

土壤物理学的研究动态及展望

姚贤良

(中国科学院南京土壤研究所)

一、土壤物理学的定义及研究范围

土壤物理学是研究土壤中的物理现象或过程及其变化的一个学科分支。包括研究土壤中水分的保持和移动，土壤热传导和转移，土壤空气的保持和与大气进行交换，土壤固相颗粒的组成及其不同排列，土壤力学性质、电磁性质及其变化等。就其物理学意义论，土壤物理学是研究土壤中物质(水、气和溶质)和能量(指热能)转化和移动的科学^[1]。研究目的在于了解这些物理现象或过程的控制机制、相互关系，它们对植物生长的影响及在整个生物圈中的作用。藉此而通过合理的灌溉、排水，水土保持，耕作、轮作以及科学施肥等措施，合理管理土壤，使其能最大程度地发挥土壤生产潜力和外加物(肥、水等)的经济效益，直接或简接地为农业生产和环境科学服务。同时也为工业、农田水利和国防建设提供重要参数。

简言之，土壤物理学的最终研究目的就是既要发挥土壤资源的最大潜力，又要保护土壤资源不受破坏。为此，必须对土壤资源有个全面的认识。它至少具有三个特点：

(1) 土壤是个极其复杂的自然体：它是由无数各种大小的有机、无机颗粒；有机-无机颗粒；生命和非生命的物质等固、液、气三相所构成。

(2) 土壤又是一个不稳定的多孔体：因它经常处于干、湿交替；膨胀、收缩；颗粒分散和絮固；密实和开裂；结冻和解冻；离子交换；盐类的沉淀和再溶解等各种因素的交替过程。

(3) 就农业意义而言土壤是植物的生长介质：土壤作为植物的生长介质必须通过土壤孔道能及时而不断地提供植物生长所需要的水分和养分。必须通气而提供植物根系呼吸所需的氧气。同时必须排除对根系生长有抑制作用的有害物质，包括根系代谢过程所产生的有害物质(如CO₂等)。植物需水和吸收养分还与地表的蒸散作用密切相关，所以还涉及地表的气象因素。

根据上述土壤资源的三个特点，不难理解土壤物理的研究范围大致可分成三个层次。

(1) 研究土壤的基本物理性质，如土壤颗粒组成、颗粒的排列(团聚性)以及土壤颗粒(包括团聚体)的界面物理现象，如固液相界面的吸附力，固相颗粒界面的伦敦-范德华力以及气液相界面的表面张力等。

(2) 研究不同颗粒(包括团聚体)排列所引起的土壤多孔特点，大小孔隙分配对土壤中水分、空气、热量及溶质等保持、移动的影响，以及由此对植物根系生长的影响。

(3) 研究土壤—植物一大气连续体系中物质和能量的移动及其控制。

第三个层次实际上是个系统，它是在前两个层次工作的基础上逐步扩大完善的。但目前对这方面的知识还很不完善。

土壤物理学也象土壤化学一样，既包括应用基础研究部分，如上述土壤物理研究的三个层次，也包括应用研究部分，如农地的合理灌排水及渠道防渗研究，科学的轮作和耕作制的选择，水土保持以及风砂防治的研究等。这两方面的研究是互为依赖，互相促进的。不少国家根据发展需要，在土壤物理学中又分设各自独立的研究机构。如日本专设有农业土木研究所，从事土壤力学研究。美国有土壤和根系关系研究组，专门研究土壤及土壤物理条件和根系生长的关系。苏联道库恰耶夫土壤研究所分设土壤物理室和土壤水分室等等。我们鉴于历史条件等原因，土壤化学分化得已很细，如农业化学、物理化学……，而土壤物理尚未分化。

