

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.22198

酸性土壤改良技术领域专利情报分析

陈 香, 梁林洲*, 董晓英, 李九玉, 王 超, 沈仁芳

(中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

摘 要: 土壤过度酸化是导致全球土壤退化的主要因素之一, 土壤酸化会降低土壤肥力, 危害作物生长发育, 加重土壤重金属污染等。中国农田土壤酸化问题严重, 改良酸性土壤以实现农田可持续发展备受关注。基于 incoPat 专利数据库对 2020 年前酸性土壤改良技术领域的专利进行计量学统计, 探讨该领域技术研发的现状、应用和趋势。结果表明, 中国在该领域专利申请数量整体呈现快速增长的态势, 国内申请占全球总申请量的 85%。酸性土壤改良技术以综合型改良为主, 在改良土壤酸度的同时更加关注土壤养分的缺乏; 土壤酸化模拟预测方法、采用土壤酸化改良装置可以提高改良效果, 更加高效、环保、多功能的改良技术不断涌现; 当前, 高校和科研机构的专利转化率较低, 企业研发实力尚需加强。酸性土壤改良技术市场前景广阔, 应加强新技术、新材料的研发, 促进专利技术产业化发展。

关键词: 酸性土壤; 土壤改良; 专利分析; 发展趋势

土壤酸化是指土壤 pH 值下降、土壤交换性酸增加的过程, 它是伴随土壤发生和发育的一个自然过程, 主要由碳酸和有机酸离解产生氢离子 (H^+) 驱动^[1]。土壤的自然酸化过程比较缓慢, 但近几十年来由于高强度人为活动的影响, 土壤酸化的进程大大加速, 对农林业生产和生态环境造成严重危害^[2]。特别是对于我国生产潜力巨大的南方红壤地区 (约占我国土壤总面积的 22.7%), 土壤酸化速率不断加快, 使得酸性土壤酸上加酸, 危害越来越大^[3]。针对土壤酸化问题, 国内外研究人员已对土壤酸化的成因进行了广泛和深入的研究, 并研发了一系列酸性土壤的调控技术和产品^[4-7]。改良酸性土壤, 减缓土壤酸化速率, 提升耕地土壤质量, 对实现农业可持续发展和保护农业生态环境意义重大。

专利文献是技术信息的有效载体和重要表现形式, 专利信息不仅能反映科学技术发展的最新前沿, 也可以反映市场关注的技术和相关企业的自主知识产权战略布局^[8-9]。通过专利文献分析, 可以获取某一领域内比较活跃的企业及其技术水平等, 从而有助于估计未来的技术、经济和市场范围的竞

争等。酸性土壤改良技术一直是农业研究领域关注的热点, 近年来国内外相关专利申请数量较多, 多种新的改良技术被市场应用, 但是基于专利文献挖掘该领域技术、产业、法律、市场等信息的研究尚缺乏相关报道。

本文基于酸性土壤改良技术领域的全球专利申请趋势、技术构成、法律及运营等要素进行分析, 揭示该领域的专利现状和发展态势, 提出未来研究的建议与展望, 以期为我国酸性土壤改良技术领域的相关科研人员及企业开展研发和国家产业技术创新布局提供决策依据。

1 数据来源与分析方法

1.1 数据来源

本文以酸性土壤改良技术为研究对象, 利用酸性土壤改良及相关概念与检索关键词相结合的检索策略构建检索式, 采用北京合享智慧科技有限公司开发的 incoPat 科技创新情报平台作为数据源 (<https://www.incopat.com/>)。为保证专利文献检索的全面性, 先分解检索要素, 后在检索平台中“申请日”项中设定检索截止日为 2020 年 12 月 31 日, 检索式为“TIAB=[(酸性 OR 酸化 OR 酸沉降 OR Acid deposition OR acidic OR acidification) AND (土壤 OR 土 OR soil OR farmland OR land) AND (改良 OR 调理 OR 调控 OR 控制 OR improvement OR conditioner OR control)]”, 统计全球专利申请情况。

收稿日期: 2022-04-06; 录用日期: 2022-05-22

基金项目: 国家重点研发计划专项 (2016YFD0200302)。

作者简介: 陈香 (1992-), 硕士, 主要从事土壤肥力管理研究, E-mail: xchen@issas.ac.cn。

通讯作者: 梁林洲, E-mail: lzliang@issas.ac.cn。

通过逐次阅读分析初步的检索结果进行人工去噪并标引, 最终获得 724 件专利申请数据, 其中中国专利申请 612 件。

1.2 分析方法

借助于 incoPat 数据库的专利分析平台以及 Excel 2016 分析软件, 对酸性土壤改良技术领域相关专利数据进行计量统计和可视化分析。分别以专利申请量、申请人、技术特征等为指标进行分析, 展示酸性土壤改良技术领域的专利文献分布现状、竞争态势、主要技术特征、研究热点和研究发展趋势。

2 结果与分析

2.1 国内外专利申请量趋势

酸性土壤改良技术领域的全球专利申请总量为 724 件, 整体呈现增长趋势 (图 1)。2000 年之前, 日本是主要专利申请国, 申请量为 22 件, 美国和中国的专利总申请量分别为 5 和 4 件; 2001—2007 年, 日本在该技术领域保持稳定申请量, 处于领先地位; 2008—2017 年, 中国的年度专利申

