

Study on the Effect of Silica Slag Soil Conditioner Application on Physical Properties in Facility Soil

Hongyu Chen, Zongjie Ya, Kai Tang, Yingying Gao, Yingying Chen, Kening Peng, Shuchang Lu*

College of Agronomy & Resources and Environment, Tianjin Agricultural University, Tianjin
Email: 947267885@qq.com, *lsc9707@163.com

Received: Nov. 16th, 2019; accepted: Nov. 29th, 2019; published: Dec. 6th, 2019

Abstract

In this experiment, the effects of different application dosages of silica slag conditioner on soil bulk density, soil aggregates, field water capacity and other soil physical properties were studied. A total of five silica slag application levels CK, Si1, Si2, Si3 and Si4 were designed, with application dosage of 0, 10, 20, 30 and 50 kg (SiO₂)/mu respectively. The results showed that Si4 treatment of soil bulk density was 1.34 g/cm³, significantly better than other treatments in reducing soil bulk density, and better than CK treatment. Si1 treatment was significantly better than other treatments in terms of >0.25 mm water-stable aggregate content and average weight diameter ($P < 0.05$), but there was no significant difference in other treatments. The results of soil field water holding capacity were consistent with the soil bulk density, and Si4 treatment was significantly better than other treatments and better improved than CK treatment. The application of silica residue conditioner has significant effect on soil physical properties and has positive effect on soil structure. In summary, under the conditions of this experiment, Si4 treatment, namely SiO₂ 50 kg per mu, had the best comprehensive improvement effect on soil structure.

Keywords

Tomato, Silicon Slag Conditioner, Soil Physical Properties, Soil Structure

硅渣土壤调理剂施用对设施土壤物理性状影响研究

陈泓羽, 轧宗杰, 汤凯, 高莹莹, 陈英英, 彭柯宁, 卢树昌*

天津农学院农学与资源环境学院, 天津

*通讯作者。

摘要

本试验研究硅渣调理剂不同施用量对土壤容重、土壤团聚体及田间持水量等土壤物理性状的影响, 共设计五种施硅渣水平CK、Si1、Si2、Si3、Si4, 施用量分别为0、10、20、30、50 kg (SiO₂)/亩。结果表明, Si4处理土壤容重为1.34 g/cm³, 对土壤容重降低效果显著优于其他处理($P < 0.05$), 较CK处理改善效果最佳。Si1处理在 >0.25 mm水稳性团聚体含量及平均重量直径的表现上显著优于其他处理($P < 0.05$), 其他处理无显著差异。土壤田间持水量的结果与土壤容重表现一致, Si4处理显著优于其他处理且较CK处理改善最佳($P < 0.05$)。施用硅渣调理剂对土壤物理性状有显著影响, 并且对土壤结构有积极的改善作用。综合看, 在本试验条件下, Si4处理(亩施SiO₂ 50 kg)对土壤结构的综合改善效果最佳。

关键词

番茄, 硅渣调理剂, 土壤物理性状, 土壤结构

Copyright © 2020 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

土壤是人类最基本的生产资料和物质基础, 但是随着中国如人口增长、工业发展和农业污染等矛盾不断加剧, 土壤退化成为了日益突出的环境问题[1] [2] [3]。提升土壤质量作用主要有改良土壤质地与结构, 提高土壤保水供水能力, 调节土壤酸碱度, 改良盐碱土, 改善土壤养分供应状况等。郭永忠等研究了BGA土壤调理剂对土壤物理性状的影响, 结果表明土壤调理剂能使土壤孔隙增加, 增大了土壤持水量[4]。伍海兵等[5]发现, 有机材料和脱石膏混合使用对典型城市绿地土壤物理性质改良效果最佳。秦玲等[6]认为, 草炭可有效改善土壤结构, 降低土壤容重, 改善土壤孔隙分布, 提高土壤持水能力。周红梅等研究了5种土壤调理剂(麦饭石、牡蛎壳、蒙脱石、硅钙矿和有机肥)对土壤理化性质的影响, 也有类似的效果[7]。而硅肥作为农业生产中经常施用的有益元素肥料之一, 具有参与细胞壁组成、可增强组织机械强度和稳固性、抵御病菌的入侵、影响植物的光合作用和蒸腾作用, 减轻铁、锰等离子毒害的作用, 已经被东南亚等产稻国列为继氮磷钾之后的第四大元素肥料[8] [9]。此外在番茄作物种植中需硅较多[10] [11], 如果番茄缺硅就会表现为在第一花序开花期生长点停止伸长、新叶出现畸形小叶, 这是由于栅栏组织加厚和海绵组织破坏的结果[12]。本试验研究在设施番茄种植方式下, 通过硅渣调理剂的不同施用量探究其对土壤物理性状的改良效果, 以期能为硅渣调理剂的研发及推广应用提供理论支撑。

