

不同有机物料对原生盐碱地土壤腐殖质结合形态及组成的影响

陈晓东, 吴景贵, 范围, 朱文悦, 李晓航

(吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘要: 为了探究不同种类有机物料及同种有机物料的不同形态对原生盐碱地土壤腐殖质结合形态及组成的影响。以吉林省西部地区原生盐碱地为研究对象, 采用连续3年的大田试验, 通过大田取样和室内分析相结合的方式对其进行研究。试验设颗粒秸秆(KL)、正常玉米秸秆(JG)、羊粪(YF)、牧草(MC)和对照(CK)5个处理, 采用Anderson结合态腐殖质分组法提取土壤腐殖质, 研究了不同有机物料对原生盐碱地土壤腐殖质结合形态及组成的影响。结果表明: (1) 施加不同有机物料较CK处理均提高了原生盐碱地土壤腐殖质含量, 促进土壤中各种结合形态腐殖质含量的增加, 其中KL、MC、YF3个处理间松结合态腐殖质含量差异不显著, 但相比CK处理均差异显著。对联结合态腐殖质含量影响较大, 各处理间均差异显著。KL处理与其他处理稳结合态腐殖质含量差异显著, 其中JG、MC、YF3个处理间差异不显著, 但相比CK处理均差异显著。紧结合态腐殖质含量各处理同CK相比差异显著, KL处理同JG处理差异显著, 其他处理间差异不显著。(2) 不同有机物料均能提高松/紧比值和松/稳比值, 有利于腐殖质的更新及土壤肥力的提高。(3) 对胡富比(H/F)的影响则表现为各处理同CK处理相比差异显著, 胡富比(H/F)的增加表征着富里酸的缩合转化, 进一步形成结构复杂, 芳香化程度高胡敏酸, 增加了土壤胡敏酸含量, 促进土壤腐殖质的聚合程度以及腐殖化度的提高。综合得出, 有机物料能够增加原生盐碱地土壤腐殖质含量, 提高各结合形态腐殖质含量。同种有机物料不同形态作用差异显著, 中颗粒秸秆(正常玉米秸秆经过粉碎高温高压处理, 长2 cm、直径0.5 cm的圆柱形颗粒)效果远好于其他处理。

关键词: 原生盐碱地; 有机物料; 土壤腐殖质; 腐殖质结合形态

中图分类号: S156.4⁺9

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2019)01-0200-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.01.032

Effects of Different Organic Materials on the Morphology and Composition of Soil Humus Binding in Primary Saline and Alkaline Land

CHEN Xiaodong, WU Jinggui, FAN Wei, ZHU Wenyue, LI Xiaohang

(College of Resource and Environmental Sciences, Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

Abstract: In order to explore the effects of different organic material types and different shapes of same organic materials on the binding form and composition of soil humus in primary saline and alkaline land, the field experiment was carried out for three consecutive years in the primary saline and alkaline land in the western area of Jilin province, and field sampling and indoor analysis were carried out in this study. The experiment was conducted with five treatments, which were granular straw (KL), normal corn straw (JG), grass (MC), sheep manure (YF) and CK. The experimental results showed that: (1) Compared with the CK treatment, the application of different organic materials increased the soil humus content of the original saline-alkali soil, and promoted the increase of humus content in various combined forms in the soil. There was no significant difference in the content of loosely combined humus among the KL, MC and YF treatments, while the difference was significant in comparison with CK. Organic materials had a great influence on the content of conjugated humus in the combined state, and the difference was significant among the treatments. There was a significant difference in the content of stable combined humus between KL treatment and other treatments, and there was no significant difference among the JG treatment, MC treatment and YF

收稿日期: 2018-07-20

资助项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0300203, 2017YFD0201801)

