

古丽娜尔·巴合提别克,阿勒合斯·加尔得木拉提,韩卫民,等.不同黄化程度俄罗斯杨水力结构特征研究[J].黑龙江农业科学,2020(4):74-77,78.

不同黄化程度俄罗斯杨水力结构特征研究

古丽娜尔·巴合提别克¹,阿勒合斯·加尔得木拉提²,韩卫民³,王 梅⁴
(新疆石河子大学 农学院,新疆 石河子 832000)

摘要:为促进西北地区造林的适应性,本文设置了2种不同黄化程度和正常生长的杨树共3种处理,每一处理12个重复,采用“冲洗法”对俄罗斯杨枝条的水力结构相关参数进行测定。结果表明:俄罗斯杨的导水率(Kh)、比导率(Ks)、叶比导率(LSC)和胡伯尔值(Hv)都与茎段直径呈明显的正相关。随着黄化程度的增大,导水率、比导率、叶比导率值减小,胡伯尔值变化不明显。随着黄化程度的增大,杨树的栓塞值(PLC)也相应增大。

关键词:俄罗斯杨;水力结构;导水率;栓塞

自20世纪80年代以来,许多学者在对林木耐旱性及其生理生态学机理的研究方面,取得了一系列的研究成果^[1],并侧重于渗透调节、膨压维持、气孔的运动、组织弹性的调整、原生质耐脱水能力等林木生理指标与抗旱性的相关性研究^[2-8]。李吉跃等^[9-13]把植物耐旱性的“本质特征”和“表现状态”相结合,提出了更为完善的林木耐旱分类体系。然而,树木的上述生理指标参数能否真正改善树木的耐旱行为仍未得到实验证实^[14]。20世纪70年代 Zimmermann^[15]提出的水力结构理论,是指植物在特定的环境条件下,为适应生存竞争的需要所形成的不同形态结构和水分运输供给策略,其特征通常用导水率(Kh)、比导率(Ks)、叶比导率(LSC)、胡伯尔值(Hv)和栓塞值(PLC)等参数来表征。树木个体在整个生长发育期间可通过改变水力结构来影响导水阻力和水分需求,从而对水分运输和水分平衡产生深刻影响。

林木黄化病的发生较为普遍,病株树叶变黄、枯萎,长势衰退,直至死亡,严重影响了林木生长和园林绿化。生理性黄化现象发生范围广,据统计,全世界大约有25%~30%的植物都有黄化现象^[16-18]。目前对林木黄化现象的生理方面的研究比较多,主要集中在脯氨酸、丙二醛等内容

上^[19-20]。然而,水力结构方面的研究还没涉及到。本文选择了对俄罗斯杨黄化现象所带来的其次生木质部的水力结构特征变化的分析,旨在阐明其受到黄化时的胁迫机制,为西北地区造林的适应性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

于2012年2-7月,对位于石河子大学农学院试验站林学苗木地西北角的杨树林不做浇水处理,使其呈现出不同的黄化状态。在8月,选取其中具有代表性的6株俄罗斯杨进行测定。利用叶绿素分析仪(JC503-SPAD502)将杨树按照黄化分为正常生长、轻度黄化和重度黄化3个级别。黄化程度按表1要求进行判读。

表1 俄罗斯杨叶片黄化分级标准
Table 1 Leaf chlorosis grading standard of *Populus russkii* Jabl

级别 Grade	SPA	分级标准 Standard	黄化程度 Etiolated degree
I	SPA>40	叶片深绿色	正常生长
II	40>SPA>20	叶片微黄	轻度黄化
III	SPA<20	叶片全黄至落叶	重度黄化

1.2 方法

1.2.1 取样方法 测定日16:00,选取待测杨树尽量靠近中部的枝条,东南西北4个方位随机选取,每次选取3株,用黑色塑料袋装回实验室。在室内把即将测量枝条在水中截成10 cm左右长度的样段,其余待测枝条立即浸泡于清水中,以免水分散失而影响试验。

收稿日期:2020-01-15
基金项目:国家自然科学基金(31660194)。
第一作者:古丽娜尔·巴合提别克(1995-),女,在读硕士,从事资源利用与植物保护研究。E-mail: 2069268466@qq.com。
通信作者:王梅(1977-),女,博士,副教授,从事森林生态与林木种质资源保护利用研究。E-mail: wangml205@163.com。

