

化肥配施有机肥对芹菜田土壤结构和有机碳组分的影响

王奉军, 胡轼林, 薛生玲, 李玉亮, 韩丽, 侯启雷, 王景功
(兰州新区农业科技开发有限责任公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 研究了不同施肥模式下芹菜田的土壤结构和有机碳组分变化。结果表明, 化肥配施有机肥可降低土壤容重, 提升土壤总孔隙度, 提高水稳性团聚体含量, 增加有机碳及其碳组分含量。其中以增施有机肥 6 000 kg/hm² 和 4 500 kg/hm² 处理的效果最为显著, 建议该区芹菜在施用化肥的同时添加有机肥 4 500~6 000 kg/hm²。

关键词: 芹菜; 有机肥; 土壤结构; 有机碳组分

中图分类号: S152.4 文献标志码: A 文章编号: 1001-1463(2021)09-0021-06

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.09.006

Effects of Organic Fertilizer Combined with Chemical Fertilizer on Soil Structure and Organic Carbon Components in Celery Field

WANG Fengjun, HU Shilin, XUE Shengling, LI Yuliang, HAN Li, HOU Qilei, WANG Jingong
(Lanzhou New District Agricultural Technology Development Co., Ltd., Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: The changes of soil structure and organic carbon components in celery fields under different fertilization modes were studied. The results showed that the combined application of chemical fertilizer with organic fertilizer could reduce soil bulk density, improve soil total porosity, increase the content of water-stable aggregates, and increase the content of organic carbon and its carbon components. Among them, the effect of adding organic fertilizer 6 000 kg/hm² and 4 500 kg/hm² was the most significant. It is suggested that 4 500 ~ 6 000 kg/hm² organic fertilizer should be added to celery when fertilizer is applied.

Key words: Celery; Organic fertilizer; Soil structure; Organic carbon fraction

土壤碳库是陆地生态系统中最大的碳储库。土壤碳库的变化在陆地碳循环中发挥着重要的作用, 土壤有机碳作为土壤碳库重要的组成之一, 是影响土壤肥力的重要因素, 是土壤质量的核心, 对生态系统的碳循环产生重要影响^[1-2]。土壤团聚体作为土壤结构最基本的单元, 它的数量和质量直接影响着土壤性质和有机碳固存, 它的组成和特性不仅是评估土壤侵蚀、板结等物理过程的一个

关键指标, 也被作为评价土壤质量的重要指标之一, 同时也是维持土壤肥力的基础。土壤有机碳的质量、含量与土壤团聚体结构有着密切的关联。土壤有机碳是土壤形成团聚体结构的主要影响因素, 而有机碳的固定又是依靠土壤团聚体对土壤有机碳的物理保护作用来实现的^[3]。根据土壤中有机碳的稳定性, 可以将土壤有机碳分为活性有机碳和非活性有机碳。土壤活性有机碳是土壤中

收稿日期: 2021-06-16

作者简介: 王奉军(1968—), 男, 甘肃金昌人, 农艺师, 主要从事农业科研开发及管理工作。联系电话: (0)18153694388。

通信作者: 胡轼林(1978—), 男, 甘肃嘉峪关人, 主要从事农业科研开发工作。联系电话: (0)18893843898。

易氧化、分解和矿化的碳,包括微生物量碳、易氧化有机碳和可溶性有机碳等^[4]。

过量施用化肥可导致土壤耕层中营养元素大量流失,有机碳含量下降,微生物数量和酶活性降低,造成土壤板结,最终导致土壤肥力整体下降^[5]。已有研究表明^[6-7],长期配施有机肥能明显调节土壤碳氮比、提高土壤有机质和氮磷钾含量、促进微生物代谢和繁育、增加土壤微生物数量,提高土壤保墒、透气、保肥性能,从而改善作物根系生长的环境条件,为作物稳产高产创造良好的土壤生态环境。我们根据芹菜生长发育和养分需求规律,通过田间试验研究了化肥配施有机肥对芹菜田土壤结构及有机碳组分的影响,以期为该区芹菜田土壤培肥提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验设在甘肃省兰州市永登县龙泉寺镇瑞芝村(36° 51' N, 103° 38' E),该区位于青藏高原东北部与黄土高原西部过渡地带,为甘肃省重要的高原夏菜种植基地。试区年均降水量 293 mm,年均气温 7 °C,平均海拔 1 900 m,年日照时数 2 570 h,全年无霜期 143 d,年平均风速 1.0 m/s,属大陆性季风气候。试区农田土壤为典型的灰钙土,养分状况可以概括为有机质贫乏、缺氮、少磷、钾丰富,土壤偏碱性,质地疏松,熟化程度高。