2. 材料与amp;方法

2.1. 供试材料

供试作物为番茄, 品种为东圣888, 基本特性为: 大红果, 中熟, 一般单果重350 g左右, 生长势旺, 连续座果能力强, 株高2米左右, 当地冬春茬适于元旦前后定植, 6月初采收结束。

供试区属暖温带大陆性季风气候, 雨热同期, 年降水量 500~600 mm。试验地为天津市武清区大孟庄镇后幼庄村集约化设施菜田, 该区棚龄大部分在 10 年以上。土壤基本理化性状: 全氮含量 1.51 g/kg, 有机质含量 23.00 g/kg, 总磷含量 3.66 g/kg, 有效磷含量 163.90 mg/kg 水溶性磷含量 16.92 mg/kg, 硝态氮含量 50.11 mg/kg, pH 为 7.77, 含盐量 4.42 g/kg, 有效硅含量 453.46 mg/kg, 土壤容重 1.41 (g/cm³), 土壤田间持水量 25.07%。总体上表现为氮磷风险较高, 土壤通透性不好, 存在一定盐渍化。

供试调理剂为银亿集团提供硅渣, 是经红土镍矿经酸充分浸出除去金属氧化物后的剩余二氧化硅原料, 在微观电镜扫描下表现为类似一种平板狭缝状的片层结构, 有丰富的多孔结构, 并且在其表面附着其他矿物。主要成分及物理性质如表 1 所示。

Table 1. Main components and physical properties of test materials

表 1. 供试材料主要成分及物理性能

| 粒径 | SiO ₂ % | Al ₂ O ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | CaO% | MgO% | 比表面积 m ² /g | 平均孔径 nm | 孔体积 cm ³ /g | 24 小时吸湿 量 g/m ² | 烧失% |
|----------------|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|------|------|---------------------------|------------|---------------------------|-------------------------------|------|
| 100 目 -1 mm | 84.42 | 0.25 | 0.88 | 0.1 | 2.06 | 80~97 | 7.6~8.1 | 0.17~0.21 | 44~47 | 9.44 |

2.2. 试验设计

试验在 2019 年 1 月到 6 月进行。共设计五种施硅量, 采用随机区组设计, 试验处理及材料施用量如表 2 所示。

Table 2. Test treatment and dosage

表 2. 试验处理及施用量

| 处理 | CK | Si1 | Si2 | Si3 | Si4 |
|--------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| 亩纯SiO ₂ 量(kg) | 0 | 10 | 20 | 30 | 50 |

2.3. 样品采集及测定方法

2.3.1. 土壤容重

在种植番茄前, 在试验地随机选取 2 个采样点, 每点采样点使用 200 cm³ 环刀采集 0~20 cm 土层样品, 作为试验地土壤容重的基础值。番茄收获后, 每个处理小区“S”状选取 3 个采样点, 操作同上。实验室内将环刀内土无损失转移出来, 在 105℃ 烘箱中烘干, 然后称土重。

2.3.2. 土壤田间持水量

在种植番茄前, 在试验地随机选取 2 个采样点, 每点采样点使用 100 cm³ 环刀采集 0~20 cm 土层样品, 同时采集 0~20 cm 散土。番茄收获后, 每个处理小区“S”状选取 3 个采样点, 操作同上。在室内采用环刀原土柱浸泡与环刀散土吸水结合法, 测定田间持水量。

