

# 我国土壤科学发展与展望

李庆远

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

本文对我国土壤发生分类及土壤调查、土壤化学、土壤农业化学、土壤物理学、土壤粘土矿物、土壤生物化学、土壤微生物学和土壤生态学的发展前景作了概括性展望,并对过去的工作也作了必要的回顾。

土壤学在自然科学中成为一门独立的学科时间还不长。中国进行土壤学教学和土壤科学研究的时间更短,直到现在仅80余年的历史,落后于世界上许多国家。经过最近50、60年的不断努力,我国土壤科学的某些分支学科,已经取得了重大发展。同时,土壤科学的研究成果,也在土地利用、土壤改良以及肥料施用等方面,发挥了显著作用。但是,必须看到,随着社会和生产的发展,对土壤科学提出了更高的要求。为了使土壤科学在国民经济中发挥更大的作用,这里对我国土壤科学的发展作一展望。

## 一、土壤发生分类及土壤资源调查

土壤分类是根据土壤发生所表现的特性和特征对土壤类型所作的科学区分。

道库恰耶夫所提出的五个成土因子,到今天仍然是研究土壤发生分类的指导思想。

这五个成土因子是: 1. 气候因子, 2. 生物因子(特别是自然植被和作物), 3. 成土母质的性质, 4. 地形, 5. 成土时间(从母质演化成为土壤的时间)。

道库恰耶夫是针对自然土壤来讲的。至于农田土壤,主要是受耕作的影响。人们怎样来管理土壤,包括利用和改良,便是研究农田土壤的主要题旨。

我国土壤发生分类的研究始于1930年,当时受了美国分类的影响,建立了两千多个土系。1949年之后,我国土壤分类的发展,可以分为三个时期。第一个时期,主要受苏联的影响。1958年进行了第一次全国土壤普查,为下一时期打下了基础。第二个时期着重于耕种土壤分类的研究。70年代,美国土壤系统分类在世界上广泛传播,中国土壤分类第三个时期将逐步走向系统分类制度。其主要特点是利用土壤诊断层和诊断特性,使土壤分类数字化,从定性分类走向定量分类。这样便于今后计算机在土壤分类中的应用与土壤调查信息的数字化。土壤系统分类可以使国际上土类名称统一起来,便于国际学术交流。

卫星影象图是判读土壤类型的重要辅助手段,图上所反映的地形色调,可以区分各个

土类范围及土类之间的界限。最近几年来,黄淮海平原的土壤调查及土地利用规划中,开始应用该区的卫星影像图。我们已经有了全国的卫星图,可以在科研和生产中充分应用它。

遥感技术在土壤调查中的应用也在不断发展。目前用地表对谱线的反映来判读土壤水分、土壤有机质的变化已经在实践中应用。但是这项工作只限于裸露的地面及植被稀疏的地区。而且有机质的定量及其组成,还要通过实验室来完成。

最近十几年来,联合国粮农组织应用土壤信息系统结合遥感技术用于作物产量的预测预报、施肥和灌溉,获得了很好的效果。我国也要向这个方面努力。

## 二、土壤化学

土壤化学是土壤科学的基础学科,它涉及的面很广。如土壤分析、土壤发生分类、土壤改良、施肥和土壤环境保护等都与土壤化学密切相关。它的研究领域也随着土壤科学的发展而扩大。

早在 30 年代,土壤化学仅限于土壤分析,把所得到的分析结果,用来说明土壤性质,作为土壤分类的重要依据。土壤化学分析的进展是重量法、容量法,发展到比色法。土壤全磷分析,就是经历了这样的发展过程。今天,吸收光谱、发射光谱、X-衍射线等物理方法已逐步代替化学分析手段。