二、土壤物理学近年来的国际动态及发展趋势

(一) 学科日益交叉、渗透

由于存在世界性水资源不足，实行提高复种指数、大型机具作业、大量施用化肥、农药等集约农作制，因而土壤和水资源的合理利用不仅引起土壤界的严重关注，而且也导致其他学科的重视。土壤物理学一般只作为土壤学的一个学科分支，而现在则广与其他学科交叉。不少学科如地球物理、环境科学、农业物理以及物理学中都涉及土壤物理学的问题（图1）。1983年于意大利举行的国际土壤物理培训班上的学员，很多是学物理的，并获得物理学硕士或博士学位。现在都转向用流体力学等的观点和知识，研究土壤和大气水分的动力学，他们自称是土壤物理学家而不是纯物理学家^[2]。

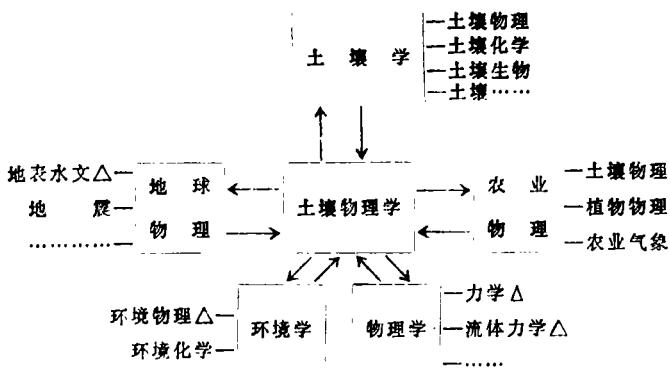


图1 土壤物理学的渗透图解

(△符号表示与土壤物理学关系密切)

(二) 研究领域很不平衡

据不完全的已有文献信息的统计，自1978到1983年间于各种杂志上发表的土壤物理论文共达3394篇(表1)。平均每年有566篇论文公诸于世。历年来，土壤水分研究领域的论文都在50%以上，占第一。土壤结构和土壤力学都占14%左右，并列第二。其次是土壤温度和土壤空气分别占6%和3%。

由文献信息的统计而见，土壤物理学中各研究领域的发展是极不平衡的。造成这种结果的原因很多。但看来，主要原因与生产发展的需要密切相关。如水资源的不足和合理利用问题不仅涉及农业生产，而且还涉及工业布局和城镇生活用水等问题。所以世界各国，特别象美国和澳大利亚、苏联、巴西、印度等一些大国以及中东一些干旱地区国家都投入较多的科

表1

土壤物理学各研究领域已发表的论文统计(1978—1983)**

年份	水 分	结 构	质 地	泥 底	空 气	力 学	电 磁 声 学	总 论 及 其 他	合 计
1978	345*	117	35	36	16	61	17		627
	55.0	18.7	5.6	5.7	2.6	9.7	2.7		
1979	273	43	6	16	9	34	7	6	394
	69.3	10.9	1.5	4.1	2.3	8.6	1.8	1.5	
1980	338	78	3	28	14	76	10	9	561
	60.2	13.9	1.4	4.9	2.5	13.5	1.8	1.6	
1981	358	71	9	37	15	113	18	11	602
	56.6	11.2	1.4	5.9	2.4	17.9	2.8	1.7	
1982	307	64	13	34	18	75	6	10	527
	58.3	12.1	2.5	6.5	3.4	14.2	1.1	1.9	
1983	327	92	16	58	39	101	11	9	653
	50.1	14.1	2.5	8.9	5.9	15.5	1.7	1.4	
合 计	1948	465	87	209	111	460	69	45	3394
占总量%	57.4	13.7	2.6	6.2	3.3	13.5	2.0	1.3	100

* 论文篇数
占该年总量%

** 资料取自土壤和肥料文摘

技力量，研究地区的水分平衡；土壤水分保持、移动、入渗、蒸发和溢出等机理；重要参数（诸如非饱和水力传导度）的测试及有关水流方程的建立和修正；土壤水分和溶质（盐分、养分、重金属元素及有机农药等）的保持和移动的关系；土壤水分和植物生长的关系；水分条件对土壤性质的影响以及土壤管理对水分条件的影响等。同时，为实现田间土壤水分的监测和预报，大量进行了包括土壤—植物—大气因素在内的各种参数的电脑模拟及各种模型的建立。如各种作物的土壤水分亏缺模型以及某一具体土壤上的土壤水有效利用模型等也纷纷问世。

