

5种杨树无性系叶片解剖结构的抗旱性研究

潘存娥¹, 田丽萍², 李贞贞¹, 张天义¹, 李鹏程³

(¹石河子大学生命科学院, 新疆石河子 832000; ²石河子大学药学院, 新疆石河子 832000;

³石河子大学农学院, 新疆石河子 832000)

摘要:为探索杨树抗旱性生长的途径,对新疆现引进的斯大林杨、抗盐碱杨、抗虫杨、北美速生杨、银新杨等5个杨树无性系叶片进行石蜡切片解剖结构观测,并用模糊数学的隶属函数法对叶片上表皮厚度、栅栏组织、海绵组织、叶片组织结构紧密度、疏松度等8项叶片抗旱性指标进行抗旱性综合评价。结果表明,5种杨树的抗旱性顺序为:斯大林杨>抗虫杨>抗盐碱杨>银新杨>北美速生杨。同时,运用灰色关联分析法对5种杨树抗旱性与8项叶片指标进行相关性分析,揭示各指标的抗旱性。表明植物叶对干旱的适应都经历着不同的途径,同时在表现方式上也各不相同。

关键词:杨树无性系;抗旱性;解剖结构;综合评价

中图分类号:S794

文献标志码:A

论文编号:2010-2383

Studies on Drought Resistance on Anatomical Structure of Leaves of 5 Poplar Clones

Pan Cun'e¹, Tian Liping², Li Zhenzhen¹, Zhang Tianyi¹, Li Pengcheng³

(¹College of life science, Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832000;

²College of pharmaceutical, Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832000;

³College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi Xinjiang 832000)

Abstract: Anatomical structure of leaves of 5 poplar clones were observed to explore the ways of poplar drought resistance breeding. Applying the method of subordinate function, 9 drought resistance indexes of 5 species were measured and a comprehensive evaluation on drought resistance of them was given. The results showed that the drought resistance capability decreased in order of *Albainaceae*, *Agelastica alni orienealis ealy*, *P. xiaoz huanica 'Zhongtian*, *P. alba* × *P. alba* var. *pyram idalis*, *Hamamelis virginiana*. Applying the method of grey correlative analysis, the correlation of drought resistance and drought resistance indexes were analyzed. It indicated that the fitting to drought of plant leaves went through different approaches, also differed from one another on behaviour ways.

Key words: poplar clones; drought resistance; anatomical structure; comprehensive evaluation

0 引言

中国西北地区干旱少雨,水分是限制植物生长和分布的主要因子之一。在水分亏缺的情况下,如何降低水分的消耗对植物而言至关重要。植物体内的水分绝大部分通过叶片蒸腾消耗掉。叶与环境的关系最为密切,环境不仅影响到叶的外部形态,同时也影响到叶

的内部构造和生理活动。植物由于外界生态因素的影响,逐渐演化出各种各样的形态和结构来适应所生长的环境^[1]。植物的抗旱性受形态、解剖和生理生化特征等符合遗传特性的影响。在干旱生态环境中生长的植物,往往会形成多种抗旱耐旱的形态解剖结构特点,其中最能反映对干旱生境适应性特征的就是叶片结构^[2]。因

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划(2007BAC17B00)。

第一作者简介:潘存娥,女,1982年出生,甘肃民勤人,在读硕士,研究方向:植物营养生理与植物化学。通信地址:832000 新疆石河子大学生命科学院08级研究生班1176信箱,E-mail:pce426@126.com。

通讯作者:田丽萍,女,1961年出生,新疆石河子人,教授,硕士,研究方向:植物营养生理与植物化学。通信地址:832000 新疆石河子大学药学院,E-mail:dushiliren@sina.cn。

