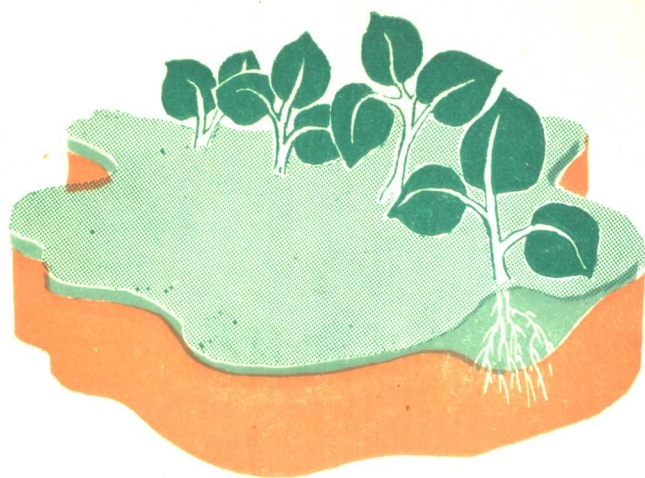




张福锁 主编

土壤与植物营养 研究新动态

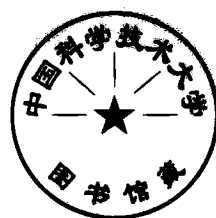
(第一卷)

北京农业大学出版社

土壤与植物营养研究新动态

第一卷

张福锁 主编



北京农业大学出版社

(京) 第164号

土壤与植物营养研究新动态

第一卷

张福锁 主编

责任编辑: 汪春林

封面设计: 郑川

北京农业大学出版社出版发行

(北京市海淀区圆明园西路二号)

北京农业大学出版社印刷厂印刷

新华书店经销

787×1092毫米 16开本 10.25印张 242千字

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-81002-292-X/S·189

定 价: 10.00元

内 容 提 要

本书简要论述了目前土壤与植物营养研究的最新动态及几个重要方向的研究进展。全书共分三部分：

1. 学科讨论：土壤科学面临的挑战和发展方向以及植物营养科学的概念和研究范畴。
2. 有关综述：根际微生态系统中养分的动态变化规律，根分泌物对养分有效性的影响以及矿质营养基因型差异的理论与研究进展。
3. 研究报告：介绍菌丝际养分动态，氮磷锌交互作用，根分泌物及其在植物营养中的作用等。

序 言

近半个多世纪以来，土壤与植物营养科学的发展一直呈现相对静止的趋势。面对粮食、资源和环境等全球性问题的严峻挑战，土壤与植物营养科学的生存和发展将获得新的生机。这要求土壤与植物营养科学必须具备创新的学术思想、宏观上着眼于解决全球性国计民生的重大问题、加深和拓宽学科的概念和研究范畴，微观上积极进行学科间的交叉渗透，鼓励发展边缘学科。完成这一历史使命的重任必然地落在年轻一代肩上。张福锁博士主编的这本书收集了土壤与植物营养专业部分科学工作者的一些见解和试验结果，读后想必会产生各种不同的反响，引起不同的争论，而争论往往是科学思想和实践发展的动力。

农业部教育司司长
北京农业大学植物营养教授
毛达如

前 言

在19世纪,随着矿质营养学说、土壤发生学说和土壤微生物学的先后创立,土壤与植物营养科学领域的框架已基本形成。一个多世纪以来,土壤与植物营养科学为人类作出了不可磨灭的贡献,而今却在十字路口徘徊。由于生物科学、计算机技术和信息科学的迅猛发展,使土壤与植物营养科学的概念和研究范畴不断扩大和充实。了解、学习和研究这些发展趋势是沉着迎接挑战的前提条件。为此,土壤与植物营养专业青年科学工作者从1987年开始组织了土壤与植物营养科学青年研讨会,经过近五年的努力,使这一活动得以坚持和扩大。几年来,研讨会已作了80多人次的专题综述和研究报告,这不仅为年轻科学工作者提供了学习、锻炼和提高的机会,而且增强了相互联系和了解,拓宽了专业知识面,提高了演讲才能,为以后的教学和科研工作奠定了必要的基础。

本书是在为第三届全国青年土壤科学工作者学术讨论会所组织的论文集基础上,就土壤与植物营养科学的某些重要发展方向和一些需要商榷的问题作了综述和论述,其中也收集了一些土壤与植物营养专业部分科学工作者新近的研究成果,以供参考。

本书是对国家自然科学基金资助的植物对矿质营养胁迫的抗性机理研究成果的初步总结。

在本集征稿和出版过程中,承蒙北京农业大学科研处,研究生院和土壤与植物营养专业许多老师的鼓励和指导;陆景陵教授、毛达如教授和曹一平教授详细审阅和修改了部分论文,在此表示感谢。对收入本集的论文作者谨致感谢。由于我们水平所限,书中缺点、错误和不足之处在所难免,请读者惠以指正。

