

# 吉林省西部沙地风蚀防治技术研究

刘艳军<sup>1</sup>, 吴立军<sup>1</sup>, 田立生<sup>1</sup>, 高学刚<sup>2</sup>, 高凤艳<sup>2</sup>, 张力辉<sup>1</sup>

(1. 吉林省水土保持科学研究院, 吉林 辽源 136200; 2. 辽源市水利勘测设计院, 吉林 辽源 136200)

**摘要:** 吉林省西部沙地风蚀危害严重, 是重点的风沙治理区。而在各类风成地貌中, 流动沙丘、半流动沙丘, 风蚀耕地是治理的重点和难点, 通过多年来的试验研究提出适用于上述地区条件的风蚀防治技术, 为吉林省西部沙地生态恢复及当地经济的可持续发展探索有效途径。

**关键词:** 沙地; 风成地貌; 生态恢复; 吉林省; 风蚀

**中图分类号:** S 157.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2004)01-0053-03

## Research on Controlling Technique of Wind-erosion Sandy Land in the Western of Jilin Province

LIU Yan-jun<sup>1</sup>, WU Li-jun<sup>1</sup>, TIAN Li-sheng<sup>1</sup>, GAO Xue-gang<sup>2</sup>, GAO Feng-yan<sup>2</sup>, ZHANG Li-hui<sup>1</sup>

(1. Academy of Science Research of Soil and Water Conservation of Jilin Province, Liaoyuan 136200, Jilin, China;

2. Liaoyuan Academy of Surveys and Design of Water Conservancy, Liaoyuan 136200, Jilin, China)

**Abstract:** The situation of wind-erosion sandy land of the western of Jilin Province is serious, need to be managed. But in various wind erosion types, moving dune, semi-moving dune, wind-eroded farmland are the controlling points. Through years' experiments, the applicable prevention and controlling technique was put forward, which is an effective way to recover ecology and to develop sustainable economy in the west Jilin.

**Key words:** sandy land; wind erosion geography; ecosystem recovery; Jilin Province; wind erosion

风沙危害是当今人类面临的严重环境问题之一, 防治土地沙漠化是摆在科研工作者面前的一大课题。吉林省西部沙地土壤风蚀严重, 现有风蚀面积 157.8 万  $\text{hm}^2$ , 占全省幅员面积的 18.1%。其中, 流动沙丘面积 3 371  $\text{hm}^2$ 、半流动沙丘面积 80 286  $\text{hm}^2$ 、风蚀耕地面积 829 900  $\text{hm}^2$ , 分别占风蚀总面积的 0.21%、5.08%、52.53%。虽然流动沙丘、半流动沙丘所占比例较小, 但其对生态环境破坏较大, 是治理的难点。风蚀耕地所占的比重较大, 对当地农业生产影响深远, 是治理的重点。多年来, 当地群众已经积累了许多治沙经验, 出现了一些成功典型, 但以往的治理多限于单项措施的运用, 不系统配套, 发挥不了整体功能, 效果较差。风沙区的治理开发, 应由以往的单一粗放型向集约型转变, 采用集中连片复合型技术治理, 形成规模化开发防治, 发挥出整体功能效益, 加速沙地资源的开发利用, 实现资源、环境与当地经济的可持续发展。1990 年以来, 我们对吉林省西部风蚀区进行了治理技术研究, 形成了适于当地条件的治理-开发-经营模式。这对改善风沙区的生态环境, 繁荣农村经济, 具有深远意义。

### 1 区域概况

吉林省西部沙地位于北纬  $43^{\circ}59' \sim 46^{\circ}18'$ , 东经  $121^{\circ}58'$

$\sim 129^{\circ}11'$  之间, 沙地总面积为 475 万  $\text{hm}^2$ , 风蚀总面积 157.8 万  $\text{hm}^2$ , 为科尔沁沙地东末端和松嫩沙地的一部分。地势西北高, 中间低, 中南略为隆起, 海拔 180~600 m。年均气温  $4.4^{\circ}\text{C}$ , 年降水量 350~500 mm, 干燥度 1~1.5, 年蒸发量 1 846.1 mm, 年均风速 3.4~4.4 m/s, 极大风速在 40 m/s 以上, 8 级以上风日年均 46 d, 以 3~5 月份最多, 平均达 27 d, 且多为西南风, 频率为 51%, 各月都有出现风沙天气的可能, 3~6 月份扬沙天气年均出现 13.3 d, 占全年 15.3 d 的 87%, 沙尘暴 9.2 d, 占全年 9.6 d 的 96%。该区主要成土母质为第四纪全新统(Q<sub>4</sub>)风积沙, 其结构疏松, 通气性好, 养分含量低、蓄水保肥力差、易受风蚀。该区属典型的半干旱、半湿润大陆性季风气候区。

