



张新生,卢杰.基于文献计量法分析2010—2020年根际生态学研究现状[J].黑龙江农业科学,2021(7):130-136.

# 基于文献计量法分析2010—2020年根际生态学研究现状

张新生,卢杰

(西藏农牧学院高原生态研究所/西藏高原森林生态教育部重点实验室/西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站,西藏林芝860000)

**摘要:**为促进我国根际生态学更好地发展,本文采用文献计量学的统计分析方法对2010—2020年有关根际生态学的文献进行数据分析。以中国知网期刊全文数据库为资料来源,通过高级检索“根际生态”为篇名,时间限制在2010年1月—2020年12月,最后检索筛选出有关根际生态学的中文文献98篇,外文文献123篇。运用Excel、Origin等软件以及文献计量方法对检索出来的文献进行系统的分析。结果表明:(1)我国根际生态学正处于学科发展期;(2)我国高发文作者人数高于外国作者人数,且论文超过20次被引用的作者有14人;(3)农学与生物学是中外文献发表的主要学科门类,且发文机构主要为农林院校,发文期刊也以农林期刊为主;(4)在研究热点中,中文文献集中在根际土壤、根际微生态以及土壤微生态等方面,而外文文献研究较为分散;(5)在98篇中文文献中,国家级基金资助论文占论文总数的50.52%。通过对根际生态学的文献计量分析,可以预测我国根际生态学主要向根际土壤、根际微生物方向发展,但是缺乏两者结合性研究。因此,在未来的根际生态学研究中,我国学者要更加注重根际土壤与微生物互作研究,不断推进我国根际生态学的发展,减小与国外的差距。

**关键词:**根际生态学;文献计量法;分类统计

根际这一概念最早由德国学者Lorenz Hiltner提出,他认为根际就是植物在地面以下其根系周围微生物的数量和种群在土壤中的分布状况<sup>[1]</sup>。随着时间推移,专家学者对根际的研究进一步深化,这使得根际逐渐演变为一门新的学科即根际生态学。根际生态学主要包括根系生态学、根系土壤生态学、土壤动物和土壤微生物生态学、根际分子学、根际微生物学等,主要研究的是植物根系生态、土壤动物以及土壤微生物这3个方面相互作用、相互关联的规律<sup>[2]</sup>。由于根际被应用于各种领域,所以根际的概念被重新赋予。根际是指从微观角度研究植物地下部分受植物根系分泌物影响、土壤微生物活动以及根系周围土壤微域不超过5 mm的各个因子相互作用的土壤区域<sup>[3]</sup>。近十年来我国对根际生态的发展越来越重视,2017年西北农林大学举办的“作物根系与

根际互作国际研讨会”以及在2019年山东泰安举办的“第一届全国根际微生物学术研讨会”都证明了我国对根际生态的重视<sup>[4]</sup>。检索根际生态的相关文献并进行可视化分析,有助于了解当前根际生态学研究的动态,对开展根际生态的研究有很大的帮助。

文献计量学是指通过数学与统计学的方法,对文献进行定量化分析。通过文献计量分析可以得到文献的外部特征即文献的分布状况、数量 and 变化方式,从中得到所检索学科领域的宏观概况。本文以根际生态学为主题,通过中国期刊全文数据库(CNKI)检索2010—2020年的中文及英文文献,并运用文献计量分析的方法分析根际生态学的发展现状和研究趋势,从文献的发布阶段、高产作者与高引作者、发文地区、研究机构、发文期刊、文献的研究热点以及基金资助方面进行统计分析,了解文献最新的动态,为未来根际生态学的研究提供借鉴。

## 1 数据来源与研究方法

### 1.1 数据来源

以中国知网期刊全文数据库为文献数据来源,使用高级检索,以“根际生态”为篇名,检索出

收稿日期:2021-04-01

基金项目:科技部国家野外科学观测站(生态系统)运行补助项目(2015-2020);西藏高原森林生态教育部重点实验室研究生创新计划项目(XZA-JYBSYS-2021-Y13)。

第一作者:张新生(1998—),男,在读硕士,从事森林生态学方面的研究。E-mail:739584818@qq.com。

通信作者:卢杰(1973—),男,博士,教授,从事森林生态学的研究与教学工作。E-mail:tibetlj@163.com。

2010—2020 年发表的文献,文献类型仅为学术期刊文献,学位论文、报纸、图书等不计入统计范围,由此,检索出期刊文献共计 221 篇,其中有中文文献 98 篇,英文文献 123 篇。对 221 篇期刊论文运用文献计量分析的方法从发文阶段、发文作者、发文地区、研究机构与发文期刊、研究热点以及基金资助等方面进行可视化分析,获得十年来根际生态的发展现状与未来趋势。