张福锁

1992年8月于北京

北京农业大学

目 录

学 科 讨 论

土壤科学面临的挑战及发展方向·····	鄢来斌等 (1)
植物营养科学的概念及其研究领域·····	张福锁等 (13)

综 述

铁在根际微生态系统中的迁移规律及研究重点·····	张福锁 (15)
植物磷营养基因型差异的机理·····	张福锁等 (23)
锰在根际环境中的动态·····	陈 清等 (31)
植物根际pH值动态及其效应·····	周文龙等 (40)
根际微生态系统中碳素的生物化学周转·····	鄢来斌等 (50)
根分泌物及其对根际微生态系统中养分有效性的直接影响·····	张福锁等 (64)
植物矿质营养基因型差异的理论与研究方法·····	张福锁等 (73)
不同基因型植物对铁的活化和吸收机理·····	张福锁等 (83)
石灰性土壤磷的生物活化途径·····	张福锁等 (94)
不同基因型植物对缺锰胁迫的适应机理·····	张福锁 (102)

研 究 报 告

VA菌根菌丝—土壤界面微区土壤磷的变化·····	李晓林等 (112)
缺磷对不同基因型玉米根系形态及吸收生理特性的影响·····	林翠兰等 (120)
根分泌物及其在植物营养中的作用 III. 缺锌对小麦根分泌植物高铁载体 的影响·····	张福锁 (125)
根分泌物及其在植物营养中的作用 IV. 缺铁和缺锌小麦分泌植物高铁载体 的特点比较·····	张福锁 (130)
盐渍土上冬小麦氮磷铁锌营养交互作用的研究 I. 磷—铁交互作用·····	阮建云等 (136)
施硼对花生养分吸收、产量及品质的影响初探·····	江荣凤等 (142)
阿尔泰山西北部土壤有机质的垂直地带性·····	鄢来斌等 (147)

土壤科学面临的挑战及发展方向

鄢来斌 张福锁

提要: 矿质营养学说, 土壤发生学说和土壤微生物学的先后创立, 标志着现代土壤科学的框架已基本形成。土壤科学在理论和应用方面的重要进展, 很大程度上依赖于化学、生物学和地质学等基础学科的发展和应用。提高土壤生产力, 制止土壤退化, 更新或恢复退化的土地, 开发新的土地资源 and 参与保护地球生态环境, 是土壤科学面临的主要挑战和责任。土壤科学要走出“相对静止”发展阶段的困境, 应加快开发土壤空一时变异性研究、土壤微域原位研究的技术和方法。发展迅速的现代生物技术, 为土壤科学的发展提供了新的条件和方向。根际是土壤科学应用生物技术的一个重要区域, 应从战略上给予足够的重视。根际微生态系统生态生理学的研究和土壤为一高度异质性综合体系的特点, 要求土壤科学尽快吸收基础学科的最新研究成果, 加强学科间的横向联系, 更新研究手段和方法。土壤科学既是一门农业科学, 也属地球科学。

关键词: 土壤科学, 土壤生产力, 土壤退化, 地球环境, 生物技术, 根际, 挑战

日益增长的粮食需求以及为提高粮食生产所采取措施而引起的环境质量退化, 是目前困扰人类社会的两大难题。毫无疑问, 如何合理地管理和保护全世界的土壤资源, 既是引起这些难题的症结所在, 也是解决这些难题的关键。现代科学社会迫切需要对土壤的过程、行为和性质有更加深入广泛地了解^[1]。

近半个多世纪以来, 土壤科学的发展一直呈现相对静止的趋势。在科学材料不断大量积累的同时, 忽视了对土壤科学方法论的研究; 在各分支学科向纵深发展时, 学科间的横向联系却没有得到应有的加强。面对土壤这一复杂的自然体系, 土壤科学工作者常常感到力不从心。在中国, 由于受到社会历史因素的制约, 问题更为突出: 一是土壤研究缺乏长期性和系统性, 短期行为严重; 二是学科发展不平衡, 某些分支学科相当薄弱, 限制了土壤科学整体水平的提高; 三是土壤科学研究力量过于分散、低效。封闭体制造成大量低水平重复研究的出现(胡峰, 未发表资料)。不仅在中国, 而且发达国家的土壤科学都正面临着严峻的挑战^[31, 81, 85], 寻找土壤科学发展的突破口是全世界土壤科学工作者关注的焦点^[11, 15, 48]。

一、历史的回顾

在17世纪以前, 对土壤的认识仅限于经验和直观分析。由于没有地质学、化学、生理学和微生物学的发展, 因而不能形成正确的关于农业的概念, 也不能产生作为一门独立科学的土壤学^[5, 54]。在16和17世纪, 物理学、化学、地质学等基础学科的快速成长, 使土壤科学的发展进入新阶段。但一直到19世纪前半期, 对土壤的认识仍处于对农艺学、地理学和地质学资料的累积和描述阶段。精确的科学方法和原理, 实际上并没有应用到农业中。土壤科学曾

