

土壤改良剂及其在各种土壤改良应用的研究进展

杨凯¹, 刘红梅^{2*}, 肖正午² (1. 湖南省常德市鼎城区十美堂镇农业和农村经营管理服务站, 湖南常德 415118; 2. 湖南农业大学农学院, 湖南长沙 410128; 3. 湖南农业大学图书馆, 湖南长沙 410128)

摘要 综述了国内外关于各种新型土壤改良剂在酸化土壤和盐碱地的应用、在贫瘠地和土壤板结上的应用以及在重金属污染的土地上的应用的研究, 并且简要分析了目前国内外相关研究的问题与不足, 为土壤改良剂及其应用研究方向提供借鉴。

关键词 土壤改良剂; 土壤 pH; 养分

中图分类号 S156 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)21-0039-03

Research Progress on Soil Conditioner and Its Application in Improvement of Some Soil Types

YANG Kai¹, LIU Hong-mei², XIAO Zheng-wu² (1. Agricultural and Rural Management Service Station of Shimeitang Town in Dingcheng District of Changde City, Changde, Hunan 415118; 2. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

Abstract Application of various kinds of new soil conditioner in acidified soil and alkali soils were reviewed at home and abroad, as well as in arid land, soil hardening, soil polluted by heavy metal. The current problems and deficiencies of the related studies at home and abroad were briefly analyzed, which provided references for the soil conditioner and its application in research direction.

Key words Soil conditioner; Soil pH; Nutrient

目前, 全球范围内约有耕地 7.3 亿 hm^2 , 但每年因退化而不能生产粮食的土地平均高达 500 多万 hm^2 。预计到 2050 年, 全世界的沙化土地将近 6 亿 hm^2 , 盐渍化的灌溉土地约有 200 万 hm^2 。由于大量的优良耕地在城镇化发展中被占用, 以及水土流失不断加剧和不合理的耕作、轮作, 我国土地资源的形势更紧迫, 北方已有近 3 300 万 hm^2 的土地沙漠化, 约 8 700 万 hm^2 草原退化, 而且每年的增幅仍达到 120 万 hm^2 左右。同时, 过度施用化肥、农药、杀虫剂导致土壤污染退化的现象也非常严重, 各地每年受污染耕地面积达 670 万 hm^2 。

土壤退化不仅降低土壤生产力, 还会降低作物品质, 甚至导致作物体内富集有毒元素。因此, 保持土壤质量、改善酸碱土壤、缓解与消除土壤毒性、减少土传病害传播日益成为全球关注的焦点之一。在此背景下, 研究、开发、应用土壤改良产品, 治理土壤退化和重金属污染, 保障作物安全生产是极其重要的科学任务。土壤改良产品种类繁多, 如松土剂、固沙剂、增肥剂、消毒剂、降酸碱剂、土壤改良剂、土壤调节剂、土壤调理剂、保水剂、土壤改良调节剂等统称为土壤改良剂^[1]。笔者在国内外大量相关研究的基础上, 综述了各种新型土壤改良剂在酸化土壤和盐碱地的应用、在贫瘠地和土壤板结上的应用以及在重金属污染的土地上的应用的研究, 并简要分析了目前国内外相关研究的问题与不足, 为土壤改良剂及其应用研究方向的进一步开展提供借鉴。

