

邬佳玲,张钦,范雪莲,等.新形势下食用豆产地土壤生态效应与功能提升的研究现状与趋势的文献计量分析[J].江西师范大学学报(自然科学版),2023,47(4):434-440.

WU Jialing,ZHANG Qin,FAN Xuelian,et al. The bibliometric analysis of research status and trends on the ecological effect and function improvement of soil in edible bean under the new situation [J]. Journal of Jiangxi Normal University(Natural Science) 2023, 47(4) : 434-440.

文章编号: 1000-5862(2023) 04-0434-07

新形势下食用豆产地土壤生态效应与功能提升的研究现状与趋势的文献计量分析

邬佳玲^{1 2} 张 钦^{1*} 范雪莲³ 崔萌萌⁴ 魏 亮² 刘 琼² 葛体达²

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院,江西 南昌 330045; 2. 宁波大学植物病毒学研究所,

省部共建农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室,浙江 宁波 315211;

3. 宁波市农业技术推广总站,浙江 宁波 315000; 4. 慈溪市农业技术推广中心,浙江 宁波 315000)

摘要: 该文利用 VOS viewer 可视化分析软件,对在中国期刊全文数据库 (CNKI) 和 Web of Science 核心合集数据库中关于食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的国内外文献进行计量分析,主要对相关文献的时间发展脉络、发文主要学科、国家(或地区) 和研究机构、主要刊物、主要研究学者和基金项目等进行分析,追溯探讨了食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究的发展趋势及热点。研究结果表明: 1940 年至今食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究的发文数量不断增加,中国发文数量位居第 2,但相关研究创新性有待进一步提高。主要作者组内、各大机构间联系紧密,研究热点集中在食用豆产地土壤碳、氮、磷等元素循环及食用豆种植对土壤微生物活性、多样性、结构及功能的影响。未来食用豆产地土壤生态效应与功能提升的研发应从食用豆产地土壤质量退化诊断与评价技术、食用豆产地土壤减障提质与产能提升关键技术及产品研发、食用豆产地土壤产能提升综合模式构建与示范 3 方面开展,以维护食用豆产地生态安全和土壤健康,引领食用豆产业健康有序发展。

关键词: 食用豆; 产地土壤; 生态效应; 功能提升; 计量分析

中图分类号: S 15; S 19 **文献标志码:** A **DOI:** 10. 16357/j. cnki. issn1000-5862. 2023. 04. 14

0 引言

豆类作物特有的生物固氮效应及豆类丰富的蛋白质含量,决定了其在农业生产以及农产品加工技术中具有重要意义。随着经济发展和人民日益增长的美好生活需要,食用豆作为新型食品在农业消费市场中呈现越来越重要的经济地位^[1]。食用豆通常是指以食用作物籽粒为主,包括食用其干、鲜籽粒和嫩荚,除去大豆和花生的各种豆类作物^[2],其品种繁多,在世界各地都有种植。常见的食用豆主要有蚕豆、豌豆、绿豆、小豆、豇豆、鹰嘴豆等。

食用豆在中国已有 2 000 多年的栽培历史,主要种植在东北、华北、西北、西南等地区^[3]。然而,食用豆种植地区主要是干旱贫瘠的贫困山区和欠发达农业区,耕地水肥资源利用率差,在食用豆生产中存在种植制度单一、管理粗放、化学投入品高、可持续生产能力差等问题。同时,受土壤肥力、土传病害等综合因素的影响,严重制约了食用豆产业健康发展。加上国际食用豆贸易的冲击,对提升中国食用豆国际竞争力提出了挑战^[4]。近年来随着农业供给侧改革为食用豆产业优化带来了新的机遇,但目前仍缺少对食用豆种植条件下产地土壤环境与微生物生态效应全面系统的认识。

