

# 不同年限蓖麻连作对土壤团粒结构的影响

刘晓芳 张智勇\* 丁宁 田福东 李雅剑

(通辽市农牧科学研究所生物技术工程与资环研究中心,内蒙古通辽 028015)

**摘要** 为了减轻蓖麻连作障碍及土壤结构性退化,研究了不同年限蓖麻连作对土壤团粒结构的影响。结果表明:中间团聚体随着连作年份的增加呈现先上升再下降的趋势,连作5年、10年蓖麻田分别较轮作对照提高13.27%、0.36%;土壤容重随着蓖麻种植年限的增加呈现先下降后上升再下降的变化趋势,且连作5年、10年、20年较轮作对照分别降低11.51%、6.47%、12.23%;土壤含水量较轮作对照分别提高2.61%、10.10%、1.31%。短期连作并未对土壤造成结构性退化,但连作10~20年的蓖麻田的微团聚体和粉黏粒高于轮作蓖麻田对照,造成土壤结构退化,不利于土壤团聚体的稳定性。

**关键词** 蓖麻连作;土壤团粒结构;土壤容重;土壤含水量

**中图分类号** S152.3 **文献标识码** A

**文章编号** 1007-5739(2022)10-0001-03

**DOI**: 10.3969/j.issn.1007-5739.2022.10.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effects of Castor Continuous Cropping with Different Years on Soil Aggregate Structure

LIU Xiaofang ZHANG Zhiyong\* DING Ning TIAN Fudong LI Yajian

(Biotechnology Engineering and Resource Environment Research Center, Agricultural and Animal Husbandry Research Institute of Tongliao City, Tongliao Inner Mongolia 028015)

**Abstract** In order to reduce the obstacles of castor continuous cropping and soil structural degradation, the effects of castor continuous cropping with different years on soil aggregate structure were studied. The results showed that the intermediate aggregates increased first and then decreased with the increase of continuous cropping years. The intermediate aggregates of castor field for continuous cropping for 5 years and 10 years increased by 13.27% and 0.36% respectively compared with the rotation control. The soil bulk density decreased first, then increased and then decreased with the increase of castor planting years. The soil bulk density of castor field for continuous cropping for 5 years, 10 years and 20 years decreased by 11.51%, 6.47% and 12.23% respectively compared with the rotation control. Compared with the rotation control, the soil water content increased by 2.61%, 10.10% and 1.31% respectively. The short-term continuous cropping did not cause soil structural degradation, but the micro aggregates and silt particles in the continuous cropping castor field for 10-20 years were higher than those in the rotation castor field, resulting in soil structural degradation, which was unfavorable to the stability of soil aggregates.

**Keywords** castor continuous cropping; soil aggregate structure; soil bulk density; soil water content

蓖麻属于大戟科,作为一种适应性强、种植性能好的深根植物,其具有很高的综合利用价值。蓖麻籽压榨出的蓖麻油是重要的工业原料,在缝合剂、液压油等化工品的开发上均有广泛用途<sup>[1]</sup>。但是,多年连

作蓖麻会出现连作障碍现象,导致生长受到抑制,病害加重,也会给土壤物理性状带来一定影响,同时产量也会呈现一定程度的下降<sup>[2]</sup>。有学者研究了蓖麻连作土壤中微生物代谢多样性,结果表明,随着培养时间的延长,平均每孔颜色变化率值不断增加。同时,连作影响了土壤结构,进而影响水分含量变化、养分及土壤中的物质交换、微生物区系活动、作物根系分布等过程,最终影响作物生长发育<sup>[3]</sup>。蓖麻作为油料

