

Application of Soil Amendments in Soil Remediation

Binmeng Wei^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, Ministry of Land and Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: 442516031@qq.com

Received: Aug. 16th, 2019; accepted: Aug. 29th, 2019; published: Sep. 5th, 2019

Abstract

In this paper, the types and mechanism of soil amendments and their effects on soil physical, chemical and biological properties, crop growth, yield and quality were reviewed. The problems in their application and future application prospects were also discussed, with a view to providing reference for soil treatment and improvement.

Keywords

Soil Ameliorants, Soil Properties, Improvement Effects

土壤改良剂在土壤修复过程中的应用研究

魏彬萌^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³国土资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 442516031@qq.com

收稿日期: 2019年8月16日; 录用日期: 2019年8月29日; 发布日期: 2019年9月5日

摘要

本文综述了土壤改良剂的种类、作用机理及其对土壤物理、化学、生物学特性和作物生长、产量与品质方面的影响，并对其在应用过程中存在的问题与今后的使用前景进行了展望，以期土壤治理与改良提供参考。

关键词

土壤改良剂, 土壤性质, 改良效果

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全世界耕地面积达到 7.3 亿 hm^2 ，但每年有近 500 万 hm^2 的土地因沙化、盐渍化等退化问题而不能用于粮食生产[1]。近年来，我国耕地资源面临的问题也越来越严峻，城镇化发展、水土流失、人为污染等诸多问题导致耕地面积不断下降、质量退化严重，对粮食安全产生了巨大挑战。为满足人口增长对粮食生产的需求，人们大量不合理地利用耕地并无节制地使用化肥和农药，最终导致土壤理化性质恶化，养分平衡失调，地力下降，抵御自然灾害能力变差，使耕地利用陷入恶性循环，严重影响农作物产量和品质[2]。因此，针对退化土壤，研究如何提高土壤质量、缓解土壤酸化与盐渍化、防治土壤重金属污染、减少土传病害传播、提高化肥利用效率以及增加作物产量是目前亟待解决的重要问题[3]。

土壤改良剂是指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，从而提高退化土壤生产力的物料。其可以促进土壤团聚体的形成，改善土壤结构，保护耕层土壤，提高土壤肥力，增加土壤的保水保肥性能，提高粮食产量，对解决土壤质量退化问题具有重要意义[2]。近年来，随着许多新型绿色环保型土壤改良剂的出现，加之其使用方法的不断改进和成本的逐渐降低，使土壤改良剂普遍使用成为可能，进而逐步被应用于贫瘠地改良、水土保持和农业生产等领域[2]。

2. 土壤改良剂的种类

能用于制备土壤改良剂的原料很多，主要有天然矿物、农业废弃物、有机肥料、城市和生活废弃物、生物质和人工聚合物等[4] [5] [6] [7]。根据制作改良剂的原料不同，土壤改良剂可分为天然改良剂、人工改良剂、天然-合成共聚物改良剂和生物改良剂[1]。

早在 20 世纪初，瓜儿豆提取液、淀粉共聚物等天然高分子有机物料被西方国家用于改良土壤，成为被应用最早的天然改良剂[2]。天然土壤改良剂具有原料充足、制备简单、施用方便等优点，但由于其易被土壤微生物分解，施用量大且周期短，施用后释放的大量阳离子对土壤有毒害作用，因此很难在农业生产中推广应用[2] [8]。

随着人工合成化工技术的发展，合成类高分子土壤改良剂，包括水解沥青乳剂、聚丙烯腈及多种共聚物等作为人工土壤改良剂被广泛应用于退化土壤改良[9] [10]。人工改良剂的优点为土壤微生物分解困难，作用持久，且对土壤动物和微生物无害，改良后的土壤更有利于作物生长[1]。另外，在人工改良剂

中, 还可根据土壤特性, 应用植物秸秆、蛭石、石膏等, 再加入一些植物生长所需的营养元素, 制造出具有特定功效的改良剂, 如营养型土壤改良剂、碱性土壤改良剂、和酸性土壤改良剂等, 以达到改良土壤和促进作物生长的双重作用[11] [12]。

天然 - 合成共聚物改良剂主要包括腐殖酸 - 聚丙烯酸、纤维素 - 丙烯酰胺、淀粉 - 丙烯酰胺/丙烯丙烯腈、沸石/凹凸棒石 - 丙烯酰胺、磺化木质素 - 醋酸乙烯等[1]。生物改良剂包括一些商业的生物控制剂、微生物接种菌、菌根、好氧堆制茶、蚯蚓等, 其中研究应用较多的是丛枝菌根(AM) [1] [8]。

