

提升对土壤认识,创新现代土壤学

赵其国

(中国科学院南京土壤研究所,南京 210008)

摘 要 土壤是农业生产的基础,是人类赖以生存的基石,也是人类食物与生态环境安全的保障。随着现代科技和国家社会经济的快速发展,土壤的地位与功能正在发生变化。本文基于土壤与土壤学科及国民经济发展需求的关系为出发点,指出了当前对我国土壤的重要性认识正在从农业生产向环境安全、资源利用、生态健康及全球变化等方向转变与提升。同时,明确了现代土壤学的内涵和创新现代土壤学的战略思想,全面、系统、前瞻性地提出了现代土壤学的研究前沿与特点,以及现代土壤学研究领域所面临的挑战与展望,为我国现代土壤学的发展指明了方向。

关键词 土壤资源;土壤认识;现代土壤学;创新现代土壤学;挑战与展望

中图分类号 S154 **文献标识码** A

土壤是农业生产的基础,是人类赖以生存的基石,也是人类食物与生态环境安全的保障。改革开放以来,随着快速发展的工业化、城市化、农业集约化以及全球气候变化,特别是随着人口、资源、环境与发展之间的矛盾日益突出,我国土壤资源的数量逐渐减少,质量不断退化,土壤肥力在失调,污染在加重,并出现土壤侵蚀、土壤酸化、盐碱化、沙化、石漠化及温室气体巨量排放等土壤生态环境问题,这些均对我国食品安全、生态环境安全及人体健康带来不良影响。由此可见,当前我国的土壤资源和土壤环境正面临着新的形势与挑战,土壤的地位与重要性正在从农业生产向环境安全、资源利用、生态健康及全球变化等方向转变与提升。另一方面,随着环境科学、生物学、物理学、化学、数学及信息科学等学科的发展,也为土壤科学领域的发展,注入了新的理论、方法和先进的技术手段,提供了土壤学科之间的交融与支撑,使得我国的土壤科学在科学发展及国家任务需求的推动下,进入了新的发展阶段。因此,面对当前新的形势和需求,我们必须提升对土壤重要性的认识,并不断推动与创新我国现代土壤学的发展。

1 提升对土壤重要性的认识

从土壤与土壤学科及国民经济发展需求的关系看,当前对土壤重要性的认识应有以下几个方面。

1.1 土壤是植物生长与农业生产的基础

首先,植物及农作物生长所需要的营养元素如氮、磷、钾及中量、微量营养元素和水分均来自土壤。土壤中存在的一系列物理、化学、生物学及生物化学作用,既可使无机物有机化,又可使有机物质矿质化,既有营养元素的释放和流失,又有营养元素的结合、固定和归还。这些转化过程,实现着营养元素与生物之间的循环及周转,保持了生物生命周期性的生息与繁衍。其次,土壤具有多孔结构性,能涵养雨水,具有很强的吸水和保水能力。同时,土壤还是植物生根发芽、根系伸展和穿插的支撑体,也是种类繁多、数量巨大生物群的生活与繁育地。此外,土壤处于大气圈、水圈、岩石圈及生物圈的交界面,是地球表面各种物理、化学、生物学过程与反应,界面物质与能量交换与迁移过程等最复杂、最频繁的地带。这就使得土壤具有抵抗外界温度、湿度、酸碱、氧化还原性能变化的缓冲能力。对进入土壤的污染物,能通过土壤生物进行代谢、降解、转化、清除或降低毒性,起着“过滤器”和“净化器”的作用,为地上植物、农产品和地下微生物的生长繁衍提供相对稳定的环境。综上所述,土壤是地球生命的基石,是“水、肥、气、生”的载体,其对植物与农产品的生长起着繁育和延续的作用,可说是“万物之本,生命之源”。

1.2 土壤圈是地球最富生命力的圈层

土壤圈覆盖于地球陆地的表面,处于其他圈层

的交接面上,成为它们连接的纽带,即生命和非生命联系的中心环境。

土壤与大气圈在近地球表层进行着频繁的水、热、气的交换和平衡。土壤复杂的多孔系统,能接收大气降水以供生物生命需要,并能向大气释放某些痕量温室气体。土壤是这些温室气体的源和库,因此了解其源和库的关系,最大限度地减少人为农业活动中温室气体的释放,已成为当今全球共同关心的环境保护问题。

