

中国土壤科学复兴之道

——献给我国土壤地理工作者

朱 显 谟*

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

摘 要 本文对整个土壤形成过程中“风化过程和成壤过程同时同地进行”的理论,作了新的补充;并在明确其局限性的基础上,针对这二个过程的实质,结合我国主要土壤的发生演变及其地理分布规律进行了总结研究以后,发现当前土壤工作中出现一些不容忽视的缺陷。其中较为重大的有:(1)在对待具体土壤性征尤其诊断层(diagnostic horizon)时,强调“统一形成”有余,而对“生物小循环”仅仅是在“地质大循环”轨道中某一比较稳定环节上,在有限深度内进行的实质考虑不够;(2)对于生物小循环中植物对营养元素的选择性吸收和以有机质、植物残体与腐殖质状态的积累和腐殖质作为“一个自然体的土壤”的基本特征等比较重视,而对矿质元素的生物反馈、淋溶迁移、生物成矿尤其粘土矿物的生物起源等有所忽视;(3)在进行土壤理化试验研究,尤其模拟实验时常将土(earth)代壤(soil)。促使研究工作背离实际,难于反映本质和满足生产需要。

当前我国土壤地理工作面临的抉择是:要么“穿新鞋走老路”,要么改弦易辙,在充分发扬我国古代紧密联系生产实际的优良传统的基础上,善于吸取国外先进经验,尤其现代先进技术,在充分发挥我国土壤资源丰富和对土壤耕作培肥经验等优势,以及在土壤形成过程中对生物小循环新认识的优势,尤其黄土高原特有土壤形成过程研究成果的优势,并以建立一个既有我国特色、紧密联系生产,又能量化、标准化并便于国际交流和有助于正确探索全球环境变迁的土壤系统分类制为突破口,把我国土壤科学的水平不断推向前进。

关键词 土 土壤 土壤形成过程 地质大循环 生物小循环

On the Renaissance Way of Soil Science in China

——Present to Workers of Soil Geography

Zhu Xianmo

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract In all soil formation processes, it is new replenishment of theory: "weathering process and loamification process are in progress at the same place and time". And on the basis of defining local limitation, according to these two process essence, combining with summarizing genesis and devolution of main soil types and their geographic distribution law, it has been found that pr-

收稿日期 1993-10-10

* 中国科学院院士,中国科学院水利部西北水土保持研究所名誉所长,博士生导师。

esent soil work appears some drawback of tolerating not neglecting, including 1). as treated certain soil characteristics, especially diagnostic horizon, united formation has been overemphasized, but "bio-cycle" is only at certain steady link of "geological cycle" track, and advanced essence of limited depth is not better considered. 2). selecting absorbtion of plant absorbting nutrient and organic matter, plant residue and accumulation of humus conditions, and basic characteristics of humus being taken as a natural soil are paid attention. However, bio-feedback of mineral elements, leaching and transference, organism forming mineral, especially clay mineral origination etc, have been neglected. 3). In the test research of soil physics and chemistry, especially simulated experiment, the earth always replaces soil. All this promote that research work departs from practice, it is hard to reflect to the essence and to meet production needs.

Facing choice for present soil geography workers is that "put on new shoes and walk old roads" or change one's course. On the basis of full developing the fine tradition of Chinese ancient being closely integrated with production practice, the soil geography workers are good at absorbing in foreign advanced experience, especially modern advanced technique. It is fully developed that superiorities of rich soil resources in China and experiences of soil cultivation and fertilizing, and superiority of recognizing bio-cycle occupying a position in soil formation, especially superiorities of research achievement in special soil formation process on loess plateau, it is taken as a breach that not only establishment has Chinese distinguishing feature, closely integrates with practice, but also it is quantitative, standardized and convenient at international exchange and it is useful to correct and find out soil classification systems of globe environment change, the level of chinese soil science gradually carries forward.

Key words earth soil soil formation process geological cycle bio-cycle

1 绪 言

随着世界人口暴涨和环境恶化及污染的加剧,土壤科学的研究和发展,越来越被人们所重视和关心。早在80年代,联合国粮农、环保和教科文三组织曾联合召开了二次世界高级土壤专家会议,商讨土壤工作如何迎接20世纪全球人口对吃穿要求的挑战和全球环境变化趋势预测等任务,提出在对全球水土资源系统评价的基础上规划今后合理开发利用和防止土壤退化等有关方针措施,概括为"土壤宪章",并在印度新德里召开的第12届国际土壤学会上汇报讨论,拟定了战略方案和实施步骤。

