

DOI: 10.11766/trxb201710220479

有机物料对原生盐碱地土壤生物学性质的影响*

何瑞成 吴景贵[†]

(吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118)

摘要 采用连续2年大田试验方法, 研究了颗粒型秸秆(KL)、正常秸秆(JG)、牧草(MC)以及羊粪(YF)4种有机物料处理对试验地微生物数量、微生物生物量碳氮、土壤呼吸强度、三种土壤酶活性以及水稻产量的影响, 并分析了生物学性质与测产指标的相关性。结果表明: 与不施有机物料处理(CK)对比, 施用有机物料的JG、MC、YF处理均不同程度提高了微生物数量、微生物生物量碳氮含量、土壤呼吸强度、土壤酶活性以及水稻产量, 但差异不明显。同种有机物料不同形态之间差异显著, 颗粒秸秆效果优于正常秸秆, 颗粒秸秆与CK相比, 提高了39.45%的土壤细菌、50.28%放线菌、89.91%真菌数量、63.21%和46.02%的土壤微生物生物量碳氮含量, 土壤呼吸强度提高46.22%, 过氧化氢酶活性提高18.03%, 转化酶活性提高23.22%, 纤维素酶活性提高79.32%, 增产130.6%。土壤微生物数量(细菌、真菌和放线菌)与千粒重、结实率、每穗总粒数和产量具有相关性, 土壤微生物活性(土壤呼吸强度和微生物生物量碳氮)与有效穗数、每穗总粒数、千粒重以及产量具有相关性, 土壤酶活性(过氧化氢酶、转化酶和纤维素酶)与穗长和千粒重表现出相关性。结果表明相同条件下, 原生盐碱地改良前期, 不同种类有机物料对原生盐碱地作用效果相似, 但同种有机物料不同形态其作用效果差异显著。

关键词 有机物料; 颗粒秸秆; 原生盐碱地; 酶活性; 土壤微生物; 水稻产量

中图分类号 S154.3; S156.4 **文献标识码** A

盐碱地作为重要的耕地后备资源, 具有碱化度高、养分含量匮乏、土壤生物活性和丰富度低等特性, 使得盐碱地不能直接开发为耕地资源^[1]。与此同时, 随着我国人口数量的增加以及土地资源的减少, 导致人多地少的矛盾日益严重。因此, 如何有效地解决盐碱地改良的问题, 使其变为有产量保证的耕地资源, 越来越受到人们的重视。土壤微生物和酶活性作为评价土壤质量的重要指标之一, 对促进土壤有机质的分解和养分的转化起着重要的作用, 目前已成土壤学界的研究热点^[2-5]。利用有机物料对盐碱地进行改良, 不但将农业固体废弃物资源化, 而且能增加土壤养分和有机质、改良土

壤结构、提高作物产量^[6-9]。近年来, 相关学者研究了有机物料施入后, 对盐碱地土壤微生物及酶活性的影响。王利民等^[10]发现黄麻草和有机肥的施用明显提高了沿海盐碱地的酶活性和微生物数量, 促进了土壤生物活性。汪成忠等^[11]将不同泡水时间和不同量的水稻秸秆粉碎后还田, 得到最优处理的还田措施。徐娜娜等^[12]研究了秸秆粉、秸秆粉加营养液以及发酵秸秆粉施入盐碱地的影响, 发现秸秆粉的加入对土壤微生物量没有明显改善, 而后者效果明显。贾相岳^[13]发现对盐碱土进行玉米秸秆造夹层处理能够很好地增加盐碱地土壤的微生物数量, 对盐碱地具有较好的改良效果。马玉露等

* 国家重点研发计划项目(2017YFD0201801)和吉林省科技厅重大科技招标专项(20150203004NY)资助Supported by the National Key Technology R&D Program of China (No. 2017YFD0201801) and the Research Foundation of the Science & Technology Agency of Jilin Province (No. 20150203004NY)

[†] 通讯作者Corresponding author, E-mail: wujingguik@163.com

作者简介: 何瑞成(1993—), 男, 江西吉安人, 硕士研究生, 研究领域为盐碱地改良。E-mail: 747267753@qq.com

收稿日期: 2017-10-22; 收到修改稿日期: 2017-12-19; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2018-01-25

