

科尔沁沙地小叶锦鸡儿群落保育土壤作用的研究

贺山峰^{1,3,4}, 王娟², 邱兰兰^{3,4}, 蒋德明³, 骆永明³

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国石油集团安全环保技术研究院, 北京 100083;
3. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 4. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 以流动沙丘和不同恢复年限的人工和天然小叶锦鸡儿群落为研究对象, 从植被重建前后土壤理化性质变化方面分析了小叶锦鸡儿群落保育土壤的作用。结果表明, 6 a 生、11 a 生和 22 a 生人工小叶锦鸡儿群落对土壤理化性质均有明显的改善作用, 且总体上土壤改良效果与恢复年限成正相关。建立人工植被后, 土壤中微沙(0.05~0.1 mm)和黏粒(<0.05 mm)的含量增加, 表层(0—10 cm)土壤容重减小, 孔隙度和饱和含水率增大, 土壤持水能力提高; 土壤有机碳、全氮、碱解氮、全磷、有效磷和有效钾含量均有不同程度增加, 尤以表层增加幅度最大, 并且灌丛对养分有明显的富集效应。

关键词: 小叶锦鸡儿; 土壤理化性质; 科尔沁沙地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)03-0073-05

中图分类号: Q143

Effects of *Caragana Microphylla* Communities on Protection and Improvement of Soils in Horqin Sandy Land

HE Shan-feng^{1,3,4}, WANG Juan², QIU Lan-lan^{3,4}, JIANG De-ming³, LUO Yong-ming³

(1. Institute of Geographical Science and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. CNPC Research Institute of Safety & Environment Technology, Beijing 100083, China; 3. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 110016, China; 4. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Effects of *Caragana microphylla* communities with different ages on protection and improvement of soils were studied. Results showed that with establishment and development of vegetation, soil physical and chemical characteristics of *C. microphylla* communities were improved obviously and there was a positive correlation between soil improvement effects and restoration time. Porosity and percentage of tiny sand (0.05~0.1 mm) and clay particle (<0.05 mm) increased, bulk density of topsoil (0—10 cm) decreased, and saturated water-holding capacity improved. The contents of organic C, total N, total P, alkaline N, available P and available K increased to some extent, especially in the topsoil, and *C. microphylla* exhibited a significant enrichment effect on higher nutrients under their canopies.

Keywords: *Caragana microphylla*; soil physical and chemical characteristic; Horqin sandy land

土壤是生态系统诸多生态过程(如营养物质循环、水平衡、凋落物分解)的参与者与载体, 土壤结构与养分状况对于植物的生长起着关键的作用。植物治沙已成为世界各国对固定流沙地采用的一种最经济和最有效的生物措施。植被保育土壤的生态服务功能主要是通过植被保护土壤和改良土壤两个生态过程来实现^[1]。土壤是植物的主要环境因子之一, 植被建立过程也是植物与土壤相互影响和相互作用的过程。在这个过程中, 作为土壤本质特征的土壤肥力

处于不断的发展变化中。自 20 世纪 50 年代以来, 对植物保育土壤生态服务功能的研究受到了各国林学家、生态学家和风沙物理学家的重视^[2-5]。

脆弱的自然环境和近代不合理的土地开发利用, 使科尔沁地区已成为我国北方农牧交错区土地荒漠化较为严重的地区之一^[6-7]。恢复和重建已退化的生态系统, 维持人类生存环境的稳定和持续发展是现代生态学研究的重要课题^[8]。小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)是豆科具刺灌木, 具有耐寒、抗旱、耐贫

瘠和耐高温等特点,因此在科尔沁沙地的人工植被恢复中被广泛采用。地表植被覆盖度的提高有效地控制了土壤风蚀沙化,防止了环境进一步恶化。与此同时,植被的恢复重建也促进了土壤的形成发育,使土壤的理化性质和肥力特征得到改善,土壤质量有所提高。

