

不同改良材料对土壤性状及作物生长的影响研究进展

张瑞庆^{1,2,3,4,5}, 王 莹^{1,2,3,4,5}

¹自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 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陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

⁴陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

⁵自然资源部土地工程技术创新中心, 陕西 西安

收稿日期: 2022年1月21日; 录用日期: 2022年2月17日; 发布日期: 2022年2月24日

摘 要

目前全国特别是陕西存在大量的空心村, 其废弃宅基地可复垦为耕地。针对农村废弃宅基地复垦为耕地所表现的土壤质量不高、可耕性差等一系列问题, 通过加入改良材料可对复垦宅基地土壤进行快速培育改良, 提高土壤质量。本文通过研究不同改良材料对土壤性状及作物生长发育的影响, 得出有机改良材料、生物改良材料和化学改良材料均可以有效改善土壤物理特性和化学特性, 并且对作物的生长以及增产效果显著, 但它们的配合施用在废弃宅基地复垦土上对土壤性状及作物生长的影响有待进一步研究。

关键词

改良材料, 物理特性, 化学特性, 生长

Research Progress on the Effects of Different Improved Materials on Soil Properties and Crop Growth

Ruiqing Zhang^{1,2,3,4,5}, Ying Wang^{1,2,3,4,5}

¹Key Laboratory of Degraded and Unused Land Reclamation Engineering, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

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

³Shaanxi Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Geotechnical Engineering Research Institute Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

⁵Land Engineering Technology Innovation Center, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

Abstract

At present, there are a large number of hollow villages in China, especially in Shaanxi, whose abandoned homestead can be reclaimed into cultivated land. In view of a series of problems such as low soil quality and poor cultivability caused by the reclamation of rural abandoned homestead as cultivated land, the reclaimed homestead soil can be quickly cultivated and improved by adding improvement materials to improve the soil quality. By studying the effects of different improved materials on soil properties and crop growth and development, it is concluded that organic improved materials, biological improved materials and chemical improved materials can effectively improve soil physical and chemical properties, and have a significant effect on crop growth and yield increase. However, the effects of their combined application on the reclaimed soil of abandoned homestead on soil properties and crop growth need to be further studied.

Keywords

Improved Materials, Physical Characteristics, Chemical Properties, Growth

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

中国作为一个农业大国,基本国情是人多地少、耕地质量不足、后备资源不足[1],保障国家耕地数量及质量的重要途径在于土地整治。随着经济的不断发展和工业化、城镇化进程加速,农村人口逐步向城市转移,导致许多地方的农村废旧宅基地闲置等现象较为常见[2],既占用着土地资源,又成为社会不法活动场所或藏身之地。为了促进农村土地集约节约利用,国务院通过开展城乡建设用地增减挂钩的形式进行空心村土地复垦[3],因此,开展空心村整治是解决我国农村问题、发展农业经济、改善农民生活的重要手段。

尽管农村宅基地复垦和整治在一定程度上显著增加了农村耕地以及建设用地的后备储量,甚至优化了农村土地利用方式,提高了农村耕地资源的高效以及集约利用效率,进一步缓解了农民的用地矛盾。然而农村宅基地复垦和整治中遇到的关键性科学难题,是寻求将废弃宅基地中原夯实的生土墙、土坯、土窑以及院落和村镇场地、道路等硬压地的“土壤化”,突破其“生、硬、实、瘠”等土壤化障碍,改善土壤质量、增强土壤协调水分、肥力、气、热的基本能力,以满足植物生长基本需求。在宅基地复垦为耕地的过程中,在增加耕地数量同时,重在提升其质量。如何快速改良复垦后的土壤以保证新增耕地质量是宅基地复垦中的现实难题。改良宅基地复垦耕地土壤是基于土地整治工程之后的关键环节,因此根据宅基地土壤特性,通过加入改良材料对于宅基地土地整治具有重要的现实意义。本文通过研究不同改良材料对土壤性状及作物生长发育的影响,可为宅基地复垦耕地的改良研究提供思路和理论支撑。

2. 不同改良材料对土壤物理特性的影响研究

1) 不同改良材料对土壤物理性质的影响。土壤团聚体是构成土壤肥力的重要基础特征。直径 0.25~10

mm 的水稳性土壤团聚体对土壤肥力的影响最为重要[4] [5], 改良材料加入土壤后可以分散的土壤颗粒聚合成团粒结构, 显著地增加土壤中水稳性团粒的含量和稳定性, 改善土壤的通气性和透水性。硫磺、有机肥、石膏等土壤改良材料, 施入土壤后均可以有效降低容重, 增加土壤孔隙度, 共同促进了当地盐碱土的改良, 硫磺的最佳用量确定为在 30.45 g/盆, 并需要注意土壤通气性, 防止发生反硫化作用, 对玉米根系产生毒害[6]。