1.2 试验材料

供试芹菜品种为文图拉。有机肥为元泰丰有机肥(N-P₂O₅-K₂O ≥ 5%,有机质 ≥ 70%),元泰丰(包头)生物科技有限公司生产。试验地采取一年两季种植模式,菠菜、芹菜轮作措施,当季前茬为菠菜,二茬为芹菜。

1.3 试验方法

在当地常规施肥量(N 450 kg/hm²、P₂O₅ 300 kg/hm²、K₂O 为 600 kg/hm²)基础上,共设

4个增施有机肥处理,YF为增施有机肥6 000 kg/hm²,0.25YF为增施有机肥1 500 kg/hm²,0.5YF为增施有机肥3 000 kg/hm²,0.75YF为增施有机肥4 500 kg/hm²,以常规施肥处理为对照(CK)。各处理设3个重复,共15个小区,小区面积28 m²(4 m × 7 m)。芹菜于2020年6月下旬定植,9月下旬收获,株距为0.20 m,行距为0.15 m,密度为330 570株/hm²。

作物收获后,利用S型采样法分别采集0~10、10~20 cm土层的土壤样品,一部分置于4 °C冰箱用于测定土壤水溶性有机碳和微生物量碳,另一部分室内风干用于测定土壤有机碳、易氧化有机碳等指标。土壤团聚体样品采用环刀采集,置于硬质保鲜盒带回室内风干待测。土壤容重、孔隙度采用环刀法^[8]。土壤有机碳采用重铬酸钾外加热法测定^[8];土壤水稳性团聚体测定采用约得尔法,易氧化有机碳利用333 mmol/L高锰酸钾溶液氧化法测定^[9];土壤微生物量碳测定采用0.5 mol/L硫酸钾浸提-碳氮联合分析仪(multi C/N 2 100 s, Jena, Germany),水溶性有机碳采用水浸提(水土体积比为5:1)-碳氮联合分析仪法测定。

1.4 数据处理

数据、图表采用Excel 2016处理,采用SPSS 24.0软件进行统计分析,显著性差异分析采用新复极差法。

2 结果与分析

2.1 土壤容重和总孔隙度

2.1.1 容重 由图1可知,各处理土壤容重均随土层加深而增加。各土层的土壤容重随着有机肥添加量的增加而降低,均以CK处理最高,处理YF最低。在0~10 cm土层,处理YF、0.75YF、0.5YF的土壤容重分别较CK降低13.27%、11.30%、8.47%,差异显著;处理0.25YF与CK差异不显著。在10~20 cm土层,处理YF、0.75YF、0.5YF

较 CK 分别降低 8.06%、6.35%、5.51%，差异显著；处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。

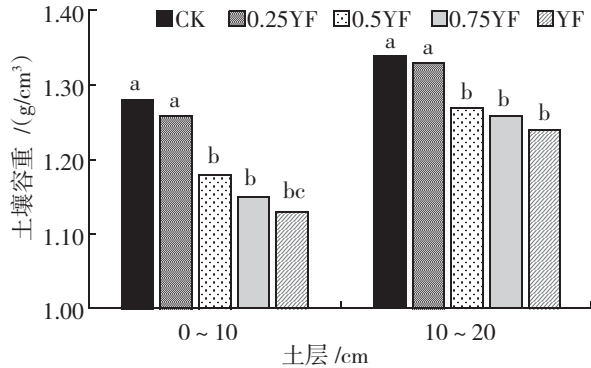


图 1 化肥配施有机肥对芹菜田土壤容重的影响

2.1.2 总孔隙度 由图 2 可知，各处理土壤总孔隙度均随土层加深而降低。各土层的土壤总孔隙度均随着有机肥添加量的增加而增加，均以处理 YF 最高，CK 最低。在 0~10 cm 土层，处理 YF、0.75YF、0.5YF 的土壤总孔隙度较 CK 分别提升 10.94%、9.49%、7.30%，差异显著；处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。在 10~20 cm 土层，处理 YF、0.75YF、0.5YF 的总孔隙度分别比 CK 高 7.64%、6.12%、5.35%，且差异显著；处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。

