

有机废弃物菌糠和醋糟对次生盐渍化土壤修复效果研究

代立兰¹, 张怀山², 夏曾润³, 王晓力²,
王平¹, 王春梅², 王国宇¹

(1. 甘肃省兰州市农业科技研究推广中心, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所, 农业部兰州黄土高原生态环境重点野外科学观测试验站, 甘肃 兰州 730050;
3. 兰州大学草地农业科技学院 草地农业生态系统国家重点实验室, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 针对兰州市秦王川引大灌区的次生盐渍化土壤地区耕地盐碱综合防治的研究目标, 以菌糠和醋糟两种有机废弃物为材料, 通过大田试验, 系统分析了 4 种有机废弃物处理 (菌糠 7 500 kg·hm⁻², JK I; 菌糠 15 000 kg·hm⁻², JK II; 醋糟 7 500 kg·hm⁻², CZ I; 醋糟 15 000 kg·hm⁻², CZ II) 对盐渍化土壤的容重、pH 值、电导率以及小麦不同生育期叶片电导率和产量的影响。结果表明: 醋糟对次生盐渍化土壤的质地疏松、盐分抑制和修复改良效果总体上优于菌糠。施加有机废弃物耕种一季作物后, 土壤容重下降 6.45% ~ 10.93%, 土壤 pH 值下降 0.59% ~ 0.93%, 土壤电导率下降 36.84% ~ 44.44%, 且达到显著水平; 有机废弃物对成熟期小麦叶片电导率影响最为明显, JK I、JK II、CZ I、CZ II 4 个处理分别显著低于 CK 14.75%、16.76%、10.07% 和 20.14%; CZ II 处理小麦产量最高, 增产 11.16%。

关键词: 有机废弃物; 次生盐渍化土壤; 理化性状; 土壤修复

中图分类号: S156.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)01-0218-05

Effect of mushroom bran and vinegar residue on secondary salinization soil

DAI Li-lan¹, ZHANG Huai-shan², XIA Zeng-run³, WANG Xiao-li²,
WANG Ping¹, WANG Chun-mei², WANG Guo-yu¹

(1. Lanzhou Agriculture Science Research Center, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. Lanzhou Institute of Husbandry and Pharmaceutical Sciences CAAS, The Lanzhou Scientific Observation and Experiment Field Station of Ministry of Agriculture for Ecological System in Loess Plateau Areas, Lanzhou, Gansu 730050, China; 3. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystems, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: The effects of four mushroom bran and vinegar residue treatments (mushroom bran 7 500 kg·hm⁻² JK I, mushroom bran 15 000 kg·hm⁻² JK II, vinegar residue 7 500 kg·hm⁻² CZ I and vinegar residue 15 000 kg·hm⁻² CZ II) on bulk density, pH value, and electronic conductivity of soil as well as yields and conductivity of wheat in different growth periods was studied through a field experiment. The purpose of this study was to provide the theoretical basis for controlling soil secondary salinization in Qingwangchuan irrigation area, Lanzhou. The results indicated that vinegar residue was superior to mushroom bran of remediation on secondary salinization soil as a whole. Soil bulk density, pH value decreased by 6.45% ~ 10.93% and 0.59% ~ 0.93%, electronic conductivity decreased significantly by 36.84% ~ 44.44% after a season of plowing with applying organic wastes. The effects of organic wastes to the mature period of wheat leaf conductivity was most obvious, compared with the CK, JK I, JK II, CZ I, and CZ II treatments which were significantly reduced by 14.75%, 16.76%, 10.07%, and 20.14% respectively. CZ II treatment had the highest wheat yield, which increased by 11.16%.

