

水分胁迫对紫荆生理的影响

文 瑛, 廖 飞 勇

(中南林业科技大学 风景园林学院, 湖南 长沙 410004)

摘 要:以 2 a 生紫荆为试材,探讨水分胁迫对其生理的影响,为园林绿地中紫荆的灌溉提供理论指导。结果表明:水淹和干旱胁迫明显影响紫荆的生长。水淹 4 d 后,表现为 qP 值、ETR 值、净光合速率的明显下降,7 d 后植株死亡。处理 20 d 后,干旱胁迫(土壤含水量低于 8.1%)严重抑制植株的生长,表现为 qP、ETR、Fv'/Fm'、Fv/Fm、叶片含水量、净光合速率的急剧降低,及 Fo 的升高,处理 23 d 后植物死亡。长时间的中度干旱(含水量日变化在 8%~15%之间)影响紫荆的生长,表现为 qP 值、ETR 值、净光合速率、Trmmol 偏低。轻度干旱适宜植物生长,表现为 3 次测定的 qP、ETR、净光合速率都较高。土壤含水量日变化在 15%~25%以内受轻度水分胁迫是园林中紫荆的最佳灌溉方式,既不影响景观效果,同时也能节约灌溉用水。

关键词:紫荆;水分胁迫;光合速率;荧光参数

中图分类号:S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)14-0064-04

紫荆(*Cercis chinensis* Bunge)为豆科紫荆属植物^[1],其花紫红色,4~10 朵簇生于老枝上,叶前开放,早春满树红花,璀璨夺目。由于其花叶皆美,且耐干旱贫瘠,在城市园林绿地中广泛应用。近年来对其研究主要集中在紫荆在园林中的应用^[2]、干旱胁迫对紫荆保护酶活性的影响^[3]、干旱胁迫对紫荆光合性能的影响^[4]等,但对不同水分梯度对紫荆生理影响的系统研究较少。现研究不同土壤含水量条件下紫荆的生理变化,并探讨了紫荆最适土壤含水量、最低土壤含水量,为园林绿地中紫荆的最佳节水灌溉和紫荆在园林中合理的应用提供理论指导。

第一作者简介:文瑛(1986-),女,在读硕士,研究方向为园林植物与观赏园艺。E-mail:494793654@qq.com.

责任作者:廖飞勇(1973-),男,博士,副教授,研究方向为园林生态学及园林植物与观赏园艺。E-mail:xylyf@163.com.

基金项目:湖南省“十二五”重点学科(风景园林学)资助项目(湘教发[2011]76 号);中南林业科技大学研究生科技创新基金资助项目(2009sx17);湖南省 2011 年研究生科研创新资助项目(CX2011B330);湖南省教育厅资助项目(10B120)。

收稿日期:2012-03-15

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 2 a 生紫荆为试验材料,种植于中南林业科技大学风景园林学院内,盆栽(盆直径 220 cm,高 320 cm)培养,腐殖土和粘土以 1:1 的比例混合作为培养土,进行正常的肥水管理。在室外培养 60 d 后选用长势较好且整齐的 15 株紫荆移入室内,随机分为 5 组,每组 3 盆。自然的温度、湿度,光源为人工碘钨灯,光强为 $4\ 000\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光照时间为 8:00~18:00。

1.2 试验方法

对照组(CK):每天下午 17:00 浇水浇透,其土壤含水量基本都在 30%以上;水淹组(WS),整个紫荆根部全部浸泡在水中,其土壤含水量基本都在 70%以上;轻度干旱胁迫(SD):土壤含水量日变化维持在 15%~25%;中度干旱胁迫(MD):土壤含水量日变化维持在 8%~15%;干旱胁迫组(DS):正式进入试验后,一次性浇水浇透,以后不再浇水直到紫荆死亡。其中 SD 组和 MD 组在正式进入试验前在室内已设置好水分梯度,在此期间其余 3 组进行正常水分管理。20 d 后干旱组紫荆有的几乎死亡,严重影响到景观效果。水淹组处理 4 d 后,已

