

Conception of Shaping Soil Granular Structure by Ultrasonic Standing Wave

Zhongyao Yue

College of Physics, Hebei Normal University, Shijiazhuang Hebei
Email: 1760246226@qq.com

Received: Mar. 3rd, 2020; accepted: Mar. 24th, 2020; published: Mar. 31st, 2020

Abstract

This paper holds that the huge role of aggregate structure mainly depends on its unique physical structure, so whether it can first shape the aggregate structure mechanically, depends on its strong coordination ability, drives other factors of the soil to develop faster and more effectively in the ideal direction, so as to improve the soil as a whole and efficiently. Therefore, it is supposed to improve the soil structure by physical means. Inspired by the three-dimensional printer system, whether it can combine with the idea of layer by layer control, through the physical ultrasonic standing wave on the particle convergence and spatial distribution periodicity, and make use of the plasticity of the soil to form the overall aggregate structure. So as to improve the structure of medium and shallow soil quickly and efficiently.

Keywords

The Granular Structure, Structure Improvement Order, Ultrasonic Standing Wave, Conception

超声波驻波创培土壤团粒结构的构想

岳中耀

河北师范大学物理学院, 河北 石家庄
Email: 1760246226@qq.com

收稿日期: 2020年3月3日; 录用日期: 2020年3月24日; 发布日期: 2020年3月31日

摘要

本文认为团粒结构的巨大作用主要依赖于其独特的物理结构, 故能否先行机械塑造出团粒结构, 依托于

其强大的协调能力，带动土壤的其他各个因素更快更有效地向理想方向发展，从而整体高效改良土壤。故设想利用物理手段改良土壤结构，受三维立体打印机制启发，能否结合逐层控制思想，通过物理的超声波驻波对微粒的会聚作用和空间分布周期性，利用土壤的可塑性，形成整体的团粒结构。从而快速高效地改良中浅层土壤结构。

关键词

团粒结构，结构改良顺序，超声波驻波，构想

Copyright © 2020 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

土壤是指陆地表面由矿物质、有机物、水、空气和生物组成的，具有肥力，能够生长植物的疏松表层[1]。土壤是植物生长、繁育的主要基质。作物的产量、质量与土壤结构有着密切关系。而土壤最理想的结构就是团粒结构。如图 1、图 2 所示的团粒结构是由若干土壤单粒粘结在一起形成团聚体的一种土壤结构。这种结构体表现为团粒间为大孔隙，团粒内为小孔隙，大小孔隙同时存在且比例适当，有着最佳的水、气、热、肥等因素的协调能力。一般认为，只有经过长期的良好的耕作方式，优质的腐殖质环境才会形成团粒结构。但我国土壤结构问题严重，形势严峻，也许急需要新的改良思路[2]。本文认为团粒结构的巨大作用主要依赖于其独特的物理结构，故能否先行机械塑造出团粒结构，依托于其强大的协调能力，带动土壤的其他各个因素更快更有效地向理想方向发展，从而整体高效改良中浅层土壤[3]。

2. 构想依据及内容

2.1. 超声波驻波的机械效应

物理高效创培土壤团粒结构的构想主要依托理论为超声波驻波的机械效应和磁场。超声波的机械作用可促成液体的乳化、凝胶的液化和固体的分散。如图 3 模拟所示，当超声波在流体介质中形成驻波时，悬浮在流体中的微小颗粒因受机械力的作用而凝聚在波节处，在空间形成周期性的恰可以满足多级团粒结构的堆积。磁场可以极大地增强所塑造团粒结构的稳定性。而这种机械效应正是塑造土壤团粒结构的关键。

