

带状高立式沙障防治草地沙化机理的研究

曹子龙, 赵廷宁, 郑翠玲, 孙保平

(北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘要: 在草地严重沙化后形成的沙丘, 且其上设置有不同年龄(2~3 a 和 4~5 a) 带状高立式芦苇沙障的地段, 分别对沙丘不同部位(迎风坡、背风坡和丘间低地) 及沙障不同位置(沙障迎风面、背风面和两沙障中间) 土壤种子库、土壤有机质含量和土壤机械组成进行了研究, 并以同类型未设沙障的地段作对照, 深入地对带状高立式沙障防治草地沙化的机理进行了研究。结果表明, 在严重沙化草地设置带状高立式沙障, 可有效拦截风沙流中所携带的植物种子, 丰富土壤种子库, 提高土壤有机质含量, 使土壤机械组成中, 较粗的砂粒含量减少, 较细的砂粒含量增加。

关键词: 带状高立式沙障; 草地沙化; 种子库; 土壤有机质; 土壤机械组成

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2005)04—0015—05

中图分类号: S288

Mechanism of High-banded Sand-barriers for Controlling Grassland Desertification

CAO Zi-long, ZHAO Ting-ning, ZHENG Cui-ling, SUN Bao-ping

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the investigation of soil seed bank, the soil organic matter contents and soil mechanical composition in different parts of sand dunes, so-called windward side, leeward side and lowland of sand dune, also the windward side parts, leeward side and the intersection of sand-barrier separately, where the sandy grassland in seriously desertified and installed with high-banded sand-barrier of different years (2~3 and 4~5 years). The mechanism of high-banded sand-barriers for controlling desertification of grassland are studied by comparing with the same kind of places without sand-barrier. The result shows that installation of high-banded sand-barrier in seriously desertified grassland can intercept seeds in sandy-driving wind, enriching seed bank, increase the contents of soil organic matter, decrease the coarse sand particles, increase the contents of minute sand parts in soil particle-size composition.

Keywords: high-banded sand-barriers; desertification of grassland; seed bank; soil organic matter; soil mechanical composition

草地沙化是国内外关注的重大环境生态问题。我国拥有草地约 $4.00 \times 10^8 \text{ hm}^2$, 占世界草地总面积的 12.5%, 占国土总面积的 41.7%, 是我国重要的可更新资源和畜牧业基地^[1]。由于人类对草地资源的不合理开发利用, 致使草地退化、沙化和盐渍化面积已达 $8.40 \times 10^7 \text{ hm}^2$, 占全国草地总面积的 21%^[2]。据统计, 1995—2000 年, 中国有 $4.70 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的土地转变为沙地, 其中有 $4.20 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 的草地变为沙地, 占总变化面积的 89.2%^[3]。草地沙化严重制约了我国牧区经济发展和人民生活水平的提高。因此, 提出科学有效的防治草地沙化的措施, 已成为摆在当今科技工作者面前的重要课题。本研究旨在为探索沙化草地植被恢复新途径奠定理论基础, 进而为制止草地退化制定有效措施提供理论支持。

1 研究区自然概况

研究区位于内蒙古呼伦贝尔市西北部的陈巴尔虎旗境内。该区气候属中温带半湿润向半干旱过渡的大陆性气候, 冬季受西伯利亚高压控制, 严寒而漫长; 夏季受副热带海洋气团影响, 温暖而湿润。年平均气温 0.2 , 极端最高气温 31.6 , 极端最低气温 -40.4 。年平均降水量 490.8 mm , 且降水不均匀, 多集中在 7—8 月份。年蒸发量 1201.1 mm , 年平均风速 2.4 m/s , 8 级以上大风平均日数 20 d, 大风日多在春天。无霜期平均 141 d, 早霜期 9 月中旬出现, 晚霜期 5 月中旬终止^[4-5]。

