

不同人工林对黄河三角洲滨海盐碱地 土壤理化性质的影响

陈苗苗¹, 刘桂民², 刘德玺², 杨庆山²,
杜振宇², 魏海霞², 王霞², 周健², 李存华¹

(1. 山东农业大学 林学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东省林业科学研究院, 济南 250014)

摘要:为了探讨人工林对黄河三角洲滨海盐碱地土壤理化性质的改良效果,采用野外取样和室内分析测定相结合的方法,以林龄8年的4种人工林为研究对象,未造林空地为对照,对各样地的土壤理化性质指标进行分析。结果表明:(1)4种人工林均能改善黄河三角洲滨海盐碱地的土壤理化特性。与对照空地相比,人工林的平均土壤容重、含盐量、pH值分别降低了4.8%,44.4%,2.5%,平均总孔隙度、毛管孔隙度分别提高了6.0%,4.7%;(2)不同人工林对土壤阳离子交换性能及碱化度的影响效果各异,其碱化度大小依次为:桤柳(27.4%)>杜梨(23.3%)>对照(19.5%)>白蜡(16.0%)>盐柳(13.3%)。

关键词:人工林;滨海盐碱地;土壤理化性质;黄河三角洲

中图分类号:S714.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0041-04

Effect of Different Plantations on Soil Physicochemical Properties in Coastal Saline Land of the Yellow River Delta

CHEN Miaomiao¹, LIU Guimin², LIU Dexi², YANG Qingshan²,
DU Zhenyu², WEI Haixia², WANG Xia², ZHOU Jian², LI Cunhua¹

(1. College of Forestry, Shandong Agricultural University, Tai'an,
Shandong 271018, China; 2. Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, China)

Abstract: In order to study the effects of different plantations on soil physicochemical properties in coastal saline of the Yellow River delta, the soil physicochemical properties of four different plantations and the control of the unplanted land were analyzed by the method of soil sampling and laboratory measurement. The results showed that: (1) the four different plantations could improve the soil physicochemical properties of coastal saline land of the Yellow River delta; compared to the control, the average soil bulk density, soil salinity and soil pH in plantations decreased by 4.8%, 44.4%, 2.5%, respectively, while the total porosity, capillary porosity increased by 6.0%, 4.7%, respectively; (2) the effect of every plantation on cation exchange performance and exchangeable sodium percentage was different, the exchangeable sodium percentages of different plantations decreased in the order: *Tamarix chinensis* (27.4%) > *Pyrus betulifolia* (23.3%) > CK (19.5%) > *Fraxinus chinensis* (16.0%) > *Salix psammophila* 'YanliuYihao' (13.3%).

Keywords: plantations; coastal saline; soil physiochemical properties; Yellow River Delta

土地是人类赖以生存的基础性自然资源,土壤质量不仅是自然属性,还是人为因子作用的结果^[1],由于易溶性盐分在土壤表层的积累造成的土壤盐碱化问题已成为全球重要的环境问题之一。黄河三角洲

是我国三大河口三角洲之一,又是河口三角洲中目前开发度很低的三角洲之一,被誉为“金三角”地带,是我国重点经济开发区^[2],是山东省最重要的后备土地资源。该地区较高的地下水矿化度和大面积的次生

盐碱土,成为制约经济发展与生态环境可持续发展的主要障碍。目前,国内外对盐碱化严重地区土壤的研究主要集中在土壤盐渍化的发生演化、改良利用、对环境的危害和综合治理^[3-4],物理改良、化学改良、生物改良等方面,而生物措施是改良、开发和利用盐碱地的有效途径。通过生物改良的盐碱地具有脱盐持久、稳定且有利于水土保持以及生态平衡的效果^[5],而植树造林是改良盐碱的重要生物措施。本文以黄河三角洲滨海盐碱地4种人工林地为研究对象,通过探讨不同人工林对土壤理化性质的影响,研究土壤的理化性质及其变化规律,以期为该地区盐碱地的改良和土地可持续利用提供依据。