1.2 研究方法 & 数据分析

基于文献计量分析的方法,使用 Excel 2010

表 1 2010—2020 年根际生态文献时序分布

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
发文篇数	7(1)	5(0)	5(1)	5(0)	8(1)	25(16)	40(24)	27(17)	27(12)	30(19)	42(32)
累计篇数	7(1)	12(1)	17(2)	22(2)	30(3)	55(19)	95(43)	122(60)	149(73)	179(91)	221(123)

注:括号内为英文文献篇数。

图 1 表明,从 2014 年开始,有关根际生态研究的文献量开始快速增长,虽然 2017 年比 2016 年有所下降,但总体依然是快速上升的趋势。2014 年以前关于根际生态的英文文献低于中文文献;而 2014 年之后,关于根际生态的英文文献发表数量迅速增长超过中文文献,除 2018 年稍低于中文文献之外。

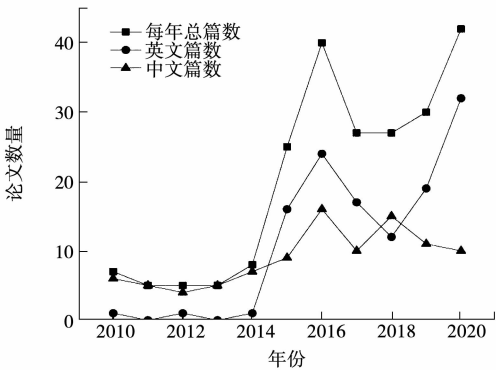


图 1 2010—2020 年根际生态文献时序分布图

2.2 发文阶段分析

对发文阶段进行分析主要依靠“S”曲线即 logistic 曲线,该曲线最开始由美国生物学家在生物繁殖领域进行应用,后来学者们发现任何一个学科的产生及发展都是一个逐渐成长的过程,这个过程与“S”曲线具有高度的相似性<sup>[5]</sup>。随着文献计量学的发展,“S”曲线被应用于不同学科的文献计量分析。

如图 2 所示,t1 之前为学科发展前期,t1~t3 为学科发展期,t3 之后为学科稳定发展期。

对文献进行数据统计,运用 Origin 2019b 软件进行作图,以及在中国知网数据库中对检索的文献使用计量可视化分析功能,揭示近十年来根际生态的研究趋势。

2 结果与分析

2.1 发文时序

从表 1 可知,有关根际生态发表的文献量在 2014 年以前每年不超过 10 篇,在 2011—2013 年中每年仅有 5 篇文献发表;2020 年发表的文献最多,达到 42 篇,是 2011—2013 年的 8.4 倍。

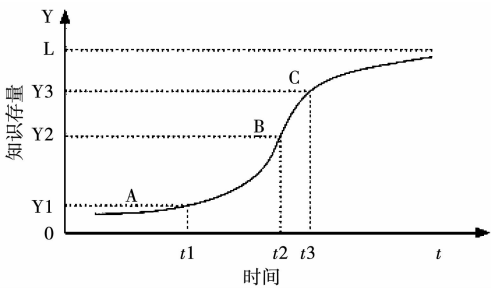


图 2 “S”型成长曲线

根据根际生态期刊论文年累计发文量,并结合 logistic 曲线绘制出 2010—2020 年有关根际生态知识存量增长的“S”型成长曲线(图 3)。由图 3 可知,2014 年之前,曲线为平缓上升状态,根际生态学正处于学科发展前期;2014 年之后,曲线为加速上升状态,故此期间根际生态学处于学科发展期;由于曲线并没有出现“S”型成长曲线中 t3 之后的状态,可以断定根际生态学没有处于学科稳定期,并且该学科在未来还有更好的发展前景。

