

毛月英,马静媛,李凌燕.我国土壤检测研究进展[J].黑龙江农业科学,2020(2):136-141.

# 我国土壤检测研究进展

毛月英,马静媛,李凌燕

(北京农业职业学院,北京 102442)

**摘要:**为进一步掌握土壤领域研究发展趋势,本文通过采用文献计量分析方法,从论文数量的年度分布、研究机构、资助基金、主要作者、高频关键词等内容系统分析了中国土壤样品检测的研究进展。结果表明:中国的土壤样品检测研究处于快速发展阶段,每年论文发表数量呈指数增长;发表论文数量和论文被引频次最多的机构是中国科学院南京土壤研究所(发文量 367 篇,总被引频次 7 421,篇均被引 20.2 次);我国土壤样品检测领域受到国家层面的基金支持力度不足;发文量最多的研究者是西北农林科技大学的李生秀教授,被引频次最多论文的第一作者是曹慧(855 次);关键词分析结果表明,我国土壤样品检测领域的研究热点主要集中在重金属、农药残留污染等方向,热点由农业生产领域向环境修复治理领域转变,土壤样品检测手段进步不大。

**关键词:**土壤;样品检测;研究趋势;文献计量学

土壤是保障人类生存的不可再生资源,也是农业发展的基础<sup>[1]</sup>。2018 年 8 月 31 日,第十三届全国人民代表大会常务委员会第五次会议全票表决通过了《中华人民共和国土壤污染防治法》,该法于 2019 年 1 月 1 日起正式施行<sup>[2]</sup>,该法的施行标志着我国对土壤质量高度关注,这是因为土壤质量的好坏直接关系到农产品安全和农业可持续发展<sup>[3]</sup>。土壤质量的好坏依赖于其检测结果及评价。有关土壤样品检测的研究论文众多,传统的文献阅读和归纳总结难以客观全面地掌握该领域的研究动态和趋势。因此有必要运用更加直观的方法对该领域的研究论文进行统计分析,以掌握该领域的研究进展。

文献计量学具有客观、可定量的优势,广泛应用于各学科的研究<sup>[4-9]</sup>。已有利用文献计量学研究土壤的石油污染问题<sup>[10-11]</sup>、重金属污染修复与评价<sup>[12-17]</sup>、农药残留<sup>[18-19]</sup>、微形态<sup>[20]</sup>、土壤有机碳与土壤生物多样性<sup>[21]</sup>和土壤科学发展过程<sup>[22]</sup>的文献报道。然而,关于土壤样品检测进展的文献计量研究尚未见报道。本文采用文献计量学分析方法,对土壤样品检测领域的期刊研究论文进行计量和可视化分析,以便科研工作者能够掌握该领域的研究进展,为国家重大战略和其他科研

工作者提供理论参考和数据支撑。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

中国知网数字图书馆收录国内 8 200 多种各领域重要期刊,是全世界收录中文论文数量最多的数据库。利用高级检索功能,将搜索主题词设置为“土壤”,并包含“测定”或“检测”,时间截止至 2018 年 12 月 31 日,来源类别为全部期刊,剔除无关文献,检索得到 12 334 篇论文,以此作为本文研究的数据源。

### 1.2 研究方法

分析上述数据来源的年度发文量、研究机构、基金项目、作者、期刊等指标。构建土壤样品检测领域高频关键词共现网络,得出目前研究的热点主题。通过归纳总结重要的高频被引文献及国家政策在该领域的导向,得出土壤领域未来的研究趋势。

## 2 结果与分析

### 2.1 从文献题录信息看发展现状

2.1.1 研究论文年度分布 CNKI 数据库中共收录了 12 334 篇的土壤样品检测论文,时间跨度为从 1950-2018 年。平均每年发表 179 篇相关研究论文。从图 1 可以看出,我国土壤样品检测的发展经历了 3 个阶段,分别是 1950-1980 年、1981-2003 年、2004-2018 年。1980 年,土壤样品检测研究论文首次达到 100 篇,2003 年土壤样品检测研究论文超过 200 篇,这些论文的年度分布普遍呈上升趋势。根据拟合趋势线发现,我国土

