

“未来土壤学”一书翻译全文

2006年7月,第18届世界土壤学大会在美国费城召开。这是进入新千年后,世界土壤学界的又一次盛会。会后我得到了这本英文名为《The Future of Soil Science》的书,看后觉得很有译为中文的必要。于是,我组织学生着手将其翻译为中文。

中国是一个具有13亿人口和960万km²陆地面积的大国。农业是我国的立国之本。土壤是支撑农业发展的载体,经济的发展和人民生活水平的继续提高是农业发展的原动力。由于农业在国民经济中一直处于基础的地位,所以长期以来,土壤学的发展一直受到政府和人民的重视。即使是在世界土壤学处于低迷的20世纪80—90年代,我国的土壤学研究也产出了大量的成果,有效地支撑了国家的改革开放、发展经济的政策。

今天,全球化概念已经为人们所广泛地接受。经济领域的全球化是我们触手可及的,因为在我们家门口就云集了多家跨国大公司。环境全球化是我们大脑更易接受的认识,毕竟大气和水源不会因是国界就嘎然而地停止循环和流动。因此,寻求解决国内环境问题的最佳途径就是研究国外科学家思考、认识和解决其所在国或全球环境问题的思路和方法。这样的资料到哪去找?本书就提供了世界范围内的土壤科学领域大家或大师们的精彩论断。

从本书所收集土壤科学家的55篇论文可以看出,未来的土壤科学将沿着一定的方向发展,但同一地区与不同的地区的学者所持的观点有所不同,其中甚至对土壤科学未来发展方向。有不同的争论,有些焦点与辩论甚至贯穿全书,读者如有兴趣,可仔细阅读并领会本书的每一篇文章,最后您可形成自己的看法。俗话说:开卷有益。它将带领您走进土壤科学的最高殿堂。如果您是环境领域的一般读者,这本书对您同样有益。在书中,您可学习到考虑问题的一般方法,毕竟,这些文章的作者都是土壤科学领域的佼佼者。

本书翻译工作是由中国科学院南京土壤研究所的博士后姚春霞,博士生章海波、郑茂坤、张红振和徐莉等5位同学翻译完成。具体的工作安排是郑茂坤负责统稿和其中的14篇文章的翻译,姚春霞和章海波翻译完成16篇,张红振翻译10篇,徐莉翻译2篇。在翻译的过程中,还得到了中国科学院南京土壤研究所多位同学如博士后尹雪斌,博士生刘增俊,硕士生毕

德、李秀华和南京林业大学环境学院硕士生张雪莲的帮助,在此对他们一并表示感谢!由于水平有限,书中难免有翻译不到位之处,感谢读者们的斧正!

赵其国 郑茂坤

2006-10-17

序言 (Alfred Hartemink, IUSS)

透过野外望远镜看到的土壤科学 (Darwin Anderson, Canada)

土壤科学的未来 (Olafur Arnalds, Iceland)

土壤科学的未来 (Dick Arnold, USA)

土壤科学的未来 (Philippe Baveye, USA)

管理非洲农业土壤:土壤科学的未来 (Mateete Bekunda, Uganda)

土壤科学的未来 (Winfried E.H. Blum, Austria)

土壤科学的未来 (Ole K. Borggaard, Denmark)

土壤科学的未来 (Johan Bouma, Netherlands)

工业社会中土壤科学的未来 (Henrik Breuning-Madsen, Denmark)

土壤环境、土壤利用和社会经济关系 (Wolfgang Burghardt, Germany)

从一个发展中国家的角度看土壤科学的未来 (Kep Coughlan, Australia)

从欧洲的情况看未来土壤科学的发展 (Endre Dobos, Hungary)

土壤科学,全球环境和人类 (Julian Dumanski, Canada)

土壤科学的未来 (Hari Eswaran, USA)

土壤科学的未来 (Richard Fowler, South Africa)

土壤科学的未来:土壤在社会和环境中的作用 (Emmanuel Frossard, Switzerland)

土壤科学的未来 (C. Gachene, Kenya)

土壤科学的未来 (Sabine Grunwald, USA)

土壤科学的未来 (Alfred Hartemink, Netherlands)

土壤科学的未来 (Christian Hartmann, France)

土壤科学的未来:一个加拿大人的观点 (Yash P. Kalra, Canada)

土壤科学在环境和材料科学上的跨学科研究 (Selim Kapur, Turkey)

土壤管理的可持续性研究 (Dominique King, France)

土壤科学的未来展望 (Guy Kirk, UK)
土壤科学的未来: 美国大学的土壤科学研究 (Mary Beth Kirkham, USA)
氢能源经济和 100 亿人口时代的土壤科学 (Rattan Lal, USA)
澄清错误的认识和被磨灭的贡献 (Henry Lin, USA)
土壤科学的展望和未来的定位 (Franz Makeschin, Germany)
沉思土壤科学的未来 (Alex McBratney, Australia)
一个土壤发生学家对土壤科学未来的看法 (Neil McKenzie, Australia)
土壤科学的未来 (Ahmet Mermut, Canada)
土壤科学的明天: 孕育着多学科间的联系 (Minhas P.S., India)
土壤科学的未来 (Rolf Nieder, Germany)
土壤和水资源利用的挑战 (Andrew D. Noble, Malaysia)
跨入 21 世纪的土壤科学 (Stephen Nortcliff, United Kingdom)
土壤科学: 多尺度和多重机遇 (Gary W. Petersen, USA)
土壤科学的未来 (Ildefonso Pla Sentís, Spain)
土壤科学的未来: 处理重大议题 (David S. Powlson, United Kingdom)
维持未来的土壤生态系统 (Rai D.L.N., India)
欠发达国家的土壤科学的未来 (Abdul Rashid, Pakistan)
国际农业研究: 处于十字路口的土壤科学 (John Ryan, Syria)
土壤科学的未来 (Samra J.S., India)
社会驱动的人为土壤科学 (Shi Xue-zheng, China)
土壤科学的未来 (Don Sparks, USA)
土壤科学的未来 (Roger S. Swift, Australia)
发生土壤学的研究范围 (Victor Targulian, Russia)
土壤科学的未来 (Lamourdia Thiombiano, Ghana)
土壤信息量转变: 从地球信息的匮乏到过多 (Marc Van Meirvenne, Belgium)
对土壤科学未来的一点看法 (György Várallyay, Hungary)
地球科学的分支学科之一——土壤科学的未来 (Jerzy Weber, Poland)
对土壤科学未来的思考 (Gerd Wessolek, Germany)
土壤科学的未来 (Markku Yli-Halla, Finland)
土壤科学的前沿之一: 根区的生物过程 (Zhang Fu-suo, China)
土壤科学的未来 (Zhou Jian-min, China)
结语 (Alfred Hartemink, Netherlands)

序言 (Alfred Hartemink, IUSS)

对任何学科, 回顾其发展历程并从中吸取经验, 都是非常有益的。不可否认这样做很有意义, 但我们并不能从中获得科学上的突破。相比之下, 展望未来更有科学价值。如今, 土壤学家们已经在努力探索土壤科学的历史和未来, 但由于大多数土壤学家都不是专业的史学家 (显然其他领域的大多数科学家也不是), 因此回顾历史的工作也许应该交给那些能够从众多独立的历史观点中找出重要线索的学者们来完成。那么展望未来的工作呢? 这正是本书将要论述的。

随着科研焦点的改变, 政府和高等教育机构对各研究领域的支持和重视程度也在不断转变, 这导致了土壤科学家和土壤科研机构数量的减少。然而, 却也为土壤学的发展提供了很多新的机遇。这些变化在世界上许多地区都在进行, 只不过程度不同罢了。既然科研焦点的转变从未停止, 而且将来会变得更快, 那么忽视这些变化是非常不明智的。

在过去的几十年中, 许多学者针对土壤学在这个快速变化的世界上的使命和未来发展发表了很多论文。这些论文绝大多数都是关于土壤学或一组土壤学家面临的某些特殊问题或某个国家的具体土壤问题。本书将对这些主要观点进行简明扼要的介绍: 主要涉及土壤学的定义、研究经费来源、土壤学在不同国家及地区的发展趋势, 以及土壤环境和农业领域的研究方向。

首先, 许多论文探讨了在涉及研究主题或土壤学与其他的基础和应用学科的关系时土壤和土壤学该如何定义的问题 (如: Gardner, 1991; Hudson, 1992; Jacob 和 Nordt, 1991; Leeper, 1965; Ruellan, 1997; Wild, 1989)。关于土壤学 (pedology) 和涉及土壤科学定义时的土壤科学 (soil science) 的论点一直存在争议 (Churchward, 1988; Daniels, 1988; Dobrovolskii, 1999; Miller, 1993; Stephens, 1954; Vance, 1988)。从 20 世纪 80 年代开始, 很多学者就开始关注土壤学的研究重点从农业领域转移到更宽泛的环境方面的问题 (Gardner, 1993; Greenland, 1991; Hillel, 1993; Menzel, 1991; Tinker, 1985; Warkentin, 1944)。

尽管由于政府停止提供资金支持造成土壤研究的外部经费来源问题的讨论变得非常热烈, 同时有些论文涉及了土壤科学研究的经费来源及其将来的发展趋势问题 (Bouma, 1997; Hartermink, 2001; Nielsen, 1987; Ruellan 等, 1997), 但却很少有论文专门论述该问题 (Mermut 和 Eswaran, 1997; Satchell, 1992; Stephens, 2003)。有些论文举例介绍了不同国家的研究经费问题, 如俄罗斯 (Dobrovolskii, 2001)、新西兰 (Cameron,

1994; Clothier, 2004)、英国 (Greenwood, 1993)、荷兰 (Bouma 和 Hartemink, 2002)、澳大利亚 (Gilkes, 2004)。还有些论文给出了一些对此问题更普遍的观点 (Lal, 2000; Sanchez, 1994; Theng, 1991)。

近 20 年来, 有学者提出应该有新型的土壤学家 (Warkentin, 1999) 和土壤科学来增强其整体性 (Bridges 和 Catizzone, 1996), 以此形成业内人士社会网 (Bouma, 2001), 且研究方向应贴近土壤保护方法 (McCacken, 1987; Simonson, 1991), 或更紧密联系全社会。

上述论文广为传阅 (极少被引用), 也包含土壤科学一些未来方面的相互冲突的观点和思想。一些学者非常自信, 对土壤科学的未来充满信心; 另一些学者认为前景不容乐观。

为了更好地阐述土壤学未来的各种观点, 我邀请了来自世界各地的 98 位土壤学界的同事, 请他们用大约 1000 字的篇幅陈述他们对此问题的看法。我感到需要一篇论文来引发悲观派 (土壤学已经没落) 和乐观派 (土壤学的前景比以往都好) 之间的辩论, 并以此作为在美国费城举行的第 18 届世界土壤学大会的序言。

这些土壤学家来自各大洲, 有着不同背景, 他们当中有的年轻、有的年长; 有的从事土壤应用研究, 另一些从事土壤基础研究。他们紧密合作, 为土壤科学的发展做出了重大贡献, 非常值得我们敬重。我们通过 650 封电子邮件和认真细致的编辑工作, 才使来自 28 个国家的 55 位土壤学家的观点在本书中得以体现。这些学者在全球各地区的分布不均, 我们发出邀请后, 一些地区的学者很快回复了关于土壤学未来可发表的文章, 而另一些国家或地区的学者没有回复或者失去了联系。这是非常遗憾的, 不过也许他们正忙于其他更重要的工作, 我们希望他们正在从事的工作相对于他们提出关于土壤学未来的个人观点而言更有价值。

我衷心感谢所有作者对本书的贡献, 感谢他们能及时寄来文章。感谢大卫·登特博士编辑序言和结语, 还要感谢我自己的一些工作 (在阅读其他论文之前做出的)。

我相信本书一定能够达到我们预期的目的: 它将被业内人士阅读, 更重要的, 我希望本书能引发一些思考。如果幸运的话, 也许以上两个目标都能实现。如果不能, 请尝试思想者的姿势, 但不要过长时间的凝视。

Alfred Hartemink

Deputy Secretary General IUSS

Amsterdam-Wageningen, April 2006

(张红振 译)

透过野外望远镜看到的土壤科学

Darwin Anderson

(Department of Soil Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sk, S7N 5A8, Canada. E-mail: andersd@duke.usask.ca)

被邀请就“土壤科学的未来”作评述, 是讨论土壤科学发展趋势和走向的好机会, 也是把我想和与我的同行们讨论的东西付诸于文字的机会。我没有专门去阅读有关土壤科学未来的文章, 也没有太多的统计资料来讨论。本文只是我个人的想法和观点, 一个有着 40 多年研究经验的土壤学家基于经验对未来的看法。

可以用 3 个带“镜”的短语来比喻土壤科学的发展。第一个短语是“通过镜子来看黑暗”, 这是由传教士司徒保罗想到的, 看到的是一个模糊或不完美的世界。由于个人经验的局限性, 我的观点未必很完美, 但对未来的希望是清晰的。第二个短语是: “透过玫瑰色的眼镜看世界”, 也许看到的并不真实, 带有一点点幻想的味道。我相信土壤科学的未来也不是这种情况, 尽管很容易做到。我更喜欢的比喻是“野外望远镜”或“双筒望远镜”。野外望远镜把整个地形视野内物体拉近放大以便观察研究。它们关注感兴趣的物体, 那仅是大千世界的一个部分。野外望远镜是一个很贴切的比喻, 因为土壤科学是一门在复杂和神秘的自然界中研究真实土壤的科学, 我讨论的主题是这门有价值的自然科学必须继续下去, 甚至需要走得更远。

土壤及其研究和建立于其上的文明一样悠久。一个较大的问题也许是, 土壤科学是否依旧被认为是自然科学的一个分支? 土壤科学家是否仍将继续从事他们的研究? 也许是自身的历史和传统束缚了土壤这门科学。如果土壤科学有父母的话, 那很可能是化学和地质学。土壤学科早期的成功来自于矿物学、气象、土壤形成、土壤分类、土壤化学和土肥学。今天, 正如在《科学》杂志“土壤: 最新前沿”专题的几篇文章中指出: 土壤学科的焦点是土壤和生态过程, 包括土壤和人类。

在最近的会议上看到一些做了深入研究的论文, 其内容正是我关注的根源。这些文章是生物学家或生态学家提供的, 对土壤有新的看法, 主要是关于土壤生命及其和地上生态区的关联。这些科学家们正在探究过去对他们曾是黑匣子的土壤。包括土壤学家在内的科学家要在更广的视野内研究土壤分层、单个土体和地形等, 这些都是很好的研究材料, 可以在大范围内引起有意义的讨论。

土壤的多孔性是我大学最近一个报告的主题。多

孔性已经有明确的定义，它可通过体积密度等来计算。过去我们忽略了土壤的孔隙以及在这个土壤生命空间中的水膜。孔隙是土壤中最活跃的部分。

最近几十年，由于尖端技术在土壤物质识别及测量中的应用，土壤科学取得了很大的进展，如化学和生物化学方法在土壤腐殖质的研究中得到了成功的应用。固相核磁共振和各种同步加速器光谱等方法也不断涌现。我们注意到这些新方法还在应用的初始阶段，它们的精确性是研究的重点。在新方法得到充分验证后，新技术的应用必将硕果累累，与土壤相关的团队和条件对比将成为主题。取得的进展必须基于全新的理解而不仅是发表的论文。

为解决实际的问题，要求土壤科学家把科学工作与政策及规章的制定联系起来。氮素管理和土地开发是过去几十年中很好的例子。如何应对全球变化和对更为具体的《京都议定书》国家计划的响应，就是当前的挑战。政策制定者要求对比土壤调查地图和数据，对温室气体排放量和碳储存量做出尽可能的最佳估算。在科学还无法随心所欲的时候，估计是需要的。重要的是这方面的专家应该参与进来，否则仅有其他方面的专家是不够的。

在和其他领域的人交流土壤学科时，我们土壤科学家要做得更好。如果要使土地和它的生态可持续，人们就必须了解和重视土壤。Hans Jenny (1984) 在“土壤，我的朋友”一书中提到，土壤科学家经常说着多数人不了解的行话，过分强调技术细节。土壤的全面功能、美好神秘和我们对它的敬畏都不是我们谈论话题的内容。同学们描述我大学里最好的土壤学老师之一是能把一门枯燥的课程变得生动有趣，这是相当大的成功，即使有时他会有一些否定土壤的看法。在已经提及的“土壤：最新前沿”里，Mc Neill 和 Winiwarter (2004, p.1629) 写到：“土壤生态系统确实是人类生命的基础，但缺乏魅力”。将来，土壤科学家必须超越我们的许多技术成就，把土壤学变得更有趣、更生动、更重要，不仅对我们自己、我们的学生，也是对更广泛的学术界以及更广范围的团体。这是一个艰巨的任务，但这个挑战值得努力。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Olafur Arnalds

(Agricultural University of Iceland, Faculty of Environmental Sciences, Keldnabolt, 112, Reykjavik, Iceland. E-mail: oa@lbhi.is)

人类文明深深植根于土地及其利用，而土壤科学

作为一门学科却非常年轻，它开始于不到2个世纪前，和地理学、地质学、植物学紧密相连。作为食物生产载体的土壤很快成为土壤科学的焦点，同时也成为农业科学的支柱之一，如今仍然坚固如初。致力于农业科学的大学以各种各样的形式开设了土壤科学。20世纪二战中在欧洲和世界其他许多地方包括美国在内，食品安全成为土壤科学发展历程中的主要影响因素。土壤科学部分的和农学，土壤耕种整合在一起。在这个阶段，土壤科学的许多领域都取得了巨大进步，如在化学、物理学、矿物学、发生学、多样性和植物营养等领域。工业化国家里关于食品安全的研究也取得长足进展。通过把其他的国家资源以各种补贴的形式转向农业也保证了足够的粮食生产。但这种努力没有确保所有人都有足够食物，在许多欠发达国家的农业上还有一些负面效应。

目前的状况

当前需要好好考虑土壤科学作为一门学科的作用和地位。我们关注它是因为许多领域在大学课程的基础上进入研究的学生越来越少；在各种环境科学和任务中，其他学科的科学家在从事着土壤方面的课题；大学里已有土壤科学系的教研人员减少和学生规模逐渐萎缩的不妙势头。

当在工业发达国家食物生产不再是个安全问题时，以耕作为导向的土壤科学响应却很慢。土壤科学是否缺乏适应变化的动态性？至少部分是的，土壤科学作为一门环境科学没有起到应有的作用。我认为土壤科学有点拘泥于农业，也许从理解的角度来看，粮食生产曾经是世界上最大的工业和社会文化的基础之一。然而，土壤科学经常把土壤看成自己的一切，而不是为人类提供服务的生态系统的一部分，例如水循环和营养循环，更不要说是植物生长了。在考虑天然或半天然的森林覆盖区域和用作放牧系统时这一点尤其正确。

值得注意的是，在国际会议中很少关注土壤是如何作为资源的，尽管它很重要。联合国沙漠化大会是建立在区域开发政策而不是合理的科学背景之上，而且它受到了一些概念性问题的影响。土壤在全球碳循环中非常重要，然而对土壤的关注直到联合国气候变化框架公约 (FCCC) 颁布后才慢慢出现。毫无疑问，在理解全球碳循环，并提供方法来减少大气中 CO₂ 水平等方面，如通过在生态系统中储存碳和生产生物燃料，土壤科学家将扮演越来越重要的角色。但土壤学界也需要提高土壤在国际环境和政治关系中的名声。

土壤科学将来会有什么？剪掉将土壤科学系在农学身上的脐带，让土壤科学更为成熟的时机来了。土

壤科学应该在大学里拥有自己的一席之地。这样，它才能满足其他学科对土壤科学知识的多种需求。新的学科前沿包括微生物学、生物化学，它们正致力于研究生物多样性、土壤-植物交互作用和化学品在生态系统中的归宿。人类健康问题要求更多的行动来联系土壤和地球化学，而在世界的绝大部分已经要求更加关注土壤和水体保护问题。随着土地严重退化面积每天增加，今天生态修复这个发展最快之一的方向会变得越来越重要，在这个学科中，土壤科学扮演了主要角色。为应对全球变化和维持生物多样性，土壤科学会保持重要地位。将来要求土壤科学家以专业身份，更多地与其他学科交互研究来获得对地球生态系统更全面的理解。

随着人口的增长，一个重要的问题是人类对土壤和水资源的压力在增长。这种威胁是巨大的，这是有文献记录证明的，包括有机质和肥力的损失、风蚀、污染、市区开发的损失、土壤功能和作用的丧失（如影响水的存储、营养循环等功能）。即使土壤科学家很好地表征了这些问题，他或她也没有把这些信息清楚地告知公众和行政部门。土壤未来的健康要求土壤科学家更多地参与可持续发展，我们需要和评审发表刊物一样经常评估这类服务。土壤科学的未来会在为我们地球居民提供科学努力和服务上有新作为。

（姚春霞 译）

土壤科学的未来

Dick Arnold

(9311 Coronado Terrace, Fairfax, VA 22031-3835, USA. E-mail: ct9311@aol.com)

我们慢慢意识到地球不会理解人类的好意，也不关心我们是否存心伤害她，即使我们承诺不再这样做，地球也已通过能量和物质流记录了各种行为。这就是这一切。

说起物质流，你曾经考虑过体内的碳原子是可循环的吗？在来到我们身体之前它们在哪里？在这之前它是完全不可知或不确定的。所有有生命和无生命的东西不断地在形成我们星球的生物地球化学循环。远古时代，它们在几乎不受人类活动影响的情况下存在着，但现在这种情况已不复存在。

现代文明依赖于陆地生态系统的有节制开发。对物质的过度需求甚至贪得无厌超越了对食物、饲料、纤维和燃料的基本需求。这种过度的消费模式现在弥漫在整个文明中，我们开始承受“全球公民的悲剧”造成的阵痛。这种人为的环境，通常因灾难性的自然

事件而恶化。所以，现代文明面临的挑战是如何使人类发展的需求和大自然的承受力和谐统一。

社会需求和自然资源之间可持续的协调普遍地受到了破坏。自然景观在空间和时间上由杂乱无序的成分组成。自然生态系统是由对外部力量的反应并依靠内部过程的交互作用迅速形成的一个动态，类似平衡的系统。这个系统的稳定和生态的持续性联系在一起。大多数人为的环境丧失了曾经支撑着它们的自然生态系统作用的平衡。

侵入性的农业、畜牧和林业严重扰乱了自然生态系统。在自然条件下土壤的再生能力弱于或慢于现代社会的需要。当土壤承受的压力超出它的恢复极限，没有巨大的外部作用，他们就不能恢复到以前多产的状态。在生产、分配和消费的网络中，农业一直作为基本活动连接着整个社会系统。可持续农业的根本在于一个健康的资源基础，一个生产与系统维护之间平衡的关系。

土壤科学在生态学和经济学领域同时展开，每个领域有着不同的时间进展表。科学和社会学的诸多方面对土壤科学的实用性和价值有着关键作用。土壤的角色可被看作多种功能中一套交换的体系（贸易），这些土壤功能是由现代社会决定的。如果在以后几十年中，社会不够重视保护性、合理地利用土壤资源，那么这种交换体系可能使我们走向“全球公民的悲剧”。然而如果能利用这种交换体系来维持和继续这个星球，那么这将是传播土壤知识和学问的黄金机会。

我们是怎么学习事物的？语言、视觉、声音、触觉、味觉和感觉如何成为我们的一部分？为了学习我们必须通过心理和生理反应，将其转化为信息，在合适的环境中拥有它。如果知道更多关于我们是如何学习的，那么我们就可能教得更好，以方便别人的学习。

你和我都知道土壤不是人类，但我们仍然时不时地要给他们一些人类的特征。

喂，这儿的人们。你们知道我是谁？我是地球的地膜。我是你们的保护膜，你们的缓冲，能量的媒介，水和生化成分。我是你们生命的支撑，你们元素的最终源泉，大部分生物的栖息地。我是支持你们的基石，你们神话的摇篮，你们最终归宿的尘土，我是土壤。

土壤是如此普通，很容易想当然，以致我们很少意识到它们的许多特性影响着我们的日常生活。其实土壤是复杂的系统，同样拥有大多系统的共性特征，包括：保持力——一种能维持现有条件的能力；滞留时间——储存和释放化合物的容量；生产力——作物生长和产出的能力；弹力——从破坏中恢复的能力；响应性——对外部变化反应的能力；适应性——和特性相关的使用

多样性；持续力一个交互作用的动态平衡。

如果我们知道正确的知识，就应该能够用这知识来做正确的事情。然而，从知识到行动经常是个很大的跳跃。林语堂说：“如果受到暗示就不要害怕跨出一大步。你不能通过两次小的跳跃来跨过深坑”。

作为土壤科学家我们有责任和义务来帮助人们理解土壤。在这些关于土壤学科未来的著作中你会发现有许多引人注目的想法。我们需要继续解释事实和环境—这是要做的正确的事情。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Philippe Baveye

(*Department of Crop and Soil Sciences, Bradfield Hall, Cornell University, Ithaca, New York, 14853, USA. E-mail: Philippe.Baveye@Cornell.edu*)

土壤科学正陷于危机中。每隔不了几个月，好像就有一个土壤科学系改成了另外的名字，“土壤”不见了。越来越多的研究者也在劝说用最近出现的称谓如“超土壤学”或“危急区域科学”来代替过时的名称“土壤科学”。这些趋势伴随着土壤科学节目观众的急剧减少(Baveye等, 2006)。1992年和2004年研究生调查结果显示，过去的10年里美国和加拿大大学里登记的土壤科学硕士和博士课程平均减少了约40%。其他国家也出现了同样的情况。就出版物而言，尽管过去20年里在与土壤相关刊物上发表的文章每年以指数增长，但只有不到15%的文章是由带“土壤”或“土壤的”研究机构成员写的。很显然，所有这些统计数据说明了土壤学科正在以令人警觉的速度失去市场份额和知名度。

如果这种趋势持续下去，很快会发生一种情况，即只有工程师、生态学家、化学家和物理学家会阅读和土壤相关的刊物。他们目的明确，但缺乏关于土壤科学的适当培训，尤其缺乏对土壤复杂本质的真正理解。化学家会继续运用化学定理和更复杂的分析工具研究土壤，其他人同样会从他们自己学科的优势来研究土壤。他们很大程度上会重复一些土壤科学家10年前所从事的工作，当时的土壤物理学家在玩弄玻璃珠子，土壤化学家在研究他们实验室小瓶子里放了几年的“高级试剂”土壤，这些开发出的简单理论能应用于在比土壤简单得多的系统。然而，现在土壤科学家已经从这些落后的观念中解脱出来，认识到几乎所有土壤刊物都有交织复杂的物理、化学、生物及矿物学的内容，这就要求一个整体的方法和同时精通所有相关

基础学科的技术。很可能涉足土壤刊物的非土壤科学家迟早会在他们的工作中遇到难以克服的障碍，最终也会需要一个整体的方法来解决。如果到那时我们的学科消失了，再来重新创造这个土壤科学可能需要几十年。

幸运的是，还有可选的措施能让土壤科学在不远的将来有个光明的前景。对过去学生调查分析和采访显示，目前土壤科学教育毕业生下降的一个关键原因是许多土壤科学家和一些学术团体坚持将我们的学科严格限定在农业范围内。Marbut(1921)清楚地阐明了这个近视观点的内在危险：“仅把土壤看作是农作物的生产者并采用几乎通用的尝试，而没有认为土壤本身是一个有价值自然体并值得进行所有对它的研究，这种观点对科学的危害可能比大多数人认识到的要多，毫无疑问这种态度妨碍了科学的发展”。大约在评述写完80年后，在许多方面它被证明愈发正确。

为呼吁我们学科超越它的农业界限，拓宽学科范围，并确保它有美好的将来，有许多事情可做。实际上，不同领域的人已经朝这个方向前进了。

行动的第一步是关注学生在大学以及之前他们早期学习所有阶段的教育。最近，我们中的一些人在北美开始教低年级的本科生课程，题目是“土壤和文明”，或是类似的名称。这些课程以令人惊奇的热情被不同专业学生接受，包括美术、艺术和科学专业的学生。这些课程给学生介绍了许多历史文明的繁荣与衰落，适当使用或滥用土壤和土地资源之间的紧密联系。学生们惊奇地发现土壤会以许多方式直接影响他们的生活，而不仅仅是农作物的生产。同样的信息应该被传递给更年轻的学生，在幼儿园就要开始教育。

除了教育行为，许多非农业的主题研究会戏剧性地提高我们学科的知名度。人们在思考现在的主题环境问题，如全球变暖，是否有足够的地下水资源等，这些课题值得更多土壤科学家参与进来，因为土壤在这些问题中扮演了关键角色。土壤科学家也可对其他的问题做出重大贡献，不应该都留给非土壤科学家去解决。一个好的例子是城市土壤的污染。到目前为止，世界大部分人口居住在城市和郊区，人们潜在地暴露于附于土壤的污染和病原体中，通过一系列传播途径如吸入、摄取和皮肤接触，或者直接通过土壤接触传播，或是土壤产生的灰尘到达人类的居室，或者在土壤里复制生长。

现在，土壤科学家应该进行更多深入研究的另外一个领域是土壤、动物或人类健康之间的可能联系。致命的、抑制再生的疾病如羊身上的“痒病”，人类的CJD病和鹿的慢性消瘦病(CWD)，尤其令人感兴趣。

在爱尔兰、斯洛伐克和克罗地亚,分别对“痒病”,CJD 和 CWD 进行了具体的调查,结果显示了这些区域的土壤中 Cu 含量显著低于平均值,而 Mn 含量显著高于平均值,研究者猜测这种不平衡可能与疾病的发作有紧密联系,他们对其他疾病也做了同样的观察,然而几乎没有土壤科学家涉足这些他们本可以做出重大贡献的研究。

我坚信只要土壤科学家敢于超越他们过去自己强加的界限,土壤学科会遍地开花,超越过去 30 或 40 年前的状态—那个繁荣的“农业”时代。

(姚春霞 译)

管理非洲农业土壤:土壤科学的未来

Mateete Bekunda

(Faculty of Agriculture, Makerere University, P.O.Box 7062, Kampala, Uganda. E-mail: Mateete@agric.mak.ac.ug)

在非洲次撒哈拉(下指非洲),土壤科学的未来与这块大陆的明显特征息息相关:贫穷而高度集中的农民,通过落后的工具在天生贫瘠的土壤上耕作,支撑着民族经济。总的来说,这些因素导致了土壤退化,非洲对土壤衰落肥力恢复的需求就类似于 40 年前亚洲的绿色革命。

有一些技术可用来减少或克服这种退化。包括覆盖,地带划分或对作物施推荐的肥料、维持肥料推荐值,使用经济的无机肥、作物残余物和修剪的枝芽还田、汲取土壤深层营养,生物数量转变,使用农工综合的产品和废物以及采用基于生物氮固定的系统等(Nandwa 和 Bekunda, 1998)。非洲农民为何不采用这些技术?

对这个问题,没有简单或唯一的答案。有土壤科学自己“未完成的”任务,也有其他复杂交织的因素所导致的目前的土壤利用水平。“未完成的”任务包括信息和数据的产生、加强已沿用多年的科学和管理上的创新。有三个方面可以说明这一点。

第一个是作为生态和地貌的一个特性,非洲土壤变化多样,但这些没有按比例绘成地图以允许基于多样性的干涉。分类学研究所定义的这些土壤实际上已经勘测,包括 1:500 万的 FAO 世界土壤地图,这在许多非洲国家仍然是主要的参考对象。土壤科学必须将自己定位于高级地形科学及应用(Shepherd 和 Walsh, 2006),在多尺度上通过使用遥感和地理信息系统(GIS)工具,可以快速按比例构建土壤诊断地图,对多样性进行正确评价。然而在田间尺度上,这一系统可能因为粗线条而对微多样性不敏感。

第二个是非洲的营养损耗是令人警觉的,但在操作上有不确定性,因为“在热带,完全缺乏确定范围的数据”用在计算营养流失的工具中(如 NUTMON)。这些工具同时也为主要营养开发,一些系统在可交换基础和微营养方面仍然有问题。土壤科学需要研究这些问题,因为它们限制了工具的适用性,这些工具能为土壤营养管理和策略预先做出推荐。

第三个是在 20 世纪 90 年代以前,大部分土壤研究得出的结论来源于在研究站进行的试验或是在理想化现场条件下,并由研究者专门管理得出的。这些结论是不全面的,因为得出这些结论的管理和分析没有体现小农经营的不确定和风险,以及资源稀缺的环境。土壤科学必须加强同农民分享,因为作为技术方案只有适应当地的环境才可被采用。

建立在科学基础上的生物物理措施要和农耕相连。农民意识到地里发生营养流失,但只有在他们支付得起或有酬劳时才会改善这种状况(Scoones, 2001)。在非洲许多地方,正是农民的低收入和高昂的农耕投入费用对土壤造成严重的威胁;农民仅用锄头耕作支付不起为土地施肥,更无法实施足够的土壤保护措施来恢复肥力。政策和环境对于引导市场工作及公众投资农业的方式非常重要。

所以,科学和开发之间的连接是很重要的。和非土壤科学学科的整合,有助于提出更多有社会和经济效益的土壤肥力管理方法。只有这样土壤科学在农业生产中才有一席之地,要对提高产品和收入做出贡献,因为这才是看得见的,不能仅从自己的目的来提高肥力。

解决上述问题的一个障碍是没有能产生足够知识和革新的研究系统,并有效地利用土壤管理的机会来传播给农民。这种有限的的能力是制约非洲土壤科学的主要因素。

非洲农作物科学协会通过 2 年 1 次的会议将农业科学家聚集到一起,讨论分享这片大陆在提高农作物产量和食物安全方面取得的进步。最近一届是 2005 年在乌干达的恩特北市举办的,有约 327 名科学家列席。在 274 篇会议论文中,只有 22 篇是土壤科学领域的(占 8%),大部分是关于测试作物的生物鉴定,这反映了基础土壤科学研究的匮乏。国际国家农业机构进行的研究估计,在 7000 名 NARS 研究者中,来自 22 个次撒哈拉非洲国家的土壤科学专家所占的百分比约为 5%~10%。他们中的许多人没有必需的研究生资历来从事高质量的研究。如果土壤科学要在提供方案解决束缚粮食生产方面处于领导地位,就得努力把客户和研究者比率降低,确保土壤科学专家和进行一致

的合作活动。

非洲的土壤服务基础设施数量有限，质量也不稳定。由于国家对研究投入的资助有限，非洲研究实验室的装备和机能更多地依赖于研究者的技术。全球范围内研究资金减少的趋势将会使这种状况更糟。薄弱的基础设施阻碍了学生从事土壤科学的愿望，资金匮乏导致功能和产量低下。

必须认识到为了迎接这些挑战，土壤学者要有考虑成本的能力，土壤科学的未来依靠于提供如下证据：和连续扩散土壤衰退造成的损失相比，在这些研究中投入的成本是相对较低的。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Winfried E.H. Blum

(University of Applied Life Sciences (BOKU), Vienna Peterjordan-Str. 82, 1190 Vienna, Austria. E-mail: herma@boku.ac.at.)