[14] 研究表明牛粪亦对盐碱地也具有改良作用。众多研究者利用有机物料, 从有机物料配施、有机物料施入量、以及施入方式等方面进行了大量研究, 同时也取得了丰富的成绩。但针对比较不同有机物料以及有机物料的不同物理形态对盐碱地土壤微生物活性以及作物产量的影响研究较少。不同有机物料对盐碱地土壤生物学性质和作物产量的影响是否有差别, 同一物质不同物理形态所表现出来的性质有所差别, 如果将有机物料形态改变后施入盐碱地, 是否会对土壤微生物学特性和作物产量产生不同的影响? 为明确该问题, 本文选择3种不同种类的有机物料, 以及其中一种物料的不同形态为供试材料, 通过连续2年大田试验研究了在稻作条件下不同种类和同种类不同形态的有机物料对原生盐碱地土壤微生物数量、微生物生物量碳氮、土壤呼吸强度, 以及土壤酶活性和水稻产量的影响, 并分析了生物特性与测产指标的相关性, 旨在阐明不同种类和同种有机物料不同形态对原生盐碱地土壤生物学性质和作物产量的影响, 为盐碱地改良提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地点位于吉林省大安市海坨乡姜家村向东约4.21 km处(124° 1' 48" E, 45° 19' 47" N), 平均海拔130 m, 年均日照3 013 h, 年均温度4.3 °C, 常年有效积温2 921 °C, 无霜期157 d, 年均降雨量413.7 mm。试验区面积为1 550 m², 地势平坦。表层土壤pH为9.94、碱化度58.31%、可溶盐总量3.39 g kg⁻¹、阳离子交换量3.91 cmol kg⁻¹、交换性Na⁺含量2.28 cmol kg⁻¹、有机质2.91 g kg⁻¹、全氮0.372 g kg⁻¹、碱解氮11.28 mg kg⁻¹、有效磷20.61 mg kg⁻¹、速效钾143.3 mg kg⁻¹、C/N4.53。

1.2 试验设计

试验开始于2016年6月, 以未改良的原生盐碱地为试验田, 在稻作条件下进行, 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, 随机排列。每个小区面积为30 m²(6 m×5 m), 各小区四周用土叠梗进行单排单灌, 小区之间保留1 m过道。整地前施入物料

和底肥, 随后灌水沷田1~2 d, 最后进行耙地和插秧, 移栽秧苗行株距为当地习惯, 每穴5~6株。至移栽后每周换水1次, 各小区换水量为8 m³, 9月末进入收获期后减少换水次数进行晒田, 10月10日收获水稻。次年除不施加有机物料, 其他操作与前年一致。

有机物料施入量按照等碳原则计算, 以全量还田为标准, 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。为解决灌水沷田时有机物料漂浮问题, 颗粒秸秆和羊粪均匀铺洒于小区各处, 而牧草和正常秸秆在各自小区挖3条长5 m、宽1 m、深20 cm的沟, 将物料埋入沟内用土掩埋, 随后所有处理的各小区灌水沷田。插秧前对各小区进行耙地搅拌, 使开沟填埋的牧草和正常秸秆以及颗粒秸秆和羊粪均匀分布于小区各处, 并与表层土充分混合均匀。各有机物料中, 颗粒秸秆由正常秸秆经过机器粉碎, 加密处理, 最后压模出长2 cm、直径0.5 cm的圆柱形颗粒, 不仅利于运输, 同时也解决了秸秆还入水田后漂浮问题, 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。

1.3 样品采集与分析

于2016年6月试验开始前采集一次土壤, 作为原土基础数据。于2017年10月水稻收获后采集表层土(0~20 cm)。各试验小区选取5个采样点, 用四分法取混合样, 装入无菌密封袋中, 将密封袋放置低温箱中带回实验室, 于4 °C条件下保存。在采集的同时测定土壤呼吸强度。

土壤酶活性测定: 土壤过氧化氢酶、转化酶、纤维素酶测定方法参照《土壤酶及其研究法》[15]。土壤微生物数量测定: 细菌、放线菌、真菌数量采用稀释平板测数法。土壤呼吸强度测定: 采用田间原位测定法, 具体方法参考《土壤农业化学分析方法》[16]。土壤微生物生物量碳氮测定: 采用氯仿熏蒸-硫酸钾浸提法。

1.4 数据处理

产量计算: 产量(kg hm⁻²)=每穴有效穗数×每穗粒数×结实率×千粒重×195×333.33×10⁻⁶式中, 195为各小区平均穴数; 333.3为面积单位换算系数。

利用Excel 2016软件进行数据整理, 图表的绘制, SPSS 18.0软件进行数据分析。

2 结果

2.1 不同处理对原生盐碱地土壤微生物数量的影响

从表1中可以看出各处理土壤微生物组成均以细菌为主, 其次为放线菌, 真菌最少。各处理与原土相比, 细菌数量提高73.82%~142.41%, 放线菌数量提高7.81%~59.75%, 真菌数量提高87.95%~256.92%。有机物料处理较CK处理相比效果更好, 细菌数量、放线菌和真菌变化范

围分别在12.35%~39.45%、30.47%~50.28%、51.76%~89.91%, 其中KL处理的细菌数量和真菌数量最多且与其他处理差异显著, YF处理的放线菌数量最多, 但与KL处理差异不显著。有机物料的施入能够大幅度提高土壤微生物的数量, 其中以KL处理效果最好, 这是由于有机物料的施入直接增加了土壤微生物可利用的碳源, 为土壤微生物的生长繁殖提供了充足的能源, 其次, KL处理后的土壤平均质量比表面积要大于其他处理^[7], 这为土壤微生物提供了更多的生长繁殖所需的场所, 提高了土壤微生物的环境容纳量。说明同种有机物料不同形态对土壤微生物数量的影响不同, 本文中颗粒状秸秆效果要好于正常秸秆。

