

腐植酸、蚯蚓粪及蚯蚓蛋白肥料对滨海盐碱土壤的改良效应

王福友¹ 王冲^{1*} 刘全清² 金树杰¹ 解永进¹

(1. 中国农业大学 资源与环境学院/生物多样性与有机农业北京市重点实验室,北京 100193;

2. 河北省农林科学院 农业资源环境研究所,石家庄 050051)

摘要 为改良滨海盐碱地土壤性状,保证作物良好生长发育,拟通过调控土壤的化学性状(添加腐植酸)、土壤的生物学性状(添加蚯蚓粪、蚯蚓蛋白菌肥)进行盐碱地的改良,采用盆栽试验方法,以玉米为试验材料,做了相关研究。结果表明添加腐植酸、或蚯蚓粪、或菌肥3种物料相对于单施化学肥料都能不同程度地增加玉米幼苗地上部和地下部的生物量及对养分的吸收量,但降低了土壤脲酶和碱性磷酸酶活性;添加腐植酸或蚯蚓粪2个处理的玉米地下部生物量都与单施化学肥料处理分别增加了24.2%和18.2%($P<0.05$);添加菌肥处理可增加土壤速效养分含量,使碱化度和pH分别下降了9.5%和1.1%($P<0.05$);添加蚯蚓粪处理使土壤CEC含量增加了3.2%,且能降低土壤中全盐含量;添加腐植酸使有机质提高了4.3%,并降低pH($P<0.05$);添加菌肥或蚯蚓粪处理可显著增加土壤中的微生物量碳和微生物量氮的含量($P<0.05$);添加腐植酸、或蚯蚓粪、或菌肥处理的土壤脲酶和碱性磷酸酶活性都低于单施化学肥料处理。因此,在滨海盐碱地上施用化学肥料添加腐植酸、或蚯蚓粪、或菌肥能够改善土壤的性状,促进作物的生长。

关键词 盐碱地改良;物料;玉米;土壤性状

中图分类号 S 151.9⁺3

文章编号 1007-4333(2015)05-0089-06

文献标志码 A

Improved effect of humic acid, earthworm protein fertilizer and vermicompost on coastal saline soils

WANG Fu-you¹, WANG Chong^{1*}, LIU Quan-qing², JIN Shu-jie¹, XIE Yong-jin¹

(1. College of Resources and Environmental Sciences/Key Laboratory of Biodiversity and Organic Agricultural,

China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Agricultural Resources Environmental Research Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051, China)

Abstract In order to improve saline-alkali soil properties and ensure crop growth and development a pot experiment was conducted by using maize as the materials. This study aims to improving saline land by regulating chemical properties with additional humic acid and applying biological characteristics including vermicompost and earthworm protein fertilizer in soil. The results showed that: Compared to the application of chemical fertilizers, three treatments in this experiment were respectively and differentially improved the absorption of nutrients and the biomass of maize seedlings in both aboveground and underground level. All three treatments showed lower activity of soil urease and alkaline phosphatase in the compound soil. The biomass of maize in the underground level was increased by 24.2% in soil added with humic acid and 18.2% in soil applied with vermicompost ($P<0.05$). Alkaline and pH were dropped by 9.5%, 1.1% ($P<0.05$) respectively. Adding earthworm protein fertilizer into soil swelled the content of soil available nutrient; the content of soil CEC in the vermicompost-treated soil slightly increased by 3.2% with a decreasing trend of the total salt; the organic matters were increased by 4.3%. pH was decreased ($P<0.05$) by adding humic acid to the soil. The content of soil microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen ($P<0.05$) significantly increased by

收稿日期: 2015-01-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(31172037); 国家“十二五”支撑项目(2013BAD05B03); 国家“十二五”支撑项目(2014BAK19B05)

第一作者: 王福友, 硕士研究生, E-mail: wangfuyou0529@126.com

通讯作者: 王冲, 副教授, 博士生导师, 主要从事土壤生态学研究, E-mail: wangchong@cau.edu.cn

adding protein fertilizer or vermicompost. Hence, this study demonstrates that adding humic acid, vermicompost and earthworm protein fertilizer into saline-alkali soil could improve saline soil traits and have positive influence on the growth of crops.

