

ISSN 0564-3929

# Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



中国土壤学会  
科学出版社

主办  
出版

2015

第52卷 第5期

Vol.52 No.5



# 土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 5 期 2015 年 9 月

## 目次

### 综述与评论

- 基于文献计量分析的近30年国内外土壤科学发展过程解析 ..... 宋长青 谭文峰 (957)  
土壤生态系统服务的概念、量化及其对城市化的响应 ..... 吴绍华 虞燕娜 朱江等 (970)

### 研究论文

- 基于土壤系统分类的河南省土壤有机质时空变异 ..... 李玲 张少凯 吴克宁等 (979)  
皖南第四纪红土伊利石结晶度值与风化强度的关系 ..... 刘莉红 胡雪峰 叶玮等 (991)  
青海民和官亭盆地喇家遗址古耕作土壤层微形态研究 ..... 张玉柱 黄春长 庞奖励等 (1002)  
基于成像光谱技术预测氮素在土壤剖面中的垂直分布 ..... 李硕 汪善勤 史舟 (1014)  
基于探地雷达的典型喀斯特坡地土层厚度估测 ..... 王升 陈洪松 付智勇等 (1024)  
淮河流域地表干湿变化的时空分布特征 ..... 曹永强 徐丹 曹阳 (1031)  
神府矿区弃土弃渣体侵蚀特征及预测 ..... 郭明明 王文龙 李建明等 (1044)  
砂石条形覆盖下土壤水分蒸发动态研究 ..... 赵丹 李毅 冯浩 (1058)  
pH和三种阴离子对紫色土亚硒酸盐吸附-解吸的影响 ..... 周鑫斌 于淑慧 谢德体 (1069)  
土壤非交换性钾释放动力学特征及其生物有效性 ..... 李婷 王火焰 陈小琴等 (1078)  
生物质灰对红壤酸度的改良效果 ..... 时仁勇 李九玉 徐仁扣等 (1088)  
小麦秸秆生物炭对高氯代苯的吸附过程与机制研究 ..... 李洋 宋洋 王芳等 (1096)  
不同温度玉米秸秆生物炭对萘的吸附动力学特征与机理 ..... 张默 贾明云 卞永荣等 (1106)  
十溴联苯醚对秀丽隐杆线虫毒性研究 ..... 王赢利 陈建松 阳宇翔等 (1116)  
稻草和三叶草分解对微型土壤动物群落的影响 ..... 王慧 桂娟 刘满强等 (1124)  
沿海区土壤线虫对海水入侵土壤盐渍化的响应 ..... 王诚楠 张伟东 王雪峰等 (1135)  
土壤团聚体 $N_2O$ 释放与反硝化微生物丰度和组成的关系 ..... 周汉昌 张文钊 刘毅等 (1144)  
基于产量、氮效率和经济效益的春玉米控释氮肥掺混比例 ..... 王寅 冯国忠 张天山等 (1153)

### 问题讨论

- 中国土壤系统分类基层单元土族建设现状与命名上存在的问题 ..... 易晨 马渝欣 杨金玲等 (1166)

### 研究简报

- 干旱与重吸水对人工藻结皮光合特性的影响 ..... 吴丽 杨红 兰书斌等 (1173)  
咸水灌溉对沙漠防护林植物根系分布及风沙土演变的影响 ..... 李从娟 唐俊妍 高培等 (1180)  
不同 $NaNO_3$ 浓度下可变电荷土壤铜离子解吸率的分配及影响因素 ..... 张政勤 罗文贱 陈勇等 (1188)

封面图片: 不同浓度十溴联苯醚对秀丽隐杆线虫的毒性 (由王赢利提供)

DOI: 10.11766/trxb201504100175

# 基于文献计量分析的近30年国内外土壤科学发展过程解析\*

宋长青<sup>1</sup> 谭文峰<sup>2</sup>

(1 国家自然科学基金委员会地球科学部, 北京 100085)

(2 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)

**摘要** 借助Web of Science和CNKI数据库, 利用文献计量学方法定量分析了近30年来国内外发表的土壤科学文献, 研究了土壤科学不同时期(1986—1995、1996—2005、2006—2013年)的发展与演变过程, 对比了国内外土壤科学发展的异同点。早期的国际土壤科学是以土壤肥力主导的农田土壤学研究, 逐渐转向以生态环境为核心的问题导向研究, 强调土壤生物驱动的土壤过程研究; 而我国土壤科学研究更注重区域特色, 以地力提升、土壤侵蚀与水土保持、土壤污染与修复等问题导向更加明确, 发展过程中学科间的交叉与融合不断增强。本论文期望以文献计量学的分析方法客观评价土壤科学发展的脉络, 把握学科发展前沿, 提升土壤科学研究的创新能力, 从而推动我国土壤科学的发展。

**关键词** 文献计量学; 网络图谱; 土壤科学; 土壤过程; 驱动力

**中图分类号** P934; S15 **文献标识码** A

土壤圈覆盖于陆地表层, 处于大气、生物、岩石、水等圈层的交接面上, 是陆地表层系统的连接纽带, 支持着地球主要生命过程, 保持着生态系统的平衡。同时, 土壤也是粮食、纤维、燃料等与人类福祉密切相关的、难以再生的自然资源; 在应对或减缓环境污染、生态退化、能源短缺、气候变化等领域均至关重要<sup>[1]</sup>。没有健康的土壤, 地球上的生命则将不可持续。然而, 土壤退化已成为世界性难题, 全球约33%的土壤因城镇化、水土流失、养分耗竭、盐碱化、干旱化和污染等带来严重挑战, 可能引起土壤资源耗竭并导致整个文明的衰败<sup>[2]</sup>。

土壤科学是认知土壤的发生过程、空间分布规律和人类干扰导致的土壤各种功能变化的物理、化学和生物学机理, 为土壤资源合理利用和管理提供科学依据的学科。土壤科学作为典型的传统学科, 在其发展过程中受其他传统学科体系不断发展和完善的影响, 一些新的研究思路、研究方法和研究手段等持续被引入土壤科学研究领域; 同时, 其他学科研究者开始涉足土壤科学的研究, 使学科交叉渗透频繁, 新兴领域蓬勃发展。我国土壤科学的发展

以满足国家和社会发展需求为主要驱动力, 而土壤内部“关键过程”的核心主题研究却略显薄弱, 使得学科发展的源动力略显不足。因此, 如何科学、客观、定量描述土壤科学发展的脉络, 是当前迫切需要思考的问题。本论文期望通过文献计量学方法, 总结国内外土壤科学近30年不同时期发展历程和研究进展, 促进我国土壤科学研究迈上新的台阶。

## 1 文献计量研究方法 with 数据来源

文献计量是以文献体系和文献计量特征为研究对象, 采用数学、统计学、文献学等定量研究方法, 研究所关注学科领域文献的分布结构、数量关系、变化规律和定量管理, 进而探讨科学技术研究的内在结构、特征和规律<sup>[3]</sup>。某一学科或领域发表文献的多少和变化, 不但在一定程度上反映了该学科的发展状况、规律及趋势, 而且可以透视庞大的知识体系中各个领域的结构, 理顺当代知识大爆炸形成的复杂知识网络, 预测学科发展的最新态

\* 作者简介: 宋长青(1961—), 男, 黑龙江人, 博士, 研究员, 国家自然科学基金委员会地球科学部副主任, 主要从事地球科学基金项目管理及古生态学研究。E-mail: songcq@nsfc.gov.cn

