

流沙地表层土壤化学性质对免灌造林的响应 ——以古尔班通古特沙漠明渠防护林为例

马学喜^{1,2}, 李生宇¹, 靳正忠¹

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: [目的] 在免灌造林措施下, 研究不同种植年限梭梭林下土壤化学性质的变化, 为防护林生态工程建设提供理论依据。[方法] 对古尔班通古特沙漠明渠无灌溉条件下防护林地表层的土壤化学性质进行测定, 分析林地土壤的结皮层、0—10 cm 层、10—20 cm 层土壤盐分和养分的动态变化规律。[结果] 建立梭梭防护林后土壤的 pH 值和全盐量均高于流沙地, 土壤碱化趋势比较明显; 随种植年限的增加, 各层土壤 pH 值和全盐量均表现出先增加后减小的趋势, 8 大离子的含量呈增加的趋势, 土壤 pH 值、全盐量和 8 大离子由表层向下递减。随种植年限的增加, 各层土壤有机质含量先增加后缓慢减小, 土壤全 N、P 和速效 P、K 呈现总体增加, 全 K 呈减小的趋势, 速效 N 呈先增加后减小的趋势, 同样有向下骤减的趋势。[结论] 防护林建设有利于风沙土的发育, 土壤质量状况逐年改善。

关键词: 种植年限; 防护林; 古尔班通古特沙漠; 土壤化学性质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)04-0206-07

中图分类号: S153

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2015.04.039

Response of Soil Chemical Properties to Afforestation in Surface of Shifting Sand

—A Case Study on Shelterbelt of Open Channel in Gurbantungut Desert

MA Xuexi^{1,2}, LI Shengyu¹, JIN Zhengzhong¹

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: [Objective] Under the condition of sandy afforestation, change of soil chemical properties under *Haloxylon ammodendron* forest with different planting year was examined in order to provide theoretical basis for construction of shelter forest ecological engineering. [Methods] The soil chemical property of non-irrigated conditions shelter forest land surface was investigated in the Gurbantungut Desert. Dynamic variation of soil crusts, 0—10 cm, 10—20 cm layer soil salt and nutrient were analyzed and compared. [Results] The soil pH value and total salt content were higher than those in sand land after establishment of *Haloxylon ammodendron* forest. The soil alkalization trend is quite evident. The soil pH value and the total salt content increased firstly and then decreased with shelterbelt ages. 8 ion content was increased with shelterbelt ages. The soil pH value and the total salt content and eight ions reduced from the top to deeper layer. Soil organic matter content increased firstly and then decreased with the shelterbelt ages. Soil total nitrogen, phosphorus and available phosphorus, potassium increased with shelterbelt ages, while soil total potassium decreased and available nitrogen increased firstly and then decreased with shelterbelt ages. [Conclusion] The construction of the shelter forest is conducive to the development of sandy soil, and soil quality has been improved.

Keywords: cultivating ages; shelter forest; Gurbantungut Desert; soil chemical property

干旱和土地荒漠化是全球面临的世纪性问题之一, 在所有自然灾害中, 由于干旱造成的损失远大于其他的自然灾害。尤其在中国西部, 干旱更是限制植物生长和经济发展的重要因素。因此, 在中国西部地区

进行开发建设过程中, 通过对荒漠化的防治以改善当地生态环境, 是首先需要解决的一个重大课题^[1]。古尔班通古特沙漠是中国最大的固定与半固定沙漠, 属于温带干旱荒漠气候, 年降水量 70~100 mm, 生态

收稿日期: 2014-05-28

修回日期: 2014-06-18

资助项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项课题“新疆沙区交通水利工程沙害综合防治新技术新材料研发与应用”(201130106-3)

第一作者: 马学喜(1987—), 男(汉族), 甘肃省环县人, 硕士研究生, 研究方向为风沙灾害治理与荒漠化防治。E-mail: maxx1207de@163.com。

通信作者: 李生宇(1975—), 男(汉族), 河北省宣化县人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事风沙地貌与风沙灾害治理。E-mail: lishy_hb@163.com。

环境极其脆弱^[2-3]。近 20 a 来,伴随着大规模、高强度的工程建设,该区域植物群落和物种开始减少,生物多样性开始下降,土壤化学性状开始劣变,使得原本就已经十分脆弱的生态环境面临更加严峻的挑战。为了阻止这种趋势继续发展并且最大可能地恢复已经被破坏的生态环境,该区已经开展了一系列的人工造林活动。但在荒漠地区,由于环境较恶劣,科研工作者总是试图找出一些特殊的理论和方法来指导荒漠化防治进程中的关键技术。目前,最受人们关注的当属免灌条件下的植物固沙试验,因为免灌造林是恢复与重建退化荒漠植被的重要和有效途径之一。