陈巴尔虎旗地处大兴安岭西部末端向呼伦贝尔高原的过渡地带。属于新华夏系沉降带, 即海拉尔盆

地。土壤分布除南部有一部分栗钙土、草甸土和沼泽土外,其余全部为风沙土。在海拉尔河沿岸呈带状分布,形成许多固定沙丘和半固定沙丘。有少部分流动沙丘,形成较大的沙带,向东延伸到海拉尔市以西,向西延伸到磋岗。沙地灌木多为黄柳 (*Salix gordejewii*)、小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*) 等,地被物还有差巴嘎蒿 (*Artemisia halodendron*)、沙蒿 (*A. desertorum*) 等沙生植物^[5]。

2 研究方法

2.1 试验地设置

以草地严重沙化后形成的沙丘,并设置有不同年龄带状高立式芦苇沙障的地段作为试验样地,沙障设置时高出沙面 0.6 m,间距 4 m,在沙丘迎风坡、背风坡均有设置。样地分为 3 种类型。类型 1:沙障设置年龄为 2~3 a; 类型 2:沙障设置年龄为 4~5 a; 类型 3:对照,为未设置沙障的沙丘。

2.2 取样及土样处理

于 2003 年 8 月在各类型沙丘迎风坡、背风坡所设沙障的迎风面、背风面、两行沙障中间以及丘间低地典型地段各选 3 条样线,沿样线随机选择 12 个样点,在各样点分别取体积为 20 cm × 20 cm × 10 cm 的原状土样(供土壤种子库分析使用)和体积为 10 cm × 10 cm × 10 cm 原状土样(供土壤有机质含量、机械组成分析使用)。

将供土壤种子库分析使用的土样,放入体积为 40 cm × 30 cm × 5 cm 的培养盘中,用赤霉素打破种子休眠,摊平后在温室培养,保持土壤湿润,待可以辨别出幼苗时统计各个培养盘中的植物种类与数量,并在每次从培养盘移出全部幼苗后,翻动土壤,尽量使种子萌发完全。凡是能够发芽的种子,皆表示它具有生命力^[6]。

土壤有机质含量的测定,按照中华人民共和国林业行业标准:LY/T 1237—1999,采用容量分析法^[7];土壤颗粒分级,按照中华人民共和国林业行业标准:LY/T 1225—1999,采用美国制土壤颗粒分级标准^[8](见表 1)。

表 1 土壤颗粒分级标准

颗粒直径/ mm	颗粒分级 命名	颗粒直径/ mm	颗粒分级 命名
> 250	石块	0.25 ~ 0.1	细砂
250.0 ~ 2.0	石砾	0.1 ~ 0.05	极细砂
2.0 ~ 1.0	极粗砂	0.05 ~ 0.02, 0.02 ~ 0.002	粉(砂)粒
1.0 ~ 0.5	粗砂	< 0.002	黏粒
0.5 ~ 0.25	中砂		

3 结果与分析

3.1 土壤种子库的变化

土壤种子库是指存在于确定面积的土壤表面及其下的土层中具有活力的种子总数^[9-10]。草地植物结实后,种子以种子雨的形式降落到地面,从而进入土壤种子库,但进入土壤种子库的种子,有些种子因发育不完全,或被虫咬、霉烂等诸多因素而不能发芽生长,故这些种子实际上是不具生命力的种子,而土壤种子库中对群落的更新,真正起作用的是那些具有生命力的种子^[6]。因此,本研究通过着重分析土壤种子库中具有生命力的种子数量,以揭示不同地段植被演替的潜力情况。

3.1.1 具有生命力的种子数量的变化 从表 2 中可看出,在设有带状高立式沙障的沙丘上,土壤种子库中具有生命力的种子数量,在沙丘迎风坡和背风坡均有较明显的增加。沙障设置 2~3 a 后的沙丘,土壤种子库中具有生命力的种子数量,平均是未设沙障沙丘迎风坡的 6.8 倍,是背风坡的 1.6 倍。待沙障设置 4~5 a 后,沙丘土壤种子库中具有生命力的种子数量,平均是未设沙障沙丘迎风坡的 8.4 倍,是背风坡的 3.8 倍。另外,表 2 中还显示出,相对于沙障不同位置,土壤种子库中具有生命力的种子数量也有明显差异。在沙丘迎风坡、沙障迎风面具有生命力的种子数量明显多于背风面;在沙丘背风坡,沙障背风面具有生命力的种子数量明显多于迎风面。