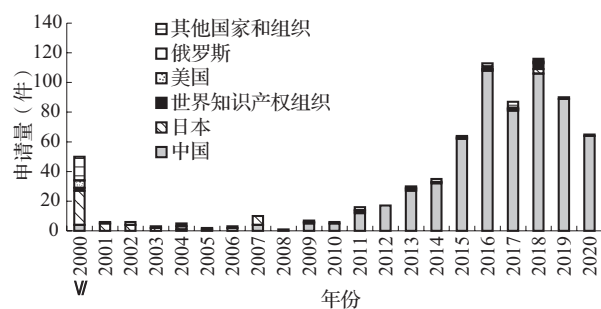


图 1 酸性土壤改良专利申请数量的年度变化趋势

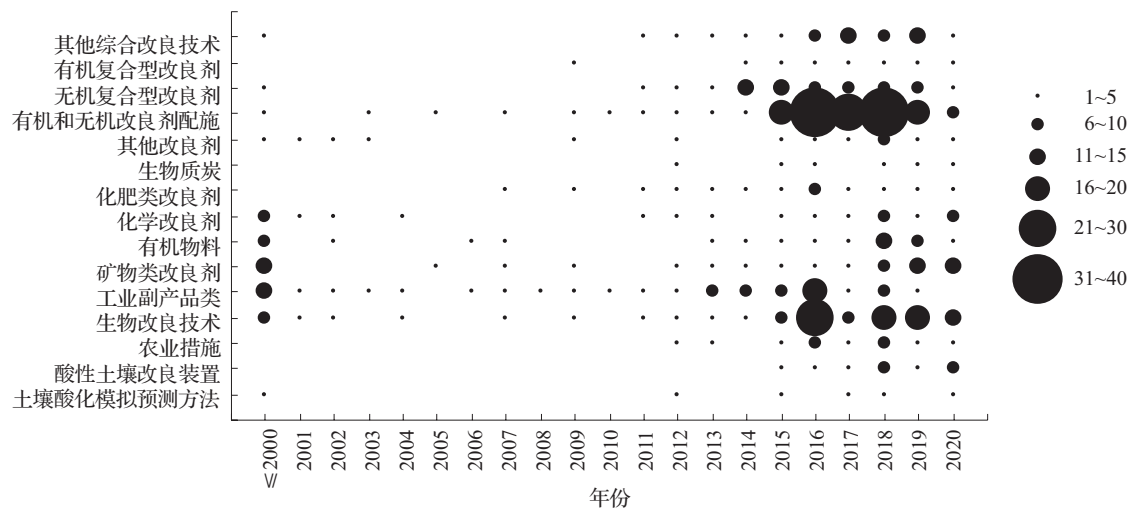


图 2 不同酸性土壤改良技术的年度发展趋势

注: 气泡大小表示不同技术的年度专利申请量的大小。

请量呈指数型增长, 处于快速发展阶段, 2016 年专利申请量达 108 件, 占世界专利申请总量的 80% 以上。由于从专利申请到公开有 18 个月的滞后期, 2019—2020 年的专利申请量数据仅供参考。

2.2 酸性土壤改良的专利技术领域分析

图 2 显示酸性土壤改良专利技术的年度申请趋势, 技术主要涉及施用土壤改良剂、农业措施、生物改良、土壤酸化改良装置和土壤酸化模拟预测方法。结果显示, 土壤改良剂 (包括单一型改良剂和综合型改良剂) 研发是关注的焦点。2000 年之前, 主要是利用工业副产品类、矿物类改良剂、化学改良剂和有机物料来改良酸性土壤, 专利申请数量不足 20 件。2001—2010 年, 这些技术的专利申请量较少, 改良剂以工业副产品类为主。2011 年, 综合型改良剂 (有机和无机改良剂配施、无机复合型改良剂) 专利申请量出现一个增长点; 2013—2019 年, 综合型改良剂专利申请量呈现快速增加的趋势, 年度申请量最高达 57 件, 尤以有机和无机改良剂组合专利的申请量增幅最大, 其中以有机物料为有机改良剂和矿物类为无机改良剂的数量相对较高。2015—2016 年, 生物改良技术和工业副产品类呈现快速增长的趋势, 在 2016 年申请量分别达到 22 和 17 件, 且生物改良技术在 2016—2019 年保持较高专利申请量; 有机物料在 2018 年申请量为 11 件, 是 2017 年申请量的 2.7 倍。农业措施和酸性土壤改良装置的专利申请量均在 2016 年后出现增长点; 土壤酸化模拟预测方法的相关专利申请量较少, 2020 年之前申请总量仅为 9 件。

根据酸性土壤改良的技术功效图（图3）可知，提高土壤养分是最主要关注的功效，使用有机和无机改良剂配施提高土壤养分的专利申请数量超过80件；各种改良技术降低土壤酸度也是主要功效，其中以有机和无机改良剂配施、工业副产品类较为显著；在有机和无机改良剂配施、生物改良技术措施下促进作物生长的专利申请数量均超过50件；有机和无机改良剂配施在环境友好功效方面的专利申请超过60件。有机和无机改良剂配施是酸性土壤改良的技术热点，其功效分布较广，但涉及实用性强的专利相对较少。工业副产品类、矿物类

改良剂、有机物料在降低酸度、提高养分、促进作物生长、环境友好方面关注较多，在改善土壤理化性质、实用性强、提高利用效率方面关注较少。酸性土壤改良装置方法能够提高工作效率、环境友好，通过准确配比改良剂，提高改良剂利用效率。土壤酸化模拟预测方法根据土壤数据建立模型来预测土壤酸化趋势，具有提高效率、方便操作、实用性强、环境友好的功效。生物改良技术可以降低土壤酸度、促进作物生长、提高土壤养分，又具有改善土壤理化性质、环境友好的功效，在实用性强、提高效率、方便操作、降低成本方面关注度较低。