3. 土壤改良剂的作用机理

土壤是陆生植物生长的载体, 植物生长所需的大部分营养元素主要是从土壤中获得, 植物生长的好坏直接由土壤的特性决定[13]。土壤特性主要包括土壤结构、土壤微生物数量及酶活性、土壤通气状况、土壤溶液浓度等。改良剂的种类不同, 对土壤的作用机制也不同, 但都是通过有效改善土壤物理结构, 改善土壤透水通气性能, 改变土壤化学生物特性[14], 提高土壤酶活性等[15], 最终达到提高土壤肥力的目的[13]。

4. 土壤改良剂对土壤性质的影响

4.1. 土壤改良剂对土壤物理特性的影响

土壤结构是土壤肥力的重要基础, 施用土壤改良剂不仅能改善土壤结构, 提高土壤团聚体质量, 而且能够改善土壤透水通气性能, 最终达到提高土壤农学价值的目的[10] [11] [16]。大量研究表明, 施加土壤改良剂可以疏松土壤, 使土壤孔隙增多, 容重下降。刘慧军等[17]研究表明腐殖酸钾、聚丙烯酸钾、聚丙烯酰胺、腐殖酸钾 + 聚丙烯酸钾和聚腐殖酸钾 + 丙烯酰胺复配均能显著提高 0~40 cm 土层 > 0.25 mm 团聚体含量, 其中 > 2 mm 和 1~2 mm 土壤团粒结构增幅较大。吴淑芳等[11]发现, 使用聚丙烯酸、聚乙烯醇和脲醛树脂 3 种改良剂后, 土壤容重均有下降。刘玉环等[18]研究发现功能型土壤改良剂与传统化肥相比, 可使灰棕荒漠土容重显著降低, 总持水量和总孔隙度显著增加。巫东堂和王久志[19]的研究发现, 施用沥青乳剂不但能增加土壤含水量, 而且能抑制土壤水分蒸发。此外, 施用改良剂可以通过改善土壤结构, 增加土壤水分入渗率, 有效缓解水土流失; 另外, 其可以作为人工坡面集雨材料, 通过坡面化学处理, 在坡地上形成人工集流面, 使更多的降雨产生径流, 进行雨水汇集利用, 缓解作物及苗木干旱缺水[2] [12] [16] [17] [20] [21]。

4.2. 土壤改良剂对土壤化学特性的影响

土壤的养分含量、pH 值、电导率、阳离子交换量等土壤化学指标是人们评价改良剂的重要指标[2]。土壤改良剂对土壤化学特性的影响是人们研究的又一重点。施用土壤改良剂不仅可以显著改变土壤化学性状, 增加土壤有机质、全氮、水解氮、速效磷、速效钾, 并调节土壤酸碱度, 增强土壤缓冲能力, 而且能够通过形成水稳性团粒结构和对肥料元素的吸附作用, 减少肥料进入土壤液相, 改善土壤保肥能力, 提高养分利用率[1] [22]。解开治等[23]的研究结果表明在南方酸性土壤中, 施用石灰和某自研改良剂 XPI 可以较大幅度提高土壤 pH, 同时有效缓解酸性土壤铝毒的危害, 红壤、赤红壤石灰处理分别比对照降低了 18.0%、18.7%, XPI 使之降低了 16.4%、16.0%。刘慧军等[14]研究发现聚丙烯酸钾、聚丙烯酰胺、腐殖酸钾、聚丙烯酸钾 + 腐殖酸钾和聚丙烯酰胺 + 腐殖酸钾复配 5 种土壤改良剂较对照分别增加了土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾含量 8.2%~30.2%, 7.6%~19.3%, 5.2%~29.5% 和 27.9%~68.9%。郭和蓉等[24]研究结果表明, 营养型土壤改良剂能活化酸性土壤中的磷和钾, 促进氮和钾的缓效化, 有利于养分的保蓄, 防止土壤养分的淋失, 提高了养分利用率。周恩湘、姜淳等[25]在滨海盐化潮土上研究表明: 施用沸石后可明显提高土壤的盐基交换能力, 减少土壤中可溶性盐分, 增大土壤阳离子交换量。郑普山等[26]在苏打盐碱地中发现, 与不施改良剂相比, 施用脱硫石膏后土壤 pH 下降 0.09~0.83, EC 增加

0.13~1.26 mS/cm, 碱化度降低 1.6%~19.8%。

4.3. 土壤改良剂对土壤生物特性的影响

土壤微生物数量直接影响土壤的生物、化学活性及土壤养分的组成与转化, 土壤酶是土壤中的生物催化剂, 其都是土壤肥力的重要指标[2] [27]。邢世和等[28]通过田间试验表明, 与对照相比, 施用石灰、粉煤灰、废菌棒和化肥构成的改良剂均能提高土壤微生物数量和酶活性。肖占文等[29]研究发现, 施用有机碳土壤改良剂可使土壤中真菌、细菌、放线菌、脲酶、蔗糖酶等含量显著增加。目前土壤改良剂对土壤生物特性影响方面的研究相对较少, 但随着土壤改良剂的不断研究与应用, 这一方面将日益受到重视。