收稿日期: 2022-11-03

基金项目: 财政部和农业农村部课题(CARS-08-G-09) 和宁波市重大科技任务攻关课题(2021Z101) 资助项目。

通信作者: 张 钦(1981—),男,湖北黄石人,副教授,博士,主要从事农业资源与环境研究。E-mail: chincheung@live.com

文献计量法是集数学、统计学、文献学为一体,对某项研究领域进行定量分析的方法,可以客观有效地为学者提供研究领域的数量变化、学科分布、引文引用、研究水平、研究热点、研究趋势等,是注重量化的综合体系分析方法。本文选取食用豆产地土壤生态效应及功能提升方面研究作为重点关注对象,基于中国期刊全文数据库和 Web of Science 核心合集数据库,就国内外文献进行计量分析,以期为食用豆产地土壤环境过程与微生态效应研究相关领域的学者提供参考。

1 材料与方法

本文用于文献计量分析的国内数据来源于中国期刊全文数据库(CNKI),通过高级文献检索,设置篇名为“‘食用豆’AND‘土壤’”,选取检索所有年份和选择“学术期刊”的文献类型进行检索,对检索结果进行逐一甄别筛选,只保留与食用豆产地土壤生态过程及功能提升方面的研究,最终筛选得到相关中文文献149篇,总参考2285次,总被引1786次,总下载40262次。国际数据来源于科睿唯安的Web of Science核心合集数据库,设置主题词为AB=“food legumes”“legumes”“edible bean”“beans”“pulses”,TI=“soil”“ecological environment”“soil environment”“ecological”,选取检索所有年份和选择“article”和“review”的文献类型进行检索,对检索结果进行甄别筛选,最终得到英文文献2384篇。

本文文献数据集的检索时间为2022年7月15日。利用CNKI和Web of Science自带的分析工具、VOS viewer可视化分析软件^[5],对食用豆产地土壤质量研究领域的发文数量特征、被引次数的变化趋势、时间发展脉络、发文的重点学科、国家/地区和研究机构、主要刊物、主要研究学者和基金项目以

及研究热点与趋势等进行计量分析。

2 结果与分析

2.1 食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的时间发展脉络

对年度发表论文数量进行分析(见图1),能够反映出食用豆产地土壤质量的研究发展速度、演化趋势和受重视程度等。单从国内(不包括港、澳、台地区)各年发文总量分布情况来看,1966年开始发表这一领域的文献,发文数量年际间虽存在轻微波动,但总体呈递增趋势,这说明该领域越来越受到研究者的关注。根据发文数量可以将食用豆产地土壤质量研究的发展历程分为3个阶段:1966—2000年为研究初始阶段,年均发文0.38篇。从事这一领域研究的学者较少,发文数量较少且稳定;2000—2011年为研究波动递增阶段,年均发文3.27篇,但由于还未形成系统整体研究,所以这一阶段的发文数量虽呈上升趋势但也有波动;2011年至今,年均发文8.91篇,发文数量与上一阶段相比较呈大幅增长趋势,可见有越来越多的学者关注研究这一领域,但由于此领域较广,且发展参差不齐,所以年发文数量波动较大。

从国际各年总发文数量来看,此领域研究早于国内(从1940年开始),且2021年总发文数量到达175篇,但总体趋势与国内研究基本一致,呈波动递增趋势,这表明国内关于食用豆产地土壤生态效应的研究与国际趋势发展步伐基本一致。以上结果均表明食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域近年来逐渐引起了人们的重视,且整体研究发展迅速并取得了一定成果。

