

5个杨树无性系抗旱性研究*

高建社, 王 军, 周永学, 刘永红, 郑书星

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 以5个杨树无性系(57×新, 毛30, 意101, 84K 杨, 新疆杨)的1年生扦插苗为试验材料, 在干旱胁迫条件下对各无性系的生理、生长指标进行了测定与分析。结果表明, 水分胁迫对各无性系的脯氨酸含量、质膜透性、叶水势、生物量以及植株生长等指标均产生显著影响; 用模糊数学隶属度公式对各无性系抗旱性进行综合评定, 其抗旱能力从大到小依次为84K 杨> 新疆杨> 意101> 毛30> 57×新。

[关键词] 杨树无性系; 水分胁迫; 抗旱性

[中图分类号] S792.110.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)02-0112-05

杨树在我国分布广泛, 是重要的造林绿化速生树种。主要分布于华北、西北等地区, 绝大部分属于干旱和半干旱地区^[1]。杨树无性系的抗旱能力是评价其适应性、确定推广栽培范围的重要依据之一。因此, 对杨树无性系进行抗旱性研究在林业生产上具有重要的现实意义。

本研究以57×新(*P. deltoides* CL. '57'×*P. bolleana*)、意101(*P. alba*)、84K 杨(*P. abla*×*P. glandulosa*)为研究对象, 以毛30(*P. tomentosa*-30)、新疆杨(*P. bolleana*)为对照, 测定了各无性系的生理和生长指标, 并对其抗旱性进行了比较分析, 为确定其适生范围和进一步推广应用提供了理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用57×新、意101、84K 杨、毛30和新疆杨5个杨树无性系的1年生扦插苗作为试验材料。

1.2 试验方法

取参试各无性系1年生扦插苗的苗干截取插穗, 于2003-03下旬扦插于塑料盆中。盆高40 cm, 内径40 cm。所用土壤田间持水量为25%。盆栽苗放置于塑料大棚中, 在充足的水分条件下正常生长, 于2003-07开始控水处理。试验设正常浇水与干旱胁迫2种处理, 每个无性系每种处理6盆。试验开始后, 正常浇水处理, 其控水方法是每盆每次浇两瓢水, 当发现盆中土壤干旱时立即浇水, 使其充分生长。干旱处理的苗木自然干旱, 每天定时用电子秤称盆重用

以控制土壤含水量, 当盆中土壤含水量为田间持水量的40% (重量含水率)^[2]时, 盆中土壤严重水分亏缺, 盆中栽植苗木处于干旱胁迫中, 此时再供水。如此反复, 控水一段时间后, 对各无性系的生理及生长指标进行测定。

1.3 指标测定

1.3.1 生长量 用钢卷尺准确测定幼苗株高, 游标卡尺测定地径。

1.3.2 生物量 于试验结束后采取收获法测定生物量。分别测定苗木茎、根鲜重后, 将样品在105烘箱内烘至恒重, 再分别称其干重。

1.3.3 叶水势 用压力室法测定。试样取自苗木中部成熟叶片。

1.3.4 细胞膜透性 用相对电导率表示, DDS-11A 电导仪测定电导值。相对电导率/% = 实测电导值/绝对电导值×100。取各无性系的同位叶片测定。

1.3.5 脯氨酸(Pro)含量 取无性系的同位叶片用茚三酮显色法测定^[3]。

1.4 数据处理

试验测定数据经整理, 用模糊数学隶属度公式^[4]进行定量转换, 再将各指标隶属函数值取平均值进行无性系间相互比较。隶属函数公式为

$$U(x_i) = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中, $U(x_i)$ 为隶属函数值, X_i 为无性系某项指标测定值; X_{\max} 和 X_{\min} 为所有参试无性系中某一指标的最

* [收稿日期] 2004-08-27

[基金项目] 陕西省科技厅“林木优良新品种选育及丰产栽培技术研究——杨树新品种选育研究”项目(2003K02-G8)