表 2 设置不同年龄的带状高立式沙障对沙丘土壤种子库中具有生命力的种子数量的影响

沙障设置 年龄	迎风坡				背风坡				丘间低地
	沙障迎 风面	两沙障 中间	沙障背 风面	平均	沙障迎 风面	两沙障 中间	沙障背 风面	平均	
未设沙障	—	—	—	272	—	—	—	430	1 488
2~3 a	2 460	2 011	1 103	1 858	322	691	1 039	684	1 673
4~5 a	2 587	2 430	1 834	2 284	1 077	1 722	2 101	1 633	1 731

注:表中的数字为 12 个重复土样的平均值。

表 2 中的结果充分说明了在严重沙化草地设置带状高立式沙障,可以有效拦截风沙流中所携带的植物种子,使土壤种子库中具有生命力的种子数量明显的增多。

3.1.2 植物种类的变化 从表 3 中可看出,设置带状高立式沙障后,随着沙障设置年龄的增加,土壤种子库中植物种类发生了明显的变化。未设沙障的沙丘,土壤种子库中主要植物种为沙米 (*Agriphylum squarrosum*)、猪毛菜 (*Salsola collina*) 和沙蒿等沙生植物,仅在丘间低地的土样中含有灰藜 (*Chenopodium* sp)、雾冰藜 (*Bassia dasgphylla*) 等其它物种。沙障设置 2 ~ 3 a 后,沙丘土壤种子库中的植

物种开始逐渐丰富,尤其在沙丘迎风坡的沙障背风面和丘间低地表现明显。沙障设置 4 ~ 5 a 后,沙丘各部位土壤种子库中的植物种除进一步丰富外,在沙丘迎风坡的沙障背风面和丘间低地土壤种子库中,还开始出现了白草 (*Pennisetum centrasiaticum*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 等多年生草本植物,以及胡枝子 (*Lespedeza davurica*)、紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 等一些优良牧草,这说明该地段已具有了由沙生植被向着草地植被正向演替的潜能。

土壤种子库变化充分说明了,沙障在固定沙丘的同时,还对风沙流中所携带的植物种子有显著的拦截作用。

表 3 沙障设置不同年龄、沙丘不同位置土壤种子库组成

沙障设置年龄	迎风坡沙障迎风面	迎风坡两沙障中间	迎风坡沙障背风面	背风坡沙障迎风面	背风坡两沙障中间	背风坡沙障背风面	丘间低地
未设沙障	沙米、猪毛菜		沙米、猪毛菜、褐沙蒿			沙米、褐沙蒿、灰藜、雾冰藜	
2 ~ 3 a	沙米、猪毛菜	沙米、狗尾草、猪毛菜	沙米、褐沙蒿、猪毛菜、白草、大籽蒿	褐沙蒿、沙米、雾冰藜、扁蓿豆	沙米、褐沙蒿、狗尾草	褐沙蒿、沙米、猪毛菜、狗尾草、雾冰藜	褐沙蒿、沙米、灰藜、赖草、三芒草、雾冰藜
4 ~ 5 a	沙米、猪毛菜、褐沙蒿	褐沙蒿、沙米、灰藜	褐沙蒿、灰藜、三芒草、白草、胡枝子	褐沙蒿、二裂萎陵菜、沙米、大籽蒿、糙隐子草	褐沙蒿、沙米、雾冰藜	褐沙蒿、雾冰藜、沙米、猪毛菜	褐沙蒿、灰藜、虎尾草、糙隐子草、三芒草、胡枝子、扁蓿豆

注:表中的数据为 12 个重复土样的平均状况。

3.2 土壤有机质含量的变化

土壤有机质是土壤固相的一个重要组成部分,是植物和土壤微生物生命活动营养的重要来源,土壤有机质含量的高低,直接影响到土壤一系列物理的、化学的、生物的性质,因此,是土壤肥力及环境质量状况的重要表征,是制约土壤理化性质的关键因素^[11]。对于严重沙化的草地来讲,保持和丰富土壤有机质含量,是稳定和恢复沙化草地的先决条件。表 4 显示,设置有沙障的沙丘,土壤有机质含量较未设沙障的沙丘明显增加。