但是在土壤分析中,化学分析方法仍然占有主要地位。测定土壤氮素的开氏法(Kjeldhal)是最古老的方法,已有 100 多年的历史,今天还是为国内一般实验室所通用,仅是设备上作了些改进。测定土壤有机碳的氧化法,是 50 年前由美国的 Scholenberg 和苏联的 Tuirin 几乎在同时提出来的。今天还是常规分析中通用方法。碳、氮(硫)燃烧仪的应用,是分析技术的一项改革,目前在国内化学分析中应用较广,在农业研究单位也已应用。土壤钾素的测定,用 1N HNO<sub>3</sub> 硝煮法,大体上可以说明土壤有效钾的贮量。土壤酸度的测定,从指示剂比色法发展到电极法,是一大进步。各种离子选择性电极的应用,对于鉴定土壤吸附性离子的活度有很大方便,现在国内已生产多种离子选择性电极。

随着化学理论和分析技术的发展,土壤胶体化学、土壤电化学、土壤有机质化学和土壤环境保护的研究相应得到了发展。在我国土壤科学工作者的努力下,电化学方法在土壤研究中的应用,已居国际领先地位,氧化还原性质的研究具有自己的特色,无定型氧化物及其性质的研究正在系统开展,在土壤与离子的相互作用及离子的专性吸附方面也开展了研究工作。重金属元素和有毒化合物对土壤环境的污染也开始了研究。

## 三、土壤农业化学

氮、磷、钾三要素在植物营养中各有其独特性质和作用。施入土壤中的磷肥或钾肥,即使用量过多一些,在通常情况下对作物生长并不引起危害。但是过量的氮肥是有害于作物生长的。同时,氮肥也可能挥发和淋失。过去的试验结果认为,作物对肥料氮的利用率,大约 50% 左右。其余一半的氮素在土壤化学及环境污染方面引起广泛的注意。土壤

有机质中的氮素也是作物的主要氮素给源。应用同位素氮,是研究土壤中氮肥去向的主要手段。在我国近 10 年来,田间微区试验设计已经应用于水稻田中氮素去向的研究。

在一般矿质土壤中,磷素的含量远远低于钾素。因此,农田土壤对于磷肥的需要都高于钾肥。在我国磷肥生产远不能满足生产需要的情况下,经济合理施用磷肥是一个值得重视的问题。

我国钾肥基本上依靠进口。过去钾素是从灰肥和有机肥得到补给的。但当作物产量不断提高,氮、磷肥料用量上升之后,钾肥的需要性就突出了。现在发现太湖地区和东北黑土区钾肥也有增产效果。

近 10 年来,我国化肥销售量迅速增加,据 1985 年统计资料,N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  的总量为 1335 万吨,粮食产量达 4 亿吨左右,其中约有三分之一是由于施用化肥而增产的。

微量营养元素是指土壤中含量在  $n \times 10^{-4}$ — $n \times 10^{-3}\%$  之间,而为植物和动物正常生长和生活所必需的元素,通常指硼、钼、锰、锌、铜等。它们在生物体中为酶或辅酶的组成成分,其作用有很强的专一性,不可相互代替。据现有资料,我国土壤含硼由痕迹至 500 ppm,平均 64 ppm。含钼为 0.1—6 ppm,平均为 1.7 ppm。锰是土壤中含量最高的微量元素,约为 47—5000 ppm,平均 710 ppm。含锌在 <3—709 ppm,平均 100 ppm。在石灰性土壤中锌的可给性很低,此外,心土的含锌量远远低于表土。

长期以来,做了大量的肥效试验,基本上明确了我国主要类型土壤肥力的基本状况和不同肥料品种的增产效果。但是至今尚未建立起完整的科学施肥制度和指导施肥体系,也是亟待完善和解决的问题。

