

秸秆还田对小麦 - 玉米轮作土壤有机无机胶结物质的影响研究

舒晓晓^{1,2,3,4,5}, 孙 路^{1,2,3,4,5}

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自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

⁴自然资源部土地工程技术创新中心, 陕西 西安

⁵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4月21日; 录用日期: 2022年5月20日; 发布日期: 2022年5月31日

摘 要

通过研究施肥和秸秆还田后, 小麦 - 玉米轮作土壤中胶结物质的含量, 探究秸秆还田对土壤理化性质的影响。结果表明, NP + 1/3S (氮磷与三分之一秸秆还田)施肥和秸秆还田均增加了土壤中五碳糖和六碳糖的含量。同时增加了游离态氧化铁、游离态氧化铝含量, 有利于土壤中团聚体的稳定。因此, 在小麦 - 玉米轮作中建议采用NP + 1/3S秸秆还田模式进行种植更有利于胶结物质形成, 促进土壤团聚体稳定。

关键词

胶结物质, 秸秆还田, 土壤理化性质, 土壤团聚体

Effects of Straw Returning on Soil Organic and Inorganic Cementitious Substances in Wheat-Maize Rotation

Xiaoxiao Shu^{1,2,3,4,5}, Lu Sun^{1,2,3,4,5}

¹Shaanxi Land Construction Land Engineering Technology Research Institute Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

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

³Key Laboratory of Degradation and Unused Land Remediation, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Land Engineering Technology Innovation Center, Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁵Shaanxi Provincial Land Remediation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Received: Apr. 21st, 2022; accepted: May 20th, 2022; published: May 31st, 2022

Abstract

By studying the content of cementitious substances in wheat-maize rotation soil after fertilization and straw returning, the effect of straw returning on soil physicochemical properties was explored. The results showed that both NP + 1/3S (nitrogen and phosphorus and one-third of straw returning) fertilization and straw returning increased the content of penta- and hexa-sugars in soil. At the same time, the content of free iron oxide and free alumina was increased, which was beneficial to the stability of aggregates in soil. Therefore, it is recommended to use the NP + 1/3S straw returning mode for planting in the wheat-maize rotation, which is more conducive to the formation of cementitious substances and promotes the stability of soil aggregates.

Keywords

Cementitious Matter, Straw Returning to the Field, Soil Physicochemical Properties, Soil Aggregates

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

土壤团聚体显著影响着土壤诸多理化性质,其中团聚体数量的多少在一定程度上反映着土壤持水性、供储养分、通透性等能力的高低[1]。土壤团聚体组成及其基本特性既是决定土壤侵蚀、压实、板结等物理过程与作用的关键指标,又是评价土壤肥力和土壤质量的重要指标[2]。土壤团聚体的形成和稳定与各种胶结剂的胶结作用有关,而团聚体胶结剂受土壤管理措施的影响,其中不同的施肥量及施肥措施影响作物生长进而影响土壤团聚体的胶结剂[3][4]。胶结物质可以促使土壤矿物颗粒粘结形成团聚体,对团聚体的形成起着重要作用[2][5]。而进行秸秆还田对土壤中胶结物质的影响变化不一,并且有机无机胶结剂在团聚体形成及稳定性方面发挥着极为重要的作用[4][5]。因此,探求长期秸秆还田对土壤团聚体及胶结剂作用规律是富有科学价值的工作与任务。

进行长期定位试验具有重复性强、信息相对全面等特征,可以降低由于地域、气候、时间、母质等其他因素的影响,更加完整地研究长期定位试验条件下土壤因不同耕作措施、种植方式、施肥、秸秆还田等人为管理措施驱动团聚体稳定性的变化[5][6][7]。因此,本项目拟以陕西省渭北旱塬区富平中试基地试验田为材料,研究长期秸秆还田对土壤胶结剂特性以及团聚体稳定性的影响,对秸秆合理利用、土壤肥力培育以及对农田土壤的开发、保护和可持续利用具有重要意义,同时对于揭示团聚体形成机制及稳定性改善等情况具有极为重要科学价值。

