stremme的分类系统的影响远及日本，为人熟知的拉曼棕壤是德国土壤学家E. Ramann提出来的。联合国粮农组织(FAO)主持的1:250万比例尺的欧洲土壤图(1965)和以后联合国粮农组织和教科文组织(UNESCO)联合主持的1:500万比例尺世界土壤图欧洲部分两幅中所涉及的图例，很多吸收了德国土壤分类的内容。

一个时期德国通行W. L. Kubiena的分类，然后又以E. Mückhausen的分类为主。目前土壤学界采用的分类是以W. L. Kubiena的自然分类为依据，经过E. Mückhausen修正，并由西德土壤学会分类委员会加以补充的分类系统。这个分类非常强调土壤剖面结构，认为剖面特征反映了土壤发育的所有影响。这个分类的高级单元如下：A、陆上土壤——(a)陆上原始土，(b)A—C(R)土壤，(c)草原土壤，(d)斑纹粘土，(e)棕壤，包括典型棕壤和准棕壤，(f)灰壤，包括典型灰壤和铁盘滞水灰壤，(g)石灰土，包括棕色石灰土和红色石灰土；B、地下水(半大陆)土壤——(a)潜育土，(b)洼地土壤，(c)滨海或河谷

泛滥地土壤；C、水下土壤；D、泥炭沼泽土；E、人工土壤。

2. 几个类型 德国主要土壤为灰化土、棕壤、准棕壤、黑钙土、假潜育土、黑色石灰土、草甸土、沼泽土和人工土。其中有几种中国土壤工作者不太熟悉，略作介绍如下。

棕壤和准棕壤(Ramann-Braunerde 和 Para-braunerde)。这两种土壤均为温暖湿润气候带的特征性土壤，年降水量500—800毫米，湿度不高，年均温8—10℃，自然植被为阔叶林。两者不同点是棕壤无明显的粘粒移动，准棕壤有粘粒机械移动。前者具Ah—Bv剖面，后者Ah—Ai—Bt剖面。棕壤一般分布于山地丘陵，准棕壤见于山前洪积扇上，前者目前大多为林地，后者是较好的农地，是主要的粮食产区。

潜育土和假潜育土(Gley Soil 和 Pseudogley Soil)。潜育土是地下水湿润的土壤，假潜育土是地表积水所造成的。前者属于地下水土纲，后者属于陆上土纲。潜育土中包括典型潜育土、湿润潜育土、青灰色潜育土和泥炭潜育土，假潜育土则出现于陆上土纲的许多土壤中。潜育土的形成除通常的条件外，还有一部分是由深层CO₂还原造成的；假潜育土的形成至少有三个条件：(1)剥蚀的地形，(2)古老的母质，(3)不良的透水性。潜育土一部分可作牧场；假潜育土一般不作农地，可作牧场也可以造林，但林木的根系常伸展不良，冬天积雪时，树干可能被折断。

厚熟土和混层土(Plaggenesch 和 Rigosol)。Plaggen一词原指农民用草本植物的有机物与厩肥相混合的堆肥。连续使用这种肥料使表土增厚而形成厚熟土。这在18世纪以前比较盛行，18世纪开始随着化肥的增多，以后不再用此法，但这种土壤名称仍被沿用。混层土是指经过耕作或翻动使土壤全剖面原有层次受到破坏和上下层位置错乱。例如人为堆积的旱地和深翻种植的果园都属于“混层土”。近来德国为了重新利用露天采矿迹地，将土壤重新处理平整，这种土壤也属于“混层土”。

德国土壤工作者对本国土壤分类很自信。他们认为系统分类学(Taxonomy)虽有优点，但较难懂，因此只用于对照，更不用于制图。

3. 土壤利用 西德面积24.8万平方公里，比我国广西壮族自治区略大。其中林地占29%，耕地占32%，草地牧场占21%。除了山地为森林复盖外，农地周围大多由森林环绕。西德从本国情况出发建立以牧业为主、农林牧结合的农业结构。畜牧业与种植业产值大体为七与三之比。种植业为畜牧业提供了精饲料，饲料作物占耕地面积的65%。畜牧业为种植业提供大量有机肥。每亩可得厩肥约1200—1300斤。为农作物和