本文选择流动沙丘、不同恢复年限的人工及天然小叶锦鸡儿群落为研究对象,对各样地土壤理化性质变化进行系统分析,探讨小叶锦鸡儿群落对风沙土壤结构的改良效应对土壤养分的富集作用,旨在从土壤结构和养分的角度探讨沙地生态系统的恢复机理和沙漠化逆转的生物学过程,为开展干旱半干旱风沙区生态系统演替的机理研究打下基础,也为研究退化生态系统的恢复和重建提供理论和实践指导。

1 研究区概况

研究区位于科尔沁沙地西部的乌兰敖都地区。该区属于典型的半干旱风沙性气候,气候干燥,年均气温 6.2℃,年均降水量 340.5 mm,年蒸发量达 2 200 mm。风沙大且频繁,年均风速达 4.5 m/s,8 级以上大风日数为 75.3 d。这里沙丘起伏,坳甸相间,形成了广阔的沙地景观,主要生境类型可分为流动和半流动沙丘、固定沙丘、沙沼地、丘间低地和石质残丘。

土壤类型主要有风沙土、草甸土和盐碱土。其原生植被属于森林向草原的过渡类型。原生植被已被破坏殆尽,目前植被表现出强烈的次生性,大部分已演变为沙生植被和草甸植被^[1]。区系分

布上为蒙古植物区系、华北植物区系和长白植物区系的交接地带,其中分布最广、种类最多的是蒙古植物区系植物。

2 材料与方法

2.1 样地设置

分别在流动沙丘和栽植时间不同的(2000年、1995年和1984年)人工小叶锦鸡儿群落以及天然小叶锦鸡儿群落中选取样地。人工群落初植密度均为 1 m × 1 m,至 2006 年已经分别演变了 6、11 和 22(各样地基本情况见表 1)。

2.2 采样方法

在各样地分别于灌丛下和灌丛间用土钻多点混合取样,取样深度分为 0—10 cm、10—20 cm 和 20—30 cm 土层。此外,于各样地取 0—5 cm 表层土适量,测定土壤的机械组成。将不同部位、不同深度的土样装袋封口,作好标签,带回实验室进行分析。

2.3 实验与分析方法

在野外采样的同时,用环刀分层取土迅速带回站内实验室测定容重、饱和含水率以及孔隙度等物理指标。土壤机械组成采用筛分法测定。土壤的化学指标测定包括 pH 值、有机碳、全氮、碱解氮、全磷、有效磷和有效钾等。土壤 pH 值采用酸度计测定(水土比为 2.5 : 1),有机碳和全氮用德国产 vario EL III 型元素分析仪测定,其它化学指标采用中国科学院南京土壤所的测定方法测定(1978)^[9]。应用 Microsoft Excel 和 SPSS11.5 软件对所得数据进行统计分析。

表 1 样地基本情况

项 目	流动沙丘(A)	6 a 生小叶锦鸡儿(B)	11 a 生小叶锦鸡儿(C)	22 a 生小叶锦鸡儿(D)	天然小叶锦鸡儿(E)
地理坐标	4259 28 N 11939 39 E	4259 29 N 11939 37 E	4259 29 N 11939 36 E	4300 06 N 11938 26 E	4302 11 N 11937 10 E
海拔高度/m	485.1	479.7	482.2	483.5	482.7
面积/m ²	10 000	600	900	10 000	10 000
植被总盖度	<5%	50%	70%	85%	75%
密度/(丛·hm ⁻²)	0	6 438	7 625	4 792	2 875
平均高度/cm	0	81	97	109	85
平均冠幅/cm	0	99 × 82	106 × 96	100 × 98	148 × 128
主要伴生物种	乌丹蒿,沙蓬	差巴嘎蒿,虫实,狗尾草,白前	差巴嘎蒿,虫实,狗尾草,白前,刺沙蓬	黄柳,差巴嘎蒿,地锦,虫实,狗尾草,毛马唐,绿珠藜,灰绿藜	兴安胡枝子,虫实,狗尾草,毛马唐,雾冰藜,地锦,黄蒿,画眉草,等