第一作者: 陈晓东(1995—), 男, 硕士研究生, 主要从事土壤有机培肥及盐碱地改良研究。E-mail: 1165765466@qq.com

通信作者: 吴景贵(1965—), 男, 博士, 教授, 主要从事土壤环境优化与农业废弃物资源化研究。E-mail: wujingguiok@163.com

treatment, but the difference was significant compared with CK treatment. The tightly bound humus content of the treatments applied organic materials were significantly different with that of CK, and the difference between KL treatment and JG treatment was significant, but there was no significant difference between other treatments. (2) Different organic materials all could improve the loose/tight ratio and the loose/stability ratio, which was conducive to the renewal of humus and the improvement of soil fertility. (3) There were significant difference in H/F ratio between the treatments applied organic materials and CK, and the increase of H/F ratio indicated that the further condensation of FA into HA with a high degree of aromatization and complex structure, and increased the content of HA, and promoted both the polymerization degree and the humification degree of soil humus. Organic materials could increase the humus content of the original saline-alkali soil and increase the content of humus in combined forms. The effect of different forms of the same organic material was significant difference. In this experiment, the effect of granular straw (normal corn straw was crushed under high temperature and pressure, 2 cm long, 0.5 cm diameter cylindrical particles) was much better than other treatments.

Keywords: primary saline and alkaline land; organic materials; soil humus; binding form of humus

中国土地盐碱化面积约为 $3.7 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 其中 66.5% 为盐碱地^[1]。现阶段我国人口数量的日益增加而土地资源却不断减少, 导致人多地少的矛盾日益严重。盐碱地作为我国重要的耕地后备资源, 因其盐碱度高、养分含量匮乏等特性, 使其不能被直接开发为耕地资源^[2]。因此, 应该如何有效地进行盐碱地改良, 使其变为可靠的耕地资源, 是非常重要的。土壤有机质与土壤养分的丰缺紧密相关, 与土壤肥力密不可分, 也是决定着生态系统生产力与稳定性的土壤关键组分之一^[3-4]。土壤腐殖质作为土壤有机质的重要组成部分, 可以通过改善土壤物理性质、化学性质及生物学性质而提高土壤吸附能力、自我修复能力及土壤肥力, 对土壤养分循环及农业生态系统稳定平衡都有一定影响^[5-6]。土壤腐殖质是构成土壤有机质的重要组成部分, 土壤中的腐殖物质大多是与土壤矿物相结合, 形成有机无机复合体, 按照土壤腐殖质与矿质粘粒间胶结方式及紧密程度进行划分, 可分为松结态、联结态、稳结态和紧结态 4 种腐殖质, 它们在土壤肥力特性上的作用各不相同。不同结合形态腐殖质对土壤结构状况及土壤肥力性状影响不同^[7-8]。

随着我国现代农业的迅速发展, 玉米秸秆、草木废弃物、畜禽粪便等农业废弃物越来越多。这些农业残留物中富含氮、磷、钾和有机质, 是重要的资源。何瑞成等^[9]研究表明, 用于盐碱地的农业废弃物可以改善土壤结构和肥力, 促进生长发育, 提高产量。同时对于土壤有机碳含量的提高也起着至关重要的作用^[10]。秸秆还田能够提高土壤胡敏酸和胡敏素的含量, 增加土壤富里酸含量, 还能够显著地提高 H/F 和 PQ 值, 使土壤腐殖质品质有所提高, 向好的方向进行^[11]。Yu 等^[12]认为秸秆的自然形态和外部形态会影响秸秆的腐烂率和作物产量, 为了探讨秸秆的利用

效率, 本试验设置了颗粒秸秆和正常秸秆, 颗粒秸秆由正常秸秆粉碎处理后, 经过高温高压, 最后压模出的圆柱形颗粒(长 2 cm、直径 0.5 cm)。本试验利用大安市常见农业废弃物还田, 研究不同有机物料对原生盐碱地土壤腐殖质结合形态及组成的影响, 旨在选出一种符合当地实际、相对效果佳的有机物料改良措施, 为吉林西部地区的原生盐碱地改良提供参考, 为揭示原生盐碱地土壤有机培肥机制、科学培肥原生盐碱地土壤提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本试验开始于 2016 年 6 月, 试验地点位于吉林省大安市海坨乡姜家村($45^{\circ}19'47'' \text{ N}$, $124^{\circ}01'48'' \text{ E}$), 平均海拔 130 m, 年平均日照时间 3 012.8 h, 年平均气温 4.3° C , 常年有效积温 2 921.3 $^{\circ} \text{ C}$, 常年无霜期 157 d, 常年降水量为 413.7 mm。试验区面积为 1 550 m^2 。耕层土壤肥力: 有机质 2.91 g/kg, 碱解氮 11.28 g/kg, 有效磷 20.61 g/kg, 速效钾 143.33 g/kg。

