

21 世纪土壤科学的主要任务及挑战

邵宏波^{1,2}, 梁宗锁^{1,3}, 邵明安^{1,4}, 韦鹏霄⁵

(1. 中国科学院水土保持与生态环境研究中心 土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 重庆邮电大学生物信息学院, 重庆 400065; 3. 西北农林科技大学生命科学院, 陕西 杨凌 712100;

4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 5. 广西大学农学院, 广西 南宁 530012)

摘要: 结合已有的相关工作, 对 21 世纪土壤科学面临的主要任务及挑战进行了论述, 同时对有关的问题阐述了见解。重点从生态环境与生物学角度阐述土壤学与生物学、分子生物学的交叉与融合, 将是土壤科学发展的必然趋势。分子生物学是生命科学中发展最为迅速的分支学科, 必将影响土壤学发展的趋势。自然科学、社会科学与人文科学在生态科学领域中走向了融合与交叉。分子生物学的理论与技术正全面地渗透到生态科学中, 将出现分子生态学的长足进展, 即在基因表达与调控水平上探讨群体及生态系统的功能机制, 并进一步利用生物技术手段, 有目的地改良环境, 从而使人类有一个可以持续健康发展的协调生存空间。土壤学面临了多种挑战与机遇, 除了在微观与宏观 2 个层次上继续拓展外, 更加注重尺度转换与实践应用问题以及同其他学科的交叉, 尤其生物学, 这也正是推动土壤科学发展的动力所在。无疑, 生物因素将是多学科交叉与融合的生长点, 是解决目前人类面临重大难题的根本性措施的源泉。

关键词: 土壤科学; 21 世纪; 主要任务; 挑战; 生态学; 生物学; 分子生物学

中图分类号: S15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2004)02-0028-07

* 21 世纪的世界已经进入了以经济、科技为主体的竞争时代, 同时也是人类继续面临人口—资源—环境—发展(PREP)的尖锐矛盾的年代^[1]。土壤是人类赖以生存与必不可少的主要自然资源, 是人类生命的屏障。生物资源(biological resource)在维持人类生存与发展中将起着越来越大的作用。在这种形势下, 土壤科学也面临着严重的挑战, 有必要对其发展趋势、主要任务及挑战进行相关的论述, 这对推动我国土壤科学、生态环境科学等的实践与发展并进入新的阶段都有着重要的理论意义及实际意义。

1 土壤科学发展的趋向: 土壤圈物质的组成、性质及能量循环研究

土壤科学的发展已逾百年。随着人类活动范围由地表向地球各圈层(包括气圈、水圈、生物圈及岩石圈)扩展, 土壤学由研究土壤及土壤圈自身向地球各圈层发展, 研究它们的相互关系。土壤圈是处于地球各圈层的界面, 是地球各圈层中最活跃、最富生命力的圈层之一, 对人类生存及环境变化起重要影响^[2]。当今世界进行的“全球变化”及“全球土壤变化”的研究, 就是以土壤圈及地球各圈层间相互密切相关为出发点。从土壤学的发展看, 过去多侧重于对土壤本身(液、气、固相)物质的组成与性质进行研究, 同时也联系到各种成土因素的影响; 随着土壤科学向系统化、综合化、工程化发展, 其研究内容已向土壤圈物质及能量循环的功能、机制及其对人类与环境影响的方向发展并不断深化。研究尺度上也向全球尺度与微观尺度分子水平发展。土壤学研究的总趋向是: 土壤圈在地球各圈层的物质组成、性质与能量循环及其对人类生存和环境的影响^[2-4], 同时更应该重视与生物学, 尤其生态学及分子生物学的融合与交叉^[5]。这一总趋向表明未来土壤学研究必须从土壤圈与地球各圈层的关系这一宏观角度出发; 今后土壤学的重要研究内容是土壤圈的内涵、功能及其与其他圈层的物质、能量交换; 土壤学研究将朝“全球变化”方向推进, 这将为解决人类生存与环境问题从理论和实践上取得进展^[2,3,5]。围绕“人类生存发展和改善自然环境”的总目标, 土壤学未来研究的方向有 2 个: 1) 物质的平衡与循环, 包括土壤圈与生物圈的养分元素循环, 与水圈的水平衡与循环, 与岩石圈的金属与微量元素循环, 与大气圈的大量及痕量气体交换。这一方向的前沿便是土壤圈与其他圈层间物质的能量流动与平衡。2) 物质的组成、性质与结构, 包括土壤中物理的、化学的、生物