国际土壤物理界第二个活跃的研究领域是土壤结构。关于土壤结构研究在三十年代就有争论。焦点是大团聚体能否影响植物生长。而现在比较清楚，土壤结构不仅指那些大团聚体（或称大结构），也包括微团聚体。而且还包括不同颗粒（包括团聚体）所引起的土体中大小孔隙的分配及其对土壤水分、热、气、溶质移动以及根系生长的影响。众所周知，植物生长所需的水分和养分主要来自土壤，而土壤中的水分和养分是由土壤中无数大小孔隙所保持的（植物根系直接与吸附在固体颗粒表面的养分离子交换——所谓接触交换作为养分给源，只占极少部分），而大小孔隙是由不同大小颗粒（包括团聚体）的不同排列所引起。所以，不难理解，结构对植物生长的作用主要通过调动水分、养分和空气而发生作用，因此它多数不是直接作用。也有直接作用，如直接影响根系的穿插。土壤结构不等于土壤肥力，更不等于作物产量。

当今土壤结构研究的发展既与推行集约农业制密切相关，又与大规模不合理开垦热带、亚热带土壤资源引起严重的水土流失密切相关。据报导，由于土壤被过度使用，土壤结构日益破坏，致使水蚀或风蚀，世界耕地被侵蚀的程度日益加剧，成为许多国家和地区产生饥荒的原因。即使在美国，据水土保持局最新统计，全国每年耕地表土流失量已达64亿吨。苏联全部耕地的 $\frac{2}{3}$ 都遭到不同程度的土壤流失，如在罗斯托夫地区每年每公顷流失46吨土。有人预

测，如不采取有效措施，五十年内世界农业生产的30%将受到打击，而那时世界人口比目前又有很大增长，人类就有可能面临比现在更加严重的粮食危机（日“科学朝日”6月号报导）。有人呼吁“土壤结构退化所招致的危险，比石油燃料枯竭问题要严重得多”。但目前对此严重的问题尚未得到普通理解^[3]。从文献的摘要见，目前土壤结构研究领域仍较多偏重研究水稳定性团聚体的形成机制；土壤结构的评价；土壤结构对土壤水分、溶质、空气、热及根系的影响，以及现代化农业中不同轮作制度、耕作方法和施用外加物质（包括化肥、有机肥、垃圾、污泥等）对土壤结构影响的研究工作。

由于实现机械化耕作，特别在不少西方国家农业中采用大型机具作业以后，土壤力学性质的研究发展很快。由文献分布见，于七十年代底约占土壤物理总文献的9%，而到八十年代初达16%左右。主要涉及研究土壤结持性、流变性等基本物理机械参数；机具行走（包括耕作）与土壤压实、变形和强度的关系；土壤贯入阻力与根系生长；水分等条件对土壤力学性质的影响以及合理耕作，如少耕、免耕、深松土等对土壤和作物增产的作用等。目前据了解，在英国、西德、印度和日本等国都设置有进行免耕（直播）、少耕、深松土的长期耕作试验^[4-6]。英国推行直播（免耕）面积已达全国耕地面积的7%。认为在肥沃土壤，内排水好，表层以下无坚硬层次和多年生杂草极少的情况下可以推行直播。美国将免耕法列入农部的重点研究课题之一*。但是，这一耕作方法，除在特定条件下（如在坡地防止水土流失和减少水分蒸发）公认可推行免耕（有时还留槎覆盖）外，尚存异议。

