

科尔沁沙地植物再生沙障人工群落多样性及其动态研究

张文军^{1,2}, 刘德义³, 任建民²

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 内蒙古林业科学研究院, 呼和浩特 010010;
3. 内蒙古敖汉旗林业局, 内蒙古 赤峰 024300)

摘 要:对科尔沁沙地植物再生沙障人工群落的物种组成、生活型结构及群落多样性及其动态进行研究。结果表明:在流动沙丘上建立植物再生沙障,不仅固定了沙丘,而且也为植物的入侵和定居创造了条件。沙障建植后第 3~7 年的人工群落,其物种及其科属组成以及科属组成与对照流动沙丘(群落)相比都有显著的增加。物种的丰富度指数和多样性指数都呈对数式增加趋势,且变化幅度不大,表明沙障群落的物种和多样性演替比较平稳。群落的均匀度呈二项式的“V”字型变化趋势,这种变化反映了沙障人工群落人工栽植物种占据优势地位的特性以及群落内部的变化特点。
关键词:科尔沁沙地; 植物再生沙障; 群落多样性
中图分类号:S288; X171.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-3409(2007)06-0331-04

Studies on Artificial Community Diversity and Its Dynamics of the Renewable Plant Sandy Barriers in Korqin Sandland

ZHANG Wen-jun^{1,2}, LIU De-yi³, REN Jian-min²

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;
2. Inner Mongolia Research Academy of Forestry Sciences, Huhhot 010010, China;
3. Aohan Banner Forestry Bureau of Inner Mongolia, Chifeng, Inner Mongolia 024300, China)

Abstract:This study was carried out to research sandy barrier artificial community of Korqin on its species composition, life form structure, ecological diversity and their dynamics change. The results revealed that renewable plant sandy barriers built on the shifting dune not only contributed in fixing dune, but also facilitated the conditions for other plants invasion and establishment. Species genera and their compositions in artificial community built with sandy barrier plants, were found increasing significantly compared to those on control shifting sandy dunes 3~7 years later. The species richness and diversity index tended to increase in logarithmic form with slightly varies, which suggested the species and diversity succession go stable. Community evenness index was shown in binomial distribution with “V” style, which reflected the dominant character of artificial community plants built on sandy barrier and the diversification trend in community.
Key words:Korqin sandland; renewable plant sandy barriers; plant community diversity

流动沙地特别是高大沙丘的流动沙地,由于风沙活动剧烈,直接播种和植苗造林易受风蚀和沙埋危害,几乎难以存活。许多研究表明,由于沙地环境、沙丘高度和原材料供应状况的不同,沙地治理模式也有所不同^[4,7,13]。盲目的治理不仅影响工程质量,而且还会造成费工、费料、费时等现象。沙障是一种效果很好的沙地治理措施^[1,3],但沙障材料、沙障高度、形状、大小等都会直接影响沙障的防护效果^[5,10]。
植物再生沙障就是利用具有扦插繁殖特性的沙生灌木枝条作为沙障设置材料,沙障设置后,灌木枝条再生成活而形成的植物活沙障。由于植物再生沙障的存在而发育形成的植被在这里称为植物再生沙障人工植被(群落),以下简称沙障群落。近年来,利用植物再生沙障技术治理流动沙丘收到了很好的效果^[6,9]。这项技术源于科尔沁沙地,并在内蒙古地区得到了大面积的推广应用。本文对沙障人工群落的多样性及其

动态进行研究,旨在充分了解植物再生沙障技术治理流动沙丘的效果并揭示沙障群落的演替规律,为进一步完善该项技术并为沙障群落的科学经营管理提供理论支持。
1 研究地自然概况
研究地位于科尔沁沙地东南缘敖汉旗康家营子乡哈拉乌苏村,地理坐标位于北纬 41°42′~42°02′,东经 119°30′~120°53′。年平均降水量一般在 310~460 mm,年蒸发量 2350~3449 mm,是降水量的 6~7 倍。年平均气温一般在 5~7℃。土壤类型为风沙土。植物主要有:杨柴(*Hedysarum fruticosum*)、黄柳(*Salix gordejewii*)、差不嘎蒿(*Artemisia halodendron*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、止血马唐(*Digitaria ischaemum*)、绳虫实(*Corispermum declinatum*)、地梢瓜(*Cynanchum thesioides*)等。
试验区为 1998~2002 年秋连续 5 a 在流动沙丘上栽植