5. 土壤改良剂对作物生长、产量及品质的影响

土壤改良剂的施用改善了土壤理化性质, 增强了微生物活动, 提高了土壤酶活性, 增加了土壤保肥增肥性, 为作物的生长及增产提供了良好的条件[2]。李冬等[30]研究表明施用生物炭改良剂可以增加小白菜的根际效应, 增强其对土壤氮、磷等养分的有效性利用, 进而促进小白菜生长, 增加株高和产量。黄菊莹等[31]在碱化土壤中等发现, 脱硫废弃物和改良剂配合施用可显著提高土壤有机质和养分含量, 一定程度上降低了土壤碱化度、pH 和全盐含量, 使水稻成活率、产量等显著增加。郑普山等[27]的研究结果表明, 与不施用改良剂的对照相比, 施用改良剂处理玉米出苗率提高了 6.8%~72.7%, 鲜草产量增加 1223.2~28144.8 kg/hm²。

目前, 人们关注的不仅仅是作物产量的增加, 更是品质的提高。陈琼贤[32]连续 3 年定点试验表明, 龙眼果园施用土壤改良剂不仅有极显著的增产效果, 还能改善果实质量, 增加单果重和果肉率, 提高果肉维生素 A、可溶性糖和固形物含量。吕波等[33]研究表明, 在黄棕壤和红壤中施用生物炭和生石灰均能促进白菜生长, 增强其抗性, 提高白菜产量、叶片氮磷钾养分含量及积累量、可溶性蛋白含量, 显著降低丙二醛含量。施用土壤改良剂都是通过改善土壤理化性状, 进而对作物产量和品质有一定的提高。

6. 土壤改良剂应用存在的问题与展望

土壤是人类赖以生存的物质基础, 是不可缺少、不可再生的自然资源, 一旦破坏将直接危及到人类健康和生存[13]。然而, 目前土壤退化问题日趋严重, 土壤的修复、维护、改良迫在眉睫。土壤改良除传统的增肥改土、耕作改土、水利改土措施外, 施用土壤改良剂成为未来土壤改良的新趋势[13]。随着土壤改良剂的深入研发及其在农业生产中的推广与应用, 表明施用土壤改良剂可有效提高土壤质量, 改善土壤的物理、化学、生物性质, 对作物生长、产量以及品质的提高都具有显著意义。

然而, 根据现代农业发展的客观需求和土壤改良剂研发的现状, 其中也存在着一系列亟待解决的问题。例如, 天然改良剂储量不足, 改良效果有限, 且持续时间短; 人工合成的高分子化合物成本高, 难以在农业生产中大规模推广应用, 存在环境污染的风险; 单一土壤改良剂改良效果不全面或有不同程度的负面影响; 农田改良剂的农田技术应用参数普遍缺乏[2] [8]。因此, 研发高效持久低用量的环保绿色型土壤改良剂将是今后研究的重点。未来新型土壤改良剂应包括[8]: 广适性, 使改良剂在相同土壤质地或相同酸碱度的退化土壤修复过程中切实可行; 专一性, 针对不同土壤质地、不同农作物等开发专用土壤改良剂, 进一步提升土壤改良剂的针对性和创新性, 实现土壤改良与作物品质改善的双重效果; 多功能性, 研发具有保水、保肥、促根壮苗、改善土壤结构等集多功能于一体的改良剂, 提高产品的可用性和便捷性; 环保性, 利用生物质废弃物、农业废弃物、生活垃圾及工业副产品提取土壤改良剂制作原料, 解决了环保和土壤改良可能存在矛盾的问题。

总之, 若能在土壤改良剂产品成本和性能等方面加以改进和提升, 土壤改良剂将具有更加广阔的应用前景。届时, 它不仅将在防治土壤退化、改良土壤理化性质、增强土壤肥力、促进植物生长、提高作物产量和品质等方面的作用越来越大, 同时在保护林业种植、草场生产、城市绿化、高速公路绿化、花