1.2.2 导水率的测定 采用“冲洗法”对导水率及其他水力结构参数进行测定^[14-15],即配制1 mol·L⁻¹的KCl溶液装入高压导水率仪以模拟木质部导管的溶液。导水率(K_h)是表征输水功能的物理量。它等于通过一个离体茎段的水流量(F ,kg·s⁻¹)与该茎段引起水流动的压力梯度(dp/dx ,MPa·m⁻¹)的比值,即: $K_h = F / (dp / dx)$ 。采用高压导水率仪在0.2 MPa测定离体水流量(F),并量取样段长度 x 。

1.2.3 比导率的测定 比导率(K_s)是指单位茎段横截面积的导水率,它是表征输水效率的物理量。其公式为: $K_s = K_h / A_{\omega}$ 。其中 A_{ω} 表示茎段横截面积(m²),用游标卡尺测定茎段横截面积。将导水率除以茎段横截面积,便得出比导率 K_s 。

1.2.4 叶比导率的测定 叶比导率(LSC)是茎段末端叶片供水情况的重要指标,其公式为: $LSC = K_h / Al$,其中 Al 表茎段末端的叶干重(g),对茎段末端叶片进行烘干处理,再进行称重。用导水率除以茎段末端叶片干重,便可得叶比导率(LSC)。

1.2.5 胡伯尔值的测定 胡伯尔值(H_v)是表征维持每单位叶面积或干重所投入的茎段组织的多少的物理量。其公式: $H_v = A_{\omega} / Al$ 。把茎段木质部横截面积除以所测茎段末端的叶干重便可得

胡伯尔值(H_v)。

1.2.6 栓塞值的测定 植物因受水分或盐分胁迫而导水率下降,通常用栓塞值(PLC)进行描述。它表示木质部导水率损失的百分数,其公式为: $PLC = 100 (1 - K_{初} / K_{末})$ 。其中 $K_{初}$ 表初始导水率, $K_{末}$ 表末导水率。在0.2 MPa的压强下采用“冲洗法”测出初始导水率,再加压至1.2 MPa左右进行高压冲洗过后,再在0.2 MPa压强下测出的导水率,即为末导水率。利用公式计算出栓塞值。

2 结果与分析

2.1 导水率

无论是在正常生长还是不同黄化程度下,杨树的枝条直径与导水率的关系都呈正相关关系。由表2可知,以直径4.0~7.0 mm的枝条导水率平均值为例,当正常生长时,导水率平均值为0.475 5 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹,处于轻度黄化时导水率均值为0.229 6 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹,导水率损失率为30%左右。当处于重度黄化时,导水率均值为0.075 1 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹,导水率损失超过85%,此时杨树叶片已经出现典型黄化症状。正常生长的杨树导水率显著大于轻度黄化($F = 14.289; P = 0.031$),轻度黄化的导水率也显著大于重度黄化($F = 53.257; P < 0.01$)。

表2 不同黄化程度下杨树枝条直径与导水率的相关分析

Table 2 Correlation analysis between diameter of *Populus russkii* and K_h in different yellowing degree

胁迫强度	关系函数	相关系数	4.0~7.0 mm 导水率均值
Intensity of stress	Correlation function	Correlation coefficient	4.0-7.0 mm K_h average/(g·m·MPa ⁻¹ ·min ⁻¹)
正常生长($n=35$)	$y=0.0293e^{5.7818x}$	$R^2=0.9732$	$0.4755 \pm 0.0184\ a$
轻度黄化($n=35$)	$y=0.0217e^{4.441x}$	$R^2=0.9587$	$0.2296 \pm 0.0087\ b$
重度黄化($n=35$)	$y=0.0012e^{6.6999x}$	$R^2=0.9348$	$0.0751 \pm 0.0147\ c$

2.2 对比导率的影响

比导率可以反映出枝条对水分运输的效率。无论是在正常生长还是不同黄化程度下,杨树枝条对水分的运输效率均随着枝条直径的增大而增大。在正常生长条件下,其关系呈对数函数;在2种黄化程度下,其关系均呈二项式函数关系。由表3可知,随着黄化程度的增大,比导率则相应减小。以4.0~7.0 mm直径枝条为例,当杨树处于正常生长时,其比导率均值为2.247 2 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹·cm⁻²,当杨树处于轻度黄化时,其比导率平均值为1.141 5 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹·cm⁻²,输水效率下降51%;当处于重度黄化时,平均比导率为0.214 3 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹·cm⁻²,比正常水平下降91%。正常生长杨树比导率显著大于轻度黄化比