收稿日期:2010-08-11,修回日期:2010-09-13。

此,筛选具代表性的叶片旱生结构指标应用于抗旱性分析,是植物抗旱性综合评定的一个重要方面。此外,叶片可塑性的大小也是衡量植物对异质环境适应能力的重要指标,高的叶片可塑性常与植物对环境具有高的潜在适应能力紧密联系^[3]。因此,运用解剖学方法,研究特定生境下植物叶片的解剖结构及其变化规律已成为生态学研究的一个重要方面^[4-6]。前人关于沙生植物叶片解剖结构抗旱性的研究较多,但对杨树解剖形态指标抗旱性的研究尚未见报道。因此,笔者对新疆石河子150团引进的5种杨树的成熟叶片进行解剖结构观测,从各项指标适应旱生环境的结构特征来分析,利用模糊数学评判方法对其抗旱能力进行综合排序,以期在特定环境下树种的选育提供一定的理论依据和参考价值。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

研究区位于新疆天山以北、准噶尔盆地南缘,石河子垦区莫索湾灌区的150团。团场大致呈狭条状,南北长35.75 km,东西宽17.65 km,总面积451 km²。地势相对平坦,且自东南向西北倾斜,地面坡降仅0.74%,海拔高度332~361 m。其东北、北、西3面为沙丘环抱,纵伸于沙漠南缘,为温带大陆性干旱荒漠气候,具有夏热冬冷、降水少而蒸发大、热量资源丰富、风沙繁多、气候多变的特点。该区年降水量平均117.2 mm,平均潜在蒸发量高达1942.1 mm,为降水量的16.6倍。年均气温6.1℃,夏季极端最高气温达43.1℃,冬季极端最低气温达-42.8℃。主要土壤类型有灰漠土、干青土(残余沼泽土)、堆垫土、风沙土、盐土5个土类,共计10个亚类、11个土属、26个土种。

1.2 试验时间、地点

研究田间试验于2009年9月在新疆石河子150团进行,室内试验于2009年9月在石河子大学进行。

1.3 试验材料

选取生长状况相同、生境相似的斯大林杨(*Alba inaceae*)、抗盐碱杨(*Populus × xiaoz huanica 'Zhongtian'*)、抗虫杨(*Agelastica alni orienealis ealy*)、北美速生杨(*Hamamelis virginiana*)、银新杨(*Populus alba × Populus alba var. pyram idalis*)。在每株上选取中间受光均匀的成熟植物叶3片,每种杨树选取15株左右。沿叶片主脉切取0.5 cm×1 cm的小片,采样后立即放入FAA固定液中固定24 h以上。

1.4 试验方法

取固定好的叶片,梯度酒精脱水、透明、侵蜡、包埋、Leica切片机制片(厚度10~12 μm),番红一固绿双

重染色,中性树胶封片。Olympus(BX51)显微镜下观察,选择有代表性的石蜡切片拍照,记录叶片的横切面特征。用OLYSIA Bio Report测量软件测量叶片厚度、表皮厚度、栅栏组织、海绵组织及微管柱的厚度,每项记录30个数值求其平均值。

叶片组织结构紧密度(CTR%)=(栅栏组织厚度/叶片厚度)×100

叶片组织结构疏松度(SR%)=(海绵组织厚度/叶片厚度)×100

2 结果与分析

2.1 5种杨树无性系叶片解剖结构特征的比较

由表1、图1可知,5种杨树无性系均为异面叶,叶片组织自上而下分化为上表皮细胞、栅栏组织、海绵组织、下表皮细胞。各植物叶片均较厚,厚度变化在163~251 μm之间,依次为抗虫杨>斯大林杨>北美速生杨>抗盐碱杨>银新杨;各植物具有角质膜,但角质膜分化不明显。上表皮细胞排列紧密,厚度11.03~17.44 μm,依次为斯大林杨>抗盐碱杨>抗虫杨>银新杨>北美速生杨,下表皮厚度7.75~12.79 μm,依次为斯大林杨>抗盐碱杨>抗虫杨>北美速生杨>银新杨。5种杨树无性系叶片上表皮均无气孔分布,而下表皮则有较多气孔。栅栏组织细胞长柱形,斯大林杨、银新杨的栅栏细胞排列较为紧密,其他3种杨树栅栏细胞排列都比较疏松,均由2层细胞组成,厚度变化在72.59~119.14 μm之间,依次为抗虫杨>斯大林杨>银新杨>抗盐碱杨>北美速生杨。海绵组织细胞形态不规则,排列极为疏松,并形成发达的通气组织,厚度为41.14~98.91 μm,依次为斯大林杨>抗虫杨>北美速生杨>抗盐碱杨>银新杨;栅栏组织和海绵组织厚度的比例在0.78~2.61之间,依次为银新杨>抗虫杨>斯大林杨>抗盐碱杨>北美速生杨。

