

# 团体标准

T/SEEPLA 11—2025

## 川西北风水复合侵蚀重度沙化草地生态修复技术指南

Technical guidelines for ecological restoration of severely desertified grassland under wind-water compound erosion in northwestern Sichuan

2025 - 12 - 09 发布

2025 - 12 - 09 实施

四川省生态环境政策法规研究会 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本原则 .....	1
5 技术流程 .....	2
6 区域风水复合侵蚀力控制 .....	2
7 沙化草地分区 .....	3
8 土壤改良和植被恢复措施 .....	4
9 管护 .....	7
10 监测与效果评估 .....	7
附录 A（资料性） 川西北沙化草地适生植被推荐 .....	9
参考文献 .....	10

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由四川省环境政策研究与规划院提出。

本文件由四川省生态环境政策法制研究会归口。

本文件起草单位：四川省环境政策研究与规划院、四川省自然资源科学研究院、西南民族大学、四川九哈科技股份有限公司。

本文件主要起草人：王恒、谷丰、陈友军、涂卫国、周青平、任春坪、罗雪梅、汪辉、王博、苟小林、张伟、易波、张晓明、罗媛凤、田梦莎。

# 川西北风水复合侵蚀重度沙化草地生态修复技术指南

## 1 范围

本文件规定了川西北地区湿润和半湿润区工程建设破坏下风水复合侵蚀重度沙化草地土壤和植被快速恢复的相关技术，包括基本原则、技术流程、区域风水复合侵蚀力控制、沙化草地分区、土壤改良和植被恢复措施、管护、监测与效果评估等要求。

本文件适用于年降水量高于400mm的川西北地区风水复合侵蚀下土壤和植被的快速恢复。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 6000—1999 主要造林树种苗木质量分级
- GB 6142—2008 禾本科草种子质量分级
- NY/T 525—2021 有机肥料
- DB51/T 1892 川西北地区沙化土地治理技术规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**重度沙化草地** severely desertified grassland

在各种气候条件下，由于各种因素形成的、表面呈现流沙纹理、植被盖度低于25%的退化草地。

### 3.2

**人工技术土壤** constructed technosoils

采用秸秆、农林废弃物、天然矿物质等为原材料，经过混合、发酵等过程人为制造的技术新成土，主要包括颗粒状的人工黑土、经优化组配和机械压制形成的具有一定强度的固型人工黑土，以及其他以农林废弃物为主要原料生产的植物生长基质材料。

### 3.3

**人工黑土** constructed black soil

利用天然矿物质、天然有机物和微生物菌群改良或合成的，有机质含量大于30%，颜色为深棕色或深褐色的一种团聚体颗粒状的人工技术土壤。

## 4 基本原则

**4.1 循环利用原则。**土壤改良以施用有机肥料或以有机质含量高的人工技术土壤为主，一般不使用化学肥料。

**4.2 安全环保原则。**施用的有机肥料或使用的人工技术土壤应符合相关环保要求，避免对草场生态环境的破坏。

4.3 乡土适应原则。植被恢复应使用适应川西北沙化草地高海拔、寒冷、贫瘠、季节性干旱的生长环境。

### 5 技术流程

以工程建设扰动区周边流动沙地地块为基本单元，通过植物沙障和机械沙障相结合的方式，在沙化草地的上风位置布设防风带，在易受冲刷的重点区域上游设置径流疏导带，以有效控制沙化草地的风水侵蚀；根据沙化草地坡度以及沙化情况的不同，将地块划分为陡坡流沙区、缓坡流沙区、平坦泥沙沉积区等3个修复区域，分别制定相应的生态修复策略（增施有机肥、铺设人工土壤、栽植灌木、撒播草种等）；植被恢复完成后开展对流动沙地进行围栏封禁和植被管护，定期监测地块草地生态恢复效果，并根据监测情况开展补种补植等措施。技术流程见图1。

