

吉兰泰盐湖防风固沙林体系土壤理化性状特征

管雪薇¹, 汪季^{1,2}, 丁延龙¹, 刘湘杰¹

(1.内蒙古农业大学沙漠治理学院,呼和浩特 010018;2.内蒙古杭锦旗荒漠生态系统国家定位观测研究站,内蒙古 杭锦旗 017400)

摘要:以吉兰泰盐湖防风固沙林体系为对象,通过测定不同部位土壤理化性状,评估该防风固沙林体系防沙治沙效益,并可为干旱区植被恢复提供理论依据。结果表明:(1)吉兰泰盐湖防风固沙林带营建 35 年后,在林带拦截风蚀物质和植被改良共同作用下,原有流沙质地发生了明显改变。与流动沙垄相比,防护林带土壤细砂及粉粒含量显著增加,其增幅分别为 30.55%,500.00%,粗砂含量与流动沙垄相比减少 27.00%。(2)防护林带内土壤有机质、速效氮及全氮含量最高,分别是流动沙垄的 252%,665%,1 466%;全磷各样地差异不明显,盐湖湖心土壤速效磷和速效钾含量最高,分别为流动沙垄的 276%和 202%;过渡带白刺灌丛样地土壤全钾含量最高,为流动沙垄的 153%。总体上各养分含量与中砂、细砂、极细砂和粉粒呈现显著正相关关系。(3)土壤有机质、全氮和钾素能够综合反映防护林体系土壤质量改良效果,且防护林带土壤综合养分最高。在历经 35 年发展后,防护林带土壤速效氮、全氮和有机质含量分别增加 204.20%,90.63%,94.11%,说明防风固沙林体系对土壤具有明显的改良作用。研究成果可为评价吉兰泰盐湖防风固沙林体系防护效益提供数据支撑。

关键词:防风固沙林体系;防风固沙;土壤理化性状;吉兰泰盐湖

中图分类号:S714.7

文献标识码:A

文章编号:1009-2242(2019)05-0114-07

DOI:10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.05.017

Characteristics of Soil Physical and Chemical Properties in the Wind-breaking and Sand-fixing Forest System in Jilantai Salt Lake

GUAN Xuewei¹, WANG Ji^{1,2}, DING Yanlong¹, LIU Xiangjie¹

(1.Desert Science and Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018; 2.National

Observation and Research Station of Inner Mongolia Hangjin Desert Ecosystem, Hangjin Banner, Inner Mongolia 017400)

Abstract: Taking the Wind-breaking and Sand-fixing Forest System in Jilantai Salt Lake as the object, the physical and chemical properties of soil in different parts were investigated to evaluate the effect of the Wind-breaking and Sand-fixing Forest System, and provide a theoretical basis for vegetation restoration in arid areas. The results showed that: (1) After 35 years of construction of the Wind-breaking and Sand-fixing Forest System in Jilantai Salt Lake, the original quicksand texture changed significantly under the joint effect of intercepting wind erosion material and vegetation improvement. Compared with the moving dune, the contents of fine sand and powder in the targeted soil increased significantly (30.55% and 500.00%, respectively), while the coarse sand contents decreased by 27.00%. (2) The soil organic matter, available nitrogen and total nitrogen contents in the shelterbelt were very high, which was 252%, 665% and 1 466 % of the moving dune. The difference of total phosphorus was not obvious. The contents of available phosphorus and available potassium in the lake were the highest, which were 276% and 202% of the moving dune, respectively. The highest total potassium content was observed in the transition zone with white thorn bushing, which was 153% of the moving dune. In general, the nutrient contents showed a positive correlation with medium sand, fine sand, very fine sand and powder. (3) Soil organic matter, total available nitrogen, and potassium could comprehensively reflect the soil quality improvement effect of the shelterbelt system, and the soil in the shelterbelt had the highest comprehensive soil nutrient contents. After 35 years of development, the soil available nitrogen, total nitrogen and organic matter in the shelterbelt increased by 204.20%, 90.63% and 94.11%, respectively, indicating that the Wind-breaking and Sand-fixing Forest System had an obvious improvement effect on soil. These research results could provide data support for evaluating the protection benefits of the

收稿日期:2019-04-02

资助项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0501003)

第一作者:管雪薇(1996-),女,在读硕士研究生,主要从事荒漠化防治研究。E-mail:guanxuewei1996@163.com

通信作者:汪季(1957-),男,博士,博士生导师,主要从事荒漠化防治研究。E-mail:wangji1957@163.com

wind-fixing and sand-fixing forest system in Jilantai Salt Lake.