注: 为小叶锦鸡儿群落密度或平均高度和冠幅。

3 结果与分析

3.1 土壤物理性质变化

在流动沙丘上建立植被后,随着沙丘的逐渐固定,由于林木根系、土壤微生物及动物等的共同作用,使土壤的机械组成和其它物理性质发生了较大变化。

3.1.1 土壤机械组成变化 流动沙丘固定后,土壤机械组成发生很大变化。通过分析发现,流动沙丘0—5 cm表层土壤中97.39%的沙粒粒径在0.1~0.25 mm之间,而微沙(0.05~0.1 mm)和黏粒(<0.05 mm)的含量仅占2.61%。随着植被恢复时间的延长,土壤的机械组成中中沙(0.25~1 mm)和细沙(0.1~0.25 mm)含量逐渐减少,微沙和黏粒所占比例则呈现增加的趋势。6年生、11年生、22年生和天然小叶锦鸡儿群落内土壤中微沙和黏粒所占比例分别为10.51%、19.76%、27.84%和16.68%。

3.1.2 土壤容重变化 土壤容重是土壤紧实度的指标之一,它与许多土壤物理性能如孔隙度、渗透率、持水性、导热性能等密切相关,容重的大小主要受土壤有机质含量、土壤结构等影响。分析结果显示,小叶锦鸡儿群落的土壤容重不同层次间差异比较明显。总的来说,从垂直方向看,表层土壤容重普遍小于下层,其中土壤容重最大的是流动沙丘20—30 cm土层,为1.69 g/cm³;最小的是22年生人工小叶锦鸡儿群落0—10 cm土层,为1.40 g/cm³。从恢复时间来看,相比流动沙丘,随着恢复年限的增加,人工小叶锦鸡儿群落的土壤容重呈逐年减小的趋势,但天然小叶锦鸡儿群落的土壤容重无明显变化。

3.1.3 土壤孔隙度和饱和含水率变化 土壤孔隙度是土壤一项重要物理性质,能影响土壤质地、松紧度、结构和通气透水,是反映土壤通透性的重要指标。人工植被建立后,由于土壤微小颗粒的不断增加,各层土壤的总孔隙度随着人工植被的发育逐渐增加,22年生人工小叶锦鸡儿灌丛下和灌丛间土壤表层(0—10 cm)孔隙度比流动沙丘分别增加了11.19%和11.78%,从垂直方向看,表层土壤孔隙度大于下层,恢复时间越长,这种差别越明显。

土壤饱和含水率的变化与土壤孔隙度的变化规律一致,22年生人工小叶锦鸡儿灌丛下和灌丛间土壤表层(0—10 cm)饱和含水率相比流动沙丘分别增加了10.59%和8.23%。

3.2 土壤化学性质变化

退化生态系统的恢复,首先要恢复生态系统的植被,通过植物与土壤相互作用,改善了土壤结构,使土壤养分含量不断增加,土壤肥力得到一定提高。

3.2.1 土壤pH值变化 土壤酸碱性是土壤化学性质的一个重要方面,它对土壤肥力性质有着较大的影响,土壤微生物的活动、土壤有机质的分解、土壤营养元素的释放与转化等过程都与土壤pH值有关。此外,土壤酸碱性也是影响植物生长的重要因素之一,每种植物都有其适宜的土壤pH值范围,超过这个范围时植物的生长便受阻。从分析结果可以看出,在植被恢复过程中,土壤pH值呈现出先减小后增大的趋势,其中天然小叶锦鸡儿灌丛下和灌丛间土壤表层(0—10 cm)pH值由流动沙丘的7.18变为7.38和7.41。

3.2.2 土壤有机碳含量变化 土壤有机碳是评价土壤质量的一个重要指标,它不仅能增加土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可促进团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力和通气性,增加土壤的缓冲性等。进行植被恢复后,土壤中有有机碳含量的变化并无明显规律。相对于流动沙丘,人工小叶锦鸡儿群落土壤表层(0—10 cm)有机碳含量随着恢复年限增加先降低后升高,而中下层(10—30 cm)普遍有所增加;天然小叶锦鸡儿群落土壤有机碳含量表层减少,中下层增加。