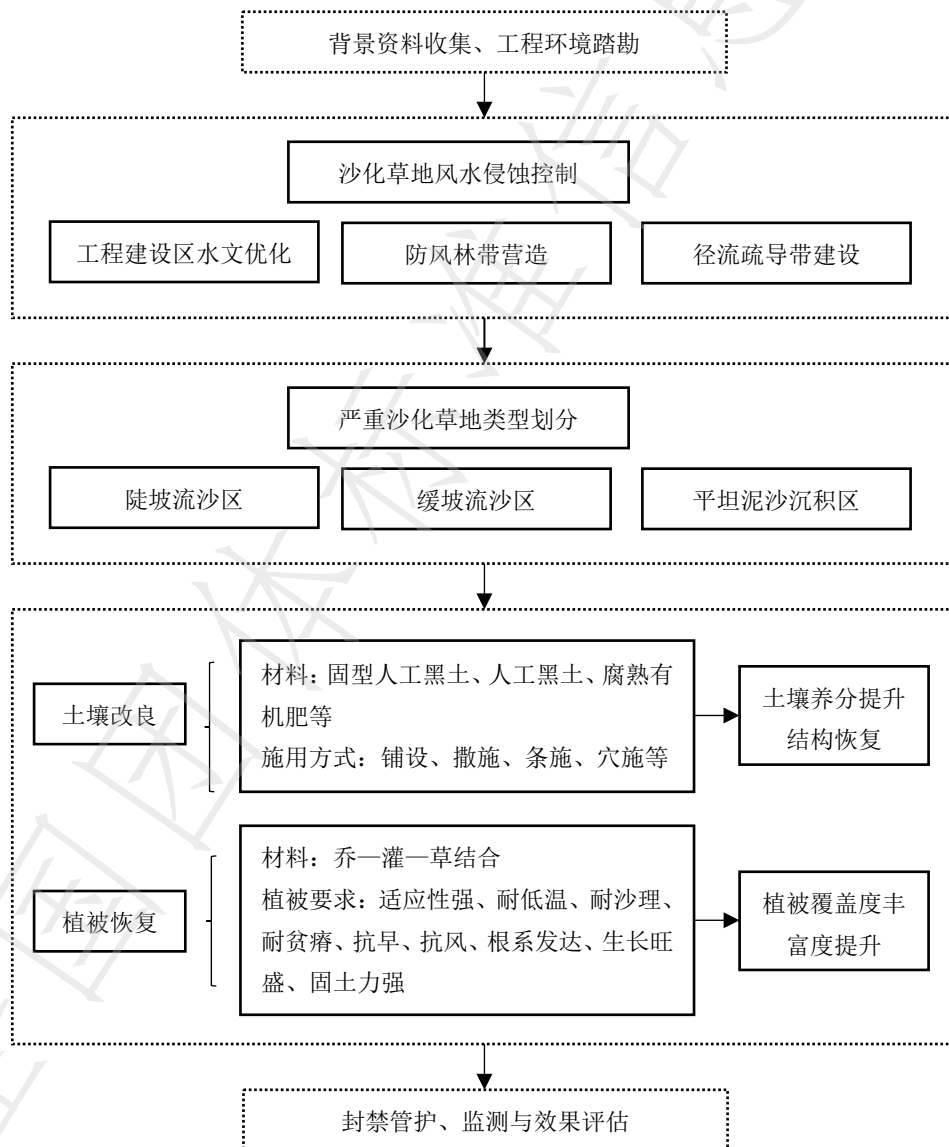


图1 沙化草地土壤改良与植被恢复技术流程图

### 6 区域风水复合侵蚀力控制

## 6.1 工程建设区域径流水文引导

对于硬化道路、铁路等建设工程损毁区域，需对硬化路面径流开展完善收集，并引流至原有河流、涵洞或区域最低点，防止硬化路面径流集中冲刷对下游草地造成破坏。

## 6.2 径流疏导带建设

### 6.2.1 位置选择

现场踏勘项目区地形地势，明确地表径流汇集方向和冲刷重点区域。在冲刷重点区域上游横向布设径流疏导带，对集中的水流进行疏导和分散，避免水力侵蚀力过大。

### 6.2.2 建设尺寸

每行疏导带间隔2m左右，高10cm~20cm。疏水带的长度应大于地面径流冲沟的宽度，宜布设5~10行。

### 6.2.3 建设要求

根据治理区域的水流环境，在治理区的水沟和冲积扇内，模仿树叶叶脉的结构、梯级布设径流疏导带，形成主次分明、相互连通的微地形网络，将强降雨时的地表径流从水沟入水口逐步分散，削弱水流动能，减轻水蚀作用，增大水流的有效消纳面积。径流疏导带可因地制宜进行鱼鳞坑、梯田等微地形改造，如水流冲击较大也可少量使用沙袋或者固型人工黑土进行水流分散。在径流疏导带之间的沙化草地上撒施人工黑土，施用量1cm~2cm，撒播多年生草籽10kg/亩，形成具有海绵般储水供水功能的沙地保水区，达到径流疏导和水源供给的效果。