2. 研究方案

2.1. 研究区概况

试验地位于陕西省土地工程研究院富平中试基地,年平均气温 13℃,年降水量约 550 mm,集中在 6~9 月,属暖温带半湿润偏旱季风气候,农业生产以旱作农业为主。供试土壤为黄土母质发育的壤土,土体深厚,质地疏松,蓄水、保肥能力强。试验开始前测定 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 土层的 pH、

有机质、全氮、有效磷、速效钾和质地等。

2.2. 试验设计

试验预计于 2018 年小麦季(10 月中旬)开始, 采用冬小麦 - 夏玉米一年两熟耕作制。小麦以小偃 22 为主, 玉米以豫玉 22 为主, 布设试验前进行了三季作物匀地。试验为随机区组排列, 小区面积为 30 m^2 ($5 \text{ m} \times 6 \text{ m}$), 试验共设 8 个处理: 1) 不施肥(CK); 2) 秸秆全量还田(S); 3) 施氮磷(NP); 4) 氮磷与三分之一秸秆还田($\text{NP} + 1/3\text{S}$); 5) 氮磷与三分之二秸秆还田($\text{NP} + 2/3\text{S}$); 6) 氮磷与秸秆全量还田($\text{NP} + \text{S}$); 7) 施氮磷钾(NPK); 8) 氮磷钾与秸秆全量还田(NPKS), 每个处理重复 3 次。氮、磷和钾肥以基肥的形式于每季作物施用一次, 秸秆也于每季作物还田一次。每季作物氮、磷、钾肥的施入量分别为: $\text{N}: 150 \text{ kg}/\text{hm}^2$; $\text{P}_2\text{O}_5: 120 \text{ kg}/\text{hm}^2$; $\text{K}_2\text{O}: 90 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。小麦或玉米收获后, 处理 CK 和 NP 和 NPK 的秸秆全部拿走, 其余处理的秸秆切断后按照其设计比例进行还田。

试验完成后采集 0~60 cm 新鲜土样, 然后带回室内, 沿土壤自然缝隙把大土块用手轻轻掰成 $< 10 \text{ mm}$ 的小土块, 混匀风干并剔除其中石块、根系, 分别过 20 目、60 目和 100 目筛子待测。

2.3. 有机无机胶结剂的提取与测定

2.3.1. 铁铝氧化物提取与测定

土壤与团聚体中不同形态铁氧化物含量测定: 游离氧化铁, 采用连二亚硫酸钠 - 柠檬酸钠 - 重碳酸钠提取法; 非晶型氧化铁, 采用酸性草酸铵提取法; 用游离氧化铁减去非晶型氧化铁、即晶形氧化铁含量; 络合态氧化铁: 焦磷酸钠提取。用 AAS 测定溶液中铁的含量。

具体方法: 1) 游离态氧化铁采用 DCB 法提取: 称取过 0.25 mm 筛风干土样 0.3 g 于 50 mL 离心管中, 加 0.3 mol/L 柠檬酸钠 20 mL, 1 mol/L 重碳酸钠 2.5 mL 置于试管架中放入 80°C 水浴锅中, 迅速加连二亚硫酸钠(保险粉) 0.5 g, 用玻璃棒不断搅拌 15 min。取出冷却后离心分离, 将浸提液转入 250 mL 容量瓶中, 如此重复 2~3 次, 再用 1 mol/L NaCl 溶液按上述同样步骤洗涤离心管中样品 1 次, 洗液转入同一容量瓶中, 定容后储存于 10 mL 离心管中, 采用 AAS 测定铁的含量。2) 非晶型氧化铁的测定采用草酸铵法提取: 称取过 0.25 mm 筛风干土样 0.5 g 于 50 mL 离心管中, 按土液比 1:50 加入 0.2 mol/L 草酸铵溶液 25 mL, 加塞后装入里红外黑的双层布袋遮光放入摇床震荡 2 h 后立即离心分离(4000 r/min), 浸提液储存于 10 mL 离心管中, 用 AAS 测定铁的含量。3) 络合态氧化铁的测定采用焦磷酸钠提取: 称取过 0.25 mm 筛风干土样 2 g 于 250 mL 锥形瓶中, 按土液比 1:20 加入焦磷酸钠溶液, 震荡 2 h 后立即离心分离(4000 r/min), 浸提液储存于 10 mL 离心管中, 用 AAS 测定铁的含量。铝氧化物提取与测定的方法与铁氧化物一致。