沙障设置 2 ~ 3 a 后,沙丘各部位土壤有机质含量开始显著增加,待沙障设置 4 ~ 5 a 后,沙丘迎风坡、背风坡及丘间低地的土壤有机质含量平均值分别是未设沙障的沙丘迎风坡、背风坡及丘间低地的 4.64 倍、5.87 倍和 3.07 倍。

另外,从表 4 中还可看出,设置沙障后的沙丘,相对于沙障不同位置处的土壤有机质含量,也有显著差异。在沙丘迎风坡,沙障背风面的土壤有机质含量明显高于沙障迎风面。沙障设置 4 ~ 5 a 后,沙障迎风坡的沙障背风面,有机质含量是沙障迎风面的 2.04 倍;在沙丘背风坡,沙障两侧处的土壤有机质平均含

量明显高于两沙障中间。沙障设置 4 ~ 5 a 后,沙障两侧处的土壤有机质平均含量是两沙障中间的 1.99 倍。出现这一现象的原因,一方面,由于沙障有效拦截了风沙流中所携带的植物种子后,地上植被增加,地下土壤微生物活动加强,而植被的发育,又与土壤肥力的增加相伴发展^[12];另一方面,由于沙障有明显的降低风速作用^[13],从周围草地吹来的含有大量土壤有机质的沙尘,在风速降低加之沙障的阻挡下,大量沉降。

3.3 土壤机械组成的变化

从表 5 可看出,在沙丘迎风坡,随着沙障设置年龄的增加,土壤机械组成中,极粗砂、粗砂和中砂含量从总体上来讲呈降低趋势;相反,细砂、极细砂、粉(砂)粒、黏粒含量呈增加趋势。沙障设置 4 ~ 5 a 后的沙丘迎风坡,较未设沙障的沙丘迎风坡,尽管中砂含量平均增加了 7%,但极粗砂、粗砂和中砂总体含量平均降低了 54%;相反,沙障设置 4 ~ 5 a 后的沙丘迎风坡,较未设沙障的沙丘迎风坡,尽管粉(砂)粒平均含量降低了 26%,但细砂、极细砂、粉(砂)粒、黏粒总体含量平均增加了 45% 倍。另外,表 5 中还显示出,设置沙障后,沙障不同位置处的土壤机械组成,有

显著差异。在沙丘迎风坡,沙障背风面较细的砂粒含量,明显大于沙障迎风面。如沙障设置 2~3 a 后,其背风面细砂、极细砂、粉(砂)粒、黏粒总体含量为

762.06 g/kg,是沙障迎风面该土壤颗粒范围内总体含量的 1.32 倍。但这一现象随着沙障设置年龄的增加而趋于平淡。

表 4 沙障不同年龄、沙丘不同位置土壤有机质含量

g/kg

沙障年龄	迎风坡				背风坡				丘间低地
	沙障迎风面	两沙障中间	沙障背风面	平均	沙障迎风面	两沙障中间	沙障背风面	平均	
未设沙障	—	—	—	0.44	—	—	—	0.23	0.83
2~3 a	0.80	1.41	1.23	1.15	0.82	0.37	0.81	0.67	1.65
4~5 a	1.18	2.53	2.41	2.04	1.83	0.83	1.39	1.35	2.55

注:表中的数字为 12 个重复土样的平均值。

表 5 未设沙障与不同年龄沙障沙丘迎风坡土壤机械组成

g/kg

沙障年龄	沙障部位	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉(砂)粒	黏粒
未设沙障	—	0.16	106.47	347.40	311.75	134.37	39.53	60.32
2~3 a	沙障迎风面	0.06	163.58	257.80	268.54	206.17	13.98	89.87
	两沙障中间	0.14	189.32	253.46	286.94	164.24	27.97	77.93
	沙障背风面	0.00	152.48	85.46	352.69	289.61	9.98	109.78
	平均	0.07	168.46	198.91	302.72	220.01	17.31	92.53
4~5 a	沙障迎风面	0.09	118.96	143.57	321.11	287.69	44.37	84.21
	两沙障中间	0.27	121.84	48.99	383.28	351.01	13.62	80.99
	沙障背风面	0.08	100.73	94.88	353.81	331.24	30.06	89.20
	平均	0.15	113.84	95.81	352.73	323.31	29.35	84.80