Abstract: The phenological characteristics of ornamental plant *Lagerstroemia indica* were studied, seasonal patterns of leaves, flowers and fruits were made clear, and the visual value during the florescence were valued. The results showed that *Lagerstroemia indica* had high ornamental value, long duration of flowering and the best period of appreciation was August and September. The difference of phenophases was observed between different individuals, phenological index could be used for garden management and visual valuable analyze. And suggested the allocation of landscape plants should be optimized and promoting their visual value by phenological study.

Key words: *Lagerstroemia indica*; phenology; visual value

严重影响紫荆景观效果,处理 7 d 死亡。

1.3 项目测定

用美国 Spectrum 公司生产的高精度土壤水分测试仪 TDR100 测定土壤含水量,试验期间每天 4 次,分别是在 9:00、14:00、17:00 和 18:00,每天下午 17:00 测得土壤含水量后及时补充水分。叶绿素含量、光合速率、荧光参数、叶生物量的测定方法参照文瑛等^[5]的方法。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对叶片含水量的影响

由表 1 可知,处理 4 d 后,水淹组和干旱组的叶片含水量偏低,分别是对照组的 89.19%、92.21%。处理 11 d 后,水淹组死亡,其余 4 组差异不明显。处理 20 d 后,干旱组的叶片含水量只有对照组的 42.35%,其余各组相差不大,说明此时干旱胁迫已严重影响到紫荆的水分平衡,影响其代谢的正常进行。

表 1 水分胁迫对紫荆单位叶面积叶片含水量的影响

Table 1 The effect of water stress on the water content of leaves of *Cercis chinensis* Bunge mg/cm²

	A4	A11	A20
对照 Control (CK)	10.185±1.261	10.323±1.800	10.185±1.200
水淹 Water stress (WS)	9.084±0.826	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	10.598±0.477	10.048±1.327	10.185±0.728
中度干旱 Middle drought (MD)	12.112±0.860	10.736±0.002	10.552±1.042
干旱 Drought stress (DS)	9.772±2.037	10.461±1.907	4.313±4.642

注:AT4:处理后 4 d;AT11:处理后 11 d;AT20:处理后 20 d。以此类推。a、b 代表差异的显著性水平, $\alpha=0.05$ 。***:已死亡。下同。

2.2 水分胁迫对 Fo 的影响

叶绿素荧光参数中,Fo 为最小荧光,也称为初始荧光,反映了 PSII 反应中心处于完全开放时的荧光产量,一般来说 Fo 越大,对光能利用能力越低^[6-7]。由表 2 可知,处理 5 d,各组差异不显著。处理 12 d 后,水淹组死亡,其余各组差异不显著。处理 20 d 后,干旱组的 Fo 上升明显,高达 191.689,是对照组的 1.11 倍,水淹组此时已死亡,其余各组的 Fo 值相差不大,说明此时干旱组对光能利用能力很低。

表 2 水分胁迫对紫荆 Fo 的影响

Table 2 The effect of water stress on the Fo of *Cercis chinensis* Bunge

	A5	A12	A20
对照 Control (CK)	178.244±21.929	168.078±16.148	173.122±0.972
水淹 Water stress (WS)	177.978±8.920	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	178.856±3.586	158.344±7.410	166.622±4.435
中度干旱 Middle drought (MD)	174.711±15.926	146.222±9.924	173.811±3.040
干旱 Drought stress (DS)	163.300±9.625	160.211±7.580	191.689±24.693