2.3.2. 腐殖质和结合形态有机碳的测定

土壤与团聚体有机质密度分组参照 Golchin 等(1994)的方法, 即将土壤有机碳分为游离态轻组、闭蓄态轻组和重组。具体方法为: 1) 称 10.0 g 土样装入已称重的 100 mL 离心管中, 加入 50 mL NaI (1.8 g/mL) 溶液, 用手轻轻摇动, 静置室温过夜。次日在转速为 3500 rpm, 离心 15 min, 将溶液倒出过滤, 滤液回收再用。再向离心管中加入 50 mL NaI 溶液, 摇动、离心、过滤, 重复 2 次。留在滤膜上的物质用 0.01 mol/L CaCl_2 溶液和蒸馏水 100 mL 洗涤, 然后转移至 50 mL 烧杯中, 冻干、称重, 这一组分为游离态轻组; 2) 离心管内沉淀继续加 50 mL NaI 溶液, 摇动后, 超声 5 min。离心、过滤同上, 并重复 2 次。滤膜上的物质经洗涤后转移至烧杯中, 冻干、称重, 这一组分为闭蓄态轻组; 3) 离心管内沉淀加 50 mL 蒸馏水, 振荡 20 min, 离心 20 min, 管内沉淀用 95% 乙醇反复洗涤至无色, 冻干、称重, 这一组分为重组。以上组分用玛瑙研钵研磨, 过 0.25 mm 筛, 碳含量采用重铬酸钾氧化法测定。

2.3.3. 土壤多糖的测定

土壤六碳糖含量用蒽酮法测定: 置硬质试管于试管架上, 准确吸取 10 mL 蒽酮试剂, 移入各试管中。置此试管架于冷水浴中, 再用吸管加入经处理后的水解液 5 mL, 用带玻璃球的玻璃棒搅匀后, 将试管移在铁丝篓中置于沸水浴中加热 10 min, 取出, 立即放在冷水中冷却。在显色后半小时内, 在分光光度计(波长 625 毫微米)上比色。

标准曲线: 将葡萄糖标准液稀释成 5, 10, 15, 20, 25 ug/mL, 按上述方法显色, 比色。以蒽酮试剂加 5 mL 蒸馏水, 同样显色后作为空白。绘制标准曲线。

土壤五碳糖含量用草酸 - 苯胺法测定: 吸取经处理后的水解液 2 mL, 置于刻度是 10 mL 的试管中, 准确加入 6 mL 苯胺试剂, 混合均与后, 放置在暗室中, 20~24 小时后, 在分光光度计上(波长 470 毫微米)比色。

每次测定时, 将木糖标准液稀释成 10, 20, 30, 40, 50, 60 ug/mL, 按上述方法同时显色测定其透光度。用试剂加蒸馏水为空白, 绘制标准曲线。