1.2 试验设计

试验始于 2016 年 6 月, 按照随机区组原则, 设置颗粒秸秆(KL)、正常秸秆(JG)、牧草(MC)、羊粪(YF)、对照(CK)5 个处理, 每个处理 3 次重复, 共 15 个试验小区, 有机物料基本性质见表 1。在稻作条件下以未改良的原生盐碱地为试验田, 本次试验每个小区面积为 30 m^2 (6 m \times 5 m), 有机物料的施入量按照等碳原则计算, 以全量还田为标准, 各小区施用有机物料量为: KL 处理每小区施颗粒秸秆 22 kg, JG 处理每小区施正常秸秆 22 kg, MC 处理每小区施牧草 30 kg, YF 处理每小区施羊粪 15 kg, CK 处理不施有机物料, 均匀施入有机物料后灌水返田 2 天。在进行

插秧前对各小区进行耙地搅拌,保证各物料与表层土充分混合均匀,使各有机物料均匀分布于小区各处。各有机物料物料中,正常秸秆(20 cm)、牧草(5 cm)和羊粪(自然风干,呈块状)均取自当地,颗粒秸秆则是由当地正常秸秆经过机器粉碎后,高温高压处理,最后压模出长 2 cm、直径 0.5 cm 的圆柱形颗粒。以后每年除不施用有机物料外,其他操作不变。

表 1 有机物料基本性质 单位:g/kg

有机物料	有机质	全氮	全磷	全钾
正常玉米秸秆	493.42±2.16	8.33±0.07	1.12±0.02	12.34±0.12
颗粒秸秆	493.42±2.16	8.33±0.07	1.12±0.04	12.34±0.12
牧草	422.45±1.18	9.01±0.11	1.17±0.02	12.66±0.05
羊粪	506.28±1.98	9.82±0.12	3.60±0.06	8.32±0.04

注:表中数据为平均值±标准差。下同。

1.3 样品采集与测定

于 2018 年 6 月进行取样,各试验小区采取 5 点取样后用四分法取混合样。将混合样密封保存,带回实验室自然风干。采用常规方法测定土壤基本理化性质^[13]。采用 Anderson 结合态腐殖质分组法提取土壤腐殖质^[14],称取 2 g 土样于 100 mL 离心管中,加入 30 mL 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液,于恒温水浴锅中 50 ℃ 水浴保温 1 h 后,进行离心,并将离心液转移至容量瓶中,反复用 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液提取,直至离心液清亮,将溶液定容至一定体积(为 I 组),得到松结合态腐殖质。残留土样以 1:1 的 0.1 mol/L 焦磷酸钠与 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液,在恒温水浴锅中 50 ℃ 水浴保温 1 h 后,进行离心,反复浸提至离心液清亮,将溶液定容至一定体积(为 II 组),得到联结合态腐殖质。残留土样以 1:1 的 0.1 mol/L 焦磷酸钠与 0.1 mol/L 氢氧化钠溶液,超声处理 20 min 后于恒温水浴锅中 50 ℃ 水浴保温 1 h 后,进行离心,反复浸提至离心液清亮,将溶液定容至一定体积(为 III 组),得到稳结合态腐殖质。离心管中残留土样为紧结合态腐殖质(为 IV 组)。根据胡敏酸、富里酸溶解性差异,分离并测定松结合态、联结合态和稳结合态腐殖质溶液中胡敏酸、富里酸组分。采用重铬酸钾容量(外加热)法测定各组分有机碳、胡敏酸含量,富里酸含量用差减法计算。