2.3.3. 土壤水稳性团聚体及平均重量直径的测定

称 5.00 g 经研磨过 5 mm 筛的土样, 放入不同孔径的套筛内的最上一层, 运用湿筛法, 上下往复震荡 20 min 后, 各筛控水, 放入 105℃ 的烘箱内, 烘烤 8 h, 再称得不同孔径下的烘干土重。计算大于 0.25 mm 水稳性团聚体分布、平均重量直径。

$$\text{计算公式: 平均重量直径(MWD)} = \sum_{i=0}^n \bar{R}_i \times m_i$$

式中 R_i 为某级团聚体平均直径; $m(\delta < R_i)$ 表示粒径小于 R_i 的团聚体的质量[13]。

2.4. 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2010; SPSS 22 进行数据的处理和统计分析。

3. 结果与分析

3.1. 不同施硅量处理对土壤容重的影响

本试验测定了不同施硅量条件下耕层(0~20 cm)土壤的容重, 番茄收获后各处理土壤容重结果如图 1 所示。五种施硅量处理下土壤容重范围在 1.34~1.51 (g/cm³)。从不同施硅量与土壤容重的关系中可以看出, 随着施硅量的增加, 土壤容重显著降低($P < 0.05$), 其中 Si2、Si3、Si4 处理土壤容重分别较 CK 处理降低 8.65%、9.56%以及 11.13%, 对土壤容重改善效果最佳的为 Si4 处理。

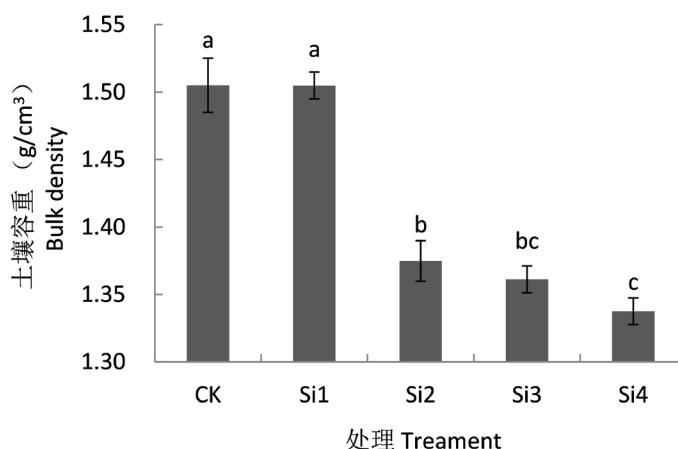


Figure 1. Soil bulk density of 0~20 cm soil layer was treated with different amount of silicon application. (Different lower-case letters indicate significant difference among different treatments ($P < 0.05$))

图 1. 不同施硅量处理下 0~20 cm 土层土壤容重。(不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)(下同))

3.2. 不同施硅量处理对土壤水稳性团聚体及平均重量直径的影响

试验结果如表 3 所示, 可以看出各处理下 >0.25 mm 水稳性团聚体表现为: 与 CK 处理相比, Si2、Si3、Si4 处理均减小, 且随施硅量的增加, >0.25 mm 水稳性团聚体比例降低越小, Si1 较 CK 处理达到显著差异($P < 0.05$)为 19.72%, 且是唯一较 CK 处理增加的处理。在土壤平均重量直径上的表现与 >0.25 mm 水稳性团聚体的表现一致, 最大的处理同样为 Si1 处理, 其次是 Si4 处理。

Table 3. The content and average weight diameter of stable aggregates were treated with different silicon application

表 3. 不同施硅量处理下水稳性团聚体含量及平均重量直径

| 处理 | >0.25 mm 水稳性团聚体(%) | 平均重量直径 |
|-----|--------------------|---------|
| CK | 18.11b | 0.2581b |
| Si1 | 19.72a | 0.2841a |
| Si2 | 16.99b | 0.2429b |
| Si3 | 17.34b | 0.2566b |
| Si4 | 17.68b | 0.2582b |