与自然史学和数学处于隔绝状态^[6]。

由于基础科学特别是化学在农业上的应用，从19世纪中期起，土壤科学进入全新发展时期。Boussingault (1834) 首先将化学从实验室带到田间，创立田间试验这一土壤科学经典的科学方法^[54]。Liebig (1840) 提出矿质营养学说和养分归还学说^[3]，Lawes和Gilbert (1843) 在英国Rothamsted生产过磷酸钙肥料并开始田间长期定位试验^[54]。化学的应用使得农业和土壤学的定量研究成为现实，在揭示土壤肥力和植物营养本质中显示出划时代的特殊意义，并由此引出一个巨大的化肥工业。

在地学、生物学以及资源调查等实际问题的推动之下，以Покучаев (1883) 等人为代表把土壤及其肥力的发生与地理环境结合起来，创立了土壤发生学说^[5]。19世纪后期土壤科学的另一重大进展则是土壤微生物学的创立。在Rothamsted, Warington (1879) 揭示了土壤中硝化作用^[63]，十年后Winogradsky (1890) 在法国分离获得硝化细菌^[66]。Hellriegel和Wilfarth (1886) 发现豆科植物根瘤具有固氮功能^[26]，两年后Beijerinck (1888) 分离到根瘤菌^[12]。

进入20世纪，土壤科学横向上不断拓展。土壤物理学，土壤化学，土壤发生、分类和制图学，土壤矿物学，土壤生态学等等分支学科纷纷建立，而且分支学科上又衍生出许多新的边缘学科（参见表1）。人类社会对农业生产的强烈需求，使土壤科学不断地得到充实和发

表1 国际土壤科学理事会的学科委员会及其工作小组（1990）

委员会	I 土壤物理学		II 土壤化学		III 土壤生物学		IV 土壤肥力和植物营养		V 土壤发生分类和制图学		VI 土壤技术		VII 土壤矿物学	
工作组	MV	土壤和水分的空间一时间变异性	CO	土壤胶体表面	FS	森林—土壤相互关系	FT	土壤肥力试验	DM	数值化国际及区域土壤图	AS	酸性硫酸盐土壤	SG	土壤和地球医学
	PM	土壤格律学	MD	土壤矿物与有机化合物的相互作用	ST	土壤生物技术	PS	水稻土壤肥力	HP	土壤科学的历史、哲学和社会学	LI	土地评价信息系统		
			SP	土壤和地下水污染			RZ	根际	PP	古土壤学	PT	土壤技术		
											RS	土壤调查		
小组委员会	A 盐渍土		B 土壤微形态学		C 土壤保持和环境		D 土壤动物学							

展，也使土壤科学几乎完全成为一门十足的农业科学。纵观土壤科学的发展历史，现代土壤科学的框架于19世纪末和20世纪初已基本形成。土壤科学无论是在理论还是在应用方面的进

展,都依赖于基础学科的发展以及光学、电子仪器和计算机的发展和应用^[19]。

二、面临的挑战

研究土壤养分问题的主要方法是田间试验。借助于Fisher, R.A. (1925)所发展的强有力的统计学方法^[23]进行设计 and 解译。在与实践的关系上,这种方法是十分成功的,并成为现代施肥法的基础。然而为了科学的目的,它是被过分强调了,因为它使得农业化学家满足于肥料反应和化学萃出液之间的相关和回归,因而妨碍了寻求其结果的更根本和详尽的解释^[47]。大量的研究工作仅满足于对田间所采样本的测试分析,野外动态监测和土壤原位研究法尚未被广泛地采用和进一步地发展完善。可以说研究方法仍滞留在Liebig实验分析主义时代。土壤科学的研究工作大都回避了土壤作为一个高度异质性的空间—时间的四维体系这一难点,其后果是所获得的研究成果,如建立的模型,无法在实际中推广应用^[44]。日益严重的粮食、资源和环境问题也向土壤科学提出了挑战。

1. 提高土壤生产力

世界人口的急剧增长,继续对粮食生产提出更高的需求。研究表明,目前的粮食产量远低于其潜在产量,土壤是一个主要的限制因子¹⁸。如何满足作物生长所需的最佳土壤环境条件,进一步提高土壤生产力是土壤科学面临的第一挑战^{18,25}。

①土壤物理学 目前还不能定量地描述根系生长所需的物理条件。许多土壤物理参数都与结构、机械性质有关,但如何将这性质输入到所建立的有关土壤性质与根系生长、养分吸收的模型中去,显得非常困难^{18,47}。田间土壤的空间—时间变异性,可能是土壤物理学不能有效地处理田间水分运动规律的最大障碍。满足根系生长所需物理环境和最佳水分供应仍是困难重重²⁵。