Keywords: Wind-breaking and Sand-fising Forest-system; wind and sand fixation; soil physical and chemical properties; Jilantai Salt Lake

干旱地区植被盖度较低,风沙活动频繁,引起区域大气质量下降、生态环境恶化等问题^[1]。植被可通过降低近地层风速,减少地表起沙,促进风沙流沉降,实现防风固沙的目的^[2]。同时,不同大小的土壤颗粒对养分的吸附能力有所不同^[3],黏粉砂的含量是决定土壤肥力的主要因素,其含量越多,土壤供肥能力越强^[4-5]。风蚀物多为土壤中较细的部分,富含养分,在风力的作用下,细颗粒随风沙流被输送至别处,遇到植物体阻挡后在其周围沉积,可形成土壤养分的富集体^[6]。另外,植被凋落物的分解、根系分泌酸性物质以及固氮作用等均能起到改良土壤的作用^[7]。已有研究^[8-9]表明,土壤养分含量与植被有密切关联,在进行人工植被建设后,能显著提高土壤表层氮、磷、钾养分及有机质含量,且随着时间的增加土壤养分含量发生显著变化。另外,人工植被对流沙土壤环境的改善,反之会影响植被格局的变化^[10]。因此,相比采用工程固沙、化学固沙等方式,通过围封、人工栽植植被等手段进行防风固沙,是减轻风沙危害并长期改善沙区生态环境的重要途径^[11]。

吉兰泰盆地位于贺兰山以西、阿拉善高原东南边缘,区域内风沙活动强烈^[12],吉兰泰盐湖位于吉兰泰盆地中海拔最低处,是中国重要的湖盐生产基地。自 1967 年乌达—吉兰泰铁路通车后,盐湖资源开采规模日益扩大,据 1983 年的定位监测,湖面已有大量区域存在覆沙,严重影响盐湖正常生产^[13-14]。为治理沙害,盐湖北部自 1983 年开始建立起了东西长 18 km,南北宽 1 km 的防沙林带,连同防护林带外围的天然白刺灌丛及林带后的盐碱滩地构成防护林体系(图 1),有效控制了盐湖沙害^[15]。自防风固沙林体系建立 35 年以来,林带不同下垫地表景观发生了巨大变化,研究防护林体系不同地带土壤的理化性质及恢复特征,可为盐湖防风固沙林体系防护作用效果评估提供数据支持,并可为干旱区植被恢复、沙区土壤改良提供理论依据。

1 研究区概况

吉兰泰盐湖北部地处中国最大的沙尘暴策源地阿拉善高原东南部,为贺兰山—巴音乌拉山山间盆地的最低处,盆地西南边缘为腾格里沙漠,东北部毗邻乌兰布和沙漠,西北部与亚玛雷克沙漠隔山相望,为三大沙漠的交界地带(图 2),行政上隶属于阿拉善左旗。区域内冬春季盛行西北风、东北风,风力一般 4~5 级,平均风速 3.6 m/s,年均扬沙日数为 82.5 d,

年风沙流出现频率为 112.9 次^[16]。多年平均降水量为 107.8 mm,并集中于 6—8 月。年蒸发量为 2 956.8 mm,是降水量的 27.4 倍^[17]。由于吉兰泰地区特定的气候特征和地貌环境,导致吉兰泰盐湖地区稀疏分布的植被多为耐旱、耐碱的小灌木及草本植物^[16],主要有盐爪爪(*Kalidium foliatum*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)、梭梭(*Haloxylon ammodendron*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)等。