（三）研究内容的深入

关于土壤水分研究已从形态观点逐步进入和普及能量观点。能量观点研究水分，认为土壤本分的全部是连续的，水分运动的驱动力是土壤二点间存在着势能差，亦即是土壤水势高的往水势低的方向流动，如 $\psi = -0.1$ 巴向 $\psi = -0.5$ 巴方向移动，或 $\psi = -10$ 焦尔/公斤向 $\psi = -50$ 焦尔/公斤移动（焦尔/公斤是水势能量的国际单位制，1焦尔/公斤 = 1 Kpa = 0.01巴）。能量学派始于本世纪初叶，自五十年代以来，由于测试手段的不断完善，已足以定量地描述土壤水分的保持和移动。在土壤水的保持方面，可以“土壤水分特征曲线”来表示土壤水势能和土壤含水量的关系，并从特征曲线上的斜率可求出比水容量($d\theta/ds \cdot g$)，以阐明土壤水分的静水力学性质。在土壤水分运动方面，建立了饱和和非饱和水分运动方程，指出了土壤水分的动能取决于土壤水势能梯度及土壤的导水率^[7]。常见的饱和状态下稳流方程（达西方程）

$$J_w = -K \frac{\partial \psi_h}{\partial s}$$

式中 J_w ：水的通量密度； K ：导水率； $\partial \psi_h$ ：二点间土水头差； ∂s ：二点间距离。

对于非稳态水流方程——一维垂直水流有

$$\frac{\partial \theta_v}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial s} \left(K \frac{\partial \psi_h}{\partial s} \right) \quad \text{式中 } \theta_v \text{ 为容积含水量; } \psi_h \text{ 为水力势。}$$

这是个非线性的微分方程，可阐明土壤的动水力学性质。至今上述关系不仅出于理论推导，而且其参数已可用仪器测量，方程可用电子计算机解。其结果既建于严格的科学基础上，且比较接近田间实际，基本上摆脱了过去静态地，或孤立地研究水分形态或几个常数的局面。

从能量观点出发，水分从土壤→植物→大气，是一个动态的物理过程，其流量受到这一体系中各种能量所制约。因此，可将土壤—植物一大气作为一个连续体系(SPAC)看待，研

* 中国农林科学院情报所，美国农业科学的设想和建议（内部材料），1978。

究土壤水分就不仅与作物联系，而且与大气有关。这种研究结果无疑更接近田间的自然实际。

关于土壤结构研究，自1972年以来召开过3次(1972, 1976, 1978)国际性土壤结构研究学术讨论会。目前对此问题的研究有一定的进展，其表现在：

1. 对土壤结耕的概念愈来愈较清楚。包括三个方面：(1) 不同颗粒(包括团聚体)的排列形式——理论研究概念，偏重团聚体的形成；(2) 不同颗粒排列引起的大小孔隙分配——从而影响孔隙中水分、溶质、空气、热的保持和移动以及根系的生长——实践研究概念；(3) 土壤结构的形态——发生学概念——为土壤分类服务*。土壤物理学家讲的结构是(1) 和(2) 的内容。

2. 土壤结构理论研究逐步向分子水平发展。初步认为植物分解的中间产物多糖和无机颗粒的相互作用而形成稳定性团聚体，据此，进行人工合成高分子聚合物——人工结构改良剂来改良土壤结构。但由于不同土壤类型与不同分子量及功能团的聚合物间的相互作用仍不清楚，因此，其改土效益不一。而目前，距分子水平的要求还很远^[8]。

3. 五十年代前后，国际上研究土壤结构都偏重于单因素研究，如不同容重对某一作物的生长影响等，而目前较多强调综合研究。如某种结构是怎样通过水、气、溶质的移动以及根系穿插等作用而综合影响植物生长的。尽管目前尚存在不少困难（主要是研究方法上的困难），但无疑是土壤结构研究的方向。

关于土壤力学性质的研究，对于土粒间的粘结机制；土壤结持性、土壤变形、压板、抗剪强度；土壤力学与机具间的相互关系等研究方面都有不同程度的深化、进展^[7]。近年来，不同耕作方法(包括免耕、少耕、深松土)对作物生长影响的试验日益受到重视。过去研究耕作，多偏重于耕地质量的评价，而现在的研究内容比过去更深化和综合得多。