* 收稿日期: 2002-12-30

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018605; G1999011708); 中国科学院知识创新项目(KZCX2-411; KZCX1-06-2-4); 国家杰出青年科学基金项目(40025106); 国家自然科学基金重大研究计划项目(90102012)共同资助。

作者简介: 邵宏波(1966-), 男, 吉林辽源人, 研究员, 博士, 硕士生导师。E-mail: shaohongbochu@hotmail.com

的物质组成、性质与结构。其研究前沿是土壤胶体表面性质及其与溶液间的界面化学行为。相关内容可细分为以下几方面^[1, 6, 7]。

1.1 土壤圈与地球生命作用

土壤圈物质循环的能量变化、生物转化、水循环,重点是土壤圈中碳、氮、硫、磷循环及环境效应,尤其这些物质循环与植物个体、群体的生理生态功能间的相互联系及分子机制问题将是本领域的前沿课题之一^[8]。

1.2 土壤圈与人类生存条件、自然环境

土壤资源的区域治理、综合农业中的动态变化及其生产承载力评价,营养元素的空间调控^[9, 10]。土壤圈与自然环境间的相关研究还包括重金属元素在土壤圈中的空间分布、迁移、转化及其生存效应,土壤中污染物质变化对生存环境影响及其调控,土壤在复合农业生态系统中的功能及优化模式^[11]。

1.3 土壤圈及“全球变化”

自然与人为条件下土壤圈内不同土壤类型的历史,现代成土过程及土壤基本特性变化的预测及土壤理化性质与植被演替的变化规律;土壤退化;以及土壤痕量气体的通量及其对温室效应的影响等^[12-15]。

1.4 土壤圈物质的组成与性质

土壤胶体表面的电荷性质,土壤中有毒物质的化学行为,土壤水分性质,植物营养元素的化学性质,根际主要微生物的生理生态特性和植物与环境的信息交流,土壤有机质组成、性质,土壤生态系统的结构、功能等^[4, 9, 11, 16-21]。

2 全球土壤变化是土壤学研究的重点

当今世界,面临人口剧增及土地退化两大难题^[2, 4, 6, 9, 11, 22, 23]。世界人口 65 亿,发展中国家缺粮将达 2 亿 t;世界水土流失面积已达总面积的 16.8%,占耕地 2.7%,每年还有 7 万 km² 土地沙漠化,约有 12 万 hm² 土地发生次生盐渍化,占耕地面积 10% 的土地沼泽化,以及近 2 亿 hm² 耕地被侵占;来自土壤的 5 种温室气体也不断增多^[24]。近百年来在温室效应中的贡献是:CH₄ 30%,O₂ 80%,N₂O 80%,CO₂ 20%,氟氯烃化合物 15%。因此,研究“全球土壤变化”对人类与环境影响的问题,已引起国际上的普遍关注,被列为当前及长远的国际性研究课题,国际组织都把“全球土壤变化”列为今后长期研究的战略项目。

全球土壤变化是指在自然与人为条件下,研究土壤圈在地球系统各圈层中物质的迁移及转化规律。其中包括土壤类型的形成、组合、分布及其物理、化学、生物性质的时空变化;土壤温室效应、土地退化、水土流失及环境污染的机理、本质及其防治等^[1, 6, 10]。在此深入研究中,尤其重视新的信息系统(3S 等)技术应用于土壤科学中^[25]。