即使基于过去的推断，对未来的预测也是在碰运气。然而，还是要尝试从 3 个不同的方面来预测土壤科学的未来：

土壤科学和社会

土壤为人类和环境传输物质和服务，例如为食物生产提供所需的生物、饲料和可更新能源，滤除、缓冲、净化地下水和空气，包括 C 的吸收、大量有机体的维持、生物多样性的保证等。反过来，土壤可能也是有害的，如向大气释放微量气体导致气候变化，通过水把土壤固体迁移到地表水中，通过风蚀、皮肤接触和呼吸摄入，影响人体健康。土壤保护了考古学和古生物学的遗迹，这不仅可以研究地球的成因，也是一种文化遗产。

将来仍有两个主要趋势：在食物匮乏的国家，只要这种匮乏还存在，土壤科学主要就将致力于解决土壤肥力问题。不幸的是，这种威胁在非洲、亚洲和中南美洲都不断增长；相比较，在食物供应充裕的国家，土壤科学将逐步致力于环境和文化问题，例如保护食物链不受污染、保护地下水资源、保护空气和人类健康、也保护作为文化和自然遗产的土壤，因为洁净的食物、水和空气是健康环境和保证人民长寿的基础。除了这两个主要趋势，在工业国家土壤的其他方面也比较重要，例如土壤对考古的年龄测定以及土壤科学对具体社会和经济需求的作用。

在未来的 20 ~ 30 年，这些特点不会有太多的改变，因为人类社会对土壤作用和功能的理解不会有太多的提高，因此不要期望土壤科学会对人类社会和环

境有太多贡献，除非发生诸如严重的洪涝灾害、人口爆炸或其他大的事件，但都不会有长久的影响。

土壤科学与其他科学的联系

土壤科学在一个多世纪前就从农业化学和农业地质中发展起来，现在仍被广泛认为是生物生产的支持科学，尤其是农业和林业。然而，由于新研究思路的发展，再加上由其他科学，主要是基础物理-化学、生物化学开发的特殊分析仪器的使用，土壤科学已经发展成为非常具体的学科，在不同层面上开展研究。如岩石硬壳风化的各个方面，从宏观的如区域土壤制图、土壤分类到微观的土壤粒子以及它们在纳米水平上的反应。因此，土壤科学已经划分为不同的特殊研究领域，但也面临着对土壤整体失去追踪的危险。

与此相比，地质学通过近 20 年的发展已经完全可以和土壤科学抗衡，例如，在环境地质领域和最近才被命名的农业地质领域，这个名字是一个多世纪前土壤学自己刚成为一门学科时舍弃不用的。所以，土壤科学要和地质学比赛，很有可能也会和其他学科比赛，尤其是生物学、生态学和计算机科学，同时只有通过和这些学科密切合作才能维持自己的存在，才能证明土壤科学能够在理解陆地和水生系统的功能方面做出贡献。

作为科学的土壤本身

土壤科学不仅研究矿物学，土壤成分的物理、化学（尤其物理-化学的）和相关过程，也研究生物的土壤成分和相关过程。在与化学、物理以及其他科学相比时，如果忽视它们也已经细分为许多非常具体的科学领域，那把土壤科学作为基础学科是很难理解的。

在近 10 ~ 20 年里，由于不断增强的专门化，土壤科学可能逐渐失去了对土壤的整体理解，只是在具体方面或对土壤粒子进行了彻底的研究，如细到纳米水平的分子建模，但丧失了对土壤功能全面的追踪。土壤科学也因此很难在其他自然科学领域中维持自己的存在，例如当问到土壤科学的具体研究目标是什么。举个例子，土壤科学仍要解释有几个不同的土壤分类系统，但没有土壤在世界范围内统一的分类标准，例如有关土壤类型和土壤子类型的定义。这说明土壤科学不能在全球或区域范围定义自身的研究对象。许多科学家，或是自封的土壤科学家，并不具备土壤及其功能的总体知识，只是专门从事独特的土壤性质和过程研究。

未来土壤科学中这些专门领域的发展在很大程度上依靠于其他学科，分析方法和操作工具则要依靠如物理学和物理化学等的开发。作为地球外壳的一个三维实体，土壤只能寄希望于将来它的过程和功能会被

理解, 并保留自己的目标, 即使考虑到土壤科学的高度专业化。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Ole K. Borggaard

(Royal Veterinary and Agricultural University, Thorvaldsensvej 40, DK-1871 Frederiksberg, Denmark. E-mail: Ole.K.Borggaard@kemi.kvl.dk)

放眼全球, 持续有效地利用土壤将是未来土壤科学的一个重要挑战。我们的研究工作应该集中在对方法的探索上, 这些方法应能够清楚地描绘出与诸如农作物的种植、大气和水源的保护、生物多样性的维持、文化和自然历史遗迹的保护等多种用途相关的不同土壤的利用潜力和限制因子。我们应该创立精确测量土壤脆弱性和有效修复退化土壤的方法。与研究方法同样重要的是, 所有这些研究成果都应清晰、有效地传递给计划制定者和执行者, 以确保他们所获成果能得到贯彻实施并惠及土壤用户和整个社会。应当鼓励土壤科学家将研究成果传递给实践者(普通劳动者)而不仅仅是他们的同行。为保证观点平衡和最佳传播效果, 土壤科学家应做好与经济学家、人类学家及传媒专业人士进行合作的准备。但为了避免自己的成果被误传、失真和造成混乱, 我们在传达信息时一定要把握清晰和准确的这个度。换句专业的话说, 那就是与其他学科部分重叠区域应被认为是未来土壤科学需优先关注之处。今天这些优先关注之问题的部分研究工作已展开, 但尚处于起步阶段, 需要进一步的加强和关注。

增加生物量的产量

为了改善非洲撒哈拉沙漠南部地区一些发展中国家人民的生活条件, 需要更多有效的方法增加和维护经常遭受的多种养分的短缺、降水量的不稳定、虫害的频繁发生等多因素限制的土壤的生产能力。但由于该地区严重缺乏资金, 所以科学家们应尽可能地发展基于当地资源的相对较便宜的解决办法。另一方面, 由于当地土壤的特点与温带地区有很大的不同, 加之我们对许多热带土壤的脆弱性和缓冲能力缺乏足够的认识, 所以今后我们的研究工作应在这方面着重加强。

特殊地点的土壤利用

土壤经精心培育后能生长多种独具风格(高价值)的高质量商品, 如高健康标准的蔬菜、优质饲料和具特殊性质的木材等。酿酒业也是土壤高价值应用的一个典型行业, 该行业中多年来形成了一个共识: 酒的

味道与当地土壤的类型息息相关。然而, 我认为研究土壤-农作物相互影响作用要比研究土壤-酒相互作用的项目要好得多, 因为相比酒质量的衡量标准, 农作物品质测量的标准要客观得多。

土壤改良和修复

由土壤侵蚀、盐渍化造成的土壤退化或由有机、无机污染物造成的土壤污染需要用更为有效的方法进行治理。需要发展更好的原位和异位的修复方法和战略来优化清洗污染土壤中的重金属和有机合成剂。需要考虑为 N、P 所饱和的土壤的修复战略, 因为多年来化肥的过量应用应引起我们进一步的关注。同时, 为增加治理的效果, 应增大宣传的力度, 让人们更多地了解阻止土壤退化的知识, 以使治理退化土壤的效果更为明显。

自然生物毒素

为了保护自身免遭细菌、昆虫、动物和其他活体有机物的侵袭, 很多植物都会分泌毒素(自然杀虫剂), 这些毒素一般都具毒性高、有致癌作用或有对生物体其他负面的影响。由于人们对有关土壤中这些化合物行为(吸附、迁移、残留)的知识了解较少, 所以我们应提高对它们的认识以保证水和食物的质量。更为重要的是, 我们对这些自然毒素和许多复合杀虫剂的降解产物(代谢物)的毒性知识更加缺乏, 这就给水和食物的供应带来了安全隐患。事实上, 当我们关注的焦点从来源转到效果的时候, 未来对天然毒素和有机合成剂(如杀虫剂)的区分可能就被淡化了。

土地利用方式的转变

我们更多的注意力应放在植树造林、湿地恢复、传统农业向生态农业的转变及其他土地利用方式的转变上, 以提高对这些改变的认识程度和避免对生态系统所带来的负面影响如大气和水体的污染等。作为对土壤利用方式转变的响应, 新建立的植物群落会把天然毒素带到并不适应这些毒素的新的生态系统中, 对新的生态系统来讲, 这种毒素就变成了外源毒性污染物。例如, 在丹麦和其他一些国家的很多废弃的农业土壤中生长着大量的欧洲蕨, 可以产生大量的致癌物质 ptaquiloside 而威胁地下水和饮用水的质量, 因为 ptaquiloside 在土壤存在时间较长且易于移动。而且, 转基因作物的引进可能会导致了一些不明行为和效果的毒素释放在土壤生态系统中。

土壤-作物的交互作用

土壤-作物之间的交互作用已是常识, 但其确切的作用机制却并未为人所完全理解。有关于许多植物如各种品种的树对土壤的确切需求的知识仍然十分的缺乏。在土地利用方式发生改变的地区确保生态系统的

稳定就显得尤为重要。

土壤质量的概念

10 年前，土壤质量的概念还仅局限于土壤本身，然而，今天土壤质量的概念已经走向多功能化，若仍然按照原来的概念，操作起来就显得有些困难。因此，集中施肥的土壤能为植物生长提供良好的环境，但土壤的其他方面的功能，如保护地下水免遭氮素的污染，就被弱化了。而且，这些概念的制定是有一定标准的，这些标准是一脉相承的，并且有时会带有一定的主观性。发展一个概念有时是具有挑战性的工作，一方面要求概念要有综合性和可操作性，另一方面还要处理变化多端并经常是有功能冲突的情况。如果按照这个标准衡量今天的土壤质量定义有困难的话，我们就要对土壤质量进行重新定义，使其听起来更科学并符合客观的标准。

附语

对于土壤，还与很多需要我们去深入了解的，如土壤的组成（土壤矿物、有机质、土壤溶液和土壤空气）、土壤过程（酸化、腐殖化、黏粒迁移、灰化作用和风化作用等），各种土壤中碳、氮的固定作用；水盐的运移等。有机无机胶体的运移机理和它们担当污染物载体的原理是现在须加强研究的主题。另外，土壤分类的方式也应做进一步的研究，以便达到简化名称和友好应用的目的和用更加直接的方式来处理人类活动的影响。

（郑茂坤 译）

土壤科学的未来

Johan Bouma

(Sporbaanweg 35, 3911 CA Rbenen, the Netherlands. E-mail: Joban.bouma@planet.nl)

土壤科学同其他任何一门学科一样，它的发展情况也要看我们这些土壤科学工作者将来会做什么和不会做什么。尽管从根本来说我对土壤学的未来感到乐观，但是从目前所看到的土壤学研究来说，我觉得还不应该过于乐观。目前，土壤学的各个领域（比如土壤物理、土壤化学、土壤生物学和空间统计）过于分散，并且都以自我为中心，就像一个个离散的原子一样。当然，我并不是在质疑它们的科学质量和学科设置的恰当性，我主要担心的是这些不同的领域再也不能够很好地整合在一起来发挥力量。但是，如果要想让土壤科学在国际上一些大的且需要多学科合作的项目（比如，土地利用、气候变化和水资源利用这 3 个土壤科学可以发挥作用的项目）上成为被认可的成

熟合作者，那么在土壤学中这些不同的研究领域就应该相互整合在一起，但事实上却没能这样。国际科学委员会（ICSU）很明确地指出：“科学就应该让所有人受益，同时科学知识应该和政策制定有效地联系起来”；该委员会的目标就是要加强世界各地的科学为社会服务，并且组织了许多大的、多学科交叉的国际研究项目。在这些项目中，土壤科学应该更积极地参与其中。目前，一些国际的、国家的和地区的组织正逐渐加强这些基于决策支持的多学科交叉研究项目的组织和推动。

目前存在的一些问题

从目前报道的一些工作来看，土壤学的研究还是非常的自我为中心，对于一些涉及到政策和学科交叉的内容被土壤学者认为是非科学的和妥协的。因此，在我看来，我们的一些研究行为同 ICSU 和其他的一些资助及政策机构的宗旨缺乏相互融合，列举以下几个方面：①目前，空气质量和水质量已经被明确地定义，并在环境法规上体现，而土壤质量仍然没有明确的定义。这意味着土壤信息不能够如我们期望的那样有效的传达。②有位著名科学家最近总结认为一些被广泛运用的土壤侵蚀模型，由于缺乏基础的土壤数据，最终得到的还是经验的结果(Stroosnijder, 2005)。这无疑是对这个学科的科学要求的一个严重挑战。③在欧洲，保护水质的管理手册很大程度上并不考虑土壤方面的专业意见，而仅仅关注农业管理方面。但事实上，土壤可有效地控制着水体质量并且应该成为水质管理的基础。④工程学者、生物学者和地理学者广泛地挖掘我们的数据库并运用土体转化方程来满足他们的综合模拟的要求，但是在这个过程中，土壤学者往往无法介入。⑤在一些著名的作物生长模型中，往往有非常详细的植物生理方面的子模块。但涉及到土壤子模块，比如，倾斗式方法，却非常简单，这种不平衡的模型并不能很好地反映土壤学的专业思想。在一些综合性的环境模型中也同样面临土壤子模块过于简单的问题。

机遇

我们似乎已经失去了 19 世纪确立的土壤科学的根基，那就是将土壤视为自然景观中的一个生命和自然体，同时自然景观也是定义土壤物理、化学和生物学过程动态变化和相互作用的一个基础。土壤分类注重于自然土壤，因此在研究土地利用时它的局限性体现出来了。但是，土壤调查可以拓展到土壤管理对任何一个土壤系列的作用上 (Bouma, 2005)。那么在未

来，土壤科学将面临怎样的机遇，而我们应该怎样提升自己去抓住这样的机遇？我已经在其他场合建议过

需要对我们的研究方法做根本性的改变 (Bouma, 2005), 在此, 我不再赘述。我现在建议的是我们此时应该关注目前不断涌现的一些具体的机遇。

在欧洲, 环境立法方面给了土壤学发展新的机遇。最近出台的针对分水岭的全面水管理指导方针。以确定一个自然景观和分水岭范围内的水和化学物质的三维通量作为定义土壤过程的开始, 结合土壤和水利学专业知识形成新的水土学科 (Lin 等, 2006)。在荷兰也有类似的情况, 空间规划都要基于“三层次模型”, 它将地质学、土壤、水以及相关的生态条件结合为第一层次, 将交通和基础设施作为第二层次, 将居住房屋作为第三层。其中, 第一层次的开发大部分都需要土壤学者的参与。最近刚通过的欧盟土壤框架也为土壤科学提供了许多机遇。该框架是基于压力-状态-效应原则, 反映了土壤管理措施与社会活动及行为的关系, 因此为土壤科学提供了一个非常好的发展机遇。

如何提升自己应对挑战?

我建议采取 5 项措施: 从一个景观范围内的土壤过程的综合分析开始打破各领域之间相互独立的“原子化”现象, 并最终为形成新的领先学科提供发展的空间; 通过从隐含和描述性水平到先进的定量水平这些不同的知识水平来定义土壤学的专业内容, 以此促进与交叉学科项目的联系 (Bouma, 2001)。Bouma 和 Droogers (1999) 在土壤湿度供应能力方面描述了这一措施的具体内容; 将土壤调查的内容从土壤系列的发生形态衍生到其物候形态, 以此可以反映不同的土壤管理措施的效果; 运用大量的新颖的现代感应技术进行广泛的实地监测, 而不要过于迷信已有的数据库; 通过现代信息技术, 增加与同行、决策者和土地所有者的交流。

(章海波 译)

工业社会中土壤科学的未来

Henrik Breuning-Madsen

(University of Copenhagen, Institute of Geography, Oster Voldgade 10, DK-1350, Denmark. E-mail: hbm@geogr.ku.dk)

以道库恰耶夫建立的土壤学为基础的土壤科学建立还不到 100 年。自从他定义了土壤科学这个概念以后, 大多数全国性的土壤调查制图中已经把土壤学作为重点描述对象。直到最近, 土壤调查组织的主要任务还是采集农业生产和森林的点源或面源信息。利用全国性的先进的土壤分类和描述系统, 通过对特征土壤进行分析的方法实施的全国性的土壤调查工作已经完成。

在过去的几十年中, 工业国家土壤科学的研究热点已经发生了显著性的变化, 社会关注的热点已经从农业生产和森林培育转向了环境问题。其中的很多问题仍然可以在一个国家内部得到解决, 而一些问题需要整合来自不同国家的土壤信息的方式加以解决。而且, 许多环境问题相当的复杂, 仅靠土壤科学家力量已经无法完成, 需要与生物学家、化学家以及计算机建模方面的专家进行有效的合作才能解决。这种发展趋势使得土壤学家必须将关注的重点从增加农产品及森林的产量转向土壤环境问题如土壤污染、土壤侵蚀、碳固定和养分淋失等。

大多数环境问题非常复杂, 需要细致的实验室分析、新的分析方法的研发和不同时空尺度的小区试验加以认识。另外一个重要问题是基于点数据向区域尺度(如流域或行政区)的推广。这样就产生以下几个问题: ①如何用差值法获得最佳土壤图; ②如何通过点数据的模拟推测结果, 当然这些土壤分析的原始数据应适合于模型应用; ③如何教育土壤工作者, 使其对土壤数据转换成土壤信息图时有一个基本的认识, 那就是他们的成果不仅能对市政管理者有用也要对县级、国家级甚至能为国际上的研究者们提供有益的信息。一些诸如养分淋失入海或大气污染等环境问题是不会遵守“政治”边界的。国家级的电子土壤图的服务对象从单个点的测量扩大到区域尺度土壤信息的获取, 但国家级土壤图的信息毕竟不全面, 有时缺少必要的信息, 这就需要加入测量点使其升级。因为各个国家的土壤图并不都是依据国际上统一的发生分类系统发展的, 所以当在国家间的数据进行比较时, 就需要发展一个国际统一的系统来兼容各国家的分类方式。WRB 是一种全球性的土壤分类系统, 但它在模拟点信息扩大尺度的问题上存在缺陷。形态发生学方法不能很好地适用于受犁地、施石灰、施肥和排水等人为影响严重的土壤。这些土壤的理化性质不能对形成土壤的原始成土过程进行必要的反映, 也与 WRB 名称不符。在灌排土壤中, 一些剖面的特征可能还保留有灌溉土壤的潜育土层, 但其他的表达方式如暗沃/暗瘠表层在表征犁土层或石灰土层时就失去了意义。由 WRB 命名的土壤, 其名字可能有误导、无关或模棱两可的信息。另一方面, WRB 在一定程度上是基于一些难以测量的属性进行命名, 所以不同科学家对同一剖面所进行的分类描述可能会是不同的。以上分析表明, 要想绘制出在不同尺度上适应今天目的的国际土壤图还需要新的思想的产生。

为了能够建立区域环境模型, 必须建立全国规模或国际尺度的土壤剖面和分析数据库。虽然一些国家

已经建立了国家土壤数据库，但他们建库时并未采用国际通用标准。因此，有些国家就出现了因缺乏数据而建不起区域模型的问题，当进行跨边界模拟时，就必须建立相应的数据库以与不同国家的土壤图相匹配。为了处理此问题，我们不得不建立标准的分析方法以使数据的跨国比较成为可能。而且，土壤科学家应善于估测数据库中的丢失数据，因为如果一个模型需要加入的数据缺乏了，根据信息规则，其信息数据就能很容易地推测出。如果土壤专家能够根据数据库对未知数据进行推测，那将是怎样的应用前景啊。但在存储数据前，土壤学家应在存储数据的选择上达成一致。先前，数据库的存储数据主要集中在化学性质上，像水土保持等土壤物理性质的数据很少，尽管它在区域水模拟过程中也很重要。

政治上，把土壤作为像水和空气一样有限和脆弱的资源的观念与日俱增。因此，关于如何保护土壤和如何保持土壤的人为健康状态的讨论正在进行。土壤科学家在设计监控网的方式即网格监测和流域监控方法的选择上、收集和分析土壤样品的方法上以及根据土壤的现有人为影响状态所得出的结论中扮演重要角色。

最后，土壤科学家要在介绍遥感技术方面做些工作，这些技术涉及从卫星传感器到包括地形探测仪、地电设施和磁力仪在内的地面接收装置。遥感技术在精准农业中用处较大。依据土壤图施用矿质肥料和应用GPS技术对拖拉机的位置进行精确定位的事例已很普遍。用遥感数据可以校正传统土壤调查得出的土壤图，显示它的精度和基于地统计得出的统计误差。当表征和表达土壤图的位置和总体精确度时，遥感数据可提供非常重要的信息。

总之，土壤科学在探测和解决区域尺度环境问题中起着重要的作用。为此，必须将我们的视角从农业生产转移到环境问题的解决上。

(郑茂坤 译)

土壤环境、土壤利用和社会经济关系

Wolfgang Burghardt

(Dept. of Soil Technology, Faculty of Bio- and Geosciences, University Duisburg-Essen, 45117 Essen, Germany. E-mail: wolfgang.burghardt@uni-essen.de)

以我个人的经验和从事土壤科学研究多年的实践，我认为土壤科学在未来的重要性同3个方面有关：

从作为物质的载体以及作为环境及其快速变化的产物的角度研究土壤； 研究土壤在土地利用方面的作用； 将土壤科学与社会经济相联系。

土壤与环境

在土壤科学中，定位土壤性质的优先程度和基于发生的土壤发育之间总是不能很好地连接起来。最近的研究中土壤的概念集中体现在表层土壤的性质。这个趋势的发展会导致土壤科学逐渐成为土壤片断的科学而不是包括整个土壤的科学。这就像工业技术的发展总是集中在几个有前景的工业产品上一样。

许多原来需要从土壤中生产出来的一些基本的物质和功能现在可以脱离土壤生产了。比如，水培工业蛋白就是一个很好的例子；饮用纯净水也可以不用来自经过土壤过滤后去除污染物的地下水，而直接采用工业方法得到。因为物质的质量是可以被标准化定义的，所以我们往往把土壤视为一种物质，从而也可以来清晰地界定土壤的质量。但这样的想法真的是确切的吗？我曾经参观过西班牙 Jerez 的葡萄酒厂，从那里我知道当地一种被称为泥灰土这种质量最差的土壤却是最适合种植生产葡萄酒葡萄的土壤。因此，不同的土地利用要求对土壤质量的定义也有很大的区别，有泛义的和特有的，正如对建筑材料优劣的确定一样困难。

一旦自然或人为的土壤沉积后，环境就开始通过物理、化学或生物学过程发挥作用。土壤发育总是一个自然的过程，随着时间的流逝，原先沉积的土壤的性质又覆盖了次生的和再生的属性。次生属性是由不同的环境组成部分的联合、多样性、时间和状态的种类决定的。新形成的表层土壤则包括多样性属性的层次和空间模式。

一个自然景观中的土壤层次和土壤空间模式就如同同一系列的反应器，控制着土壤发育的过程，而土壤性质则是这些不同发育过程的综合产物。土壤破坏、替换和板结的动态变化又会形成新的土壤性质。比如，CO₂ 在没有腐殖质土壤表层的累积，土壤水分蒸发蒸腾损失总量的改变和地下水的更新这些与人类生活息息相关的过程都会形成新的土壤性质。

新的化合物和生物的形成并且在全球范围内扩散会带来新的风险。但由于土壤具有多种多样的属性，拥有很强的缓冲能力，因而可以长时间的抵制这些物质产生的危害效应。这些还能给我们未来大的灾难提供预警，从而减少风险。这些在森林顶枯病里有所描述。土壤性质的第三个部分就是每一块土壤都是独一无二的，即使每个土壤都是相互连接着的。除了基因库和岩石圈，土壤应该是全球最大的信息载体之一。

在我看来，基于环境行为的过程概念的指导，土壤科学工作者会有更多的机会为人类生活的可持续发展服务，也可以促进公众对土壤科学的了解。

土壤与土地利用

人类活动会改变土壤，并且成为影响土壤及其发育过程的最大的环境因素。在城市，土壤处在一个全新的环境，有些土地会有特殊的用途，附近一些土地会排放出物质和能量。在一个商业世界里，不同的地块之间进行着物质和能量输入和输出。这些地块上土壤之间的关系受到不同生产步骤的影响。它们同时在多个地方开始，但在一个景观的范围内并不受到引力、物质和能量的浓度梯度的驱动，而是受到经济关系的驱动。新的土壤之间的关系不仅仅局限在一个景观的范围内，而可以涉及到多个陆地板块。将来，随着经济的发展，人为影响的土壤会急剧的增加。土壤科学依然会是一门重要的学科，因为它将关注点集中在土壤利用作为将来土壤环境、土壤发育、土壤性质和土壤功能的主要因素。

土壤与社会经济

当今世界，大多数国家的社会经济的价值决定了政策的制定，而在这个体系内，土壤能够发挥的作用还不能很好地确定。目前主要的矛盾是公有企业和私有企业之间的分歧，也包括政府在投资、税收和所有权方面的短期利益同公众的社会保障方面的矛盾，因为这些社会保障需要长期的社会和经济条件的可持续发展。

社会开支在许多政府预算中是非常庞大的，他们主要用于救济贫困、医疗和老人的福利。而环境政策的开支可以减少社会开支和赢得社会稳定，这些环境政策的开支包括用于健康、事物和其他自然资源、娱乐和气候管理规章的制定等。而在这个体系下，土壤学可能会发挥出相当大的作用。

目前的问题是土壤学包含在环境科学和农业科学中，这意味着它处在一个错位的行政体系之下，而这种行政体系不能使目前使用在土壤保护上的花费与将来从土壤得到的利益相平衡，或者说它早已被因为气候改变所导致的社会经济的灾难所击跨。

通过社会经济发展过程对土壤进行物质和能量的传输和输入的最为重要的是要关注当地和全球的物质和能量的平衡。从土壤科学来说，主要体现在以下几个方面：土壤中食物、燃料、原材料和新化学品（如塑料）的产量和残留；为农业和快速增长的城市人口的干净用水的供应；来自于土壤致病生物释放的有毒物质的健康效应、稀释过程和传输；由于植物产量的增加和植物在土壤中的残留导致了大气 CO₂ 浓度降低的过程；土壤存储能量的能力和反射率的改变；土壤作为有经济价值的特定生物体的宿体的能力；在混凝土覆盖区土壤的利用，比如作为雨水的

过滤系统和种植行道树。

土壤科学工作者已经从实践中领悟到应该将他们的研究工作与社会经济的各个方面联系起来而不仅仅是环境管理。土壤科学研究可以为短期的投资和税收的回报服务，但要特别注意避免长期的投入。这就要求增加健康和其他风险预防、保险以及诸如燃料和水这样的长期的投资。未来土壤科学的发展取决于同社会经济合作的各个方面。

(章海波 译)

从一个发展中国家的角度看土壤科学的未来

Kep Coughlan

(Hassall and Associates, Canberra, Australia. E-mail: kepcoughlan@optusnet.com.au)

我并不是以一个学者或从事土壤学研究的实践者来表达我对土壤学未来的看法，而仅仅是从与土地利用相关的需要的角度来进行展望，而这种观点又深深地打着我工作环境的烙印。我在柬埔寨工作，这是东南亚地区最为贫穷的国家之一。这里唯一的目标就是减少贫穷，但是政府机构不够完善，缺乏整体性的规划，在某种程度上还在靠国际救援基金开发项目。同发达国家对应的土壤学研究领域中面对的问题相比较可以发现，这些问题在发展中国家通常会被放大甚至扭曲。它们之间存在的这些差别可以让你用一种全新的观点去看待类似的问题，我在这里将从 3 个类似的土壤学发展问题中为大家描绘出不同的情况。

土地资源规划的需要

大多数发展中国家可能都会出现这样的情况，即为了私人的利益而砍伐森林。这可能是一方面国家缺少整体的规划；另一方面没能认识到这种行为所付出的代价将远远大于个人得到的利益。在一个国家处于发展的阶段，如果能够得到一个良好的生物物理和社会经济数据的支持，将会有效地遏制环境的退化。但事实上，这样的数据非常缺乏。即使有，在数据信息的形式和尺度上都有差别，难以或几乎不可能用于规划上。一个好的土地资源规划在发展中国家体现出来的作用要远远大于其在发达国家中的作用，因为前者在地区到全球的尺度上的环境退化问题都是非常严重的。

通过良好的规划干预还可以保护独特的生态环境系统。柬埔寨西北部的洞里萨湖 (Tonle Sap Lake) 有一个世界闻名的自然现象，每年雨季大批的森林被淹水，从而可以孕育繁殖出大量的鱼类资源。但是，在这个地区的利用方面存在一个矛盾，即当地贫穷的农

民会在雨水退却的时候砍伐掉这些森林用来种植水稻。尽管表面上来看，当地获得了短期的经济利益，但是对鱼类资源这样一个对柬埔寨来说是主要的蛋白质资源的破坏却是巨大的。因此，如果有一个良好的土地资源的规划，将水稻集中种植到其他区域就能够很好地解决这个矛盾，可是在快速发展的过程中，这些资源可能会逐渐消失。

废弃物的土地处理

在发达国家，利用土壤作为一个天然的生物过滤器是环境管理中的一个很重要的措施。但是在发展中国家，废水和工业废弃物通常会被排放到水体中，直接对环境对人体健康构成危害。由于土壤通常是需要肥料的，因此利用可接受的废水来灌溉土壤既可以增加作物的产量也可以减少环境的污染。除非土壤中的养分几乎饱和，污水中的养分可能会被冲刷到河流中形成水体污染，否则这项在发达国家运用的废水处理技术在发展中国家还有很大的应用前景。

有机农业

传统的农业系统应该属于有机农业。现在刀耕火种的做法因为它们的环境影响和不可持续性而被批评，这种不可持续性主要体系在它缩短森林的再生阶段。有机产品目前有一定的市场，因此有机农业也有它存在的价值。柬埔寨的国际资助机构认为既然当地的农民从一直以来都不习惯施用化肥和农药，那么在这里发展有机农业并出口到发达国家就来得相对容易些。或许这在有限的范围内是可行的，但要在整个国家的范围内来推动有机农业真的可行吗？如果不可行，那么柬埔寨的农民就不能够从出口农业产品和提高农业产量上受益。同时一些有价值的资源在这个区域内就会从传统市场转移。

我对目前一个农民是否能够真正在他/她自己的土地上从事有机农业的种植表示质疑，因为我们必然会碰到一些有争议的问题，但在像柬埔寨这样一个发展中国家，相关的科技专家非常有限，一些议事日程通常是由外国援助专家来决定的，因此在遇到相关的问题时，也并不能基于经验的合乎逻辑的讨论。例如，曾经听闻一个在柬埔寨积极推动有机农业的团体这样宣称：“如果你们在农田上施用了化学物质，那么你们就会生出畸形的孩子”。这种过于主观的宣传无疑是将尿素同落叶剂这样的有毒除草剂混为一谈了。这时候就需要土壤科学工作者来澄清，他们需要定量确定养分的平衡、养分通过植物的循环和养分的生物来源，比如氮的固定等。

全球的研究数据表明许多发达国家通过进口农产品而蓄积了大量的养分，相反发展中国家的养分却出

现亏缺。如果这能说明有机农业在一个农田尺度内的任何一个适当的水平都不能可持续发展的话，土壤科学工作者是否应该去游说支持实行化学肥料的使用补贴（设置一个世界通用价值），而不是让发展中国家继续从事低产量的农业生产？我在最近的一个会议上得知尿素在欧洲的价格是90美元，而在马拉维（一个非洲国家）的价格却要700美元，那儿的农民基本上是用不起的。

发展中国家似乎总是充当一个发达国家的实验室的角色，当发达国家有了一个好的想法时，就需要先在发展中国家进行试验。这当然有积极的一面，但有些狂热的支持者会将那些只对局部地区有用的策略运用到所有的地区，这就显得有点过了。比如有人主张实行水稻密植系统，他建议水稻作为一种谷类食品，适宜在水塘里生长，使它们在无压力的灌溉条件下会生长地更好。按理说，这是一个很好的想法，但支持者于是就宣称：“所有的水稻都需要淹水、密植和施肥”。事实上，这样一个设想的系统是需要经过严格的试验的，因为如果这个系统的理论是错误的，那么贫穷的农民就会为此付出沉重的代价。

总的来说，发展中国家未来的土壤科学并不全是一般意义的科学问题，当然有好的科学理论和丰富的实践经验对于理性的讨论是十分重要的。我们要呼吁回到这样的讨论中去，特别是在诸如有机农业和其他像转基因生物（GMO）这样更广泛的农业问题的讨论中去。

因此我的建议是土壤科学工作者要积极地加入到发展中国家的土壤学研究和发展的中去，这不仅对这些参与国会带来切实的利益，同时也可以相互交流不同的见解，尽管这些见解可能从一定的地理范围内或某一个学科内来看已经是非常清晰了。

（章海波 译）

从欧洲的情况看未来土壤科学的发展

Endre Dobos

(Dept. of Physical Geography and Environmental Science, University of Miskolc, 3515 Miskolc-Egyetemvaros, Hungary. E-mail: ecodobos@uni-miskolc.hu)

新千年伊始，土地退化问题、生产能力和人口承载力的差异明显成了国际关注的问题。全球化和全球的环境问题需要收集和解读全球的、协调的土壤信息。因此，为信息中心提供合适的土壤数据将是未来土壤学研究者一个巨大的挑战和严峻的任务。

土壤科学像其他科学一样，不可能脱离社会目标

和基本问题而孤立存在。这意味着土壤科学的知识必须能够被理解和市场化,能够被其他科学领域运用,它的研究数据可以为交叉学科模型所运用并能满足这些模型的要求。

土壤学的数据库对那些非土壤学的研究者具有无穷的用处。但有时候非土壤学领域的研究者却不能完全理解这些数据的意思、来源质量、适用性和局限性。因此,对于土壤数据库的提供者和非土壤科学研究的利用者来说,就需要建立一种沟通语言使他们可以互相理解。这是一个非常广泛的研究内容,需要为不同尺度的土壤学科开发协调的方法学和语言,从而将土壤数字化以及制作土地图和开发信息技术。

本人是欧共体土壤数字制图和土壤分类协会的代表,目前,该协会主要关注的是各大洲和区域水平上的国家土壤数据库的协调以及开发空间上和主题上一致的国际和跨疆域的数据库。欧洲的一体化进程使得对整个欧洲地区的自然资源和人类资源进行综合的管理成为了现实,在这样的背景下,我要着重阐述的是不久的将来土壤科学研究方面的主要问题和驱动因素。

土壤数据库开发

在过去的半个或整个世纪中,我们已经收集了不同尺度、不同详细程度和精确度的土壤数据。土壤调查是发展土壤学知识的主要驱动因子,它可以帮助我们了解土壤及其功能,并对土壤进行分类。许多最好的土壤学家都是从土壤调查中获得土壤学知识的。但是,许多土壤调查的项目已经结束,那些拥有丰富经验的调查人员也渐渐远离我们而去。因此,我们需要进行土壤调查:①传承老一辈土壤调查人员的研究经验;②更新土壤图和数据库;③将这些信息转化成数据库用户需要的内容和格式。

世界经济的发展和工业化的程度使得目前优先研究的项目已经从农业生产转向环境问题,这种情况在经济发达和工业化程度较高的地区表现得尤为突出。目前现有的土壤数据已经不能满足环境管理的要求,因此需要在此基础上不断地补充新的数据,这就需要结合 GIS 工具为数据库用户提供详细的空间分布情况。土壤数字制图技术作为另一项表征土壤空间变异和多样性的工具也已经结合到传统的土壤制图的工具集中。如果提高这些数据的空间和主题上的一致性,以及记录保证数据精度的过程和方法,这些数据的定量和定性比就会增加。将来,数据库的元素、质量保证和质量控制措施将会成为非常关键的一部分,尤其是这些数据要用于非土壤科学的领域。

土壤数据的一致性

许多环境问题是跨越政治界限的,但数据的收集都是基于国家标准,在整个国家水平上进行收集,要将这些数据用于解决环境问题还必须进行信息的再提取。但由于各个国家的体系存在差别,所以这项工作具有一定的难度,最明显的是体现在空间上的不一致性,这可以通过多边形与政治边界的不匹配性观察到。但还有更严重的也是比较隐蔽的问题是术语的不一致性,这是由于不同的数据提供者或“翻译者”对参考体系的不同理解造成的。但是在不久的将来,如果要重新规定新的、一致的实地调查方法似乎还不太现实。因此,唯一的方法是将现有的数据进行统一、协调,这项工作已经在欧共体展开。数据的一致化处理需要统一的体系和土壤变量的统一分类。事实上,它也就是一个简单的界面,通过这个界面可以将各个国家的来源的数据转化成用户需要的格式和内容。但是,目前对许多土壤变量而言,还缺少一个标准。因此,就欧洲而言,目前最重要的就是要建立这样一个数据标准化过程的框架,在这方面,世界土壤参比基础(WRB)应该是一个很好的例子。

土壤分类

大多数的土壤分类系统研究都是从 19 世纪的中叶开始的,到 60 年代开始运用,采用的是基于发生学的分类方法。随着发生学的方法向以定量的土壤性质为依据的分类方法的转变,许多分类的体系也发生了改变。采用参数定义的定量诊断的分类方法可以更好地满足数据库的要求并且可以为土壤数据的一致性服务。目前正式的分类关联体系是土壤资源的世界参比基础,利用这样的关联体系可以保证数据特征、信息和土壤单元解译的一致性,有助于开发跨疆域的土壤数据库。许多国家自身的分类体系大多采用这种定量诊断的方法,运用 WRB 的具体的诊断标准,层次划分和土壤性质,同时也保持了自身的一些命名方法和分类体系。这种做法使得各国之间的土壤分类系统的关联更趋容易,但也保留了各个国家自身的一些详细的土壤信息和传统做法。