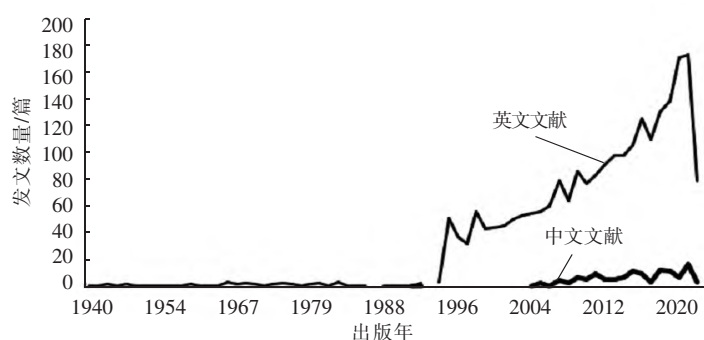


图1 食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域中英文文献的年度发文数量

2.2 发文的主要方向、国家/地区和研究机构

从国内发文主要研究方向来看,农业科技方向

占总发文数量的95.97%,这表明中国对食用豆在农业生产方面的重视。从国际发文方向看,食用豆

产地土壤生态效应与功能提升研究共涉及 115 个研究方向,排名前 10 的研究方向主要集中在农业、植物科学、环境生态科学、化学、生物多样性保护、气象学、科学技术、微生物学、植物生理和分子生物学(见表 1)。其中农业领域发文数量第 1,涵盖相关国际论文总量的 89.9%;植物科学领域发文数量第 2,涵盖相关国际论文总量的 72.7%。这表明农业和植物科学领域相关论文具有较高的参考价值和实用性,未来这 2 个领域依然是食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究的主要趋势,食用豆产地土壤质量的研究正处于物理化学、生态环境方向的进阶阶段。

表 1 食用豆产地土壤生态与功能提升研究领域排名 TOP10 学科

排名	学科类别	发文数量/篇	占相关国际论文总量的百分比/%
1	农业	2 144	89.9
2	植物科学	1 732	72.6
3	环境生态/科学	1 723	72.3
4	化学	793	33.3
5	生物多样性保护	689	28.9
6	气象学	515	21.6
7	科学技术	421	17.6
8	微生物学	369	15.5
9	植物生理	353	14.8
10	分子生物学	342	14.3

共计 141 个国家/地区参与食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究(见图 2(a)),其中美国的发文数量最多,为 543 篇,总被引次数为 25 980 次,篇均被引次数为 47.85 次;其次是中国,发文数量为 244 篇,总被引次数为 5 014 次,篇均被引次数为 20.55 次;巴西发文数量第 3,为 238 篇,总被引数为 4 762 次,篇均被引次数为 20.01 次。此外,德国、澳大利亚、加拿大、法国等也均在食用豆与土壤生态研究领域中文发数量超过 120 篇。

国内参与食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的机构有 148 个(见图 2(b)),其中甘肃农业大学发文数量(15 篇)最多,总被引数为 689

次;其次为四川大学、西北农林科技大学、中国农业大学、江西农业大学和华中农业大学,发文数量分别为 5、4、4、4 和 4 篇,总被引数分别为 49、97、33、36 和 26 次。在国际上参与食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的机构共计有 3 970 个,其中发文数量大于 50 篇的机构有 10 个(见图 2(c))。中国科学院(CAS)的发文数量最多,为 195 篇,占相关国际论文数量的 8.2%,总被引数为 4 815 次。其次为美国农业部(USDA)、法国国家农业食品与环境研究院(INRAE)、国际农业研究磋商小组(CGIAR)、巴西农业研究公司(EMBRAPA),发文数量依次为 90、77、74 和 63 次,依次占相关国际论文数量的 4%、3%、3%和 3%左右。

利用 VOS viewer 软件对世界各国在食用豆与土壤生态研究领域发文国家间的合作关系进行可视化分析(见图 2(d)),国家/地区的发文数量由图中点状大小表示,发文国家间的相互联系密切程度用区块密集程度表示。在图 2 中共出现了 2 400 个研究机构,合著发表了不少于 2 篇论文的机构共有 726 个,占合作机构总数量的 30.3%,这说明机构之间合作较为密切且交流广泛。计算得到中国科学院的总联系强度(TLS, total link strength)值为 139 且发文数量也最多,其合作单位主要有中国农业科学院(CAAS)、西北农林科技大学(NWAFU)等,这说明中国在此研究领域中活跃度较高。法国国家农业研究院与莱比锡大学紧追其后, TLS 值分别为 81 和 80。

2.3 发文的主要刊物

国内出版食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域论文的主要刊物有《中国生态农业学报》《草业学报》《草业科学》《植物营养与肥料学报》《核农学报》《干旱地区农业研究》《农药》等。国际相关文章的出版刊物共有 2 384 个,发文数量最多为《Plant and Soil》,其次为《Soil Biology & Biochemistry》《Agricultural Ecosystems Environment》(见表 2)。总被引次数较高的期刊有《Ecological Applications》(单篇最高 2 047 次)和《Environmental Toxicology and Chemistry》。

