

# 土壤含水量对牡丹光合特性的影响

侯小改<sup>1,2</sup>, 段春燕<sup>2</sup>, 刘改秀<sup>3</sup>, 尹伟伦<sup>1</sup>, 王华芳<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学 生物科学与技术学院, 北京 100083; 2. 河南科技大学  
农学院, 河南 洛阳 471003; 3. 中国洛阳国家牡丹基因库, 河南 洛阳 471006)

**摘要:**以盆栽牡丹朱砂磊为试材,研究了5种土壤相对含水量(SRWC)对牡丹光合特性的影响。结果表明,随着土壤水分胁迫程度的增加,光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)逐渐下降,表观量子效率(AQY)、CO<sub>2</sub>羧化效率(CE)、光饱和点降低;光补偿点及CO<sub>2</sub>补偿点升高。干旱胁迫下,光合速率的下降是气孔因素与非气孔因素双重作用的结果:轻度干旱胁迫下(土壤相对含水量55%~40%)气孔限制是光合速率下降的主要原因,而严重干旱胁迫下(土壤相对含水量20%)非气孔限制是光合速率下降的主要原因。牡丹光合作用的最适SRWC为70%左右。

**关键词:**牡丹;土壤相对含水量;光合作用

**中图分类号:**S685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2006)02-0091-04

## Photosynthesis Characters of Tree Peony in Response to Soil Water Content

HOU Xiao-gai<sup>1,2</sup>, DUAN Chun-yan<sup>2</sup>, LIU Gai-xiu<sup>3</sup>, YIN Wei-lun<sup>1</sup>, WANG Hua-fang<sup>1</sup>

(1. College of Biological Sciences and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

3. Zhongguo Luoyang Peony Genetic Storehouse, Luoyang 471006, China)

**Abstract:** With potted *Paeonia suffruticosa* Andr. cv. Zhushalei as material, the effect of soil water on the photosynthesis characters of peony leaves under five drought stress developing. The results showed that with the soil water stress increasing, the photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), stomatal conductance (Gs) declined, the apparent quantum yield (AQY), carboxylation efficiency (CE) and the light saturation point (LSP) reduced; The light compensation point (LCP) and CO<sub>2</sub> compensation point (CCP) enhanced. When the relative soil water content were 55% - 40%, the main reasons of the photosynthetic rate declined were stomatic limitation. When the relative soil water content were 20%, the main reasons of the photosynthetic rate declined were nonstomatic limitation. The optimum SRWC of Pn was 70%.

**Key words:** Tree peony; Relative soil water content; Photosynthesis

芍药属 (*Paeonia* L.) 牡丹组 (sect. *Moutan* DC.) 植物为中国特有,栽培品种也起源于中国<sup>[1]</sup>。牡丹因其花朵硕大、色彩艳丽等独特的观赏价值而倍受国人及世界人民的推崇和偏爱。光合作用是植物生长的基础,水分状况又是影响光合作用最重要的因子之一<sup>[2-4]</sup>。迄今为止,有关土壤含水量对牡丹栽培生理及光合特性的影响的系统研究尚未见报道。为此,作者进行了不同土壤含水量对牡丹光合特性影响的研

究,旨在为牡丹引种、大田及盆栽水分管理提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料及处理

试验于2004-2005年在中国洛阳国家牡丹基因库进行,供试品种为朱砂磊7年生盆栽苗。盆高40 cm,直径35 cm。栽培基质为壤土、细沙、农家肥 =

收稿日期:2005-10-11

基金项目:河南省科技攻关项目(052403004);河南科技大学基金项目(2004ZY020)

作者简介:侯小改(1966-)女,河南温县人,博士,主要从事园艺植物生理生态及生物技术研究工作。

2:1:1。5月初挑选生长势较为一致的25盆进行干旱处理。设定5个土壤相对含水量(SRWC):85%,70%,55%,40%和20%,每处理5盆,通过每天18:30称重和补水,使各处理保持设定的相对含水量,连续控水20d后进行各指标测定。

### 1.2 指标测定

用CIRAS-1(英国产)光合系统测定净光合速率、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度、气孔导度等指标。通过该仪器控光和控制CO<sub>2</sub>单元,分别对各处理的牡丹叶片光强和CO<sub>2</sub>的光合作用响应曲线进行连体测定,通过模拟方程求得光饱和点、补偿点及CO<sub>2</sub>补偿点。并对低光强(200 μmol/(m<sup>2</sup>.s))及低CO<sub>2</sub>浓度(250 μmol/mol)下的Pn进行直线回归,求得表观量子效率(AQY)和CO<sub>2</sub>羧化效率(CE)。测定某一因子时,其他因子相对一致。土壤相对含水量采用烘干法(105℃,12h)测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤含水量对牡丹叶片净光合速率和蒸腾速率日变化的影响