定量土壤科学

所谓的定量土壤科学是最近在土壤学内部发展起来的一个新的领域。它包括了从土壤数字制图到土壤过程和变异的模拟等很大一部分内容。直到最近,我们对土壤过程的理解还是基于定性的规则,我们还认为这些规则可以用来解释在特定环境下的土壤的本质和性质。但定量土壤学家则试图将这些规则和它们之间的关系量化,从而用来检验这种规则自身的可靠性,同时用来解释土壤性质的时空变异以及预测它们的变化趋势。这种方法利用了最为先进的定量技术和

数字资源来验证我们的设想,得到一个模拟的结果。它能够证明我们的想法是否正确。但是,最为重要的一点是以目前我们对土壤学的了解和掌握的知识,还远远不能达到定量的目的,因此我们还需要在土壤学方面做更多的研究工作来更好地掌握土壤的规律。

(章海波 译)

土壤科学、全球环境和人类

Julian Dumanski

(16 Burnbank, St., Ottawa, Canada. E-mail: jdumanski@rogers.com)

人类活动导致的环境问题开始威胁地球生物系统的可持续性。人类所面临的最严重的挑战是保护、恢复和合理利用地球资源 (Lubchenko, 1998)。

对土壤的研究是作为农业科学开始的,但是它的未来在于环境科学。土壤是一个活体,它是地球陆地生态系统的有机组成部分,是提供全球环境服务和便利的一个重要成分。人类对自然资源的过度开采导致了全球生态系统(自然资本)的严重退化,最新的估计是,作为GDP可能增长30%~60%的后果,这种退化将会持续到2050年,即使全球人口有望稳定(UNEP, 2005)。对土壤科学家的挑战是整合和深化他们的学科,与环境、社会、经济和政治专家们一起解决主要的全球环境问题。

环境的状况

目前,大约有25%的地球陆地表面是集约管理,或是在农业,或是在有管理的自然及人造林中,或是在经过管理的自然保留地中(UNEP, 2005)。全球70%的陆地表面受到某种形式的人类干涉(Vitousek, 1994)。在UNEP千年生态系统评估报告中有土地利用程度的变化怎样影响全球生态系统和人类的说明(UNEP, 2005):①最近的50年,比自1700年到1850年的150年,有更多的土地变成耕地;②淡水减少了一半(70%用于农业),被水坝围住的水增长了4倍;生物中氮的流动翻番,磷流量增加了2倍。自1985年以来,几乎一半的合成肥料已被使用。自1750年以来,大气中CO₂浓度增长了32%,而1959年以来增长的大约占了60%。人类活动导致了野生动物栖息地和全球生物多样性的显著减少;③生态系统运转退化其实是资产的损失,有时这些资产在其他的运转中可以产生更大的利润,经常有生态系统运转退化发生,造成的损失比创造的最好社会利润更多。

国际大会

国际环境大会提供了一个在全球范围内保护土地退化的平台,可引起对土地退化的关注。当所有别的

大会都在全球或各自国家处理土地管理的复杂问题时,只有联合国大会在和土壤荒漠化作斗争。联合国气候变化框架会议以及它的补充“京都协议和联合国森林论坛”,都专门针对土地退化和土壤管理问题。其他相关的会议,包括联合国生物多样性会议、国际水问题框架协议以及拉姆齐湿地条约,这些国际会议并不引导土壤保护行动,但是它们给土壤问题提供了全球论坛并将它广泛地整合到全球环境问题的议程中。

土壤科学和生态系统管理

全球陆生环境由自然和人类使用土地的生态系统镶嵌而成。这些生态系统的健康,即生态系统的完整性,依赖于其组成和它们之间传递过程的协同,促进了生产和环境物品服务的稳定流动(GEF, 2004)。土地退化影响着生态系统组成和功能循环,因此破坏了过程的协同性和流动的服务安全。为缓解土地退化,土壤科学应将注意力集中于当地和全球生态系统成分的连接和协同,认识到土壤是所有过程必须经过的中心和枢纽。

为研究自然和人为生态系统必要的土壤成分,需要采用地形方法(Dumanski等, 2002)。地形研究提高了对生态和社会经济相互作用的理解,在地球陆地表面区域上将局部和全球环境及服务相连。土壤生态系统和其他人为的生态系统经历了不同的压力、能量流和动力学,这些不仅需要从资本回报角度(产量等)更好地理解,还要从人类对自然系统干涉的后果来理解。

土地退化的缓解和生态系统的恢复需要立法机关的行动,在经济上采取主动,如创建一个能动的政策环境,大量使用诸如贸易、对生态系统服务支付工资、认证方案等经济手段,结合生态系统投资的非市场价值,废除那些对生态系统有负面冲击的政策和不正的津贴。然而,最终的解决需要土壤学科有目的的技术革新,提高土壤健康的同时提供经济上的效益(Dumanski等, 2002)。

土壤科学家已经参加了很多这样的主动性工作,但土壤科学的发展要更多地和其他学科和方法相互包含。为促使这种转变,土壤科学得从清教徒式非科学的状态中走出来,将生物物理和人类环境的所有方面整合到它起作用的范围。毕竟,这才是找到土壤本质的方法。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Hari Eswaran

(USDA Natural Resources Conservation Service, 1400 Independence

Avenue, Washington DC 20250, USA. E-mail: hari.eswaran@WDG.usda.gov)

科学为人类更好管理环境提供了知识基础，因而也确保对当代和后代有利的生活质量。后者的意思具有新的紧迫感。科学家们辩论了地球能支撑持续增长人口的极限。一些科学家们已经意识到在预期的人口增长下土壤生产食物和纤维的限度，另外也有一些科学家认为这是不成熟的，因为低估了未来技术大幅提高粮食生产的潜力。今天，有 8 亿人缺乏营养或吃不饱。另外有 22 亿人摄取最少的能量。营养不良和气候及地理位置有紧密联系。大部分的营养不良者都住在不利于农业生产的地方，不是太冷就是太热，不是太干就是太湿。另外，贫穷，不稳定的社会和政府意味着这些国家不能从技术的先进中受益。贫穷、国内斗争和政府腐败，经常是紧密相连的，阻碍了生产能力和分发食物的扩展，阻挡了营养不良问题的解决。

像许多其他科学一样，土壤科学在 20 世纪最后 10 年里还是停滞不前。生物科技可以战胜农业生产限制的信念使人们对理解土壤的需求减弱。现在生物科技的局限也越来越明显。土壤科学的未来依靠于我们怎样使科学平稳地进展。土壤科学在向其他科学证明它的价值时，必须保持它的特性。它必须对相关科学的成就有所贡献，但不是被它们曲解。土壤科学的挑战是保持和其他学科的相关性，得出不仅对科学家且对公众也有意义的结论，继续推动这一领域新的前沿。未来在于我们如何迎接这些持续的挑战。

总的来说我们没有很好地把我们的贡献和价值展示给公众。实际上，我们脱离了公众。19 世纪 60 和 70 年代，我们专业是一个鼎盛时期，集结了诸多科学团体来进行术语学和分类学的研究。我们有既定的目标并一直朝这个目标前进。很显然，土壤科学团体在面临挑战时会战胜它。当前的领导阶层必须提出一个新的任务，动员社会的技术力量朝一个明确且有意义的目标前进。即将来临的 IUSS 土壤学世界大会有望提出一个好的任务，如果能够带来思想火花，甚至可以成为伟大的任务。土地退化和沙漠化有很大潜力成为这样一个集结点，如果有社会对它的支持，它完全可以成为这样的任务。

我们的未来依赖于将公众带进科学决策的能力。为保持学科活力，我们要保持学科相关性，做出对社会有意义的成果。这是通过我们的社会约定来实现的。当使社会受益成为土壤科学的目标，它就最为强大，即便我们对土壤的未来过于乐观。我们要鼓励和确保科学家、政策制定者和公众之间更深层的对话。我

们必须清楚这些问题：我们是谁？为什么要学科相关？我们怎样确定朝哪个方向前进？公众如何收益？

有许多问题影响我们确保可持续农业系统的能力，在本质上它们大多是社会经济问题。3 个最重要的问题是：

(1) 由于许多国家土地的退化（沙漠化）和过度的资源消耗，全球自然资源在质和量上快速退化，尤其是发展中国家给全球农业造成了长期的负面后果。约 33% 的土地表面有沙漠化的可能。这大约是 4200 万 km^2 ，影响了超过 10 亿的人。到 2020 年，如果不采取合适的对策，受影响的人数将会超过一倍。由于人口的增长主要是在亚洲和非洲，这些地区受的影响最大。随着这些国家食物自给能力的减弱，食物安全将会成为一个全球的主要问题，迫使西方国家提供更多的食物。这将给土地带来更大的压力，包括捐赠国的资源耗竭和土壤营养的不平衡。这种状况可能因气候变化而恶化。

(2) 当前缺乏可靠的关于自然资源全球数据库，降低了发达国家解决潜在饥荒或社会政治动荡问题的能力，尤其是在土地贫瘠或缺乏的地方。越来越多的迹象表明，在许多国家导致主要冲突的社会动荡与土地资源的多寡及质量密切相关。饥荒和生态系统崩溃的早期预警信号可以帮助防止一些冲突。稳定这些国家的农业系统，尤其通过实施适当的土壤和水资源保护政策有助于减少自然灾害的冲击。易干旱的国家，尤其那些依靠畜牧业的国家，可以通过合理使用畜牧土地来减少损失。热带大规模采伐和烧毁森林影响了气候，也影响了空气质量。

(3) 在土壤调查和资源评估时，缺乏一个全球的合作机制来保证所有人都可获得土地管理标准和质量控制程序。开发全球性的数据库开支很大，但使用国际统一标准和程序可使得开发更有效，因为国内的数据库可能被整合到全球系统中。使用不同的标准，维护数据库的成本就会呈指数增长，分享信息的能力也被降低了。

所有国家都应该制定政策来支持土壤健康的共同目标：净化水质和实现可持续耕作。为实现这些目标，需要一个跟踪资源条件质量的评估和监控程序，使用合适的技术，保证可持续农业耕作的环境政策。达到这种状态将会使国家实现他们的愿望。土壤学科可以作为实现这个目标的工具。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Richard Fowler

(ARC-GCI, KwaZulu-Natal, South Africa. E-mail: rmfowler@

iafrica.com)

“农民正在使用它，推广人员则试图阻止他们使用，科学家则试图搞清楚这到底是什么！”这是 20 世纪末巴西保护农业革命运动的一个总结。该运动使用了一系列的革新手段来变更现有的作物生产体系，比如：有机农业、减少耕作法、低投入的可持续农业 (LEISA) 和水稻强化栽培体系 (SRI) 等，无论是现代的，还是传统的，农民都在积极地实践这项农业革新。但那些从事这项革新运动的一些顾问却对最新的科技创新和发现知之甚微，因此难免会把狭隘的学科观点带入到这些农业体系中去。而研究人员也几乎不去了解农民真正的需求，不去挖掘本土的知识，不去了解这些体系的变革对生产系统各方面（物理、化学、生物学、环境、动物、人）的影响，因而也不能确保相关的专业知识被用户使用和理解，也不能去影响那些有主见的领导者。

从全球来看，由于城市化发展、土地侵蚀和全球气候变暖导致的农业生产用地将会继续萎缩。因此越来越多地要求进行退化地和荒地的复垦，采用覆盖层，减少耕作，实践保护农业（尽可能减少土壤扰动，尽可能多的土壤覆盖面积和作物轮作数）和提高每茬的作物数量等。对替代产品如石油燃料、传统和健康食品（特别是非转基因食品）的要求也在不断地增加。由于有机肥料使用的减少而使无机化肥的使用量大大增加。人类才意识到过去单纯追求省事的观点需要平衡或改变，应该转而追求更好的营养、精神刺激和心态平和。因而试图在空间探测方面是否能够实现这种追求的可能性。

目前所理解的现代农业的概念是建立在物理化学的角度来理解的土壤之上，而基本不考虑土壤生物学的作用和因素。尽管最近在土壤系统中以生物作用为中心的观点逐渐被承认，未来的土壤学研究者也许要超越后现代的观点来模拟森林生态系统，同时将减少贫穷、环境保护（暴露地上和地下生物多样性）和公平的食物分配作为重要的因素考虑进去。由于代价和有效性的原因，科学家还需要找到如下的办法：①利用自然过程来防治土壤的紧实、土壤盐碱化和土壤酸化等问题；②重新审视李比希的最小养分定律，不仅考虑土壤部分，还要考虑影响产量的因素，比如，资金、劳动力、燃料以及其他外部供给、栽培模式；③在大小耕作尺度上都推行 Sanchez(1994)的第二范例，即：更多地依靠种质在恶劣的土壤条件中的生物过程，提高土壤中的生物学活性，并通过优化养分循环来达到减少使用外部物质的输入、提高养分利用率的目的。

为了应对这种挑战，21 世纪的土壤科学家更应该使他们的研究方法更趋完善。在继续进行土壤物理、化学、生物学研究的同时，也要利用模拟或模型的方法来对这些研究之间进行联系和深化，同时也要同生产循环的其他部分相联系。在和其他领域的科学家进行密切合作的时候，比如同人类学家、社会学家、经济学家、昆虫学家、植物病理学家、种子和作物农艺学家这些科学家交流时，正如 John Hanks 所说的：“我们不仅需要培养纯粹意义上的科学家，也需要培养各方面都懂一点的通才。比如历史上那些见识广博的科学家，他们既能够从农民那里听取建议，又能够同科学家和农民一起找到解决问题的根源，然后在实验室或试验站上去进行试验，然后提供给农民他们自己可以比较的几种建议，并且迅速有效地将这些建议传播到所有的用户中去。这些用户不仅包括受过训练和没有受过训练的说客，也包括有主见的领导，还有那些消费者”。

在 20 世纪 50 年代的中期，有些学者普遍认为土壤的功能就是能够支撑植物的生长。但我们知道土壤并不是一些颗粒随机组合在一起形成的，而是一个复杂的动态的生物系统，在这个系统中，许多生物包括已知和未知的都在一起相互作用着。过去我们尽管看到了土壤扰动对土壤结构的破坏，但是我们事实上并没有对此引起重视，直到最近，我们才真正的认识到土壤结构不仅仅可以作为空气、水和植物根系进入的一个通道，也可以维持正常的中宇宙和微宇宙生物系统功能的关键因素，这个生物系统功能又可以反过来作用于养分和水分的有效性，从而促进根系的发育、增加作物的产量。但令人遗憾的是，我们正在用一些人手段在改变土壤的自然过程，比如用铲土机来代替蚯蚓的松土功能，用杀虫剂来代替自然的食虫动物。最终导致表层土壤被风蚀或冲蚀、害虫蔓延、农业成本急剧上升，而在许多情况下，产量反而下降了。因此，21 世纪土壤科学家根本要做的还是需要经历从听、逻辑分析、研究、交流到将他们对于农民、消费者和决策者们对土壤要求的理解以及土壤对于人类生存的重要性在整个世界范围内宣传。

(章海波 译)

土壤科学的未来：土壤在社会和环境中的作用

Emmanuel Frossard

(ETH Zurich, Institute of Plant Science, Experimental Station Eschikon, P.O.Box 185, 8315 Lindau-Eschikon, Switzerland. E-mail: emmanuel.frossard@ipw.agrl.etbz.ch)

在 20 世纪,人类还在为拥有大量的环境资源而沾沾自喜时,养分和污染物的流通已经大大地增加了,而环境资源的储备(地下水、石油和磷肥)下降,导致了水、大气和土壤的污染和土壤的退化,甚至在有些地方,稀有土壤类型已经消失。同时,城市化程度在不断地加强,生物多样性在减少,自然灾害和人类健康问题在不断地上升。这种变化概括起来就是“全球变化”。当全世界的人口数从 60 亿增加到 90 亿时,全球变化的问题还会加剧,到 2050 年,粮食产量必须在目前的水平上翻一番才能满足全世界的粮食需求。农业产量在发展中国家已经大幅度增加,最为显著的是大量的转基因作物的种植和家畜产量的增加。所有这些变化都会直接和间接地影响土壤的性质和功能。

全球变化对气候、空气质量、水质、水量以及生物多样性方面的影响已经被广泛讨论并受到了研究资助部门的重视,但相对来说对土壤重要性的认识还非常欠缺。在工业化国家,导致这种认识上的不足的原因是多方面的。首先,从全世界来说,食物已经非常丰富,并且可以通过进口食物解决本国的粮食问题,因此土壤作为粮食种植的不可缺少的部分被忽视了。相反,人们更多的认为土壤是建筑物、街道的地基,在有些地方可以卖出很好的价钱。其次,在热带亚热带地区,一些种植粮食作物的小土地所有者认为土壤肥力是非常重要的,但在土壤改良方面缺乏资金的资助。再者,公众对那些同粮食种植有关的土壤的其他功能认识不足。

土壤作为一种自然资源,是不可更新的,因此对他们管理必须从可持续发展的角度来考虑。目前的矛盾是人类对土壤利用的需求能否在不损害我们的子孙后代的利益基础上考虑。

土壤学能够做什么并且该怎么做?

我觉得仍然有必要对其他领域的科学家、教师、决策者和公众在土壤学的领域内解释土壤的各种功能。任何重大的问题都要采取政治的决策,就像美国 20 世纪 30 年代的干旱沙尘暴区。这一方面需要土壤学的研究,另一方面也需要土壤学家与社会进行对话和交流。比如,最近欧洲的土壤保护策略的制定就是在土壤科学家、决策者和公众的共同参与下完成的,这无疑给我们提供了很好的典范。

严格和高质量的研究是土壤学的基础。只有在充分全面地掌握了土壤的性质和功能的基础上才能将社会上基于可持续发展的不同需求转换为科学的问题。许多优秀的研究工作都是在土壤学里面的某一个领域中获得的,但是对于控制土壤发育和功能的过程我们的研究还很欠缺。特别是需要研究全球变化对土壤性

质和功能的可能影响(比如对气候、水和元素流以及土壤的生物多样性等的影响),从而为更好地调整土地利用和管理服务。除此以外,我们还需要研究土壤科学与其他学科交叉,如同地质学、地理学、生物学、农业科学、社会 and 经济学等。最终将这些交叉学科的研究成果进行进一步的整合,并采用数字模拟的形式表现出来,而不仅仅是停留在概念的理解和阐述上。这种研究结果的整合可以产生一个为各学科所接受的观点,并利用它来对政治决策或经济的改变对土壤性质和功能可能产生的效果进行预测。无论是基于更好地掌握土壤性质和功能的考虑还是基于实行更好的土壤管理的要求,我们都需要在不同的尺度范围内做这样的研究,可以从实验室到田间到全球范围。这项研究需要全球的科学家来共同参与,包括发展中国家的科学家,他们是国际土壤学会中非常高效的研究网络。国际土壤学会应该更积极地主动参与一些国际性的行动,比如参与国际科学协会在健康和康乐方面的研究以及参与联合国国际行星地球年活动都是很好的范例。

所有的研究结果必须都要反馈到科学界、土壤的利用者(农民、农艺学家、森林管理员、土木工程师),和社会。我们必须要使决策者采取积极的土壤保护措施;但决策者的决策是基于人民的意愿,所以我们首先必须确保公民不仅可以在大学接受到保护土壤的教育,还要让他们从小学、中学就接受这样的教育,要使他们真正认识到他们走的、建造房子的、扔垃圾的每一寸土地都是与他们的健康密切相关的。在瑞士,尽管联邦法律中规定了土壤保护的内容,但是时刻都有土地成为新的建设用地,但同时,废弃的工业用地总面积达到了 1700 万平方米,相当于一个日内瓦城的土地面积。因此,在继续扩张建设用地之前,应该首先考虑这些废弃地的利用。此外,还有大量农业用地的土壤被侵蚀和板结,还有 1 万 hm^2 的土壤由于污染物的含量太高而不能继续使用。因此,不仅要使土壤成为社会关注的一部分,也要采取科学的措施保证土壤的可持续利用。

(章海波 译)

土壤科学的未来

Gachene C.

(Faculty of Agriculture, University of Nairobi, P.O. Box 29053-00625, Nairobi, Kenya. E-mail: gachene@uonbi.ac.ke)

希望土壤学还有未来,但在我看来未来都是黯淡的。在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初,对土壤学还比

较重视,农村发展过程中还有许多土壤学的实践,比如灌溉项目。那个时候,资金、研究生的入学都不是问题,对从事土壤学研究的研究生发放奖学金也较为普遍。但今天的肯尼亚情况却不同了,在我工作的那个大学,土壤学面临着停办的遭遇,研究生的数量也非常少。在院系调整中,土壤学系是最先考虑被合并的系。尽管土壤学在农业生产中具有至关重要的地位,但在肯尼亚这就是土壤学面临的现实情况。

下面是我罗列的几点对土壤学缺乏热情的理由:

与农业科学的其他领域相比,土壤学缺乏资助,因而影响了研究、人员进入和设备配置;政策上对土壤学的重要性缺乏重视;就业形势严峻;缺乏当地和区域的土壤学会的支持,本来可以通过土壤学会的作用来加强土壤科学家之间的交流,但目前就学会本身来说会员在不断地减少;土壤学课程难以走出过去的框架,因此不能受到学生们的欢迎。

对未来发展的建议

应该想方设法提高对土壤学的支持,尤其对发展中国家的支持。许多农业项目的发展是受到资助推动的,因此也不能忽视土壤学方面的资助。在肯尼亚,洛克菲勒基金过去是资助土壤学的主要资金,但到2004年,它停止了对土壤学项目的资助。是不是可以通过申请一些与土壤学有关的联合项目,那样可能更加容易获得资助?

如果政府对土壤和土壤学的重视程度不够,那么这个领域会继续面临危险。目前有个小团队正从事解决肯尼亚土壤肥力问题的政策制定的顾问工作,我们似乎可以从这里看到一点希望,因为这可能会使政府重视土壤学问题。如果真是这样的话,那么就业就有了希望。这似乎也就不奇怪那些缺乏合作的单位不知道是谁在从事与土壤有关的研究。

关于土壤学会

作为一个东非土壤学会的前秘书长,我体会到最大的问题是如何将当地的一些土壤学家召集在一起进行交流,组织会议缺乏资金支持。因此,国际土壤学会是否可以考虑在寻找资助人方面给予这些学会更多的支持?我希望能够这样,事实上,正是像东非土壤学会这样的团体存在,才给国际土壤学界注入了一些士气,证明土壤学并没有被完全丢掉。我认为,国际土壤学会的工作组应该吸纳更多的发展中国家的科学家作为成员,因为缺少信息的流通也是发展中国家土壤学发展遭受阻碍的一个重要原因,土壤学发展的一些最新进展应该尽可能地让更多的土壤学研究人员知道。

如果将土壤学与其他学科相结合,我确实可以预

见它将来的发展前景。难道我们不可以将土壤学与环境联系起来?因为在肯尼亚这样一个国家,土壤学可以在环境问题上发挥更大的作用,环境问题的解决也需要土壤学更多的支持。我们应该走出传统土壤学的束缚。应该在总体考虑土壤学和土壤学会的功能的基础上,修订土壤学的教材,让它们变得更受学生的欢迎。但是,如果我们还是按照传统土壤学的路子走下去,那么前途并不光明。

(章海波译)

土壤科学的未来

Sabine Grunwald

(Soil and Water Science Department, University of Florida, P.O. Box 110290, Gainesville, FL 32611-0290, USA. E-mail: SG runwald@ifas.ufl.edu)

阐明土壤学的未来需要理解它的历史根源、社会需求和知识缺口。这篇简短的文章尝试在后现代技术驱使的、资源有限的世界里,对土壤学的未来提供一个概览。

土壤随着时间在地理空间里逐步形成了复杂的模式,与环境因素、人为及自然力的作用交互相关。土壤研究注重土壤成因、组成、影响因素以及地理分布。许多专门的土壤学分支发展成了矿物学、微生物学、化学、物理和土壤学等。这些分支形成了对土壤学更具体的理解。将来的挑战包括在学科内和邻近学科,例如水文学和环境科学中统一土壤学知识,在地形测量上理解不同部分之间复杂的相互作用。土壤学家需要有效地参与到交叉学科间的研究中又不丢失自己学科的根基和特点。很重要的一点是,土壤学家不仅要在提供数据和信息中扮演积极角色,还要和资金掌管者、政策制定者、土地利用规划者、政治家和其他学者交流和共享知识。土壤学家必须继续扩展它的定义,使其超出传统的农业,把土壤学变成生态和环境学的伙伴。

开发土壤-地形多重概念模型以使土壤知识正规化。例如,因子土壤信息模型使用和诸如气候、地形学、土地覆盖、地质及其他环境因子相关的功能。历史上植根于地质和解剖学的土壤分类得到了发展。土壤调查重点在于土壤特征形态制图和对来自野外观察的分类。这样可将连续统一的土壤分成波纹的映射单元(多边形)的方法就更多,易从分类数据中导出多种土壤特性。全球大量使用土壤分类方案将土壤分到不同的范围内。但假设我们可以容纳社会的需求,通过在现场应用集合单个土体和分类映射单元,这

可能太简单太粗糙了。为解决当地、国家和全球性的问题,需要大量的高精度、特定现场的土壤特性数据。这些包括了,但不限于集约农业环境质量的评估、环保的管理、可持续土地资源管理、碳限制和全球气候变化。

全球相互联通以及知识和信息共享推动了致力于理解生态系统成分功能关系的整体研究。在这些关系中,土壤科学起到了重要作用,提供了关于土壤模式、过程和地形动力学的知识。生态系统服务功能对人类有用,对生态系统稳定、恢复、可持续和完整性也起到作用。这些服务是多样性的,包括从物质的(如减少氮流失的最好管理实践)到社会经济(作物产量、文化价值)和审美方面。多功能地形提供的生态系统服务受土地利用和人类活动的类型、强度和空间安排及土壤地形影响。土壤科学有潜力为生态系统服务的评估做贡献。

有 4 个主要领域促进了土壤地形特征从定性到定量的逐步转变: 新的制图工具和技术,例如土壤遥感(电磁感应)(传播可见、近距离、中-红外线分光镜)、全球定位、空气传播、卫星遥感、光学侦测和修正(LIDAR)等; 数据管理:地理信息系统和数据库管理系统; 处理多维环境数据的计算力量; 方法:先进的多元统计和地理统计方法,建立土壤地形模型的三维重建技术和描述土壤过程的算法。数字土壤制图和模型技术为覆盖大区域、空间高分辨率的快速经济制图提供了很好的前景。这些方法经常和高等数学、统计结合来处理复杂、多维的环境数据,并和可测量的土壤观察相呼应。McBratney 和 Grunwald 等提出了数字土壤制图和建模全面的概览。

土壤测量法,已经被定义为数学和统计方法在土壤分布及起源研究中的应用,将在土壤学的未来扮演关键角色。它把土壤学和其他学科,如地理信息系统和数学整合,方便了土壤特性在时间和空间分布上的准确映射。2004 年,土壤测量法被国际土壤大会采用。这个使土壤学更量化的方法缩小了知识缺陷,并提高我们在微观、中观、宏观水平上对土壤起因过程的理解,了解生态系统的非线性行为,多尺度时空的生物地球化学循环,评估人类活动和自然作用对土壤质量的影响。

在土壤学应用中考虑不确定性对优化可持续土地资源管理非常重要。尽管土壤特征和环境因子之间总的关系已经确定,但它们随着时间也会变化。因此,没有适用于所有土壤地形的通用方程或模型。通过使用演绎和推导技术,土壤学家有足够的机会来弥补这些差距。

交叉学科教育课程对培养下一代土壤学家很重要。未来的土壤学家需要有来源于传统的土壤学(物理、化学、微生物和土壤)多方面的培训,掌握分析、量化(数量估计)和地球空间建模技术。基于网络的土壤 2D 分布图和数据在信息的广泛传播中继续起着重要作用。科学视觉和创建 3D、4D 土壤地形模型的重建技术有利于促进公众对土壤学知识的了解。最后,我们不要忘记土壤学的未来不仅依赖于数据和事实,而且也需要对学科的纯正的动机和热情。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Alfred Hartemink

(ISRIC-World Soil Information, P.O. Box 353, 6700 AJ, Wageningen, The Netherlands. E-mail: Alfred.hartemink@wur.nl)

考虑未来首先要基于对过去和目前的发展趋势的了解基础上,所以我首先要探讨一下过去和目前的土壤学发展情况,然后展望外来的发展,最后是对国际土壤学会的介绍。

土壤科学会有两种考虑的方式:一是展现这个世界是如何运转的;另一个是展现这个世界应该如何运转—如果不这样就要改变它。这两种途径应该说都是很好的,但目前似乎第二种思考方式更强调人类行为的作用。与此相关的是在过去的半个世纪里,土壤学界进来了许多新人,他们不是想真正地献身科学事业,而仅仅是作为一种赚钱和工作的来源(Philip, 1991)。老的一代退休了,但是并没有多出多少新的位置,因为同 20 世纪的二三十年代相比,土壤学的研究在减少,但发表的论文数量每年都在增加,这可能是由于计算机的运用使得土壤科学无论从数据的收集还是文章的出版来说,都变得更为高效。当然我们也可能是在重复利用我们的想法。

从全球来说,由于人口增加、气候变化和全球化发展会继续使土地利用的变化加剧。正如公司需要将他们的工厂建在能够得到最大经济利润的地方,农业用地也会转移到能够得到最大利润的地方。因此,在许多温带地区,农业用地会下降,而在热带地区,粮食产量会增加。但土壤的信息对这两个地区来说都是非常重要的。我们可以依靠一些过去的的数据或者先进的观察手段来获得这些土壤信息。比如说一些新的传感器和其他象样品的基因排序这样的一些新的观测手段会加速我们对土壤的掌握(Gewin, 2006),当然也可以更快速地同一些基本的土壤功能(如,作为植物种植、过滤和缓冲的介质,碳的扣留等)相联系起来。

尽管它们不是常规的监测方法，但是观测手段的革新却为土壤学研究的进一步发展提供了基础。

英国经济学家凯恩斯说过：“我们的困难并不是没有新的想法，而是不能够从我们大脑深处的一些根深蒂固的想法中脱离出来”。我想确实是这样的，在某种程度上，我们对土壤的理解还是停留在100年前。假设我们从现在开始进行土壤学的研究，而在这之前我们对土壤学一无所知，那么我们会怎么做？我们会像研究植物、动物和整个地球系统那样吗？我们会对这个系统进行分类吗？会测定一系列的性质，并把它们结合起来并从中得到新的启发？现在我们似乎很难再脱离质地三角图、土壤层次差异或碳的组分来考虑问题了。无论如何，如果土壤学是今天才出现的学科，那么它可能同农业的关系就会变得没有那么密切，至少在那些粮食比较富足的国家是如此。或许我们会产生出一套新的不同于CLORPT想法的性质和测定。

我难以想象如果没有田间和实验室的经验我们可以将土壤科学的研究做好。当今计算机技术变得越来越重要，甚至在科学领域，它的重要性可能快要超过数学和化学。但是我们仍然还需要思考，因为这是最难被计算机模拟的，像任何一类科学那样，没有思考就会阻止进步和发展。

从某种程度上来说，土壤学的成功也导致了它的没落。因为，从全球来说，食物已经富足（除了极少一部分地区外），城市人口的增加切断了他们与土壤的联系，对土壤的了解和兴趣也在消失。未来的一代（或许以女性为主）土壤学家在研究土壤学的时候或许不会再对土壤Bt层的胶膜感兴趣，他们可能会利用更先进的诸如同步辐射、感应器对蚯蚓作图，或开发软件到网上去搜索数据和建立新的数据结构。他们可能更关心社会问题。但是新一代可能会遇到这样的尴尬：就是在利用这些新的方法和手段得到的结果如果没有土壤学方面的意义，那么就不可能被其他学科所承认。这是非常危险的。

关于国际土壤学会

国际土壤学会具有3个方面的作用：首先，将全球土壤学界组织在一起，这个传统的作用现在看来似乎更为重要了。因为现在有许多土壤学家也是其他学会的一部分，并被赋予了另外一种身份。其次，加强科学界对土壤学的认同。最后，担负起将土壤学的研究成果向公众和决策者进行传达的重任，加强他们对土壤和土壤学的了解。

当然国际土壤学会还有许多其他的任务。从长远来看，每隔4年1届的世界土壤学大会或许不会有长久的吸引力。因为许多土壤学家似乎更愿意参与一些

有其他学科参与的研讨会，正如他们更愿意将自己的论文投到非土壤学的期刊上发表一样。因此，国际土壤学会可以与其他学会一起组织世界土壤学大会，比如国际地理学会(IGU)，国际第四纪研究联盟(IUQUA)、国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)，也可以与化学方面如国际纯化学与应用化学联盟(IUPAC)和物理方面的如国际纯粹与应用物理联合会(IUPAP)联合。因此我认为下一届土壤学大会更重要的是选择一个科学联盟而非选择召开的地点，这样可能还会增强土壤学的地位。

除此以外，国际土壤学会应该成为一个专业性机构，拥有永久性的秘书处，有一个专业的网站和一套优秀的发展策略同世界上任何一个科学组织进行交流。当然，这可能是个费力费钱的事情，但做得越少可能代价越大。

(章海波译)

土壤科学的未来

Christian Hartmann

(Institut de Recherche pour le Développement, Ecole normale supérieure, 46 rue de l'Ulm 75230 Paris Cedex 05, France. E-mail: christian.bartmann@ird.fr)

由联合国签署的“千年生态系统评估体系”(MEA)于2005年发布(www.millenniumassessment.org)。来自90个国家的1000多名科学家花费4年的时间汇编完成了不同生态系统的数据库。他们评估了人类活动对未来环境的影响和未来环境可能的演变趋势。土壤是大多数生态系统的基本构成部分，它可能将我们许多的研究活动与其对环境和社会的影响相结合，得出未来土壤科学的研究趋势。

文献报道说养活日渐膨胀的人口是农业的成功之处，这种成功应部分地归功于土壤科学家们。农业的成功意味着将自然生态系统变为农耕地。自1945年以来的半个世纪里，转变为农田的土地总数量比18—19世纪200年间转变的总和还要多。不仅如此，对农作物产量(绿色革命)的要求也日趋激烈。粮食的高产量是通过对土壤的高投入(水、肥、能量等)获得的。剧烈的产量变化也带来了许多负面的效应：自然生物地球化学循环过程产生了土壤的退化(酸化、盐渍化和土壤侵蚀等)和土壤缓冲能力的降低。在退化了的土壤中，农业养分(或工业肥料)投入土壤中所经历的循环过程是有限的。因此，过剩的投入产生了过多的副产物，以至对环境的其他部分带来了不利的影响(如水库中物质的沉积、化学物质向地下水的转移

等)。所有的预测状况都表明,未来在热带雨林地区土壤的产能将降低,富营养化所带来的污染将增多(从中等程度富营养化水平变为高度的富营养化)。与此同时,人口(及其对食物需求量)将持续增加(增加的人口有 50% 以上集中在亚洲地区)。

在这种情况下,土壤科学将会沿着 4 个方向进行发展: 增加土壤的生产能力以维持食物的供应量; 恢复已退化的农业生态系统; 避免因农业的发展而带来的负面环境效应发生; 提供经济可行的土壤

可持续发展管理技术。实现增加土壤的生产能力的目标,老一辈的土壤科学家们会有更富弹性的选择,因为他们只考虑经济因素就可以了。今天,我们面临的形势就完全不一样了。我们在考虑增加农产品产量以满足人口增长需要的前提下还要设法突破环境限制的束缚。不仅如此,我们的世界还面临着水和油—现代农业的主要输入物质—的短缺问题。因为通过开发自然资源的方式来解决已不再为人们所接受,所以加快土壤的循环利用成为了增加粮食产量的唯一途径(图 1)。

