

土壤圈物质循环研究与土壤学的发展

赵 其 国

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

文章阐述了土壤圈物质循环的研究意义、内容及其与土壤学发展的关系。

研究土壤圈物质循环是当今土壤学的一个热门课题。它既与地球科学、生命科学、环境科学关系密切,也是解决与人类生存和改善环境有关问题的基础。已有的研究表明,研究土壤圈物质循环是了解乃至控制土壤全球变化和人类全球变化的前提。

一、土壤圈的地位与功能

土壤圈是地球系统的组成部分,它处于气圈、水圈、岩石圈和生物圈之间的界面与交互作用层之上,既是该系统的支持者,又是它的产物。早在1938年,S. Matson根据物质循环的观点,提出土壤是岩石圈、水圈、生物圈和气圈相互作用的产物,并规定了土壤圈(Pedosphere)的概念(图1)。

从土壤圈与整个地球系统的关系看,其功能有以下几个方面:

1. 对生物圈 支持和调节生物过程;提供植物生长的养分、水分与适宜的理化条件;决定自然植被的分布;但土壤圈的各种限制因素对生物也要起不良影响。

2. 对气圈 影响大气圈化学组成、水分与热量平衡;吸收氧气,释放 CO_2 、 CH_4 、 H_2S 、氮氧化物和氨气,对全球大气变化有明显影响。

3. 对水圈 影响降水在陆地和水体的重新分配;影响元素的表生地球化学行为、水平分异及水圈的化学组成。

4. 对岩石圈 作为地球的“皮肤”,对岩石圈具有一定的保护作用,以减少其遭受各种外营力的破坏。

由于土壤圈所处的特殊地位,它成为地球系统中,生物与非生物发生强烈交互作用的基地。土壤圈内的各种土壤类型、特征与性质,都是过去和现在大气、岩石、水及生物圈相互作用的记录与反映,它们对研究土壤圈在自然与人为作用影响下的变化与发展具有重要意义(图2)。

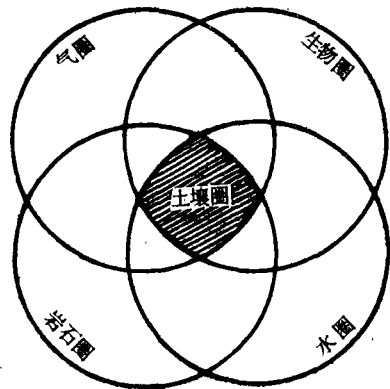


图1 土壤圈的地位

二、土壤圈物质循环的内涵

土壤圈物质循环是指土壤圈内各种元素的迁移与物质交换过程。它决定着土壤的发生、形成以及土壤肥力等的变化，并受岩石圈、水圈、生物圈和大气圈的影响；反之，它也对地球系统中其它圈层产生影响，因此，研究土壤圈的物质循环，必须宏观地考虑土壤圈在自然界的位置。

从土壤圈与各圈之间的关系看，物质循环大致包括以下几种：

第一，土壤圈与生物圈的养分元素循环。主要表现为元素被植物吸收的生物迁移与交换。不同土壤在不同植被群落下，具

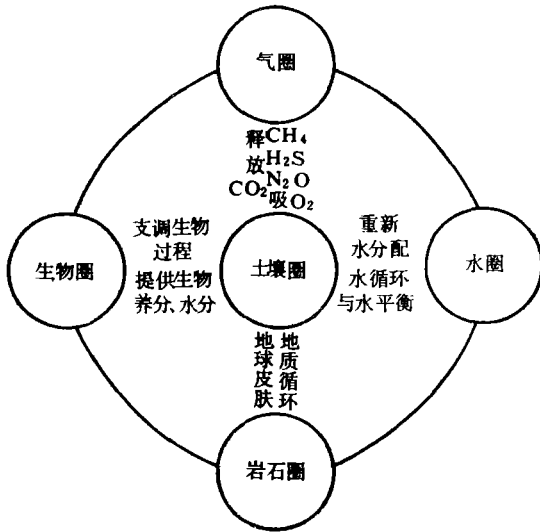


图2 土壤圈的功能

有不同的元素迁移特征，例如在热带雨林下，元素的吸收顺序为： $\text{Ca} > \text{N} > \text{Mg} > \text{P} > \text{K} > \text{Si} > \text{Al}$ ；在亚热带季雨林下： $\text{P} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Na} \geq \text{Si} > \text{Fe} \geq \text{Al} \geq \text{Ti}$ ；