#### 四、土壤物理学

土壤物理学是研究土壤中的物理现象及其变化的一个学科分支,包括研究土壤水分的保持和移动,土壤的热传导和变化,土壤空气的保持和大气交换,土壤颗粒组成及其排列,土壤力学性质,电、磁性质及其变化等。很明显,土壤的物理性质是受轮作制度、耕作方法、肥料类型(有机肥或化肥)等的影响,是决定作物产量的重要因子之一。研究土壤的物理性质,对合理灌溉、排水,水土保持,合理轮作、耕作和科学施肥均有重要的指导意义。虽然农学家对土壤物理性质的重要性早有认识,但是在我国过去这方面的研究却是比较少的。阻碍其发展的主要原因是由于土壤物理性质的研究要保持在原状和原位条件下,而且土体的不一致性又给测试技术带来许多困难。此外,长期以来,在我国测定土壤物理性质的仪器设备陈旧,局限于一些简单项目,如土壤机械组成,持水量,张力,空隙度等。这些简单项目,对于现代土壤物理学的研究是很不够的。

最近 20 年来,我国对于土壤物理学研究有所重视。逐步开展了土壤水分能量概念的应用与研究,建立了研究水土势所必备的测定装置。在武功、大连、南京等地多次举办土壤物理测试和研究方法的讨论会(或进修班)。在封丘、禹城及北京建立了土壤物理参数的自动记录站,在江西、陕西等地布置了原柱型土壤的定位试验。同时也装备了压力膜仪、吸力平板仪、库尔特颗粒分析仪、三轴剪力仪、中子测水仪及原地定位测定蒸发量的传感器等仪器。研究了西北黄土高原深层贮水的农业意义,高产水稻土的物理性质及其调

控,以及土壤磁学性质在土壤分类和土壤改良中的应用等。这些研究推动了我国土壤物理学的发展。

在土壤物理性质中,土壤质地首先受到注意。我国土壤颗粒的分布规律,大体上从西到东,从北到南逐渐变细的趋势。土壤结构是土壤颗粒的排列和组合。近代土壤结构的研究进入土壤颗粒的空间排列对水流、热流和气流的影响。它密切依赖于土壤中团聚体的大小、稳定性及其形成过程。

土壤质地和结构是土壤机械物理性质的主要因子。但是,土壤水分和土壤空气又直接影响土壤的膨胀、收缩、吸附及结持等机械物理性质。土壤砂粒是惰性颗粒,而粘粒却带有负电荷,通常吸附着阳离子。土壤水分是一个带电的偶极体,而不同的土壤,粘粒表面却各有其吸附特性。把这些因子联系起来,可以作为“土壤—植物—大气连续体系”来对待,是土壤肥力的主要指标。

土壤物理学的研究,在理论上和生产实践上均已引起我国土壤工作者的注意。

## 五、土壤粘土矿物

我国土壤粘土矿物的研究是建国以来才逐步开始的,近40年来,土壤粘土矿物的研究从摸索研究方法、改进实验技术着手,结合国家对自然资源综合考察任务,先后对华南,华北、西藏、西南、内蒙古、黑龙江及新疆等地的土壤进行粘土矿物的发生演变及其分布规律的研究。基本摸清了土壤粘土矿物的分布规律,为土壤矿物的深入研究奠定了基础。根据我国高原、山地、平原和丘陵地带性土壤中主要粘土矿物的组成,将全国土壤中粘土矿物的分布情况划分为十一个区。可以看出,我国土壤粘土矿物组成随生物气候而更替的规律性。青藏高原、柴达木盆地、新疆、内蒙古高原西部这些气候干寒地区,土壤中的矿物风化度低,粘粒部分以水云母、绿泥石为主。由此向东,到内蒙古高原东部半干旱地区,蒙皂石在土壤中大量形成。在青藏高原东部边缘、黄土高原、冀北山地和辽东、胶东两半岛的褐土—黄绵土—棕壤地带,水云母进一步风化,出现较多的蛭石。黄棕壤地带的粘土矿物具有南北过渡的特点。广大华南、西南红壤地带分布着高岭,氧化铁亦明显增多。赤红壤和砖红壤地带,水云母风化相当彻底,高岭石的结晶度和含量都比红壤有所增高,铁、铝氧化物大量积累。