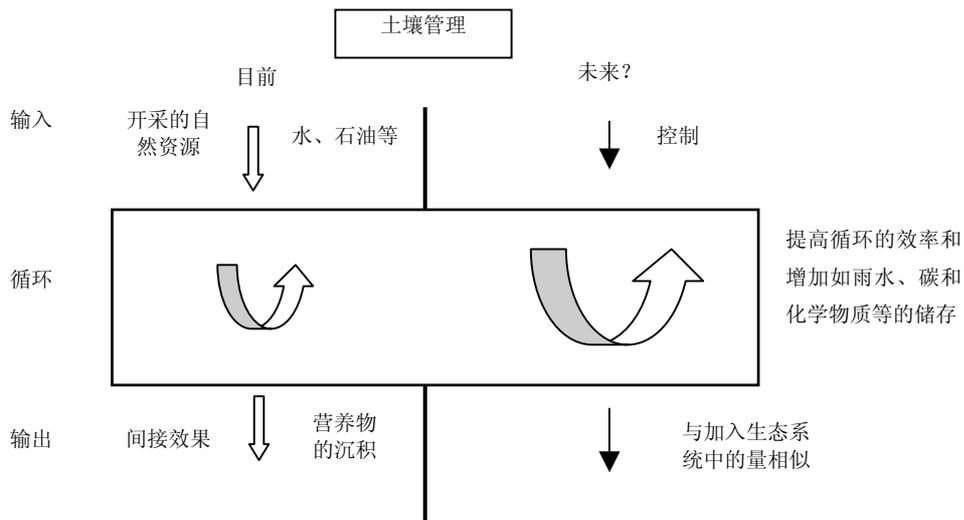


图 1 土壤系统的目前所处位置（左）和未来农业系统的状况（右），因环境保护的原因，社会更需要后者。土壤科学将被要求理解和控制系统的内部循环和储存过程；与农业管理相关的流出通量将可能被经济有效地估计和进行综合性的金融分析。

对比分析土壤成分估计出农作物的产量后发现,在热带雨林条件下,许多自然生态系统呈现较高的物质和能量循环能力并能使农作物获得高产。因此,土壤科学家们应在这种系统的研究中尽可能多的投入精力,研究它们的循环过程,模拟它的耕作条件。研究发现,在自然条件下,空间异质性和生物多样性似乎是诱发高产的主要因素。例如,在西非,土壤表面的外壳呈现出连续性,这种不连续的表面可导致水土流失的发生;但另一方面,在许多多孔渗水的地区局部的积水被排出,使更多的成矿元素和碳累积下来,支持着植物的生长。尽管这些地区表面看来平均雨量不足,但土壤的空间异质性使其局部集中了大部分的资源而创造了很好的耕作条件。除了描述土壤的普通性质和相关特性外,未来土壤科学家们将不得不描述土壤的空间异质性以及土壤系统不同部分间的联系和作用。作为土壤循环过程的重要因子,土壤的生物活性(植物和动物)将可能得到强化研究。

为了更好地理解和描述自然系统的运作过程,土壤科学家将被允许引入土壤管理技术,以模拟农业生

态系统的运作。过去曾有许多人设法增加耕作系统的复杂性,但结果表明与传统的单作相比其效能很少具备足够高的竞争优势。这部分是因为在一个系统中简单的引入一新元素,而不去考虑建立该元素与系统其他部分的联系和相互作用限制了该方法效率的发挥。如果相似的努力建立在合理的自然生态系统更广泛的联系上,他们成功的机会可能就会更大。最后,由于全球气候变暖,在不久的将来,农业生态系统也将面临新的不稳定性(增加将不是线性的)的挑战,如干旱、洪水,极高、极低气温,降雨强度的增加等。重要的是,在可变气候条件的限制下,土壤的适度管理能激发土壤的缓冲潜力。

土壤科学家将不得不关注自然环境下土壤具缓冲能力的条件和缓冲的过程,以便将其引入到管理技术中来。多种原因阻止这种富弹性的管理方式在正在进行的有关农业和森林生态系统管理中受青睐。但是,自从 1997 年签署了一项有关环境中碳循环(约 300 t CO_2)价格的国际协议后,这种状况开始有了大的改观。几年前,土地的价值取决于它的生产潜力,现在

它也将依靠碳的储存和循环潜力而升值。由于生物多样性也被认定为是环境的重要因素，因此在谈判中已经开始估计它的金融价值！以货币价值来衡量环境的组成或质量堪称是一场革命，它能够在全球范围内改变人们对土壤和土地概念的认识。其他的环境因子也能被有效地“价值评估”，如土壤的抗侵蚀能力和抵制沉积物释放的能力等都能用货币价值来衡量。经济和环境学家们希望土壤学家能对目前尚未全面测量评估的对象给出定量化的信息。图 1 示意的农业生态系统不仅用流通量和内在关系来表征，而且也可以附以几种金融评价方式。因为用金融价值来评价农业生态系统的做法将会影响到农民的生产活动，所以为了支持对环境和粮食生产有积极影响的管理，土壤科学家们不得不亲自出马参与评价。

综上所述，未来的土壤科学将可能是一门比现在更为复杂的综合性的学科。它的研究对象将更加宽泛。它将以多学科联合研究的方式将传统学科（物理、化学等）与创新性的学科（土壤生态、土壤经济等）相互联系在一块。我们这些土壤科学家们将不得不以领导者的姿态来迎接 21 世纪来自土壤科学的挑战。未来的成功将不会仅是依靠技术的进步，更重要的是依赖于土壤基本概念的拓展和应用模式的改变。

(郑茂坤 译)

土壤科学的未来：一个加拿大人的观点

Yash P. Kalra

(Canadian Forest Service, Edmonton, Alberta, T6H3S5, Canada.
E-mail: ykalra@nrcan.gc.ca)

现代土壤科学被认为起源于 17 世纪中叶。在接下来 3 个世纪的大部分时间里，土壤科学的主要目标是增加农作物产量。20 世纪后半期土壤科学也受到了非农业的关注，例如和林业以及环境相关的关注。21 世纪初，土壤学原理应用于增加林业纤维产量，修复固体、液体和气体污染物造成的土壤污染仍在进行中。这个世纪，土壤科学家要面临许多挑战，包括 10 年前遗留下来的。9 年前，我为印度土壤科学写了一篇文章 (Kalra, 1997)。以下的内容包括了此文及后来的一些想法：

我们现在面对的主要挑战之一和气候变化的原因及后果有关。土壤代表着世界上最大的碳池，我们需要了解和管理碳池，针对气候变化提供一个稳定的缓冲器和土地利用的计划框架。所有这些必须在人类对粮食持续需求的压力及气候不稳定的环境中完成。有机质是土壤功能的最核心部分，需要更多的努力来了

解土壤的本质、动力学、作用及其管理。

局部和全球最基本的挑战是：如何使社会相信土壤学的知识和土壤管理还没有充分利用，并且这不利于国家和地方经济？

今天的土壤科学家不能仅仅坐在大学里来关心土壤学的未来。科学家们的挑战是保证土壤学是一门独立的学科，同时在地形上是一个自然的知识连贯实体。土壤学曾被看作是植物学的附属，它被分散到诸如工程学、生物学、化学、农学和林学的分支中。土壤学科固有的知识告诉我们应该反对这样的分法。

任何政府可以通过融资或投资来支持应用和基础研究。然而现在所有学科的研究经费都越来越少。

世界人口的显著增长是 21 世纪的问题。因此粮食产量（特别是发展中国家）依然受到关注。需要更多注意我们土壤中微量营养素的供应，因为我们继续通过氮素的大量应用来增加产量，需要更加关注氮素。要加强集约农业和氮素管理的研究。

土壤学家需要增强对林业土壤系统的认识。北美洲林业土壤的研究目的主要是纤维生产，在大多数发展中国家由于人口压力会减少林地，增加耕地。如同(生物)群落一样，需要更多关注林地减少对土壤和水质保护的影响。林学要有一个正式的分支领域来研究森林土壤，使用森林生物数量来研究生物能。

环境关注不仅会持续，还会因为社会对达到或保持更好生活水平的需求而增加。生活水平进一步提高会导致更多消费和废品处理。有毒物质的存放将继续是对土壤学家的挑战。杀虫剂，除草剂，氮，重金属以及城市、农村和工业废弃物带来的土壤和水污染就是例子。生物修复将是最重要的研究方向之一。

21 世纪的土壤学家在应用知识的时候更需要以过程为导向，除了找到解决问题的方法外，提出“如何”和“为什么”等问题也和解决问题一样重要。

质优高产的土地正被开发用于工业和居住，由于其有限性，需要保护起来，人口爆炸和可耕土地资源的减少需要立即受到重视以避免在世界范围内出现大饥荒。

水资源管理将扮演重要的角色。作为环境的强调词，“蓝”（蓝色革命）要和“绿”（绿色革命）结合起来。

我们的目标是把信息传播给研究者、普通大众、土地资源特别是土壤使用者。为解决这些共同问题，土壤学家们必须要有很强的国际合作精神。

长期实验，如在 Alberta 的 Breton 地区进行的试验，在环境和经济上持续影响着我们的社会。这些实验评估作物产量、土壤质量和环境之间的相互作用。

我们必须支持这些工作。

需要更好的机制来提高对学校里老师和学生的土壤学教育。

大多数的土壤学家们现在处在公共的部门，这些公共的部门有衰落趋势，我觉得土壤学在向私利的部门移动。

土壤实验更多时候是一种监测工具，而不是一个诊断程序。这就需要更多有效、成熟的方法参与到测试程序中来。

土壤学的未来是很有希望的。我们有责任为下一代管理、使用、保护土壤资源。我们期待迎接 21 世纪的挑战。

(姚春霞 译)

土壤科学在环境和材料科学上的跨学科研究

Selim Kapur

(Departments of Soil Science and Archaeometry, University of Cukurova, Balcali 01330, Adana, Turkey. E-mail: kapur@cu.edu.tr)

我认为未来土壤科学的亮点将包含土壤中碳的固定及其在气候变化中的应用研究。今天，土壤信息被认为将弥补在全球和区域气候变化研究中现行方法的缺憾，此前那些貌似高明的方法，正徜徉在一个不确定的（或未知的）领域，他们令人费解地努力去预测未来气候变化却很少考虑有关过去的信息。土壤对碳的固定能力和碳在土壤中的恢复能力应该被认为是构成土地可持续管理项目的主要因素。而且，国家和地区范围的碳素分布图的准备为土地可持续管理项目的实施奠定了基础。

当我们展望未来人们该如何管理土壤资源时，回顾过去人们的做法是很重要的，以便汲取那些历史教训，使之不被遗忘。例如，对从长石到高岭石中磷的形态、黏土矿物类型、风化水平，以及在人为的梯田土壤剖面中石英和长石的热释光特征的分析研究，不但能够得出过去气候的变化特点而且还能显示过去人们的耕作技术。对人为梯田和人为土丘上的土壤形成过程进行研究对获得未来气候变化的线索和有关的土壤信息数据也是很有用的。

另一个所关注的领域是风蚀物。土壤学家和沉积学家已经对撒哈拉沙漠风成沙颗粒进行了矿物含量的分析研究，发现它们的矿物组分在来自北非到地中海流域的不同的运输阶段中是有所变化的。然而，土壤科学家正寻求对风蚀物进行进一步的研究，以便对其其中悬浮颗粒的净化特点进行了解，这将有助于解决人们关注的阻止空气的污染和破坏来自两半球中纬度地

区的湿气循环的连续性的问题。

科技考古上的应用前景

土壤微形态学的研究前沿可能是最具经济价值和最有回报的领域之一，它主要研究与土壤和沉积物有关的自然物质的物理形态、结构和微结构，如岩石，尤其是陶瓷和建筑材料，研究的尺度可以是宏观也可以是微观。尽管有亚显微镜的帮助，许多土壤微形态学家在土壤的颜色和性状，以及在材料形成过程中自然和人为导致的过程的视觉评价上具备的概念和才能，为鉴别不确定性和具可疑特征的物品提供了手段。这些特征包括在高温或特殊温度下新矿物的形成，特别是古代和当代发展起来的制陶术，陶瓷制品及其相似的功能材料。

例如，对几个古代的陶瓷碎片中压力膜的测定，发现与土壤中通过膨胀收缩现象形成的压力膜极其相似。已经确定压力膜是那些以丰富黏粒为原材料的陶瓷，在生产中升温-降温过程中形成的，特别是在古代 10 和 11 世纪塞尔柱王朝时期生产的制品。淀积型黏土压力膜在希泰族和新石器时代的陶制品中检测到，它可能显示从全新世早期到晚期气候的微小波动。

微形态学的应用

微形态学家已经主要集中在对土壤是如何构成的和它在微观上的结构和构造的研究上。假设有有机质和其他的组成在聚集物的形成以及农作物的可持续性和结构的稳定性上有应用，那么土壤微结构的作用与作物对土壤影响的相关性就需要阐明，尤其令人关注的是低分子量的有机碳，它通过豆科植物的轮作被固定下来，影响着土壤的微结构。

(郑茂坤 译)

土壤管理的可持续性研究

Dominique King

(Institut National de la Recherche Agronomique, Science du Sol-InfoSol, Centre de Recherche d'Orléans, BP20619, 45166 Olivet, France. E-mail: king@orleans.inra.fr)

从 1970 年开始，多个世界顶级机构已经突出强调了地球资源的限制性和人类活动对这些资源演变的影响。逐步地，国际团体对生物圈（森林的砍伐、生物多样性的下降）、大气圈（空气污染、气候变化）和水圈（水的数量和质量的变化的重要性）的认识开始增加。在环境的主要界面部分，土壤圈在各圈层的相互联系中起着核心作用，不幸的是，它被忽视了。

现在在世界范围内已经形成了一个共识。那就是土壤已经受到人类活动的影响。最近，欧盟与相关各

利益方联合发起了公共协商活动来确定环境保护的政治性战略。本文即列出了土壤的功能即生物量的生产、地球化学的循环、碳的储存和水源的调节等，分析了土壤与其他陆地组分间的相互关系并充分考虑到人类的需求。为了提高人们对土壤的认识程度以便能尽快采取保护行动，本文也对土壤面临的不同威胁（如土壤侵蚀、土地压实、土壤有机碳的流失、土壤的污染、盐碱化和优质土地的封存等）进行了分析。

土壤及其管理

通过本文的分析，可弄清楚以下3个问题：现存的土壤图和数据库能足以描述土壤及其功能的多样性吗？我们能够给出土壤在全球尺度上的进化过程的周期性和定量化的信息吗？我们能够根据土壤的空间变异，通过优化人类活动的行为方式而达到人类发展的可持续性的目标吗？

(1) 土壤的多样性及其多样性的功能

20世纪的时候，为评估土壤的空间变异而启动了在全国和全球尺度上进行的调查项目。全球性的调查存在较大差异并缺乏标准统一的数据。并且这些数据经常表现出过于陈旧、缺乏更新，更加糟糕的情况是到目前为止这些调查项目都已经停了下来。有关土壤图的研究项目涉及到了土壤的过去和现状。但我们必须找出土壤变异的原因，利用已有知识对当前土壤的功能现状进行预测。土壤的空间变异性已不是什么新的概念，在第一阶段土壤的发生学研究中就已经涉及到了。但它需要大量的新技术进行修订，尤其是利用3D土壤发生模型结合概率论和机械论的方法进行。对当前土壤功能的预测是通过布置土壤类型清单研究的课题来进行的。具体的工作是根据预先设定的尺度进行系统分析。这些测定可能限定条件太严格以至于不能回答未来要发生的问题。为了满足解决未来问题的需求，我们提出了一个多地点、多尺度的方法。这种方法用新的测量工具来适应所考虑的面积和要求的精度。土壤工作者的目标是为农民和决策者们提供数字地图，使他们及时了解土壤功能的变化。

(2) 环境变化影响下的土壤演化

土壤是一种有生命活动的媒介物质。它有与环境其他部分保持平衡和在各种时间尺度上保持永久更新的作用。气候变化和人类活动变化的可能影响增加了从短期到长期尺度上的土壤资源变化的不确定性。本研究的主题是关心在新的环境（短期条件下）土壤组成和性质的变化，为评估较长时间内土壤的变化而建立土壤进化模型，以达到模拟土壤发生的过程。我们必须通过物理和化学组分的相互作用来研究土壤的生物组成。在这种情况下，研究土壤抵消、缓冲变化的

方式以及在变化超出其缓冲能力的条件下土壤各组分间的可能的反馈方式是相当关键的。

如果说我们缺乏对全球尺度上土壤资源的认识，那么对其演化知识的掌握就显得少之又少了。更为关键的是在全国尺度上的土壤监控信息系统都非常少的条件下，全球规模监控的个数也就屈指可数了。它们的监控往往是多地点的，而对同一地点的监控程序并未实现跟踪多目标的监控目的。由于土壤形式的多样性，所以获得的空间结果的可靠性也就不是太高。量化土壤的演化过程，需要一个空间方法，该方法能获得以上提到的多尺度的土壤图。另外，土壤是过去形成的，对其空间变异进行分析能够更好地理解土壤的演化过程。这些就要求我们发展一种新的动态的土壤制图方法来满足土壤的这一新的需求。无论如何，全球土壤监控系统的投入应用将会允许暴露多样性的形式，就像其他环境资源（大气和海洋环境）所做的那样。这样做的目的是更好地理解以上讨论的过程以提供全球土壤演化的定量化的前景。

(3) 土壤资源的空间变异和可持续管理

过去，土壤主要被看作是农业生产的支撑体。为达到这一目标所采取的措施是提高对土壤的管理（如灌溉和翻耕等）和增加作物必需元素的供应（如营养物和水等）。这些措施成功地达到了他们的目标但有时却对土壤的其他环境功能产生了有害的影响，加速了土壤的退化。未来在这一方面需要研究的主题包括：

在全球范围内对土壤的功能（包括生物量的生产等）进行评估；从空间的角度考虑土地管理的问题来回答社会和环境两方面的议题。这个空间的尺度可以从农田的精准农业变化到区域规模的农业环境。因此，我们需要空间和时间的数据库，这些数据来自上面提到的调查和监控措施。这就需要从监控土壤的瞬时状态（尤其是水的条件）到随时间的延长而逐渐优化的监控措施。这种方法要求我们尽快地将功能强大的土壤监测网和量化土壤与环境其他部分关系的模型结合起来。进一步的研究将会使用到信息和交换技术如遥感、地球物理学、GPS和网络工程等。

土壤是一种空间和时间的连续体。所以，各种研究尺度上的综合方法有必要考虑土壤资源管理的可持续性。这就要求我们在发展测量网络时更好地考虑土壤的多样性和根据土壤本身的限定和保障土壤多种功能的要求来优化人类的活动。与此相对应，这些监测网的架设将提供一种新的方式来探测土壤大尺度的状况和更好地理解与环境其他部分紧密相关的土壤的空间功能。最后一点需要强调的是，这些监测网可以为大范围的用户所共享并有可能为农村地区的社会发展

作出贡献。

鸣谢

在写这篇文章时得到了我的两位同事 Dominique Arrouays 和 Guy Richard 的鼓励和支持,在此一并表示感谢。

(郑茂坤 译)

土壤科学的未来展望

Guy Kirk

(Cranfield University, Cranfield MK43 OAL, UK. E-mail: g. kirk@Cranfield.ac.uk)

土壤科学研究中最棘手的问题之一,是该门学科研究对象所涉及尺度的广泛性—时间和空间。空间尺度涵盖从分子水平到区域规模,时间尺度从瞬间持续到土壤形成的上百万年。信息技术在时空尺度中的持续应用将对土壤科学的未来产生巨大的影响。在时空尺度上,一端技术是各种分子生物科学技术—基因、蛋白质和新陈代谢,另一端是地理空间科学—遥感、地理信息系统和地球系统科学。土壤科学与这些学科相互重叠并联系在一起。对土壤科学而言,对这些信息的需求将日益增长,利用的机会也越来越多。土壤科学的未来发展必定是汇合各种研究手段而提供一种量化的框架。

就如过去农业的成功做法一样,研究土壤科学的传统做法是利用统计程序建立变量间的经验关系。例如,施用化肥的推荐量是参照结合作物、土壤和气候的田间试验结果得出的。但是,对于环境问题的解决出现了新的生物和其他技术,统计程序的方法在实践上和科学上都表现出其局限性。实践方面的主要局限性在于,基于统计相关的模型和预测均只能通过插值给出数据变化趋势的方法解决。因此,每一个新问题的解决都需要设计一组试验,得到数据进而建立新的经验关系。考虑到环境问题和技术的巨大差异以及条件变化的速度之迅速,仅通过试验建立经验关系来解决环境问题的办法已不太现实。科学的局限在于统计关系而不是因果关系,尽管解决问题时可能需要考虑什么样的因果关系。它们很少暴露自然系统中所表现的普适的非线性关系和反馈过程。

因此,发展基于对潜在过程机理进行理解并尽可能独立于统计相关的不同尺度上问题的土壤预测模型将是非常重要的。过去的决策支持模型往往过度简化或过多地强调可推测性而不能与试验具有很好的相关性。现在,以过程为中心的决策支持系统模型已经建立起来。该系统模型的特色之处是将特殊系统中的

运行过程也看得非常重要。但是在某种程度上,这种模型的输入参数来源于输出参数,其模拟结果的准确度要好于复杂的曲线模拟。建立模型的步骤是,首先尽可能地弄清待表征对象各部分的工作原理,然后结合试验确定输入参数建立模型,此时要确保输入参数独立于输出参数。在模型的测试过程中,应该能够用到一些新的数学知识和计算机工具,当然还会用到部分新的试验技术。

在模型的改进过程中,解决缩放比例的问题将是重点。对特殊过程的恰当的取证能被用作大尺度的亚模型的建立,亚模型建立的好坏与数据的测量精度相关。但是这种尺度放大缩小的过程将会带来误差的传递和输入参数间的变化并使模型变为非线性。举个例子说,在模拟过程的空间尺度与决策者们做决策时所需的尺度间可能存在差异:模拟尺度的信息来源于由试验产生的输入,而政策制订者需要的尺度是农地、农场、地区、区域甚或国家尺度的。这种差异也带来了一些特殊的问题—模型依靠非线性函数求出关键参数的值,这就对单个土体形成了干扰。这个问题的解决应借助地统计方法和空间分析技术加以解决。

与此同时,将有一个对高精度全国尺度和全球尺度的土壤信息不断增长的需求,这些信息的获取途径包括驱动模型和全国规模的土壤监控网。计算机运算速度的提高和地统计技术的应用为土壤信息的快速获取提供了巨大的潜力,例如就数字土壤图而言,良好的精度来自于用地形、地质及其他精度不高的数据的插值结果。所有这些都必须是建立在对土壤性质很好地理解的基础之上,在解读土壤生物物理过程信息之前要首先搞清土壤的物理、化学和生物驱动力。

今后对土壤研究的资助力度肯定是越来越大。因为土壤质量的议题已同环境一样,摆在了国家和国际政治议题的桌面上。出于对自身利益的关切而对土壤采取适度的保护已被提到与蓝天、绿水相同高度。更重要的是,地球系统科学已成为主流话题,土壤的基本功能也越来越为人们所熟知。

总之,土壤科学的明天是美好的。

(郑茂坤 译)

土壤科学的未来:美国大学的土壤科学研究

Mary Beth Kirkham

(Department of Agronomy, Kansas State University, Manhattan, KS 66506-5501 USA. E-mail: mbk@ksu.edu)

美国大学里土壤科学的未来要依靠资助。当我还

是个孩子时,我就观察土壤科学研究,因为我父亲 Don Kirkham,从1946年直到1988年去世一直是爱荷华州立大学的一名土壤物理学教授。二战后直到1980年左右,格兰特大学对土壤科学的资助都来自于联邦政府的正规资金,这些资金对研究生是足够的。过去外国学生通过他们政府的资助来到美国学习。他们往往来自盛产石油的国家,像伊朗和沙特阿拉伯等。其他资助研究生的资源如富布莱特基金项目,用于资助外国学生;防卫教育法案奖学金用于资助国内学生。

这3个资助来源(正式资助、外国政府支持、奖学金)实质上已经枯竭了。仅有的数量很少的正式资助,对支持一个研究生来说是不够的。外国不再派遣他们的学生到美国来,因为美国正面临预算危机。那些确实有资助的外国学生,如来自伊朗的,却不能拿到签证。富布莱特基金不再支付研究费用,因此教授自己得有资金来资助富布莱特基金项目的学生。

结果,大多数研究生须通过教授获得的外部资金来支持。研究生对一个系的生存是非常有必要的,在堪萨斯州立大学,一个系至少要有20个硕士和5个博士研究生来维持研究生课程(K.W. Williams, Kansas State University, 2006)。如果不能维持这个最少的数量,这个系就会消失。那就是为什么领导们评估教授时,把主要重点放在他获得的外部资助上。今天所有职位描述都要求“必须能为外部支持的课程取得资助”。25年前这不是对聘用的一个要求。

在20世纪80年代到90年代,当我从NSF和DOE获得赞助时,资助是建立于平等地位的。现在资助即使不是大多数也有很多是来自于特殊的拨款。根据Feller(2004),通过引用语“议会和大学越来越多地撮合在一起破坏了公平和学术研发的质量”,科学缺乏政府的资助,纳税人的钱现在正用于国防和安全。据预测美国从事研究的人员会减少(Showstack, 2004)。研究能获得的钱被用到了新科学(如分子生物、纳米技术)上,这些科学被认为比传统科学如土壤科学更有价值。土壤科学的传统领域也许会消失。内布拉斯加州大学过去有很强的土壤物理课程,但现在已经没有土壤科学家了。

那对土壤科学的支持来自哪里?工业会对认为需要的那些项目继续资助。政府规定迫使工业修复污染区域,对此就需要土壤科学家。生存下来的土壤科学家将是那些政治专家,那些得到钱款资助的。这意味着那些不擅长于此,或不希望参加政治活动的人们会被科学剔除。创造性被压抑,因为土壤科学家需要将他们的时间花在政客身上而不单是做研究。

要做会被应用的研究,并且关注立即的结果,因

为作为主要资助来源的工业要求这样。纯理论性的研究不会进行,除非一个土壤科学家用他个人的资金来做。大量的研究将聚集于计算机。仪器开发要比使用它的科学发展快。那些用得起最新仪器的科学家会用很高的分辨率来测量成分,就可以更敏锐地分析土壤。

当计算机被用于建模时,它们也是浪费时间的原因。过去土壤科学家读文献和做研究的时间没有了,因为他们要努力赶上新技术。每个人一天花费数小时回复邮件,给计算机防毒杀毒,安装学习新软件以使自己不过时,努力将手稿放于发行商费事的网站上。由于技术的原因,我们完成的工作比前一年少。为使计算机运行,我的系里有5个人专门为此工作。这些工作10年前是不存在的。在过去的4年中,我系少了3个土壤科学家,他们被别的职位取代了。

现在重点应放到团队项目上,科学家个人取得联邦政府资助正在成为过去。一些大的项目确实需要合作。然而,单个科学家仍是提出新观点的人。正是单个科学家从专业社会获得了认可。例如,国家学术科学成员奖学金只给一个人。团队永远不能是NAS的成员。

多样性是一个没有在土壤科学系中提及的问题。在政府拨款的大学土壤科学系中,用一只手的指头就能数得过来女性全职教授的数量。因为联邦政府要求平等的机会,所以它仍然是女性从事土壤科学工作主要的地方。黑人科学家也是土壤科学里缺乏的。亚洲的科学家们现在正在加入到土壤科学中来,这一趋势将会持续下去。多样性是通过他们表现出来。总之,我认为土壤科学在美国大学的未来如下:①资金减少;②通过特殊的拨款获得资金,也就是说土壤科学家需要老练的政治技巧,那些缺乏政治技巧的不得不去找其他的工作;③传统土壤科学课程在消失;④雇佣和保留妇女及黑人仍然是一个挑战。

(姚春霞 译)

氢能源经济和100亿人口时代的土壤科学

Rattan Lal

(Carbon Management and Sequestration Center, The Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA. E-mail: Lal.1@osu.edu)

土壤是人类文明的基础,优良的土地孕育并推动了科学文化的繁荣。但是,科学家们并没有能力改善土地和自然资源流失。土地无法承载人口的过度增长,这成了政治动荡、种族冲突及恐怖战争的诱因。Henry对此总结说:“世界上没有比解决吃饭更重要的问题了”,他认为,爱情、事业、家庭、宗教、艺术和爱国

主义一旦碰到了饥饿问题就会显得形同虚无。世界未来和平的威胁不是人与人之间的斗争，而是人和土地之间的战争。

20 世纪的绿色革命

农业革命的成功是人类 20 世纪的巨大进步。在美国，从 1990 年到 2000 年，谷物产量由 1500 kg/hm^2 增加到 8400 kg/hm^2 ，小麦产量由 900 kg/hm^2 增加到 2900 kg/hm^2 ，大豆产量由 1080 kg/hm^2 增加到 2422 kg/hm^2 ，大米产量由 1680 kg/hm^2 增加到 6625 kg/hm^2 ，花生产量由 790 kg/hm^2 增加到 3000 kg/hm^2 。在中国和东南亚国家也同样取得了巨大进步，从而成功解决了亿万人口的饥饿问题。然而，土壤科学家提出了土壤资源前景令人担忧的观点—20 世纪，那些坚持新马尔萨斯观点者再一次被证明是错误的。因为在绿色革命中，养殖业的过度放牧，以及农业种植过度的施肥、灌溉导致了土壤质量的下降和迅速退化。

21 世纪的新兴观点

20 世纪的粮食巨大丰收是以破坏环境质量为代价的，农业扩充导致土壤退化和环境的污染，过度的灌溉导致土地的盐碱化，森林的砍伐、过度农耕和工业产生的化学燃料使大气的 CO_2 含量升高。因此，如何科学地利用和管理土壤，实现可持续发展，成为了土壤科学家主要的追求目标。包括如何阻止温室效应及全球变暖、地表水及地下水的污染、城市垃圾及工业废料。在土壤和人类的健康方面，土地好像种子仓库一般，它不仅发挥着传统的功能还要发挥工程、工业材料资源和建筑的功能。因此，有必要研究土壤圈和生物圈之间的关系和相互作用，以提高农艺学和单位面积的生物数量，提高生物多样性，提高空气质量并减轻温室效应的影响；通过岩石圈对废弃物和地质地层及水圈对 CO_2 的吸收以净化空气和提高水资源的质量。因此，未来的研究热点为以下 4 个方面：充分发挥农艺措施和单位面积水、化学物质和能源的最大生产力；最大程度地减少环境污染，尤其是水污染和土壤污染；通过土壤和陆地碳的吸收和保留使大气净化；利用土壤作为处理污染的介质，将碳循环（例如生物合成、呼吸作用、矿化和腐殖化作用）、水循环（存储、土壤蒸腾损失量、渗透和流失）和氮循环（生物和工业固定、滤取和挥发）研究优先结合起来。

构建跨学科的桥梁

为拓宽对植物赖以生存的土壤的研究范围，土壤学家必须涉足其他学科以更有效地从事环境问题的研究。土壤学家们需要和同事们一起致力于基础学科（如水文学、气象学、地理学、生态学、生物学、化学、

物理学）的研究，从而弄清维系土壤生态系统的机制。土壤学家们还应该研究应用科学（如经济学、政治科学和社会科学），通过这一切来促进人们了解 21 世纪人类的新兴需求。

教育

为了培养从事新兴全球问题的土壤科学家，土壤学应该成为学生在本科和研究生阶段的必修课程。在公办教育的传统课程中，基础科学教育（如物理学、化学、数学、生物学、水文学和气候学）经常比较弱。在这些学科内容中，有关农业和自然资源的知识显著得不足，学生们不能理解气候变化、水文学和生态系统的变化、化学物质的转换、水质量、自然元素的循环和其他生态系统管理的运行和恢复。有必要加强训练土壤学家对其他行业的深入了解，比如政策制定者。基金组织、风险投资及应对盛大公众场合的能力。这些有利于他们对土壤科学整体研究的把握，不仅包括农业产量和食品安全，也包括相关的环境学、工程学、生物学、经济学、考古学、天文学、社会学和政治观点。土壤学家们必须加强在学科交叉方面的整体认识和与其他科研工作者协作的能力。

土壤科学问题

尤其在发展中国家，土壤科学家的一个主要转变是承担改革创新需求的驱策项目。科学家贡献的重要性依赖于创新和科学家解决问题的能力。一些更大更艰难的挑战通常可以提高科学研究的质量。这些挑战是满足世界上 100 亿人口的需要和当前已带来巨大压力的自然资源匮乏。现将全球众多有重要意义挑战中的 5 条列举如下：

(1) 全球粮食安全。2000 年全球平均谷物产量是 2.64 Mg/hm^2 ，2005 年必须至少增长到 3.60 Mg/hm^2 ，而到 2010 年则要达到 4.30 Mg/hm^2 。在新兴经济下可能转变饮食习惯的国家，如中国和印度，谷类平均产量则在 2025 年须增加到 4.40 Mg/hm^2 。

(2) 生物燃料。随着食品安全的增加，土壤科学家必须为生物燃料和 H_2 细胞提供食物库存。这些燃料和 H_2 细胞是通用能源系统存储和运载的。土壤科学家需要致力于使用机械方式来提高太阳能 H_2 转化速率的研究。这些转变效率将更有利于在生产方面增加生物数量。

(3) 废物处理。土壤学家们应该在提高废物处理技术上发挥积极的作用。废物能源可转化为有用的土壤改善添加物；堆肥和垃圾掩埋可以用来产生沼气；土壤动物可以用来降解污染物质，如土壤中的白蚁群体能降解纤维和有纤维质的物品。

(4) 水净化。对于所有的牲畜，可耕地和干旱、

半干旱地区的大多数国家，洁净水的匮乏都将是一个主要的挑战。对于具有分水岭的土地最明智的做法就是增加必需的水源。改良水净化处理的技术也同样可以减少沿海生态系统氧不足的问题。

(5) 土壤和气候。历史上，土地已经是增加大气中的 CO_2 和其他温室效应气体的主要来源。随着土地和生物区增加，燃烧成了工业革命开始以来 CO_2 的一个主要来源。因此管理系统必须使地球土壤成为一个巨大的 CO_2 接收器，而且，映射由气候变化导致的土壤性质的改变被认为是支撑持续发展系统的可行方法。

土壤与人类文明的未来

2006年世界人口的数量是65亿，2010年是70亿，2025年80亿，到2050年达100亿，以后会更多。养活这么多人口有赖于土壤质量的恢复与提高。面临食品安全风险的人口数量，2006年达8.5亿，且正与日俱增；同时，不容乐观的是，还有几十亿人口正经受着潜在饥饿的煎熬。到2010年，在非洲亚撒哈拉和其他一些广泛从事农业生产的地区，尽管改进了土壤管理体系，并采取增加农业生产强度来节约土地的措施，依然有2300万Mg的粮食缺口。

世界能源需求正以每年400 Quads (1 Quad = 1015 BTU) 的速度增加。在未来的几十年里，对除石油外燃料的遴选，将付诸实施。生物燃料和从生物体中产生的 H_2 是21世纪及其以后时期重要的能源物资。另外，陆地生态系统所固定的碳也是一种可以与石油相媲美的能源。在退化和闲散土地上开发生物能源及人造林的技术，是一个双赢的策略。

对于食品需求、环境改善、水质及其适用性的提高和能源安全的实现这些问题，其解决的关键就在于土壤。土壤科学家们有幸面临着如此的机遇和挑战。

(姚春霞 译)

澄清错误的认识和被磨灭的贡献

Henry Lin

(Dept. of Crop and Soil Science, 116 A.S.I. Building, The Pennsylvania State Univ., University Park, PA 16802, USA. E-mail: bul3@psu.edu)

在土壤科学通往前进的进程中，有一段主要的路程却是对土壤消极的认识。这种认识存在于大众和一般的科学团体中，常常和“烂泥”，“泥”以及“农田”联系起来，从而导致了土壤很少受到尊重、赏识，也没有优先发展权。然而实际上，土壤是各种不同的生态系统的基础，是地球生命兴旺的基础（同时还需有水分的存在），关系到全球的安全问题。就像 Daniel

Hillel (1991) 所指出：“我们自己的文明现在正被考验，就像土壤之于水分的管理”。地球脆弱的外壳调节着陆地表面物质和能量的平衡，尤其是当工业革命进行的时候。这种功能在很长时间内被认为是理所当然的。与土壤有关的问题也大量存在于城市环境中，包括垃圾处理、污染保护、暴风雨的治理、绿化空间、工业建筑及其他土地利用等。

在科学群体中，土壤被认为是“简单的”，“容易的”以及“无形的”。泛泛学习不同种类以及动态的地表导致了方法过度简单化，及对于深层次研究的忽略。2004年，科学杂志发表的一篇论文“土壤—最终的边界”(Vol. 304, Issue 5667) 认为自从 Leonardo Da Vinci 之后的500年，我们脚下的土地还像遥远的星球那样陌生。人们开始思考它为什么这样？是不是宇宙开采比我们自己星球的开采和保护更为紧迫呢？为什么在土壤上有如此多的已知现象却仍然还神秘（例如土壤微生物的多样性和地表优先径流模式等）？