Keywords: organic wastes; secondary salinization soil; physico-chemical properties; remediation

收稿日期: 2013-04-02

基金项目: 国家自然科学基金项目(31201841); 公益性行业(农业)科研专项(20120304204); 甘肃省农业科技创新项目(GNCX-2013-58); 兰州市科技计划项目(2011-1-167)

作者简介: 代立兰(1969—), 女, 甘肃兰州人, 高级农艺师, 主要从事作物栽培研究。E-mail: daililan518819@163.com。

通信作者: 张怀山(1968—), 男, 助理研究员, 研究方向为草类植物种质资源与育种。E-mail: zhanglz2007@163.com。

盐碱地是地球陆地上分布广泛的一种土壤类型,土壤盐渍化是当今全球性的资源环境问题和生态问题。我国有 200 万公顷盐荒地和 67 万公顷盐渍化土壤,主要分布在以灌溉农业为主的新疆、甘肃等西北地区^[1-2]。在工业污染、水资源的不合理开发利用以及管理不到位等因素的综合影响下,近年来我国土壤次生盐渍化问题日趋严重,给农业生产造成重大损失,同时也给生物圈和生态环境系统带来了巨大的挑战^[3]。兰州市的秦王川灌区由于长期大量使用化肥、农药、农膜等造成农田污染,土壤次生盐渍化也正在加剧。以引大灌区秦川镇为代表的地区存在可开发利用的盐碱荒地,充分利用这一土地后备资源可为当地经济的可持续发展提供必要的资源基础,因此改良和防治土壤次生盐渍化成为该地区发展生态农业的当务之急。

针对土壤次生盐渍化问题,国内外已提出了一些改良措施,主要集中在水利工程和物理改良技术的运用,如淋洗盐分、覆盖地膜等。这些措施虽然在一定程度上改善了土壤盐分状况,但却存在工程规模大、浪费水资源、运行和养护费用高以及土壤反盐等治标不治本的诸多弊端。随着新技术的不断更新,在建设生态农业的战略要求下,化学生物措施逐渐运用于盐碱地的改良,尤其是工业废弃物和微生物肥料作为土壤改良剂引起了许多学者的关注,并取得了突出的研究成果。研究表明,利用脱硫石膏改良盐渍土具有成本低、见效快、改良效果显著等优点^[4-5]。许多科研工作者都开展了盐碱地的有机废弃物糠醛渣改良研究,认为糠醛渣对碱土改良和预防土壤次生盐渍化效果明显,在降低土壤 pH 值、容重和提高作物产量等方面效果显著^[6-8]。关跃辉

等^[9]指出,施用食用菌菌糠能够有效地增加保护地土壤有机质、速效磷和速效钾的含量,提高土壤肥力,增加蔬菜产量,对蔬菜的长期生产极为有利。在实际耕作中,半腐熟有机肥料代替无机化肥的施用能有效地改善土质性能。据报道^[10],500 kg 腐殖质能吸收 15 kg 以上的钠,使碱性盐被固定起来,减缓对植物的伤害;有机质在分解过程中产生各种有机酸,加速溶解土壤中的阴离子,进而有利于脱盐。为了进一步探究有机废弃物对次生盐碱化土壤的修复改良效果,本试验以兰州市引大灌区的次生盐渍化土壤为研究对象,对菌糠和醋糟两种有机废弃物对盐渍化土壤理化性质的影响及生物效应进行了研究,为有机废弃物的合理农林资源化以及次生盐渍化土壤的改良修复技术提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地设在兰州市永登县秦川镇陇西村,位于兰州市西北部 70 km 处,海拔 2 080 m,地理位置为 36°39' N, 103°38' E。试验区属陇中北部温带干旱半干旱区,具有明显的大陆性气候特征,年均气温 6.5℃,极端最高气温 38.4℃,极端最低气温 -28.1℃,≥0℃年活动积温 2 893.0℃,≥10℃年活动积温 2 226.9℃,无霜期 123 d,冻土深度 1.2~1.4 m;多年平均降水量为 243 mm,分布不均,多集中在 7、8、9 三个月,年蒸发量 1 800 mm,平均相对湿度 56%;年平均风速 2.3 m·s⁻¹,年平均太阳辐射 542.9 kJ·cm⁻²,日照时数 2 678.2 h,气候干燥,为典型的灌溉农业区。土壤类型主体为灰钙土^[11-12],属中度偏重度盐渍化土壤,其基本理化性状见表 1。

表 1 土壤基本理化性状

Table 1 Physicochemical properties of the experimental soil

土层深度 Soil depth /cm	有机质 SOC /(g·kg ⁻¹)	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	速效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)	容重 Bulk density /(g·cm ⁻³)	电导率 EC /(dS·m ⁻¹)	pH 值 pH value
0~20	11.7	1.14	16.14	218.03	1.243	4.50	8.49
20~40	11.4	0.81	15.30	153.79	1.265	5.54	8.51
40~60	10.5	0.75	14.71	120.36	1.279	6.43	8.53
60~80	8.7	0.59	21.42	98.55	1.307	4.18	8.56