2.2.1 萌芽期 根据 logistic 曲线可以发现,2010—2014 年为根际生态学发展的萌芽期,这一时期共发表文献 30 篇,其中英文文献 3 篇。这一时期研究主要内容可以划分为 3 个方面:一是根际微生物方面。代表性研究有王新洲等<sup>[6]</sup>在贵州中部的喀斯特地区中研究乔木和灌木林地下根际微生物的多样性;麻耀华等<sup>[7]</sup>采用复合微生物菌剂对黄瓜(*Cucumis sativus*)不同育期根际微生物的影响进行研究。二是根际微生态方面。代表性研究有丁桂生<sup>[8]</sup>通过对根际微生态的调节来研究毛白杨(*Populus tomentosa*)和北京杨(*Populus*

beijingensis)的根系生长活力及土壤有效P转化效应;徐海燕等<sup>[9]</sup>在研究枳橙(*Carrizo citrange*)的过程中发现其根际微生态直接或间接的影响丛枝菌根。三是生态修复方面。代表性研究有王蕾等<sup>[10]</sup>在研究河道表层沉积物重金属的生态修复时与根际相结合,发现根际细菌对重金属具有活化作用;瑞典农业大学的Paul等<sup>[11]</sup>发现有关地上一地下联系的发展原则还没有完全融入到恢复生态学中,因此通过弃耕地的恢复、生物入侵的逆转和自然干扰的恢复三个例子来说明根际生态在生态修复中的作用。

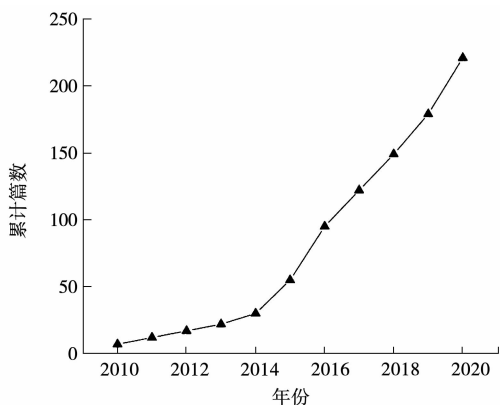


图3 2010—2020年有关根际生态知识存量增长的“S”型成长曲线

2.2.2 加速增长期 2015—2020年为根际生态学发展的加速增长期,这一时期共发表文献191篇,其中英文文献120篇。这一时期文献发文量增加迅速的原因主要是我国鼓励学科发展并给予基金资助,外国学者开始重视相关根际生态领域的研究。在这一时期中研究的主要范围包括三个方面:一是对根际土壤的研究,其代表性研究有徐宁等<sup>[12]</sup>通过对小麦(*Triticum aestivum*)和玉米(*Zea mays*)施用不同浓度的硅叶面肥,得出随着浓度的增加其根际土壤活性越高;刘鹏等<sup>[13]</sup>在研究栝楼时发现受铝胁迫的栝楼(*Trichosanthes kirilowii*)根系分泌物随着浓度增加会抑制根际土壤的活性。二是根际微生态方面。在学科发展萌芽期时根际微生态是一个重点研究内容,到了发展加速期,根据检索文献发现根际微生态依然是研究的重点。代表性研究有潘霞等<sup>[14]</sup>对蓝莓(*Vaccinium* spp.)使用4种AM真菌来研究其对根际微生态的影响;黄艳青<sup>[15]</sup>为了对甜瓜(*Cucumis melo*)根际微生态进行研究,选用木霉菌制剂针对不同生长时期的甜瓜进行观察。三是生态学方面。对生态学方面的研究主要是外国作者,

例如Kathryn等<sup>[16]</sup>在基于耶纳特征的生物多样性实验中,研究地上和地下过度产量在群落和物种水平上的相关性。总体而言,这一时期根际生态学科处于发展阶段,研究成果丰富,理论与实践在未来具有很大的发展空间。

### 2.3 高发文作者及高被引作者分析

由于在检索过程中对中文与英文文献没有进行区分,但是为了更加直观地了解中国作者与外国作者之间的差别,因此在高发文作者及高被引作者分析过程中区分中外作者文献发表情况。以第一作者进行统计,在2010—2020年发表3篇文献以上的中国作者有13人,由于外国作者没有发表3篇文献以上的人数,因此统计发文2篇以上的外国作者。发表3篇文献以上的中国作者及发文2篇以上的外国作者,在此称之为高产作者。根据中国知网数据库只显示中国高被引者,外国作者不显示,因此只统计中国高被引作者。有14位作者的文献被引用次数达到20次以上,更多作者的文献被引次数达不到20次,因此被引用次数达到20次以上的论文称之为高被引论文。