3 土壤学面临的重要任务:保护土壤资源,提高土壤肥力,改善生态环境和高效持续农业的发展

据统计,全世界可获较高作物产量的土壤只占总耕地面积 40%,其余 60% 是低产高消耗型的耕地。保持与有效利用世界土壤资源,是一个长期的战略任务。我国土壤资源在利用中存在的问题是:1) 土壤肥力减退,耕地中每 hm² 粮食产量不足 2 250 kg 的低产田占耕地 1/3;2) 土壤退化;3) 土壤侵蚀严重,黄土高原区与红壤地丘陵区侵蚀面积各有 50 万 km²;4) 耕地被侵占,可待垦宜农耕地已不足 2 000 万 hm²。我国人口与土地资源利用的矛盾尤为突出。人口 13 亿,人均粮食不足 400 kg,每年沙化面积达 133.3 万 hm²;草原退化面积占草原地区的 1/4;每年还要减少耕地 46.7 万~66.7 万 hm²;次生潜育化面积占沼泽化总面积的 1/5;次生盐渍化占盐渍化总面积 1/6;水土流失面积近 150 万 km²。因此,从我国国情出发,合理利用资源,努力解决人粮矛盾,是土壤学的研究重点。我国土壤学面临的重大任务就是“加强土壤资源的保护、综合治理及合理开发利用”。保护土壤资源,提高土壤肥力及改善生态与环境三者是密不可分的^[26]。

随着人粮矛盾的日渐加剧,土壤肥力与土壤管理问题也越来越突出。我国有 1/3 的耕地产量甚低,土壤肥力亟待提高,另外 2/3 耕地肥力也需不断培育。全国肥料用量比大体是:氮素供应平衡,而磷、钾仍不足^[6, 26, 27]。既要重视土壤肥力的保持与提高,将土壤—肥料关系的研究列为重点;又要注意改善土壤管理,特别注意土壤与环境各因素之间的平衡与协调,及它们之间的动态变化与能量传递^[2]。

持续农业是高额农业产量、合理的环境保护和生物多样性三者共同组成的,在获得农业高产的同时,必须

保护环境与促进生物协调发展;实际上持续农业的概念应包括土地利用的连续性,环境质量的保持与提高,经济价值的增加,生产力的稳定增长,土地质量提高,抗风险的缓冲能力增强等方面^[6,26]。美国目前正研究低投入高产持续农业的可能性^[9,11,28-34]。

我国人口不断膨胀,农业资源日趋紧张,人均资源占有量将随人口增长而下降,接近甚至超越了资源承载的极限^[47]。当前,农业资源的人均占有量:耕地 0.1 hm²;林地面积 0.11 hm²左右;草地面积 0.27 hm²。人均占有水资源 2 200 m³,全国缺水 480 亿~1 060 亿 m³。因此,要使我国人均粮食在 21 世纪末达到 500 kg 以上,就必须走高效持续生态农业的道路。也就是指在节约资源、获得高产的同时,注意增强地力,即在有限资源条件下,发挥其生产潜力,注重生态系统、物质循环与各类资源的平衡和协调,增加农业产出并应用高新技术(如生物工程、信息技术),实现广泛的精准农业(precision agriculture)并保持其稳定增长,改善和优化生态与环境^[5,33,35-38]。

4 未来土壤学发展的动力是加强土壤学基础理论研究

土壤学基础理论研究主要包括:土壤发生、物质循环、生态功能、土壤分子生态组成及多样性、资源潜力、表面化学、水势动态、植物营养、根际环境、肥力机制、土壤性质与植被演替的互动关系与调控、污染机理、土壤信息与遥感等方面。从国际上看,这些研究虽然发展不甚平衡,但均有明显进展,并朝着“人类与环境”的总目标和“全球土壤变化”、“土壤圈物质循环”研究的方向不断推进,同时在新技术、新方法的运用及理论与实践的结合上有新的发展。土壤水分、肥料试验网、水稻土、盐渍化及红壤的发生和利用、土壤酶等研究,在一定程度上取得了领先地位;而土壤分类、土壤生物、土壤生态、环境保护、物质循环、全球土壤变化、信息系统及新技术应用等方面均存在明显差距。鉴于此,必须围绕“土壤圈在地球各圈层中物质的组成、性能与能量循环和对人类生存与环境的影响”的总目标,大力开展土壤学基础理论研究,推动土壤学的发展^[7,12,22,23,25,39]。

