

## 淹水胁迫对星花玉兰及其相关品种叶片光合特性的影响

陈伯祥<sup>1</sup>, 杜习武<sup>1,2</sup>, 秦俊<sup>1,3</sup>, 曾丽<sup>2</sup>, 胡永红<sup>1,3</sup>, 叶康<sup>1,3,①</sup>

(1. 上海辰山植物园, 上海 201602; 2. 上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240;  
3. 上海城市树木生态应用工程技术研究中心, 上海 200020)

**摘要:** 为探讨星花玉兰(*Yulania stellata* (Maxim.) N. H. Xia)及其相关品种‘菊花’(‘Chrysanthemiflora’)和‘贝蒂’(‘Betty’) 在梅雨期间叶片的光合响应机制,对淹水胁迫 1、3、7 和 14 d 星花玉兰、‘菊花’和‘贝蒂’3 年生嫁接苗叶片的净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率进行比较。结果表明:淹水组星花玉兰、‘菊花’和‘贝蒂’叶片的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率均低于对照组(正常浇水),并随淹水时间延长逐渐下降,而胞间 CO<sub>2</sub> 浓度则高于对照组,并随淹水时间延长逐渐升高。与对照组相比,淹水胁迫 14 d 星花玉兰、‘菊花’和‘贝蒂’叶片的净光合速率、气孔导度和蒸腾速率分别下降了 94.6%~100.9%、84.7%~95.6% 和 80.6%~86.2%,而胞间 CO<sub>2</sub> 浓度升高了 74.1%~135.0%。总体来看,淹水胁迫对星花玉兰、‘菊花’和‘贝蒂’的叶片光合特性均有一定的影响,其中,‘贝蒂’受到的影响最小。

**关键词:** 星花玉兰; ‘菊花’; ‘贝蒂’; 淹水胁迫; 光合特性

中图分类号: Q948.112+.3; Q945.78; S685.15 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)06-0087-03  
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.06.10

**Effect of waterlogging stress on leaf photosynthetic characteristics of *Yulania stellata* and its related cultivars** CHEN Boxiang<sup>1</sup>, DU Xiwu<sup>1,2</sup>, QIN Jun<sup>1,3</sup>, ZENG Li<sup>2</sup>, HU Yonghong<sup>1,3</sup>, YE Kang<sup>1,3,①</sup> (1. Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai 201602, China; 2. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 3. Shanghai Engineering Research Center of Urban Tree Ecology and Applications, Shanghai 200020, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(6): 87-89

**Abstract:** To explore the photosynthetic response mechanism of leaves of *Yulania stellata* (Maxim.) N. H. Xia and its related cultivars ‘Chrysanthemiflora’ and ‘Betty’ during plum rain period, the net photosynthetic rate, stomatal conductance, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, and transpiration rate of leaves of three-year-old grafted seedlings of *Y. stellata*, ‘Chrysanthemiflora’, and ‘Betty’ after waterlogging stress for 1, 3, 7, and 14 d were compared. The results show that the net photosynthetic rate, stomatal conductance, and transpiration rate of leaves of *Y. stellata*, ‘Chrysanthemiflora’, and ‘Betty’ in waterlogging group are all lower than those of the control group (normal watering), and gradually decrease with the elongation of waterlogging time, while the intercellular CO<sub>2</sub> concentration is higher than that of the control group, and gradually increases with the elongation of waterlogging time. Compared with the control, the net photosynthetic rate, stomatal conductance, and transpiration rate of leaves of *Y. stellata*, ‘Chrysanthemiflora’, and ‘Betty’ after waterlogging stress for 14 d decrease by 94.6%–100.9%, 84.7%–95.6%, and 80.6%–86.2%, respectively, while the intercellular CO<sub>2</sub> concentration increases by 74.1%–135.0%. In general, waterlogging stress has some influences on leaf photosynthetic characteristics of *Y. stellata*, ‘Chrysanthemiflora’, and ‘Betty’, in which, ‘Betty’ is the least affected.

**Key words:** *Yulania stellata* (Maxim.) N. H. Xia; ‘Chrysanthemiflora’; ‘Betty’; waterlogging stress; photosynthetic characteristics

水分是影响植物生长发育的重要非生物因子之一。生境中水分过多会抑制植物生长,并对植物多项生理生化指标产生较大影响<sup>[1-3]</sup>。梅雨季节,长三角地区常发生水涝灾害。随着城镇化的快速推进,城市不透水地面比例不断增大,地表径流增加,易造成城市内涝<sup>[4]</sup>。

