

5 种园林植物的抗旱性比较研究

王 瑛

(上海市绿化管理指导站,上海 200020)

摘 要:采用自然干旱胁迫方法,测定上海南园公园 5 种园林植物的 9 项生理生化指标,分析干旱胁迫下植物的生理反应,并用模糊数学隶属函数法对植物抗旱性进行综合评价。结果表明:在自然干旱胁迫下,5 种园林植物抗旱性由强到弱的排序为:八宝景天、马蔺、香茅、红叶石楠、杜鹃。

关键词:园林植物;抗旱性;生理生化指标;光合生理;比较研究

中图分类号:Q945.78 文献标识码:A

Comparative study on drought resistances of five species of garden plants

WANG Ying

(Shanghai Station of Greening Management and Instruction, Shanghai 200020, China)

Abstract: Under natural drought stress, 5 species of garden plants in Shanghai Nanyuan Park were determined in terms of 9 physiological and biochemical indexes, their physiological reactions were analyzed and their drought resistances were comprehensively evaluated by a fuzzy mathematics membership function method. The results indicated that the descending order of the plants in drought resistance was *Sedum spectabile*, *Iris lactea* var. *chinensis*, *Cymbopogon citrates*, *Photinia serrulata* and *Rhododendron pulchrum*.

Key words: Garden plant; Drought resistance; Physiological and biochemical indexes; Photosynthetic physiology; Comparative study

上海是典型的水质型缺水城市,上海市政府已把建设节水型社会作为贯穿上海市经济社会发展的长期战略。近年来,上海城市园林绿化建设迅速发展,城市园林绿地用水量逐年提高;而上海大部分城市园林绿化仍以自来水为主要水源,且利用率较低,这使城市有限的水资源更加紧缺,加剧了城市水资源的匮乏。

为营造和谐绿色城市空间,使园林绿化更好地发展,改变水的利用模式,使之从“耗水型园林”向“节水型园林”过渡势在必行。筛选和应用抗旱节水型植物是实现“节水型园林绿化”的终极手段^[1,2]。目前,对抗旱节水型园林植物筛选的研究报道较少,不能满足当前建设节水型园林绿化的要求。

本研究根据上海市近年来绿地建设现状,通过对上海绿地中常见的 5 种园林植物在自然干旱胁迫下的生理生化、光合生理指标的测定和分析,探讨其可能的抗旱机理,并对抗旱性进行综合比较;从中选择具有一定抗旱潜力且观赏价值较高的园林植物,为园林绿化工作中抗旱节水型植物种类的筛选应用及进一步研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验地点位于上海南园公园绿地内,选取 5 种园林植物,分别为香茅(*Cymbopogon citrates*)、马蔺(*Iris lactea* var. *chinensis*)、八宝景天(*Sedum spectabile*)、红叶石楠(*Photinia serrulata*)和杜鹃(*Rhodo-*

收稿日期:2013-01-15

基金项目:上海市农委重点攻关项目[沪农科攻字(2008)第 10-1 号]资助

作者简介:王 瑛(1964-),女,高级工程师,研究方向:园林绿化技术与管理。E-mail: shwy1234@126.com

dendron pulchrum),隶属于不同的科属,其生活型为草本和中小型灌木,生长的立地条件基本一致。

1.2 方法

2011 年对 5 种园林植物进行采样测定,7 月下旬为正常土壤水分和大气湿度条件下的采样;9 月上旬为较长时间无雨并控制人工浇水条件下的采样。取样时,选择新梢顶端以下 3~4 位叶,采集 5 个植株,每株分别采 5~8 片叶,装入密封保鲜袋内,保湿冷藏,尽快测定各项指标。

7 月下旬至 8 月底,养护工作为松土、除草、浇水;高温无降雨情况下,每天统一浇水 1 次。此期间观察未发现 5 种待测植物缺水现象或叶片萎蔫现象,7 月下旬测定叶片的光合生理指标作为生长期本底值;9 月上旬在连续 5 d 无雨且不浇水情况下,表层土严重发白,杜鹃因干旱叶片明显萎蔫,其他 4 种植物未发现异常。从土壤含水量和植物叶片性状可判定待测植物存在不同程度的缺水而存在干旱胁迫,因而此时进行植物光合生理指标测定以比较抗旱性。2 次测定土壤含水量、土壤温度和空气温度等环境小气候见表 1。

