

沙生植物抗旱性比较的主要指标及分析方法

李慧卿 马文元

(中国林业科学研究院林业研究所,北京,100091)

[摘要]植物抗旱性比较,关系到干旱、半干旱地区的造林树种选择,是干旱半干旱地区造林成败的关键因素之一。本文就目前抗旱研究中常用的抗旱指标及其分析方法给予总结。

关键词 抗旱,指标,分析方法。

我国干旱、半干旱地区总面积为504万 km^2 ,占全国总土地面积的52.5%^[1]。该区深居欧亚大陆中心,距海遥远,高山峻岭,高原重叠,构成了地形异常闭塞的山间盆地和内陆平原,降水奇缺。干旱缺水,成为影响植物正常生长发育乃至存亡攸关的环境因子,植物抗旱性比较研究是干旱、半干旱区造林树种选择的基础,是关系到该区造林成败的关键因素之一。

大量的研究成果表明^[2]:在同一地区正常生长的植物,其适应干旱生境的方式是多种多样的。有的以不同方式减少蒸腾失水,有的以特化组织大量贮存水分,有的以降低叶水势增强其吸水能力,有的以大量累积脯氨酸等有机质进行渗透调节,有的细胞液浓度大,有的原生质粘滞高等等。目前在逆境生理中把抗逆性一般分为避逆性、耐逆性、避应变性、耐应变性、应变可逆性和应变修复^[3]。由于耐旱机理的复杂性和植物对于干旱适应的多样性,要寻找一个通用的耐旱性指标是不现实的。现在我国对沙生植物抗旱指标的选择及研究方法主要采用以下几种。

1 叶片旱生结构

树木的生态环境直接影响着其营养器官的内部结构。叶片的解剖显微结构,最能反映树种对环境的适应特征^[4]。根据旱生植物叶具有等面积、栅栏组织发达、角质层发达、表皮具有毛状物、有发达维管束和维管束鞘、有强化机械组织、表皮气孔下陷等特点,选择生长发育正常的植株,取其完整叶片,观测叶片显微结构。测定值有:叶总厚、栅栏组织厚、海绵组织厚、侧脉数、上表皮及角质层厚度、栅栏层数等。最后综合各项观测数据,用非加权指数将各树种叶片旱化程度排序(排序只包括大部分定量指标,非定量指标未算入),非加权指数值越大,表明旱化程度越高。

计算公式如下: $Y_i = \prod_{j=1}^p X_{ij}'$;

$i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, p$; $X_{ij}' = X_{ij} - K_j$; $K_j = (nX_{j\min} - X_{j\max}) / (n - 1)$

式中 Y_i :非加权指数; n :树种个数; p :测定项目数; X_{ij} :各性状测定值。

2 水分生理

水是植物生存重要环境条件的代谢活动原料,是制约干旱区植物生长与分布的限制性因子,因此人们常常选择与水分有关的指标作为抗旱指标。但由于植物对于干旱的反应和适应是

多途径的,不存在统一模式,单一的水分生理指标并不能很好地反应植物的抗旱性,因此常常对多个水分生理指标进行综合分析。

2.1 指标选择

水分生理指标主要有:蒸腾速率、组织含水量、自由水和束缚水量之间的比值、水势、相对含水量与水分亏缺、持水力等^[3]。蒸腾作用是树木耗水的主要途径,是树木与自然界水分循环的主要环节。蒸腾速率的大小在一定程度上反应了植物调节水分损失的能力及适应逆境的方式。在相似条件下,中生和旱生性较弱的植物种耗水量高。组织含水量的多少不仅与光合作用有关,而且在一定程度上反应了树木适应干旱环境的能力。树木体内束缚水和自由水的比值常作为抗旱生理指标之一,束缚水常常决定植物的耐旱性和它们在干旱环境中的生活能力,束缚水/自由水比值反应的是原生质水合力的强弱,束缚水/自由水比值越大,原生质的水能力就越强。水势表示树木吸取水分的化学势,也是最常用的水分生理指标,植物组织水势越低,吸水能力越强,则抗性越强。相对含水量与水分亏缺作为树木水分张力的一个指标,表示树木水分状况和抗旱性大小。水分亏缺越大,相对含水量越小,树木的抗旱性越强。持水力是树木保持水分的能力,一般来说,失水速度越慢,达到恒重时间越长,遗留水分越多,则抗性越强。