②土壤化学 磷在土壤中的表面反应及固定机制仍是正在研究的问题⁶⁰。土壤养分的化学动态,特别是转化、迁移以及空间—时间变异性⁵²,对土壤的肥力至关重要。如何在破坏土壤结构的原位条件下确定土壤化学反应的速率是以后努力的方向。

③土壤生物化学 对五分之四的有机态磷,一半左右的有机态氮形态仍不清楚⁶⁰。对养分的生物有效化过程,控制土壤生物活性变化和生物群体分布的因素了解得非常有限。特别是对有机质的生物学转化机理,氮的转化、固定、迁移和损失的过程仍有许多不了解之处^[25,60]。90%以上的土壤微生物尚不能在实验室培养⁴¹,土壤酶在土壤肥力上的作用也不十分清楚,迫切需要加强土壤生态学的研究。

④根际微生物生态学 土壤、微生物和植物的相互作用决定了根际的微域环境(见图1)。植物从土壤中吸收水分、养分和激素等物质直接受根际环境的影响,进而影响植物的初级生产(光合作用)。微生物对通过

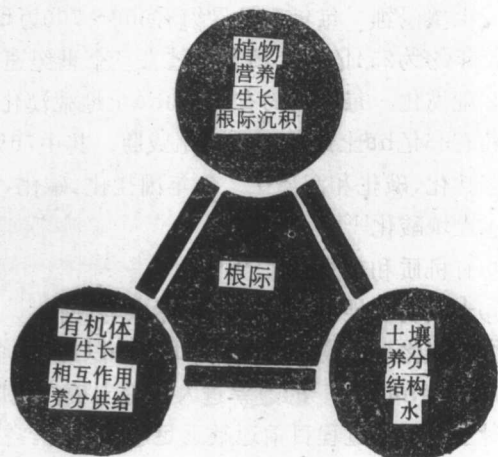


图1 三位一体的根际微生态系统(Lynch,1990)

根际沉积而释放的有机物质的利用和二级生产也受根际微域环境的影响^{6,40}。植物生化互作化合物的增产或减产作用（即所谓的allelopathy）正引起广泛地重视^{50,61}。根际中生物和根的共生对植物的影响可能是有益的、中性或有害的，主要是取决于土壤的条件（参见图2）⁴⁰。

2. 开发新的土地

如何有选择地开发利用荒地，是土壤科学面临的另一挑战。有些土壤在自然状态下是肥沃的，而有些则不然；有些土壤经过良好地管理和耕种能变得更加肥沃，另一些土壤则相反。最好是维持其在自然植被下的自然状态。无论在何种情况下，只有先对土壤的性质、行为和过程有足够的了解，才能对土壤资源进行评价，才能预测一定区域内的土壤质量，才能对土壤进行合理地开发、管理和保护¹⁷。土壤科学应积极地参与乡村土地规划和国土立法^{31,43}。

3. 制止土壤退化与退化土地的更新和恢复

随着世界人口的迅速增长，土壤退化这一古老的问题目前变得愈来愈严重。据预测到2025年，许多国家的土地生产力将达到极限⁴⁸。日益严重的土壤退化已不仅是在某些地区，而是成为全球性的环境退化问题³³。

①土壤侵蚀 每年全世界约有600~700万ha农田由于侵蚀而丧失生产力。全球表土流失量每年约为254亿吨，相当于过去三个世纪速率的两倍以上⁶³。

②荒漠化 每年大约有2,000ha土地荒漠化，且因“温室效应”正在加剧，仅1984年全世界共有45亿ha土地受到沙漠化威胁，其中70%的土地变成荒漠^{1,2,10}。

③盐化、碱化和沼泽化 每年因盐化、碱化、水渍使高达150万ha农田降低了生产力³²。

④土壤酸化^{13,53}。

⑤有机质和养分损失^{9,33}。

⑥土壤物理性状恶化^{9,57}、紧实与硬化。

⑦土壤化学污染 据预测Cd、Sb以 $1.0\text{gha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ，Pb、Cu、Cr以 $50\text{gha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ ，Zn、Mn、以 $65\text{gha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ 的速率进入耕地土壤，造成化学污染^{33,46}。

对土壤退化过程目前还缺乏足够的了解。特别是对土壤退化速率的定量监测，以及如何评价土壤退化对当前和将来作物生产的影响远不能令人满意²⁵。土壤资源的减少使得退化土地的更新或恢复问题越来越突出。1981年1月国际自然与自然资源保护联盟通过了更新或

