

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2021.03.027

刘叶楠, 周晓辉, 陈妮, 等. 改性泥炭对滨海盐渍土的改良作用研究. 土壤, 2021, 53(3): 654–660.

改性泥炭对滨海盐渍土的改良作用研究^①

刘叶楠, 周晓辉, 陈妮, 赵耕毛*

(南京农业大学资源与环境科学学院/江苏省海洋生物学重点实验室, 南京 210095)

摘要: 采用土培的方法, 通过泥炭改性处理, 研究不同泥炭对滨海盐渍土物理、化学、生物性质的影响, 为滨海盐渍土快速改良提供理论依据。研究表明: 碱改性泥炭的红外图谱特征与原始泥炭相似, 但酸改性泥炭在 $1\ 710\ \text{cm}^{-1}$ 处具有明显的特征峰; 扫描电镜下, 碱改性泥炭颗粒突起最少, 表明碱改性泥炭质地相对均一。碱改性泥炭能够显著降低土壤 pH, 增加土壤团聚体; 而原始泥炭提升土壤有机质和增加碱解氮含量方面效果更加明显。碱改性泥炭和原始泥炭均能够提升土壤酶活性, 但酸改性泥炭对土壤酶活存在抑制作用。相关分析结果表明, 土壤 pH、有效磷、速效钾与过氧化氢酶、蔗糖酶和纤维素酶的活性具有显著相关性($P<0.05$)。综上所述, 在本次试验中, 碱改性泥炭对滨海盐渍土改良作用最佳, 添加改性泥炭能更有效地消减滨海盐渍土盐、碱、瘦、板、活力差等障碍因子。

关键词: 泥炭; 滨海盐土; 土壤酶活; 土壤团聚体

中图分类号: S156.4 **文献标志码:** A

Remediating Coastal Saline Soil with Modified Peat

LIU Yenan, ZHOU Xiaohui, CHEN Ni, ZHAO Gengmao*

(College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University / Jiangsu Key Laboratory of Marine Biology, Nanjing 210095, China)

Abstract: In order to clarify the remediation effect of different peats on coastal saline soil, indoor culture experiment was conducted with two kinds of modified peats. The alkali modified peat was close to the original peat in the infrared spectrum, while the acid modified peat produced a unique wave peak at $1\ 710\ \text{cm}^{-1}$. The alkali modified peat particles had the least protuberance under scanning electron microscope, showing a more uniform texture. The alkali modified peat increased soil aggregates, while the original pea promoted the contents of organic matter and alkali-hydrolyzed nitrogen better than the modified peat. Alkali-modified peat reduced soil pH significantly, but acid-modified peat increased soil pH. Alkali modified peat enhanced the activities of soil catalase, sucrase and cellulase, while acid modified peat reduced soil enzyme activities and original peat had no obvious effect. Soil pH, available phosphorus and available potassium were significantly correlated with soil enzyme activities ($P<0.05$). In conclusion, alkali modified peat has the best remediating effect on costal saline soil in reducing salinity, alkali, soil hardening but promoting nutrition and vitality.

Key words: Peat; Coastal saline soil; Soil enzyme activity; Soil aggregates

江苏沿海地区拥有丰富的滩涂资源, 约占我国滩涂总面积的四分之一^[1]。随着社会经济的发展, 土地资源愈发紧张, 江苏滨海盐渍土资源已成为江苏省乃至全国珍贵的后备土地资源。但是该地区由于土壤成因、地形以及自然条件等原因, 土壤盐分的空间分布差异较大, 农业发展受阻^[2]。迄今为止, 滨海盐碱地

改良主要采用水利工程、物理、化学以及生物改良等方法; 其中水利工程、物理改良由于前期投入大、作用周期长等诸多限制条件, 大规模实施有困难; 而化学、生物改良成为滨海盐渍土改良的主要手段^[3]。泥炭等有机质物料能够显著改善土壤结构、增加土壤肥力、修复重金属污染, 在盐碱地改良中得到广泛应用^[4]。

①基金项目: 江苏省重点研发计划项目(BE2017337)、国家自然科学基金项目(31370422)和江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(17)-1001)资助。

* 通讯作者(seawater@njau.edu.cn)

作者简介: 刘叶楠(1994—), 男, 江苏盐城人, 硕士研究生, 主要从事滨海盐渍土改良方面的研究。E-mail: lyncareer@163.com

泥炭是沼泽中死亡植物残体转化积累形成的有机矿产资源^[5],是煤炭的前身,在俄罗斯、芬兰、加拿大、中国等地有着丰富的储量。目前已有泥炭成功改善内陆盐碱地的案例^[6],杨颂东^[7]通过大棚试验证实,泥炭能够减缓设施土壤盐渍化,并提升作物产量。胡诚等^[8]研究不同土壤改良措施对低产黄泥田土壤性质及水稻产量的影响,发现泥炭处理对土壤水溶性物质、胡敏酸含量、可提取腐殖物质总量提升明显。陈伏生等^[9]利用盆栽水稻试验,研究分析泥炭和风化煤改良盐碱土的效应,发现泥炭能够改善土壤理化特性以及相关酶活,并能够提高水稻株高、饱满率及千粒重。泥炭蓬松多孔、腐殖酸含量丰富并具有微弱的酸性,能够解决滨海盐渍土高盐、高碱、养分瘠薄、土壤结构性差、保水保肥能力弱的问题^[10-11]。对天然泥炭进行改性处理,能够使泥炭接入新的活性基团,活化原有的活性成分,因此泥炭改性技术已广泛应用于重金属、有机污染物治理^[12-13]。截至目前,改性泥炭在滨海盐渍土上的应用鲜有报道。