表 1 环境小气候变化情况
Table 1 Environmental microclimate change measured twice

	土壤含水量(体积比)	土壤温度/℃	空气温度/℃	空气相对湿度/%
7 月下旬	0.219	24.1	29.1	85
9 月上旬	0.154	19.8	20.4	75

生理生化指标测定:脯氨酸(Pro)含量测定采用酸性茚三酮比色法;丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法;保护酶系统 SOD 活性测定采用酶液提取比色法;叶绿素含量的测定采用丙酮乙醇等量混合法法^[3]。光合生理指标测定:净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率等测定选择晴朗的天气,用 Licor-6400 光合测量仪器测定,人工设定光合有效辐射强度均为 1 500 μmol·m⁻²·s⁻¹。

1.3 数据分析

为了便于综合评价,采用模糊数学隶属函数或反隶属函数计算公式将各指标函数值化并求和,进行比较后,得到综合评价结果^[4]。隶属函数值的计算方法如下。

(1)如果指标与抗旱性成正相关:
$$X(\mu) = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

(2)如果指标与抗旱性成负相关:
$$X(\mu) = 1 - \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中, $X(\mu)$ 为隶属函数值; X 为干旱胁迫前后植物某指标测定值的比值; X_{\min} 、 X_{\max} 为所有参试植物某一指标 X 值的最小值和最大值。

根据各项指标的测定结果,求得 5 种植物各抗旱指标的平均值,并计算干旱胁迫前后植物某指标测定值的比值。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对 5 种园林植物生理生化指标的影响

5 种园林植物干旱胁迫前后各项生理生化指标发生了明显变化(表 2)。连续自然干旱胁迫后,八宝景天和红叶石楠的脯氨酸含量大幅增加,较胁迫前分别增加 1 855%和 1 807%,而马蔺的脯氨酸含量仅增加 52%,杜鹃和香茅的脯氨酸含量则下降了 15%和 6%。由此可见,干旱胁迫后,八宝景天和红叶石楠体内游离脯氨酸的积累能力较马蔺、香茅和杜鹃强。但有研究表明,植物因干旱而引起的脯氨酸累积并不与植物的抗旱性相一致^[5]。

丙二醛含量的变化是质膜损伤程度的重要标志之一,丙二醛含量增幅越大,说明细胞膜被破坏的越厉害。干旱胁迫后与胁迫前相比,5 种植物丙二醛含量均有一定程度增加,其中马蔺、香茅、八宝景天和杜鹃的丙二醛含量增幅分别为 6%、31%、35%和 53%;而红叶石楠丙二醛含量增幅达到 470%,说明干旱胁迫对红叶石楠质膜损伤程度较重。

在同样的干旱胁迫前后,5 种供试植物的 SOD 活性表现出不同程度的变化。香茅的 SOD 活性显著增强,为胁迫前的 1 236%,可能与植物受到轻度干旱胁迫有关;马蔺、八宝景天和红叶石楠的 SOD 活性较胁迫前增加 148%、121%和 49%,可能处在中度干旱胁迫状态;而杜鹃的 SOD 活性下降了 91%,说明该植物受到了过度的干旱胁迫。

表 2 5 种园林植物生理生化指标的变化
Table 2 Variations of garden plants in physiological and biochemical indexes

	状态及比值	脯氨酸 ^A /μg·g ⁻¹	丙二醛 ^B /μmol·g ⁻¹	SOD ^A /μ·mL ⁻¹	叶绿素含量 ^A /mg·g ⁻¹
香茅	胁迫前 X ₁	10.16	0.29	20.86	0.30
	胁迫后 X ₂	9.51	0.38	278.75	0.16
	X	0.94	1.31	13.36	0.53
马蔺	胁迫前 X ₁	13.72	3.09	18.99	0.76
	胁迫后 X ₂	20.82	3.28	47.12	1.15
	X	1.52	1.06	2.48	1.51
八宝景天	胁迫前 X ₁	17.38	0.57	93.83	1.51
	胁迫后 X ₂	339.84	0.77	207.13	1.54
	X	19.55	1.35	2.21	1.02
红叶石楠	胁迫前 X ₁	18.96	0.30	41.11	2.52
	胁迫后 X ₂	361.64	1.71	61.39	1.17
	X	19.07	5.70	1.49	0.46
杜鹃	胁迫前 X ₁	17.27	4.37	108.96	1.19
	胁迫后 X ₂	14.75	6.69	9.52	0.86
	X	0.85	1.53	0.09	0.72