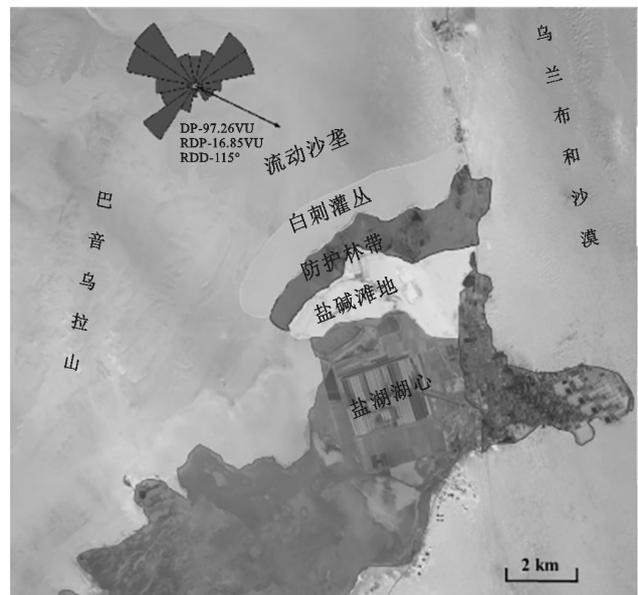


图 1 吉兰泰盐湖防风固沙林体系的构成

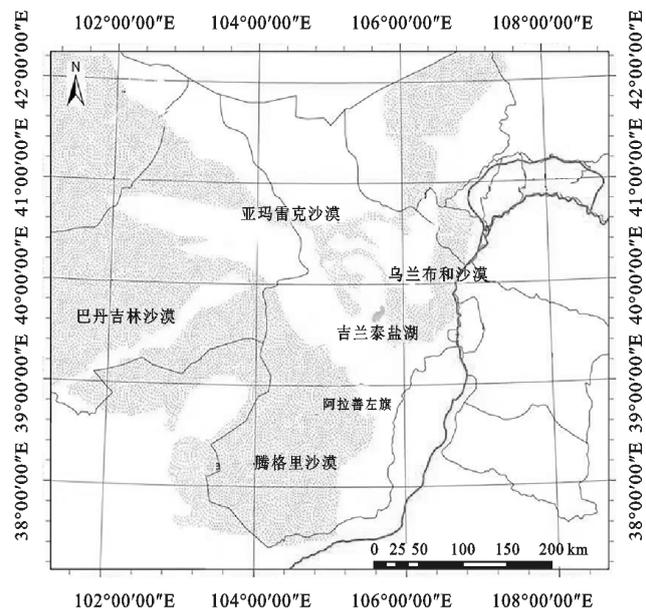


图 2 吉兰泰盐湖位置

2 研究方法

2.1 样地设置

试验于 2018 年 7 月在吉兰泰盐湖防风固沙林体

系进行,根据吉兰泰盐湖防风固沙林体系布设情况划分调查样地,从防护林最外围的流动沙垄开始,经过白刺灌丛、防护林带、林带后盐碱滩地,到达盐湖湖心,共计 5 种样地类型(图 1,表 1)。分别在研究区域内沿 NW—SE 方向布设 3 条调查样带,每条样带均

包含上述 5 种样地类型,共计 15 个样地,覆盖整个防护林体系(图 1),分别在各样地内开挖土壤剖面,剖面深度 30 cm,采用钢制环刀(容量 100 cm³),分别采集 0—10,10—20,20—30 cm 层的土壤样品,装入塑料封口袋中,带回实验室测定相关指标。

表 1 观测样地位置及地形、植被特征

样地	经纬度	地貌状况	植被特征
流动沙垄	39°49′8.4″N,105°44′06.0″E	流沙,沙丘高度 5~10 m,长 200~500 m。沙面结构松散	沙垄上部无植被,丘间偶见沙米、白刺,盖度<10%
白刺灌丛	39°48′32.4″N,105°44′2.4″E	白刺沙包高度 0.5~5 m,沙表面质软,半固定	白刺为主,灌丛之间有少量芦苇、沙米、苦豆子,盖度 15%
防护林带	39°48′7.2″N,105°43′48.0″E	地面起伏较小,沙面有结皮	沙枣、花棒、梭梭,盖度 80%
盐碱滩地	39°47′13.2″N,105°43′51.6″E	地势平坦,表面盐结皮发育	盐爪爪、碱蓬、芦苇,盖度 30%
盐湖湖心	39°46′26.4″N,105°43′40.8″E	地势平坦,覆沙表面为盐结皮	无植被

2.2 测定指标

将土样在室内自然阴干,过筛去除植物、动物残体后,使用常规方法测定土壤速效氮磷钾及全效氮磷钾含量^[18]。同时将土样经过去盐、去有机质等处理后采用 Mastersizer 3000 测定土壤机械组成。

2.3 富集率计算

以流动沙垄土壤养分含量为基准,分别计算防护林体系各部位土壤养分含量富集情况,计算公式为:

$$C = \frac{m}{m_0} \times 100\%$$

式中:C 为土壤养分富集率(%);m 分别为白刺灌丛、防护林带、盐碱滩地和盐湖湖心各样地养分含量(mg/kg, g/kg);m₀为流动沙垄各样地养分含量(mg/kg, g/kg)。

2.4 分析方法

采用 Excel 2007、Origin 9.1 软件进行数据处理及图表制作。采用 SPSS 20.0 软件进行 One Way-ANOVA 方差分析、Pearson 相关分析,以确定土壤

养分和土壤机械组成之间的关系,采用主成分分析进行土壤质量综合评价。

3 结果与分析

3.1 不同下垫面土壤机械组成

由表 2 可知,5 种样地土壤机械组成主要以细砂为主,不含砾石,几乎不含黏粒和极粗砂。在垂直方向,粗砂、中砂和粉粒含量随土层深度增加逐渐减少;细砂和极细砂含量自表层向下逐渐增加。沿主风向自西北向东南,从流动沙垄到盐湖湖心,细砂含量呈现先增加后减少的趋势,到达防护林带时含量最高,为 49.48%,盐湖湖心含量最低,为 25.87%;极细砂含量则表现为先增加后减小的趋势,其中,过渡带白刺灌丛极细砂含量最高,为 19.48%,盐湖湖心最低,为 8.39%;中砂含量表现为过渡带白刺灌丛<防护林带<流动沙垄<盐碱滩地<盐湖湖心,其中,过渡带白刺灌丛土壤中砂含量最低,为 22.77%,盐湖湖心含量最高,为 39.60%。