5 土壤科学的主要任务和应重视的问题

5.1 综合治理及防治土地退化的研究

深入进行我国生态脆弱地区(包括黄淮海平原、红壤丘陵、西北黄土高原、三江平原及沙漠干旱区)的综合治理与开发,做好试验示范工作。系统地研究上述地区的发展战略及土壤承载力,以充分发挥其生态与经济效益,对国民经济发展起推动作用,尤其对 21 世纪我国经济的可持续发展有更重要意义^[3]。

发展与加强持续农业,开展土地集约化利用研究意义深远。首先应强调利用上的“节制”与“节约”。既要对现有农业资源,特别是耕地的合理利用,又要采用现代化节水、节肥和节能技术,对现有农业资源进行平衡、协调与充分利用,使其发挥最高生产力与最大的利用效率;其次是深入开展农业投入与产出关系的研究。包括适投高产和低投高产(可维持体系,即用少量化肥、农药、杀虫剂,使农田产出尽可能多的粮食与产品)等;第三,注意增强地力,改造中低产田,推广农业新技术,尤其注重农业生物技术(agricultural biotechnology)的应用,改善并优化生态与环境的关系,充分发挥植物(作物)的生理、生化及生态功能,提高净光合速率与产量,这也是保证农业可持续发展最重要的条件之一^[3,5,14,29,33,37,38]。开展土地退化及其防治研究主要包括土地退化的类型、分布、及其与人为活动的影响;不同土地退化类型(土地硬化、铁质化、侵蚀化、沙化、酸化、盐渍化、潜育化、贫瘠化及生物退化等)的形成机制及防治途径^[17,32,35,40]。

5.2 土壤肥力演变规律与调节的研究

深入开展土壤肥力的化学(包括营养元素、化学性质、根际环境)、物理(包括土壤水分、土壤结构等土壤物质性质在集约化条件下的变化与调节)、生物及生化环境(包括有机物、微生物等在肥力演变中的功能)演变规律的研究。提出我国主要农业区肥力演变规律及存在问题,并提出在高强度利用条件下土壤肥力的演变趋势^[10,14,30,31,35,41,42]。

深入开展施肥技术与提高肥效的研究。主要包括各种配方施肥、节肥技术和提高肥料有效性等。要广辟肥源;注意开展土壤根际微域环境养分元素的生物有效性及其调节的研究;开展土壤中水、肥、气、热各因素与营养元素平衡、协调及其与作物生长关系的研究等^[26,43]。

5.3 土壤圈物质的组成、性质、类型及其时空变化规律的研究

研究自然与人为条件下不同土壤类型的历史和现代成土过程;土壤圈物质的空间分布和理、化、生物等基本

特性及其变化和预测^[1,4,28]。着重研究可变电荷土壤的表面性质及其与溶液间的界面化学行为: 土壤胶体表面性质; 固—液相界面上离子的物理化学行为及反应动力学^[5,15]。继续进行中国土壤系统分类研究, 重点是高级分类级别的划分依据; 诊断层和诊断指标的确定; 主要土壤标准剖面的建立; 土壤系统分类信息系统的建立等, 最终建立一套完整的新的中国土壤系统分类制, 为深入认识和改造土壤提供理论基础^[42]。

5.4 土壤圈物质循环规律研究

加强土壤氮循环, 研究土壤氮素损失的机理, 氮素损失量的原位测定及控制土壤氮素损失化学制剂的筛选等研究^[1,2,6]。

结合植物生理生态学、分子生物学理论与技术, 探索土壤—植物(个体、群体)—大气连续系统的不同水平(尺度)水分平衡机制, 着重研究与完善农田水平衡及灌溉模型^[1,7,18,37]。从全球变化角度研究土壤圈物质迁移转化的动力学及其对地球其他圈层产生的影响; 土壤圈与大气层的气体交换中, 土壤痕量气体的通量及其对温室效应的影响等。

5.5 土壤生态与环境保护研究

建立系统可持续的生态系统研究网络, 着重研究土壤生态系统在复合农业生态系统中的地位、功能及优化模式。开展污染物在农田土壤中的迁移、转化及调控途径研究, 主要研究重金属复合污染和有机污染物的土壤化学行为; 重金属和农药污染物在根际环境中的形态转化和归宿; 城市固体废弃物的综合利用等^[24]。