Key words saline-alkali soil improvement; materials; maize; soil properties

目前土壤盐碱化问题在全球范围内依然普遍存在,土壤盐碱化面积还在增加,这严重地制约着农业的可持续发展^[1]。而我国的盐碱地面积据不完全统计大约有 $9.913 \times 10^4 \text{ hm}^2$,且随着人口不断增长、经济不断发展,工业化、城市化不断推进,许多土地将被用于修路、建筑等^[1]。在农业生产中,盐碱化土壤又多是低产和不适宜作物生长的土壤,且盐碱地分布区多地势平坦、土层深厚,又是一种开发利用潜力巨大的土地资源^[2]。因此,迫切需要提出应对措施以保障我国的粮食安全。

滨海盐碱地作为我国盐碱地的一大类,分布面积较广。山东东部滨海半湿润及湿润地区由于靠近黄渤海地区,常年受到地下海水影响,季节性返盐比较严重、土壤含盐量和地下水位高、土壤自然脱盐率低,改良难度大^[3]。这就消弱了人们采用已有物理措施改良的效果,因而,寻找合适的化学和有机改良物料显得更为重要。

玉米是我国北方重要的粮食作物之一,耐盐碱能力相对较差,当其生长在土壤物理性状和化学性状都较差的盐碱地上时,生长发育和对养分的吸收都会受到抑制,轻则减产,重则颗粒无收^[4]。腐植酸是一类芳香稠环聚合程度不同的含杂环有机化合物,它可以用作土壤改良剂、肥料增效剂、植物生长调节剂和抗旱剂,对作物根系的生长有较好的促进作用^[5]。菌肥的构成养分合理,用它修复后的土壤变得疏松、土壤毛细管孔隙减少而非毛细管孔隙增多,从而能够加速淋盐,抑制返盐^[6]。蚯蚓粪含有多种有益微生物及植物生长调节物质,可以改善土壤结构,抑制返盐等^[7]。因此,本研究在前人研究工作的基础上,利用腐植酸调节 pH 等性状、蚯蚓粪和菌肥改善土壤结构、增加微生物数量和活性等,进一步研究这些物料对滨海盐碱地土壤上玉米生长的影响,以为改良滨海盐碱地和农业可持续发展提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验于 2013 年在中国农业大学温室中实施。

腐植酸由烟台新华测土配肥有限公司提供、蚯蚓粪和菌肥由山东省晟康生物科技有限公司提供。腐植酸中全量 N、 P_2O_5 、 K_2O 分别为 0.49%、0.39%、0.10%;蚯蚓粪(它原料为牛粪,是经赤子爱胜蚓分解而得)中全量 N、 P_2O_5 、 K_2O 分别为 1.3%、1.1%、0.8%;菌肥(以枯草芽孢杆菌为主体菌在蚯蚓蛋白腐熟而成)中全量 N、 P_2O_5 、 K_2O 分别为 2.00%、0.98%、0.82%。供试土壤为山东省滨州市沾化县冯家镇李家村大田盐碱土。供试玉米品种为郑单 958。选择大小均匀、无病虫害的玉米种子,用 10% 的双氧水消毒 30 min 后,再用自来水洗 2~3 次,最后用蒸馏水清洗干净备用。土壤的基础理化性质为:盐度为 0.117%、pH 为 8.31、碱化度为 14.54、全氮为 0.100 3%、有效磷为 24.22 mg/kg、速效钾为 159.5 mg/kg、有机质为 1.75%。

1.2 试 验 设 计

试验于温室内采用盆栽方法。处理 I 为单施化学肥料(CK);处理 II 为化学肥料添加腐植酸(HA);处理 III 为化学肥料添加蚯蚓蛋白菌肥(BM);处理 IV 为化学肥料添加蚯蚓粪(VC)。每个处理 4 个重复,共计 16 盆随机排列。按照等量施肥的原则,根据所添加腐植酸、菌肥以及蚯蚓粪的养分含量折算成肥料用量并减少相应的肥料投入。盆栽肥料总投入按照 N- P_2O_5 - K_2O 为 125-45-90 kg/hm² 的田间玉米施用量;蚯蚓粪、腐植酸和蛋白菌肥的用量分别为 3.75、1.50 和 1.50 t/hm²,根据每盆土壤用量和试验处理内容折算其肥料用量。将每个处理所用肥料与土壤充分混合后分别装入同样大小的花盆内(盆高 17 cm、直径 15 cm,每盆装土 1.8 kg)。将催芽过的玉米按每盆 2 粒种子不挨着播到盆中,在幼苗 2 叶期时统一间苗并保持各处理的幼苗长势基本一致。每天定时观察并及时统一浇水等管理。

