

蒋 慧,王秋姣,冉德龙,等. 不同水分胁迫对金焰绣线菊光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):178-180.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.059

# 不同水分胁迫对金焰绣线菊光合特性的影响

蒋 慧<sup>1</sup>,王秋姣<sup>1</sup>,冉德龙<sup>2</sup>,廖飞勇<sup>1</sup>

(1. 中南林业科技大学风景园林学院,湖南长沙 410004;2. 永州市绿化委员会办公室,湖南永州 425000)

**摘要:**研究了水分胁迫对金焰绣线菊光合特性的影响。结果表明,水淹 12 d 时,金焰绣线菊生长受到严重抑制,表现为  $F_v/F_m$ 、 $F_v'/F_m'$ 、ETR、 $q_p$  和净光合速率降低,18 d 时植物死亡;18 d 以内的轻度干旱胁迫促进植物生长,表现为  $F_v/F_m$ 、 $F_v'/F_m'$ 、ETR、 $q_p$ 、叶绿素含量上升,但是 33 d 时一定程度上抑制植物的生长,而干旱胁迫严重抑制植物生长,导致植物死亡,表现为  $F_v'/F_m'$ 、 $F_v/F_m$ 、ETR、 $q_p$  和光合速率显著下降。水淹处理对植物影响最显著,轻度干旱胁迫对植物影响不大,30 d 以上的干旱严重抑制金焰绣线菊的生长。

**关键词:**金焰绣线菊;水分胁迫;光合参数;荧光参数

**中图分类号:** Q945.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0178-03

金焰绣线菊(*Spiraea bumalda* cv. Gold Flame)属蔷薇科绣线菊属落叶小灌木,是 1990 年由北京植物园从美国引种驯化的栽培种。该品种春季叶色黄红相间,夏季叶色转绿,秋季叶变紫红色,具有明显的季相变化<sup>[1]</sup>;花玫瑰红,伞房花序,直径 10~20 cm,花期从 6 月到 9 月,其间可多次开花,是一种优良的彩色地被类花灌木。由于具有优良观赏特征,使得它在我国长江及以北地区得到了广泛应用<sup>[2]</sup>。关于金焰绣线菊的研究主要集中在引种栽培、繁殖技术、相关抗性方面,相关研究表明金焰绣线菊具有一定的耐阴、耐盐碱、耐寒以及耐旱的能力<sup>[3-6]</sup>,但关于水分胁迫对其生理特性及生长影响的研究不足。园林绿化应用中,夏季高温少雨不但降低植物移植的成活率,更限制绿化植物的生长发育,进而影响到城市景观。研究不同水分胁迫对金焰绣线菊生长及生理特性的影响,为更好地应用和推广金焰绣线菊提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验以湖南省长沙市中南林业科技大学校园苗圃培养的金焰绣线菊扦插苗为试验材料。于 2014 年 3 月选金焰绣线菊插穗进行露天扦插,进行人工浇水。2014 年 5 月选择扦插苗移植在盆内,土壤为 1:1 的黄土加泥炭土的混合土。并于 6 月 3 日生长基本一致盆栽苗进行实验室水分胁迫处理。光源为人工碘钨灯,培养植物的光强为  $400 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,光照时间为 08:00—18:00,自然温度和湿度。

### 1.2 试验方法

水分胁迫处理设 4 个处理:对照组,每天保持土壤湿润,其含水量 30%~45%;水淹组,整个植株根部全部浸在水中,

土壤含水量在 90% 以上;轻度干旱组,土壤水分保持在 15%~25%;干旱组,从试验开始不再浇水,土壤水分 0~10%。每组重复 3 次。试验期间用高精度土壤水分仪 TDR100(美国 Spectrum 公司)测定土壤含水量。

### 1.3 测定内容与方法

于胁迫处理的 0、6、12、18、33 d 进行叶绿素总含量及光合特性测定。其中,叶绿素含量采用日本美能达公司生产的叶绿素测定仪 SPAD502 对完全成熟的叶片进行测定。采用 Licor6400XTR 便携式光合仪测定光合速率,设定测定光强为  $500 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,当光合速率稳定时进行数据记录。

用 Licor6400XTR 便携式光合仪进行叶绿素荧光参数测定,测定的主要荧光参数有:暗适应 20 min 以后测定的最小荧光( $F_0$ )、最大荧光( $F_m$ )、可变荧光( $F_v$ )、光化学猝灭系数( $q_p$ );在  $1000 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  照度下进行光适应,待  $F_v/F_i$  在  $\pm 5$  以内测定  $F_0'$ 、 $F_m'$ 、 $F_v'$  和表观光合电子传递速率(ETR),光化学的照度为  $800 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