1 试验区概况与研究方法

1.1 试验区概况

试验区位于东营市南二路,山东省林业科学研究所东营分院试验场内,地处黄河三角洲的东北部,东经118°7′—119°10′,北纬36°55′—38°12′,属于暖温带半湿润大陆性季风气候区,年平均气温11.7~12.6℃,≥10℃的活动积温4 200℃左右,无霜期日数为200 d左右;年平均降雨量500~600 mm,主要集中在夏季;年平均蒸发量1 700~1 800 mm。土壤类型为盐化潮土,为冲击性黄土母质上沉淀而成,机械组成以粉砂和淤泥质粉砂为主,沙粘相间,层次变化复杂。

1.2 试验设计与方法

2016年5—8月,选取研究区4种人工林为研究对象,分别为怪柳(*Tamarix chinensis*),杜梨(*Pyrus betulifolia*),盐柳1号(*Salix psammophila* ‘YanliuYi-hao’)和白蜡(*Fraxinus chinensis*),以距造林地100 m以外的未造林空地作为对照。4种人工林为2008年春季营造的试验林,2016年调查时林龄为8 a,且未造林前立地条件基本一致。在供试人工林地和空地对照中分别设置3个标准样地,采用混合采样法,每个采样点分0—20 cm,20—40 cm,40—60 cm共3个层次取土样,样品采集好后立即带回实验室剔除植物残根、石子等杂物,充分混合,自然风干后过筛备用。

土壤理化性状中的土壤容重和孔隙度采用环刀法测定,含盐量、pH值分别采用电导法和电位法测定,交换性钠测定采用 $\text{NH}_4\text{OAc}-\text{NH}_4\text{OH}$ 火焰光度法,阳离子交换量(CEC)测定采用乙酸钠—火焰光度法^[6],碱化度为交换性钠与阳离子交换量的比值,即 $\text{ESP}(\%) = \text{交换性钠}(\text{cmol/kg}) / \text{阳离子交换量}(\text{cmol/kg})$ 。

1.3 数据处理

运用SPSS 17.0进行方差分析及多重比较,并运用Excel软件进行数据处理及作图。

2 结果与分析

2.1 不同人工林对土壤容重和孔隙度的影响

由表1可见,除杜梨外,各人工林的土壤容重自上而下逐渐递增,且均小于对照空地同一土层的土壤容重。0—20,20—40,40—60 cm土层各人工林的土壤容重均值分别为1.48,1.51,1.54 g/cm³,比同土层对照空地土壤容重分别降低了3.3%,5.6%,4.3%。不同人工林对盐碱地土壤容重均有一定程度的降低作用,且以20—40 cm土层效果最显著。

与对照相比,各人工林土壤总孔隙度均大于对照总孔隙度,且随土层深度的增加总孔隙度均呈下降趋势。不同人工林0—60 cm土层平均土壤总孔隙度大小依次为白蜡(45.34%)>盐柳(43.48%)>杜梨(42.71%)>怪柳(42.28%)>空地(40.98%)。结果表明,人工林根系可使土壤通道增加,从而改善土壤透气性,促进土壤团粒结构的形成,增加土壤孔隙度。各人工林不同土层毛管孔隙度随土层深度增加而增加,且0—60 cm土层平均毛管孔隙度均大于对照。说明人工林可增加土壤的通透性,从而改善土壤结构,而未造林空地由于地表无覆盖,蒸发强烈,土壤板结,毛管孔隙度减小。各人工林不同土层的非毛管孔隙度与毛管孔隙度相反,其大小随着土层深度的增加而减小。除40—60 cm土层怪柳和盐柳的非毛管孔隙度小于对照外,不同人工林各土层的非毛管孔隙度均大于对照非毛管孔隙度。就0—60 cm土层平均非毛管孔隙度而言,以白蜡林地最高,比对照增加了32.8%。说明人工林可使土壤非毛管孔隙度有所提高,而非毛管孔隙度的提高,有利于降水的下渗和土壤盐分淋溶,减少土壤盐分含量。