表1 不同处理对土壤微生物数量的影响

Table 1 Population of soil microbes relative to treatment

处理 Treatment	细菌数量 Bacteria (10^5 CFU g^{-1})	放线菌数量 Actinomycete (10^3 CFU g^{-1})	真菌数量 Fungus (10^1 CFU g^{-1})	细菌所占比 Proportion of bacteria (%)	放线菌所占比 Proportion of Actinomycete (%)	真菌所占比 Proportion of fungus (%)
OS	1.91 ± 0.15d	4.87 ± 0.22d	3.32 ± 0.41e	97.51	2.48	0.01
CK	3.32 ± 0.38c	5.25 ± 0.33c	7.24 ± 0.31d	98.42	1.56	0.02
KL	4.63 ± 0.25a	7.78 ± 0.29a	11.85 ± 0.45a	98.32	1.65	0.03
JG	3.73 ± 0.17bc	7.33 ± 0.19ab	9.76 ± 0.39c	98.04	1.93	0.03
MC	4.15 ± 0.03b	6.85 ± 0.63b	10.75 ± 0.76b	98.35	1.62	0.03
YF	3.96 ± 0.21b	7.89 ± 0.36a	9.47 ± 0.43c	98.03	1.95	0.02

注: 表中OS、CK、KL、JG、MC和YF分别代表原始土样、对照处理、颗粒秸秆处理、正常秸秆处理、牧草处理和羊粪处理。不同字母表示差异显著 ($p < 0.01$)。下同 Note: OS, CK, KL, JG, MC and YF stands for original soil sample, control, granulated straw, normal straw, forage and sheep manure, respectively. Different letters represent significant difference ($p < 0.01$). The same below

2.2 不同处理对原生盐碱地土壤微生物量碳氮和土壤呼吸强度的影响

图1中可看出, 各处理土壤微生物生物量碳氮含量均较原土高且显著差异, 其变化范围分别在49.31%~143.7%、59.11%~132.3%。有机物料处理的土壤微生物生物量碳氮与CK处理相比, 均表现出显著差异性, 变化范围在40.75%~63.21%、31.35%~46.02%。说明有机物料能有效增加原生盐碱地土壤微生物生物量碳氮含量, 提高土壤微生物的活性。有机物料各处理的土壤微生物生物量碳中, 以KL处理最好, 且与其他有机物料处理差异显著, 而JG处理、MC处理和YF处理差异不显著。有机物料各处理的土壤

微生物量氮中, KL处理最好, 但各处理之间差异不显著。各处理土壤呼吸强度相比原土亦均有增加(图1), 其增加范围在29.12%~88.81%。有机物料处理与CK处理相比差异显著, 其变化范围在20.45%~46.22%。有机物料处理中以KL处理的土壤呼吸强度最高, 且与其他有机物料处理差异显著, 而JG处理、MC处理和YF处理之间差异不显著。说明颗粒状秸秆能够有效提高土壤微生物活性。

2.3 不同处理对原生盐碱地土壤酶活性的影响

由图2可知, 各处理的过氧化氢酶、转化酶和纤维素酶活性均较原始土壤有所提高, 且显著差异。其中各处理的过氧化氢酶活性较原土提高了

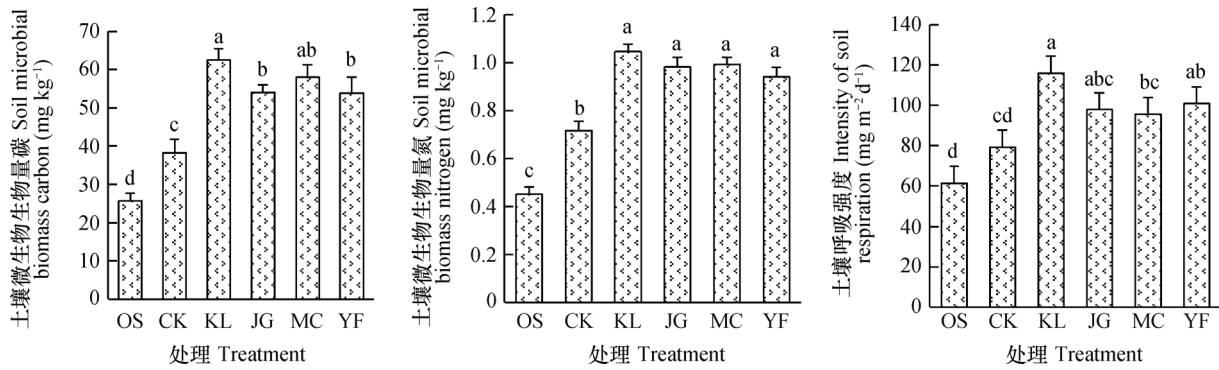
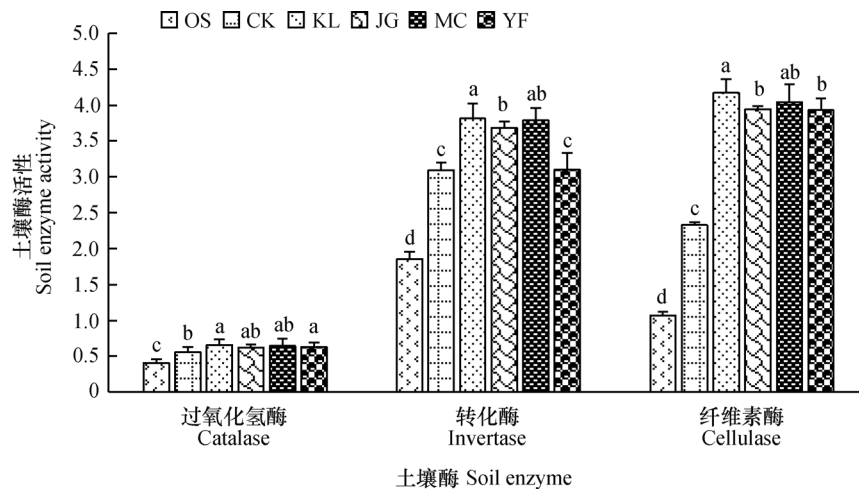