土壤资源信息系统与遥感技术的研究重点应结合 1:100 万土壤图和土地数字化数据库的研究, 开展土地资源信息系统的结构及功能的研究; 区域土壤数据库及有关学科分支专业数据库的建立; 信息系统及遥感技术在土地资源评价, 合理利用及其演变趋势预测等方面的应用。

6 土壤科学面临的挑战

6.1 提高土壤生产力

世界人口的急剧增长, 继续对粮食生产提出更高的要求^[2~4,9,11,43]。研究表明, 目前的粮食产量远低于其潜在产量, 土壤是一个主要的限制因子^[17,29~33,41,44,45]。如何满足作物生长所需的最佳土壤环境条件, 进一步提高土壤生产力是土壤科学面临的第一挑战^[5,8,18~20,36,38,46]。近年来广泛的生物学研究表明生物因素是提高土壤生产力的关键因素, 有效协调利用这些生物因素却是一个值得多学科共同深入研究的问题^[5]。

土壤物理学: 目前还不能定量地描述根系生长所需的物理条件。许多土壤物理参数都与结构、机械性质有关, 但如何将这些性质输入到所建立的有关土壤性质与根系生长、养分吸收的模型中去, 显得非常困难。生物本身又是随时都在变化的高度复杂有序统一体, 以及田间土壤的空间—时间变异性, 可能是土壤物理学不能有效地处理田间水分运动规律的最大障碍。满足根系生长所需物理环境和最佳水分供应仍是困难重重。

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

土壤生物化学: 对 4/5 的有机态磷和 1/2 左右的有机态氮形态仍不清楚。对养分的生物有效化过程, 控制土壤生物活性变化和生物群体分布的因素了解得非常有限。特别是对有机质的生物学转化机理, 氮的转化、固定、迁移和损失的过程仍有许多不了解之处。90% 以上的土壤微生物尚不能在实验室培养, 土壤酶在土壤肥力上的作用也不十分清楚, 迫切需要加强土壤生态学的研究, 尤其土壤分子生态学研究, 如土壤微生物基因组图谱 (gene mapping) 与表达图谱 (gene expression pattern)^[22,23]。利用组织培养技术研究矿质元素与离子平衡对植物(细胞)生理生化反映的影响^[48], 有助于揭示土壤与植物间的信息交流与识别, 推动土壤科学产生飞跃式发展。

根际微生物生态学: 土壤、微生物和植物的相互作用决定了根际的微环境, 植物从土壤中吸收水分、养分和激素等物质直接受根际环境的影响, 进而影响植物的初级生产(光合作用)。微生物对通过根际沉积而释放的有机物质的利用和二级生产也受根际微域环境的影响。植物生化互作化合物的增产或增产作用, 根际中生物和根的共生对植物的影响可能是有益的、中性或有害的, 主要是取决于土壤的条件, 但是确切的生理生化、分子机制仍需深入研究。最新的分子生物学研究表明: 植物、微生物与土壤间存在着信号转导 (signal transduction), 其转导途径

是多重空间的网络结构(network),其本质主要受到基因表达与调控(gene expression and control)来控制^[27, 36, 38, 40]。

6.2 制止土壤退化与退化土地的更新和恢复

随着世界人口的迅速增长,土壤退化这一古老的问题目前变得愈来愈严重。据预测,到2055年,许多国家的土地生产力将达到极限。日益严重的土壤退化已不仅是在某些地区,而是成为全球性的环境退化问题。

土壤侵蚀:每年全世界约有600万~700万 hm^2 农田由于侵蚀而丧失生产力。全球表土流失量每年约为254亿t,相当于过去3个世纪速率的2倍以上。

荒漠化:每年大约有2000 hm^2 土地荒漠化,且因“温室效应”正在加剧,仅1984年全世界共有45亿 hm^2 土地受到沙漠化威胁,其中70%的土地变成荒漠。