[作者简介] 高建社(1963-), 男, 陕西武功人, 工程师, 在读硕士, 主要从事林木育种研究。

大值和最小值。如果某一指标与综合评判结果为负相关, 则用反隶属函数进行定量转换, 计算公式为

$$U(x_i) = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对杨树无性系生长的影响

水分对杨树苗木的影响表现在其生长和具体的代谢过程中, 干旱胁迫的最直观反应就是苗木生长量上的差异。比较胁迫条件下和非胁迫条件下苗木的生长量, 能较好地反映5个参试杨树无性系对干旱的适应能力。由表1可以看出, 水分胁迫对无性系的苗高和地径生长均有明显影响, 各无性系的平均

苗高生长量在正常水分条件下为36.02 cm, 在水分胁迫条件下则为26.60 cm, 平均比对照下降了26.34%。其中84K杨的苗高生长量最大, 正常水分条件下为44.00 cm, 水分胁迫下为34.17 cm, 较对照降低了22.34%。在水分胁迫条件下, 苗高较对照下降幅度最大的是意101(36.83%), 降幅最小的为新疆杨(16.14%)。各无性系的平均地径生长量降幅为34.30%。其中, 84K杨的地径生长量由对照的0.140 cm下降到水分胁迫条件下的0.129 cm, 其降幅最小, 为7.86%; 而57×新的降幅达到了50.00%。以上分析表明, 水分胁迫对各无性系的苗高、地径生长量有抑制作用; 且不同无性系的苗高、地径受水分胁迫的影响程度不同。

表1 5个杨树无性系的苗高和地径生长量

Table 1 Growth of seedlings height and diameter of five Poplar clones

无性系 Clones	苗高 Height			地径 Diameter		
	对照/cm CK	处理/cm Treatment	降幅/% Decline extent	对照/cm CK	处理/cm Treatment	降幅/% Decline extent
57×新 <i>P. deltoides</i> CL. '57' × <i>P. bolleana</i>	42.33	28.33	33.07	0.120	0.060	50.00
毛30 <i>P. tomentosa</i> -30	41.60	32.00	23.30	0.202	0.132	34.65
意101 <i>P. alba</i>	25.33	16.00	36.83	0.125	0.063	49.60
84K 杨 <i>P. abla</i> × <i>P. glandulosa</i>	44.00	34.17	22.34	0.140	0.129	7.86
新疆杨 <i>P. bolleana</i>	26.83	22.50	16.14	0.068	0.048	29.41
平均 Mean	36.02	26.60	26.34	0.131	0.086	34.30

2.2 水分胁迫对杨树无性系生物量的影响

水分胁迫对植物生长的影响最终可体现在生物量积累的差异上。由表2可知, 杨树各无性系生物量对干旱胁迫的反应趋势一致, 即其与土壤水分含量的变化成正比。当杨树苗木受到水分胁迫时, 生物量的积累表现减小趋势。

2.2.1 水分胁迫对杨树无性系总生物量的影响

由表2可见, 在正常水分条件下, 各无性系的总生物量积累有差异。84K杨的总生物量最大, 为48.1 g/株, 而新疆杨积累最小, 为28.93 g/株。与对照相比, 干旱胁迫处理的各无性系总生物量呈下降趋势, 其下降幅度为9.11%~45.69%, 平均降幅为29.18%。苗木总生物量下降最多的是毛30(45.69%), 最少的是意101(9.11%)。

2.2.2 水分胁迫对杨树无性系茎生长的影响

杨树抗旱育种的目的是主要是利用其地上部分, 即茎杆的生物量。表2结果表明, 水分胁迫抑制了杨树苗木的茎生长。在正常水分条件下, 84K杨茎的生物量积累最多, 而新疆杨茎的生物量积累最少。干旱处理导致苗木茎生物量下降, 其降幅为9.04%~

45.41%, 平均降低了28.31%。干旱胁迫对意101杨茎生物量影响最小。

2.2.3 水分胁迫对杨树无性系根生长的影响 在水分胁迫下, 根系的生物量是植物适应干旱的重要标志^[4]。由表2可知, 供试各杨树无性系的根系生物量存在明显差异。土壤水分胁迫条件下苗木根系生物量均呈下降趋势, 但下降幅度不同, 平均降幅为30.52%, 意101降幅最小, 为9.25%, 而57×新降幅最大, 达到53.68%。