### 2 沙地防治技术

#### 2.1 流动沙丘治理技术

流动沙丘治理根据沙丘成因和风蚀现状, 结合当地的自然条件和社会经济条件, 遵循因地制宜、因害设防的原则, 坚持治理与开发并重, 生物措施与工程措施结合, 以生物措施为主的指导思想, 对治理区进行总体规划。治理时迎风坡和丘顶同期治理, 各项措施同期布设到位, 形成一个“前挡后

<sup>1</sup> 收稿日期: 2003-08-08

作者简介: 刘艳军(1965-), 男, 吉林省辽源市人, 工程师, 从事水土保持科研和咨询工作, 发表论文 20 余篇。

拉, 网格沙障, 林草覆盖, 乔、灌、草相结合”的复合型生态防护体系, 使生态快速恢复。

2.1.1 前挡

在流动沙丘迎风坡前沿, 沿坡脚方向设置防风林带, 林带栽植 6~8 行, 相邻行树成品字形排列, 株行距为 1.5 m×1.5 m。林带结构为疏透结构, 树种采用速生杨, 局部低洼处栽植柳树, 也可在林带外设置刺槐围栏。该项措施起减缓沙丘迎风坡地表风速, 压住风头, 减轻迎风坡地表风蚀的作用。

2.1.2 后拉

在流动沙丘落沙坡前沿, 距流动沙丘落沙坡坡脚 8~10 m, 沿坡脚方向设置防风林带, 林带栽植 6~8 行, 相邻行树成品字形排列, 株行距为 1.5 m×1.5 m。林带结构为疏透结构, 树种采用杨树、刺槐等适宜沙地生长的乔木。刺槐做林带, 同时可起到生物围栏的作用。该项措施对落沙坡起紊流、耗散风能及拉平丘顶、降低沙丘高度和阻挡沙丘前进的作用。

2.1.3 沙障

风沙运动是一种贴近地表的沙粒搬运现象, 气流搬运的沙量 98% 集中于 0~20 cm 的气流层内, 而单条沙障的有效防护宽度为沙障高度的 10 倍左右, 平均降低风速 52.5%。根据沙丘不同区域风力侵蚀强度, 结合治理实际, 对流动沙丘治理采取以下 4 种类型沙障。

(1) 玉米秸卧式网格沙障。沙丘上部为风力侵蚀最强烈区域, 直接采用生物措施恢复植被难度非常大, 须采用工程防护措施才能恢复植被, 本项治理采用在沙丘上部设置玉米秸卧式网格沙障技术防治风蚀危害。网格沙障的一边与等高线平行, 地上部露于地面 20 cm, 网格规格为 2 m×2 m, 整体捆绑成一个稳定体系。

(2) 生物带状沙障。流动沙丘迎风坡下部虽然较丘顶风蚀轻许多, 但风力侵蚀仍很严重, 应需要采取措施后再恢复植被。本项治理技术在迎风坡下部布设生物带状沙障减小地表风速, 减少地表风蚀量。沙障选用耐风沙的黄柳树种, 走向与等高线平行, 带距 10 m, 株距 1.5 m, 栽植深度大于 40 cm, 地上部株高大于 1 m。

(3) 生物网格沙障。为了进一步控制风蚀和在玉米秸沙障(有效期 2 年)腐烂后仍能有效的防止地表风蚀, 保护植物正常生长, 在迎风坡中、上部和丘顶设置生物网格沙障, 树种为紫穗槐。沙障的一边与等高线平行, 规格 10 m×10 m, 株距为 3 m, 栽植深度大于 30 cm, 地上部株高 1 m 以上。网格沙障能有效防护不同方向的风, 对各个方向的来风都具有相同的防护作用。