(四) 测试手段也有很大进展

1. 常规土壤物理性质测定法的自动化。如土壤颗粒分析、容重、比重、负压计以及压力板(膜)等装置都较普及，多装有自动或半自动装置，有的还连接电子计算机，直接打出数字或绘制成图。样品处理也先进，将田间采集的新鲜土样放入机器，烘干和磨细都自动化。土壤物理测试很强调在田间进行，但也注意室内原状土的控制条件测定。如批量同时测定原状土透水性的测定装置(由荷兰设计)在西欧较普及。高吸力段和低吸力段的不同型号的压力板(膜)装置，已成为常规土壤物理性质测定装置之一。

2. 核物理(包括同位素)在土壤物理中的应用也很普遍。中子测水法在西欧已很普及，几乎每个土壤物理单位都有，一般都应用法国产的镅铍源作为中子源。应用仪器有法国制的也有美国制的。可测表层和深层的土壤水。中子法和负压计法已普遍在田间联用以研究某一地区的土壤水分能量平衡。利用 H^3 , C^{13} , O^{18} , I^{131} , S^{35} , Cl^{36} 以及 P^{32} 等示踪元素研究土壤中水分和溶质移动、通气状况和其他土壤物理性质的变化的工作也日见广泛。

3. 电脑模拟的工作日益增多。在西德哥廷根大学森林系土壤研究所的土壤物理工作者利用电脑模拟该所森林生态站的水分运动情况，与实测结果很相似。他们还设想模拟土壤中的养分移动，但难度大。据现了解土壤物理性质方面的信息库已先于土化方面而为农业生产服务。罗马尼亚农业研究所中土壤物理方面的信息库已贮存有几十万个土壤物理性质方面的参数。农民可以信息库中了解哪些土壤，什么时候需进行灌溉、灌溉定额多少、是否排水等。已

*Boodt De., 土壤结构形成的基本因素。国际土壤物理进修班报告，意大利，1984。

在农业生产中得益。

4. 利用微机采集数据也已多见报导, 如可直接采集田间土壤水分的动态变化(我国现也在进行), 还可采集田间土壤强度等物理参数的变化。

5. 遥感技术已逐步导入土壤物理研究。应用卫片监测土壤表层的水分变化的文献已多见报导。据说美国已进入实用阶段。他们利用卫片收集到的土壤墒情来估算苏联的小麦产量, 以确定美国向苏联出售粮食的政策。

6. 其他一些深入的研究, 如有的采用核磁共振仪研究土壤颗粒的表面性质; 应用超微电极研究土壤结构对作物生长以及用高压水银注入仪测定土壤微孔可达埃级的仪器也已多见报导。

7. 野外测试方法上的改进是当前土壤物理研究的一个重大研究课题。由于:

(1) 不均一性。由于土壤是个不均一体, 所以它的性质的不均一性是可想而知的。化学分析采用多点混合取样, 所以不易反映出它的不均一性, 而物理分析, 多数要保持原位和原样, 所以, 它的不均一性就反映出来了(表2)。物理性质重复间的测定误差大, 不一定是方法本身问题, 而是田间的实际情况。因此在田间究竟测几个点或采多少样品才能具有代表性, 这是个待研究的问题。

(2) 平均数的代表性。现据大量样品的分析测定, 其测定值并不一定是常态分布的。有的呈偏态分布, 所以一般算术平均数也不一定具有代表性, 必须要进行数学处理。

目前已在美国、法国等开展土壤物理性质空间变量的研究, 力求用地理统计学原理来确定观察点, 取样数量以及观察点上读数的次数等。

表2 红壤表层土壤物理性质的空间变异

参 数	平 均 值	范 围	S D	C V(%)
1. 容重(克/厘米 ³)	0.889	0.567—1.180	0.145	16.3
2. 田间含水量(克/克)	0.220	0.143—0.303	0.040	18.2
3. 贯入阻力(公斤/厘米 ²)	0.984	0.76—1.28	0.178	18.1
4. 含水量(%)				
(a) 吸力为0	48.6	30.4—82.1	12.31	25.3
(b) 30厘米水柱吸力	25.1	11.8—38.9	8.5	33.9
5. 饱和水力传导度(厘米/时)	90.2	15.0—543.2	118.4	121.3

