

柳树叶组织蒸腾强度及离体叶片水分自然散失速度测定分析

杨斌¹, 石培贤²

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

摘要:对 5 个柳树树种的叶组织蒸腾强度、离体叶片水分散失速度、叶组织含水率、水分损失率进行了测定结果表明, 苏柳在正常生长情况下较青刚柳和准噶尔柳节约水资源; 由水分散失速度得出这 5 个树种在极端干旱条件下的抗性顺序为: J194 柳 > J172 柳 > J369 柳 > 青刚柳 > 准噶尔柳; 苏柳叶组织对其含水量变化反应敏感, 出现水分胁迫后, 组织含水率呈缓慢下降趋势, 在组织含水率下降至 50% 时, 仍具活叶特征, 表明苏柳叶组织具有很强的生命力和抗干旱能力; J194 柳的叶组织抗逆性最强, 其次为 J172 柳和 J369 柳, 青刚柳和准噶尔柳的叶组织抗逆性最弱。

关键词:柳树; 蒸腾强度; 离体叶片; 水分散失速度

中图分类号: S792.120.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7461(2006)05-0022-04

The Determination Analysis on Transpiration Intensity and Natural Dissipation Speed of Detached Leaf Moisture in Willow

YANG Bin¹, SHI Pei-xian²

(1. Forestry Scientific Technology Extension Station of Gansu, Lanzhou, Gansu 730046, China;

2. Forestry Research Institute of Linxia Prefecture, Linxia, Gansu 731800, China)

万方数据

Abstract: Leaf tissue transpiration intensity, leaf moisture dissipation speed, the humidity ratio of leaf tissue and wet loss rate of *Salix jiangsuensis* had been studied, the results showed that *S. jiangsuensis* expend water lesser than *S. viminalis* and *S. sonjarica*, so it fit the area of water deficiency. On drought conditions, five varieties arrange in drought resistance was below, *S. jiangsuensis*'194' > *S. jiangsuensis*'172' > *S. jiangsuensis*'369' > *S. viminalis* > *S. sonjarica*. The leaf tissue of three strains of *S. jiangsuensis* was sensible to the water content, the leaf tissue humidity ratio dropped slowly in condition of water intimidation, the leaf tissue had biology character when humidity ratio was 50%, the results showed that the leaf tissue of *S. jiangsuensis* had powerful vitality and strong drought resistance. The *S. jiangsuensis*'194' of three strains had powerful resistance, *S. jiangsuensis*'172' and *S. jiangsuensis*'369' had faintish resistance, *S. viminalis* and *S. sonjarica* had lowest feebleness.

Key words: willow; transpiration intensity; away leaf; moisture dissipation speed

植物的蒸腾作用在植物水分代谢中起着很重要的调节支配作用, 很多学者对此做了大量研究。随着全球气候变化和水资源日益短缺, 树木耐旱和森林耗水问题的研究日益深入。如何有效的对水资源进行合理的配置, 实现水平衡下的林木培育, 特别是在干旱半干旱地区进行有效的植被恢复与重建, 更是广大学者普遍关注的问题^[1]。柳树(*Salix*)是我国主要造林树种之一, 广泛栽植于河滩、河湖堤岸、渠

道边及村宅旁, 因其生长迅速、繁殖简单、材质细密坚韧, 纹理美观、树形优美, 颇受广大农民群众的欢迎^[2]。目前甘肃省临夏州引进的 5 个柳树树种在生长速度、抗逆性、形质指标等方面均显著超过了本地的乡土柳树—旱柳^[3]。尤其是苏柳, 生长迅速、抗蛀干害虫的危害, 且主干通直圆满、分枝角度小, 冠形和干形与杨树相近^[4]。现已推广到该省的天水、武威、白银、兰州、定西、平凉和金昌等市区, 参与当地

收稿日期: 2006-03-01 修回日期: 2006-03-17

基金项目: 甘肃省林业厅科研项目“柳树新品种丰产栽培技术研究示范”(2002001)

作者简介: 杨斌(1963—), 男, 贵州都匀人, 高级工程师, 主要从事林业科研与推广工作。

的农田防护林及道路防护林等生态工程建设^[6]。本试验对5个柳树树种叶组织蒸腾强度及离体叶片水分自然散失速度进行了测定,分析出各树种对一定立地类型生态因子的适应性和对极端干旱条件的抗性等,以期为当地农村合理栽培柳树提供一定的技术参考。