土壤改良材料可以改善土壤的通气透水性, 若将 PAM 改良材料施加到轻壤质潮土后土壤持水性的变化, 发现在土壤 0~80 Pa 低吸力阶段, 土壤液相比例随着 PAM 改良材料施加量的增加而相应的增加, 气相与固相成比例的相对减少, 土壤持水性和作物可利用的有效水、容重等指标均随着 PAM 施用量的增加而增加[7]。秸秆型土壤改良材料对降低土壤容重效果显著, 秸秆型土壤改良材料施入土壤时间越长, 土壤大粒级颗粒增加越多, 秸秆型土壤改良材料施入量越多, 田间持水率和土壤保水性能明显增强[8]。

2) 改良材料对土壤水分的影响。土壤改良材料对土壤水分的影响主要通过高聚物树脂快速吸水、缓慢释放水分起到微型水源的作用和通过形成土壤水稳性团聚体减少土壤表层的水分的蒸发和土壤底层水分的渗漏两大途径完成。

在砂姜黑土可采用掺粉煤灰等措施改善土壤性状, 提高土壤保水保肥能力。在土壤耕作层中施用秸秆、煤矸石、建筑垃圾、煤渣等类型土壤改良材料, 均可使耕作层土壤水分保持在相对较高的水平[9]。在沙土中添加粉煤灰不但增加了土壤田间持水量, 还增加了 100~300 kPa 土水势范围内的有效含水量[10]。土壤重力水随着粉煤灰添加比例的增加可增加 14%, 饱和导水率减少 80%, 粉煤灰的添加可以改善强渗透性土壤的水理性质[11]。在利用有机肥改善土壤水分利用方面的研究较多, 有机肥在旱地研究中可增加土壤水分, 抑制水分蒸发的同时增加降水入渗, 从而提高土壤有效水含量和作物水分利用效率, 在节水农业研究中意义重大[12] [13] [14] [15]。

土壤水分特征曲线直观地反映了土壤水分能量和数量之间的关系, 在生产实践中具有重要意义。土壤水分特征曲线受土壤物理结构、质地、土壤容重等因素影响, 不同影响因素间关系错综复杂, 因此难以从理论上推算含水量与基质势之间的关系, 所以常用一些经验公式或者模型如常见的 Van Genuchten 模型、Brook-Corey 模型、Gardner 模型以及 Mualem 模型等来描述水分特征曲线。土壤水分特征曲线在理论研究和实践生产中均起到了至关重要的作用, 能反映出不同基质势范围内土壤能保持/释放的水分含量以及土壤有效孔隙的分布, 这对于估计土壤水分含量对植物吸收的有效性具有重要意义[16]。土壤改良材料的施用可以明显改变土壤理化性质和温度等因素, 间接影响到土壤水分特征曲线。

3) 改良材料对土壤温度的影响。改良材料对土壤保墒和增温也有一定作用, 在提高土壤墒情同时增加耕层地温, 可使农作物的生育期提早 2~7 天。不同改良材料还可以协调土壤水、肥、气、热及生物之间的关系。一方面, 土壤改良材料通过增加土壤中微生物的含量, 从而促进土壤微生物的活动, 进而使土壤温度升高; 另一方面, 土壤改良材料对土壤结构的改良, 有利于土壤对热量的传导, 增加土壤温度[17]。

在施用粉煤灰作为改良材料方面, 山西省农业科学院土肥所通过在土壤中施入粉煤灰研究, 发现粉煤灰加入土壤中明显地改善了黏土的主要物理性状, 土壤容重降低, 孔隙度增加, 调节三相比例, 地温提高, 膨胀率缩小。粉煤灰对土壤的增温作用, 可能主要是因为加深了土壤颜色, 提高了土壤吸热能力[18]。在施用土壤专用改良材料方面, 通过研究土壤改良材料对烟草生长及耕作环境的影响, 发现微生物土壤改良材料能明显改善旺长期土壤耕层的物理性状和生态环境, 土壤相对含水量及土壤温度明显增加[19]; 在土壤中施理清乳剂后, 发现土壤温度均高于对照[20]。在施用生物改良材料方面, 通过研究不同灌溉条件下(膜下沟灌和膜下滴灌)施肥、增施土壤改良材料和添加秸秆, 对日光温室土壤温度、湿度、微生物、酶活性、化学性质等土壤生态因子, 以及番茄植株生长发育状况、番茄产量、水肥生产力及经