导率($F = 22.325; P = 0.027$),轻度黄化比导率显著大于重度黄化水平($F = 67.421; P < 0.01$)。

2.3 叶比导率

无论是在正常生长还是不同黄化程度下,其叶比导率均随苗木茎段直径的增加而提高,两者关系函数可用线性或指数函数来表示。由表4可知,随着黄化程度的增加,其枝条叶比导率出现不同程度的下降趋势,在正常水分、中度和重度黄化程度时,枝条4.0~7.0 mm枝条的平均叶比导率分别为0.120 0,0.071 2和0.012 8 g·m·MPa⁻¹·min⁻¹·g⁻¹,分别比正常水平(对照)下降40.7%和89.3%。且处于正常生长杨树叶比导率显著大于轻度黄化比导率($F = 43.247; P < 0.01$),而轻度黄化叶比导率显著大于重度黄化水平($F = 62.527; P < 0.01$)。

表 3 不同黄化程度下杨树枝条直径与比导率的相关分析

Table 3 Correlation analysis between diameter of *Populus russkii* and *Ks* in different yellowing degree

胁迫强度	关系函数	相关系数	4.0~7.0 mm 比导率均值
Intensity of stress	Correlation function	Correlation coefficient	4.0-7.0 mm <i>Ks</i> average/(g·m·MPa ⁻¹ ·min ⁻¹ ·cm ⁻²)
正常生长(<i>n</i> =35)	$y=1.1615\ln(x)+3.1418$	$R^2=0.9434$	2.2472±0.0532 a
轻度黄化(<i>n</i> =35)	$y=-0.0425x^2+0.6481x+0.2051$	$R^2=0.8317$	1.1415±0.0736 b
重度黄化(<i>n</i> =35)	$y=-0.0015x^2+0.7428x+0.4012$	$R^2=0.8024$	0.2143±0.0382 c

表 4 不同黄化程度下杨树枝条直径与叶比导率的相关分析

Table 4 Correlation analysis between diameter of *Populus russkii* and *LSC* in different yellowing degree

胁迫强度	关系函数	相关系数	4.0~7.0 mm 叶比导率均值
Intensity of stress	Correlation function	Correlation coefficient	4.0-7.0 mm <i>LSC</i> average/(g·m·MPa ⁻¹ ·min ⁻¹ ·g ⁻¹)
正常生长(<i>n</i> =35)	$y=0.5157x-0.1515$	$R^2=0.9814$	0.1200±0.0172 A
轻度黄化(<i>n</i> =35)	$y=3E-06e^{8.3794x}$	$R^2=0.9543$	0.0712±0.0086 B
重度黄化(<i>n</i> =35)	$y=3E-07e^{10.524x}$	$R^2=0.9645$	0.0128±0.0018 C

2.4 对胡伯尔值的影响

无论是在正常生长还是不同黄化程度下,其胡伯尔值均随苗木茎段直径的增加而提高,两者关系函数可用线性或指数函数来表示。由表 5 可知,无论是在正常生长或黄化程度下,枝条的胡伯尔值变化不大。以 4.0~7.0 mm 直径枝条为例,其不同处理条件下胡伯尔值的差异不显著。正常生长的杨树胡伯尔值与轻度黄化相差不大($F=5.437;P=0.432$),轻度黄化与重度黄化也相差不大($F=3.724;P=0.651$)。

表 5 不同黄化程度下杨树枝条直径与胡伯尔值的相关分析

Table 5 Correlation analysis between diameter of *Populus russkii* and *Hv* in different yellowing degree

胁迫强度	关系函数	相关系数	4.0~7.0 mm 胡伯尔均值
Intensity of stress	Correlation function	Correlation coefficient	4.0-7.0 mm <i>Hv</i> average
正常生长	$y=0.3140x-0.0838$	$R^2=0.9668$	0.0815±0.0079 a
轻度黄化	$y=0.0026x-0.001$	$R^2=0.9958$	0.0796±0.0042 a
重度黄化	$y=4E-06e^{8.3445x}$	$R^2=0.9950$	0.0821±0.0051 a