2.3 水分胁迫对 Fv/Fm 的影响

Fv/Fm 是 PSII 最大光化学量子量,反映了 PSII 反应中心内禀光能转换效率。该参数非常稳定,不受物种和生长条件的影响;但是在胁迫条件下该参数明显下

降^[8]。由表 3 可知,处理 5 d,各组差异不显著。处理 12 d 后,水淹组死亡,其余各组差异不显著。处理 20 d 后,干旱组的 Fv/Fm 下降明显,只有对照组的 66.05%,水淹组此时已死亡,其余各组值较稳定,说明此时干旱组植物受到胁迫。

表 3 水分胁迫对紫荆 Fv/Fm 的影响

Table 3 The effect of water stress on the Fv/Fm of

Cercis chinensis Bunge

	A5	A12	A20
对照 Control (CK)	0.801±0.021	0.813±0.020	0.810±0.006
水淹 Water stress (WS)	0.801±0.015	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	0.799±0.003	0.827±0.005	0.820±0.001
中度干旱 Middle drought (MD)	0.808±0.010	0.830±0.005	0.820±0.003
干旱 Drought stress (DS)	0.810±0.017	0.814±0.005	0.535±0.399

2.4 水分胁迫对 qP 的影响

qP 为光化学淬灭参数,代表了光合能量流向暗反应固定能量的部分,其值越高表示光能中转变为活泼化学能的能量越多,植物对光能的利用效率也越高^[9]。由表 4 可知,处理 5 d 后,水淹组较各组的 qP 值低,是对照组的 75.68%,而其余 3 组的 qP 值都比对照组高,分别是对照组的 1.162、1.060、1.050 倍,说明此时水淹胁迫使光能中转变为活泼化学能的能量减少。处理 11 d 后,轻度干旱组的 qP 值高于对照组,是对照组的 1.17 倍,水淹组植物已死亡,其余 2 组的 qP 值与对照组相近。处理 20 d 后,干旱组的 qP 值是 4 组中最低的,只有对照组的 33.88%,此时干旱胁迫使植物光能中转变为活泼化学能的能量减少,严重影响到植物的代谢;其余 3 组的 qP 值都为维持在较高的水平。从 3 次测定的值来看,发现对照组 3 次测定的值变化较大,最后 1 次测定 qP 值最高,查看每天测定的土壤含水量发现,处理 20 d 左右的土壤含水量最低;而轻度干旱组 3 次测定的 qP 值都偏高,中度干旱组 3 次测定的 qP 值不稳定,后 2 次偏低。由此可见,浇水过量也会影响紫荆的生长,而长期的中度干旱胁迫轻度影响紫荆的生长。

表 4 水分胁迫对紫荆 qP 的影响

Table 4 The effect of water stress on the qP of *Cercis chinensis* Bunge

	A5	A11	A20
对照 Control (CK)	0.259±0.012	0.214±0.046	0.304±0.119
水淹 Water stress (WS)	0.196±0.028	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	0.301±0.023	0.251±0.048	0.275±0.012
中度干旱 Middle drought (MD)	0.274±0.034	0.201±0.057	0.236±0.049
干旱 Drought stress (DS)	0.272±0.076	0.200±0.060	0.103±0.125

2.5 水分胁迫对 ETR 的影响

ETR 为表观光合电子传递速率,其值的高低可以反映光合能量的传递速率^[10]。由表 5 可知,处理 5 d 后,水淹组的 ETR 值最低,是对照组的 76.84%,而其它 3 组都较对照组的高,分别是对照组的 1.22、1.11、1.11 倍,说明此时水淹已影响到植物光合能量的传递速率。

处理 11 d 后,发现中度干旱组和干旱组的 ETR 值较低,分别是对照组的 87.44%、84.38%。处理 20 d 后,发现中度干旱组和干旱组的 ETR 值较低,分别是对照组的 83.94%、33.50%,此时干旱胁迫已影响到植物光合能量的传递速率。从 3 次测定的值来看,发现对照组 3 次测定的值变化较大,最后 1 次测定 ETR 值最高,查看每天测定的土壤含水量发现,处理 20 d 左右的土壤含水量最低;而轻度干旱组 3 次测定的 ETR 值都偏高;中度干旱组 3 次测定的 ETR 值不稳定,后 2 次偏低。由此可见,浇水过量也会影响紫荆的生长,而长期的中度干旱胁迫影响紫荆的生长。