*收稿日期: 2007-01-31
基金项目: 国家林业局林业重点工程科技支撑项目(2001-53);“内蒙古自治区京津风沙源治理区生态变化跟踪评估体系研究”(2005-660)
作者简介: 张文军(1963-),男,内蒙古乌拉特前旗人,研究员,在读博士,主要从事荒漠化与水土保持研究。

黄柳+ 杨柴植物再生沙障(以下简称沙障)后形成的人工群落。沙障建植后采取了严格的禁牧和管护措施。沙障建植规格 4 m×4 m 的网格,采取杨柴沿沙丘等高线栽植,黄柳垂直于等高线栽植的配置方式。2002 年和 2003 年建植沙障,在沙障网格之间栽植了 2 株柠条。对照区为流动沙丘,自 1998 年以来一直采取了禁牧措施,植被为沙米群落。

2 研究方法

2.1 样地调查

采用时空替代法,调查时间位 2005 年 8 中旬至 9 月初。在 1998– 2002 年秋季建植沙障并形成的沙障群落以及对照区分别设置样地,分别记为 7, 6, 5, 4, 3 a 的沙障群落类型。沙障群落在沙丘迎风坡上群落的中部取样,对照在流动沙丘迎风坡的中部取样。每个样地调查 3 个 10 m×10 m 的灌木样方和 15~ 18 个 1 m×1 m 草样方。调查内容包括种名、高度、盖度、频度、多度、生物量等。调查方法见参考文献[2, 12]。

2.2 数据分析

(1) 物种重要值。重要值的计算,为了准确测定和反映群落中各植物种的作用与地位,根据实测数据,计算群落内物种的相对频度(F')和相对生物量(W'),以此计算重要值(IV)。计算公式:

$$IV = \frac{1}{2}(F' + W')$$

(2) 群落物种多样性。采用生态学最为广泛应用的物种

丰富度指数、物种多样性指数和均匀度指数 3 类^[8]。其计算公式如下: 物种丰富度指数 S , 即群落的总物种数。

Shannon– Wiener 多样性指数(H'), 计算公式为

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中: H' ——生物多样性指数; P_i ——植物群落第 i 物种的重要值。

Simpson 多样性指数(D):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2$$

式中: D ——群落生态优势度指数; P_i ——某一植物群落中第 i 物种的重要值; S ——物种数, 即丰富度指数。

(3) Pielou 均匀度指数(J)

$$J = (- \sum_{i=1}^S (P_i) / \ln S = H' / \ln S$$

式中: P_i, S, H' 参数意义同式(3); J ——群落均匀度指数。

3 结果分析

3.1 群落组成的物种特征

植物种类组成是群落结构和功能的基础。由表 1 可见, 从群落的物种丰富度(S)来讲, 在对照的流动沙丘上仅有 3 个植物种, 再生沙障建植 3 a 的植物种为 6 种, 是对照的 2 倍。之后随着沙障群落的演替, 植物种不断增加, 第 3~ 7 年沙障群落的植物种数分别为 8, 8, 10, 9 种。