1 国内外土壤改良剂及其应用研究现状

为了保护农田, 保护和扩大耕地面积, 达到提高农作物产量的目的, 世界各国广泛开展各种新型土壤改良剂的研制

和开发^[2]。随着土壤改良剂的新产品也越来越多, 土壤改良剂在国内外农业和生态环境中的应用也越来越广泛。

1.1 在酸化土壤和盐碱地上的应用 快速的工业化和城市化造成了严重的环境问题, 威胁到各种农业生态系统的可持续发展 and 人类健康^[3], 在土壤日渐酸化的今天, KH_2PO_4 - NaOH 缓冲液能有效提高酸性土壤 pH, 降低土壤中活性态镉含量百分比^[4]; 施用“施地佳”土壤改良剂明显降低了土壤的 pH 和含盐量。根据出苗率、产量经济效益等综合分析得出, 施用量以 15~30 L/hm^2 最适宜^[5]。解开治等^[6]研究表明, XP2、脱硫灰改良剂和有机肥可有效缓解酸性土壤铝毒的危害, 对高粱生长有较好的促进作用, 且对比表明 XP1 处理和含有石灰的处理土壤 pH 较对照处理有较大幅度的提升, 达到 2 个单位左右; 石灰氮、生石灰、含腐殖酸水溶肥、田师傅、酸易客等土壤改良剂都能提高土壤 pH, 减少酸性土壤交换性酸总量, 降低酸性土壤活性铝对辣椒的毒害作用, 提高辣椒品质, 增加辣椒产量^[7]; 文星等^[8]研究发现土壤改良剂在短期内影响土壤 pH、交换性钙和镁、有效磷含量的变化, 但土培和盆栽 2 种方式造成的效果有差异。施堆肥(厩肥)、木炭和石灰可减轻土壤的酸性程度。杨宇等^[9]研究了生化黄腐酸土壤改良剂对盐碱土壤理化性质的影响, 发现生化黄腐酸土壤改良剂最佳施用量为 2% 左右, 对盐碱土壤改碱效果较明显, 盐碱土壤结构也得到明显改善, 尤其是盐分含量降低, 如果土壤盐渍化程度高, 适当加大施用量效果更好^[10]。施用改良剂能够改变土壤盐分组成, 降低土壤碱化度。与对照相比, 土壤 ESP 和交换性 Na^+ 分别下降 25.02%~64.86% 和 23.95%~57.83%^[11]。李国萍等^[12]研究表明施地佳盐碱改良剂消除盐碱具有十分明显的效果, 其机理是所富含的有机酸与土壤碱混合发生化学反应, 土壤改良后出苗率从 0 上升到 80%, 从不能生长作物改善到作物能够正常生长。土壤改良剂对盐碱地土壤盐碱化改良、肥力的提升具有重要影响作用。其中, 腐植酸与沸石的合理配比, 以及腐植酸、牛粪与

基金项目 湖南省自然科学基金“外源调控对水稻镉转运与积累的生理机理研究”(2016JJ3072); 湖南农业大学作物学科优秀人才基金(ZWKF201507); 湖南农业大学大学生创新项目(XCX17088)。

作者简介 杨凯(1972—), 男, 湖南常德人, 农艺师, 从事农业技术推广工作。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事作物学的教学科研工作。

收稿日期 2018-03-20; **修回日期** 2018-03-26

石膏三者的合理配比土壤全盐量下降效果明显^[13]。家禽粪肥可以改善土壤 pH 和供应一定的磷酸^[14]。目前,我国农业可持续发展中需要重点研究的课题就是改良酸化土壤和盐碱地土壤,直接影响我国耕地面积、农业经济效益的提升。土壤改良剂作为新时期重要的土壤改良方法,其科学与合理的选用对土壤 pH 的改善、有机物质的提升、土壤肥力的强化、成本的节约具有重要的促进作用。