表 2 食用豆产地土壤生态与功能提升研究领域发文数量期刊排名 TOP3 期刊

排名	期刊名称	发文数量/篇	H 指数	总被引频次/次
1	Plant and Soil	79	35	4 254
2	Soil Biology & Biochemistry	74	37	3 639
3	Agricultural Ecosystems Environment	54	30	2 638

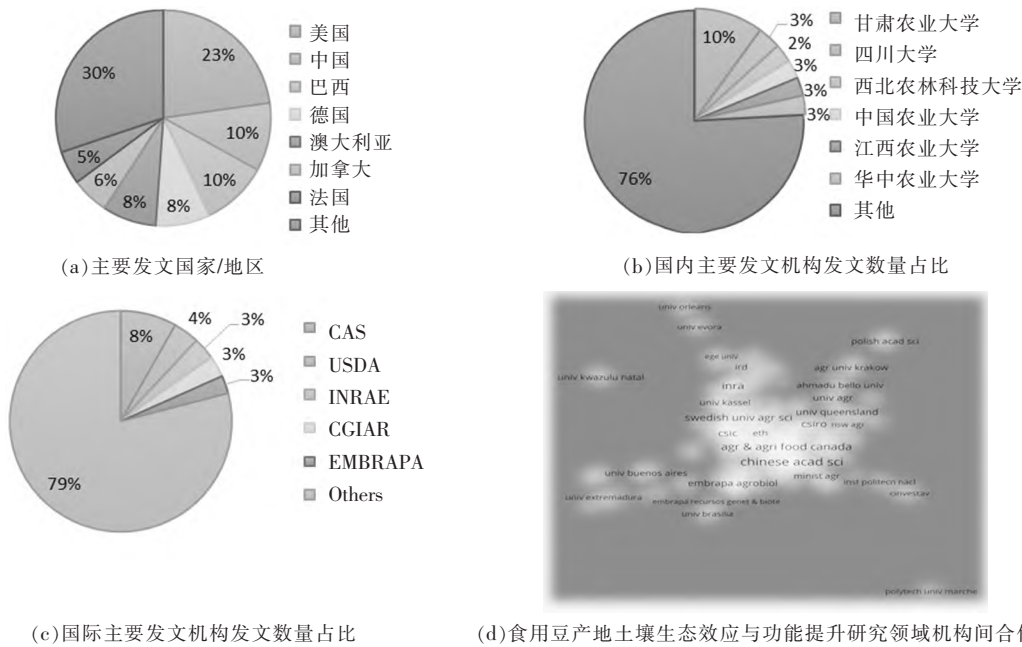


图 2 食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的发文机构及相互合作关系

2.4 发文的主要研究学者和基金项目

在国内期刊中,排名第 1 的作者共发文 6 篇,总被引 406 次,发文数量 2 篇以上的作者有 40 位。在国际期刊中,参与发表相关论文的作者有 20 300 位。表 3 是发文数量前 3 的作者,其中 N. Eisenhauer 发文数量为 16 篇,总被引 882 次,篇均被引 55.13 次;其次是 K. E. Giller 发文数量为 16 篇,总被引 1 234 次,篇均被引 77.13 次;S. Scheu 发文数量为

16 篇,总被引 876 次,篇均被引 54.75 次。通过 VOS viewer 将发文作者间的合作网络可视化(见图 3),其中圆圈大小代表发文数量,N. Eisenhauer、S. Scheu 和 A. Weigelt 之间的合作关系最为密切,合作方向主要为豆科植物多样性对土壤微生物群落的影响^[6]、对生态系统功能的影响(根系分解)^[7]和对土壤水力特征的影响^[8]。

表 3 国际期刊发文数量排名 TOP3 作者及其他信息

排名	作者	所属机构	所属国家	发文数量/篇	H 指数	总被引 频次/次	篇均被 引频次/次
1	N. Eisenhauer	明尼苏达州大学	美国	16	11	882	55.13
2	K. E. Giller	伦敦大学	英国	16	14	1 234	77.13
3	S. Scheu	柏林勃兰登堡研究所	德国	16	12	876	54.75