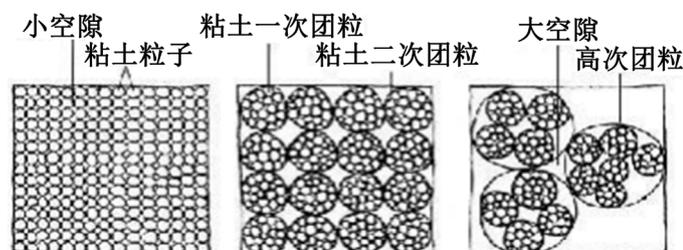


Figure 1. Aggregate structure
图 1. 团粒结构

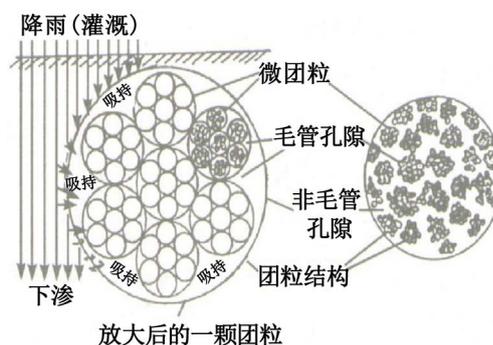


Figure 2. Enlarged structure of three-stage aggregate

图 2. 三级团粒结构放大图

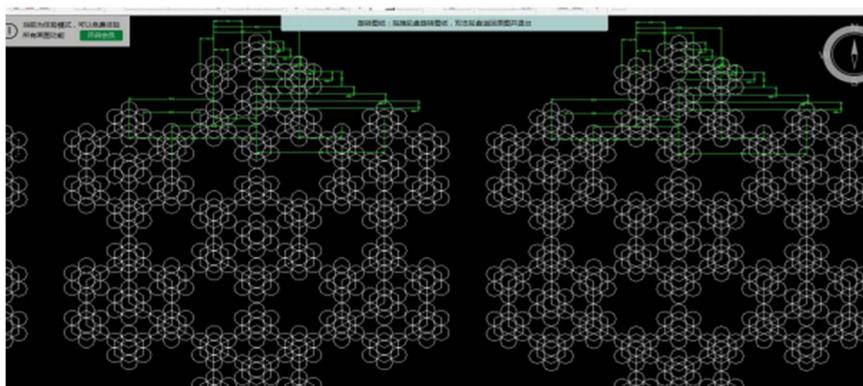


Figure 3. Periodicity of ideal model of aggregate structure

图 3. 团粒结构理想模型的周期性

土壤团粒结构是由若干土壤单粒粘结在一起形成团聚体的一种土壤结构。因为单粒间形成小孔隙、团聚体间形成大孔隙，所以与单粒结构相比较，其总孔隙度较大。小孔隙能保持水分，大孔隙则保持通气，从而团粒结构有着最佳的水、气、热、肥等因素的协调能力。因此不难发现，团粒结构的优势源于其独特恰当的物理结构。团粒结构最理想的粒径在 0.5~10 毫米之间，大小孔隙均匀，结构稳定，刚好可以利用超声波驻波的机械效应塑造。

在超声波场下，微粒会在声辐射力的作用下向声压节或声压腹运动。在此过程中，微粒碰撞凝聚，最终达到凝聚平衡状态。选择合适的超声波功率及合理的超声波处理时间可以得到较好的凝聚效果。

具体可以参考武汉科技大学的关于超声波对液体中颗粒凝聚作用的研究[4]：将有机玻璃颗粒分散在水溶液中，通入不同功率、不同作用时间的超声波处理，观察超声凝聚作用和空化效应，测量水中粒子团的直径，分析超声波对颗粒凝聚的影响。结果发现，在超声波功率为 45 W 时，超声波的凝聚作用较好，凝聚效果随时间增加而增加；在超声波的作用时间为 2 min 时，超声波的凝聚效果明显，随着功率的增加，凝聚效果越好。选择合适的超声波功率及合理的超声波处理时间可以起到更好的处理效果，如图 4 所示。

2.2. 平面上的初步单粒控制

在此基础上分析：如图 5 所示的团粒结构理想模型中的土壤单粒即可看做在空间中以周期性排列的微粒悬浮点(亦或称为机械汇聚点)。这种大小错落的结构排列要求，恰好可由超声波驻波的波节分布来实现。这里如图 6 所示为简单一级团聚结构的模拟图景，而基于土壤单粒的多级团聚结构可能要求借助傅立叶变换去控制形成稍加变化的驻波周期。

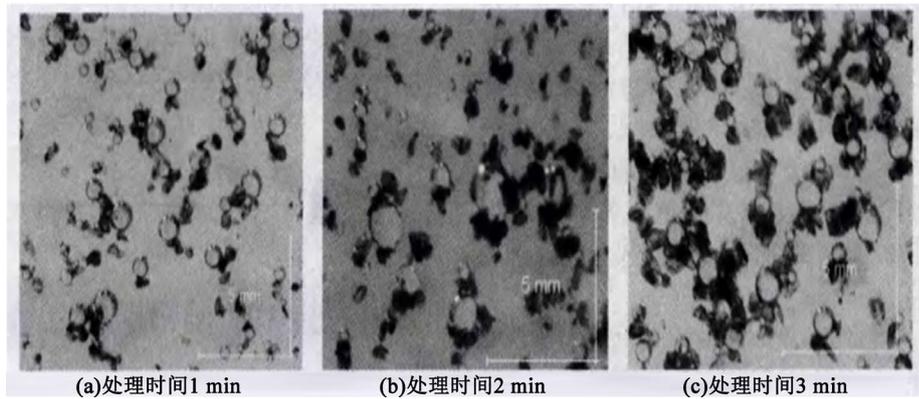


Figure 4. When the ultrasonic power is 45 W, the particles and cavitation bubbles form a network
图 4. 超声波功率为 45 W 时颗粒团和空化气泡呈网状结合