注:表中的数字为 12 个重复土样的平均值。

由表 6 可见,在沙丘背风坡,随着沙障设置年龄的增加,土壤机械组成从总体来看,仍然是较粗的砂粒含量呈降低趋势,较细的砂粒含量呈增加趋势,且粗砂、中砂和极细砂粒变化尤为显著。沙障设置 4~5 a 后的沙丘背风坡,粗砂和中砂平均含量,分别较未设沙障的沙丘背风坡降低了 55%和 35%,极细砂平均含量,较未设沙障的沙丘背风坡增加了 66%。

另外,表 6 还显示,设置沙障后,沙障不同位置处的土壤机械组成也有一定差异。在沙丘背风坡,沙障两侧处较细的砂粒含量大于两沙障中间。如沙障设置 2~3 a 后,其两侧细砂、极细砂、粉(砂)粒、黏粒平均总体含量为 880.72 g/kg,是两沙障中间该土壤颗粒范围内总体含量的 1.06 倍。但同样这一现象随着沙障设置年龄的增加而趋于平淡。

表 6 未设沙障与不同年龄沙障沙丘背风坡土壤机械组成

g/kg

沙障年龄	沙障部位	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉(砂)粒	黏粒
未设沙障	—	0.00	22.82	186.13	399.65	218.30	67.73	105.37
2~3 a	沙障迎风面	0.00	15.78	96.91	352.21	301.43	113.84	119.83
	两沙障中间	0.00	16.42	154.87	420.15	270.53	20.01	118.02
	沙障背风面	0.00	9.64	116.23	410.03	364.30	9.98	89.82
	平均	0.00	13.95	122.67	394.13	312.09	47.94	109.22
4~5 a	沙障迎风面	0.00	12.51	115.00	330.21	375.14	50.93	116.21
	两沙障中间	0.00	7.67	137.05	383.15	343.51	38.51	90.11
	沙障背风面	0.00	10.35	111.40	366.07	368.26	64.65	79.27
	平均	0.00	10.18	121.15	359.81	362.30	51.36	95.20

注:表中的数字为 12 个重复土样的平均值。

由表 7 可见,在设置沙障沙丘的丘间低地,随着沙障设置年龄的增加,土壤机械组成中,除了粗砂、中砂等较粗的砂粒含量显著降低外,粉粒也明显降低,

另外,极细砂和黏粒含量明显增加。从总体看,仍呈现出随着沙障设置年龄的增加,土壤机械组成中较粗的砂粒含量减少,较细的砂粒含量增加的规律。设置

4~5 a 沙障的沙丘,其丘间低地,粗砂和中砂总体含量为 204.58 g/kg,较未设沙障的沙丘同比降低了

39%;细砂、极细砂、粉粒、黏粒总体含量为 795.42 g/kg,较未设沙障的沙丘同比增加了 19%。

表7 未设沙障与不同年龄沙障沙丘间低地土壤机械组成

沙障年龄	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉(砂)粒	黏粒
未设沙障	0.00	91.12	243.19	336.60	232.47	50.26	46.36
2~3 a	0.00	63.82	156.16	385.94	280.24	5.99	107.85
4~5 a	0.00	60.18	144.40	392.00	305.49	16.30	81.63

注:表中的数字为 12 个重复土样的平均值。

4 结 论

(1) 在严重沙化草地设置带状高立式沙障,可有效拦截风沙流中所携带的植物种子,使土壤种子库中具有生命力的种子数量增多。沙障设置 4~5 a 后,沙丘土壤种子库中具有生命力的种子数量均是未设沙障沙丘的迎风坡的 8.4 倍,是背风坡的 3.8 倍。