收稿日期: 2015-04-10; 收到修改稿日期: 2015-05-13

势, 从而为某领域的理论研究和发 展提供有益的启示<sup>[4]</sup>。

本文从美国科学情报研究所出版的 Web of Science 中选择了代表土壤科学发展的 78 种期刊作为国际文献分析的数据源, 通过关键词“土壤”检索的方式从中国知网数据库 (CNKI) 确定中文文献数据源, 分 1986—1995、1996—2005 和 2006—2013 年三个时间段检索, 检索时间为 2015 年 1 月 10 日。共检索到国际英文文献 350 265 篇和国内中文文献 57 495 篇。采用信息可视化软件 Citespace 和文本挖掘分析软件 TDA (Thomson Data Analyzer), 给合自主开发的信息提取程序, 综合定量分析科学知识图谱的方法绘制聚类视图, 以可视化的图像直观地展现出土壤科学不同发展阶段的热点领域与研究前沿。图谱中每个年轮大小代表关键词出现的频率, 越大说明该关键词出现的次数越多; 年轮颜色代表时间, 粗细代表频率; 关键词之间距离代表共现频率的高低, 距离越近说明共现频率越高。

## 2 国际土壤科学近 30 年发展脉络

近 30 年共检索到 350 265 篇国际英文文献, 1986—1995、1996—2005 和 2006—2013 年间的文献数量分别占总文献数量的 18.7%、32.6% 和 48.7%, 呈快速增长趋势。文献计量的网络图谱可较好地反映关键词在文献中出现的频次、关键词间的关联。图 1、图 2 和图 3 分别为不同年限间土壤科学国际文献计量网络图谱。三个时段土壤科学发展的脉络差异较大: 图谱脉络随时间推移由树枝状向网状发展, 关键词间的距离逐渐减小、分异程度降低, 不同研究领域间的交叉融合不断增强。关键词的词频在一定程度上反映土壤科学研究的主要热点领域: 在过去 30 年, 随着年限的增加, 关键词出现的频次逐渐增多, 特别是 1996—2005 年间较前 10 年频次增加了 4 倍~5 倍, 土壤科学在此阶段受关注的程度上升趋势最为显著 (表 1)。前 10 位均出现 nitrogen、microbial biomass、rhizosphere、

表 1 国际土壤科学不同年限前 20 位高频关键词

Table 1 Top 20 high frequency keywords of international soil science during different periods

1986—1995	1996—2005	2006—2013
nitrogen fixation (124)	nitrogen (505)	organic matter (758)
nitrogen (114)	organic matter (501)	nitrogen (632)
wheat (102)	erosion (424)	phosphorus (618)
rhizosphere (99)	microbial biomass (403)	erosion (508)
microbial biomass (94)	phosphorus (372)	microbial biomass (502)
maize (79)	rhizosphere (296)	organic carbon (451)
phosphorus (78)	tillage (290)	heavy metal (408)
<sup>15</sup> N (77)	maize (274)	rhizosphere (340)
nodulation (73)	heavy metal (260)	maize (326)
root (71)	denitrification (259)	decomposition (326)
nitrification (67)	earthworm (258)	nitrous oxide (310)
aluminum (65)	nitrous oxide (247)	soil respiration (308)
kaolinite (61)	decomposition (238)	arbuscular mycorrhiza (300)
barley (61)	wheat (227)	earthworm (299)
nitrate (59)	adsorption (220)	water content (289)
decomposition (56)	nitrate (212)	adsorption (272)
earthworm (54)	nitrification (208)	tillage (269)
smectite (54)	mineralization (184)	wheat (266)
soybean (50)	root (180)	grassland (263)
N mineralization (50)	arbuscular mycorrhiza (180)	nitrification (252)

注: ( ) 括号中的数字为关键词出现的频次 Note: ( ) The number in brackets for the frequency of keywords

phosphorus、maize等关键词，表明这些领域或内容一直是研究热点，持续受到关注；随着时间推移，organic matter、erosion、heavy metal 逐渐成为高频关键词，这些研究领域越来越受到重视。由此可见，土壤科学在早期以土壤肥力主导的农田土壤学研究，逐渐发展为以生态环境为核心的问题导向研究，土壤生物主导的土壤过程研究越来越受到重视。

### 2.1 主要以农田土壤为对象，以农业生产为目标的应用基础研究时期（1986—1995年）

1986—1995年国际文献计量网络图谱中聚成了6个相对独立的研究聚类圈（图1），聚类圈之间相对离散。根据圈中的高频关键词可归纳为土壤肥力、营养元素、土壤矿物、土壤氮素、生物固氮5个方面；其中有三个聚类圈均与土壤氮素研究有关，但它们所关注的内容不同。在聚类圈内出现了

玉米、小麦、大麦、大豆等作物高频关键词，说明该时期的土壤科学主要是围绕大田作物开展的氮、磷、钾等大量营养元素的研究，其中又以土壤氮循环为核心。此外，土壤根际也是研究热点，研究涉及营养元素有效性与土壤根际微域环境间的关系<sup>[5-6]</sup>。可见，该时期是以土壤肥力主导的农田土壤学研究。

土壤氮循环研究主要集中在生物固氮和氮的形态转化。文献计量网络图谱显示生物固氮领域主要以豆科植物与根瘤菌共生固氮为主，从基因和分子水平上开展固氮酶的结构、催化机制的研究。农田土壤氮素循环主要以小麦、大麦和大豆为研究载体，利用同位素<sup>15</sup>N标记技术，集中开展氮的形态转化研究<sup>[7-8]</sup>。在明确土壤氮素循环方式及其影响因素的基础上，建立反硝化作用的随机模型和与氮挥发的逻辑经验模型，预测氮素的动态循环过程，