表 2 不同下垫面土壤机械组成

土层深度/cm	采样地点	黏粒/%	粉粒/%	极细砂/%	细砂/%	中砂/%	粗砂/%	极粗砂/%
0—10	流动沙垄	0	0.70±0.15c	18.53±5.06a	37.90±8.86b	29.88±7.47b	2.00±0.40cd	0
	白刺灌丛	0	0.70±0.16c	19.48±4.73a	48.84±13.04a	22.77±6.07c	13.35±3.20b	0
	防护林带	0	4.20±1.21b	18.56±4.99a	49.48±13.06a	29.80±8.55b	1.46±0.41d	2.37±0.66a
	盐碱滩地	0	8.80±2.28a	10.83±2.50b	39.40±10.59ab	35.82±9.56ab	5.26±1.37c	0
	盐湖湖心	0	0.71±0.16c	8.39±1.87b	25.87±6.70c	39.60±10.53a	24.58±5.65a	0.91±0.22b
10—20	流动沙垄	0	0.40±0.09c	21.56±5.04a	45.62±10.26b	22.35±5.47c	0.53±0.17c	0
	白刺灌丛	0	0.40±0.09c	23.95±6.11a	55.16±15.22ab	21.20±5.81c	6.97±1.60b	0
	防护林带	0	1.20±0.32b	22.72±6.41a	56.31±15.39a	20.52±5.88c	0.01±0.002c	1.01±0.27a
	盐碱滩地	0.14±0.03a	9.20±2.64a	11.60±2.59b	35.48±9.29c	35.28±9.49b	8.31±2.08b	0
	盐湖湖心	0	0.50±0.11c	8.82±1.99c	28.83±8.10d	41.24±10.14a	20.28±4.26a	0.35±0.09a
20—30	流动沙垄	0	0.10±0.02d	19.33±4.23b	43.46±9.38b	21.70±5.21c	0.05±0.011d	0
	白刺灌丛	0	0.20±0.05cd	28.02±7.48a	58.78±16.63ab	17.77±4.78d	7.59±1.67c	0
	防护林带	0	2.30±0.61b	20.43±5.64ab	59.21±15.28a	20.17±5.95cd	0	0.90±0.25ab
	盐碱滩地	0.34±0.08a	8.10±2.25a	10.41±2.23c	29.49±7.69c	36.68±9.46b	14.91±3.87b	0.11±0.023b
	盐湖湖心	0	0.52±0.11c	5.55±1.82d	16.79±4.55d	42.09±10.23a	32.86±7.23a	2.24±0.52a

注:表中数据为平均值±标准差;同列中同一土层不同字母表示各下垫面土壤机械组成在 0.05 水平存在显著性差异。

3.2 不同下垫面土壤化学计量特征

3.2.1 不同下垫面土壤速效养分含量 在不同的下垫面内,土壤养分含量也大不相同(图3,表3),表现为速效磷和速效钾盐湖湖心含量较高,而速效氮防护林带含量较高。在0—30 cm土层内,盐湖湖心土壤速效磷和速效钾含量最高,分别为2.49,276.79 mg/kg,是流动沙垄的276%,202%;速效氮防护林带土壤含量最高,为26.77 mg/kg,是流动沙垄的665%。盐碱滩地土壤速效氮和速效磷含量最低,分别为2.62,0.42 mg/kg,是流动沙垄的65%,47%,防护林带速效钾含量最低,为80.68 mg/kg,是流动沙垄的59%。方差分析结果显示,与流动沙垄相比,速效氮含量在防护林带表现为极显著增加($P < 0.01$),盐湖湖心速效氮含量显著增加($P < 0.05$);速效磷含量在过渡带白刺灌丛、防护林带和盐湖湖心显著增加($P < 0.05$),盐碱滩地显著降低;而速效钾含量则在过渡带白刺灌丛、盐碱滩地和盐湖湖心显著增加($P < 0.05$),防护林带显著降低。在土壤剖面上,养分含量大体表现为随土层深度增加土壤养分含量随之减小,这是由于土壤养分的表聚性所导致。