水稻土的粘土矿物组成也有明显的地带性特征,即从北到南随着水热条件的差异,水稻土的粘土矿物组成也逐步由蒙皂石为主变为以水云母为主,再变为以高岭石为主。并且水稻土的粘土矿物组成与前身土壤极相似。

土壤矿物的研究与植物的钾素营养相结合,近年来也取得了很有价值的成果。通过对我国主要土壤含钾矿物的种类、含量及供钾潜力的研究表明,含有较多黑云母的北方土壤供钾潜力都较高,一般作物不需施用钾肥;而风化较强烈的南方土壤,虽然有些土壤亦含有较多的钾素,但由于这些钾素主要存在于难被植物吸收的白云母和长石中,所以这些土壤需施用钾肥。

随着土壤粘土矿物研究的深入,近来,发现在我国南方的酸性土壤中,常常存在着一种性质介于蛭石与绿泥石之间的矿物,亦即所谓  $14 \text{ \AA}$  过渡矿物。这种矿物与矿床矿物不

同,是土壤特有的,是成土过程的产物。它的存在对土壤酸度,磷、钾等固定均有深刻的影响。因此,它成为我国南方土壤粘土矿物研究的重点。目前根据我国复杂的土壤分布情况,从粘土矿物定量分析入手,深入研究我国土壤粘土矿物的分布规律及其物理化学性质,为土壤发生分类、土壤肥力特性、土壤资源的合理利用等提供数量化的指标。

## 六、土壤生物化学

土壤有机质是土壤胶体的重要组成部分。了解土壤有机质的组成、性质,既是阐明土壤胶体本性及土壤固、液相界面上发生的各种过程的前提,也是了解水体中重金属和有机农药迁移、转化规律所必需。土壤有机质的转化是环境中C和N循环的理论基础。随着粮食和环境问题日益突出,土壤有机质的组成、性质和转化的研究受到人们更多的注意。

耕地土壤的表土,通常含有有机质在1—3%之间。我国由于利用不当,有大面积的农田,其有机碳<1%。耕地土壤的C/N比在10—14之间,这个比数随着土壤剖面的深度而下降,在0.5米处C/N比一般为5左右。土壤有机质的C/N比在不同生物气候条件下,差别不大,它远远小于成熟的植株。这说明植株体在进入土壤以后,在不断分解中,减少了碳素。在主要土类中,土壤有机质的N/S比也很稳定,一般在7—8之间。

土壤有机质的分解产物是腐殖质,腐殖质是很稳定的。根据放射性碳来计算(英国洛桑试验场研究结果),表层土壤的腐殖酸约已有750年,富里酸为420年,胡敏酸为2400年。土壤腐殖质的形成历史,随着剖面深度而递增,表土下23—229厘米的土壤腐殖质形成已有2000—12100年。当然表层可见的植物残体是现代的生物物质。

土壤中的生物残体,其代谢作用必须通过触酶来完成。各种触酶都有它们的专一性,例如含磷有机化合物和有机肥料是通过磷酸水解酶来形成无机磷酸盐的。

土壤有机质在组成、性质方面,国外继70年代确定了腐殖酸的基本结构单元为酚和苯酸后,近年来发展出一些新的方法,证明脂肪族化合物在腐殖酸中占有更大的比重。各种土壤腐殖酸在组成上有明显差异。在形成方面,近年来提出大量新的证据,表明腐殖酸有多条形成路线。同时证明土壤矿质部分作为接触剂在腐殖酸形成中的作用。在转化方面,不仅提出一些稳定态碳、氮转化的概念模式,并且个别模式已经得到验证。

国内在腐殖质形成方面,继60年代提出了渍水条件有利于胡敏酸的形成后,近年来在这方面又获得一些新的证据,并证明渍水条件下形成产物的含氮组分与好气条件下的有明显不同。同时还提出了在好气条件下不同干湿状况以及游离碳酸钙、矿物组成等在腐殖质形成中所起作用的证据。在转化方面,发展出一种研究土壤有机质分解速率的方法,并用以估计水稻田有机质的年分解量。此外,还揭示了土壤性质对有机物分解速率的影响,对石灰性土壤的有机质状况提出了新的解释。