明渠周围扰动带的生态恢复是北疆生态稳定和正常引水的基础。由于明渠两侧风蚀风积现象十分严重,其两侧免灌人工防护林的建设一直受到许多学者的关注^[4-5]。一般认为在流沙地营造防护林,既可防止风沙危害,又可改变土壤理化性质,提高土壤肥力,促进土壤演替的加速^[6-7]。但在小规模范围或者特定区域,防护林的建设对土壤理化性质的影响尚需进一步的研究,也一直未见从古尔班通古特沙漠建立免灌的梭梭防护林后土壤化学性质变化情况的报道。土壤理化性质作为评级土壤性质的重要指标,缺乏该地区土壤化学性质的数据在一定程度上阻碍了该地区防护林建设和生态修复理论的构建。因此,本研究以免灌人工防护林带内的梭梭林下表层土壤为对象,分析不同定植年限下土壤化学性质的变化,探讨免灌人工植被的稳定性及对免灌条件的响应,以期揭示沙漠植物在水分匮乏条件下的土壤化学性质变化,并以此判断防护林建设对当地土壤化学性质的影响,预测随着防护林建设的深入和扩大,古尔班通古特沙漠的土壤性质变化和生态环境变化情况,为防护林生态工程的稳定、可持续利用和维护管理提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于古尔班通古特沙漠南缘,采样区地理坐标范围为 44°32′—45°52′N, 87°36′—88°17′E。沙丘主要形态类型为纵向沙垄,长度达数百米到 10 km 有余,北走向,高度 10~50 m 不等。明渠两侧地带性土壤为白沙岩和淡棕钙土、风沙土相间分布。气候属典型的大陆性干旱、半干旱的沙漠气候,干旱少雨,

光照强烈,冷热骤变,年平均气温 15.6 °C,年日照时数 3 120.5 h,极端最低气温 -39.5 °C,极端最高气温 47 °C;最大日差 32 °C,多年平均降雨量 97.0 mm,多集中于 6—9 月。冬季有 20~30 mm 的稳定积雪,春季快速消融补给土壤,为植物生长发育提供良好的水分条件。控制该区域的风系主要是西风气流和蒙古高压形成的 NW 和 NE 风系,3—6 月为主要风季,其输沙量占全年总量的 69.1%^[8]。该区的地理分布格局和水热状况,决定了这里的水平地带性植被是以超旱生的小乔木、灌木和半灌木为优势种。引水工程于 2000 年在该区动工,在、开挖水渠形成了 250 m 左右宽度的扰动带。为保护水渠周围的环境和防止沙害,在水渠成型后使用 1 m×1 m 规格的草方格对两侧的扰动沙面进行固定,并于 2001 年开始以 2 m×2 m 间隔栽植了梭梭和沙拐枣,建立草方格和人工林相结合的综合防护体系。

2 研究方法

2.1 采样方法

2012 年 5 月,在古尔班通古特沙漠南缘的防护林人工植被区采样。在种植 2~9 a 的梭梭防护林带内分别设置 3 个典型样点,调查样点周围的植物,同一样地内样点间距 50 m。每样点先取结皮层,后开挖 20 cm 的土壤自然剖面,按 0—10(不包含结皮层)和 10—20 cm 这 2 个层次采样,重复 3 次,渠道北侧或东侧防护林外无人为干扰区的自然沙丘样地作为对照,采样方法同林地内一致。试验区流沙地土壤化学性质组成详见表 1,采样点立地状况描述详见表 2。

2.2 指标分析方法

同一林龄、相同土层的风干土壤样品充分混合,过 2 mm 筛滤出枯枝落叶,分别测定土壤全盐量、8 大离子含量、pH 值、土壤有机质和氮、磷、钾的含量。土壤全盐采用质量法(HB/T51—1999),Ca²⁺和 Mg²⁺采用 EDTA 滴定法(GB/T7476—1987 和 GB/T7477—1987),K⁺和 Na⁺采用火焰光度法,SO₄²⁻采用硫酸钡比浊法(GB7871—87),Cl⁻采用硝酸银滴定法(GB/T1186—1985),CO₃²⁻和 HCO₃⁻采用中和滴定法,pH 值采用玻璃电极法(GB/T6920—1986),其他指标采用常规的测量方法^[9]。

表 1 试验区流沙地土壤化学性质

pH 值 (5:1)	电导率/ (mS·cm ⁻¹)	全盐量/ (g·kg ⁻¹)	离子组成/(g·kg ⁻¹)							
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
7.920	0.076	0.319	0.003	0.198	0.024	0.038	0.051	0.012	0.014	0.014