第二，土壤圈与岩石圈的金属与微量元素循环。表现在以岩石为基础的成土过程（地质过程）中元素的迁移与物质循环。在岩石风化过程中，不同母岩发育成土壤的元素氧化物的风化顺序是不同的。如花岗岩发育的砖红壤，其顺序为： $\text{CaO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O} > \text{MnO} > \text{SiO}_2 < \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{Ti}_2\text{O}_3$ ；石灰岩发育的 $\text{CaO} > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{SiO}_2 < \text{Al}_2\text{O}_3$ 。我国华南土壤中B、Mn、Co、Pb、Ti、Zn、Zr等元素淋失大于积累，而Ba、Cr、Cu、Ni、Sr则相反；

第三，土壤圈与水圈的物质循环。除水分运动外，主要表现在水分对土壤圈元素的迁移作用。大陆年径流量为 37×10^{15} 升，每年从陆地流失的化合物约4000亿吨。不同母质中元素的水迁移系数也有所不同，如石灰岩区为 $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ ；玄武岩为 $\text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K}$ ；不少重金属是与悬浮在水中的机械微粒共同迁移的；

第四，土壤圈与大气圈的大量气体及痕量气体的交换。主要表现在通过固氮作用、光合作用和大气降水，使大气圈中气体及一些元素向土壤迁移；另一方面，由于人为活动及有机质分解等过程的影响，使 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 及氟氯烃化合物等不断向大气圈释放，从而产生明显的温室效应，对全球气候变化起重大影响。

以上列举的各种物质循环，均是在土壤

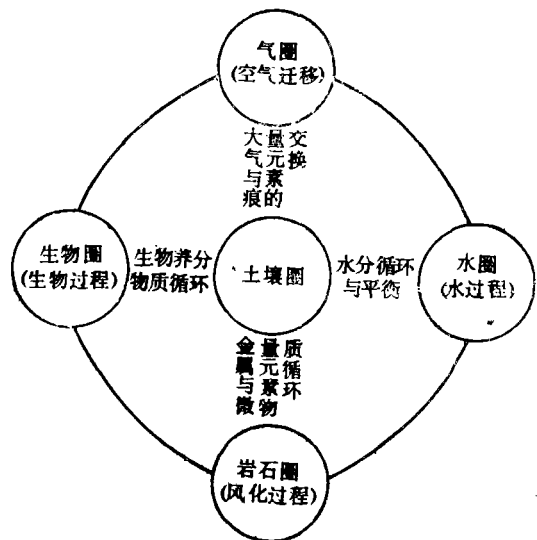


图3 土壤圈的内涵

圈与地球系统中其它圈层相互作用下进行的。这种循环过程，除受自然条件作用外，在很大程度上受人为活动的影响。现代研究表明，土壤圈物质循环，大都是在土壤胶体界面上进行的。因此，研究土壤胶体表面化学动力学已成为土壤圈物质循环研究的一个重要方面(图3)。

三、土壤圈物质循环是土壤学的主要研究内容

土壤学主要是研究土壤中物质的组成、结构和运动规律及其与植物生长的关系，为合理利用和保护土壤资源，提高土壤生产力及改善生态环境提供理论与措施，归纳起来，主要是以4个方面：

1. 土壤亚系统中的物质平衡与循环 主要研究调节物质循环的强度与速率，从而加速培育土壤肥力的过程，其中特别注重加强对氮素、碳素和水分的平衡及其循环的研究。

2. 土壤胶体表面本质与特性 主要研究粘土矿物、氧化物和腐殖物质的组成、结构、表面性质及其各组成物质间的相互作用。这些土壤胶体物质是土壤中除生物外最活跃的部分，它的表面结构与特性是决定土壤中大多数物质迁移、转化过程的重要因素。

3. 土壤肥力演变规律 主要研究土壤中水、肥、气、能的调节机制及它们的相互关系，以达到保持土壤肥力，防治土壤退化，合理利用土壤资源的目的。

4. 土壤发生分类与生态环境 主要研究土壤元素与物质迁移、富集与成土过程的关系，土壤与生态环境之间物质循环、能量传递和防治土壤污染与改善环境的关系。

从上可见，土壤学研究的内容，主要是围绕土壤中各种元素与物质的迁移、循环、平衡进行的，并且与土壤圈及地球系统各圈层物质交换的内容相一致。从当今的发展趋势看，土壤学的研究正在朝土壤系统化、多相综合化和工程化的方向发展，并在物质循环的机制、动能及对人类与环境影响上不断向前深化，这些也正是土壤圈物质循环今后研究的新内容。

四、趋势与展望

根据土壤圈在地球系统中的作用及土壤学发展前景，今后土壤圈物质循环研究将向以下4个方面发展(图4)：

第一，土壤圈物质循环与地球生命的关系。其中包括土壤圈物质循环的能量积累，生物转化，水分循环与平衡，生物与地质过程中的物质迁移与循环，特别是在土壤圈中C、N、S、P的循环及其环境效应的研究等；