1.4 数据处理

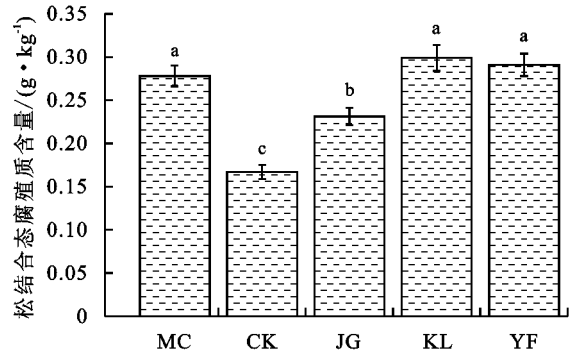
利用 Excel 2016 和 Origin 9.0 软件进行数据整理、计算和绘图,采用 SPSS 18.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 结合态腐殖质含量

2.1.1 松结合态腐殖质含量 松结合态腐殖质是土壤结合态腐殖质中最为活跃的,其结构简单,易被微

生物分解、转化,对土壤养分的释放有着积极的作用。由图 1 可知,KL、MC、YF 3 个处理间松结合态腐殖质含量差异不显著,但相比 CK 处理均差异显著。各处理松结合态腐殖质含量以 KL 处理最优(0.299 g/kg),与 CK 处理(0.167 g/kg)比较增加了 44.15%,其次是 YF 处理(0.291 g/kg),较 CK 处理增加了 42.61%。其中 KL 处理与 JG 处理差异显著,KL 处理(0.299 g/kg)较 JG 处理(0.231 g/kg)多了 22.74%。各处理松结合态腐殖质含量高低顺序为:KL>YF>MC>JG>CK。



注:不同字母表示经多重比较检验在 $p \leq 0.05$ 水平上达到显著水平。下同。

图 1 不同有机物料对原生盐碱地土壤松结合态腐殖质含量的影响

2.1.2 联结合态腐殖质含量 联结合态土壤腐殖质介于松结合态、紧结合态之间,其含量可以直接反映土壤腐殖质转化的进程。由图 2 可知,联结合态土壤腐殖质含量各处理间差异显著,其高低顺序为:KL>YF>JG>MC>CK。其中含量最高的 KL 处理(0.4 g/kg)较含量最低的 CK 处理(0.295 g/kg)增加了 26.25%。其次是 YF 处理(0.379 g/kg)较 CK 处理增加了 22.16%。和 CK 处理相比,JG 处理(0.358 g/kg)和 MC 处理(0.329 g/kg)分别增加了 17.60%,10.33%。KL 处理与 JG 处理相比较多了 10.5%,KL 处理与 JG 处理差异显著。

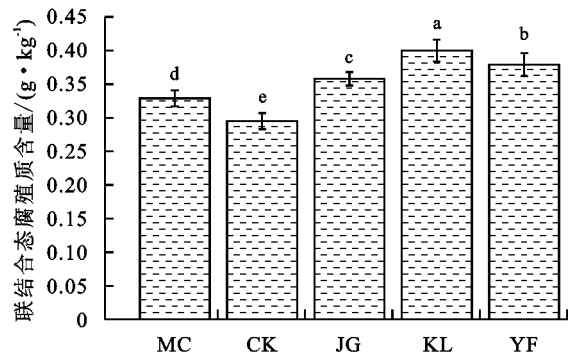


图 2 不同有机物料对原生盐碱地土壤联结合态腐殖质含量的影响

2.1.3 稳结合态腐殖质含量 由图 3 可知,不同有机物料的施用对于稳结合态土壤腐殖质含量都有一定影响,其中 KL 处理(0.341 g/kg)最优,与其他处理稳结合

态腐殖质含量差异显著,CK 处理(0.202 g/kg)最差较 KL 处理少 40.76%。其中 JG 处理(0.286 g/kg)、MC 处理(0.295 g/kg)、YF 处理(0.278 g/kg)3 个处理间差异不显著,但相比 CK 处理均差异显著。分别增加了 29.37%,31.52%,27.33%。KL 处理与 JG 处理差异显著,KL 处理较 JG 处理多 16.12%。各处理稳结合态腐殖质含量高低排序为:KL>MC>JG>YF>CK。