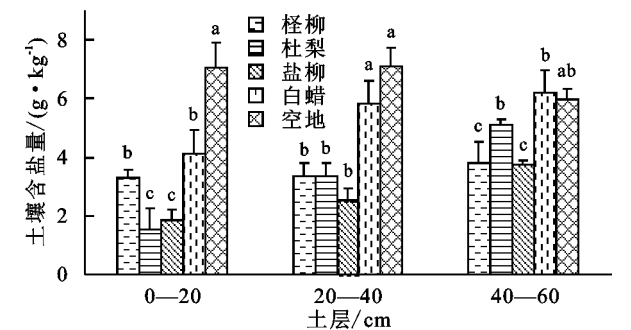
2.2 不同人工林对土壤含盐量和pH值的影响

土壤盐分含量是影响盐碱地土壤结构、肥力等的关键因素,是限制植物生长的主要障碍因素。降低土壤全盐量也是盐碱土改良的首要目的^[7]。对土壤含盐量和pH值进行方差分析结果表明,各样地土壤及各土层之间均存在显著差异($p < 0.05$)。由图1可以看出,各人工林的土壤含盐量随土层深度的增加逐渐提高,且均小于同土层对照空地的含盐量。而对照空地表层0—20 cm以及20—40 cm土层含盐量明显高于40—60 cm土层。这主要是因为人工林由于树冠的遮阴以及地表覆盖,有效减少了土壤水分蒸发,从而控制了盐分的向上运动,含盐量下降;而对照空地地表无覆盖,土壤蒸发强烈,带有盐分的土壤水分从地下上升到土壤表层,水分蒸发后

盐分却留在了地表,使得表层土壤含盐量明显高于下层。显然,人工造林对减少盐碱地土壤返盐很有成效。测试结果表明,人工林土壤平均含盐量较对照降低了 44.4%,不同人工林 0—60 cm 土层土壤含盐量大小顺序如下:空地(6.71 g/kg)>白蜡(5.38 g/kg)>柽柳(3.58 g/kg)>杜梨(3.33 g/kg)>盐柳(2.72 g/kg);相比之下,杜梨和盐柳对土壤 0—20 cm 表层含盐量的下降效果最为显著。

表 1 不同人工林土壤容重及孔隙度

土层/ cm	样地	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	总孔 隙度/%	毛管孔 隙度/%	非毛管 孔隙度/%
0—20	柽柳	1.47±0.06	45.04±2.54	28.97±0.94	16.07±2.59
	杜梨	1.53±0.05	43.31±0.42	29.78±1.86	13.53±1.78
	盐柳	1.46±0.04	44.32±0.87	29.70±0.14	14.61±0.73
	白蜡	1.45±0.02	45.47±1.25	27.80±0.37	17.68±1.28
	空地	1.53±0.05	42.76±1.94	28.30±1.37	14.46±3.22
20—40	柽柳	1.56±0.06	41.56±2.37	29.78±0.74	11.78±2.65
	杜梨	1.51±0.06	42.86±2.50	31.94±0.57	10.91±2.26
	盐柳	1.50±0.06	43.16±2.56	32.70±2.36	10.46±4.80
	白蜡	1.46±0.03	45.54±0.56	32.53±1.30	13.01±0.93
	空地	1.60±0.01	40.38±1.05	29.95±1.01	10.43±1.65
40—60	柽柳	1.60±0.00	40.23±0.53	32.56±1.05	7.67±1.41
	杜梨	1.55±0.01	41.97±0.50	33.23±0.19	8.74±0.35
	盐柳	1.51±0.04	42.97±2.21	36.29±1.59	6.68±3.51
	白蜡	1.48±0.01	45.01±0.52	32.11±0.73	12.91±0.35
	空地	1.61±0.02	39.81±0.42	31.88±1.29	7.93±1.29
0—60	柽柳	1.54±0.04	42.28±1.67	30.44±0.63	11.84±2.06
	杜梨	1.53±0.01	42.71±0.69	31.65±0.54	11.06±1.22
	盐柳	1.49±0.02	43.48±0.99	32.90±0.22	10.58±1.15
	白蜡	1.46±0.00	45.34±0.39	30.81±0.28	14.53±0.60
	空地	1.58±0.03	40.98±0.96	30.04±1.13	10.94±2.05



注:图中字母表示不同样地同一土层间的差异性,字母不同者为差显著($p<0.05$),下同。

图 1 不同人工林土壤含盐量

由图 2 可以看出,不同人工林土壤 pH 值的大致变化趋势为随着土层深度的增加而上升。而对照空地的土壤 pH 值以 0—20 cm 土层为最高,达到 8.45,

显著高于同土层各人工林的土壤 pH 值。而 20—40 cm 和 40—60 cm 土层土壤 pH 值均以柽柳林地最高,白蜡林地最低。各人工林地 0—60 cm 土层的平均土壤 pH 值的大小顺序为:空地(8.17)>柽柳(8.03)>盐柳(8.01)>杜梨(7.86)>白蜡(7.82)。柽柳、杜梨、盐柳和白蜡人工林的 pH 值比对照分别降低了 1.7%,2.0%,3.8%和 4.3%。