表 2 采样点立地条件描述

种植年限/a	海拔/m	结皮厚度/cm	植被覆盖度/%	植被种类
0	536	5.37±1.23	25	角果藜(<i>Ceratocarpus arenarius</i>)、莴苣(<i>Lactuca sativa</i>)
2	500	8.26±1.32	<5	角果藜, 莴苣
3	490	4.77±1.21	10	琉苞菊(<i>Hyalea pulchella</i>)、尖喙牻牛儿苗(<i>Erodium oxycorrhynchum</i>)、莴苣
4	516	5.50±0.74	15	角果藜
5	531	4.35±0.78	15	东方旱麦草(<i>Eremopyrum orientalis</i>)、琉苞菊、角果藜、尖喙牻牛儿苗
6	546	4.35±1.11	5	羽毛三芒草(<i>Aristida pennata</i>)
7	536	4.22±0.51	<5	角果藜
8	532	4.18±1.19	10	莴苣、尖喙、琉苞菊
9	525	3.45±0.28	<5	角果藜, 莴苣

注:表中结皮厚度数据为平均值+标准差。

2.3 数据分析方法

试验结束后所有数据均采用 SPSS 16.0 分析软件的最小显著数法 LSD($\alpha=0.05$)进行显著性检验,采用 Excel, Origin Pro 8.0 进行数据计算处理和制图。

3 结果与分析

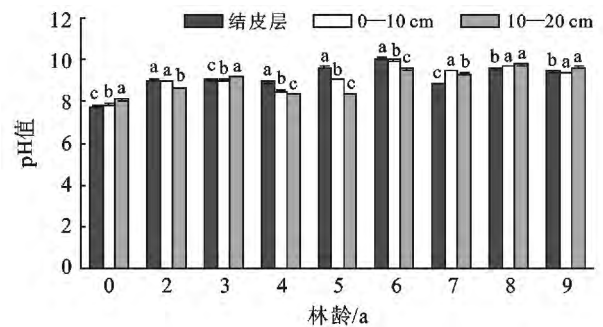
3.1 土壤 pH 值

土壤 pH 值是土壤重要属性之一,直接影响着植物的生长和土壤肥力,同时对土壤微生物的活动、有机质的分解等都有密切关系^[10]。不同种植年限梭梭防护林土壤 pH 值如图 1 所示。由图 1 可以看出,林地土壤表层的 pH 值均高于流动沙地,均呈碱性,且各层的 pH 值随种植年限的增加整体呈增加的趋势。结皮层土壤 pH 值随种植年限的增加总体上表现为先增加后缓慢减小,0—10 和 10—20 cm 的变化趋势一致,均表现为不规律的变化。9 a 防护林地结皮层、0—10 和 10—20 cm 层 pH 值分别高出流沙地 21.82%, 19.04%, 18.25%。6 a 时各层中 pH 值增加最显著($p<0.05$),各层分别是流沙地的 1.30, 1.27 和 1.18 倍,且各层差异比较显著($p<0.05$)。种植第 4~5 a,各层 pH 值变化均显著($p<0.05$),结皮层 $>0-10\text{ cm}>10-20\text{ cm}$ 。种植 8,9 a 时 pH 值随土层的增加而缓慢增加,0—10 和 10—20 cm 差异不显著($p>0.05$)。

3.2 土壤全盐量

土壤含盐量是调查评价土壤盐渍化程度的指标之一,是限制植物生长的重要因子,土壤全盐量过高会对植物产生危害,同时盐分的增加可导致土壤盐渍化^[11-12]。由图 2 可知,与梭梭防护林种植前相比,各层全盐量随种植年限均有不同程度的增加,变化最显著的是结皮层,该层土壤的全盐量随种植年限总体上

表现先增加后减小,在梭梭种植 6 a 土壤全盐量达到了峰值,高于流沙地 6.76 倍。而 0—10 和 10—20 cm 变化的趋势基本一致,随种植年限的增加,全盐含量先逐渐增加后减少,同时也在种植 6 a 土壤全盐量达到了峰值,0—10 和 10—20 cm 分别高于流沙地的 2.21 和 0.89 倍。不同种植年限梭梭防护林土壤全盐量由结皮层向下逐渐减少,各层差异比较显著($p<0.05$),而流沙地结皮层变化比较显著($p<0.05$),0—10 和 10—20 cm 变化不显著($p>0.05$)。这反映了干旱区梭梭防护林土壤盐分在表层集聚的特点。