本研究采用土培的方法,通过泥炭改性处理,研究了不同泥炭对滨海盐渍土物理、化学、生物性质的影响,旨在阐明不同泥炭对滨海盐渍土的改良作用,为滨海盐渍土开发利用及生态保育提供理论依据与技术支撑。

1 材料与方法

1.1 改性泥炭的制备

供试原料为草本泥炭,产自我国吉林蛟河,其理化性质为:pH 4.5,含水率 38.73%,灰分 38.97%,阳离子交换量 76.55 mmol/L,有机质 259.8 g/kg,全钾 8.30 g/kg,全磷 1.05 g/kg,黄腐酸 93.5 g/kg,黑棕腐酸 115.4 g/kg,比表面积 0.35 m²/g。

酸碱改性泥炭的制备参照前人^[14-17]方法,酸改性泥炭制备:将原始泥炭与质量分数为 10%~15% 硝酸按 1:3 的比例混合后,使用水浴锅在 80~85 °C 下水浴 40 min,再用 KOH 调节 pH 至中性后,使用去离子水洗涤,直至洗涤液 pH 为 6~7,使用烘箱于 105 °C 下烘至恒重。碱改性泥炭制备:将原始泥炭与 1 mol/L 的 KOH 溶液按 1:10 比例混合后,使用水浴锅在 80 °C 下水浴 2 h,用盐酸调节 pH 至中性后,使用去离子水洗涤至无氯离子残留,并使用烘箱于 105 °C 下烘至恒重。

1.2 泥炭的红外光谱测定及扫描电镜

红外光谱测定:将酸改性泥炭、碱改性泥炭和原始泥炭分别进行研磨过 100 目筛操作后,使用溴化钾

压片法测定上述 3 种泥炭的红外光谱。

扫描电镜分析(scanning electron microscope, SEM):取少量干燥泥炭粘于导电胶上,再置于标准真空镀膜机中喷镀金膜,并将镀金样品放于样品墩上,使用 Hitachi S-3000N 观察分析泥炭样品并进行拍摄。

1.3 供试土壤采集

供试土壤于 2018 年 11 月中旬采集自江苏省射阳县射阳港(120.4519 °E, 33.8908 °N),选择无植被覆盖地块,随机选取 3 个采样点,使用铁锹按照“S”布点法,挖取地下 0~45 cm 深度的土层。采集过程中,每个采样点分别挖取采集长宽高分别为 10 cm、10 cm、20 cm 的长方形柱体 7 个,共计 21 个,组成混合土样用于后续温室土培试验。

原始土壤样本 pH 7.91,电导率 8.42 mS/cm(测定温度为 23.2 °C),有机质 3.1 g/kg,有效磷 7.81 mg/kg,速效钾 410.97 mg/kg,碱解氮 24.59 mg/kg,阳离子交换量 171.40 mmol/kg,钠吸附比 45.11。

1.4 温室土壤培养试验

将供试土壤筛去杂质后,分装至 30 个统一规格的盆内(外径 215 mm,内径 150 mm,高 130 mm),每盆 1.5 kg,并均匀拌入 3 种泥炭。培养期间控制室温在 20~30 °C,并每隔 2~3 d 对土壤称重并补水以确保土壤持水率为最大持水率的 40%~80%,试验过程共计持续 196 d。

试验结束后,在盆中随机选取 3 个采集点,每点间隔 5 cm,在采集点上挖取直径 2 cm、高 5 cm 的土柱,组成混合土样。各盆按上述方式采集土样并用于后续土壤相关指标分析。

试验处理:CK:空白,不作任何处理;A1、A2、A3:分别施入土量 1%、2%、3% 的酸改性泥炭;B1、B2、B3:分别施入土量 1%、2%、3% 的碱改性泥炭;C1、C2、C3:分别施入土量 1%、2%、3% 的原始泥炭;每个处理均设置 3 个平行。

1.5 土壤理化性质测定

使用 pH 计测定土壤浸提液 pH,土水比 1:2.5;采用低温外热重铬酸钾氧化-比色法测定土壤有机质含量;采用碳酸氢钠-钼锑抗比色法测定土壤有效磷含量;通过碱解扩散法-1/2 H₂SO₄ 标准液滴定测定土壤碱解氮含量;采用乙酸铵浸提土壤溶液,并通过火焰光度计测定土壤速效钾含量。

1.6 土壤酶活测定

供试土壤中的碱性磷酸酶、脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶以及纤维素酶活性均使用苏州科铭生物技术

有限公司提供的试剂盒进行测定。

1.7 土壤团聚体平均重量直径测定

使用湿筛法测定供试土壤 >2 mm、0.25 ~ 2 mm、0.053 ~ 0.25 mm、<0.053 mm 粒径的质量, 并通过以下公式计算土壤平均重量直径 (mean weight diameter, MWD):

$$MWD = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i w_i$$

式中 \bar{x}_i : 表示 i 级粒径的平均直径(mm), w_i : 表示 i 级粒径占各级粒径的质量分数(%), MWD: 土壤平均重量直径(mm)。