2.2.4 水分胁迫对杨树无性系根茎比的影响

Hsiao等^[5]研究认为, 植物地下部分与地上部分生物量比率的大小, 反映了植物对环境因子的需求和竞争能力。当植物受到干旱胁迫时, 根系生物量在整个植物生物量中所占比重的变化, 是鉴定植物抗旱性的重要指标之一。

由表2可知, 57×新、意101和毛30根茎比在干旱处理下有下降趋势, 但其降幅有差异。意101和毛30的降幅很小, 而57×新的降幅达到31.70%, 表明其根系生物量所占比重下降较多。84K杨和新疆杨的根茎比在干旱胁迫下有所增加, 表明其抗旱性较

强。

表2 5个杨树无性系的生物量

Table 2 Biomass of five poplar clones

无性系 Clones	茎生物量 Stalk biomass			根生物量 Root biomass		
	对照/ (g·株 ⁻¹) CK	处理/ (g·株 ⁻¹) Treatment	降幅/ Decline extent of stalk	对照/ (g·株 ⁻¹) CK	处理/ (g·株 ⁻¹) Treatment	降幅/ Decline extent of root
57×新 <i>P. deltoides</i> CL. '57'× <i>P. bolleana</i>	18.43	12.50	32.18	12.37	5.73	53.68
毛30 <i>P. tomentosa</i> -30	22.90	12.50	45.41	7.85	4.20	46.50
意101 <i>P. alba</i>	25.43	23.13	9.04	11.13	10.10	9.25
84K 杨 <i>P. abla</i> × <i>P. glandulosa</i>	34.33	28.43	17.19	13.77	11.87	13.80
新疆杨 <i>P. bolleana</i>	16.33	10.17	37.72	12.60	8.90	29.36
平均 Mean	23.48	17.35	28.31	11.54	8.16	30.52

无性系 Clones	根茎比 Root/stalk			总生物量 Total biomass		
	对照 CK	处理 Treatment	降幅 Decline extent of root/stalk	对照/ (g·株 ⁻¹) CK	处理/ (g·株 ⁻¹) Treatment	降幅/ Decline extent of total biomass
57×新 <i>P. deltoides</i> CL. '57'× <i>P. bolleana</i>	0.671	0.458	31.70	30.80	18.23	40.81
毛30 <i>P. tomentosa</i> -30	0.343	0.336	1.98	30.75	16.70	45.69
意101 <i>P. alba</i>	0.438	0.437	0.23	36.56	33.23	9.11
84K 杨 <i>P. abla</i> × <i>P. glandulosa</i>	0.418	0.401	4.07	48.10	40.30	16.22
新疆杨 <i>P. bolleana</i>	0.875	0.772	11.77	28.93	37.72	34.00
平均 Mean	0.549	0.481	9.95	35.082	25.506	29.18

2.3 水分胁迫对杨树无性系叶水势的影响

众多研究表明^[6],植物叶水势下降是植物缺水的重要指标,其高低及稳定性可以作为衡量植物抗旱性强弱的生理指标。聂华堂等^[7]研究指出,遭受水分胁迫时,柑桔叶水势下降幅度的大小与其抗旱性强度有关,抗旱性越强的种类,叶水势下降幅度越小。这表明叶水势与植物抗旱性呈负相关。由表3可

知,各无性系受到水分胁迫时,其叶水势呈下降趋势。由正常水分条件下的 -0.261MPa ,下降到干旱处理后的 -0.382MPa 。其中新疆杨叶水势的降幅最小,为11.25%;而意101的水势降幅最大,达到了62.67%,由此表明,干旱胁迫下,新疆杨叶水势变幅较小,较能耐受水分逆境;而意101叶水势的变幅较大,易受环境胁迫的影响。