## 6.3 防风林带建设

### 6.3.1 位置选择

根据区域气象历史监测数据获取项目区总体风向，并现场根据地形走势和沙地波纹走向确定主要风向。选择在沙化严重并对沙化治理成果构成威胁的上风向外围地段实行。

### 6.3.2 建设尺寸

视沙化区的大小和风沙危害程度而定，沙化越严重、面积越大，防风林带越宽。防风林带宽度宜10m~15m，长度应宽于沙化区长度，并呈环带状布设。

### 6.3.3 植被选择

造林树种以乔灌木混交林为主，林下撒播多年生混合草种。推荐的乔木、灌木和草本的种类见附录A。

### 6.3.4 建设要求

6.3.4.1 防风带横向布设，乔木每行间隔3m，株距间隔1.0m~1.5m；乔木造林行间栽种灌木，灌木种植行间距1.0m~2.0m，株距间隔1m。多年生混合草种播种密度为50kg/hm<sup>2</sup>~75kg/hm<sup>2</sup>。

6.3.4.2 种植穴规格为30cm×30cm×40cm~40cm×40cm×60cm，栽种前可根据土壤养分情况点施0.50kg~0.75kg腐熟牛羊粪或其他有机肥，栽种时根据苗木特性适当深栽；造林季节为每年4月下旬至5月下旬，具体可根据区域物候早晚而定；造林前须对种苗进行浸根、修枝等处理；栽后浇足1次定根水。

## 7 沙化草地分区

根据草地的沙化特征和坡度，将重度沙化草地划分为陡坡流沙区、缓坡流沙区和平坦泥沙沉积区等3种修复区。重度沙化草地不同分区沙化特征如表1所示。草地坡度的测定参考GB 50026；植被覆盖度计算方法可参照HJ 1172中植被覆盖度计算方法。

表1 重度沙化草地分区表

沙化强度	沙化特征	坡度特征
陡坡流沙区	植被覆盖度<25%，崩塌侵蚀作用较明显、风沙流活动较强的沙化草地。	≥15°
缓坡流沙区	植被覆盖度<25%，风沙流活动明显或流沙纹理明显可见的沙化草地。	5° ~15°
平坦泥沙沉积区	植被覆盖度<25%，沙化土壤在风蚀和水蚀作用下迁移搬运并在平坦区域沉积，导致地表植被掩埋退化的沙化草地。	0° ~5°

## 8 土壤改良和植被恢复措施

### 8.1 材料总体要求

#### 8.1.1 土壤改良材料一般要求

土壤改良材料一般满足以下要求。

- 商品有机肥料：有机质含量>30%，养分含量>4%，其余指标符合NY 525的规定。
- 牛羊粪肥料：圈养牛羊棚舍内自然堆积腐熟的牛羊粪，有机质含量在30%以上。
- 人工黑土：有机质含量>30%，养分含量>4%，具有团聚砂粒、结皮、锁水等功能。
- 固型人工黑土：有机质含量>20%，具有一定机械强度抗冲刷。

#### 8.1.2 植被恢复材料一般要求

植被恢复材料一般满足以下要求。

- 种子和苗木质量要求：所选草种应符合GB 6142-2008中“表1 禾本科草种子质量分级”二级以上质量标准，苗木应符合GB 6000-1999中“附表A 苗木质量等级表”Ⅱ级及以上的要求。
- 种子和苗木种类选配：选择适应性强、耐低温、耐沙埋、耐贫瘠、抗旱、抗风，根系发达、生长旺盛、固土力强的灌木树种和草本物种，优先选用乡土种类和具有经济价值的种类。一般不大量选用乔木作为植被恢复树种，仅在水分、养分适宜的上风口布设防风带时使用。部分推荐的植被种类见附录A。

### 8.2 陡坡流沙区

#### 8.2.1 土壤改良措施

##### 8.2.1.1 土壤改良材料选择

推荐使用固型人工黑土，搭配使用颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪和其他商品有机肥料作为土壤改良材料，禁用化肥。

##### 8.2.1.2 土壤改良材料使用方式

土壤改良材料一般在灌草种植前施用。直接将固型人工黑土在陡坡流沙区进行平铺或网格化铺设，网格大小以1m×1m为宜；颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪和其他商品有机肥料施用于固型人工黑土网格中间的沙化土地中。