当然《世界土壤图》的编制是整个工作的关键和先行基础,因此被选作为整个工作的突破口。早先俄、美等国土壤学家曾就各自的工作和观点,并以各自的工作地区为起点和依据从事对世界土壤的分布有了新的研究和叙述,并也编制有关土壤图件。无怪1960年在美国举行的第7次国际土壤学大会就正式建议把《世界土壤图》作为专一任务而进行。1968年在澳大利亚举行的第9次国际土壤学会大会上提交了《世界土壤图》的初稿。大会肯定了图例提纲,土壤单元定义及新建议的命名,并提出尽早出版《世界土壤图》的建议。事后动员了世界各地300多位土壤学家经过20年的努力才完成了19幅《世界土壤图》(FAO1971—1981),《粮农组织世界土壤资源报告》中公布了顾问组对《世界土壤图》的目标——对世界土壤资源作出首次评价;对环境类似地区的经验交流提供了科学依据;促进建立一套公认的土壤分类系统与命名;为在发展中地区进行详细研究建立一个共同的大纲;为教育、科研及开发活动提供基本资料,和加强土壤科学领域中的国际联系等给予了评价。这些

都是上述二次专家会议的背景,又是其进一步建议拟制“土壤宪章”的动力。

多年来,《世界土壤图》的编制确已被证明在当今各国对粮食及其他农产品的供应越来越相互依赖而进行全球性世界土壤资源的清查时很有价值。土地退化、生产潜力与人口承载能力的不均衡的问题都为国际所关注。《世界土壤图》是全球开发与土地利用合理化政策的基础;它能使勾绘世界农业生态带、评定不同地区主要农业商品生产的适应性成为可能(FAO1978—1981);它又为环境相似的地区之间进行经验交流以及在不同生产潜力地区之间建立协作关系提供科学依据。

近年来《世界土壤图例》已成为对比各国不同土壤分类系统的准绳,并被一些国家的图书馆与数据处理机构用来检索世界的土壤。同时《世界土壤图》的编制又激励了许多发展中国家开拓或加强土壤调查……。事实证明《世界土壤图》对于教育、科研与土地开发活动都是有价值的工具,在自然资源(地质、植被、气候、土壤、水)当中,它是已完成的全球级的最细的清查;它还被用于教育、土壤地理研究,开发项目的制定,典型研究地点的选定,实验数据的分析以及区域级特点的说明中。不过在过去多年来的工作中还存在着不可避免的缺点,期待今后修订。亟待通过对《FAO/UNESCO世界土壤图》例的修改与详尽的阐述来更加强土壤科学领域中的国际联系和土壤不同发生学派,尤其土壤分类不同流派之间的交流和融合,只有这样才能真正建立一个既切合实际而又被公认的土壤分类参比基础。

土壤分类是土壤科学领域的一项基础工作,又是土壤制图的唯一依据,但它又完全依赖于整个土壤科学中各分支学科的成就,尤其所持土壤形成理论的先进程度和普遍性。土壤系统分类无疑地代表着当今土壤研究的水平和方向。因此各国争相在这文面作出了贡献,都拟定了具有各自国家或地区特色的分类系统。其中美国的较为突出,这是以土壤诊断层为基础的土壤系统分类,它已被80多个国家作为第一或第二分类,看来在事实上已和以系统分类为依据的联合国图例单元一样,深入到每个国家。

我国对于近代土壤科学的研究起步较晚,何况过去又常置古人的成就于不顾,无怪跟踪模仿国外较多。解放以来,情况有变,促使土壤工作进一步联系实际,面向生产并不断转向群众经验的总结和提高。而今继先后三次全国群众性土壤普查和二次农业区划之后,又自1985年以来由中国科学院南京土壤研究所为首,先后组织全国各地36个单位百数十名土壤研究人员从事土壤系统分类的研究,并获得了国家自然科学基金委和中国科学院作为重点项目资助。值此我国土壤科学继往开来,蓬勃发展之际,老朽甚感兴奋并就个人在这方面的经验教训奉献出来,略尽“老马识途”之劳,以期善于利用我们目前所具有的优势,通过对具有我国特色的土壤系统分类的建立推动其他土壤分支学科的正常发展,并把我国土壤学的水平推向世界先进行列。

2 只有珍惜传统经验才能善于吸取外来先进技术

我国幅员辽阔,土壤资源丰富多样,农业历史悠久。对于土壤的认识极早,同时一向与大地视为一体。古语“有土此有财和地尽其利”的说法,就是表示认识土地与民族的生存与发展息息相关^[1]。无怪大禹奉舜命於疏河脱灾的同时就已和益及后稷等对农林生产问题随时随地作实地的考察与研究,因而对土壤的识别,地力的估定,生产力的差异,赋贡的厘订等无不涉及。所以《禹贡》一书的问世,实为世界上第一部土壤名著,其附图(禹贡九州图)又可作为世上第一幅土壤图,因其除记述大禹治水功绩和九州贡法外,有关九州境内各种土壤辨别,也有概括而扼要的叙述,并根据土性而比较其肥力,又注意有关利用管理等关系。可见当时土壤与农业生产的紧密相关。自禹后千年(约