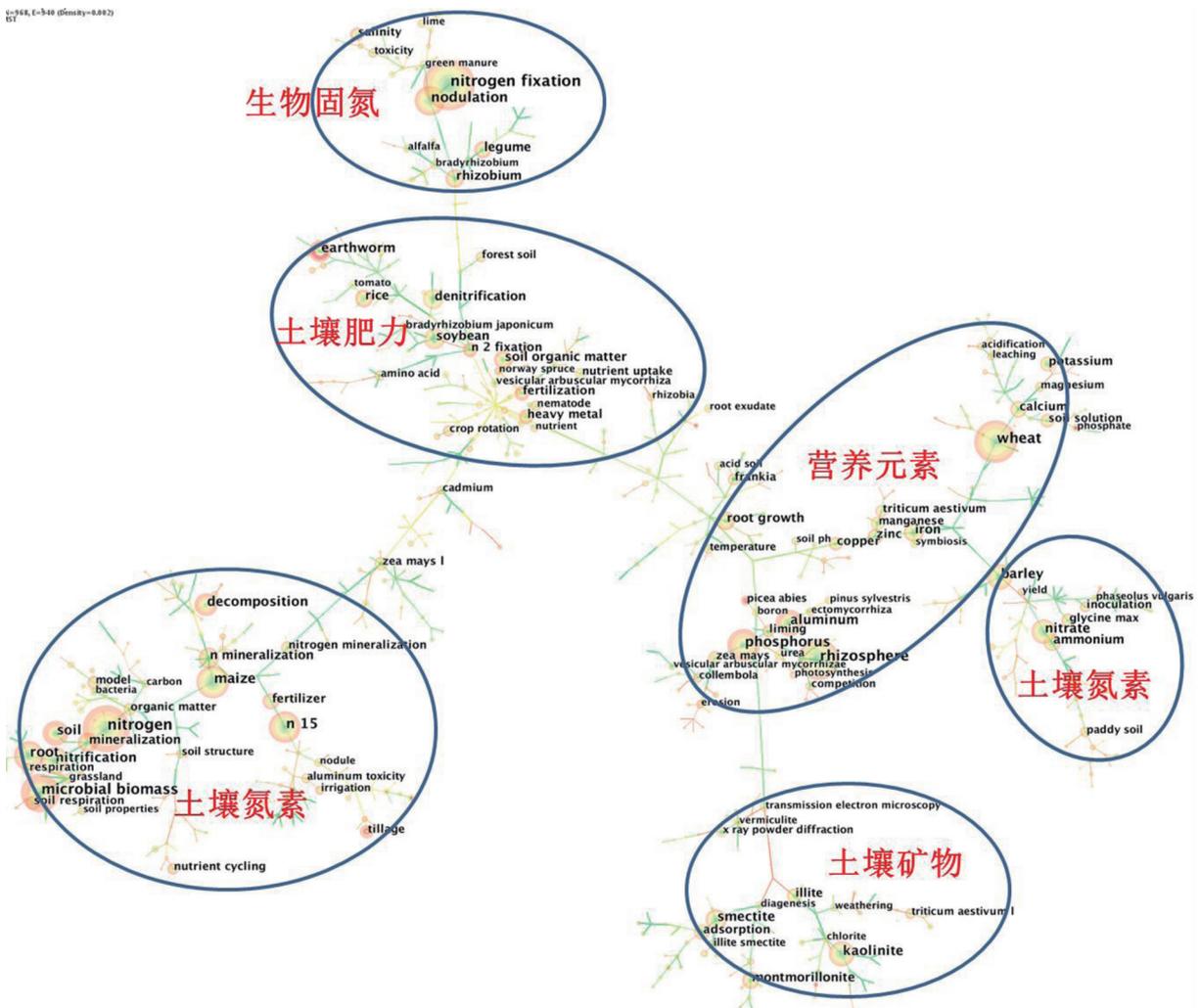


图1 1986—1995年土壤科学关键词国际文献计量网络图谱

Fig.1 The bibliometric network map of keywords based on international literatures in soil science during 1986—1995

探讨农田土壤生态系统中氮素在大气-作物-土壤循环中的关键过程<sup>[9-12]</sup>。土壤矿物聚类圈中主要围绕高岭石、蒙脱石和伊利石等矿物,利用X射线衍射(XRD)和电子显微镜(EM)等技术,建立了一套完善的次生黏土矿物鉴定与半定量分析方法,研究了土壤形成过程中矿物的演化特点,探讨了土壤组分对重金属、表面活性剂等吸附解吸过程<sup>[13]</sup>。

## 2.2 以农田和自然土壤为对象,土壤关键过程与土壤肥力并重的研究时期(1996—2005年)

1996—2005年国际文献计量图谱呈网状,可将年轮圈大致分成4个聚类圈,分别为土壤养分、土壤有机碳与全球变化、土壤物理与侵蚀、土壤重金属的化学行为(图2)。与前10年相比,此阶段国际土壤科学研究前20的高频词中与氮、磷有关的土壤肥力关键词频次进一步增加,在这20年间养

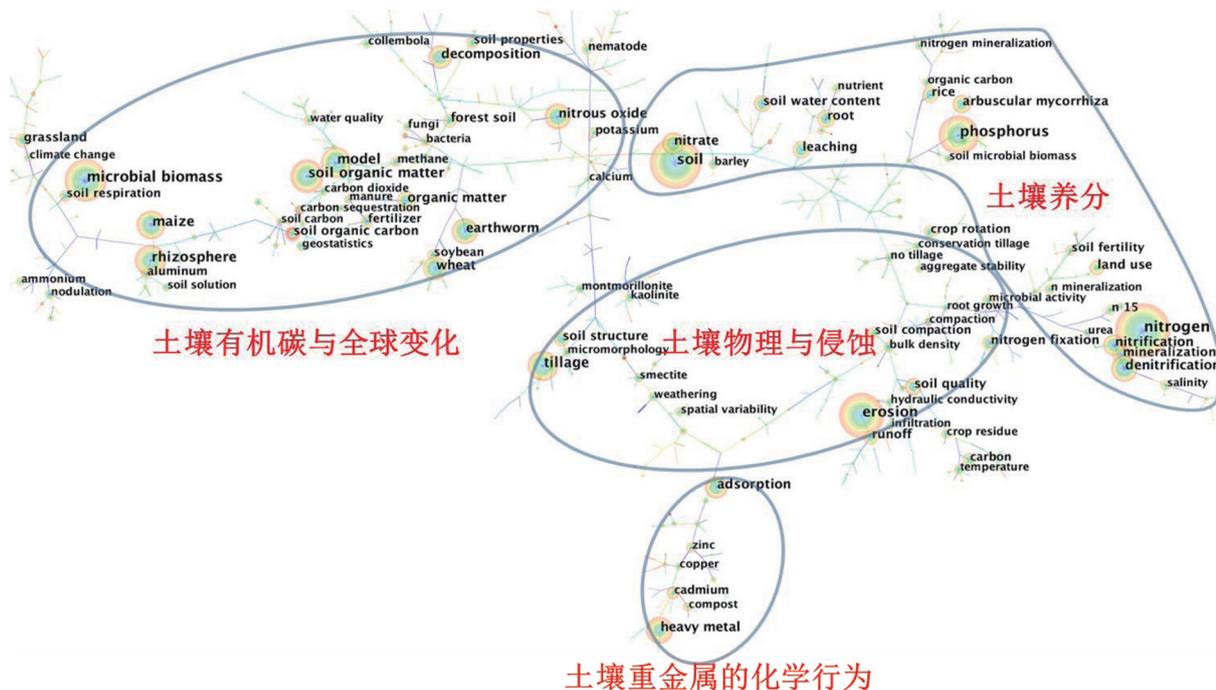


图2 1996—2005年土壤科学关键词国际文献计量网络图谱

Fig.2 The bibliometric network map of keywords based on international literatures in soil science during 1996—2005

分循环与高效利用始终是研究重点。同时在前20的高频词中出现了erosion、tillage、heavy metal、nitrous oxide、adsorption、arbuscular mycorrhiza、leaching、soil quality等关键词(表1),意味着国际土壤科学开始关注水土流失、土壤污染、温室气体排放等生态环境问题,研究重点由土壤肥力主导的农田土壤学研究转向以生态环境为核心的问题导向研究。

在土壤有机碳与全球变化的聚类圈中,以土壤生物驱动的土壤有机碳转化与固定成为主要研究内容,建立了农田、草地、湿地、林地等陆地生态系统碳氮动态过程的系列模型<sup>[14]</sup>;农业土壤有机碳库的变化及其对陆地生态系统和大气CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O的源汇效应受到重视,西方国家已将固碳农业

作为环境管理的导向,如美国的“Carbon bank”计划<sup>[15-17]</sup>。文献计量图谱显示土壤侵蚀研究中,土壤结构、团聚体稳定性、土壤容重、土壤耕作等直接或间接反映土壤物理性状的指标与土壤侵蚀关系的研究明显加强,土壤养分与土壤物理的交叉增多。土壤侵蚀模型研究得到快速发展,构建和完善了诸如USLE、RUSLE等经验模型、以及EUROSEM、WEPP、GUEST等过程模型<sup>[18]</sup>。这一时期重点开展了镉、铜、锌等重金属在土壤组分上的静态吸附行为研究,结合表面光谱技术分析了重金属元素的表面配位、化学形态<sup>[19]</sup>,开发了系列机理量化模型<sup>[20-21]</sup>,加深了对金属离子在环境中行为的理解。