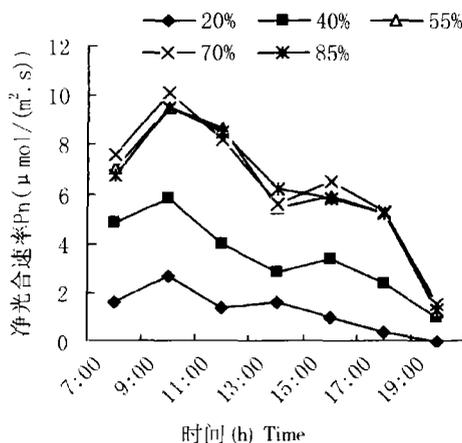


图1 土壤相对含水量对牡丹叶片Pn日变化的影响  
Fig.1 The effect of the SRWC on diurnal variation of Pn in Peony

由牡丹光合速率日变化进程可以看出(图1),所有处理Pn日变化均呈双峰曲线,在9:00 Pn均达到最高值。除20%处理外,其余处理Pn均在9:00~13:00开始下降,13:00~15:00略有回升,15:00出现次高峰,15:00~19:00迅速降低。2个峰值及日平均Pn值均以70%处理最高。20%处理的次高峰出现在13:00。其净光合速率在各个时期均明显低于其他处理,其最大净光合速率及日平均值仅为2.7和1.24 μmol/(m<sup>2</sup>.s),较70%处理的最大净光合速率(10.1

μmol/(m<sup>2</sup>.s)及日平均值(6.4 μmol/(m<sup>2</sup>.s))分别降低了72%和81%。40%处理最大净光合速率及日平均值仅为5.2和2.96 μmol/(m<sup>2</sup>.s),较70%处理分别降低了49%和54%。

牡丹蒸腾速率的日变化模式与光合速率基本一致(图2)。各处理牡丹叶片蒸腾速率最大值出现在9:00,之后开始下降,次峰值出现在13:00。2个峰值及日平均Tr值均以85%处理最高,但与70%处理相差不多。20%处理牡丹叶片的蒸腾速率降低幅度较大,明显低于其他处理。

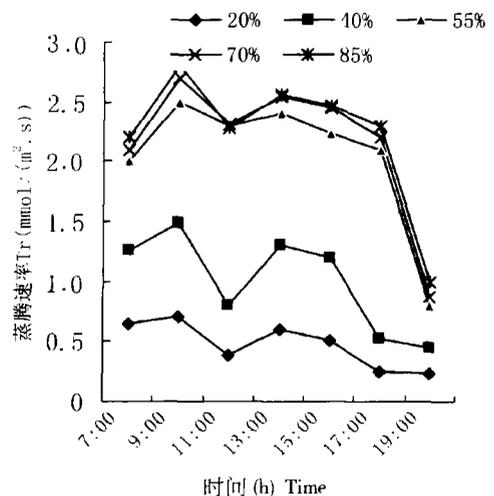


图2 土壤相对含水量对牡丹Tr日变化的影响  
Fig.2 The effect of SRWC on diurnal variation of Tr

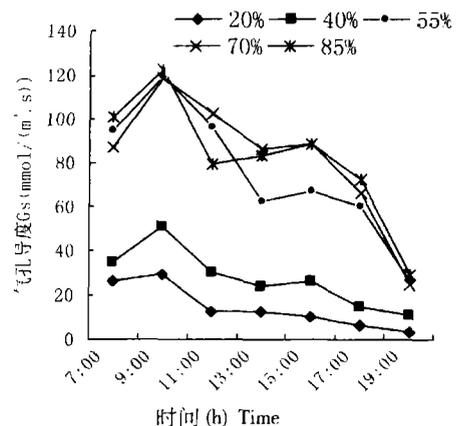


图3 土壤相对含水量对牡丹Gs日变化的影响  
Fig.3 The effect of SRWC on diurnal variation of Gs

### 2.2 土壤含水量对牡丹叶片气孔导度和细胞间CO<sub>2</sub>浓度日变化的影响

不同土壤水分条件下气孔导度的日变化如图3所示。其日变化除20%处理外,其余处理也呈双峰曲线,与光合速率的日变化基本一致。说明气孔导度对水分反应的敏感性与净光合速率反应一致。但在严

重水分胁迫下情况有所不同,如 20% 处理 Gs 无次高峰出现。这可能是非气孔因素作用的结果<sup>[5]</sup>。随着土壤含水量的降低,气孔导度总体呈下降趋势。但以 70% 和 85% 处理最高,气孔导度日平均值达  $82 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。20% 处理气孔导度日平均值为  $13 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,明显低于其他处理,较 85% 处理降低了 84%。