1.8 数据统计与分析

采用 Origin 2018 绘制傅里叶红外光谱图, 并制作图例; 使用 Microsoft Excel 2013 录入原始试验数据, 并通过 SPSS 24 进行单因素方差分析(one-way ANOVA)、多重比较及相关性分析。

2 结果与分析

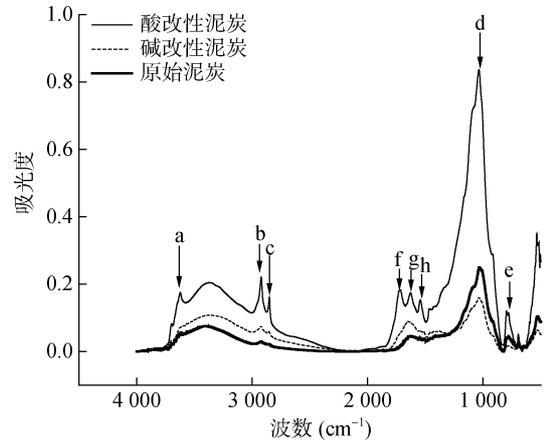
2.1 改性泥炭的物理结构及光谱学性质

原始泥炭及改性泥炭的傅里叶红外光谱如图 1 所示。3 类泥炭在位于醇酚类 O-H 伸展的 $3\ 650\ \text{cm}^{-1}$ (图中 a 处)、代表饱和 C-H 伸展的 $2\ 920\ \text{cm}^{-1}$ 和 $2\ 850\ \text{cm}^{-1}$ 处(图中 b、c 处)、代表多糖类 C-O 伸展的 $1\ 030\ \text{cm}^{-1}$ 处(图中 d 处)、代表酰胺 C-O 伸展的 $1\ 690 \sim 1\ 630\ \text{cm}^{-1}$ 处(图中 g 处)以及代表不饱和 C-H 伸展的 $900 \sim 750\ \text{cm}^{-1}$ 处(图中 e 处)呈现出共有吸收峰; 此外酸改性泥炭产生特有波峰, 分别为羧基伸展的特征区 $1\ 710\ \text{cm}^{-1}$ (图中 f 处)以及代表芳香族碳链伸展的 $1\ 540\ \text{cm}^{-1}$ (图中 h 处)。

1 000 倍扫描电镜图片表明, 原始泥炭尽管在研磨过筛后, 其中的植物残体依旧能够被识别; 酸改性泥炭能够识别的植物残体较少; 碱改性泥炭尚无可辨别的植物残体(图 2); 2 500 倍扫描电镜图片表明, 原始泥炭中的颗粒物较大且植物残体依旧可以辨别; 酸改性泥炭颗粒较小颗粒凸起遍布表面; 碱改性泥炭颗粒大小与酸改性相当, 但较酸改性泥炭颗粒突起较少, 显得更加平滑。

2.2 改性泥炭对滨海盐渍土理化性质的影响

泥炭对滨海盐渍土的理化性质产生了一定程度的影响(表 1)。A2 和 A3 处理的 pH 均为 7.95, 与 CK 差异显著($P < 0.05$), 较 CK 提高了 2.84%; 其他试验组与 CK 相比无显著差异, 其中添加碱改性泥炭和原始泥炭的试验组 pH 显著低于 A2 和 A3($P < 0.05$), 降幅为 2.22% ~ 3.27%。



(图中 a 位于醇酚类 O-H 伸展的 $3\ 650\ \text{cm}^{-1}$, b、c 分别位于代表饱和和 C-H 伸展的 $2\ 920\ \text{cm}^{-1}$ 和 $2\ 850\ \text{cm}^{-1}$ 处, d 位于代表多糖类 C-O 伸展的 $1\ 030\ \text{cm}^{-1}$ 处, e 位于不饱和 C-H 伸展的 $900 \sim 750\ \text{cm}^{-1}$, f 位于羧基伸展的特征区 $1\ 710\ \text{cm}^{-1}$, g 位于代表酰胺 C-O 伸展的 $1\ 690 \sim 1\ 630\ \text{cm}^{-1}$ 处, h 位于代表芳香族碳链伸展的 $1\ 540\ \text{cm}^{-1}$ 处)