3. 结果与分析

3.1. 不同秸秆还田模式对土壤中多糖和铁铝氧化物的影响研究

表 1 表明, 相比 CK 处理, 施肥和秸秆还田均增加了土壤中五碳糖和六碳糖的含量。其中, NP + 1/3S 处理五碳糖增幅最大, 相比 CK 增加了 46.5%, NP、NP + 1/3S、NP + 2/3S 六碳糖增幅最大, 相比 CK 分别增加为 30.2%、30.2%、31.3%; 各处理游离态氧化铁含量相比 CK 均显著增加, 其中 NP + 1/3S 较 CK 增加 29.1%, 而非晶型氧化铁以及络合态氧化铁各处理间均无显著变化; 各处理中游离态铝的含量均较 CK 处理显著增加, 且 NP + 1/3S 处理增幅最大, 为 3.9%, 非晶型氧化铝的含量施肥处理较 CK 无显著变化, 但秸秆还田处理均增加了其含量, NP + 1/3S 增幅较 CK 增加 17.9%, 增加值最大, 各处理间络合态氧化铝含量变化幅度较小, 仅 NP + 2/3S 处理差异显著, 较 CK 增加 33.3%, 综合来看, NP + 1/3S 均有利于多糖的积累以及团聚体中铁铝氧化物的形成, 因此, 该处理有利于土壤中团聚体的稳定。

Table 1. Contents of polysaccharides and iron and aluminum oxides in soil under different straw returning patterns

表 1. 不同秸秆还田模式下土壤中多糖和铁铝氧化物含量

处理	多糖		铁氧化物			铝氧化物		
	五碳糖 (g/kg)	六碳糖 (g/kg)	游离氧化铁 (g/kg)	非晶型氧化铁(g/kg)	络合态氧化铁(g/kg)	游离氧化铝 (g/kg)	非晶型氧化铝(g/kg)	络合态氧化铝(g/kg)
CK	0.71 c	0.96 c	40.79 e	7.59 bc	0.35 ab	4.56 d	1.34 ef	0.69 c
S	0.79 ab	1.02 ab	44.46 c	7.62 bc	0.38 ab	4.64 c	1.42 cd	0.70 bc
NP	0.96 b	1.25 c	48.37 d	7.66 c	0.36 bc	4.68 d	1.51 f	0.81 c
NP + 1/3S	1.10 a	1.25 a	52.64 a	7.66 b	0.32 a	4.74 a	1.58 a	0.88 bc
NP + 2/3S	1.04 ab	1.26 ab	51.73 ab	7.46 a	0.25 ab	4.64 ab	1.48 ab	0.92 a
NP + S	0.93 b	1.13 b	50.69 bc	7.25 b	0.27 abc	4.60 bc	1.36 bc	0.85 ab
NPK	0.83 c	1.07 c	49.36 bc	7.21 b	0.25 c	4.57 c	1.25 e	0.80 bc
NPKS	0.96 b	1.15 b	51.60 d	7.39 b	0.28 c	4.67 ab	1.45 d	0.80 bc

3.2. 不同秸秆还田模式对土壤中有机碳结合形态的影响研究

图 1 中, 有机碳的主要结合形态为闭蓄态重组, 各处理相比 CK 的含量均有增加, 且 NP + 1/3S 增幅

最大, 为 14.7%, 其次为 NP + 2/3S、NP + S, 单施无机肥处理 NP、NPK 虽略有增加, 但差异不显著; 有机碳游离态轻组含量和有机碳闭蓄态轻组含量形态占比较小, 且游离态轻组有利于土壤质量的提升。图 1 中, 相比 CK, 游离态轻组含量均显著增加, 其中 NP + 1/3S 增幅最大, 为 38.7%, 其次为 NP + 2/3S、NP 处理, 同时, NP + 1/3S 处理的有机碳闭蓄态轻组含量值最高, 其次为两种肥料和秸秆混合处理(NP + 2/3S、NP + S), 综合来看, NP + 1/3S 更有利于土壤质量提升。