2.2 分析方法

2.2.1 主分量分析法

主分量分析法是目前用水分生理指标分析植物抗旱性能中应用最广泛的一种方法。将原始数据 I 输入计算机,列成正规化数据矩阵 X,计算出属性间的内积矩阵 $S = X \cdot X^T$ (X^T 为转置矩阵),再根据 $|S - \lambda I| = 0$ 求出 S 的特征值和特征向量,将特征根相应的特征向量作为矩阵行、列,根据 $\sum y_i \lambda_i$ 求和,得出各植物种的排序坐标和^[4]。主分量分析法不仅具有严格的科学性、信息量多,而且克服了许多人为因素,能客观地反应实际情况,应是今后水分生理上常用的分析方法。

2.2.2 主导因子法

许多学者在分析沙生植物抗旱性差异时,常采用几个主导因子作指标进行分析。如杨明、董怀军等人^[5]以日平均蒸腾速率、同化枝日平均水势、自由水和束缚水含量及其比值为指标,张希明^[6]将束缚水含量、自然饱和水亏缺、水势作主导因子进行抗旱分析。孙德祥、蔡玉成等^[7]运用多元统计法对西北干旱、半干旱地区主要乔灌木树种的水分生理指标进行分析,发现植物的自由水、蒸腾速率、水势是决定植物抗旱性的主导因子。采用主导因子法对植物进行干旱性差异判别,不仅大大减少了野外工作量,而且基本上能真实地反应植物的抗旱性差别,在生产上较为适用。

2.2.3 极点排序法

该方法曾是 50 年代盛行的一种方法^[4,6],最大的特点就是人工选择排序轴,因此存在着人为因素,但计算简单,在野外就可以完成。

首先对原始数据正规化: $X' = (X_j - X_i) / \lambda$; X 为数据平均值; λ 为样本方差; X_i 为原始数据。然后求出植物种两者之间的距离系数:

$$Z_{ij} = \sqrt{\sum (Z_{ik} - Z_{jk})^2}$$

确定排序轴的两个端点,找出距离系数最大的两种植物作为抗旱排序轴的端点。

计算其它种在选定的抗旱序轴上的相对位置。 $X = (L^2 + Da^2 - Db^2) / 2L$; L 为两端点植物 a 与植物 b 之间的距离系数, Da 为植物 a 与所求植物间的距离系数, Db 为植物 b 与所求植物间的距离系数。

2.2.4 综合评价法

一般耐旱植物具有水势低、蒸腾小、束缚水/自由水比值大、水分饱和亏缺大等特点,根据苏联布雷斯树种生态型综合评价数学模型,计算所选定生理指标的综合评价,对植物抗旱性进行分类^[8]。

$$Q_i = \sum_{j=1}^p A_{ij}^2$$

$A_{ij}^2 = (X_j/X_{j\max})^2$; $j = 1, 2, \dots, p$; X_j 为某项目中的指标值; Q_i 为综合评价。

然后采用标准判别公式 $N = X_{jcp} \pm 2/3S$, 得生理抗旱性优劣分类的判别置信界限。

2.3 P-V 曲线的制作及运用

运用压力室技术,绘制植物组织从完全饱和状态直至膨压消失以后失水的全过程,以及水势与相对含水率之间的关系曲线,简称为 P-V 曲线^[9]。

根据 Van't Hoff 原理(溶液的渗透势与溶解一定量溶质溶液的体积成反比)来阐明 P-V 曲线直线部分压力(即渗透势)与体积(即渗透水量)之间的关系:

$$1/P = V/(RTN_s - F_{(V)}) = (V_0 - V_E)/(RTN_s - F_{(V)}) \quad (1)$$

其中: P 为压力室中的平衡压, V_0 为饱和状态下的共质体水含量, V_E 为压出来的水量, N_s 为枝条活细胞中总渗透克分子数, R 为气体常数, T 为绝对温度。

挤出一定的水以后, $F_{(V)}$ 变为零(膨压为零), 则公式(1)变为:

$$1/P = (V_0 - V_E)/RTN_s = 1/\Pi \quad (2)$$

其中: Π 为枝条体积渗透势

因为 RTN_s 为常量, 则 $1/P$ 与 $V_0 - V_E$ 呈直线关系, 则平衡压 $P =$ 渗透势 Π

根据这一原理可以绘制各种不同的曲线。绘制 P-V 曲线获得许多重要水分参数, 如: π_p 是膨压为零时的渗透势, 反应植物在失水状态下的耐旱能力, π_p 值越低, 耐旱性越强。RWC_{-1.5Mpa} 为叶水势 -1.5Mpa 时的相对含水率, Levitt 1972 年提出, 一个能够防止高度脱水的种, 就是一个在水势为 -1.5Mpa 时有高的相对含水率的种。 π_0 : 植物叶片完全膨胀状态下的渗透势, 耐旱树种有较大的 π_0 。目前, P-V 曲线的测定、绘制方法主要有两种。测定方法主要是 Hammel 法和 Richards 法, Richards 法省时但易产生误差; 绘制方法主要是 Hammel 法和 Richter 法。用两种方法绘制曲线所得的参数 π_0 、 π_p 有差异, 但 π_0 、 π_p 值大小的种间趋势完全相同^[9]。压力室技术操作简单, 价格便宜, 测定迅速, 便于野外操作, 在沙生植物抗旱性研究方面将有很好的应用前景。