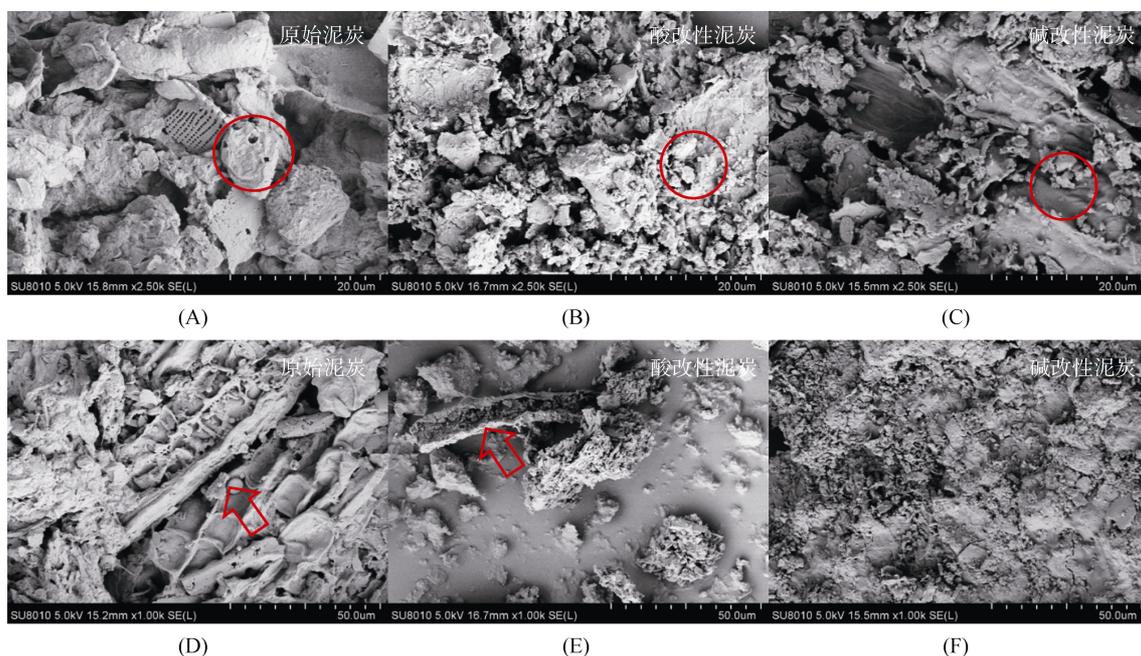
图 1 不同泥炭的傅里叶红外光谱图

各处理的有机质含量相较 CK 均有一定程度的提高, 除 A1 和 B1 以外的其他处理与 CK 差异显著($P < 0.05$), 涨幅为 39.56% ~ 178.97%。施加原始泥炭后, 土壤有机质含量随添加量的增加而显著增加($P < 0.05$), 含量最高的 C3 较 C1 和 C2 分别提高了 31.28% 和 23.40%; 在酸改性泥炭处理中, A2 和 A3 显著高于 A1($P < 0.05$), 相较 A1 分别提高 11.12% 和 58.23%; 而各碱改性泥炭处理之间无显著性差异。

常量营养元素方面, 有效磷是土壤中重要的养分指标之一, 能够在一定程度上反映供试土壤的磷供应水平。本次试验中 B1、B2、B3、C1、C2 处理有效磷含量均显著低于 CK($P < 0.05$), 降幅为 9.21% ~ 24.88%, 且碱改性处理的土壤有效磷含量低于原始泥炭处理; 较高浓度酸改性泥炭处理(A2、A3)能够提升土壤有效磷含量, 但并不显著。酸改性处理的速效钾含量显著高于 CK 和其他处理($P < 0.05$), 且随添加量的增加显著升高, 含量最高的 A3 较 A1 和 A2 分别提高了 93.58% 和 81.95%; 而碱改性处理和原始泥炭处理与 CK 无显著差异。从试验结果来看, 原始泥炭处理的碱解氮显著高于酸改性处理和碱改性处理($P < 0.05$), 其中 C3 的碱解氮含量显著高于 CK, 较 CK 提高 106.22%; 而酸改性处理和碱改性处理均与 CK 无显著性差异。

2.3 改性泥炭对滨海盐渍土生物学性质的影响

施加 3 类泥炭对滨海盐渍土的酶活产生了一定程度的影响(表 2), 酸改性处理的纤维素酶、过氧化氢酶和脲酶酶活显著低于原始泥炭处理和碱改性处理($P < 0.05$)。



(A、B、C 分别为原始泥炭、酸改性泥炭、碱改性泥炭 2 500 倍扫描电镜放大图，D、E、F 分别为原始泥炭、酸改性泥炭、碱改性泥炭 1 000 倍扫描电镜放大图；图中箭头标记表示植物残体，圆圈标记表示泥炭表面凸起颗粒物)

图 2 不同泥炭的扫描电镜图

表 1 改性泥炭对滨海盐渍土理化性质的影响

处理	pH	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	碱解氮(mg/kg)	有机质(g/kg)
CK	7.73 ± 0.03 bc	8.57 ± 0.34 ab	428.45 ± 13.33 d	24.99 ± 0.15 bcd	2.83 ± 0.36 g
A1	7.90 ± 0.03 ab	8.26 ± 0.08 bc	2 715.02 ± 71.96 c	13.95 ± 2.15 d	3.11 ± 0.03 fg
A2	7.95 ± 0.02 a	8.69 ± 0.03 ab	5 255.85 ± 268.93 b	22.88 ± 7.81 cd	4.43 ± 0.04 cde
A3	7.95 ± 0.02 a	9.23 ± 0.05 a	9 562.89 ± 1 663.91 a	25.71 ± 0.16 bc	4.61 ± 0.08 cd
B1	7.69 ± 0.06 c	6.43 ± 0.16 f	412.57 ± 8.28 d	20.56 ± 1.43 cd	3.61 ± 0.19 efg
B2	7.70 ± 0.11 c	7.09 ± 0.24 def	418.81 ± 16.28 d	21.79 ± 2.17 cd	3.83 ± 0.34 def
B3	7.74 ± 0.05 bc	6.64 ± 0.06 ef	454.09 ± 21.17 d	17.03 ± 2.52 cd	3.95 ± 0.18 cdef
C1	7.77 ± 0.02 bc	7.78 ± 0.27 cd	398.00 ± 3.24 d	26.04 ± 2.04 bc	4.87 ± 0.18 c
C2	7.66 ± 0.02 c	7.23 ± 0.33 de	441.48 ± 2.17 d	34.23 ± 2.82 b	6.43 ± 0.19 b
C3	7.74 ± 0.09 bc	8.07 ± 0.26 bc	408.59 ± 10.50 d	51.54 ± 4.05 a	7.89 ± 0.44 a