土壤与所有的生物群落组成了生物圈。它是地球表面高等动植物与微生物的栖息场所。由于土壤肥力的特殊功能,使陆地生物与人类协调共存,生生不息。不同类型的土壤培育着不同类型的生物群落,形成陆地生态系统的生物多样性,为人类提供丰富而宝贵的生物资源。

土壤与水圈是地球系统中连结各圈层物质迁移的介质,也是地球表层生命的源泉。在植物与大气连续系统中,植物生长所需的水分及其有效性,在很大程度上取决于土壤的理化和生物学过程。土壤是保持淡水资源的最大贮存库。

土壤是岩石经过风化过程和成土作用的产物。从地球的圈层位置看,土壤位于岩石圈和生物圈之间,属于风化壳的一部分。虽然土壤的厚度只有1~2m左右,但其作为地球“保护层”,对岩石圈起着一定的保护作用,以减少其遭受各种外营力的破坏。

由此可见,在地球表层系统中,土壤圈具有特殊的地位和功能。其对各圈层的能量、物质流动及信息传递起着维持和调节作用。在土壤圈内各种土壤类型、特征和性质均是过去和现在大气圈、生物圈、岩石圈和水圈的记录和反映。它的任何变化均会影响各圈层的演化和发展。所以“土壤圈”被视为地球表层系统中最活跃、最富有生命力的圈层,其对地球生态环境系统的影响与调控是极其重要的。

1.3 土壤是地球陆地生态系统的重要基础

在陆地生态系统中,土壤作为最活跃的生命层,是一个相对独立的子系统。在陆地生态系统中,它可通过土壤生物和非生物因子的代谢、降解和转化过程,清除有毒有害污染物,起着“过滤器”、“缓冲器”、“转换器”和“净化器”的作用,并对地下水的保护起到屏障作用。此外,土壤在陆地生态系统中,是不可再生的自然资源、农业生产的基本生产资料、生态系统的重要组成和人类赖以生存与发

展的重要环境。其具有自然植被的栖息功能,农作物的生产功能,环境缓冲和净化功能,水资源平衡的调节功能及自然历史的记录功能等。因此,在我国当前土壤的资源减少、生产力下降、生态系统退化、环境污染等土壤问题出现的情况下,加强土壤功能的认识和深入研究,具有重要的战略意义。

1.4 土壤的洁净是食品安全与人体健康的基本保障

随着人口增加和经济发展,我国面临的土壤污染问题日益突出。土壤污染是影响食品安全的重要源头。产生污染的原因:一是受工业点源与农业面源的污染影响;二是化肥与农药的不合理与过量施用;三是受大气有害颗粒及水环境污染等影响。据统计,我国每年农田氮肥用量达2 233万t,进入土壤与水环境中的达1 000万t左右,使不少农产品硝态氮含量明显超标;我国农药年用量达131.2万t,平均每 hm^2 施用14kg,遭农药污染的农田面积达1 000万 hm^2 ;我国受重金属污染的耕地土壤面积也很大,因工业污染的近700万 hm^2 ,使粮食减产100亿kg。值得注意的是,在我国经济发达的东南沿海地区,土壤环境污染极为突出。具体表现在,持久性微量毒害污染物已成为新的长期潜在土壤中的污染问题;土壤中有毒气体细粒子和痕量毒害污染物,构成了土壤与大气的复合污染;农田与菜地土壤受农药与重金属污染问题突出,直接影响人体健康。