表 1 不同时间建植的沙障人工群落植物种类组成

群落类型	科数	属数	种数	植物种名称
流动沙丘群落(CK)	3	3	3	光沙蒿、沙米、狗尾草
3 a 沙障群落	5	6	6	黄柳、杨柴、柠条锦鸡儿、光沙蒿、狗尾草、蝇虫实
4 a 沙障群落	6	8	8	黄柳、杨柴、柠条锦鸡儿、光沙蒿、胡枝子、狗尾草、蝇虫实、地梢瓜 (杨柴、葛颂等克隆分株苗和实生苗)
5 a 沙障群落	5	8	8	黄柳、杨柴、光沙蒿、狗尾草、蝇虫实、柔毛蒿、止血马唐、 画眉草(杨柴克隆分株苗和实生苗)
6 a 沙障群落	6	10	10	黄柳、杨柴、光沙蒿、画眉草、狗尾草、蝇虫实、柔毛蒿、止血马唐、 虎尾草、地梢瓜(杨柴克隆分株苗和实生苗)
7 a 沙障群落	6	9	9	黄柳、杨柴、光沙蒿、地梢瓜、狗尾草、画眉草、蝇虫实、止血马唐、 三芒草(杨柴克隆分株苗和实生苗)

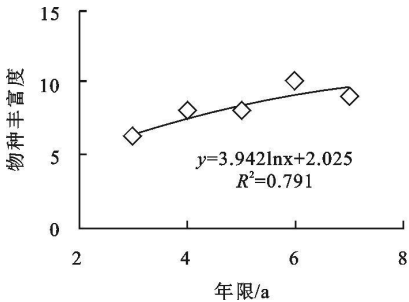


图 1 不同年限沙障群落物种丰富度变化

从植物种组成的差异来讲,对照中出现的光沙蒿(*Artemisia oxyccephala*)和狗尾草,在 3~ 7 a 的沙障群落中都存在,只有一年生植物沙米(*Agriophyllum squarrosum*)完全消失。沙障群落中由于人工栽植沙障时必然要引入沙障目的物种,因此群落中同时存在着人工引入的植物种和自然定居与入侵植物种之分(以下分别简称为引入种和自然种)。3~ 4 a 的沙障群落中引入种为 3 种,即再生沙障建植的主要

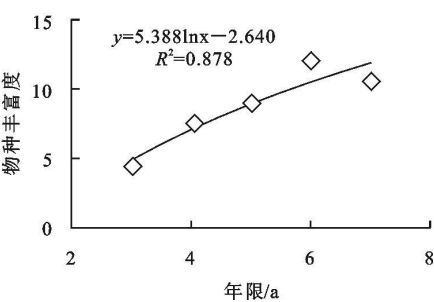


图 2 不同年限沙障群落(自然种)物种丰富度变化

材料黄柳、杨柴和沙障中央栽植的柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)。5~ 7 a 的沙障群落为 2 种,沙障间没有栽植柠条锦鸡儿。3~ 7 a 的沙障群落中自然种分别为 1, 3, 4, 6, 5 种,呈逐年增加趋势。沙障群落中的自然种有画眉草(*Eragrostis pilosa*)、蝇虫实、柔毛蒿(*A. chilleana*commutata)、止血马唐、虎尾草(*Chloris virgata*)、地梢瓜、胡枝子和三芒草(*Aristida adscensionis*),共计 8 种植物。由图 1 和图 2 可

知,无论是群落的所有物种数还是其中的自然种都呈对数式 ($R^2=0.791$ 和 $R^2=0.878$) 增加趋势。

3.2 群落组成的科属特征

不同年限沙障群落的物种科属组成也存在明显的差异,对照流动沙丘(群落),其科属组成简单,仅 3 科 3 属,即菊科、禾本科和藜科,每科仅有 1 属 1 种(表 1)。而沙障群落的科属组成的多样性明显增加。3~7 a 的沙障群落的科属分别增加到 5~6 科和 6~10 属。在 3~4 a 的沙障群落的中,人工引入的有 2 科 3 属,即杨柳科(*Salicaceae* L.)的柳属(*Salix* L.),豆科(*Leguminosae* L.)的岩黄耆属(*Hedysarum* L.)和锦鸡儿属(*Caragana* Fabr.);在 5~7 a 的沙障群落中为 2 科 2 属,即杨柳科的柳属和豆科的岩黄耆属。与对照流动沙丘(群落)相比,3~7 a 沙障群落中的自然种的科属,分别为 1 科 1 属、3 科 3 属、3 科 4 属、4 科 6 属、3 科 5 属,基本呈逐年增长趋势。而流动沙丘的沙米则在 3~7 a 的沙障群落中消失,即减少的科属为 1 科 1 属。自然种的科属集中分布在菊科(*Compositae*)、禾本科(*Gramineae*)、萝藦科(*Asclepiadaceae*)和藜科(*Chenopodiaceae*) 4 科中,豆科的胡枝子(*Lespedeza bicolor*)仅在 4 a 的群落中偶然出现。