收稿日期:2019-10-29

基金项目:北京市 2018 年度农业科技示范推广项目(2018 0284)。

第一作者:毛月英(1983-),女,博士,讲师,从事农业分析化学研究。E-mail:maoyueying2007@163.com。

通信作者:李凌燕(1982-),女,硕士,高级实验师,从事生物活性物质提取及检测研究。E-mail:80200@bvca.edu.cn。

壤样品检测的论文数量年度变化呈指数增长,  $R^2$  达到 0.86。说明我国对土壤样品检测的研究越来越重视, 持续受到学者的关注。

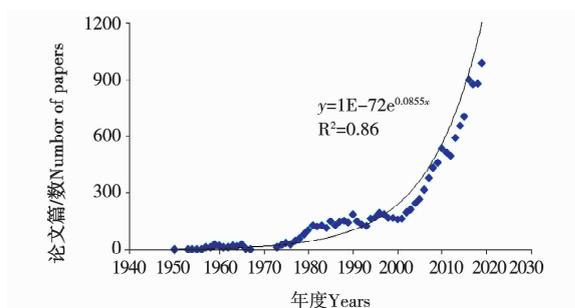


图 1 我国土壤样品检测论文年度分布

Fig. 1 Yearly distribution of articles on soil testing in China

2.1.2 研究机构 由表 1 可知, 我国土壤样品检测研究主要集中在高校, 科研院所较少, 二者发文量比例为 2.3:1.0。发表研究论文数量前 10 名的机构依次为中国科学院南京土壤研究所、西北农林科技大学、中国农业大学、山东农业大学、南京农业大学、中国科学院沈阳应用生态研究所、甘肃农业大学、北京林业大学、浙江大学、河南农业大学。发表研究论文数量最多的机构是中国科学院南京土壤研究所, 共发表 367 篇论文, 被引频次最高的机构也是中国科学院南京土壤研究所, 总被引频次 7 421, 篇均被引 20.2 次, 相较于排名第二机构总被引频次高出 2 785 次, 占据优势地位。以上数据说明该机构(中国科学院南京土壤研究所)对土壤样品检测领域的研究较为成熟。

表 1 我国土壤样品检测研究机构分析

Table 1 Analysis on research institutions of soil sample testing in China

排名 Ranking	机构名称 Organization name	发文量/篇 Number of papers	总被引频次/次 Total cited frequency	篇均被引频次/次 Average cited frequency of each article
1	中国科学院南京土壤研究所	367	7421	20.2
2	西北农林科技大学	263	4636	17.6
3	中国农业大学	186	4018	21.6
4	山东农业大学	143	1845	12.9
5	南京农业大学	127	1845	14.5
6	中国科学院沈阳应用生态研究所	105	1843	17.6
7	甘肃农业大学	99	1226	12.4
8	北京林业大学	92	1767	19.2
9	浙江大学	91	1641	18.0
10	河南农业大学	90	742	8.2

2.1.3 基金项目 由表 2 可知, 来自于国家自然科学基金(National Natural Science Foundation of China)项目资助的土壤样品检测研究工作发

表论文数量最多, 共计 1 809 篇, 资助发表的论文数量远远高于其他基金项目, 占前 10 位发表论文总量的 56.8%。

表 2 我国土壤样品检测研究论文获支持的基金项目信息

Table 2 Supported fund project information of soil sample testing research papers in China