注:表中 A 表示抗旱指标与抗旱性成正相关,B 表示抗旱指标与抗旱性成负相关;X = X₂/X₁;下同。

干旱胁迫后香茅、红叶石楠、杜鹃叶绿素含量有不同程度的下降,但马蔺、八宝景天的叶绿素含量却有不同程度的上升,这可能与它们耐旱性较强、受胁迫较轻有关。受轻度干旱胁迫后,马蔺、八宝景天的脯氨酸含量上升,抗渗透胁迫能力增强,其 SOD 活性也显著提高,保护细胞膜结构,防止膜质过氧化,从而有效保护叶绿体这一重要的细胞器,使之正常地进行光合作用,甚至刺激其功能强化,使叶绿素含量有所升高。

2.2 干旱胁迫对 5 种园林植物光合生理指标的影响

5 种园林植物干旱胁迫前后各项光合指标发生了明显变化(表 3)。持续干旱后,除杜鹃外,其他各植物的净光合速率均发生了显著变化。与干旱胁迫前相比,八宝景天、红叶石楠的净光合速率显著下降,幅度分别为 44%、23%;而香茅、马蔺的净光合速率则显著增加,幅度分别为 236%、33%;杜鹃的净光合速率变化不明显。各物种应对干旱胁迫的净光合速率存在差异,其变化规律不一致,说明各植物受到水分胁迫的影响不同,其相应的生理响应存在差异。

表 3 5 种园林植物光合指标的变化
Table 3 Variations of garden plants in photosynthetic indexes

	状态及比值	净光合速率 ^A /μmol·m ⁻² ·s ⁻¹	气孔导度 ^B /mol·m ⁻² ·s ⁻¹	胞间 CO ₂ 浓度 ^A /μmol·mol ⁻¹	蒸腾速率 ^B /mmol·m ⁻² ·s ⁻¹	水分利用 效率 ^A
香茅	胁迫前 X ₁	6.30	0.11	238.40	3.07	2.05
	胁迫后 X ₂	21.15	0.19	176.80	4.32	4.90
	X	3.36	1.73	0.74	1.41	2.39
马蔺	胁迫前 X ₁	11.68	0.34	290.79	7.52	1.55
	胁迫后 X ₂	15.52	0.23	253.24	4.40	3.53
	X	1.33	0.68	0.87	0.59	2.27
八宝景天	胁迫前 X ₁	7.96	0.16	253.11	4.03	1.11
	胁迫后 X ₂	4.49	0.08	247.25	2.45	3.25
	X	0.56	0.50	0.98	0.61	2.93
红叶石楠	胁迫前 X ₁	11.15	0.22	263.85	5.06	2.21
	胁迫后 X ₂	8.54	0.12	230.17	3.29	2.60
	X	0.77	0.55	0.87	0.65	1.18
杜鹃	胁迫前 X ₁	3.69	0.06	226.92	1.77	2.09
	胁迫后 X ₂	3.70	0.04	147.43	1.00	3.69
	X	1.00	0.67	0.65	0.56	1.77

植物应对缺水的策略之一是通过关闭气孔来降低蒸腾。持续干旱后,5 种供试植物的气孔导度均发生了显著变化。除了香茅的气孔导度增加 73%外,八宝景天、红叶石楠、杜鹃、马蔺的气孔导度均显著下降,降幅分别达 50%、45%、33%、32%。说明除香茅外,其他供试植物受到不同程度干旱胁迫,通过气孔导度的变化以适应环境改变。

持续干旱后,5 种供试植物中除八宝景天外,其他植物的胞间 CO₂ 浓度均发生了显著变化。与干旱胁

迫前相比,5 种供试植物的胞间 CO₂ 浓度均呈下降趋势,其中杜鹃的降幅最大,八宝景天的降幅最小,分别为 35%和 2%;香茅、马蔺、红叶石楠的降幅分别为 26%、13%、13%。说明在持续干旱条件下,植物通过调节光合细胞内的胞间 CO₂ 浓度以应对干旱胁迫,达到保护细胞免受伤害的目的。