### 8.2.1.3 施用量

固型人工黑土一般全面铺设或按照 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 网格化铺设；颗粒状人工黑土一般平铺 $2\text{cm}\sim 3\text{cm}$ ；腐熟牛羊粪施用量为 $15\text{t}/\text{hm}^2\sim 20\text{t}/\text{hm}^2$ ；其他商品有机肥料根据其养分含量进行相应计算，一般为 $9\text{t}/\text{hm}^2\sim 15\text{t}/\text{hm}^2$ 。种植灌木前应在种植穴内施用颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪或其他商品有机肥 $0.50\text{kg}/\text{穴}\sim 0.75\text{kg}/\text{穴}$ 。

### 8.2.1.4 追施用量

固型人工黑土一般不需要追施；颗粒状人工黑土追施量一般为 $5\text{t}/\text{hm}^2\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ ；腐熟牛羊粪追施量为 $7.5\text{t}/\text{hm}^2\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ ；其他商品有机肥料根据其养分含量进行相应计算。一般连续追施3年，后续施肥逐年递减。

## 8.2.2 植被恢复措施

### 8.2.2.1 栽种时间

最佳栽种时间为土壤解冻后，4月下旬至5月中旬。

### 8.2.2.2 栽种密度和播种量

撒播草种播种量为 $200\text{kg}/\text{hm}^2\sim 300\text{kg}/\text{hm}^2$ ，沟播草种播种量为 $150\text{kg}/\text{hm}^2\sim 200\text{kg}/\text{hm}^2$ ；灌木栽种行间距为 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。

### 8.2.2.3 栽种植被

通过牧草（早熟燕麦、一年生草本和多年生草本）和灌木配置对增加系统生物多样性，修复破损生态系统，形成稳定的系统生态位更迭循环，达到沙化治理与产业发展的目的。适生灌草类型和草种品种可参考附录A。

### 8.2.2.4 种植方式

将燕麦种子种植在固型人工黑土之间的缝隙中，形成燕麦方格沙障，一年生和多年生草种按2:5的比例混合，人工均匀撒播在固型人工黑土和沙化土地表面，撒播后覆土或颗粒状人工黑土，厚度 $2\text{cm}\sim 3\text{cm}$ 。选取适宜灌木树种沿等高线种植，为保证成活率，需3株一丛栽植，栽植后需浇定根水，并根据土壤墒情在栽植后1周内浇水1~2次。

## 8.3 缓坡流沙区

### 8.3.1 土壤改良措施

#### 8.3.1.1 土壤改良材料选择

推荐使用固型人工黑土，搭配使用颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪和其他商品有机肥料作为土壤改良材料，禁用化肥。

#### 8.3.1.2 土壤改良材料使用方式

土壤改良材料一般在灌草种植前施用。直接将固型人工黑土在陡坡流沙区进行网格化铺设，网格大小以 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 为宜；颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪和其他商品有机肥料施用于固型人工黑土网格中间的沙化土地中。

#### 8.3.1.3 施用量

固型人工黑土一般全面铺设或按照 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 网格化铺设；颗粒状人工黑土一般平铺 $1\text{cm}\sim 2\text{cm}$ ；腐熟牛羊粪施用量为 $9\text{t}/\text{hm}^2\sim 15\text{t}/\text{hm}^2$ ；其他商品有机肥料根据其养分含量进行相应计算。种植灌木前应在种植穴内施用颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪或其他商品有机肥 $0.50\text{kg}/\text{穴}\sim 0.75\text{kg}/\text{穴}$ 。

#### 8.3.1.4 追施用量

固型人工黑土一般不需要追施；颗粒状人工黑土追施量一般为 $5\text{t}/\text{hm}^2\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ ；腐熟牛羊粪追施量为 $7.5\text{t}/\text{hm}^2\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ ；其他商品有机肥料根据其养分含量进行相应计算。一般连续追施3年，后续施肥逐年递减。

#### 8.3.2 植被恢复措施

##### 8.3.2.1 栽种时间

最佳栽种时间为土壤解冻后，4月下旬至5月中旬。

##### 8.3.2.2 栽种密度和播种量

撒播草种播种量为 $150\text{kg}/\text{hm}^2\sim 200\text{kg}/\text{hm}^2$ ，沟播草种播种量为 $120\text{kg}/\text{hm}^2\sim 150\text{kg}/\text{hm}^2$ ；灌木栽种行间距为 $1.0\text{m}\sim 2.0\text{m}$ 。