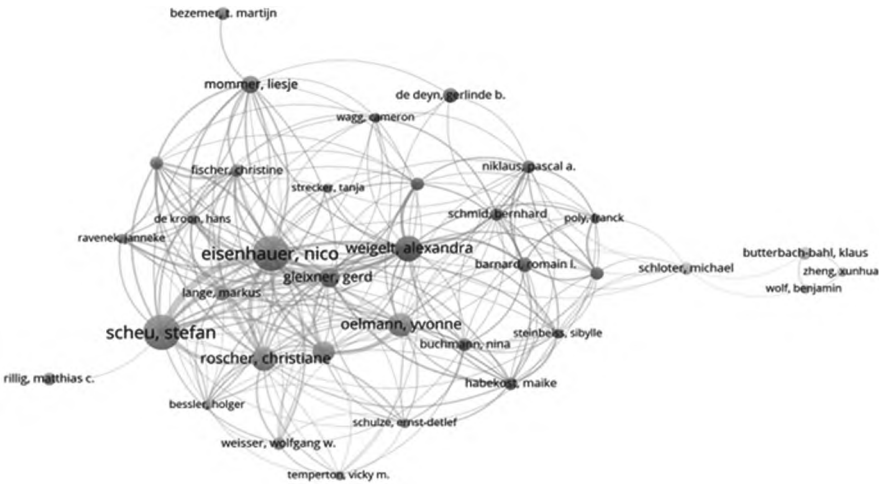


图 3 食用豆产地土壤生态效应与功能提升领域的研究者间合作图

在中国,国家自然科学基金资助了 27 篇中文期刊论文,国家科技支撑计划资助了 17 篇中文期刊论文,国家重点研发计划资助了 11 篇中文期刊论文。在国际上,国家自然科学基金资助 154 篇国际期刊论文发表,占相关国际论文数量的 6.5%;国家科学基金会资助了 96 篇国际期刊论文发表(占总发文数量的 4.0%),欧盟委员会资助了 76 篇国际期刊论文发表(占总发文数量的 3.2%),国家科学技术发展委员会资助了 58 篇国际期刊论文发表(占总发文数量的 2.4%);另外,德国研究基金会资助了 47 篇国际期刊论文发表(占总发文数量的 1.6%)。整理发现,无论是在国际还是在国内,国家自然科学基金均为食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域最重要的基金资助项目。

2.5 食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的研究热点

关键词是由论文标题或主题提炼而来的词汇,与论文内容紧密相连,能够清晰且简洁地表达论文的研究主题或方向^[9]。因此,关键词在所有相关论文中出现的频率越高表明该主题受到的关注度就越高。在 Web of Science 中检索的 2 384 篇文献中,共出现 5 033 个关键词。频次最高的关键词是“nitrogen”,共出现了 251 次;其次是“carbon”,共出现 206 次;排名第 3 的是“management”,共出现 207 次。其 TLS 值分别为 244、205 和 202。

聚类分析是一种探索性分析,是数据挖掘的主要途径之一。对每一簇数据的变化特征进行观察,集中对特定的聚簇集合做进一步地分析,由此更加直观地表达研究热点区块^[10]。食用豆产地土壤生态效应研究领域研究大致归纳为 3 类(见图 4)。其一聚类组的主要词汇为碳(carbon)、动态(dynamics)、生物多样性(biodiversity)和响应(responses)等,主要研究内容围绕食用豆生长与碳动态和生物多样性等之间的关系、食用豆类种植土壤对环境因子变化的响应、不同食用豆产地土壤根际环境的物种多样性存在差异^[11-13]。其二聚类组主要词汇为氮(nitrogen)、生产(yield)、生长(growth)、多样性(diversity)、根际(rhizosphere)、磷(phosphorus)等,主要研究内容为食用豆的生物固氮效应,根瘤菌和菌根结合体促使豆科植物生长、豆类作物根际磷等养分吸收、根部向地上部转移、植株内部养分再分配,以及根际微生物多样性^[14-16]。其三聚类组的包含 2 个分支,一部分主要词汇为管理(management)、有机质(organic matter)、耕作(tillage)、质量(quality)等,主要研究内容围绕着食用豆产地土壤的有机质提升^[17]及田间管理、模式优化^[18];另一部分核心词汇为重金属(heavy metals)和退化(degradation)等,主要研究重在金属污染情况下,食