玉兰属(*Yulania* Spach)植物是中国重要的园林绿化树种,栽培历史悠久<sup>[5,6]</sup>。星花玉兰(*Y. stellata* (Maxim.) N. H. Xia)为玉兰属低矮灌木,具有树冠饱满、分枝密集、花呈星芒状且花量大等特点,观赏价值和园林应用价值均较高<sup>[7]</sup>。星花玉兰及其相关品种的叶片在地势低洼、排水不畅的环境中常常

收稿日期: 2021-07-09

基金项目: 上海市农业农村委员会科技兴农项目[沪农科推字(2019)第 1-8 号]; 上海市绿化和市容管理局科技项目(G212409; G182421; G192401); 上海市科学技术委员会科技创新行动计划(19DZ1203500; 19DZ1203501)

作者简介: 陈伯祥(1997—),男,广东湛江人,硕士研究生,主要从事观赏植物种质资源创新研究。

①通信作者 E-mail: yekang2007@163.com

引用格式: 陈伯祥, 杜习武, 秦俊, 等. 淹水胁迫对星花玉兰及其相关品种叶片光合特性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(6): 87-89.

萎蔫变黄,甚至干枯脱落,导致其在相应环境园林中的推广应用受限。

叶片光合作用水平对植物生长、产量及抗逆性等具有重要影响,可作为判定植物生长和抗逆能力的重要生理指标<sup>[8]</sup>。鉴于此,本文对星花玉兰及其相关品种‘菊花’(‘Chrysanthemiflora’)和‘贝蒂’(‘Betty’)3年生嫁接苗叶片光合特性指标在淹水胁迫14 d内的变化进行了比较,以期对星花玉兰及其相关品种在低洼地的种植提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

所有研究对象均为以望春玉兰[*Y. biondii* (Pamp.) D. L. Fu]为砧木的3年生嫁接苗,接穗分别是星花玉兰及其相关品种‘菊花’和‘贝蒂’。其中,星花玉兰平均株高166.8 cm、平均地径22.4 mm;‘菊花’为从星花玉兰实生苗中选育的品种,平均株高117.8 cm、平均地径21.1 mm;‘贝蒂’为星花玉兰与紫玉兰[*Y. liliflora* (Desr.) D. L. Fu]的杂交品种,平均株高131.5 cm、平均地径23.1 mm。供试植株均健康、无病虫害,且种植在上口径53.5 cm、底径35.0 cm、高36.0 cm的塑料花盆中,栽培基质为V(园土):V(草炭):V(介质土)=5:2:3的混合基质。

### 1.2 方法

1.2.1 实验设计 采用双套盆法<sup>[9]</sup>,于2020年5月27日在上海辰山植物园试验地开始淹水实验。处理组淹水深度始终

保持在土面上方3 cm;对照组正常浇水,即表层土壤不干不浇水,浇水则浇透。每种植物处理组和对照组各20株样株。

1.2.2 光合特性指标测定 在淹水处理1、3、7和14 d分别测定叶片光合特性指标。在检测日9:00—11:00,使用LI-6400光合仪(美国LI-COR公司)测定植株中部侧枝上第3枚成熟叶片的净光合速率、气孔导度、胞间CO<sub>2</sub>浓度和蒸腾速率。采用标准LI-COR叶室,在红蓝光源(6400-02 LED光源)下进行检测,测定时光照强度为1 400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,空气流速为500 μmol·s<sup>-1</sup>。每种植物处理组和对照组各选5株样株检测,每枚叶片重复测定2次。

### 1.3 数据分析

采用EXCEL 2010软件对相关数据进行统计分析;采用SPSS 22.0软件进行差异显著性分析,其中不同淹水时间的差异分析采用Duncan's新复极差法,对照组和淹水组间的差异分析采用独立样本t检验。

## 2 结果和分析

对淹水14 d内星花玉兰及其相关品种叶片的光合特性指标变化进行比较,结果(表1)表明:随着淹水时间的延长,对照组(正常浇水)星花玉兰、‘菊花’和‘贝蒂’的叶片净光合速率变化相对较小,而淹水组3种植物的叶片净光合速率变化相对较大且逐渐降低。与对照组相比,3种植物的叶片净光合速率均显著( $P<0.05$ )下降,且降幅随淹水时间延长逐渐增大;在淹水1、3、7和14 d,星花玉兰的叶片净光合速率分别下降了

表1 淹水胁迫下星花玉兰及其相关品种叶片光合特性指标的变化( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 1 Changes of leaf photosynthetic characteristic indexes of *Yulania stellata* (Maxim.) N. H. Xia and its related cultivars under waterlogging stress ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