1 试验地自然概况

试验地位于甘肃省临夏县北塬乡大寨子村(103°11'E, 35°37'N),属中温带半湿润气候区,年平均降水量501.8 mm,年平均蒸发量1311.4 mm。降水主要集中在7~9月,占全年降水量的70%以上,4~6月降水较少,占全年降水量的11%。年均气温7.1℃,绝对低温-27℃,绝对高温37.3℃,≥10℃的年积温为2330.2℃,无霜期150 d。海拔2026 m,主要土壤类型为黄绵土,成土母质为黄土。土壤pH值7.80,有机质含量1.18%,土壤贫瘠,肥力状况较差。无地下水可利用,在生长季具灌水条件。

2 材料与方法

2.1 材料

供试材料有J172柳(*S. jiangsuensis* CL. '172')、J369柳(*S. jiangsuensis* CL. '369')和J194柳(*S. jiangsuensis* CL. '194'),1985年从江苏省林科院引进(以下简称苏柳);青刚柳(*S. viminalis*)和准噶尔柳(*S. songarica*),1987年从新疆引进(以下简称疆柳)^[6]。被测树均为3年生幼树,株行距2 m×3 m,生长良好,无病虫害。

2.2 方法

2.2.1 蒸腾强度测定 采用刘奉觉^[7]的测定方法。选择晴天无风的12:00~15:00时,在被测树木上,选择向阳且生长旺盛的1年生幼嫩枝条,在距枝顶端30~40 cm处剪下(保持枝条上着生15~20片叶),立即用天平称重,精确至0.1 g,准确记载称量时间、枝条重量,并编号。在枝条基部拴上细线,悬挂在枝条原来位置。按时间顺序,对悬挂15 min的枝条立即取下,解去细线进行称量,准确记载第2次称量时间及重量。再将枝条上全部叶片从叶柄基部剪去,称得枝干重量,各树种每次各测15个样枝。

蒸腾强度计算公式为:

$$ZV = (W_1 - W_2) / (W_1 - W_3) \times 4000 \quad (1)$$

式(1)中:ZV—为叶组织蒸腾强度($g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$), W_1 —为蒸腾前枝叶重(g), W_2 —为蒸腾后枝叶重(g), W_3 —为枝干重(g)。

在计算出各品种每次各样枝蒸腾强度后,分树种计算出各样枝的平均值,并分月统计出各树种月平均蒸腾强度。

2.2.2 离体叶片水分散失速度测定 采用刘奉觉^[8]的测定方法。选择阴天测定,从8:00时开始。从叶柄基部剪取生长健壮的完好叶片10~15枚,带至室内用分析天平立即称量,精确至0.1 mg,准确记载树种、称量时间及叶片重量。再将叶片单置于铺有白纸的桌面上(避免叶间叠置),首次称量后,隔0.5 h开始第2次称量,以后每隔1 h称量1次,并记载称量时间及叶片重量 W_i 。至当日18:00时,共测8次,每树种每次测取10个样本。

离体叶片在不同时间水分散失速度计算公式为:

$$SV_i = (W_{i-1} - W_i) \cdot \left[\frac{W_{i-1} + W_i}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}) \right]^{-1} \quad (2)$$

式(2)中: SV_i 为 t_i 与 t_{i-1} 区间内水分平均散失速度($mg \cdot g^{-1} \cdot min^{-1}$), i —为测定次数($i=1,2,3, \dots$), $W_{i-1} - W_i$ 为相邻2次测定中散失的水分(mg), $\frac{(W_{i-1} + W_i)}{2}$ 为对应 SV_i 的叶片重量(mg), $(t_i - t_{i-1})$ 为相邻2次测定相隔时间(min)。

在不同时间的测定中,叶片离体时间的代表值用下式计算:

$$T_i = t_i - t_0 - (t_i - t_{i-1}) / 2 \quad (3)$$

式(3)中: T_i —为相对应于 SV_i 的时间代表值(min), t_i —为第 i 次测定时间(min), t_0 —为叶片离体后,首次测定的时间(min), $(t_i - t_{i-1})$ —为第 i 次与第 $i-1$ 次测定间隔时间(min)。

为全面分析叶组织在离体后对水分的保持能力,利用正常叶片含水率 P 计算出离体叶片在不同时间内组织含水率 P_i 和水分损失率 B_i ,计算式为:

$$P_i = \frac{W_0 P - (W_0 - W_i)}{W_i} \cdot 100\% \quad (4)$$

式(4)中: P_i —为在第 i 次测定时叶组织的含水率(%), W_0 —为叶片离体后第一次称量重量(g), P —为正常叶片含水率(%), W_i —为第 i 次称量的叶片重量(g)。

$$B_i = \frac{W_0 - W_i}{W_0 P} \cdot 100\% \quad (5)$$

式(5)中: B_i —为第 i 次称量时的水分损失率(%), W_0 —为叶片离体后首次称取的重量(g), W_i —为第 i 次测定时叶片的重量(g), P —为正常叶片含