## 七、土壤微生物学

### (一) 土壤微生物的生态研究

关于微生物在土壤中的数量、种类及分布,在土壤微生物学早期工作中已提供了较为

完整的概念。土壤中多数微生物种类都属于广域分布类型,只有在特殊生态条件下,土壤微生物区系才有明显的差异。从 50 年代开始,我国较为系统的调查了土壤中微生物的数量和分布。结果说明,细菌是土壤中数量最多的一个类群,放线菌次之,真菌最少。我国主要土类中,有机质含量丰富的黑土、草甸土、磷质石灰土和植被茂盛的土壤中,微生物数量较多。而西北干旱、半干旱地区的栗钙土、棕钙土和盐碱土以及华中、华南的红壤、砖红壤中数量较少。就同一地区而言,土壤微生物数量受植被的影响是很明显的。

## (二) 土壤微生物在土壤养分有效化中的作用及其对植物生长的影响

1. 生物固氮: 生物固氮将氮气还原为氨,是地球化学中氮素循环的一个重要环节,也是植物氮素营养科学的一项重要研究课题。从土壤肥力意义上讲,共生固氮是增加土壤氮素,提高肥力的一个重要因素。地球上豆科植物和根瘤菌的共生固氮量占生物总固氮量的二分之一,约为 5000 万吨。所以豆科植物和根瘤菌共生关系的课题一直列于生物固氮作用的首位,试图直接解决农作物的氮素营养问题。国际上对这一课题在整体水平和群体水平上,在细胞水平和分子水平上多方面多层次地开展了研究。

在我国早在 30 年代已开始了豆科-根瘤菌共生固氮的研究。但大量工作还是在建国以后才开始的。50 年代推广了大豆、花生、紫云英和苕子等豆科作物的根瘤菌人工接种技术。东北大豆根瘤菌接种,紫云英北移新区接菌等工作在农业增产上取得显著效果。实际工作表明,除花生根瘤菌人工接种的增产效果较稳定,其它品种的老种植区,接种效果不一致。在大多数地区,增施磷肥能显著提高共生固氮的效果。60, 70 年代豆科-根瘤菌共生固氮的技术工作,着重于优良菌种的选育,接种剂的生产技术,应用血清学鉴定和抗药性标记方法进行了人工接种菌株和本地自然菌种竞争结瘤的生态学研究。近 10 年来的主要工作: 为了发展南北方畜牧草场,进行了三叶草、沙打旺的根瘤菌丸衣化种籽的机播,取得了显著的接菌效果;为了开发利用固氮树种进行了木本豆科植物结瘤和共生固氮的研究;新疆、西藏、海南根瘤菌资源的调查和分类研究;弗兰克氏 (Franks) 菌和非豆科宿主植物的共生研究中,纯培养分离成功;大豆快生型与慢生型根瘤菌比较研究;根瘤菌遗传学和高效菌株构建的研究等。

2. 土壤无机氮的转化: 土壤中无机氮的转化研究重点仍然是硝化和反硝化作用。在特定的条件下通过硝化和反硝化可将氨转化为  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$  或  $\text{N}_2$ , 造成土壤中氮素的损失。也可能由于土壤中亚硝酸的积累而引起水质污染。50 年代中期研究了水稻土的硝化作用和硝化微生物。并证实了水稻田中存在大量的亚硝酸细菌,在好气和厌气条件下,都存在着硝化作用。所以水稻田中的硝化微生物属于兼厌气类群。70 年代对硝化抑制剂的有效性,增产效果和施用条件及其植株、土壤中的残留量、毒性等方面进行了研究。80 年代进一步研究了不同土壤和不同利用方式下硝化强度及其影响因素。