*本人和大家一样在土壤地理工作中(尤其土壤发生和分类中)一味仿模国外,开始相信“地质学派”的“风化淋深学说”,原来信奉“土壤统一形成学说”,现在对“诊断层”又颇感兴趣。

距今3 100年),周公有《周礼》之作,对包括土壤在内的与农业生产有关的自然现象也有基本的分析和研究。再降至春秋列国齐桓公之时(距今约2 600余年),管子有《地员篇》之作。该书^[3]对土地高下,水泉(地下水位)深浅和植被类型与土壤分类及土地利用等分析研究颇为详实,为土壤地理研究最早的楷模,此外对土宜、土壤耕性、土地生产力等无不作出全面而概要的描述。这种中国人民对土壤辨别和土地利用方面问题的研究,早就重视而著文发表的事实,可能要比国外早得多。迟至公元前600年后才有西欧学者加图、华路与哥林勿拉等^[1]的土宜分类法,依作物生产的质与量为标准而加以识别。何况我国上古时代就以土壤本身的颜色与易于认识的性质或特征如土质的疏、密、轻重和耕性等为土壤分类的依据,并陆续有所提高而渐趋复杂;土地利用方面则由侧重土性在先,继而结合地面自然植被与地下水及土宜、植物生产等情况而不断发展;此外“草人土化法”是施肥的最古记载,其法为土性与肥性相结合而有不同的施用法等无不高出国外一筹。

显然,上述禹贡、周礼及管子地员篇新记载的资料,主要来自我国广大群众,在其实践中对生产资料的土壤情况的深刻历史认识,而由著作者将博访周谘与实地考察所得,以经过系统整理和研究而载于文献以留传后世,这在我国文化或农业和土壤的发展史上有其重要价值,难道不值得后世珍惜吗?当前这种认真结合重大国民经济发展以实地考察的传统更加值得继承和发扬光大。

3 跟踪模仿的目的何在?

现代土壤学的发展虽然启始于近代化学和物理学的发展及其有关测试技术的进步,但作为一个独立学科,尤其当作历史自然体来研究,应当归功于整个地球科学的发展和土壤这个“类生物体”有它特殊的形成过程以及它在人和生物圈中的特殊地位。根据作者在原始成土过程的研究^[2]中肯定并发展了苏联B. P. 威廉斯关于土壤形成过程的学说。可以认为:“没有陆生生物的着生就没有土壤的形成;反过来倘若没有土壤的形成和发展,也就没有陆生生物的进化和发展”。因此,也可以认为,没有土壤就没有生物圈的出现和存在,当然更无人类生存之地,可见我国古语“有土此有财”多么确切!

B. P. 威廉斯的功绩又在于他在1947年《普通耕作学附土壤学原理》一书中所阐述的:“土壤形成过程的实质是二个对立面的斗争,当植物体定居在成壤母质上时这种斗争就不可避免地发生在任何成壤母质中了。由于植物群社在成壤母质上的作用,在母质上就结果着微小的量变,每个植物群社也由二个对立面的系统所组成的(自养及异养型根系营养的绿色植物,需氧的和嫌氧的非绿色微生物)。小的量变在发展过程中以飞跃的形式而过渡到母质性质的质变。母质性质的变化又马上影响到它的生物学成员的组成与性质的变化。这种变化又引起了气候(在纬度地带的范围内)的变化^[4]。这就使得由他提出的“土壤统一形成过程”更加具体明确。由此也不难理解生物学小循环与地质学大循环间的互相矛盾才是土壤形成中的主要矛盾,这种矛盾就是成壤过程的实质。

由于人们在“土壤统一形成过程绝对和相对年龄”,“土壤的相对年龄”等概念和内容上的认识不同,何况又对在生物学小循环的作用下在根系所及的母质层中便发生着灰分与氮素养料以及腐殖质的固定与累积,自此时起母质便具有了为土壤所特有的特性;相反地,在地质学大循环的作用下,进行着各种物质由母质中释放出来,它们不是全被吸引到小循环中,而是或多或少地自土壤与底土层中排除到海洋中去——也就是“生物小循环在自然界中仅仅在地质学大循环轨道的一部分上扩展”的事实又不够明确,这样就必然会导致:要么回归到单纯淋溶学说,当然片面或教条式地理解二个过程的同时同地进行的作法也会促成这个后果;也就是“土壤形成时的所有各式各样的现象皆归结于各种氧化物在风化壳表层的转化与移动”;要么把同一土壤或土被地带不同成壤年龄的土壤或土被甚至和母质相混。因此就出现了在森林植被下的硅的淀积层被当作铁铝的淋失层(A₂)；我国对各种与母质一样颜色的新成土(Entisol)被划分为各种类型的土壤,如紫色土、紫棕土、红壤