2.3 不同人工林对土壤阳离子交换性能和碱化度的影响

土壤阳离子交换量是土壤的基本特征和重要的肥力影响因素之一,它直接反映了土壤保蓄、供应和缓冲阳离子养分(K^+ , NH_4^+)的能力,同时影响土壤多种理化性质。因此,阳离子交换量常被作为土壤资源质量的评价指标和土壤施肥、改良的重要依据^[8]。土壤交换性钠是划分盐碱土的重要指标,当土壤碱化层交换性钠占交换性阳离子总量(碱化度)20%以上,土壤呈强碱性。由表 2 可以看出,不同人工林 0—60 cm 土层平均交换性钠含量由高到低依次为:杜梨(4.09 cmol/kg)>柽柳(3.26 cmol/kg)>白蜡(2.67 cmol/kg)>CK(2.46 cmol/kg)>盐柳(1.47 cmol/kg),除白蜡与对照差异不显著外,其他人工林均与对照差异显著。不同人工林对阳离子交换量的影响不同,其中杜梨和白蜡 0—60 cm 土层平均阳离子交换量大于对照,而柽柳和白蜡则高于对照。不同土层阳离子交换量变化规律不一致,其中柽柳、盐柳和对照的阳离子交换量随土层深度增加逐渐降低。

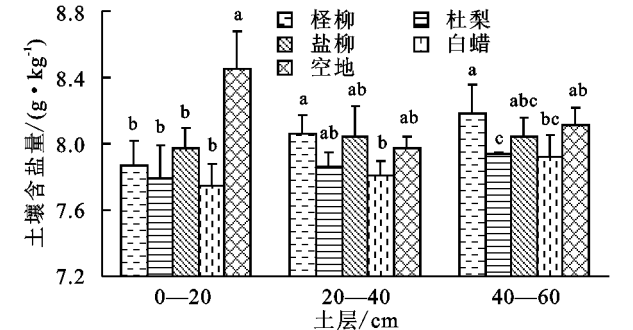


图 2 不同人工林土壤 pH 值

土壤碱化度是目前国内外比较公认的判断土壤是否发生碱化的指标和依据^[9]。见表 2,各人工林不同土层碱化度随土层深度增加大致呈上升趋势,而对照空地却以表层 0—20 cm 土层的土壤碱化度为最高。且盐柳和白蜡的 0—60 cm 土层土壤碱化度均小于对照,而柽柳和杜梨却高于对照,这可能是由于碱化过程与脱盐过程相伴发生而导致的。黄河三角洲滨海盐碱地地区,年降水量主要集中于 6—8 月份内,每降一次有效降雨,就淋洗一次土壤盐分,天晴后地

表又因蒸发而重新积盐。当土壤中脱盐和积盐过程频繁交替发生时,可溶性钠进入土壤胶体取代 Mg^{2+} , Ca^{2+} ,土壤即发生碱化^[10]。种植人工林后,土壤盐渍化程度降低,而碱化过程却伴随发生,所以出现怪柳和杜梨人工林碱化度高于对照空地。