## 八、土壤生态学

陆地生态系统由农业、草原、森林和湖泊几个亚系统构成。生态研究,国外开展早,国内起步迟。目前较活跃的研究领域是: 不同生态类型中营养物质循环与能量传递; 区域生态系统的演变同环境条件的关系; 人为活动对全球生态环境的影响与预测。

我国生态系统的研究近 10 年受到重视,已开展的有以下几方面工作。

### (一) 农业生态系统的研究

包括稻田、旱地与复合生态系统。我国地少人多,需要不断改善土壤条件以满足高产、复种与综合利用,营养物质循环强度较大。

1. 不同轮作制中营养物质循环: 在太湖地区,三熟制产量高于两熟制,稻—稻—麦达 756 公斤/亩,稻—麦达 590 公斤/亩,稻—麦—棉达 412 公斤/亩。自然归还率则反之,前两者为 13%,后者为 26%。营养元素的平衡状况是: 氮素有盈余,磷素平衡或略有盈余,钾素亏缺,施入钾肥量仅能满足需求量的 1/5—1/3。三熟制有利于有机质与氮素积累,但增强了钾素耗竭,某些物理性质亦趋恶化。

北方旱作区,基于营养元素循环与能源利用,提出了优化耕作制度的建议。

有机肥与化肥配合施用产量最高,有机肥对改土有利,残效明显。绿肥牧草不仅可以改善土壤营养状况,根系对改良下层土壤有明显效果。

2. 土壤条件与作物高产: 作物吸收的养分大半来自土壤,土壤肥瘦决定作物产量。在肥沃水稻土上三熟制产量比两熟制高,而在低肥力水稻土上三熟与两熟产量相差不多,合理运筹熟制方能增产增收。

水稻土地下水位维持 60—70 厘米与日渗漏量 15 毫米左右,稻麦产量最高。北方旱作区,通过降水、土壤水分与作物需水量的相关分析,可制定适应性的作物布局,争取高产。

### (二) 草原土壤生态系统的研究

植株中营养元素含量随季节而变化,由活植株到立枯(霜后) N, Ca, P, Mg, Zn 含量上升,到残落物又下降,而 Al, Fe 则反向升高,在此基础上研究了不同元素的循环特点。

放牧强度对草原与土壤影响很大,连续放牧三年,距村 1200 米范围内草场破坏,土壤沙化。

### (三) 森林土壤生态系统的研究

主要研究了土壤中动物、微生物区系在不同林型下的种群,以及土壤酶同有机物分解的关系。同时研究了土壤中化学元素的垂直分异。苔原带土壤化学组成与岩石组成相近,混合林带土壤中 K, Na 含量低,而 Ca, Mg, Fe, Mn 含量高,既同岩石与淋溶有关,也与生物积累有关。

另外,结合山地综合利用在热带、亚热带与温带半干旱山区已开展区域生态建设与复合生态的研究。将农、林、牧、渔作为一个系统,研究营养物质循环与互补作用,以增加生物产量与改善生态环境。

## 九、结 语

建国四十年来,我国土壤科学研究取得了重大成就,在国民经济建设中发挥了应有的作用。不仅培养了一支较为成熟的科技队伍,而且建立了比较齐全的学科分支,具备了综合研究能力。同时,也充分认识到随着社会和生产的发展,土壤科学工作者所面临的历史任务是十分艰巨的。我国的土地资源有限,可耕地不仅不能再扩大,而且还在下降。我国人口趋于发展高峰期,人均耕地已经从建国初期的四亩降为二亩。在这样严峻的形势下,

要逐步改善十一亿人民的生活条件,要增产粮食、保护生态环境,无疑是土壤科学工作者的职责。我们要在土壤资源开发利用、防止水土流失、中低产田改良、合理施肥及土壤环境保护等方面继续开展研究,并且必须在生产中发挥更大的作用。