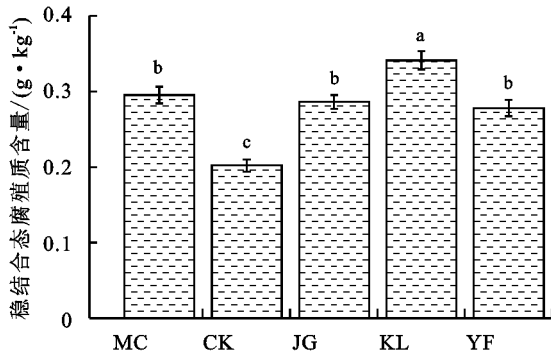


图 3 不同有机物料对原生盐碱地土壤稳结合态腐殖质含量的影响

2.1.4 紧结合态腐殖质含量 紧结合态土壤腐殖质含量的多寡能够直接反映出土壤腐殖质的“老化”程度,由于紧结合态土壤腐殖质与矿质黏粒结合紧密,且不易被土壤微生物分解,所以一般认为紧结合态腐殖质含量的多少影响着土壤养分保持与土壤结构改善。由图 4 可知,紧结合态腐殖质含量各处理同 CK 处理相比差异显著,KL 处理同 JG 处理差异显著,其他处理间差异不显著。紧结合态土壤腐殖质含量高低排序为:KL>YF>JG>MC>CK。5 种处理中最优的是 KL 处理(0.257 g/kg),其次是 YF 处理(0.253 g/kg),分别较 CK 处理(0.180 g/kg)增加 29.96%,28.85%。

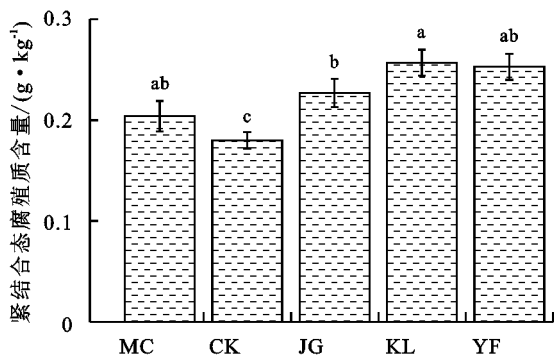


图 4 不同有机物料对原生盐碱地土壤紧结合态腐殖质含量的影响

2.2 土壤松/紧和松/稳比值

不同有机物料较 CK 处理均能提高松/紧比值,有利于腐殖质的更新及土壤肥力的提高。由表 2 可知,松/紧比值各处理同 CK 处理相比较差异显著,但处理间差异不显著,其中 MC 处理松/紧比值最高,比最低的 CK 处理高出 31.76%。松/紧比值高低排

序为 MC>KL>YF>JG>CK。松/稳比值各处理差异显著,最高的 YF 处理,其次为 MC 处理。其中松/紧比值、松/稳比值 KL 处理均比 JG 处理高,分别高出 12.53%,7.76%。

表 2 不同有机物料对原生盐碱地土壤松/紧、松/稳的影响

处理	松/紧	松/稳
MC	1.363±0.0006a	0.943±0.0134b
CK	0.930±0.0106b	0.831±0.0106e
JG	1.019±0.0109a	0.808±0.0064d
KL	1.165±0.0139a	0.876±0.0034c
YF	1.151±0.0046a	1.046±0.0009a

注:同一列中不同字母表示经多重比较检验在 $p \leq 0.05$ 水平上达到显著水平。下同。

2.3 腐殖质组成的影响

2.3.1 松结合态土壤腐殖质组成的影响 土壤 H/F(胡富比)表示腐殖化程度的高低,作为进一步说明土壤肥力高低,具有重要意义。从表 3 可以看出,不同处理间松结合态腐殖质 HA 含量差异显著,KL 处理效果最佳,CK 处理最差,较 KL 处理减少了 63.21%,另外 KL 处理比 JG 处理高了 32.18%。松结合态腐殖质 HA 含量高低排序为:KL>YF>MC>JG>CK。松结合态腐殖质 HA 含量其他处理同 CK 处理差异显著,但其他处理间差异不显著,松结合态腐殖质 HA 含量高低排序为:MC>YF>KL>JG>CK。从 H/F 来看,H/F 高低排序为:KL>YF>MC>JG>CK,且各处理同 CK 处理差异显著,KL 处理与 YF 处理差异不显著。