表2 不同人工林阳离子交换性能及碱化度

土层/ cm	样地	交换性钠/ ($cmol \cdot kg^{-1}$)	阳离子交换量/ ($cmol \cdot kg^{-1}$)	碱化度/ %
0—20	怪柳	3.32±0.55	13.82±1.34	23.90±1.83
	杜梨	3.04±0.00	16.84±1.56	18.15±1.77
	盐柳	2.08±0.29	15.30±1.69	11.27±2.29
	白蜡	1.66±0.73	16.39±0.85	10.26±4.86
	空地	2.87±0.81	14.02±2.70	20.40±4.04
20—40	怪柳	3.41±0.57	11.49±1.28	29.92±6.00
	杜梨	4.07±0.44	16.39±0.85	24.79±1.78
	盐柳	1.41±0.37	8.87±3.32	13.20±2.95
	白蜡	3.04±0.47	18.21±3.55	16.91±2.72
	空地	2.42±0.30	13.12±3.00	18.71±1.82
40—60	怪柳	3.04±0.27	10.73±0.41	28.31±1.98
	杜梨	5.18±0.48	19.99±4.95	27.09±7.35
	盐柳	0.92±0.14	5.97±0.89	15.55±2.09
	白蜡	3.32±0.55	16.83±6.46	20.74±4.09
	空地	2.08±0.53	10.72±1.06	19.25±3.71
0—60	怪柳	3.26±0.41	12.02±0.78	27.38±1.98
	杜梨	4.09±0.10	17.74±1.83	23.34±2.60
	盐柳	1.47±0.21	10.05±1.95	13.34±2.17
	白蜡	2.67±0.45	17.14±3.20	15.97±3.43
	空地	2.46±0.22	12.62±2.01	19.45±1.18

3 结论与讨论

人工造林可明显改善滨海盐碱地的土壤理化性质,主要表现为土壤容重的减小,孔隙度的提高,含盐量、pH值也略有下降,这与董海凤^[11],张平^[12],王丽琴^[13],夏江宝^[14]等的研究结果一致。各人工林0—60 cm土层平均土壤容重、含盐量、pH值比对照分别降低了4.8%,44.4%,2.5%,平均总孔隙度和毛管孔隙度比对照分别提高了6.0%,4.7%。滨海盐碱土影响植物生长的一个重要原因就是土壤物理性状差,表现为土壤板结、紧实、通气性和透水性差^[15]。而人工造林可使紧实的土壤变得较疏松,增加土壤的

通透性,有利于养分转化,改善土壤结构。

不同人工林对土壤阳离子交换性能及碱化度的影响效果不一,且怪柳和杜梨的人工林的平均碱化度均大于对照空地,这与王合云等^[9]的研究结果相一致,说明土壤脱盐过程与碱化过程并存。同时本研究中交换性钠、阳离子交换量及碱化度与许多文献的结果存在不一致的情况,说明在滨海盐碱地条件下他们之间的关系有待进一步研究。

参考文献:

- [1] Karlen D L, Ditzler C A, Andrews S S. Soil quality: Why and how[J]. *Geoderma*, 2003,114:145-156.
- [2] 李庆梅,侯龙鱼,刘艳,等. 黄河三角洲盐碱地不同利用方式土壤理化性质[J]. *中国生态农业学报*, 2009, 17(6):1132-1136.
- [3] 黄建成,陈国栋,李鹏. 宁夏引黄灌区土壤盐渍化现状与改良[J]. *水土保持研究*, 2008,15(6):256-258.
- [4] Qadir M, Schubert S, Ghafoor A, et al. Amelioration strategies for sodic soils: A review[J]. *Land Degradation & Development*, 2001,12(4):357-386.
- [5] 吴海云,张宁,吴金凤,等. 盐碱地土壤改良思路[J]. *天津农林科技*, 2013(2):41-43.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 肖克飏. 宁夏银北地区耐盐植物改良盐碱土机理及试验研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [8] 安东. 不同土壤改良剂对银川平原北部盐碱土水分性质和土壤结构的影响[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [9] 王合云,李红丽,董智,等. 滨海盐碱地不同造林树种林地土壤盐碱化特征[J]. *土壤学报*, 2015,52(3):706-712.
- [10] 阎鹏,徐世良. 山东土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [11] 董海凤,杜振宇,刘春生,等. 黄河三角洲长期人工刺槐林对土壤化学性质的影响[J]. *水土保持通报*, 2014,34(3):55-60.
- [12] 张平. 不同造林树种对盐碱地土壤理化性质的影响[D]. 山东泰安:山东农业大学,2014.
- [13] 王丽琴. 滨海盐碱地不同造林模式对土壤理化性质及水盐运动的影响[D]. 山东泰安:山东农业大学,2014.
- [14] 夏江宝,许景伟,李传荣,等. 黄河三角洲盐碱地道路防护林对土壤的改良效应[J]. *水土保持学报*, 2012,25(6):72-91.
- [15] 张立宾. 盐生植物的耐盐能力及其对滨海盐碱土的改良效果研究[D]. 山东泰安:山东农业大学,2005.