注：试验数据为平均值 ± 标准误，同列数据小写字母不同表示处理间差异显著(P<0.05)，下表同。

表 2 改性泥炭对滨海盐渍土生物酶活的影响

处理	碱性磷酸酶(μmol/(g·d))	脲酶(μmol/(g·d))	过氧化氢酶(μmol/(g·d))	蔗糖酶(μmol/(g·d))	纤维素酶(μmol/(g·d))
CK	2.09 ± 0.08 d	101.59 ± 1.19 a	48.17 ± 0.43 a	6.72 ± 0.42 cd	65.19 ± 1.12 a
A1	2.65 ± 0.11 c	78.37 ± 1.62 c	36.31 ± 0.32 de	4.23 ± 0.10 f	46.80 ± 0.99 e
A2	2.64 ± 0.06 c	72.82 ± 3.10 c	35.15 ± 0.77 e	5.80 ± 0.24 de	46.40 ± 1.02 e
A3	2.48 ± 0.11 c	78.11 ± 3.32 c	34.92 ± 0.92 e	5.35 ± 0.23 e	42.77 ± 0.95 f
B1	4.13 ± 0.17 ab	90.44 ± 3.36 b	47.49 ± 2.71 a	10.02 ± 0.44 b	60.96 ± 1.60 b
B2	4.34 ± 0.20 a	104.44 ± 4.07 a	46.50 ± 0.44 a	9.84 ± 0.45 b	61.50 ± 0.67 b
B3	2.57 ± 0.11 c	97.04 ± 4.46 ab	42.86 ± 0.49 b	11.51 ± 0.36 a	66.14 ± 0.72 a
C1	4.17 ± 0.17 ab	103.74 ± 4.78 a	41.77 ± 1.01 bc	6.95 ± 0.26 c	59.72 ± 1.41 bc
C2	2.50 ± 0.11 c	98.57 ± 3.59 ab	39.01 ± 1.12 cd	6.12 ± 0.24 cde	56.69 ± 1.01 cd
C3	3.91 ± 0.04 b	106.05 ± 3.03 a	40.17 ± 0.93 bc	6.88 ± 0.24 c	56.19 ± 0.51 d

各泥炭处理碱性磷酸酶活性均显著高于 CK(P<0.05)，较 CK 涨幅为 18.48%~107.49%，其中酸性

泥炭处理对碱性磷酸酶活性提升最小。脲酶可以促进土壤中的尿素水解，故脲酶活性的增强不利于土壤肥

力的维持, A1、A2、A3、B1 处理的脲酶活性显著低于 CK ($P < 0.05$), 较 CK 减幅为 10.98% ~ 28.33%, 其他处理较 CK 无显著差异。

过氧化氢酶能够分解土壤中的过氧化氢, 使植物免受相应毒害作用, 进而有利于植物生长, 在盐土农业中也用于反映植物抗逆性。试验中, 除 B1 和 B2, 其他处理过氧化氢酶活性均显著低于 CK ($P < 0.05$), 降幅为 11.01% ~ 27.50%; 此外酸改性处理、碱改性处理的过氧化氢酶活性随泥炭添加量的增加而减小。

蔗糖酶能够将大分子的糖分解成植物易于吸收的葡萄糖和果糖, 是反映土壤碳素循环的重要酶活。在土培试验中碱改性泥炭处理的蔗糖酶活性高于酸改性泥炭处理和原始泥炭处理, 并显著高于 CK ($P < 0.05$), 较 CK 增幅在 46.42% ~ 71.28%; A1 和 A3 处理蔗糖酶活性显著低于 CK, 降幅为 37.04% 和 24.42% ($P < 0.05$), 而其他处理与 CK 之间差异不显著。土壤纤维素酶能够将纤维素分解成葡萄糖, 亦是衡量土壤肥力的重要指标之一。除 B3 外, 其他处理纤维素酶活性显著低于 CK ($P < 0.05$), 降低幅度为 5.65% ~ 34.39%。

2.4 改性泥炭对滨海盐渍土团聚体结构的影响

平均重量直径(MWD)能够反映样品土壤中不同大小粒径的分布占比状况, 得到的数值越大代表大粒径团聚体占比越多, 土壤的水稳定性越高。从试验结果(图 3)可以看出, 泥炭处理的 MWD 均大于 CK, 其中 B1 处理 MWD 值最大, 比 CK 高 18.38%, 但各