2.5 栓塞值

由图 1 可知,在正常生长情况下,俄罗斯杨的平均栓塞值(PLC)为(37.054 8±4.176 2)%,轻度黄化的杨树平均栓塞值为(52.761 3±8.635 1)%,当处于重度黄化时,平均栓塞值则为(86.356 4±15.001 7)%。且轻度黄化的栓塞值显著大于正常生长的栓塞值($F=13.326;P=0.025$),重度黄化的栓塞值极显著大于轻度黄化

的栓塞值($F=51.725;P<0.01$)。可见,俄罗斯杨的黄化程度越高,其栓塞值越大。

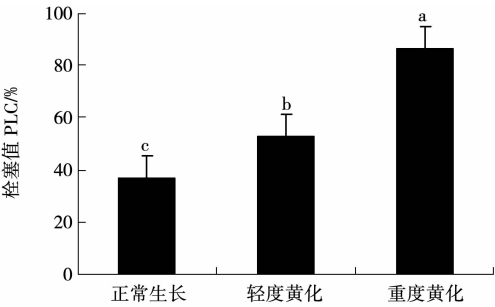


图 1 不同黄化程度下栓塞值相关分析
Fig.1 Correlation analysis on PLC in different yellowing degree

3 结论

由于林木黄化病的发生较为普遍,病株树叶变黄、枯萎,长势衰退,直至死亡,严重影响了林木生长和园林绿化。本试验设置了 2 种不同黄化程度和正常生长的杨树共 3 种处理,分析俄罗斯杨黄化发病等级与树木次生木质部水力结构的关系,并采用“冲洗法”对俄罗斯杨枝条的水力结构相关参数进行了测定,得出以下结论:

第一,枝条的导水率、比导率、叶比导率和胡伯尔值都与茎段直径呈明显的正相关。表明随着杨树直径的增大,其输水功能越强,输水效率越高,单位叶面积的供水情况越好,以及单位叶面积水分供给的木质部组织越多。

第二,随着黄化程度的增大,导水率、比导率、叶比导率值减小。干旱胁迫越严重,杨树的输水功能、输水效率、单位叶面积的供水能力都越低。

第三,随着黄化程度的增大,胡伯尔值变化很

小。黄化程度的不同,但单位叶面积水分供给的木质部组织几乎不变。

第四,随着黄化程度的增大,杨树的栓塞值也相应增大,这是杨树在胁迫条件下,为降低蒸腾作用而减少水分运输的一种自我保护机制。

4 讨论

4.1 黄化胁迫对次生木质部水力结构的影响

随着黄化胁迫的加深,杨树的输水功能、输水效率、单位叶面积的供水能力都降低。当杨树正常生长时,导水率平均值为 $0.475\ 5\ \text{g}\cdot\text{m}\cdot\text{MPa}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,而所有黄化处理组次生木质部水力结构特征变化幅度明显,当杨树处于轻度黄化时导水率损失为 30% 左右,输水效率下降 51%,枝条的平均叶比导率分别比正常水平(对照)下降 41%。当处于重度黄化时导水率损失超过 85%,输水效率比正常水平下降 91%,枝条的平均叶比导率分别比正常水平(对照)下降 89%,此时杨树叶片已经出现典型黄化症状,这与杨跃文等^[21]对北沙柳幼苗生长特性的研究结果一致,由此可见杨树幼苗可能是通过叶片萎蔫、变色或者是部分枝条脱落来抵御伤害。当发生黄化病时,生理指标首先变化,可以通过水力结构指标的变化程度以及变化趋势,预判黄化病的发生情况以及发生程度。这些机理在植物生理生态学上具有重要价值,对植物种的选择有指导意义,在防治沙漠化上也有重要的参考价值。

4.2 树木的直径对次生木质部水力结构的影响

无论是在正常生长还是不同黄化程度下,枝条的导水率、比导率、叶比导率和胡伯尔值都与茎段直径呈明显的正相关,表明随着杨树直径的增大,其输水功能越强,输水效率越高,单位叶面积的供水情况越好,以及单位叶面积水分供给的木质部组织越多。但是直径在 $4.0\sim 7.0\ \text{mm}$ 下重度黄化的水力结构指标与轻度黄化和正常树木的差异显著,可能在干旱胁迫条件下,银杏叶片黄化病能够使植物幼苗株高、地径生长速度变缓,生物量减少^[23],引起茎段直径生长变慢,又因为茎段直径与枝条的导水率、比导率、叶比导率和胡伯尔值都呈明显的正相关,所以直径在 $4.0\sim 7.0\ \text{mm}$ 下重度黄化的水力结构指标与轻度黄化和正常树木的差异显著。