3.2.3 土壤氮、磷、钾含量变化 土壤氮和磷主要来自于有机质的分解,有机质在吸持土壤养分中起着决定性的作用,因而在土壤全氮、全磷、水解氮和速效磷含量与土壤有机质含量存在高度的正相关。土壤水解氮含量反映了土壤的供氮水平,是表征土壤肥力质量的主要指标之一。小叶锦鸡儿是豆科固氮植物,流动沙丘上建立人工植被后,土壤中的全氮和碱解氮含量均会增加(图1—2)。土壤碱解氮含量反映了土壤的供氮水平,是表征土壤肥力质量的重要指标之一。

从图中可以看出,随着人工植被恢复年限的增加,土壤中全氮和碱解氮含量均有大幅度提高。从垂直方向看,表层(0—10 cm)含量增加最明显;从取样部位来看,各小叶锦鸡儿群落灌丛下的增加量要显著大于灌丛间。

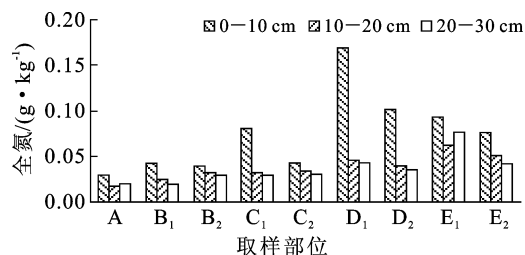


图1 土壤全氮含量变化

A. 流动沙丘; B₁. 6 a 生灌丛下; B₂. 6 a 生灌丛间; C₁. 11 a 生灌丛下; C₂. 11 a 生灌丛间; D₁. 22 a 生灌丛下; D₂. 22 a 生灌丛间; E₁. 天然灌丛下; E₂. 天然灌丛间(下同)

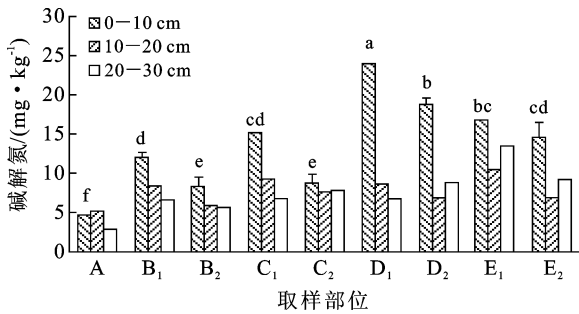


图 2 土壤碱解氮含量变化

注:对 0—10 cm 土层进行显著性检验,相同字母表示不同处理间的差异不显著,不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$) (下同)

建立人工植被后,随着恢复时间的延长,土壤中全磷和速效磷的含量大致表现出先减少后增加的趋势(图 3—4),这可能是由于 6 年生和 11 年生小叶锦鸡儿种植年限还较短,植物将土壤中的磷元素吸收贮存于植株体内,造成土壤中磷元素含量暂时降低。随着恢复年限的增加,磷元素会通过植株的枯枝落叶逐步回归到土壤中。