1.2 在贫瘠地和土壤板结上的应用 土壤改良剂在土壤养分上也有重要作用。施加 PJG 土壤改良剂能提高小麦地上部各生长期干物质累积量,增加植株地上部各器官中氮、磷含量及其累积吸收量,但对钾影响不大^[15]。肖占文等^[16]研究发现有机碳土壤改良剂施用量与风沙土孔隙度、团聚体、持水量、有机质、速效养分、微生物数量、酶活性和玉米产量呈正相关关系;秸秆配方、废料配方和胶土配方 3 种改良剂与 0.5 g/盆氮肥配施可以显著提高株高、茎粗、叶面积、地上地下生物量、叶绿素含量及植株全 N 含量,且以秸秆配方配施效果最佳^[17];刘慧军等^[18]认为不同土壤改良剂对土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量均有提高的效果。生物炭可提高土壤养分和土壤微生物的活性^[19],还能提高玉米对 N 和 K 的吸收能力^[20]。土壤改良剂甚至能改善土壤的物理性状,生物炭可以改善土壤质量^[21],从根源解决问题。王锋等^[22]研究出用新型土壤改良剂能使 0~20 cm 土层土壤容重降低 0.12 g/cm³,土壤孔隙度增加 4.1%,土壤含水量提高 3.1%,土壤 pH 提高 0.53;聚丙烯酰胺(PAM)促进了土壤中砂粒、黏粒的增加,粉粒和土壤容重的减少^[23];Arkadolith 土壤改良剂不仅能降低风沙土土壤容重最多达 11.84%,提高土壤孔隙度,加快渗透速度,增加土壤含水量;而且能增加土壤团聚度,丰富土壤中有机质和全氮的含量,增加速效养分;同时,还能有效降低土壤 pH 和电导率(盐碱化程度)^[24]。腐殖酸钾、熟石灰、“地保一号”调理剂均能一定程度地改善土壤理化性状和提高大豆产量,其中以腐殖酸钾和熟石灰配施效果最佳^[25];硫磺、石膏、有机肥、PAM 等不同改良剂均有效降低了土壤容重,土壤空隙度随之增加,土壤物理结构的改善与水分利用相互配合,共同促进了盐碱土的改良^[26]。石灰和石膏可增加土壤孔隙度,减少土壤容重和贯入阻力^[27];有机废物可恢复退化的半干旱地区土壤,增加土壤聚合和碳固定^[28]。

1.3 在重金属污染的土地上的应用 镉(Cd)土壤和农作物的污染是一个无处不在的环境问题,导致无法控制的工业化、城市化不可持续和密集的农业实践。有毒元素 Cd 威胁土壤质量、食品安全、人类健康^[29]。在目前日渐受关注的重金属污染上,土壤改良剂也能发挥重要的作用。王凯荣等^[30]研究了重金属污染土壤施用不同土壤改良剂对降低水稻糙米铅镉含量的作用,发现碱性煤渣的改良效果最突出,基施碱性煤渣 5.0 g/kg 条件下,早稻糙米 Pb、Cd 含量分别降低了 78.6%和 75.4%,晚稻糙米 Pb、Cd 含量分别降低了 45.7%和 87.9%;糙米 Pb、Cd 含量从施用前的严重超过国家食品卫生标准允许的含

量以下^[30]。龚海军等^[31]发现,施用土壤改良剂能显著提高潮泥田和红黄泥的土壤 pH,同时降低土壤有效态 Cd、Pb 及水稻糙米 Cd、Pb 含量。非晶氧化锰(AMO)能有效减少土壤中镉、铅和锌的含量,提高土壤中微生物活性^[32]。添加天然矿物质沸石等能显著降低土壤中铬的含量^[33]。

2 国内外研究述评

土壤改良的作用主要侧重于以下几点:①土壤酸碱度的改善从而达到作物适宜生长环境;②土壤物理性状的改善使得土壤增强保水、保土的能力,土壤中的营养元素增强有效性,从而实现土壤肥力的提高;③土壤中有益微生物和酶活性提高,病原微生物得到抑制,达到植物抗性增强的效果;④在重金属污染土壤中降低 Cd、Pb 等重金属的迁移能力,使作物对重金属吸收被抑制。