排名 Ranking	基金名称 Name of fund	论文数量/篇 Number of papers	排名 Ranking	基金名称 Name of fund	论文数量/篇 Number of papers
1	国家自然科学基金	1809	6	国家科技攻关计划	85
2	国家科技支撑计划	419	7	高等学校博士学科点专项科研基金	62
3	国家重点基础研究发展计划(973 计划)	325	8	中国地质调查局地质调查项目经费	53
4	中国科学院知识创新工程基金	192	9	中国科学院“百人计划”基金	52
5	国家高技术研究发展计划(863 计划)	147	10	福建省自然科学基金	40

2.1.4 主要作者和高被引文献 从事基础科学

研究的工作者其成果主要以科研论文的形式展

现,发表论文的数量和论文影响力一定程度可反映学者的科研贡献及研究领域的活跃度。

统计土壤样品检测领域的 12 334 篇论文的作者,发表 10 篇及以上论文的作者共有 14 人(表 3)。他们发表的论文总量共计达 171 篇,占总量的 1.4%。从表 3 可知,14 位作者中有 6 位作者来自高校,另外 8 位作者来自相关研究院,两者数量相当。其中,李生秀教授发表土壤样品检测相

关论文数量 26 篇,该研究方向科研成果相对突出。将土壤样品检测领域的 12 334 篇论文的被引用频次进行降序排列(表 4)<sup>[23-27]</sup>,排在第一位的论文第一作者是曹慧,于 2003 年发表在《应用与环境生物学报》上,总被引频次为 855 次,自发表后平均每年被引用 53.4 次。这些数据表明,中国土壤样品检测研究工作已经取得了显著的成果,该领域涌现了一大批优秀的科研工作者。

表 3 我国土壤样品检测领域优秀作者分析

Table 3 High frequent authors publishing articles on soil testing in China

排名 Ranking	作者 Authors	单位 Work place	发文章/篇 Number of papers	排名 Ranking	作者 Authors	单位 Work place	发文章/篇 Number of papers
1	李生秀	西北农林科技大学	26	8	陈世宝	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	10
2	张福锁	中国农业大学	14	9	季国亮	中国科学院南京土壤研究所	10
3	邵明安	西北农林科技大学	14	10	何红波	中国科学院沈阳应用生态研究所	10
4	龚元石	中国农业大学	14	11	陈纯	河南省环境保护监测中心站	10
5	陈素兰	江苏省环境监测中心站	11	12	吕世华	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所	10
6	张旭东	中国科学院沈阳应用生态研究所	11	13	严俊霞	山西大学	10
7	方肇伦	中国科学院林业土壤研究所	11	14	李洪建	山西大学	10

表 4 我国土壤样品检测领域总被引频次前 5 名文献

Table 4 The top 5 references of total cited times in soil testing research in China

排名 Ranking	第一作者 First author	篇名 Title	发表年度 Published year	期刊 Periodical	总被引次数/次 Total cited times
1	曹慧	土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展	2003	应用与环境生物学报	855
2	孙波	土壤质量与持续环境——Ⅲ. 土壤质量评价的生物学指标	1997	土壤	699
3	顾益初	石灰性土壤无机磷分级的测定方法	1990	土壤	432
4	李凌浩	锡林河流域羊草草原群落土壤呼吸及其影响因子的研究	2000	植物生态学报	411
5	赵兰坡	土壤磷酸酶活性测定方法的探讨	1986	土壤通报	403

## 2.2 从关键词分析看研究热点

2.2.1 关键词词频分析 关键词通常被认为是对论文主题的高度概括,代表了论文的核心。本文分析了土壤检测领域 12 334 篇论文所包含的关键词,根据词频从高到低的顺序对关键词进行排序(表 5)。由表 5 可知,除检索条件列出的“土壤”和“测定”外。出现频率较高的关键词分别为“重金属”,308 次;关键词“气相色谱法”出现 297 次,然后是“微波消解”“产量”“砷”“高效液相色谱法”“汞”“铅”等关键词出现在论文中的频率也较高,以上这些信息可以反映出我国土壤样品检测领域的研究热点。同时也表明现阶段我国土