由图4可知,中外高产作者发表文献数量有较大差距。中国高产作者发表3篇以上人数有13人,其中申顺善、丁方丽两人发表文献篇数更是高达5篇以上,中国高产作者发表文献篇数占中文总篇数的47.95%,占检索文献总篇数的21.26%;相比中国高产作者,外国高产作者发表文献较少,只有3人发表文献2篇以上,占外文总篇数的4.87%,占检索文献总篇数的2.71%。

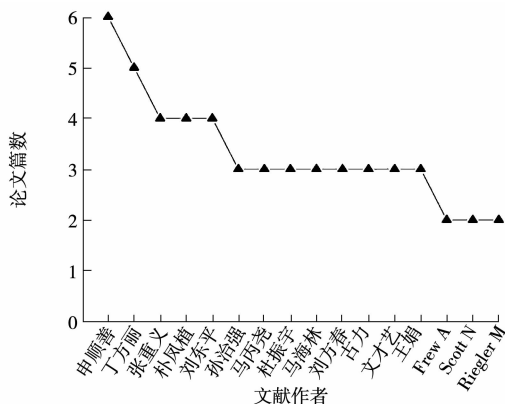


图4 中外高产作者文献分布

根据图5可以明确看到我国高被引作者排名情况。文献被引用次数的前三名作者分别是孙悦、唐秀梅和徐强,其中孙悦在《植物生态学报》发表的《根际激发效应的发生机制及其生态重要性》

这篇文献被引用次数达到了 75 次之多,超过唐秀梅在《基因组学与应用生物学》发表的《木薯/花生间作对根际土壤微生态的影响》这篇文献 27 次,比徐强在《中国生态农业学报》发表的《间套作玉米对线辣椒根际土壤微生物生态特征的影响》这篇文献多 31 次<sup>[17-19]</sup>。

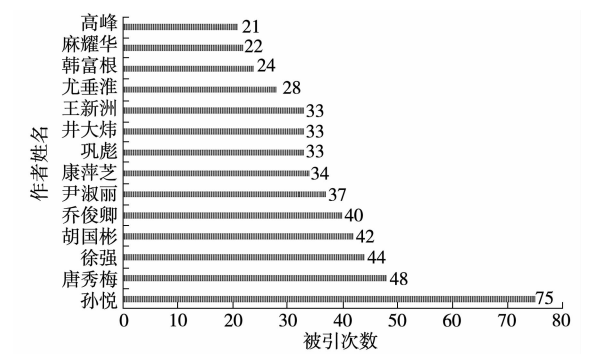


图 5 高被引作者统计

表 2 中文文献发文排名前 5 的学科、研究机构与期刊

序号	学科	篇数	序号	机构名称	篇数	序号	期刊名称	篇数
1	农业基础科学	36	1	河南农业大学	11	1	中国生物防治学报	4
2	农艺学	34	2	山东农业大学	6	2	生态学报	3
3	园艺	30	3	福建农林大学	4	3	植物生态学报	3
4	农作物	28	4	湖南农业大学	4	4	中国农业科技导报	3
5	生物学	25	5	山东省林业科学研究院	4	5	中国农业科学	2

对发文篇数超过 5 篇以上发文机构进行文献分析:河南农业大学的作者主要研究的内容为根际土壤微生态,其代表性研究成果有李嫚等<sup>[20]</sup>发现生物炭肥能够促进辣椒(*Capsicum annuum*)生长,并且对于辣椒根际土壤微生态具有很好的调节作用;王娟等<sup>[21]</sup>使用 HG28-5 菌悬液对黄瓜根际土壤微生态进行研究,发现 HG28-5 可以显著提高黄瓜根际土壤活性。山东农业大学的作者在根际微生态方面研究较多,例如王延平<sup>[22]</sup>对林木的根际微生态过程是否与细根有关进行了详细的研究;此外时伟等<sup>[23]</sup>使用不同浓度的大葱(*Allium fistulosum*)根系分泌物来研究对黄瓜根际微生态的影响。由表 3 可以看出《中国生物防治学报》发文最多,因此对此期刊进行详细检索,并对检索到的 4 篇文献进行分析。最早是在 2016 年由吕雅悠等<sup>[24]</sup>发表的文献,研究内容为根际细菌 A21-4 对辣椒根际土壤微生态的影响;最新发表是陈名君等<sup>[25]</sup>研究毛竹(*Phyllostachys hetero-*