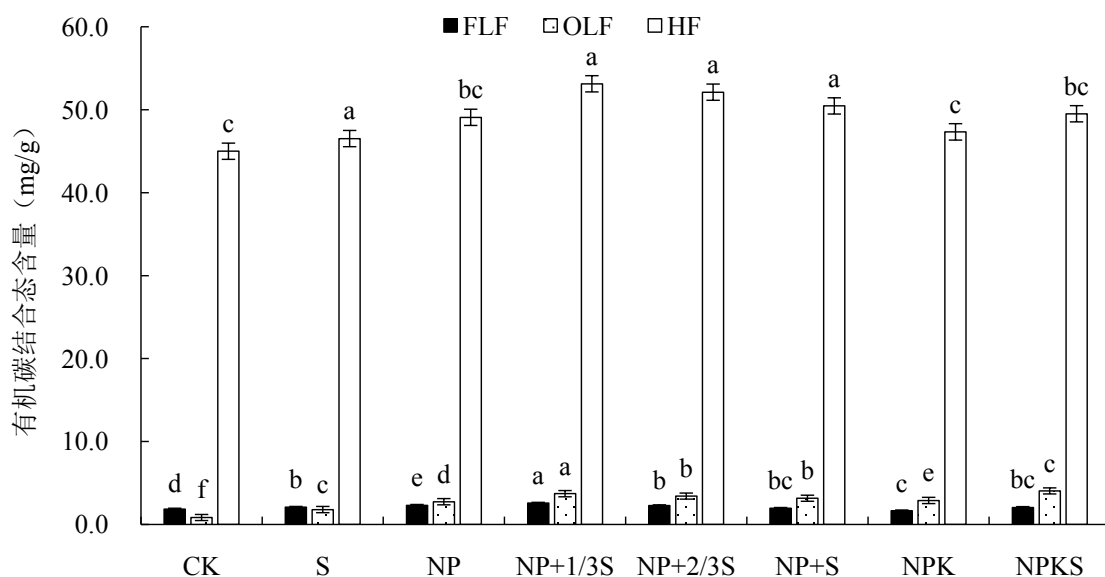


Figure 1. Distribution characteristics of organic carbon binding state in soil under different straw returning modes
图 1. 不同秸秆还田模式下土壤中有机碳结合态分布特征

4. 结论

相比 CK 处理, 施肥和秸秆还田均增加了土壤中五碳糖和六碳糖的含量。其中, NP + 1/3S 处理相比 CK 五碳糖含量增加了 46.5%, 六碳糖含量增加了 30.2%, 同时游离态氧化铁、游离态氧化铝含量相比 CK 分别增加 29.1%、3.9%, 有利于土壤中团聚体的稳定。有机碳的主要结合形态为闭蓄态重组, 且各种形态中 NP + 1/3S 增幅较 CK 最大, 更有利于土壤质量提升。因此, 在小麦 - 玉米轮作中建议采用 NP + 1/3 秸秆还田模式进行种植更有利于胶结物质形成, 促进土壤团聚体稳定。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2021-20)。

参考文献

- [1] 张家春, 刘盈盈, 贺红早, 等. 土壤团聚体与有机碳固定关系研究进展[J]. 福建农业学报, 2016, 31(3): 319-325.
- [2] 刘威. 连续秸秆还田对土壤结构性、养分和有机碳组分的影响[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [3] 倪进治, 徐建民, 谢正苗. 有机肥料施用后潮土中活性有机质组分的动态变化[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(4): 416-419.
- [4] 王丽, 李军, 李娟, 等. 轮耕与施肥对渭北旱作玉米田土壤团聚体和有机碳含量的影响[J]. 应用生态学报, 2014, 25(3): 759-768.
- [5] 安婉丽, 高灯州, 潘婷, 等. 水稻秸秆还田对福州平原稻田土壤水稳性团聚体分布及稳定性影响[J]. 环境科学学报, 2016, 36(5): 1-8.

- [6] 杨如萍, 郭贤仕, 吕军峰. 不同耕作和种植模式对土壤团聚体分布及稳定性的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(1): 252-256.
- [7] 聂文婷, 胡波. 土壤团聚体稳定性及其影响因素研究进展[C]//中国水土保持学会. 2014 年海峡两岸水土保持学术研讨会论文集. 2014: 52-56.