

稻草灰对滨海盐土改良的试验研究

璩继立, 李陈财, 魏天乐, 李贝贝, 刘宝石

(上海理工大学 环境与建筑学院, 上海 200093)

摘要:为改善滨海盐土质量,以稻草灰作为改良剂,分别研究了灰土体积比为0%、10%、20%和30%滨海盐土在水稳定性团聚体含量、稠度指标、最大干密度和最优含水率等指标的变化规律。结果表明:稻草灰可以提高滨海盐土中粒径在5.0~10.0 mm和2.0~5.0 mm水稳定性大团聚体的含量,减小粒径小于0.25 mm微团聚体的含量;稻草灰可以提高滨海盐土的塑限、液限和塑性指数,但对塑限、液限的影响显著,对塑性指数的影响相对较小;稻草灰可以显著降低滨海盐土的最大干密度,提高最优含水率。由此说明,稻草灰可以提高滨海盐土的保水性能与疏松度,把稻草灰运用于滨海盐土的改良,可取得工业废弃物资源化与土地合理改良的双重生态效益。

关键词: 稻草灰; 滨海盐土; 水稳定性团聚体; 稠度指标; 击实性能

中图分类号: S156

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)05-0028-05

Experiment on coastal saline soil improved with rice straw ash

QU Jili, LI Chencai, WEI Tianle, LI Beibei, LIU Baoshi

(School of Environment and Architecture, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to improve the quality of coastal saline soil, the paper took rice straw ash as amendment and studied the variation rule of these indicators such as the content of water-table aggregates, consistency index and compactibility in coastal saline soil at the volume ratios of 0%, 10%, 20% and 30% of ash and soil. The results showed that rice straw ash can increase the content of water-stable aggregates with particle size between 5.0mm to 10.0mm and 2.0mm to 5.0mm, and decrease the content of micro-aggregates with particle size less than 0.25mm; rice straw ash can significantly increase liquid limit, plastic limits and plastic index, it has prominent influence on plastic limit, liquid limit but has less influence on plastic index; rice straw ash can decrease maximum dry bulk density and increase optimum moisture content. The results clearly indicated that application of rice straw ash can improve the property of water retention and porosity of coastal saline soil. The use of rice straw ash can achieve bi-ecological benefit of resource recovery of industrial wastes and rational improvement of soil.

Key words: rice straw ash; coastal saline soil; water-table aggregates; consistency index; compactibility

滨海盐土属于盐土的一个亚类,具有pH高、结构差、养分低等不良性状,危害作物生长^[1]。土壤的性能因其来源(天然或人造)、组成、耕作频率等而不同^[2]。Carrow^[3]等人曾将黏土矿物等无机物作为改良剂,研究了它们对土壤的改良效果。Ekrem^[4]等人将硅藻土作为改良剂,指出了硅藻土可以改良土壤性能,提高保水能力。

许多研究表明,秸秆还田可以改善滨海盐土理化性质,降低土壤密度、pH值和盐分,提高土壤孔隙度,增加土壤有机质和养分含量^[5]。我国秸秆年产量达6亿t,相当于3亿t标准煤的能量^[6],因此秸秆常被用于发电。秸秆灰就是专门以秸秆为燃料的

发电厂燃烧农作物秸秆、稻壳等的灰分,如何处理这些秸秆灰,成了亟待解决的问题^[7]。我国传统农业中,常将稻草灰作为肥料施用于田地,但是没有人研究它对滨海盐土水稳定性团聚体含量、稠度指标、击实性能等方面的影响及对土壤改良的效果。

在农业工程中常将稠度指标与击实性能作为土壤分类的依据,但是很少研究把岩土工程中的土壤指标与农业研究结合起来^[8]。国外很多学者提倡将土壤的保水性能^[9],稠度指标^[10],击实性能^[11]作为土壤耕作性能的指标。因此,本文试图从岩土工程中的稠度指标(液限、塑限与塑性指标)、击实性能(最大干密度与最优含水率)等角度出发,探讨土

收稿日期:2013-03-16; 修回日期:2013-04-18

基金项目:上海柯恒管理信息咨询公司项目(3A-11-307-110)