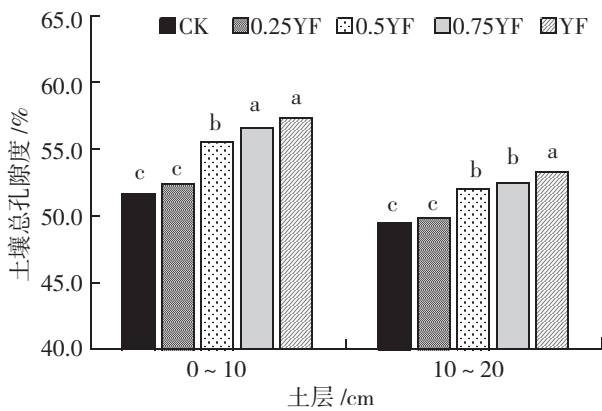


图 2 化肥配施有机肥对芹菜田土壤总孔隙度的影响

2.2 土壤水稳性团聚体

2.2.1 分布特征 由表 1 可知，不同处理下各粒级土壤水稳性团聚体均以处理 YF 最高，CK 最低，且各处理水稳性团聚体含量均随粒级增加而增加。在 0~10 cm 土层，

处理 YF、0.75YF、0.5YF 均比 CK 显著增加各粒级土壤水稳性团聚体含量，处理 0.25YF 仅在 0.25~2.00 mm 粒级可显著增加土壤水稳性团聚体含量。在 10~20 cm 土层，较之 CK 处理，所有添加有机肥处理均可显著提升各粒级土壤水稳性团聚体含量。

表 1 化肥配施有机肥的芹菜田土壤水稳性团聚体在土样中占比 %

土层/cm	处理	粒级		
		>5.00 mm	2.00~5.00 mm	0.25~2.00 mm
0~10	CK	6.42 ^c	9.39 ^c	10.56 ^d
	0.25YF	6.94 ^c	9.61 ^c	11.77 ^c
	0.5YF	7.78 ^b	11.05 ^b	12.84 ^c
	0.75YF	9.88 ^a	11.98 ^b	15.07 ^b
	YF	10.42 ^a	13.11 ^a	17.77 ^a
10~20	CK	4.87 ^d	6.83 ^c	8.98 ^c
	0.25YF	5.83 ^c	7.82 ^b	9.72 ^b
	0.5YF	5.85 ^c	8.02 ^b	9.67 ^b
	0.75YF	6.31 ^b	9.87 ^a	12.32 ^a
	YF	7.56 ^a	10.43 ^a	12.60 ^a

2.2.2 平均重量直径 由图 3 可知，各处理土壤团聚体的平均重量直径(MWD)均随土层加深而降低。各土层中 MWD 均以处理 YF 最高，CK 最低，且随着有机肥添加量的增加而增加。在 0~10 cm 土层，处理 YF、0.75YF、0.5YF 较 CK 的 MWD 分别提升 48.25%、37.97%、17.55%，差异显著；处

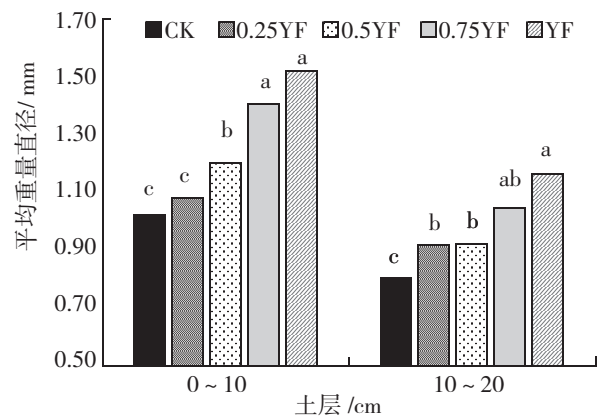


图 3 化肥配施有机肥对芹菜田土壤团聚体平均重量直径的影响

0.25YF 与 CK 差异不显著。在 10~20 cm 土层, 处理 YF、0.75YF、0.5YF、0.25YF 较 CK 分别提高 44.26%、30.11%、14.84%、13.87%, 差异显著。