##### 8.3.2.3 栽种植被

通过牧草（早熟燕麦、一年生草本和多年生草本）和灌木配置对增加系统生物多样性，修复破损生态系统，形成稳定的系统生态位更迭循环，达到沙化治理与产业发展的目的。适生灌草类型和草种品种可参考附录A。

##### 8.3.2.4 种植方式

将燕麦沿等高线沟播种植，行间距 $0.5\text{m}$ 左右，一年生和多年生草种按1:1的比例混合，人工均匀撒播在沙化草地表面，撒播后覆土或颗粒状人工黑土，厚度 $1\text{cm}\sim 2\text{cm}$ 左右。选取适宜灌木树种沿等高线种植，为保证成活率，需3株一丛栽植，栽植后需浇定根水。

#### 8.4 平坦泥沙沉积区

##### 8.4.1 土壤改良措施

###### 8.4.1.1 土壤改良材料种类

推荐选用颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪、其他商品有机肥料作为土壤改良材料，禁用化肥。

###### 8.4.1.2 土壤改良材料使用方式

土壤改良材料一般在灌草种植前施用。颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪和其他商品有机肥料主要为穴施、沟施、条施为主。穴施主要针对灌木种植；沟施和条施主要针对草种播撒。

###### 8.4.1.3 施用量

颗粒状人工黑土一般平铺 $1\text{cm}\sim 2\text{cm}$ ；腐熟牛羊粪施用量为 $9\text{t}/\text{hm}^2\sim 15\text{t}/\text{hm}^2$ ；其他商品有机肥料根据其养分含量进行相应计算。种植灌木前应在种植穴内施用颗粒状人工黑土、腐熟牛羊粪或其他商品有机肥 $0.50\text{kg}/\text{穴}\sim 0.75\text{kg}/\text{穴}$ 。

###### 8.4.1.4 追施用量

颗粒状人工黑土追施量一般为 $5\text{t}/\text{hm}^2\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ ；腐熟牛羊粪追施量为 $7.5\text{t}/\text{hm}^2\sim 10\text{t}/\text{hm}^2$ ；其他商品有机肥料根据其养分含量进行相应计算。一般连续追施3年，后续施肥逐年递减。

## 8.4.2 植被恢复措施

### 8.4.2.1 栽种时间

最佳栽种时间为土壤解冻后，4月下旬至5月中旬。

### 8.4.2.2 栽种密度和播种量

撒播草种播种量为 $150\text{kg}/\text{hm}^2\sim 200\text{kg}/\text{hm}^2$ ，沟播草种播种量为 $120\text{kg}/\text{hm}^2\sim 150\text{kg}/\text{hm}^2$ ；灌木栽种行间距为 $1.0\text{m}\sim 2.0\text{m}$ 。

### 8.4.2.3 栽种植被

通过牧草和灌木配置对增加系统生物多样性。该区域应选用怪柳、沙蒿、垂穗披碱草等耐掩埋的适生植被。

### 8.4.2.4 种植方式

将燕麦沟播形成 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 网格生物沙障，方格内一年生和多年生草种按3:2配比补播，播种后覆盖颗粒状人工黑土。选取适宜灌木树种 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 网格化种植（与燕麦方格重合），株间距 $1\text{m}$ 左右。为保证成活率，需3株一丛栽植，栽植后需浇定根水。

## 9 管护

### 9.1 防风林带管护

防风林带林木成活率低于80%，在第二年种植季节开展补植，补植持续2年。

### 9.2 径流疏导带管护

如第二年侵蚀导致冲沟明显扩大，可将径流疏导带进行适当加宽。

### 9.3 围栏封育

乔灌木栽种和种子播种完毕后，在修复区域建设围栏，围栏质量及设计标准参照NY/T 1237的规定执行，每年在周边牧场放牧前对围栏进行一次专业维护，修复破损围栏。实行封育管理，参照NY/T 1176的规定执行。一般应实施8年以上封禁和管护。

## 10 监测与效果评估

### 10.1 监测

#### 10.1.1 监测时间

在每年8~9月份开展冲沟、土壤和植被监测，连续监测3年。

#### 10.1.2 监测内容

##### 10.1.2.1 冲沟

在生态修复施工完成后在冲沟边缘设置固定桩（深度一般应在20cm以上，地上高度20cm以上），通过地面测量的方式监测冲沟扩大的长度。也可通过无人机遥感影像的方式提取冲沟的直线长度、顶宽、底宽、深度等形态参数。