作者简介:璩继立(1964-),男,河南孟州人,博士后,副教授,硕士生导师,从事岩土工程、水文地质等方面的研究与教学工作。

壤保水性能、疏松度间的联系,以作跨学科研究的探索。同时,以期为滨海盐土的改良及秸秆灰的合理利用提供科学借鉴。

1 材料与方方法

1.1 试验说明

试验中稻草灰与滨海盐土自然风干达到各试验要求后,通过相同孔径的土工筛,在筛分后的自然状态下,用1 000 mL量筒测量,按灰土体积比为10%、20%、30%进行相关试验。不加稻草灰的素土作平行试验,以作为对比,每个试验均做3个平行试样,最后结果取平均值。

1.2 试验材料

1.2.1 土壤 试验用土来源于上海市崇明县前哨农场,海拔3.2 m,年均温15.2℃,年降水量976.3 mm,无霜期220 d,大于10℃有效积温2 599℃。试验土种发育于砂质江海沉积物,剖面为ASa-CSa构造,1 m深土体持有明显沉积层理,土壤颗粒组成中砂粒和粗粉砂含量高达70%以上,粘结性较差。通体富含碳酸盐,呈碱性反应,pH值在8.0以上。1 m土体平均含盐量在0.2%~0.4%之间,表层土壤含盐量一般在0.2%以下,返盐季节略高于0.2%。盐分组成中以NaCl为主,阴阳离子组成中HCO₃⁻自下而上逐渐增高,但Cl⁻和Na⁺离子含量占优势,并自上而下呈递增趋势。

耕层土壤养分中除全钾和速效钾较丰富外,其它养分均为贫乏。全剖面有机质含量不足1%,全氮含量不足0.05%,速效磷含量仅5 ppm左右^[12],试验土的理化性状见表1。

1.2.2 稻草灰 秸秆灰采用水稻秸秆焚烧而得,试验用灰经过2 mm土工筛。稻草秸秆的基本成分如表2所示^[3],稻草灰的主要成分如表3所示^[13]。试验前将稻草灰置于电热恒温干燥箱中,在60℃~70℃下烘6 h左右,在干燥器中冷却至室温再与土按试验设定的灰土比进行配备土样。

1.3 试验方法

1.3.1 液塑限测定试验 试验前将试验用土风干、敲碎,过0.5 mm的土工筛,按《公路土工试验规程》^[14]JTG E40-2007制备土样。试验仪器采用浙江土工仪器制造有限公司生产的型号为STYS-1数量液塑限联合测定仪。

1.3.2 击实性能试验 首先将拣除试验用土中大于40 mm的粗石子及杂物,然后将其自然风干,过20 mm土工筛。将筛下的土样拌匀,按一定的含水

率配备试验用土,按《公路土工试验规程》JTG E40-2007进行试验。

表1 试验用滨海盐土的理化性状

项目	cm, mm, %, cmol/kg		
	典型剖面		
	Asa	C ₁ Sa	C ₂ Sa
厚度	40	40	20
1~0.25	0.28	1.37	0.00
0.25~0.05	11.78	10.96	17.03
0.05~0.01	67.58	62.59	53.69
机械组成	5.57	5.35	9.31
0.01~0.005	5.90	6.53	8.26
0.005~0.001	8.89	13.20	11.70
<0.001			
质地名称	砂壤土	轻壤土	轻壤土
有机质	0.970	0.800	0.650
全氮	0.045	0.048	0.033
全磷	0.500	0.051	0.050
全钾	2.40	2.38	2.41
水解氮	43.38	44.27	49.15
速效磷	5.20	3.62	5.17
速效钾	160	110	140
pH(H ₂ O)	8.0	8.3	8.3
阴离子组成	CO ₃ ²⁻		
	HCO ₃ ⁻	11.4	7.9
	Cl ⁻	42.4	58.8
	SO ₄ ²⁻	14.6	12.4
阳离子组成	Ca ²⁺	12.5	6.4
	Mg ²⁺	8.4	4.5
	K ⁺ +Na ⁺	67.5	84.7
	CEC/kg	12.94	13.15
	全盐量	0.13	0.24
	碳酸盐	4.32	5.18