盐化、碱化和沼泽化:每年因盐化、碱化、水渍使高达150万 hm^2 农田降低了生产力。

土壤酸化、有机质和养分损失、土壤物理性状恶化、紧实与硬化也将成为严重的问题。

土壤化学污染:据预测Cd, Sb以 $1.0\text{ g}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; Pb, Cu, Cr以 $50\text{ g}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; Zn, Mn以 $65\text{ g}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 的速率进入耕地土壤,造成化学污染。

无疑,对土壤退化过程目前还缺乏足够的了解。特别是对土壤退化速率的定量监测,以及如何评价土壤退化对当前和将来作物生产的影响远不能令人满意。土壤资源的减少使得退化土地的更新或恢复问题越来越突出。土壤科学应注意退化土地的更新或恢复技术,为使退化土地重新获得生产力而努力^[4, 9, 11, 26, 43]。

6.3 土壤与其他区域性及全球性问题

土壤过程直接参与了陆地生态系统与大气圈、水圈之间气体物质的交流。土壤是水分、碳、氮、硫等物质的源和库。土壤科学既是一门农业科学,也是一门地球科学,因而与生命科学愈加联系密切^[20]。许多日益严重的区域及全球性的生态环境问题都与土壤过程有着紧密地联系。例如,温室效应、臭氧层耗损、酸沉降物、核放射性物质沉降、农田土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 等富营养化、水资源保护与开发等问题。

仅以温室效应为例,土壤是 CO_2 , CH_4 , N_2O 等温室气体的重要来源之一。全世界陆地系统中75%的有机碳存在于土壤有机质组分之中,约为 $2.500 \times 10^{12}\text{ kg}$ 。土壤有机质矿化速率的变化对全球碳(以 CO_2)的转移量影响非常重要。因植稻、灌溉等原因,使大气中的 CH_4 从1978年以来每年以1%速度增加。土壤硝化作用和反硝化作用所产生的 N_2O 等气体化合物,在对流层中象 CO_2 , CH_4 一样吸收长波辐射而提高地球表面温度,而且在平流层中能发生光化学氧化,耗竭臭氧层中 O_3 。防止温室效应和保护臭氧层,现在已成为世界关注的重大环境问题。1989年8月在Wageningen召开了题为“土壤和温室效应”的国际学术会议,全面地讨论了土壤和土地利用在温室气体产生中的重要性,土地覆盖或土地利用对表面辐射平衡的影响。1990年2月又在Nairobi召开了题为“变暖地球上的土壤”国际学术会议,从另一角度来探讨温室效应对土壤的影响。2002年在曼谷召开的第17届国际土壤学术大会,无论从土壤学研究内容的广度、深度等方面,还是从学科发展趋势与交叉应用方面都取得了前所未有的进展与共识,并成为多学科交叉点与重叠点^[2, 5]。

实际上现在更多的有关环境、资源的重大问题,都与土壤有着紧密的关系。国际科协理事会(ICSU)1986年发起的国际地圈—生物圈计划(IGBP),以及世界气象组织和国际科协理事会共同经营的世界气候计划(WCRP)及全球变化与人文项目计划(IHDP)和国际水文计划(IHP)都有土壤科学工作者参与。土壤科学正作为地球科学重要和相对独立的成员之一,在不断自身发展与紧密地同生物学,尤其是分子生物学(molecular biology)交叉与融合的同时,必将在21世纪保护人类生态环境与重建、地球自然资源及经济、农业等可持续发展中,发挥越来越明显的重要作用。

参考文献:

- [1] 杨文治, 邵明安 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [2] 赵其国, 周健民 为21世纪土壤科学的创新发展作出新的贡献——参加第17届国际土壤学术大会综述[J]. 土壤, 2002, 5: 237-256