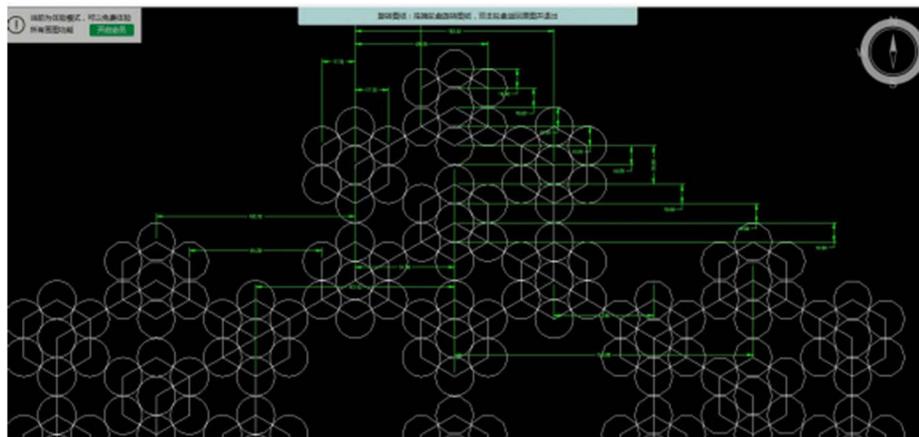


Figure 5. Ideal model of aggregate structure simulated by CAD
图 5. CAD 模拟团粒结构理想模型

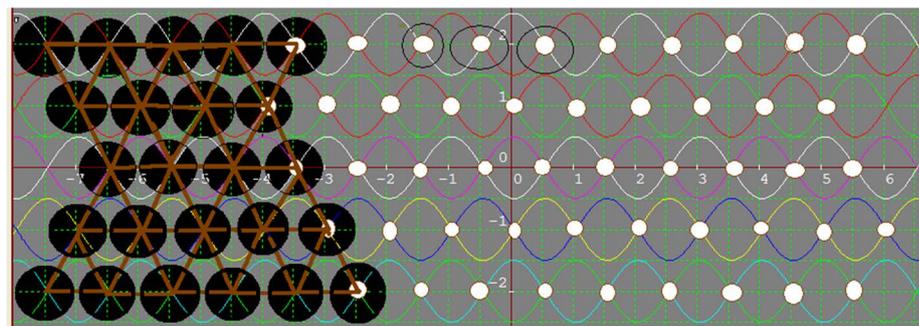


Figure 6. Graphmatica simulation of single particle arrangement in standing wave field
图 6. Graphmatica 模拟驻波场中的单粒排列

2.3. 创培流程

首先，应对待处理的土壤做初步测定或调查，依据其颗粒的大小，成分，粘着性，塑性等理化性质有针对性地控制超声波驻波形成符合目标结构的波节排列和功率输出。其次，为了便于这种机械效应的高效作用以及构造成功后的保留，可以考虑先将待改良的土壤转变为适宜的土壤胶体和水分的多相体系，利用此时土壤极强的可塑性，使土壤微粒结构快速向驻波波节所构成引导的理想团粒结构转变。转变完

成之后,此时土壤颗粒周围的水膜作为土壤颗粒间的粘结的媒介,减少水分至土壤粘着性最高时的土壤含水量的粘着高限,随着土粒间水膜不断变薄,粘结力逐渐加强。当颗粒靠的很近时,范德华力也起到一定的作用,且这种作用不太受其他因素的影响。在自然脱水粘结的过程中,可以根据不同的土壤特性和组分,特别是粘着性较差的土壤,辅以常见的土壤胶合剂或者外加磁场增加团粒结构的稳定性。此外,考虑到待改良土壤的颗粒大小,可以事先进行碾压,搅拌等简单的机械加工。由此,利用超声波驻波对土壤微粒的会聚引导作用,借鉴3D打印中的逐层打印思想,在相对立体的土壤胶体液中逐层控制,整体塑造微粒的平面结构,进而快速形成理想的团聚结构。