表 3 不同有机物料对原生盐碱地土壤松结合态腐殖质组成的影响

处理	HA	FA	H/F
MC	0.150±0.002c	0.128±0.012a	1.166±0.094b
CK	0.064±0.007e	0.078±0.006b	0.822±0.047d
JG	0.118±0.005d	0.114±0.007a	1.035±0.029c
KL	0.174±0.001a	0.125±0.006a	1.384±0.057a
YF	0.165±0.002b	0.126±0.005a	1.307±0.039a

2.3.2 联结合态土壤腐殖质组成的影响 不同有机物料对原生盐碱地土壤联合态腐殖质 HA 含量均有影响,由表 4 可知,联合态腐殖质 HA 含量各处理间差异显著,联合态腐殖质 HA 含量最高的是 KL 处理,最低的是 CK 处理,KL 处理比 CK 处理增加 33.48%,联合态腐殖质 HA 含量高低排序为:KL>YF>JG>MC>CK。联合态腐殖质 FA 含量 YF 处理最高,其次是 KL 处理,最低的是 CK 处理,其中 KL 处理、YF 处理、JG 处理间差异不显著,但是和 CK 处理相比均差异显著,联合态腐殖质 FA 含量高低排序为:YF>KL>JG>MC>CK。从 H/F 来看,H/F 高低排序为:KL>JG>YF>MC>CK。KL 同 JG 处理差异不显著,但和其他处理间差异显著。

表 4 不同有机物料对原生盐碱地土壤
联结态腐殖质组成的影响

处理	HA	FA	H/F
MC	0.162±0.001d	0.166±0.007b	0.976±0.041b
CK	0.143±0.001e	0.152±0.014c	0.941±0.088c
JG	0.183±0.002c	0.175±0.013ab	1.049±0.078ab
KL	0.215±0.001a	0.186±0.008ab	1.157±0.052a
YF	0.191±0.002b	0.189±0.007a	1.011±0.046b

2.3.3 稳结合态土壤腐殖质组成的影响 由表 5 可知,稳结合态腐殖质 HA 含量 KL 处理最佳,较 CK 处理增加 47.80%,其次是 MC 处理与 JG 处理。稳结合态腐殖质 HA 含量各处理间差异显著,HA 含量高低排序为:KL>MC>JG>YF>CK。稳结合态腐殖质 FA 含量也是 KL 处理最佳,稳结合态腐殖质 FA 含量各处理间差异不显著,但同 CK 处理差异显著,FA 含量高低排序为:KL>YF>JG>MC>CK。从 H/F 来看,KL 处理与 MC 处理差异不显著,JG 处理与 MC 处理差异不显著,JG 处理与 YF 处理差异不显著,但各处理同 CK 处理差异显著,H/F 高低排序为:KL>MC>JG>YF>CK。

表 5 不同有机物料对原生盐碱地土壤
稳结合态腐殖质组成的影响

处理	HA	FA	H/F
MC	0.152±0.002b	0.143±0.012a	1.068±0.074ab
CK	0.095±0.001e	0.107±0.008b	0.891±0.066d
JG	0.143±0.002c	0.144±0.009a	0.992±0.069bc
KL	0.182±0.001a	0.159±0.008a	1.147±0.062a
YF	0.132±0.001d	0.146±0.015a	0.904±0.097c

2.4 土壤结合态腐殖质胡敏酸 E4/E6

由表 6 可知,松结合态腐殖质 HA E4/E6 各处理差异显著,KL 处理最佳,其次是 MC 处理与 YF 处理,CK 处理最低。联结态腐殖质 HA E4/E6 各处理差异显著,其中 KL 处理最佳,CK 处理最低,联结态腐殖质 HA E4/E6 的高低排序为:KL>MC>YF>JG>CK。稳结合态腐殖质 HA E4/E6 的高低排序为:KL>MC>YF>JG>CK,其中各处理较 CK 处理差异显著,JG 处理、KL 处理和 MC 处理间差异不显著,YF 处理与 MC 处理间差异不显著。