2.3 土壤有机碳及其组分

2.3.1 土壤有机碳 由图 4 可知, 各土层中有机碳含量均以处理 YF 最高, CK 最低, 其含量从高到低依次为 YF、0.75YF、0.5YF、0.25YF、CK; 各处理有机碳含量均随土层加深而降低。在 0~10 cm 土层, 处理 YF 有机碳含量比 CK 高 5.24%, 差异显著, 其余处理与 CK 差异均不显著。而在 10~20 cm 土层, 各处理间的有机碳含量差异均未达到显著水平。

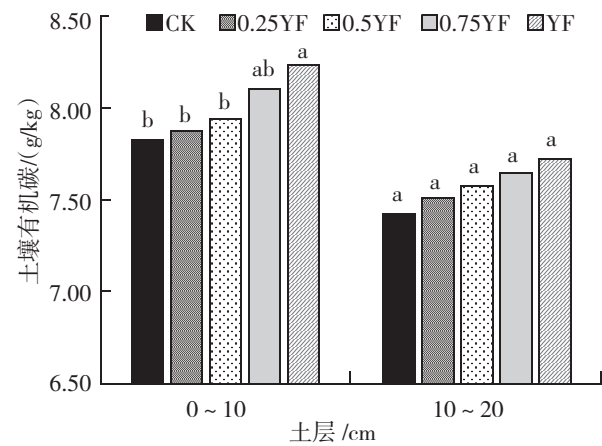


图 4 化肥配施有机肥对芹菜田土壤有机碳的影响

2.3.2 土壤易氧化有机碳 由图 5 可知, 各土层中易氧化有机碳含量均以处理 YF 最

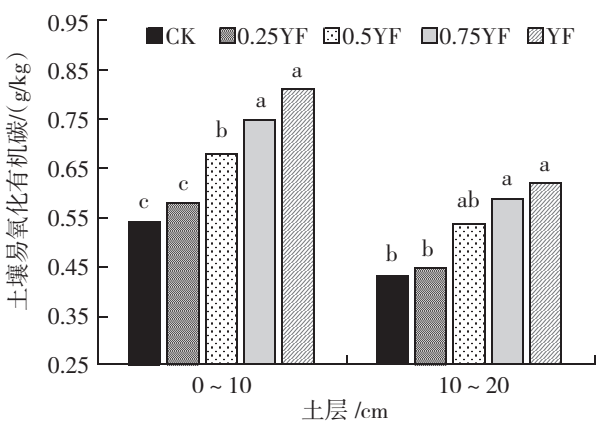


图 5 化肥配施有机肥对芹菜田土壤易氧化有机碳的影响

高, CK 最低, 其含量从高到低依次为 YF、0.75YF、0.5YF、0.25YF、CK; 各处理易氧化有机碳含量均随土层加深而降低。在 0~10 cm 土层, 处理 YF、0.75YF、0.5YF 分别较 CK 高 50.00%、38.89%、25.93%, 差异显著; 处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。在 10~20 cm 土层, 易氧化有机碳含量处理 YF、0.75YF 分别较 CK 高 44.19%、37.21%, 差异显著; 处理 0.5YF、0.25YF 与 CK 差异均不显著。

2.3.3 土壤水溶性有机碳 由图 6 可知, 各土层中水溶性有机碳含量均以处理 YF 最高, CK 最低, 其含量从高到低依次为 YF、0.75YF、0.5YF、0.25YF、CK, 各处理水溶性有机碳含量均随土层加深而降低。在 0~10 cm 土层, 水溶性有机碳含量处理 YF、0.75YF、0.5YF 较 CK 分别提高 62.58%、48.60%、29.06%, 差异显著; 处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。在 10~20 cm 土层, 处理 YF、0.75YF、0.5YF 分别较 CK 提高 44.60%、29.52%、16.19%, 差异显著; 处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。