用豆生长与土壤污染、退化,以及食用豆集约化连作种植依赖农药、地下病虫害严重等问题,导致食用豆种植过程引起土壤微生态失衡等方面^[19]。

对以上内容进行深入分析,可以发现诸多学者在此领域中对于食用豆产量及品质提升、植物碳、氮、磷等元素的分配,及食用豆产地土壤的微生物活性、多样性、结构及功能等方面进行了较多的探索,但对于构建食用豆产地土壤健康评价体系,包括土壤健康评价指标筛选、评价方法建立,产能关键技术提升、生态保育等内容上的研究还尚不明确。因此,在未来研究中应加强对食用豆产地土壤产能提升综合模式的研究。

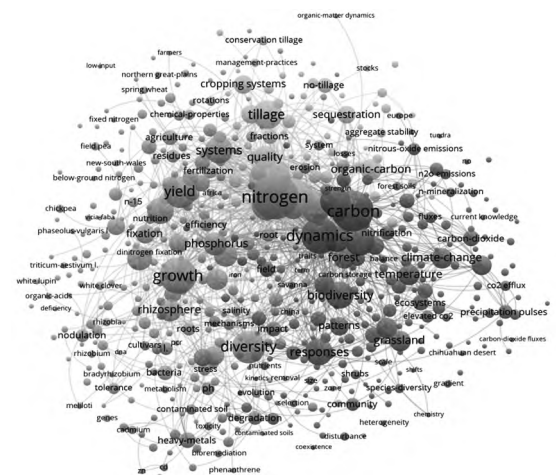


图 4 食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的关键词网络图

2.6 食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的发展趋势

食用豆虽然只占中国粮食种植面积的 2% 左右,但由于其具有极强的生产适应性、有效的固氮养地功能等特征,所以,近年来其种植面积和总产量大幅增加,加上高效栽培技术及生产机械技术的辅助,对食用豆产量及病虫害防治均起了积极作用,真正实现了食用豆的提质增效。随着经济全球化发展,中国食用豆产业有望在国际竞争中占有一席之地。

从文献计量的分析结果来看,食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究领域的发展目前正呈指数级上升阶段,食用豆与土壤生态领域研究的变化趋势和各热点间相互联系,在关键词网络图中出现的研究热点都为今后该领域研究提供发展趋势借鉴。1) 关注“食用豆+”轮作体系,实现种植制度和耕作制度有机结合,促进土地用养结合。食用豆在鲜食蔬菜产业、优质饲草(料)产业方面均发挥重要作用,食用豆特有的生物固氮作用能够在保证产量的前提下降低化肥和农药的使用。2) 构建食用豆产地土壤健康评价体系,助力“one health”大健康。食用

豆在中国粮食组成、人类健康、土壤改良中占有重要地位,未来在关注食用豆产地土壤物理和化学性质的基础上,应更加注重生物因素在土壤质量提升方面的重要作用。3) 食用豆种植将对农业生态绿色发展起到积极促进作用,食用豆具有粮、菜、饲、肥兼用价值,是玉米、谷子、高粱等禾本科作物的理想前茬作物,其抗旱、耐瘠薄,加上特有的根瘤固氮能力,对于土壤改良和重金属污染修复起着重要作用。

3 研究结论与展望

通过对在1940—2021年Web of Science核心合集数据库以及1966—2021年中国期刊全文数据库(CNKI)中关于食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究的文献进行时间发展脉络、发文主要方向、国家/地区、研究机构、主要刊物、主要研究学者、基金项目、研究热点、发展趋势等方面的分析得到以下结论:

1) 从时间发展脉络与主要发文方向来看,在全球范围内食用豆产业区域布局在农业领域中研究较为广泛,且在植物科学和环境生态科学领域中引起了一定的关注。食用豆种植自1940年起至今,相关土壤生态的研究总体趋势稳定递增,且对食用豆产地土壤生态效应环境变化的研究受到越来越多学者的关注。

2) 从主要发文国家/地区、机构和基金项目来看,美国、中国、巴西等国家在该领域中发文数量较多且相互合作紧密,其中中国科学院是国际间合作强度最高的,且中国国家自然科学基金是资助该研究的重要研究基金。

