

# 刘家峡水库柳树固岸林防护效应试验

杨斌<sup>1</sup>, 石培贤<sup>2</sup>

(1. 甘肃省林业科技推广总站, 甘肃 兰州 730046; 2. 临夏州林业科学研究所, 甘肃 临夏 731801)

**摘要:** 在刘家峡水库涨落带滩地 A、B 不同立地条件的地块上, 用 J172 柳, J369 柳和青刚柳栽植的护岸林在水库蓄水期间被水完全淹没下仍能存活, 其中青刚柳的生长表现最好, 在 A 地的成活率和保存率分别达到 97.30% 和 96.20%; 青刚柳的树高、胸径和新梢长分别比 J172 柳平均提高 12.98%, 12.50% 和 10.28%。柳树根系及主干基部长出的大量不定根, 可减缓水库水流对滩地土层的冲蚀, 以青刚柳 1 m × 1.5 m 密度配置的防护效果最好, 冲蚀量仅 8.64 kg/m<sup>2</sup>, 比对照减少 74.38%。坡度小的涨落带滩地更有利于柳树的成活和生长。

**关键词:** 刘家峡水库; 柳树; 防护效应

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2006)04-0044-04

中图分类号: S727.26

## Experiment on Bank Fixation and Shelter Effects of Willow in Liujiaxia Reservoir

YANG Bin<sup>1</sup>, SHI Pei-xian<sup>2</sup>

(1. Gansu Sci-Tech Extension Station of Forestry, Lanzhou, Gansu 730046, China; 2. Linxia Research Institute of Forestry, Linxia, Gansu 731801, China)

**Abstract:** *Salix viminalis* was the strongest among all strains of the *S. Jiangsuensis* planted in the plot A and B in the fluctuation zone of the Liujiaxia Reservoir. In plot A, survival rate and preservation rate were 97.30% and 96.20%, respectively. Compared to the *S. Jiangsuensis* '172', tree height, breast diameter and the new branch and tree top increased on average by 12.98%, 12.50% and 10.28%, respectively. The underground root systems and the plenty of adventive roots growing on basis trucks can greatly reduce soil erosion by reservoir water. The 1 m × 1.5 m allocation density of the *Salix viminalis* showed the best protection, and sediment yield was 8.64 kg/m<sup>2</sup>, which decreased 74.38% compared to CK. The fluctuation land with a small slope is suitable for survival and growth of willow.

**Keywords:** Liujiaxia Reservoir bank; willow; shelter effect

刘家峡水库位于黄河上游, 甘肃省临夏回族自治州永靖、东乡、临夏和积石山 4 县之间, 水库建成于 20 世纪 70 年代, 蓄水容量  $5.70 \times 10^9$  m<sup>3</sup>, 水域面积 130 km<sup>2</sup> 多, 兼有发电、防洪、灌溉、旅游、航运等多种功能<sup>[1]</sup>。刘家峡水库根据防洪蓄水运行方案, 在每年汛期(6—8 月)把水库水位降至最低的水位 1 703 m, 汛期后(9 月初)开始慢慢蓄水, 11 月底至 12 月上旬蓄水到最高水位 1 735 m, 并保持到翌年 4 月, 然后水位又开始逐步回落, 至 5 月底降到最低。这样, 1 年内在刘家峡库区就形成了垂直落差达 32 m 面积近 20 km<sup>2</sup> 的水库涨落带<sup>[2]</sup>。由于库区自然环境特殊, 生态脆弱, 缺乏植被保护, 加上该地带多由黄土沉积构成, 土质疏松, 接水黄土母质受水侵蚀, 常出现山体滑坡或崩塌, 每年因水冲蚀而流入库中的泥沙达数十

万 t<sup>[3]</sup>, 目前库内已淤积泥沙  $1.43 \times 10^9$  m<sup>3</sup>, 占总库容的 25%, 直接影响了水库的经济寿命和正常运行。而且由于泥沙淤积, 在枯水期游船难以到达炳灵寺石窟, 也影响了当地旅游资源的开发利用。我们利用柳树具有喜湿耐水的特性, 在水库涨落带选择了 2 块具有一定代表性的滩地栽植柳树护岸林, 进行防护效应试验。

### 1 试验地自然概况

试验地位于甘肃省临夏州永靖县刘家峡水库北岸的岷塬乡东塬坡, 东经 103°17', 北纬 35°52'。北依刘家村, 南入水库, 东接李家塬, 西连姬川, 属陇中黄土高原西缘, 系中温带干旱气候区, 涨落带滩地及水域海拔为 1 703~1 735 m。年平均降水量 405 mm, 且