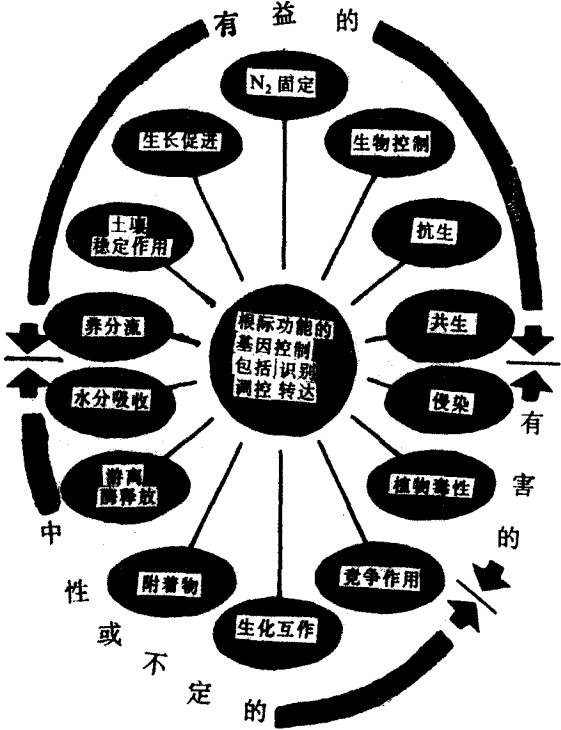


图2 根际生物的不同效应过程 (Lynch, 1990)

恢复退化土地的方针^[34]。土壤科学应注意退化土地的更新或恢复技术,为使退化土地重新获得生产力而努力。

4. 土壤与其他区域性及全球性问题

土壤过程直接参与了陆地生态系统与大气圈、水圈之间气体物质的交流。土壤是水分、碳、氮、硫等物质的源和库^{8,60,65}(参见图8)。土壤科学既是一门农业科学,也是一门地球科学^{44,61,65}(参见图4)。许多日益严重的区域及全球性的生态环境问题都与土壤过程有着紧密地联系:

- ①温室效应^[16,56],
- ②臭氧层耗损^[2,62],
- ③酸沉降物^[37],
- ④核放射性物质沉降^[67],
- ⑤农田土壤中 NO_3^- , 农药向水体的运输⁶⁰,
- ⑥水资源保护与开发^[2],
-

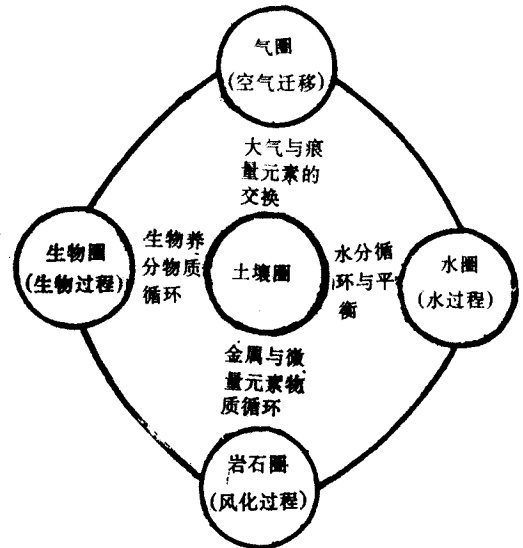


图8 土壤圈物质迁移和循环

仅以温室效应为例,土壤是 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等温室气体的重要来源之一^[21]。全世界陆地系统中75%的有机碳存在于土壤有机质组分之中²⁷,约为 $2500 \times 10^{12} \text{kgC}$ ^{56,60}。土壤有机质矿化速率的变化对全球碳(以 CO_2)的转移量影响非常重要⁶⁵。因植稻、灌溉等原因,使大气中的 CH_4 从1978年以来每年以1%速度增加¹⁴。土壤硝化作用和反硝化作用产生的 N_2O 等气体化合物,在对流层象 CO_2 、 CH_4 一样吸收长波辐射而提高地球表面温度,而且在平流层中能发生光化学氧化,耗竭臭氧层中 O_3 ^{2,60}。防止温室效应和保护臭氧层现在已成为全世界关注的重大环境问题。1989年8月在Wageningen召开了题为“土壤和温室效应”的国际学术会议,全面地讨论了土壤和土地利用在温室气体产生中的重要性,土地覆盖或土地利用对表面辐射平衡的影响¹¹⁰。1990年2月又在Nairobi召开了题为“变暖地球上的土壤”国际学术会议,从另一角度来探讨温室效应对土壤的影响⁵⁵。

实际上现在更多的有关环境、资源的重大问题,都与土壤有着紧密的关系。国际科协理事会(ICSU)1986年发起的国际地圈—生物圈计划(IGBP)²⁸,以及世界气象组织和国际科协理事会共同经管的世界气候计划(WCRP)⁶⁸都有土壤科学工作者参与。土壤科学正作为地球科学成员之一,在保护人类生态环境、地球自然资源方面,发挥越来越明显的重要作用。

三、发 展 方 向

由于土壤的复杂性,使得土壤科学与众多的其他学科有着密切的联系(参见图4),特别是与农业、林业等应用学科的关系最为直接。第14届国际土壤学会(1990,东京)有关统计资料表明,提高农作物产量仍是土壤科学的主要兴趣点,土壤肥力和植物营养(IV)以