1.3 取 样 方 法

在幼苗生长 48 d 时测定玉米的形态指标(株高和茎粗),同时破坏性取样分别测定各盆玉米幼苗地上部、地下部的鲜重和干重;将各盆土壤分别过 2 mm 筛后充分混匀,取部分土样分别置于 -20 和 4 °C 冰箱保存,剩余的土壤风干备用。

1.4 测定方法

1.4.1 地上和地下部干重的测定

将幼苗样品地上部和地下部分别用自来水洗净后用蒸馏水冲洗淋干,再用吸水纸吸干水分后放于纸袋置于烘箱中先用 105 °C 杀青 2 h,再用 75 °C 烘干至恒重,用万分之一天平称量并记录干重。

1.4.2 植株中 N、P、K 含量的测定

称取植物干样装入 100 mL 消煮管的底部,加入 H₂SO₄-H₂O₂ 统一消煮^[8]。全氮用半微量开氏法测定;全磷用钒钼黄比色法测定;全钾用火焰光度法测定。

1.4.3 土壤性状的测定

新鲜土样立即测定微生物量碳、微生物量氮和矿质氮(NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N)含量。NO₃⁻-N 和 NH₄⁺-N 的测定方法分别为硝酸盐还原法和靛酚蓝比色法^[8],用流动分析仪测定。微生物量碳和微生物量氮的测定用氯仿熏蒸-0.5 mol/L K₂SO₄ 浸提,重铬酸钾法测微生物量碳(微生物量碳=2.64×熏蒸所造成的碳增量^[9])、茚三酮比色法^[9]测微生物量氮。土壤碱性磷酸酶用磷酸苯二钠比色法测定,土壤脲酶用硝基水杨酸比色法测定^[10]。土壤有机质用浓硫酸-重铬酸钾外加热氧化法^[8]测定;土壤全

氮用半微量开氏法^[8]测定;土壤速效磷采用 0.5 mol/L 的 NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法^[8]测定;土壤速效钾用 1 mol/L NH₄OAc 浸提-火焰光度法^[8]测定。

1.5 数据分析

试验数据采用 Excel 和 SPSS 17.0 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 3 种改良物料对土壤碱化度和全盐等的影响

碱化度和含盐量可以作为衡量盐碱地对作物生长影响的重要指标,也可以作为衡量盐碱地改良的关键指标。由表 1 可以看出,添加腐植酸(HA)或菌肥(BM)比单施化学肥料(CK)处理能够显著减少土壤的交换钠含量,添加蚯蚓粪(VC)却未能减少交换钠含量。VC 的土壤阳离子交换量比 CK 增加了 3.16% 并且与 HA、BM 有显著差异。HA、BM 的土壤碱化度比 CK 有所减小,且 BM 与 CK 差异显著,VC 比 CK 有略微增强。HA、BM 的土壤 pH 比 CK 显著降低,且 BM 降低的幅度最大,但 VC 处理较其他 3 个处理却显著升高。VC 的全盐含量比其他 3 个处理都有降低,但是都没有达到显著性差异,而 HA、BM 较 CK 却有略微的升高。

表 1 3 种改良物料对土壤碱化度和全盐等的影响

Table 1 The effect of three improving materials on soil alkalization degree and full of salt, etc.

处理 Treatments	交换钠/(cmol/kg) Exchange of sodium	阳离子交换量/(cmol/kg) Cation exchange capacity	碱化度/% Degree of alkalization	土壤 pH Soil pH	全盐含量/% Total salt content
CK	0.99±0.018 a	10.43±0.25 ab	9.47±0.39 ab	7.89±0.015 b	0.119±0.015 a
HA	0.90±0.039 b	10.18±0.31 b	8.87±0.28 bc	7.82±0.037 c	0.122±0.002 a
BM	0.87±0.010 b	10.15±0.24 b	8.57±0.29 c	7.80±0.045 c	0.120±0.022 a
VC	1.03±0.026 a	10.76±0.24 a	9.59±0.46 a	7.96±0.038 a	0.109±0.020 a

注:同列不同字母表示处理间差异显著性,差异水平为 0.05。CK 为单施化学肥料处理;HA 为添加腐植酸处理;BM 为添加菌肥处理;VC 为添加蚯蚓粪处理,下表同。

Note: In each column, values followed by different small letters indicated significant difference at 0.05 levels. CK means single application of chemical fertilizers treatment; HA means humic acid treatment; BM means earthworm protein fertilizer treatment; VC means verticompost treatment, The same as in the following table.