随着黄化程度的增大,杨树的栓塞值也相应增大,这是杨树在胁迫条件下,为降低蒸腾作用而减少水分运输的一种自我保护机制。

参考文献:

- [1] 汤章城. 植物干旱生态生理的研究[J]. 生态学报, 1983, 3(3): 195-204.
- [2] 李吉跃. 油松侧柏抗旱能力初探[J]. 北京林业大学学报, 1988, 10(2): 23-30.
- [3] 李吉跃. PV 技术在油松侧柏苗木抗旱特性研究中的应用[J]. 北京林业大学学报, 1989, 11(1): 3-11.
- [4] 李吉跃. 太行山区主要造林树种耐旱特性的研究(VI)——量化研究模式及耐旱性综合评价[J]. 北京林业大学学报, 1991(S3): 266-280.
- [5] 李吉跃, 张建国, 姜金璞. 北方主要造林树种耐旱机理及其分类模型的研究[J]. 北京林业大学学报, 1993, 15(3): 1-9.
- [6] 张建国, 李吉跃, 姜金璞. 北京西山区人工林水分参数研究(I)[J]. 北京林业大学学报, 1994, 16(1): 1-12.
- [7] 张建国, 李吉跃, 姜金璞. 北京西山区人工林水分参数研究(II)[J]. 北京林业大学学报, 1994, 16(2): 1-9.
- [8] 张建国, 李吉跃, 姜金璞. 北京西山区人工林水分参数研究(III)[J]. 北京林业大学学报, 1994, 16(4): 46-54.
- [9] 王万里. 压力室在植物水分状况研究中的应用. 植物生理学通讯[J]. 植物生态学报, 1984, 11(3): 52-57.
- [10] 王孟本, 李洪建, 柴宝峰. 柠条的水分生理生态学特性[J]. 植物生态学报, 1996, 20(6): 494-501.
- [11] 俞理飞, 朱守谦, 叶镜中. 喀斯特森林不同种组的耐旱适应性[J]. 南京林业大学学报, 2002, 26(1): 19-22.
- [12] 李吉跃, 张建国, 姜金璞. 侧柏种源耐旱特性及其机理研究[J]. 林业科学, 1997, 33(4): 1-13.
- [13] 李吉跃. 植物耐旱性及其机理[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(3): 92-100.
- [14] Tyree M T, Ewers F W. The hydraulic architecture of tree and other woody plants[J]. New Phytologist, 1991, 119: 345-360.
- [15] Zimmermann M H. Hydraulic architecture of some diffuse-porous trees[J]. Canadian Journal Botany, 1978, 56: 2286-2295.
- [16] 宗兆锋, 康振生. 植物病理学原理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [17] 吴秀水. 樟树黄化病发生原因与防治对策[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(11): 2040-2041.
- [18] 陈毓荃. 生物化学实验方法和技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [19] Shun C J, Liang Z Z. Study on water physiological characteristics of black locust seedling under soil drought condition[J]. Journal of Shandong Agricultural University: Natural Science Edition, 2006, 37(4): 598-602.
- [20] 刘云鹏, 徐福元, 朱兴俊, 等. 杨树黄化苗木叶部氧化酶及MDA 响应特征[J]. 林业科学, 2010, 23(3): 355-361.
- [21] 张斌. 干旱胁迫下银杏叶片黄化病的发生及生理变化规律研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2016.
- [22] 杨跃文, 季蒙, 包哈森高娃, 等. 干旱胁迫对不同种源北沙柳幼苗生长特性的影响[J]. 林业科技, 2013, 38(6): 6-9.
- [23] 常君, 姚小华, 杨水平, 等. 水分胁迫对美国山核桃苗木生长的影响[J]. 林业科学研究, 2009, 22(1): 134-138.



王建忠,刘衡,覃林波,等.树龄对大花序桉木材力学性质的影响[J].黑龙江农业科学,2020(4):78-81.