1.2 供试材料

试验用有机废弃物为菌糠和醋糟。菌糠来自当地双孢蘑菇栽培户,溶液电导率 5.2 dS·m⁻¹,pH 值 7.98,有机质含量 117 g·kg⁻¹,全氮 11.4 g·kg⁻¹,全磷 3.7 g·kg⁻¹,全钾 15.0 g·kg⁻¹;醋糟购自永登县福山赵得清醋厂,醋糟溶液电导率 4.5 dS·m⁻¹,pH 值 7.14,有机质含量 362 g·kg⁻¹,全氮 74.3 g·kg⁻¹,全

磷 18.1 g·kg⁻¹,全钾 24.8 g·kg⁻¹。供试农家肥为当地农村采集的固体废弃物(包括作物秸秆、动物粪便、土杂肥等)堆放腐熟而成,其基本理化性质为:有机质含量 113 g·kg⁻¹,全 N、P、K 含量分别为 7.8、3.1 g·kg⁻¹和 47.2 g·kg⁻¹。供试化肥:磷酸二铵复合肥(含总氮 18%,有效磷 46%)。

供试作物为当地主栽的大田作物小麦宁春 4 号

(*Triticum aestivum* L. cv. Ningchun 4)。

1.3 试验设计

试验共设 5 个处理。处理①施加菌糠 7 500 kg·hm⁻²(JK I);处理②施加菌糠 15 000 kg·hm⁻²(JK II);处理③施加醋糟 7 500 kg·hm⁻²(CZ I);处理④施加醋糟 15 000 kg·hm⁻²(CZ II);处理⑤以统一基肥为对照(CK),不添加有机废弃物。该试验在统一 N、P 基肥(农家肥 3 000 kg·hm⁻²,磷酸二铵 255 kg·hm⁻²)的基础上,再施入有机废弃物。试验小区面积为 4 m×5 m=20 m²,3 次重复,随机区组排列,各小区四周筑埂隔离,埂宽 40 cm,埂高 30 cm。为了减少误差,整地、施肥、播种、灌水、收获等田间管理均为人工操作,分区实施。试验于 2010 年 3 月 12 日播种完毕,种植密度为 6.80×10⁶株·hm⁻²,小麦成熟后于 8 月 4 日收获。

1.4 采样及测定

测定试验前后土壤 pH 值、电导率、土壤容重以及小麦不同生育期的电导率,并统计小麦产量。运用蛇形采样法进行土钻取土,每个处理选 8 个取样点,各点均分 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm 4 层取土壤样品,将同一土层 8 个点的土样混合均匀带回实验室,风干后,过 2 mm 土筛保存,用于土壤相关指标测定。土壤容重采用环刀法进行测定;土壤 pH 值、电导率测定,采用水土比 5:1(10 g 风干土加 50 ml 去离子水)浸提,MT-8060 便携式数显 pH 计测定土壤 pH 值,DDS-11 型电导仪测定土壤电导率(EC),即土壤可溶性盐含量;小麦叶片电导率采用浸泡法测定,在小麦拔节期和成熟期,取大小相当的植物叶片,蒸馏水冲洗 3 次,剪成适宜长度的长条,快速称取鲜样 3 份,每份 0.1 g,分别置于 10 ml 去离子水的刻度试管中,盖上玻璃塞置于室温下

浸泡处理 12 h,用电导仪测定浸提液电导值。以上测定方法见参考文献[13]~[16]。

1.5 数据分析处理

试验所得数据采用 Excel 2003 进行初步整理并制作图表,利用 SPSS 17.0 统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 有机废弃物对土壤电导率的影响