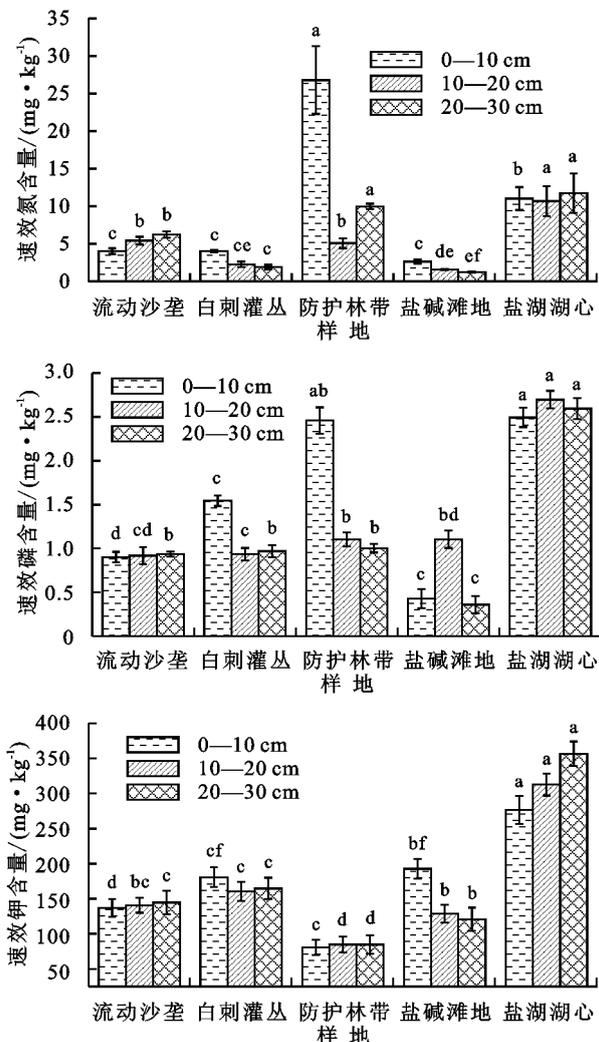


图3 不同下垫面土壤速效养分含量

表3 不同下垫面土壤速效养分富集情况

指标	土层	白刺	防护	盐碱	盐湖
	深度/cm	灌丛/%	林带/%	滩地/%	湖心/%
速效氮	0—10	100	665	65	273
	10—20	41	93	29	196
	20—30	30	159	19	187
速效磷	0—10	171	272	47	276
	10—20	101	120	120	293
	20—30	103	107	38	277
速效钾	0—10	132	59	140	202
	10—20	114	60	91	228
	20—30	113	58	83	246

3.2.2 不同下垫面土壤全效养分含量 与流动沙垄相比,其他各样地土壤全效养分含量均有增加(图4,表4)。

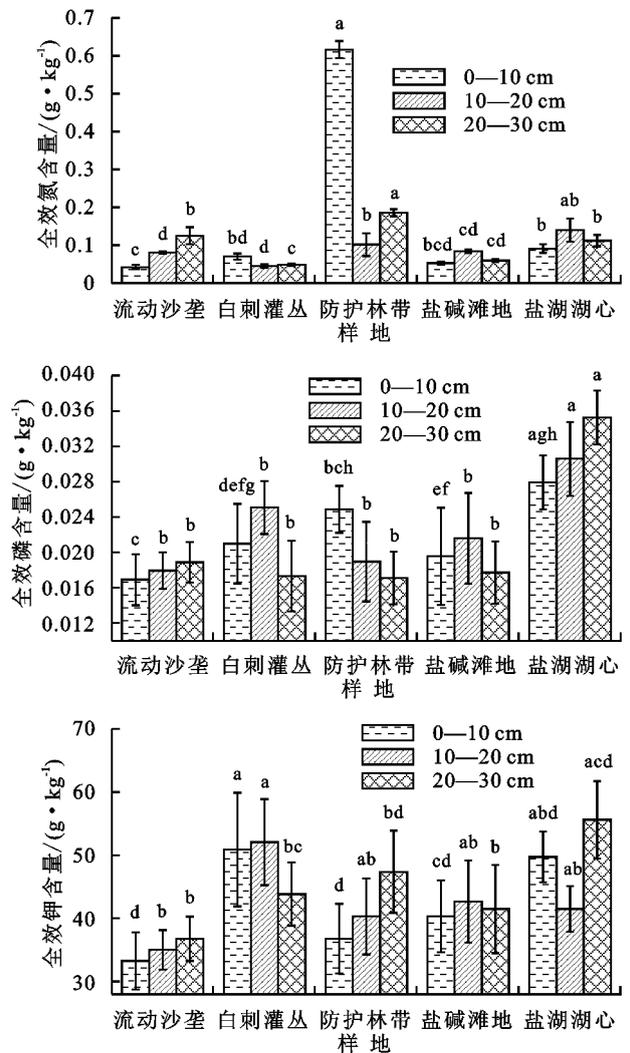


图4 不同下垫面土壤全效养分含量

在0—30 cm土层内,全氮防护林带土壤含量最高,为0.61 g/kg,是流动沙垄的1466%。盐碱滩地土壤全氮含量最低,为0.05 g/kg,是流动沙垄的125%。盐湖湖心土壤全磷含量最高,为0.03 g/kg,是流动沙垄的165%,盐碱滩地全磷含量最低,为0.02 g/kg,是流动沙垄的115%。过渡带白刺灌丛土壤全

注:不同小写字母表示不同样地间差异显著($P < 0.05$)。下同。

钾含量最高,为 50.90 g/kg,是流动沙垄的 153%,防护林带全钾含量最低,为 36.79 g/kg,是流动沙垄的 110%。方差分析结果显示,与流动沙垄相比,全氮含量在防护林带呈现为极显著增加($P < 0.01$),过渡带白刺灌丛、盐湖湖心土壤全氮含量显著增加($P < 0.05$);全磷含量过渡带白刺灌丛、防护林带和盐湖湖心显著增加($P < 0.05$);全钾含量过渡带白刺灌丛和盐湖湖心显著增加($P < 0.05$)。

表 4 不同下垫面土壤全效养分富集情况

指标	土层	白刺	防护	盐碱	盐湖
	深度/cm	灌丛/%	林带/%	滩地/%	湖心/%
全氮	0—10	166	1466	125	216
	10—20	56	126	104	173
	20—30	39	148	47	89
全磷	0—10	124	146	115	165
	10—20	139	105	120	170
	20—30	91	90	93	186
全钾	0—10	153	110	121	149
	10—20	148	115	121	118
	20—30	119	128	112	151