2.2 3 种改良物料对玉米幼苗生物量及养分吸收的影响

良好的土壤性状及生长环境有利于作物的生长发育,因此生物量和植物对养分的吸收量可作为衡量作物生长环境优劣的重要指标。由表 2 可以看出,HA、BM、VC 处理地上部干重相对于 CK 处理

都有不同程度的提高,但是都没有达到显著性差异。HA 或 VC 处理的玉米幼苗地下部干重比 CK 处理显著增大($P < 0.05$),分别增加了 24.2% 和 18.2%,且腐植酸处理的干重最大,但是 BM 处理没有显著差异。在地上部养分吸收方面,HA、BM 或 VC 相对于 CK 处理的吸氮、吸磷和吸钾量都有不

同程度的增加。BM 吸氮量比 CK 显著增大;VC 吸磷量比 CK 显著增大;HA、BM、VC 的吸钾量较 CK 分别增加了 4.87%、2.04%、13.62%,但都没有显著差异。在地下部养分吸收方面,HA、BM、VC 较

CK 的吸氮、吸磷和吸钾量也都有不同程度的增大, BM 的吸氮量较 CK 显著增大;HA、BM、VC 的吸磷量较 CK 显著增大,分别增大了 33.5%、29.9%、23.1%;HA、BM、VC 的吸钾量与 CK 无显著差异。

表 2 3 种改良物料对玉米幼苗生物量及养分吸收的影响

Table 2 The effect of three improving materials on the biomass and nutrient uptake of maize

处理 Treatments	地上部干重/g		地上部吸收量/mg			地下部吸收量/mg		
	Shoot dry weight	Underground dry weight	吸氮量 Nitrogen uptake	吸磷量 Phosphorus uptake	吸钾量 Potassium uptake	吸氮量 Nitrogen uptake	吸磷量 Phosphorus uptake	吸钾量 Potassium uptake
CK	1.06±0.16 a	0.33±0.02 b	25.74±2.81 b	25.35±4.22 b	78.31±7.99 a	5.13±0.55 b	8.73±0.92 b	6.16±0.86 a
HA	1.33±0.37 a	0.41±0.04 a	29.04±4.55 ab	29.26±5.66 ab	82.13±13.86 a	6.11±0.61 ab	11.66±1.25 a	6.85±1.13 a
BM	1.22±0.20 a	0.38±0.01 ab	34.94±5.60 a	30.61±3.02 ab	79.91±7.19 a	8.10±0.98 a	11.34±0.61 a	6.30±0.92 a
VC	1.22±0.14 a	0.39±0.02 a	33.81±3.11 ab	37.19±4.31 a	88.98±9.47 a	6.60±0.23 ab	10.75±0.85 a	6.84±1.06 a

2.3 3 种改良物料对土壤性状的影响

2.3.1 3 种改良物料对土壤养分性状的影响

土壤养分和有机质的含量对于作物生长发育起着重要的作用,且有效养分可供作物直接吸收利用。由表 3 可以看出,HA、BM、VC 的 3 个处理的土壤全氮较 CK 略有增加,但差异都不显著。VC 的土壤无机氮比 HA、BM 和 CK 的 3 个处理显著减少,而且 HA、BM 和 CK 的土壤无机氮含量无明显差异。VC 的土壤铵态氮比 HA、BM 和 CK 的 3 个处理显著增大。VC 和 CK 的土壤有效磷含量较 HA、BM 显著减少,且 VC 的土壤有效磷含量水平最低,

这可能是蚯蚓粪活化土壤养分继而促进植物吸收利用所致,这也与添加蚯蚓粪显著增加玉米幼苗的吸磷量相一致;VC 的土壤速效钾含量比 HA、BM 和 CK 处理显著减少,HA、BM 的土壤速效钾含量与 CK 无明显差异。HA、BM、VC 的 3 个处理的土壤有机质含量比 CK 均有不同程度的增加,且 HA、BM 与 CK 差异显著,VC 与 CK 无显著差异。从上列结果我们可以看出添加菌肥对增加土壤速效养分含量有一定作用,添加腐植酸和蚯蚓粪增加土壤速效养分含量的作用不如添加菌肥,添加腐植酸、菌肥和蚯蚓粪相对于单施化学肥料处理都能增加土壤有机质含量。