牧草高产创造了条件。

西德的土壤利用根据自然条件因地制宜。北部和西北部沿海低洼地带，是一片水渍平原，主要为灰化土和沼泽土，粮食作物产量低，适于种植牧草和饲料作物发展畜牧业；莱因河、威悉河流域河谷地带分布着冲积性土壤，中部高原与北部平原的过渡地带肥沃的黄土性土壤，大部分系准棕壤，适于农作物以及牧草栽培，因而成为西德主要农牧基地。阿尔卑斯山坡地和南部高山地带，为灰化土、棕壤、草原土分布区，为良好的林地和天然牧场。

一般山地丘陵都发展林业，在一些地方山地也种植果树，但通常都建成梯田形式。坡地种草放牧，公路两侧都用工程措施或种植草皮来保护裸露的土壤。几条主要河流都比较清澈，整个来说土地利用较好，没有严重的水土流失。

当然，西德土壤利用也存在一些问题。有的地方，如在慕尼黑啤酒花种植区，由于一年6—8次的强度耕作，有机肥不足，因而也有一半以上的土壤遭侵蚀。作为一个工业发达的国家，工业污染带来的问题是很难突出的，每年往空气中排放的SO₂达400万吨，造成“酸雨”危害。莱因河流域工厂密集，各种重金属元素随水排入河内引起严重污染。作为一个高度机械化的国家(每5.2公顷有一台拖拉机)，大功率的拖拉机日渐增加，所以机械对土壤的压实也是一个问题。

三、土壤科学

西德土壤科学的发展是和李比希(J. Liebig)分不开的。李比希是德国著名化学家。1840年发表了“化学在农业和植物生理学上的应用”一书。有力地说明矿物质是植物营养的基础，为农业化学的发展打下了基础，并促进了化学工业的发展。

李比希在西德很受尊敬。他不仅被认为是一个大化学家，而且是一个实验教学的创始人。为了纪念他，将位于西德黑森州首府的吉森大学以李比希的名字来命名。这所著名的大学已有375年的历史。在那里建立了李比希博物馆，展示他一生的科学活动和宣扬他的治学精神。同时，还有一些街道和企业也以他的名字来命名。

在李比希以后西德的植物营养研究有了很大发展。目前不少著名大学都设有植物营养研究所。他们正在深入研究植物生活中氮的代谢，不同土壤类型和水热条件下氮的命运以及氮的经济施用等。通过N¹⁵的长期试验证实：在德国土壤条件下，氮肥通过反硝化作用而损失的量不大，碱性土壤上施用氮肥未见有明显损失，以及在冬小麦上推迟氮肥的施用时期(改早春为晚春)可以大大提高氮肥利用率等。为减少磷肥

的进口，不少研究机构正系统地研究不同土壤上磷的固定及提高磷素供应能力，不同细度磷矿粉的肥效以及磷矿粉和有机肥混施等。虽然西德钾矿资源丰富，但他们仍重视提高土壤含钾矿物中钾的释放问题，研究钾肥与土壤类型和水热条件的关系。由于西德土壤淋溶作用较强，石灰施用仍有研究，认为其效果与土壤类型和石灰的细度有关。施用有机肥料和种植绿肥受重视。李大综合试验场设有长期的有机肥料试验。在巴伐利亚啤酒花种植园中，已广泛推行种植白花三叶草以增加土壤有机质，改善土壤结构和防止水土流失。

与农业化学发展的同时，土壤化学进展也较快。如酸雨毁林与土壤性质的关系，土壤中氧化铁的形成、类型和分布，氧化还原条件对土壤性质的影响，热带、亚热带土壤中铁、铝、锰的毒害和缺铁症状的研究都取得了不少成果。而且逐步趋于土壤化学数学模拟的研究，如 Ca^{++} 在土壤剖面中的移动数学模拟已取得较好成果。重金属元素(Hg、Pb、Cr、Zn、As等)污染土壤和地下水也是当前重要课题之一。