壤的热点问题仍围绕环境污染展开,以重金属污染为核心,目前的检测手段仍以化学法为主,而与土壤理化性质相关的关键词仍是土壤样品检测领域不可或缺的。化学法的优势是可以对土壤的现状进行定性定量的描述,获得相关评价性数据,但是难以描述土壤现状的形成原因和预测土壤未来的发展趋势,不利于土壤检测活动的深入开展。

2.2.2 关键词知识图谱分析 根据关键词对共同出现在一篇论文中的篇数,绘制土壤样品检测领域研究热点知识图谱(图 2),并结合关键词内容来确定土壤样品检测领域的研究热点,清楚地突显该领域研究人员关注的热点主题。

表 5 我国土壤样品检测领域高频关键词  
(局部)

Table 5 High frequency keywords in soil testing research field in China(Local)

序号 No.	关键词 Keywords	频次/次 Frequency	序号 No.	关键词 Keywords	频次/次 Frequency
1	土壤	3050	11	铅	206
2	测定	337	12	镉	196
3	重金属	308	13	残留	169
4	气相色谱法	297	14	土壤水分	134
5	微波消解	296	15	土壤养分	132
6	产量	227	16	土壤呼吸	129
7	砷	226	17	原子荧光光度法	124
8	高效液相色谱法	219	18	土壤含水量	110
9	汞	211	19	多环芳烃	102
10	测定方法	209	20	分光光度法	102

针对该知识图谱的解读如下:第一,图中所有关键词圆点面积的大小和该关键词在论文中出现的频率成正比,关键词圆点越大,包含有该关键词的论文越多,关注度越高。第二:关键词圆点间如果存在连接线,则意味着这两个相连接的关键词共同出现在若干篇论文中,连接线的粗细与这一对关键词对共同出现的论文数量成正比例。连接线越粗,表明这两个关键词对共同出现在论文中的数量就越多。第三:图中带有白圈的关键词圆点为中心节点,即土壤样品检测领域的中心节点

为图中带白色圆圈的“土壤”和“产量”。第四:图中关键词圆点的色调有暖色有深浅。浅色意味着该关键词出现的时间较早,深色代表该关键词出现的时间较近。关键词圆点的这种颜色变化,可以从纵向时间轴这个维度来描述土壤样品检测领域研究热点的变化。图 2 中“土壤养分”“土壤水分”“产量”“土壤含水量”4 个关键词是浅色,说明这 4 个关键词出现的时间较早,属于早期的研究热点,且早期的中心点为“产量”,说明当时研究土壤问题比较关注土壤对作物产量的影响,研究热点集中在农业生产领域。深色部分的关键词出现较晚,属于当前的研究热点。深色部分的关键词有:“土壤”“微波消解”“重金属”“镉”“铅”“汞”“砷”“原子荧光光度法”“气相色谱法”“高效液相色谱法”“分光光度法”“残留”等。表明我国土壤样品检测领域的研究热点已经从关注土壤水分和养分以期提高作物产量方面转移到土壤重金属和农药残留污染上来,从农业生产领域转移到环境修复治理领域。造成演变的原因在于,我国工业经济获得突飞猛进的发展,取得了备受瞩目的成绩,但随之带来的环境污染问题也不容忽视,尤其是城市工业三废排入土地,不断浸入农田,再加上现代农业大量使用化肥和农药,给土壤环境带来了不可逆转的伤害。其次,现阶段土壤内重金属等检测有机无机化学品检测仍以色谱等化学方法为主,在检测手段方面进步不大。