22 a 生小叶锦鸡儿灌丛下、灌丛间 0—10 cm 全磷和有效磷含量分别为流动沙丘的 1.92, 1.62 倍和 1.53, 1.31 倍。

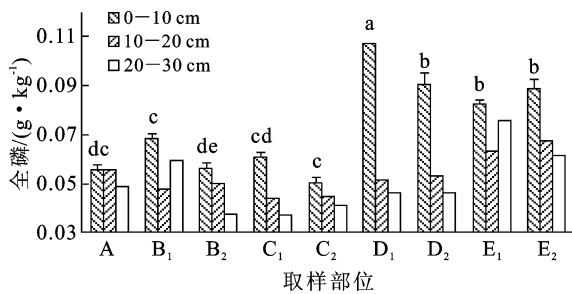


图 3 土壤全磷含量变化

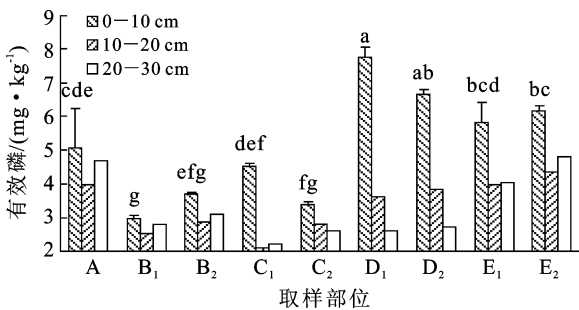


图 4 土壤有效磷含量变化

从图 5 中可以发现,土壤有效钾的含量变化规律与全氮和碱解氮相似。随着人工植被恢复年限的增加,土壤中有有效钾含量不断提高。从垂直方向看,表层(0—10 cm)有效钾含量增加最明显。从取样部位来看,各小叶锦鸡儿群落灌丛下有效钾的增加量要显著大于灌丛间。

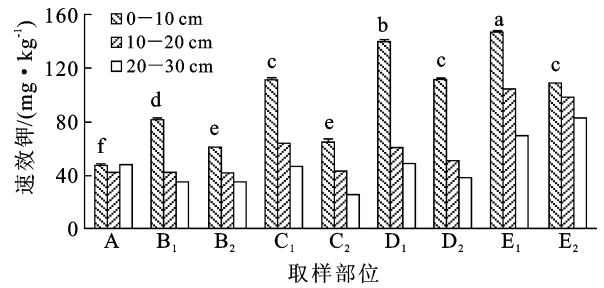


图 5 土壤有效钾含量变化

4 结论

植物治沙不仅对流沙起到了保护和固定的作用,还可使流沙母质向着土壤形成的方向逐步演化。植被恢复与土壤恢复是同时进行,相互促进的,这种相互作用随着植被恢复时间的延长而不断增强。

(1) 土壤机械组成的变化是由于流动沙丘上建立人工植被后,沙面小环境得到改善,土壤细小颗粒被风吹走的程度减弱。同时由于小叶锦鸡儿群落对风速的降低和风蚀物质的沉降作用,使得微沙和物理性黏粒有了一定程度的增加。而土壤下层虽然不受风的影响,但由于土壤表层堆积的风积物质经过大气降水的渗透和植物本身地下部分的参与作用,使土壤中沙、细沙也发生了一定的变化。

另外,土壤机械组成还受植物根际生物及化学作用的影响,不过这种作用是十分缓慢的。可见人工植被建立后,土壤机械组成的变化是由多种因素决定的,但与人工植被减弱风速后风积物质的堆积有直接关系^[10]。黏粒由于粒径较小,具有巨大的比表面积,吸附能力强,保水保肥力强,对于颗粒组成较粗的风沙土来说,黏粒含量的增加对土壤肥力的提高具有重要意义^[11]。

在沙地上建立小叶锦鸡儿植被后,土壤颗粒组成不断减小,相比流动沙丘,6 年生,11 年生,22 年生和天然小叶锦鸡儿群落土壤中微沙和黏粒所占比例分别增加了 7.90%, 17.15%, 25.23% 和 14.07%。土壤容重有所减小,孔隙度和饱和含水率增加,尤以表层最为明显,土壤结构改善,持水能力提高。

(2) 土壤养分的发展是地质大循环和生物小循环共同作用的结果,在母质的成土过程中,生物因素起主导作用。在植被恢复过程中,各种养分逐渐增加,土壤肥力有所提高。值得注意的是,小叶锦鸡儿对土壤养分积累的空间分布有一定影响,由于灌丛对风蚀物质的拦截作用,以及枯枝落叶等凋落物主要聚集在灌丛下,因而灌丛下土壤养分积累速率明显高于灌丛间。