表 6 不同有机物料对原生盐碱地土壤
结合态腐殖质 HA E4/E6 的影响

处理	松结合态	联结态	稳结合态
	腐殖质 HA E4/E6	腐殖质 HA E4/E6	腐殖质 HA E4/E6
MC	6.30±0.03c	4.84±0.08b	2.33±0.15ab
CK	4.42±0.09e	3.85±0.05e	1.41±0.10c
JG	5.72±0.05d	4.20±0.06d	2.11±0.15b
KL	7.62±0.13a	5.10±0.06a	2.49±0.01b
YF	6.58±0.08b	4.46±0.03c	2.24±0.06a

3 讨论

土壤的肥力受到不同结合形态土壤腐殖质的影响,其中结构简单的松结合形态土壤腐殖质,易被土壤中的微生物分解、转化,影响着土壤对作物养分的供给,对于土壤养分丰缺也起着重要作用。本次试验,不同有机物料均能促进松结合态土壤腐殖质的增加,其中 KL 处理效果最佳,通常松结合态腐殖质增多伴随着土壤肥力的提高^[15]。李建明等^[16]研究也表明,有机物料还田可以增加土壤松结合态腐殖质含量。从腐殖质组成来看,不同有机物料对其的影响各不相同,其中 KL 处理使松结合态土壤腐殖质 FA 增加最多,而 MC 处理使松结合态土壤腐殖质 HA 增加最多。KL 处理 H/F 最高,表示其腐殖化程度最高。介于松结合态腐殖质和稳结合态腐殖质之间的联(稳)结合态腐殖质,通常表征着土壤松结合态腐殖质向土壤紧结合态腐殖质转化的过程,形成更加稳定的结构,有利于土壤腐殖质的积累。本次试验,联结态腐殖质及稳结合态腐殖质含量均以 KL 处理效果最佳,其中从腐殖质组成来看,KL 处理使联结态腐殖质及稳结合态腐殖质 FA 增加最多,而 YF 处理使松结合态土壤腐殖质 HA 增加最多,则再次说明腐殖质对不同的有机物料有着不同的响应。这可能是由于不同有机物料其组成性质不同导致其在土壤中腐解速度、腐解产物都不相同。Nicola 等^[17]的研究也验证了这一观点。联结态腐殖质 H/F 最高的是 KL 处理,其次是 JG 处理,而稳结合态腐殖质 H/F 最高的是 KL 处理,其次是 MC 处理。紧结合态腐殖质比较稳定,对于土壤腐殖质的累积和保持均有重要作用,本次试验,KL 处理及 YF 处理二者效果较好分别较 CK 处理增加 29.96%,28.85%,KL 处理同 JG 处理差异显著,这可能是经过粉碎高温高压处理的颗粒秸秆较正常秸秆更易腐解,其他处理间差异不显著,可能与不同有机物料自身结构性质有关,张电学等^[18]研究结果表明,施肥的不同对与土壤紧结合态腐殖质的影响较小。

松/紧比值及松/稳比值的高低是衡量腐殖质品质好坏的重要指标,通常比值越大表征着土壤腐殖质活性越高,反之则较低,其对于土壤腐殖质的更新及土壤肥力的提高均有表征意义。松/紧最大的是 MC 处理,松/稳最大的是 YF 处理,其中松/紧、松/稳 KL 处理均比 JG 处理高。刘树庆等^[19]认为,随着土壤肥力及熟化度的提高与增强,土壤中松结合态腐殖质增多,紧结合态减少,因此松/紧可用来表征土壤的肥力特征。

已有研究^[20]表明,E4/E6 越大,则 HA 的分子量

越小,光密度愈大,则分子的复杂程度愈高,芳香核原子团多,缩合度较高;相反,简单的胡敏酸的光密度一般较小,脂肪侧链多,其分子的复杂程度低。本次试验,与CK处理相比各处理E4/E6均比CK高,松结合态腐殖质和联结合态腐殖质HA的E4/E6比值各处理间均差异显著,且均以KL处理最佳,稳结合态腐殖质各处理较CK处理差异显著,处理间仅YF处理与JG处理差异显著。