继李比希之后，土壤科学的其它领域也有较大发展。

关于土壤物理学，在西德多数土壤研究机构都设有土壤物理研究组。

关于实行机械耕作后能否引起土壤压板，以及少耕或免耕能否防止压板，这是个广泛引人注意的问题。汗诺威大学土壤所和李比希大学综合试验场对此进行了大量的实验室和田间试验工作。重型机具作业后，表层土壤的容重大于底层土壤，结构大量破坏，渗透性降低，影响氮素矿化和根系伸展。探索防止压板的主要途径据认为是：(1) 机具改革，使大型向中小型发展；(2) 增强砂质土壤中团聚体的稳定性，已选用的稳定剂有 CaSO_4 、 CaCl_2 和 CaCO_3 等，田间试验已进行七年；(3) 深松土，一般每年进行一次或两年进行一次，目的是增加耕层的通气孔隙和毛管传导度。关于免耕试验李大综合试验场已进行了16年的大田交错对比试验。结果表明，免耕处理的土壤坚实，氮、磷、钾，特别是磷仅分布在表土几厘米，整个耕层内的含量较少，根系少，植株吸收的养分也少，影响牧草和作物的产量，其中以低肥区尤为明显。

不少单位从事土壤水份状况，土壤、植物、大气体系中水分循环，以及土壤水分和养分有效性的研究。如慕尼黑科技大学专门绘制1:5000比例尺的土壤水分含量图，作为评定土壤生产性能的重要指标之一。汗大、哥大和联邦地球科学研究所研究土壤水分状况与氮素平衡以及磷钾有效性的关系。指出氮的矿化、损失(主要是反硝化)和移动都取决于土壤水分状况。底层

土壤的氮素供应主要靠扩散，可占氮素供应的60%，而表层土只占30%；在同样施肥条件下，钾的有效性受水分条件支配。森林生态和果园生态条件下的水分平衡的研究已达7—8年。目前正在研究农田(甜菜)水分平衡和产量的关系，为合理利用水资源提供依据。水分平衡的电子计算机模拟研究已取得成果，如在模拟蒸发蒸腾、渗漏与产量的关系上与实测的很接近。

此外，还有研究土壤结构与养分移动的关系、土壤孔隙度与 O_2 的扩散以及土壤力学性质与根系的穿透等。

关于土壤生物学，在我们参观的单位中，只在霍恩海姆土壤所有所接触。由曾来华的J.Ottow教授领导，联系铁的还原、反硝化过程中的一些微生物、生化问题而进行研究。主要观点是土壤中铁的还原不是纯化学过程而是生化过程，它密切取决于诸如*Bacillus sp.*、*Clostridium sp.*和*Pseudomonas sp.*等微生物的活动。如果将土壤灭菌，即使长期置于嫌气条件下，铁不会还原。另外还研究土壤酶的动力学；研究不同酶对土壤粘土矿物和有机质的影响。

值得提及的是，西德的研究条件比较完备地配套成龙，试验场、温室、生长室和实验室模拟试验紧密配合。李大综合试验场布置有耕作、轮作、施肥等长期试验；哥大森林生态土壤水分，元素循环观测站有10公顷面积，其中布置有小气候测验装置；各种规模的地面集水器和地下排水收集器；不同土壤深度成片埋藏的土壤水分张力计和自动测水装置以及定期搜集不同深度土壤溶液和地下水的抽水装置等。

各种类型的排水收集器比较普遍，就我们见到有三种类型：(1) 规模较大的地下观察室类型(哥大，土壤所)，面积7平方米，深6米，其四周设置有同样大小的小区，通过各种管道联接到观察室，可以研究土壤水分、养分平衡以及不同地下水位和气候条件对水分和养分运行的影响等；(2) 半圆状陶土板排水收集器(霍大)，系一直径约15—20厘米、厚约1—2厘米的半圆状陶土探头，其上联一导管，探头可直接嵌入剖面内，从引出的导管内定期抽取土壤溶液；(3) 张力计陶土探头排水收集器，将带有导管的探头按钻孔所需深度埋入不同发生层，定期抽吸土壤溶液。第二、三种装置都较简单，多数单位都采用，但土壤水分较少时难于收样。

植物生长室也较普遍，已成为生长室系列(即4—5个生长室，每个体积不大)，有调高温和低温之分，一般都能控制5个气象因素(即风速、温度、二氧化碳浓度、湿度及气压等)。

温室的规模和自动化水平都较高，如波大的一个温室可容纳6公斤土的盆钵1200盆，屋顶或盆体架自

动牵引。盆体固定在支架环上，钵下设有天平滑轨，可原地称重非常方便。有大型交换树脂过滤器，以大量满足温室栽培所需的蒸馏水，有的试验加水也自动化。

室内模拟试验的规模也较大，如在霍大设大型原状土柱试验，体积约60厘米×60厘米×1.5米，外涂封剂，于不同部位插有诸如张力计等各种探头，以研究土壤水分如养分运行以及氮的反硝化作用等。田间试验、室内原状土实测和电子计算机模拟构成一体。这样得到的数据，既严格，又符合田间实际情况。