**基金项目** 内蒙古自然科学基金项目(2019MS03004);农业基础性长期性科技工作项目(NAES064SQ22)。

**作者简介** 刘晓芳(1990—),女,内蒙古赤峰人,硕士,助理研究员。研究方向:作物育种与耕作栽培。

\* 通信作者

**收稿日期** 2021-09-16

作物,因存在不耐连作的实际情况,轮作是常见的种植方式,但是关于蓖麻连作对土壤物理性状的影响研究较少。本研究旨在分析土壤物理结构的同时明确蓖麻多年连作对土壤机械组成的影响,为该区连作及轮作蓖麻的合理耕作种植及农田土壤物理性状年际动态变化研究提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验田位于通辽市农牧科学研究所试验区,位于北纬  $42^{\circ}15' \sim 45^{\circ}41'$ 、东经  $119^{\circ}15' \sim 123^{\circ}43'$ ,地处松辽平原西端,蒙古高原递降到低山丘陵和倾斜冲击平原地带,属中温带季风大陆性气候,日照充足,四季分明,雨热同季,年平均降水量 350~400 mm,年平均气温  $7.0^{\circ}\text{C}$  左右。土壤肥力中等偏上,土质为白五花土。试验田种植作物为蓖麻,连作蓖麻分别于 2000 年、2010 年和 2015 年播种,轮作蓖麻于 2000 年播种,与其轮作的作物为当地栽培的禾本科作物。

### 1.2 试验设计

试验设 4 个处理,分别为连作 5 年(A)、连作 10 年(B)、连作 20 年(C),以与禾本科高粱常年轮作作对照(CK)。3 次重复,共 12 个小区,小区面积  $100\text{ m}^2$  ( $5\text{ m} \times 20\text{ m}$ )。各处理均在每年 5 月播种,10 月收获。

### 1.3 测定指标及方法

土壤样品于 2019 年秋季收获后采集于通辽市农牧科学研究所,农耕地为长期连作的定位蓖麻田,对不同处理 3 个重复小区 0~30 cm 土层进行土样采集,每次采集 3 点混匀后取 1 kg 左右土样,每个处理同样的方法取样 3 次,土壤样品采集后放在硬质铝盒内运回实验室,以免破坏团聚体结构。在自然结构面用手将采回的土壤掰成直径 1 cm 以下的小土块,处理时尽量避免受到机械压力,筛除根系和小石粒,土壤风干备用。采用 Elliott 提出的干筛法测定土壤机械稳定性团聚体含量;用环刀法测定各土层土壤容重<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同年限蓖麻连作对土壤团聚体结构百分比的影响

由图 1 可知,不同年限蓖麻连作的土壤团聚体

构分布呈现出随粒径逐渐增大先升高后下降的趋势,各处理均在  $<0.25\text{ mm}$  的土壤微团聚体土壤粒径所占的百分比最大,处理 A、B、C 及 CK 占比分别为 42.97%、46.03%、30.98%、38.84%,其中  $<0.500\text{ mm}$ 、 $<1.000\text{ mm}$ 、 $<2.000\text{ mm}$  的土壤团粒结构均呈现出处理 A>CK>处理 C>处理 B 的分布规律,同时  $>2.000\text{ mm}$  的土壤团粒结构分布中表现为 CK>处理 A>处理 C>处理 B。

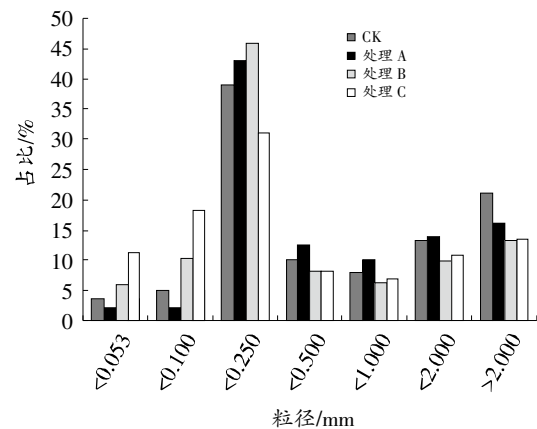


图 1 不同年限蓖麻连作土壤团聚体结构百分比

### 2.2 不同年限蓖麻连作对每 100 g 土壤所含土壤团聚体质量的影响

由图 2 可知,各处理中间团聚体 ( $0.25 \sim 2.00\text{ mm}$ ) > 大团聚体 ( $>2\text{ mm}$ ) > 微团聚体 ( $0.053 \sim 0.250\text{ mm}$ ) > 粉黏粒 ( $<0.053\text{ mm}$ ), 各处理以中间团聚体所占 100 g 土壤质量最大,且表现出随着连作年份的累加呈现出先上升再下降的趋势,其中处理 A 和处理 B 分别较 CK 提高了 13.27%、0.36%,而处理 C 较 CK 降低了 18.75%。土壤微团粒结构和土壤粉黏粒结构均表现为随着连作年份累加呈现先下降后上升的变化趋势。