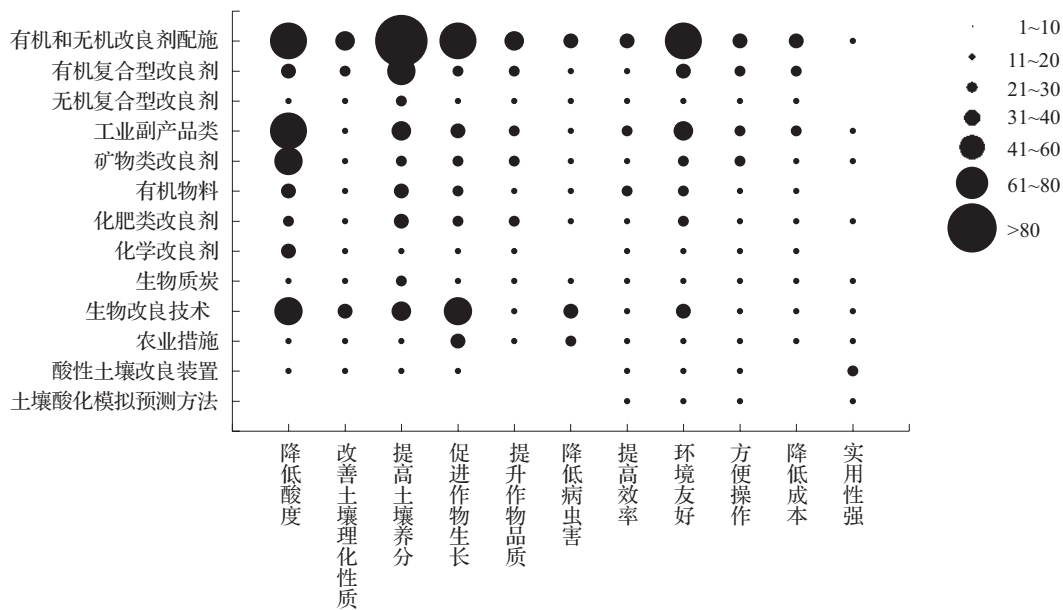


图3 酸性土壤改良技术功效矩阵

注：气泡大小表示采用某一改良技术达到某一技术效果的专利申请量大小。

2.3 专利申请主体分析

图4分析全球酸性土壤改良技术领域主要申请人的专利技术布局情况，专利申请量前10的均为中国机构。中国科学院南京土壤研究所的相关专利最多，达18件，重点关注综合型改良技术，强调有机物料与其他改良剂的配合施用。宁夏大荣化工冶金有限公司以12件专利位于第二名，技术均为利用氰氨渣和金属镁渣工业副产品制备土壤改良剂。广西壮族自治区农业科学院专利申请量为9件，专利布局在有机和无机改良剂混施技术，在矿物类改良剂、有机物料及生物改良技术、农业措施、其他改良技术亦有涉及。湖北大学、湖北省农业科学院植保土肥研究所和南阳师范学院合作申请专利共7件，均

为化学改良剂，改良剂的制备原料包括钙源原料和蛋白质原料。中冶华天工程技术有限公司和中冶华天（安徽）节能环保研究院有限公司合作申请的专利共6件，重点关注生物质炭改良酸性土壤。

2.4 酸性土壤改良专利运营状况分析

从酸性土壤改良技术领域专利申请的法律状态（图5）来看，授权专利为158件，占23%，实审专利和公开专利分别为219和18件。本文将驳回专利、撤回专利和权利终止专利归为无效专利，共计281件，占42%，其中驳回专利为137件，占比较大，且均为发明专利，发明专利申请文件经申请人修改或陈述意见后仍然存在专利法规定的实质性缺陷则拒绝授予专利权。随着新技术的不断发