2.4 发文学科、研究机构与发文期刊分析

中文文献发文排名前 5 的学科、研究机构及发文期刊详见表 3。从发文学科来看,文献发布前三的学科是农业基础科学、农艺学、园艺,分别是 36,34,30 篇。作者所属机构主要为农业院校及农林业科学研究院等,根据表 3 可知,农业类院校占据前三,分别为河南农业大学、山东农业大学、福建农林大学,前五个机构所发表篇数为 29 篇,占中文文献篇数的 29.95%,农业类院校显示出了较强的科研能力。对前三发文机构进行分析,河南、山东、福建这三个省份均为农业大省,并且人口众多,人才资源丰富,因此具有很强的科研能力,发文篇数也多。从发文期刊来看,《中国生物防治学报》占据第一,发文篇数为 4 篇,《中国农业科学》发文较少为 2 篇,整体来看发文期刊多为农业类型期刊,其前五发文期刊占中文总篇数的 15.3%。

*cycla*) 的根际多样性以及生态位。

根据中国知网文献可视化分析,可以得到英文文献发文学科及发文期刊数据。从表 3 中可以看出,发文学科主要集中在生物学,发文期刊主要为《Ecology Environment & Conservation》,其发表的文献占总英文文献的 72.35%,占总检索文献的 40.27%。对此进行推断,外国作者在根际生态方面的研究主要集中在生物学领域,例如 Ottaviani 等<sup>[26]</sup>通过研究被忽视的植物优势度底层维度来发现生态学的进化趋势;其期刊《Ecology Environment & Conservation》发表的文献其研究目标主要是保护生态环境。

2.5 研究热点分析

一般而言,论文核心的内容主要由关键词体现,关键词是论文作者对全文内容的高度提炼。通过检索文献进行计量可视化分析,可以得出中外文献研究热点数据。为合理进行统计作图,所以根据检索数据只统计前 6 名的中外文献研究热点。

表 3 英文文献发文排名前 5 的学科与期刊

序号	学科	篇数	序号	期刊名称	篇数
1	生物学	64	1	Ecology Environment &. Conservation	89
2	农业基础科学	17	2	Energy &. Ecology	8
3	林业	13	3	Energy &. Ecology Business	5
4	农艺学	12	4	Applied Soil Ecology	2
5	植物保护	6	5	Frontiers in Plant Science	2

由图 6 可以看出,研究多集中于根际土壤、根际微生态以及土壤微生态等方面,例如王文晓等<sup>[27]</sup>在对蒙古沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)进行研究时,在文章关键词中就提到了根际土壤;巩彪等<sup>[28]</sup>通过大蒜秸秆对番茄(*Lycopersicon esculentum*)根结线虫病来说明根际微生态的影响;杨克军等<sup>[29]</sup>研究寒地玉米时,发现不同的栽培方式会对根际土壤微生态产生影响。

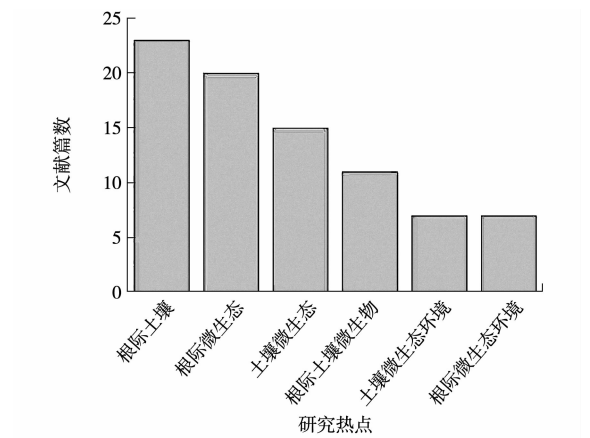


图 6 中文文献研究热点统计

根据中国知网计量可视化数据分析,对有关根际生态的外文文献进行统计,发现英文文献关键词差异较大,只有两篇文献有关键词重合,其它文献关键词皆不同。由于在中文文献中只统计了前 6 名的研究热点,因而对英文文献只统计 6 名,统计顺序由中国知网上体现顺序而定。图 7 即为英文文献研究热点统计图。

2.6 基金资助论文分析

由于知网计量可视化分析获得的数据中缺乏外文文献所受基金资助,因此文中只分析中文文献的基金资助情况。在中文文献中共有 95 篇论文获得不同基金项目资助,基金资助论文占中文文献论文的 96.93%,占检索总文献的 42.98%。其中国家自然科学基金资助的项目研究有 36 篇,国家重点研发计划与国家科技支撑计划资助的项目均为 6 篇,国家基金资助项目研究占全部资助项目的 50.52%;其它为省级、市级或校级基金资