注:图中小写字母表示不同土层之间差异显著水平($p<0.05$)。下同。

图 1 研究区不同年限梭梭防护林土壤 pH 值变化

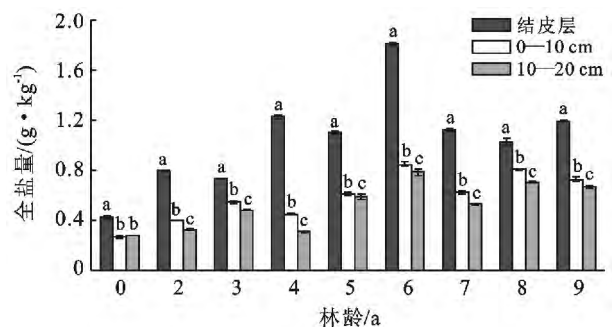


图 2 研究区不同年限梭梭林地土壤全盐量变化

该区域梭梭林下表层土壤的含盐量最高可达 1.81 g/kg,但梭梭可以正常生长,这可以为高盐分土壤的地区引进梭梭提供依据。在干旱区,强烈的蒸发使土壤里的盐分聚集在地表,形成结皮层,已有研究发现该区域的土壤结皮层含盐量高于下层,根系分布层内的土壤高盐分会造成植物的生理干旱,但是突发性强降雨可使结皮层中的盐分向下淋溶,如果淋溶深度恰好到达植物主要根系分布层,那么这可能导致植物的生长受到抑制甚至引起植物的死亡^[13-15],因此该区域土壤表层盐分过高对植物生长不利。

3.3 土壤离子组成分析

由表 1 可以看出,流沙地阴离子的组成主要以 Cl^- , SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 为主,含有极少量的 CO_3^{2-} ;阳离子组成以 Ca^{2+} 为主,含有少量的 Mg^{2+} , Na^+ 和 K^+ 。从图 3 可以看出,土壤各层 Cl^- , HCO_3^- , Na^+ 和 K^+ 均随种植年限的增加,呈增加的趋势, CO_3^{2-} , SO_4^{2-} 和 Mg^{2+} 随种植年限的变化不明显,而 Ca^{2+} 随种植年限的增加呈降低的趋势。

不同种植年限梭梭防护林土壤结皮层中 CO_3^{2-} 含量是流沙地的 2.28~38.04 倍,6 a 时的含量变化

最明显, Cl^- 是流沙地的 0.72~5.35 倍; SO_4^{2-} 是流沙地的 1.46~2.36 倍,增加量甚微; HCO_3^- 含量极微,和流沙地无明显差异。而阳离子 Na^+ 和 K^+ 分别是流沙地的 6.67~28.70 和 1.84~26.97 倍, Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 的含量均低于流沙地。其中,增加最明显的是 CO_3^{2-} , Na^+ 和 K^+ ; Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- 次之, Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 最不明显, Ca^{2+} 呈降低趋势。0—10 cm 土层 CO_3^{2-} 含量是流沙地的 0.42~16.56 倍, Cl^- 是流沙地的 1.30~2.44 倍, SO_4^{2-} 是流沙地的 0.91~3.45 倍, HCO_3^- 和 Cl^- 流沙地无明显差异。而阳离子 Na^+ 是流沙地的 3.27~36.19 倍, K^+ 是流沙地的 0.57~4.12 倍, Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 的含量均低于流沙地。其中, Na^+ 和 CO_3^{2-} 增加最明显, SO_4^{2-} , K^+ 和 Cl^- 次之,其他的离子含量的增加不明显。10—20 cm 土层的 8 大离子除 CO_3^{2-} 含量是流沙地的 0.22~11.67 倍, SO_4^{2-} 是流沙地的 0.68~12.11 倍, HCO_3^- 和 Cl^- 的含量无明显变化。而阳离子 Na^+ 是流沙地的 1.93~14.01 倍, Mg^{2+} 是流沙地的 1.06~2.94 倍, K^+ 和 Ca^{2+} 的含量均低于流沙地。其中, Na^+ 和 SO_4^{2-} 的含量增加最明显, Mg^{2+} , CO_3^{2-} , HCO_3^- 和 Cl^- 次之, K^+ 和 Ca^{2+} 的含量未增加。