3.2.3 不同下垫面土壤有机质含量 土壤有机质是土壤重要的组成部分,它反映了土壤质量的好坏,直接影响着荒漠化地区的生态演化^[19]。由图 5、表 5 可知,在 0—10 cm 土层内,与流动沙垄相比,防护林带土壤有机质含量最高,为 3.94 g/kg,是流动沙垄的 252%,其他样地有机质含量无明显变化。方差分析结果显示,与流动沙垄相比,防护林带土壤有机质含量呈极显著增加($P < 0.01$),盐碱滩地和盐湖湖心有机质含量显著增加($P < 0.05$),过渡带白刺灌丛含量显著降低。从土壤剖面来看,有机质含量大体上呈现出随土层深度增加而降低的规律,从图 5 可以看出,在 0—20 cm 土层内,有机质含量较高。

3.3 不同下垫面机械组成与养分相关关系

速效磷与粗砂、粉粒和黏粒存在正相关关系(表 6);全磷与细砂和粉粒呈极显著正相关关系($P < 0.01$);有机质和速效钾与细砂、极细砂和粉粒呈极显著正相

表 6 不同下垫面土壤机械组成与土壤养分之间的相关关系

指标	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉粒	黏粒
速效磷	-0.52	0.62	-0.65*	-0.19	-0.44	0.37	0.37
全磷	0.68*	0.47	0.65**	0.71**	0.62*	0.91**	0.32
速效钾	-0.39	-0.29	0.66**	0.69**	0.85**	0.79**	0.21
全钾	0.54	0.61	0.50	0.57*	0.66*	0.69*	0.07
全氮	0.71*	-0.19	0.03	0.79**	0.19	0.74*	0.59*
速效氮	0.43	0.10	0.22	0.46	-0.17	0.83**	0.32
有机质	-0.18	-0.25	0.56	0.38	0.88**	0.95**	0.15

注: * 表示在 0.05 水平上显著相关; ** 表示在 0.01 水平上显著相关。

关关系($P < 0.01$);全钾与细砂、极细砂和粉粒呈显著正相关关系($P < 0.05$);全氮与极粗砂、粉粒和黏粒呈显著正相关关系($P < 0.05$),与细砂呈极显著正相关关系($P < 0.01$);速效氮与粉粒呈极显著正相关关系($P < 0.01$),说明土壤质地状况对土壤养分的形成有显著影响。总体上各养分含量与细砂、极细砂和粉粒呈现明显的相关关系。

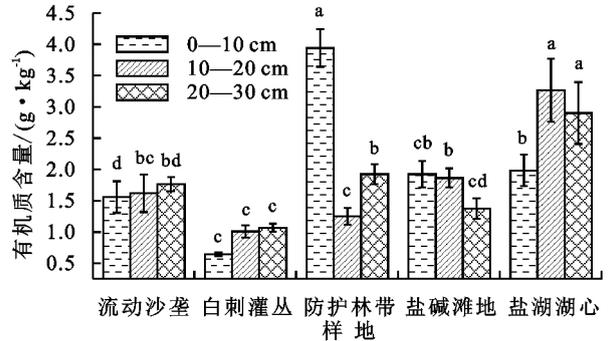


图 5 不同下垫面土壤有机质含量

表 5 不同下垫面土壤有机质富集情况

指标	土层	白刺	防护	盐碱	盐湖
	深度/cm	灌丛/%	林带/%	滩地/%	湖心/%
有机质	0—10	41	252	123	127
	10—20	62	77	115	201
	20—30	60	108	77	164

3.4 土壤质量综合评价

由于不同下垫面土壤氮素、磷素、钾素、有机质等养分含量的排序不同,单项养分指标只反映土壤养分的某个方面,不能全面反映各个下垫面的综合养分状况,而主成分分析方法能够综合量化各指标的权重,尽可能多地反映原来变量的信息,避免人为主观判断影响结果的准确性。通过主成分变量预选,选取 2 个主成分变量进行主成分分析(表 7)。有机质、全氮在第 1 主成分上有较高载荷,说明第 1 主成分全氮和有机质的信息;全钾和速效钾在第 2 主成分上有较高的载荷,将该主成分定为土壤钾素因子;各主成分的贡献率分别为 57.007% 和 35.419%,累计贡献率为 92.425%,即 2 个主成分可以把土壤各个养分指标所提供信息的 92.425% 反映出来。

表 7 选取指标与主成分因子载荷矩

指标	主成分 1	主成分 2
全氮	0.969	-0.156
全磷	0.586	0.795
全钾	-0.263	0.892
速效氮	0.998	0.045
速效磷	0.730	0.614
速效钾	-0.508	0.782
有机质	0.922	-0.192

利用主成分分析方法对所选土壤养分指标进行了量化,其综合得分越高,综合养分也越高(表 8)。防护林带土壤综合养分最高,按照土壤综合养分大小进行排序:防护林带>盐湖湖心>白刺灌丛>盐碱滩地>流动沙垄。