### 2.3 围绕土壤环境过程与全球变化的土壤物质循环和微观机理研究时期（2006—2013年）

相比前两个10年的文献计量网络图谱，2006—2013年最大的特点是研究节点增多且相对集中，各研究领域间的交叉融合明显增强。聚类圈立体谱显示现有研究主要集中在土壤养分循环、以土壤碳为主线的全球变化、土壤侵蚀和重金属的环境行为等；还出现了以微生物多样性为主要内容的聚类圈，其他聚类圈中均或多或少地包含与微生物有关的关键词，加强了微生物在土壤过程中的作用研究，特别是生物技术（如变性梯度凝胶电泳（DGGE）、磷酸脂肪酸生物标记法（PLFA））在土壤科学中的应用（图3）。

Organic carbon、soil respiration、grassland、climate change和carbon sequestration等与碳循环有关的词汇均出现在前20的高频关键词中（表1），表明作为地球表层系统中最大的碳储库——土壤碳汇的研究不断加强，在深化“固碳农业”的同时逐渐重视草地生态系统的固碳效应<sup>[22-23]</sup>。全球变化研究聚类圈中首次出现关键词“生物炭（biochar）”，并在土壤改良、水土保持、温室气体减排、以及污染环境修复等方面均展现出应用潜力。Organic matter、nitrogen、phosphorus仍居高频关键词的前三位（表1），以土壤肥力为中心的土壤养分与元素的转化仍是国际土壤科学的研究重点；由于土壤微生物研究的加强，其关注点转向养

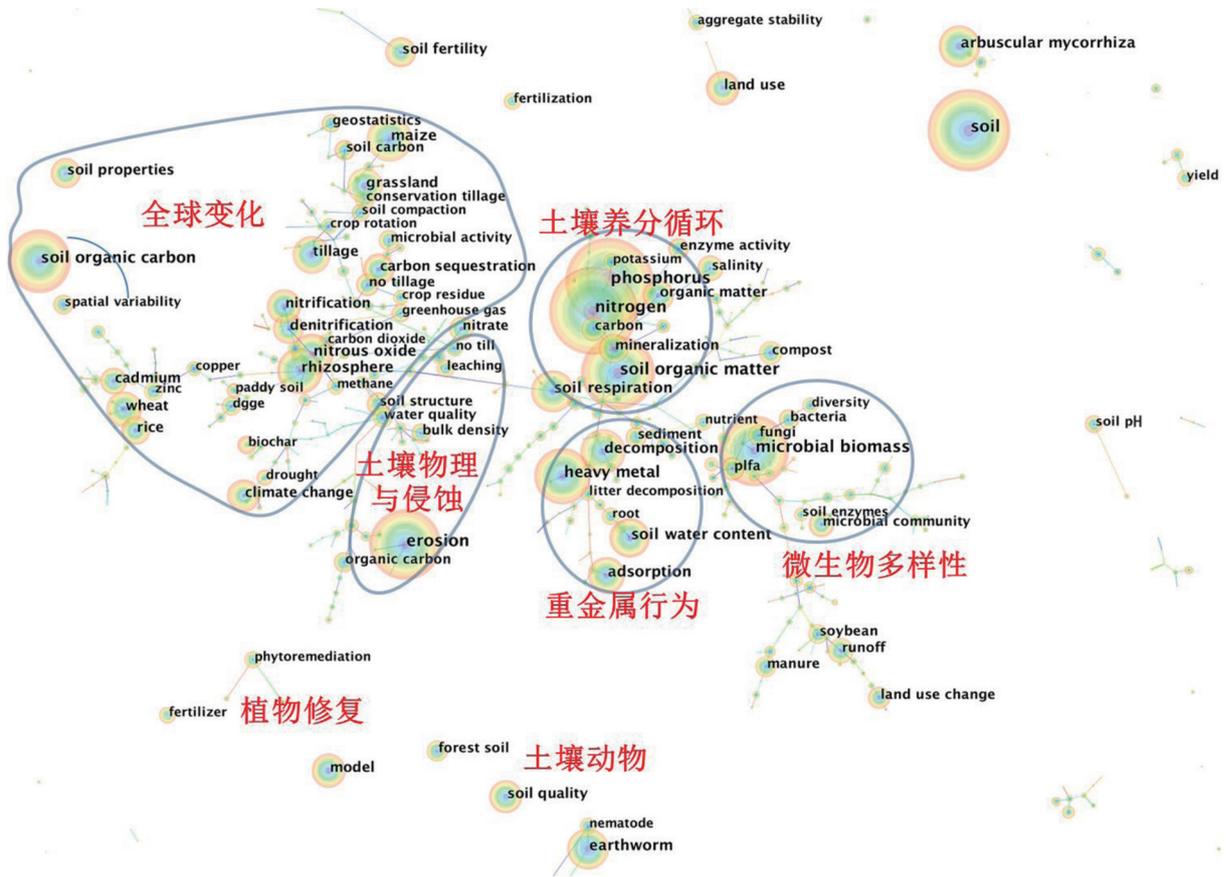


图3 2006—2013年土壤科学关键词国际文献计量网络图谱

Fig.3 The bibliometric network map of keywords based on international literatures in soil science during 2006—2013

分元素的生物地球化学循环过程研究。此外，植物修复作为有效净化水土资源的绿色环保方法越来越受到重视，文献计量网络图谱中显示微生物介导的植物修复理论与技术的研究成为目前土壤重金属污染治理研究中的生长点<sup>[24]</sup>。而土壤侵蚀研究聚类圈向

全球变化研究聚类圈靠拢，圈中最大的关键词erosion年轮圈相对独立，与土壤物理性质（soil structure, bulk density）、耕作管理（no tillage）等关键词节点距离较远，表明近10年土壤侵蚀研究由侵蚀机理研究逐步向时空尺度上的侵蚀过程研究转变<sup>[25-26]</sup>。

### 3 中国土壤科学近30年发展脉络

近30年发表与土壤有关的文献共检索到57 500余篇, 1986—1995、1996—2005和2006—2013年三个时段文献数量分别占总数量的13%、29%和58%, 整体呈快速上升趋势, 特别是2006—2013年加速增长, 其数量占了全部文献的近60%。土壤科学文献计量网络图谱中各个年轮圈非常明确, 随着年限的增长, 年轮圈越来越大, 圈内所包涵的内容越来越复杂, 学科间的综合增强, 但年轮圈间的关联向离散发展(图4、图5、图6)。近30年不

同年限出现频次较高的关键词有土壤侵蚀、土壤水分、土壤肥力; 随着时间推移, 土壤重金属、土壤养分、土壤微生物逐渐成为高频关键词(表2), 表明土壤科学在发展过程中对土壤微生物的作用与功能的研究加强, 国家和社会发展的需要逐渐成为土壤科学研究的主要驱动因素。可见, 我国土壤科学在1986—1995年间以区域土壤研究为重点, 进而发展为以土壤养分与肥力、重金属污染、水土流失等重大问题为导向的土壤科学研究, 当前主要表现为学科间交叉不断加强的土壤科学研究。

表2 中国土壤科学不同年限前20位高频关键词

Table 2 Top 20 high frequency keywords of soil science in China during different periods

1986—1995	1996—2005	2006—2013
土壤侵蚀 (88)	土壤水分 (461)	重金属 (1490)
土壤肥力 (86)	土壤侵蚀 (437)	土壤水分 (995)
土壤水分 (82)	重金属 (382)	土壤养分 (976)
红壤 (58)	土壤肥力 (370)	土壤侵蚀 (688)
紫色土 (57)	土壤养分 (329)	镉 (636)
黄土高原 (56)	地理信息系统 (259)	土壤微生物 (609)
石灰性土壤 (56)	黄土高原 (223)	产量 (562)
水稻 (54)	土壤微生物 (206)	土壤有机碳 (540)
水稻土 (54)	红壤 (197)	土壤酶活性 (533)
小麦 (48)	水土保持 (183)	土壤肥力 (478)
重金属 (42)	镉 (174)	地理信息系统 (461)
吸附 (41)	水土流失 (166)	土壤呼吸 (461)
微量元素 (40)	小麦 (164)	空间变异 (448)
土壤养分 (39)	水稻 (164)	黄土高原 (429)
水土流失 (38)	吸附 (163)	吸附 (426)
水土保持 (37)	冬小麦 (159)	土地利用 (375)
锌 (Zn) (34)	玉米 (157)	玉米 (370)
土壤微生物 (32)	水稻土 (155)	铅 (352)
镉 (Cd) (30)	产量 (154)	磷 (341)
玉米 (30)	磷 (146)	土壤含水量 (340)