注: 数据为每隔一米采一个点, 共20个点的平均数。

(五) 各国土壤物理研究的特点

土壤物理的发展随各国存在的土壤物理问题不同而异。一些疆域较大的国家如美国、苏联、澳大利亚甚至印度。土壤物理的领域研究较广, 特别是土壤水分和土壤结构研究方面比较多。印度是个人口众多的发展中国家, 为了多打粮食, 很重视土壤的施肥, 因此土壤结构研究进行比较多。在12届国际土壤学会上R.P.Gupta等的关于“土壤结构及其管理”一文反映了他们在这方面的工作情况^[9]。美国、澳大利亚较多应用高等数学的知识研究土壤水分的保持和移动, 而且是一批物理工作者在从事这方面的工作。如澳大利亚的菲利浦(Philip,J.R.)在土壤入渗方程方面很有造诣, 但他是个物理学者, 前几年曾任物理所所长。英国和荷兰的土壤物理工作也较全面, 但由于英伦三岛多雨以及荷兰是围海的国家, 因此很多工作都围绕着排水进行。西德、比利时、法国, 主要粮食基地是在黄土带, 而黄土易板结, 特别这些国家的机械化程度很高, 所以如何防止主要粮食基地的土壤板结以及重型机具的压板, 而

很强调土壤结构及其改良的研究。目前比利时石油跨国公司生产若干种结构改良剂(包括沥青乳剂),已在西欧黄土带较大面积施用,效果很好。同时还在非洲和东南亚各地推广这种产品,以防渗保墒或进行水土保持用,也获得研究效果^[10]。日本以农化、施肥称著,对水稻土要否改良物理性质有不同意见。有的研究者认为对水稻土有化学氮肥、或配合磷钾肥施用即可,勿需强调改土培肥。但另一些研究者认为改善土壤物理性质也很重要。强调水稻田内要施用有机肥料,以改良土壤结构。目前日本农林省也在重视这一问题。据报导日本自1965年后,由于兼业农业的发展,种稻和养畜专业化的分化,为种田省力省时,农民开始大量施用化肥,而向稻田投放的厩肥和稻草大量减少,从而使世代相传的培育起来的深厚的肥沃土层逐年恶化,养分失调。从而成为导致日本1979—1983年连续四年稻米减产的重要原因。日本农林省为了想扭转这种掠夺式的农业经营,决定在1984年开始,由国家提供经费在全国各地布置70个“恢复土壤地力的试验点”,强调施用各种来源的有机肥料,建立合理的轮作制度。为实现这一目的,已确立了组织措施和法律保证*。

美国是个产粮大国,但目前地力衰退也成为当前重要问题。美国在第二次世界大战后依靠大量施用化肥、农药和实行机械化而促使农业生产蓬勃发展,取得很大成果。但至今,人们越来越关心,这种农业经营体系带来的后果。美国农部1980年认为,已经带来的后果:(1)随着化肥农药施用量的不断增加,农业成本大大提高。(2)防止杂草和病虫害的方法更加依赖于农药的施用。(3)土壤侵蚀使有机质和植物养分大量流失,土壤地力衰退。(4)由于大量施用化肥和农药引起严重水体污染,并正威胁着人们的健康。(5)粮食质量下降。……。

由此,美国农部认为,扭转这种局面要重视依靠合理轮作、耕作、作物残茬、种豆科植物,施用厩肥和各种有机废物,培肥地力。据美国农部报导,目前美国已有二万个农户实行上述农业制^[11]。

根据上述情况,不难理解,为了合理利用土壤水资源,防止土壤沙漠化、盐碱化、沼泽化以及保持水土而需要研究土壤物理学问题。即使在经济发达的国家、粮食生产已达很高水平的情况下,为了维持土壤肥力不衰退、提高经济效益和食物的质量,也需大力发展土壤物理学的研究。土壤物理学已面临着许多农业问题和环境问题的挑战。而在这挑战中,土壤物理学必定会更快发展。

