

浅析介观尺度上砒砂岩与沙复配土结构稳定性的内力作用

刘哲^{1,2,3,4}, 王娜^{1,2,3,4}, 李燕^{1,2,3,4}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²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

³陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

收稿日期: 2022年10月4日; 录用日期: 2022年11月4日; 发布日期: 2022年11月15日

摘要

毛乌素沙地治理事关我国西北地区生态环境安全和可持续发展, 虽然近年来其沙化趋势得到明显遏制, 却并未被彻底扭转, 仍面临再次沙化的严峻挑战。新近研究揭示, 土壤内部介观尺度上的静电斥力、水合斥力和范德华分子引力的相互作用可能是决定宏观尺度土壤结构稳定或破坏的本质原因。然而, 砒砂岩与沙复配提升土壤结构稳定性的内力作用机制及其微观机理仍不清楚。因此, 本文概述了和讨论了砒砂岩与沙复配在质地组配和结构改良方面的关键作用, 分析了介观尺度上砒砂岩与沙复配土的复合效应和表面电荷效应差异将改变复配土颗粒间相互作用力, 进一步影响风沙土结构形成和及其稳定性, 并针对砒砂岩与沙复配土结构稳定性的内力作用研究中急需攻克的难题进行了总结和展望。

关键词

毛乌素沙地, 砒砂岩与沙复配土, 介观尺度, 内力作用机制

Analysis of Soil Internal Forces on the Soil Structural Stability of Amended Mu Us Sand Land with Feldspathic Sandstone and Aeolian Sandy Soil

Zhe Liu^{1,2,3,4}, Na Wang^{1,2,3,4}, Yan Li^{1,2,3,4}

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

²Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

文章引用: 刘哲, 王娜, 李燕. 浅析介观尺度上砒砂岩与沙复配土结构稳定性的内力作用[J]. 农业科学, 2022, 12(11): 1109-1112. DOI: 10.12677/hjas.2022.1211152

³Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

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

Received: Oct. 4th, 2022; accepted: Nov. 4th, 2022; published: Nov. 15th, 2022

Abstract

Remediation of the Mu Us Sandy Land's desertification is very important for Northwest China to maintain ecological and environmental safety and sustainable development. Although the desertification trend of Mu Us Sandy Land has been obviously reversed in recent years, it has not been completely controlled, instead, it may get worse again. Recent studies suggest that the mesoscopic scale interparticle forces, including the electrostatic repulsive force, van der Waals attractive force and surface-hydration repulsive force, may play a crucial role in the stability of soil structure. However, the mechanism of interparticle forces on the stability and micromechanism of with feldspathic sandstone and aeolian sandy soil is still unclear. Therefore, this paper summarizes and discusses the key role of feldspathic and sand composite in texture composition and structural improvement, and analyzes that the difference of composite effect and surface charge effect of feldspathic and sand composite soil on mesoscopic scale will change the interaction between particles of composite soil, further affecting the formation and stability of aeolian sandy soil structure. The paper also summarizes and looks forward to the problems that need to be solved urgently in the study of the internal force mechanism of soil internal forces on the soil structural stability of amended Mu Us sand land with feldspathic sandstone and aeolian sandy soil.

Keywords

Mu Us Sandy Land, Feldspathic Sandstone and Sand Compound Soil, Mesoscopic Scale, Interparticle Forces Mechanism

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

毛乌素沙地是鄂尔多斯高原东南部和陕北长城沿线沙地的统称，该区土地面积广，光热资源丰富，具有巨大的耕地开发潜力。由于过度放牧、不合理的农业活动以及晋、陕、蒙接壤区煤炭资源大规模开发，使该区土地侵蚀沙化更加严重，区域生态环境极度脆弱多变，成为京津冀一带沙尘暴的沙源地，被列为我国“两屏三带”生态安全格局的重点治理区域[1] [2]。目前，人们通过植被恢复、方格沙障、化学固沙剂、客土等植被、工程、化学等技术，实现沙地治理与开发上取得了一定成效。但由于沙地恶劣自然条件，远离黄土源地，沙土无团聚或团聚体稳定性极差，植物难立地、难成活，而固沙周期长、成本高，难大面积推广，使毛乌素沙地无法作为耕地后备资源有效开发与利用，无法确保长期的生态效益和农业健康可持续发展，亟待转变和发展新的沙地整治策略[3] [4] [5]。前期的研究成果表明，砒砂岩与沙复配可极大地增强土壤的抗侵蚀能力，从而能有效遏制住毛乌素地区土地沙化的势头，营造和提升土壤的基本生产力[3] [4] [5]。然而，尽管发现砒砂岩与沙复配能显著促进土壤颗粒的团聚效应，但目前对

于该现象的微观机制却并不清楚，有待进一步的探究。

2. 风沙土结构改善是长效防治毛乌素土壤沙化的关键

与毛乌素沙地相间分布着并称“两害”之一的砒砂岩，它的黏、粉粒含量高，具有较强的阳离子吸附能力和突出的胶体特性，含高达 16.8%~46.4%次生粘土矿物，多属胀缩性大的蒙脱石，比表面积大 ($700\sim 800\text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$)，同晶替代现象普遍，CEC 达 $80\sim 120\text{ Cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，蒙脱石单位晶胞是一个大的带电离子团，才有无水坚硬如石、遇水松软如泥的特征，这类土壤结构水力学稳定性极差，易被侵蚀，是黄河泥沙的主要输入源，被冠以“世界水土流失之最”和“环境癌症”的恶名；风沙土中黏粉粒含量低，结构松散、漏水漏肥，土地沙化现象严重[6] [7]。新近的研究表明，最有效的整治策略是给风沙土地添加砒砂岩，进行质地组配和结构改良，改善风沙土结构松散，团聚效应差的弊端，提高其保水保肥的能力，使其形成良好的土壤结构[8] [9]。因此，破解环境“两害”，实现沙地整治的难题就在于深入探索其颗粒复合团聚状况及科学机制等。