注: ( ) 括号中的数字为关键词出现频次 Note: ( ) The number in brackets for the frequency of keywords

#### 3.1 以作物高产和土壤保肥为目标的基础土壤学研究时期 (1986—1995年)

1986—1995年间网络图谱中年轮圈最大且与其他年轮圈交叉最为频繁的是土壤肥力、土壤水分、土壤侵蚀, 以红壤、紫色土、黄土、石灰性土壤和水稻土为研究对象(图4)。但对不同区域土壤关注内容不同: 红壤以土壤特性和退化为主, 水稻土侧重于发生分类、土壤培肥, 紫色土以土壤肥

力为主, 黄土重点关注土壤侵蚀与水土保持、古气候。这些区域典型土壤的研究为我国土壤学科在系统分类、肥力与改良、土壤侵蚀与水土保持等方面的研究奠定了基础。

年轮圈的交叉显示土壤肥力相关研究中, 主要以旱地和稻田土壤为研究对象, 采取定位试验、田间试验、模拟试验, 研究了秸秆还田、有机物料、施肥等对土壤有机质、肥料利用率、作物产量的影



图4 1986—1995年土壤科学关键词国内文献计量网络图谱

Fig.4 The bibliometric network map of keywords based on Chinese literatures in soil science during 1986—1995

响。这些研究提出了一系列提高土壤肥力的培肥措施，并利用微团聚体、腐殖质特性、土壤酶活性等指标来评价培肥效果。土壤退化方面主要针对南方不同类型退化红壤的时空变化，研究不同退化过程的形成机理、恢复与重建退化红壤的长期试验示范模式，同时建立红壤退化的预测预报体系<sup>[27]</sup>。完善了中国土壤侵蚀的分类分区系统，初步阐明了坡面土壤侵蚀过程，特别是关于黄土坡面侵蚀方式演变过程及机理，流域泥沙来源界定、小流域水土流失综合治理等方面的研究已经达到或接近世界先进水平<sup>[28]</sup>。

### 3.2 高强度土壤利用下的土壤学应用基础研究时期（1996—2005年）

图5显示1996—2005年间土壤科学研究的方

比较集中，相对较大的年轮圈主要是土壤养分与肥力、重金属污染、水土流失，几乎涵盖了绝大部分的研究内容。土壤水分、土壤侵蚀、重金属、土壤肥力、土壤养分也成为这10年间出现频率前五的关键词，与1986—1995年间的高频关键词相比，频次增加了近5倍。说明我国土壤科学在1986—2005年间的主要科学问题比较一致，即首要的问题是土壤养分与肥力。但由于高强度土壤利用条件下，造成的环境问题日益突出，我国在土壤肥力与养分循环方面的工作中，加强了施肥的环境效应的研究：

- (1) 有机碳、甲烷、二氧化氮、气候变化的年轮圈与土壤肥力充分交融，开始注意到高产与环境的协调；
- (2) 氮、磷、钾、微量元素、有效性、根际成高频关键词，冬小麦、玉米、产量间的连线错



兴起，也带动了电动修复、化学固定修复等土壤修复方法的研究，研发了砷、铜、锌等重金属污染土壤的植物修复技术，建立了植物修复示范工程，为土壤修复技术的实际应用做出了示范<sup>[33-35]</sup>。

### 3.3 围绕农业生产和环境功能的土壤、环境过程以及农田管理的系统研究时期（2006—2013年）

与前面两个10年的文献计量网络图谱相比，2006—2013年最大的特点是研究节点数量变少，但高频关键词的大年轮圈与小年轮圈间的交叉和融合明显增强（图6）。图谱中最大的年轮圈包含了重金属、沉积物、土壤含水量、水分利用效率、碳储量、秸秆还田、作物产量、耕作方式、土壤健康风险、小麦、大豆、蔬菜、富集系数等众多高频关

键词，表明这10年间不仅关注肥力、产量、水分等传统土壤学的问题，还关注人为活动产生的环境效应方面的研究，例如土壤改良剂、长期施肥、施肥措施与结构对作物产量和重金属含量、形态特征的影响，作物水分利用效率、耕作方式、退耕还林的水土保持效应等，从而实现人类活动与生态环境的协调发展。

网络图谱中的高频词还包括了地理信息系统、空间变异等，信息技术在养分资源综合管理中的应用，促进传统施肥向养分资源综合管理的转变；依据复杂侵蚀环境和侵蚀发生过程的研究，提出我国土壤侵蚀因子评价指标和方法，不同尺度各因子对土壤侵蚀的影响和坡面、流域等尺度的侵蚀产沙传