3) 热点网络分析和研究趋势分析表明,乡村振兴战略和农业供给侧结构性改革给食用豆种植带来了新的机遇,对食用豆产地土壤生态效应与功能提升研究也提出了新要求、新任务和新目标。

根据现有研究的热点和不足,“食用豆产地土壤生态效应”的未来研究发展方向应聚焦于土壤健康和微生态效应、保障食用豆产业高质量绿色发展。建议开展以下3方面的研究:

1) 构建食用豆产地土壤环境质量健康评估体系。中国作为食用豆种植的大国,发文数量虽多但也存在研究层次单一、内容不完整等情况,大部分局限于食用豆产地土壤物理、化学、生物指标的测定与评估。因此,应该加强国际合作交流,查明食用豆产地土壤类型、物理化学生物特性、养分状况、污染物种类(农药残留、微塑料、重金属、病原生物)等情况,构建土壤健康评价指标体系,明确不同食用豆产地土壤的主要障碍与风险因子;明确土壤健康

的时空演变规律、关键制约因子与调控措施,构建食用豆产地土壤环境质量健康评估指标体系。依托人工智能、机器学习和“互联网+”等多源数据集成与管理系统,构建土壤健康综合决策信息平台。

2) 开展食用豆产地土壤减障提质与产能提升关键技术及产品研发。针对食用豆产地土壤耕层浅薄、质量退化、土传病害频发、有益生物驱动力不足、产能稳定性差等问题,研发耕层增厚与结构改善技术、土壤养分扩库增容和养分活化技术、土壤生物肥力定向培育技术、土传病原菌生物靶向消减、微生物区系优化、根域生境优化等生物障碍消减关键技术,创制多功能土壤结构改良剂、土壤阻酸和降酸调理剂、靶向抑病生物制剂、微生物功能菌剂、新型多功能调理剂等产品。

3) 做好食用豆产地土壤产能提升综合模式构建与示范工作。针对不同区域的气候、土壤、种植制度和生产方式等特点,集成具有区域特色的产能提升综合技术,构建障碍消减-土壤改良-绿色生态协同增效的“三位一体”综合产能提升技术模式。建立基地和核心示范区,同步开展技术集成与示范推广,加快新技术模式的应用。

4 参考文献

- [1] 毛昭庆,于海天,陈良正,等.中国食用豆种植区域比较优势分析:基于全国15省1999—2018年数据测算[J].江西农业学报,2021,33(6):127-134.
- [2] 郑卓杰.中国食用豆类学[M].北京:中国农业出版社,1995:222-247.
- [3] 陈红霖,田静,朱振东,等.中国食用豆产业和种业发展现状与未来展望[J].中国农业科学,2021,54(3):493-503.
- [4] 周俊玲,张蕙杰.世界食用豆主要出口国国际竞争力的比较分析[J].中国食物与营养,2018,24(10):46-50.
- [5] VAN E N, WALTMAN L. Software survey: VOS viewer, a computer program for bibliometric mapping[J]. Scientometrics, 2010, 84(2): 523-538.
- [6] STRECKER T, BARNARD R L, NIKLAUS P A, et al. Effects of plant diversity, functional group composition and fertilization on soil microbial properties in experimental grassland[J]. PLoS One, 10(5): e0125678.
- [7] CHEN Hongmei, ORAM N J, BARRY K E, et al. Root chemistry and soil fauna, but not soil abiotic conditions explain the effects of plant diversity on root decomposition[J]. Oecologia, 2017, 185(3): 499-511.
- [8] FISCHER C, TISCHER J, ROSCHER C, et al. Plant species diversity affects infiltration capacity in an experimental grassland through changes in soil properties[J]. Plant and Soil, 2015, 397(1/2): 1-16.
- [9] 黄山,刘昕雨.基于Citespace的我国工业遗存再利用