表 5 水分胁迫对紫荆 ETR 的影响

Table 5 The effect of water stress on the ETR of *Cercis chinensis* Bunge

	A5	A11	A20
对照 Control (CK)	45.238±4.667	43.147±8.249	52.339±15.223
水淹 Water stress (WS)	34.762±5.822	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	55.169±7.130	47.353±10.377	51.992±2.995
中度干旱 Middle drought (MD)	50.060±7.789	37.729±10.545	43.934±9.685
干旱 Drought stress (DS)	50.246±16.540	36.407±10.015	17.532±27.048

2.6 水分胁迫对 F_v'/F_m' 的影响

F_v'/F_m' 为光下 PSII 的实际光能转换效率,它不受 F_o 的影响^[11]。由表 6 可知,处理 5 d 后,对照组和水淹组的值偏低,其余 3 组的值偏高,但差异未达显著水平。处理 11 d 后,水淹组已死亡,其余 3 组的 F_v'/F_m' 值都较对照组低,分别是对照组的 92.87%、92.66%、90.57%。处理 20 d,轻度干旱和中度干旱较对照组的高,分别是对照组的 1.07、1.06 倍,而此时干旱组的 F_v'/F_m' 值急剧降低,是对照组的 58.31%,说明此时干旱胁迫已严重影响到植物光下 PSII 的实际光能转换效率。

表 6 水分胁迫对紫荆 F_v'/F_m' 的影响Table 6 The effect of water stress on the F_v'/F_m' of*Cercis chinensis* Bunge

	A5	A11	A20
对照 Control (CK)	0.410±0.024	0.477±0.013	0.415±0.037
水淹 Water stress (WS)	0.416±0.013	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	0.431±0.024	0.443±0.015	0.444±0.010
中度干旱 Middle drought (MD)	0.428±0.021	0.442±0.025	0.438±0.021
干旱 Drought stress (DS)	0.430±0.024	0.432±0.025	0.242±0.200

2.7 水分胁迫对光合速率的影响

由表 7 可知,处理 5 d 后,水淹组的净光合速率急剧降低,与各组差异达显著水平,是对照组的 28.82%,此时水淹处理已严重影响到植物的生长;其余 3 组的净光合速率都较对照组高,分别是对照组的 1.37、1.07、1.12 倍。处理 11 d 后,水淹组已死亡,只有轻度干旱组的净光合速率较对照组的高,是对照组的 1.12 倍,而中度干旱和干旱组都比对照组低,分别是对照组的 89.72%、80.23%。处理 20 d 后,干旱组的净光合速率急剧下降,是对照组的 27.09%,说明此时干旱胁迫已严重影响紫

荆的生长;中度干旱组是对照组的 73.92%;轻度干旱和对照组的净光合速率相近。综合分析,轻度干旱组 3 次测定的净光合速率都较高;对照组的净光合速率变化较大;长时间的中度干旱净光合速率偏低;干旱胁迫随着时间的延长,净光合速率下降,最后植物死亡。

表 7 水分胁迫对紫荆光合速率的影响

Table 7 The effect of water stress on the photosynthetic rate of

Cercis chinensis Bunge

	A5	A11	A20
对照 Control (CK)	7.371±0.339 a	7.638±2.099	9.941±2.920
水淹 Water stress (WS)	2.124±1.777 b	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	10.133±0.601 a	8.543±1.986	9.320±1.181
中度干旱 Middle drought (MD)	7.886±0.447 a	6.853±1.945	7.348±1.548
干旱 Drought stress (DS)	8.253±3.045 a	6.128±0.643	2.693±4.986