3. 对构想的分析

3.1. 高效、可控

采用超声波驻波会聚微粒。由于节点静止不动,所以波形没有传播。能量以动能和位能的形式交换储存,亦传播不出去。这极大地提高了能量的利用率,同时也大大加快了改良土壤的效率。当超声波在流体介质中形成驻波时,悬浮在流体中的微小颗粒因受机械力的作用而凝聚在波节处,在空间形成周期性的堆积,这种堆积取决于驻波的覆盖范围,而覆盖范围是人为可控的。这就意味着可以同时大量创培团粒结构。

3.2. 对土壤微生物的影响

超声波的波长与能量相关。驻波的波长在土壤微粒尺度下,能量不会太高,对微生物细胞的作用不会积累,更不会引起生物物质的电离损伤[5]。尤其是相较于传统的土壤结构改良剂,不存在对土壤理化成分或有机循环长时间内不可预料的副作用[6]。且超声振动具有独特的温热效应,可引起土壤微生物群体细胞内物质运动,使细胞浆流动,可以改变细胞膜的通透性,刺激细胞半透膜弥散过程,促进新陈代谢、改善细胞缺氧状态,改善组织营养、改变蛋白合成率、提高再生机能等。低强度脉冲超声波具有独特的生物学效应,在体外细胞及体内实验中研究发现能够调节细胞的增殖、影响细胞因子的分泌[7]和诱导细胞分化作用[8],对土壤中的有机物群的运作与繁盛大有裨益。

3.3. 进步空间

3D立体打印技术作为一种以数字模型文件为基础,通过连续的物理层叠加,逐层增加材料来生成三维实体的技术[9],自有其独特的精准性和稳定性。超声波驻波作为操作媒介的想法也许可能与3D打印技术相借鉴结合,实现进一步的精细化控制塑型,具有技术上更新迭代的巨大进步空间。

4. 思考与展望

牛津大学农学家 Northbourne,在《Look to the Land》一书中就提到“考虑到长远发展,化肥耕作替代有机耕作未来是会有很多危害的。化学肥料产业是完善的、组织严密的,他们的宣传鼓吹是很微妙的,但是人造肥料产业总有一天会消亡”。美国农业专家 Jerome Rodale 也在1945年发表了《Pay Dirt》一书中将化学农业定义为:依赖化学合成物,最终导致土壤板结、无生命的农业。本文认为:在满足当今社会发展要求的前提下,要想让土地摆脱对化肥的依赖而进行有机耕作,土壤本身要具有极其稳定的理化性质和强大的自我调节恢复能力。而在诸多影响因素中,土壤的团粒结构起着至关重要的作用,亦可作为我们发展的突破点。我国土壤结构性问题比较明显。如果能够快速创培理想的土壤结构,土壤结构的优质将会促进与之伴生的微生物群,水分、肥力的维持,空气、热量的流通等一系列重要因素达到最佳的状态。本文真切希望,我们能够找到农业新的发展理念和动力,实现人与自然的和谐共生。

参考文献

- [1] 侯高礼. 土壤团粒结构及其促进形成[J]. 西北园艺: 果树, 2013(1): 53-54.
- [2] 赵俭波. 土壤板结的成因与解决途径[J]. 现代农业科技, 2014(13): 261, 264.
- [3] 施春亮, 付晓展. 创造良好土壤团粒结构提高土壤种植效益[J]. 现代化农业, 2012(1): 23-24.
- [4] 金焱, 毕学工, 薛正良. 超声波对液体中颗粒凝聚作用的研究[J]. 铸造技术, 2010(7): 869-872.
- [5] 谢银月, 唐懿文, 徐申婷. 超声波的物理特性及医学应用[J]. 中国教育技术装备, 2019(2): 26-28.
- [6] 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.
- [7] Li, J.K., Chang, W.H., Lin, J.C., *et al.* (2003) Cytokine Release from Osteoblasts in Response to Ultrasound Stimulation. *Biomaterials*, **24**, 2379-2385. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(03\)00033-4](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(03)00033-4)
- [8] 柯丹, 李发琪, 刁庆春. 低强度脉冲超声波对细胞增殖及生物合成的影响[J]. 临床超声医学杂志, 2007, 9(5): 299-301.
- [9] 王雪莹. 3D 打印技术与产业的发展及前景分析[J]. 中国高新技术企业, 2012(26): 3-5.