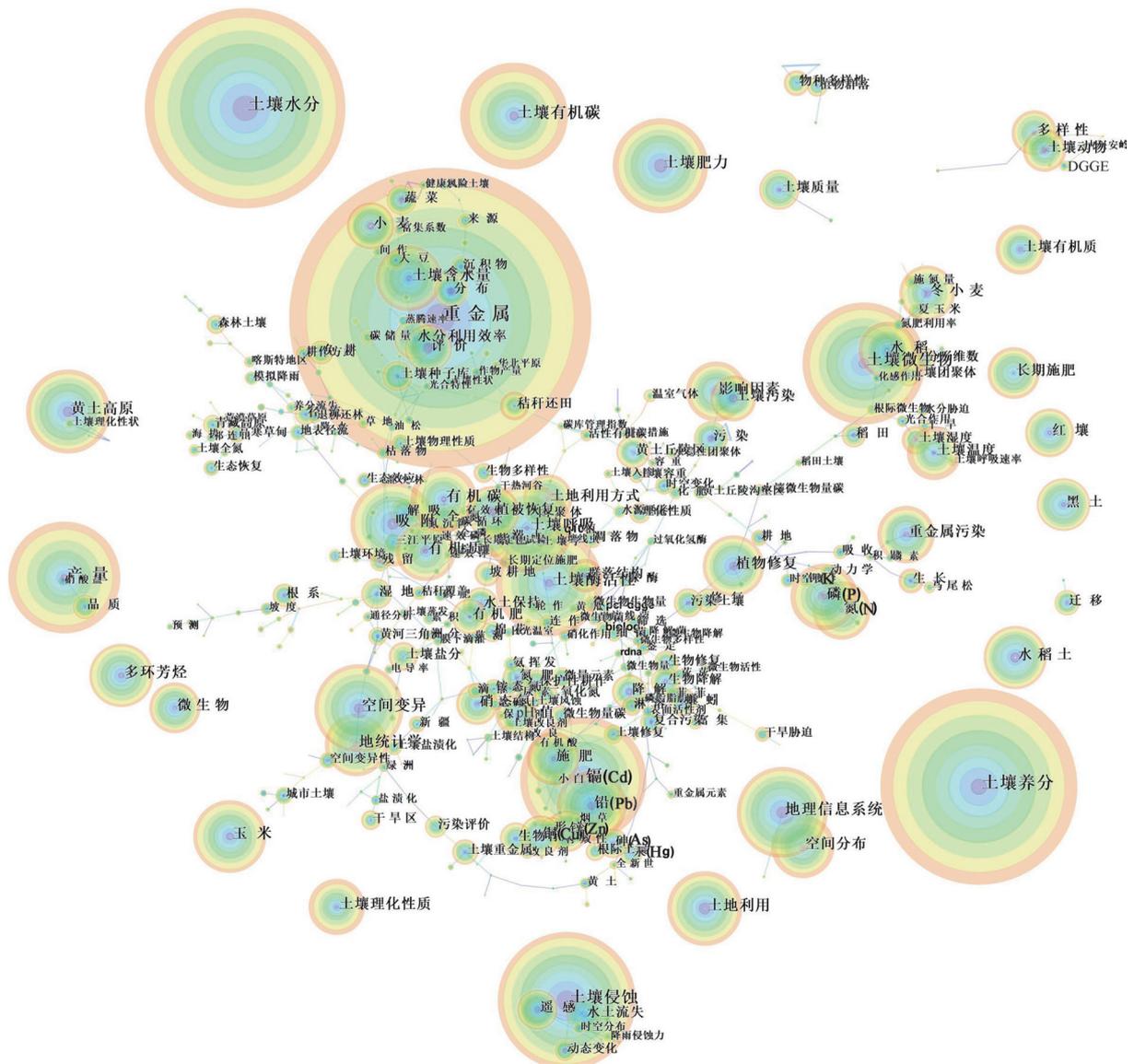


图6 2006—2013年土壤科学关键词国内文献计量网络图谱

Fig.6 The bibliometric network map of keywords based on Chinese literatures in soil science during 2006—2013

递关系,形成了适合复杂环境侵蚀预报模型构建的理论与方法。网络图谱中许多年轮圈(长期定位施肥、土壤团聚体、土壤修复、植被恢复)均与微生物(活性、群落结构、酶活性、生物量)包含或交叉,土壤微生物参与土壤关键过程的研究众多,成为土壤关键元素生物地球化学循环的引擎。在2005年国家自然科学基金委员会地球科学部组织召开的“土壤生物与土壤过程”研讨会精神的推动下,国内主要土壤学研究单位提出了大量具有交叉性和前沿性的研究课题<sup>[36]</sup>。对土壤氮素转化微生物学机制<sup>[37]</sup>、土壤温室气体排放的微生物学机制<sup>[38]</sup>、土壤有机质的周转与肥力演变<sup>[39]</sup>、土壤矿物表面与微生物相互作用机理<sup>[40]</sup>、土壤中污染物生物转化的微生物学机制<sup>[41]</sup>、土壤微生物污染与控制机理等方面开展了一系列深入的研究,提升了我国土壤微生物学研究的国际地位。

## 4 结 语

近30年来,国际土壤科学研究文献数量快速增长,特别是2006—2013年的发文量占了近30年总量的48.7%,从其发展脉络可看出国际土壤学研究受到了学科发展和社会需求的双重驱动。土壤过程、演变和功能研究从传统的农田土壤学向地球关键带扩展,通过对关键带土壤的物质形成与大气、水、生物、岩石的交换和循环等研究,为理解陆地表层系统变化过程与机理提供基础信息,并融入地球系统科学。土壤科学研究借助系统科学新思维、物质科学新技术等进一步推动土壤学的认知水平和分析能力,使其宏观上更“宏”、微观上更“微”;同时,土壤科学与其他科学、以及土壤科学分支学科间的交叉越来越明显,从而衍生出新的学科点。土壤生物学的研究逐渐发展为土壤科学研究的热点和前沿,成为土壤物质循环的主要驱动者和土壤生态系统的核心。

从文献计量分析的结果也发现,我国土壤科学与国际土壤科学的发展脉络存在差异。国际土壤科学的发展更强调学科基础,即土壤科学发展的内在驱动因素,在此基础上突出全球变化、环境污染等与人类福祉密切相关的新兴学科。而我国土壤科学在发展过程中突出了区域特色,以土壤地力提升、土壤侵蚀与水土保持、土壤污染与修复等问题导向研究更加明确。随着研究深入,国内外均强调过程

与机理,通过机理揭示现象,生物的作用越来越明显;学科之间不断交叉、渗透与融合,促进了土壤科学领域的科学发现和新兴交叉学科的产生。

从总体上看,我国土壤科学带有明显的区域特色,学科齐全,近30年来的研究取得了显著的进步,在国际上SCI论文数量比例由1986—1995年的0.6%上升到2006—2013年的14.0%。在研究的深度与广度上均有不同程度的发展,研究目标从自然土壤向与人类活动密切相关的农业、资源和环境等方面转变,研究的时空尺度从全球、区域和流域到土链、田块、颗粒、结构、分子、原子等转变,研究手段则不断地借助于高新技术向信息化、数字化、网络化和集成化转变。但整体上仍处于跟踪国际前沿的水平,引导国际土壤科学研究方向的原创性研究成果较少。因此,未来我国土壤学研究任重道远,我国土壤学者还需继续努力,把握学科前沿,不断提高自身的科研竞争力。

**致 谢** 感谢国家自然科学基金委员会地球科学部冷疏影研究员的宝贵建议;感谢中国科学院地理科学与资源研究所裴韬博士和高锡章博士提供的文献计量分析数据和网络图谱;感谢华中农业大学史志华博士在文献资料整理过程中的辛勤劳动。

## 参 考 文 献

- [1] 贺纪正, 陆雅海, 傅伯杰. 土壤生物学前沿. 北京: 科学出版社, 2015. He J Z, Lu Y H, Fu B M. The frontiers of soil biology (In Chinese). Beijing: Science Press, 2015
- [2] 中国土壤学会. 中国科协学科发展研究系列报告: 2010—2011土壤学学科发展报告. 北京: 中国科学技术出版社, 2011. Soil Science Society of China. China Association for Science and Technology: 2010—2011 report on advance in soil science (In Chinese). Beijing: China Science and Technology Press, 2011
- [3] 赵蓉英, 王菊. 图书馆学知识图谱分析. 中国图书馆学报, 2011, 37(2): 40—50. Zhao R Y, Wang J. Knowledge mapping analysis of library science (In Chinese). Journal of Library Science in China, 2011, 37(2): 40—50
- [4] 赵蓉英, 许丽敏. 文献计量学发展演进与研究前沿的知识图谱探析. 中国图书馆学报, 2010, 36(189): 60—68. Zhao R Y, Xu L M. The knowledge map of the evolution and research frontiers of the bibliometrics (In Chinese). Journal of Library Science in China, 2010,