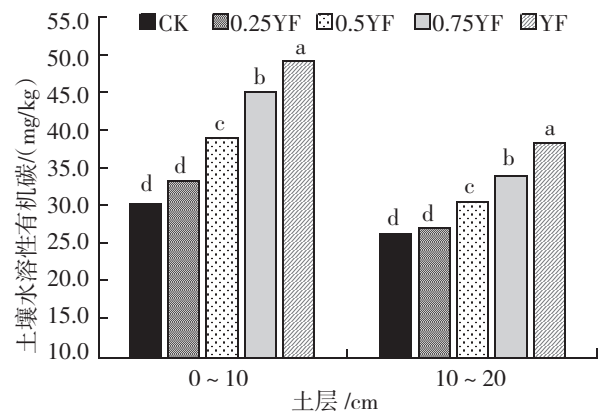


图 6 化肥配施有机肥对芹菜田土壤水溶性有机碳的影响

2.3.4 土壤微生物量碳 由图 7 可知, 各处理微生物量碳(MBC)含量均随土层加深而降低。各土层中 MBC 含量均以处理 YF 最高, CK 最低, 其含量从高到低依次为 YF、0.75YF、0.5YF、0.25YF、CK。在 0~10 cm

土层, MBC 含量处理 YF、0.75YF、0.5YF 较 CK 提高 80.93%、58.32%、62.16%, 差异显著; 处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。10~20 cm 土层, 处理 YF、0.75YF、0.5YF 分别较 CK 提高 38.90%、35.14%、13.97%, 差异显著; 处理 0.25YF 与 CK 差异不显著。

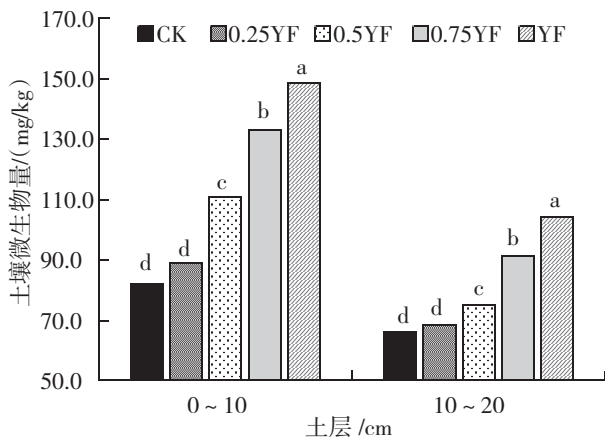


图7 化肥配施有机肥对芹菜田土壤微生物量碳的影响

3 结论与讨论

研究表明, 化肥配施有机肥可明显改善芹菜田土壤物理性状, 降低土壤容重和非水稳性团聚体含量, 提升土壤总孔隙度, 提高水稳性团聚体含量, 增加有机碳及其碳组分含量, 且增施有机肥 6 000 kg/hm² 和 4 500 kg/hm² 效果最为显著。建议该区芹菜农田在施用化肥的同时添加有机肥 4 500~6 000 kg/hm²。

本研究中各处理土壤容重均随土层加深而增加, 不同土层容重随着有机肥的施用量增加而降低, 各处理土壤总孔隙度均随土层加深而降低, 不同土层孔隙度随着有机肥施用量增加而增加。王宪玲等^[10]的研究发现, 有机肥配施化肥相比不施肥、单施化肥在不同土层的土壤容重均为最小。这可能是因为施肥促进产量和根系增加, 根系增加促进土壤中根茬量增加, 土壤根茬的增加促进土壤有机碳的提高和土壤容重的降低。

土壤团聚体的数量可以在一定程度上反

映土壤供储养分能力的高低, 同时也可以影响土壤的许多物理化学性质。本研究中, 各处理下各粒级土壤水稳性团聚体均随有机肥施用量增加而增加, 且各处理水稳性团聚体含量均随粒级增加而增加, 各处理的各粒级(除<0.25 mm外)非水稳性团聚体则随有机肥施用量增加而降低。闫雷等^[11]的研究表明, 施用有机肥处理下水稳性团聚体均高于单施化肥处理。

土壤有机碳作为土壤碳库的一个重要组成部分, 对土壤结构、土壤有效水保持能力等有着重大影响。本研究中, 各土层中有机碳及其组分均随土层加深而降低, 且各土层中有机碳及其组分含量均以 6 000 kg/hm² 处理最高。这与王鹏等^[5]的长期定位试验结论一致: 相较于不施肥和单施化肥 2 个处理, 化肥有机肥配施和单施有机肥 2 处理可显著提高土壤总有机碳、可溶性有机碳、微生物量有机碳、易氧化有机碳的含量。邵慧芸等^[12]的研究也表明, 施用有机肥增加了土壤有机碳及其组分, 且随有机肥用量的增加而增加。这与闫雷等^[11]研究结果也一致: 施用有机肥可显著提高土壤有机碳含量。