甚至砖红壤等等;以及我国北方半湿润一半干旱地带草本植被下,主要由植物根系形成的粘粒,硬被说成是上层粘粒被淋移下来的结果等差错。这是一个很值得深思的事实,难道我们今后还盲目地跟踪下去吗?显然我们倘能破除迷信坚持实事求是,一切从摸清环境条件在土壤形成过程各个阶段中的真实作用出发,那就必然会变模仿跟踪为追踪创新。现在确有回顾一下风化过程和成壤过程等实质的必要。

4 在土壤统一形成过程中地质大循环和生物小循环的实质

俄国土壤学的鼻祖 B. B. 道库恰耶夫曾在 1883 年出版的《俄罗斯的黑钙土》一书中就指出:土壤是在五种土壤形成因素作用和相互作用下发育和形成起来的,这五种自然因素为:气候、母质、动植物有机体、陆地的年龄和地形。这一理论后来成为关于土壤是个独立的历史自然体的基本原理,并被不断地发展和深入,威廉斯又在其学说中指出,土壤不仅是劳动对象,生产的资料,而且也是“劳动的产物”。这样就把人类生产活动与土壤性征的紧密关系提到空前的高度。目前各国对发生诊断层(genetic diagnostic horizon)的重视无非力图查明真正能体现土壤特征,尤其肥力特征的明确指标,用以显示土壤形成过程的规律及其阶段性,以便制定最佳农业综合措施。

B. P. 威廉斯从高度科学的角度把土壤形成过程概括为地质大循环和生物小循环间的矛盾。50 年代苏联土壤学家对如何正确发展这个学说主要从哲学的角度展开了很大的争论,本文除上面有所提及的外,不敢妄加评论。现仅就该学说中的核心——风化过程和成壤过程同时同地进行的实质结合国内土壤发生演变情况进行科学简探,深信这一问题倘能得到明确认识,那么其他问题尤其诊断层的形成问题或可迎刃而解。

风化过程的实质,从地质大循环的角度来看,风化过程只是一个始发环节,它不过为整个物质的大循环创造有利条件。就其实质来说,它又可大别为二。一曰热力风化或物理风化,它仅仅是岩体的崩解破碎,由大变小,由密实变疏松,使其不断获得通透性和一定的持水性能,可以促进化学风化或水的剥蚀。化学风化是岩体物质组成和状态的变化,一般由原生矿物变成次生矿物,由复杂和不溶性物质变成简单的和水溶性的物质。这些物质又可随着环境条件的不同,既可原地累积又可作水平或垂直迁移,最终甚至随水流流入海洋或内陆洼地。二为化学风化,实际是水的作用。倘若没有水,那就非但风化产物无法迁移就是同化作用也将停止。由于成岩矿物以硅酸盐为主,因此硅酸盐的化学分解必须是硅的溶解和迁移,也就是脱硅反应。当然在具体过程中,首先是盐基类矿质先被游离和淋失,否则脱硅过程也将受阻、停留、甚至逆转。脱硅的结果就是铁、铝的相对富聚。因此岩体的化学风化的最终结果为富铝化。一般而论,在有利降水条件下,岩体在盐基游离和脱硅过程中,就由原生矿物变成次生矿物,使矿物体微粒化而形成各种类型的粘土矿物。由于植物生长所需的矿质元素,不断地被淋失,土体就越来越贫瘠,难怪以往“土壤是由岩石风化而成论者得出土壤在其发展阶段中它的营养物质逐渐贫乏甚至完全“死亡”等结论——也就是由幼年、青年、成年和老年阶段。由此可见,没有生物的作用,岩石就永远不能成为土壤,而只能成为成壤母质或土状物。因此,有必要将地质大循环中的风化过程称之为“成土作用”而与生物小循环的成壤作用相区别。

生物小循环的实质,威廉斯说得好:“土壤形成不能发生在风化过程之前,但也不能发生在风化过程完结之后”。这就说明具有一定持水性能的岩体或母质才能生长植物,而植物也必须生长在营元素没有被淋失的母质之上,否则也就没有土壤形成过程,也不会有真正土壤的出现,而只能是个“土状物”。因此,不难看出“生物积累过程”才是土壤形成过程。当然土壤形成过程的实质除有机质在成壤母质中的合成和分解,以及植物营养元素在土壤中的累积外,还可以把风化过程所释放出来的可溶性物质拦截吸收,一方面阻止它们的淋失,一方面又可反馈到土体中积存起来,以供生长在土壤上的植物之间进行的,植物的灰分养料和氮素养料的生物小循环的进行。这才是生物小循环