水率(%)。

3 结果与分析

3.1 蒸腾强度

年平均蒸腾强度以青刚柳最高(表 1),准噶尔柳次之,苏柳间相差不大;各树种在各月的蒸腾强度亦不相同,相比较而言,准噶尔柳差异最大,最大值是最小值的 1.83 倍,青刚柳次之为 1.81 倍,而苏柳之间差异较小为 1.42 倍。在各月的蒸腾强度中,J172 柳的最大值出现在 9 月份,其他均出现在 8 月份,苏柳的最小值均出现于 7 月份,而疆柳均出现于 5 月。表明苏柳发芽后迅速进入速生期,于 7 月份出现缓慢生长期,8 月份又进入速生期;而疆柳发芽后进入速生期较缓慢,这与其年生长特征相符合。

表 1 各树种蒸腾强度

Table 1 The transpiration-intensity of different tree species

/g · kg ⁻¹ · h ⁻¹						
树种	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	年平均
J194 柳	614.8	631.9	509.4	788.7	786.0	666.1
J172 柳	620.2	651.2	584.3	718.4	827.8	680.4
J369 柳	635.8	657.4	539.2	818.8	737.5	677.7
青刚柳	912.7	912.7	753.7	988.3	931.5	826.7
准噶尔柳	597.1	601.1	731.9	1089.6	928.7	789.7

3.2 离体叶片变形期限分析

离体叶片变形期限可从一个侧面反应该树种在极端干旱条件下的适应能力^[9]。疆柳在离体 1 h 左右即出现初步变形(表 2),2 h 左右出现半数变形,2~2.5 h 时全部变形。苏柳在离体 2~4 h 出现初步

变形,3~5 h 出现半数变形,5~8 h 全部变形。苏柳出现初步变形所需时间是疆柳的 2~4 倍,半数变形所需的时间是疆柳的 1.5~2.5 倍,全部变形所需时间是疆柳的 2.5~4.0 倍。

表 2 离体叶片变形期限

Table 2 The deformation deadline of away leaf /min

树种	变形程度		
	初变	半变(50%变形)	全变(90%变形)
J194 柳	247	300	484
J172 柳	134	204	474
J369 柳	159	200	347
青刚柳	59	104	144
准噶尔柳	69	113	129
平均值	134	184	316

3.3 离体叶片水分自然散失速度分析

3.3.1 离体叶片水分散失速度 5 个柳树树种叶片离体 0.5 h 时其水分散失速度均远小于正常蒸腾强度(表 3),仅为正常叶片蒸腾强度的 22.1%~34.7%,表明叶片离体后叶细胞迅速出现水分胁迫。J194 柳离体 1 h 后,叶组织严重缺水,全部气孔关闭,水分仅从表皮细胞壁散失,其散失速度不到正常叶片蒸腾强度的 15.9%。J172 柳离体 1 h 后仍保持着较高的水分散失速度,直至离体 3~4 h 时水分散失速度快速下降至叶片正常蒸腾强度的 15.87%,而此时正值 J172 柳叶片半数变形。J369 柳离体后水分散失速度虽有小幅下降,但在其离体 3 h 时出现小幅上升,后又下降(此时正是其由初步变形到半数变形期间),直至其出现全部变形时出现快速下降。疆柳的叶片离体后一直保持着较高的水分散失速度,直至叶片全部变形才出现散失速度急速下降。

表 3 离体叶片水分散失速度

Table 3 The moisture dissipation speed of away leaf

/mg · g ⁻¹ · min ⁻¹									
离体时间/h	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
J194 柳	2.630	1.767	1.761	1.640	1.561	1.515	1.413	1.033	1.281
J172 柳	2.813	2.192	2.103	2.038	1.779	1.660	1.235	0.874	0.651
J369 柳	2.492	2.422	2.116	2.532	2.130	2.148	1.656	1.009	0.587
青刚柳	4.612	4.346	3.853	2.841	1.424	0.695	0.414	0.259	0.143
准噶尔柳	4.574	4.499	4.205	3.201	1.647	0.518	0.267	0.118	0.030

3.3.2 离体叶组织含水率 苏柳在离体 0.5 h 时叶组织含水率平均下降 2.79%(表 4),疆柳平均下降 5.32%,疆柳水分散失速度为苏柳的 1.91 倍。在离体 1 h 后,苏柳叶组织含水率保持 0.05 h 的速度匀速下降,而疆柳的叶组织含水率下降较快,在 1~3 h 保持 0.1 h 的速度迅速下降,导致了叶片迅速出现萎蔫而失去生理活性。