(4) 机械立式沙障。在风口处布设立式机械沙障, 材料为树木枝条, 露出地面 0.5 m 以上, 扦插深度大于 40 cm, 沿等高线平行布设成带状, 带距 1 m。露出地面 1 m 以上。

2.1.4 林草覆盖、乔、灌、草结合

流动沙丘治理, 主要是以生物措施为主。而各种治理措施同期布设, 则保证在最短时间内有效地改善沙丘生态环境。沙丘内各类沙障布设后, 在迎风坡和丘顶的机械网格沙障中央营造乔木(刺槐和杨树)固沙林; 在迎风坡固沙林行间

条播牧草(沙打旺), 形成 2 m×2 m 的草方格; 在丘顶固沙林行间条播灌木带(花棒); 在落沙坡沿等高线带状播种灌木锦鸡儿带护坡, 带距 1 m。形成了以沙障护沙、林草固沙、乔、灌、草相结合的立式多层次防护体系。从而提高了沙丘的抗蚀性, 促进了沙丘土壤理化性质的改善, 也为流动沙丘的开发利用奠定了基础。

2.2 半流动沙丘治理技术

半流动沙丘生态脆弱, 可缩性大, 如果对其治理和管护不当, 则极易演变成成为风蚀劣地或流动沙丘。但其立地条件、土壤养分条件和土壤结构都较流动沙丘好, 有开发利用的价值, 所以半流动沙丘治理的目的是促使生态环境向良性转化, 恢复土地的生产能力, 使其转变为固定沙丘并得到开发利用, 所以半流动沙丘的治理要注重经济效益, 要按照治管并重, 根据沙丘的水土资源做好整体规划, 村、田、路、渠综合配套, 调整土地利用结构, 农、林、牧、副相结合, 营造防护林、用材林和经济林, 并因地制宜播种牧草, 根据沙丘独立并有一定面积, 适于分户治管的特点, 可以实行庄园式集约经营。头三年进行大面积治理, 完成任务的 80% 以上, 后期以管护为主, 探索半流动沙丘治理一开发一管护的模式, 防止脆弱的生态环境再被破坏。

2.2.1 坡脚工程

坡脚工程的作用一是削减风速、阻断沙源, 二是形成明显地界, 防止人畜对沙丘的破坏。坡脚工程由三部分组成:

(1) 拦沙壕。是防风阻沙的前沿, 根据条件和施工能力而定, 可以挖成深、宽各 1 m 的土沟, 把土堆在里侧成 80 cm 左右高的土埂。也可以采用拦沙墙的方式。

(2) 生物围栏。布设在拦沙壕里侧, 树种采用的是沙棘, 2~4 行, 株行距 0.5 m×0.5 m。

(3) 坡脚防护林。坡脚防护林布设在沙棘生物围栏的里侧, 树种采用当地速生杨树, 栽植 4 行, 株行距 2 m×2 m。

2.2.2 坡面固沙措施

沙丘坡面按主害风向分为迎风面、背风面、侧风面和丘顶平缓地带。由于不同坡面受风力侵蚀状况有较大差异, 其土壤、水分等因子差异较大。因此, 根据实际情况采取相应的治理措施进行治理。

(1) 迎风坡面。迎风坡面受风力作用时间长, 风力作用强度大, 风蚀严重, 土壤极为贫瘠。治理采用林草结合措施, 乔、灌、草相结合固沙。乔木固沙林树种采用杨树, 株行距 2 m×2 m。林下种草, 品种采用沙打旺等沙生植物。

(2) 侧风面。侧风面较迎风面风蚀程度轻, 土壤条件也较迎风面好, 主要以种植牧草为主(草木樨、沙打旺等), 间植灌木(如柠条 2 m×2 m)。

(3) 背风面。背风面产生堆积, 土壤、水分条件较迎风面和侧风面好, 主要栽植用材林来固沙。主要品种可采用白城杨、赤峰杨、小成黑杨等。

(4) 丘顶平缓地带。半流动沙丘丘顶一般地势平坦、开阔, 土壤条件也较好, 有发展农业的条件, 但必须采取相应的防护措施, 具体如下。

<sup>1</sup> 防护林网。春季是风力最活跃季节, 50%~67% 的风力

蚀主要发生在这段时间。在沙丘丘顶平缓地带上设主、副林带,主林带与主害风向垂直(或大角度相交),间距为 150 m,副林带与主林带垂直,间距 200 m。具体实施中,可结合农用道路布设防风林带,树种采用当地速生乔木树种。