2.2 5种杨树无性系抗旱力的综合评价

采用模糊数学的隶属函数法^[7-8]对5种杨树无性系叶的各项指标测定值进行综合评定,见表2。用每个杨树无性系的各项指标隶属度的平均值:综合评定指数 $U(X_i)$ 值,作为树种抗旱能力综合鉴定标准,该值越大,抗旱性则越强。具体计算公式如下:

若某一指标与抗旱性呈正相关:

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

若某一指标与树种抗旱性为负相关,则利用反隶属函数进行转换,计算公式为:

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

表1 5种杨树的抗旱性指标测定

指标	斯大林杨	抗盐碱杨	抗虫杨	北美速生杨	银新杨
叶片厚度/ μm	234.27 \pm 3.02	190.25 \pm 1.77	250.52 \pm 4.79	196.94 \pm 1.73	163.55 \pm 1.37
上表皮厚度/ μm	17.44 \pm 0.58	16.19 \pm 0.59	15.72 \pm 0.68	11.03 \pm 0.73	11.18 \pm 0.16
下表皮厚度/ μm	12.79 \pm 0.44	12.22 \pm 0.42	8.92 \pm 0.34	8.43 \pm 0.55	7.75 \pm 0.25
栅栏组织/ μm	114.31 \pm 1.31	75.67 \pm 1.81	119.14 \pm 3.52	72.59 \pm 1.79	106.76 \pm 1.80
海面组织/ μm	98.91 \pm 2.28	90.41 \pm 1.78	93.95 \pm 1.49	93.95 \pm 1.94	41.14 \pm 1.15
栅栏/海面组织	1.16 \pm 0.02	0.84 \pm 0.03	1.27 \pm 0.04	0.78 \pm 0.03	2.61 \pm 0.09
CTR/%	48.91 \pm 0.99	39.77 \pm 0.87	47.70 \pm 1.70	36.89 \pm 0.97	65.34 \pm 1.47
SR/%	42.23 \pm 1.11	47.52 \pm 0.79	37.59 \pm 0.85	47.73 \pm 1.02	25.14 \pm 0.61