第二，土壤圈物质循环与人类生存条件的关系。其中包括营养元素的空间分布及农业生态系统中的养分平衡、肥力机制与调节；土壤资源在综合农业中的动态变化及其生产承载力；土壤溶液及胶体表面、元素形态转化与平衡机制的研究等；

第三，土壤物质循环与生态环境(下转第15页)

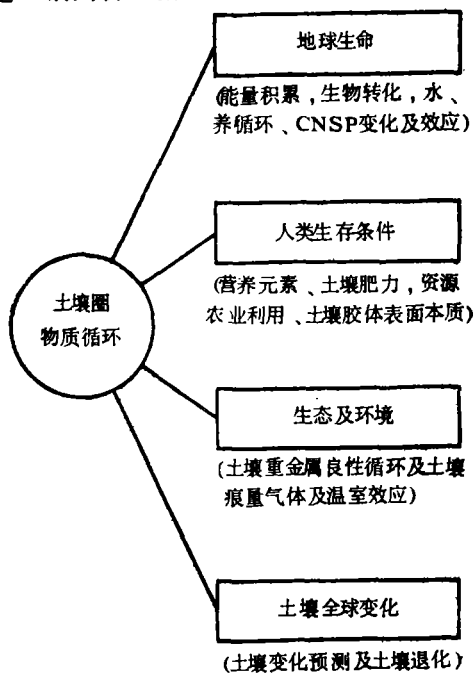


图4 土壤圈物质循环的发展

到新的不断地改造和深化,赋予现代土壤形成过程的特点〔10, 11〕。

参 考 文 献

- 〔1〕 张万儒,四川西部米亚罗林区冷杉林下森林土壤动态研究。林业科学,第15卷第3期,178—193页,1979。
- 〔2〕 杨承德,卧龙自然保护区森林土壤有机质的研究。土壤学报,第23卷第1期,30—38页,1986。
- 〔3〕 卢俊培等,海南岛森林水文效应的初步探讨。热带林业科技,第3期,38—43页,1982。
- 〔4〕 谢吟秋等,广东南昆山不同群落下凋落物、腐殖质和土壤性质的调查研究。热带林业科技,第4期,29—31页,1984。
- 〔5〕 Allison, F. E.. Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production. Amsterdam Landon. New York, 1973.
- 〔6〕 Greenland, D. J., and P. H. Ney, J. Soil. Sci. 10:284—299.
- 〔7〕 林心雄等,田间测定植物残体分解速率的砂滤管法。土壤学报第,18卷,第1期,97—101页,1981。
- 〔8〕 中国科学院南京土壤研究所,土壤理化分析。上海科学技术出版社,1978。
- 〔9〕 何国球等,我国热带、亚热带森林土壤的水热动态。土壤,第5期,225—231页,1988。
- 〔10〕 赵其国等,我国富铝化土壤发生特性的初步研究。土壤学报,第20卷,第4期,334—336页,1983。
- 〔11〕 中国科学院南京土壤研究所主编,中国土壤,495—401页,科学出版社,1978。

(上接第3页)的关系。主要研究土壤圈中重金属元素Hg、Cd、Pb、Zn、Cu、As在土壤中的空间分布、迁移、转化与生态效应;土壤圈与大气交换中,土壤痕量气体CH₄、CO₂、N₂O、O₃等的通量及其对温室效应的影响;

第四,土壤圈物质循环与土壤全球变化的关系。研究在自然与人为条件下,土壤圈内各土壤类型历史的和现代的物理的、化学的、生物的过程,以及有关性质的变化和速度,从而对土壤圈的未来变化进行预测,同时通过对土壤酸化、沙化、沼泽化、盐渍化、铁质化、贫瘠化等土壤退化现象的研究及其防治,可以对全国以及全球性的土壤退化进行评价。

根据上述的发展方向,并结合我国国情,近期内可着重突出下列研究内容:

1. 土壤圈中C、N、S、P循环研究,其中又着重土壤氮素的损失、生物固氮及内循环;
2. 重金属元素在土壤中的形态、转化及其生态效应;
3. 土壤水平衡与溶质移动;
4. 土壤胶体表面特性与物质迁移、转化的关系;
5. 土壤圈物质循环对生态环境、资源利用及土壤全球变化的影响。

总之,研究土壤圈物质循环是土壤学新的发展方向,它必将在推动土壤学的发展中起重大影响。

参 考 文 献

- 〔1〕 赵其国,土壤圈物质循环的研究现状及发展,土壤圈物质循环研究导向会论文集,1989。
- 〔2〕 龚子同,土壤圈生命元素的时空分异及其生态效应。土壤圈物质循环研究导向论文集,1989。
- 〔3〕 第14届国际土壤学会论文集(V),日本京都出版,1990。
- 〔4〕 土壤全球变化,荷兰阿姆斯特丹出版,1989。