多年来,国内外对利用土壤改良剂改良土壤进行了较多的研究,这些研究为认识土壤改良剂研制、开发和改良土壤的应用提供了有益的帮助,土壤改良剂的相关研究越来越受到关注,但已有的研究仍存在一些不足:①早期的研究中土壤改良多使用天然土壤改良剂,但天然改良剂因持续期短、储量受限等因素的局限,实际应用中改良效果不十分理想;②近几年来,越来越多的学者开展了天然—合成共聚物改良剂的研制,即通过化学方法将单体连接到天然高分子化合物,大幅度提升了改良效果,但人工合成的高分子化合物成本高,也有潜在的环境污染风险,目前还难以广泛应用;③单一的土壤改良剂只能解决某个单一的问题,改良效果不全面,改良的同时或又产生不同程度的负面影响,但是 2 种或多种土壤改良剂的配合使用的研究目前还不够完善;④由于实际生产中大量使用化肥,导致我国土壤不同地区受到不同程度的破坏,应根据不同地区环境研究不同土壤改良剂进行改良,目前我国这方面研究还不够深入;⑤盐碱地区和工业重区土壤的酸碱度严重失衡,对这些地区应进行长期、系统的管理,从根本上解决问题。

3 土壤改良剂研究展望

从目前的情况来看,笔者认为土壤改良剂的研究有以下几个发展的方向:

(1) 土壤改良剂的研究过去主要集中在土壤板结或缺水,但是土壤酸碱化的改良研究以及土壤生物退化的改良研究比较少,因此这方面的研究亟待加强。

(2) 过去的研究较多关注天然土壤改良剂的筛选,或者改良土壤的物理、化学和生物性质的效果,因此目前可以从土壤的物理特性、化学特性、生物学特性等方面的加强关注土壤改良剂的土壤改良机理方面的问题。

(3) 目前,土壤改良剂研究的热点之一是以工农业废弃物为原料,研制多功能的新型土壤改良剂,改良低产土壤。因此,废弃物中各种有毒、有害物质(如重金属、病原微生物)的有效控制非常值得关注。

(4) 近年来,不同改良剂配合施用引起较多的关注,比如生物改良剂与工农业废弃物配合施用,无机、有机固体废弃物的配合施用等。因此,不同改良剂组配、配合施用方法、改

良的效果以及改良机理成为亟待加强的研究。

总的来说,土壤改良剂通过改善土壤结构和土壤黏性来减少水土流失、土壤结皮、养分流失、土壤侵蚀。土壤改良剂的研究和使用对于土壤的修复、重金属污染土壤的改善、作物品质和产量的提高,生态环境的改善越来越具有十分重要的理论和实践意义。