土壤是地球表面最具有活性与生命力的自然资源。它既是“清洁剂”,不少污秽物质,通过土壤“过滤”,会变得纯净,但又是“吸附剂”,几乎所有的污染物,包括一些细颗粒物携带的有机污染物等,均能在土壤表面长时期吸附。特别是,在土壤遭受有害物质污染后,它具有隐蔽性与滞后性,既不易发现,又不易察觉;它具有积累性与不可逆性,污染后在土壤中长期积累;具有难治理性,一旦污染便难于治理。因此往往被人们所忽视。其实,受污染的土壤才是造成农产品污染的主要根源。要想食物清洁与安全,必须要有干净的土壤。当前社会上只提“蓝天、碧水”,不提“净土、洁食”,这是不全面的。岂知,“水、土、气、生”是统一的,只有保证了“净土”,才能保证“洁食”,才会有清晰的空气和清澈的水体,才能保证人类生存环境的安全和人体生命的健康,才能保障社会长期稳定的持续发展。因此,对农产品质量与食品安全而言,“净土、洁食”较“蓝天、碧水”更加重要。

1.5 土壤资源保护是生态环境建设的核心

土壤资源是具有农林牧业生产性能的土壤类型的总称,是人类赖以生存的最基本和最重要的自然资源。我国土壤资源的特点是土壤类型多,绝对数量大,其中耕地、林地和草地的绝对数量均居世界前列。但是,我国是世界上人口最多的国家,按人口平均,耕地仅占 0.11 hm^2 ,林地占 0.17 hm^2 ,草地占 0.26 hm^2 ,人均农、林、牧用地占有率只有世界平均数的 $1/3$ 。此外,我国国土的 65% 是山地,有 $1/2$ 土地属于干旱和半干旱地区,耕地仅占国土总面积 14.5% 。土壤资源区域差异大,后备土壤资源十分有限。特别是近 20 年来,在我国耕地土壤数量急剧减少、土壤退化、土壤肥力失调和土壤污染日益加剧的情况下,如何守住我国“18 亿亩耕地”这根红线令人担忧。因此,从国家宏观层面及长远角度,通过耕地资源的保护建设、城乡及生态脆弱区环境治理等措施,全面加强我国土壤资源保护与持续利用,对改善土壤生态环境质量、保障粮食与食品安全和城乡人居环境健康、促进国家全面建设小康社会和生态文明,均具有重大的现实意义和深远的历史意义。

1.6 土壤质量的培育是提高土壤综合生产能力的前提

土壤质量包括三个方面:一是土壤肥力质量,即土壤能维持植物和动物持续生产能力的质量;二是环境质量,即土壤能降低环境污染物和病菌损害,调节新鲜空气和水质量能力的质量;三是健康质量,即土壤影响动植物和人类健康能力的质量。土壤质量概念的内涵不仅包括作物生产力和土壤环境保护,还包含食品安全及人类和动物健康。可见,土壤质量关系到我国当前农田土壤养分平衡与合理施肥、土壤养分高效利用,以及土壤-植物-肥料相互作用过程及协调机制的实践与研究;关系到土壤生物过程对食物和环境安全的影响与调控;关系到土壤污染的控制和修复技术体系的建设;关系到绿色生态工程建设。它为确保我国粮食生产与农产品质量安全、改善综合环境质量和保障生态安全与人体健康提供有力的支撑与保障。

1.7 全球土壤变化是人类生存的重要条件

全球土壤变化是指全球气候变化对土壤所起的影响及其反馈。全球变化与土壤的关系密切。土壤在发生过程中,通过生成或消耗温室气体(CO_2 、 CH_4 、 N_2O 等)以及其他气体(如 NH_3 、 NO_x)直接或者间接地影响气候变化;另一方面,全球变化

通过降雨、温度和养分沉降等变化影响土壤过程,从而对生态系统的生产力及其稳定性产生影响。

研究表明,土壤碳库的微小变化可导致大气 CO_2 浓度的波动。全球土壤有机碳库为 1500 Pg ($1 \text{ Pg} = 1 \times 10^{15} \text{ g}$),这个值是全球大气碳库的 2 倍、全球植被碳库的 3 倍。土壤碳库源汇通量的小幅度变动即能导致大气 CO_2 浓度较大的波动。在全球陆地生态系统的碳库中,只有农业土壤碳储量及其变化趋势显得最为重要。