3.3 群落组成的生活型特征

生活型的划分采用《中国植被》^[1]中的分类系统。从生活型来看,对照只有半灌木和一年生草本植物 2 种生活型,3 a 沙障群落为 3 种生活型,增加 1 种灌木生活型;之后 5~7 a 的沙障群落均为 4 种生活型(表 2),是对照的 2 倍。在增加的生活型中,灌木为人工引入增加的生活型,多年生草本为自然入侵增加的生活型。从不同生活型的物种来讲,灌木物种 3 种,其中 2 种(黄柳和柠条锦鸡儿)为人工引入物种,1 种(胡枝子)为自然入侵且仅在 4 a 的群落中偶然出现。半

灌木为 2 种,其中光沙蒿为对照中原有的先锋植物,杨柴为人工引入物种;多年生植物 2 种,均为自然入侵种,并从第 4 年开始在沙障群落中入侵出现。一年生草本植物有 5 种,对照中原有 1 种,自然入侵 4 种。从自然入侵的植物种来看,入侵物种共计 8 种,其中灌木 1 种、多年生草本 2 种、一年生草本 5 种。也就是说,3~7 a 的沙障群落中入侵植物以多年生草本植物和一年生草本植物为主,且以一年生植物占主导,并有逐年增加的趋势。从表 1 中也可以看到,从第 4 年沙障群落中开始出现了杨柴的更新苗(克隆分株苗和实生苗),虽不能将其视为生活型类型,但也使得沙障群落内部的结构发生了显著的变化。

表 2 不同时间沙障群落植物生活型结构

群落类型	灌木 物种数	半灌木 物种数	多年生草 本物种数	一年生草 本物种数
流动沙丘群落 (CK)	0	1	0	2
3 a 沙障群落	2	2	0	2
4 a 沙障群落	3	2	1	2
5 a 沙障群落	1	2	2	3
6 a 沙障群落	1	2	2	5
7 a 沙障群落	1	2	1	5

3.4 群落多样性

3.4.1 物种丰富度

由表 1 可见,对照流动沙丘(群落)和不同年限沙障群落的物种丰富度(不包括杨柴更新苗)分别是 3,6,8,8,10,9 种。由图 1 可见,3~7 a 沙障群落的物种丰富度指数呈对数($R^2=0.791$)式增加趋势。沙障群落中除去引入的物种外,自然物种也具有相同的对数($P^2=0.878$)增加趋势(图 2)。

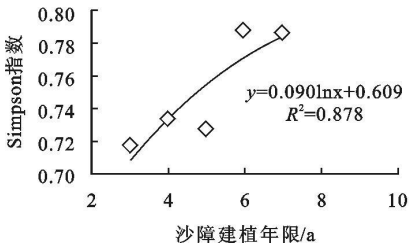


图 3 不同年限沙障人工群落物种多样性变化

表 3 不同时间沙障群落多样性指数

群落类型	Shannon-Wiener 指数(H')	Simpson 指数(D)	Pielou 均匀度(J)	物种 丰富度(S)
流动沙丘群落 (CK)	1.5068	0.6350	0.9507	3
3 a 沙障群落	2.0494	0.7168	0.7928	6
4 a 沙障群落	2.4035	0.7340	0.7235	8
5 a 沙障群落	2.2900	0.7267	0.6894	8
6 a 沙障群落	2.6456	0.7896	0.7380	10
7 a 沙障群落	2.6618	0.7873	0.7694	9

3.4.2 物种多样性

为了准确反映沙障群落中出现的杨柴更新苗而导致群落内部结构的变化(多样性),在计算多样性指数时,把杨柴的两种更新苗视为两个“新物种”参与多样性指数的计算。由表 3 可见,沙障群落的物种多样性与对照相比明显增加,