的实质。也是威廉斯“土壤形成是由于在两种对立过程(地质残积的过程以及植物以灰分营养元素的、生物的积累过程)之间的斗争而发展起来”的事实依据。近年来的研究^[2,5,6,7,8,9]已有很大的发展。

5 土壤统一形成学说的发展及其现状

由上述,不难看出,倘无陆生植物的着生,那么由风化作用所形成的可溶性物质,除不易分解的硅土物质外,迟早会向下淋洗。这样的土壤形成过程(笔者特名之曰“成土过程”——见前)随着时间的增长就必然会导致整个作用转移到岩石圈的深处,而在表层便开始了“死亡的静寂”(1924年 A. Γ. 威林斯基语)。这是淋溶学说的理论基础,也是其实质所在,这在十九世纪前半叶曾风靡一时,并在当时著名土壤学家,尤其苏俄学者如格林卡、波林诺夫、柯夫达等人的研究中,都曾有过各种氧化物自岩体表层淋洗过程是土壤形成作用中起主导作用的阐述^[10]。

因此,生物的作用在有水的环境条件下首先在于有选择性地拦截和吸收其生长所需的矿质元素和它从空气中吸收固定的碳和氮等一起组成活的有机物而使土壤形成过程得以启动;然后经过有机质的积累和分解反馈,再为生物所吸收积累、反馈而形成周而复始的生物小循环,这样非但阻止了矿质元素的淋失,同时又避免了表层的“死亡和静寂”。土壤就是这样形成的,地球上的生物圈也是完全靠这样过程才得发展起来。显然,陆地上的土被仅仅是地圈和生物圈相互交接和剪切的部份。也就是没有风化岩石圈的出现,就没有生物着生的基地;没有生物小循环的进行,就不成为土壤而仅仅是母质罢了。

自 B. P. 威廉斯揭示在任何土壤形成过程中所发生二个对立面的斗争(生物小循环方面的矛盾和地质大循环方面的矛盾)以来,首先被认为土壤形成过程的实质是有机质的合成与分解,也就是植物营养元素以有机质、植物残体与腐殖质状态的累积,腐殖质是作为一个自然体的土壤的基本特征。继而认为这种“使数量上有限的元素具有无限性质的唯一方法就是使它成循环的运动,迫使它在循环中周转不息”,这样也就同时阐明了在历史上形成大小循环间的相互关系是以“不同种类有机体间的共生关系为基础”。又加植物并不是消极地实现着对所有矿质元素与其他类型的营养的感染接受,每种植物都具有选择吸收的能力;它们都表现出与各自的特点相适应的对外部环境的选择吸收能力,它们自外部环境中吸收在它个别发育阶段所需要的那些物质;同时它们又以对各自特定的(specific)化学元素大量累积的能力为特点,因此植物在生长过程中,不管其外界环境中所含这些元素的多少,它都可以在其有机体中吸收和富聚。这在陕西黄龙地区贫硒的土壤上常见有富硒植物黄芪属的生长就是个明证。

毫无疑问,这些非但是土壤统一形成过程的理论基础,同时也是识别土壤绝对年龄和相对年龄的依据。正在由 C. A. 科拉哥引起的有关“发展威廉斯土壤统一形成过程学说”^[11],争论非常热烈的同时, B. A. 科夫达发表了“植物的矿物质成分和土壤形成”的二篇重要总结性文章^[5,6]。文章通过认真整理 50 年代(主要)很多研究者对不同地带主要植被灰分组成的系统分析数据及其矿物质生物学循环的发展与土壤形成中的作用后获得了很多非常主要的认识和进展,这些进展也许是后来争论停息的主要原因。

文章先从应用由 B. B. 波雷诺夫等奠定的关于地壳发展中活质的改造作用的科学原理来理解风化壳、地壳和土被的历史入手,肯定了 B. P. 威廉斯对于“生物学因素和物质的生物学循环在成壤过程中的主导作用”的概念(柯夫达本人原先也持“岩石表层的淋溶过程是土壤形成作用中起主导作用”的观点)以后,才把植物地上部分和地下根部的矿物成分、数量及其活质的循环状况对自然土壤和已开垦土壤的发生特性与动态相并进行了研究。此外他又采纳了 B. II 维尔纳茨基的“有机体的生物地球化学能量决定于它们的大小,繁殖和散布的速度及其和外界环境相互作用的能力”的

观点;结合“动植物的寿命可在数百年之内,而微生物的每一代的生存只是在一分钟之内”等现象和“越是细小的有机体,它的繁殖就愈快,数量也较多,它们和外界环境相互作用及其后代的更替也愈快;它们在地质学的、地球化学的和土壤的过程中的作用也愈大等事实,最后他得以将和地球上生物圈形成过程息息相关的土壤形成过程大别为:岩生植被下岩石的成壤作用;森林植被覆盖下的成壤作用;草本植被下的成壤作用(生草成壤过程);水成条件下的成壤作用;和耕种土壤的形成和特点等不同类型而把土壤统一形成学说发展到目前大家所公认的水平。