淹水时间/d Waterlogging time	净光合速率/(μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ) Net photosynthetic rate		气孔导度/(mmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ) Stomatal conductance		胞间CO <sub>2</sub> 浓度/(μmol·mol <sup>-1</sup> ) Intercellular CO <sub>2</sub> concentration		蒸腾速率/(mmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> ) Transpiration rate	
	CK	W	CK	W	CK	W	CK	W
星花玉兰 <i>Y. stellata</i>								
1	9.92±0.21Aa	7.04±0.27Ab	78.31±4.14Aa	63.25±10.95Ab	174.69±8.31Ab	191.44±5.68Da	1.32±0.14ABa	1.25±0.13Aa
3	9.03±0.19Aa	4.69±0.39Bb	76.34±5.46Aa	37.74±3.60Bb	177.68±7.99Ab	206.82±18.60Ca	1.28±0.04Ba	0.98±0.09Bb
7	9.17±0.51Aa	0.69±0.14Cb	79.20±6.87Aa	22.99±3.77Cb	176.62±19.26Ab	328.20±19.99Ba	1.40±0.10Aa	0.54±0.08Cb
14	9.57±0.59Aa	-0.09±0.25Db	83.19±9.53Aa	12.74±1.91Db	179.98±4.88Ab	422.87±14.15Aa	1.34±0.13ABa	0.26±0.03Db
菊花 <i>Chrysanthemiflora</i>								
1	9.64±0.62Aa	7.06±0.70Ab	82.37±4.58Aa	59.82±7.57Ab	190.27±12.99Aa	194.96±8.16Ba	1.47±0.04Ba	1.36±0.21Aa
3	9.43±0.91Aa	4.58±0.48Bb	81.96±5.57ABa	35.07±3.09Bb	197.51±9.50Aa	205.54±8.85Ba	1.39±0.13BCa	0.97±0.11Bb
7	8.92±0.56Aa	0.53±0.13Cb	77.19±6.59Ba	14.38±2.09Cb	193.09±7.77Ab	308.41±48.10Aa	1.27±0.10Ca	0.44±0.13Cb
14	9.20±0.98Aa	0.08±0.10Cb	85.58±9.24Aa	3.74±0.86Db	195.60±6.96Ab	343.17±44.87Aa	1.74±0.27Aa	0.24±0.08Db
贝蒂 Betty								
1	9.15±0.45Aa	7.57±0.91Ab	80.21±4.79Ba	63.63±8.45Ab	202.57±9.69Aa	206.86±6.94Ca	1.37±0.22Aa	1.26±0.16Aa
3	9.56±0.21Aa	6.54±0.69Bb	83.05±3.03ABa	54.82±11.98Bb	196.35±14.61Ab	216.24±5.28Ca	1.33±0.09Aa	1.09±0.14Bb
7	9.38±0.37Aa	1.07±0.47Cb	84.40±10.07ABa	19.91±7.09Cb	193.08±9.26ABb	274.19±51.86Ba	1.43±0.14Aa	0.46±0.17Cb
14	9.59±0.81Aa	0.52±0.05Db	87.69±2.57Aa	8.33±1.36Db	184.32±5.94Bb	320.89±11.05Aa	1.35±0.07Aa	0.23±0.03Db

<sup>1)</sup> CK: 对照组(正常浇水) The control group (normal watering); W: 淹水组 Waterlogging group. 同一植物同列中不同大写字母表示在不同淹水时间间差异显著( $P<0.05$ ) Different uppercases in the same column of the same plant indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference among different waterlogging times; 同一指标同行中不同小写字母表示在对照组和淹水组间差异显著( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same row of the same index indicate the significant ( $P<0.05$ ) difference between the control group and waterlogging group.

29.0%、48.1%、92.5%和100.9%,'菊花'的叶片净光合速率分别下降了26.8%、51.4%、94.0%和99.1%,'贝蒂'叶片净光合速率分别下降了17.3%、31.6%、88.6%和94.6%。

随着淹水时间的延长,对照组3种植物的叶片气孔导度变化相对较小,而淹水组3种植物的叶片气孔导度变化较大且逐渐下降。与对照组相比,3种植物的叶片气孔导度均显著下降,且降幅随淹水时间延长逐渐增大;在淹水1、3、7和14 d,星花玉兰的叶片气孔导度分别下降了19.2%、50.6%、71.0%和84.7%,'菊花'的叶片气孔导度分别下降了27.4%、57.2%、81.4%和95.6%;'贝蒂'的叶片气孔导度分别下降了20.7%、34.0%、76.4%和90.5%。

随着淹水时间的延长,对照组3种植物的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度变化相对较小,而淹水组3种植物的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度变化相对较大且逐渐升高。与对照组相比,3种植物的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度均升高,且增幅随淹水时间延长逐渐增大;在淹水1、3、7和14 d,星花玉兰的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度分别升高了9.6%、16.4%、85.8%和135.0%,'菊花'的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度分别升高了2.5%、4.1%、59.7%和75.4%,'贝蒂'的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度分别升高了2.1%、10.1%、42.0%和74.1%。