表2 稻草秸秆基本成分 %

名称	数值	名称	数值
水分	4.97	挥发分	65.11
灰分	13.86	固定碳	16.06

表3 水稻秸秆灰的组成 %

名称	数值	名称	数值
K ₂ O	11.66	Fe ₂ O ₃	0.1900
Na ₂ O	0.53	TiO ₂	0.0030
CaO	2.18	CuO	0.0069
MgO	1.66	SiO ₂	77.4500
Al ₂ O ₃	0.21		

1.3.3 水稳定性大团聚体组成测定试验 在土样不沾铲,接触不变形时采集土样,用白铁盒或铝制盒

在田间3~5点采集有代表性的原状土样,以保持原来的结构状态。运输时要避免震动和翻倒。运回实验室内,沿土壤的自然结构轻轻地剥开,将原状土剥成直径为10~12 mm的小土块,同时防止外力的作用而变形,并剔去粗根和小石块。将土样摊平,置于透气通风处,让其自然风干。

按《中华人民共和国农业行业标准》^[15] NY/T 1121.19-2008(土壤检测)规定,采用湿筛法,对不同灰土比的滨海盐土进行土壤水稳定性大团聚体组成测定分析。

2 结果与分析

2.1 对水稳定性大团聚体含量的影响

土壤团聚体是由土粒胶结成粒状和小团块状、大体成球状的土团。它是土壤结构的基本单元,不仅影响土壤的孔隙度、保水性、通透性和抗蚀性、养分运移等物理性质,也影响土壤碳、氮循环以及养分积蓄与释放等化学性质^[16]。

试验采用湿筛法测定了稻草灰对滨海盐土水稳定性大团聚体含量的影响,各粒径团聚体百分比含量,如表4所示。图1所示为各不同粒径的水稳定性大团聚体分布直方图。水稳定性团聚体中直径大0.25 mm的为团聚体,直径小于0.25 mm的为微团聚体。

表4 不同灰土体积比滨海盐土水稳定性大团聚体百分含量 %

灰土体积比	0	10	20	30
10~5	9.81	21.11	25.18	13.60
5~2	24.15	26.16	25.59	32.99
2~1	18.89	9.10	11.78	11.43
1~0.5	8.85	9.93	9.20	12.51
0.5~0.25	12.91	9.95	9.40	10.12
<0.25	25.39	23.74	18.85	19.35

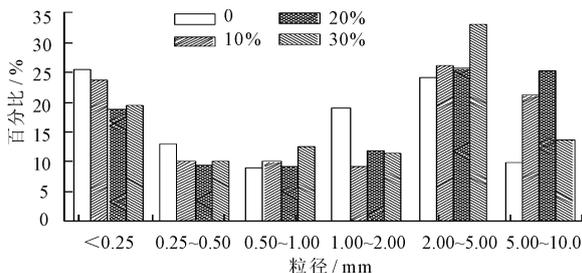


图1 不同灰土体积比滨海盐土各粒径水稳定性团聚体的分布图

从试验结果可知,稻草灰对滨海盐土水稳定性大团聚体含量的影响主要体现在:粒径在5.0~

10.0 mm间的水稳定性大团聚体的含量有了显著提高,灰土体积比为10%、20%和30%的滨海盐土与素土相比分别提高了11.30%、15.37%和3.79%;粒径在2.0~5.0 mm间的水稳定性大团聚体也有一定的增加,灰土体积比为10%、20%和30%的滨海盐土与素土相比分别提高了2.20%、1.44%和8.84%;粒径在1.0~2.0 mm间的水稳定性大团聚体呈现出减小的趋势,与素土相比,灰土体积比为10%、20%和30%的滨海盐土分别减少了9.79%、7.10%和7.45%;稻草灰对粒径在0.25~0.5 mm和0.5~1.0 mm的水稳定性大团聚体含量的影响不大;稻草灰可以减少直径小于0.25 mm微团聚体的含量,对于灰土体积比为10%、20%和30%的滨海盐土,其含量分别减少1.65%、6.54%和6.04%。