(2) 在严重沙化草地设置带状高立式沙障可使土壤种子库中植物种明显丰富,且在沙丘迎风坡的沙障背风面和丘间低地土壤种子库中,开始出现了白草等多年生草本植物,以及胡枝子、紫花苜蓿等一些优良牧草,使该地段具有了由沙生植被向草地植被发生正向演替的潜能。

(3) 在严重沙化草地设置带状高立式沙障,可使土壤有机质含量显著增加。沙障设置 4~5 a 后,沙丘迎风坡、背风坡及丘间低地的土壤有机质含量,平均分别是未设沙障的沙丘迎风坡、背风坡及丘间低地的 4.64,5.87 倍和 3.07 倍。

(4) 设置带状高立式沙障后的沙丘,在沙丘迎风坡,沙障背风面的土壤有机质含量明显高于沙障迎风面。沙障设置 4~5 a 后,沙障迎风坡的沙障背风面,有机质含量是沙障迎风面的 2.04 倍;在沙丘背风坡,沙障两侧处的土壤有机质含量,明显高于两沙障中间,沙障设置 4~5 a 后,沙障两侧处的土壤有机质平均含量,是两沙障中间的 1.99 倍。

(5) 在严重沙化草地设置带状高立式沙障,沙丘各部位土壤颗粒均有减小的趋势,即较粗的砂粒含量减少,较细的砂粒含量增加,且这一现象在沙丘迎风坡表现得尤为明显。沙障设置 4~5 a 后,沙丘迎风坡、背风坡和丘间低地,极粗砂、粗砂和中砂总体平均含量,分别较未设沙障沙丘的迎风坡、背风坡和丘间低地降低 54%,37%和 39%;细砂、极细砂、粉粒、黏粒平均总体含量同比增加 45%,10%和 19%。

(6) 设置带状高立式沙障后的沙丘,在沙丘迎风坡,沙障背风面较细的砂粒含量,大于沙障迎风面。沙障设置 2~3 a 后,其背风面细砂、极细砂、粉(砂)粒、黏粒总体含量为 762.06 g/kg,是沙障迎风面该土

壤颗粒范围内总体含量的 1.32 倍;在沙丘背风坡,沙障两侧处较细的砂粒含量,大于两沙障中间,沙障设置 2~3 a 后,其两侧细砂、极细砂、粉(砂)粒、黏粒平均总体含量为 880.72 g/kg,是沙障迎风面该土壤颗粒范围内总体含量的 1.06 倍。这一现象随着沙障设置年龄的增加而趋于平淡。

[参 考 文 献]

- [1] 曹晔,杨玉东.论中国草地资源的现状、原因与持续利用对策[J].草业科学,1999,16(4):1—6.
- [2] 张连义.对草地的科学开发与利用的几点想法[J].科学管理研究,1999,17(4):57—58.
- [3] 张国平,刘纪远,等.中国风蚀景观面积变化与地表风场强度的关系[J].地理学报,2002,57(1):1—10.
- [4] 马玉明.内蒙古资源大词典[M].内蒙古人民出版社,1999.102—107.
- [5] 崔岩,山广君,等.内蒙古陈巴尔虎旗沙化土地现状及治理浅析[J].内蒙古林业调查设计,2001,24(3):14—15.
- [6] 包青海,仲延凯,孙维,等.割草干扰对典型草原土壤种子库种子数量与组成的影响——具有生命力的种子数量及其垂直分布[J].内蒙古大学学报(自然科学版),2000,31(1):93—97.
- [7] 中华人民共和国林业行业标准森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算[S].LY/T 1237—1999.
- [8] 中华人民共和国林业行业标准森林土壤机械组成(机械组成)的测定[S].LY/T 1225—1999.
- [9] Big wood D W, Inouye D W. Spatial pattern analysis of seed bank: An improved method and optimized sampling[J]. Ecology, 1988,69(2):497—507.
- [10] Vander et al. The role of seed banks in the vegetation dynamics of prairie glacial marshes[J]. Ecology, 1978,59:322—325.
- [11] 北京林业大学.土壤学[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [12] 川锅佑夫,南寅镐,张素君,等.沙化草地恢复过程中植被及土壤的变化[J].水土保持科技情报,2000(4):16—20.
- [13] 李生宇,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.