- 36 (189) : 60—68
- [ 5 ] Boekhold A, Temminghoff E, Zee S. Influence of electrolyte composition and pH on cadmium sorption by an acid sandy soil. *Journal of Soil Science*, 1993, 44 (1) : 85—96
- [ 6 ] Jones D L, Darrah P R. Role of root derived organic acids in the mobilization of nutrients from the rhizosphere. *Plant and Soil*, 1994, 166 (2) : 247—257
- [ 7 ] Binnerup S, Sørensen J. Nitrate and nitrite microgradients in barley rhizosphere as detected by a highly sensitive denitrification bioassay. *Applied and Environmental Microbiology*, 1992, 58 (8) : 2375—2380
- [ 8 ] Cabon F, Girard G, Ledoux E. Modelling of the nitrogen cycle in farm land areas. *Fertilizer Research*, 1991, 27 (2/3) : 161—169
- [ 9 ] Hassink J, Bouwman L, Zwart K, et al. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. *Geoderma*, 1993, 57 (1) : 105—128
- [ 10 ] Petersen S O, Nielsen A L, Haarder K, et al. Factors controlling nitrification and denitrification: A laboratory study with gel-stabilized liquid cattle manure. *Microbial Ecology*, 1992, 23 (3) : 239—255
- [ 11 ] Parkin T, Robinson J. Stochastic models of soil denitrification. *Applied and Environmental Microbiology*, 1989, 55 (1) : 72—77
- [ 12 ] Demeyer P, Hofman G, van Cleemput O. Fitting ammonia volatilization dynamics with a logistic equation. *Soil Science Society of America Journal*, 1995, 59 (1) : 261—265
- [ 13 ] Zevin L S, Kimmel G, Mureinik I. Quantitative X-ray diffractometry. New York: Springer, 1995
- [ 14 ] Li C, Aber J, Stange F, et al. A process-oriented model of N<sub>2</sub>O and NO emissions from forest soils: 1. Model development. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984—2012)*, 2000, 105 (D4) : 4369—4384
- [ 15 ] Fisher M J, Rao I M, Ayarza M A, et al. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the south american savannas. *Nature*, 1994, 371: 236—238
- [ 16 ] Beare M, Hendrix P, Cabrera M, et al. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional-and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1994, 58 (3) : 787—795
- [ 17 ] Smith P, Powlson D S. Considering manure and carbon sequestration. *Science*, 2000, 287 (5452) : 428—429
- [ 18 ] Merritt W S, Letcher R A, Jakeman A J. A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, 2003, 18 (8) : 761—799
- [ 19 ] Bradl H B. Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2004, 277 (1) : 1—18
- [ 20 ] Kinniburgh D G, Milne C J, Benedetti M F, et al. Metal ion binding by humic acid: Application of the NICA-Donnan model. *Environmental Science & Technology*, 1996, 30 (5) : 1687—1698
- [ 21 ] Hiemstra T, van Riemsdijk W H. A surface structural approach to ion adsorption: The charge distribution (CD) model. *Journal of Colloid and Interface Science*, 1996, 179 (2) : 488—508
- [ 22 ] Shrestha G, Stahl P D. Carbon accumulation and storage in semi-arid sagebrush steppe: Effects of long-term grazing exclusion. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2008, 125 (1) : 173—181
- [ 23 ] Wang X, Piao S, Ciais P, et al. A two-fold increase of carbon cycle sensitivity to tropical temperature variations. *Nature*, 2014, 506 (7487) : 212—215
- [ 24 ] Aafi N E, Brhada F, Dary M, et al. Rhizostabilization of metals in soils using *Lupinus luteus* inoculated with the metal resistant rhizobacterium *Serratia* sp. MSMC541. *International Journal of phytoremediation*, 2012, 14 (3) : 261—274
- [ 25 ] Shruthi R B, Kerle N, Jetten V, et al. Quantifying temporal changes in gully erosion areas with object oriented analysis. *Catena*, 2014, 128: 262—277
- [ 26 ] de Vente J, Poesen J, Verstraeten G, et al. Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: Where do we stand?. *Earth-Science Reviews*, 2013, 127: 16—29
- [ 27 ] 赵其国. 我国红壤的退化问题. *土壤*, 1995, 27 (6) : 281—285. Zhao Q G. The degradation of Chinese red soil (In Chinese). *Soils*, 1995, 27 (6) : 281—285
- [ 28 ] 唐克丽. 中国水土保持. 北京: 科学出版社, 2004. Tang K L. Soil and water conservation in China (In Chinese). Beijing: Science Press, 2004
- [ 29 ] 张福锁, 崔振岭, 王激清, 等. 中国土壤和植物养分管理现状与改进策略. *植物学通报*, 2007, 24 (6) : 687—694. Zhang F S, Cui Z L, Wang J Q, et al. Current status of soil and plant nutrient management in China and improvement strategies (In Chinese). *Chinese Bulletin of Botany*, 2007, 24 (6) : 687—694
- [ 30 ] 邵明安, 黄明斌. 土-根系统水动力学. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000. Shao M A, Huang M B. Hydraulic dynamics of soil-root systems (In Chinese).

- Shaanxi: Shaanxi Science and Technology Press, 2000
- [ 31 ] 康绍忠, 梁银丽, 蔡焕杰. 旱区水-土-作物关系及其最优调控原理. 北京: 中国农业出版社, 1998. Kang S Z, Liang Y L, Cai H J. The relation of watersoilplant and its optimization theory of adaptation and control in drought area ( In Chinese ). Beijing: China Agriculture Press, 1998
- [ 32 ] 冷疏影, 冯仁国, 李锐, 等. 土壤侵蚀与水土保持科学重点研究领域与问题. 水土保持学报, 2004, 18 ( 1 ): 1—7. Leng S Y, Feng R G, Li R, et al. Key research issues of soil erosion and conservation in China ( In Chinese ). Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18 ( 1 ): 1—7
- [ 33 ] 骆永明, 滕应, 过园. 土壤修复——新兴的土壤科学分支学科. 土壤, 2005, 37 ( 3 ): 230—235. Luo Y M, Teng Y, Guo Y. Soil remediation——A new branch discipline of soil science ( In Chinese ). Soils, 2005, 37 ( 3 ): 230—235
- [ 34 ] 韦朝阳, 陈同斌. 重金属超富集植物及植物修复技术研究进展. 生态学报, 2001, 21 ( 7 ): 1196—1203. Wei C Y, Chen T B. Hyperaccumulators and phytoremediation of heavy metal contaminated soil: A review of studies in China and abroad ( In Chinese ). Acta Ecologica Sinica, 2001, 21 ( 7 ): 1196—1203
- [ 35 ] 周启星, 孙铁珩. 土壤—植物系统污染生态学研究与发展. 应用生态学报, 2004, 15 ( 10 ): 1698—1702. Zhou Q X, Sun T H. Progress in pollution ecology of soil plant systems and its expectation ( In Chinese ). Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15 ( 10 ): 1698—1702
- [ 36 ] 宋长青, 吴金水, 陆雅海, 等. 中国土壤微生物学研究 10 年回顾. 地球科学进展, 2013, 28 ( 10 ): 1087—1105. Song C Q, Wu J S, Lu Y H, et al. Advances of soil microbiology in the last decade in China ( In Chinese ). Advances in Earth Science, 2013, 28 ( 10 ): 1087—1105
- [ 37 ] 贺纪正, 张丽梅. 土壤氮素转化的关键微生物过程及机制. 微生物学通报, 2013, 40 ( 1 ): 98—108. He J Z, Zhang L M. Key processes and microbial mechanisms of soil nitrogen transformation ( In Chinese ). Microbiology China, 2013, 40 ( 1 ): 98—108
- [ 38 ] 刘鹏飞, 陆雅海. 水稻土中脂肪酸互营氧化的研究进展. 微生物学通报, 2013, 40 ( 1 ): 109—122. Liu P F, Lu Y H. A review of syntrophic fatty acids oxidation in anoxic paddy soil ( In Chinese ). Microbiology China, 2013, 40 ( 1 ): 109—122
- [ 39 ] 李玲, 肖和艾, 吴金水. 红壤旱地和稻田土壤中有机底物的分解与转化研究. 土壤学报, 2007, 44 ( 4 ): 669—674. Li L, Xiao H A, Wu J S. Decomposition and transformation of organic substrates in upland and paddy soils in red earth region ( In Chinese ). Acta Pedologica Sinica, 2007, 44 ( 4 ): 669—674
- [ 40 ] 荣兴民, 黄巧云, 陈雯莉, 等. 细菌在两种土壤矿物表面吸附的热力学分析. 土壤学报, 2011, 48 ( 2 ): 331—337. Rong X M, Huang Q Y, Chen W L, et al. Surface thermodynamical analysis of adsorption of bacteria on two soil clay minerals ( In Chinese ). Acta Pedologica Sinica, 2011, 48 ( 2 ): 331—337
- [ 41 ] 马强, 林爱军, 马薇, 等. 土壤中总石油烃污染 ( TPH ) 的微生物降解与修复研究进展. 生态毒理学报, 2008, 3 ( 1 ): 1—8. Ma Q, Lin A J, Ma W, et al. A review of micro-biological degradation and remediation of total petroleum hydrocarbon in soil ( In Chinese ). Asian Journal of Ecotoxicology, 2008, 3 ( 1 ): 1—8