济效益的影响, 结果表明添加改良材料可以显著提高土壤温度[21]; 而且通过连续两年生物炭改良材料的应用研究, 发现施炭可以提高冻害天气下最低温度, 降低最高土壤温度, 增加土壤积温, 对小麦提高抗霜性具有一定积极的作用, 改良材料的施用还可以加深土壤颜色, 增加土壤吸热能力[22]; 通过对秸秆改良材料对土壤温度变化特征的研究, 发现秸秆处理能够有效提高土壤温度[23] [24]。在施用有机改良材料方面, 通过有机改良材料对土壤温度的研究, 结果表明有机改良材料的施用可以提高地温 2°C~3°C, 使气温与地温协调一致[25]。

3. 改良材料对土壤生物化学特性的影响研究

土壤肥力是农业生产及其可持续发展的基础, 在生土地的质量提升方面众位学者已经做了很多富有成效的科学研究, 研究表明土壤改良材料能够明显增加土壤中有有机质、全氮、速效钾等养分。施用有机肥是一项重要的土壤培肥技术, 有机肥种类包括禽粪便、作物秸秆、绿肥等。大量研究表明有机肥不仅营养均衡, 养分全面, 还能活化土壤中潜在养分, 大大地提高了土壤生物多样性和活性, 改善土壤理化性质、环境及营养循环, 进而提高土壤肥力。通过秸秆、菌渣、猪粪等 3 种有机物肥料对宅基地复垦土壤的易变有机碳作用进行研究, 发现使用菌渣堆肥可显著提高土壤肥力[26]; 通过牛粪与化肥配施、秸秆、化肥等三种处理的改良效果时, 发现在黄泥田土壤上, 牛粪与化肥配合比秸秆、化肥等对改善土壤肥力效果更佳[27]。

施用生物物质改良材料也能提高土壤的生物化学特性。水稻中加入粉煤灰后, 土壤中转化酶、脱氢酶蛋白酶活性明显增加[28]。砂姜黑土中施入粉煤灰后, 可提高土壤有机质含量, 增加土壤孔隙度, 提高土壤水分稳渗速率, 为土壤水分入渗性能提升提供理论依据[29]。

施用熟化剂等化学改良材料也是快速提高土壤肥力的一种措施。针对甘肃河西内陆灌区因长期施用化肥引起的有机质含量降低、土壤贮水能力差、土壤板结以及作物产量低等问题, 通过加入有机营养土改良材料发现施用量与灌漠土孔隙度、有机质、速效养分、饲用高粱农艺性状、经济性状、持水量和产量呈显著的正相关[30]。针对新垦灌区急需快速熟化和改良的土壤, 未施用硫酸亚铁为主要成分的熟化剂的处理, 其 pH 值、阳离子代换量没有明显的变化, 施用硫酸亚铁为主要成分的熟化剂能够显著提高耕作层土壤的有机质、全氮、全磷等营养含量。

4. 改良材料对作物生长特性的影响研究

土壤中施入改良材料, 能显著改善土壤结构性、保水性等土壤的主要生产性, 进而会对作物生长、发育和产量产生正面效应。研究表明土壤改良材料可以有效促进作物根系和地上部分的发育、出苗以及作物分蘖过程, 对作物株高、叶面积、物质质量以及产量等都具有不同程度的影响。

在新增耕地上施用硫酸亚铁熟化剂, 能够增加玉米的株高及穗粒数, 穗粒中和千粒重也较未施用的处理有不同程度地提高, 其中穗长和千粒重与未施的处理差异显著, 说明土壤熟化剂主要是通过作物经济性状穗长和千粒重的影响, 来增加产量。辽宁省土壤肥料总站在探索玉米田补充铁元素的适宜用量研究中, 通过施用硫酸亚铁熟化剂研究发现, 不同处理的穗数、叶色、百粒数差异不大, 但施入硫酸亚铁的处理株高和穗粒数较未施用的处理显著提高[31]。