及土壤发生、分类和制图学（Ⅴ）是国际土壤科学最大的关注点所在^{29]}。有关各分支学科

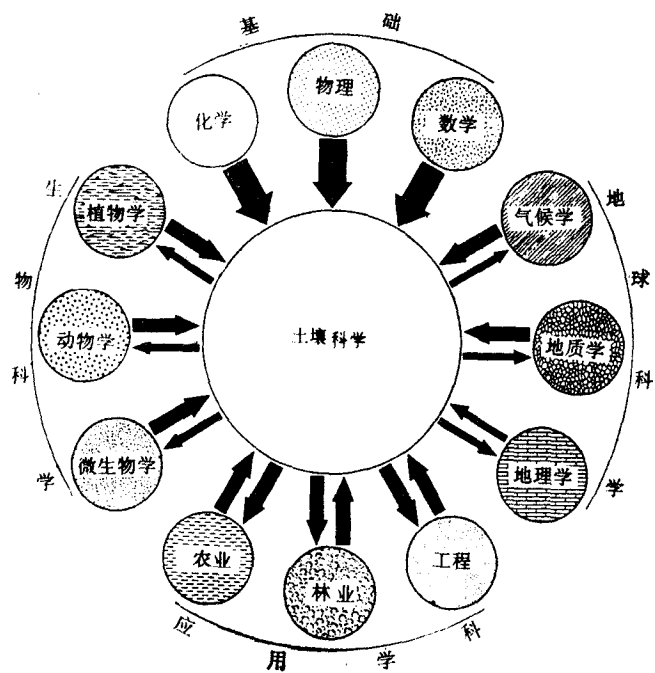


图4 土壤科学与其他学科的关系

的重点研究项目参见表2。土壤科学的发展一方面与有关学科特别是基础学科、生物学科的

表2 第14届国际土壤学会（1990，东京）统计资料^[29]

委员会内重点（两个最多项目）				全部（整体）委员会
%全部(675=100)				%
委员会				
I. 土壤物理	3	(=22)	水文学过程+溶质运移	10
	2.5	(=17)	土壤物理性质和植物生长	
II. 土壤化学	4	(=26)	重金属、微量元素	13
	3	(=21)	有机物质	
III. 土壤生物学	4.5	(=31)	N ₂ -固定	14
	4	(=29)	土壤生态学+微生物	
IV. 土壤肥力和植物营养	4	(=25)	植物/土壤中氮	29
	3.5	(=24)	肥力和施石灰	
V. 土壤发生、分类和制图学	5	(=35)	土壤发生和分类	18
	4.5	(=32)	土壤调查和制图	
VI. 土壤技术	4	(=25)	土壤管理和热带持续农业	11
	3	(=21)	管理措施所引起土壤性质的变化	
VII. 土壤矿物学	2	(=14)	火山土壤的矿物学和性质	5
				100

发展和应用有关,另一方面取决于自身正确的科学方法。为迎接挑战,目前土壤科学应注意下面的几个发展方向。

1. 加强土壤空间—时间变异性的研究

50多年来土壤科学和农学的知识结构,借助了Fisher, R.A. (1925)提出的试验与误差理论的统计学原理^[23]。但是,由于土壤个体边界不明确,土壤为一高度非均质性的空间—时间四维综合体系,土壤完整准确信息的提取、模型的建立与预测遇到巨大的障碍。土壤的过程和性质具有确定与随机相混合的特性。区域化变量分析技术在充分地研究土壤空—时统一体性质的基础之上,以空—时方差来替代土壤性质的平均差,显示出巨大的潜力和优势^[44,45]。土壤科学要获得更大的成功,必须利用而不是回避土壤的空间—时间变异性,正如Nielsen (1985)所指出,“以后土壤科学的知识框架将建立在区域变量分析(RVA)基础之上”^[44]。土壤科学的一个关键突破口就是土壤空间—时间变异性的研究^[64]。

2. 注重土壤微域原位研究

针对土壤高度异质的空—时变异性特点,研究土壤微域环境中原位条件下土壤的物理学过程、化学过程和生物化学过程至关重要。土壤微域环境的范围和类型可以按研究目的来划分。根际就是受到广泛重视的一个土壤微环境。近十多年来,由于许多新的研究方法的出现和重大改进,有关根际的研究取得了巨大的进展^[22,30,40]。特别是土壤微生态系统概念的提出^[47],使得对植物—微生物—土壤之间生态相互作用的研究出现实质性的飞跃^[40,41]。根际是由植物根—土壤—微生物组成的一个特殊微生态系统^[7]。根际微生态系统中物质循环及调控是土壤学、植物营养学、植物病理学、生态学、植物生理学和微生物学等学科共同关注的交点(参见表3),也是应用现代生物技术的一个重要领域。目前迫切需要加强根际生态生理学的协作攻关研究,这是对根际动力学过程进行操纵和利用的前提条件^[40]。