我认为以下的3步会帮助土壤科学向前发展—假如我们有力地执行，可以加快我们对社会和一般科学的贡献。

(1) 澄清错误认识

关于这一点我们有很多能做并且需要去做的事情。例如，更新并清楚地呈现、揭示地下复杂的世界。预计在2008年举行的 Smithsonian 土壤展是一个难逢的良机。届时，有关发现土壤挑战和回报的交互式的电影、大众媒体的展现、现场的演示教育将给世界亿万人们留下深刻印象。另一个吸引人的方法是地球临界地带概念的利用，它可以帮助提高对土壤的意识和重视，以及展示土壤的工作历程。地球临界地带被认为是从地球上树的顶端到蓄水层底部的那一部分 (NRC, 2001)，包括作为中心和基础的土壤圈。固体土壤和液体表层之间的相互作用决定了每一种维持生命和资源的可能性，并提供所有人类活动的基础。因此，临界地带的概念是一个理解的框架，保持了持续的资本需求并加强了土壤学对未来水、岩石、空气和生物资源的整体研究。为了促进土壤科学的发展，我仍然认为有必要辨别土壤学和土壤科学的一般术语，压碎的土壤样本对于自然土壤来说就像一堆砖块对于一栋漂亮的建筑一样。传统的研究方法比如用玻璃珠、海岸沙子、地面筛选的土壤物质或隔离的土壤柱，都应该被原位土壤所替代。原位土壤在结构、土层、成份、种类和动态上都有与众不同的特征。

(2) 与其他学科联合研究的方式

联合、交叉和促进是许多学科进步的3条基本规律 (NSF-CUAHSI, 2005)。因此，一个包含多学科完整

的研究使我们有能力预测全球变化和社会上的一些主要问题,例如,人类安全与健康、经济发展及其可承受能力。一体化的土壤学、水文学和生物地球化学研究将取代传统单一的基本学科,来测量、模拟和预测土壤学,水文学和生物地球化学的进程。事实上,土壤和水分结合得是如此紧密和复杂,不应该被分开来单独研究。生物地球化学的循环和水文循环及土壤主要水分库是密不可分的。因此,要对这项一体化研究中的水、能量和化学元素基本指标进行标示研究。因为水被认为是进行复杂环境系统问题研究和学习的主题 (NSFAC-ERE, 2005),而临界地带提供了一个一体化自然资源和引人入胜的环境研究框架 (NRC, 2001),所以土壤科学和水文学、生物地球化学和其他相关生物学的联合必将有很大收获。

(3) 加大土壤科学的作用

本着重点开发区域结合的原则,土壤因子起着 8 个角色的作用:从基础地理科学到水文学、生态学、农学、工程学、环境科学、再到地球之外的开发 (Lin, 2005)。土壤科学一体化的观点将非常有助于进一步加强对科学领域的理解。与此同时,我们需要精湛锐化我们的工具,如地图、监控器、土壤学模型一体化程序,也要加强土壤科学对社会的积极作用。土壤微生物学家 Selman Waksman 就是一个很好的典范,他因发现抗生素链霉素而于 1952 年获取了生理学和医学诺贝尔奖,这是首次发现的对医治肺结核病有效的药物。现在我们知道存在于土壤之中数目繁多、品种多样的微型个体是土壤中的主体微生物,并且发现这些微生物对环境问题的解决和疾病的医治有潜在作用(如波特淋菌中毒和炭疽热)。另一例是 V.V. Dokuchaev 和 H.Jenny 的土壤形成理论,这对地理学、地貌学、生态学、第四纪地质学和古土壤学都有重要的作用。第 3 个例子是土地利用的选择和“精致生长”计划,因为新的土地利用计划和土壤开发需要认真考虑地形的利用方式,它能为我们选择最好的切入点,提供哪里风险最低以及最佳利用时机。

最后,我期待我们桌上的佳肴、杯中的清水、房间清新的空气与上苍赐予我们称之为土壤的东西有一个明确的关系。通过一个人设置的示例来促进地球重要区域一体化的研究,从而推进土壤科学的发展和最大程度表明土壤对社会和科学的贡献。

(姚春霞 译)

土壤学的展望和未来的定位

Franz Makeschin

(Dresden University of Technology, Piennner Str. 19, D-01737 Tharandt, Germany. E-mail: makeschin.franz@forst.tu-dresden.de)

土壤学在研究和环境教育方面具有独特的中介功能。它关注的是生态科学的多个方面,包括水、大气和生物资源。土壤学一直在为生命资源的可持续服务,比如粮食、居住、娱乐场地、工业活动和交通等。土壤是生态环境中一个非常关键的组成部分,因此也是在土地利用的成本效益的社会经济分析中必须首先考虑的因素。

在过去的一个世纪里,土壤学逐渐开发了它自己的许多领域。首先是以学科定位的发展,比如发展了经典的部分如土壤物理、土壤化学、土壤生物、土壤地理学或土壤分类学;然后考虑到土壤功能在粮食种植和环境保护方面的作用,开始向过程定位发展。这些发展情况都可以从一些评审过的科学论文、教科书和应用方面反映出来。尽管有这些不容置疑的研究成果,但是随着日益增加的对自然资源的可持续管理、缓解环境问题和危害以及与全世界的土壤退化问题作斗争的需要,土壤科学仍然面临着严峻的挑战。

为了满足目前的这种需要,土壤科学必须进一步致力于全面掌握和解决问题。因此,最根本的是要在基础知识和应用研究方面得到进一步的发展,特别是在将对知识的理解运用在实际的管理、环境评估、行政和教育中去。应该在加强更有吸引力的学生教育和培训上下功夫,不仅要面向当地的学生,还要通过远程教育使有需要但又没有条件接受这些教育的人有机会接触这些知识。

土壤保护方面比较突出的课题是如何保持土地利用的可持续发展、确定土壤退化的综合指标以及提出既要生态高效也要经济可行的方法措施。在热带和亚热带地区,要建立土壤的肥力和退化的评估建立创新和有意义的分类系统,建立更高级的区域化的分类系统,建立结合陆地判别经验和现代遥感技术相结合的土壤信息系统。

土地利用的可持续发展,不仅要生态和管理相关的观点作为重要的规划工具,也要为社会经济服务,为社会不同功能团体的需要服务。总之,所有的观念应该围绕研究和环境教育。

各国的土壤学会应该在国际土壤学会的框架下,特别是优先考虑交叉学科和学科内的研究领域的框架体系下确定本国需要优先研究的项目,重点是以下这些:土壤、土地消费、土地复垦和循环利用;土

壤和气候； 土壤和土地利用； 土壤研究中的创新和综合的方法； 国家和国际层次上的土壤研究； 土壤学方面的教育、高级培训和土壤学会。

(章海波 译)

沉思土壤科学的未来

Alex McBratney

(Faculty of Agriculture, Food & Natural Resources, McMillan Building A05, The University of Sydney, NSW 2006, Australia. E-mail: Alex.Mcbratney@usyd.edu.au)

我的直觉告诉我不要去预测什么未来！为什么呢？因为我看过诺贝尔奖得主，科学哲学家，Clear Prose 的作者 Peter Medawar 在一篇文章里曾经说过：“预测任何一门科学的未来都是注定要失败的”。我还记得他用了一个哲学观点来支持他的理论。在他看来，科学应该是对自然界的全新的发现，而非从现有知识里面的推断。这些新的知识需要通过对新的假设和观点进行演算和检验，如果说我现在就能告诉你们这些新的知识是什么的话，那么从逻辑上来说，这个知识在将来也就不能算是新的了。所以基于这样的观点和对科学的严格定义，科学的未来是不能够被预测的。因此，Medawar 的观点是很清晰的，如果有人要你预言科学的未来，那么最简单和明智的做法就是放弃。

所以，尽管我还想试图去预测，但仍然觉得自己确实是在做着一些从哲学上来说非理性的事情。既然这样就以美国国防部长拉姆斯菲尔德在 2002 年 2 月 12 日在白宫新闻发布会上的一段著名的讲话开始我们的话题。

“我们都知道，有些事我们知道，有些事我们知道我们已经知道，我们同时知道我们知道有些事情，其实我们并不知道，就是说，我们知道世上有些事情我们并不知道，但同时我们并不知道，有些事情我们不知道，那些我们不知道的事情我们真的不知道。”

这个与土壤学的未来有什么关系呢？当然有点关系。许多人都对这段话都嗤之以鼻，认为这是不明智的、口齿不清的或者说难以理解的。但是我却不这样认为，它其实将知识进行了一个清晰的归类，我们可以用它来思考任何一个基于知识的事业的未来，比如心理学研究、汉学研究或我们要讨论的土壤学研究的未来。我们可以通过建立一个二维的表格将拉姆斯菲尔德的归类进行组织和略微地扩展（表 1）。我会像那些老式的游戏表演一样，从第四到第一这样的顺序对这个表格中的 4 类知识进行详细的阐述。

表 1 根据拉姆斯菲尔德归类方法对（土壤）科学有关的知识进行适当的归类扩展。

	已知的知识	未知的知识
知道的	第四类 ● 常识 ● 这个常识普及到何种程度？ ● 这个常识有多少是正确的	第二类 ● 所谓的“研究” ● 弥补缺失 ● 技术支持 ● 可预测的
不知道的	第三类 ● 教育和产权所有者 ● 我们自身 ● 未来一代 ● 决策者 ● 需要合并和集成	第一类 ● Medawar 对科学挑战的观点 ● 前沿的研究 ● 不可预测的知识 ● 激动人心的未来

(1) 第四类（我们知道的已知的知识）。这部分是土壤学的一个基本的概念，所有专业的土壤学研究者多少都应该知道点。无论是现在还是将来，我们必须对这些基本的概念进行重新核对和检验他们的真伪。比如，美国土壤学家詹尼的功能因子理论的时代难道不是已经被超越了吗？（一些人提倡采用能量的方法）；土壤质量的概念是不是只是一个虚假的概念，还是一个死胡同？我认为我们应该在这方面花 5% 的精力去研究它们，遗憾的是我们现在可能还不到 1% 的精力在这个上面。

(2) 第三类（我们不知道的已知的知识）。显然是关于教育的，即让人们知道我们已经掌握了哪些知识和哪些是我们可以做得到的。首先我们要对已有的知识进行合并和集成，从而使它们不再那么分散，然后向我们的科学同行、新一代、决策者和公众进行传播。这是一项艰巨的任务，因为在许多国家，我们的新一代和政府决策者都似乎变得不再着迷科学。因此在这个方面，我们需要花费 40% 的精力。

(3) 第二类（我们知道的那些未知的知识）。这是许多人认为所谓的研究范畴的一部分，就如同对黑白照片上进行上色，或者说为知识的骨架填充血肉。在这些我们知道的未知知识中，有我们需要全面了解的土壤的生物学功能、有机质的真正的结构和功能、关于土壤变异的定量而非定性的理论、土壤性质和土壤过程的集合和分散。从技术上来说，可以运用一些新颖的测试仪器，但是我们不应该被仪器所奴役，不能像沉迷于迷药那样被仪器所迷惑。我们只能用技术来帮助我们解决问题，而技术本身不是我们要追求的

最终目标。我想我们应该花 50% 的精力在这上面，但太多了显然就不合适了。

(4) 第一类（我们不知道的那些未知的知识）。这是 Medawar 眼中真正的科学和研究。现在几乎没有人会从事这项研究了，因为现在的政府和研究机构对这个研究也不熟悉，所以就很难获得资金的支持，不过做这项研究可能也不需要花太多的钱。我们需要许多时间来进行这项研究，因为它需要深层次的思考。这里也是科学能够获得突破的地方。在这里得到的新的启发估计需要 30 年甚至更久才能得到新的进展。理论上，我也说不出这到底是什么，它可能会是一些超自然的异端的事情，比如利用细菌生产黏土矿物、土壤厚度是陆地生态系统的关键控制因素等这些超乎人类想象的事情。因此我们需要花很多的时间去思考，我认为至少应该有 5% 的精力放在上面。

我曾经非常关注土壤科学，甚至要比关注政治、社会科学或经济学更多一点。随着各国的快速发展，以及可以感觉到的人类和环境的威胁，土壤科学更多的是以地理政治为驱动的发展。尽管我们可能认为土壤学的基本概念是全球性的，但这些概念都是在解决局部区域的个别问题中获得的，比如土壤肥力、盐碱化和酸雨的问题在不同的地区可能有不同的产生原因和解决的办法。尽管这种区域性的研究还将继续，但我们也必须要利用我们的知识和经验来解决全球性的问题，比如粮食问题、水资源问题、能源安全问题和动态可持续发展的问题等。我们需要一个大土壤科学，可以包容一切，可以为社会发展服务。只有这样，才能保证我们这个学科的存在价值。我们不能再只向内看，不能再停留再冥思苦想。应该大力培养土壤学人才，使他们的增长速度快于世界人口的增长速度。

我提倡土壤学的发展应该是有思想的、兼容并包的、向外看的观点。借用我同胞 Burns 的一句话：“尽管我看不见，但是我会猜想，我有希望！”

Alfred 教授说要求 1000 字左右，我觉得自己更像在描绘一幅土壤学未来的发展蓝图。

（章海波 译）

一个土壤发生学家对土壤科学未来的看法

Neil McKenzie

(Bruce E. Butler Laboratory, CSIRO Land and Water, GPO Box 1666, Canberra, ACT, 2601. Australia. E-mail: Neil.Mckenzie@csiro.au)

我是从整体的土壤学科和作为澳洲人的无奈来看待土壤学未来的。这片大陆最突出的景观就是荒芜和贫瘠，但它却养育了数百代的生命。尽管人们对 6 万

年来移居到这里的人们对这片土地的影响有许多不同的观点，但火烧改变了植被和野生动物的事实却是毋庸置疑的。更为剧烈的变化是发生在大批欧洲人定居到这里后的一段很短的时间内。定居到这里的欧洲居民很快就把目光放到那些可以用来作为农业生产的土地上，但过度的开垦使得土壤变得贫瘠，而绝大多数人又不了解是什么内在因素限制了这些土壤的农业生产。1949 年，一个著名的政治家这样的感慨道：“如果当初我们能够在有管理的情况下开垦这片土地，那么现在也不会把这个国家的土壤情况搞得这么一团糟”。

土壤科学由此应运而生。萌生出了一个积极的土壤学团体，并且得到了政府和第一产业的慷慨资助。他们也产生了许多有价值的成果，并融合到进步社会观点中去，最终使得澳洲大部分土地得到了更好的高质量的管理。但是还面临着许多问题，包括土壤侵蚀的可持续率、广泛分布的酸雨区、有机质贫乏、污染和盐碱化问题等。尽管科学界对这些问题有所认识，但却拿不出切实可行的解决方案。因此需要联合社会各界的力量，包括个人、民间团体、科学家、政府部门和企业，运用我们已经掌握的知识来解决这些问题，而不仅仅是了解土壤的发生过程。

但是，现在的资金支持却收紧了，许多资助都强调要实用性、短期的和有商业利益的。土壤科学只有在能够为更好的自然资源管理特别是水资源管理服务的时候才能获得资助。从事土壤学研究的人员也在锐减，而像土壤发生学这样的学科已经消失了。这就需要土壤发生学家提供建议，即如何在这样的环境下去定位土地管理。同时也需要土壤发生学能够满足在不同尺度、不同生态景观下预测土壤的功能，以此来支撑模型构建。

土壤发育与土地管理

土壤发生过程的整体观点就是要围绕土地管理。生态系统中的土壤性质和发生过程以及土壤的形成都是能量、水、沉积物、养分和其他物质循环和流动的结果。我们对土壤发生的整体看法必须建立在对生态系统和土壤在数十年、数百年乃至数千年的发育过程的理解基础之上。这不仅是给土壤发生学家一个美好的理论，更重要的是为他们提供一个最根本的研究内容和基准。我们可以利用它来了解当今的土地利用是如何与景观生态相互作用的（比如，作为土壤侵蚀的基准、养分渗虑的基准、碳平衡的基准等）。遗憾的是现在土壤科学很少在这个框架体系下进行研究。

我们应该感谢美国著名的土壤学家汉斯·詹尼，他提出了功能因子的理论，但这个理论现在看来已经不能够足以解释土壤形成的理论框架，特别是对一些远

古的景观地区，那儿的土壤和景观的发育经历了很长的时间尺度，甚至与生物进化的尺度相当。土壤和景观发育的概念化需要强调过程、系统关联性和协同进化，而不仅仅是关注几个因子。这样的理论框架才能同运用在地貌学、生物地球化学循环、水文学、水文地质学和大气物理研究中的物质平衡的核算相兼容。我们在发展完善一般的土壤发育理论上已经有一个新的开始，但是对定义的解释还有待以文本的形式进一步明确。这样可以更有效地同其他学科交流，也可以更好地进行空间预测。

衡量的方法

目前许多实际的问题是首先要能够估算水、养分、溶解物质和沉积物的进出系统的通量；还要了解变化的驱动力。在大多数情况下，这些都要通过长期的定位观测才能够得到可靠的结果。其次，为了提供一个研究的基准，还要对工业前的相关记录进行估计。在许多国家，由于缺少长期的定位的生态学研究，以致我们不能准确地确定大尺度内存在的环境问题。

将一些景观研究的结果推广到一个大区域的尺度时，仍然存在许多问题。在一些国家特别是欧洲和北美以外的国家，他们在进行土壤调查时，不会提供一个详细的框架。过去的 20 年内出现了一些新的土壤的数字制图方法，并成为代替传统调查的另外一种新的方法 (www.digitalsoilmapping.org)。但是，同地球表面和大气的监测比较来看，它的发展速度还是很慢。空间信息的相关技术比如 Google Earth，简单又不同寻常，它们使得土壤信息的集成看到了希望，但却不是我们目前的能力所能够解决的。

我们最大的障碍就是缺少相关的研究方法来衡量土壤在自然资源管理的尺度范围的功能属性。环境感应技术方面的革新和新的精巧、快速、节能、无线和程序智能化的遥感器的生产为解决这个障碍提供了新的手段。火星探测器就为我们提供了一个很好的范例，而这方面巨大的进步应该算是精准农业方面的研究和实践。但是测试系统需要适合在不同尺度整个土壤层序列的运用，而非针对单个剖面或单个土体。因此，目前要优先确定在 10 ~ 1000 m 尺度之间的水力性质的变异特征。

一些急需做的事情

同其他学科的交流和合作是目前我们基本的需要。这就需要我们首先掌握自身的学科。这还需要一定的时间，并且土壤学方面是比较容易被忽视的。例如，尽管我们已经努力地尝试记录我们知道的一切，但是，澳洲部分的土壤发生学的知识已经落后了。出现这样的情况的原因是很复杂的，职业的不稳定性，

很少有学生会把它作为终生的职业来对待。因此目前急需做的一件事情就是要巩固现有的知识，并尽可能地让更多的学生和同行都能接受到这样的知识。

我几乎很少去参考土壤学的大部分文献，但是我确信将来土壤学的进展将会来自分子生物学，但现在不在这里展开讨论这个主题。最后，我认为世界人口的增长以及渴望得到西方标准的生活水平，因而必须保证了粮食生产、水资源供应、废物管理和环境质量的维持将成为各个国家未来数十年内永恒的主题，这也是土壤学发展最为重要的基础条件。Richter 和 Markewitz (2001) 对土壤学的任务说得很透彻：“管理得好，土壤的化学物质、水和能源的循环会大大地造福人类；但管理得不好，难以想象还会有一个美好的未来”。因此，我们必须保证能够很好地管理土壤。

(章海波 译)

土壤科学的未来

Ahmet Mermut

(Department of Soil Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, S7N 5A8, Canada. E-mail: mermut@skyway.usask.ca)

土壤学为提高人类生活质量做出了重要贡献，加深了我们对土壤资源管理的理解，满足我们对食物和纤维的需求。60 亿人口的粮食需求问题加强了人们对食品安全的关注，土壤科学是在食品安全方面取得巨大进步的基础科学之一。社会需求的变化要求开辟新的研究领域，例如，全球碳循环、水质、土壤质量、土壤退化和生物地球化学循环等。

对土壤科学在社会中的角色以及支持科学的社会责任一直存在着争论，这种争论导致了负责研发的公共机构发生了转变。尽管现代土壤科学产生于二战后，它在新千年来临之际还是面临着新的挑战，如与地球上生命的关联和维持。尴尬的是，直到最近土壤才在环境研究中确立自己的地位。所有的环境研究需要从原子到全球水平上对土壤系统有基本的了解，土壤科学团体在此研究领域的开拓上作出了主要贡献。

一系列新的需求凸现了土壤信息的价值：对更多更好信息的需求在不断增加，同时要求信息通过更及时的方式传递。自 1980 年以来，对土壤利用和土地资源认识有了戏剧性的变化，即使是在发展中国家，对生态系统健康、维护环境质量及资源消耗速度的意识都增强了。由布兰特兰委员会（1987 年，世界环境和发展委员会）提出的可持续发展的理念，和联合国环境发展大会（1992 年，联合国环境和发展大会）提出的 21 世纪议程，在我们的研究与发展活动中扮演了

重要的角色。

土地退化，特别是由人类引起的，成为一个几乎影响着地球上每个人生活的严重问题。从农业的观点来看，土地利用是土壤质量退化的主要原因。特别是最近 20 年的研究指出：许多对全球生态系统负面的影响导致了土地质量退化、全球变暖，甚至是物种的消失。土地退化和环境恶化是土壤科学家们主要的研究主题，这要把土壤分支学科和其他学科包括社会科学、种族文化、政治学、经济学结合起来。

土壤信息在可持续土地管理、生态系统健康和生物地球化学循环中愈来愈重要。由于地理信息系统和遥感等新技术的使用，土壤资源评价和监测正在进入一个新的时代。为支持农业，满足它对土壤信息的需求，土壤教学正成为农业课程的一个部分。

尽管从其他地球科学获得了许多想法、方法和信息，例如沉积岩石学、水文学、地貌学和矿物学，特别是服务于农业生产方面的科学，但促成它们之间更紧密关联的主要因素之一是全球气候变化研究的推动，它要求更好地理解地表过程的量化和全球气候变化。为提高土壤质量，限制土壤碳的循环成为保障食物安全的策略。尽管确保土壤生产力的需求还没有减弱，进一步研究全球生物地球化学过程，将对学科整体有更深远的意义。

新的技术例如稳定同位素地球化学 (Landi 等, 2004 年)、核磁共振、高分辨率电子显微镜、原子能显微镜和高温分解物质光谱测定法以及其他技术为我们研究及拓宽对有机质的理解提供了很多机遇。Weiss 等 (1993 年) 提出了如何利用土壤地层信息重建人类古环境文明和土地利用系统的很好例子。近期的许多工作阐明了怎样用环境变化来解释古土壤 (Arnold 等, 1990)，这更说明了我们要关注多学科交叉的研究，完成土壤科学家的任务。

正如 Yaalon (2000) 所说的：“许多古代宗教就认识到了土壤的重要性，他们的习俗在精神和赋予生命的地球联系在一起。不幸的是，古代经典的学者并没有从本质上来研究土壤”。

(姚春霞 译)

土壤科学的明天：孕育着多学科间的联系

Minhas P.S.

(Central Soil Salinity Research Institute, Karnal-132 001, Haryana, India. E-mail: psminhas@cssri.ernet.in)

尽管随着时间的推移土壤的功能发生着持续转变，但有两种功能是没有发生改变的，那就是仍然为

生物生命体提供着栖息地，为文明的发展提供着基地。现在，对土壤的研究变得越来越重要，尤其是在欠发达国家和发展中国家，如印度。这里人口面临失控的危局，由人口原因导致的利益纷争和城市以及都市群的竞争严重。这一地区的环境问题引起了研究者、计划实施者、环境工作者和农民的极大兴趣，因为他们关心农产品产量的下降因素和生物多样性损失的原因：因地球成因和人为的影响导致的土壤污染、土壤侵蚀、水土流失、盐渍化和其他引起水和空气质量下降的有关问题。对品质下降的土壤进行修复不仅是生态的需要更重要的是保护居民谋生的社会经济发展的需要。在应对人类目前和将来环境的复杂变化、生物多样性和土地利用的挑战方面，土壤科学家起着主要的作用。

在土壤退化的过程中，水蚀被认为是对景观和生态系统的最大的威胁，因为在全球的范围内水蚀占了将近一半的面积。现在的景观分区管理需要超出问题本身的管理，它需要量化包括修复战略的发展、测试和验证的步骤。水在粮食生产和所有与经济相关的活动中占据极为重要的位置。随着家庭和环境部门对其需求的增加，水已变为用于灌溉的较为稀缺的日用品。因此，面对这些水短缺的形势，要确保生产足够的食物来满足人类的需要，就要求土壤科学家们借助引擎提高水的利用效率，以保证平均每滴水都生产更多的粮食。解决问题的另一种方式是提高在旱田（或说仅依靠雨水灌溉的农田）系统等限水环境下粮食作物的产量。

城市化与工业化的结合也会导致人为产生的废弃物其成分变得更为复杂，且更加难以处理。生活方式的改变使我们在日常生活中大量地使用清洁剂、气雾剂，这就产生了含有重金属、聚合体和药物成分等的废弃物。土壤是这些污染物的最终归宿地，但它对污染物的处理能力是有限的。另一方面，当这些废弃物转移到农用商品粮基地上时，可利用的产量和土地的数量也就缩减了。因此，废弃物的排放可对土地造成双重威胁。水源的短缺和优质水的竞争使用促使人们利用次级质量的水用于农业灌溉，最终导致人、动物和土壤的健康受损以及作物产量和质量的下降。为解决所有的这些问题就需要建立一个多学科相互协作的综合体，其中可容许土壤科学家与公共卫生工程学家、水生物学家和医药工作者们通力合作。

尽管在世界的许多地方的土壤中施入肥料和其他无机盐类都会在短期内增加农作物的产量，但我们也日益发现这样的一种现象：随着化肥等的施入量增加，土壤的生产能力和其中的生物多样性都在下降。这是

因为营养矿物成分被高强度的作物种植带走而很少出现有机成分的循环。为了克服热带雨林土壤中多种营养成分的匮乏,增加其有机质的含量,土壤学家们正尝试引入一些新的方法如综合营养管理、精准施肥、平衡农业和施用有机肥等。有许多其他的相关议题如全球气候变暖、复杂土壤过程的多因素模型、土地规划中的遥感和IT技术的应用以及以农作物系统为基础的遗传修正技术的发展等。这些也为土壤学家们提供了广阔的发展空间。

不仅如此,为了使土壤科学更加贴近社会需求的实际,土壤学家必须改变思维方式,提高与利益相关方利益重叠的深度和广度。也就是说我们的工作应更容易被农民、计划制订者甚至政治家们所接受且对他们具有较大的吸引力。另外,土壤科学家们应使自己的视野扩大到工业、医药、城市规划、环境和生态、动物健康、生物多样性和废弃物的管理等方面。这就涉及多种其他的学科当然也包括土壤学。

超越现在在农业和森林研究中通用的精简和浓缩分离的研究方法对土壤学家们而言是势在必行了。在以上多领域研究区,他们必须协调各学科间的关系。显然,对土壤学家而言,提高土壤和水资源的可能的管理手段是很多的。让我们假设土壤是一种不可再生资源吧,只有这样,我们才会力争为我们的后代的幸福保存这最基本的资源。

(郑茂坤 译)

土壤科学的未来

Rolf Nieder

(Institute of Geocology, Braunschweig Technical University, Langer Kamp 19c, 38106 Braunschweig, Germany. E-mail: r.moeder@tu-bs.de)

土壤是地球表层维持生命、有生物学活性和空间结构的一种环境介质,它由矿质颗粒、有机质、水、空气和生物体组成。土壤包括许多层次,控制着植物和微生物的水分和养分的供应,因此也是生态系统中最为基础的部分之一。土壤对C、N和S的循环都至关重要,同时还控制着水分从土壤到地下水和河流湖泊的分配和渗滤。它作为一个有生命的过滤器,可以过滤大多数有机、无机废物,固定或降解有毒物质,减少病原菌的危害。土壤也是一个栖息地和基因库,是人类活动、景观和文化遗迹的平台,并为它们提供资源。为了增强土壤的这些功能,我们必须了解在土地利用不断扩张和竞争情况下影响土壤质量的因素和过程。

18和19世纪的土壤学是从地质学、生物学和农

业化学中发展出来的,到20世纪已经发展为一门独立的学科。1924在罗马成立了国际土壤学会,标志着土壤学作为一门独立学科的开始。土壤学最初关注的是土壤发生过程,但也对土壤-植物-水-大气系统中的水和物质的动态变化进行研究,并对风蚀和水蚀过程中的土壤颗粒的损失进行定量估算,以及对灌溉水和气态中的溶解物质的损失进行估算。这是一个多学科交叉的领域,需要结合大气圈、生物圈、岩石圈和水圈的相关知识(Summer, 2000; Lal, 2002; Benbi和Nieder, 2003)。

21世纪面临的挑战

21世纪人类将面临严重的挑战,在目前61亿人口的基础上,将以每年1.3%的速度增加。在非洲许多地区以及南美洲和亚洲的一部分地区将面临着粮食安全、营养恶化问题;世界其他地区由于过度使用N、P肥料而导致的水体污染、富营养化和陆地、沿海生态系统的酸雨以及生物多样性降低的问题。到2100年,年平均温度会增加1~6℃,导致海平面上升90cm,从而引起灾害性天气,如:干旱、洪水和暴雨。到2050年,全球人均耕地面积会从现在的0.23 hm²降至0.14 hm²,许多国家的淡水资源的供应会降至警戒水平,极端形式的退化会使30亿hm²的耕地受到影响,这在那些土地恢复方面缺乏资金的国家尤为突出。以下是罗列的土壤学在21世纪将面临的挑战,以及一些需要优先研究的领域: 土壤侵蚀:土壤侵蚀的驱动力与生态、社会经济效应之间的过程链;土地利用、气候变化、管理措施、土壤荒漠化、草原和森林大火以及雪融的影响;运用不同尺度的土壤信息和遥感技术相结合的风险评估;开发新的保护和修复技术。 土壤有机质与生物多样性:确定有机质的土壤功能,以及在有明显差别的环境下对C和N的可能扣留;研究开发标准的衡量土壤生物多样性的方法;气候变化、土地利用和管理措施的影响;生物多样性与土壤功能的关系;运用不同尺度的研究,从生物个体到蛋白质,再到功能基因水平(mRNA)的研究;确定联合管理措施对优化土壤有机质和土壤生物多样性的作用。 过度施肥:确定导致过度使用N、P肥料的驱动力和定量估算由此引起的生态和经济效应;确定环境友好的家畜养殖密度;优化适合作物养分需求的N、P肥料的使用方法;根据土壤有机质的情况确定最佳的矿质和有机肥料的配比。 土壤污染:污染源(原生和人为引起的)的定性和定量解析;对大气沉降带来的污染物的测定发展新的方法;调查污染物进入的途径、环境行为,并确定在土壤-植物-沉积物-水系统中可能产生的危害和新物质;污染物对人体、动物、植物和

土壤生物的生物有效地；土壤污染物输出的风险评估；发展新的污染土壤的修复技术。土壤板结：对城区、郊区和农村地区的土壤和物质流动的影响；对局部、景观和全球的影响；在区域和国家水平上建立命名系统；建立调查土壤板结的方法，并可以定性或定量地得到区域土壤板结的面积；土壤紧实：分析土壤紧实对土壤质量的关系；确定对土壤紧实敏感的土壤条件；评价农业机械对深层土壤紧实的影响趋势；建立预测土壤中的压力传递和土壤变形的办法；发展管理措施来降低土壤的紧实。土壤碱化：评价在不同的气候、土壤管理和灌溉水质量的情况下的土壤碱化情况；调查引起土壤对碱化或固化敏感的因素；不同的水流条件（介质和优势流的影响）对碱化的影响；调查由土壤碱化导致的土壤退化过程的不可逆性；确定土壤碱化和土壤结构以及水文方面改变的指标；土壤碱化和土壤沙漠化的关系以及整治碱化土壤的策略。

结论

随着世界人口的增加，如果我们不能够及时地采取控制措施，上述问题会不断加剧。因此，土壤学家必须与地质学、生物学、物理学、毒理学、水文学、地理学、地球信息科学、工程、社会、经济和政治等多学科的专家进行交流。最终通过决策者来制定合理的土地利用策略和管理政策，包括制约土壤退化的措施。针对土壤保护，国际上目前已经有许多可供参考的文件，比如，FAO的世界土壤宪章（1981）、联合国在里约热内卢通过的21世纪中的第10章和第14章。欧盟最近发展了一项针对土壤保护的策略，作为第6次环境行动项目的一部分，将会在2006年被正式采用（European Commission, 2004）。但是这只是一个建议性的文件，因此不会有成功很多的案例在里面。

（章海波 译）

土壤和水资源利用的挑战

Andrew D. Noble

(IWMI-SEA, c/o WorldFish Centre, Jalan Batu Maung, Batu Maung, 11960 Bayan Lepas, Penang, Malaysia. E-mail: a.noble@cgiar.org)

我们对天体运动规律的了解要比脚下土壤的认识要深入得多。

——Leonardo da Vinci

就象达芬奇这个名字一样，虽然在15世纪就出现了，可到今天依旧与我们息息相关。无论你居住在21世纪的农村或是国际大都市中，土地和水总是地球上人类生存的核心要素。人类依靠这些要素来获得食物、牲畜、衣服、工业品和住所。除此之外，我们还可借

此提供与人类生存相关的环境商品和服务。

如果我们接受这样一种观点，也就是我们的生存是和这层薄薄的表皮（土壤，覆盖在未经风化的或者部分风化的地球表面的地质结构）紧密相关，并且这个表皮是非常脆弱的一层，那么管理和保护这个资源对我们的生存来说，就变得非常重要。此外，如果我们同样认识到土壤和水是紧密联系的，并且如果全盘考虑的话，这两者的影响是可以累加的，那么有效且可持续的管理也就变得极端重要了。即便如此，这些生物物理组分之间的重要联系仍是对我们社会所作的社会和经济贡献。

作为千年发展目标（MDG），即到2015年要将贫穷和饥饿的比例减半，那就需要喂饱9亿新生人口和提高4亿人的饮食结构。而这个目标必须在不断的气候变更和日益下降的土地生产力的背景下来获得实现。

除非我们在土壤和水资源的利用上进行改革和投入，否则日益逼近的水资源的短缺、土地生产力的逐渐下降和全球性人口结构模式的改变，都将限制我们通过增加粮食产量来达到食物的供需平衡。我们已经不能再通过那些所谓对已经严峻的生态系统没有副作用的工业的方式来提高农业的产量。生产率的提高将要面对农业生态系统退化并且需要提高蓝水/绿水的供应率来获得，这个观点还在争论之中。

作为21世纪的土壤科学家，我们面临的挑战和以前并无差别，但是着重点有所不同。农业科学家面对的是，在日益稀缺的水资源和下降的土地总面积下，如何获得更多的食物、纤维和牲畜。这个问题怎么解决呢？

转基因作物，作为一个强有力的技术，已经获得相当的重视，它在生产系统中的采用将会满足将来人们对食物和纤维的需要。这项无可厚非的成功是建立在绿色革命以及相关的技术支撑上的。在这场绿色革命中，一个关键的要素是可靠的高分析纯的无机肥料的引进，特别是尿素和超级磷肥。高分析纯肥料成为基因改良品种营养供应的基本要素，并且几乎在不会改变营养供应机制的条件下普遍地用于农业生产。目前，可移动的高分析纯的化学肥料的使用有下降的趋势，这是由于它们会引起土壤退化（结构断裂、酸化）和水路以及含水土层的污染。

现在还需要重新评估作物营养运输的机制。以一种抗滤出和可固定的方式来施用肥料，并且能够对土壤的基本属性进行有效改变，最后永久提高土壤保留营养的能力，这样一种想法已经被提出并进行了详细的阐述（Gillman 和 Nobel, 2005）。由于以水滑石和斑

脱土作为平台来施用肥料，要比常规的施用肥料昂贵很多，因此这种方式刚开始只在已知的风险地区进行尝试，比如那些几乎不能施用可溶性肥料的临近水体的轻质土壤（Gillman 和 Noble, 2005）。除此之外，一种完全可交换形式的营养肥料供应为那些有特殊需求的农场和环境提供了可能。如果不能消除潜在的负面的边际效应，那么发展出革新的可靠的营养输送平台来减少负面效应成为一种需求，特别是对那些管理层次和技术提供还没有达到要求的欠发达的发展中国家。