由表 2 可以看出,有机废弃物的施加降低了土壤的电导率。土壤电导率下降最明显的是 0~20 cm 土层,JK I、JK II、CZ I、CZ II 处理均显著低于 CK,播种前分别低于 CK 29.90%、27.06%、19.68% 和 22.51%,收获后分别低于 CK 38.98%、38.98%、36.78% 和 40.68%;40~60 cm 土层和 60~80 cm 土层 CZ I 处理的电导率显著低于 CK,除了 40~60 cm 土层 JK I 处理和 60~80 cm 土层 JK II 处理的盐分有所上升,其它所有处理均低于 CK,但差异未达到显著水平。种植一季作物后,土壤电导率呈下降趋势。小麦收获后,0~20 cm 土层 JK I、JK II、CZ I、CZ II 各处理相比播种前土壤电导率分别显著下降 36.84%、39.29%、42.88% 和 44.44%,而 CK 仅下降了 27.43%;20~40 cm 土层盐分下降幅度为 21.88%~29.06%;40~60 cm 土层盐分下降幅度为 16.64%~31.45%;60~80 cm 土层盐分下降幅度为 15.26%~27.15%。总体分析,施加醋糟的处理 CZ I 和 CZ II 较施加菌糠的处理 JK I、JK II 抑盐效果好。同一处理,土壤盐分下降幅度与土层深度基本呈负相关关系,但 JK I 处理 60~80 cm 土层的盐分下降反而高于 40~60 cm 土层,CZ I 处理 40~60 cm 土层的盐分下降反而高于 20~40 cm 土层。

表 2 不同处理方式下不同土层的土壤电导率变化/(dS·m⁻¹)

Table 2 Changes in soil electrical conductivity of different soil layer under different treatments

处理 Treatments	0~20 cm		20~40 cm		40~60 cm		60~80 cm	
	播前 Before sowing	收获后 After harvesting						
CK	8.13 ± 1.07a	5.90 ± 0.40b	4.42 ± 0.89a	3.51 ± 0.17abc	4.96 ± 0.33ab	3.87 ± 0.88cde	4.96 ± 0.46ab	4.21 ± 0.64abc
JK I	5.70 ± 0.50b	3.60 ± 0.42c	4.02 ± 0.28ab	3.05 ± 0.36bcd	5.35 ± 0.32a	4.46 ± 0.59abc	3.83 ± 1.44bcd	2.79 ± 0.29de
JK II	5.93 ± 0.18b	3.60 ± 0.20c	3.20 ± 0.65bcd	2.50 ± 0.24cde	3.95 ± 0.78bcd	3.13 ± 0.63def	5.44 ± 0.91a	4.61 ± 0.69ab
CZ I	6.53 ± 0.23b	3.73 ± 0.15c	2.67 ± 0.48cde	2.03 ± 0.12e	2.48 ± 0.33fg	1.70 ± 0.30g	2.34 ± 0.35e	1.74 ± 0.57e
CZ II	6.30 ± 0.38b	3.50 ± 0.24c	3.20 ± 0.99bcd	2.27 ± 0.42de	3.87 ± 0.41cde	2.83 ± 0.71ef	3.66 ± 0.69bcd	2.97 ± 0.30cde

注:各指标两列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。CK:统一基肥;JK I:菌糠 7 500 kg·hm⁻²;JK II:菌糠 15 000 kg·hm⁻²;CZ I:醋糟 7 500 kg·hm⁻²;CZ II:醋糟 15 000 kg·hm⁻²。下同。

Note: Different small letters in the two column of each item indicate significant difference at $P < 0.05$ level. CK: unified basic fertilizer; JK I: mushroom bran 7 500 kg·hm⁻²; JK II: mushroom bran 15 000 kg·hm⁻²; CZ I: vinegar residue 7 500 kg·hm⁻²; CZ II: vinegar residue 15 000 kg·hm⁻². The same below.

2.2 有机废弃物对土壤容重的影响

有机废弃物的施用,明显改善了土壤的物理性状。从0~20 cm 土层土壤容重来看,施过有机废弃物的 JK I、JK II、CZ I、CZ II 4 个处理在试验前后土壤容重值都下降,但差异不显著,播种前土壤容重在 1.24~1.30 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 之间,收获后土壤容重在 1.14~1.21 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 之间,下降幅度为 6.45%~10.93%,CK 地试验前后土壤容重下幅最小,仅为 2.33%;种植一季作物后,施过有机废弃物的 JK I、JK II、CZ I、CZ II 4 个处理土壤容重均低于 CK 区域,下降幅度为 3.97%~9.52%,但未达显著水平(表 3)。