土壤是可以再利用的自然资源,在良好的管理制度下,进行合理的耕作与培育,保持其良性的生态平衡,将成为人类世代生存的依托。因此,运用新的学术思想和方法,研究保护及合理利用土壤资源的措施和理论,也是土壤科学的一个重要内容。

土壤学是一门综合性很强的科学,其应用范围也很广泛。要使土壤学发挥更大的作用,必须加强学科的交叉与渗透,运用生态科学和系统科学的方法加强综合研究。要注重自然因素与社会经济等诸多因素的相互作用。面向生产和加强基础研究的一致性,将成为土壤学今后研究的特点。

## DEVELOPMENT AND PROSPECT OF SOIL SCIENCE IN CHINA

Li Chingwei

*(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)*

### Summary

Present article gives a prospect of the development of soil science in China. It covers soil geography, soil chemistry, agricultural chemistry, soil physics, soil mineralogy, soil biochemistry, soil microbiology and ecology.

Investigations of soil science carried out in China during the last fifty years are also reviewed.

1. Soil geography: Soil geography covers soil genesis, classification and cartography. The orthodox idea of bio-climatic soil types lies on the following five factors i.e. climate (particularly temperature and precipitation), living organisms (especially native vegetation and human beings), parent material, topographical factor and time that parent materials are subjected to soil formation.

The classification of main soil types in China mainly follows the above mentioned factors given by the Soviet teacher V. V. Dokuchaev. However, in agricultural soils cultivation has an overwhelming influence on soil development. For example, rice paddy soils are developed under alternative wet and dry condition. The oxidation-reduction process governs the genesis of soil profile for which we have a specific classification system.

We are preparing a soil map of China scaled 1:1 million.

The conception of diagnosis horizons is a quantitative measure for soil classification system. We are endeavoring to make such an innovation in soil classification.

Remote sensing method is applying in the loessial plain of the lower Yellow River. This new technic, in connection with field soil survey, is extending to various soil regions where and when the vegetation covering are very scarcely.

2. Soil chemistry: In the earlier period of soil science study in China, soil chemistry was largely confined to soil analysis. Extensive analytical data of complete mineral composition



and weathering ratios of soil colloid were made. These data served valuable references for the classification of great soil groups.

A reflection on the progress of soil analysis reveals the following steps: gravimetric—volumetric—colorimetric—photoelectric (including flame emission method). The last one is practically a physical method. The determinations of soil phosphorus and potassium can match these steps very well. The test of soil pH is started from color comparison and later by glass electrode.

Investigations of reduction-oxidation process in paddy soils, absorption and desorption of cation ions by soil colloid are the important research topic of Chinese soil scientists.

The investigation of soil of variable charge is our outstanding accomplishment.

3. Agricultural chemistry: Owing to the rapid increase of the population, together with the continuous decrease of arable land, the rate of agricultural field for each person has reduced from 4 mu in the beginning of 5th decade to 2 mu at present. The self-support of food in this country is largely depended on the increase of crop yield per unit area. In this regard, application of chemical fertilizer plays an important role. The annual consumption of N in year 1988 was up to 12 million tons. But the shortage of phosphatic fertilizers is very distinct, and the supply of potassium fertilizer is mainly depended on the import from Canada and European countries. The exploitation of salt deposit in Tarim Basin is expecting to produce 0.2 million tons of KCl in 1990. China holds rich resources of phosphorite, but is lack of sulphuric acid. We expect to have a rational fertilizer consumption ratio of  $N:P_2O_5:K_2O=1:0.5:0.2$ , but it appears only  $1:0.26:0.07$  in year 1986.

4. Soil physics: Although agronomists have already recognized the importance of soil physical properties to crop growth, but for a long time the determinations of soil physical properties are confined to only moisture, pore space, water holding capacity, expansibility etc. and are usually made in laboratory from core samples. However, since 1978 we have paid much more attention in the study of soil physical properties.