图1 不同处理对土壤微生物生物量碳氮及土壤呼吸强度的影响

Fig. 1 Soil microbial biomass carbon and nitrogen content and soil respiration intensity relative to treatment

37.51%~62.31%，有机物料处理较CK处理提高了11.42%~18.03%，各有机物料处理中以KL处理效果最好，其次为MC、YF、JG，但有机物料处理之间差异不明显。各处理的转化酶活性与原土差异显著，且比原土提高了66.64%~105.33%。有机物料处理中YF处理与CK处理差异不明显，其他有机物料处理的转化酶活性较CK处理增加了19.11%~23.22%，以KL处理最好，但与MC处理差异不明显。各处理纤维素酶活性较

原土提高了117.2%~289.5%，差异显著。有机物料处理与CK处理相比，纤维素酶活性提高了69.01%~79.32%。KL处理效果最好，其他有机物料差异不明显。可见KL处理能有效提高土壤酶活性，这是由于颗粒状秸秆与其他处理相比有效增加了微生物数量和提高了微生物活性，从而增加了微生物分泌物，此外颗粒状秸秆使土壤大小空隙分布均匀^[7]，提高作物根系活力，进而提高了土壤酶活性。



注：过氧化氢酶活性单位为ml g⁻¹，转化酶和纤维素酶单位为mg g⁻¹ Note: Unit of catalase activity is ml g⁻¹, and unit of cellulase and cellulase activity is mg g⁻¹

图2 不同处理对原生盐碱土壤酶活性的影响

Fig. 2 Soil enzyme activities in the primary saline alkali soil relative to treatment

2.4 不同处理对原生盐碱地水稻产量影响以及与生物学性质各指标的相关性

表2给出了各处理测产指标。可以看出，有机物料处理各指标均好于CK处理且差异显著，与CK相比产量变化范围在54.43%~130.6%。通过理论

产量计算，各有机物料产量表现为KL > MC > YF > JG。各有机物料处理中，MC处理的结实率指标最高，但与KL处理差异不显著。YF处理的穗长指标最好，但与MC和JG处理差异不显著。其他指标均以KL处理最好，但KL与YF处理的每穗总粒数差

异不显著。土壤生物学性质与测产各指标之间的相关性分析,从整体上可分为,土壤微生物数量(细菌、真菌和放线菌)、微生物活性(土壤呼吸强度和微生物生物量碳氮)以及土壤酶活性(过氧化氢酶、转化酶和纤维素酶)与水稻生长发育相关性分析,从表3中可以看到,土壤微生物数量与千粒

重、结实率、每穗总粒数和产量具有相关性,土壤微生物活性与有效穗数、每穗总粒数、千粒重以及产量具有相关性,土壤酶活性与穗长和千粒重表现出相关性。这说明在原生盐碱地初次改良前期,微生物数量和微生物活性对水稻生长发育具有较大的影响,而土壤酶活性对其影响表现不突出。

表2 不同处理测产指标

Table 2 Rice yield relative to treatment

处理 Treatment	穗长Spike length (cm)	有效穗数Number of effective ears	每穗总粒数Number of grains per ear	千粒重Thousand- grain weight (g)	结实率Seed stting rate	产量Yield (kg hm ⁻²)
CK	12.96 ± 2.43c	30.61 ± 4.23d	73.04 ± 13.86d	21.13 ± 2.63c	70.9 ± 4.23c	2 178 ± 124d
KL	16.99 ± 1.46b	37.75 ± 3.75a	90.66 ± 5.73a	26.48 ± 1.89a	85.22 ± 5.36a	5 021 ± 141a
JG	15.64 ± 2.25ab	35.16 ± 3.52b	84.26 ± 10.35bc	23.57 ± 3.12b	74.07 ± 3.25b	3 363 ± 90c
MC	17.08 ± 1.22a	33.36 ± 2.42bc	80.34 ± 11.75c	24.78 ± 2.67b	87.13 ± 6.23a	3 762 ± 157b
YF	17.31 ± 3.41a	32.64 ± 3.46c	87.91 ± 9.97ab	24.56 ± 1.63b	75.79 ± 3.67b	3 579 ± 134bc

注:图中不同字母表示差异显著($p < 0.05$) Note: Different letters represent significant difference at 0.05 level

表3 测产指标与生物性质各指标相关性

Table 3 Relationships of yield index with various soil biological property indices