表 3 不同处理方式下 0~20 cm 土层土壤容重和 pH 值变化

Table 3 Changes of soil bulk density and pH value for 0~20 cm soil layer under different treatments

处理 Treatments	容重 Bulk density/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$		pH 值 pH value	
	播前 Before sowing	收获后 After harvesting	播前 Before sowing	收获后 After harvesting
CK	1.29 ± 0.07a	1.26 ± 0.05a	8.51 ± 0.17ab	8.50 ± 0.11b
JK I	1.30 ± 0.14a	1.21 ± 0.12a	8.56 ± 0.21a	8.50 ± 0.08ab
JK II	1.28 ± 0.16a	1.14 ± 0.07a	8.55 ± 0.15a	8.49 ± 0.13ab
CZ I	1.24 ± 0.10a	1.16 ± 0.06a	8.54 ± 0.26ab	8.49 ± 0.20ab
CZ II	1.28 ± 0.05a	1.18 ± 0.09a	8.56 ± 0.18a	8.48 ± 0.15ab

2.3 有机废弃物对土壤 pH 值的影响

表 3 显示,小麦收获后,施用有机废弃物的 JK I、JK II、CZ I、CZ II 4 个处理试验地 0~20 cm 土层 pH 值相比播种前均有所下降,但变化幅度较小,差异不显著,处理 CZ II 下降最为明显,分别是其它 3 个处理下降量的 1.31、1.33 和 1.58 倍;收获后与 CK 相比施加菌糠和醋糟的各处理土壤 pH 值均有下降。

2.4 有机废弃物对小麦叶片电导率的影响

土壤施加有机废弃物后,小麦叶片电导率随着植株生长表现为上升趋势,JK I、JK II、CZ I、CZ II 4 个处理小麦成熟期电导率分别是拔节期的 1.25、1.26、1.40 和 1.15 倍,且差异均达显著水平(图 1)。在同一生长期,增施有机废弃物的小麦叶片电导率均低于 CK,JK I、JK II、CZ I、CZ II 4 个处理在小麦成熟期分别低于 CK 14.75%、16.76%、10.07% 和 20.14%,而在拔节期只有 JK II 和 CZ I 处理显著下降。对于同一有机废弃物的抑盐效果,小麦叶片电导率与有机废弃物施加量在一定限度内呈负相关关系。

2.5 有机废弃物对小麦产量的影响

从图 2 可以看出,有机废弃物的施加提高了小麦的产量,但增产效果未达到显著水平。CZ II 处理增产最明显,相比 CK 增产 11.16%;CZ I 处理小麦

产量略高于 CK,仅增产 0.72%;JK I 和 JK II 处理增产效果接近,分别是 CK 的 1.03、1.04 倍。

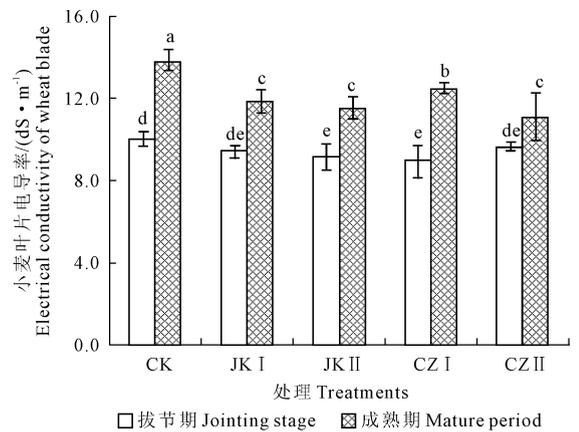


图 1 不同处理方式下小麦叶片在不同生长期的电导率

Fig.1 Electrical conductivity of wheat blade at different growth stage under different treatments

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Different small letters within each vertical column indicate significant difference at $P < 0.05$ level. The same below.