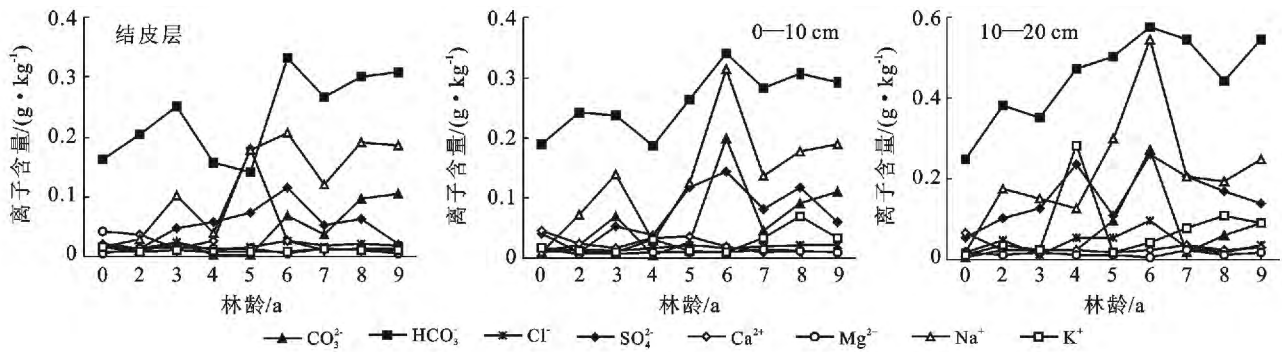


图3 研究区不同土层各种种植年限梭梭土壤离子含量变化

免灌条件下不同定植年限防护林不同层次风沙土各离子含量以结皮层变化最为明显,结皮层、0—10 和 10—20 cm 土层各离子含量均表现出随着防护林定植年限的增加而逐渐增加的趋势,这种趋势似乎意味着随着防护林年限的增加,该地区土壤因为较高的盐分会导致其越来越不适合植物生长,这对于继续进行防护林的建设十分不利,如果想保持防护林地带植物生存的有利条件,需要通过采取相应措施来降低土壤中的盐分含量。

3.4 土壤有机质变化

土壤有机质是土壤中含碳有机化合物的总称,一般占固相总重量的 10% 以下,是土壤形成的主要标志^[16]。营造人工梭梭林后,土壤有机质发生了明显的变化(图 4)。流沙地无植被覆盖,黄沙裸露,0—10

cm 和 10—20 cm 土层土壤有机质含量普遍偏低,但结皮层有机质含量较高,可能与大气降尘的不断积累有关。结皮层有机质含量随梭梭种植年限表现为双峰曲线,在种植 4 a 土壤有机质第 1 次达到了峰值,之后缓慢减小,在 7 a 达到了最大值,高于流沙地的 1.31 倍。而 0—10 cm 和 10—20 cm 土层土壤有机质含量随种植年限表现为单峰曲线,在种植 6 a 土壤有机质达到了最大值,分别高于流沙地的 5.38 和 5.88 倍,表明梭梭防护林枯落物增多,分解加快,腐殖质大量累积,肥力上升,土壤质量有所提高。从土层深度上看,结皮层的有机质含量最大,远远高于 0—10 cm 和 10—20 cm 土层土壤有机质,0—10 cm 和 10—20 cm 土层土壤有机质变化的趋势一致,变化不明显。这是由于梭梭林表层大量枯落物是土壤有机质的主要来

源,也是梭梭林地表层有机质含量高于流沙地、梭梭林有机质含量随土层深度增加而递减。

梭梭防护林—土壤系统的演变,地表土壤温度、水分和微生物繁殖等的改变,加速了土体中的物化反应和矿物分解过程,丰富了植物所需的营养条件^[17]。但由于地表受大气过程(如降尘、降雨等)所携带养分的保存及大量植物细根和许多未分解凋落物等在浅表层的聚集,土壤有机质往往呈现出空间上的变异性^[18]。防护林通过树木残落物是营养物质从生物圈归还到土壤中,使土壤中的有机质含量增加从而使土壤结构得到改善,土壤抗风蚀的能力同时也得到增加^[19]。但由于起风频繁,表层有机物容易被吹走,所以表层有机物一直处于动态的变化过程当中,以至于表层有机物变化较大,呈现出无规律的变化状态,但如果从一个总体和较大范围的趋势来看,土壤有机质含量随着防护林种植年限的增加呈递增趋势。

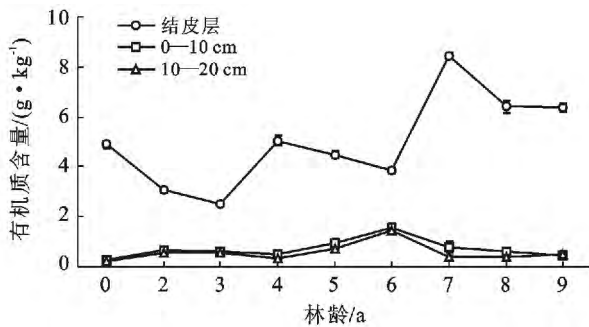


图 4 不同种植年限梭梭防护林土壤有机质变化

3.5 土壤氮磷钾的变化

土壤中氮、磷、钾含量是土壤肥力的重要标志,是树木生长所需的 3 大养分,直接参与树木的生理活动,同时由于氮素的惰性、磷的难溶和难移动性,氮、磷素成为许多土壤限制植物生长的重要元素^[20-21]。营造梭梭防护林后,土壤氮、磷、钾元素发生了变化,具体测定结果如图 5 所示。全氮在土壤结皮层随种植年限呈先增加后减小的趋势,在种植 7 a 达到最大值,高于流沙地的 1.45 倍,在 0—10 cm 和 10—20 cm 土层土壤全氮随种植年限先增加后减小,在种植 6 a 达到了峰值,分别高于流沙地的 7.42 和 6.98 倍。从土层来看,全氮含量由高到低表现为:结皮层>0—10 cm>10—20 cm,由于区域内降雨少,长期得不到雨水淋洗,而该地温度高,氮素随水分蒸发而从土壤下层向上移动,造成全氮积累在土壤表层,下层氮素得不到补充而随种植年限增加而降低。土壤全磷结皮层、0—10 cm 和 10—20 cm 均随种植年限的增加呈先增加后降低又增加的趋势。土壤全钾结皮层、