在那些被喻为“低度发展”生产系统中是否存在增加生产率的可能存在争论。在最近完成的一个在全球 286 个发展中国家个体农场或者团体中使用新型技术实践的项目调查中，很清晰的证据表明，特别是在低度发展的生态系统中（图 1），可以获得极大的生产效率。也就是新的技术和知识成为获得这些生产效率提高的关键驱动力，这个结果令人振奋。生产效率提高暗含了水资源利用的增加。将来水资源短缺将把水变成对地球上大多数人的食品和牲畜繁衍的关键或是最关键的限定因子，这一观点已得到广泛承认。随着除了农业之外的其他国家经济部门对水的需求的提升，提供给食品、纤维和牲畜的生长水将会更少，这就需要通过提高水的使用效率。也就是在这个领域，土壤科学工作者可以并且应该扮演一个重要角色。

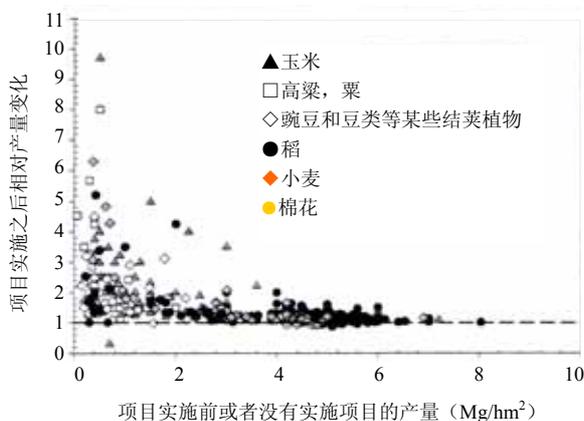


图 1 全球通过引进新技术带来的农业作物常量变化。

数据由 286 个项目中的 446 个作物产量组成。破折号显示没有相对产量变化。

提高营养供应和保水能力，通过解决土壤物理限制来利用土壤中储存的水、营养、水保护方法，以及在工业和大城市中重新利用废水作为水调剂器，这些方案都将提高水的利用效率。大家所争论的是，能否通过恢复退化的被雨水浸泡的生产系统和被盐碱化灌溉的土壤来极大地提高生产效率。

为了达到 MDG，土壤科学家的挑战就是为退化的农业生产系统提供革新的解决方案。在普遍的低度发展的发展中国家实现生产效率的最大提升。

（徐莉 译）

跨入 21 世纪的土壤科学

Stephen Nortcliff

(Department of Soil Science, University of Reading, Reading, RG6 6DW, United Kingdom. E-mail: iuss@reading.ac.uk)

早在 1970 年，也就是我刚刚开始从事土壤科学研究的时候，土壤科学研究主要集中在土壤的农业用途和研究通过怎样的土地管理以获得最高的产量，以及通过改善施肥方式和土壤管理以实现粮食的高产。同时由于研究的重心集中于维持和提高农业产量上，所以人们逐渐意识到在有些情况下产量的提高是通过破坏土壤来达到的。1970 年的一篇题为“现代农业和土壤”的斯特拉特报告（MAFF, 1970）就是对 20 世纪 60 年代间英国一系列的农作物欠收和产量欠增长状况的一个响应。这个报告突出强调了对土壤结构的破坏，并认为栽培时段的选择失误也是引起产量降低的原因。同时该报告还指出土壤非常容易受外界影响，特别是在英格兰的西部，这里的土壤中的有机质水平下降的趋势已经被公认。

在之后的 10~15 年间，我主要在欧洲和热带范围内，集中研究提高和维持农业生产的办法，集中在对以前从未使用过的热带土地改用于农业生产的研究上。这期间，几乎没有人提及必须将土壤视为环境系统的一部分，并且有关可持续发展的议题所关注的依然是维持产量，而不是土壤系统本身。当我们跨入 21 世纪的时候，土壤科学发生了怎样的变化呢？维持农业生产依然非常重要，但同时重心已经转移到土壤的可持续利用，以及限制或消除其对于其他环境组成部分的不良影响上。这个变化伴随着在政治圈中逐渐增强的一种意识，那就是相对于其他环境系统来讲的土壤环境的重要性，确实土壤已经被大多数人认为其在大气圈、生物圈、岩石圈和水圈交界面上扮演了很重要的角色。土壤在地球的表面可能也就是厘米级的，或者最多是以米来计量，但是现在被认为它在地球环境系统运转方面起着关键性的作用。在欧洲，这种重要性被认可是在 2002 年，也就是欧洲委员会颁布了题为“土壤保护的策略”的文件（欧共体委员会，2002）。欧盟成员国中很多国家都对于这个文件的首创提供了支持。欧洲委员会文件和后续项目都确定优先考虑土壤保护并采取保护行动，这为欧洲范围内紧接着的和可能长期的土壤科学的未来奠定了主题。文件

强调对于土壤在环境中所扮演的角色应该有一个更为广阔的认识,已经认定的 5 种广泛但又重要的土壤功能是:生产食物和生长其他生物;储存、过滤和转化的作用;生物的居住地和基因库;人类提供物理和文化环境;原材料源。

同时其中包括食物的生产和生物量的产生,与以前通常的认识相比,其包括更为广阔的范围。正是因为这个更广范围的功能,如果要想实现土壤功能的持续性,维持土壤条件就显得异常重要。而且,由于人类的活动,使得土壤正受到威胁,这也会破坏土壤的长期有效性和生存力。有人列举出了最显著的一些威胁如下:侵蚀、有机质降低、污染、土壤封存、压实、生物多样性降低、盐碱化、洪水和山崩。

在欧洲西部的大部分地方,这些都已经成为关乎土壤科学未来发展的焦点问题。加上从以产量为本的理念到一个更为广阔的以环境为焦点的理念的转变,这就是土壤科学的进步。就全球来讲,不断增加的都市化人口又为土壤科学的研究提供了另一个研究焦点。城市扩展不断地封闭土壤,在大多数情况下土壤还被挪做它用。从本质上讲,土壤科学家的使命就是在城市化的过程中如何维护土壤的使用。土壤的可持续使用将涉及到在任何情况下避免土壤封存,但同时也要寻求在建筑过程中如何拓展被移走土壤的用途。几乎很少的土壤学家积极地从事该领域的研究,但是如果我们把城市化对环境长、短期的冲击减少的话,则了解土壤性质以及土壤如何在一系列环境下的行为的规律就显得非常必要了。

在全球范围内,土壤科学家必须更加积极投入到环境问题中去。比如,土壤中碳库在全球碳量中的重要性已经被大家认可,土壤科学家就必须强化这个重要性并且确保我们以科学为基础,特别是在不断变化的环境条件下来阻止碳库的减少,同时还要设法提高土壤中碳库的量。与之相关的是土壤中生物多样性的降低,虽然这种担忧确实确实,但我们仍然没有完全明白土壤中的生物过程,也没有明白土壤中生物的动力学特性以及它们是如何互动的。鉴于土壤多样性对于土壤碳库以及更广泛的环境多样性的重要性,我们有必要对这个过程更加了解,同时希望找到一个强有力的生物指示剂来预示着土壤中多样性的变化以及与土壤系统其他元素的互作。

多年以来,土壤不是一个主要的政治议题,但在 21 世纪情况改变了。欧洲委员会的“土壤保护的策略”的文件是对土壤管理和保护的向前的一步。同时英国的“土壤行动指南,2004—2006”(DEFRA, 2004)也已经颁布。土壤科学家已经卷入到这些立法

框架的发展中,不过我们应该考虑更加广阔的国际合作。Hannam 和 Boer 已经在如何制定土壤保护的草案或者可能的土壤保护的协议中提出了初步的指导。当然无论这两个当中的任何一个都会涉及更多的其他团体,因此从本质上讲我们土壤科学家应该全身心地投入到他们的发展中。

当前土壤被认为是环境组分中的一个关键成分,并且容易被滥用和忽视。同时土壤也是最终的资源。21 世纪的土壤科学家自身必须准备好,同时也能够给其他的科学家和那些参与和制定如何避免滥用土壤以及如何更加广阔的环境中优化土壤的作用的政治议程的人提供信息。

(徐莉 译)

土壤科学:多尺度和多重机遇

Gary W. Petersen

(Department of Crop and Soil Science, The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA. E-mail: gwp2@psu.edu)

过去,土壤学重视农业生产产量,忽视了土壤维持农业生态功能的过程。土壤学的许多重点都放在对土壤分类系统的研究上。展望未来,土壤科学家正面临许多问题,包括:怎样在总体上维持我们学科与科学团队和社会的关联性?如何制定政策来管理土壤在时间和空间上的变化?怎样在某一地形和流域水平上整合土壤科学?如何增加土壤学的可视性?

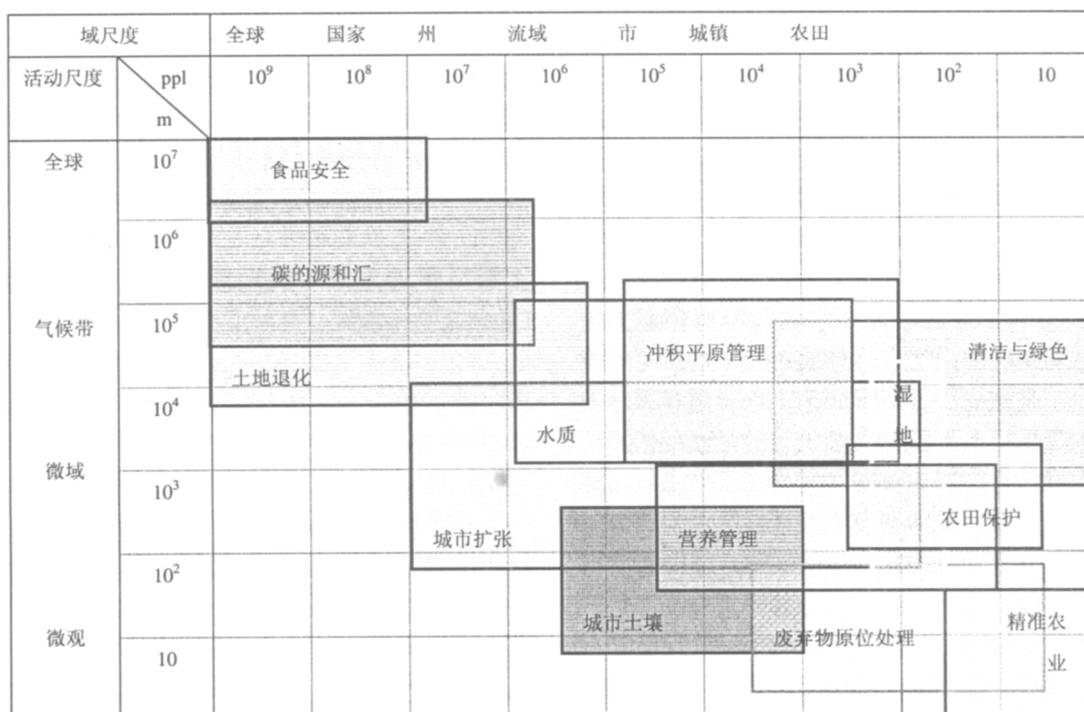
土壤学家还要考虑如何制定方法来识别、监测、预测、管理土壤变化,做出关于土壤、景观及土地可持续利用的恰当的预测。

土壤科学的未来是令人兴奋却又充满挑战的。今日社会,我们土壤学家从来没有这么多问题要解决,也从未有过这么多机遇。幸运的是,我们有许多新技术可应用于土壤学,包括遥感和地理信息系统。我们第一次有多尺度全球数据收集技术,将这些技术和数据库结合并整合到地理空间模型中,会给我们提供很多机会来理解土壤生态系统和相关问题。

今天,我们还面临着许多直接或间接和土壤科学相关的问题。这些问题有不同地域和政治标准,它们可被概括为下页图示内容。

尺度问题:行为和影响

将来我们需要关注土壤在生态系统中的关键角色及在景观中的功能。这方面的挑战是:撇弃我们目前的狭隘观点,参与到系统分析中;整合技术,在多时空尺度上提出地形比例解决方案;重视下一代学生的教育。



我们最重要的挑战之一是对学生的教育。这涉及学生课程的重建，包括基础土壤课程、地形综合课程、信息技术和分析技术、商业课程、社会意识课程、土壤应用和实习课程。必须教给学生们全球性的观点和看法，重点提高他们的沟通技能。

总之，土壤科学的未来从来没有像今天这样充满光明和令人兴奋。但是，关键之一是培养下一代的土壤科学家们。这是一个艰巨的任务，我希望每个人都能胜任这个挑战。

(姚春霞 译)

土壤科学的未来

Ildefonso Pla Sentís

(Departament de Medi Ambient i Ciències del sòl Universitat, de Lleida
Av. Alcalde Rovira Roure 191, 25198 Lleida, Spain. E-mail :
ipla@macs.udl.es)

土壤是人类日常生活必需品来源的基础，因为它能提供给我们大部分的生活所需并在决定环境质量方面起着中心的作用，但这种观点并不被大多数人所认可。将来，土壤在人们心中的地位和土壤在人类生活中的一些关键领域中的应用将会进一步的得到提高。这些关键领域包括食品生产、水循环和空气中组成的变化等。因此，需要更多高质量的土壤信息来满足土地利用和管理的需求。土壤科学研究的最终目标将是：评估和预测从农用土地到非农用土地的宽范围的与粮

食生产、水供应和环境质量有关的土壤的时空变化行为。目前，绝大多数与农业和环境决策相关的，关乎世界总体发展的决策行为都没有将土壤科学摆在突出的位置上。

当前的形势

随着对食物和水需求量的增加，迅速增长的人口已给土壤带来了农业活动的扩张和加强、移民区数量的增加和面积的扩大等更多人类活动的影响。通常情况下，过度的人类活动会导致土地和土壤的大面积退化及农田、家庭和工业废弃物产生量的增加。这种结果造成的主要影响是耕地存有量减少、不适气候、地貌条件下新开肯农田的数量增加，以及为农业、城市和工业用的优质水源的数量的减少和生物多样性的下降。

以上提到的问题可能会带来巨大的环境、社会和经济方面的影响，尤其是在较为贫穷的欠发达地区，由于粮食产量的降低、贫困的加剧和移民的增加放大了这种影响。除此之外，也存在荒漠化、洪水、山崩和地面沉降等风险和问题。优质水源的萎缩限制了灌溉农业的发展，增大了土壤盐渍化和污染的风险。另外，全球气候变化对土壤覆盖和土壤退化的影响也是值得注意的。对公众和以土地作为资本的管理方来讲，土壤退化的增加和及其对人类生活的影响尚不清晰。

尽管土壤科学已经在增加农产品的产量和提高环境质量方面作出突出的贡献，但它的发展还是面临有总体滑坡趋势的危险。因为投入田间土壤研究的资源

也在减少，所以土壤科学的现状是研究投入孤立而不能综合成体系，限于时间和资金，促成多学科间的协作和快速的论文发表将是很困难的。与此同时，仅依靠定性数据和概念就能得出结论的趋势在增长。这些定性数据来自于专家判断，如土壤质量指数，但判断的精度有限，对土地利用和管理的作用不足。另外，经常性的土地利用规划也是依据掌握土壤科学信息不足的专业人士的经验来进行的。

土地利用和管理的规划要求输入特殊位置的数据，但在许多情况下，适合这种要求的信息又不能得到。困难之一是当我们评估不同的土地利用和管理及不同的气候变化的条件下的土壤状况的时候所依靠的数据都是土壤调查的静态数据，但是在评估土壤功能的变化时需要更多的是动态土壤信息参数。为避免对每种土壤和条件都进行测量和田间试验，需要建立模型作为工具以获得更为全面的信息。模型并不能代替试验，模型需要输入合适的参数。这些参数不仅来自实验室试验而且有些还要来自田间试验。这些研究因时间和资金的限制得出的结果并没有普遍利用的价值，很难符合土壤科学杂志公开发表的要求。因此，在很多情况下，这些都是以经验方法的形式出现的。大部分利用可接受的实验室中评估土壤性质的参数的方法和手段得出的数据与田间条件得出的数据甚至与估计值都不相吻合。总的来说，发展模型的过程比在田间试验获得数据的过程要复杂。

未来的挑战

总的来说，未来的土壤科学一定会朝着让人们更好地去理解土壤作用过程和相互间联系的方向发展。这些过程包括跨越时空尺度的农作物的生产、化学物质的循环和水的平衡等。其中，特别重要的是确认和描述土壤中存在的这种重要的动态过程：植物生长过程中水、营养物质的供应和受自然偶发因素（如气候）影响的土壤质量退化。影响土壤进化的各种因素间的相互联系将不得不用发展相关的模型来模拟。通过模型的模拟，可以找出管理行为的最佳结合——土壤、农作物和气候中各种参数的综合选择。进而可以使土壤中的水分和能量能够更加经济有效地被作物利用以增加农作物的产量。通过模型的模拟也可达到克服土壤中水的损耗，最小化环境退化，包括自然灾害（洪水和山崩）的风险。

为了突出强调土壤科学在未来世界发展中的位置，有必要加强有关土壤重要性的教育和公众的认知程度，使公众能够不同程度地了解土壤在人类生存中所起的作用。另外，我们在培养未来土壤科学家和训练土壤工作者时也要有一个重新定位。让他们在辅

助做土地利用规划和设计时能充分考虑土地的历史和水文因素，逐步地将理论与田间工作进行有效地综合。为了确保跨学科方法的实施，有必要加强土壤科学家和相关领域科学家间的合作研究。这其中就包括了与土地利用及其管理领域的合作。

（郑茂坤 译）

土壤科学的未来：处理重大议题

David S. Powlson

(Agriculture and Environment Division, Rothamsted Research, Harpenden, Herts. AL52JQ, United Kingdom. E-mail: david.powlson@bbsrc.ac.uk)

尽管现在世界上存在一个广泛的，至少是在欧洲，反科学的趋势，但世界范围的居民中还是有真正关心环境问题的人存在。我想，在本质上，对土壤科学家而言从事促使公众认识土壤环境问题是符合逻辑的。这不仅是一种诚实利用我们技巧的战略而且也是一种吸引资金和学生的方式。尽管在世界不同地区存在不同的优控项目但这些大的议题将一定包括：气候变化，尤其是土壤过程带来的气候改善和恶化；在当地和全球尺度上污染物的迁移路径和影响；日益增长的对食物供给的压力，尤其面对水短缺的时候；营养物质的富集和其他人类活动对半自然生态系统功能的影响。

处理这些问题将不可避免地要求增加学科间的联合（自然科学和社会科学），几乎没有问题是仅依靠单个专家的力量就能够解决的。我们应该认识到决策制订者、监督者和市民间富有成效的结合将是工作中日益增长的积极元素。我们需要听取他们的观点、解释和说明，因为他们对土壤在生态系统中的功能定位及其对人类重要性认识方面有自己的见解。通过听取他们的意见可以促使我们更好地理解当前的问题、避免失误并最终解决问题。当然，这种做法并不是在任何情况下都是行得通的，有时他还意味着巨大的挑战。过分单纯化的观点往往遭受到来自不同利益团体的压力，他们或是因商业利益或者是受到来自政府政策的限制。

土壤学 纯粹科学还是应用科学？

我提出土壤科学是一门具影响力的应用学科。我的意思是通过这种方式我们能够了解土壤功能的基本原理：人类或利用土壤或被认为受土壤的影响。人类利用土壤的明显的例子是在农业和在原料来自土地的工业中的应用，如以生物为基础的（植物生长）用地或以工程为基础的（建筑，矿物萃取，水供应）用地。

休闲用地如运动场或徒步旅行的场地属于人类利用的土壤类型也是清晰的。甚至与环境相关的活动都主要是人类活动方面的。我们希望通过提供清洁的水和空气能恢复环境的功能。我们依据美学或文化的原因来预测气候和动植物的生活环境。通过定位应用科学领域的中心学科，我们能够争取到更多的资金资助相比于主要的纯粹科学项目申请。这将会不会暗含一个经验方法：对应用问题的理解要从纯粹科学上去追根溯源。当土壤的应用事例已经得出或被接受后再去寻求理论科学的支持，发现这种寻找过程已经不是太容易了。

尽管研究土壤功能的方法还存在诸多的争论，但我的经验是对土壤的研究应能揭示其基础性。例如，土壤中有机质的强稳定性和微生物的令人吃惊的多样性都可以使人们很好地理解生命的起源——少数人研究的热议题！如此以来，土壤科学的很多方面的表现就与纯粹科学有了相近的特点。但这并不是该学科获得资助的主要方式。

服务于农业的土壤科学的复苏

由于城市居民认为农业生产活动是造成环境污染的根源，所以在欧盟和北美的粮食生产过剩地区已经着手减少粮食产量的研究。我可以大胆地预测：到本世纪后半叶，当全球总人口达到 80 ~ 100 亿时这种趋势将会得到根本性的改变。到时受政治和商业驱动的因素将会与人道关怀因素的驱动力相抗衡。在土地短缺、土壤退化和水源缺乏等的条件下，为给地球上的人类提供足够的食物、纤维、燃料和谋生的手段，必须将现有知识和研究成果进行创新性的运用来发展一个应用范围广泛的创新方法。新的技术和传统实践方式的发展均是必需的。土壤科学家们应是接受这个挑战的基本成员。这些具挑战性的主题包括：避免土地盐渍化和修复盐渍化的土地；更加有效地利用有限的水和营养元素；控制土壤的侵蚀；在获得需求产量的同时最小化对环境的破坏；肥料和其他粮食作物和能源废物的有效循环利用。

全球农业领域方兴未艾的研究领域将是在充分考虑环境相互作用的同时，能够在粮食产量几乎无可可持续发展的形式下，使地区的粮食产量最大化，发挥其最大潜能。不幸的是，当前人类的行动包括南美的森林砍伐、亚洲农业化学废物的增加和几乎世界每个地方的水源的缺乏等都暗示着有因计划不周而引起的土壤需修复的问题。

方法、模型、成图和监控

许多的新方法正变得可以利用，许多详细研究土壤功能的潜在工具（例如各种分光镜、分子生物学和成像技术等）已经开始具有问鼎新领域的潜力。其他

方法的工作原理是在区域到全球尺度上收集和处理土壤数据（如代理分析、遥感和模型分析），接着利用已得数据进行监控、管理和制定政策。可喜的是许多土壤科学家正与其他适合专业的专家联合处于发展新方法的前沿阵地。下面的做法同样重要，那就是他们同其他土壤科学家们在现实的条件下积极测试新方法，接着将其应用于突出问题的解决上，因此他们变成极有价值的工具而不仅仅是极小的艺术形式。

土壤科学的教学

为使将来有更多的土壤学家出现，我们应当将土壤科学的魔力和它们对人类的重要性传承给学校的学生，将战略性的思想传递给教师。大学水平的纯粹土壤科学研究的萎缩没有必要引起我们过多的担心。现在土壤科学已经渗透到各个学科，这能使学生在潜移默化中就已经受到了土壤学的教育。尽管如此，但也有地方需要土壤科学的专业人士发挥他们的专业知识。这种在研究生水平上传递专业知识训练的趋势可能是有益的，因为它能吸引各种专业背景的学生。明显地，对所有的学生而言，教学应当是具有活力和挑战性的。但是对那些属于公众培训性质的讲座，我将鼓励他们采用严谨但不乏实用的教学方式，以帮助学生认清在人为管理或自然生态系统中土壤所起的作用，以利于他们作出正确的管理决策。所有的这一切是多么的有趣啊！尽管对土壤知识进行分类是很重要，但这些难懂的单词可以等以后去消化。

（郑茂坤 译）

维持未来的土壤生态系统

Rao D.L.N.

(*Indian Institute of Soil Science, Bhopal-462 038, Madhya Pradesh, India, E-mail: dlhrao@iiss.ernet.in*)

施肥胜于深耕，杂草出现后，管理将变得比灌溉重要。

——公元前 2000 年古印度泰米尔诗人、哲学家

Tiruvalluvar

土壤生态系统在维持人类生命系统方面起着基础的支撑作用。在自然生态系统中，它们被认识的最少并且退化的也最严重。土壤侵蚀、土壤有机质的流失和营养成分的耗竭是导致土壤健康削弱、粮食产量减少和第三世界贫穷的主要原因。全球变暖将使这些问题更加严重。因此，土壤健康问题被列入联合国千年反饥饿工程之首就毫不奇怪了。以种植高产品种农作物和大量施用化学肥料、杀虫剂为特点的绿色革命在短期内解决了粮食的产量问题，并在客观上减少了世

界的贫穷,但这种做法的另一面却是给土壤健康的可持续发展带来了新的问题。尽管土壤物理性退化和化学性退化的现象表现相当明显,但那些因土壤中特殊有机组分的丧失而造成的土壤生物性退化对土著生物群落的影响却是相当隐蔽的。

古代文明的发展和多施肥、少翻耕、保守耕作以及其他的一些本土实践知识在农业耕作上的应用一定程度上加速了土壤的退化。所以,这些已有的实践知识需要重新审视且应当加进保存土壤的多样性的新认识。有科学的证据证明,生态友好型的农业实践措施能在获得高产的同时提高植物群落和动物群落的多样性、优化营养物质的循环、使施入土壤的营养元素能最大程度地发挥其效力、产生对 CO₂ 和其他 GHG 的固定作用和让生物控制机制更加地完整。据研究 (Lal, 2004), 在退化的农田中每施入 1 t 的有机碳能增加粮食的产量小麦达 20 ~ 40 kg/hm², 玉米为 10 ~ 20 kg/hm²。土壤中现有有机质的含量水平必须要保持、甚至要增加和提高。土壤中碳的蓄积量、土壤健康度的增加与农作物的产量、世界粮食安全与贫穷的缓和间的关系明显。如何用科学的手段减少世界的贫穷已经进入土壤科学家们研究的视野。

土壤是我们这个星球上最复杂的生物材料。它已经从一种唯一聚焦于食物生产的物质转变为为生态和生物保存多样性的载体。微生物是生物圈的基础,现存数量达惊人的 5×10^{31} 个细胞,达 5×10^{16} t, 构成了陆地生物量的 60%。它在土壤中的作用极为重要表现在对农业、废物管理、水工业和自然半自然环境的贡献。它们每天降解人类生产的化合物的大部分。不仅如此,利用分子技术还能将数以亿计的微生物分子拆分。土壤中保留了我们这个星球 90% 以上的生物多样性,但其中不到 1% 的被人工分离并做了研究。在所有这些原生生物组织中遗传多样性远比植物、动物或真菌王国联合的多样性丰富。土壤中巨大的基因库为将来工业和制药学的开发提供了有利条件,人们也将会从中获取巨大的经济利益。

理解微生物群落的结构功能关系难度较大。这就需要到土壤中物理和生物功能桥有较深的认识。在探索微生物的多样性及其功能的重要性时,环境中的染色体将起到关键的作用。植物和微生物聚合体间的复杂的相互作用将扩展到超出对病原体的抑制和对营养物质的清除,将会增加植物抵御干旱、耐盐的能力和其他促进植物生长的活动。菌根真菌帮助植物忍受由菌丝体的扩张网络所带来的压力,有时在 1m³ 的土壤中有 20000 km 长的菌丝体。理解和管理土壤微生物生态将有助于理解农业生态系统中所遇到的压力,也能

帮助我们权衡在农业生态系统中施用多少化肥和农药为最佳选择。在微生物的研究方面,现在人们的注意力大都集中在真菌的活动上而忽略了其他需要关心的物质。施用豆类 BNF、堆肥、绿肥生物接种菌(生物肥料)和生物杀虫剂等的综合农田系统将越来越多地开始灌溉,这在维持农产品系统健康方面是明智的选择。揭示微生物对气候变化的影响程度和气候变化对微生物的影响大小将会是一个主要的科学挑战问题。

由于多学科的协作,土壤科学和土壤科学家们表现出欣欣向荣的景象。这也表现出土壤在环境系统中处于越来越重要的位置。这种环境不论是自然的还是人为管理条件下的,都对当地、地区和全球的环境管理有着突出的贡献。对于环境管理的问题,土壤科学家们作出了杰出的贡献,因为他们的成果都是依据实验室和大田试验得出的。将来,在研究土地利用、气候变化等复杂的自然综合体对前面提到的土壤和农业、环境和生物多样性的挑战时,土壤学家将起主要的作用。因此,重新将土壤科学确定为综合基础学科势在必行。据文献报道 (Rao, 2004), 土壤科学家应当从基础科学和实践技术两方面中受益,因为基础科学为其培养了一批专家型人才而实践技术为其增加了继续研究的手段。就像 Stephen Nortcliff 指出的(个人交流, 2005) 那样“土壤科学不应躲藏在其他学科竖起的篱笆里,而应表现出自己强大的力量。我们拥有的知识是丰富多样的,我们应与其他学科的科学一道为环境的好转作出自己应有的贡献。”研究生态学、生物系统论、分子生物学、生物化学、成像科学和纳米技术等专家将不得不竭力合作解决问题。现在是确保土地有效利用、清洁环境和取得更好生活环境的难得机会,我们应当尽最大的努力为未来的生态安全维持这种至关重要的、不可再生的资源于一种清洁状态。现在全社会日益增长的生态意识给土壤学家们的工作带来了希望。让我们乐观地面对未来吧。

(郑茂坤 译)

欠发达国家的土壤科学的未来

Abdul Rashid

(National Agricultural Research Center, Park Road, Islamabad-45500, Pakistan. E-mail: abdul.rashid@comsats.net.pk)

土壤除了能够支持农业生产以外,还在生态系统中通过执行大量的关键功能来维持生命活动的运行。然而,在历史上,土壤一直仅是作为食物和纤维的生产而被人们感恩和管理着,它在我们这个星球上担当着维持生命的神圣使命。在农业科学的竞技场上,土

壤科学家应发挥他们的优势,从植物生长的角度做研究和管理工作。毫无疑问,发展中国家目前的需求和挑战依然是食品安全,然而,近段时间以来,由于需求和认知程度的提高,环境议题已经占据土壤科学的中心位置,这种形势是与世界其他地区的情况是相一致的。当我们思考如何通过分解废物、节约用水和过滤污染物的方式控制地球化学污染物的时候,我们不能过分地强调土壤在环境保护中所起的作用。

在世界欠发达国家中,为满足日益增长的人口对粮食和纤维的需求,他们过度地开发土地资源并且其利用土地的方式也不甚合理,这种解决问题的方式直接导致了各种土壤退化过程的持续恶化。土壤不能承受永远被无休止滥用的压力,也不能对提高生物量和清除污染的双重压力给予有效的缓冲。气候条件限制了土壤的物理、化学和生物的缓冲过程,以生物量的产生量减少为特征的土壤退化过程也就表现了出来,在许多情况下,这种退化过程威胁着农产品系统的安全。因此,即使是在灌溉条件极为良好的欠发达国家,农业生态系统也表现出退化的迹象。更严重的是,由于市政和工业废物的不合理排放物和杀虫剂及营养成分对地表水和土壤造成了污染,这种现象高度侵蚀着作物系统,对农业生态系统本身来讲也是致命性的。

在过去的几十年里,多数欠发达国家中包括土壤在内的自然资源已经发生退化。对土壤科学家而言,目前最紧迫的任务是维持土壤资源的现有水平不退化,并在有可能的情况下,使土壤的退化过程发生逆转。在发展中国家最具现实性的挑战问题就是满足快速增长的人口所需粮食和纤维的同时对环境进行保护。为达到粮食安全的目的,我们需要尽力去增加粮食的产量,在农田水平上发挥基因技术的潜力以获高产。这个目标是可以实现的,但唯一的途径就是用科学的手段进行农业生产。因此,土壤科学家需要致力于与当地资源相匹配的人力资源的培训、农业科技的研究和农业机械的设计等方面。

由于缺乏合理的土地利用计划,城郊地带的大片优质农田大都被钢筋水泥堆成的基础设施所代替,使耕地的数量锐减。另一方面,由于水资源的短缺,新开垦农地的增加数量有限。这就造成了农田绝对数目的减少。由于土壤的生成需要一个较长的地质时间,因此,对我们人类而言,土壤就是一种不可再生的资源。我们承认这一现实,那就是没有了自然资源的基础,我们的农业生产也就维持不下去了。所以,留给我们的唯一选择就是采取生态友好型的土壤管理措施,保存好这珍贵的土壤资源并不断地提高它的生产能力。只有应用精准农业技术来更好地理解土壤的变

化过程,我们的目标才可能实现。土壤科学家应当选择既适合提高农产品的产量又能保护环境的课题进行研究。但是,由于土壤的极端复杂和巨大的变异性,维持土壤资源于可持续状态的的任务的确具有很大的挑战性。土壤的管理不能仅限于生物圈内,因为土壤本身是一个完整的一部分。因此,未来在土壤管理方面的努力应该提倡各直接或间接相关的学科间的交叉与综合。

环境问题的解答途径只有一个,那就是对物理、化学和生物过程进行透彻的理解。当前,在许多欠发达国家,解决环境问题的基本条件即合格的专家和/或基础设施恐怕都不足备。由于环境方面的发展需要匹配人力资源和大笔资金,这就需要决策者们调配足够的资源来满足此要求了。

尽管农业生产和环境保护这个日益复杂的问题的理解和解决日益重要。但土壤科学仍然是一个发展较不完备的学科,并不象植物学,到目前为止,它还缺乏真正意义上的通用的分类系统和命名。土壤科学是动态性的,由于其具有极端复杂性和变异性的特点,这种动态性将会维持下来。现在我们对土壤的了解还很有限,但通过我们不断的努力,人们对土壤的了解一定会逐步加深的。最近一些年来,科学(包括土壤科学)已经在朝着高度专业化的方向在发展,我们正走向高度的隔离化状态。虽然走向专业化是土壤科学进步的积极信号,但同时我们也与现实的周边世界隔离了起来。与其他科学一样,土壤科学应当尽力服务于人类。然而,为达到服务于人类的目标,学科间知识的综合是至关重要的。因此,我们应当给予今天和未来的土壤科学家们以广泛的训练,使之能更好地服务大众。但是今天许多发达国家的大学教授倾向于完全基于实验室/温室和/或计算机研究取得的成果就给学生授予博士学位,当然我也依然高度赞赏那些无田间试验就不授予学位的教授,但上面提到的现象确实存在。因此,我再度强调,未来土壤科学家应对农业现状有足够的理解。

让我们考虑一下今天和明天的土壤科学应该做的事情吧。我的理解是,未来的土壤科学家将会被要求用精确的方式回答更加复杂的问题。因此,未来土壤科学家面前摆着一条充满挑战和机会的道路。关键的问题是我们要对迎接这些挑战、利用这些机会有充分的准备了吗?