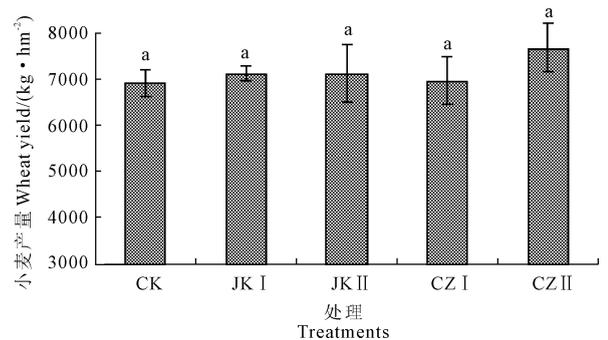


图 2 不同处理方式下的小麦产量变化

Fig.2 Changes of wheat yield under different treatments

3 讨论

菌糠和醋糟废弃物含有大量的菌体蛋白、多种代谢产物及未被充分利用的养料,是良好的有机肥源和土壤改良剂^[17-19]。作为有机肥施入土壤中,可进一步分解为腐殖质,增加土壤有机质含量,培肥地力,提高土壤生物活性,改善土壤理化性状,提高土壤保水、保肥和透气的性能,改变土壤盐分运动状况,促进土壤脱盐,抑制土壤反盐,为植物根系的生长创造适宜的土壤环境,并不断供给作物生长所需营养、改善作物营养水平,进而提高作物产量,达到修复盐碱地的目的。本研究表明,有机废弃物的施加有效地改善了次生盐渍化土壤的物理性状,土壤变得疏松,容重降低,微团聚体数量增多,小麦产量增加,这与前人的研究结果相一致^[20-22]。其主要

原因是菌糠和醋糟施入土壤后,促进了较小粒径微团聚体向较大粒径微团聚体团聚,随着有机废弃物用量的增加,土壤容重下降,孔隙度提高,改良了土壤结构,有利于土壤的气体交换,促进好氧微生物的活化和矿物质分解,增加土壤微生物总体含量,改善深层土壤的微生态环境,从而促进了小麦根系的发育,有利于小麦的生理生长,有效穗和实粒数增加,提高单位面积产量。

土壤电导率是间接推测土壤溶液中离子成分总质量浓度(全盐量)的指标,反映了在一定水分条件下土壤盐分的实际状况以及土壤中可被植物吸收利用的总养分状况。在一定质量浓度范围内,土壤溶液含盐量与电导率呈正相关,溶解的盐类越多,溶液的渗透压愈大,电导率也就愈大^[23-26]。本试验中,施用有机废弃物的土壤电导率下降明显,尤其是 0~20 cm 土层对盐分的抑制作用已达显著水平,并且增施醋糟较菌糠抑盐效果更好。这是因为菌糠和醋糟作为有机废弃物施入土壤后可分解为腐殖质等酸性物质,使土粒胶结在一起,吸附土体中存在的 Na^+ 、 NH_4^+ 及 K^+ 等阳离子,钠离子含量下降,而且钠离子吸附剂具有很强的交换能力,能交换土壤中的有害金属离子,提高阳离子交换能力,降低了土壤含盐量。另一方面,本身酸性较强的醋糟在与农家肥混合施入土壤后相比菌糠能产生更丰富的 H^+ ,中和盐渍土中的 OH^- ,并且促进了土壤中盐碱金属碳酸盐的溶解,加强了交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等二价阳离子与 Na^+ 的交换作用,土壤碱化度降低更加明显。Stamford 等^[27]采用石膏硫杆菌来改良盐渍土,研究表明土壤中交换性钠离子含量大幅度降低,并且硫杆菌的改良效果优于石膏。李茜等^[28]研究得出,燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣配合施用改良盐碱土效果显著,土壤可溶性盐、碱化度(ESP)分别显著下降 11.9% 和 63.3%。本研究还表明,施加菌糠和醋糟废弃物处理的小麦在拔节期叶片电导率均显著低于对照,说明有机质的增加在降低土壤盐分的同时,也减缓了植物对盐分的吸收和累积;土壤 pH 值随盐分含量的下降而减小,与谢修鸿等^[29]、陈欢等^[30]的研究结果一致。

本研究利用有机废弃物作为土壤改良剂一方面增加了土壤的有机质,同时土壤微生物的大量引入加速了有机质的分解,形成腐殖质释放植物可吸收利用的养分物质;另一方面有机废弃物混于土壤有利于水分下渗,切断毛细管抑制反盐,起到淋洗冲盐的作用,降低了盐分向土表的聚集程度,从而达到盐