泥炭处理间没有显著性差异。

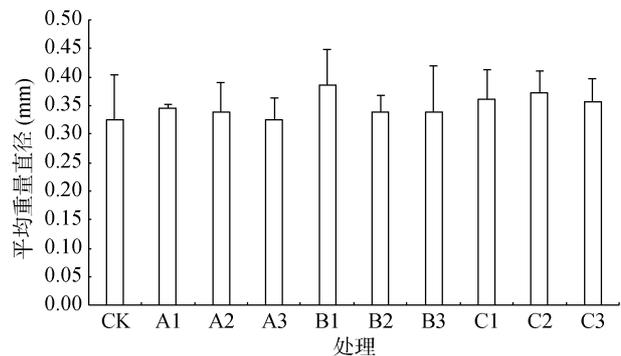


图 3 土壤团聚体平均重量直径

2.5 土壤理化性质与酶活相关性分析

采用双变量, 选择皮尔逊系数进行相关性分析, 双尾检验, 最终获得各处理土壤理化性质与酶活性的相关性数据(表 3)。pH 与有效磷呈显著相关 ($P < 0.05$), 与速效钾呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 与脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和纤维素酶呈极显著负相关 ($P < 0.01$)。有机质仅与碱解氮有相关性, 呈极显著正相关 ($P < 0.01$)。有效磷与速效钾呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 与过氧化氢酶、蔗糖酶和纤维素酶呈极显著负相关 ($P < 0.01$)。碱解氮与脲酶活性呈显著正相关 ($P < 0.05$)。碱性磷酸酶与脲酶、蔗糖酶两者间均呈显著正相关 ($P < 0.05$)。脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶和纤维素酶, 除脲酶与蔗糖酶呈显著正相关外 ($P < 0.05$), 其他任意两者间均呈极显著正相关 ($P < 0.01$)。

表 3 土壤理化性质与酶活的相关性

	pH	有机质	有效磷	速效钾	碱解氮	碱性磷酸酶	脲酶	过氧化氢酶	蔗糖酶	纤维素酶
pH	1									
有机质	-0.198	1								
有效磷	0.560*	0.041	1							
速效钾	0.712**	-0.066	0.690**	1						
碱解氮	-0.282	0.828**	0.133	-0.141	1					
碱性磷酸酶	-0.300	0.182	-0.431	-0.405	0.206	1				
脲酶	-0.563**	0.343	-0.403	-0.668**	0.539*	0.420*	1			
过氧化氢酶	-0.613**	-0.343	-0.580**	-0.705**	-0.063	0.337	0.558**	1		
蔗糖酶	-0.497**	-0.204	-0.724**	-0.481*	-0.158	0.429*	0.419*	0.628**	1	
纤维素酶	-0.633**	-0.157	-0.650**	-0.791**	-0.032	0.253	0.728**	0.830**	0.723**	1

注: 表中 *、** 分别表示相关性达 $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ 显著水平(双尾)。

3 讨论

3.1 原始泥炭与改性泥炭红外光谱和电镜观察差异

原始泥炭与改性泥炭在理化性质上存在一定程度的差异, 原始泥炭和碱改性泥炭不能溶解于水, 而

酸改性后的产物为液体, 烘干后为黑色晶体状物质。在红外光谱上, 3 种泥炭在多个波段产生峰值, 结合 Hayes 等人^[18]对腐殖酸类的红外光谱分析可以得知: 3 种泥炭共有的成分有醇酚类、多糖类以及饱和烃类。酸改性泥炭在 1710 cm^{-1} , $1690 \sim 1630\text{ cm}^{-1}$ 和

1 540 cm^{-1} 这3波段出现特征峰, 根据该现象可以判断泥炭中在酸改性过程中产生了羧基、酰胺和芳香族化合物, 这与魏世平等^[19]的研究结果一致。汤垣伟^[20]在进行改性泥炭试验时, 成功将季铵基团接入泥炭, 但由于接入量过低导致红外光谱未出现该基团的吸收峰, 由此得知尽管碱改性泥炭与原始泥炭在红外光谱上非常接近, 但依旧存在接入微量基团的可能性, 需要进一步验证。

3.2 不同泥炭对滨海盐渍土物理、化学、生物性质的影响

泥炭在国内外土壤改良试验中被证实具有改良作用^[21-25], 其改良作用共同表现为增加土壤中常量营养元素及有机质含量、降低土壤 pH 及盐分、改善土壤结构以及增加作物产量。尽管在本试验中未涉及作物种植试验, 但泥炭对滨海盐土的改良效果与上述各试验结果在很大程度上是一致的, 可见泥炭对滨海盐土的理化特性产生了一定的正向影响。