参考文献

- [1] 周岩,武继承. 土壤改良剂的研究现状、问题与展望[J]. 河南农业科学,2010,39(8):152-155.
- [2] 张黎明,邓万刚. 土壤改良剂的研究与应用现状[J]. 华南热带农业大学学报,2005,11(2):32-34.
- [3] YOUSAF B,LIU G J,ABBAS Q,et al. Investigating the uptake and acquisition of potentially toxic elements in plants and health risks associated with the addition of fresh biowaste amendments to industrially contaminated soil[J]. Land degradation development,2017,28(8):2596-2607.
- [4] 何春杨,李彬,李青苗,等. 一种新型土壤改良剂对土壤活性态镉及川芎钨含量的影响[J]. 中药材,2016,39(2):250-253.
- [5] 塔依尔,王东方,张风华,等. “施地佳”土壤改良剂对盐渍化土壤的改良效果[J]. 新疆农垦科技,2011(1):63-66.
- [6] 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.
- [7] 李丹,王道泽,赵玲玲,等. 不同土壤改良剂对设施蔬菜土壤酸化的改良效果研究[J]. 中国农学通报,2017,33(27):112-116.
- [8] 文星,李明德,吴海勇,等. 土壤改良剂对酸性水稻土 pH 值、交换性钙镁及有效磷的影响[J]. 农业现代化研究,2014,35(5):618-623.
- [9] 杨宇,金强,卢国政,等. 生化黄腐酸土壤改良剂对菜田盐碱土壤理化性质的影响[J]. 北方园艺,2010(5):45-46.
- [10] MOUNISSAMY V C,KUNDU S,SELLADURAI R,et al. Effect of soil amendments on microbial resilience capacity of acid soil under Copper stress[J]. Bulletin of environmental contamination and toxicology,2017,99(5):625-632.
- [11] 邵玉翠,任顺荣,廉晓娟,等. 有机-无机土壤改良剂对滨海盐渍土降盐防碱的效果[J]. 生态环境学报,2009,18(4):1527-1532.
- [12] 李国萍,范彩霞,李强. 施地佳盐碱土壤改良剂在油葵地的试验效果[J]. 农村科技,2008(9):21.
- [13] 张修宁. 盐碱地土壤改良剂筛选的分析[J]. 农业与技术,2017,37(14):27.
- [14] KAMEYAMA K,IWATA Y,MIYAMOTO T. Biochar amendment of soils according to their physicochemical properties[J]. Japan agricultural research quarterly,2017,51(2):117-127.
- [15] 杜红霞,吴普特,冯浩,等. 新型土壤改良剂对冬小麦生长及养分吸收的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(3):97-101.
- [16] 肖占文,闫治斌,王学,等. 有机碳土壤改良剂对风沙土改土效应的影响[J]. 水土保持通报,2017,37(3):35-42.
- [17] 许晓平,冯浩,赵西宁,等. 土壤改良剂与氮肥配施对玉米生长及其养分含量的影响[J]. 西北农业学报,2008,17(3):139-142.
- [18] 刘慧军,刘景辉,于健,等. 土壤改良剂对燕麦土壤理化性状及微生物量碳的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(5):68-72,77.
- [19] SINGH P,MITRA S,MAJUMDAR D,et al. Nutrient and enzyme mobilization in earthworm casts: A comparative study with addition of selective amendments in undisturbed and agricultural soils of a mountain ecosystem[J]. International biodeterioration & biodegradation,2017,119:437-447.
- [20] SYUHADA A B,SHAMSHUDDIN J,FAUZIAH C I,et al. Biochar as soil amendment: Impact on chemical properties and corn nutrient uptake in a Podzol[J]. Canadian journal of soil science,2016,96(4):400-412.
- [21] MARCHAND L,BRUNEL-MUGUET S,LAMY I,et al. Modulation of trace element bioavailability for two earthworm species after biochar amendment into a contaminated technosol[J]. Ecotoxicology,2017,26:1378-1391.
- [22] 王锋,郭琪玖,邱家路,等. 新型土壤改良剂对马铃薯增产效应的研究[J]. 湖北农业科学,2015,54(18):4404-4407.
- [23] 周继,陈晓燕,谢德体,等. 土壤改良剂聚丙烯酰胺对紫色土物理性质及其空间变异的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(6):171-177.
- [24] 蒋坤云,郭建斌,张宾宾,等. 环保型土壤改良剂的引进及对沙化土壤改良效果的研究[J]. 湖南农业科学,2011(11):76-78,81.
- [25] 吴海勇,李明德,刘琼峰,等. 不同土壤改良剂在红壤旱地上的应用效果[J]. 湖南农业科学,2010(11):45-47,50.
- [26] 安东,李新平,张永宏,等. 不同土壤改良剂对碱积盐成土改良效果研究[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(5):115-118.
- [27] CARMEIS FILHO A C A,CRUSCIOL C A C,GUIMARAES T M,et al. Impact of amendments on the physical properties of soil under tropical long-term no till conditions[J]. PLoS One,2016,11(12):1-21.
- [28] HERNANDEZ T,HERNANDEZ M C,GARCIA C. The effects on soil aggregation and carbon fixation of different organic amendments for restoring degraded soil in semiarid areas[J]. Soil science,2017,68(6):941-950.
- [29] KHAN M A,KHAN S,KHAN A,et al. Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments[J]. Science of the total environment,2017,601/602:1591-1605.
- [30] 王凯荣,张玉焯,胡荣桂. 不同土壤改良剂对降低重金属污染土壤上水稻糙米铅镉含量的作用[J]. 农业环境科学学报,2007,26(2):476-481.
- [31] 龚海军,刘昭兵,纪辉辉,等. 新型土壤改良剂对水稻吸收累积 Cd、Pb 的影响初探[J]. 湖南农业科学,2010(5):50-53.
- [32] MICHÁLKOVÁ Z,MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ D,KOMÁREK M. Interactions of two novel stabilizing amendments with sunflower plants grown in a contaminated soil[J]. Chemosphere,2017,186:374-380.
- [33] MOLLA A,IOANNOU S,MOLLAS S,et al. Removal of chromium from soils cultivated with maize (*Zea mays*) after the addition of natural minerals as soil amendments[J]. Bulletin of environmental contamination and toxicology,2017,98(3):347-352.