土壤是大气中的 CH_4 和 N_2O 的主要来源,大气中的 CH_4 和 N_2O 的 $1/2$ 以上来自土壤过程。全球自然湿地每年排放大约 100 Tg ($1 \text{ Tg} = 1 \times 10^{12} \text{ g}$) 的 CH_4 ,稻田排放的 CH_4 达 30 Tg ,土壤不仅产生 CH_4 ,也能消耗(氧化) CH_4 。事实上,全球土壤氧化大气中 CH_4 的能力,大约为每年 30 Tg 。来自土壤 N_2O 排放量,占全球自然源和人为源总量的 70% 以上。在全球尺度上,施入农业生产系统的化学氮肥是 N_2O 最大的人为源。

此外,土壤温度的变化对有机质的分解、养分的释放和吸收产生影响。土壤有机质的加速分解,将降低土壤中的碳氮比值。同时,土壤温度、降雨格局的改变,可以直接影响微生物的生长、酶的活性及群落结构,还可能会影响土壤动物的物种多样性。

由此可见,土壤温室气体的变化对全球气候变化、土壤碳库建设,特别是对农田碳库源汇通量的变化,以及对我国主要粮食产区农田生态系统的土壤养分转化过程与土壤生态功能均有重要影响。因此,当前开展全球土壤变化研究,对全球气候变暖、生物多样性的变化、温室气体排放的调控及整个人类的生存与发展均有重大意义。

1.8 土壤是城乡发展和人居环境建设的重要环节

土壤是城市生态系统的重要组成部分,是城市绿色植物的生长介质和养分的供应者,是土壤微生物的栖息地和能量的来源,是城市污染物的汇集场和净化地,对城市的可持续发展有着重要意义。城市及城乡发展和交通建设导致了城市与城乡地区土壤的物理性状、化学性质、生物特征显著改变。城市和城郊土壤会受到空气沉降物、水体污染物及土壤侵蚀的影响。因此,这些地区极易产生新的环境、生态和健康问题。

针对这些环境及社会问题,我国当前正在从城市土壤发生、城市土壤质量、城市土壤与生态环境和城市土壤污染与修复四个方面进行研究与整治,

并取得不少进展及成果。如通过城市土壤组成和物理性状的变化,调控土壤水分的容蓄、入渗、蒸发等过程,解决地下水补给与城市排洪问题;通过改善土壤性状、加强城市绿化,以及在屋顶铺设类土壤物质,以减轻城市排洪压力、降低房屋隔热成本、减轻“热岛效应”等。由此可见,城市土壤研究在理论上可以探索并建立关于城市土壤的系统研究方法,拓展现代土壤学的研究范畴;在应用上可为解决因城市土壤质量下降导致的生态环境问题提供理论依据。这些均是对土壤重要性认识的新提升。

综观以上八个方面,当前对土壤重要性的认识,已从农业生产向生态环境保护的认识提升,从食物安全向人体健康的认识提升,从土壤资源保护向生态环境建设的认识提升,从土壤质量的培育向提高土壤综合生产能力的认识提升,从全球土壤变化向人类生存的认识提升,从城乡发展向人居环境建设的认识提升。

当前特别令人振奋的是,我们的党和政府的领导已经开始将土壤的认识提升到新的高度。我国当前面临的一些土壤问题,如土壤污染防治、土壤质量普查、土壤环境保护、土壤清洁生产等,均已提升到基础研究与国家需求的高度。正在从国家层面组织开展研究这些问题,特别是土壤与生态环境问题,正不断“浮出水面”,这是对我国土壤科技工作者的极大鼓舞。我们要按国家需求,不断提升对土壤的新认识,将土壤研究推向现代土壤学的新阶段,为我国社会经济持续发展做出新的贡献。

2 创新现代土壤学

近些年来,我国土壤科学的研究,随着全国科学与社会经济的发展,已经有了很大的推进。但是,当前面临着土地利用、环境污染、资源更新、肥力提高、全球土壤变化与可持续利用等新挑战,土壤学理论与实践的研究有待创新与提高,目前特别应在总结我国经验的同时,不断吸取国外的先进思路与经验,这样才能使我国土壤学的研究朝着现代土壤学方向不断深化与发展。什么是现代土壤学?如何创新现代土壤学?现代土壤学的研究前沿与特点是什么?现代土壤学研究领域面临有哪些挑战与展望?这些均是值得我们共同深入探讨的问题。现提出一些初步想法供讨论参考。

2.1 什么是现代土壤学?如何创新现代土壤学?