助。从图 8 来看,基金资助论文总体呈现向上趋势,累计基金资助论文更是处于 logistic 曲线中的 t1~t3 的发展期,因此可以得出我国大力支持对相关根际生态项目的研究,推进了根际生态学的发展。

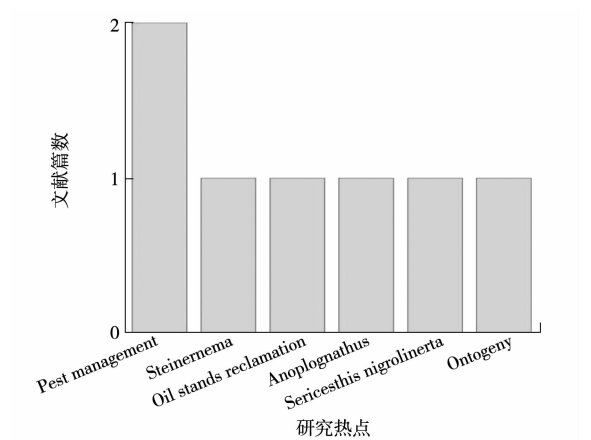


图 7 英文文献研究热点统计

根据基金资助论文状况,可以得出国家基金资助论文占据重要比例,因此对国家基金资助的文献进行检索并分析。从检索结果来看,国家基金资助论文的主要研究内容有两个方面:一是关于根际微生物方面,其代表性研究成果有佟德利等<sup>[30]</sup>以不同生长期的水稻(*Oryza sativa*)为研究对象,发现稻蟹生态种养使水稻根际的主要微生物物种增加,改变了微生物多样性格局;张晓晓等<sup>[31]</sup>使用了 11 种栽培模式对西瓜(*Citrullus lanatus*)根际土壤微生物的群落结构进行研究,发现不同栽培模式下的西瓜根际土壤微生物多样性指数和均匀度有较大差异。二是根际土壤微生态方面,其代表性研究成果有郭成瑾等<sup>[32]</sup>为解决马铃薯(*Solanumtuberosum*)黑痣病,使用哈茨木霉 M-33 协同秸秆的方法,发现协同处理能够有效防治马铃薯黑痣病,并且有利于马铃薯根际土壤微生态中微生物的聚集;顾美英等<sup>[33]</sup>在研究棉花(*Malvaceae Gossypium*)生长时,发现棉秆炭与生物有机肥的施用可以很好的改善连作棉花的根际土壤微生态环境。

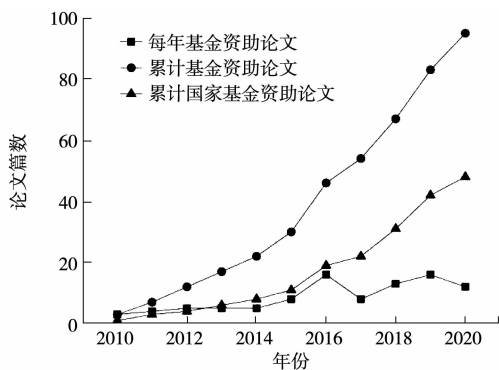


图8 2010—2020年基金资助论文

### 3 结语

“S”型成长曲线分析表明出,根际生态学正处于学科高速发展期,2010—2020年有关根际生态学领域的发文量呈现增加趋势,相关根际生态领域已经得到更多学者的关注。但中文文献的发文量明显低于外文文献,这说明我国对有关根际生态领域方面的关注度低于国外,还需要我国学者提高对根际生态的关注,进一步加大对根际生态领域方面的研究。在高发文作者与高被引作者方面,我国作者发文量明显高于外国作者,文献被引次数较高,但是我国作者所属机构多数为农业类院校,发文学科以农学类学科为主,发文期刊也是以农林类期刊为主,说明我国作者学科及专业主要来自农林类方面,结构来源单一,不利于长久发展;相对来说,外国作者在生物学、农林学以及植物保护等学科均有涉及,说明国外对根际生态的研究深度高于我国。

在研究热点方面,根据关键词分析,发现我国作者研究方向主要集中在根际生态方面,很好的切合了根际生态学的主要内容;相比中文文献,外文献研究的重点繁多,对根际生态进行了扩展式研究,扩大了根际生态学的研究内容。在基金资助方面,2010—2020年共发表中文文献98篇,有95篇论文受到不同级别的基金资助,其中有48篇论文由国家级基金资助,说明我国在根际生态方面的研究给予大量资金支持,促进了根际生态学科快速发展。