2.8 水分胁迫对植物 Trmmol 的影响

叶片的生长对水分胁迫最敏感,轻度水分胁迫,叶片的气孔关闭,减少蒸腾,重度水分胁迫,使叶绿素含量减少,或使其超微结构破坏,造成叶片枯落,使叶面积大量减少,这些变化能够减少蒸腾面积,这是植物适应干旱胁迫的一种生存方式。由表 8 可知,处理 5 d,水淹组与各组差异达显著水平,是对照组的 24.37%,其余各组差异不大。处理 11 d 后,中度干旱组和干旱组的 Trmmol 值有所降低,分别是对照组的 86.27%、76.58%。处理 20 d 后,中度干旱组和干旱组的 Trmmol 值都有所降低,分别是对照组的 73.03%、23.29%。综合分析,在 3 次测定中,对照组和轻度干旱组的 Trmmol 值相差不大;长时间的中度干旱紫荆的 Trmmol 值偏低;随干旱胁迫时间的延长 Trmmol 值降低,直到植物死亡。

表 8 水分胁迫对紫荆蒸腾作用的影响

Table 8 The effect of water stress on the Trmmol of

Cercis chinensis Bunge

	A5	A11	A20
对照 Control (CK)	3.796±1.132 a	3.220±1.196	3.749±1.486
水淹 Water stress (WS)	0.925±0.273 b	***	***
轻度干旱 Slight drought (SD)	4.467±0.322 a	3.313±0.917	3.793±0.696
中度干旱 Middle drought (MD)	4.082±0.488 a	2.778±1.079	2.738±0.883
干旱 Drought stress (DS)	3.459±0.675 a	2.466±1.016	0.873±1.280

2.9 水分胁迫干旱对植物外形的影响

水淹组:处理 4 d 后,有 2/3 以上的叶片下垂变形,影响到景观效果。处理 7 d 后,叶片 2/3 以上的叶片枯干,植物死亡。对照组、轻度干旱组、中度干旱组:在整个试验过程中都生长良好。干旱组:处理 11 d 后,植物生长良好。处理 20 d 后,植物有 2/3 以上的叶生长不好,叶片变形,小部分叶开始枯萎,影响到景观效果,此时土壤含水量为 6.6%、7.1%、8.1%,处理 23 d 后整株植物枯死。

3 结论

试验结果表明,水淹组表现为 qP、ETR、Trmmol、

净光合速率的明显下降,分别只有对照组的75.68%、76.84%、24.37%、28.82%,净光合速率只有 $2.124 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,7 d后水淹组紫荆死亡。紫荆不耐水淹,在园林应用中紫荆应避免超过4 d的水淹期,最好避免种植在近水面。对照组为水分浇透组,最低含水量是30%,3次测定结果不稳定,处理20 d测得的qP、ETR、净光合速率都高于处理11 d和处理5 d,处理20 d对照组土壤含水量低于处理11 d和处理5 d对照组土壤含水量,处理20 d的日平均土壤含水量不高于35%,而处理11 d和5 d对照组的日平均含水量土壤都高于35%,说明过多的浇水对紫荆无益,而有害。轻度干旱组:3次测定qP、ETR、净光合速率都偏高,紫荆生长良好,说明此范围的土壤含水量非常适合紫荆的生长。中度干旱组:中度干旱组测定时其结果不稳定,3次测定中测得的qP值、ETR值、净光合速率、Trmmol值都不高,长时间还偏低,说明在低于这一范围的土壤含水量紫荆的生长将会受到胁迫,同时还说明土壤含水量日变化在8%~15%之间接近不影响紫荆景观效果的底线,当土壤含水量在8%~15%之间时应及时补充水分。干旱组:处理20 d,干旱组紫荆已受到严重干旱胁迫的威胁,表现为叶片生长不好,qP、ETR、Fv'/Fm'、叶片含水量、Fv/Fm、净光合速率的急剧下降,此时干旱组的3株紫荆土壤含水量分别是6.6%、7.1%、8.1%。在园林中紫荆的应用应避免土壤含水量低于8.1%。综上所述,在园林养护中土壤含水量日变化在15%~25%之间不