° 农业耕作措施。农田防护林带布设大大降低了地表风速,减轻了风蚀,但林带的防风效益随距离的增加明显减小,防风林网内地表仍产生较严重风蚀。为进一步控制风蚀,对风蚀较严重的耕地采用草粮轮作技术(草、粮各四垄间作两年,轮作两年,以次类推),对风蚀较轻耕地采用玉米、小麦间作技术(一垄小麦四垄玉米,小麦出苗早,起沙障作用,减轻地表风蚀,保护玉米幼苗),或造灌木沙障拦沙(紫穗槐沙障,带距 10 m、株距 15 cm,走向与垄向相同),也可种植多年生植物(如甘草)。在条件允许情况下可发展果树,以提高风蚀期地表植被度,减轻风蚀。此处,结合上述措施采用早膜覆盖技术,截流利用融化雪水,在地表解冻 15 cm 时扣膜,保持春季干早期耕层土壤水分,提高出苗率(打孔插种),减少裸露地面,进而减少地表风蚀。

### 2.2.3 庄园式集约经营

吉林省西部半流动沙丘一般单个控制面积较大,可以以每个沙丘为单元进行综合治理,对其林、田、路、渠、住宅等实行统一规划、统一管理,使沙丘形成一个统一的生态、经济体系,并使其空间结构、营养结构和能量结构趋于合理。形成庄园式集约经营模式,实现沙丘资源的可持续发展。具体措施可根据实际情况确定。

### 2.3 风蚀耕地治理技术

风蚀耕地在吉林省西部沙地广泛分布,是制约当地经济发展的关键所在,所以风蚀耕地是风蚀治理的重点。治理的主要措施是改垄、免耕、早膜覆盖、草粮间作,设置防风林带等,具体治理技术如下。

#### 2.3.1 改垄

垄向对地表风蚀有重要影响,据试验研究,垄向垂直于主害风向与顺风垄向相比较,地表粗糙度提高 0.2~0.4 cm,起沙风速提高 0.5~0.7 m/s。据测得风玫瑰图,吉林省西部沙地风蚀区主害风向为 WS,因此本治理措施要求垄向为 WN- ES 或垄向与主害风向大角度相交(大于 45°)。

#### 2.3.2 免耕

春季是风蚀最严重的季节,也是干早期,为了不扰动地表耕层和保持耕层水分,减少风蚀量,提高作物出苗率,采用免耕法治理风蚀耕地,即在春季耕种时不进行翻耕,作物直接种植在垄沟内。据试验,本项技术可提高出苗率 15%~20%。

#### 2.3.3 早膜覆盖

早膜覆盖技术就是在早春地表解冻 15 cm 左右时覆地膜,利用桃花雪水,提高耕层土壤水分,减少地表裸露,从而减少了地表风蚀量。播种时采用打孔种植。通过试验,本项技术可提高出苗率 20%~25%,粮食产量提高 25% 左右。

#### 2.3.4 草粮间作

对风蚀严重的风蚀耕地采取草粮间作技术,利用草带起沙障作用,提高地表粗糙度和起沙风速,减轻地表风蚀。草

粮间作根据当地实际情况,采用草、粮各 4 垄间作 2 年,轮作 2 年,而后循环。

#### 2.3.5 生物沙障

沿主害风向垂直方向(与垄向相同)布设立式灌木沙障,沙障高 1 m,沙障带距 10 m,沙障株距 0.15 m。本区所选用的材料有紫穗槐、锦鸡儿、杠柳、枯树枝等。

#### 2.3.6 农田防护林网

春季为风力最活跃季节,风蚀发生主要在这期间。据试验测定,无叶期防护林在林带背风面树高 15 倍范围内平均降低风速 22.2%。其中树高 3~5 倍处防风效果最显著,平均降低风速 51.0%,15 倍树高处降低风速 17.0%;迎风面受树高影响,树高 3~5 倍范围内也出现一个低压区,平均降低风速 35.4%。根据上述研究成果,结合该区实际,风蚀耕地设主、副林带,主林带与主害风向垂直或大角度相交,间距 150 m。副林带与主林带垂直,间距 200 m。林带布设可结合农田道路,一般为 4 行,道路两侧每侧 2 行,选用树种为杨树,株行距为 2 m×2 m。