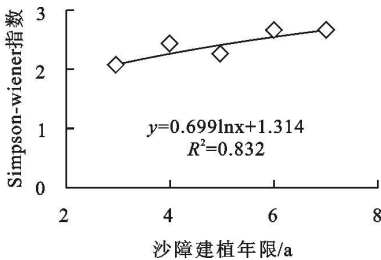


图 4 不同年限沙障人工群落物种多样性变化

第 3 年沙障群落的两个综合多样性指数 Shannon-Wiener (H') 和 Simpson (D) 分别比对照增加了 36% 和 12.9%。多样性指数都呈对数式增加趋势(图 2, 图 3), 曲线拟合的决定系数分别为 $R^2=0.753$ 和 $R^2=0.817$, 增加的趋势与物种丰富度增加的趋势相同。从沙障群落多样性指数的变化幅度来看都不大, Shannon-Wiener (H') 指数的最大变幅不到 20%, Simpson (D) 则不足 10%。说明沙障人工群落多样性的演替比较平稳。

3.4.3 群落均匀度

由表 3 可见,沙障群落的均匀度(杨柴更新苗参与计算)明显低于对照流动沙丘(群落),这是因为流动沙丘(群落)植物种类简单,且以先锋物种为主,优势种尚未形成,处在较大的均匀度水平上。

由图 5 可知,沙障群落的均匀度的变化趋势与多样性变化趋势显著不同,拟合为二项式曲线($R^2=0.909$),呈“V”字

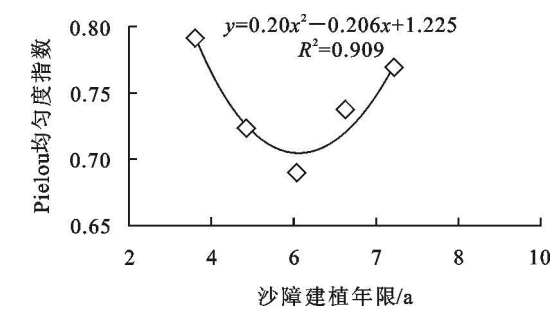


图 5 不同年限沙障人工群落物种均匀度变化

型。第 3~5 年呈下降趋势,第 6~7 年又逐渐增高。这说明沙障群落在第 3~5 年的时间内,属于植物入侵的初期阶段,植物的入侵使得物种数量增加,但入侵植物的分布不均且常呈团块状分布,株体弱小而生物量少,而此时人工引入的灌木物种正值速生期,生物量不断增加,其优势地位不断加强,成为群落的优势种,导致物种均匀性下降。而第 6~7 年沙障群落内由于入侵物种的分布不断扩展以及生物量的增加,与此同时,杨柴更新苗的大量出现与生物量的增加,使得物种均匀度增加。需特别指出的是,此时人工栽植的杨柴出现了严重枯死枝现象,其生物量严重下降,这些变化的结果,直接导致了人工引入植物(黄柳和杨柴)优势地位的下降,从而群落均匀度增加。可见,均匀度的这种变化趋势反映出了沙障群落中人工栽植物种占据优势地位的特点和群落内部结构的变化(作者另文介绍)。

4 结 论

- (1) 在流动沙丘上建植植物再生沙障,由于沙障的作用使得流动沙丘的流动性降低,为植物的入侵和定居创造了条件,植物的入侵使得沙障群落的物种组成、科属组成和生活型组成与对照流动沙丘(群落)相比显著增加,这为沙障群落的形成和演替奠定了基础。
- (2) 在沙障建植后第 3~7 年时间内,沙障群落的物种丰富度变化呈对数式增加趋势。除人工引入(栽植)的物种外,自然植物种的丰富度变化也呈对数式增加趋势,也就是说,自然植物的入侵表现为对数式的增加规律,而且增加的幅度不大,比较平稳。
- (3) 3~7 a 沙障群落的两个综合多样性指数 Shannon-Wiener (H') 和 Simpson (D) 都呈对数式增加趋势,与物种丰富度增加的趋势相同。多样性变化的幅度不大,说明此阶段沙障群落多样性的演替比较平稳。

(4) 沙障建植后,3~7 a 沙障群落的均匀度的变化趋势与物种丰富度和多样性的变化趋势显著不同,呈二项式的“V”型趋势。这种变化反映出了沙障人工群落、人工栽植物种在群落中占据优势地位的自身特点和群落内部结构的变化。

参考文献:

[1] 常兆丰,刘虎俊.河西走廊 50 年治沙措施应用中出现的问题及未来思路[J].中国沙漠,2001,21(增):87-91.