四 几 点 看 法

从考察所见，我们认为西德的土壤科学至少有以下几个特点值得注意。

1. 历史悠久工作活跃 西德土壤学是世界上近代土壤科学发展最早的国家之一，是著名化学家和农业化学家J.李比希的故乡，是世界上三大土壤学派之一。目前工作活跃，国际交往频繁，在拉美和非洲工作很多，与欧洲各国之间合作广泛，与苏联、东欧诸国也时有来往。自1945年以来有四位德国土壤学家曾担任国际土壤学会的主席。据决定，将于1986年在德国汉堡召开第十三届国际土壤学会。

2. 工作扎实基础好 全德各地都作了大量的土壤调查研究工作。1963年编有全德1:100万土壤图；作为全国基本图的1:25000土壤图正在进行；完成了典型地区1:5000土壤肥力评价图；巴伐里亚州最近准备作1000个土壤断面图，以深入研究土壤组合。各地都有水分和养分的长期观察，大量的田间试验都持续几十上百年。西德实验室、温室的自动化程度比较高。人工气候室不仅在各研究所，而且在试验站都建有，有较好的研究条件。

西德土壤学家知识面广，一般都有较好的地学、农学或林学知识和数学、物理基础，他们善于把近代物理、化学的成就和测试技术应用到土壤学中去。如土壤水分研究中的数学模拟，并开始应用于养分的动态平衡研究中去。

3. 联系实际互相配合 除联邦地球科学研究所属于地质部门外，西德土壤研究机构主要设置于大学之中，一般属于农学系或林学系。如格廷根大学有一个属于农学系的土壤研究所，还有一个属于林学系的森林营养研究所。而汉诺威大学的土壤所则属于园艺系。

因此，他们的工作与所在部门都有十分密切的联系。

虽然西德土壤学家很重视基础研究，但都十分注意当前工农业生产中的实际问题。在这些问题中涉及“酸雨”毁林，土壤中重金属污染；大型机械压实土壤，工矿区土壤的重新利用以及磷肥的合理使用，氮的平衡和钾的释放等。

为了解决这些问题，土壤学各学科分支互相配合。如对重金属污染问题，有从土壤环境、土壤地球化学、土壤农化甚至从土壤物理等不同角度共同研究。土壤养分和水分的研究通常是由农化和物理合作进行的。粘土矿物、氧化铁的研究也联系养分释放、固定和某些元素的不足和中毒来研究。

4. 各具特色组织得好 各研究所均有各自的重点和特色。如联邦地球科学所着重土壤调查制图；李比希大学植物营养方面工作比较强；波恩大学着重土壤地学工作；汉诺威大学的土壤物理工作有成绩；慕尼黑技术大学则围绕氧化铁的研究；格廷根大学则以研究森林土壤中水分和养分循环而具特色；霍恩海姆大学则以水分数学模拟和铁的缺乏或中毒研究得比较突出。

不仅在一个所内，而且在所与所之间仪器可以互相借用，甚至可以到另一个单位工作一段时间，有利于出成果。

学术会议比较频繁，一般会议只有几十人，会期1—3天。有专业会议，也有与其它学科一起召开的联合会议。在我们访问的四个星期中，在格廷根大学就召开了两次土壤专业会议。

他们还善于组织研究生的工作，几乎各所都是这样。以霍恩海姆大学为例，土壤所最近有19个研究生正在进行博士论文的研究工作，其中涉及土壤形成、土壤矿物、重金属污染、硝化和反硝化作用、森林土壤腐殖质组成、古土壤、微形态判读定量、铁解作用、铁的还原和毒害等。这些工作组成了研究所工作的一部分，补充了薄弱环节，加强了急需的工作。

由于分工合作组织得好，一般只有20来人的小型研究所一年可以做不少工作，可写出很多象样的论文，还培养国外研究生和接待访问学者。

我们深感过去由于文字的限制等种种原因，我们对德国当前土壤科学的进展了解不多。通过这次考察和多方面接触，我们认为德国土壤科学有很多长处，值得借鉴。