表 3 3 种改良物料对土壤养分性状的影响

Table 3 The effect of three improving materials on soil nutrients

处理 Treatments	全氮/(g/kg) Total nitrogen	无机氮/(mg/kg) Mineral nitrogen	铵态氮/(mg/kg) Ammonium	有效磷/(mg/kg) Available phosphorus	速效钾/(mg/kg) Available potassium	有机质/(g/kg) Organic matter
CK	1.08±0.06 a	129.2±10.59 a	0.57±0.06 b	26.34±1.41 b	173.2±4.29 a	17.46±0.04 c
HA	1.09±0.09 a	126.8±6.20 a	0.53±0.07 b	32.77±1.68 a	174.9±2.56 a	18.21±0.24 a
BM	1.11±0.08 a	136.7±17.81 a	0.74±0.13 b	32.80±0.77 a	171.9±1.10 a	17.80±0.24 ab
VC	1.17±0.09 a	97.3±19.46 b	1.07±0.27 a	25.29±1.03 b	165.9±2.65 b	17.67±0.10 bc

2.3.2 3 种改良物料对土壤生物学性质的影响

土壤生物在参与土壤中养分循环、有机物质分解等方面发挥着重要的作用。由表 4 可以看出,HA、BM 或 VC 处理的土壤中微生物量 C 和微生物量 N 比 CK 处理都有明显增加。BM、VC 的土壤中微生物量 C 和微生物量 N 与 CK 都有显著差异,但 HA 与 CK 没有显著差异。由上列结果可知,BM

或 VC 处理对于增加滨海盐碱地土壤微生物数量有明显作用,HA 的作用较差。另外,HA、BM、VC 的土壤脲酶和碱性磷酸酶的活性比 CK 有不同程度的减弱,且 VC 和 HA 的脲酶活性水平比 CK 均显著降低,但 BM 比 CK 没有显著降低;VC 的碱性磷酸酶活性水平比 CK 有显著降低,HA、BM 比 CK 降低不显著。

表4 3种改良物料对土壤生物学性质的影响

Table 4 The effect of three improving materials on soil biological properties

处理 Treatments	微生物量碳/(mg/kg) MBC	微生物量氮/(mg/kg) MBN	脲酶活性(NH ₃ -N)/(mg/g) Urease activity(NH ₃ -N)	碱性磷酸酶活性(酚)/(mg/g) Alkaline phosphatase activity(Phenol)
CK	88.97±12.16 c	18.32±3.33 b	1.59±0.050 a	2.02±0.089 a
HA	146.72±49.03 bc	23.37±2.47 ab	1.49±0.026 b	1.92±0.059 ab
BM	166.88±21.24 b	26.83±4.28 a	1.52±0.054 ab	1.83±0.100 ab
VC	239.28±43.66 a	25.61±1.76 a	1.50±0.013 b	1.79±0.227 b

3 讨论与结论

本研究结果表明,在投入养分量相同的条件下,滨海盐碱地土壤上施用化学肥料时添加腐植酸、菌肥或蚯蚓粪3种物料能够不同程度地增加玉米幼苗地上部和地下部的生物量,且添加腐植酸或蚯蚓粪处理的玉米地下部干重比单施化学肥料显著增大。这与Tahir等^[11]研究表明腐植酸通过螯合提供营养物质和缓冲pH变化,能显著增加地下部生物量的结果相似。也与Canellas等^[12]从蚯蚓粪中提取的腐植酸能够促进玉米早期侧根的生长,从而增加地下部生物量的研究结果相似。另外,本研究结果表明添加腐植酸或菌肥能显著增加作物的根冠比。这与吕丽媛等^[13]、Singh M等^[14]、宋玉珍等^[15]研究微生物菌肥能显著促进根的生长,增加根冠比和根体积,提高根系活力的研究结果一致。而蚯蚓粪能显著增加玉米地下部干重和株高^[14-27]。本研究结果还表明添加腐植酸、菌肥或蚯蚓粪能增加玉米幼苗地上部和地下部的养分吸收量,且其地下部吸磷量都差异显著,这与多数研究结果相似^[11-14]。蚯蚓粪施入土壤后,一方面向植物体直接输送氮、磷、钾等元素,另一方面蚯蚓粪中含有大量有益微生物(固氮菌、硝化细菌、解磷菌)和有机质,可明显改善土壤理化性质,进而可促进植物对养分的吸收利用,增加生物量。菌肥施入土壤可直接增加微生物的数量,促进养分的活化,进而促进对养分的吸收。