0—10 cm 和 10—20 cm 均随种植年限的增加表现为先降低后增加又降低的趋势。土壤速效氮结皮层、0—10 cm 和 10—20 cm 均随种植年限的增加先增加后减小,在种植 7 a 达到了最大值。土壤速效磷结皮层、0—10 cm 和 10—20 cm 均随种植年限的增加表现增加的趋势,种植第 5 a 速效磷含量大小顺序表现为:结皮层>0—10 cm>10—20 cm,在种植 9 a 结皮层速效磷达到了最大值。土壤速效钾总体随种植年限的增加呈增加的趋势,结皮层速效钾的含量变化较大,远高于 0—10 cm 和 10—20 cm。

4 结论

土壤是植物生长发育的载体,土壤化学性质是土壤质量的重要指标之一^[20]。明渠扰动带内的沙层受到了人为活动的扰动,10 a 来通过建设防护林,使原来以流动沙丘的沙漠景观逐渐演变成了一个较为复杂的人工—天然的荒漠生态系统,在此过程中,土壤的盐分和养分发生了变化。

研究表明,不同种植年限防护林各层土壤 pH 值与流沙地相比均有不同程度的增加,土壤均呈碱性。结皮层、0—10 cm 和 10—20 cm 土层土壤 pH 值随防护林种植年限的增加先增加后逐渐减小,且各层变化比较显著($p < 0.05$)。张瑾等^[22]通过研究北疆荒漠植被梭梭林地土壤的 pH 值发现其值在 8.3~10.3 之间,而本文研究的人工梭梭防护林土壤 pH 值在 8.37~10.05 之间变化,可以看出免灌条件下与野生梭梭的土壤 pH 值变化比较接近。种植梭梭防护林后表层土壤 pH 值均高于流沙地,土壤碱化趋势显著,由于观测时间有限,土壤的 pH 值如何变化,需要长时间的观测。与防护林种植前相比,土壤全盐量有不同程度的增加,但各层全盐量均随防护林种植年限的增加波动性的变化,但总体呈增加的趋势,且不同种植年限防护林土壤全盐量由结皮层向下逐渐减少,变化比较显著($p < 0.05$)。表层土壤各离子含量均随着防护林定植年限的增加而逐渐降低,而结皮层、0—15 cm 和 10—20 cm 土层各离子含量均随着防护林定植年限的增加而逐渐增加。

免灌下防护林各层风沙土有机质含量均随着防护林定植年限的增加总体呈增加趋势,除结皮层外部分年限有机质含量低于流沙地,但在 0—10 cm 和 10—20 cm 土层,不同种植年限的土壤有机质均高于流沙地,并且有机质含量自结皮层向下层逐渐减少。具体规律为单峰曲线的特性,即随着种植年限的增加,下层土壤有机质含量逐年增加,但是达到一定年

限后,土壤有机质含量达到最大,随着种植年限的继续增加,土壤有机质含量反而呈现递减趋势。梭梭防护林有助于荒漠化地区土壤有机质的形成,但是腐殖化作用只限于表层,对中层、下层土壤影响较小,这与常庆瑞等^[23]研究相同。但是这种土壤有机质的增加效益似乎只在一定时间内更为明显,一般 6~7 a 的种植对土壤有机质的积累效果最佳,不管在结皮层还是在 0—20 cm 表土层。与表层结皮层不同的是:

0—10 cm 和 10—20 cm 范围的两个土层,由于受风蚀和降尘影响较小,土壤有机质随着种植年限的增加表现出了一定的规律。研究结果表明全量养分和速效养分均表现出随种植年限的增加而增加的趋势,只有全钾随种植年限的增加呈降低趋势,那么这意味着随着防护林建设的深入和时间增加,可以在防护林地带多种植一些吸收 N、P 含量比较高的植物而避免种植那些对 K 要求比较高的植物。