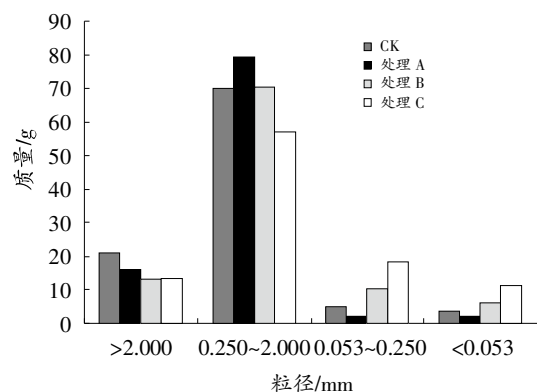


图 2 不同年限蓖麻连作对每 100 g 土壤所含土壤团聚体质量的影响

势,且以处理 C 最高,分别较 CK 提高 2.6、2.1 倍。

### 2.3 不同年限蓖麻连作对土壤容重及含水量的影响

由表 1 可知,各处理土壤容重随着蓖麻连作年限的增加呈现出先下降后上升再下降的变化趋势,其中 CK 的土壤容重最大,处理 A、B、C 分别较 CK 降低了 11.51%、6.47%、12.23%,而各处理收获后的土壤含水量表现为处理 B>处理 A>处理 C>CK,且各处理较 CK 分别提高 2.61%、10.10%、1.31%。

表 1 不同年限蓖麻连作对土壤容重及含水量的影响

处理	容重/g	含水量/%
CK	1.39	11.48
A	1.23	11.78
B	1.30	12.64
C	1.22	11.63

### 3 结论与讨论

不同粒径的土壤团聚体组成及其稳定性可反映土壤结构的变化<sup>[5]</sup>,团聚体几何平均直径(GMD)和平均重量直径(MWD)作为体现土壤中团聚体稳定性的关键指标,GMD 和 MWD 值越大,团聚度越高,稳定性越强<sup>[6-7]</sup>。蓖麻田土壤团聚体组分均以中间团聚体和大团聚体为主,微团聚体和粉黏粒为辅,不同连作年限的土地利用方式并未直接影响土壤团聚体主要组分的分布。对于微团聚体、粉黏粒而言,连作 10 年和连作 20 年的蓖麻田明显高于轮作的蓖麻田,而连作 5 年的蓖麻田略低于轮作蓖麻田。说明 5 年的短期蓖麻连作可以导致大团聚体破碎、中间团聚体增加,尤其是微团聚体和粉黏粒下降;短期连作较轮作蓖麻田而言并未对土壤造成结构性退化,有效避免了中间团聚体的破坏,减少了微团聚体及粉黏粒的每百克所占质量,一定程度上提高了土壤团聚体的稳定性。连作 10~20 年的蓖麻田土壤微团聚体和粉黏粒所占比例明显高于对照轮作蓖麻田,说明多年连作会在一定程度上增加微团聚体和粉黏粒的比例,造成土壤结构的退化,同时不利于土壤团聚体的稳定性,也不利于维系土壤良好结构。综合来看,土壤团粒结构的年际动态变化一定程度取决于作物的种植方式、连作时间的长短等因素。

土壤容重和孔隙度代表土壤的松紧程度及孔隙状况,是土壤物理性状的重要指标<sup>[8]</sup>,也是反映土壤

物理结构的重要指标和影响因素。本试验结果表明:蓖麻多年连作田的土壤容重随着连作时间的增加呈现出动态下降的变化规律;土壤含水量的年际动态变化与土壤容重相反,呈现出随连作时间增加而逐渐升高的变化规律,在一定程度上增加了土壤表层 0~30 cm 的土壤含水量。