三、我国土壤物理学现状

我国土壤物理学的发展较晚^[12],三十年代曾进行过土壤机械组成及结持性的研究,但主要是从建国后在完成国家任务中而发展起来的。例如为了合理开发利用东北黑土而进行了黑土结构特性的研究;为发展黄河下游灌区而进行了大量土壤水分物理特性等的田间及实验室测定,并在工作中培养了干部。六十年代曾在南方红壤、东北黑土、华北潮土以及西北黄土建立过定位或半定位土壤水分观测点。同时,开展了红壤结构、水稻土物理性质等专题研究,取得了大量的科学数据和建立了必要的实验室测试条件。七十年代以来逐步介绍了土壤水分研究的能量概念,建立了研究土水势所必备的测定装置,特别是通过1979年于武功举办的“土壤水分能量概念培训班”和1982年大连举行的“第二次全国土壤物理专业学术会议”后,大大促进了对能量概念的理解和应用。系统研究了西北黄土干旱源深层贮水的农业意义,高产水稻

* 参考消息,1984年2月24日第3版面。

上的物理性质及其调控，以及土壤磁学性质及其在土壤分类和土壤改良中的应用等。这些研究无论对推动我国土壤物理学的发展和解决农业生产中的问题起到了积极作用。

建国后我国土壤物理学的研究有较大进展，但与国内生产需要和国外先进水平相比差距很大：

1. 专业科技、教学人员少，基础差，已远远不能适应工作需要。且不谈美国、苏联，就从日本、印度等国了解，他们都有一支数理基础好、土壤物理及农业生产都较熟悉的土壤物理科技、教学人员的队伍。主要大国都设有土壤物理研究的专门机构。苏联除道库恰耶夫土壤所设有土壤物理研究室、土壤水分研究室外，主要加盟共和国土壤所都设土壤物理研究机构；英国在洛桑试验站设有物理系，其中包括土壤物理工作，植物营养系也有不少物理研究。澳大利亚联邦科学和工业研究组织(CSIRO)的土壤所及力学所内均专设土壤物理研究。西欧诸国也如此，像西德，几个主要土壤所，人虽不多，但都有土壤物理研究室或组，芬兰还设土壤物理研究中心。近年来印度的土壤物理研究进展也很快。我国是第三世界的大国，理应在这领域内占有重要地位。但至今国内专业机构日少，专业人员已了了无几，难于形成一支队伍。

2. 大量与工农业生产有密切联系的土壤物理工作没有人做。譬如，进行全国土壤普查多重视土壤中养分贮量，而不注意影响养分贮量有效供应的某些土壤物理障碍因素；不少地方只抓近期生产见效的农化性质，而忽视具有长远意义的物理性质。近几年来的农业生产表明，要提高作物生产的经济效益，培肥土壤，土壤物理性质的研究是一项重要内容。至于一些像土壤—植物一大气连续体中的水分循环、应用资源卫星和电脑监测和预报土壤水热等富有战略意义的研究工作进行得更少。

3. 基础性资料积累和边缘交叉性的研究工作进行得很少。如对我国主要农业基地的红壤、水稻土以及北方旱地土壤的基本物理性质及其状况的科学资料，积累很少，且不系统，也没有长期的试验基地，因此在评价这些地区的最佳轮作或耕作方案时提不出过硬的科学数据。边缘学科，诸如溶质在土体中的移动是目前国际上很活跃的研究领域，因它不仅涉及土壤养分的有效供应，同时，也密切联系次生盐渍化的防治以及环境保护等问题。但我们对此较深入的研究不多。土壤物理性质和根系活动的相互关系也是土壤物理研究中的重点课题。美国Auburn专设有根系—环境研究组，对此问题进行了大量研究，而我们至今多少还局限于水培为主的根际营养研究。