注:1~5叶片,6~10中脉;1、6斯大林杨;2、7抗盐碱杨;3、8抗虫杨;4、9北美速生杨;5、10银新杨。

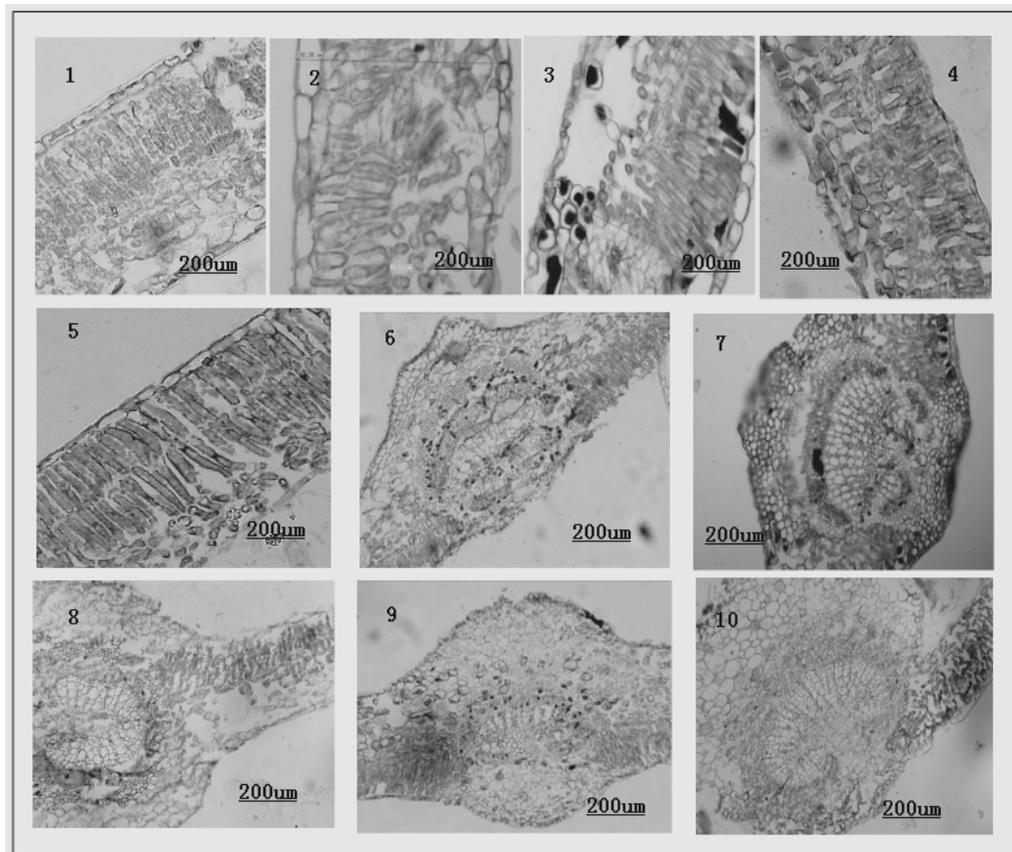


图1 5种杨树叶片横切面

式中: $U(X_i)$ 为隶属函数值, X_i 为指标测定值, X_{\max} 、 X_{\min} 为所有参试树种叶片某一指标的最大值和最小值。

将每个树种各指标的抗旱隶属函数值累加起来, 求其平均数, 平均数越大, 抗旱性则越强。由表2可知, 5个杨树无性系的抗旱性强弱顺序为: 斯大林杨>抗虫杨>抗盐碱杨>银新杨>北美速生杨。

2.3 5种杨树无性系抗旱指标的选取

按灰色系统理论要求, 将5个杨树无性系的抗旱

隶属函数均值及8个叶片解剖结构指标视为1个整体, 即灰色系统。原始数据经无量纲化处理后(见表3), 根据关联分析四公理^[9], 计算各指标与抗旱隶属函数均值的关联系数, 然后分别求出各指标与抗旱隶属函数均值的关联度, 并按关联度大小排列关联序^[10-11]。将各树种抗旱指标的平均隶属函数值作为参考数据列 X_0 ,

$$X_0 = (0.7576, 0.5604, 0.6651, 0.2702, 0.3334)$$

分别将杨树无性系的9项叶抗旱指标作为比较数

表2 5种杨树抗旱性综合评价

指标	斯大林杨	抗盐碱杨	抗虫杨	北美速生杨	银新杨
叶片厚度/ μm	0.8132	0.3070	1.0000	0.3839	0.0000
上表皮厚度/ μm	1.0000	0.8047	0.7315	0.0000	0.0228
下表皮厚/ μm	1.0000	0.8872	0.2325	0.1340	0.0000
栅栏组织/ μm	0.8963	0.0662	1.0000	0.0000	0.7341
海面组织/ μm	0.0000	0.1471	0.0858	0.0859	1.0000
栅栏/海面织	0.2075	0.0333	0.2666	0.0000	1.0000
CTR/%	0.4226	0.1013	0.3800	0.0000	1.0000
SR/%	0.7596	0.9907	0.5511	1.0000	0.0000
$\sum X_j$	6.8186	5.0433	5.9859	2.4320	3.0008
平均 X_j	0.7576	0.5604	0.6651	0.2702	0.3334
抗旱性评价	高	中	高	低	低
抗旱性顺序	1	3	2	5	4