随着人工植被建立时间的延长,灌木冠幅增加,根系发育,行间草本层盖度增加,“肥岛”区域将向行间扩展,灌丛富集效应降低。这种养分异质性分布的变化反映了土壤和植被恢复的过程和动态以及土壤与植被的相互作用。在沙地植被恢复过程中,土壤pH值呈现出先减小后增大的趋势。土壤有机碳、全氮、碱解氮、全磷、有效磷和有效钾含量均有不同程度增加,土壤肥力得到很大提高。从恢复时间来看,养分随着恢复时间延长而增加。从垂直方向看,表层养分含量大于中下层,而且灌丛对养分表现出明显的富集效应。

致谢:承蒙中国科学院沈阳应用生态研究所梁文举研究员,施春健和庄秋丽同志在土壤理化性质分析实验过程中给予的帮助,特此感谢!

[参 考 文 献]

- [1] 刘新民,赵哈林,赵爱芬. 科尔沁沙地风沙环境与植被[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [2] Siddoway F H, Chepil W S, Armbrust D V. Effect of kind, amount, and placement of residue on wind erosion control [J]. Transactions of the ASAE, 1965, 8: 327-331.
- [3] Wolfe S A, Nickling W G. The protective role of sparse vegetation in wind erosion[J]. Progress in Physical Geography, 1993, 17:50-68.
- [4] 董治宝,陈渭南,董光荣,等. 植被对风沙土风蚀作用的影响[J]. 环境科学学报,1996,16(4):437-443.
- [5] 连振龙,刘普灵,陈翠红,等. 黄土丘陵沟壑区林草植被恢复的减沙效益研究[J]. 水土保持通报,2008,28(1):10-13.
- [6] 蒋德明,刘志民,曹成有,等. 科尔沁沙地荒漠化过程与生态恢复[M]. 北京:中国环境科学出版社,2003:45-62.
- [7] 张华,伏乾科,李锋瑞,等. 退化沙质草地自然恢复过程中土壤-植物系统的变化特征[J]. 水土保持通报,2003,23(6):1-6.
- [8] 马世俊. 展望九十年代的生态学//现代生态学透视[C]. 北京:科学出版社,1990:1-4.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:科学技术出版社,1978:7-59.
- [10] 曹成有,蒋德明,金贵静,等. 科尔沁沙地小叶锦鸡儿人工固沙区土壤理化性质变化[J]. 水土保持学报,2004,18(6):108-111.
- [11] Dhir R P. The characters and properties of sand dune and eolian soil[J]. World Desert Research, 1989,9(1):24-27.

欢迎订阅 2010 年《水土保持研究》

《水土保持研究》创刊于1985年,双月刊,中文版,属地球科学类期刊。主管单位为中国科学院,由中国科学院水利部水土保持研究所主办。为《中国科技论文统计源期刊》、《中国科学引文数据库统计源期刊》、《中文核心期刊要目总览》。本刊为A4开本,272页/期。刊号为:ISSN 1005-3409, CN61-1272/P。国内邮发代号:52-211,定价:25.0元/册。

报道内容:土壤侵蚀、旱涝、滑坡、泥石流、风蚀等水土流失灾害的现状与发展动态;水土流失规律研究、监测预报技术研发成就与监测预报结果;水土流失治理措施与效益分析;水土流失地区生态环境建设与社会经济可持续发展研究;计算机、遥感工程、生物工程等边缘学科新技术、新理论、新方法在水土保持科研及其实践中的应用;国外水土流失现状及水土保持研究新动态等。

读者对象:从事水保科技研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人员;国内外环境科学、地学、农业、林业、水利等相关学科的科教人员及大专院校师生。

地址:陕西省杨凌区西农路26号

中国科学院水利部水土保持研究所《水土保持研究》编辑部

邮编:712100

电话:(029)87012705

E-mail:research @ms.iswc.ac.cn

http://www.iswc.ac.cn