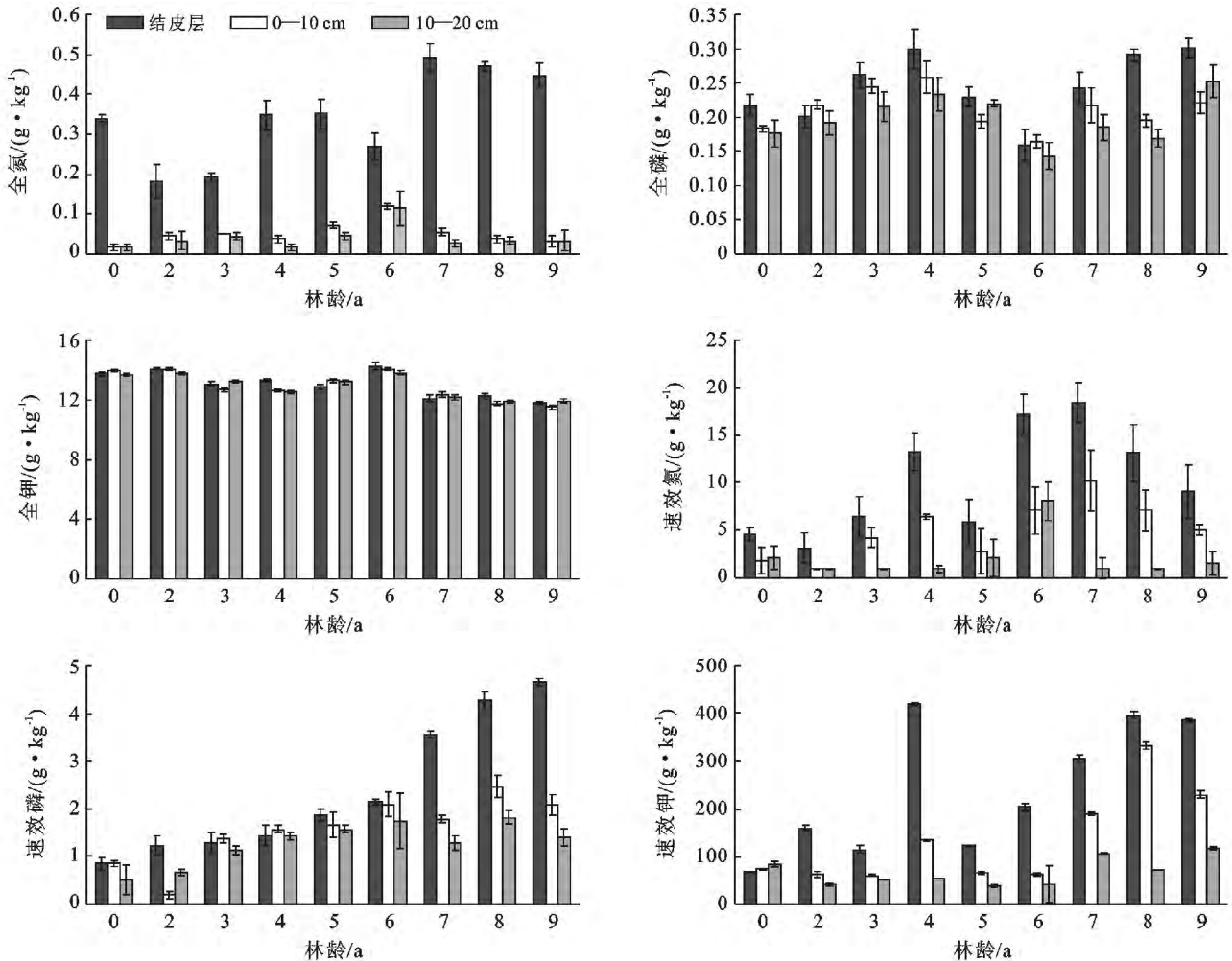


图 5 研究区不同种植年限梭梭防护林全量和速效养分的变化

在对环境扰动后营造免灌梭梭防护林,使简单的沙漠景观逐渐演变为复杂的人工林—天然的荒漠生态系统,减少了引水渠两侧沙源入渠。降尘、风蚀和降水等输送的物质对土壤化学性质产生了重要影响,防护林的枯落物和有机残体不断的积累、微生物的繁殖加速了土壤中物质的转化,从而直接影响着土壤的养分的输入和输出,促进了土壤的发育。同时对沙地土壤的发育有促进作用,从而提高了土壤的肥力,改善了沙漠的生态环境。

通过研究不同种植年限的梭梭防护林土壤的变

化规律,认识梭梭随种植年限的增加对土壤肥力、土壤质量的作用,可对荒漠区梭梭林的可持续管理和利用提供理论依据。极端干旱区免灌条件下土壤盐分动态及分布与土壤特性、气温、风速和人为管护措施等诸多自然因素和人为因素有关,许多问题有待深入研究,此外降尘和风蚀对土壤表层的盐分和养分有影响,而其影响究竟有多大,还需要开展进一步的工作进行深入研究。

[参 考 文 献]