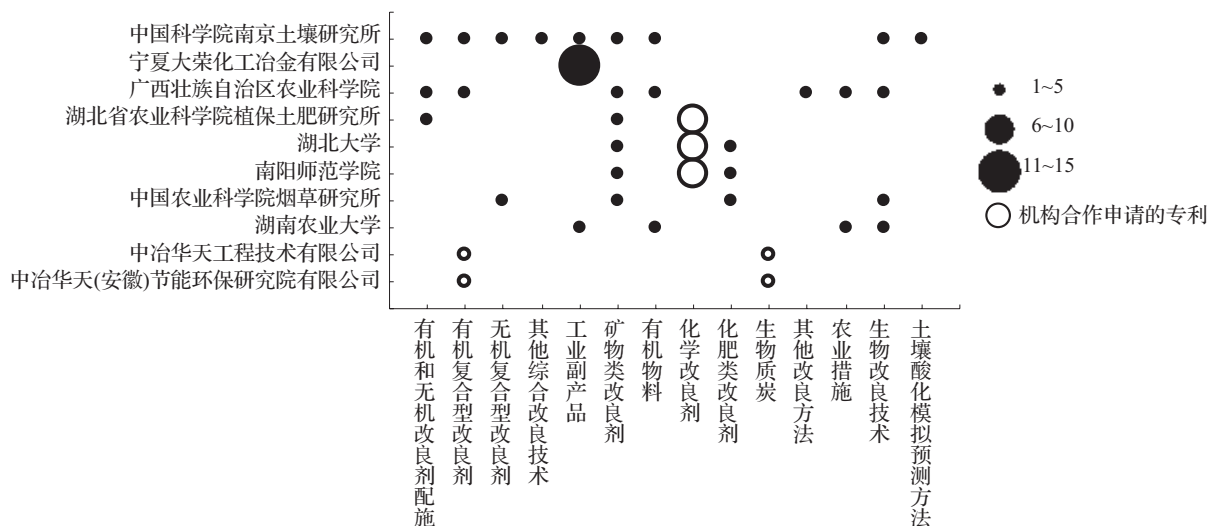


图 4 酸性土壤改良技术领域 TOP10 申请人技术布局

注：气泡大小表示申请人在不同改良技术的专利申请量。

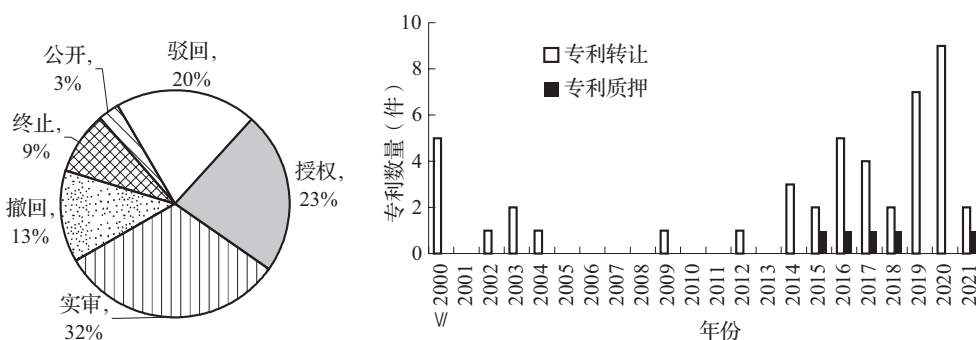


图 5 酸性土壤改良技术领域专利法律状态及运营状况

展,专利权人会觉得自己的专利失去维护专利权的价值,选择撤回或放弃专利权,使得专利不再受专利法律保护,成为一种免费共享的社会公众资源。通过分析酸性土壤改良技术在不同时期内的技术转移转化趋势,帮助了解该技术的运营和实施热度。图 5 通过统计各个年度专利发生转让、许可、质押、诉讼的专利数量来揭示酸性土壤改良技术专利的运营和实施热度。在酸性土壤改良技术领域,专利运营方式包括专利转让和专利质押,未发生专利许可和专利诉讼,且发生转让和质押的专利皆为授权专利。2011 年后,专利权发生转移的专利数量快速增加,与该时间段酸性土壤改良技术专利申请量呈显著上升相关。近几年发生专利权转移的专利主要集中在综合型改良剂技术领域,超过 90% 技术受让方是该领域从事生产经营活动或者研发的企业,相关企业对专利技术的需求性较强。专利质押贷款是缓解企业融资困难的一项重要举措,2015—

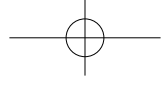
2018 年,专利 CN102876576A 发生 4 次专利权质押;2021 年,专利 CN105154101A 发生专利权质押。

3 讨论

3.1 酸性土壤改良技术的发展现状与趋势

日本、美国是较早申请酸性土壤改良技术专利的国家,具有一定的国际影响力。该领域的专利申请量自 2010 年以来呈现快速增长趋势,2016 年后增速变慢,处于平稳发展期。2010 年后,中国是该领域专利申请量最多的国家,拥有强大的专利技术研发实力,对该领域专利申请量的变化起主导作用(图 1)。中国的科研机构 and 高校是酸性土壤改良技术领域专利申请的主力军,企业的专利申请数量相对较低,专利技术的产业化运用程度需加强,应重视研发机构与企业间的合作。

酸性土壤改良技术专利主要涉及土壤酸化模拟预测方法、土壤酸化改良装置、农业措施、生物改



良技术以及施用土壤改良剂技术类别,研发高效土壤改良剂及使用技术尤其受到关注。土壤改良剂分为单一型改良剂和综合型改良剂,其中单一型改良剂包括无机改良剂和有机改良剂,无机改良剂包括矿物类改良剂、工业副产品类(碱渣、赤泥、矿渣、钢渣、炉渣、粉煤灰等)、化肥类改良剂(钙镁磷肥、尿素等),有机改良剂包括有机物料(农业废弃物、有机肥、生物炭等)。近5年来,土壤改良剂中综合型改良剂的研究热度明显上升(图2),综合型改良剂主要包括以矿物类改良剂为无机改良剂和以有机物料为有机改良剂。矿物类改良剂包括石灰、磷石膏、白云石等无机改良剂,有机物料包括农业废弃物(作物秸秆、菌渣等)、有机肥(畜禽粪便、堆肥、沼肥等),表明无机碱性物质与有机物配合施用是当前酸性土壤改良剂的主要研究方向。

3.2 土壤酸化的模拟预测及改良装备

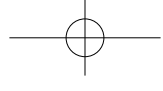
土壤酸化模拟预测方法是通过土壤酸化模拟装置和定量预测方法为土壤酸化控制对策拟定提供依据。最早的酸性土壤改良定量预测方法是于1988年申请的苏联专利(SU4363143),通过对取自底土层的样品进行补充分析,确定酸性土壤所需的石灰量,预测酸性土壤的化学处理需求,提高了测试的可靠性。专利RU2001132274在引用SU4363143的基础上,用于改进酸性土壤的化学改良方法,消除土壤中过量的酸度,解决了土壤的快速和严格剂量的脱氧问题,没有负面副作用。Gobena Huluka在2015年提出一种预测,向给定土壤中添加酸的数量以降低土壤pH值至目标水平的方法(US14928065),该方法可以提高预测适当酸性修正需求的能力,确定降低土壤pH值所需酸化材料的推荐量,制备缓冲溶液的成本较低。一种简易土壤酸化检测器(CN201720037142.4),携带方便、操作简单,可以立即检测出采样土壤酸度。专利CN201611224127.7采样和测量烟草种植土壤酸化程度,包括确定测量点、挖采样沟至测点、确定采样水平和土壤样品pH值等,比一般取样计算方法或年份测量方法更准确,并能进一步有效控制土壤酸化。2018年中山大学申请的土壤酸化预测方法(CN201811045526.6),引用了专利CN201720037142.4和CN201611224127.7,根据通量模型预测土壤pH变化趋势,统计分析酸沉降对土壤pH值变化的影响,通过区分各地区的土地利