现代土壤学是与当代科学及国民经济发展相

适应的土壤科学。我国的现代土壤学是在我国当代科学技术研究与社会经济发展需求的推动下所发展的土壤科学。它具有明确的研究理论与科研前沿,并具有清晰的研究方向、研究领域与战略目标。我国的现代土壤学是指导我国当代土壤科学理论与实践研究的重要基础,是国际土壤学研究的重要组成部分。

现代土壤学的创新是指对当代土壤学的基本理论与社会的重大战略需求的科学创新。这种创新首先应提出适应土壤学发展的新理论,同时要提出满足经济社会发展与国家战略需求的重要方向与途径。

从创新的目标与方法看,第一,要有创新的自信心与创造思维的能力,要提出土壤科学的理论前沿。如土壤圈及圈层界面理论、土壤物质循环与全球土壤变化理论等,这些理论可与国际“临界区(Critical Zone)”相对应。如果提不出前沿思路与问题,是不可能创新的。第二,要有可靠的科学观测。当前,已不可能仅靠眼睛去发现或研究科学规律,更需要靠仪器、设备及监测网络来实现,例如红外光谱(红外光声光谱)仪、同步辐射仪、同位素质谱仪、定位网络中的各种遥感及自动测试仪等。这些仪器、设备均是土壤学及其交叉学科可以共用的。第三,要有研究数据的系统分析。如果对数据缺乏正确分析,则对科学规律的理解必然是有限的。现在除用仪器、设备取得研究数据外,还需计算机虚拟分析获得数据等。第四,科学创新的成果需要传播到社会,成为全人类的共同认知,有些甚至还要引入到法律,通过国家主导的市场来实现价值和接受检验。

现代土壤学的科技创新还必须具备以下几个要素。第一,是人才,要有创新思维和创新实践,必须具备好的人才及其团队。第二,当代的科技创新是交叉的。无论哪个领域,单学科创新将会寸步难行。第三,需要国内、国际的全面合作,承担起国内和国际的责任以及社会的责任。

2.2 现代土壤学的研究前沿与特点

2.2.1 现代土壤学必须具有适应现代科学发展与社会需求的前沿研究方向 2006年的世界土壤学大会提出的土壤科学前沿是“技术和信息时代”。研究重点集中在遥感、地理信息系统、景观分析、分子尺度的先进分析技术、环境土壤生物、植物-土壤界面过程、土壤过程和反馈的计算机建模、精确农业及其他信息科学和技术的应用等方面。由此

可见,土壤学科发展的前沿,一方面来自社会的需求,另一方面则依赖于其他相邻学科新理论和新方法的突破。从现在到未来,推动土壤学科理论创新的原动力,一是借助于生物技术与分子尺度的先进分析技术,研究环境土壤生物和植物-土壤界面过程;二是利用信息与遥感技术,进行景观及土壤过程的计算机反演建模。

我国土壤学研究的前沿,今后应从我国的实际出发,在“技术与信息”总体方向与重点上,应集中在以下五个方面:

(1) 土壤圈物质循环与能量交换(基础研究)。重点开展土壤与大气温室气体效应、土壤固碳、土-肥界面物质的变化与迁移、土-水界面物质迁移与变化、全球变化对土壤环境的影响、土壤物质与能量交换、土壤组分的相互作用及其对土壤肥力的影响、可变电荷土壤特性及变化等。

(2) 土壤资源与质量保护(利用管理)。重点开展土壤资源(包括耕地资源)的演变与评价、土壤资源特别是耕地资源的持续利用的机制与模式、土壤质量基础的调查与系统评价、不同土壤(土地)退化过程与防治、土地利用变化(城市化)的生态与环境效应、土壤基层系统分类的建立与应用、人类史中土壤变化的新趋势等。