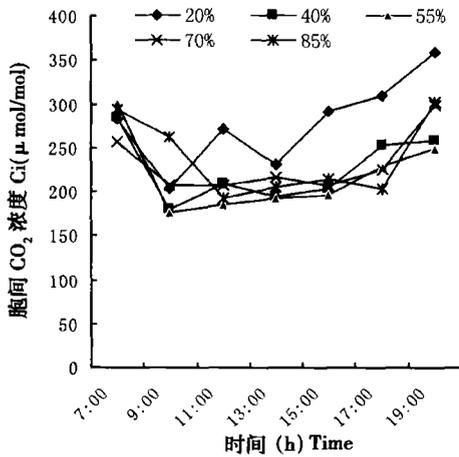


图 4 土壤相对含水量对牡丹 Ci 日变化的影响

Fig.4 The effect of SRWC on diurnal variation of Ci

图 4 为不同土壤水分条件下牡丹叶片 Ci 的日变化。20% ~ 85% 5 个处理 Ci 日变化平均值分别为 278, 226, 218, 231, 239  $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。除 20% 处理外,其他处理随着土壤含水量的降低,Ci 呈缓慢下降趋势,至 40% 处理还略有升高。而 20% 处理则明显高于其他处理。这与气孔导度及蒸腾速率 20% 处理明显低于其他处理的规律相反。说明轻度水分胁迫使 Ci 降低,重度水分胁迫使 Ci 升高。

表 1 土壤相对含水量对牡丹叶片光合作用的影响

Tab.1 The effect of relative soil water content on photosynthesis in leaves of Peony

土壤相对含水量(%) Relative soil water content	表观量子效率 AQY	羧化效率 CE	CO <sub>2</sub> 补偿点 CCP ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )	光补偿点 LCP ( $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ )	光饱和点 LSP ( $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ )	光饱和点的 Pnmax - L ( $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ )
20	0.0119	0.037 5	139	116	890	3.0
40	0.018 9	0.048 2	83	90	1050	5.7
55	0.019 4	0.052 2	82	64	1228	9.5
70	0.023 9	0.054 1	74	47	1233	12.4
85	0.021 3	0.053 7	72	50	1225	11.2

### 3 结论与讨论

水分胁迫抑制植物的光合作用,这已在大量的植物上得到证实<sup>[4,6,8]</sup>。本研究表明,水分胁迫也同样抑制了牡丹的光合作用。不同土壤水分条件下牡丹的光合特性有明显差异。20% 和 40% 处理的净

### 2.3 土壤含水量对牡丹光—光合速率及 CO<sub>2</sub>—光合速率的影响

由图 5 和表 1 可知:20% 处理的牡丹光补偿点及 CO<sub>2</sub> 补偿点最高,光饱和点及饱和点的 Pn、AQY、CE 都最低,40% 处理次之。70% 处理的牡丹光补偿点最低,AQY、CE 最高,CO<sub>2</sub> 补偿点与 85%、55% 处理间相差不大,但显著低于 20% 处理,其光饱和点与 85%、55% 处理间基本一致,但饱和点的 Pn 最高。这说明干旱胁迫降低了牡丹的光饱和点,增加了其光补偿点及 CO<sub>2</sub> 补偿点。此外,从表中还可以看到,随着土壤干旱胁迫的加剧,牡丹的 AQY 和 CE 都明显降低,而且 85% 处理的 AQY 和 CE 低于 70% 处理,说明不但干旱胁迫降低了牡丹的光合性能,水分过多也同样对植物生长存在抑制。因此,维持适宜的土壤含水量对牡丹生长是非常重要的。

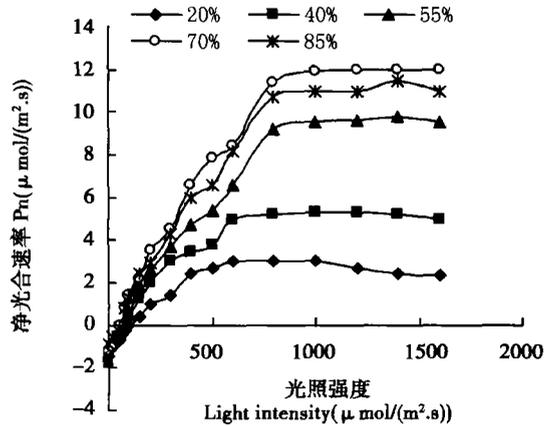


图 5 不同含水量对牡丹光—光合速率的影响

Fig.5 The effect of SRWC on curve of light - photosynthetic rate in Peony

光合速率在日变化的各个时段均明显低于其他处理。在 5 个水分梯度试验中,以 70% 处理的最大 Pn 值及日平均 Pn 值最高。牡丹蒸腾速率的日变化模式与光合速率基本一致,2 个峰值及日平均 Tr 值均以 85% 处理最高,但与 70% 处理相差不大。20% 处理牡丹叶片的蒸腾速率明显低于其他处理。这说明