仅能保证紫荆的生长,而且可以节约灌溉成本,且长时间的轻度干旱(土壤含水量日变化在15%~25%之间)不影响紫荆的景观效果和生长。

参考文献

- [1] 陈有民. 园林树木学[M]. 北京:中国林业出版社,1990:473-474.
- [2] 贾德华,王万喜. 紫荆在园林绿化中的应用[J]. 山西农业科学,2008,36(12):90-91.
- [3] 赵银河,祝钰,孙明高,等. 干旱和盐分交互胁迫对紫荆、皂角幼苗保护酶活性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2007,38(2):173-177.
- [4] 孔红岭,孙明高,孙方行,等. 盐、旱及其交叉胁迫对紫荆光合性能的影响[J]. 西北林学院学报,2007,22(5):42-44.
- [5] 文瑛,廖飞勇. 不同水分胁迫对刺槐生理的影响[J]. 基因组学与应用生物学,2011,30(6):714-721.
- [6] 廖飞勇,何平. SO_2 处理对洞桐叶片光合能量传递效率的影响[J]. 广西植物,2004,24(1):86-90.
- [7] 廖飞勇,何平,谢瑛. 低浓度 SO_2 处理对油桐幼苗光系统结构和功能的影响[J]. 农村生态环境,2004,20(1):60-64.
- [8] 苏冬梅,廖飞勇. SO_2 对菊花光合色素含量和叶绿素荧光特性的影响[J]. 中南林学院学报,2005,25(6):70-74.
- [9] 王菊凤,李鸽鸣,廖飞勇,等. 光照对盾叶薯蓣荧光光谱和叶绿体结构的影响[J]. 吉首大学学报(自然科学版),2006,27(1):80-85.
- [10] 王菊凤,李鸽鸣,廖飞勇,等. 弱光生态型盾叶薯蓣对不同光照的长期适应—光合速率、光呼吸和电子传递速率的变化[J]. 中南林学院学报,2006,26(2):27-33.
- [11] Kevin Oxborough. Imaging of chlorophyll a fluorescence: theoretical and practical aspects of an emerging technique for the monitoring of photosynthetic performance[J]. Journal of Experimental Botany,2004,55(400):1195-1205.

Effect of Water Stress on the Physiology of *Cercis chinensis* Bunge

WEN Ying, LIAO Fei-yong

(College of Landscape and Architecture, Central South University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan 410004)

Abstract: The effects of water stress on the two year old *Cercis chinensis* Bunge were tested for proving the irrigation guidance for its application in the garden. The results showed that the water stress and the drought stress suppressed the growth of *Cercis chinensis* Bunge. After treated with flooding for 4 days, the qP, ETR, net photosynthetic rate were decreased, and the plants almost died after treated for 7 days. After treated for 20 days, the drought stress suppressed (the water content of soil remained below 8.1 percent) the growth of plants, which was embodied in the increasing of qN, the decreasing of qP, ETR, Fv'/Fm', Fv/Fm, net photosynthetic rate and the plants almost died after treated for 23 days. After treated for a long time, The mid drought stress (the water content of soil were between 8 percent and 15 percent) decreased the growth of plants, which was embodied in the decreasing of qP, ETR, net photosynthetic rate, Trmmol. The slight drought (the water content of soil were between 15 percent and 25 percent) was adapt for *Cercis chinensis* Bunge, which was embodied in having the high qP, ETR and net photosynthetic rate in 3 tested. The best irrigation for *Cercis chinensis* Bunge, was the water content of soil between 15 percent and 25 percent, which did not affect the ornamental value of *Cercis chinensis* Bunge, and save the irrigation water.

Key words: *Cercis chinensis* Bunge; water stress; photosynthesis rate; fluorescence parameters