简而言之,我敢预言,未来的土壤科学将在解决人类的粮食安全和健康方面扮演关键的角色,尤其是在欠发达国家。

(郑茂坤 译)

国际农业研究：处于十字路口的土壤科学

John Ryan

(International Center for Agricultural Research in the Dry Area (ICARDA), P.O., Box 5466, Aleppo, Syria. E-mail: j.ryan@cgiar.org)

土壤维持生命和为人类提供足够食物和纤维的能力从历史上讲就与其肥力或植物营养元素的保持以及雨水和灌溉的多少有关。事实上，有繁茂植物生长的适耕土地向来都与灌溉和施肥条件良好密切相关。根据马尔萨斯理论，直到 19 世纪，世界范围的土壤肥力还允许地球的人口呈指数形式增长。但随着人口的增加，其后的时间内人类对食物的需求量就超出了地球的自然供应能力。随着化学和肥料工业的发展以及氮、磷、钾等营养元素的施用，20 世纪的 100 年间，整个世界的粮食和人口维持了一个相对的平衡状态，使人类满足于相对富足的食物供应的现状。然而，21 世纪初的今天，粮食安全凸出了问题。平行发展起来的农业科学与土壤和作物的营养显著有关，它在克服粮食作物生长过程中营养物的缺乏的局限起着主要的作用，并且它也提高了肥料的利用率和农作物的品质。

20 世纪后半叶地球上出现一个明显的不平衡现象，发达地区食物足够甚至过量，出现抛荒的现象，而人口众多的发展中国家内战频发，战争甚至持续到现在仍未实现停火。由于耕地面积扩大的幅度有限，加上土壤的侵蚀和退化，这种形势已经威胁到土壤资源的储存。面对如此严峻的形势，唯一解决的办法就是加强土壤-植物系统研究，将现代科技充分运用到粮食缺乏国家的农业生产中去。因此，很有必要建立国际农业研究系统。

全球农业研究咨询组 (CGIAR) 成立于 1971 年，它的前身是分设在尼日利亚摩洛哥的国际中心。该中心后来不断发展壮大，现在其在全球范围内已有 15 个分中心负责处理所驻国家的日常特殊事物（如稻谷、大米和动物等）、农业生态系统问题（旱地、农业森林、渔业和生物多样性等）和政策等。中心成员一些是全球委任的，其他是地区代表。他们的目标相当宽泛，从用应用研究的方式来减少贫穷到保护环境和保护地球的生物多样性。这些中心独特之处就是它们同当地农业研究系统和世界上的顶端机构均有合作关系。

事实上，CG 中心是建立在 20 世纪 70 年代成立的“绿色革命”组织的基础之上的。“绿色革命”组织的宗旨是开发优良的作物品种，减少土壤中化肥的施用。因此，营养的限制因素、营养物的供应和使用被多数中心提到研究的日程上来。取得的突出成就有菲律宾国际水稻研究所 (IRRI) 解决了在淹水条件下稻田中

氮的施入方式；国际热带雨林农业研究中心 (CIAT) 确认和改善了热带雨林土壤中的营养成分，尤其是磷的缺乏和毒性问题。国际旱区农业研究中心 (ICARDA) 阐明了旱地作物系统中氮、磷的动态变化过程，除此之外，他们研究内容还包括对碳的储存、钙质土壤中的微小营养物质、灌溉废水的营养物和水/营养物的利用效率等的研究。类似地，与土壤相关的研究作为其工作主要部分的分支单位还有尼日利亚的国际热带农业研究所 (IITA)，该所重点研究土壤的侵蚀和土壤的退化。设在印度的热带半干旱区国际研究中心 (ICRISAT) 设有营养组分的研究项目，主要研究水的综合利用效率。尽管墨西哥小麦和玉米改良国际研究中心 (CIMMYT) 主要以小麦和玉米培育闻名世界，但也处理有关营养物质，如农田生态系统中的磷和菌根的问题。不管是对于庄稼还是环境，所有与农业相关的土壤研究中心中的研究课题都涉及到农产品的生产效率和资源的可持续利用的问题，所有这些项目的最终目标就是为人们的生存和生活服务。

处在新千年初期的今天，世界改变的步伐正在加快；全球化、自由贸易和广泛交流诸因素驱动着这些改变的发生。与所有的国际组织一样，CG 中心也并非与外界隔离以求发展的。尽管在发展中国家土壤科学家成功地解决了食物生产的问题，但仍有一些棘手的问题需要去处理，尤其是在非洲，那里人均可利用的土地及其土地的潜能呈不稳定的下降状态。与土壤相关的技术，尤其有关土壤侵蚀控制和肥料应用方面的技术的转换已受到广泛的限制。这种限制从基础设施和交通延伸到银行系统、市场和教育领域。

中心未来发展的主要威胁是，捐赠基金将从农业转到卫生和教育领域。即使是资金相对比较安全的今天，不论是重点基金还是捐赠基金，他们所强调的重点已经发生了改变：他们投入的重点直接指向更加富有前途的地方如生物技术。但到目前为止，发达国家还几乎没有证据表明生物技术是完美无缺的。现在被公众所广泛认为的化肥对环境有害的观点是错误的，对发展中国家而言，它简直就是一匹特洛伊木马。工业化发展良好的国家，人口增长率较低甚至呈现负增长，使他们持有这种奢侈的观点。但是只有在他们那样的施用条件下，施用化肥有害环境的观点才是成立的，他们不能否定粮食产量大部分是依靠化肥而产生的事实。发达国家不能也不应当愚蠢地认为不施用化肥他们就能取得粮食的高产量。有机肥虽然能给西方国家带来区域性的小生活环境，但它不会给发展中国家带来什么实质性的影响。现在，已经出现从对土壤营养研究转向人体营养研究的迹象，所以土壤科学家

的视野也应当在整体上从对土壤营养的研究转向对人体营养的研究上来。土壤科学必须实现两个目标：生产足够的粮食和保护确保未来生产粮食和纤维的环境。

土壤科学和相关的作物营养研究已经对世界作出了很大贡献。我们不应让它成为自己成功的牺牲品。它们生产粮食的能力不能够被认为是理所当然的。土壤科学家作为一个整体必须更好地进行交流，让发达国家的人们能够认识到自己现在已经做的一切，并让他们能知道他们应该怎样做才能够确保自己的后代有足够的粮食供给。

未来的 CG 中心需要吸收那些受过良好训练、有能力的科学家，这些科学家应有敏锐的洞察力，给出具体的措施，用科学的办法将人类带离贫穷。重新造的车轮，摒弃羊毛哲学和那些空洞的口号的做法将不会对人们摆脱饥饿的努力产生阻碍。没有人们的重归现实和如 Norman Borlaug、Neil Brady、Pedro Sanchez 和 Rattan Lal 等一批国际土壤-作物科学家们的努力，未来的 CG 系统中的土壤-作物研究将会得不到保障。

(郑茂坤 译)

土壤科学的未来

Samra J.S.

(Indian Council of Agricultural Research, Krisbi Anusandhan Bbawan-II, Pusa, New Delhi 110 012, India. E-mail: issamra 2001@yahoo.com)

大多数亚洲国家中农业对 GDP 的贡献占到 20%~90%，它不但是人们谋生的主要手段还是环境安全的主要屏障。由于工业化进展缓慢，所以形势似有变复杂的趋势：人口增长过快、城市化进展速度惊人以及生活方式和标准的迅速改变。印度个人土地的平均拥有量从 1951 年的 0.91 hm² 下降到 2000 年的 0.35 hm²，到 2050 年有可能下降到 0.19 hm²。土壤、水、生物多样性和施用化肥量的综合管理已经成为实现全球贸易中植物标准、生物标准和健康标准的关键。可利用水源的数量预计从 1996 年的 2133 m³/人降至 2050 年的 1289 m³/人。中国、巴基斯坦和其他亚洲国家面临的水源形势与印度类似。家庭和工业用水的循环和地质原因造成的较差水质是造成水源污染和优质水缺乏的主要原因，对未来水源的供应构成了挑战。

全球变暖、极地冰河融化、海平面上升和极端事件诸如洪水、干旱、冷热潮、龙卷风、海啸的发生频率明显地增加的事实已被精确的数据分析所证实，并且已获间接的证据。全球变暖可对全球社会经济造成极大的影响：丘陵地的过度侵蚀、某些岛屿被海水淹

没、海岸移民带增加和人类重新分配到有较好生态系统维持的陆地上。既然象土壤、水、生物多样性、气候等的自然资源是食物、饲料、营养物和环境的支撑，我们就应该保护自然资源—保存自然资源的原貌以利于未来研究更好地利用。另外，自然资源的部长级管理有望带来知识爆炸、人口增长的强相互作用，也有可能给发展中国家带来发展生物和纳米技术等高科技的机会。

通过以上分析可以明显的看出，土壤扮演着谋生介质，基因库，固体废物的处理场，家庭垃圾、工业废弃物和其他污染物的环境接受器的作用。

由于亚洲地区人均土地资源的拥有量在下降，养活过快增长人口的唯一途径就是增强自然资源的生长力和单位面积和单位时间的投入。土壤的管理将会以高的资本投入、能源投入和知识投入为基础。由于营养物投入的减少和成本的下降，年产水稻和小麦超过 10 t/hm² 的印度恒河平原其生产力已见乏力。土壤管理的另一种方式是增加种植密度来代替高投入。这种方法是如此的有效以至于印度恒河平原和中国的农民在一茬水稻收割后都来不及翻耕，烧掉稻秆就又撒上了种子，因为他们耽误不起收获稻秆和灌溉的时间。由于稻秆的湿度较大，其燃烧不够完全。燃烧不完全的稻秆会产生碳粒进入空气中，带来人和动物的健康问题，同时也浪费了土壤中的营养成分。含量不足的元素已经在短短的 80 年里从单一 N 素逐步扩大到包括 P、K、Zn、S、B、Mg 等在内的 8 种元素。

需要对每种元素进行科学调查以了解它们的施入量与时间的函数关系，以确定施肥的时间、种类和方式。由于营养不足的形势还在继续恶化，如何优化配施营养肥量就成为维持该区生产力和可持续能力的重要驱动力。

据最新估计，能量和水已成为全球土壤投资的最关键部分，两者在土壤中是紧密相关的。除了人口增长，亚洲在 20 世纪初的城市化速率是 10%~11%，目前大约为 25%~30%，到 2050 年将增长到 50%。大多数的能源生产和消费都是以环境恶化为代价的，高度的城市化将可能产生大量的固体废弃物、生活和工业废水，这些废物将会在郊区农地中进入循环体系。由于废弃物中含有肥皂、医疗卫生制品、制药和工业过程产生的废物等，这些垃圾中的生物和工业废物的组成迅速地发生了改变。

恰当的处理技术和公共投资的缺乏增加了土地中的污染物向植物、蔬菜、饲料、食物中传递的概率，并有可能威胁自然资源-动物-人体的消费链。只要可行，利用经济有效的腐生动物、微生物、植物净化被

污染的土地将是一种不错的选择。

土壤被看作是未来取之不尽的基因库，尤其是在成功将 Bt 基因运用到各种农作物和日用品中以后。到目前为止，对土壤中微生物的开发还处于开拓阶段，我们不仅要研究它的性质、DNA 印迹还要对土壤的结构功能基因进行定量化和以文件的形式保存下来。当然，随着更多智力的介入和地理指示器的应用，这种高利润的优势正在消失。然而，投入研究的人员中很少有经过严格培训的，他们处理土壤微生物的突发性情况的经验往往会显得不足。要想在市场竞争中处于优势地位，首要的一点就是具有优秀的人力资源储备。与此同时，纳米技术已经突破物理、化学、生物科学间划定的严格界限，也有可能能够用在该领域的研究中。最快的计算机处理器芯片可能会被生物芯片所取代，这种芯片拥有高达数十亿次的处理信息的速度。这种速度都可以与人类大脑的最快运转速度相媲美了。这就为我们土壤学家们借助计算机来工作提供了可能。

现在，气候和天气发生改变的观点已被包括当初反对最强烈的科学家所接受，不管当时他们反对的理由是什么。如果这种趋势持续下去，地球上的水将会被重新分配，降水的方式、种植、耕作系统和土地利用方式都会发生很大的变化。

气候的变化也将对土壤侵蚀、退化、土壤微生物和沉积过程产生显著的影响，这是一个巨大的科学挑战。在环境变化的缓解项目中，土壤起着全球变暖气体的源和汇的作用。一方面，当我们将土壤科学协会重命名为 NRM 组织的时候，一些纯粹的土壤科学家们感到沮丧。但另一方面，他们又毫不羞涩地将纳米技术、生物技术和基因的功能和结构等跨学科的手段结合了起来。

我们需要重新回顾和审视土壤教学的提纲、课程和内容以及对土壤科学的研究和教育领域的发展状况，以对出现的问题及时地解决，对出现的机会及时地把握。真心希望将土壤科学知识普及到亚洲及其他发展中地区的社会中。

(郑茂坤 译)

社会驱动的人为土壤科学

Shi Xue-zheng

(State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China.

E-mail: xzshi@issas.ac.cn)

在土壤科学发展的最近 100 年中，有两个不可忽略的重要因素推动了土壤科学的发展：人类需求以及

与土壤科学相关的科学与技术的发展。其中人类需求是影响土壤科学发展方向的最重要因素。由于发展中国家正处在工业化进程中，这些地区的土壤科学研究必须满足双重的社会需求：为确保充足的粮食供应而保持农作物稳定增产；解决由于快速工业化和农业发展造成的环境污染问题。上述两种需求在中国都存在。因此，中国应该尽快发展以下研究领域：

土壤资源信息

由于体制改革和全球贸易增长，中国的经济在最近 20 年来快速增长。然而，农用化学品的广泛使用、农业管理方式的改变、快速的工业化和城市化，农村地区出现了大片的小块农用地，农民在这些小块地上种植不同的作物。在中国，工业化甚至在小城镇或小村庄等小面积土地上进行着。例如，江苏省某城市的西郊，在面积 8 km² 的土地上建立了近 400 家企业。在工厂和农田混杂的地区，环境恶化更加严重。鉴于此，由于集中的工业化和人类活动，土壤特性和污染水平可能在很短的距离内发生剧烈的变化。因此，那些最初在自然土壤起源条件下产生的土壤演变因素，在人类活动和工业化进程中已经发生了巨大的变化。为了精准地描述土壤资源总量，必须考虑新的土壤演变影响因素（包括现代土壤利用、污染问题等）。这些新因素的引入会导致土壤信息资源获取的理论和学术框架的建立。要想取得成功，就必须引入新的学术思想和新技术来适应不断发展的社会需求。

土壤演变

应用现代土壤学调查方法，土壤学家经过调查采样、室内分析和土壤地图的绘制，就可以指导农民的作物种植活动。然而，由此引发了一系列重要问题：必须对整个受到工业化和城市化影响的区域调查采样，才能确定其对土壤资源的影响吗？取样密度应该怎样确定？重复采样的时间间隔应该怎么控制？虽然土壤教科书对上述问题给出了解释，但这些问题变得越来越难以预测和解释。也可以非常简单地处理上述问题，即确定影响土壤演变的主要因素。然而，由于此领域缺乏理论支持，中国在进行土壤环境质量调查时，出现了一些问题并浪费了一些资金。例如，在进行大范围土壤环境质量调查时，大部分预算被用于栅格式的土壤采样。资金主要用于土壤常规特性的实验室分析以及重金属含量和各种有机残留物的测定。从这些常规监测中得出的结论往往是“只在一些采样点孤立的存在重金属污染”。花费了巨额的资金仅能得出这样的结论。如果当时了解对土壤常规特性、重金属含量和各种有机残留物含量的主要影响因素，就可以节省大量的资金、人力和物力。

土壤分类

土壤分类是一个很老的话题，可到现在仍未解决。土壤唯一的分类方式是土壤合理利用、科学管理的基础，同时也是土壤研究成果在国际间交流必不可少的媒介。遗憾的是目前为止，尚没有一个全球统一的土壤分类系统，仅存在两个比较有影响力的分类系统：美国土壤分类系统和世界土壤资源参比基础，构成了世界当代土壤分类的大部分内容。在中国，土壤分类经历了多次较大的调整，这导致了目前两种分类系统同时被采用，中国土壤分类系统（GSCC）和中国土壤系统分类（CST）。各种在全国范围、各省（包括直辖市和自治区）、各城镇水平的土壤物理和化学性质数据调查成果都是以中国土壤分类系统为基础报道的。当中国的土壤学家到国外或者国外的土壤学家到中国来进行土壤学术交流时就会出问题，因为没有一个是全球通用的土壤分类系统。因此，建立一个世界通用的土壤分类系统是极为重要的。至少，我们应该在各种不同的分类系统中建立一个参考系统，以满足土壤科学发展的需要。

总而言之，土壤学家不能仅仅关注土壤特性的研究，同时也需要根据社会需要进行相关研究。在人类活动的强烈影响下，原本需要数千年的土壤演变过程现在仅需以前的一小部分时间就可以完成。因此，在 21 世纪初期土壤学家如果忽视了人类活动对土壤的影响，怎么可能使土壤科学的发展与社会需求相适应呢？

致谢

衷心感谢国家自然科学基金委员会和中科院知识创新工程的支持，感谢 Zhao Y.C. 博士在本文初稿准备中给予的帮助。

（张红振 译）

土壤科学的未来

Don Sparks

(University of Delaware, Newark, DE 19717-1303, USA. E-mail: dlsparks@udel.edu)

作为国际土壤协会的主席，过去的 4 年里，我有机会周游世界，去过南、北美洲，欧洲，亚洲和澳洲，遇到过许多土壤学家和许多其他学科的科学家，也与政策制定者互相交流过。我很高兴能在我出席的会议上看见许多年轻的土壤学家。他们是土壤科学的未来。总之，我对土壤科学的未来非常乐观，我们面前有很多挑战，但同时也有无限的机会。

世界上各国面临的挑战和问题都是类似的：增加

粮食产量的需求，城市化的增长，因侵蚀和沙漠化导致的土地退化，土地使用问题，全球气候变化，空气和水的质量，水供给，食物安全和人口增长。每一个主题都和土壤相关，因此土壤科学家们必须致力于这些问题的解决。我们必须结合先进的科技、多学科研究和多种方法以解决这些问题。为了顺利进行研究和满足社会需求，我们在保持土壤学家和土壤学科特点的同时，不能孤立地工作。我们必须和许多领域的同事合作，包括数学、物理、化学、地质、工程、社会科学、经济、伦理和公共政策学科，在更广的空间和时间跨度上从事研究。

我们有很好的机遇，也面临着很多挑战。我关注的两个问题是土壤科学及其他大多数学科的基金缩减和毕业生们对从事学术职业兴趣的降低。在我看来这两个问题是有关联的，许多学生看见老师们花越来越多的时间去筹集资金却没有效果。在任何领域都有不断追逐金钱的需求是一个危险的趋势。对一个问题能深入研究很多年，并取得重大进展的事情几乎已经成为过去。另外，缺乏连续的资金意味着一些研究的关键问题不能再继续下去，我们必须扭转大多数国家对研究基金的投入缺乏重视的趋势。我们土壤学家应该做什么？在我看来，应该在未来几年里采取一些关键措施，包括：在与政策制定者和公众交流我们在进行的问题时要更加活跃和有效，更加积极主动地寻求和争取基金资助来从事重要的农业和环境问题，以提高全球经济；在相关领域的期刊杂志和科学会议上发表和介绍论文以提升科学家们的“形象”；积极宣传教育，给老师和学生提供培训以便吸引更多的学生对土壤科学感兴趣并立志从事土壤科学；提高毕业生的就业和培训水平；提高我们团队的多样性：性别、种族、成员类型（我们需要有更多职业者，并提供他们需要的成员）。采取了这些措施，我相信土壤科学的未来一定是一片光明。

（姚春霞 译）

土壤学的未来

Roger S. Swift

(Faculty of Natural Resources, Agriculture and Veterinary Science, University of Queensland, Queensland, 4343, Australia. E-mail: rswift@uqg.uq.edu.au)

如果有土壤科学工作者问自己，土壤科学的未来是什么？这通常意味着土壤学对自身重要性、对关键研究机构中的土壤学家数量、对将来培养研究生和技术人员的要求等方面正面临着困惑。事实上，许多国家的土壤学正面临着这样一个自我困惑的时期。我已

经看到过许多这样的文章和信件在哀叹土壤学迫在眉睫的命运和政府的愚昧、目光短浅，以及放任自流。土壤学是否存在困难，这要视各个地区有所不同，但要论及土壤学在当今社会中的作用，答案勿庸置疑是肯定的。下面我会详细地阐述这个道理。

毫无疑问，土壤学在农业生产、指导土地利用、了解和管理景观以及了解相关的生态和环境过程中发挥了巨大的作用。这些成绩主要是 20 世纪的前 70 年内取得的。当了解了这些背景，就能够对土壤学的未来作出正确的判断。

如果说发达国家对土壤学家的需求在下降这个事实成立的话，那么我们必须承认这是因为许多问题（但并不是说所有的问题）已经解决了，而有些活动就转为个人的了。换言之，目前的变化得益于过去土壤学的成功。而我们现在更关心的是目前这些国家中土壤科学家的减少和不能培养出新的人才，是否意味着这些国家不再需要这样的研究人员和资源去处理这些仍然存在的问题和即将发生的新问题。

另一方面，如果我们去看东南亚、南美和一些非洲国家经济正在发展的地区，会发现许多年轻的科学工作者正满腔热情地寻求抱负。我们就应该保证这些年轻人能够得到这样的锻炼并且能够为他们提供成功路上所需要的一切资源。欧洲国家、美国和澳大利亚应该在培养发展中国家的年轻土壤学家方面起到重要的作用。因为，现在正是到了要相互交流的时候了，只有这样才能使一些宝贵的技艺和知识不会随着时间的流逝丢失。这也是一个双赢的局面。

对于未来，土壤学面临的又有哪些关键问题呢？尽管我们不厌其烦地说明粮食、燃料和纤维的生产在随着世界人口增长不断增加，并且得到了一些可怕的预测，而这个生产系统仍然在维持着。但是我们知道土壤和水资源是有限的，系统的张力也是有限的，在某一个时候，一些因素就会成为整个生产系统的限制因子。

例如，由于高质量的耕地比较有限，在美国和东南亚为了作物种植和畜牧业生产，大片的原始森林被砍伐或烧毁。由此对碳循环、土壤侵蚀和空气污染（特别是东亚地区）造成了巨大的影响。在经济发展地区对畜牧业和植物蛋白需求的快速增长给当地的生产性的土地造成了巨大的压力。

除此以外，工业生产的变革和新科技对植物和动物生产带来的环境问题也为土壤学家提供了施展的舞台。这些发展会增加土地利用的竞争，也需要建立更合理的科学原则来指导土地利用的分配。下面是可能会对土壤科学产生影响的具体内容： 气候变化：处

理由温度、有效水资源和根据不同的土壤和土地系统重新分配农业生态区。 碳扣留：挖掘具有潜在碳扣留能力的树木和土壤有机质来帮助减少大气 CO₂ 的浓度。 作为能源物质的生物量：生产大生物量的物质用来转化成液体的生物油，从而可以减少石化燃料的使用及其对土壤有机质含量的影响。

转基因植物

利用转基因植物生产特定的生物化学物质来替换石油类化学物质，并在此基础上生产出药物和生物多聚体。但是需要确定哪些土壤和农业生态系统适合种植这类转基因植物。

废弃物堆放和再利用

大规模的人口集中居住以及强烈的环境意识和严格的管理规章，由此带来了固体、液体、有机和无机废弃物地堆放和再利用问题。通常直接堆放在土壤上成了优先的选择。因此，为这些废弃物寻找一些可行的处理方法，同时又不会对人类的长期健康和土壤质量构成威胁，是土壤学家面临的一个重大挑战。

分析仪器

未来，在土壤分析方面还会开发出许多新颖的分析仪器，包括开发诸如利用航空航天设备对土壤性质进行远程的原位分析，或者利用快速分析仪器直接分析土壤样品，而不需要经溶剂的提取和消煮。还有在农业和土地管理方面，可能会经常用到全球定位技术（GPS）和数字地形模型（DTM）。

所以如果要问土壤科学有未来吗？我的回答是肯定的。上面列举的只是其中的一小部分，还有像肥力、酸雨等问题都值得进一步关注。未来的研究工作将更加注重多学科研究队伍的合作，对环境和生产系统中的不同部分同时进行监测，并对这些大批量的数据进行分析、诠释和综合。因此，对土壤科学家来说，挑战和机遇是均等的，让我们坚信有更多的土壤学家会正视这些挑战。

（章海波 译）

发生土壤学的研究范围

Victor Targulian

(Institute of Geography, RAS, Moscow, Russia. E-mail: targul@centro.ru)

在土壤科学所有分支中，作为地球科学和生命科学交叉学科的发生土壤学（俄罗斯叫做演变土壤学）是土壤学的最基础部分并成为土壤学的核心研究领域。发生土壤学让我们明白土壤是一个具体的自然体，是一个生物-非生物的开放系统，构成土壤圈。发生土壤学基于一种主要的土壤发生模式，该模式定义土壤为一个原地形成的自然整体，用公式表示为 $S = f(cl, o,$

r, p, t)。发生土壤学研究土壤的形成和演变,研究土壤系统在一定时间内的变化和空间分布,并试图对全世界各种各样的土壤进行分类。基础发生土壤学研究当今世界各地陆地表面现存的土壤圈层。在理论上,该研究应该与自然和人为环境紧密联系起来。目前应用最广泛的研究方法是Dokuchaev-Jenny-Gerasimov的三元组:因素→过程→特征。三元组理论在应用时存在一些经验和理论上的困难,这主要是因为该理论主要考虑现存的一些土壤形成的因素和过程,而忽视了其他地质时期的成土作用。我们关于区域土壤的传统发生学概念主要是同质的,然而我们很清楚地知道世界上大多数土壤的真实历史都是异质的。

从土壤发生的角度研究当代土壤圈的观点应该是基于发生过程的研究,其目标应该是理解形成现存世界上各种各样土壤类型的土壤发生过程并指明未来土壤的演变方向(发展或退化)。这类研究通常从对一组稳定土壤特征的详细调查开始,这些调查包括土壤的形态、分析特征和土体的分层状况。从土壤发生的角度,可以把这些土壤组成分为来自土壤母质或过去土壤演变时期的不可再生残留物和来自现存影响因素和当代成土过程的可再生部分。

在此基础上土壤发生学的假说详细解释了土壤的形成、演变和进化。这些假说是根据我们关于具体土壤发生过程的经验和理论知识建立起来的,据此我们发展了针对所研究土壤的基于过程的模型。通过该模型和现有古地质知识的结合,我们就能描述包括具体土壤发生过程及分布的土壤起源。该研究的目标是认识土壤发生过程的生物地球化学本质和矿物学本质,土壤发生的速率、时间特征、趋势和土壤发生的时间序列,以及各土壤发生过程中输入土体和土壤表层的物质。

我们需要逐步理解全新世的土壤圈功能、输入,以及当代可重现的土壤发生过程及特征和从已中止或消失的无法再现的土壤发生过程继承来的特征之间的关系。

理解当前和过去土壤演变过程的三元组(因素→过程→特征)关系对于土壤管理和保护具有重要意义。据此我们亦有可能预测在不同的自然和人类影响下土壤将来的演变过程和方向。

作为基础科学的发生土壤学,其研究内容一大部分来源于土壤起源、演变、覆盖在陆地表层的土壤的地理分布和分类等知识的历史积累。我们把研究该部分内容的发生土壤学称作当代自然发生土壤学。最近几十年里,发生土壤学面对自然科学进步和社会发展的挑战,另外一些研究领域也发展起来。这其中最成

功的当属古土壤发生学,现已发展成为地球科学的一个独立分支学科。古土壤发生学研究最成功的领域在对沉积或覆盖在陆地表面的更新世和全新世土壤的研究。现在古土壤发生学还研究更早期的土壤发生条件:中古生代的土壤发生学。描述和理解此时期的古土壤主要依靠一些可行的研究方法。但是中生代尤其是古生代时期的一些特殊的生物和气候环境已经消失而且在近期的生物圈和土壤圈中从未再现。因此,重现那些与已经消失的生物和气候类型相联系的古土壤及发生过程的起源和演化面对更多不确定因素。

全新世和更新世的发生土壤学研究已经取得了丰富的研究成果,新生代和中古生代的发生土壤学研究也取得了初步的进展。据此,可以考虑研究古土壤演变过程和各主要地质时期世界古土壤演变、古土壤圈和古土壤发生过程。

与自然古发生土壤学和当代发生土壤学密切联系的土壤考古学和考古土壤学在近几十年发展也非常活跃。

在对旧石器时代、新石器时代和近期考古遗址,甚至包括一些中世纪遗址的研究中,涉及了一些关于古人类起源土壤、土壤沉积和土壤复合的新发现和新闻。由于考古调查的研究范围和多样性迅速扩大,发生土壤学的这一分支研究范围也非常广泛。在人类技术起源土壤学和土壤沉积学的研究中也出现了类似的研究范围扩大的情况。在上述研究过程中,基于过程的土壤演变研究范例(因素→过程→特征)使我们解释现存的土壤特征和预测将来可能的土壤发生成为可能。

发生土壤学的另一个探索性分支是与生态学、地质学、水文学、水文地质学紧密联系的地球表层土和残积物(即所谓的地貌关键带)的演变问题。采用基于过程的土壤演变方法,能对该关键带在不同影响因素作用下的行为预测提供便利。

也许发生土壤学的最新分支学科是对外星球(月球、火星、水星)的表层陆地土壤演变的研究。关于月球土壤研究的第一篇论文已经发表。这些研究可以帮助我们解释这些星球上的土壤在各种不同的极端环境下的原地演变规律。虽然没有生物和水的作用不能形成土壤,但在极端的星球环境影响下,在其表面经历一系列完全不同的环境变化就能形成一些类似土壤的层次结构。我认为普通的发生土壤学应该包括以上各分支学科,我们通常所说的发生土壤学理论能够用在上述各种不同的土壤演变的研究中。

最后,我想强调的是只要合理利用发生土壤学主要的研究范例、原则和方法学,我们就能解释与土壤

相关的各种现象是如何发生的, 以及它们在各种不同的时空条件下的演变规律。

(张红振 译)

土壤科学的未来

Lamourdia Thiombiano

(Food and Agricultural (FAO), Regional Office for Africa Accra, Ghana.

E-mail: Lamourdia.Thiombiano@fao.org)

居住在非洲东部的埃塞俄比亚人最常用的一句日常问候语是: “我祝愿您的土壤肥沃。”这一事例清楚地表明他们对土壤的神圣崇拜。这一观点来自在人类社会和生存环境平衡中的生命基本需求。肥沃的土壤是生命的土壤, 它能在一定时空范围内为人类提供食物和其他精神、文化和环境效益。

作为生命循环神圣的一部分, 土壤和土地一直被全世界的农村社会推崇。当土壤被杂草侵入或由于严重侵蚀而逐渐退化时, 德克萨斯农民和俄罗斯、欧洲农民一样非常悲伤。同样, 对于发展中国家的农民, 若出现这种状况就是懒惰和没有照顾好这一生命体的体现。为了保护土壤避免出现上述情况, 玻利尼西亚农民覆盖一个地区的土壤长达一个世纪, 仅是为了在山谷里种植芋头。这些例子表明土壤一直受到世界各地农民的关注, 当然土壤对于城市及近郊的居民来说也是至关重要的。“不管多么发达的社会, 其根基都在土壤。土壤支持生命, 是最基础的”。众所周知, 作为城市生活关键的建筑物、道路、机场以及其他基础设施, 更不用说粮食生产及周边环境, 其基础都是土壤。

虽然土壤和土地具有最基础的作用, 但在世界范围内尤其在发展中国家却很少有足够的投资和强有力的政策支持来对土壤进行保护和合理利用。土壤和土地像矿产一样被理所当然地利用, 从中榨取产品或使用其功能为人类消费或提供福利。

对于土壤的错误理解和缺乏适当的保护导致的最严重后果就是土壤的急剧退化和沙化, 土壤和水环境污染, 生物多样性减少, 自然灾害比如洪水和干旱的增多, 地下水位下降, 土壤生产率下降和发展中国家农村贫穷的增多, 等等。

本文所讲的土壤和土壤学未来是什么呢? 将来人们会进一步认识到土壤是有限的资源, 这可以通过土壤的现状和演化趋势、我们的文化和价值、以及我们对地球上土壤的关注和思考的水平不断提高体现出来。在探索土壤未来的过程中, 土壤学家作为主力军, 必须倡导土壤的基本农业价值和环境友好的自然资源管理方式, 比如采用适当的方法减少对土壤的干扰和

保持土壤覆盖, 最终使土壤生产力和维持环境能力提高。

土壤科学的未来正在通过以下方式逐渐展现出来: 世界土壤学会的大力游说, 联合国和地区间的各种重要的全球论坛, 各国或国际间讨论资源利用政策, 以及环保政策制定和实施。土壤和土地问题再次被提上议程, 在各种会议上更清楚地被提出, 并提出了长期的发展目标。这些目标应该包括土地沙化和气候变化的对策, 国际间的水环境保护和消除贫困。土壤科学应该发展与食物安全和资源持续利用有关的政策以利于更好地理解土壤的功能和服务。

对土壤和土地的保护是保证粮食产量、生态平衡和其环境功能的重要前提。土壤学的未来会与全球 CO₂ 排放市场相联系。这将为土壤学活力的维持和发展产生新的推动作用。土壤科学应该能够为相关政策的制定、对农村社区进行教育和对当地的政策决策者提供培训, 同时能够为研究土壤碳储量的专家提供帮助。

土壤学的未来应该避免进入计算技术和生物技术的边缘地带, 也应避免所谓的高速发展。土壤科学的研究范围还应该包括用适当的工具调查和获取土壤信息, 土壤环境的监测、评价及预测以及土地利用。我们需要一个更灵活、更及时的有效方法来解决土壤学前景领域的问题。该方法应该来自土壤学内部并能够提出新的知识、工具、实践和建议。土壤学新的领域包括, 矿区土壤的状态和功能, 土壤质量对世界贸易的影响, 生态系统和流域方法, 与转基因生物(GMOs)相关的生物多样性研究, 土地景观设计等, 这些会更加蓬勃地发展。

未来的土壤科学将会从目前经典的方法和技术上进一步提高, 各学科进一步交叉, 致力于解决环境问题、粮食安全、先进的农业技术、风险评价预测及管理、气候变化模型等领域, 整个学科的一致性和整体性将进一步提高。

需要指出的是, 在非洲近 80%~90% 的土壤研究机构设置在大学的农业发展研究系统内。这些机构缺乏活力, 必须进行整体的观念转变, 根据时代的需要进行调整, 这些调整包括土壤信息获取、政策制定、土地最优管理和研究工具的前沿。为了进一步推动土壤科学的发展, 需要根据以下 3 条原则制定学科发展的政策: 考虑所需要的信息、工具、试验和预测优先研究领域并涉足其中; 发展交叉学科技能和强有力的国际土壤学会网络组织和支持系统; 加强原创性方法的产出和服务功能(包括政策制定)。

土壤学的未来是光明的, 人们也会问候土壤政策

制定者和土地使用者，祝愿他们的土地健康肥沃，就像传统的 Bororo 人一样。

(张红振 译)

土壤信息量转变：从地球信息的匮乏到过多

Marc Van Meirvenne

(Department of Soil Management and Soil Care, Ghent University, Belgium. E-mail: marc.vanmeirvenne@ugent.be)

作为土壤学家，有一个问题一直困扰着我们，就是我们感兴趣的土壤介质连续观察起来非常困难，不管是二维还是三维。一般我们是挖剖面或钻孔取样观察，再补充一些间接获得的信息，比如与地貌相关的特征信息或者其他信息（如地形图）。这样使得我们的信息量非常不确定，同时比其他自然现象的信息量都宽泛。因此为了减少信息量，我们必须对这些观察到的性质进行分类。但我们发现取得的成果与对此所作的努力相比，成果回报率很低。所以要转变这种形势，在相当长一段时期内对土壤调查者和研究者来说都是一个挑战。

在过去，土壤调查主要依靠定性的间接资源信息，比如原生植物、地形、成土母质等，这导致了 CIORPT 模式 (Jenny, 1941)。土壤学家用多种方法调查土壤，考虑土壤的整体特性并用土壤层次来描述土壤沿剖面的变化。因此，土壤地图的图例一般是定性的、多参数和三维的。但是，支持这些地图的数据通常非常有限，一般仅包括一些筛选过的土壤剖面的详细数据。虽然这种地图能提供充足的定性信息，但一旦土壤和环境管理决策需要更多的定量信息时，该种地图所能提供的信息就不足了。

在 20 世纪 80 年代到 90 年代，由于电子计算机和过程模拟技术的发展，我们可以对土壤特性空间特异性进行定量数据模拟研究。这引起了广泛和详尽的土壤采样活动，和源自地球统计和 GIS 的先进插值技术。虽然这种研究进展很快，但绝大多数研究仍是单参数的二维平面研究。只有少量研究是多参数（即使这种研究多数情况也只包括两个参数）并包含三维空间。我期望在不久的将来这种研究继续向着定量、多参数的三维土壤数据方向发展。

由于全球定位系统的地理信息和遥感技术的发展，大大丰富了大范围土壤的数据信息资源，出现了一些新的令人兴奋的发展方向。通过遥感获得的图像具有越来越高的时空分辨率。在不久的将来，我们的遥感图像分辨率就能达到辨别单株植物（比如一株甜菜或西红柿）的地步。该技术将成为监测作物生长和

土壤肥力的有效方法。另外，作物收成的监测将不断增加，提供以作物长势为主体的产量图。目前许多农民已经有了多年的与地球信息相关的收获数据记录并用于确定作物相应的动力学模型。依据精确的数字标高模型可以获得复杂地形的详细信息和有用的定量土壤地貌相关信息。土壤探测器具有很好的发展前景，它能够监测一系列的土壤特性，比如：土壤盐度、土壤质地、pH、土壤压实度、土壤水分含量和有机质含量等。其中一些探测器并不影响土壤性质，人们可以灵活应用这些探测器，与传统的土壤调查方法相比，用这些仪器可以进行高密度的土壤特征监测。其中土壤电导特征的监测具有更广的应用范围。毋庸置疑，很快将有各种更多功能的土壤探测仪器出现。

