

# 黄土丘陵沟壑区小叶杨林生长的空间差异分析 ——以吴旗县为例

温仲明, 从怀军, 焦峰, 王飞

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 小叶杨是黄土高原地区栽植较为广泛的树种之一。通过对不同坡位小叶杨纯林和小叶杨+沙棘混交林中的小叶杨的生长状况的研究, 结果表明: 坡下位的小叶杨生长良好, 郁闭度为 30%, 树高可达 12.67 m, 而坡中位和坡上位的小叶杨树高仅为 5.70 m 和 5.21 m, 相差 1 倍以上。地径、胸径、枝下高和冠幅生长状况表现出同样的趋势; 以沟谷地带的小叶杨的生长位为基点, 则坡下部、中部和上部的小叶杨的树高和胸径相对生长潜力分别为沟谷小叶杨的 77.53%, 34.88%, 31.88% 和 75.59%, 39.51%, 33.36%; 但小叶杨与沙棘混交后, 生长表现较为良好; 混交林的覆盖度最高, 并且具有较高的物种多样性指数, 物种较多且分布均匀, 具有良好的生态效益。研究表明, 小叶杨作为该地区的一个隐域树种, 除沟谷等一些水分条件较好的立地外, 不宜进行大面积栽植。

**关键词:** 黄土丘陵区; 小叶杨; 生长分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)01-0015-03

中图分类号: S792.116

## Spatial Differences of *Populus Simonii* Carr. Growth in Loess Gully and Hilly Region ——A Case Study in Wuqi County

WEN Zhong-ming, CONG Huai-jun, JIAO Feng, WANG Fei

(Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** *Populus simonii* Carr. is a species widely planted on the Loess Plateau. The results of the study show that the growth of *P. simonii* Carr. is constrained by spatial site conditions. Its growth reached the highest in gullies where soil water conditions was better than in other sites. On the same slope, the *P. simonii* Carr. grows better in lower part than in middle and upper parts. The height growth reached 12.67 m in lower part while reached 5.70 m and 5.21 m respectively in middle and upper parts. The diameter at the base and chest height, the height of the lowest branch and the canopy growth showed the same trend. With the gully bottom as the reference site, the growth of *P. simonii* Carr. was evaluated. The height growth reached 77.53%, 34.88% and 31.88% of the potential growth in lower, middle and upper parts respectively while the growth of the diameter at chest height reached 75.59%, 39.51% and 33.36% of potential growth respectively. When mixed with *Hippophae rhamnoides* L. subsp., the *P. simonii* Carr. showed better growth than planted in single species. The analysis of biodiversity showed that the mixed forest of *P. simonii* Carr. and *Hippophae rhamnoides* L. subsp. had the higher biodiversity values and more evenly distributed species, and had a higher ecological benefit. These results showed that *P. simonii* Carr. can be planted only in gullies where soil water conditions were better, and can not be planted in large scale, especially in middle and upper parts of the slopes.

**Keywords:** loess hill region; *Populus simonii* Carr.; growth analysis

植被具有明显的保水保土功能<sup>[1-3]</sup>, 有人认为, 只要植被的覆盖度达到 60%, 即可基本控制土壤侵蚀的发生<sup>[1]</sup>。因此, 在水土流失严重的黄土高原地

区, 植被建设一直是水土保持的主要措施之一, 并在过去的 50 a 多中, 取得了一定的成效, 如植被覆盖有所增加, 局部地区的水土保持得到一定程度的控

收稿日期: 2004-06-26

资助项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(B22012900); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-421); 国家自然科学基金项目(40301029)

作者简介: 温仲明(1969-), 男(汉族), 陕西定边人, 博士, 助研, 从事土地利用与环境及植被恢复重建等研究工作。电话(029) 87012482 E-mail: zmwen@ms.iswc.ac.cn.

制<sup>[4]</sup>。但由于黄土高原地区降水量少、蒸发量大,气候干燥,土壤水分不足给人工恢复植被造成了困难。人工建造的植被物种、结构、模式等较为单一,“成活率低、保存率低、生态效益低”等问题明显<sup>[5]</sup>,且在物种选择不当时,人工植物群落(主要是人工林)对土壤水分的过度消耗,会形成利用性土壤干层<sup>[5-7]</sup>,严重影响植被生态效益的发挥。这一问题在半干旱的黄土丘陵区表现的更为明显。正因为如此,目前对人工林分的评价较多的集中在水文效应方面,而从其生长潜力表现方面研究较少。小叶杨作为黄土高原地区人工种植较多的树种之一,这些问题同样存在。随着我国退耕还林(草)工程的实施,尤其是黄土高原地区大规模生态环境建设的开展,选择合适的树草种成为生态环境建设的重要内容。作为栽植面积较广的一个树种,小叶杨能否作为一个主要树种继续应用于人工造林,在什么地方造林等问题引起了人们的关注,需要开展相应的调查研究予以回答。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