有学者研究表明,压实使得土壤颗粒重新排列得更加紧密,土壤容重增加,孔隙度减小,土壤紧实度增加,水分渗透能力下降,严重影响作物根系对水分和养分的吸收利用<sup>[9]</sup>。土壤物理性状中,水稳定性团聚体数量、容重、土壤含水量是评估土壤质量常用的指标<sup>[10-12]</sup>,随着蓖麻连作年限的增加,土壤容重逐渐减小,且土壤含水量相对增加,与此研究一致,可能是由于蓖麻属于直根系,有较强穿透土壤的能力,容易打破土壤团粒结构,而对照蓖麻—高粱轮作田因为直根系与须根系作物轮作倒茬,减少了对土壤结构的影响,使其保持相对稳定的原始状态。也有学者研究表明,覆盖作物根干重密度均随深度的增加而下降<sup>[13]</sup>,土壤紧实度随着根干重密度增加而减少,同时降低土壤容重。本文未对根干重进行测定与探索,对轮作及连作物根干重密度的影响结果不明,待进一步研究。也有学者研究表明,总孔隙度和土壤含水量与容重的空间分布相反<sup>[14]</sup>,大量的毛管孔隙有利于水分及营养的快速供应,保证作物的生长需求,而在团粒结构内部及团粒结构之间存在的非毛管孔隙,则有利于通气透水,减少了由于雨水冲蚀造成的地表侵蚀,防止水土流失的发生<sup>[15]</sup>。>0.1 mm 粒径的土壤均为毛管孔隙结构,其中 10 年连作蓖麻田与 20 年连作蓖麻田较对照轮作蓖麻田的毛管孔隙有明显提高,同时土壤含水量也高于对照轮作蓖麻田,而 5 年连作蓖麻田因为土壤容重较小,土壤含水量也高于对照轮作蓖麻田,有学者认为土壤含水量与地形、质地和气候等因素的影响有关,且时空分布存在明显差异<sup>[16]</sup>,这与该学者研究结果不一致。

### 4 参考文献

[1] 陈明,范涛,张丽丽,等.蓖麻资源综合利用研究进展[J].农学学报,2018,8(9):58-63.

(下转第 7 页)

体来看,表现较好。处理 F<sub>1</sub> 新陆早 46 产量最低,但仍较处理 F<sub>2</sub> 提高了 281.48 kg/hm<sup>2</sup>,增产幅度为 5.58%。

## 2.4 经济效益分析

由表 5 可以看出,处理 F<sub>1</sub> 施肥量 1 425 kg/hm<sup>2</sup>,较处理 F<sub>2</sub> 多施 75 kg/hm<sup>2</sup>,但处理 F<sub>1</sub> 籽棉平均产量

为 5 063.42 kg/hm<sup>2</sup>,较处理 F<sub>2</sub> 增产 9.52%,最终实现增效 3 250.41 元/hm<sup>2</sup>。

## 3 结论与讨论

施用酸性水溶性肥料是改善土壤环境、提升其供肥性能、促进作物根系生长及养分吸收功能的重

表 5 棉花产量及经济效益分析

配肥处理	籽棉平均产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	产值/(元·hm <sup>-2</sup> )	肥料用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	施肥成本/(元·hm <sup>-2</sup> )	净增产值/(元·hm <sup>-2</sup> )
F <sub>1</sub>	5 063.42	38 481.99	1 425	5 322.0	3 250.41
F <sub>2</sub>	4 623.30	35 137.08	1 350	5 227.5	-

注:籽棉单价按照 2019 年平均收购价的 7.6 元/kg 计。肥料价格尿素 1.6 元/kg、高磷肥 5.8 元/kg、高钾肥 5.6 元/kg、肥帝溉 7.8 元/kg、硫酸钾 4.5 元/kg。