碱土修复改良的目的。但是本试验只探讨了有机废弃物菌糠和醋糟单独使用对次生盐渍化土壤的容重、电导率和 pH 值以及作物组织电导率和产量的影响效果,二者修复土壤理化性质的机理、交互作用等有待进一步深入研究。此外,关于菌糠和醋糟改良土壤的有效期及长期施用对土壤环境、作物品质及抗性的影响也有待深入研究。

4 结 论

施加有机废弃物可有效降低土壤容重、土壤电导率,缓冲土壤盐分,减轻对植株生长的危害,提高作物产量。施加有机废弃物可降低土壤 pH 值,改善植株的土壤生态环境。

菌糠和醋糟在一定程度上均有效地改善了土壤的理化性状,对次生盐渍地有明显的修复效果,尤其对 0~20 cm 土层盐分改良作用显著,总体上醋糟在疏松土壤、抑制盐分方面优于菌糠。

参 考 文 献:

- [1] 樊丽琴,杨建国.工业废弃物在盐碱地改良中的应用研究进展[J].河南农业科学,2012,41(1):21-24.
- [2] 乔慧萍,李建设,雍立华,等.植物盐胁迫生理及其适应性调控机制的研究进展[J].宁夏农林科技,2007,(3):34-37.
- [3] 李尚科,沈根祥,郭春霞,等.有机肥及秸秆对设施菜田次生盐渍化土壤修复效果研究[J].广东农业科学,2012,(2):60-63.
- [4] 罗成科,肖国举,张峰,等.脱硫石膏改良重度苏打盐渍土施用量的研究[J].生态与农村环境学报,2009,25(3):44-48.
- [5] Mohammed S S, Negm M A, Rehan M G. Gypsum amendment against soil alkalinity in relation to tomato plants II. Change in agro-chemical properties and nutrient availability of the soil[J]. Egyptian Journal of Soil Science, 1997,37(1):93-110.
- [6] 罗成科,吕雯,许兴,等.利用糠醛渣改良银川北部碱化土壤的效果[J].江苏农业科学,2008,(3):232-234.
- [7] 杨柳青,付明鑫.糠醛渣对苏打盐渍土的改良效果研究[J].土壤肥料,1992,(2):13-16.
- [8] 秦嘉海,金自学,陈修斌,等.含钾有机废弃物糠醛渣改土培肥效应研究[J].土壤通报,2007,38(4):705-708.
- [9] 关跃辉,李玉荣,张树槐.食用菌菌糠对保护地土壤的改良效果[J].安徽农业科学,2008,36(5):1955-1956.
- [10] 吕克楠,马淑艳.唐山沿海地区盐碱地绿化改良技术研究[J].现代农业科技,2009,(20):250-252.
- [11] 李昂,吕正文,蔺海明,等.秦王川灌区不同绿色覆盖方式预防土壤次生盐渍化效应研究[J].草业科学,2008,25(10):20-24.
- [12] 梁志录,吴颖,付国民.甘肃兰州地区盐渍化特征及其治理研究[J].山西师范大学学报(自然科学版),2008,22(1):100-103.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海:科学技术出版社,1978:110-176.