(3) 土壤环境与生态安全(环境整治)。重点开展土壤污染机制及其对土壤健康质量的影响、污染物在土壤中的转化与生物有效性及对土壤健康质量与农产品质量安全的影响、土壤污染风险评估、污染土壤的修复机理与技术、不同生态区面源污染发生机制与控制对策等。

(4) 土壤景观(土壤信息)与土壤过程(宏观调控)。重点开展土壤景观与土壤时空变化、土壤的空间分布特征与演变、土壤环境敏感物质在土壤景观中的转化与迁移、土壤发生过程与区域全球变化、土壤侵蚀等退化机制与防治、土壤信息与土壤形成过程演变等。

(5) 土壤生物与养分调控(农业发展)。重点开展土壤生物学过程及其机制、土壤生物基因资源发掘与利用、不同土地利用方式下土壤微生物多样性及功能、土壤生物过程对食物和环境安全的影响与调控、土壤养分平衡与合理施肥、土壤养分高效利用的生物学机制及其分子基础、农田生态系统水和生命元素的循环及耦合机制、土壤-肥料-植物相互作用过程及协调机制等。

以上提出的土壤科学的5个前沿研究方向,虽

然对开展区域土壤研究具有引领性,但是,还需要结合区域发展与需求,选择与论证其具体研究内容与技术路线。

2.2.2 现代土壤学必须重视研究领域的综合与交叉学科的发展 未来的土壤科学将可能是一门较现在更为复杂的综合性的学科。其研究对象将更加广泛。它将以多学科联合研究的方式将传统学科(土壤物理、土壤化学等)与创新性的学科(土壤生态、土壤经济等)相联系。因此,必须强调学科研究的综合,同时应将土壤学与地理学、生物学、生态学、环境学及社会学等不断交叉结合,拓展土壤学与其他科学之间的联系,增强土壤学解决社会实践问题的综合能力。

2.2.3 现代土壤学必须重视新兴土壤学科分支的建立与发展 建立土壤生物(分子)学、土壤信息学、土壤数字制图学等学科是今后土壤科学研究与发展所必须的。对土壤时空变化的研究,其空间尺度需从分子水平到区域规模,其时间尺度需从瞬间持续到土壤形成的上百万年。同时,应加强两端研究,一端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。通过土壤信息技术,将土壤科学与这些学科相交联,更好地解决实际问题。

2.2.4 现代土壤学必须面向科学与社会需求做更大贡献 当前除基础理论研究成果外,更需要的是技术体系的研究成果,只有这样才能更好地使科研成果转化成生产力,才能使科研成果通过产业开发与市场经济相结合,使科研成果对社会产生巨大的生产与经济效益。关键的是需要考虑“三结合”,即“基础理论、技术体系与产业开发相结合,基础科学与应用技术研发相结合,全球变化与土壤科学相结合”。

2.2.5 现代土壤学必须重视新技术与方法的应用 随着土壤科学研究与发展,需要一些尖端技术与方法在土壤科学上的应用,如遥感信息技术、生物分子技术、同步辐射技术、核素技术,特别是有关土壤-水-养分及生态环境研究方面的新技术应用等。此外,有关定位监测、观测试验所需的尖端技术与设备应根据需要而增加。

2.2.6 现代土壤学必须使土壤科学研究日趋国际化 今后应更加重视土壤科学研究的国际合作与对口实际交流。积极参加国际土壤学会的有关会议与活动,并积极加入担任国际土壤学会的有关

组织领导职务,不断参与主持有关国际土壤学会议。此外,还应积极参与“国际地球年”与“千年发展目标”的活动,使我国土壤科学不断走向国际。

2.3 现代土壤学研究领域面临的挑战与展望

从我国当前面临的人地矛盾、粮食安全和生态环境问题看,要求土壤科学在满足国家需求中发挥更加重要的作用。从土壤科学自身的发展规律看,土壤学向现代土壤学发展的时机与条件日趋成熟。因此,分析土壤学有关研究领域面临的挑战与展望,是发展现代土壤学的重要基础。