表 8 各主成分得分及综合得分

样地	主成分 1	主成分 2	综合得分	排序
流动沙垄	-1.043	-1.692	-2.735	5
白刺灌丛	-1.259	0.712	-0.547	3
防护林带	3.41	-0.646	2.764	1
盐碱滩地	-1.276	-0.737	-2.013	4
盐湖湖心	0.168	2.363	2.531	2

4 讨论

在干旱、半干旱荒漠区防风固沙过程中,植被恢复是最广泛也是最为有效的措施,植被枯落物及土壤有机质对土壤氮素分布特征具有深刻影响^[20]。王晶等^[21]通过对新疆准格尔盆地典型荒漠区不同景观条件下土壤养分、植被盖度等监测,认为土壤养分随着植被盖度的增加呈现出增加的趋势,且当植被盖度为 80% 时土壤有机质和全氮含量分别为 5.006, 0.312 g/kg。本研究中,沿吉兰泰主风方向,即沙漠指向绿洲方向,防护林带植被盖度为 80%,土壤速效氮、全氮、有机质含量分别为 26.77 mg/kg, 0.61 g/kg, 3.94 g/kg, 显著高于其余样地指标,土壤有机质含量较王晶等^[21]研究结果稍低,土壤全氮与其结果相比含量稍高,但总体趋势与其相当;另外,同 1986 年防护林带建立初期相比^[22],林带内速效氮、全氮及有机质含量增幅分别达到 204.20%, 90.63%, 94.11% (表 9)。究其原因可能是由于防护林带植被盖度较大,从而减少土壤水分蒸发,同时植被根系也能起到保持土壤水分的作用^[23],湿润的土壤环境能够促进枯落物的分解,增加土壤养分含量;另外,随着防护林带营造年限的增加,历经 35 年后植被盖度已由原来的 51.8% 增加到 80%,在实地调查过程中发现防护林带植被类型以多年的乔、灌木以及草本组成,地上生物量大,枯落物

较为丰富,土壤表面形成结皮,土壤由流动的风沙土发育出枯枝落叶层和腐殖质层。一般而言,土壤有机质含量随枯落物的分解而增加,而土壤氮素含量又取决于有机质的积累和分解^[7],因此,林带内土壤有机质和氮素含量较高。这说明随着防风固沙林营造年限增加,防护林带起到了改良土壤、促进土壤发育的作用。

营建植被不仅可以通过植被自身枯落物及根系作用改良土壤,对土壤产生影响,还可以通过植被对风沙的阻滞作用进而达到改良土壤的目的^[2,6-7]。研究区内总输沙量呈现为流动沙垄>白刺灌丛>盐湖湖心>盐碱滩地>防护林带^[15],且防护林带、白刺灌丛、盐碱滩地地表呈现为堆积状态,流动沙垄和盐湖湖心地表呈现为风蚀状态,而风蚀物多为粒径较细的颗粒,对于养分的吸附能力较强,由于植被的阻滞作用,风沙流携带的细颗粒堆积于地表,从而增加土壤养分^[4-6]。本研究中,利用主成分分析法综合量化各指标权重,并对所选出的养分指标进行量化排序(表 8),发现各样地综合养分含量大小为防护林带>盐湖湖心>白刺灌丛>盐碱滩地>流动沙垄。究其原因可能是随着植被盖度的增加,以及不同下垫面植被组成不同,其对风沙流的拦截能力也不同,随着细粒物质的堆积,对土壤具有明显的改良作用。由此可知,在防护林体系不同部位,由于植被的遮挡作用,使风沙流携沙能力下降,细粒物质发生堆积,从而增加土壤养分。盐湖湖心地表处于风蚀状态,且植被盖度较低,但其土壤养分含量较高,与刘进辉等^[24]研究结果有所不同,究其原因可能在于盐湖矿床表面形成大量盐结皮,隔绝了下层松散沉积物与地表气流的直接接触,使其免受风蚀危害,且能够保持土壤水分,抑制水分蒸发^[25];同时由于盐湖湖心土壤盐分富集,植被难以生存,避免了土壤养分的消耗,使其养分含量维持在较高水平。

表 9 吉兰泰盐湖防护林带建立 35 年后与建立初期土壤养分含量对比

指标	1986 年	2017 年	增幅/%
植被盖度/%	51.80	80.00	54.44
速效氮/(mg·kg ⁻¹)	8.80	26.77	204.20
全氮/(g·kg ⁻¹)	0.32	0.61	90.63
有机质/(g·kg ⁻¹)	2.03	3.94	94.11