表3 8项指标数据无量纲化

叶片厚度 (X_1)/ μm	上表皮厚 (X_2)/ μm	下表皮厚 (X_3)/ μm	栅栏组织 (X_4)/ μm	海绵组织 (X_5)/ μm	栅栏/海绵组 织(X_6)	叶紧密度 (X_8)/%	叶疏密度 (X_9)/%	参考数据 (X_0)/%
1.1312	1.2026	1.2204	1.168	1.1704	0.8606	1.0436	1.0576	1.5016
0.9186	1.1439	1.2457	0.7732	1.0839	0.6236	0.8137	1.1541	1.1115
1.2096	1.079	0.9007	1.2174	1.1263	0.941	0.9615	0.9399	1.2388
0.9509	0.7712	0.8507	0.7417	1.1263	0.556	0.7871	1.2198	0.5373
0.7897	0.8034	0.7826	1.0996	0.4932	2.0188	1.3941	0.6286	0.6108

表4 8项抗旱指标的关联度

指标	叶片厚度(X_1)/ μm	上表皮厚(X_2)/ μm	下表皮厚(X_3)/ μm	栅栏组织(X_4)/ μm	海绵组织(X_5)/ μm	栅栏/海绵组织 (X_6)	叶紧密度 (X_8)/%	叶疏密度 (X_9)/%
关联度	0.7655	0.8018	0.7452	0.7379	0.7812	0.6248	0.6475	0.7483

据列(子数据列), 记为 $X_i (i=1,2,3,\dots,9)$

$$X_1=(234.27,190.25,250.52,196.94,163.55)$$

$$X_2=(17.44,16.19,15.72,11.03,11.18)$$

$$X_3=(12.79,12.22,8.92,8.43,7.75)$$

.....

$$X_9=(42.23,47.52,37.59,47.73,25.14)$$

通过 DPS 数据分析处理后, 得到子序列与母序列的关联系数, 由计算关联度, 见表4。关联度大小可表明某一项指标对干旱的敏感程度。

根据表4可知, 5种杨树无性系8项抗旱指标的优劣排序为: 上表皮厚度>海绵组织>叶片厚度>叶疏组织>下表皮厚度>栅栏组织>栅栏组织与海绵组织之比>叶紧密度。

旱生植物通常总是某几种旱生特征互相配合在一起以发挥最大的抗旱作用。植物叶片的厚度能够防止

植物体内水分的过分蒸发, 同时它还具有较强的折光性, 可以防止强烈日照引起的灼伤; 表皮细胞具有贮水作用, 其内表皮细胞下的大型皮层细胞中含有黏液物质, 具有保持水分的作用, 在降雨季节这些贮水组织能够贮满水分以备干旱时所需; 发达的双层栅栏组织发达, 极大地提高光合速率; 海绵组织相对不发达, 厚度也相应减少, 这使得叶肉细胞间的侧向接触面大为减少, 降低了叶片内的物质在水平方向的运输, 因而使叶肉的输导组织(叶脉)特别发达, 形成网隙较小的密网, 纵横于叶片之内, 借以解决物质在叶片内水平方向的运输问题。

3 结论

此研究5种杨树无性系植物叶片在新疆这样极度的干旱条件下, 叶片的叶肉组织分化为明显的异面叶, 具角质膜, 上表皮细胞较厚, 且排列紧密, 无气孔器分

布,下表皮细胞较小,形态不规则,气孔器密度较大;栅栏组织细胞2~3层,排列紧密,海绵组织细胞排列极其疏松,并形成通气组织,机械组织发达。

笔者运用模糊评价法,对150团现引进的5种杨树叶片解剖结构测定指标叶片厚度、上表皮细胞厚度、下表皮细胞厚度、栅栏组织、海绵组织、维管束直径、栅栏/海绵组织比值、叶紧密度、叶疏松度等8项指标对其抗旱性进行分析。得出5种杨树抗旱性结果为:斯大林杨>抗虫杨>抗盐碱杨>银新杨>北美速生杨。运用灰色关联分析法对5种杨树抗旱性与8项叶指标进行相关性分析,表明各指标的抗旱性顺序。同时,进一步说明,植物叶片对特定环境下干旱的适应途径、方式不同,叶片的结构与其生理功能相适应。