指标Index	穗长 ^①	有效穗数 ^②	每穗总粒数 ^③	千粒重 ^④	结实率 ^⑤	产量 ^⑥
细菌数量 ^⑦	0.713	0.861	0.815	0.991**	0.883*	0.967**
真菌数量 ^⑧	0.808	0.808	0.818	0.944*	0.889*	0.890*
放线菌数量 ^⑨	0.860	0.675	0.953*	0.809	0.446	0.718
微生物生物量碳 ^⑩	0.845	0.787	0.842	0.941*	0.818	0.875
微生物生物量氮 ^⑪	0.837	0.757	0.836	0.887*	0.738	0.817
土壤呼吸强度 ^⑫	0.687	0.933*	0.963**	0.967**	0.653	0.957*
过氧化氢酶活性 ^⑬	0.893*	0.746	0.851	0.938*	0.810	0.854
转化酶活性 ^⑭	0.404	0.651	0.402	0.646	0.760	0.660
纤维素酶活性 ^⑮	0.913*	0.657	0.835	0.842	0.679	0.738

①Spike length, ②Number of effective ears, ③Number of grains per ear, ④Thousand-grain weight, ⑤Seed stting rate, ⑥Yield, ⑦Bacteria, ⑧Fungus, ⑨Actinomyces, ⑩Microbiological biomass carbon, ⑪ Microbial biomass nitrogen, ⑫ Intensity of soil respiration, ⑬ Catalase activity, ⑭ Invertase activity, ⑮ Cellulase activity. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$

3 讨论

在稻作条件下施用有机物料改良原生盐碱土,能增加原生盐碱地土壤微生物数量和微生物生物量碳氮含量,提高土壤呼吸强度,提高土壤过氧化氢酶、转化酶以及纤维素酶的活性,同时增加水稻产量,表明有机物料对原生盐碱地土壤微生物活性和农作物产力量具有较大的影响。通过连续2年的定位试

验,有机物料显著提高土壤三大类微生物数量、微生物生物量碳氮、土壤呼吸强度和作物产量,结果与前人研究结果相似^[17-19]。有机物料的施入增加了土壤微生物利用的碳源,且有机物料在厌氧条件下会分解产生大量有机酸,降低原生盐碱地pH,同时有机物料施入能增加原生盐碱地的通透性,降低土壤容重,提高导水率,降低可溶性盐,提高微生物活性^[20-23],而微生物能促进土壤难溶性养分的溶解和

释放。同时, 微生物在代谢过程中释放大量的无机和有机酸物质, 促进土壤微量元素的释放和螯合, 改善土壤中养分的供应, 从而提高水稻产量。从结果中可看出, 各处理的土壤微生物数量以细菌为主, 其次为放线菌, 真菌含量最低, 与徐双等^[2]研究相似。但有机物料加入后, 各微生物所占比例发生明显变化, 细菌比例增加, 虽然真菌数量仍然低于放线菌, 但真菌数量所占比例上升, 而放线菌的比例降低。这表明稻作条件下, 相比于放线菌, 有机物料施入更有利于真菌和细菌的生长发育, 其原因需进一步研究。土壤呼吸来源以土壤微生物的呼吸占主要作用^[24], 是衡量土壤微生物活性的重要指标之一, 而土壤微生物生物量碳氮含量也是反应土壤微生物活性的一个重要指标^[25]。研究表明施加有机物料能增加土壤微生物碳氮和土壤呼吸强度^[2, 26], 本研究结果与该结论一致, 本研究原生盐碱地土壤C/N为4.53, 而所使用的有机物料的C/N均远高于该值, 添加有机物料能为微生物提供丰富的碳、氮源, 提高原生盐碱地土壤C/N, 使土壤C/N更加接近于适宜微生物活动和繁殖所要求的25, 促进了土壤微生物的活性, 提高了微生物同化作用, 进而提高土壤微生物生物量碳氮和土壤呼吸^[27-28]。不同有机物料施入盐碱地均有利于土壤酶活性的提高。与陶梦慧^[29]和汪成忠^[11]等研究结果一致。有机物料施入对土壤表层温度具有显著调节作用^[30], 低温时产生增温效应, 高温时产生降温效应, 使酶促反应保持在适当的温度下进行, 同时有机物料能促进土壤微生物数量增加, 进一步提高了土壤微生物包括土壤酶在内的分泌物数量。利用有机物料改良盐碱地能提高农作物产量^[31], 本研究与该结论一致, 且KL处理的水稻产量最高。在原生盐碱地初次改良前期, 总体而言, 土壤微生物数量和活性与水稻生长和产量表现出相关性, 因为土壤微生物在生长过程中, 能分解土壤矿物中某些中微量营养元素, 同时提高有效性, 为水稻提供生长发育所需的养分, 促进水稻发育, 进而增加产量。而土壤酶活性与水稻生长和产量未表现出相关性, 可能的原因是, 试验土壤较差的土壤理化性质和结构对土壤酶活性产生抑制作用。所以, 虽然有机物料提高了土壤酶活性, 但仍然处于较低水平, 对水稻生长和产量的影响较小, 从而未表现出相关性。对于生物学各指标与测产各指标之间的相关性, 其具体原因还有待研究。