5 结论

(1) 吉兰泰盐湖防风固沙林带营建 35 年后,在林带拦截风蚀物质和植被改良共同作用下,原有流沙质地发生了明显改变。与流动沙垄相比,防护林带内土

壤细砂及粉粒含量显著增加,其增幅分别为 30.55%,500.00%,粗砂含量减少,相比流动沙垄降低了 27.00%。

(2) 植被盖度以及植被的结构组成是导致土壤养分分布差异的主要因素。防护林带内土壤有机质、速效氮及全氮含量最高,分别是流动沙垄的 252%,665%,1466%;过渡带白刺灌丛全钾含量最高,为流动沙垄的 153%。各养分含量与中砂、细砂、极细砂和粉粒呈现显著正相关关系。

(3) 根据主成分分析结果,土壤有机质、全氮和钾素能够综合反映防护林体系土壤质量改良效果,且防护林带土壤综合养分最高。在历经 35 年发展后,防护林带土壤速效氮、全氮和有机质分别增加 204.20%,90.63%,94.11%,防风固沙林体系对土壤养分具有明显的积聚作用。

参考文献:

- [1] 杨兴华,李红军,何清,等.塔克拉玛干沙漠荒漠过渡带春季风沙活动特征:以肖塘为例[J].中国沙漠,2012,32(4):915-920.
- [2] 毛东雷,雷加强,曾凡江,等.策勒绿洲—沙漠过渡带风沙活动强度的空间分布特征[J].水土保持学报,2013,27(2):13-19.
- [3] 苏志珠,刘蓉,梁爱民,等.晋西北沙化土地土壤机械组成与有机质的初步研究[J].水土保持研究,2018,25(6):61-67.
- [4] 邓廷飞,刘彦,颜秋晓,等.贵州典型山银花土壤机械组成与养分特性及其关系[J].水土保持学报,2014,28(5):209-214.
- [5] 李学斌,张义凡,陈林,等.荒漠草原典型群落土壤粒径和养分的分布特征及其关系研究[J].西北植物学报,2017,37(8):1635-1644.
- [6] 左小安,赵学勇,赵哈林,等.沙地退化植被恢复过程中灌木发育对草本植物和土壤的影响[J].生态环境学报,2009,18(2):643-647.
- [7] 杨越,哈斯,孙保平,等.毛乌素沙地南缘不同植被恢复类型的土壤养分效应[J].中国农学通报,2012,28(10):37-42.
- [8] 苏永中,赵哈林,张铜会,等.科尔沁沙地不同年代小叶锦鸡儿人工林植物群落特征及其土壤特性[J].植物生态学报,2004,28(1):93-100.
- [9] 区晓琳,陈志彪,陈志强,等.亚热带侵蚀红壤区植被恢复过程中土壤团聚体化学计量特征[J].土壤学报,2018,55(5):1156-1167.
- [10] 周鑫,田丽慧,张登山,等.青海湖沙区不同植被防风固沙效益研究[J].干旱区资源与环境,2018,32(8):180-185.
- [11] 吴永胜,郭建英,刘静,等.毛乌素沙地南缘人工植被恢复对表土机械组成和养分的影响[J].土壤通报,2018,49(3):560-566.
- [12] 李静,何清,姚俊强,等.内蒙古西部地区气候变化特征及影响因子分析[J].干旱区资源与环境,2014,28(5):186-191.
- [13] 高永,吉兰泰盐湖环境演化及沙害成因[J].干旱区研究,1996,13(4):54-56,66.
- [14] 刘兴起,张辉.吉兰泰盐湖沙漠化及其治理的遥感监测研究[J].盐湖研究,2000,8(2):1-5.
- [15] 马世威.吉兰泰盐湖西北部风沙地貌形态发育及沙害控制途径[J].中国沙漠,1990,10(3):16-27.
- [16] 丁延龙,汪季,胡生荣,等.吉兰泰盐湖风沙防护林体系建立 35 年以来防沙效益评估[J].中国沙漠,2019(5):1-9.
- [17] 春喜,王宗礼,夏敦胜,等.吉兰泰盐湖的形成及指示的环境意义[J].盐湖研究,2008,16(3):11-18.
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,1999:42-50.
- [19] 黄元仿,周志宇,苑小勇,等.干旱荒漠区土壤有机质空间变异特征[J].生态学报,2004,24(12):2776-2781.
- [20] 张晗,欧阳真程,赵小敏,等.江西省耕地土壤氮素空间变异特征及其主控因素[J].水土保持学报,2018,32(5):304-312.
- [21] 王晶,吕昭智,钱翌,等.新疆准噶尔盆地典型荒漠区不同景观植被对土壤养分的影响[J].中国沙漠,2010,30(6):1367-1373.
- [22] 张奎璧.吉兰泰盐湖西北边缘地区土壤调查报告[D].呼和浩特:内蒙古林学院,1987.
- [23] 王明明,刘新平,李玉霖,等.不同植被盖度沙质草地生长季土壤水分动态[J].中国沙漠,2019,39(5):1-8.
- [24] 刘进辉,王雪芹,马洋.沙漠绿洲过渡带怪柳灌丛沙堆:丘间地系统土壤养分空间异质性[J].生态学报,2016,36(4):979-990.
- [25] 张建国,徐新文,雷加强,等.沙漠地区咸水滴灌林地盐结皮层化学特征[J].干旱区研究,2009,26(2):255-260.