3 苗木生长

水分胁迫对苗木的生长指标具有不同程度的抑制, 以生长指标相对值的平均数(平均耐旱系数)可以作为树种耐旱性比较基础, 耐旱系数(%) = (旱区性状/水区性状) × 100%。^[10]

4 叶绿素 a/b

叶绿素含量的降低是衡量叶片衰老的重要生理指标。研究表明^[8]: 严重干旱时, 景天属植物中 PSI、PSII 和 chl a/b 蛋白复合体比例都比较高。由此推论, chl a/b 比值在干旱条件下的提高, 可能与耐旱性有关。裴保华等^[10]发现: 水分胁迫时叶绿素含量普遍增加, 当水分亏缺严重时, 叶绿素含量增加的幅度缩小, 水分胁迫造成叶绿素含量的变化也能反应植物的耐旱能力。

5 脯氨酸

脯氨酸是水溶性最大的氨基酸(25℃下,162.3g/100g 水),亲水性强,具有较强的水合能力,因此是良好的渗透调节物质。脯氨酸以游离状态广泛存在于植物体中。人们早注意到,在受到干旱胁迫时,植物体内的游离脯氨酸会大量积累而且与抗旱性的增强有关^[2]。汤章城指出^[11]:脯氨酸含量的增加与植株的水势下降呈负相关。徐东翔等研究表明^[2]:脯氨酸积累可增加束缚水含量,增大束/自比,增加植物的抗脱水力,降低植物的渗透势及水势。在一定干旱范围内,随土壤干旱程度的加强,游离脯氨酸积累量增加,且植物的抗旱性越强,游离脯氨酸积累越多。由于脯氨酸在植物体内的变化比较敏感,且变化幅度大,因此徐东翔等建议将脯氨酸作为植物抗旱指标之一。

6 意见与建议

叶片旱生特点和水分生理特性在抗旱树种选择过程中运用较为广泛,叶绿素 a/b 和脯氨酸仍处于研究探讨阶段。

植物抗旱是形态结构和生理机能的统一,植物抗旱指标的确定最好将形态结构与生理特性相结合进行综合评判。

参 考 文 献

- [1] 孙洪祥,主编.干旱区造林.北京:中国林业出版社出版,1991.
- [2] 《干旱区资源与环境》编委会.沙生植物抗旱生理问题.1990.
- [3] 汤章城.植物干旱生态生理研究.生态学报,1983,3(3):196-209.
- [4] 蒋进,高海峰.柽柳属植物抗旱性排序研究.干旱区研究,1992,9(4):41-44.
- [5] 杨明,董怀军,杨文斌,等.四种沙生植物的水分生理生态特征及其在固沙造林中的意义.内蒙古林业科技,1994,2(2):4-7.
- [6] 张希明.策勒主要固沙植物水分生理特性与抗旱性研究.干旱区研究,1992,9(2):60-63.
- [7] 孙德祥,蔡玉成,刘旭.多元统计分析法在树木水分生理研究中的应用.中国沙漠,1993,12(4):28-34.
- [8] 蒋齐,梅曙光,等.宁夏黄土地区主要灌木树种抗旱机制的初步研究.宁夏农林科技,1992,(5):25-27.
- [9] 蒋士梅,杨茂仁.P-V 曲线的制作及其在树木抗旱性研究中的运用的讨论.内蒙古林业科技,1994,(2):8-10.
- [10] 裴保华,周宝顺.三种灌木耐旱性研究.林业科学研究,1993,6(6):597-601.
- [11] 汤章城.植物对水分胁迫的反应和适应性.植物生理学通报,1983,(4):1-7.

The Main Indexes and Analysis Methods of Drought Resistant Comparison on Sand Plants

Li Huiqing Ma Wenyuan

(Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, 100091)

Abstract Drought resistant comparison concerning with tree selecting in arid and semi-arid area is one key factor resulting in tree-planting failure. The paper summarizes the main indexes and analysis methods of drought resistant comparison researches at present.

Key words drought resistance, index, analysis method.