从以上分析可知,稻草灰可提高粒径为5.0~10.0 mm和2.0~5.0水稳定性大团聚体含量,减小粒径小于0.25 mm微团聚体含量。粒径较大的团聚体比粒径较小的团聚体含有更多的碳、氮、颗粒有机质和活性有机质^[17],且较大粒径团聚体内含有较多的新成有机物质^[18]。水稳定性大团聚体对土壤碳、氮具有强富集和物理保护作用^[19],因此,稻草灰是改良滨海盐土结构、提高并协调土壤肥力的有效保育措施。

稻草灰提高滨海盐土水稳定性大团聚体含量的机理,可能是稻草灰提高了滨海盐土对水的吸附力,同时秸秆灰中的有机物质等促使滨海盐土中小粒径颗粒向大粒径颗粒团聚,形成更多大粒径的颗粒,进而改良滨海盐土的团粒结构。

2.2 对稠度指标的影响

滨海盐土多为细粒土,通常将细粒土吸附结合水的能力作为土的分类标准。土壤的稠度指标就直观反映了土壤吸附结合水的能力,因此,可用稠度指标反映土壤的保水能力。

为研究稻草灰对滨海盐土保水性能的影响,试验对不同灰土体积比的滨海盐土进行液塑限联合测定,得到的稠度指标及变化规律如表5和图2。

表5 不同灰土体积比滨海盐土的稠度指标 %

灰土体积比	塑限	液限	塑性指数
0	23.0	38.4	15.4
10	28.7	44.4	15.7
20	29.4	46.4	17.0
30	30.4	47.5	17.1

从图2可以看出,随着稻草灰与滨海盐土体积

比的增大,滨海盐土的塑限与液限也随着增大,较素土而言加入秸秆灰后的滨海盐土,其塑限与液限增大较为明显。灰土体积比为10%、20%和30%滨海盐土与素土相比,塑限增加了5.7%、6.4%和7.4%,液限增加了6.0%、8.0%和9.0%。塑性指数也随着秸秆灰含量的增加而逐渐增大,但较素土而言,其变化趋势较为平缓,对于灰土体积比为10%、20%和30%滨海盐土塑性指数分别增加了0.3%、1.6%和1.7%。

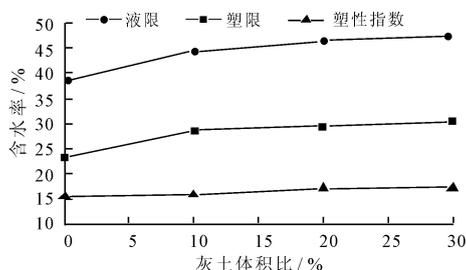


图2 不同灰土体积比滨海盐土稠度指标变化图

稻草灰提高滨海盐土保水性能的原因主要有:稻草灰是亲水物质,其表面既有巨大的表面能,又带有电荷,极性水分子可能通过氢键等的作用而被吸附在灰土胶体表面^[20]。稻草灰的胶结作用力将土壤中的水分子吸持在团聚体周围,同时大团聚体含量的增加,将降低水分的蒸发损失,进行提高土壤的持水能力^[21]。

因此,在滨海盐土中加入稻草灰后,土壤对水的吸附能力增强,进而改良滨海盐土的保水性能,促进植物的生长。

2.3 对击实性能的影响

为研究稻草灰对滨海盐土击实性能的影响,不同灰土体积比的滨海盐土最大干密度与最优含水率的数值,如表6所示;不同含量的稻草灰对滨海盐土最大干密度与最优含水率影响的关系曲线,见图3。

从图3中可以明显看出在滨海盐土中加入稻草灰可以显著降低最大干密度、提高最优含水率。最大干密度随着稻草灰含量的增加而逐渐呈现递减趋势,而最优含水率则随稻草灰含量的增加呈现先增大后减小的趋势,在灰土体积比为20%时,最优含水率最大。对于灰土体积比为10%、20%和30%的滨海盐土,其最大干密度较素土分别减小了0.05、0.08和0.12 g/cm³,最优含水率分别提高了1.9%、2.7%和2.1%。

干密度的大小反映了土壤的疏松程度,最大干密度越小则土质越疏松;最优含水率则从另一方面反映了土壤保水能力,最优含水率越高,则土壤的保

水能力越强。因此,从以上试验结果可以看出,稻草灰可以减小滨海盐土的最大干密度、提高最优含水率,即提高滨海盐土的疏松度与保水性能,从而改良土质,更有利于农作物的耕种。