在严重干旱胁迫下,牡丹的光合速率及蒸腾速率都显著下降。而且,水分过多也会影响牡丹的光合性能。因此在生产上维持70%左右的土壤相对含水量对提高牡丹的光能利用率,促进牡丹健壮生长是非常重要的。

在不同土壤相对含水量条件下,牡丹光补偿点、饱和点及 $\text{CO}_2$ 补偿点发生了相应的变化。其中光补偿点及 $\text{CO}_2$ 补偿点以20%最高,40%次之,其余处理均明显小于20%及40%处理。光饱和点以20%最低,40%次之,其余处理均显著大于20%及40%处理。这说明随着水分胁迫程度的增加,光合作用的有效光照范围变窄,光合能力减弱,同化产物积累减少<sup>[8]</sup>。随着土壤干旱胁迫的加剧,牡丹的AQY和CE呈降低趋势,其中以20%处理降低显著,70%处理最高。说明干旱胁迫降低了牡丹叶片对光的需要量、表观量子效率及羧化效率<sup>[7,10]</sup>。

通常认为水分胁迫对光合作用的影响包括气孔限制与非气孔限制两个方面<sup>[10]</sup>,二者对光合作用的影响不仅因植物种类、水分胁迫程度及方式而异,而且也与胁迫时间不同而有较大的关系<sup>[11]</sup>。本研究表明,随着干旱胁迫程度的增加牡丹叶片净光合速率均有不同程度的下降,尤以20%处理下降幅度显著。蒸腾速率及气孔导度与其有相似的变化模式。但胞间 $\text{CO}_2$ 浓度与之有相反的变化规律。根据Farquhar和Sharkey提出的观点<sup>[12]</sup>, $P_n$ 下降伴随着 $G_s$ 和 $C_i$ 的下降,则 $P_n$ 下降的主要原因是气孔因素引起。如果 $P_n$ 下降伴随着 $G_s$ 下降及 $C_i$ 的上升,则说明 $P_n$ 下降以非气孔因素为主,是由于叶肉细胞光合性能的下降造成。结合牡丹 $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$ 日变化规律说明牡丹在干旱胁迫下,光合速率的下降是气孔因素与非气孔因素双重作用的结果:在轻度水分胁迫下 $P_n$ 下降的主要原因可能以气孔因素为主,在较长时间重度水分胁迫下 $P_n$ 下降的主要原因以非气孔因素为主<sup>[7,13]</sup>。光量子效率(AQY)及羧化效率(CE)

等指标的变化规律也证明了这一点。

#### 参考文献:

- [1] 洪德元,潘开玉.芍药属牡丹组的分类历史和分类处理[J].植物分类学报,1999,37(4):351-368.
- [2] 李树华,许兴,何军,等.水分胁迫对牛心朴子光合生理生态特性影响的研究[J].西北植物学报,2004,24(1):100-104.
- [3] 曹慧,兰彦平,高峰,等.土壤水分胁迫对短枝型苹果树光合速率的影响[J].山西农业大学学报,2000,20(4):356-359.
- [4] Harrison R D, Daniell J W, Cheshire J R. Net photosynthesis and conductance of peach seedlings and cutting in responses to changes in soil water potential[J]. J Amer Sci, 1989, 114: 986-990.
- [5] 邓恒芳,王克勤.土壤水份对石榴光合作用的影响[J].浙江林学院学报,2005,22(3):377-281.
- [6] 罗华建,刘星辉.水分胁迫对枇杷光合特性的影响[J].果树科学,1999,16(2):126-130.
- [7] 路丙社,白志英,崔建州,等.干旱胁迫对阿月浑子叶片光合作用的影响[J].河北农业大学学报,2004,27(1):43-47.
- [8] 赵昌琼,芦站根,庞永珍,等.土壤水分胁迫对曼迪亚红豆杉光合特性的影响[J].西南师范大学学报,2003,28(1):126-129.
- [9] 徐坤,郑国生.水分胁迫对生姜光合作用及保护酶活性的影响[J].园艺学报,2000,27(1):47-51.
- [10] Chaves M M. Effects of water deficits on carbon assimilation[J]. J of Experimental Bot, 1991, 42: 1-16.
- [11] 任丽华,王义祥,瓮伯琦,等.土壤水分胁迫对圆叶决明叶片含水量和光合特性的影响[J].厦门大学学报,2005,44(3):28-31.
- [12] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annu Rev Plant Physiol, 1982, 33: 317-334.
- [13] 卢从明,张其德,匡廷云,等.水分胁迫抑制水稻光合作用的机理[J].作物学报,1994,20(5):601-606.