从不同种类有机物料来看, JG处理、MC处理和YF处理三者均增加了土壤微生物数量、微生物生物量碳氮以及土壤呼吸强度和产量, 但差异不显著, 可能与改良时间较短, 施用有机物料处理的土壤中有有机物分解不完全, 未及时转化为活性有机物质有关。而同种有机物料不同形态之间即KL处理和JG处理, 除微生物生物量氮外, 其他指标均差异显著, 且KL处理的效果不单好于其他物料的处理, 而且也好于同种物料JG处理, 其主要原因在于二者物理性质截然不同, KL处理使用的颗粒秸秆是经过粉碎压密处理的, 经过灌水后本身会吸水膨胀形成疏松多孔的结构, 一方面增加了微生物与物料的接触面积, 另一方面疏松多孔的结构增加了土壤孔隙度和吸附能力, 能促进了土壤团聚体的凝聚^[22], 同时有机物料腐解后表面氧化基团以及羧基增加, 与土壤团粒结合后能够增强其保水效应^[23], 进而改善原生盐碱地土壤结构^[7], 为微生物创造更好的生长发育的条件, 极大促进了微生物量活性。许多研究已表明疏松多孔的土壤结构有利于植物根系生长、土壤微生物活动、提高土壤酶活性^[30-34]。不同种有机物料初次改良原生盐碱地其效果大致相似, 而同种物料不同形态的效果则大不相同, 这为今后利用有机物料初次改良盐碱地提供了新的思路和方法。

4 结 论

原生盐碱地初次改良前期, 不同种类有机物料对原生盐碱地土壤微生物数量、微生物生物量碳氮、土壤呼吸强度、土壤酶活性以及水稻产量均有提高效果, 但差异不显著, 而同种有机物料不同形态之间, 改良效果显著差异, 且所有处理中, 经过粉碎压密的颗粒秸秆效果最好。土壤微生物数量和土壤呼吸强度对水稻生长发育以及产量具有较大的影响, 而土壤酶活性和微生物生物量碳氮对其影响表现不突出。

参 考 文 献

- [1] 张体彬, 展小云, 冯浩. 盐碱地土壤酶活性研究进展和展望. 土壤通报, 2017, 48 (2) : 495—500
Zhang T B, Zhan X Y, Feng H. Research advance and prospect of soil enzymes activities in salinealkali soils (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science,

- 2017, 48 (2): 495—500
- [2] 徐双, 柳新伟, 崔德杰, 等. 不同施肥处理对滨海盐碱地棉花生长和土壤微生物及酶活性的影响. 水土保持学报, 2015, 29 (6): 316—320
Xu S, Liu X W, Cui D J, et al. Effect of different fertilization treatments on cotton growth, soil microbes and enzyme activity in saline fields (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2015, 29 (6): 316—320
- [3] 王巍巍, 魏春雁, 张之鑫, 等. 不同种稻年限盐碱地水田表层土壤酶活性变化及其与土壤养分关系. 东北农业科学, 2016, 41 (4): 43—48
Wang W W, Wei C Y, Zhang Z X, et al. Studies on changes of surface layer soil enzyme in saline-alkali paddy field of different planting years and relationship between soil enzyme changes and soil nutrients (In Chinese). Journal of Northeast Agricultural Sciences, 2016, 41 (4): 43—48
- [4] 卢闯, 逢焕成, 张建丽, 等. 增施磷肥对重度盐碱地食葵生长及土壤微生物区系的影响. 农业环境科学学报, 2017, 36 (2): 329—337
Lu C, Pang H C, Zhang J L, et al. Effect of phosphorus application rates on sunflower growth and soil microflora in severe saline land (In Chinese). Journal of Agro-Environment Science, 2017, 36 (2): 329—337
- [5] Li Y Y, Pang H C, Han X F, et al. Buried straw layer and plastic mulching increase microflora diversity in salinized soil. Journal of Integrative Agriculture, 2016, 15 (7): 1602—1611
- [6] Wu Y P, Li Y F, Zheng C Y, et al. Organic amendment application influence soil organism abundance in saline alkali soil. European Journal of Soil Biology, 2013, 54: 32—40
- [7] 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. 水土保持学报, 2017, 31 (3): 310—316
He R C, Wu J G, Li J M. Effects of different organic materials on characteristics of water stable aggregates in primary saline alkali soil (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2017, 31 (3): 310—316
- [8] 于妍, 夏梦婧, 裴定宇, 等. 废水灌溉下有机物料对重度盐渍土养分及芦苇生长的影响. 中国生态农业学报, 2013, 21 (4): 448—455
Yu Y, Xia M Q, Pei D Y, et al. Effects of organic amendments on severe saline soil nutrient content and reed growth under wastewater irrigation (In Chinese). Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21 (4): 448—455
- [9] Xie W, Wu L, Zhang Y, et al. Effects of straw application on coastal saline topsoil salinity and wheat yield trend. Soil & Tillage Research, 2017, 169: 1—6
- [10] 王利民, 陈金林, 梁珍海, 等. 黄麻秸秆及有机肥对滨海盐土生物性质的影响. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2010, 34 (1): 39—42
Wang L M, Chen J L, Liang Z H, et al. Effects of jute straw and organic fertilizer on the biological properties of the coastal saline soil (In Chinese). Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2010, 34 (1): 39—42
- [11] 汪成忠, 胡永红, 周翔宇, 等. 水稻秸秆还田对崇明盐碱地土壤酶活性和微生物数量的影响. 干旱区资源与环境, 2016, 30 (8): 132—138
Wang C Z, Hu Y H, Zhou X Y, et al. The influence of rice straw return on soil enzyme activity and microorganism in Chong Ming saline-alkali (In Chinese). Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016, 30 (8): 132—138
- [12] 徐娜娜, 解玉红, 冯焱. 添加秸秆粉对盐碱地土壤微生物生物量及呼吸强度的影响. 水土保持学报, 2014, 28 (2): 185—188
Xu N N, Xie Y H, Feng X. Add straw powder effect on soil microbial biomass and respiration intensity of saline alkali soil (In Chinese). Journal of Soil and Water Conservation, 2014, 28 (2): 185—188
- [13] 贾相岳. 玉米秸秆造夹层处理对盐碱地土壤微生物数量的影响. 南方农业, 2017, 11 (10): 24—27
Jia X Y. Effect of corn straw interlayer treatment on soil microbial quantity in saline alkali soil (In Chinese). South China Agriculture, 2017, 11 (10): 24—27
- [14] 马玉露, 侯迷红, 范富, 等. 物料改良盐碱地效果研究. 内蒙古民族大学学报 (自然科学版), 2017, 32 (1): 70—76
Ma Y L, Hou M H, Fan F, et al. Effects of amendments for improving saline alkali soil (In Chinese). Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences), 2017, 32 (1): 70—76
- [15] 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986
Guang S M. Soil enzyme and its research methods (In Chinese). Beijing: Agriculture Press, 1986
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000
Lu R K. Analytical methods for soil and agro-chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000
- [17] Wu Y P, Li Y F, Zhang Y, et al. Response of saline soil properties and cotton growth to different organic