## 3 效益分析

吉林省西部沙地风蚀区经采用上述治理技术后,生态环境得到快速改善,风沙危害大大降低,沙地资源得到充分利用,经济效益、社会效益和生态效益显著。现以吉林省双辽县那木风蚀小流域治理为例进行各项效益分析。

### 3.1 生态效益

#### 3.1.1 防风固沙效益

随着那木风蚀小流域生态环境的不断恢复,流域下垫面性质和风沙运动条件也有显著改善,各项治理措施发挥了显著的防风固沙作用。

表 1 不同下垫面地表侵蚀量							cm
观测时间 (年月日)	沙丘裸地 (对照)	甘草地	向日葵	灌木林地	草地	乔木林地	
1994-02-25 ~1994-06-30	观测	- 2.4	- 0.2	- 1.3	+ 0.2	+ 0.4	+ 0.1
	实测	- 0.9	- 0.2	- 0.3	0	+ 0.3	+ 0.4
	平均	- 2.1	+ 0.1	+ 0.5	+ 0.1	+ 0.4	0
1994-02-25 ~1995-02-25	观测	- 1.8	- 0.1	- 0.4	+ 0.1	+ 0.4	+ 0.2
	实测	- 2.4	+ 2.1	+ 0.2	+ 0.4	+ 0.4	+ 0.1
	平均	- 1.9	- 1.1	- 0.5	+ 0.3	+ 0.9	+ 0.8
春季/全年/%	观测	- 3.8	- 1.8	- 1.9	- 0.2	+ 1.3	+ 0.1
	平均	- 2.7	- 0.2	- 0.7	+ 0.2	+ 0.8	+ 0.3
春季/全年/%	67	50	57	50	50	67	

注:“+”为堆积,“-”为剥蚀。

由表 1 可以看出,在自然条件相同的情况下,沙丘裸地(对照)、甘草地、向日葵地均产生了侵蚀,但甘草地、向日葵地侵蚀轻微,全年剥蚀深小于 1 cm,与裸地相比春季、全年分别减少风蚀量 94%、78%和 93%、74%,沙丘裸地产生中度侵蚀,全年剥蚀深 0.9~3.8 cm;灌木林地、甘草地、乔木林地植被率高,加之枯叶期有地被植物保护,故地表风速远远小于旷野风速,风沙流过时其沙粒留于地表,产生堆积,全年堆积厚度分别为 0.2、0.8、0.3 cm。表 1 数据还表明,春季为主要风蚀期,其侵蚀量占全年侵蚀量的 50%~67%。

地膜覆盖等措施。防止和治理各种城乡环境污染,加强生态工程建设,总结经验。应该结合现在的退耕还林(牧)工程、“三北”防护林四期工程、水土保持工程、防沙治沙工程,整治国土,我国从 1999~2002 年退耕还林面积达 644 万 hm<sup>2</sup>,该工程成功的关键是把退耕还林与农民的吃饭、烧柴,增收以及地方发展经济紧密结合起来,因此,全面规划,分期实施综合生态环境建设系统工程。<sup>4</sup> 加强减灾的科学研究。从政策倾斜等措施调动现有科研单位和科研人员的积极性,组织联合攻在,解决当前急需解决的难题,同时开展减灾知识宣传普及工作,逐步提高全民族的减灾意识。系统地建立和巩固减灾基础。自然灾害就是生态环境超常变异的负效应,而生态环境各组成要素是互相联系,互相制约的,因而具有优良

参考文献:

[ 1] 赵永新.中国步入绿色时代[ N]. 环球日报,2002-10-31( 21).  
[ 2] 江泽民.在全球环境基金第二届成员国大会上的讲话[ J]. 生态环境与保护,2003, ( 1): 1.  
[ 3] 陈广会,曲福田. 山东耕地资源价值评估研究[ J]. 中国人口资源与环境, 2003, 13(1): 25- 30.  
[ 4] 韦荣华. 2002 年林业十大看点[ J]. 中国林业, 2003, ( 1): 1.  
[ 5] 祝列克. 新世纪初全国防沙治沙工作的基本思路[ J]. 中国林业,2002, ( 6): 3- 5.