3. 模型生态学方法的应用

模型生态系统(model ecosystem)或缩影(microcosm)研究进一步发展了原位土壤研究技术。在自然条件下,土壤生物(包括高等植物、微生物和土壤动物)之间以及它们同环境之间不断地发生错综复杂的相互作用,使得我们无法在田间条件下准确地研究土壤的各种自然过程和性质。模型生态学方法的技术路线是根据研究的目的来模拟某种研究对象,如植物根与土壤相互作用,自然条件下微生物的生态区系组成及其环境等等,是自然界某些部分的一个缩影^[40],正愈来愈广泛地应用于土壤科学,特别是土壤生物学和生物化学、根际微生态学的研究工作之中^[42,62]。

4. 现代土壤动力学研究

应用现代动力学方法,如压力突升法、电场脉冲和光谱技术来确定土壤化学反应的速率和机理^[58]。土壤生物量的测定,不仅使微生物数量研究更为合理,而且可通过测定土壤生物量的动态变化,有助于深入了解土壤微生物与土壤肥力、植物营养以及在地球生态系统物质循环中的作用。

5. 建立数学模型

在充分了解土壤过程、性质的基础之上,选择测定一些参数来建立数学模型可能是一个正确的研究方法。所建立的模型有模拟和预测模型,如Sposito和Mattigood开发的GEO-CHEM^[59];有专家系统,如用于棉花生产的COMAX专家系统^[36];以及计算机土壤资源信息

表3 土壤生物学的某些研究领域和相互作用的学科

	已积累的知识	目前活跃度	将来潜力
论 题			
土壤			
酶	+	+	++
病毒			+
结构稳定性	+		++
养分循环/利用	+++	+++	+++
植物残体分解/堆肥	+	+	++
农药	++	+	+
水分关系	+	+	++
自生N ₂ 固定	+++	++	++
根际			
根结瘤作用	+++	+++	++
菌根	++	++	++
普通根际	+	+	++
离子吸收	++		++
识别现象		+	+
虫病害生物控制	++	++	+++
学 科			
农学/作物生理	+	+	+++
生物化学	+	+	+++
化学代谢	+	+	++
生态学	++	++	++
遗传学	+	+++	+++
昆虫学/动物学	+	+	++
数学模拟	+	+	+
微生物生理	+	+	++
矿物学/土壤发生学	+		++
物理学	+	+	+
植物营养	++		+++
群体生物学	+	+	+++
根生理学	++	+	++
病毒学			+

引自J.M.Lynch(1987): Soil Biology: Accomplishments and Potential, Soil Sci. Soc. Am. J.51: 1409-1412.

系统。随着土壤科学各个领域数学模型的开发⁴⁷⁾, 土壤科学知识的实际应用将得到扩大和加快。必须注意地是土壤为一综合系统, 我们往往仅能部分地了解土壤的性质, 而从整体上全面而又准确地提取土壤信息, 现在看来几乎是不可能的。所以数学模型的成功应用, 应有大量的实验数据, 否则会出现极大的错误⁶⁵⁾。

6. 土壤生物技术

土壤生物在土壤中具有特殊的重要地位(参见表3)。生物技术在土壤科学中的应用与

开发,为保护和提高土壤资源的农业生产效率、环境效应提供了一个具有诱人前景的发展方向。越来越显示出巨大的潜力^[38]。目前土壤生物技术的定义是,与土壤有关的,为了管理土壤和提高作物生产而研究和操纵植物、土壤微生物和其代谢过程的所有技术³⁹(参见图2)。

对土壤生物学过程调节和控制的传统方法是一些常用的农业技术措施如施用石灰、排水、洗盐等等。而土壤生物技术的开发将为土壤科学提供更多、更强有力、甚至更为经济的手段,以达到提高土壤生产力,却又最低限度地减少对环境的破坏和保护土壤资源的目的。目前已利用生物技术如DNA指纹和免疫细胞化学技术确定土壤微生物群体中某一组分^{20,24}。生物技术在所有土壤科学分支中将愈来愈重要,例如:

(1) 土壤微生物学和土壤生物化学(III)

- ①自然生态系统中微生物学
- ②土壤微生物区系的测定
- ③根际动力学和菌根
- ④土壤和水中毒性有机物质的降解
- ⑤污水中毒性微量元素生物累积
- ⑥废物管理
- ⑦土传植物和动物病害控制

(2) 土壤肥力和植物营养(IV)

- ①植物矿质营养的分子机理
- ②养分利用效率的基因控制
- ③为提高养分吸收、运输、分配和利用效率而改良植物基因
- ④为提高矿质胁迫抗性,包括缺素、盐渍、重金属和有毒微量元素胁迫而改良植物基因
- ⑤根际动力学和菌根

(3) 土、水管理和保持

- ①土壤结构的生物稳定机制及调节
- ②植物体内耐盐渍、耐重金属、耐酸、耐有毒微量元素的分子机理和抗性基因改良。

(4) 森林和牧场土壤

- ①森林土壤养分循环
- ②森林抗酸沉降物的基因改良
- ③牧场土壤生物固氮

.....