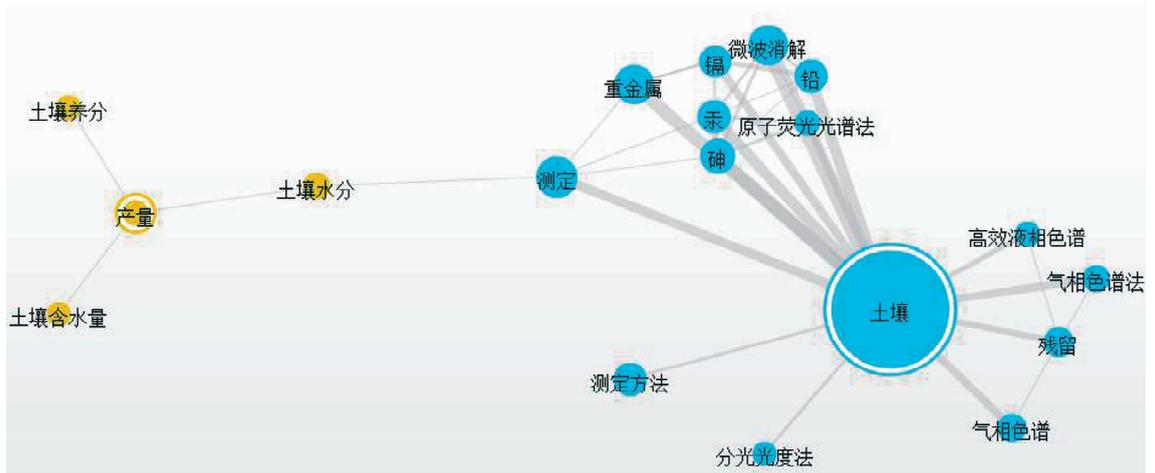


图 2 我国土壤样品检测领域知识图谱

Fig. 2 Knowledge map of soil sample detection in China

### 2.3 未来我国土壤研究的趋势

2016年5月,国务院出台《土壤污染防治行动计划》(简称“土十条”),对土壤的修复治理提出了严格时间阶段表和明确的详细任务书。2016年12月,为保障“土十条”的顺利实施,环境保护部(现为生态环境部)联合财政部、国土资源部、农业部、卫生计生委印发《全国土壤污染状况详查总体方案》,该方案旨在全面部署落实全国土壤污染状况详查工作。2018年12月,科技部发布“场地土壤污染成因与治理技术”国家重点专项,包括33个项目,经费高达6亿多元。以上种种政策表明国家治理土壤问题的决心和魄力。

通过对我国土壤样品检测领域关键词共现网络的综合分析,以及对相关高被引文献的总结归纳,结合国家层面对土壤领域的政策导向,可以发现,未来我国土壤样品检测领域的研究有以下两大趋势。

**2.3.1 土壤全过程质量控制** 通过科学的调查和统计,全面准确系统地掌握我国土壤、作物所含污染物的种类、含量高低及地理分布,查明土壤被污染的原因、污染源的种类和分布范围,评估污染物对人类、环境的危害。

该研究方向可开展的研究主题包括:第一,积极开发检测新技术。遥感监测技术被广泛应用于社会各个领域。特别是对于土壤的监测,由于无法深入地下深处进行监测,通过定位技术,能够准确把握土壤质量的变化情况;第二,优化简化重点检测项目的测试方法,尤其是要控制检测过程中增加新的污染;第三,建立全国土壤质量大数据库,通过互联网技术,实现全国土壤质量数据的动态传输和更新,对土壤治理做出准确的判断;第四,制定全国范围内土壤污染程度对人类和环境造成的危害等级的评估方案。

**2.3.2 土壤污染治理和修复技术** 侯德义等<sup>[28]</sup>研究发现,我国耕地的各类污染物中最突出的是重金属,其次是农药等有机污染物。修复技术包括:植物修复、生物修复、稳定剂修复、原位电动修复、土壤改良剂等。然而,修复技术选用不当带来的负面影响可能会超过土壤污染物本身对人类和环境的影响。研究并且推动绿色可持续修复,在我国当前仍然是一个巨大的挑战。