吴旗县位于延安市西北部,属黄土高原丘陵沟壑区。地跨东经  $107^{\circ}38'57''-108^{\circ}328'49''$ ,北纬  $36^{\circ}33'33''-37^{\circ}24'27''$ 。南北长 93.4 km,东西宽 79.89 km,总面积 3 791.5 km<sup>2</sup>。受典型的大陆性季风气候影响,降雨少,年均降雨量为 478.3 mm,且时空分布不均,7—9 月的降雨量可占到平均降雨量的 62.4%;年均气温 1.8℃。境内山大沟深,地形复杂,土地破碎,植被稀疏,干旱多灾,生态环境和生产条件十分恶劣。从该县的植被类型看,植被间于森林草原和蒙古草原之间,为典型草原。其南部的志丹属白羊草草原。该草原为暖温带草原,从区系上具有热带草原亲缘。而北

部是比较典型的温带草原,是欧亚草原的延伸,具有温带草原的亲缘关系。

### 1.2 调查方法

本研究的研究对象是不同空间部位人工营造的小叶杨纯林和小叶杨混交林,营造时间为 20 世纪 70 年代。调查采用样方法,对样方内的小叶杨进行每木测定,测定内容包括树高、胸径、枝下高、冠幅等,每一记录均按表格严格登记。对林下植物群落则采用 1 m × 1 m 样方进行全面调查,记录每个群落的名称、盖度、物种组成、数量或丛数、高度等。并利用下列公式对群落物种多样性的有关指数进行计算。

#### (1) 物种丰富度指数

$$\text{Margalef 指数 } R_1 = (S - 1) / \ln(n)$$

式中:  $S$ ——群落中的物种数;  $n$ ——个体总数。

#### (2) 多样性指数

$$\text{Simpson 指数} = \sum P_i^2 \quad (i = 1, \dots, S)$$

其中  $P_i$  为第  $i$  种比例多度。

$$\text{Shannon-Wiener 指数 } H' = - \sum (P_i \ln P_i)$$

式中:  $P_1, P_2, \dots, P_S$ ——有  $S$  种物种组成的群落的物种比例多度。

#### (3) 物种均匀度指数

$$\text{Pielou 指数 } E_1 = H' / \ln(S) = \ln(M) / \ln(N_0)$$

式中参数含义同上。

## 2 研究结果与分析

### 2.1 不同坡位上小叶杨人工林生长状况

小叶杨的生长随空间位置的不同,表现出较大的差异。根据对吴旗县长城乡相同坡向不同坡位的小叶杨人工林生长状况的调查结果(20 世纪 70 年代营造,同一年营造),不同坡位的小叶杨人工林在树高、胸径、冠幅等生长方面均存在较大差异(表 1)。

表 1 不同坡位小叶杨的生长状况

坡位	郁闭度	平均树高/m	平均地径/cm	平均胸径/cm	平均枝下高/m	平均冠幅/m <sup>2</sup>	现场评价
坡下位	30	12.67	24.14	18.33	7.81	5.1×4.8	良好
坡中位	20	5.70	12.91	9.58	3.15	3.0×2.8	不良
坡上位	20	5.21	11.17	8.09	3.20	2.8×2.4	不良

根据表 1,坡下位的小叶杨生长良好,郁闭度为 30%,树高可达 12.67 m,而坡中位和坡下位的小叶杨树高仅为 5.70 m 和 5.21 m,相差 1 倍以上。地径、胸径、枝下高和冠幅生长状况表现出同样的趋势。这一结论与现场评价相符。造成这种差异的主要原因是不同地理部位的立地条件有着较大的差异。坡下位一般可以聚集坡上的径流,将其吸收,因而土壤水分含量较高,同时坡下位的蒸发耗水也较坡中上为小,

从而在坡面的不同部位形成立地条件的差异,对人工林分的生长产生不同的影响。

### 2.2 不同空间位置上小叶杨人工林生长潜力比较

小叶杨在同一坡面不同坡位上的生长表现不一,其在坡下部的生长较坡中部和坡上部的生长较好,但却不能据此推断小叶杨在坡下部的生长就是一种理想状态,实现了其应有的生长潜力。为对不同空间位置上的小叶杨生长潜力评价,我们假定生长在水分条