At present, we have established field experimental plots in the loessial plain of the lower Yellow River, provided with automatic implements to record parameters of soil physical properties. Many modern instruments, such as pressure membrane instrument, neutron soil moisture probe, evaporation capacity sensor, Coulter multichannel particle counter, etc. have been introduced in our country recently.

We established a system of soil texture classification appropriate to our own conditions. In this system, soil textures are divided into three groups i.e. sandy soil, loamy soil and clay soil and then subdivided into eleven textures. From extensive analytical data, we generalize the regularities of the distribution changes of soil particles. Soil particles appear more fine from western China to eastern China and from northern China to southern China.

5. Soil mineralogy: Systematic study of soil mineralogy begins in China at the end of 5th decade. After extensive examinations of the clay mineral of soil samples collected from main soil groups, we divide the distribution of clay minerals into 11 regions. In the arid region of northwestern China, where the weathering process is very weak, hydrated micas and chlorite are the main ingredients. Large amounts of smectite are formed in the semi-arid region of the eastern part of Inner Mongolia. In the eastern part of loessial plateau also in the brown earths and drab soils of Shandong and Liaoning peninsulas, where advanced weathering takes place, vermiculite is predominant. In the red earth regions of southern China, the important clay minerals are kaolinite and iron oxides. In the lateritic red earth region, hyd-

romicas are very few. There exist large amount of well crystallized kaolinite.

The distributions of clay minerals in rice paddy soil also appear regional regulation. They are in consonance with the main soil types from which paddy soils are developed.

A large scale map showing the regional distribution of soil clay minerals in China has been compiled.

6. Soil biochemistry: Soil organic matter is an important constituents of soil colloid. The content of organic carbon in agricultural soil usually ranges between 1—3% in the world. However, owing to the poor soil management, we have large areas of agricultural soils containing organic carbon much less than 1%.

The C/N ratios of agricultural soils maintain 10—14 without much difference in bioclimatic regions. This ratio appears narrow in deeper horizons of soil profile and is about 5 at the depth of 0.5 meter. The N/S ratio has been found to have a rather stable figure of about 7—8.

Soil humus is a decomposition product of organic matter. According to late professor Kononova of USSR, soil humus is classified into fulvic acid, humic acid and humins. We still follow this classification system. However, our recent investigations find that the nitrogen-containing organic constituents formed under flooded conditions have marked difference from those formed under aerobic conditions. The effects of calcium carbonate and mineral constituents on the properties of soil humus are also investigated.

The transformation of plant residue to humus materials is accompanied with specific enzymes. In this regard, our studies are just begun.

7. Soil microbiology: The investigation of nitrogen fixation by nodule bacteria started in China early in 3th decade. But systematic studies on nitrogen fixation by soybean, peanut, vetch and milk vetch only began in 5th decade. Inoculation technics of nodule bacteria seem very successful. Extension work of nodule bacteria to arable field was carried out smoothly. Soil microbiologists have prominent contribution on the increase of crop yield.

Extensive field plots have revealed that application of phosphatic fertilizers to legume plants increases the available nitrogen supply in soil and gives a better yield in succeeding crops.

Our studies on the transformation of inorganic nitrogen in soils mainly direct to the nitrification and denitrification. The purposes of these works are for the economic use of nitrogenous fertilizer and for the prevention of pollution in drainage water.

8. Soil ecology: Our studes on soil ecology are very young. Investigations of soil ecology cover following scopes.

a. Agricultural ecology, including paddy field and dry field. The cycles of nutritive elements under different rotation systems are studied.

b. Ecology of steppe soils, over grazing destroys the ecology of steppe soils. Large areas of steppe soils have been turned into sandy wasteland in Inner Mongolia.

c. Ecology of forest soils, investigations are made in the forest soils of eastwestern China where insects and soil bacteria decompose the soil organic matter. The mineral elements, as decomposing products, are translocated in soil profile. Cycles of the movement of mineral elements in soil profile of forest soils have been studied.