收稿日期: 2005-04-20

资助项目: 甘肃省重点科研项目“柳树新品种丰产栽培技术研究示范”(2002001)

作者简介: 杨斌(1963—), 男(布依族), 贵州省都匀县人, 高级工程师, 主要从事植被恢复与重建及森林培育学等研究工作。E-mail: gsllyb1001@163.com。

分布不均,多集中在夏秋季,年蒸发量 1 689 mm。年平均气温 8.3℃,无霜期 170 d。

刘家峡水库库区地质结构复杂,地貌特征明显,是典型的黄土高原梁峁地带,涨落带地表有黄土塌陷的断层、陡坡、滩地等,在南岸地势较高而平缓的滩地上,当地百姓种植有小麦和玉米等作物,北岸立地条件较差。通过现场考察,最后在水库北岸选择了 A、B 2 块不同坡度、方位的滩地营造柳树护岸林, A 地位于正北方向,坡度 6°~11°,水位最低时,涨落带宽 910~426 m,蜿蜒长 347 m,面积 23 hm<sup>2</sup>。B 地位于东北方向,坡度 17°~25°,水位最低时,涨落带宽 370~280 m,蜿蜒长 132 m,面积 4 hm<sup>2</sup>。土壤为黄绵土,水溶性强,养分贫瘠,盐渍化程度高,pH 值 8.6,有机质含量 < 1.0%。

## 2 试验材料和方法

### 2.1 试验材料

我们选择了在当地生长表现优良,根系发达,耐盐碱,耐水淹的 J172 柳 (*Salix Jiangsuensis* CL. '172'), J369 柳 (*S. Jiangsuensis* CL. '369') 和青刚柳 (*S. viminalis*), 分别于 1985 年和 1987 年从江苏省林科院和新疆引进。苗木来自甘肃省临夏州林科所苗圃扦插繁育的 2 根 1 干健壮大苗,平均苗高为

2.52 m, 平均地径为 2.20 cm, 于 2002 年 9 月初栽植,护岸林面积 6.3 hm<sup>2</sup>。

### 2.2 试验方法

2.2.1 生长量观测 在 A、B 地各树种分别按 2 m × 2 m, 1 m × 2 m 和 1 m × 1.5 m 密度配置,以不同树种和不同密度为试验因素,随机设试验小区,每小区 10 株,重复 3 次。观测每因素当年的成活率和第 2 a 的保存率,以及树高、胸径和新梢长。

2.2.2 防护效应测定 分别在 A 地和 B 地每一密度和每一树种各设 3 m × 9 m 的标准地 3 个,每个标准地随机抽取 3 个的样点观测冲蚀深度,取平均值。找出最接近平均值的样点为中心取 1 个 1 m<sup>2</sup> 的样方,测定根系长度和水流对涨落带滩地的冲蚀量<sup>[4]</sup>,在没有植树的地块上设对照(CK)。

## 3 结果与分析

### 3.1 柳树成活情况

据观测,8 月中旬水淹至柳树的基部,9 月中旬淹至柳树的中部,11 月上旬树体全部被淹。根据调查结果,A 地的青刚柳成活最好(见表 1),成活率达到 93.30%,保存率达到 90.54%,而 B 地 3 种柳树的成活率和保存率都较低。B 地比 A 地各树种成活率平均低 26.45%,保存率平均低 29.62%。

表 1 涨落带被水淹没下柳树成活情况

| 因素     | A 地   |       | 差异幅度 | B 地   |       | 差异幅度 | A、B 间差异幅度 |       |
|--------|-------|-------|------|-------|-------|------|-----------|-------|
|        | 成活率   | 保存率   |      | 成活率   | 保存率   |      | 成活率       | 保存率   |
| J172 柳 | 91.10 | 90.11 | 1.10 | 67.35 | 64.12 | 5.03 | 26.07     | 28.84 |
| J369 柳 | 92.21 | 90.30 | 2.12 | 67.52 | 63.31 | 6.65 | 26.78     | 29.89 |
| 青刚柳    | 93.30 | 91.20 | 1.14 | 68.56 | 63.72 | 7.60 | 26.52     | 29.62 |
| 平均     | 92.20 | 90.54 | 1.80 | 67.81 | 63.72 | 6.43 | 26.45     | 29.62 |

B 地柳树成活率和保存率低的主要原因是部分树被水冲走,没有被水冲走的绝大部分存活。坡度的因素对柳树的成活率影响很大,坡度越大,水对滩地表层土壤的冲击力越大,也就很容易冲走表层土壤,使树根不能立足而被水冲走,造成成活率很低。