当然,单纯从土壤分类学来说,当前美国以土壤诊断层为基础的土壤系统分类更为先进,因其明确具体,同时更易于量化、标准化和便于国际交流。但是,诊断层的选择,倘若不从其形成过程入手,尤其缺乏生物小循环作用的依据,就会造成难于理解的错误,而使有助于探索全球变迁工作成为空话。1982年12届世界土壤学会在印度西部干旱地区考察时,错误地把料研沉积层当作土壤剖面中的发生层,不是很值得深思吗?目前有些土壤学者还坚持森林植被覆盖下的灰壤过程和热带雨林植被下富铝化过程,都是这种缺乏地学常识和在成壤过程中生物作用意识淡薄的历史性错觉。难道我们还要紧跟下去吗?

6 今后的出路在于创新,只有创新,才能振兴我国的土壤事业

本本是可贵的,因为土壤学是一门科学,科学就得继承前人的成果,善于抓往前人的启发,以避免走错道;但是更可贵的在于在具体实践中锻炼自己,壮大自己和发现本本的不足,以便有所前进、有所创新。50年代以来我们在土壤地理工作中,尤其在开展全国群众性土壤普查工作中,取得了巨大的成绩,非但系统了解了全国土壤的分布规律,拟定了今后进一步开发利用规划,同时还修正了某些土壤分类和分布规律上的差错;其中尤以西北黄土地区和东北温带—寒温带地区的土壤更为明显而重要。其重要性表现在:(1)森林植被下硅粉淀积层的初次发现;(2)对黑土、棕壤等寒温带土壤分布规律的认识^[2];(3)黄土地区土壤地带性问题等等。这些,除部分为后来工作者所接受外,大部分均为当时权威人士斥之为“标新立异”并和华南红壤、砖红壤等等“生物地带”一样,在国内引起了争论,同时这些争论时起时伏,迄至目前在认识上可能还有根本的差距。

争论也是动力,在科学研究上,没有争论就不能前进,今就作者在这个动力的推动下,所取得的微小进展,择其一二简略奉告于后。

硅的积累和淀积是生物活质小循环的主要特征,应该作为土壤形成过程中的重要标志,因为从原始成壤过程开始,植物可将其着生之处或根系所能到达的地方,将由矿物风化新产生的矿质元素大部甚至全部从溶液中和水分一起阻截和吸收,将其变为活质而参予生物小循环过程,国内外的植物灰分分析都表明,在俄国除干旱地区除肉质植物中含量以 $\text{Na}_2\text{O} > \text{Cl} > \text{SO}_2$ 为主和有些草本植物碱金属和碱土金属元素较高外,其他均以含硅质为主,在森林植被中以针叶含硅量最高,可达30%~45%,阔叶较低仅20%,而树干则含钙、钾量较高^[5,6];国内林厚萱等研究(表1)表明,不论其生长地区和不同土壤均以硅为主,倘与 R_2O_3 相比则常高出数倍、数十倍以上;据笔者的研究,植物灰分的硅铁铝率一般大于8,最低不小于3,最高可达70以上(沙打旺)。如此大量的硅素被吸收到成壤过程中来,必然会促使土体含硅量的增加,因此认为生物成壤过程,就是个富硅化过程。何况当植物体死亡、腐化、矿化以后的次生石英有常呈结晶状的氧化硅而不易再被植物所吸收,又如有些植物也可直接将氧化硅的晶体析出体外。植生硅非但在玉米叶缘形成刺人皮肤的小针,同时也可在壳衣向外生长扩大时在表面产生发亮的晶体^[2,14]。这样势必一方面促使植物加强对成土矿物的风化和吸收,另一方面也就在土体中增加了石英细末。无怪,地不分南北,植被也不分天然还是人工,随着植物生长繁茂和活质循环强度的不同,必将导致聚硅程度的差别,难怪我们非但在东北黑土、棕壤

表 1 三种生态类型植物的化学成分的比较* (%基于干物质)^[13]