用模式和酸沉降差异来预测土壤酸化,完成土壤年酸化的预测。该方法针对不同类型土壤的pH缓冲能力及影响因素,建立一种土壤酸化的定量预测方法对土壤酸化进行有效分析。自然酸化过程是非常缓慢的,为更好地模拟土壤自然酸化过程,深入研究土壤自然酸化机理,中国科学院南京土壤研究所提出一种在直流电场作用下模拟土壤自然酸化过程,使硅酸盐矿物和土壤在短期内达到强酸化状态的高效方法(CN201210045161.3),该方法能够有效模拟和研究热带和亚热带地区土壤的自然酸化。

土壤酸化改良装置是将土壤改良剂进行处理后作用于酸性土壤的装置或系统,操作简单方便,能够提高改良剂利用率以及工作效率。酸性土壤改良装置申请时间均在2015年后,杭州市临安区农林技术推广中心和浙江农林大学合作申请了一种酸化土壤改良系统(CN201811296679.8),与专利一种酸性土壤改良装置(CN201720870429.5)相比,该系统利用搅拌板来搅拌粉煤灰、矿渣、废渣和碱性粉末物质,可以提高改良物质的利用率。广州南新和科技有限公司公开一种辅助性的酸性土壤修复装置(CN202010122571.8),该装置结构简单,操作方便。自动确定土壤和修复材料的比例,提高匹配精度,提高酸性土壤修复效率和维护性能,通过机械操作自动完成土壤铺设和搅拌,提高工作效率。

3.3 农田管理措施及生物改良技术

在农业生产中,由于不合理的肥料施用、作物收获带走、种植致酸作物等农业措施加剧土壤酸化,因此改善不当的农业措施对改良酸性土壤具有重要作用^[10-13]。农业管理措施包括合理的水肥管理、优化种植方式、种植耐酸作物。铵态氮的硝化及其产生的 NO_3^- 淋失是加剧农田土壤酸化的主要原因^[3],因此需要通过合理的水肥管理,如选择合理施肥时间、肥料种类和用量,以尽量减少 NO_3^- 的淋失。四川省农业科学院通过合理施用基肥、春肥、追肥、秋肥的时间和方式减少施肥次数和施肥量,以及增施有机肥等科学施肥方式来提高肥力利用率,提升茶园土壤肥力水平,该茶园施肥方法于2018年申请专利保护(CN201811550830.6);2019年广西壮族自治区农业科学院和广西金福农业有限公司合作申请了一种提高南方土壤硒活性用于种植富硒火龙果的方法(CN201910770118.5),通过整地、育苗、定植、肥水管理、果园管理



及病虫害防治来提高富硒火龙果产量及其市场价值。作物间作、套作可以改善土壤理化性质、提高土壤 pH、降低作物病虫害的发生^[14]，贵州吉丰种业有限公司公开的一种在花生地轮作魔芋的栽培方法 (CN201810844760.9) 解决了花生与魔芋不能连作的问题，提高了土地利用效率，减少了病虫害发生，增加了魔芋产量。专利 CN201610366983.X、CN201811096747.6、CN201911064370.0 分别公开了选择酸性土壤或者微酸性土壤种植黄金芽茶叶、猕猴桃、五味子中药材，采用合理的种植和管理方法，提高了经济效益。作物耐酸性一般是通过耐铝性来体现，采用育种手段提高作物的耐酸铝能力所需周期长，难以在短期内在酸性土壤上推广种植^[15]。湖南农业大学提出一种应用褪黑素提高酸性土壤中紫花苜蓿耐酸铝能力的方法 (CN201610532724.X)，褪黑素作为一种胺类激素，可以促进紫花苜蓿生长且提高紫花苜蓿耐酸铝能力。

生物改良主要是利用植物、土壤动物和微生物修复酸性土壤。喜硝植物如小麦根系在吸收硝态氮过程中，为保持体内电荷平衡会释放 OH⁻，可以缓解土壤酸化。中国科学院南京土壤研究所申请了喜硝植物在修复酸化土壤中的应用及修复方法 (CN201110098002.5)，该方法通过种植喜硝植物西红柿、玉米和小麦，提高土壤 pH、土壤生产能力，增加作物产量。土壤动物、微生物能够活化土壤养分，促进养分离子释放，增加土壤有机质，提高土壤缓冲性能，但改良酸性土壤的效果较为缓慢。2016 年河海大学公开一种微生物-电动联合修复设施连作酸化土壤的方法 (CN201510812771.5)，该方法可以克服现有技术的缺陷，提高设施连作酸化土壤 pH 值，增加土壤微生物活性。微生物肥料具有生物防治效果和促进植物生长功能，研发微生物肥料作为土壤调理剂并推进其产业化具有重要前景^[16-17]。随着根瘤菌肥、溶磷、解钾等微生物肥料品种不断出现，山东农业大学公开一株具有改良酸性土壤和解钾功能的短小芽孢杆菌及其菌剂的制备和应用 (CN201910929968.5)。

3.4 不同种类土壤改良剂的研制

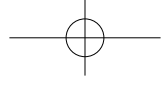
“农业农村部发布 2021 年重点强农惠农政策”中关于耕地质量保护与提升方面，建议在耕地酸化、盐碱化较严重区域，集成推广施用土壤调理剂、绿肥还田、耕作压盐、增施有机肥等措施。土壤改良剂是一种在现代化工基础上发展起来的新