## 3 结论

以我国土壤检测研究论文为研究对象,采用

文献计量分析手段进行分析。本文研究结论主要有3个方面。

### 3.1 文献题录信息分析

第一,我国土壤样品检测领域的研究目前正处于快速发展阶段。第二,该领域研究论文被引频次最多的机构是中国科学院南京土壤研究所,我国土壤样品检测领域受到国家层面的基金支持力度不足,发文章最多的研究者是西北农林科技大学的李生秀教授,被引频次最多的论文的第一作者是曹慧。第三,发表论文数量和论文总被引频次最高的期刊是《土壤通报》。第四,论文篇均被引频次最高的期刊是《土壤学报》。

### 3.2 关键词分析结果

第一,关键词词频分析认为,现阶段我国土壤的热点问题仍围绕环境污染展开,检测手段仍以化学法为主,化学法的优势是可以对土壤的现状进行定性定量的描述,获得相关评价性数据,但是难以描述土壤现状的形成原因和预测土壤未来的发展趋势,不利于土壤检测活动的深入开展。第二,关键词知识图谱分析结果认为,国土壤样品检测领域研究热点由农业生产领域向环境修复治理领域转变。土壤样品检测仍以色谱等化学方法为主,在检测手段方面进步不大。

### 3.3 未来我国土壤研究的趋势

第一,土壤全过程质量控制。未来土壤领域的研究趋势可能集中在分析方法和先进仪器的开发,污染土壤绿色修复技术的复制推广等。第二,土壤污染治理和修复技术。实现土壤内重金属和农药等有机污染物的绿色可持续修复,是未来的发展趋势和挑战。

### 参考文献:

- [1] 张甘霖,吴华勇.从问题到解决方案:土壤与可持续发展目标的实现[J].中国科学院院刊,2018(2):124-134.
- [2] 陈向国.《中华人民共和国土壤污染防治法》明年伊始起施行[J].节能与环保,2018(10):26-28.
- [3] 刘建霞.基于农产品质量安全的土壤资源管理与可持续利用研究[J].河南农业,2018(32):46.
- [4] 毛月英,庞喜斌,唐凌天,等.我国能力验证项目研究热点可视化分析[J].冶金分析,2018,38(1):16-23.
- [5] 郭宇,王晰巍,贺伟,等.基于文献计量和知识图谱可视化方法的国内外低碳技术发展动态研究[J].情报科学,2015(4):139-148.
- [6] 毛月英.1954-2018年我国水资源研究进展可视化分析[J].中国水利,2019(9):60-64.