树龄对大花序桉木材力学性质的影响

王建忠¹,刘 衡²,覃林波¹,郑伟清²,费晓云¹,符韵林²

(1.广西壮族自治区国有东门林场,广西 崇左 532108;2.广西大学 林学院,广西 南宁 530004)

摘要:为促进大花序桉树种的培育以及其木材利用,选取大花序桉为试验材料,开展不同树龄大花序桉力学性质的比较研究。结果表明:5、17、29、35年生木材的抗弯弹性模量分别为12.72、15.69、17.51、15.86 GPa,抗弯强度分别为99.19、121.87、136.10、128.18 MPa,顺纹抗压强度分别为47.40、58.95、62.49、65.25 MPa,冲击韧性分别为80.56、94.76、102.19、102.80 kJ·m⁻²,端面硬度分别为6.51、7.56、8.49、8.89 kN;随树龄增加,木材抗弯弹性模量及抗弯强度先增大再减小,在29年生时最大,顺纹抗压强度、冲击韧性及硬度逐渐增大。树龄对大花序桉木材的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度、硬度等指标具有极显著影响,对其冲击韧性不具有显著影响;根据木材物理力学性质分级表,各树龄的大花序桉木材力学性能均较优良,以29年生的木材最为优良,其综合力学性能属于高等强度,可以用于高强度要求场合。

关键词:大花序桉;树龄;力学强度

大花序桉(*Eucalyptus cloeziana*),又名昆士兰桉,桃金娘科桉属,是我国引进的人工林树种之一,主要分布在广东、广西和海南等地。其生长迅速,树干通直,木材材性优良,是理想的实木大径材^[1]。木材的力学性能对木材的利用有着十分重要的意义,因此,有必要对大花序桉木材的力学性质进行研究。目前,有学者对大花序桉的木材力学性质进行了研究。陈健波等^[2]研究了18年生大花序桉11个种源木材顺纹抗压强度在种源间的变异情况,结果发现不同种源的抗弯强度有着

显著差异,最大值为83.4 MPa,最小值为69.8 MPa。项东云等^[3]研究了18年生大花序桉11个种源木材抗弯弹性模量在种源间的变异情况,结果发现不同种源的抗弯强度存在显著差异,最大值为26.71 GPa,最小值为23.50 GPa;周维等^[4]研究发现6年生大花序桉的抗弯弹性模量、抗弯强度、顺纹抗压强度均值分别为10.67、127.92和60.27 MPa,其木材综合品质属于高等级材;杨中宁^[5]研究了大花序桉力学特性在种源之间的变异关系。目前,对大花序桉力学性能的研究多集中于分析其不同种源之间的力学性能差异,对不同树龄之间大花序桉力学性质差异的报道较少。有鉴于此,本研究开展了不同树龄大花序桉木材力学性质的比较研究,以为大花序桉树种的定向培育以及木材工业化利用提供理论支撑。

收稿日期:2020-01-05

基金项目:国家重点研发计划课题(2016YFD0600502);广西大学科研项目。

第一作者:王建忠(1985-),男,硕士,工程师,从事桉树遗传改良及无性系开发研究。E-mail:379760245@qq.com。

通信作者:符韵林(1977-),男,博士,教授,从事木材材性及其功能性改良研究。E-mail:fylin@126.com。

Hydraulic Architecture Characteristics of *Populus russkii* Under Different Yellowing Degree

Gulinaer·Bahetibieke¹, Alehesi·Jiaerdemulati², HAN Wei-min³, WANG Mei⁴

(Agriculture College, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

Abstract: In order to promote the adaptability of afforestation in Northwest China, In this article, hydraulic architecture characteristic parameters of *Populus russkii* which is the important tree species was measured and analyzed by a "flushing method" with 3 treatments (two treatments of yellowing degree treatments and a treatment of regular growing). Each treatment had 12 repeated samples. The results showed that the Kh , Ks , LSC and Hv was affected by the stem segment diameter, the relationship between the index and the diameter was positive correlation. Also the Kh , Ks and LSC could be decreased along with the yellowing degree's increasing. However, change of Huber value was not significant under different yellowing degree. The embolism could be decreased along with the yellowing degree's increasing.

Keywords: *Populus russkii*; hydraulic architecture; hydraulic conductivity; embolism