生态类型	灰 分				及 其 组 成				分子比**					
	灰分	N	S	P	Si	Fe	Al	Mn	K	Na	Ca	SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / F ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
酸性土植物	5.00~6.00	1.00±	0.10±	0.080±	1.98± 2.60±	0.020±	0.800± 0.050±	0.020~0.050	0.800±	0.100~0.150	0.100~0.400	4.28	30.38	4.78 73.63
和指示植物	(12.43)	(1.49)	(0.20)	(0.210)	(5.148)	(0.062)	(1.214)	(0.234)	(2.193)	(0.556)	(1.123)	7.18	255.7	7.39
钙质土植物	10.00±	2.00±	0.10±	0.150~0.250	5.67± 2947±	0.020~0.050	0.010~0.050	0.000~0.003	1.000~1.500	0.050~0.100	1.000~2.000	471.44	858.02	1046.37
和指示植物	(18.94)	(4.65)	(1.30)	(0.328)	(2.349)	(0.252)	(0.104)	(0.023)	(5.317)	(0.366)	(4.251)	60.81	181.78	104.52
盐碱土植物	10.00~15.00	2.00~3.00	0.40~0.60	0.100~0.500	4.435	0.020~0.050	0.050~0.500	0.000~0.010	1.000~2.000	1.000~5.000	0.500~1.000	127.43	674.63	157.30
	~25.00				2.740 13.500					~10.000	~1.500	32.39	169.04	48.59
和指示植物	(45.79)	(4.88)	(2.73)	(0.434)	(17.302)	(0.179)	(0.357)	(0.056)	(4.252)	(13.100)	(2.500)	3.35	3.47	81.99

注：* 在括号内的数字是该类型植物所含的最高数值。

** 根据原表计算所得。

和暗棕壤中看到硅粉的淀积,太白山森林土壤中也有明显出现,就是在太湖边上的水稻土中也颇为常见,群众还名之曰“小粉土”,当然有些地方的“豆浆泥”也因有白色硅粉的淀积而得名。

令人费解的是,直到今天还有人硬把从林毡层中和铁、铝一起下淋而先行淀积集中的氧化硅说成是铁、铝从那里被淋失的淋溶层,还特以 A_2 来表示。这种在强酸性土壤顶部从植物小循环中突然脱逃出来的现象,实与矿物风化淋溶毫无共同之处。看来这种被长期颠倒了的事实我们有责任把它再颠倒过来。同时也不失为振兴我国土壤学的天赐良机 and 巨大动力。

横跨近 10 个经度纵贯 6 个纬度,面积 $40\sim 50\text{ km}^2$ 的黄土高原地区的土壤,曾被定为栗钙土一个土壤类型,这显然与半湿润的森林草原、草甸草原、半干旱和干旱草原等生物气候地带不相协调,同时也与当地群众的传统认识相左。我们在群众从生产实践中积累的对土壤性征了解的启发下进行了研究。初步发现黄土地的形成过程并不局限于腐殖质和矿质营养元素的积累和松软土层的形成,同时又或多或少地进行着次生粘土矿物的生物形成过程,并随着成壤时间的增长而加强。有关生物粘化作用,国外也有报道^[6,7,9],但大部限于推测或认为由生物反馈的硅质与矿物风化游离出来的 R_2O_3 相结合而形成 2:1 晶型的粘土矿物,而我们不论从草本植物的根际森林松软表土的下部或枯树的粗壮腐根中都已发现大量伊利、蛭石、尤其含铁、镁片的蛭石(IHV)和蒙脱等粘土矿物的形成。看来在适当条件下生物直接形成粘土矿物的过程很值得深入研究,也许也是我们在这方面取得国际领先的条件。何况最近我们已经发现黄土地区的土壤形成过程又有其在地球上独一无二的环境条件下进行着特殊的成壤过程^[15]呢!由此作者已建议黄土地区的土壤应作为一个独立的土纲来研究*。

我国南方红色盆地中的红色风化壳和红土沉积物上的土壤,也和黄土地区的土壤一样,是我国土壤工作者可以大显身手的宝地。不过要有所前进和有所创新,必须改变以往传统的看法,也就是不要再把这些由风化作用形成的厚层土状物当作由生物小循环形成的产物来看待,因为他们仅仅是地质大循环中一个环节,只有把它们看作古土壤的沉积物和古代风化壳的残留,也只有把它们当作现代生物气候条件下的成壤母质来看待,才能正确认识现代成壤作用的性质及其程度,有关这些笔者早在 40 多年前就已提过^[17],当时仅仅从它们地理分布规律,和从沉积学的角度来判比其性征。40 年后又从生物小循环中硅质在土壤表层的积累过程中获得了进一步证实^[16]。请看赵其国^[18]等在中国红壤一书中曾就各类红壤土生长的植被进行了 N 和灰分元素反馈的情况,仅就其中热带雨林和橡胶林下凋落物中灰分元素分别为每公顷 1.41t 和 220kg(表 2),灰分中都以硅为主、铁铝较少,他们的分子比分别为 16.28 和 5.51。在硅铁铝率不到 2 的土体上生长的植被具有这样高的硅质。其聚硅作用不是很明显了吗?由此可知以往传统上把红壤类土壤作为热带雨林等现代生物气候地带性土壤,实在是个错觉。现在我们倘能把这个错觉纠正过来,而把其上发育的现代土壤重新按生物小循环的土壤发生学的性征进行实事求是的分类不是对土壤科学也是一大贡献吗?