### 1.4 数据处理

数据用 Excel 软件进行整理,用 SPSS 13.0 进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 对叶绿素总含量的影响

植物叶片中叶绿素捕获的光能是植物光合作用能量的来源<sup>[7]</sup>,叶绿素总含量直接影响植物的生长。不同水分胁迫处理对金焰绣线菊叶绿素含量存在很大差异(表 1)。处理 6 d,各组叶绿素含量都有所升高,但差异不显著;处理 12 d,与对照组和水淹组相比,轻度干旱组叶绿素含量显著升高,水淹组叶绿素含量显著下降,只有对照组的 80.74%。处理 18 d,水淹组叶片枯落,植物死亡,干旱组叶绿素含量显著上升,是对照组的 112%。处理 33 d,水淹组植物叶片萎蔫脱落,植株死亡;对照组、轻度干旱组差异不大,轻度干旱组植物叶片的叶绿素含量稍有上升,这些变化表明水淹严重降低了叶绿素含量,减弱了植物通过叶绿素捕获光能的能力,进而减少了植物光合作用能量的来源,直接影响植物生长;轻度干旱和干旱处

收稿日期:2014-11-18

基金项目:湖南省研究生科技创新项目(编号:CX2013B349);中南林业科技大学研究生科技创新项目(编号:CX2013B18)。

作者简介:蒋 慧(1990—),女,湖南益阳人,硕士研究生,主要从事园林植物景观设计研究,E-mail:523860253@qq.com。

通信作者:廖飞勇,博士,硕士生导师,主要从事园林植物与观赏园艺研究,E-mail:xylf@163.com。

表 1 水分胁迫对金焰绣线菊总叶绿素含量的影响

组别	叶绿素含量(mg/g)				
	0 d	6 d	12 d	18 d	33 d
对照组	25.80 ± 1.25a	27.33 ± 3.09a	31.00 ± 1.00b	31.53 ± 1.72a	31.67 ± 1.51a
水淹组	25.07 ± 0.75a	27.57 ± 2.15a	25.03 ± 1.35a	—	—
轻度干旱组	24.83 ± 1.04a	25.93 ± 2.05a	33.00 ± 1.57c	33.83 ± 0.55ab	34.83 ± 2.58a
干旱组	26.13 ± 1.05a	27.27 ± 3.20a	32.33 ± 1.53bc	35.33 ± 3.41b	41.57 ± 2.44b

注:同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著,—表示植株已死亡。下同。

理 33 d,叶绿素含量增加。这与观察到的干旱组和轻度干旱组植株叶片浓绿但干枯的结果相一致。

2.2 对光化学猝灭参数  $q_p$  的影响

$q_p$  为光化学猝灭参数,代表光合能量用于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<sup>[8]</sup>。不同水分胁迫对金焰绣线菊的  $q_p$  的影响如表 2 所示。处理 6 d,不同处理之间  $q_p$  差异显著,与对照相比,水淹、轻度干旱及干旱处理的  $q_p$  显著

下降,其中水淹组仅为对照组的 57%。处理 12 d,与对照相比,轻度干旱和干旱处理的  $q_p$  增加,但水淹组植物的  $q_p$  显著下降且幅度更大。处理 18 d,水淹组植物死亡,干旱组与轻度干旱组差异显著,轻度干旱对植物的  $q_p$  影响较小,变化不大。到 33 d,干旱组  $q_p$  下降,轻度干旱组下降为对照组的 78%,水淹组植物死亡,而对照组有所上升。这表明水淹和长时间的干旱处理会使植株  $q_p$  显著下降,光能转变为活泼化学能减少,从而使植物光能利用效率降低,影响植物正常光合作用。

表 2 水分胁迫对金焰绣线菊  $q_p$  的影响

组别	$q_p$				
	0 d	6 d	12 d	18 d	33 d
对照组	0.39 ± 0.03a	0.37 ± 0.05c	0.29 ± 0.08b	0.30 ± 0.04b	0.32 ± 0.04b
水淹组	0.37 ± 0.05a	0.21 ± 0.07a	0.09 ± 0.01a	—	—
轻度干旱组	0.36 ± 0.06a	0.25 ± 0.11ab	0.34 ± 0.03c	0.34 ± 0.10b	0.25 ± 0.05b
干旱组	0.35 ± 0.03a	0.29 ± 0.02b	0.31 ± 0.04bc	0.13 ± 0.05a	0.04 ± 0.11a

2.3 对 ETR 的影响

ETR 为表观光合电子传递速率,其值可以反映光合能量的传递速率<sup>[9-10]</sup>。不同水分胁迫对金焰绣线菊 ETR 的影响见表 3。处理 6 d,各组 ETR 都有所下降,水淹组下降最明显,为对照组的 77%。处理 12 d,水淹组只有对照组的 29%,而