要途径。邸书新等<sup>[8]</sup>研究表明,随水施用酸性液体滴灌肥可以不同程度提高肥料利用率,提高棉花单铃重、单铃数数和产量。本试验研究结果表明,惠尔“绿多利”牌酸性水溶肥可提高叶片 SPAD 值,具有一定的增产增效作用,值得南疆无膜棉区推广施用。

## 4 参考文献

- [1] 段锦波,翟勇,柴颖,等.不同滴灌施肥模式对棉花产量及养分吸收的影响[J].中国土壤与肥料,2014(6):52-58.
- [2] 喻树迅.无膜棉对中国棉花产业转型升级的意义[J].农学学报,2019,9(3):1-5.
- [3] 祁虹,赵贵元,王燕,等.我国棉田残膜污染危害与治理

(上接第 3 页)

- [2] 张锡顺,杨建国.法国蓖麻杂交种的生育特性及栽培技术[J].云南农业科技,2001(2):11-13.
- [3] 张心昱,陈利顶,傅伯杰,等.农田生态系统不同土地利用方式与管理措施对土壤质量的影响[J].应用生态学报,2007,18(2):303-309.
- [4] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [5] 郑子成,李廷轩,张锡洲,等.不同土地利用方式下土壤团聚体的组成及稳定性研究[J].水土保持学报,2009,23(5):228-231.
- [6] 刘杰,马艳婷,王宪玲,等.渭北旱塬土地利用方式对土壤团聚体稳定性及其有机碳的影响[J].环境科学,2019,40(7):3361-3368.
- [7] NIMMO J R, PERKINS K S. 2.6 aggregates stability and size distribution[M]//SSSA Book Series. Madison, WI USA: Soil Science Society of America, 2018: 317-328.
- [8] 王月玲,许浩,马璠,等.宁南黄土区典型林地土壤抗冲性及相关物理性质[J].水土保持研究,2021,28(1):37.

措施研究进展[J].棉花学报,2021,33(2):169-179.

- [4] 艾则孜·巴图尔,张栋海,吉光鹏,等.酸性肥对南疆棉田土壤盐分与养分的改良效果研究[J].现代农业科技,2018(11):188-190.
- [5] 林葆,李家康.当前我国化肥的若干问题和对策[J].磷肥与复肥,1997,12(2):3-7.
- [6] 汤清秋,陈建华,田晓燕,等.酸性肥在南疆棉花上的滴施效果研究[J].新疆农垦科技,2018,41(4):32-34.
- [7] 李伏生,陆申年.灌溉施肥的研究和应用[J].植物营养与肥料学报,2000,6(2):233-240.
- [8] 邸书新,郭琛,王炜,等.酸性液体滴灌专用肥的肥效研究[J].新疆农业科学,2004,41(增刊 1):125-129.
- [9] 李孟霞,文国松,李永忠.作物对土壤压实胁迫响应研究进展[J].山东农业科学,2019,51(1):154-160.
- [10] 庞元明.土壤肥力评价研究进展[J].山西农业科学,2009,37(2):85-87.
- [11] 刘占锋,傅伯杰,刘国华,等.土壤质量与土壤质量指标及其评价[J].生态学报,2006,26(3):901-913.
- [12] 骆东奇,白洁,谢德体.论土壤肥力评价指标和方法[J].土壤与环境,2002,11(2):202-205.
- [13] 严磊,张中彬,丁英志,等.覆盖作物根系对砂姜黑土压实的响应[J].土壤学报,2021,58(1):140-150.
- [14] 刘建波,杨帆,王志春,等.苏打盐渍土区土壤理化性质及植物生物量与微地形空间异质性关系[J].土壤与作物,2021,10(2):163-176.
- [15] 李裕瑞,范朋灿,曹智,等.基于扫描电镜解析毛乌素沙地砒砂岩与沙复配成土的微观结构特征[J].应用基础与工程科学学报,2019,27(4):707-719.
- [16] 胡娟,禹朴家,周道玮.松嫩平原沙丘—草甸复合生态系统土壤水分时空变化特征[J].土壤与作物,2020,9(3):287-295.