方法，能有效改善土壤理化性状和土壤养分状况，对土壤微生物产生积极影响，从而提高退化土壤的生产力^[18]。土壤改良剂被广泛用于改良土壤结构、治理盐碱地、酸性土壤改良、修复污染土壤等障碍土壤^[19]。施用石灰是一种有效改良酸性土壤的传统方法，石灰可以有效降低土壤酸度，增加土壤微生物和酶活性，缓解铝毒害，促进作物生长发育^[20-21]。但长期过量施用石灰会导致土壤板结，引起养分失衡，甚至出现复酸化现象^[22]，而且大量 Ca²⁺ 的供应会造成土壤交换性镁、钾被淋洗^[23]。此外，石灰可能会抑制磷在土壤中的移动和扩散，降低土壤中水溶性磷的含量^[24]。山西富邦肥业有限公司利用石灰石与钾长石生产得到一种具有高活性、高含量、高肥效，富含硅钙镁钾营养成分的酸性土壤调理剂 (CN201710972874.7)。

研究表明一些碱性工业副产品能有效改良酸性土壤，缓解铝毒^[25]。燃煤烟气脱硫副产物具有很好的农用价值^[26]，DRAVO LIME CO 于 1994 年公开了一种向土壤中添加适量烟气脱硫副产物来改良酸性土壤以促进植物生长的方法 (US08294555)。工业副产品含有一定量重金属元素，长期施用会导致土壤发生重金属污染^[27-28]，湖南泰谷生物科技股份有限公司提供了一种用造纸黑液制备酸性土壤调理剂的方法 (CN201710753119.X)，能提高土壤 pH 值，吸附钝化土壤重金属效果好，还能改善土壤结构，补充植物所需的多种营养元素，促进植物生长。

化肥类改良剂可直接施用于酸性土壤，补充植物生长所需养分，但不当的施肥量和施肥方式及铵态氮肥用量的增加，导致土壤酸化日趋严重^[3, 29]；单独使用磷肥不能有效刺激土壤生物活性，不足以达到修复或改善土壤质量的目的^[30-31]；钾肥施用量的增加因钾与钙、镁等的拮抗作用，会阻碍对钙、镁等养分的吸收^[32]。钙镁磷肥是一种在酸性土壤中有良好肥效的新型磷肥，华南农业大学提出一种维持酸性多金属污染土壤原位化学改良效果的方法，通过后期施加钙镁磷肥的方法维持改良剂的作用效果，该方法适用于大面积受轻中度镉、铅、铜、锌污染的酸性农田土壤 (CN201610234660.5)。

有机物料可以提高土壤肥力^[33]，改善土壤微生物结构和活性，缓解酸性土壤对作物的毒害，有机物料改良酸性土壤的研究逐渐增多。农作物秸秆等农业废弃物可以直接中和酸性土壤，改善土



壤物理性状,有效缓解酸性土壤的铝毒害^[34],但有研究表明长期施用秸秆会增加土壤中的重金属含量^[35]。湖南泰谷生物科技股份有限公司提出一种以秸秆为原料的酸性土壤调理剂及其制备方法(CN201610725766.5),可调节土壤pH,吸附钝化重金属,增加土壤有机质,促进土壤团粒结构形成,增强土壤的通透性,促进植物生长,降低施用土壤调理剂造成土壤板结的风险。一种利用生物炭改良北方酸化土壤的方法(CN201210161885.4)明显改善土壤质量,提高了土壤养分利用率,为改良北方酸化土壤提供了新途径。生物质炭具有良好的改良酸性土壤的潜力,但也要考虑到生物炭热解过程中重金属元素可能形成易溶解态而引起重金属污染,生物质炭吸附的能力可能会影响植物所需养分等问题^[36-37]。无机改良剂和有机改良剂能够较好地中和土壤酸度,缓解酸性土壤铝毒,但若施用不当,也会对改良酸性土壤产生负面作用。

不同改良剂会因作物种类、土壤性质、施用方式等影响改良效果,将两种或者两种以上的改良剂进行混合施用,利用不同改良剂成分和性质的互补性,会更为有效地改良酸性土壤。复合型改良剂是酸性土壤改良申请的主要专利技术。利用无机矿物、化肥、工业副产品等混合制成的无机复合型改良剂改良酸性土壤效果显著,因其成本低、易获得、资源广、操作简单等优势得到广泛应用。山东农大肥业科技有限公司使用钾长石、硅酸钠、钙镁磷肥、石灰、草木灰/粉煤灰等材料制备一种酸性土壤改良剂(CN201510554261.2),可以实现规模化且无三废问题,适用于大量推广应用,将产生巨大的经济效益;江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所提供一种以稻壳为基质的颗粒状南方稻田酸性土壤调理剂(CN201510556136.5),原料组分包括碳化谷壳、谷壳硅碱、粉煤灰、硅钙镁磷钾肥、聚丙烯酰胺,从根本上解决了稻田酸性土壤“酸”和“毒”的问题。2017年公开一种增肥解毒型酸性土壤改良剂的制备方法,以猪粪、菌糠为原料制备生物质炭,再经过一系列的氧化、发酵等工序得到一种多功效的、应用前景广阔的酸性土壤改良剂(CN201711410064.9);中冶华天工程技术有限公司和中冶华天(安徽)节能环保研究院有限公司合作申请一种利用生物质炭、菇渣为原材料来制备改良剂改良酸性土壤的方法(CN201610417910.9),该发明具有良好的社会效益和推广应用价值,