干旱组与对照组相差不大。处理 18 d,水淹组植物死亡,轻度干旱组显著上升,为对照组的 162%。处理 33 d,干旱组显著降低,而同期轻度干旱组最高。这表明水淹和长时间干旱,植物 ETR 明显下降,严重影响植物光合能量的传递速率,而轻度和短时间的干旱胁迫增加了光合能量的传递。

表 3 水分胁迫对金焰绣线菊 ETR 的影响

组别	ETR[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]				
	0 d	6 d	12 d	18 d	33 d
对照组	67.67 ± 6.50a	52.53 ± 13.86a	56.85 ± 13.91b	48.28 ± 6.83b	51.37 ± 15.03b
水淹组	72.05 ± 42.36a	40.64 ± 0.01a	16.48 ± 1.47c	—	—
轻度干旱组	65.86 ± 10.46a	49.54 ± 22.40a	66.11 ± 7.38a	78.04 ± 10.11a	64.53 ± 4.83a
干旱组	52.86 ± 7.00a	47.54 ± 4.30a	56.15 ± 11.12bc	46.05 ± 11.20b	4.60 ± 6.37c

2.4 对  $F_v'/F_m'$  的影响

$F_v'/F_m'$  为光系统 II 的实际光能转换效率,它不受  $F_o$  的影响<sup>[11]</sup>。水分胁迫处理对金焰绣线菊  $F_v'/F_m'$  影响显著(表 4)。处理 6 d,干旱组  $F_v'/F_m'$  略有降低,其他 3 组有一定程度上升,水淹组和轻度干旱组上升幅度较小。处理 12 d,水淹组  $F_v'/F_m'$  值下降到最小,干旱组也处于较低的水平。处理

18 d,水淹组植物死亡,对照组和轻度干旱  $F_v'/F_m'$  仍然上升,实际光能转换效率比较高,而干旱组逐渐下降。处理 33 d,干旱组  $F_v'/F_m'$  值显著下降,轻度干旱组也有所下降。 $F_v'/F_m'$  值的下降表明水淹和长时间的干旱胁迫降低了植物实际光能转换效率,从而影响植物正常生长。

表 4 水分胁迫对金焰绣线菊  $F_v'/F_m'$  的影响

组别	$F_v'/F_m'$				
	0 d	6 d	12 d	18 d	33 d
对照组	0.40 ± 0.05a	0.49 ± 0.01c	0.47 ± 0.05b	0.48 ± 0.02b	0.47 ± 0.07b
水淹组	0.36 ± 0.06a	0.45 ± 0.02b	0.41 ± 0.02a	—	—
轻度干旱组	0.35 ± 0.04a	0.45 ± 0.02b	0.46 ± 0.01b	0.50 ± 0.01c	0.47 ± 0.02b
干旱组	0.42 ± 0.03a	0.39 ± 0.03a	0.42 ± 0.03a	0.41 ± 0.03a	0.15 ± 0.19a

2.5 对  $F_v/F_m$  的影响

$F_v/F_m$  是 PSⅡ最大光化学量子产量,反映 PSⅡ反应中心原初光能转换效率。该参数非常稳定,物种间差异不明显,但在胁迫条件下该参数明显改变<sup>[12]</sup>。不同水分处理对金焰绣线菊  $F_v/F_m$  的影响见表 5。处理前各组植物  $F_v/F_m$  值在 0.81~0.83 的正常范围。处理 6 d,轻度干旱组  $F_v/F_m$  值与对照差异显著,干旱组下降相对最大, $F_v/F_m$  不在正常范围之

内,说明植物受到胁迫的影响。处理 12 d,水淹组  $F_v/F_m$  显著降低,植物受到严重胁迫,处理 18 d,水淹组植物死亡。18 d 内,干旱组与轻度干旱组  $F_v/F_m$  值变化不大,但是 33 d 干旱组降低。这表明水淹严重影响  $F_v/F_m$  的值,轻度干旱组  $F_v/F_m$  在处理期间变化不大,短时间的干旱反而提高了 PSⅡ反应中心光能转换效率,但是长时间的干旱会显著降低,影响植物生长。

表 5 水分胁迫对金焰绣线菊  $F_v/F_m$  的影响

组别	$F_v/F_m$				
	0 d	6 d	12 d	18 d	33 d
对照组	0.81 ± 0.01	0.81 ± 0.01b	0.82 ± 0.01c	0.82 ± 0.01a	0.82 ± 0.01b
水淹组	0.82 ± 0.01	0.81 ± 0.01b	0.78 ± 0.01a	—	—
轻度干旱组	0.82 ± 0.01	0.83 ± 0.01c	0.82 ± 0.01c	0.83 ± 0.01b	0.82 ± 0.01b
干旱组	0.81 ± 0.01	0.79 ± 0.01a	0.80 ± 0.02b	0.81 ± 0.01a	0.24 ± 0.33a