持续干旱后,5 种供试植物的蒸腾速率均发生显著变化。与干旱胁迫前相比,香茅的蒸腾速率显著增加,增幅达 41%;杜鹃、马蔺、八宝景天、红叶石楠的蒸腾速率均显著下降,幅度分别为 44%、41%、39%、35%。从蒸腾速率的变化可见,杜鹃的变化幅度最大,而八宝景天、红叶石楠则相对较小,说明抗旱能力可能也相应较强。

在持续干旱前,5 种供试植物的水分利用效率以红叶石楠最高,达 2.21,其值在 2.0 以上的物种还有香茅、杜鹃;而马蔺和八宝景天的水分利用效率值较小,仅为 1.55 和 1.11。持续干旱后,5 种供试植物的水分利用效率发生显著变化,各植物的水分利用效率提高的大小顺序为八宝景天(193%)、香茅(139%)、马蔺(127%)、杜鹃(77%)、红叶石楠(18%)。植物水分利用效率是一个较为稳定的衡量碳固定与水分消耗关系的指标。水分利用效率越高,表明植物抗旱能力可能越强,是植物适应干旱环境的一个重要特征。

2.3 5 种园林植物抗旱性综合评价

植物的抗旱性是受形态和生理生化等多种特性控制的复合遗传性状^[6],植物通过多种途径来抵御或忍耐干旱胁迫的影响,只有应用多种参数进行综合评价才能较好地反映植物的抗旱特性^[7]。本试验根据 Levitt^[8] 和 Turner^[9] 对植物抗旱机理的分类方法,建立了评价 5 种园林植物抗旱性的指标体系。评价指标体系主要从植物对干旱适应性(蒸腾速率、气孔导度、脯氨酸、丙二醛、SOD 等)和抗旱性生长(入选指标:光合速率、叶绿素含量等)两方面考虑来评价植物的耐旱能力,能够得到比较客观的结果。

在本试验中,根据模糊数学隶属函数或反隶属函数计算公式,分别计算供试 5 种园林植物各指标的隶属函数值,并对 9 项指标的隶属函数值求和,根据和值的大小进行排序。从表 4 可以看出,5 种供试植物抗旱能力大小的顺序为八宝景天>马蔺>香茅>红叶石楠>杜鹃。

表 4 5 种园林植物的隶属函数值及和值排序
Table 4 Garden plants' membership function values and sum ranking

	X(1)	X(2)	X(3)	X(4)	X(5)	X(6)	X(7)	X(8)	X(9)	ΣX(i)	排序
八宝景天	1.000	0.938	0.160	0.533	0.000	1.000	1.000	0.941	1.000	6.572	1
马蔺	0.036	1.000	0.180	1.000	0.275	0.854	0.667	0.965	0.623	5.600	2
香茅	0.005	0.946	1.000	0.067	1.000	0.000	0.273	0.000	0.691	3.982	3
红叶石楠	0.974	0.000	0.106	0.000	0.075	0.959	0.667	0.894	0.000	3.675	4
杜鹃	0.000	0.899	0.000	0.248	0.157	0.862	0.000	1.000	0.337	3.503	5

注:表中 X(1),X(2),……,X(9)分别代表各植物 9 个指标的隶属函数值。

3 结论与讨论

在自然干旱胁迫条件下,本研究对上海同一绿地中 5 种园林植物的 9 个抗旱指标进行测定与分析,并用模糊数学隶属函数值法进行抗旱性的综合比较。结果表明,在干旱胁迫下 5 种园林植物抗旱性由强到弱的排序为八宝景天、马蔺、香茅、红叶石楠、杜鹃。单一的抗旱性评价指标,难以反映出植物对干旱适应的综合能力。在节水型园林绿化对抗旱节水型植物的筛选中,只有应用多种参数进行综合评价才能较好地反映植物的抗旱特性。八宝景天、马蔺、香茅、红叶石楠、杜鹃为不同科属的植物,通过抗旱指标测试及综合评价,表明 5 种植物的抗旱性差异较大,其中八宝景天是 5 种园林植物中最抗旱的节水型植物。