此外,我们已往在原始成土过程的研究中,对 B. P. 威廉斯的土壤统一形成学说也曾进行了修正和补充^[2,14],其中从四个发展阶段中确立了陆生生物进化与土壤发育进化互为因果的论点以及土壤肥力具有地带性,对植被的专一性和生产上的针对性(如对纤维、油料二用作物等),非但有助于土壤形成过程的深入研究和土壤诊断层的确定,同时也有助于合理改土培肥措施的选择。

由上述可知,虽然目前西方国家土壤学的水平要比我国先进得多,但是也存在很多不足和差错,我们倘能不失时机地抓住我们在这方面的优势,同心协力,努力钻研,奋勇前进,那末赶超之日,(至少在土壤地理和改良利用方面)必将指日可待。

* 有关这个问题,请见另文,此处从略。

表2 热带雨林和橡胶林下凋落物中氮素及其灰分中矿质元素的含量(干重 kg/ha, 据赵其国^[18])

植被	季节	N	灰分	BO ₃	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
热带雨林	干季	50.2	523.5	4.5	15.8	38.2	45.8	331.5	4.5
	湿季	54.8	555.0	6.0	15.8	35.2	36.8	356.2	4.5
	雾季	57.8	774.0	6.0	8.2	33.8	23.2	575.2	23.2
	全年总量	162.8	1852.2	16.5	39.8	107.2	105.8	1262.9	32.2
橡胶林	干季	74.2	144.8	8.2	13.5	33.0	14.2	15.8	12.0
	湿季	27.8	237.8	3.0	3.0	87.8	33.0	71.2	3.0
	雾季	27.8	289.5	3.0	3.0	118.5	39.0	76.5	3.8
	全年总量	129.8	672.1	14.2	19.5	239.3	86.2	163.5	18.8
		Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Mn	SO ₃	硅铁铝全量/(t/ha)	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
热带雨林	干季	35.2	2.2	10.5					
	湿季	42.8	3.8	11.2					
	雾季	33.0	2.2	20.2		1.41	16.28	103.1	19.3
	全年总量	111.0	8.2	41.9					
橡胶林	干季	8.2	—	—					
	湿季	15.8	—	—					
	雾季	14.2	—	—		0.22	5.51	22.78	7.3
	全年总量	38.2	—	—					

参考文献

- 1 邓植仪. 有关中国上古时代(唐、虞、夏、商、周)五朝代农业生产的土壤鉴别和土地利用法则的探讨. 土壤学报, 1957 第5卷第4期, 271—284 页
- 2 朱显谟. 论原始土壤的成土过程. 中国科学. 第10期 210—217 页
- 3 夏伟琰. 管子地员篇校释. 中华书局出版, 1958
- 4 H. H. 包里塞夫. 土壤形成过程的实质. 土壤学译报, 1956, 第1期 1—8 页
- 5 B. A. 科夫达. 植物的矿物成分与土壤形成(I). 土壤学译报, 1956, 第3期 2—13 页
- 6 B. A. 科夫达. 植物的矿物成分与土壤形成.(I) 1965, 第4期 12~22 页
- 7 P. X. 阿依金尼亚著. 卡敏草原地草原植物的灰分组成及其对形成土壤矿物胶体的影响. 苏联土壤学报, 1954, No. 3
- 8 朱显谟. 论原始土壤的成土过程. 中国科学, B 辑 1983, 10 期, 919—925 页
- 9 美国农业部土壤保护局. 土壤分类. 1975, 15 页
- 10 H. H. 包里塞夫. 土壤形成过程的实质. 土壤学译报, 1956, 1 期 1—8 页
- 11 C. A. 科拉哥. 发展. B. P. 威廉斯院士的统一土壤形成过程学说, 土壤学译报. 1956 第4期, 23—25 页
- 12 朱显谟. 黑龙江省东部主要土壤的性质及其分布. 土壤学报, 1952, 2(1)
- 13 林厚萱、章慧麟、侯学煜. 酸性土、钙质土和盐渍土指示植物的化学成分. 土壤学报, 1957, 第5卷3期, 247—267 页
- 14 朱显谟. 太白山岩生植物与原始成土过程. 土壤学报, 1963. 1—8 页
- 15 朱显谟、祝一志. 试论中国黄土高原土壤与环境(英文). 中国第四纪地质和环境(论文集), 科学出版社, 1991, 273—279 页
- 16 朱显谟. 华南红壤与红色风化壳中第三纪以来东亚古环境论文集. 香港大学亚研中心, Vol. 1, 1988
- 17 朱显谟. 江西红壤之气候问题. 中国土壤学会会志, 1950. Vol. (1) No. (1)
- 18 赵其国等. 中国热带、亚热带土壤性征的形成及其分类. 中国红壤, 科学出版社, 1983, 1—23 页