2.6 对净光合速率的影响

处理 6 d,不同处理净光合速率均出现不同程度的降低(表 6),水淹组净光合速率最低,为 3.09  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,不足处理前的 50%;其次是干旱组[4.21  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]。水淹组到 12 d 出现负值,18 d 植株死亡;轻度干旱组在 6~12 d

净光合速率出现一定幅度上升,而到 18 d 又有所降低。干旱组在处理 6~12 d 呈上升的趋势,12~33 d 又逐步降低,到 33 d 降为负值,没有光合速率,只有呼吸速率。这说明水淹组严重抑制植物的光合速率,导致植物生长受阻碍,干旱达到极限时也会抑制植物生长速率。

表 6 水分胁迫对金焰绣线菊净光合速率的影响

组别	净光合速率[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]				
	0 d	6 d	12 d	18 d	33 d
对照组	7.55 ± 1.29	6.03 ± 0.22b	4.02 ± 2.53b	4.74 ± 1.44ab	3.97 ± 1.10b
水淹组	6.46 ± 1.31	3.09 ± 1.04a	-0.13 ± 0.49a	—	—
轻度干旱组	7.25 ± 3.56	6.46 ± 2.16b	7.63 ± 1.57c	6.60 ± 1.10b	5.13 ± 1.11b
干旱组	4.59 ± 0.57	4.21 ± 1.27ab	5.01 ± 0.16bc	3.75 ± 1.00a	-0.21 ± 0.20aa

3 结论

本研究中金线菊水淹处理 12 d,植株的  $q_p$ 、ETR、 $F_v'/F_m'$  和净光合速率明显下降,说明水淹组严重抑制植物的光合速率,光能的利用效率减弱,用于传递和固定的能量减少,18 d 植物死亡。表明金焰绣线菊耐水淹能力弱,在园林应用中金焰绣线菊应避免超过 12 d 的水淹,不宜在低洼水边应用。

虽然金焰绣线菊有一定的耐旱性,但是长时间的干旱(土壤水分含量 0~10%)也会严重影响植株生长。干旱处理 33 d,植物净光合速率达到负值。在园林绿地应用过程中应避免 30 d 以上的极端干旱,必要时提供人工的灌溉措施。适当的轻度干旱(土壤水分含量 15%~25%)一定程度上会促进植物生长,而且可以节约养护成本,一般不超过 30 d;但是轻度干旱胁迫会导致植株叶绿素含量上升,影响金焰绣线菊彩色叶的观赏价值。

参考文献:

[1]李红秋,隋瑞芬,刘石军. 金焰绣线菊叶色多变的原因[J]. 林业科技,1998,23(4):49-53.  
[2]姚国年,呼建,王晓丹,等. 金焰绣线菊的引种以及繁育技术[J]. 林业实用技术,2007(7):39-40.

[3]孙贤子,宋淑丽. 金山与金焰绣线菊耐荫能力的比较研究[J]. 农业科技通讯,2008(8):73-75.  
[4]石溪婵,车代弟,王 崑,等. 盐碱胁迫对 4 种绣线菊根系生理响应的影响[J]. 东北林业大学学报,2010,38(6):24-27.  
[5]冯楠楠,张 超,樊 超,等. 6 种绣线菊抗寒能力的比较[J]. 佳木斯大学学报:自然科学版,2007,25(4):565-568.  
[6]武晓娜,吴 萍,程蕾洁,等. 金焰绣线菊幼苗水分胁迫耐性评价方法研究[J]. 北方园艺,2010(24):89-93.  
[7]文 瑛,廖飞勇,刘智慧. 不同水分胁迫对黄枝槐生理特性的影响研究[J]. 中国农学通报,2012,28(13):47-52.  
[8]杨柳青,廖飞勇,赵 坤,等. 不同除草剂对加拿大一枝黄花生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2011,31(4):109-113.  
[9]Oxborough K. 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(40):1195-1205.  
[10]杨柳青,廖飞勇,赵 坤,等. 水分胁迫对加拿大一枝黄花光合和荧光参数的影响[J]. 北方园艺,2011(23):12-14.  
[11]王秋姣,廖飞勇,唐 红. 水分胁迫对花叶络石光合和荧光参数的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(19):215-219.  
[12]廖飞勇,何 平. SO<sub>2</sub> 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.