件较好的沟谷地带的小叶杨完全实现了其生长潜力(100%), 其它坡位的小叶杨的生长状况与此比较, 就可以对这些坡位上的小叶杨的生长潜力进行相对评判(表 2)。之所以以沟谷地带的小叶杨生长为基点进行比较分析, 是因为沟谷地带的立地条件较好, 为该地区乔木林分布的主要空间部位, 小叶杨在沟谷地带生长正常, 并可郁闭和成林。

表 2 不同部位的人工小叶杨的树高、胸径生长潜力

	地理部位	沟谷地带	坡下位	坡中位	坡上位
树高	平均数高/m	16.00	12.67	5.70	5.21
	生长潜力/%	100.00	77.53	34.88	31.88
胸径	平均胸径/cm	24.25	18.33	9.58	8.09
	生长潜力/%	100.00	75.59	39.51	33.36

注: 以长城乡小叶杨树高、胸径生长进行比较, 假定沟谷地带的小叶杨生长潜力为 100%。

表 3 小叶杨(+沙棘)混交林与小叶杨纯林生长状况

样方地点	种植模式	郁闭度/%	平均树高/m	平均地径/cm	平均胸径/cm	平均冠幅/m×m	现场评价
吴旗镇榆树沟	纯林	30	4.49	6.97	4.37	1.67×1.73	一般
长城乡杨庄	纯林	20	5.70	12.91	9.58	3.00×2.80	不良
薛岔湫滩沟	混交	35	6.58	16.69	9.69	3.91×3.89	中等

注: 分布在坡中位, 营造年代基本相同。

表 3 表明, 小叶杨与沙棘混交, 其林分的郁闭度(指小叶杨自身的郁闭度)较小叶杨纯林为高, 混交林的郁闭度为 0.35, 而 2 个纯林的郁闭度分别为 0.30 和 0.20。平均树高、胸径及冠幅的生长状况混交林也明显要好于小叶杨纯林。可见, 虽然小叶杨在该地区属隐域树种, 以纯林营造时除沟谷外, 在其它部位的生长均表现不良, 但与沙棘混交后, 却表现出良好的生长态势。因此, 在该地区营造乔木林, 若采取合理的混交模式, 在一定程度上可以减少人工纯林的不利影响, 也可以形成生长较为良好的人工林分。

#### 2.4 小叶杨林下植物群落多样性变化

不同的立地条件不仅影响到小叶杨自身的生长, 而且对其林下植被的发展也具有不同的影响。对同一坡面不同坡位的小叶杨纯林下的植物群落的多样性的研究表明(表 4), 纯林下的植被覆盖度在坡中下部高于坡上部。物种多样性以坡上部的小叶杨纯林林下植被最大, 辛普森指数和香农指数分别为 0.79

据表 2, 以沟谷地带的小叶杨生长为基点, 则坡下位的小叶杨树高生长达到了其潜力的 77.53%, 而坡中部和坡上部的树高生长只达到了其生长潜力的 34.88% 和 31.88%。胸径生长基本表现出同样的变化趋势, 坡下部、中部和上部的胸径生长分别为沟谷小叶杨的 75.59%, 39.51% 和 33.36%。根据野外观测, 坡中上部小叶杨林木枯梢较多, 枝干弯曲, 不能成材, 且林间空隙较大, 很难发挥保持水土的作用, 与生长潜力的表现基本吻合。

#### 2.3 小叶杨纯林和小叶杨混交林生长状况比较

除小叶杨纯林外, 该地区还在 20 世纪 70 年代营造有小叶杨+沙棘混交林。为了比较不同营造方式下小叶杨生长的变化情况, 我们对该地区小叶杨+沙棘混交林中的小叶杨的生长状况也作了调查, 调查结果见表 3。

和 2.4; 而坡下部和中部的小叶杨纯林的物种多样性次之。物种多样性的这种变化规律, 不仅与物种的丰富度有关, 而且与物种在空间上分布的均匀性密切相关。一般地, 物种丰富度高并一定具有较高的多样性指数, 物种较少但分布均匀的群落, 往往也会有较高的物种多样性指数。表 4 表明, 位于坡上部的小叶杨纯林, 其林下植被物种丰富度指数虽然不高, 但由于林间空隙较大, 生境异质性不大, 物种虽少但分布均匀, 其物种多样性最高。

不同栽植模式对林下植被发展也有明显影响。通过对立地条件相似的混交林与纯林的林下植物群落盖度及其物种多样性的比较, 混交林下的植被盖度为 0.35, 相似立地条件下的纯林盖度为 0.20, 混交林较纯林提高 75%。混交林林下植物群落不仅具有高的物种丰富度, 也具有较高的物种多样性。