3.3. 不同施硅量处理对土壤田间持水量的影响

如图 2 所示, 从图中明显看出随施硅量的增加, 土壤田间持水量显著增大($P < 0.05$)。而 Si1、Si2、Si3、Si4 处理都较 CK 处理田间持水量增加, 且均达到显著水平($P < 0.05$), 说明施用硅渣调理剂对土壤田间持水量有显著影响, Si4 处理较 CK 处理增加效果最显著, 增加了 9.7%。

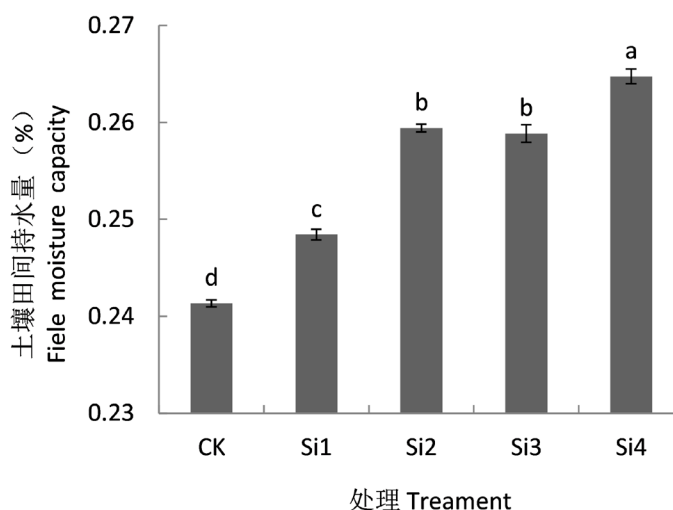


Figure 2. Soil field water capacity of 0~10 cm soil layer was treated with different silicon application
图 2. 不同施硅量处理下 0~10 cm 土层土壤田间持水量

4. 讨论与结论

土壤容重是土壤的基本物理性质之一, 影响着土壤透气、入渗性[14], 对土壤持水能力以及溶质迁移都有重要影响。肥沃土壤的容重一般在 $1.1\sim 1.3 \text{ g/cm}^3$ [15]。土壤容重数值偏大, 说明土壤过紧, 会影响到土壤水肥气热条件的变化与作物根系伸展和生长[16]。本试验土壤容重随着施硅量的增加, 土壤容重显著降低($P < 0.05$), 这可能是由于施用的硅渣调理剂自身具有疏松多孔性, 增施该调理剂, 对改善土壤结构, 降低土壤容重具有显著作用, 黄静[17]和武玉[18]等相关研究均有此结论, Si4 处理效果最佳, 对土壤水肥气热的调节及作物生长发育十分有利。

在农学上, 通常以直径为 $10\sim 0.25 \text{ mm}$ 水稳性团聚体含量判别土壤结构的好坏, 其含量多表示结构好[19]。并据此判断某种耕作措施的改良效果, 因为这种团聚体具有协调土壤保水、透气和调节水热状况的作用[20]。可以看出 Si1 处理效果最好。平均重量直径(MWD)也是反映土壤团聚体大小分布状况的常用指标, MWD 值越大, 表示团聚体的平均粒径团聚度越高, 稳定性越强[21]。本次试验中 Si1 处理显著优于其他处理。

提高土壤田间持水量则土壤保墒能力良好, 为作物形成了适宜生长发育的土壤环境, 从而使作物达到更高的产量[22]。本试验随施硅量的增加, 土壤田间持水量显著增大($P < 0.05$), 结合前文得出的随施硅量的增加土壤容重显著减小这一现象, 可能是因为土壤容重与田间持水量呈负相关关系有关[23] [24]。本试验田间持水量随施硅量的增加, 土壤田间持水量显著增大($P < 0.05$), 说明施用硅渣调理剂对土壤田间持水量有显著的改善效果, 且随施硅量的增加, 改善效果越好, 本试验中对土壤田间持水量改善最佳的处理是 Si4 处理。

通过对不同施用量硅渣调理剂对土壤容重、水稳性团聚体、平均重量直径以及田间持水量的分析表明, 施用硅渣调理剂对土壤结构改善和持水量提高有积极作用, 其中 Si4 处理(施用量 $50 \text{ kg SiO}_2/\text{亩}$)可显著改善提高土壤结构稳定性和持水能力。