粉煤灰中含有农作物生长所需的大量微量元素, 对提高农作物养分吸收率、种子发芽率、增加对病虫害的抗性有重要作用[32]。有研究发现粉煤灰加入到土壤后, 可促进作物对微量元素的吸收和作物生长, 从而提高作物的产量表明[33]。砂姜黑土上施用粉煤灰, 可使小麦和玉米增产 1.6%和 14.4% [34]。黏质土壤上施用适量粉煤灰也可增加小麦、玉米、水稻等作物产量[35]。温室大棚施用粉煤灰可加快油菜早期生长发育, 进而提高油菜籽产量[36]。另外, 有机肥作为改良材料的对作物的增产效果也有很多报道。

5. 研究展望

综上所述, 有机改良材料、生物改良材料和化学改良材料均可以有效改善土壤物理特性和化学特性, 并且对玉米的生长以及增产效果显著, 文献中对它们分开进行的研究报道比较常见, 研究主要集中在黄泥田土壤、水稻田土壤、砂姜黑土土壤、新垦灌区土壤等特定土壤类型上, 在陕西省废弃宅基地复垦土壤上应用较少, 并且与粉煤灰、硫酸亚铁等改良材料配合施用的情况研究较少, 同一种改良措施在不同的土壤类型、不同的气候条件下, 也会有不同的效果。因此, 不同化学改良材料与生物改良材料、有机物和化学改良材料的配合施用在废弃宅基地复垦土上对土壤性状及作物生长的影响有待进一步研究。

参考文献

- [1] 任顺荣, 邵玉翠, 杨军. 宅基地复垦土壤培肥效果研究[J]. 水土保持学报, 2012, 26(3): 78-81+86.
- [2] 刘彦随, 刘玉, 翟荣新. 中国农村空心化的地理学研究及整治实践[J]. 地理学报, 2009, 64(10): 1193-1202.
- [3] 李东. 全域实施城乡增减挂钩项目——推进美丽乡村建设[J]. 中国科技投资, 2019(10): 147.
- [4] 刘文祥, 李勇, 于寒青. 草灌植被恢复提高坡地土壤水稳性团聚体和碳、氮含量的有效性: 退耕年限的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1): 164-170.
- [5] 钟继洪, 张秉刚. 博罗县下村农场坡地赤红壤的结构特征及其意义[J]. 热带亚热带土壤科学, 1993(4): 203-210.
- [6] 毛文娟, 李新平, 安东, 张永宏, 朱辉娟. 不同改良剂对宁夏地区盐碱土土壤结构的影响[J]. 水土保持通报, 2010, 30(4): 190-192+197.
- [7] 介晓磊, 李有田, 韩燕来, 谭金芳, 刘世亮, 康玲玲. 保水剂对土壤持水特性的影响[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(1): 22-24.
- [8] 冯瑞云, 王慧杰, 郭峰, 闫贵云, 车丽, 古晓红, 等. 秸秆型土壤改良剂对土壤结构和水分特征的影响[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(9): 44-48+65.
- [9] 张燕, 冯浩, 吴普特, 汪有科, 杜健, 赵西宁, 等. 新型土壤改良剂对夏玉米生理生长特性的影响[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(5): 110-112.
- [10] Gangloff, W.J., Ghodrati, M. and Sims, J.T. (2000) Impact of Fly Ash Amendment and Incorporation Method on Hydraulic Properties of a Sandy Soil. *Water, Air, Soil Pollution*, **119**, 231-245. <https://doi.org/10.1023/A:100515087037>
- [11] Ghodrati, M., Simb, J.T. and Vasilas, B.L. (1995) Enhancing the Benefits of Fly Ash as a Soil Amendment by Pre-Leaching. *Soil Science*, **159**, 244-252.
- [12] Zhao, Y.C., Wang, P. and Li, J.L. (2009) The Effects of Two Organic Manures on Soil Properties and Crop Yields on a Temperate Calcareous Soil under a Wheat-Maize Cropping System. *European Journal of Agronomy*, **31**, 36-42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.03.001>
- [13] Hati, K., Swarup, A. and Dwivedi, A. (2007) Changes in Soil Physical Properties and Organic Carbon Status at the Topsoil Horizon of a Vertisol of Central India after 28 Years of Continuous Cropping, Fertilization and Manuring. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **119**, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.06.017>
- [14] 王贵寅, 张兰松, 宋加杰, 张恒. 有机肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理研究. 河北农业科学, 2002, 6(2): 25-28.
- [15] 黄东迈. 有机肥养分循环与利用研究的回顾[J]. 土壤通报, 1994, 25(S1): 2-3.
- [16] 李爱平. 改良材料对土壤入渗和水分特征影响的试验研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [17] 张梁, 孙桂华. 土壤改良剂研究现状及在玉米中的应用[J]. 黑龙江科技信息, 2008(13): 139.
- [18] 王少先, 蒋燕, 侯连杰, 康业斌. 粘重土壤施用粉煤灰的增温效应[J]. 河南农业科学, 2002, 31(4): 26-28.
- [19] 李彰, 熊瑛, 吕强, 石秋环, 李友军. 微生物土壤改良剂对烟草生长及耕层环境的影响[J]. 河南农业科学, 2010(9): 56-60.
- [20] 王德平, 张小玲. 土壤结构改良剂的研究现状及其应用展望[J]. 河南农业, 2010(17): 24.
- [21] 宋卓琴. 日光温室水肥管理对土壤生态及蔬菜生长的影响[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西大学, 2012.
- [22] 刘红杰, 胡新, 任德超, 黄建英, 葛君, 张福娟. 生物炭对黄淮麦区土壤温度的影响[J]. 农学学报, 2014, 4(9): 47-49.