- amendments. *Pedosphere*, 2017, DOI: 10.1016/S1002-0160(17)60464-8
- [18] 李凤霞, 王学琴, 郭永忠, 等. 不同改良措施对银川平原盐碱地土壤性质及酶活性的影响. *水土保持研究*, 2012, 19(6): 13—18
Li F X, Wang X Q, Guo Y Z, et al. Effect of soil properties and soil enzyme activity in different improvement measures of saline-alkali soil in Yinchuan Plain (In Chinese). *Research of Soil and Water Conservation*, 2012, 19(6): 13—18
- [19] 张旭博, 徐明岗, 张文菊, 等. 添加有机物料后红壤 CO₂ 释放特征与微生物生物量动态. *中国农业科学*, 2011, 44(24): 5013—5020
Zhang X B, Xu M G, Zhang W J, et al. Characteristics of CO₂ emission and microbial biomass dynamics after adding various organic materials in red soil (In Chinese). *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(24): 5013—5020
- [20] 周晓飞, 解玉红, 裴宇航, 等. 添加秸秆粉对盐碱土壤理化性质的影响. *湖北农业科学*, 2011, 50(23): 4806—4808
Zhou X F, Xie Y H, Pei Y H, et al. Effect of adding straw powder on the physical and chemical properties of saline alkali soil (In Chinese). *Hubei Agricultural Sciences*, 2011, 50(23): 4806—4808
- [21] 李玖燃, 丁红利, 任豫霜, 等. 不同用地土壤有机质和微生物对添加秸秆的响应. *草业科学*, 2017, 34(5): 958—965
Li J R, Ding H L, Ren Y S, et al. Effect of cornstalk addition on soil organic matter dynamics and microorganism under different land use patterns (In Chinese). *Pratacultural Science*, 2017, 34(5): 958—965
- [22] 曹莹菲, 张红, 赵聪, 等. 秸秆腐解过程中结构的变化特征. *农业环境科学学报*, 2016, 35(5): 976—984
Chao Y F, Zhang H, Zhao C, et al. Changes of organic structures of crop residues during decomposition (In Chinese). *Journal of Agro-Environment Science*, 2016, 35(5): 976—984
- [23] 詹其厚, 袁朝良, 张效朴. 有机物料对砂姜黑土的改良效应及其机制. *土壤学报*, 2003, 40(3): 420—425
Zhan Q H, Yuan Z L, Zhang X P. Ameliorative effect and mechanism of organic materials on vertisol (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2003, 40(3): 420—425
- [24] Nguyen T T, Marschner P. Soil respiration, microbial biomass and nutrient availability in soil after repeated addition of low and high C/N plant residues. *Biology & Fertility of Soils*, 2016, 52(2): 165—176
- [25] Zhu L X, Xiao Q, Cheng H Y, et al. Seasonal dynamics of soil microbial activity after biochar addition in a dryland maize field in North-Western China. *Ecological Engineering*, 2017, 104: 141—149
- [26] 王芳, 张金水, 高鹏程, 等. 不同有机物料培肥对渭北旱塬土壤微生物学特性及土壤肥力的影响. *植物营养与肥料学报*, 2011, 17(3): 702—709
Wang F, Zhang J S, Gao P C, et al. Effect of application of different organic materials on soil microbiological properties and soil fertility in weibeirained high land (In Chinese). *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2011, 17(3): 702—709
- [27] 陈安强, 付斌, 鲁耀, 等. 有机物料输入稻田提高土壤微生物碳氮及可溶性有机碳氮. *农业工程学报*, 2015, 31(21): 160—167
Chen A Q, Fu B, Lu Y, et al. Exogenous organic materials applied to paddy field improving soil microbial biomass C, N and dissolved organic C, N (In Chinese). *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(21): 160—167
- [28] Jackson L E, Calderon F J, Steenwerth K L, et al. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma*, 2003, 114(3/4): 305—317
- [29] 陶梦慧, 索全义, 张曙光, 等. 不同施肥对土壤微生物量和酶活性的影响. *北方园艺*, 2014(9): 150—157
Tao M H, Suo Q Y, Zhang S G, et al. Effects of different fertilization on the number of soil microbiological and soil enzyme activities (In Chinese). *Northern Horticulture*, 2017(9): 154—159
- [30] 杨滨娟, 黄国勤, 钱海燕. 秸秆还田配施化肥对土壤温度、根际微生物及酶活性的影响. *土壤学报*, 2014, 51(1): 150—157
Yang B J, Huang G Q, Qian H Y. Effects of straw incorporation plus chemical fertilizer on soil temperature, root micro-organisms and enzyme activities (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2014, 51(1): 150—157
- [31] 张伶波, 陈广锋, 田晓红, 等. 盐碱土石膏与有机物料组合对作物产量与籽粒养分含量的影响. *中国农学通报*, 2017, 33(12): 12—17
Zhang L B, Chen G F, Tian X H, et al. Effect of combined application of gypsum and organic materials on crop yield and grain nutrient content in saline-alkali soil (In Chinese). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, 33(12): 12—17
- [32] 郝晓然. 河北省夏玉米主产区高产田限制因素及土壤肥力特征分析. 河北保定: 河北农业大学, 2015
Hao X R. Analysis of limiting factors and soil fertility