#### 10.1.2.2 土壤与植被

土壤监测指标包括表层(0cm~20cm)土壤团聚体、土壤有机质等。植被监测指标包括乔灌木存活率、植被覆盖度、地上生物量以及植物物种丰富度等。

### 10.2 效果评估

参照GB/T 21141，评价人工种草和栽种灌木治理沙地的合格率。治理后一年检查成活率和植被覆盖度，并及时对成活率较低的地块进行补播和补种。治理三年后检查保存率和植被盖度。合格率应符合DB51/T 1892中的规定。

附录 A  
(资料性)  
川西北沙化草地适生植被推荐

表A.1给出了川西北沙化草地适生植被推荐种类。

表 A.1 川西北沙化草地适生植被推荐表

类型	植物物种	拉丁文名称	适生海拔	是否耐沙埋
乔木	川西云杉	<i>Picea likiangensis</i> (Franch) Pritz var. <i>balfouriana</i> (Rehd·et Wils) Hillier ex Slavin	3000m-4100m	
乔木	紫果云杉	<i>Picea purpurea</i> Mast.	2600m-3800m	
乔木	岷江冷杉	<i>Abies fargesii</i> var. <i>faxoniana</i> (Rehder & E. H. Wilson) Tang S. Liu	2800m -3800m	
乔木	高山松	<i>Pinus densata</i> Mast.	2600m -3500m	
乔木	岷江柏	<i>Cupressus chengiana</i> S. Y. Hu	1200m-2900m	
灌木	康定柳	<i>Salix paraplesia</i> Schneid	1500m-3800m	
灌木	白柳	<i>Salix alba</i> L	40m-3100m	
灌木	乌柳	<i>Salix cheilophila</i> C. K. Schneid. in Sargent	750m-3000m	是
灌木	怪柳	<i>Tamarix chinensis</i> Lour.	900m-4500m	是
灌木	绵穗柳	<i>Salix eriostachya</i> Wall. ex Andersson	2700m-5000m	
灌木	旱柳	<i>Salix matsudana</i> Koidz	10m-3600m	
灌木	华西柳	<i>Salix occidentalisinensis</i> N. Chao	3400m-3750m	
灌木	中国沙棘	<i>Hippophae rhamnoides</i> subsp. <i>sinensis</i> Rousi	800m-3600m	
灌木	西藏沙棘	<i>Hippophae tibetana</i> Schltldl.	3300m-5200m	
灌木	枸杞	<i>Lycium chinense</i> Miller	1000m-2500m	
灌木	川西锦鸡儿	<i>Caragana erinacea</i> Kom.	2750m-3000m	
草本	冷地早熟禾	<i>Poa araratica</i>	3000m-5000m	
草本	垂穗披碱草	<i>Elymus nutans</i>	2500m-4000m	是
草本	贫花鹅观草	<i>Roegneria pauciflora</i> (Schwein.) Hylander	2300m-2700m	
草本	糙毛鹅观草	<i>Kengyilia hirsuta</i> (Keng) J. L. Yang, C. Yen & B. R. Baum	2200m-3700m	
草本	老芒麦	<i>Elymus sibiricus</i> L.	2000m-4000m	
草本	无芒雀麦	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	500m-3500m	
草本	硬秆仲彬草	<i>Kengyilia rigidula</i> (Keng) J. L. Yang, C. Yen & B. R. Baum	2800m-4100m	
草本	芨芨草	<i>Neotrinia splendens</i> (Trin.) M. Nobis, P. D. Gudkova & A. Nowak	900m-4500m	
草本	沙蒿	<i>Artemisia desertorum</i> Spreng.	3000m-4000m	是
草本	黑麦草	<i>Lolium perenne</i> L.	1000m-3800m	
草本	燕麦	<i>Avena sativa</i> L.	1500m-4000m	

注：植物抗寒抗旱性和品种相关，需根据具体种植地点选用。

参 考 文 献

- [1]GB/T 21141 防沙治沙技术规范
  - [2]GB 50026 工程测量规范
  - [3]HJ 1172 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统质量评估
  - [4]NY/T 1176 休牧和禁牧技术规程
  - [5]NY/T 1237 草原围栏建设技术规程
-