基金项目

天津市大学生创新训练计划项目(201910061054); 天津市重点研发计划科技支撑重点项目(19YFZCSN00290)。

参考文献

- [1] Württenberger, L., Koellner, T. and Binder, C.R. (2005) Virtual Land Use and Agricultural Trade: Estimating Environmental and Socio-Economic Impacts. *Ecological Economics*, **57**, 679-697. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.06.004>
- [2] Qiang, W.L., Liu, A.M., Cheng, S.K., Kastner, T. and Xie, G.D. (2013) Agricultural Trade and Virtual Land Use: The Case of China's Crop Trade. *Land Use Policy*, **33**, 141-150. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.017>
- [3] Tao, B., Tian, H.Q., Chen, G.S., et al. (2013) Terrestrial Carbon Balance in Tropical Asia: Contribution from Cropland Expansion and Land Management. *Global and Planetary Change*, **100**, 85-98. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.09.006>
- [4] 郭永忠, 景春梅, 王峰, 等. BGA 土壤调理剂对土壤结构及养分的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(12): 87-90.
- [5] 伍海兵, 方海兰, 彭红玲, 等. 不同配比改良材料对典型城市绿地土壤物理性质的影响[J]. 土壤, 2014, 46(4): 703-709.
- [6] 秦玲, 魏钦平, 李嘉瑞, 等. 根区不同改土模式对葡萄根系生长的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7): 270-272.
- [7] 周红梅, 孙蓓锋, 段成鼎, 等. 5 种土壤调理剂对大蒜土壤理化性质和大蒜产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(3): 26-30.
- [8] 范美蓉. 赤泥对污染稻田重金属钝化行为及其肥效研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [9] 王远敏. 硅对水稻生长发育及产量品质的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2007.
- [10] 孔爱科, 孔令波. 硅肥科学施用技术[J]. 现代农业科技, 2012(6): 321+323.
- [11] 周济煊. 谈谈钢铁渣肥料开发生产的问题[J]. 中国资源综合利用, 2001(7): 30-31.
- [12] 邹邦基. 植物生活中的硅[J]. 植物生理学通讯, 1980(3): 14-20.
- [13] 朱经伟, 张云贵, 李志宏, 等. 不同土壤改良剂对整治烟田土壤团聚体组成的影响[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(2): 341-348.
- [14] 毛伟兵, 傅建国, 孙玉霞, 等. 引黄泥沙对小开河灌区土壤理化性状的影响[J]. 人民黄河, 2009, 31(8): 66-68.
- [15] 贾利梅. 不同改良材料对滨海粘质盐土物理性状和棉花产量的影响[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [16] 陈超, 刘莉, 曾湧, 李博文, 王锡平. 不同耕作措施对冬小麦农田耕层土壤物理性状的影响[J]. 农业科技与信息, 2019(17): 11-13.
- [17] 黄静. 改良剂对旱地红壤保水保肥效果的影响[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 南昌工程学院, 2014.
- [18] 武玉, 徐刚, 吕迎春, 等. 生物炭对土壤理化性质影响的研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(1): 68-79.
- [19] 张赛, 王龙昌. 保护性耕作对土壤团聚体及其有机碳含量的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(4): 263-267+272.
- [20] 周从从, 陈竹君, 赵世翔, 等. 不同栽培模式及施氮量对土壤团聚体的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3): 100-105.
- [21] 邱云霄, 黄彩凤, 周垂帆. 生物炭性质及对土壤物理性质改良的研究[J]. 民营科技, 2016(9): 75-76.
- [22] 孟李群. 施用生物炭对杉木人工林生态系统的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 福州: 福建农林大学, 2014.
- [23] 李艳, 李玉梅, 刘峥宇, 等. 秸秆还田对连作玉米黑土团聚体稳定性及有机碳含量的影响[J]. 土壤与作物, 2019, 8(2): 129-138.
- [24] 李涛, 李芹, 王树明, 等. 不同橡胶林对土壤容重及田间持水量的影响研究[J]. 热带农业科学, 2015, 35(12): 1-6+12.