土壤速效养分是作物可直接利用的营养物质^[4]。与单施化肥相比添加腐植酸或菌肥能增加土壤有效磷的含量,但是添加蚯蚓粪略有减少土壤有效磷含量,添加腐植酸、菌肥或蚯蚓粪3种物料都未能明显改变土壤的无机氮和速效钾含量。这与Doan等^[16]研究表明蚯蚓粪添加到热带土壤中使得其有效磷含量降低的研究相一致。土壤有机质是土

壤的重要组成部分,其含量是衡量土壤肥力的重要指标^[28]。本研究结果表明添加腐植酸或菌肥能增加土壤有机质含量。适宜的土壤pH能为植物提供一个良好的生长环境,土壤pH降低主要是因为根系呼吸及其分泌物影响、微生物活动代谢产物等影响所致^[18]。本研究结果表明添加腐植酸或菌肥能显著降低土壤pH,同样潘峰也证实了菌剂和腐植酸具有不同程度降低盐渍土pH的作用^[17]。腐植酸本身具有弱酸基团,可降低土壤pH^[11],而菌肥可通过增加微生物的活性和数量继而通过其代谢产物降低土壤pH。蚯蚓粪由于其表面积较大、缓冲性能较强^[19],从而使其降低土壤pH的作用相对较弱。

土壤微生物量是土壤有机质和土壤养分等转化和循环的标志,可以作为土壤肥力的评价指标^[9-22]。本研究结果表明添加蚯蚓粪或菌肥可以显著增加土壤微生物量碳和微生物量氮,这与申雪庆等表明蚯蚓粪能增加大豆鼓粒期盐碱土中微生物量碳和氮含量^[20]、Dinesh等^[21]表明土壤短期施用菌肥能够提高土壤微生物量碳和氮的结果相一致。因为蚯蚓粪具有较好的孔性、通气性、排水性和较高的含水量,为土壤微生物的繁殖生长提供养分和能量,进而增加微生物的数量;菌肥属于微生物肥料,能直接增加土壤的微生物数量和种类,促进土壤生物学性状。土壤酶在土壤养分循环、有机质形成和分解等多种生化过程中起着重要的作用,可以间接反应土壤肥力情况,对土壤管理、气候变化、农业措施等比较敏感^[22]。本研究结果表明添加腐植酸或菌肥或蚯蚓粪可不同程度地减弱土壤脲酶和碱性磷酸酶的活性,这与刘兰兰等^[23]、邢尚军等^[24]表明施用腐植酸肥料使土壤中脲酶活性降低、Romero等^[25]通过在田间添加蚯蚓粪改变土壤脲酶活性在非常有限范围内的研究结果相似。但也有很多研究结果表明菌肥能够提高这2种酶的活性^[26],这可能是因为土壤本

底速效养分含量较高而对这两种酶的依赖程度较弱所致。

综上所述,本研究是在前人的研究基础上进行更为全面的分析添加改良物料是如何影响盐碱地土壤性质进而对作物生长的影响。不仅研究了土壤性质的变化还研究了对植物养分的吸收,因此通过此可以分析地上-地下的反馈作用,更有利于找出滨海盐碱地的关键障碍因子及克服需要采取的措施,从而为进一步研究提供较好的实践和理论依据。该研究表明腐植酸、菌肥和蚯蚓粪3种改良土壤的物料都有其良好的作用。蚯蚓粪或菌肥对于滨海盐碱地土壤生物性状的改善能够发挥重要的作用,能够不同程度的增加作物生物量、改变其形态特征,增强作物对养分的吸收能力,同时还能降低土壤碱化度、增加土壤CEC,此外蚯蚓粪处理使得土壤中全盐含量有所降低。虽然腐植酸处理较单施化学肥料处理对玉米幼苗性状有所改善,但对土壤的生物性状改善较少。因此,添加蚯蚓粪或菌肥可以调控土壤生物性状,发挥土壤生物自身潜力来改良盐碱地的一些性状,具有良好的应用前景。