2.3.1 “土壤圈层及其界面”基础理论研究展望 “土壤圈层及其界面”理论是现代土壤学研究的核心。它是研究全球变化对土壤环境的影响、土壤物质与能量交换、土壤组分的相互作用及其对土壤肥力的影响以及可变土壤特性及变化等领域的理论基础。土壤发生与性质的演变规律、土壤与生态环境的调控、土壤区域的时空演变等研究,均与土壤圈层及其界面过程有密切联系。因此,今后深入研究这种理论,对推动现代土壤学的发展具有重要意义。

2.3.2 土壤资源与可持续利用研究展望 土壤资源与可持续利用是现代土壤学研究的重要内容。针对目前我国农业发展、环境保护以及土壤资源演变的趋势,我国土壤资源的科学与技术研究需要在土壤资源演变与人为调控机制、土壤资源清单、土壤信息的快速实时获取技术体系、数字化土壤处理与土壤资源管理系统、区域土壤承载力与资源配置理论与方法、耕地资源保育及退化土壤恢复和修复技术等方面,强化基础和应用基础研究,以促进我国土壤资源的高效利用和管理,形成具有我国特色的土壤资源研究体系。

2.3.3 土壤信息与遥感研究展望 土壤信息与遥感研究是土壤科学研究的前沿。从我国土壤信息研究的实情看,今后土壤信息研究,首先要站在全球变化的高度,提供土壤信息获取、管理和分析的方法以及实现信息共享的平台。其次,应对我国进行全面的土壤资源清查,并建立我国国家级的多尺度、多目标的土壤信息系统,加强土壤信息获取新技术的研究,实现土壤信息快速获取。第三,应加强土壤模拟模型研究,以土壤圈理论、临界区概念以及植物生长机理为指导,深入研究土-水、土-气、土-植和土-岩系统及其界面的各种过程,从而推动土壤学研究与发展。

当前,国际上农业由机械化向信息化方向发展

已经成为必然趋势,而我国土壤信息尚缺乏国家层面的统一部署,建议通过多部门的共同努力,建立良好的协作共享机制,推动我国土壤信息科学事业的发展。

2.3.4 土壤生物学研究展望 土壤生物学研究是土壤科学研究的前沿。当前,土壤生物学的研究已成为各学科交叉融合的活跃场所,它将成为传统土壤学向现代土壤学理论加速转变的引擎。

从我国土壤生物学研究趋向看,今后需要建立具有国际水平的土壤生物保存、繁育中心和土壤生物监测网络,为土壤生物过程、土壤生态过程、土壤生态毒理、土壤生物资源的开发提供标准化的实验生物基地;需要率先开展一些前沿性的研究项目,如土壤生物多样性及其生态功能、土壤生物与生态系统稳定性及其演替、土壤生物与全球变化相互作用过程、土壤生物与土壤质量、土壤生物资源库建设与利用技术、土壤生物与生态恢复重建工程、土壤生物及生态过程研究技术与方法;还需要建立国家级土壤实验生物公用平台——土壤生物保育与研究中心及土壤生物资源库,从而推动我国土壤生物学领域及其相关领域的发展。

2.3.5 土壤养分资源利用研究展望 从我国国情出发,我国的农业生产必须走兼顾持续高产优质和与环境相协调的优质、高效、持续高产和环保的发展道路。关键之一是在保证持续高产的前提下,深入研究养分资源高效利用的机制和途径,寻求土壤-植物系统养分的农学效应和环境效应的最佳平衡,建立和完善相应的理论和配套技术体系。

今后,优先的研究领域应包括:(1)区域尺度的养分资源循环过程和特征研究。研究肥料施入农田生态系统后的转化规律与主要损失途径,建立养分资源综合管理技术体系。(2)养分资源高效利用的生物学机制研究。结合应用分子生物学研究手段,深入剖析养分的根-土界面过程及其分子调控机制、氮磷养分高效利用的生物学机制及其分子基础,为减少化肥的不合理投入、提高土壤养分资源和肥料利用率提供理论依据和科学措施。(3)肥料的生态环境效应和农业废弃物和环境来源的养分资源再利用,以减少肥料养分向环境的排放,改善我国农村的环境面貌。