表3 5个杨树无性系的叶水势和相对电导率

Table 3 Leaf water potential and relative conductivity of five poplar clones

无性系 Clones	叶水势 Leaf water potential			相对电导率/% Relative conductivity		
	对照/MPa CK	处理/MPa Treatment	下降率/% Rate of decline	对照 CK	处理 Treatment	增加率 Rate of increase
57×新 <i>P. deltoides</i> CL. '57'× <i>P. bolleana</i>	-0.200	-0.275	37.50	7.84	11.74	49.74
毛30 <i>P. tomentosa</i> -30	-0.167	-0.267	59.88	11.05	14.18	28.32
意101 <i>P. alba</i>	-0.533	-0.867	62.67	10.00	13.15	31.50
84K 杨 <i>P. abla</i> × <i>P. glandulosa</i>	-0.167	-0.233	39.52	10.00	14.00	40.00
新疆杨 <i>P. bolleana</i>	-0.240	-0.267	11.25	11.51	13.44	16.77
平均 Mean	-0.261	-0.382	42.17	10.08	13.30	33.27

2.4 水分胁迫对杨树无性系细胞质膜透性的影响

用电导率方法鉴定植物抗旱能力大小的研究已有很多报道^[8,9]。在干旱条件下,抗旱性强的品种原生质膜透性增加明显低于抗旱性弱的品种。当细胞受到破坏后,细胞内的电解质大量外渗,降低细胞维

持正常水势而保持膨压的能力。通过对不同品种电导率变化的分析,可以看出各品种在干旱处理下质膜透性的变化。由表3可以看出,各参试无性系经干旱处理后,相对电导率增加,即其细胞膜透性增加,表明其受到了逆境的伤害。其中,57×新的相对电导

率增加最多, 其细胞膜所受到的破坏也最大; 而新疆杨的相对电导率变化不明显, 说明其质膜稳定性好, 对干旱的忍耐能力也较强。

2.5 水分胁迫对杨树无性系叶片脯氨酸(Pro)含量的影响

干旱胁迫下, 植物体内游离脯氨酸的积累在高

等植物中是普遍现象^[10], 脯氨酸是植物体内重要的渗透调节物质, 其增加有助于细胞和组织的持水, 防止脱水, 这对植物抵抗干旱逆境是有益的。

从表4可以看出, 干旱处理使参试的杨树无性系脯氨酸含量增加。其中, 新疆杨的增幅最大, 为80.33%, 其脯氨酸含量也最高; 而意101的增幅最小。

表4 5个杨树无性系脯氨酸含量的变化

Table 4 Change of the praline content of five poplar clones

无性系 Clones	脯氨酸含量/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) Praline content		增加率/% Rate of increase
	对照 CK	处理 Treatment	
57×新 <i>P. deltoides</i> CL. '57'× <i>P. bolleana</i>	0.163	0.200	23.08
毛30 <i>P. tomentosa</i> -30	0.213	0.300	41.18
意101 <i>P. alba</i>	0.175	0.188	7.14
84K 杨 <i>P. abla</i> × <i>P. glandulosa</i>	0.225	0.325	44.44
新疆杨 <i>P. bolleana</i>	0.305	0.550	80.33
平均 Mean	0.216	0.313	39.23

2.6 杨树各无性系抗旱能力的综合评价

抗旱性是植物重要的抗逆性指标之一。植物受到逆境胁迫后, 其生理变化是错综复杂的, 并受多种因素的综合影响, 孤立地用某一种指标表示这一复杂生理过程, 很难真实地反映植物的抗旱本质。因此, 植物的抗旱性运用抗旱隶属函数值法进行综合评价比较客观、科学。

经分析可知, 反映无性系对干旱适应能力的指标有叶水势、渗透调节能力(脯氨酸含量变化)、细胞质膜透性等; 而茎干重、根干重和生物量等反映了无性系的抗旱生产力。筛选出有代表性的指标, 采用抗旱隶属函数值法, 取各项指标隶属度的平均值作为树种抗旱能力的综合鉴定标准, 其结果见表5。

表5 杨树无性系抗旱性隶属度的综合评价

Table 5 Overall assessment of formula of vague mathematical jurisdiction of five poplar clones