- [3] 赵文智,程国栋 干旱区生态水文过程研究若干问题评述[J] 科学通报,2001,46(22): 1851-1857.
- [4] Tate III R L. Physical management of soils of the tropics: Priorities for the 21st Century[J] Soil Science, 2000, 165(3): 191-207.
- [5] 邵宏波,邵明安,梁宗锁 黄土高原水土保持分子生物学与生物技术措施[J] 农业工程学报,2003,19(4): 19-23
- [6] Zhang X C, Shao M A. Impact of vegetation cover on the nitrogen loss of cropland on the Loess Plateau[J]. Acta Bot Sin, 2003, 45(10): 27-33
- [7] 杨万勤,王开运 土壤酶研究动态与展望[J] 应用与环境生物学报,2000,8(5): 564-570
- [8] Gao Q, Ci L J, Yu M. Modeling wind and water erosion in northern China under climate and land use changes[J]. J. Soil Water Cons, 2002, 57(1): 46-54
- [9] Clarke R A, Stanley C D, McNeal B H, et al. Impact of agricultural land use on nitrate levels in lake manatee, Florida[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 57(2): 106-110
- [10] Chen Q Q, She C D, Peng S L, et al. Soil organic matter turnover in the subtropical mountainous region of south China [J]. Soil Science, 2002, 167(6): 401-413
- [11] Al-Kaisi M M, Waskom R M. Utilizing swine effluent for sprinkler-irrigated corn production[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 57(2): 111-120
- [12] He X B, Tang K L, Tian J L, et al. Paleopedological investigation of three agricultural loess soils on the Loess Plateau of China[J]. Soil Science, 2002, 167(7): 478-491.
- [13] 韦红波,李锐,杨勤科 我国植被水保功能的研究进展[J] 植被生态学报,2002,26(4): 489-496
- [14] 赵平,彭少麟 种的多样性及退化生态系统功能的恢复与维持研究[J] 应用生态学报,2001,12(1): 132-136
- [15] Kbor K. Returning America's Forests to their 'natural' roots[J]. Science, 2000, 287: 573-575
- [16] 高平平,赵立平 可用于微生物群落分子生态研究的活性污泥总DNA 提取方法研究[J] 生态学报,2002,22(11): 2015-2019
- [17] 宋松泉,王彦荣 植物对干旱胁迫的分子反应[J] 应用生态学报,2002,13(5): 611-614
- [18] 胡志昂,王洪新 分子生态学进展[J] 生态学报,1998,18(6): 565-574
- [19] Tang L Y. Temporal-spatial distribution of vegetation on the Qinghai-Xizang Plateau during the past 12 ka BP[J]. Acta Bot Sin, 2002, 44(7): 872-877.
- [20] Dobson A P, Bradsha A D, Baker A S M. Hopes for the future: Restoration, ecology and conservation biology[J]. Science, 1997, 277: 515-522
- [21] 刘世梁,傅伯杰,陈利项,等 卧龙自然保护区的土地利用变化在其土壤特征的影响[J] 地理研究,2002,21(6): 682-687.
- [22] 杨官品,男兰,贾海波,等 土壤细菌遗传多样性及其与植被类型相关性研究[J] 遗传学报,2000,27(3): 278-282
- [23] 夏北成, Zhou J Z, Tiedje J M. 土壤生态生物群落及其特性与植被的关系[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2000, 37(3): 94-98
- [24] 付华,王玉梅,周志宇,等 苜蓿施用污泥效果的研究 II 对土壤理化性质及元素含量的影响[J] 草业学报,2002,11(4): 57-61.
- [25] 杨胜天,刘昌明,孙睿 近 20 年来黄河流域植被覆盖变化分析[J] 地理学报,2002,57(6): 679-684
- [26] 郝明德 黄土高原沟壑区水土流失治理与生态环境建设[J] 水土保持学报,2002,16(5): 79-81.
- [27] Liang Z S, Zhang F S, Shao M A, et al. The relation of stomatal conductance, water consumption, and growth rate to leaf potential during the soil drying and rewetting cycle of wheat (*Triticum aestivum*) [J]. Bot Bull Acad Sin, 2002, 43: 187-192
- [28] 吕厚远,刘东生,离正堂 黄土高原地质与历史时期的古植物史研究现状[J] 科学通报,2003,(1): 2-7.
- [29] 王国宏,任继周,张自和 植物系统发育与物种多样性[J] 草业学报,2003,12(1): 41-46
- [30] 张井勇,董文杰,叶笃正,等 中国植被覆盖对夏季气候影响的证据[J] 科学通报,2003,48(1): 91-95
- [31] 曲国辉,郭继勋 松嫩平原不同演替阶段植物群落和土壤特性之间的关系[J] 草业学报,2003,12(1): 18-22
- [32] 龙新宪,杨肖娥,叶正钱 超金属螯合物及其在植物修复中的应用[J] 植物生理学通讯,2003,39(1): 71-77.
- [33] 山仑 干旱农业技术发展趋向[J] 中国农业科学,2002,35(7): 848-855