从中外文献发表量上,可以看出我国对根际生态的研究起步较晚,如何进一步深化对根际生态的研究是当前我国根际生态研究发展的重要问题,其中有关根际生态学相关领域的研究更是学者们以后要关注的内容。根际生态研究的涉及面广,其发展及理论研究会有更大的空间,在今后将

会有更多的学者进行深入研究,进一步促进根际生态学的发展。

### 参考文献:

- [1] WIM H P, BARDEGETT R D, RUITER P C, et al. Empirical and theoretical challenges in above ground-below ground ecology[J]. *Oecologia*, 2009, 161(1): 1-14.
- [2] 王邵军. “植物-土壤”相互反馈的关键生态学问题: 格局、过程与机制[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2020, 44(2): 1-9.
- [3] 尹华军, 张子良, 刘庆. 森林根系分泌物生态学研究: 问题与展望[J]. *植物生态学报*, 2018, 42(11): 1055-1070.
- [4] 段海霞, 罗崇亮, MINHA N, 等. 优化作物根系构型, 发展生态农业——2017年作物根系与根际互作国际研讨会综述[J]. *干旱地区农业研究*, 2019, 37(2): 1-9, 51.
- [5] 曾琼, 卢梦琪. 中国广告学知识生产的成长轨迹及其现实状况——基于期刊论文的文獻计量学分析[J]. *广告大观(理论版)*, 2016(5): 71-76.
- [6] 王新洲, 胡忠良, 杜有新, 等. 喀斯特生态系统中乔木和灌木林根际土壤微生物生物量及其多样性的比较[J]. *土壤*, 2010, 42(2): 224-229.
- [7] 麻耀华, 尹淑丽, 张丽萍, 等. 复合微生物制剂对黄瓜根际土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. *植物保护*, 2012, 38(2): 46-50.
- [8] 丁桂生. 根际微生态调节对杨树根系活力及土壤有效P转化的效应[J]. *中国林副特产*, 2011(2): 17-21.
- [9] 徐海燕, 雷世梅, 熊伟, 等. 丛枝菌根化枳橙根际微生态环境的研究[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2012, 34(10): 65-71.
- [10] 王蕾, 祁佩时, 辛明. 河道沉积物中重金属的生态修复及根际细菌的原位检测[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2012(1): 1-10, 36.
- [11] PAUL K, DAVID A W. How understanding aboveground-belowground linkages can assist restoration ecology[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2010, 25(11): 670-679.
- [12] 徐宁, 张方园, 曹娜, 等. 硅叶面肥对小麦-玉米种植体系根际土壤微生态的影响[J]. *安徽农业大学学报*, 2018, 45(2): 363-366.
- [13] 刘鹏, 马丽, 吴玉环, 等. 铝胁迫下栎根分泌物对根际土壤微生态的影响[J]. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 2016, 39(4): 423-429.
- [14] 潘霞, 韩薛婧婧, 陈侨月, 等. AM真菌对蓝莓根际微生态的影响[J]. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 2018, 41(3): 307-314.
- [15] 黄艳青. 木霉菌制剂对甜瓜根际微生态的影响[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(15): 13-14.
- [16] KATHRYN E B, ALEXANDER A W, JASPER V R, et al. Life science research - ecology; Data on ecology described by researchers at University of Wageningen (Above- and belowground overyielding are related at the community and species level in a grassland biodiversity experiment)[J]. *Energy & Ecology Business*, 2020, 61(5): 55-89.