A、B 这 2 块地各树种成活率和保存率之间的差异不大,A 地的平均差异幅度为 1.8%,B 地的平均差异幅度为 6.43%,说明只要第 1 a 能扎住根不被水冲走,一般情况下均能保存成活。根据郭群等在江苏省江宁县长江滩地的试验研究结果,柳树无性系栽植的密度越小,抗水流冲击的能力就越弱,林木被冲倒损失的比例越高<sup>[5]</sup>。

### 3.2 不同栽植密度柳树各树种生长表现

苏柳系和青刚柳之间生长差异很大(见表 2,3)。

在正常的生长环境中,苏柳系的生长量树高、胸径、新梢长均超过了青刚柳且差异显著<sup>[6]</sup>。而在季节性被水淹没的情况下,青刚柳的生长表现在 A 地和 B 地都明显超过了苏柳系。苏柳品系生长期长,在水库水位将其全部淹没时,其生理活动还处于旺盛期,枝条木质化程度低,造成了其成活、保存以及生长情况低于青刚柳。而青刚柳因其生长季短,在水位淹没时已基本到了落叶期,生理活动较弱,所以生长情况较好。

从不同栽植密度柳树各树种生长表现差异幅度来看,在 2 m × 2 m 的栽植密度下,A 地青刚柳的树高达到 4.32 m,平均比 J172 提高 12.98%,胸径平均提高 12.50%、新梢长平均提高 10.28%,B 地青刚柳的树高平均比 J172 提高 11.23%,胸径平均提高 14.25%、新梢长平均提高 9.11%。

B 地柳树的生长量较 A 地相对较低,以  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  配置的 J172 柳为例,其树高生长量比 B 地的树高生长量提高 6.70%,胸径生长量提高 10.57%,新梢

生长量提高 4.64%。其它各密度的生长情况类似,主要原因是 B 地土壤被水冲走较多,根系吸收的养分不如 A 地所致。

表 2 A 地不同栽植密度柳树各种生长情况

| 因素     | 栽植密度 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ |        |       | 栽植密度 $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ |        |       | 栽植密度 $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ |        |       |
|--------|-------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------|--------|-------|---------------------------------------|--------|-------|
|        | J172 柳                              | J369 柳 | 青刚柳   | J172 柳                              | J369 柳 | 青刚柳   | J172 柳                                | J369 柳 | 青刚柳   |
| 树高/m   | 3.76                                | 3.63   | 4.32  | 3.31                                | 3.41   | 4.21  | 3.24                                  | 3.20   | 3.65  |
| 胸径/cm  | 3.36                                | 3.21   | 3.84  | 3.10                                | 3.03   | 3.40  | 2.96                                  | 2.93   | 3.24  |
| 新梢长/cm | 38.21                               | 38.71  | 42.59 | 38.31                               | 39.54  | 39.25 | 33.24                                 | 40.42  | 36.75 |

表 3 B 地不同栽植密度柳树各种生长情况

| 因素     | 栽植密度 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ |        |       | 栽植密度 $1\text{ m} \times 2\text{ m}$ |        |       | 栽植密度 $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ |        |       |
|--------|-------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------|--------|-------|---------------------------------------|--------|-------|
|        | J172 柳                              | J369 柳 | 青刚柳   | J172 柳                              | J369 柳 | 青刚柳   | J172 柳                                | J369 柳 | 青刚柳   |
| 树高/m   | 3.72                                | 3.59   | 3.98  | 3.30                                | 3.26   | 3.74  | 2.53                                  | 2.48   | 2.68  |
| 胸径/cm  | 3.30                                | 3.25   | 3.69  | 3.02                                | 3.01   | 3.27  | 2.87                                  | 2.90   | 3.11  |
| 新梢长/cm | 34.10                               | 33.29  | 35.76 | 35.17                               | 34.02  | 35.51 | 32.35                                 | 32.07  | 38.75 |

### 3.3 不同栽植密度柳树根系防护表现

柳树在被水淹没的情况下,在树干上特别是树干基部着生大量的气根,其根系对水流冲蚀滩地的防护作用最初主要表现在表土层。将根系按粗度  $1.0\text{ cm}$  以上,  $1.0\sim 0.5\text{ cm}$  和  $0.5\text{ cm}$  以下进行分组,测量其长度,同时观测冲蚀深度,数值越大,表明土壤被水冲蚀的越多。