## THE HISTORICAL VENATION OF SOIL SCIENCE IN THE PAST 30 YEARS—BASED ON THE BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Song Changqing<sup>1</sup> Tan Wenfeng<sup>2</sup>

( 1 Department of Earth Sciences, National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China )

( 2 College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China )

**Abstract** Based on the web of science and CNKI ( China national knowledge infrastructure ) database, bibliometrics was used to quantitatively analyze the historical advances of soil science in the past 30 years. The newly developed information visualization technology-Cite Space and Thomson Data Analyzer ( TDA ) conducted the research focus and fronts of soil science during three periods ( 1986—1995, 1996—2005, 2006—2013 ) using 57 495 and 350 265 references in the domestic and international studies, respectively.

Similarities and differences of soil science during different periods between domestic and international studies were compared according to the cluster analysis. As for the international studies on soil topics, the soil fertility investigations were the research hotspots in the earlier stage and then transferred to the ecological environmental investigations, as well as the soil key processes driven by the soil microbes. However, the research of regional soil was the distinct characteristic of China's soil science. Most of these investigations focused on the increase of soil productivity, soil erosion and water conservation, soil contamination and remediation, which significantly demonstrated a continuously strengthened research progress and development trend of the intersection and the fusion among different subjects. The information of the bibliometric analysis will provide academic guidance for further promoting development, and highlight the challenge and opportunities for future soil science in China.

**Key words** Bibliometric; Network map; Soil science; Soil processes; Driving force

(责任编辑：陈德明)

CONTENTS

**Reviews and Comments**

- The historical venation of soil science in the past 30 years—Based on the bibliometric analysis ..... Song Changqing, Tan Wenfeng ( 968 )  
 Soil ecosystem services: Concept, quantification and response to urbanization ..... Wu Shaohua, Yu Yanna, Zhu Jiang, et al. ( 977 )

**Research Articles**

- Analysis on spatial-temporal variability of soil organic matter in Henan Province based on Soil Taxonomy ..... Li Ling, Zhang Shaokai, Wu Kening, et al. ( 989 )  
 Relationship between illite crystallinity ( IC ) value and weathering degree of Quaternary Red Clay in southern Anhui Province, Southeast China ..... Liu Lihong, Hu Xuefeng, Ye Wei, et al. ( 1000 )  
 Micromorphology of ancient plow layer of paleosol in the Lajia Ruins in the Guanting Basin, Minhe County, Qinghai Province ..... Zhang Yuzhu, Huang Chunchang, Pang Jiangli, et al. ( 1013 )  
 Prediction of vertical distribution of soil nitrogen content in soil profile using spectral imaging technique ..... Li Shuo, Wang Shanqin, Shi Zhou ( 1022 )  
 Estimation of thickness of soil layer on typical karst hillslopes using a ground penetrating radar ..... Wang Sheng, Chen Hongsong, Fu Zhiyong, et al. ( 1030 )  
 Spatio-temporal distribution of dry-wet alteration in surface soil layer of the Huaihe River Basin ..... Cao Yongqiang, Xu Dan, Cao Yang ( 1042 )  
 Erosion on dunes of overburden and waste slag in Shenfu coalfield and prediction ..... Guo Mingming, Wang Wenlong, Li Jianming, et al. ( 1056 )  
 Dynamics of soil water evaporation from soil mulched with sand-gravels in stripe ..... Zhao Dan, Li Yi, Feng Hao ( 1067 )  
 Effect of pH and three kinds of anions on selenium absorption and desorption in purple soil ..... Zhou Xinbin, Yu Shuhui, Xie Deti ( 1076 )  
 Release kinetics and bioavailability of nonexchangeable potassium in soil ..... Li Ting, Wang Huoyan, Chen Xiaoqin, et al. ( 1086 )  
 Effects of bio-ash ameliorating red soil in acidity ..... Shi Renyong, Li Jiuyu, Xu Renkou, et al. ( 1095 )  
 Effect of wheat straw biochar on high chlorinated benzene sorption process and mechanism ..... Li Yang, Song Yang, Wang Fang, et al. ( 1104 )  
 Sorption kinetics and mechanism of naphthalene on corn-stalk-derived biochar with different pyrolysis temperature ..... Zhang Mo, Jia Mingyun, Bian Yongrong, et al. ( 1114 )  
 Toxicity of deca-brominated diphenyl ether to *Caenorhabditis elegans* ..... Wang Yingli, Chen Jiansong, Yang Yuxiang, et al. ( 1122 )  
 Effects of clover and straw decomposition on soil microfaunal community ..... Wang Hui, Gui Juan, Liu Manqiang, et al. ( 1133 )  
 Response of soil nematodes to soil salinization induced by seawater intrusion in coastal areas ..... Wang Chengnan, Zhang Weidong, Wang Xuefeng, et al. ( 1142 )  
 Relationships of N<sub>2</sub>O emission with abundance and composition of denitrifying microorganisms in soil aggregates ..... Zhou Hanchang, Zhang Wenzhao, Liu Yi, et al. ( 1151 )  
 Optimizing blending ratio of controlled release N fertilizer for spring maize based on grain yield, N efficiency, and economic benefit ..... Wang Yin, Feng Guozhong, Zhang Tianshan, et al. ( 1164 )

**Communications and Comments**

- Status quo and problems in setting-up and naming of basic taxon-Soil family in Chinese Soil Taxonomy ..... Yi Chen, Ma Yuxin, Yang Jinling, et al. ( 1172 )

**Research Notes**

- Effects of drought and rehydration on photosynthetic characteristics of artificial algal crusts ..... Wu Li, Yang Hong, Lan Shubin, et al. ( 1179 )  
 Effect of irrigation with saline water on plant root distribution and evolution of aeolian sandy soil in shelterbelts along desert highways ..... Li Congjuan, Tang Junyan, Gao Pei, et al. ( 1186 )  
 Distribution of Cu ( II ) desorption rate in variable charge soils relative to concentrations of NaNO<sub>3</sub> and its affecting factors ..... Zhang Zhengqin, Luo Wenjian, Chen Yong, et al. ( 1194 )

**Cover Picture:** Toxicity of deca-brominated diphenyl ether ( BDE-209 ) to *Caenorhabditis elegans* ( by Wang Yingli )

# 《土壤学报》编辑委员会

主 编：史学正

执行编委：(按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任：陈德明

责任编辑：汪枳生 卢 萍 檀满枝

## 土 壤 学 报

### Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 5 期 2015 年 9 月

## ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 5 Sep., 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会  
地址:南京市北京东路71号 邮政编码:210008  
电话:025-86881237  
E-mail:actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica  
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China  
Tel: 025-86881237  
E-mail:actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正  
主 管 中 国 科 学 院  
主 办 中 国 土 壤 学 会  
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng  
Superintended by Chinese Academy of Sciences  
Sponsored by Soil Science Society of China  
Undertaken by Institute of Soil Science,  
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司  
总发行 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717  
电话:010-64017032  
E-mail:journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company  
Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China  
Tel: 010-64017032  
E-mail:journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京399信箱 邮政编码:100044

Foreign China International Book Trading Corporation  
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号:CN 32-1119/P

国内邮发代号:2-560

国外发行代号:BM45

定价:60.00元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929