指标 Index	苗高 Height	地径 Diameter	茎 Stalk	根 Roots	生物量 Biomass	质膜透性 Permeability of plasma membrane	脯氨酸 Praline content	水势 Leaf water potential	综合评价 Overall assessment	位次 Site
57×新 <i>P. deltoides</i> CL. '57'× <i>P. bolleana</i>	0.182	0.000	0.364	0.000	0.133	0.000	0.218	0.911	0.226	5
毛30 <i>P. tomentosa</i> -30	0.665	0.364	0.000	0.162	0.000	1.000	0.465	0.835	0.436	4
意101 <i>P. alba</i>	0.000	0.010	1.000	1.000	1.000	0.570	0.000	0.000	0.448	3
新疆杨 <i>P. bolleana</i>	1.000	0.489	0.211	0.547	0.317	0.779	1.000	1.000	0.668	2
84K 杨 <i>P. abla</i> × <i>P. glandulosa</i>	0.700	1.000	0.776	0.898	0.806	0.449	0.510	0.904	0.755	1

由参试杨树无性系的抗旱隶属函数值得出其抗旱能力的大小排序为: 84K 杨> 新疆杨> 意101> 毛30> 57×新。

3 结论

水分胁迫对参试杨树各无性系的脯氨酸含量、质膜透性、叶水势、生物量和植株生长等指标均产生了显著影响。试验中所测定的各项指标反映了参试

无性系对干旱的适应能力及其抗旱生产力, 可作为无性系抗旱性的鉴定指标。

抗旱隶属函数值法是一种较好的抗旱性综合评价方法, 配合适当的抗旱指标, 能准确地评定植物品种(无性系)间的抗旱性差异。用抗旱隶属函数值法对杨树各无性系抗旱性进行综合评定, 其抗旱能力从大到小依次为 84K 杨> 新疆杨> 意101> 毛30> 57×新。

[参考文献]

- [1] 杨敏生, 裴保华, 张树常. 树木抗旱性研究进展[J]. 河北林果研究, 1997, 12(3): 87- 91.
- [2] 杨建伟, 韩蕊莲, 刘淑明, 等. 不同土壤水分下杨树的蒸腾变化及抗旱适应性研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(3): 7- 10.
- [3] 高俊风. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- [4] 杨敏生, 裴保华, 朱之悌. 白杨双交杂种无性系抗旱性鉴定指标分析[J]. 林业科学, 2002, 38(6): 36- 42.
- [5] Hsiao T C, Xu L K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport[J]. Exp Bot, 2000, 51(350): 1595- 1616.
- [6] 曹铁森, 许明宪. 水分胁迫对梨幼树叶水势的影响[J]. 西北农业大学学报, 1992, 20(1): 91- 94.
- [7] 聂华堂, 陈竹生. 水分胁迫下柑桔的生理变化与抗旱性的关系[J]. 中国农业科学, 1991, 24(4): 14- 18.
- [8] 艾尼莫明. 几种植物细胞膜的差别透性及其与抗旱性的关系[J]. 干旱区研究, 1994, 11(1): 57- 60.
- [9] 许长城. 膜质与膜透性在干旱条件下的变化及其与抗旱性的关系[A]. 植物生理学研究[C]. 济南: 山东科学技术出版社, 1991. 22- 25.
- [10] 汤章城, 王育启, 吴亚华, 等. 不同抗旱品种高粱苗中脯氨酸累积的差异[J]. 植物生理学报, 1986, (12): 154- 162.

Studies on drought-resistance of five poplar clones

GAO Jian-she, WANG Jun, ZHOU Yong-xue, LIU Yong-hong, ZHENG Shu-xing

(College of Forestry, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: With one-year old cottages of the five poplar clones (*P. deltoides* CL. '57' × *P. boleana*, *P. tantosa*-30, II01 *P. alba*, *P. abla* × *P. glandulosa*, *P. bolleana*) as the experimental materials, the growth and physiological properties of the clones were tested and analyzed under water stress conditions. The result showed that water stress affects the praline content, the permeability of plasma membrane, leaf water potential, biomass and growth significantly; Drought resistance of clones were evaluated by using the formula of vague mathematical jurisdiction, and the abilities of drought-resistance on the clones from high to low were *P. abla* × *P. glandulosa*, *P. bolleana*, II01 *P. alba*, *P. tantosa*-30 and *P. deltoides* CL. '57' × *P. boleana*.

Key words: poplar clones; water stress conditions; drought-resistance