参考文献:

- [1] 王梦雅, 符云鹏, 黄婷婷, 等. 等碳量添加不同有机物料对土壤有机碳组分及土壤呼吸的影响[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(2): 65-73.
- [2] 康熙龙, 张旭辉, 张硕硕, 等. 旱地土壤施用生物质炭的后效应——水分条件对土壤有机碳矿化的影响[J]. 土壤, 2016, 48(1): 152-158.
- [3] 武均, 蔡立群, 齐鹏, 等. 不同耕作措施下旱作农田土壤团聚体中有机碳和全氮分布特征[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3): 276-284.
- [4] 孔同伟, 马维伟, 宋元君, 等. 尕斯库勒湖湿地植被退化过程中土壤碳矿化特征研究[J]. 甘肃

近30年中宁枸杞生育期气温变化特征

陈星宜^{1,2,3}, 王静梅^{1,2,4}, 杨苑^{1,2,3} 王璐^{1,2,4}

(1. 中国气象局旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 3. 中卫市气象局, 宁夏 中卫 755000; 4. 中宁县气象局, 宁夏 中宁 755100)

摘要: 利用中宁县近30年气温数据, 采用气候倾向估计法, 分析对枸杞生长发育有较大影响的3—7月平均气温、高温日数、低温日数、7月底前 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温等气象指标的变化特征。结果表明, 近30年中宁枸杞主产区年平均气温呈阶梯式上升, 3月、5—7月月平均气温稳定升高, 5—7月日最高气温 $\geq 32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数也逐年增加。5月日平均气温 $\leq 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的日数随年代变化曲折减少, 6—7月无明显变化; 1—7月底 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的活动积温随温度变化不断升高。

关键词: 中宁; 枸杞; 气温

中图分类号: S161.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)09-0026-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.09.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.09.007)

目前, 全国枸杞种植面积16.0万 hm^2 , 其中宁夏6.0万 hm^2 , 占全国的37.5%。中宁县是宁夏枸杞种植的集中地, 枸杞面积稳定在1.3万 hm^2 , 占宁夏枸杞种植面积的23.5%, 中宁县农民人均可支配收入的45.8%来自枸杞产业^[1]。中宁枸杞主产区的

气温变化直接影响枸杞的生长发育及产量、品质的形成。中宁枸杞11月至翌年3月处于休眠期, 在此期间达到一定温度的积累, 4月份枸杞才会逐步开始萌芽、展叶, 5—7月枸杞进入夏果开花、形成、成熟阶段^[2]。气温对于枸杞的整个生长发育过程有重要

收稿日期: 2021-06-15

作者简介: 陈星宜(1996—), 女, 宁夏中卫人, 助理工程师, 主要从事农业气象服务工作。Email: 1196589413@qq.com。

农业科技, 2019(3): 18-25.

- [5] 王鹏, 郑学博, 梁洪波, 等. 不同施肥模式对植烟棕壤活性有机碳组分和酶活性的影响[J]. 华北农学报, 2021, 36(1): 187-196.
- [6] 宇万太, 姜子绍, 马强, 等. 施用有机肥对土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1057-1064.
- [7] 薛峰, 颜廷梅, 杨林章, 等. 施用有机肥对土壤生物性状影响的研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(6): 1372-1377.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 10-85.
- [9] BLAIR G, LEFROY R, LISLE L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation,

and the development of a carbon management index for agricultural systems[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1995, 46(7): 393-406.

- [10] 王宪玲, 赵志远, 马艳婷, 等. 基于CT扫描技术研究有机无机肥长期配施对土壤物理特征的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(9): 1647-1655.
- [11] 闫雷, 李思莹, 孟庆峰, 等. 秸秆还田与有机肥对黑土区土壤团聚性的影响[J]. 东北农业大学学报, 2019, 50(12): 58-67.
- [12] 邵慧芸, 李紫玥, 刘丹, 等. 有机肥施用量对土壤有机碳组分和团聚体稳定性的影响[J]. 环境科学, 2019, 40(10): 4691-4699.

(本文责编: 陈珩)