3.3.3 离体叶组织水分损失率 叶片保水能力是反映叶组织抗逆性的重要指标。苏柳叶片在离体 0.5 h 时平均损失的水分为 11.38%(表 5),疆柳平均损失的水分为 20.16%,水分损失率是苏柳的 1.77 倍。苏柳在离体 2 h 时平均为 34.46%,而疆柳平均达到 62.73%,水分损失率是苏柳的 1.82 倍。疆柳在较短的时间内离体叶片水分损失率远大于苏柳。

表 4 离体叶组织含水率

Table 4 The tissue humidity ratio of away leaf

/%

离体时间/h	0	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
J194 柳	65.03	62.15	60.10	55.65	51.06	46.25	41.13	35.92	31.82	26.37
J172 柳	67.15	64.26	61.83	56.69	51.05	45.53	39.82	35.19	31.7	28.98
J369 柳	66.40	63.79	61.04	55.78	48.51	41.48	33.42	26.46	21.87	19.07
青刚柳	65.01	59.79	54.18	42.20	31.43	25.31	22.13	20.17	18.92	18.22
准噶尔柳	63.21	57.79	51.68	37.73	24.5	16.65	14.02	12.63	12.01	11.85

表 5 离体叶组织水分损失率

Table 5 The tissue wet loss rate of away leaf

/%

离体时间/h	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
J194 柳	11.67	19.01	32.52	43.90	53.73	62.43	69.86	74.91	80.74
J172 柳	11.63	20.04	34.70	47.26	57.02	65.24	70.84	74.56	77.21
J369 柳	10.84	20.64	36.16	52.32	64.13	74.60	81.79	85.83	88.07
青刚柳	19.99	36.37	60.71	75.33	81.76	84.71	86.40	87.44	88.01
准噶尔柳	20.32	37.75	64.74	81.11	88.37	90.51	91.59	92.06	92.18

4 结论与讨论

从年平均蒸腾强度来看,青刚柳和准噶尔柳的年耗水量分别是苏柳平均值的 122.5%和 117.0%,苏柳在正常生长情况下较青刚柳和准噶尔柳节约水资源,更适合于水资源短缺地区栽培。

苏柳离体叶片变形所需时间较长,是疆柳的1.5~4.0 倍,表明苏柳在极端干旱条件下较疆柳的适应性更强。

J194 柳在叶片出现水分胁迫后,能迅速关闭气孔,保持较低的水分自然散失速度,表明其在极端干旱条件下有很强的抗性。J172 柳、J369 柳及疆柳在叶片出现水分胁迫后,仍保持较高的水分散失速度,直至其叶片出现严重水分缺失后,才出现水分散失速度快速下降,此时已对叶片造成不可逆或部分不可逆的损害,表明其在极端干旱条件下抗性较弱。由水分散失速度看出这 5 个树种在极端干旱条件下的抗性顺序为:J194 柳>J172 柳>J369 柳>青刚柳>准噶尔柳。

苏柳叶组织对其含水量变化反应敏感,出现水分胁迫后,叶组织含水率呈缓慢下降趋势,在含水率下降至 50%时,仍具活叶特征,表明苏柳叶组织具有较强的生命力和抗干旱的能力。

从叶片损失的水分来看,J194 柳叶组织水分损失率达 53%以上时才出现初步变形,而 J172 柳和 J369 柳叶组织水分损失率在不足 50%时已出现变形。疆柳叶组织水分损失率在不足 40%时就出现变形,表明 J194 柳叶组织的抗逆性最强,J172 柳、J369 柳抗逆性较强,疆柳抗逆性相对较弱。

参考文献:

[1] 周平,李吉跃,招礼军. 北方主要造林树种苗木蒸腾耗水特性研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(5/6),50-55.

[2] 涂忠虞. 柳树育种与栽培[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1982.

[3] 石培贤,鲁军,杨世民,等. 临夏州引种柳树良种生长规律研究[J]. 甘肃林业科技,2001,(4):24-27.

[4] 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.

[5] 杨斌,石培贤,王涛,等. J172 等柳树良种在甘肃的生长表现和推广前景浅析[J]. 甘肃林业科技,2003,(4):58-60.

[6] 石培贤,鲁军,杨世民,等. 五个柳树良种年生长特征的初步研究[J]. 甘肃农业大学学报,1999,(4):405-409.

[7] 刘奉觉. 用快速称重法测定杨树蒸腾速率的技术研究[J]. 林业科学研究,1990,3(2):162-165.

[8] 刘奉觉. 杨树叶片离体前后蒸腾速率的变化[J]. 植物生理学通讯,1990,(1):157-159.

[9] 石培贤,刘学敏,闫作平,等. 临夏 85 杨叶组织蒸腾强度及水分散失速度测定分析[J]. 林业实用技术,2004,(9):1-4.