在从这些辅助资源中提取有用的土壤信息之前，必须对这些地球数据进行筛选和处理。例如，Ping 和 Doberman (2005) 发表的论文对产量数据进行后处理进而得到有用地图的详细流程，包括数据筛选、标准化、插值、分类、过滤和解释。有时候探测数据如此之多，远多于解决问题需要的数据量。我们最近在面积 $50\text{ m} \times 60\text{ m}$ 的区域内获得了多于 50000 ECa 的监测点位，比我们需要的精度 $0.5\text{ m} \times 0.5\text{ m}$ 高了 4 倍。因此，除了数据的插值和评价技术，我们还需要一些其他方法，比如过滤、图像处理、模型识别、筛选最有用的数据和整合成三维图形。因此，用于处理大量地球数据和建立基于大量观察和分类的综合模型的数学和统计学方法需要进一步发展并更加适合处理复杂的土壤系统。

我们正处在从由于数据贫乏而必须取样和插值的策略向在多种多样的定量辅助地球信息资源以及从有限的直接土壤观测信息中筛选和过滤有用信息的转变中。总的来说，我相信我们会从过去的地球信息缺乏向将来的信息量泛滥发展。作为土壤学家，我们应该做好准备面对转变并掌握知识和方法，以便充分利用这样的转变来更好地理解和管理土壤。

(张红振 译)

对土壤科学未来的一点看法

György Várallyay

(Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary. E-mail: g.varallyay@rissac.hu)

生活质量最重要的标准是：健康的身体、高质量和健康的食品、干净的水源和愉悦的生活环境。这些都与合理的土地利用和土壤资源的可持续管理有关。

但人们对土壤质量的意识还比较浅薄，并没有认识到土壤所发挥的多功能作用和意义。

土壤在一定条件下是可更新的自然资源，是其他各种资源（包括太阳能、大气、表层和亚表层水体、生物资源等）的反应、转化和综合的地方，是各圈层的交界面，是生物量的生产介质，是生产食物、饲料、工业原材料和可供选择能源的基地。它储存了热、水、植物养分和其他各种来源的废弃物。具有很强的缓冲性能，能够自我预防和协调来自各种环境和人类活动引起的对土壤的压力。它也是一个自然的过滤和解毒容器，因此可以预防表层的污染物质向下层水体迁移；是一个非常有意义的基因库和生物多样性的的重要组成部分；也是自然和人类历史的载体和保存地。

在我看来，土壤学未来发展主要依靠人们对生活质量各个方面的认知和接受能力。社会意识的提升会促使各个层次的决策者来特别关注与土壤有关的经济、生态和社会问题，并能够给予研究上的优先。而我们首要的任务是在土地利用和土壤管理方面拓展可持续发展的理念。土壤的多功能性受到土壤性质的综合影响，土壤性质又是由土壤发育过程决定的。所有与土壤有关的人类活动都会影响这些发育过程，对这些发育过程的控制是当代土壤科学和土壤管理面临的主要挑战。

土壤发育过程的控制可以通过以下几个途径：加强和促进有利的发育过程，比如有机质的积累，改善土壤结构和水文物理学特性；控制不需要的土壤发育、退化过程，包括水蚀、风蚀、酸化、盐碱化/固化及物理退化（结构恶化和紧实）、生物退化、养分的压力（缺乏或累积营养元素、生物地球化学循环中有毒的元素的累积）、环境污染（潜在对健康有危害的元素或化合物在大气、水体和土壤中的累积和迁移，在土壤-水-植物-动物-人体的食物链中的迁移和累积）。基于高概率的预测和预报，对不需要的土壤发育过程进行模拟，减少它们在生态环境系统中的危害，至少要降低至可以接受的水平。采取适当的措施（比如开垦、修复和改善等）来纠正由这些发育过程带来的危害。

这些过程可以通过最新的数据库来控制。把某一点和某一段时间的土壤信息进行外推，就可以得到更为准确的土壤发育过程的信息，也可以了解它们的影响因素和相互作用机制。在我看来，土壤学未来发展的主要任务是：运用模型、地统计学和遥感技术将单个点（一个剖面或土层）的土壤信息扩展到整个陆地区域（制图单元、农业场地、地理区域、分水岭）；同样运用模型的方法将某一时间（采样时、分析时、现场测定时）的土壤信息拓展到长期（一个小时、一天、

一周、一月、一季、一年）的土壤信息。通过对敏感指标（EC、土壤湿度、离子选择电极）的测定来原位监测土壤的发育过程，并描绘土壤溶液三维流动过程以及在时空上的变异；了解大气圈-水圈-土壤圈交互作用的物理、物理化学和化学传输过程；了解植物根基土壤微环境中的物理、化学和生物学特性，以此解决植物吸收水分和养分的定量机制以及土壤-生物体-植物系统的交互作用；开发最新的动态土壤数据库和监测系统；开发、完善和验证及时预警的预测预报系统来预测土壤的发育过程；寻求办法控制不利的土壤发育过程，特别要通过采用新的生物产量技术和环境保护技术来预防不利的土壤变化。

总之，我真诚的希望土壤学在未来通过向可持续的功能土壤学方面发展，能够引起社会对有限土壤资源的认识，只有这样才能真正地实现人类的梦想和担负的任务。

（章海波 译）

地球科学的分支学科之一 土壤科学的未来

Jerzy Weber

(Agricultural University of Wrocław, Institute of Soil and Agricultural Environment Protection, Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław, Poland. E-mail: weber@ozi.ar.wroc.pl or jerzyweber@wp.pl)

从古代以来，人们就认识到土壤作为食物来源是生命支持系统。虽然人们认识到了土壤的重要性，但自然学家和地学家们却忽视了土壤。这种状况一直持续到 19 世纪后半期俄国的 V.V. Dokuchaev 和美国的 E.W. Hilgard 提出关于土壤本质和起源的新理论。从那时起，对人们认识和管理土壤有很大作用的新发现显著增多。尤其是最近几十年，土壤学的研究成果在急剧增长的人口粮食供应方面发挥了重要作用。然而，土壤学作为一门新的学科，还有许多领域需要物理、化学等基础学科理论的支持。同时，土壤学的进步也可以促进基础学科的发展。

土壤研究的目标并不仅是解释植物在土壤中如何生长、如何获取营养以及为什么会有各种各样的土壤。土壤相关的并发环境问题，比如地下水富营养化和对共栖生物的危害等，也必须在研究的范围内。土壤是水、营养物质以及其他溶解或分散组分转化、调节、缓冲和过滤的场所。生物地球化学中碳循环和水循环仍是研究的焦点。土壤碳循环是碳在大气和陆地中生物地球化学循环最重要的环节。上述内容表明，土壤必须作为环境整体的一部分来研究，土壤学家必须从土壤和陆地历史的关系来考虑土壤的起源和分布。我

们必须综合已有的知识,从地球动力学和生物地球化学的整体观点来理解和预测人类活动对土壤多样性和生物多样性等环境问题的影响,这是非常重要的。再者,土壤学对于重现古环境(比如考古学和全球变化)的研究变得越来越重要。古代和埋藏的土壤对重现当时气候和地貌变迁具有重要作用。最后,土壤学家能够帮助解释空间表土和陆地数据信息。

土壤学家必须和其他领域的专家尤其是地球学家合作。当前的5万名土壤学家当中有很多是在农业研究机构中工作,研究土壤的组分和增大土壤生产力的可能性。全世界的土壤研究通常都与农业相关。这对土壤学和地球科学都非常不利。土壤科学正在经历从其主要领域农业方面向环境问题方面的转变。与此同时,许多大学的土壤研究机构改名为环境科学、环境保护或自然资源。这种变化是随着土壤学研究目标转变的自然变化,其原因是土壤作为一种资源其本身就是地球系统的一部分。土壤学已经脱离地球科学并独立发展好多年了。

有些时候做土壤调查工作的人并不具备解释清楚土壤现象和发生过程的能力。2002年欧洲地球科学学会(EGU)的成立改变了这种现象。这一新的交叉学科学会是由欧洲地球物理学学会(EGS)和欧洲地学学会(EUG)联合成立的。

欧洲地球科学学会是一个创新的、强有力的非营利组织,这里主要汇集了地球和行星科学包括空间科学领域的地质学家、矿物学家、地球物理学家、水文学家、气候学家等。欧洲地球科学学会的一个研究土壤系统科学(SSS)的分支机构聚集了来自全球各地的致力于研究土壤分布、土壤行为和土壤管理的专家学者。(www.copernicus.org/EGU/EGU.html)土壤系统科学分支机构并不是一个调整欧洲各国土壤学会的欧洲科学组织,而是一个代表欧洲地球学会的组织框架下其他学科中土壤学的研究机构。许多国际组织(波兰土壤学会、美国土壤学会、意大利土壤学会)都希望与土壤系统科学分支机构加强合作。土壤系统科学分支机构的主要科研领域包括如下几个方面:①土壤侵蚀、土壤矿物及微形态;②土壤有机物质和有机-矿质交互作用;③土壤及表层形态和起源;④土壤物理;⑤土壤保护;⑥土壤化学和生物地球化学循环;⑦土壤生物、微生物和生物多样性;⑧土壤污染,退化和修复;⑨土壤、环境和生态系统交互作用;⑩土壤作为地球历史的纪录。

从2004年起,土壤系统科学分支机构每年都召开解决土壤学各领域问题的交流会。2006年4月在维也纳举行的欧洲地球科学学会,包括水文学和生物地球

化学学科在内共收集到论文400篇。土壤系统科学分支机构设立了一个Philippe Duchaufour奖章,由欧洲地球学会授予在土壤学界做出杰出贡献的科学家。2005年的Philippe Duchaufour奖章授予了德国的U. Schwermann,2006年授予了苏格兰的E.A Fitz Patrick。

土壤科学与其他地球科学的紧密合作是土壤学未来的基础。一方面,这种合作能够从各种不同的角度交换观点和意见;另一方面,土壤学家因此也能对环境科学研究做出显著的贡献。这种合作将促进整个地球科学系统知识的进步,并使地球科学学会受益。

(张红振译)

对土壤科学未来的思考

Gerd Wessolek

(Technical University Berlin, Institute of Ecology, Dept. of Soil Protection, Salzufer 12, D-10587 Berlin, Germany. E-mail: gerd.wessolek@tu-berlin.de)

大多数与土壤学相关的问题在学术圈都是众所周知的,对此的态度也在逐渐地改变。目前在土壤学界遇到的问题,国内和国内的研讨会都会讨论,提出一个共同的问题也会成为新的土壤学研究的开始。

为了归纳土壤学未来遇到的挑战,我用关键词“未来、土壤学、科学问题”在google上简单地搜索了一下。接着出现了来自全世界的上百上千条相关链接,有一个共同点就是,不管是否关注自然资源,有的研究者表现出了悲观,有的则表现自满。这是一个复杂的问题,因为我们的社会就是一个复杂的社会。人类需求对自然资源产生的影响范围和效应更是尤其的巨大。

20年前,我受邀参加在德国柏林举行的关于自然资源与世界发展的Dahlem国际会议。这个会议的目的就是要评估能源、矿产、水资源和其他自然资源及其影响它们在今后50年内的可利用性和使用的因素,这些因素包括环境的、技术的、经济的、政治的、人口方面的。当我们回顾这次Dahlem会议,并翻阅长达940页的会议报告时,可以清晰地认识到这次会议的主题至今与我们仍然息息相关。例如,全球变暖的问题,已经成为一个公众感兴趣的流行话题和政府讨论的议题。而全球变暖是否有明显的指标已经不是今天我们要讨论的话题了,事实上,土壤学家已经在研究由于全球变暖引起的区域影响,而保险公司甚至电影制片商正在寻找气候变化带来的新的利润点。

同20年前的议题相比较发现,有两个问题目前来说更加严重了。其一是可更新和不可更新能源的评估。

我们的石化燃料和人为导致的全球变暖给我们提出了一个关键的问题：我们应该关注到怎样的程度？在这个领域，我确信运用土壤来生产能源而非食物会成为一个重要的课题。但是在那些生产燃料和食物同样重要的国家来说，利用植物来获得这两样东西会使可利用的土地和土壤资源更加缺乏。其二是由于资源利用而导致的环境变化。例如，我们知道城市的发展使得人们对居住用地，基础设施建设用地的需求在逐渐增加。但是还没有任何政治、经济或计划的手段来提高土壤的消费。直到现在，也没有科学家能够提出一个具体解救土壤重要功能的方法，或者明确回答要留出多少不被覆盖的空间来完成重要的生态过程。其他还包括 CO₂ 的问题，粮食生产中氮、磷消耗的问题，废弃物的增加、水资源的分布、自然资源和野生动植物的灭绝等问题。

我们真的可以通过法律的手段来解决这些问题吗？从德国来看，我们有土壤保护的律法已经 10 年了，但是，许多关于土壤和环境的问题仍然有许多没有能够解决。

最后，我想反映一些关于非土壤学界的研究人员对土壤学的一些看法。对有些人来说，土壤只不过是脏东西的代名词，但是在土壤学研究者眼中，土壤却是完成许多重要生态功能不可缺少的部分，是人类文明、文化传承和宗教信仰的根本 (Bachmann, 2001)。但事实上人们对它的这些重要性都没有很好的保护意识，对涉及到公众利益的生态问题也不太关心。所以我建议将土壤学知识引进国民教育的项目中。为此，我们必须培养在土壤教育方面的学者，并把这些土壤学知识编写成教科书。只有这样土壤学才能有更远大的前景。

除此之外，对土壤的认识除了完成生态功能的意义外，还需要补充更多、更新的研究进展。一个可行的途径就是土壤、美学和艺术的共生结合。从不同的美学方法来处理土壤的研究在世界各地都有开展。20 世纪 60 和 70 年代许多土地艺术项目都获得了很大的成功，但它们与土壤的直接联系很少。与土壤方面有直接联系的例子是荷兰的 Museonder 自然科学博物馆。这个博物馆建立的初衷是为了进行教育，它是直接建造在土壤上面并作为国家公园 “De Hoge Veluwe” 的一部分。除了科学方面的展览外，一些艺术装置将土壤与外部世界联系起来。建筑学可能是土壤美学利用的最好的表现形式，因为所有的建筑原料都直接来源于自然的土壤。在柏林，建筑师 Martin Rauch 就利用黏土将传统的建筑现代化。

多媒体的运用给土壤的展示提供了无穷尽的方

式。这方面的案例有日本制片人 Shiozaki Toshiko 制作的纪录片 “土壤的记忆”。她的目的是要让观众看到土壤的美丽。通过展示土壤对生命和文化的长期记忆，展示土壤无穷的色彩和构造让观众对土壤感觉到神往。另外，网络也是一个新的展示土壤的多功能平台。例如，芝加哥农田博物馆可以为观众感兴趣的土壤展览提供虚拟旅行，任何人都可以通过访问网络上的站点要求下载展览短片以及相关的土壤学专业领域的一些注释信息，比如微生物方面相关知识等。

土壤、艺术和教育的结合途径可以是多元化的，为了让更多的普通大众了解和接受土壤的知识，我们必须尽可能多地去收集或思考这些方法。这样，土壤才有可能成为景观艺术和建筑学的一个组成部分。

(章海波 译)

土壤科学的未来

Markku Yli-Halla

(Department of applied Chemistry, University of Helsinki, Finland.

E-mail: markku.yli-halla@helsinki.fi)

土壤科学是一门成熟的科学。在近期内不太可能有大的科学革命发生，土壤科学会以现在的步伐稳定发展。土壤科学的进步就是修正现有的理论，为更全面地理解土壤功能提供帮助。这些理论修正通常出现在现有理论用在新的环境下或解决新的问题时，或者在土壤学与其他学科的交叉点上。如果没有新的理论补充，土壤学的教育就仅能将现有知识传授给下一代。

土壤学在发展中国家和发达国家之间有着截然不同的任务。在发展中国家，土壤学的研究还集中在农业领域，维持和提高土壤肥力，增加粮食产量。在这些地区，土壤学和作物学的联系程度将更加紧密。由于短期或长期的粮食不足，土壤学在这些地区的地位不容置疑。但是由于科研组织落后和缺乏科研物资，科研工作将受到严重的限制。

在发达国家，通常食物供应充足，土壤比较肥沃，而且土壤养分，尤其是氮、磷一般被认为会造成一些环境问题，比如水体富营养化。这种认识上的差别并由此形成的科研资金资助结构的变化将使土壤学的研究领域更加扩大并需要重新考虑土壤学的研究对象。在这些国家，土壤学家在继续关注农用土地的土壤条件的同时，将加强土壤学在其他领域的研究并使土壤学进一步向环境科学转变。在这些地区，其他地球科学，比如土壤地质学、生态学和工程环境等，借助其处理土壤相关问题的优势，将会和土壤学发生激烈竞争。土壤功能的多样性和土壤学与社会的相关性已得

到土壤科学内部的认同，这在近期的许多会议和许多版本的《环境土壤学》中经常被提及。然而，这种转变并未被非科研人员认同并接受。虽然目前多数的土壤学家都具有农业相关的学科背景，将来我们的同事们必须转变知识背景以适应科研环境的转变。

土壤科学与可以在学校进行系统教育的其他自然科学（如生物学、化学、物理学等）不同，因此人们也许对其他自然科学比较了解，却很少有人对土壤学非常熟悉。虽然土壤学也许永远不能达到上面提到的自然科学所能达到的水平，但我们也应该加强学校的土壤学教育。如果土壤教育获得成功，则将有更多高素质的高校毕业生认识到在土壤科学领域研究的机遇，并进一步促进土壤科学的课程教学。

在大学和研究机构里，仅存的少数土壤研究机构也正在被其他学科如环境与自然资源科学所代替。因此，土壤科学越来越为人们所忽视。在多学科研究机构里，人们往往不是根据该学科的重要性来制定研究方向，而是根据该领域是否会有较多的研究成果出现来定。而判断根据通常是发表论文的期刊水平，这通常对小学科不利。土壤科学的未来能否成功决定于我们是否能够和交叉学科研究机构合作，把我们的想法包含在他们的研究计划中，并成为能够解决土壤相关的所有环境问题的专家。如果我们能够进入这些本学科以外的重要主题，土壤科学就会繁荣起来。土壤科学和其他学科的融合最终会缩小各学科间的鸿沟。

我们需要增加和政府人员、管理人员、有着不同学科背景的专家和公众之间的交流，用他们容易理解的语言来阐述土壤的功能，为需要土壤信息的人提供帮助。人们对土壤及其多种功能的兴趣渐增，比如欧盟的土壤保护和管理机构。为了满足社会发展新的需要，土壤科学正在采用数据库技术，GIS、土壤转变规律、专题土壤图等也正在出现。

土壤科学已经准备好应付世界粮食危机、全球变化及将来和土壤相关的任何问题。我们已经逐渐认识到土壤科学影响我们每个人的生活并能解决现代社会所面临的一些问题。2002年在曼谷举行的世界土壤学大会产生的世界土壤议程，为此指明了方向。

(张红振 译)

土壤科学的前沿之一：根区的生物过程

Zhang Fu-suo

(Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Key Laboratory of Plant-Soil Interactions, Beijing 100094, P.R. China.
E-mail: zhangfs@cau.edu.cn)

土壤是生物圈的基础部分，也是作物生长的基础。作物生长是通过食物链联结无机元素和植物的关键。植物-土壤系统是自然和农业生态系统中的重要组成部分。植物-土壤系统中营养元素的运移不仅反映了营养物质的移动途径，而且影响粮食生产和质量，还会对污染物质在自然和农业生态系统中的移动产生影响。

在植物-土壤系统中，根区不仅是单株植物的根与土壤相互作用的界面，而且是植物、土壤和微生物相互作用的中心。根区调节植物群落，控制植物生长过程，决定着植物的生长环境（Marschner, 1995; Zhang 和 Shen, 1999a, b; Zhang 等, 2002）。因此，根区过程应该被认为是植物-土壤生态系统的重要生态过程（Rovira, 1991）。然而，人们通常认为植物-土壤生态系统中的植物、土壤、微生物是互不影响的独立组分，同时也认为地上部分和地下部分毫无关系。

在土壤科学中，科研人员一直很关注能够产生大量有机物质的土壤的演变和功能，因此在土壤物理、土壤化学和土壤生物领域取得了很大进步。然而，我们对高效养分利用和养分循环中的生物交互作用所知甚少，这些交互作用包括植物新芽与根部、植物根与土壤微生物，以及各种不同种类的微生物之间。根区生态系统可以定义为植物、土壤、微生物和环境组成的生态系统在各种不同的界面中的能量转移、物质循环和信息传输（Zhang 和 Shen, 1999a）。据此观点，根区生态系统一个重要特征就是具有各种水平的组分，从分子到个体再到群落水平。植物作为主要能源输入者，在植物、土壤、微生物和环境的交互作用中发挥着最重要的作用（Whipps 和 Lynch, 1996; Marschner, 1995）。

在根区生态系统，植物（生产者）提供了根区微生物（分解者）所需碳源和根区周围的食草动物、病原菌以及一些共生生物所需的有机物。植物通过根部渗出物和释放特殊的信号物质来影响根区群落的组成和结构（Marschner, 1995）。微生物反过来分解植物残体（根部渗出物、残根和枯枝落叶）并通过改变土壤养分的供应间接地控制植物生长和植物群落。根区有机物质影响植物和分解者之间的能量以及营养物质流动的方向和速率。从个体、种群和生态系统的水平研究根和土壤交互作用过程非常具有挑战性和吸引力，这需要更多地考虑根区的生物相互作用以及地上部分和地下部分的相互关系。

在植物-土壤体系中，根区过程联系着植物生长和土壤演变，并在一定程度上决定着土壤和植物的能量和物质交换，因此也影响着作物生产力和生态系统稳

定性 (Zhang 等, 2002)。人们对这些组分之间的相互影响的认识越来越深入, 同时对地上部分和地下部分的反馈作用, 植物和植物之间、土壤中根和微生物之间以及微生物和微生物之间的相互作用在调解生态系统演化和生态系统特征中的基础作用有了较深入的认识。

因此, 理解根区交互作用, 尤其是认识植物-土壤体系中与根区生物过程相关的营养物质流动机理, 对于优化植物生产和维持生态系统稳定具有重要意义。由于上述原因, 调节根区生态系统和根区过程向着植物-土壤体系可持续发展的方向演变, 对于在各种不同的作物体系中提高营养元素利用效率和作物生产力, 维持自然生态系统中的生物多样性和稳定性, 可能是一条最重要的途径 (Zhang 和 Shen, 1999a)。

土壤科学研究的一个主要目标就是理解根区的各种不同生物过程。我们需要重视研究以下领域以解决涉及土壤中生物交互作用, 尤其涉及根区生物交互作用, 以及与营养物质的有效利用和能量流动相关的问题。

(1) 在根区部分植物引发的生物过程, 以及根区中与养分的有效利用、作物生产力和生态系统稳定性相关的各种不同微生物的交互作用;

(2) 地上部分和地下部分的相互作用机理以及对生物多样性和营养物质流动的反馈作用;

(3) 与非生物因素相关的生物关系交互作用机理, 以及驱动群落结构和功能和生态系统特征演变的因素。

(张红振 译)

土壤科学的未来

Zhou Jian-min

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China. E-mail: jmzhou@issas.ac.cn)

土壤是最重要的不可再生资源, 国际政治团体认为土壤科学在解决粮食安全、环境保护、消除贫困、修复退化土壤、维持生态系统稳定等全球发展问题方面越来越重要 (Wood 等, 2000)。然而, 土壤科学在全世界的发展并不像生态学或其他学科那样引人注目。土壤学家知识交流的方式并没有引起在农业和环境领域做出决策的许多国际政治团体的关注 (Sanchez, 2002)。随着社会的发展, 土壤科学会在解决人类日益增长的需要方面变得越来越重要。随着相关学科的进步和新技术的应用, 土壤科学的发展将会获得更大的动力。土壤科学研究将会从农作物生产和基础土壤学研究拓宽到更多的领域, 包括作物生

产、人类健康和生态系统功能 (Bridges 和 Catizzone 2000)。因此土壤学家面临着严峻的考验, 需要把土壤科学变成世界发展的支柱学科之一 (Sanchez, 2002)。

土壤圈和其他圈层

土壤不仅是岩石圈、水圈、大气圈、生物圈相互作用的结果, 而且是各圈层之间物质循环和能量转换的作用部位。土壤对于维持全球生态系统中生物的生命和健康都非常重要。土壤圈位于岩石圈、水圈、大气圈和生物圈的交界面上。因此, 未来土壤研究的重点将是土壤圈与其他圈层的物质循环和能量交换。其研究领域主要包括: 高强度的土壤利用对温室气体在土壤圈与大气圈之间交换的影响; 营养元素在土壤-植物体系中的交换及其对作物生长和粮食产量的影响; 土壤圈和水圈之间的水循环和溶解物质的运移及其对陆地水量的影响; 土壤质量的动态变化及对土壤生物多样性和土壤生态平衡的影响。

农业和环境

当今, 由于人口的增长, 全世界尤其是发展中国家仍面临着粮食不足的威胁。由于城市化和工业化的快速推进, 农用地迅速减少。需要提高单位面积土地的产量才能保证粮食总量的安全。因此, 发展中国家的农用地必须保持高强度使用、用高投入保证高产。这种高强度的土地使用肯定会影响环境。虽然我们会采用新技术来提高肥料的使用效率和增加其他化学品比如杀虫剂使用量, 但化学品对环境产生负面影响是不可避免的。如何选择农业和经济发展与环境保护之间的最佳平衡是关键。土壤科学应该提供理论、技术和方法来解决上述各种问题。

生物多样性和基因库

土壤是地球上最大的生物栖息地, 地球上绝大多数未知生物栖息在土壤中。因此, 土壤是最重要的基因库, 比地球上任何陆生生物群在物种多样性和数量方面都多 (Blum, 2002)。不同地区的土壤生物多样性和进化过程的特征以及管理实践将帮助我们寻找控制土壤微生物群落分布和丰度因素, 理解这些群落如何随着环境改变而变化。随着生物学和生物技术的快速发展, 土壤生物学也快速繁荣起来。探索和利用土壤生物资源及功能将来会有很大的潜力。土壤基因库和未知基因库将会变成土壤科学的活跃研究领域之一。功能微生物和新的基因将会被用在农业生产、人类健康和生态保护等领域中。

土壤质量

一种特征明显的土壤质量变化是人类活动对土壤的干扰。在高强度的土壤利用和经济快速增长的条件下维持和保护土壤质量变得越来越具挑战性。面对土

壤质量的变化, 定期调查和连续监测对于评价土壤退化及趋势变得非常必要。土壤质量数据并不仅仅包括土壤肥力, 还包括表征和反映环境和人类健康的各项指标。人们必须关注各种不同的土壤退化过程和相应的修复方法, 包括: 土壤营养元素失衡和合理施肥, 土壤污染和生物修复, 土壤侵蚀和保护, 化感作用及防护机理。现代信息技术和世界范围的数据共享将会使土壤质量变化过程的定量和数字描述成为可能 (Mermut 和 Eswaran, 2001)。

微观领域的土壤研究

由于可变电荷土壤广泛分布在热带亚热带地区, 对该种土壤及其对各种不同元素的形态转变和迁移能力影响的研究非常重要。基础土壤学理论都来自对恒电荷土壤的研究, 因此不能用来解释可变电荷土壤的现象。不同颗粒的束缚能决定了土壤系统的稳定性。土壤组分之间的相互作用, 比如土壤矿物、有机物质、微生物、各种元素及其对土壤肥力的影响, 都需要我们更深入地理解。营养物质和污染物质的行为在岩石圈和在土壤圈中是不同的, 然而肥料中营养物质的迁移通常发生在肥料颗粒和土壤之间的界面上。因此, 研究土壤物质在岩石圈及土壤和肥料界面上的转移和移动是非常重要的。

(张红振 译)

结语

Alfred Hartemink

(ISRIC – World Soil Information, PO Box 353, 6700 AJ, Wageningen, The Netherlands. E-mail: Alfred.hartemink@wur.nl)

本书收录了来自 28 个国家的 55 位土壤学家关于土壤学未来的文章。这些学者来自芬兰、南非、加拿大、马来西亚和中国等国家。本书的内容包括土壤学未来及目前我们对土壤学未来的思考。下面是一些读后感, 也许并不全面或有些偏见, 但是任何包含多种多样观点的书都需要在最后作一综述。

这些文章观点在方法和内容上都有明显的差异。一些文章详细列举了土壤学目前的研究内容和机遇, 另一些文章回顾了土壤学研究的历史并预测了土壤学近期的研究趋势。一些论文是综述的, 另一些论文只限于作者所在实验室、高校、国家或地区特定分支学科的研究内容。一些文章是技术性的, 集中研究根际或其他独特的技术; 另一些文章是通述性的, 其内容适用于其他许多自然学科。这些文章的作者们在沉思和内省, 少数作者有些自我放纵和对权威过分尊崇。总之, 他们对土壤学未来的观点并不一致, 但也不可

否认有些论文并不具有原创性。下面我简要介绍一下这些文章的区别和相似之处。

一些共识和分歧

学者们达成了很多共识。首先, 他们所达成的最大的共识是土壤科学不可独立发展, 它是一门综合的交叉学科, 需要与其他相关学科紧密联系。许多国家的土壤科研机构都认识到了这一点。这就涉及到土壤科学该如何定义以及如何保持该定义的合理性。土壤科学的定义问题引出了另一个重要的共识: 土壤科学与外界的持续联系比较薄弱。许多学者认为需要加强土壤学与政府政策制定者和公众的联系。

多数学者认为, 土壤科学应该致力于解决一些重要的全球问题, 比如粮食供应、气候变化和环境影响。来自不同国家的学者对该问题有不同的看法。来自西欧和美国的学者认为土壤科学的研究应该脱离农业, 更应强调整体性, 比如应加强对环境影响的研究。这 55 位科学家有大约 12 位来自发展中国家, 他们当中绝大多数强调土壤科学应侧重增加粮食供应和加强与农业的联系。一些曾在发展中国家工作过的学者 (如 Lal, Eswaran) 也持这一观点。土壤科学研究在某些发展中国家还非常薄弱, 科研能力有限并在逐渐萎缩, 他们亟需加强土壤科学与其他学科之间联系。在人口急增的热带地区, 环境问题已成为一大研究领域。很明显, 在世界各地, 土壤科学的任务并不相同。土壤科学不会像 Powlson 所说的那样保持不变, 当世界人口达到 80 亿时, 农业会重新变得非常重要。

是老调重弹吗?

对于土壤科学来说, 联系与交叉并不是全新的话题。在大约 15 年前, Dennis Greenland 教授撰写了《土壤科学与社会的联系—过去、现在和将来》(Greenland, 1991):

“……土壤科学家也因为他们的建议未受重视而遭遇挫败。这也许是因为土壤学家用不太容易理解的语言提出这一问题而不是由可以支配和处理土地的政府官员或经济学家提出这一问题的。如果土壤科学能够跟社会更加紧密地联系, 土壤学家提出的观点同时具有科学和经济严密的特征而易于被公众接受, 那么这些观点就不那么容易被反驳了。”

尽管 15 年过去了, 上述观点仍被本书中许多作者提及。Greenland 仍有一些关于土壤分类和土壤退化的观点: “我们希望将来土壤的分类及观点会像动物和植物的分类和命名那样为公众所熟知。” “土壤学对社会的一大贡献就是阐明了具有严密科学基础的土壤退化影响因素。我们还要对可能进行修复的退化土壤依据修复费用进行分类。”

在本书中又有学者提出了类似的土壤分类（如 Powlson, Shi）和土壤退化（如 Pla Sentis）观点。我们是否应该为 Greenland 在 15 年前提出的观点现在仍被认同而感到悲观呢？我认为不应该。15 年来，世界上已经有很多地区不仅把土壤问题纳入到决策议程中（比如欧盟）（参见本书中 Dumanski, King, Nieder, Nortcliff 的文章），并且已经在许多政策、法规方面有所体现。这在 15 年前是没有的，因此，不能说不是一个很大的进步。

许多学者并不乐观。比如，关于基础土壤研究和应用土壤研究的发展不平衡的问题。很多学者指出，长期过多地致力于应用土壤研究（如 Mckenzie）会产生负面影响。还有一些学者质疑专门化和普遍化研究对立的问题（如 Burghardt, Bouma）。Kalra 认为专门化使我们的科学支离破碎。更多的专门化会影响土壤学的视野，但这种情况在其他许多学科（Baveye, 2000; Seitz, 2000）也存在，并不需要过分关注。另一方面，许多学生从其他学科（比如生态学、生物学、毒理学）转到土壤学上来，他们需要接受一些常规的土壤学教育。所以，也许我们的科学正在向专门化发展，但我们的教育却是大众化的。

一些学者强调教育的重要性（如 Makeschin, Rashid, Sparks）。McBratney 认为我们的土壤科研队伍亟需壮大；Swift 指出土壤科学家面临诸多的机遇和挑战，我们需要更多科研人员来面对挑战。但这面临很大困难，因为学土壤，工作机会有限而且科研资金不足，学生对这门科学大多没有多大的热情。

至今土壤学界仅有两项成果是由女性土壤学家作出的，Mary Beth Kirkham 指出了这种正在上升的性别比例失调问题。但现在很多高校学习土壤学专业的的女生数量正不断增加，将来世界土壤学科研人员性别比例将会和现在有很大不同。本书对此问题提出了很多建议。除了一些很普通的论题（比如土壤污染和土壤侵蚀）以外，还有一些涉及到人类健康（如 Baveye, Frossard）、城市土壤（如 Burghardt, Ibanez）、生物多样性、土壤质量、外星球土壤（Targulian）、区域土壤知识（Fowler），同时 Thiombiana 和 Wessolek 提出了土壤的文化价值。多数学者提出了气候变化、环境问题和粮食供应问题。很多学者也把水作为土壤科学的主要研究领域之一（如 Minhas, Samra）。一些学者对数字化革命（如 Dobos）非常乐观，另一些则很谨慎（如 McKenzie, van Meirvenne）。总之，一些学者乐观（Kirk），一些学者则不太乐观（Kirkham）。

Lin 提出应用水文土壤学和临界区来对人类活动

的痕迹进行标记或重新标记。Samra 指出当我们给土壤研究机构重新命名时，一些谨慎的科学家非常担心。重命名的趋势遭 Baveye 反对，但并没有其他人反对。似乎除了 pedology 和 soil science 之间没有结果的辩论以外，还没有其他迹象对重命名表示担心，好像辩论已经完全结束了。

还有其他一些值得关注的信息。很明显 Hans Jenny 仍很有影响力，他被本书作者引用的次数超过 10%。当 20 世纪 80 年代后期有人问他是什么使他备受关注时，他回答：“我能比竞争者更持久一些。”Alex McBratney 问及：“现在 Jenny 被取代了吗？”很多学者认为土壤科学在沿袭 Kuhn 的模式（如 Addiscott 和 Mirza, 1998; Ekins, 1998; Govers 等, 1999; Herrick 等, 2002; McCown, 2001; Sanchez, 1994; Welch 和 Graham, 1999）。如果这是事实，则 McBratney 的问题就非常有价值并毫无疑问地解决了一个挑战。问题是我们能否找到关于科学与应用如何紧密地吻合在一起的答案。

注意到“土壤百科全书”被很多学者引用是很有趣的事情（Lal, 2002）。虽然“土壤学手册”（Sumner, 2000）已被引用，但是“环境土壤学百科全书”（Hillel 等, 2005）尚未被引用过。那些总结诸多土壤科学知识的书籍即将结束它们的时代。也许它们代表一个时代的结束和另一个时代的到来。本书序言中引用的文献还从未被其他人引用过。前言中引用的文献一般保存期限较短，不久后它们将变为现实，被引用，然后成为过去，完成其周期。

结束语

本书的开头谨慎地引用了 Friedrich Nietzsche 的文章，作为地球科学家，我们都非常欣喜。Nietzsche 又提出了更为明智的看法，“将来和过去一样影响着现在”。我们希望本书的各位作者对将来提出的建议和目标能够真正影响我们的未来。问题是我们土壤学界自身能否在一定程度上决定我们的未来。我们能使未来向我们期望的方向前进吗？许多学者认为我们能行，我相信他们。土壤科学的未来与我们已经完成的工作不同，与我们正在进行的工作也不相同，但我们将来一定能把该做的工作做好。Petersen 非常恰当地总结了土壤科学的未来：“土壤科学的未来令人兴奋并充满挑战。我们从未有如此多的问题需要土壤学家解决，也从未有过当今社会中如此多的机遇可供土壤学家把握。我们是如此幸运，现在我们有更多的新技术可用于土壤研究。”

（张红振 译）