表6 不同灰土体积比滨海盐土的最大干密度与最优含水率 % , g/cm³

灰土体积比	最大干密度	最优含水率
0	1.66	21.4
10	1.61	23.3
20	1.58	24.1
30	1.54	23.5

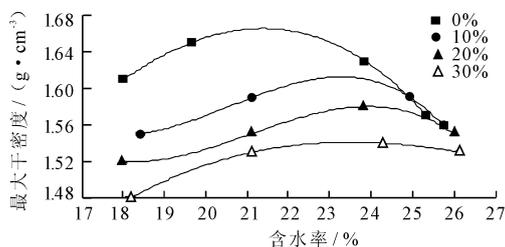


图3 不同灰土体积比滨海盐土的压实度曲线图

3 结 语

通过以上试验研究,对上海滨海盐土加稻草灰改良,可得到以下几点结论:

(1) 稻草灰可以提高滨海盐土中粒径在5.0~10.0 mm和2.0~5.0 mm水稳定性大团聚体的含量,减小粒径小于0.25 mm微团聚体的含量。

(2) 稻草灰可提高滨海盐土的塑限、液限和塑性指数,且随着稻草灰含量的增加,滨海盐土的塑限与液限较素土有着显著的增大,但塑性指数增加的幅度较小。

(3) 稻草灰可以显著降低滨海盐土的最大干密度、提高最优含水率,随着稻草灰量的增加最大干密度呈现出逐渐递减的趋势,最优含水量呈现出先增大后减小的趋势。

稻草灰改良滨海盐土的性能主要表现为提高滨海盐土中水稳定性大团聚的含量、提高土壤的疏松度、增强土壤的保水性能。因此,稻草灰可以作为滨海盐土改良的有效措施,是可持续农业发展有益探索。

参考文献:

- [1] 石元春. 盐碱土改良——诊断、管理、改良[M]. 北京:农业出版社,1996.
- [2] Wallace A, Terry R E. Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties of soil[M].

Marcel Dekker, New York, 1998.

- [3] Carrow R N. Eight questions to ask: evaluating soil and turf conditioners [J]. *Golf Course Management*, 1993, 61 (10): 56 - 70.
- [4] Ekrem L A, Ilker A, Taskin O. Effects of diatomite on soil physical properties [J]. *Catena*, 2012, 88 (1): 1 - 5.
- [5] 王丽娜, 陈金林, 梁珍海, 等. 黄麻秸秆还田及有机肥对滨海盐土的改良试验 [J]. *林业科技开发*, 2009, 23 (3): 88 - 91.
- [6] 刘圣勇, 袁超, 张佰珍, 等. 秸秆成型燃料锅炉的研制 [J]. *河南农业大学学报*, 2004, 38 (3): 329 - 334.
- [7] 岳强, 蒋盛芳. 用秸秆灰作矿渣水泥掺和料的试验 [J]. *水泥*, 2009 (11): 4 - 6.
- [8] Mosaddeghi M R, Morshedizad M, Mahboubi A A, et al. Laboratory evaluation of a model for soil crumbling for prediction of the optimum soil water content for tillage [J]. *Soil and Tillage Research*, 2009, 105 (2): 242 - 250.
- [9] Dexter A R, Bird N R A. A methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve [J]. *Soil and Tillage Research*, 2001, 57 (4): 203 - 212.
- [10] Mueller L, Tille P, Kretschmer H. Trafficability and workability of alluvial clay soils in response to drainage status [J]. *Soil and Tillage Research*, 1990, 16 (3): 273 - 287.
- [11] Wagner L E, Ambe N M, Barnes P. Tillage - induced soil aggregate status as influenced by water content [J]. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 1992, 35 (2), 499 - 504.
- [12] 上海土壤普查办公室, 汪超俊. 上海土种志 [M]. 上海: 上海土壤普查办公室, 1992.
- [13] 郎芳, 马晓茜, 王晶晶. 秸秆灰特性的研究 [J]. *可再生能源*, 2007, 25 (4): 25 - 28.
- [14] 中华人民共和国交通部. JTG E40 - 2007 公路土工试验规程 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [15] 中华人民共和国农业部. NY/T 1121. 19 - 2008 土壤检测 [S]. 北京: 中国农业出版社, 2008.
- [16] Adesodun J K, Mbagwu J S C, Oti N. Distribution of carbon, nitrogen and phosphorus in water - stable aggregates of an organic waste amended Ultisol in southern Nigeria [J]. *Bioresource Technology*, 2005, 96 (4): 509 - 516.
- [17] Puget P, Angers D A, Chenu C. Nature of carbohydrates associated with water - stable aggregates of two cultivated soils [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, 31 (1): 55 - 63.
- [18] Bronick C J, Lal R. Soil structure and management: a review [J]. *Geoderma*, 2005, 124 (1 - 2): 3 - 22.
- [19] 朱捍华, 黄道友, 刘守龙, 等. 稻草易地还土对丘陵红壤团聚体碳氮分布的影响 [J]. *水土保持学报*, 2008, 22 (2): 135 - 140.
- [20] 潘英华, 雷廷武, 张晴雯. 土壤结构改良剂影响下的土壤水分有效性研究 [J]. *灌溉排水学报*, 2007, 26 (5): 63 - 67.
- [21] 孙荣国, 韦武思, 马明, 等. 秸秆 - 膨润土 - PAM 改良材料对沙质土壤团粒结构的影响 [J]. *水土保持学报*, 2011, 25 (2): 91 - 92.