卉生产等方面也将发挥重要作用[1] [8]。

参考文献

- [1] 杨丽丽, 董肖杰, 郑伟. 土壤改良剂的研究利用现状[J]. 河北林业科技, 2012(2): 27-30+37.
- [2] 许晓平, 汪有科, 冯浩, 等. 土壤改良剂改土培肥增产效应研究综述[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 331-334.
- [3] 员学锋. 聚丙烯酰胺减少土壤养分的淋溶损失研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(5): 929-934.
- [4] 王德汉, 彭俊杰, 戴苗. 造纸污泥堆肥作为土壤改良剂的肥效研究[J]. 中国造纸学报, 2003, 18(1): 141-144.
- [5] Mamata, M., Rajani, K., Sahu, S.K., *et al.* (2009) Growth, Yield and Elements Content of Wheat (*Triticum aestivum*) Grown in Composted Municipal Solid Wastes Amended Soil. *Environment, Development and Sustainability*, **11**, 115-126. <https://doi.org/10.1007/s10668-007-9100-9>
- [6] Fernandez, J.M., Cesar, P., Juan, C., *et al.* (2009) Biochemical Properties and Barley Yield in a Semiarid Mediterranean Soil Amended with Two Kinds of Sewage Sludge. *Applied Soil Ecology*, **42**, 18-24. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.01.006>
- [7] Contreras-Ramos, S.M., Alvarez-Bernal, D. and Dendooven, L. (2009) Characteristics of Earthworms (*Eisenia fetida*) in PAHs Contaminated Soil Amended with Sewage Sludge or Vermicompost. *Applied Soil Ecology*, **41**, 269-276. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.11.008>
- [8] 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.
- [9] 朱咏莉, 刘军, 王益权. 国内外土壤结构改良剂的研究利用综述[J]. 水土保持学报, 2001, 15(6): 14-142.
- [10] 龙明杰, 曾繁森. 高聚合物土壤改良剂研究进展[J]. 土壤通报, 2000, 31(5): 199-202, 223.
- [11] 吴淑芳, 吴普特. 化学物质对提高雨水利用率的应用研究进展[J]. 水土保持研究, 2002, 9(2): 146-149.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 陈之群, 孙治强, 张慧梅. 土壤调理剂对辣椒田土壤理化性质的影响[J]. 河南农业科学, 2005, 34(7): 84-85.
- [15] Vepsäläinen, M., Erkomaa, K., Kukkonen, S., *et al.* (2004) The Impact of Crop Plant Cultivation and Peat Amendment on Soil Microbial Activity and Structure. *Plant & Soil*, **264**, 273-286. <https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000047763.46795.cb>
- [16] 孟维忠, 杜尧东, 夏海江. 聚丙烯酰胺防治坡地土壤侵蚀的室内模拟试验[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 14-17, 83.
- [17] 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.
- [18] 刘玉环, 闫治斌, 王学, 等. 功能型土壤改良剂对灰棕荒漠土的改良效果[J]. 土壤通报, 2018, 49(1): 150-158.
- [19] 巫东堂, 王久志. 土壤结构改良剂及其应用[J]. 土壤通报, 1990, 21(3): 140-143.
- [20] 冯浩. 高分子聚合物对土壤物理及坡面产流产沙特征的影响[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(1): 15-19.
- [21] 龙明杰. 腐植酸接枝共聚物对赤红壤改良的研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 115-118.
- [22] Sheppard, S.K., McCarthy, A.J., Loughnane, J.P., *et al.* (2005) The Impact of Sludge Amendment on Methanogen Community Structure in an Upland Soil. *Applied Soil Ecology*, **28**, 147-162. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2004.07.004>
- [23] 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.
- [24] 郭和蓉, 陈琼贤, 郑少玲, 等. 营养型土壤改良剂对酸性土壤中磷的活化及玉米吸磷的影响[J]. 华南农业大学学报(自然科学版), 2004, 25(1): 29-32.
- [25] 周恩湘, 姜淳, 霍习良, 等. 沸石改良滨海盐化潮土的研究[J]. 河北农业大学学报, 1991, 14(1): 14-18.
- [26] 郑普山, 冯悦晨, 郝保平, 等. 不同时期施用土壤改良剂对河灌区苏打盐碱地土壤及青贮玉米生长的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(30): 55-59.
- [27] 孙启祥, 张建锋. 不同土地利用方式土壤化学性质与酶学指标分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 98-101, 159.
- [28] 邢世和, 等. 不同土壤改良剂对土壤生化性质与烤烟产量的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(1): 72-75.
- [29] 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.

- [30] 李冬, 陈蕾, 夏阳, 等. 生物炭改良剂对小白菜生长及低质土壤氮磷利用的影响[J]. 环境科学学报, 2014, 34(9): 2384-2391.
- [31] 黄菊莹, 余海龙, 孙兆军, 等. 添加燃煤脱硫废弃物和专用改良剂对碱化土壤和水稻生长的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(1): 70-74.
- [32] 陈琼贤. 施用营养型土壤改良剂对水稻产量和土壤肥力的效应[J]. 土壤与环境, 2002, 11(4): 373-375.
- [33] 吕波, 王宇函, 夏浩, 等. 不同改良剂对黄棕壤和红壤上白菜生长及土壤肥力影响的差异[J]. 中国农业科学, 2018, 51(22): 4306-4315.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2334-3338, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojswc@hanspub.org