2.3.6 土壤污染与环境保护研究展望 我国受污染的耕地约有1 000万 hm^2 ,污水灌溉污染耕地216.7万 hm^2 ,固体废弃物堆存占地和毁田13.3万

hm²,合计约占耕地总面积的 1/10 以上,其中既有重金属、农药、持久性有毒有机物和抗生素等污染,又有放射性、病原菌等污染类型;另一方面,我国过量使用农药、化肥、农膜以及污水灌溉等现象在一些地区仍然存在,从而导致耕地质量恶化、农作物减产和影响人体健康。因此,保护土壤质量、培育良好的土壤环境对我国农产品质量安全和农业发展有重要意义。这方面的优先研究领域:(1)农业土壤污染物环境生物地球化学循环与风险评估;(2)农业土壤污染生物修复与可持续管理;(3)农业、工业废弃物及城市污泥的土壤利用与农产品安全;(4)矿业废弃地及尾矿区土壤环境绿色培育与农业生物能源;(5)复合障碍型农业土壤环境风险削减与培育技术。

2.3.7 全球变化与农田生态建设研究展望 为了保障我国人口高峰期的粮食安全,亟需回答全球温室气体和空气污染物如大气 CO₂、O₃、SO₂、NO_x等组分浓度的持续升高情景下,我国主要农作物产量和品质变化、养分利用率、水循环和能量转化效率变化及农田生态系统结构与功能的演变规律。亟需明确这些变化对农田生态系统的综合效应和研究相应的应对策略和技术。在这方面的研究重点,首先应在极端气候、灾害性气候的预测预警研究基础上,研究我国大气组分浓度的变化动态及主要驱

动因素,并预测 2020年前后的区域水平分布。其次,应采用模拟未来气候和大气组分浓度变化的田间试验,研究我国主要农作物产量和品质形成的生物学响应机制,农田生态系统中水、碳、氮循环和其他重要元素的迁移转化过程,生物群落与功能演变趋势、能量利用效率变化等,为制订相应的水肥运筹、作物育种、化学及生物制剂运用等方案和措施,保障粮食安全提供科学依据。

从上述现代土壤学七个领域的发展展望看,今后土壤学面临的挑战是十分严峻的,特别是随着全球生态环境的急剧变化,人类将遭受的突发性的巨大影响难以预测。因此,现代土壤学研究的任务,首先必须从战略的高度,研究系统的土壤过程与性质的演变规律,不但要研究过去与现在,更要研究未来的演变规律,只有这样才能从战略的高度预测今后,展望与把握将来。同时现代土壤学的研究,必须与社会需求和社会变革相适应,以解决全球土壤变化和生态环境对社会经济与人类健康影响等方面的关键性问题,只有这样现代土壤学的发展才会有更大的空间和更辉煌的前景。

本文主要参考了以下文献:《为不断开拓与创新土壤学研究新前沿而努力奋进》(2007),《土壤资源概论》(2007),《生态农业与食品安全》(2007)。文内不再注明参考文献。

IMPROVING KNOWLEDGE OF SOIL, INNOVATING MODERN PEDOLOGY

Zhao Qiguo

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract Soil is the base of agricultural production, the keystone that Man relies on for survival, and the guarantee of food and ecological environmental safety for human beings. With rapid development of the modern science and technology and national socio-economy, the strategic position and functions of soil are undergoing some changes. Proceeding from the relationship between the demand of the development of the national socio-economy and the soil and soil science, the paper points out that the knowledge about the importance of soil has gradually been turning from agricultural production to environmental safety, resource exploitation, ecological health and global change. At the same time, the paper specifies connotation of the modern soil science, and strategic ideology of the innovative modern soil science, and also comprehensively, systematically and forward-lookingly describes research frontier and characteristics and challenges and prospects in the future of the modern soil science, thus enlightening the direction of development for the modern soil science of China.

Key words Soil resource; Knowledge of soil; Modern pedology; Innovative modern pedology; Challenge and prospects