- [34] Reicosky J, Evans S D, Cambardella C A, *et al* Continuous corn with moldboard tillage: Residue and fertility effects on soil carbon[J]. *J. Soil Water Cons*, 2002, 57(5): 277-283
- [35] 张林生, 赵文明 LEA 蛋白与植物的抗旱性[J]. *植物生理学通讯*, 2003, 39(1): 61-66
- [36] Goldberg R B. From cot curves to genomics: How gene cloning established new concepts in plant biology[J]. *Plant Physiol*, 2001, 125: 156-159
- [37] 邵宏波, 覃国森, 覃武云 欧洲农业——世界生态农业的典范[J]. *广西林业科学*, 2002, 31(4): 190-194
- [38] Shao H B, Liang Z S, Shao M A. Roles of ABA during seed maturation and germination of higher plants[J]. *Forestry Studies in China*, 2003, 5(3): 26-32
- [39] 郝文芳, 梁宗锁, 韩蕊莲, 等 黄土高原不同植被类型土壤特性与植被生产力关系研究进展[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(6): 1545-1550
- [40] 邵宏波 高等植物开花过程的基因调控[J]. *生物技术通报*, 2001, (6): 12-18
- [41] 周志宇, 付华, 陈亚明, 等 阿拉善荒漠草地恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化[J]. *草业学报*, 2003, 12(1): 34-40
- [42] 李文武, 张金屯 黄土高原植被与气候因子间的关系分析[J]. *生态学报*, 2003, 23(1): 82-89
- [43] Lal R. Tropical soils: Solutions for productive, balanced, sustained stewardship[J]. *Soil Science*, 2000, 165(1): 189-190
- [44] 许振柱, 周广胜 陆地植物对全球变化适应研究的进展[J]. *自然科学进展*, 2003, 13(2): 113-120
- [45] 邹承鲁 走向 21 世纪的生命科学[J]. *中国科学院院刊*, 2001, (1): 1-5
- [46] Cairns J J, Heckman J R. Restoration ecology: The state of an emerging field[J]. *Ann Rev. Ecol Systematics*, 1996, 21: 167-189
- [47] 石元春 西北呼唤草业[J]. *草业学报*, 2003, 12(1): 1-3
- [48] 邵宏波, 梁海曼 大麦种子前期处理对其成熟胚培养的影响及机理探讨 II[J]. *西北植物学报*, 2002, 23(3): 617-624

Soil science major tasks and challenges for the 21st century

SHAO Hong-bo^{1,2}, LIANG Zong-suo^{1,3}, SHAO Ming-an^{1,4}, WEI Peng-xiao⁵

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Agriculture, Centre of Soil and Water Conservation and Eco-environmental Research, Chinese Academy of Science, Yangling 712100, China; 2. Bio-information College, Chongqing University of Post and Telecommunication, Chongqing 400065, China; 3. College of Life Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 4. Institute of Geographical Science and Resources, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China; 5. Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530012, China)

Abstract: This paper gives a simple and systematic listing of the major tasks and challenges for soil science in the 21st century based on work already done, and sets forth opinions on related problems. Soil science will play a bigger role in providing solutions to the intense disharmony between population, resources, the environment, and development. In the 21st century, major patterns in soil science include the overlapping of different disciplines, and the extreme divergence of research scales (global and macro-level to molecular level). Molecular biology is the fastest developing discipline of the life sciences, which will influence pedology development. Areas of the natural sciences, social sciences, and humanities have come together and been integrated in ecological science. Increasing evidence shows that biological factors will provide the fundamental measures for solving the current grave problems facing human beings on the earth. In brief, gene expression and control is the main basis for intentionally improving the environment, through which man can assure sustainable healthy development in a harmonious living space.

Key words: soil science; 21st century; major tasks; challenges; ecology; biology; molecular biology