4 结论

(1)施加不同有机物料较CK处理均提高了原生盐碱地土壤腐殖质含量,促进土壤中各种形态腐殖质含量的增加。

(2)不同有机物料均能提高松/紧比值和松/稳比值,有利于腐殖质的更新及土壤肥力的提高。

(3)对胡富比(H/F)的影响则表现为各处理同CK处理相比差异显著,不同有机物料均能提高胡富比(H/F),促进土壤腐殖质的聚合程度以及腐殖化度的提高。

综合得出,有机物料能够增加原生盐碱地土壤腐殖质含量,提高各结合形态腐殖质含量。同种有机物料不同形态作用差异显著,本试验中颗粒秸秆(经过粉碎高温高压处理,长2 cm、直径0.5 cm的圆柱形颗粒)效果远好于其他处理。

参考文献:

[1] 张洋,李素艳,张涛,等.滨海盐碱土壤改良技术[J].吉林农业大学学报,2016,38(2):164-168,174.

[2] 介明.盐碱地的危害与改良研究[J].绿色科技,2016(7):122,124.

[3] Mader P, Fliessbach A, Dubois D, et al. Soil fertility and biodiversity in organic farming [J]. *Science*, 2002, 293(5573): 1694-1697.

[4] Wardle D A, Bardgett R D, Klirmons, J N, et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota [J]. *Science*, 2004, 304(5677): 1629-1633.

[5] Bollag J M, Loll M J. Incorporation of xenobiotics into soil humus [J]. *Experientia*, 1983, 39 (11): 1221-1231.

[6] 王晶,何忠俊,王立东,等.高黎贡山土壤腐殖质特性与团聚体数量特征研究[J].土壤学报,2010,47(4): 723-733.

[7] 任玲,吴景贵,吕东波,等.不同耕作模式对东北黑土腐殖质结合形态的影响[J].东北农业科学,2016(2):50-55.

[8] 樊腾芳,周卫军,郭子川,等.澧阳平原古水稻土有机无机复合度及腐殖质结合形态研究[J].湖南农业科学,2017(4):51-54.

[9] 何瑞成,吴景贵,李建明.不同有机物料对原生盐碱地水稳性团聚体特征的影响[J].水土保持学报.2017,31(3):310-316.

[10] 龙攀,高旺盛,隋鹏,等.农业废弃物还田对土壤团聚体及土壤C和N的影响[J].中国农业大学学报,2014,19(6):107-118.

[11] 刘军,景峰,李同花.秸秆还田对长期连作棉田土壤腐殖质组分含量的影响[J].中国农业科学,2015,48(2): 293-302.

[12] Yu K, Feng H, Zhao Y, et al. Ammoniated straw incorporation promoting straw decomposition and improving winter wheat yield and water use efficiency [J]. *Transactions of the CSAE*, 2015, 31(19): 103-111.

[13] 吴景贵.农业资源与资源环境专业实验技术指导[M].长春:吉林大学出版社,2016:221-238.

[14] 严昶升.土壤肥力研究方法[M].北京:北京农业出版社,1988:265-269.

[15] 张鸿龄,梁成华,杜立宇,等.长期定位施肥对保护地土壤腐殖质结合形态的影响[J].应用生态学报,2006,17(5):831-834.

[16] 李建明,吴景贵,王利辉.不同有机物料对黑土腐殖质结合形态影响差异性的研究[J].农业环境科学学报,2011,30(8):1608-1615.

[17] Nicola S, Cesar P, Gennaro B, et al. A comparative survey of recent results on humic-like fractions in organic amendments and effects on native soil humic substances [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(6): 1244-1262.

[18] 张电学,韩志卿,王秋兵,等.不同施肥制度下褐土结合态腐殖质动态变化[J].沈阳农业大学学报,2006,37(4):597-601.

[19] 刘树庆,杜孟庸,周健学,等.不同肥力土壤有机无机复合度及腐殖质结合形态及其与肥力关系研究[J].土壤通报,1989,20(5):267-270.

[20] 王帅,王楠,张溪,等.改良方式对盐碱地稻田总有机碳及腐殖质组成的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(11):43-50.