八宝景天以其独特的结构和景天酸代谢途径,表现出较好的抗旱节水性。在干旱胁迫处理后,八宝景天的脯氨酸含量显著增加,抗渗透胁迫能力强,同时 SOD 活性明显提高,丙二醛含量增幅较小,说明 SOD 有效地保护了膜结构,避免膜质过氧化;叶绿素含量略微增加,说明光合细胞器正常发挥功能;同时通过降低胞间 CO₂ 浓度和气孔导度,采取了维持较高的光合作用、低的蒸腾作用的节水措施。因此,八宝景天在 5 种园林植物中抗旱能力最强,这与其为景天科植物性喜干燥、耐干旱的生长习性相吻合。

马蔺的脯氨酸和丙二醛含量变化不明显,说明干旱危害不明显,而 SOD 一直处于高活性状态,叶绿素含量增加、净光合速率增加、水分利用效率提高,表明生物膜结构维持良好,能通过提高水分利用效率来增加植物的生长,耐旱能力较强。马蔺根系发达,入土较深,须根稠密且发达,有助于其在高温干旱的环境中正常生存,本研究结果进一步证明了马蔺的此特性。

综合评价值为中等程度的香茅在干旱胁迫后,细胞膜受到的破坏程度较小,丙二醛含量增幅较小,而

其净光合速率和水分利用效率显著提高,形成较高光合效率、低蒸腾速率的保水措施。杜鹃干旱胁迫后脯氨酸含量下降,丙二醛含量增幅达 470%,而红叶石楠的叶绿素含量变化显著,且 2 种植物的净光合速率和水分利用效率变化不明显,表明生物膜受伤害程度较重,耐旱能力较弱,其水分利用能力较弱,对干旱环境的适应能力较其他植物差。9 月份杜鹃外观表现出失水萎蔫状态,外观表现与测试数据相符合,证明杜鹃耐旱性较差。

植物作为园林绿化的基础,是发展节水型园林的关键所在,应用节水抗旱园林植物是多方的共同需求,是缓解缺水矛盾的有效途径之一。建议在 5 种植物的实际应用中,根据立地水分条件的不同,有针对性的选择和应用。同时,在植物选择上,应多培育和种植一些耐旱、抗旱的植物种类,如景天类、鸢尾类、观赏草类的植物,从根本上减少植物自身需水量,从源头上节约绿化用水。

参 考 文 献

- [1] 陈 斌. 实现“节水型园林”的终极手段[J]. 浙江林业, 2007(10): 23.
- [2] 胡运骅. 上海建设节约型园林绿化的实践与思考[J]. 园林, 2008(5): 18-19.
- [3] 邹 琪. 植物生理实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [4] 王彩华, 宋连天. 模糊论方法学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.
- [5] 王邦锡, 孙 莉, 黄久常. 渗透胁迫引起的膜损伤与膜脂过氧化和某些自由基的关系[J]. 中国科学, 1992(4): 364-368.
- [6] 李吉跃. 太行山区主要造林树种耐旱特性的研究[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(增2): 230-279.
- [7] 冯玉龙, 姜淑梅. 番茄对高温引起的叶片水分胁迫的适应[J]. 生态学报, 2001, 21(5): 747-750.
- [8] Levitt J. Responses of plant to environment stress[M]. New York: Academic Press, 1980.
- [9] Turner N C. Adaptation to water deficits: A changing perspective[J]. Austrian Journal of Plant Physiology, 1983, 13: 175-190.

农业生产有问题 三农热线来帮你
遇到问题怎么办 专家为你找答案

情系三农 服务三农

上海 12316 三农服务热线由上海市农业委员会主办,是在上海“农科热线”基础上扩容的一条公益性服务热线,提供农业生产技术、农产品市场信息、支农惠农和农村集体“三资”政策等方面的咨询服务。

热线以电话咨询、网上问答、短信咨询、书信回复等方式,免费为全国农民提供咨询服务。全年 365 天,每天早 8 点至晚 8 点专家值班,晚 8 点至次日早 8 点电话留言。欢迎广大农民朋友来电、来信、来访咨询。

上海三农服务热线管理中心地址:上海市仙霞西路 779 号 3 号楼 3107 室 邮编:200335

上海三农服务热线网:www.12316.sh.cn E-mail:12316@shac.gov.cn

上海农业网:www.shac.gov.cn (网上提问请至“互动中心”栏目)

欢迎拨打:(021)12316