(上接第 28 页)

- [15] 张均波. 淡水鱼机械除鳞技术研究[D]. 武汉:华中农业大学,2004.
- [16] 谢星海,张景生. 改进的除鱼鳞机:CN200420049138. 2[P]. 2005-05-04.
- [17] 胡勤斌,张怀斌,李家新,等. 淡水鱼去鳞机:CN200920087780. 2[P]. 2010-06-09.
- [18] 刘良忠,陶震,彭三河,等. 一种去鱼鳞装置:CN201010160601. 0[P]. 2011-11-09.
- [19] 程世俊,万鹏,宗力,等. 连续式弹簧刷去鳞机的研制与试验[J]. 渔业现代化,2012,39(3):46-50.
- [20] 徐中伟. 鱼类前处理设备的发展方向和前景[J]. 现代渔业信息,2007,22(12):32-34.
- [21] 王平权. 鲜鱼去头去脏机的设计[J]. 粮油加工与食品机械,1990(5):27-29.
- [22] 陈庆余,沈建,傅润泽,等. 典型海产小杂鱼机械去头方法研究[J]. 渔业现代化,2012,39(5):38-42.
- [23] 刘静,张帆,万鹏,等. 白鲢气动式机械去头方法研究[J]. 食品与机械,2017,33(1):87-92.
- [24] 阿夫诺霍姆·皮雷兹. 用于剥鱼鳞并去除其内脏器官的方法及其实施装置:CN1413085[P]. 2003-04-23.
- [25] 陈庆余,沈建,郑晓伟,等. 一种小型鱼类去脏加工的除脏轮装置及其去脏方法:CN103190469A[P]. 2013-07-10.
- [26] 李儒君. 特定鱼类去鱼鳞及内脏加工机应用研究[D]. 天津:河北工业大学,2015.
- [27] 黄红. 鱼类去脏机:CN205912782U[P]. 2017-02-01.
- [28] 彭三河,刘良忠. 鱼加工预处理机的研制[J]. 包装与机械,2010,26(4):84-86.
- [29] 岑剑伟,李来好,杨贤庆,等. 我国水产品加工行业发展现状分析[J]. 现代渔业信息,2008,23(7):6-9.
- [30] 李少华. 我国水产品加工行业发展现状分析[J]. 企业技术开发,2008,28(2):35-36.
- [31] 李儒君. 特定鱼类去鱼鳞及内脏加工机应用研究[D]. 天津:河北工业大学,2015.
- [32] 张帆. 淡水鱼去头方法及装置设计试验研究[D]. 武汉:华中农业大学,2015.
- [33] 刘伟. 淡水鱼头尾、腹背定向机理研究及设备研制[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [34] 贾敬德. 21 世纪我国淡水渔业展望[J]. 淡水渔业,2000,30(1):3-6.
- [35] 雷树德. 小型剖鱼机的研制[D]. 武汉:华中农业大学,2009.