参 考 文 献

[1] 李彬,王志春,孙志高,等.中国盐碱地资源与可持续利用研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):154-158

[2] 苑芷茜.吉林省西部土壤盐碱特征和养分状况分析[D].长春:东北师范大学,2010

[3] 孙在金.脱硫酸石膏与腐植酸改良滨海盐碱土的效应及机理研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2013

[4] 李北齐,王倡宪,孟瑶,等.生物有机肥对盐碱土壤养分及玉米产量的影响[J].中国农学通报,2011,27(21):182-186

[5] 赵文田.土壤养分,腐殖酸肥料和锌对烤烟产量和品质的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2009

[6] Bossuyt H, Denef K, Six J, et al. Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability[J]. Applied Soil Ecology, 2001, 16(3): 195-208

[7] Zaller J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties [J]. Scientia Horticulturae, 2007, 112(2): 191-199

[8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000

[9] 吴金水,林启美,黄巧云,等.土壤微生物生物量测定方法及其应用[M].北京:气象出版社,2006

[10] Kandeler E, Gerber H. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium[J]. Biology and Fertility of Soils, 1988, 6(1): 68-72

[11] Tahir M M, Khurshid M, Khan M Z, et al. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils

[J]. Pedosphere, 2011, 21(1): 124-131

[12] Canellas L P, Balmori D M, Médiçi L O, et al. A combination of humic substances and *Herbaspirillum seropedicae* inoculation enhances the growth of maize (*Zea mays* L.) [J]. Plant and soil, 2013, 366(1/2): 119-132

[13] 吕丽媛,伍玉鹏,孙振钧,等.有机肥对盐碱土蓖麻苗生长的调控作用[J].中国农业大学学报,2013,18(3):73-80

[14] Singh M, Wasnik K. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth, herb, oil yield, nutrient uptake, soil fertility, and oil quality of rosemary[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2013, 44(18): 2691-2700

[15] 宋玉珍,安志刚,张玉红,等.活性微生物菌肥在大庆苏打盐碱地造林中的应用[J].东北林业大学学报,2008,36(7):17-19

[16] Doan T T, Ngo P T, Rumpel C, et al. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment [J]. Scientia Horticulturae, 2013, 160: 148-154

[17] 潘峰,刘滨辉,袁文涛,等.不同改良剂对紫花苜蓿生长和盐渍化土壤的影响[J].东北林业大学学报,2011,39(5):67-68

[18] Chi C M, Zhao C W, Sun X J, et al. Reclamation of saline-sodic soil properties and improvement of rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield using desulfurized gypsum in the West of Songnen Plain, Northeast China[J]. Geoderma, 2012, 187: 24-30

[19] Warman P R, AngLopez M J. Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(12): 4479-4483

[20] 申雪庆.蚯蚓处理污泥对盐碱土壤关键生化指标的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2013

[21] Dinesh R, Srinivasan V, Hamza S, et al. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)] [J]. Bioresource Technology, 2010, 101(12): 4697-4702

[22] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J].植物生态学报,2008,32(1):176-182

[23] 刘兰兰,史春余,梁太波,等.腐植酸肥料对生姜土壤微生物量和酶活性的影响[J].生态学报,2009,29(11):6136-6141

[24] 邢尚军,刘方春,杜振宇,等.腐殖酸肥料对杨树生长及土壤性质的影响[J].水土保持学报,2009(4):126-129

[25] Romero E, Fernández-Bayo J, Díaz J M C, et al. Enzyme activities and diuron persistence in soil amended with vermicompost derived from spent grape marc and treated with urea[J]. Applied Soil Ecology, 2010, 44(3): 198-204

[26] 解媛媛,谷洁,高华,等.微生物菌剂酶制剂化肥不同配比对秸秆还田后土壤酶活性的影响[J].水土保持研究,2010,17(2): 233-238

[27] 张聪俐,戴军,周波,等.不同比例蚓粪对玉米生长以及土壤肥力特性的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(2):137-143

[28] 宋春雨,张兴义,刘晓冰,等.土壤有机质对土壤肥力与作物生产力的影响[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(3):357-362