[1] 张林静. 新疆阜康荒漠植物群落物种多样性与梭梭的遗

- 传多样性研究[D]. 陕西 西安:西北大学,2002.
- [2] 魏文寿,刘明哲. 古尔班通古特沙漠现代沙漠环境与气候变化[J]. 中国沙漠,2000,20(2):178-184.
- [3] 李生字,雷加强. 草方格沙障的生态恢复作用:以古尔班通古特沙漠油田公路扰动带为例[J]. 干旱区研究,2003,20(1):7-10.
- [4] 王雪芹,蒋进,张元明,等. 古尔班通古特沙漠南部防护体系建成 10 a 来的生境变化与植物自然定居[J]. 中国沙漠,2012,32(2):372-379.
- [5] 王雪芹,蒋进,雷加强,等. 古尔班通古特沙漠重大工程扰动地表稳定性与恢复研究[J]. 资源科学,2006,28(5):190-195.
- [6] 顾峰雪,潘晓玲,潘伯荣,等. 塔克拉玛干沙漠腹地人工植被土壤肥力变化[J]. 生态学报,2002,22(8):1179-1188.
- [7] 贾晓红,李新荣,王新平,等. 流沙固定过程中土壤性质变异初步研究[J]. 水土保持学报,2003,17(4):46-50.
- [8] 王雪芹,王涛,蒋进,等. 古尔班通古特沙漠南部沙面稳定性研究[J]. 中国科学(D 辑):地球科学,2004,34(8):763-768.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978.
- [10] 段民福,毛乌素沙地榆林沙区樟子松人工林土壤理化性质时空变异规律研究[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [11] 许尔琪,张红旗,许咏梅. 伊犁新垦区土壤全盐量和电导率定量关系探讨[J]. 资源科学,2012,34(6):1119-1124.
- [12] 张建国,徐新文,雷加强,等. 咸水滴灌下沙漠公路防护林土壤理化性质的变化[J]. 中国生态农业学报,2009,17(4):667-672.
- [13] 肖振华,万洪富,郑莲芬,等. 灌溉水质对土壤化学特征和作物生长的影响[J]. 土壤学报,1997,34(3):272-285.
- [14] 孙国荣,阎秀峰,李晶,等. 星星草对碱化土壤化学性质的影响[J]. 草地学报,2002,10(3):179-183.
- [15] 李生字,雷加强,徐新文,等. 流动沙漠地区灌溉林地盐结皮层特征的初步研究[J]. 北京林业大学学报,2007,29(2):41-49.
- [16] 杨梅焕,曹明明,朱志梅,等. 毛乌素沙地东南缘荒漠化过程中土壤理化性质分析[J]. 水土保持通报,2010,30(2):169-176.
- [17] 张庆费,由文辉,宋永昌. 浙江天童森林公园植物群落演替对土壤物理性质的影响[J]. 植物资源与环境学报,1997,6(2):36-40.
- [18] 贾晓红,李新荣,王新平,等. 流沙固定过程中土壤性质变异初步研究[J]. 水土保持学报,2003,17(4):46-50.
- [19] 王永芳,包慧娟,海春兴,等. 防护林对科尔沁沙地耕地土壤理化性质的影响[J]. 干旱区研究,2012,29(6):1009-1013.
- [20] 曾小梨,薛立,刘斌,等. 不同密度红苞木幼林的土壤理化性质研究[J]. 水土保持通报,2010,30(5):43-44.
- [21] 靳正忠,雷加强,徐新文,等. 塔里木沙漠公路防护林地土壤肥力质量变化与评价[J]. 科学通报,2008(S2):112-122.
- [22] 张瑾,贾宏涛,盛建东. 北疆荒漠植被梭梭林地土壤特征及其空间变异性研究[J]. 新疆农业大学学报,2007,30(2):33-37.
- [23] 常庆瑞,高亚军,刘京. 陕北农牧交错带荒漠化土壤肥力水平研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(1):29-33.

(上接第 205 页)

- [11] 王泰,陈曦,何公理,等. 北京市城区冬季雾霾天气 $PM_{2.5}$ 中元素特征研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(6):1441-1445.
- [12] 时彦玲,邓林红. 细颗粒物($PM_{2.5}$)对气道的病理作用及其与哮喘病理机制的关系[J]. 医用生物力学,2013,28(2):127-134.
- [13] 谢元博,陈娟,李巍. 雾霾重污染期间北京居民对高浓度 $PM_{2.5}$ 持续暴露的健康风险及其损害价值评估[J]. 环境科学,2013,35(1):1-8.
- [14] 殷永文,程金平,段玉森,等. 上海市霾期间 $PM_{2.5}$, PM_{10} 污染与呼吸科、儿呼吸科门诊人数的相关分析[J]. 环境科学,2011,32(7):1894-1898.
- [15] 谢元博,陈娟,李巍. 雾霾重污染期间北京居民对高浓度 $PM_{2.5}$ 持续暴露的健康风险及其损害价值评估[J]. 环境科学,2014,35(1):1-8.
- [16] Ma Yanjun, Chen Renjie, Pan Guowei, et al. Fine particulate air pollution and daily mortality in Shenyang, China[J]. Science of the Total Environment, 2011,409(13):2473-2477.