- [7] Liu W, Wang J, Li C, et al. Using bibliometric analysis to understand the recent progress in agroecosystem services research[J]. *Ecological Economics*, 2019, 156: 293-305.
- [8] Lei L, Liu D. The research trends and contributions of system's publications over the past four decades (1973-2017): A bibliometric analysis[J]. *System*, 2019, 80: 1-13.
- [9] Chen W, Liu W, Geng Y, et al. Recent progress on emergy research: A bibliometric analysis[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 73: 1051-1060.
- [10] 魏样. 我国石油污染对土壤酶活性的影响研究现状——基于 CNKI 数据库文献分析[J]. *农村经济与科技*, 2018, 29(9): 20-22.
- [11] 李志琳, 解宇峰, 蒋静艳, 等. 基于 Web of Science 数据库近 30 年土壤石油污染研究的文献计量分析[J]. *土壤通报*, 2018, 49(4): 1001-1008.
- [12] 吕凯, 张彩丽. 中国土壤重金属污染修复研究的文献计量分析[J]. *农学学报*, 2017, 7(5): 56-59.
- [13] 吴耀楣. 中国土壤重金属污染修复技术的专利文献计量分析[J]. *生态环境学报*, 2013, 22(5): 901-904.
- [14] 赵庆龄, 路文如. 土壤重金属污染研究回顾与展望——基于 Web of Science 数据库的文献计量分析[J]. *环境科学与技术*, 2010, 33(6): 105-111.
- [15] 孙虹蕾, 张维, 崔俊芳, 等. 基于文献计量分析的三峡库区消落带土壤重金属污染特征研究[J]. *土壤*, 2018, 50(5): 965-974.
- [16] 朱宇恩, 张倩茹, 张维荣, 等. 基于文献计量的 Cr 污染土壤修复发展历程剖析(2001-2015 年)[J]. *农业环境科学学报*, 2017, 36(3): 409-419.
- [17] 陈奕云, 唐名阳, 王淑桃, 等. 基于文献计量的中国农田土壤重金属污染评价[J]. *土壤通报*, 2016, 47(1): 219-225.
- [18] 吴健, 王敏, 靳志辉, 等. 土壤环境中多环芳烃研究的回顾与展望——基于 Web of Science 大数据的文献计量分析[J]. *土壤学报*, 2016, 53(5): 1085-1096.
- [19] 吴名杰, 伍一宁, 李春峰, 等. 基于文献计量的土壤中多氯联苯研究现状[J]. *国土与自然资源研究*, 2018(5): 90-93.
- [20] 胡雅. 基于文献计量法的我国土壤微形态研究进展(1984-2017)[J]. *西部大开发(土地开发工程研究)*, 2017, 2(11): 14-18.
- [21] 李雅, 刘梅, 曾全超, 等. 基于文献计量的土壤有机碳与土壤微生物多样性研究前沿态势分析[J]. *土壤通报*, 2017, 48(3): 745-756.
- [22] 宋长青, 谭文峰. 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[J]. *土壤学报*, 2015, 52(5): 957-969.
- [23] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. *应用与环境生物学报*, 2003(1): 105-109.
- [24] 孙波, 赵其国, 张桃, 等. 土壤质量与持续环境——Ⅲ. 土壤质量评价的生物学指标[J]. *土壤*, 1997(5): 225-234.
- [25] 顾益初, 蒋柏藩. 石灰性土壤无机磷分级的测定方法[J]. *土壤*, 1990(2): 101-102.
- [26] 李凌浩, 王其兵, 白永飞, 等. 锡林河流域羊草草原群落土壤呼吸及其影响因子的研究[J]. *植物生态学报*, 2000(6): 680-686.
- [27] 赵兰坡, 姜岩. 土壤磷酸酶活性测定方法的探讨[J]. *土壤通报*, 1986(3): 138-141.
- [28] 侯德义, 宋易南. 农田污染土壤的绿色可持续修复: 分析框架与相关思考[J]. *环境保护*, 2018, 46(1): 36-40.

## Research Progress of Soil Detection in China

MAO Yue-ying, MA Jing-yuan, LI Ling-yan

(Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442, China)

**Abstract:** In order to further grasp the development trend of soil research, this paper systematically analyzed the research progress of soil sample detection in China from the annual distribution of the number of papers, research institutions, funding funds, main authors, high-frequency keywords and other contents by using bibliometric analysis method. The results showed that the research of soil sample detection in China was in a rapid development stage, and the number of papers published each year showed an exponential growth; the most frequently cited institution was Nanjing Soil Research Institute of Chinese Academy of Sciences (367 papers, 7 421 times in total cited frequency, 20. 2 times of average cited frequency of each article); the field of soil sample detection in China was supported by national fund insufficient; the researcher with the most papers was Professor Li Shengxiu from Northwest Agricultural and Forestry University of Science and Technology, and the first author of the most frequently cited paper was Cao Hui (855 times); the results of keyword analysis showed that the research focus in the field of soil sample detection in China mainly focuses on heavy metals, pesticide residue pollution and other directions, and the focus changes from the field of agricultural production to the field of environmental remediation, the method of sample detection had not improved much.

**Keywords:** soil; sample detection; research trend; bibliometrics