由于涨落带滩地地下水位较高,树木根系大多分布在表土层,表土层细根含量也较高<sup>[7-8]</sup>。对样方表层  $10\text{ cm}$  的范围内进行调查,在 A 地以青刚柳  $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$  栽植密度配置的防护效果最好(见表 4),

平均冲蚀深度仅  $0.72\text{ cm}$ ,J369 柳树  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  密度的防护效果最差,为  $1.49\text{ cm}$ ,对照为  $2.81\text{ cm}$ 。冲蚀深度和根系总长度值成反比,即根系的总长度越长,冲蚀深度越小,防护效果越好。栽植密度越大,根系总量越多,根系长度亦越长,在土层形成了盘根错节的根系网络结构,根系的网络结构就越紧密,加上密度越大,树体就愈能减缓水流对滩地的冲击力度。根据张金池研究的结果,土壤抗冲性与林木根系,尤其是根径  $< 2\text{ mm}$  根系的数量、长度密切相关。细小的根系是根毛穿插在土体中可防止土体在水中分散、破碎,可增强土壤的抗蚀性<sup>[9-10]</sup>。

表 4 A 地不同栽植密度各因素根系生长情况和冲蚀情况

| 因素     | 栽植密度                             | 根系分组/cm           |                         |                   | 总长/cm   | 冲蚀深度/cm | 冲蚀量/<br>( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) |
|--------|----------------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---------|---------|---|
|        |                                  | $> 1.0\text{ cm}$ | $1.0\sim 0.5\text{ cm}$ | $< 0.5\text{ cm}$ |         |         |   |
| J172 柳 | $2\text{ m} \times 2\text{ m}$   | 36.01             | 71.13                   | 527.27            | 634.41  | 1.44    | 17.28                                       |
|        | $1\text{ m} \times 2\text{ m}$   | 26.36             | 124.57                  | 772.72            | 923.66  | 1.25    | 15.00                                       |
|        | $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ | 21.85             | 131.64                  | 1179.38           | 1332.87 | 0.77    | 9.24  |
| J369 柳 | $2\text{ m} \times 2\text{ m}$   | 31.34             | 89.49                   | 475.82            | 596.65  | 1.49    | 17.88                                       |
|        | $1\text{ m} \times 2\text{ m}$   | 29.34             | 105.52                  | 994.37            | 1129.23 | 1.13    | 13.56                                       |
|        | $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ | 20.82             | 113.43                  | 1074.35           | 1208.60 | 0.92    | 11.04                                       |
| 青刚柳    | $2\text{ m} \times 2\text{ m}$   | 42.39             | 139.27                  | 873.52            | 1055.18 | 1.39    | 16.68                                       |
|        | $1\text{ m} \times 2\text{ m}$   | 31.34             | 157.52                  | 1052.13           | 1240.99 | 1.07    | 12.84                                       |
|        | $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$ | 23.43             | 221.29                  | 1521.57           | 1766.29 | 0.72    | 8.64  |
| CK     |                                  |                   |                         |                   |         | 2.81    | 33.72                                       |

按刘家峡水库涨落带滩地泥沙实测容重  $1.2\text{ t}/\text{m}^3$  计算,A 地栽植的青刚柳  $1\text{ m} \times 1.5\text{ m}$  配置的泥沙冲蚀量最少  $8.64\text{ kg}/\text{m}^2$ ,比同样密度配置的 J172 柳的  $9.24\text{ kg}/\text{m}^2$  减少 6.96%,比 J369 柳的  $11.04\text{ kg}/$

$\text{m}^2$  减少 28.14%,比 J172 柳  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  密度配置的  $17.28\text{ kg}/\text{m}^2$  减少 50.00%,比 J369 柳  $2\text{ m} \times 2\text{ m}$  密度配置的  $17.88\text{ kg}/\text{m}^2$  减少 51.68%,比没有栽植柳树的对照冲蚀量  $33.72\text{ kg}/\text{m}^2$  减少 74.38%。

由于B地柳树的根系长度各因素均小于A地,其冲蚀深度明显高于A地,冲蚀量也就很大。B地不同栽植密度各因素根系生长情况和冲蚀情况见表5, 1 m×1.5 m 密度配置的青刚柳冲蚀量为 24.24 kg/

m<sup>2</sup>, 高于同样配置A地的61.88%, 2 m×2 m 密度配置的冲蚀量为 30.24 kg/m<sup>2</sup>, 高于同样配置A地的44.84%。因此坡度大的地块受冲蚀的程度明显大于坡度小的地块。