添加酸改性泥炭后供试土壤的 pH 显著升高, 且速效钾含量显著高于其他处理, 而速效钾与 pH 之间呈极显著正相关($P < 0.01$), 可以得知过量的酸改性泥炭中过量的钾同样会加重供试土壤的盐碱化, 导致 pH 上升, 这与刘钦普等人^[26]的研究结果接近; 根据前人研究, 酸改性能够增强泥炭的离子代换能力以及吸附性能^[27], 因此在后续的中和过程中带入的大量钾离子会由于酸改性泥炭本身过强的离子吸附能力而难以除尽, 从而造成上述现象。施加泥炭能够显著提高供试土壤的有机质含量, 这与舒灏^[28]的试验结果一致; 试验中还出现了同浓度下施加原始泥炭的土壤有机质含量要显著高于酸改性泥炭处理这一情况, 根据刘方春等人^[29]的报道: 高浓度、长时间的酸处理会降低褐煤腐殖酸的产出, 由此推测是原始泥炭中的腐殖酸在酸改性过程中产生了一定程度上的损耗所致。姜右锦等人^[30]在盐碱土盐分与营养元素的相关性研究中发现, 盐碱化土壤有效磷含量与盐分含量呈显著正相关; 而在本试验中酸改性泥炭会增加土壤盐分, 碱改性泥炭与原始泥炭反之, 这恰好解释了以下现象: 施加酸改性泥炭能够提高土壤有效磷含量, 而碱改性泥炭和原始泥炭却起到了相反作用。

赵秀娟等^[31]指出: 过量的钾会导致酶活显著下降, 而本试验证实了这一说法; 除去碱性磷酸酶外, 施加酸改性泥炭的土壤酶活普遍低下, 并且除碱性磷酸酶外的土壤酶活与速效钾呈显著负相关($P < 0.01$), 说明当土壤中钾离子含量过高时, 会对脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶及纤维素酶活性产生抑制作用。碱改性

泥炭对土壤酶活的影响效果与原始泥炭接近, 但对土壤过氧化氢酶、蔗糖酶和纤维素酶活性的提升要高于原始泥炭, 且对蔗糖酶的提升显著高于后者($P < 0.05$); 尽管造成上述现象的原因尚不明确, 不过根据那乌莫娃和成绍鑫^[32]的研究结果: 改性后的腐殖酸拥有更高的生物活性, 可以推测以上现象与碱改性泥炭附带的活性物质有关。与刘清泉等人^[33]的研究结果相反, 原始泥炭的施入对滨海盐土过氧化氢酶和脲酶活性有一定的抑制作用, 并对其他转化酶类产生促进作用, 该现象已在岳小红^[34]、袁婉潼^[35]和贺婧等^[36]的研究中有所提及。值得注意的是, 酸碱改性泥炭能够对过氧化氢酶和脲酶产生抑制作用, 并且高浓度下的碱改性泥炭对转化酶也会产生促进作用, 可见酸碱改性泥炭对土壤酶活的影响效果在一定程度上接近, 至于本试验研究结果与刘清泉等人^[33]研究结果相悖, 推测是原始泥炭施量不同导致, 在刘清泉的试验中泥炭施量在 7% 以上, 而本试验中原始泥炭的最大施入量仅为 3%。

4 结论

1) 酸改性泥炭较碱改性泥炭和原始泥炭显现出独特的特征峰, 并能够提高滨海盐土有效磷含量, 但在改性过程中难以除去过量的钾, 致使土壤 pH 升高, 酶活受到抑制。

2) 碱改性泥炭较其他两者在扫描电镜下颗粒突起更少, 质地更细; 且能够显著降低滨海盐土的 pH, 提高各类土壤酶活性, 改善土壤团聚体结构。

3) 原始泥炭在红外光谱上与碱改性泥炭相近, 但扫描电镜下颗粒较大; 相较其他两者能够更好地提升土壤有机质含量及碱解氮, 以及降低土壤 pH; 然而对土壤酶活提升并不明显。

4) pH、有效磷、速效钾与过氧化氢酶、蔗糖酶和纤维素酶这 3 类酶活产生显著相关性($P < 0.05$), 在脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶和纤维素酶 4 种酶活中, 除脲酶与蔗糖酶表现为相关性显著外($P < 0.05$), 其他任意两种酶活均呈极显著相关($P < 0.01$)。

综上所述, 酸改性泥炭、碱改性泥炭以及原始泥炭对滨海盐土的改良效果各有侧重, 若综合考虑 3 种泥炭结构特性及对滨海盐土的改良效果, 碱改性泥炭在温室土培试验中对滨海盐土的综合改良效果最佳。

参考文献:

- [1] 张建兵, 杨劲松, 李芙蓉, 等. 有机肥与覆盖对苏北滩涂重度盐渍土壤水盐调控效应分析[J]. 土壤学报, 2014, 51(1): 184-188.