( 上接第 55 页)

3. 1. 2 小气候条件的改善

下垫面性质的改善,削弱了风对近地表层沙粒的作用,同时削弱了风的湍流作用,使植物蒸腾水分不易散失,同时又消耗了大量气化热,形成了低温高湿的气候环境。

表 2 不同下垫面小气候比较

项目	沙棘灌木林			杨树乔木林			草地			
	林内	林外裸地	林内较林外增减/%	林内	林外裸地	林内较林外增减/%	草地	裸地	草地较裸地增减/%	
地温/℃	5 cm	22.0	28.0	- 21.4	28.5	33.0	- 13.6	24.9	35.0	- 28.9
	10 cm	17.5	22.7	- 22.9	16.9	25.5	- 33.7	21.0	27.0	- 22.2
	15 cm	14.5	16.2	- 10.5	13.2	21.5	- 38.6	17.0	22.0	- 22.7
气温/℃	湿球	20.5	21.2	- 3.3	15.9	17.5	- 9.1			
	干球	26.5	29.5	- 10.2	23.6	26.9	- 12.3			
风速/(m·s <sup>-1</sup> )	0.8	1.4	- 42.9	0.5	1.8	- 72.2				

注:调查时间为 1995 年 9 月,“ - ”为减少,气温、风速测定高度为距地面 1 m。

表 2 是对不同下垫面情况下风速、气温和不同深度沙层地温进行测试的结果,并和同等条件下裸地(对照)进行对比。可以看出,沙棘灌木林内风速降低了 42. 9%,地温降低了 10. 5%~22. 9%,干湿球温度分别降低了 10. 2%和 3. 3%;杨树乔木林内风速降低了 72. 2%,地温降低了 13. 6%~38. 6%,干湿球温度分别降低了 12. 3%和 9. 1%;草地地温降低了 22. 2%~28. 9%。

3. 2 经济效益

那木风蚀小流域经过综合治理,已产生显著的经济效益。表 3 为经济效益预测结果。分析中按通常乔木(杨树、刺槐)12 年成林,结合 1995 年生态调查,推算出流域 12 年累

结构的生态环境,具有抵御变异的自组织能力。<sup>1</sup> 完善各级政府为主导的综合落实管理系统。对以行政管理为主的现行模式辅以专家系统,健全环境管理的法律,制度和规范,提高其科学性、权威性和可行性,强化环境管理的协调、监督、奖惩和宣传机制,推动环境管理的进一步完善,促进环境管理方式由部门、区域、环节、学科相分离的封闭式单项管理向综合、系统、协调、全面的开放式管理方向发展。<sup>2</sup> 进行综合治理。寻找可持续发展工业化道路,加快工业部门的产业结构调整 and 工业改造,推行洁净生产,建立现代工业新文明,建设生态农业,合理利用生物资源、水资源、土地资源和能源,大力发展生物技术,转变人们的消费模式和观念,推行绿色生产,进行绿色设计,提倡绿色消费,积极进行国际环境合作。

计产生的经济效益。

表 3 经济效益分析

项目	农业	乔木	灌木	饲草	合计
面积/hm <sup>2</sup>	50	50	20	30	150
总投入/万元	233. 3	10. 0	5. 8	17. 5	266. 6
总产值/万元	597. 2	168. 4	69. 7	57. 6	892. 9
净产值/万元	363. 9	158. 4	63. 9	40. 1	626. 3
产投比	2. 6 : 1	16. 8 : 1	12 : 1	3. 3 : 1	
每公顷年均净产值/万元	0. 6 065	0. 2 640	0. 2 663	0. 1 108	

参考文献:

[ 1] 刘艳军,刘明义,等. 安其海半流动沙丘治理措施研究[ J]. 中国水土保持,1996, ( 4): 44- 46.  
[ 2] 刘艳军,王跃邦,等. 那木风蚀小流域治理措施研究[ J]. 中国水土保持,2000, ( 7): 34- 36.  
[ 3] 刘艳军,刘明义,等. 花棒带状沙障防风固沙试验研究[ J]. 中国水土保持,1997, ( 4): 23- 25.