表 4 不同部位不同模式的小叶杨林下植被覆盖度与物种多样性

样方地点	种植模式	覆盖度	丰富度指数	辛普森指数	香农指数	均匀度指数
长城乡杨庄坡上部	纯林	0.10	1.27	0.79	2.4	1.34
长城乡杨庄坡中部	纯林	0.20	1.26	0.26	0.91	0.47
长城乡杨庄坡下部	纯林	0.15	1.43	0.52	1.59	0.82
薛岔湫滩沟坡中部	混交	0.35	1.80	0.63	1.85	0.85

注: 覆盖度仅指林下植被的覆盖度。

的影响。分析结果证明,生长期降雨量对侧柏生长有促进作用,高温引起的植物生理干旱,对侧柏生长有抑制作用。

(4)侧柏虽耐旱,但生长期对水需要量大于热量;对降雨反应敏感,速度约 10 d。树高和地径生长动态变化的复杂性证明侧柏有广适应生态学特性。

#### [参 考 文 献]

- [1] 陕西省农林科学院林业研究所编.黄土高原造林[M].北京:中国林业出版社,1981.183—186.
- [2] 罗伟祥等.陕西黄土高原侧柏造林生长调查与分析[J].陕西林业科技,1984(4):45—52.
- [3] 朱志诚.秦岭北麓侧柏林的主要类型及地带性问题[J].陕西林业科技,1978(5):1—12.
- [4] 余清珠等.人工幼林蒸腾规律的研究[J].陕西林业科技,1992(4):5—9.
- [5] 中国树木志编委会主编.中国主要树种造林技术[M].北

京:农业出版社,1978.274—281.

- [6] 牛春山主编.陕西树木志[M].北京:中国林业出版社,1990.29—30.
- [7] 吉中礼主编.农林气象学[M].西安:陕西科学技术出版社,1993.100—111.
- [8] 李吉跃.油松、侧柏苗木抗旱特性初探[J].北京林业大学学报,1988,10(2):23—30.
- [9] 沈国航等.京西山区主要造林树种抗旱特性的研究(I)[M].中国林学会造林学会第二届学术讨论会造林论文集.北京:中国林业出版社,1990.3—12.
- [10] 郭连生、田有亮.对几种针阔叶树种耐旱性生理指标的研究[J].林业科学,1989,25(5):389—393.
- [11] 北京林学院主编.树木学[M].北京:中国林业出版社,1980.55—56.
- [12] 张仰渠等.陕西森林[M].西安:陕西科学技术出版社,1989.215—221.
- [13] 东北林学院主编.森林生态学[M].北京:中国林业出版社,1981.15—28.

(上接第 17 页)

### 3 结论与讨论

(1)坡下部的小叶杨生长良好,郁闭度为 30%,树高可达 12.67 m,而坡中位和坡上位的小叶杨树高仅为 5.70 m 和 5.21 m,相差 1 倍以上。地径、胸径、枝下高和冠幅生长状况表现出同样的趋势。

(2)以沟谷地带的小叶杨的生长为基点,则坡下部、中部和上部的小叶杨的树高和胸径的相对生长潜力分别为沟谷小叶杨的 77.53%, 34.88%, 31.88% 和 75.59%, 39.51%, 33.36%。

(3)混交后,小叶杨的生长较相同立地条件下纯林的生长好,覆盖度大、具有较高的物种多样性,且物种分布均匀,具有较好的生态效益。

研究表明,小叶杨作为一个隐域树种,其生长受空间立地条件变化的制约,在局部立地上,例如沟谷地段,基本上可以正常生长、郁闭和成林,但不宜在面积较大的坡面上栽植。采用混交方式,在一定程度上

可以减少纯林不利的一面,但在空间分布上,还是以在坡的中下部为宜。

#### [参 考 文 献]

- [1] 向师庆.灌草丛根系保持土壤资源上的研究[M].北京林业大学学报,1988,10(4):14—17.
- [2] 侯喜录等.黄土丘陵区森林保持水土效益及其机理研究[J].水土保持研究,1996,3(2):98—103.
- [3] 吴钦孝,赵鸿雁.植被保持水土的基本规律和总结[J].水土保持学报,2001,15(4):13—16.
- [4] 黄河水利委员会.黄河水土保持志[M].河南人民出版社,1992.
- [5] 侯庆春等.黄土高原地区人工林草地“土壤干层”问题初探[J].中国水土保持,1999(5):11—13.
- [6] 穆兴民,陈霁伟.黄土高原水土保持措施对土壤水分的影响[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):39—44.
- [7] 李玉山.黄土高原森林植被对陆地水循环影响的研究[J].自然资源学报,2001,16(5):427—432.