- [2] 曲长风, 杨劲松, 姚荣江, 等. 不同改良剂对苏北滩涂盐碱土壤改良效果研究[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(3): 21–25.
- [3] 刘瑞敏, 杨树青, 史海滨, 等. 河套灌区中度盐渍化土壤改良产品筛选研究[J]. 土壤, 2017, 49(4): 776–781.
- [4] 徐鹏程, 冷翔鹏, 刘更森, 等. 盐碱土改良利用研究进展[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 293–298.
- [5] 孟宪民. 我国泥炭资源的储量、特征与保护利用对策[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 567–574.
- [6] 郑福云, 马献发, 曹洪杰, 等. 泥炭改良盐碱土田间定位试验研究[J]. 国土与自然资源研究, 2008(1): 41–42.
- [7] 杨颂东. 泥炭功能肥料对设施番茄增产和退化土壤改良的效果[J]. 农业工程技术, 2018, 38(34): 21–24.
- [8] 胡诚, 刘东海, 陈云峰, 等. 不同土壤改良措施对低产黄泥田土壤性质及水稻产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2016(3): 117–121.
- [9] 陈伏生, 曾德慧, 王桂荣. 泥炭和风化煤对盐碱土的改良效应[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2004, 23(6): 861–864.
- [10] 朱建峰, 崔振荣, 吴春红, 等. 我国盐碱地绿化研究进展与展望[J]. 世界林业研究, 2018, 31(4): 70–75.
- [11] 李二焕, 胡海波, 鲁小珍, 等. 苏北滨海盐土区土壤盐剖面特征及其理化特性[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4): 116–119, 127.
- [12] 高平, 杨智, 郝永俊, 等. 泥炭预处理吸附垃圾渗滤液中的 COD[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(8): 170–174, 184.
- [13] 陈月芳, 彭焕玲, 侯荣荣, 等. 改性泥炭对 Pb(II) 和 Cd(II) 的单一及竞争吸附研究[J]. 应用化工, 2019, 48(2): 243–247.
- [14] Ghasemi M, Abedi Koupai J, Heidarpour M. Application of modified zeolite and modified peat in removing salinity ions from irrigation saline waters[J]. Journal of Environmental Engineering, 2018, 144(8): 04018066.
- [15] 王立斌, 段秀蓉, 胡随喜. 改性泥炭对重金属离子的吸附[J]. 干旱环境监测, 2008, 22(1): 11–14.
- [16] Hulugalle N R, Weaver T B, Ghadir H, et al. Changes in soil properties of an eastern Australian vertisol irrigated with treated sewage effluent following gypsum application[J]. Land Degradation & Development, 2006, 17(5): 527–540.
- [17] Wang W J, He H S, Zu Y G, et al. Addition of HPMA affects seed germination, plant growth and properties of heavy saline-alkali soil in northeastern China: Comparison with other agents and determination of the mechanism[J]. Plant and Soil, 2011, 339(1/2): 177–191.
- [18] Hayes D J M, Hayes M H B, Leahy J J. Analysis of the lignocellulosic components of peat samples with development of near infrared spectroscopy models for rapid quantitative predictions[J]. Fuel, 2015, 150: 261–268.
- [19] 魏世平, 吴萌, 李忠佩. 不同来源腐植酸红外光谱的比较研究[J]. 腐植酸, 2018(1): 20–25.
- [20] 汤烜祎. 改性泥炭吸附水体中疏水性有机污染物及其机理研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2010.
- [21] 宋佳, 孔令冉, 杨天一, 等. 腐植酸治理盐碱化土壤的机理与应用研究进展[J]. 腐植酸, 2017(5): 5–9, 39.
- [22] 李祖祥, 许俊彦, 顾金炼, 等. 海岸盐碱地改土植草试验[J]. 江苏农业科学, 2010, 38(3): 252–254.
- [23] Serramiá N, Sánchez-Monedero M A, Roig A, et al. Changes in soil humic pools after soil application of two-phase olive mill waste compost[J]. Geoderma, 2013, 192: 21–30.
- [24] Zhang X, Zhao Y, Zhu L J, et al. Assessing the use of composts from multiple sources based on the characteristics of carbon mineralization in soil[J]. Waste Management, 2017, 70: 30–36.
- [25] Wang L L, Sun X Y, Li S Y, et al. Application of organic amendments to a coastal saline soil in North China: Effects on soil physical and chemical properties and tree growth[J]. PLoS One, 2014, 9(2): e89185.
- [26] 刘钦普, 林振山, 周亮. 山东省化肥使用时空分异及潜在环境风险评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(7): 208–214.
- [27] 路艳艳, 吴钦泉, 陈士更, 等. 腐植酸对磷钾吸附及活化性能研究[J]. 腐植酸, 2018(2): 40–44.
- [28] 舒灏. 外源有机碳对植烟土壤水稳性团聚体、活性有机碳和酶活性的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- [29] 刘方春, 邢尚军, 刘春生, 等. 无机酸处理对褐煤腐殖酸含量及特性的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 31–34.
- [30] 姜右锦, 张松林, 刘阳. 盐碱地土壤养分和盐分含量的空间变异特征研究[J]. 河南农业科学, 2020, 49(3): 70–78.
- [31] 赵秀娟, 宋燕燕, 岳现录, 等. 负压灌溉下不同钾水平对小油菜生长的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(4): 689–697.
- [32] 那乌莫娃, 成绍鑫. 腐植酸分子结构与生物活性的关系[J]. 腐植酸, 2002(1): 38–43.
- [33] 刘清泉, 原海燕, 张永侠, 等. 不同土壤改良措施对高盐土壤条件下马蔺幼苗生长和抗氧化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(6): 100–105.
- [34] 岳小红. 外源有机碳对盐渍化土壤性质及小麦生长的影响[D]. 兰州: 兰州大学, 2018.
- [35] 袁婉潼. 生物腐殖酸对盐碱土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(1): 1–4, 45.
- [36] 贺婧, 钟艳霞, 颜丽. 不同来源腐植酸对土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(24): 258–261.