四、展望

从国际土壤物理学快速发展的趋势及我国土壤物理学的研究力量还相当薄弱的现状可见，努力扶植和培养一支高素质的土壤物理专业科技队伍是当前十分紧迫的任务。同时，根据我国实现四化的要求和发展学科的需要，似应有重点的大力加强全国范围内开展土壤水分，土壤结构及土壤力学性质的研究，并开展土壤温度的研究工作。

众所周知，我国干旱和半干旱地区的水资源严重不足，而湿润多雨地区又存在着水资源的大量浪费，造成水分和养分的流失。有关水资源的合理利用和管理，关联到国民经济建设中的重大战略问题。

为此，建议这些地区的有关部门，就我国干旱和半干旱地区的土壤中水分的保持和运行，发展经济灌溉以及建立土壤水分长期监测、预报、观测等方面加强协作。力求在较短时间内

明确或完善典型地区的土壤水分平衡,提出合理利用自然降水和经济用水的理论和有效措施。强调统一方法建立土壤水分长期观测点,以利于资料相互对比、应用。在南方珠江三角洲、成都平原以及长江三角洲等水田密集,河网交叉地区,加强协作继续开展秋季作物的渍害排涝,进一步明确不同土壤类型上排水沟的深度和间距,促使农田水利更扎实进行。研究节水灌溉的原理和方法以及某些地区水田改旱后可能出现的一些土壤问题。

美国、日本以及一些热带、亚热带国家,由于长期推行集约农业和兼农经济等体制,或者不合理的滥垦滥伐,耕层结构日益恶化,水土流失,养分流失的情况不断加剧,有的地区已成为农业歉收的重要原因。我国人多地少,耕地面积不多,有些地区农业集约化的程度往往高于美、日。看来,随着人口的不断增加和耕地面积的进一步减少,农业集约化程度将会继续发展。为保证这一战略措施的顺利推进,必须明确在我国农业生产条件下(作物收割时,残茬留得很少)集约措施对耕层土壤结构的影响和保持。建议有关单位,包括土壤化学,土壤物理和土壤生物(包括生化)各专业在内,共同协作研究这一问题。

农业生产发展很快,我国土壤物理工作者已面临着国内外形势发展需要的严重挑战。随着四化建设,土壤物理研究的前景是非常宽广的,我国的土壤物理学一定会在新形势下迅猛发展。

参 考 文 献

- [1] Daniel Hillel, *Introduction to Soil Physics*, Academic press, New York, London, 1982.
- [2] 姚贤良, 国际土壤物理进修班简况。土壤, 1:78-79, 1984.
- [3] Hayes, M. H. B., On interdisciplinary cooperation..... Bulletin of the ISSS, 1:28-29, 1983.
- [4] 中国土壤学会, 第12届国际土壤学会议情况介绍。土壤通报, 4:46-49, 1982.
- [5] 庄季屏, 英国土壤物理研究概况。土壤, 1:34-37, 1982.
- [6] 姚贤良、麦子同, 西德土壤及土壤科学。土壤, 3:117-120, 1983.
- [7] 中国科学院土壤研究所土壤物理室, 国内外土壤物理学研究动态。土壤农化(参考资料), 2:1-8, 1978.
- [8] Prost R. and J.A. Rausell-Collom, Studies of interparticles force between soil colloids. Bulletin o the ISSS, 2:75-78, 1981.
- [9] Gupta, R.P. and Y. Nagaraj Rao, Soil structure and its management. Review of Soil Research in India. Part I, 60-76, 12th Intern. Congr. Soil Sci., New Delhi, India, 1982.
- [10] Boodt De., 世界各地土壤改良剂的使用。土壤译丛, 2:1-6, 福建省科技情报所出版, 1980.
- [11] Parr, J.F., 美国有机农业的理论与土壤肥力。土壤肥料(国外农业), 2:1-6, 1984.
- [12] 熊毅, 我国土壤物理科学的回顾。土壤, 2:41-45, 1984.