- characteristics of high yield farmland in summer maize production area of Hebei Province (In Chinese). Baoding, Hebei: Agricultural University of Hebei, 2015
- [33] 吴英杰. 土壤调理剂在辣椒上的肥效试验. 农村科技, 2017 (1) : 25—26
Wu Y J. Effect of soil conditioner on pepper (In Chinese). Rural Science & Technology, 2017 (1) : 25—26
- [34] 赵冬. 黄土丘陵区植被恢复过程土壤团聚体结构演变特征及其量化表征. 中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心, 2017
Zhao D. Evolution characteristics and quantification of soil aggregate microstructure in the process of vegetation restoration in Loess hilly-gully region (In Chinese). Research Center of Soil & Water Conservation and Ecological Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Education, 2017

Effect of Amendment of Organic Materials on Soil Biological Property in Primary Saline Alkali Soil

HE Ruicheng WU Jinggui[†]

(College of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract This paper is to explore effects of amendment of organic materials on soil microbial community and rice yield in newly reclaimed paddy field of primary saline-alkali soil. To that end, a 2-year field experiment, designed to have four treatments, i.e. Treatment KL (granulated straw), Treatment JG (normal straw), Treatment MC (forage) and Treatment YF (sheep manure), was carried out to explore effects of the application of the organic materials on microbial biomass, microbial biomass carbon and nitrogen, soil respiration intensity, activities of three types of soil enzymes and rice yield, and relationships of rice yield with various microbial indices. Treatment JG, MC and YF increased, to a varying extent, microbial biomass, microbial biomass carbon, microbial biomass nitrogen, activities of three types of soil enzymes in the soil, soil respiration intensity and rice yield as compared with the control group, but the differences between the treatments were not significant. However, the treatments applied with the same organic materials but in different form differed significantly in the effect. Treatment KL was higher than Treatment JG in the effect. Compared with CK, Treatment KL increased the population of soil bacteria by 39.45%, the population of soil actinomyces by 50.28% and the population of soil fungi by 89.91%, soil microbial biomass carbon by 63.21%, soil microbial biomass nitrogen by 46.02%, soil respiration intensity by 46.22%, catalase activity by 18.03%, invertase activity by 23.22%, cellulase activity by 79.32%, and rice yield by 130.58%. Populations of soil microbes (bacteria, fungi and actinomycetes) were closely related to 1 000-grain weight, seed setting rate, number of grains per ear and rice yield, soil microbial activity (soil respiration intensity, soil microbial biomass carbon and nitrogen) to 1 000-grain weight, number of effective spikes, number of grains per spike and rice yield. Among the three types of soil enzymes activity (catalase, cellulase and invertase) were closely related to ear length and 1 000-grain weight. Under the same conditions, in the initial stage of soil amelioration of farmlands of primary saline-alkali soil, the application of organic materials had similar effects regardless of type of the organic material, but significantly different effects when the organic materials were of the same type, but different form.

Keywords Organic material; Particulated straw; Farmland of primary saline-alkali soil; Enzyme activity; Soil microorganism; Rice yield

(责任编辑: 卢 萍)