- [17] 孙悦,徐兴良,KUZYAKOV Y. 根际激发效应的发生机制及其生态重要性[J]. 植物生态学报,2014,38(1): 62-75.
- [18] 唐秀梅,钟瑞春,蒋菁,等. 木薯/花生间作对根际土壤微生物生态的影响[J]. 基因组学与应用生物学,2015,34(1): 117-124.
- [19] 徐强,刘艳君,陶鸿. 间套作玉米对线辣椒根际土壤微生物生态特征的影响[J]. 中国生态农业学报,2013,21(9): 1078-1087.
- [20] 李嫚,张忠良,刘东平,等. 生物炭肥对辣椒生长及根际土壤微生态环境的影响[J]. 中国蔬菜,2019(2): 53-58.
- [21] 王娟,刘东平,丁方丽,等. 促植物生长根际细菌 HG28-5 对黄瓜苗期生长及根际土壤微生态的影响[J]. 中国蔬菜,2016(8): 50-55.
- [22] 王延平. 林木根际微生态过程与细根寿命调控机制研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2019,43(5): 141-148.
- [23] 时伟,徐宁,魏珉,等. 大葱根系分泌物对黄瓜幼苗根际微生态环境的影响[J]. 山东农业科学,2013,45(12): 72-76.
- [24] 吕雅悠,于迪,丁方丽,等. 促植物生长根际细菌 A21-4 对田间辣椒生长及根际土壤微生态环境的影响[J]. 中国生物防治学报,2016,32(1): 86-92.
- [25] 陈名君,侯国嵩,林俨,等. 广德市笋罩山毛竹根际绿僵菌物种多样性及生态位研究[J]. 中国生物防治学报,2021,37(1): 117-123.
- [26] OTTAVIANI G, MOLINA V R, CHARLES D T, et al. The neglected belowground dimension of plant dominance [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2020, 35 (9): 763-766.
- [27] 王文晓,李小伟,黄文广,等. 蒙古沙冬青根际土壤细菌群落组成及多样性与生态因子相关性研究[J]. 生态学报,2020,40(23): 8660-8671.
- [28] 巩彪,张丽丽,隋申利,等. 大蒜秸秆对番茄根结线虫病及根际微生态的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(5): 933-941.
- [29] 杨克军,王玉凤,张树远,等. 栽培方式对寒地玉米根际土壤微生态的影响[J]. 土壤通报,2011,42(1): 56-59.
- [30] 佟德利,许璐,于鑫,等. 稻蟹生态种养对水稻根际微生物区系的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版),2019,37(3): 232-235.
- [31] 张晓晓,安美君,吴凤芝. 不同生态条件对西瓜根际土壤微生物群落结构的影响[J]. 北方园艺,2017(3): 101-108.
- [32] 郭成瑾,沈瑞清,张丽荣,等. 哈茨木霉协同秸秆对马铃薯黑痣病及根际土壤微生态的影响[J]. 核农学报,2020,34(7): 1447-1455.
- [33] 顾美英,杨蓉,徐万里,等. 棉秆炭配施生物有机肥对连作棉花根际土壤微生态和棉花生长的影响[J]. 中国农业科技导报,2019,21(10): 47-57.

## Research Status Analysis of Rhizosphere Ecology from 2010 to 2020 Based on Bibliometrics

ZHANG Xin-sheng, LU Jie

(Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University/Key Laboratory of Forest Ecology in Tibet Plateau(Tibet Agriculture & Animal Husbandry University), Ministry of Education/Linzi National Forest Ecosystem Observation & Research Station of Tibet, Nyingchi 860000, China)

**Abstract:** In order to promote the better development of rhizosphere ecology in China, this paper adopts the statistical analysis method of bibliometrics to analyze the data of literatures related to rhizosphere ecology from 2010 to 2020. Taking CNKI full-text database as the data source, through the advanced search of "Rhizosphere Ecology" as the title, the time limit from January 2010 to December 2020, 98 Chinese papers and 123 foreign papers about Rhizosphere Ecology were selected in the final search. Software such as Excel, Origin and bibliometrics were used to analyze the retrieved literatures. The results showed that, (1) Rhizosphere ecology in China is in a period of discipline development; (2) The number of highly published Chinese authors was higher than that of foreign authors, and 14 authors whose papers had been cited for more than 20 times; (3) Agricultural science and biology were the main disciplines of published literature, and the publishing institutions were mainly agricultural and forestry colleges, and the publishing journals were mainly agricultural and forestry journals; (4) Among the research hotspots, Chinese literatures focused on rhizosphere soil, rhizosphere microecology and soil microecology, while foreign literatures were scattered; (5) In the 98 Chinese literatures, the papers funded by national funds accounted for 50.52% of the total. Based on the bibliometric analysis of rhizosphere ecology, it can be predicted that China's rhizosphere ecology will mainly develop towards rhizosphere soil and rhizosphere microbe, but there was a lack of research on the combination of them. Therefore, in the future study of rhizosphere ecology, Chinese scholars should pay more attention to the study of the interaction between rhizosphere soil and microorganisms, so as to promote the development of Chinese rhizosphere ecology and reduce the gap with foreign countries.

**Keywords:** rhizosphere ecology; bibliometric; classification statistics