正如Lauchli教授所指出的,“可以预料,土壤生物技术将会引起未来土壤科学的教学形式发生改变,同时也决定了如何组织土壤科学研究”³⁵。

四、结 束 语

化学、生物学和地质学等学科的发展和应用使土壤科学得以产生和发展。面对农业生产和全球性生态环境的严峻挑战,土壤科学的生存和发展也依赖着基础学科,特别是生物技术的发展和应用。土壤科学必须:(1)加深和拓宽土壤科学的概念;(2)改进研究攻关课

题的选择; (3) 鼓励边缘学科的发展; (4) 参与有关立法和政策的制定; (5) 更好地同其他学科进行协调、合作^[31]。

土壤科学应着眼于全球生态环境的高度来研究土壤圈中水分、碳、氮、硫、磷和金属元素的转化、循环及其生态效应和资源效应。应加快开发土壤空间—时间变异性的研究和土壤微域原位研究技术及方法。发展迅速的生物技术在地土壤科学中的应用, 迫切需要对土壤微域环境, 特别是根际微生态系统生态生理学的研究。土壤科学新的进展和突破, 依赖于土壤科学各个分支学科之间, 以及同其他学科之间的横向联系的加强和联合攻关。土壤科学既应用于农业科学, 也属地球科学。在解决人类面临的粮食、资源和环境问题方面具有特殊的重要位置。

参 考 文 献

- [1] 陈文(译) 1988. 世界环境, (3): 46
- [2] 国际环境与发展研究所, 世界资源研究所. 1990. 世界资源, 1988~1989. 北京大学出版社, 北京
- [3] 李比希, 丁. (刘更另译, 1984). 1874. 化学在农业和生理学上的应用. 农业出版社, 北京
- [4] 庚白主编. 1988. 微生物学. 大连出版社, 大连
- [5] 柯夫达, B.A. (陆宝树等译, 1981) 1973. 土壤学原理. 科学出版社, 北京
- [6] 郎来斌. 1991. 根际微生态系统中碳素的生物化学周转土壤 (待刊稿)
- [7] 张福锁. 1992. 根分泌物及其对根际微生态系统中养分有效性的直接影响. 张福锁主编. 土壤与植物营养研究新动态 64~72
- [8] 赵其国. 1991. 土壤圈物质循环研究与土壤学的发展. 土壤, 23 (1): 1~8, 15
- [9] 赵其国. 1991. 土壤退化及其防治. 土壤, 23 (2): 57~60, 86
- [10] 朱震达等. 1989. 中国的沙漠化及其治理. 科学出版社, 北京
- [11] Australian Society of Soil Science. 1984. Future Research Needs in Soil Science in Australia. Publication No. 7. Australian Society of Soil Science, Canberra
- [12] Beijerinck, M. W. 1888. Bot. Gat. vol. 46, p. 725, 741, 757
- [13] Berden, M. Nilsson, S.I. Rosen, K. and Tyler, G. 1987. Soil Acidification: extent, causes and consequences. National Swedish Environment Protection Board, Report 3292. Solna, Sweden
- [14] Blake, D.R. and Rowland, F.S. 1988. Continuing worldwide increase in troposphere methane, 1978 to 1987. Science, 239: 1129-1131
- [15] Boersma, L.L. et al. 1987. Future Development in Soil Science Research. SSSA Golden Anniversary Special Publication, Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. U.S.A.
- [16] Bouwman, A.F. 1990. Soil and the Greenhouse Effect, John Wiley & Sons, Chichester
- [17] Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. 10th edition, Macmillan Publ Comp. New York and Collier Macmillan Publ. London.
- [18] Cooke, G.W. 1979. Some priorities for British Soil Science. J. Soil Sci. 30 (2): 187-213
- [19] Cooke, G.W. 1988. The development and application of modern knowledge of soils, In: Wild, A. (ed.) "Russell's Soil Conditions and Plant Growth", 11th ed. pp. 22-30, Longman Scientific & Technical, Essex
- [20] Cooper, J.E. Bjourson, A.J. and Thompson, J.K. 1987. Identification of Lotus rhizobia by direct DNA hybridization of crushed root nodules. Appl. Environ. Microbiol. 53: 1705-1707
- [21] Crutzen, P.J. 1983. Atmospheric interactions-homogeneous gas reactions of C, N and S containing compounds. In: Bolin, B. and Cook, R.B (eds.): "The Major Biochemical Cycles and their Interactions". SCOPE 21, pp. 67-114, Wiley Chichester