3. 土壤颗粒间内力作用在改良风沙土中的重要作用

前期有关砒砂岩与沙复配对土壤结构及持水特性方面的一些研究表明，砒砂岩与沙复配可以增强复配土的团聚复合，提高土壤的保水性能，有助于遏制土地侵蚀沙化的现象[3] [10]。然而先前的工作多从宏观方面研究风沙土结构稳定性及其生态安全效应，还没有从介观尺度上对砒砂岩改良风沙土后颗粒间内力作用的变化规律及其机理进行系统的深入研究，有关复配土团聚体及稳定性的内在形成机制尚不清楚。事实上，由于砒砂岩粘土矿物中富含蒙脱石，电荷特性和胶体特性突出，砒砂岩与沙复配后胶体颗粒表面形成的强大静电场，在介观尺度上将控制复配土中带离子与颗粒的相互作用，对复配土带电颗粒间的相互“复合”作用产生了重要的支配作用，引起介观尺度上复配土颗粒间内力作用的变化，进而导致团聚体的稳定性发生改变。随着在复配土上种植作物年限的延伸，复配土的复合程度和熟化程度不同，复配土颗粒间的静电斥力、范德华分子引力和水合斥力都将发生新的变化，其在改良风沙土结构形成和维系其稳定方面将产生至关重要的作用。因此，探索不同重构比例砒砂岩与沙复配土在不同种植年度复合等作用下颗粒间电学性质及内力作用在团聚体形成和维系其稳定方面作用机制，分析介观尺度上砒砂岩与沙复配土的复合效应和表面电荷效应，揭示砒砂岩改良风沙土结构稳定性的内力作用机制，这将对进一步更好的人为培育良好土壤结构和有效防控沙区土壤侵蚀沙化具有重要的理论价值。

4. 结论及展望

介观尺度上砒砂岩与沙复配后颗粒间内力作用在复配土团聚化及稳定方面起着关键作用。针对毛乌素沙地侵蚀沙化现象严重、结构体松散及漏水漏肥的问题，在复配土结构稳定性与减蚀固沙方面的研究已经开展了一定工作，但有关复配土团聚体、孔隙等结构稳定性在减蚀固沙、水分调控的内力作用机制尚不清楚。介观尺度土壤内力可能在宏观尺度团聚体的稳定性中起着决定性的作用，因而可能也是砒砂岩与沙复配提升毛乌素沙地抗蚀性的本质原因。然而，目前对该技术中这一从微观到介观再到宏观的调控过程尚不清楚，对砒砂岩与风沙土复配比例和有机质的调控效应还需进一步研究。

基于此，有必要从介观尺度内力作用这一新的视角，深入探究砒砂岩与沙复配对土粒间相互作用力的影响，及其提升毛乌素沙地宏观尺度团聚体稳定性的内在机制与关键调控要素。

研究成果将为通过调节介观尺度颗粒间内力作用来调控复配土团聚体形成及稳定性提供新路径，为毛乌素沙地水土保育和生态环境建设的提供重要的理论支撑，对增加耕地资源、保障国家生态安全具有重要的现实意义。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2022-15, DJNY2022-35), 陕西地建土地工程技术研究院预研项目(2021-NBYY-07)。

参考文献

- [1] Han, J.C., Xie, J.C. and Zhang, Y. (2012) Potential Role of Feldspathic Sandstone as a Natural Water Retaining Agent in Mu Us Sandy Land, Northwest China. *Chinese Geographical Science*, **22**, 550-555. <https://doi.org/10.1007/s11769-012-0562-9>
- [2] 孙增慧, 韩霁昌, 毛忠安, 王欢元, 胡雅. 砒砂岩改良风沙土对作物产量影响的 RZWQM2 模型模拟[J]. 农业机械学报, 2018, 49(7): 235-243.
- [3] Han, J.C. and Zhang, Y. (2014) Land Policy and Land Engineering. *Land Use Policy*, **40**, 64-68.
- [4] Han, J.C., Liu, Y.S. and Zhang, Y. (2015) Sand Stabilization Effect of Feldspathic Sandstone during the Fallow Period in Mu Us Sandy Land. *Journal of Geographical Sciences*, **25**, 428-436. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.015>
- [5] 刘彦随, 郑小玉, 王永生, 等. 土地整治与现代农业: 从土壤颗粒到农业系统——以陕西省榆林市为例(英文) [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2018, 28(12): 1896-1906.
- [6] Wang, N., Xie, J.C., Han, J.C. and Lintao, L. (2014) A Comprehensive Framework on Land-Water Resources Development in Mu Us Sandy Land. *Land Use Policy*, **40**, 69-73. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.09.022>
- [7] 摄晓燕, 魏孝荣, 魏艳春, 马天娥, 许晶晶, 张兴昌. 砒砂岩改良风沙土对铵态氮吸附特性影响研究[J]. 农业机械学报, 2015, 46(11): 165-173.
- [8] 童伟, 韩霁昌, 王欢元, 张海欧, 赵宣. 毛乌素沙地砒砂岩与沙复配成土技术固沙效应[J]. 中国沙漠, 2015, 35(6): 1467-1472.
- [9] 王永生, 李玉恒, 刘彦随. 现代农业双优工程试验原理与方法——以毛乌素沙地为例[J]. 中国工程科学, 2019, 21(2): 48-54.
- [10] 程杰, 韩霁昌, 王欢元, 张扬, 张卫华, 陈科皓. 毛乌素沙地砒砂岩固沙机理研究[J]. 水土保持学报, 2016, 30(5): 124-127.