随着淹水时间的延长,对照组3种植物的叶片蒸腾速率变化相对较小,而淹水组3种植物的叶片蒸腾速率变化相对较大且逐渐下降。与对照组相比,3种植物的叶片蒸腾速率均下降,且降幅随淹水时间延长逐渐增大;在淹水1、3、7和14 d,星花玉兰的叶片蒸腾速率分别下降了5.3%、23.4%、61.4%和80.6%,'菊花'的叶片蒸腾速率分别下降了7.5%、30.2%、65.4%和86.2%,'贝蒂'的叶片蒸腾速率分别下降了8.0%、18.0%、67.8%和83.0%。

### 3 讨论和结论

淹水环境对植物生长造成胁迫的主要原因是生境出现低氧胁迫<sup>[10]</sup>,植物体在低氧环境下的水分输送效率下降,致使植株处于生理性干旱状态<sup>[11]</sup>。星花玉兰、'菊花'和'贝蒂'在受到淹水胁迫后叶片的净光合速率均较对照组(正常浇水)显著下降,并随着淹水时间延长逐渐下降。在淹水7 d,3种植物淹水组的叶片净光合速率均较对照组降低了约90%,说明淹水7 d时供试3种植物的叶片光合系统严重受损。比较而言,在淹水1、3、7和14 d,'贝蒂'的叶片净光合速率较对照的降幅最低,表明'贝蒂'可能具有更强的耐水淹能力,3种植物的具体耐水淹能力有待进一步研究。在淹水胁迫下,星花玉兰、

'菊花'和'贝蒂'叶片的气孔导度和蒸腾速率均低于对照组,并随着淹水时间延长逐渐下降,表明3种植物叶片上的气孔随淹水时间延长逐渐关闭,并伴随着蒸腾速率逐渐降低,以此提高叶片的保水能力。另外,气孔导度下降导致细胞间CO<sub>2</sub>的扩散阻力增大<sup>[12]</sup>,净光合速率下降导致光合作用消耗的CO<sub>2</sub>量减少,最终导致胞间CO<sub>2</sub>大量堆积。综上所述,淹水胁迫对供试3种植物叶片的光合特性均有一定的影响,比较而言,'贝蒂'受到的影响最小。

### 参考文献:

- [1] 翟盘茂,袁宇锋,余荣,等.气候变化和城市可持续发展[J].科学通报,2019,64(19):1995-2001.
- [2] 唐凌凌,姜开明,王明利,等.涝渍胁迫对树木生长及生理生化等影响的研究综述[J].江苏林业科技,2020,47(3):42-45.
- [3] 里程辉,于辉,刘志,等.淹水胁迫下不同中间砧对苹果岳冠叶片和根系抗氧化酶和非酶类抗氧化物活性的影响[J].江苏农业科学,2021,49(3):121-125.
- [4] 夏丝雨.观赏草水淹胁迫应答生理机制及雨水净化能力研究[D].武汉:中国科学院大学中国科学院武汉植物园,2017:1-2.
- [5] 田国行,傅大立,赵东武,等.玉兰属植物资源与新分类系统的研究[J].中国农学通报,2006,22(5):404-411.
- [6] 刘秀丽,张启翔.中国玉兰花文化及其园林应用浅析[J].北京林业大学学报(社会科学版),2009,8(3):54-58.
- [7] 杜习武,叶康,秦俊.星花玉兰及其品种的光响应模型筛选[J].西部林业科学,2019,48(4):132-136.
- [8] 纵丹,王静敏,张垚,等.西南地区9种乡土杨树的秋季光合特性比较[J].西北林学院学报,2022,37(4):57-63.
- [9] 陈敏旗.涝渍胁迫对山乌柏、乌柏生理生化特性影响的研究[D].杭州:浙江农林大学风景园林与建筑学院,2017:7.
- [10] PANOZZO A, CORTIVO C D, FERRARI M, et al. Morphological changes and expressions of *AOX1A*, *CYP81D8*, and putative *PPF* genes in a large set of commercial maize hybrids under extreme waterlogging[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2019, 10: 62.
- [11] YANG W C, LIN K H, WU C W, et al. Effects of waterlogging with different water resources on plant growth and tolerance capacity of four herbaceous flowers in a bioretention basin [J]. *Water*, 2020, 12: 2.
- [12] ASHRAF M, ARFAN M. Gas exchange characteristics and water relations in two cultivars of *Hibiscus esculentus* under waterlogging [J]. *Biologia Plantarum*, 2005, 49: 459-462.

(责任编辑:佟金凤)