[2] 董鸣.陆地生物群落调查观测与分析[M].北京:中国标准出版社,1996

[3] 冯学赞,张万军,曹建生,等.接坝地区沙地植被恢复与重建技术研究[J].水土保持研究,2004,11(3):73-75

[4] 高琼,黄富祥.毛乌素沙地不同防风材料降低风速效应的比较[J].水土保持学报,2001,15(1):27-30.

[5] 黄富祥,高琼.毛乌素沙地不同防风材料降低风速效应的比较[J].水土保持学报,2001,15(1):27-30.

[6] 靳有光,石永梅.黄柳生物再生网障在乌兰布和沙区的推广应用与栽培技术[J].内蒙古林业科技,2004(4):51-53.

[7] 李新荣.干旱沙区土壤空间异质性变化对植被恢复的影响[J].中国科学(D 辑),2005,35(4):361-370.

[8] 马克平.北京东灵山地区植物群落多样性的研究:丰富度、均匀度和物种多样性指数[J].生态学报,1995,15(3):573-583.

[9] 孙荣华,刘玉山,刘志和,等.沙质荒漠化土地生物沙障结构与配置技术研究[J].林业科学研究,2006,19(1):125-129.

[10] 张铜会,赵哈林,常学礼,等.科尔沁沙地采用人工植被对流沙治理的技术[J].中国沙漠,2000,20(增):48-52.

[11] 吴征镒.中国植被[M].北京:科学出版社,1980.

[12] Li X R, Zhou H Y, Wang X P, et al. The effects of sand stabilization and revegetation on cryptogam species diversity and soil fertility in the Tengger Desert, Northern China [J]. Plant and Soil, 2003, 251:237-245.

[13] Sala O E, Lauenroth W K, Golluscio R A. Plant functional types in temperate semiarid regions[M]//Smith T M, Shugart H H, Woodward F I. Plant Functional Types. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 217-233.

[14] 葛颂,王可青,董鸣.毛乌素沙地根茎灌木羊柴的遗传多样性和克隆结构[J].植物学报,1999,41(3)301-306.

(上接第 330 页)

创造了条件。除诸多自然因素对侵蚀沟的发展影响外,人类活动更起到了重要的作用,侵蚀沟在东北黑土漫岗区多发源于顺垄耕作的垄沟;另外,由于道路的汇水冲刷作用,该区侵蚀沟也多顺路而生,有些情况下,甚至顺林带而生。

参考文献:

[1] GBT20465-2006,水土保持术语[S].

[2] 刘秉正,吴发启.土壤侵蚀[M].西安:陕西人民出版社,1997.

[3] 张洪江.土壤侵蚀原理[M].北京:中国林业出版社,2000.

[4] Francisco J, Jiménez-Hornero, Ana Laguna, Juan V. Giráldez. Evaluation of linear and nonlinear sediment

transport equations using hillslope morphology[J]. Catena, 2005, 64: 272-280.

[5] 石长金,温是,何金全.侵蚀沟系统分类与综合开发治理模式研究[J].农业系统科学与综合研究,1995,11(3):193-197.

[6] 戴武刚,张富.辽西低山丘陵区侵蚀沟壑分类的研究[J].水土保持科技情报,2002(1):34-35.

[7] 刘增文,李雅素.黄土残塬区侵蚀沟道分类研究[J].中国水土保持,2003(9):28-30.

[8] 范昊明,蔡强国,王红闪.中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J].水土保持学报,2004,18(2):66-70.