表5 B地不同栽植密度各因素根系生长情况和冲蚀情况

| 因素     | 栽植密度      | 根系分组/cm  |            |          | 总长/cm   | 冲蚀深度/cm | 冲蚀量/(kg·m <sup>-2</sup> ) |
|--------|-----------|----------|------------|----------|---------|---------|---------------------------|
|        |           | > 1.0 cm | 1.0~0.5 cm | < 0.5 cm |         |         |                           |
| J172 柳 | 2 m×2 m   | 20.21    | 98.31      | 487.10   | 505.62  | 2.42    | 29.04                     |
|        | 1 m×2 m   | 18.44    | 157.24     | 491.23   | 666.91  | 2.14    | 25.68                     |
|        | 1 m×1.5 m | 17.35    | 156.71     | 727.42   | 901.48  | 2.11    | 25.32                     |
| J369 柳 | 2 m×2 m   | 22.42    | 80.06      | 379.96   | 482.44  | 2.49    | 29.88                     |
|        | 1 m×2 m   | 17.19    | 102.71     | 524.29   | 644.19  | 1.86    | 22.32                     |
|        | 1 m×1.5 m | 18.35    | 117.14     | 903.31   | 1038.80 | 1.41    | 13.68                     |
| 青刚柳    | 2 m×2 m   | 19.35    | 197.21     | 407.33   | 623.89  | 2.52    | 30.24                     |
|        | 1 m×2 m   | 33.72    | 108.53     | 535.44   | 677.69  | 2.06    | 24.72                     |
|        | 1 m×1.5 m | 11.59    | 247.38     | 647.21   | 896.18  | 2.02    | 24.24                     |
| CK     |           |          |            |          |         | 2.81    | 33.72                     |

## 4 结 论

(1) J172 柳, J369 柳和青刚柳具有很强的耐水淹性能, 甚至在季节性完全被水淹没时, 还能成活生长, 在枝干上长出大量的不定根。由于枝干及水生不定根的阻拦, 能显著降低水流速度, 并且柳树根系网络的固土作用, 可减轻水流对堤岸的冲刷。

(2) 在水库涨落带滩地上影响柳树成活率的主要因素是坡度, 坡度越大, 水流对滩地的冲击力量越强, 冲蚀的泥沙量也越多, 柳树的成活率就越低。反之亦然。

(3) 从3个柳树树种的生长表现分析, 青刚柳的生长表现最好, 它的树高、胸径、新梢长和根系生长均比2个苏柳品系的生长表现明显要好, 而2个苏柳系之间的生长表现差异不大, 青刚柳在季节性完全被水淹没的情况下, 生长旺盛, 树体健壮, 根系发达, 更耐水淹。

(4) 柳树固岸林防护效应A地好于B地, 在青刚柳1 m×1.5 m的栽植密度下, 0.2 m×1 m的范围内根系总长可以达到1766 cm, 形成的根系网络其泥沙冲蚀量仅为8.64 kg/m<sup>2</sup>, 比对照的泥沙冲蚀量可减少74.38%, 比苏柳系的泥沙冲蚀量减少6.96%~51.68%。

(5) 在滩地坡度>25°的地方栽植柳树时可因地制宜, 采取一些如在栽植穴上压石、压塑料薄膜等措施, 可提高柳树的防护防护效果。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 于慎言. 甘肃省志、林业志[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1999.
- [2] 张玉珍, 周茂荣. 刘家峡库区水土保持生态环境建设对策[J]. 中国水土保持, 2002(1): 5—7.
- [3] 谢影, 张金池. 黄河、长江流域水土流失现状森林植被保护对策[J]. 南京林业大学学报, 2002, 26(6): 88—92.
- [4] 吴秉礼. 森林资源价值核算指标体系[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2004.
- [5] 郭群, 涂忠虞, 潘明健, 等. 滩地柳树无性系人工林密度试验研究[J]. 江苏林业科技, 1996, 23(1): 1—4.
- [6] 李菊英. 柳树优良品系区域性试验[J]. 甘肃林业科技, 2000(1): 8—14.
- [7] 张金池. 苏北主要造林树种根系研究[J]. 南京林业大学学报, 1992(1): 16—19.
- [8] 张金池. 苏北海堤林带树木根系固土功能研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(2): 42—47.
- [9] 张金池, 胡海波. 水土保持及防护林学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1996.
- [10] 张金池, 胡海波. 苏南山区不同土地利用方式对水土流失影响研究[J]. 南京林业大学学报, 1994, 18(2): 20—26.