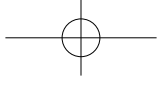
同年又合作申请了一种改良旱地酸性土壤的方法(CN201610417931.0)。有机无机复合改良技术是将有机改良剂和无机改良剂配合施用,在酸性土壤改良应用中比单施有机改良剂或单施无机改良剂的改良效果更好^[38],避免单独施用无机改良剂造成的土壤生物活性不高、底土改良不彻底、养分元素不均衡等土壤问题。山东省农业科学院农业资源与环境研究所提供一种改良酸化或酸性土壤的有机环保型土壤调理剂(CN201110154187.7),以沼渣、贝壳粉、钙镁磷肥、草木灰、壳聚糖、沸石粉、膨润土为原料制备的调理剂可提高土壤pH值,增加土壤有机质含量,改善土壤理化性质,降低重金属毒害;黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所公开一种酸化土壤炭基改良剂及其制备方法与应用(CN201410827119.6),该发明采用秸秆炭化的生物炭、生石灰、微量元素锌、草炭和微生物菌剂作为原料合理配置改良剂,在调理土壤、提供养分上效果显著,且原料易得、生产成本低。

3.5 中国酸性土壤改良技术的产业化现状

国家所拥有的专利数量与质量可以衡量该国的科学技术水平,并且专利技术的产业化水平可以说明该国的国际竞争力和经济发展程度。中国的科研院校是土壤酸化改良技术领域研发的主力军,具有强大的技术研发实力, TOP10 申请人排名中的科研院校占半数以上。企业是该领域申请人类别最多的,占比达44%,超过科研院校的36%,说明酸性土壤改良技术市场前景广阔,技术研发投入不断加大。专利运营数据可以反映技术产业化的状态,中国专利技术转让数量总体较低,但是近年来呈现快速增长,技术转让方和受让方最活跃的均为企业。科研院校虽拥有雄厚的技术研发实力,但其申请的专利转移转化率较低,科研院校应充分发挥其在人才、科研方面的优势,建立高价值专利向企业转移的渠道,促进科研成果转移转化。酸性土壤改良技术主要集中在施用土壤改良剂,土壤酸化模拟预测方法、土壤酸化改良装置、农业措施、生物改良技术方面的专利相对较少。加强改良作用机制和效果的研究,研发纳米材料、微生物技术等新材料和新技术应用到酸性土壤改良中,促进酸性土壤改良技术的产业化发展。

4 结论

我国是酸性土壤改良技术领域专利申请量最高



的国家。土壤改良剂技术研发不断加强,综合型改良技术日渐受重视,在改良酸性土壤的同时注重提高土壤养分,增强酸性土壤的生产力。土壤酸化模拟预测方法、酸性土壤改良装置进一步提高改良效率;生物改良技术作为一种环保型技术,备受关注。将各技术相结合用于改良酸性土壤是一个发展方向。酸性土壤改良技术领域主要专利申请人集中在科研院校,企业缺乏科技创新人才,而企业作为产业转移转化的重要平台,应当加强科研机构和企业间的合作,促进科技成果转化成为生产力。

参考文献:

- [1] Krug E C, Frink C R. Acid rain on acid soil: a new perspective [J]. *Science*, 1983, 221 (4610): 520-525.
- [2] 徐仁扣,李九玉,周世伟,等.我国农田土壤酸化调控的科学问题与技术措施[J].*中国科学院院刊*, 2018, 33 (2): 160-167.
- [3] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant Acidification in Major Chinese Croplands [J]. *Science*, 2010, 327 (5968): 1008-1010.
- [4] 袁金华,徐仁扣.生物质炭对酸性土壤改良作用的研究进展[J].*土壤*, 2012, 44 (4): 541-547.
- [5] 解开治,徐培智,严超,等.不同土壤改良剂对南方酸性土壤的改良效果研究[J].*中国农学通报*, 2009, 25 (20): 160-165.
- [6] Scott B J, Ridley A M, Conyers M K. Management of soil acidity in long-term pastures of south-eastern Australia: a review [J]. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 2000, 40 (8): 1173-1198.
- [7] Berek A K, Hue N V. Characterization of biochars and their use as an amendment to acid soils [J]. *Soil Science*, 2016, 181 (9-10): 412-426.
- [8] Sekar S, Paulraj P. Strategic mining of cyanobacterial patents from the USPTO patent database and analysis of their scope and implications [J]. *Journal of Applied Phycology*, 2007, 19 (3): 277-292.
- [9] Liu C Y, Yand J C Y. Decoding patent information using patent maps [J]. *Data Science Journal*, 2008, 7: 14-22.
- [10] Xun W, Xiong W, Huang T, et al. Swine manure and quicklime have different impacts on chemical properties and composition of bacterial communities of an acidic soil [J]. *Applied Soil Ecology*, 2016, 100: 38-44.
- [11] Zhang S, JIANG Q, Liu X, et al. Plant growth promoting rhizobacteria alleviate aluminum toxicity and ginger bacterial wilt in acidic continuous cropping Soil [J]. *Frontiers in Microbiology*, 2020, 11: 2976.
- [12] Miao Y, Stewart B A, Zhang F. Long-term experiments for sustainable nutrient management in China.A review [J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2011, 31 (2): 397-414.
- [13] Long H, Jiang Y, Li C, et al. Effect of urea feeding on transforming and migrating soil fluorine in a tea garden of hilly region [J]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2021 (2-3): 5087-5098.
- [14] 胡飞龙.红壤小流域木薯花生间作系统的生态功能研究[D].南京:南京农业大学, 2011.
- [15] 于天一,孙秀山,石程仁,等.土壤酸化危害及防治技术研究进展[J].*生态学杂志*, 2014, 33 (11): 3137-3143.
- [16] 赵秉强,张福锁,廖宗文,等.我国新型肥料发展战略研究[J].*植物营养与肥料学报*, 2004, 10 (5): 536-545.
- [17] 张瑞福,颜春荣,张楠,等.微生物肥料研究及其在耕地质量提升中的应用前景[J].*中国农业科技导报*, 2013, 15 (5): 8-16.
- [18] 吴增芳.土壤结构改良剂[M].北京:科学出版社, 1976.
- [19] 索琳娜,马杰,刘宝存,等.土壤调理剂应用现状及施用风险研究[J].*农业环境科学学报*, 2021, 40 (6): 1141-1149.
- [20] 蔡东,肖文芳,李国怀.施用石灰改良酸性土壤的研究进展[J].*中国农学通报*, 2010, 26 (9): 206-213.
- [21] EL-Azeem S A M A, Ahmad M, Usman A R A, et al. Changes of biochemical properties and heavy metal bioavailability in soil treated with natural liming materials [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2013, 70 (7): 3411-3420.
- [22] 胡敏,向永生,鲁剑巍.石灰用量对酸性土壤 pH 值及有效养分含量的影响[J].*中国土壤与肥料*, 2017 (4): 72-77.
- [23] Sun B, Poss R, Moreau R, et al. Effect of slaked lime and gypsum on acidity alleviation and nutrient leaching in an acid soil from Southern China [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2000, 57 (3): 215-223.
- [24] Hao X, Cho C M, Raczy G J, et al. Chemical retardation of phosphate diffusion in an acid soil as affected by liming [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2002, 64 (3): 213-224.
- [25] Illera V, Garrido F, Vizcayno C, et al. Field application of industrial by-products as Al toxicity amendments: chemical and mineralogical implications [J]. *European Journal of Soil Science*, 2004, 55 (4): 681-692.
- [26] 李淑仪,蓝佩玲,徐胜光,等.燃煤烟气脱硫副产物在酸性土壤上施用的效果——以豆科作物为例[J].*生态环境*, 2003, 12 (3): 263-268.
- [27] 陈义群,董元华.土壤改良剂的研究与应用进展[J].*生态环境*, 2008, 17 (3): 1282-1289.
- [28] Li J Y, Wang N, Xu R K, et al. Potential of industrial byproducts in ameliorating acidity and aluminum toxicity of soils under tea plantation [J]. *Pedosphere*, 2010, 20 (5): 645-654.
- [29] 徐仁扣.酸化红壤的修复原理与技术[M].北京:科学出版社, 2013: 118-119.
- [30] Wang X, Deng X, Pu T, et al. Contribution of interspecific interactions and phosphorus application to increasing soil phosphorus availability in relay intercropping systems [J]. *Field*

- Crops Research, 2017, 204: 12–22.
- [31] Criquet S, Braud A. Effects of organic and mineral amendments on available P and phosphatase activities in a degraded Mediterranean soil under short-term incubation experiment [J]. Soil & Tillage Research, 2008, 98 (2): 164–174.
- [32] Ucgun K, Altindal M. Effects of increasing doses of nitrogen, phosphorus, and potassium on the uptake of other nutrients in sweet cherry trees [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2021, 52 (11): 1248–1255.
- [33] Diacono M, Montemurro F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review [J]. Agronomy for Sustainable Development, 2010, 30 (2): 401–422.
- [34] Yuan J H, Xu R K, Qian W, et al. Comparison of the ameliorating effects on an acidic ultisol between four crop straws and their biochars [J]. Journal of Soils and Sediments, 2011, 11 (5): 741–750.
- [35] 朱文彬, 王慎强, 赵旭, 等. 秸秆炭化物长期还田下农田镉风险研究 [J]. 农业环境科学学报, 2019, 38 (1): 117–123.
- [36] Kavitha B, Reddy P V L, Kim B, et al. Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review [J]. Journal of Environmental Management, 2018, 227: 146–154.
- [37] Dai Z, Zhang X, Tang C, et al. Potential role of biochars in decreasing soil acidification—A critical review [J]. Science of the Total Environment, 2017, 581–582: 601–611.
- [38] 鲁艳红, 廖育林, 聂军, 等. 我国南方红壤酸化问题及改良修复技术研究进展 [J]. 湖南农业科学, 2015 (3): 148–151.

Patent analysis of acid soil improvement technology

CHEN Xiang, LIANG Lin-zhou*, DONG Xiao-ying, LI Jiu-yu, WANG Chao, SHEN Ren-fang (Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing Jiangsu 210008)

Abstract: Excessive soil acidification is one of the main factors leading to global soil degradation. Soil acidification will reduce soil fertility, harm the growth and development of crops, and increase soil pollution of heavy metals. China's farmland soil acidification is a serious problem, and improving acidic soils to achieve sustainable farmland development has attracted much attention. Based on the incoPat patent database, conducted metrological statistics on the invention patents in the field of acid soil improvement technology applied before 2020, and discussed the current status of technology research and development, development trends and industrialization in this field. The results showed that the overall number of patent applications in this field in China showed a rapid growth trend, and domestic applications accounted for 85% of the total global applications. The improvement technology is based on comprehensive amendments, which pay more attention to the lack of soil nutrients while improving acidic soil; soil acidification simulation prediction methods and soil acidification improvement devices improve the efficiency of improvement, and more efficient, environmentally friendly, and multi-functional improvement technologies have been developed. The patent conversion rate of universities and scientific research institutions is low, and the R&D strength of enterprises is not high. The acid soil improvement technology has a broad market prospect, and the research and development of new technologies and new materials should be strengthened to promote the industrialization of patented technologies.

Key words: soil acidification; soil improvement; patent analysis; development trend