- (4):33-35.
- [3] 贺 皓,罗 慧,黄宝霞. 陕西盛夏多雨年与少雨年的大气环流特征分析[J]. 中国沙漠,2007,27(2):342-346.
- [4] 赵庆云,赵红岩,刘新伟. 西北东部极端降水事件及异常旱涝季节变化倾向[J]. 中国沙漠,2006,26(5):745-749.
- [5] 方建刚,白爱娟,肖科丽,等. 陕西伏旱气候特征及成因分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(2):28-34.
- [6] 廖荃荃,赵振国. 我国东部夏季降水分布的季节预报方法[J]. 应用气象学报,1992,3(增刊):1-9.
- [7] 赵汉光,张先恭. 我国东部夏季雨带的气候分类及其环流特征[J]. 气象,1993,19(9):3-8.
- [8] 王绍武,叶瑾林,龚道溢,等. 中国东部夏季型的研究[J]. 应用气象学报,1998,9(1):65-73.
- [9] 孙林海,赵振国,许 力,等. 中国东部季风区夏季雨型的划分及其环流成因分析[J]. 应用气象学报,2005,16(增刊):56-62.
- [10] 龚振淞,杨义文. 中国夏季旱涝气候预测相似模型[J]. 气象,2010,36(5):46-50.
- [11] 王遵娅,丁一汇. 中国雨季的气候学特征[J]. 大气科学,2008,32(1):1-13.
- [12] 赵汉光,张先恭. 我国东部夏季雨带的气候分类及其环流特征[J]. 气象,1993,19(9):3-8.
- [13] 孙淑清,陈 隽. 冬季风异常与环流的隔季相关——东亚冬季风研究之二[J]. 新疆气象,1998,21(1):4-8.
- [14] 程玉琴,张少文,徐钰强,等. 冬季环流与赤峰地区夏季旱涝[J]. 气象,2001,27(11):44-47.
- [15] 李麦村. 大气环流的准半年重现现象与长期天气过程[C]//中国科学院大气物理研究所集刊,第 13 号,长期天气过程研究. 北京:科学出版社,1985:1-14.
- [16] 高 智,谢双亭. 陕西汛期降水与前期大气环流遥相关型的联系[J]. 南京气象学院学报,1992,15(4):574-583.

(上接第 222 页)

- [14] Liu H P, Dong B H, Zhang Y Y, et al. Relationship between osmotic stress and the levels of free, conjugated and bound polyamines in leaves of wheat seedlings[J]. Plant Science, 2004, 166(5):1261-1267.
- [15] 陈爱葵,韩瑞宏,李东洋,等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报,2010,30(5):88-91.
- [16] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导(第二版)[M]. 广州:华南理工大学出版社,2006:64-66.
- [17] 陈君琛,沈恒胜,汤葆莎,等. 食用茵菌糠再利用技术研究[J]. 中国农学通报,2006,22(11):410-412.
- [18] 朱咏莉,李萍萍,赵青松,等. 不同配比醋糟有机质氮素有效性与黄瓜生长的关系[J]. 土壤通报,2011,42(5):1184-1188.
- [19] 胡永光,李萍萍,袁俊杰. 醋糟基质添加不同配合物的蔬菜栽培效果研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(10):2896-2897,3019.
- [20] 孙 毅,高玉山,闫孝贡,等. 石膏改良苏打盐碱地研究[J]. 土壤通报,2001,32(增刊):97-101.
- [21] 秦嘉海,陈修斌,肖占文,等. 不同有机废弃物组合肥对灰棕荒漠土理化性质和玉米产量及经济效益的影响[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(3):132-136.
- [22] 陈庆榆,黄守程,姚 政. 蚯蚓和食用菌废渣对土壤的综合改良作用[J]. 中国林副特产,2008,(4):24-25.
- [23] 刘广明,杨劲松,姚荣江. 影响土壤浸提液电导率的盐分化学性质要素及其强度研究[J]. 土壤学报,2005,42(2):247-252.
- [24] 张建旗,张继娜,杨虎德,等. 兰州地区土壤电导率与盐分含量关系研究[J]. 甘肃林业科技,2009,34(2):21-24.
- [25] Sun Z J, Young G D, McFarlane R A, et al. The effect of soil electrical conductivity on moisture determination using time - domain reflectometry in sandy soil[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2000, 80(1):13-22.
- [26] 吴月茹,王维真,王海兵,等. 采用新电导率指标分析土壤盐分变化规律[J]. 土壤学报,2011,48(4):869-873.
- [27] Stamford N P, Freitas A D S, Ferraz D S, et al. Effect of sulphur inoculated with Thiobacillus on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes[J]. The Journal of Agricultural Science, 2002, 139(3):275-281.
- [28] 李 茜,孙兆军,秦 萍,等. 燃煤烟气脱硫废弃物和糠醛渣对盐碱土的改良效应[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):70-73.
- [29] 谢修鸿,梁运江,李 玉. 黑木耳菌糠改良苏打盐碱土效果研究[J]. 水土保持学报,2008,10,22(5):130-133.
- [30] 陈 欢,王淑娟,陈昌和,等. 烟气脱硫废弃物在碱化土壤改良中的应用及效果[J]. 干旱地区农业研究,2005,23(4):38-42.