(上接第 27 页)

够收敛; 动态微粒群神经网络 DPSO - NN 模型的收敛速度, 相比 BP - NN、GA - NN 模型也有较大改善, 且具有极高稳定性, 50 次训练有 43 次能够收敛, 验证了 DPSO - NN 模型的收敛稳定性。

(3) 在网络训练的基础上, 分别采用 BP - NN、GA - NN、DPSO - NN 以及 PSO - NN 网络预测模型对 1980 - 1986 年的极值冰厚进行预测, 结果表明: 各模型的预测精度都较高, 平均误差都低于 2%; DPSO - NN 模型的预测结果精度最高, 平均误差仅为 1.669%, 验证了 DPSO - NN 模型的准确性和工程适应性。

参考文献:

- [1] 张山, 何建农. BP 神经网络的优化算法研究 [J]. *计算机与现代化*, 2009 (1): 73 - 75 + 80.
- [2] Mok S L, Kwong C K, Lau W S. A hybrid neural network and genetic algorithm approach to the determination of initial process parameters for injection moulding [J]. *Advanced Manufacturing Technology*, 2001, 18 (6): 404 - 409.
- [3] 张郭军, 韩琳, 徐坤. 混沌免疫粒子群优化算法在 BP 网络训练中的应用 [J]. *西安工程科技学院学报*, 2007, 21 (4): 484 - 488.
- [4] 杨蕾, 林红. 混合遗传神经网络在边坡稳定性评价中的应用研究 [J]. *中国农村水利水电*, 2006 (7): 75 - 76, 79.
- [5] 杨蕾, 林红. 基于混沌免疫遗传算法的神经网络及应用 [J]. *智能计算机与应用*, 2011, 1 (2): 10 - 13.
- [6] 何佳, 陈智慧, 杨迎新. 综合改进的粒子群神经网络算法 [J]. *计算机工程与设计*, 2008, 29 (11): 2890 - 2892, 2896.
- [7] 曾万里, 危韧勇, 陈红玲. 基于改进 PSO 算法的 BP 神经网络的应用研究 [J]. *计算机技术与发展*, 2008, 18 (4): 49 - 51.
- [8] 潘昊, 侯清兰. 基于粒子群优化算法的 BP 网络学习研究 [J]. *计算机工程与应用*, 2006, 42 (16): 41 - 43, 66.
- [9] 陈华, 范宜仁, 邓少贵. 一种动态加速因子的自适应微粒群优化算法 [J]. *中国石油大学学报 (自然科学版)*, 2010, 34 (6): 173 - 176, 184.
- [10] 林红, 陈国明. 基于灰色拓扑预测冰区老齡平台安全评估载荷 [J]. *中国海洋平台*, 2008, 23 (5): 27 - 31.