4 讨论

(1)植物的适应性是长期以来植物对外界环境的适应,不仅与其内部生理生化活动和外界条件有关,而且取决于其自身形态结构特征。叶片是植物体暴露在环境中最大面积的器官,在复杂的外界环境中反应最为敏感,最容易适应环境而改变其形态和结构。笔者在运用综合评价法研究植物抗旱性的同时,首次运用灰色关联度法探讨植物叶片结构对其抗旱性的贡献,为以后研究抗旱性拓展了新的思路。

(2)叶片作为植物光合作用的重要器官,是植物进化过程中可塑性较大的营养器官,并在不同选择压力下形成了多种不同的适应类型^[12]。在众多生态因子中,水分、温度和光照是影响叶片发育最为显著的因素^[13],主要表现为不同的生境条件下,叶片的形状、厚度及一些解剖结构产生与其生境相适应的特征^[14]。植物在不同的地域,其生境截然不同,同一种的植物叶片也为适应其生境而发生相应变化。在叶的解剖结构中,廖声熙等对印楝叶解剖结构与抗旱性关系初步研究,证实印楝叶具有较厚的角质层、有大量贮水细胞、发达的栅

栏组织、排列紧密的叶组织细胞、栅栏组织细胞等与树木抗旱性强相适应的标志。王怡等^[9]对3种不同树种的不同叶片解剖结构特征进行分析,得到3种树木抗旱性的不同顺序,结果表明3种树种在具备抗旱结构的同时又有各自的抗旱性特点。此研究与前人的研究结论相符。

参考文献

- [1] 李正理.旱生植物的形态和结构[J].生物学通报,1981,(4):9-12.
- [2] 刘明国,苏芳莉,马殿荣,等.多年生樟子松人工纯林生长衰退及地理衰退原因分析[J].沈阳农业大学学报,2002,33(4):274-277.
- [3] Valladares F, Wright S J, Lasso E, et al. Plastic phenotypic response to light of 16 cogenetic shrubs from a Panamanian rainforest[J]. Ecology,2000,81:1925-1936.
- [4] 蔡永立,王希华,宋永昌.中国东部亚热带青冈重群叶片的生态解剖[J].生态学报,1999,19(6):844-849.
- [5] 彭少麟,李跃林,余华,等.鼎湖山森林群落不同演替阶段优势种叶生态解剖特征研究[J].热带亚热带植物学报,2002,10(1):1-8.
- [6] 贺金生,陈伟烈,王勋陵.高山栎叶的形态结构及其与生态环境的关系[J].植物生态学报,1994,18(3):219-227.
- [7] 韩刚,李少雄,徐鹏,等.6种灌木叶片解剖结构的抗旱性分析[J].西北林学学报,2006,21(4):43-46.
- [8] 朱栗琼,李吉跃,招礼军.六种阔叶树叶解剖结构特征及其抗旱性比较[J].广西植物,2007,27(3):431-434.
- [9] 王怡.三种抗旱植物叶片解剖结构的对比观察[J].四川林业科技,2003,24(1):64-67.
- [10] 罗音,李卫民,孙明高,等.几个经济树种抗旱性的评价及其抗旱指标的选取[J].山东林业科技,2003,3(146):3-5.
- [11] 郭亚芳,张鹏岳.利用灰色系统理论筛选优质大粒草莓品种的试验研究[J].山西果树,2009,(5):3-5.
- [12] 史纲荣.七种阔叶常绿植物叶片的生态解剖学研究[J].广西植物,2004,(4):334-338.
- [13] 苏东凯,周永斌,周大鹏,等.干旱胁迫下3种杂种杨无性系光合生理生态特性研究[J].浙江林业科技,2005,25(6):11-14.
- [14] 刘晓鹰.土地利用总体规划中土地资源配置方案的优选[J].国土经济,2002,(11):14-15.