- 研究关键词演变与趋势分析 [J]. 华中建筑, 2022, 40(8): 29-34.
- [10] 黄洁, 许丁伟, 冯江云, 等. 腹腔镜肝脏手术研究趋势及热点的 VOS viewer 聚类分析 [J]. 中国普通外科杂志, 2022, 31(7): 930-938.
- [11] CONANT R T, CERRI C E P, OSBORNE B B, et al. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis [J]. *Ecological Applications* 2017 27(2): 662-668.
- [12] SRINIVASARAO C, LAL R, KUNDU S, et al. Soil carbon sequestration in rainfed production systems in the semiarid tropics of India [J]. *Science of the Total Environment*, 2014(487): 587-603.
- [13] XAVIER L R, BERNHARDS, FRANCK P, et al. Soil environmental conditions and microbial build-up mediate the effect of plant diversity on soil nitrifying and denitrifying enzyme activities in temperate grasslands [J]. *PLoS One*, 2013(8): 61069-61073.
- [14] HAN Xu, MATTEO D, SUQIN F, et al. Soil nitrogen concentration mediates the relationship between leguminous trees and neighbor diversity in tropical forests [J]. *Communications Biology* 2020(3): 317-323.
- [15] GUBSCH M, ROSCHER C, GERD G, et al. Foliar and soil delta 15N values reveal increased nitrogen partitioning among species in diverse grassland communities [J]. *Plant Cell and Environment* 2011 34(2): 895-908.
- [16] HENNERON L, KARDOL P, WARDLE D A, et al. Rhizosphere control of soil nitrogen cycling: a key component of plant economic strategies [J]. *New Phytologist* 2020 228(4): 1269-1282.
- [17] LI Ling, YANG Tao, REDDEN R, et al. Soil fertility map for food legumes production areas in China [J]. *Scientific Reports* 2016 6: 26102.
- [18] VAN DUVENBOODEN N, PALA M, STUDER C, et al. Cropping systems and crop complementarity in dryland agriculture to increase soil water use efficiency: a review [J]. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 2000, 48(3/4): 213-236.
- [19] YU Xiumei, SHEN Tian, KANG Xia, et al. Long-term phytoremediation using the symbiotic *Pongamia pinnata* reshaped soil micro-ecological environment [J]. *Science of the Total Environment* 2021 774: 45112.

The Bibliometric Analysis of Research Status and Trends on the Ecological Effect and Function Improvement of Soil in Edible Bean Under the New Situation

WU Jialing^{1,2}, ZHANG Qin^{1*}, FAN Xuelian³, CUI Mengmeng⁴, WEI Liang², LIU Qiong², GE Tida²

(1. College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang Jiangxi 330045, China;

2. Institute of Plant Virology, Key Laboratory of Biotechnology in Plant Protection of Ministry of Agricultural and Zhejiang Province, Ningbo University, Ningbo Zhejiang 315211, China; 3. Ningbo Agricultural Technology Popularization Station, Ningbo Zhejiang 315000, China; 4. Cixi Agricultural Technology Popularization Center, Ningbo Zhejiang 315000, China)

Abstract: The VOS viewer software is used to visualize and analyze the ecological effect and functional improvement of soil in edible beans based on the databases of Chinese Journal full-text database (CNKI) and Web of Science. The time development of relevant documents, major disciplines, countries/regions and research institutions, major journals, major research scholars and fund projects are analyzed, and the development trend and hotspots of research on the ecological effect and functional improvement of soil in edible beans are discussed. The results show that the publication numbers of research on the ecological effect and functional improvement of soil in edible beans has been increasing since 1940. The number of articles published by China ranks the second, but the innovation of relevant research needs to be further improved. The relationships between main authors and major institutions are closely connected. The research hotspots focus on the cycling of carbon, nitrogen and phosphorus in the soil of edible bean production areas and the effects of edible bean planting on soil microbial activity, diversity, structure and function. The future research and development suggestions for soil ecological effects and function improvement in edible bean are from diagnosis and evaluation technology of soil quality degradation in edible bean, key technologies and product development for soil obstacle reduction and quality/productivity improvement in edible bean, construction and demonstration of a comprehensive model for soil productivity improvement in edible bean, so as to ensure the public's "safety on the tip of the tongue" and maintain the ecological security and soil health of edible bean, and lead the healthy and orderly development of the edible bean industry.

Key words: edible beans; soil of origin; ecological effect; function improvement; bibliometric analysis

(责任编辑: 刘显亮)