- [23] 解影, 李波, 丰雪, 魏新光, 姚名泽, 赵子龙, 邢经伟, 郑思宇. 深埋秸秆条件下温室番茄根层土壤温度变化特征[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(7): 247-252.
- [24] 杨滨娟, 黄国勤, 钱海燕. 秸秆还田配施化肥对土壤温度、根际微生物及酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 150-157.
- [25] 王孝娣, 王海波, 翟衡. 高效有机肥对设施栽培土壤温度及桃生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2005(6): 18-20.
- [26] 闫锐. 三种农业有机物料还田对宅基地复垦土壤易变有机碳组分动态变化研究[D]: [硕士学位论文]. 雅安: 四川农业大学, 2016.
- [27] 宓文海, 吴良欢, 马庆旭, 张宣, 刘彦伶. 有机物料与化肥配施提高黄泥田水稻产量和土壤肥力[J]. 农业工程学报, 2016, 32(13): 103-108.
- [28] Sarangi, P.K., Mahakur, D. and Mishra, P.C. (2001) Soil Biochemical Activity and Growth Response of Rice *Oryza sativa* in Flyash Amended Soil. *Bioresource Technology*, **76**, 199-205. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00127-9](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00127-9)
- [29] 魏俊岭, 金友前, 郜红建, 常江, 章力干. 施肥措施对砂姜黑土水分入渗性能的影响[J]. 中国生态农业学报, 2014(8): 965-971.
- [30] 张春梅, 闫治斌, 王学, 闫富海, 秦嘉海, 程红玉, 肖占文. 有机营养土壤改良剂对河西灌漠土理化性质和饲用高粱种植效益的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(3): 260-265.
- [31] 苗子余. 玉米施用硫酸锌肥效试验初报[J]. 现代农村科技, 2016, 525(5): 43.
- [32] Mahale, N.K., Patil, S.D., Sarode, D.B. and Attarde, S.B. (2012) Effect of Fly Ash as an Admixture in Agriculture and the Study of Heavy Metal Accumulation in Wheat (*Triticum aestivum*), Mung Bean (*Vigna radiata*), and Urad Beans (*Vigna mungo*). *Polish Journal of Environmental Studies*, **21**, 1713-1719.
- [33] Spark, K.M. and Swift, R.S. (2008) Use of Alkaline Flyash-Based Products to Amend Acid Soils: Plant Growth Response and Nutrient Uptake. *Australian Journal of Soil Research*, **46**, 578-584. <https://doi.org/10.1071/SR07209>
- [34] 郑学博, 周静, 崔键, 马超, 房春兴. 不同施肥措施对沿淮区麦-玉周年产量及氮素利用的影响[J]. 土壤, 2012, 43(3): 402-407.
- [35] 吴家华, 刘宝山, 董云中, 刘继青, 王岗. 粉煤灰改土效应研究[J]. 土壤学报, 1995(3): 334-340.
- [36] Yunusaa, I.A.M., Eamusa, D., Desilvaa, D.L., Murray, B.R., Burchett, M.D., Skilbeck, G.C. and Heidrich, C. (2006) Fly-Ash: An Exploitable Resource for Management of Australian Agricultural Soils. *Fuel*, **85**, 2337-2344. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.01.033>