

# 紫斑牡丹光合特性对土壤干旱和风沙流交互胁迫的响应

张 雯<sup>1</sup>, 种培芳<sup>1</sup>, 徐先英<sup>1,2</sup>, 师生波<sup>3</sup>, 马剑平<sup>2</sup>, 富 丽<sup>1</sup>, 池 政<sup>4</sup>

(1. 甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省治沙研究所, 甘肃 兰州 730071;  
3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 4. 中国林业科学研究院荒漠化研究所, 北京 100091)

**摘 要:** 为研究土壤干旱和风沙流交互胁迫对紫斑牡丹 (*Paeonia rockii*) 光合生理特性的影响, 选取对照 (CK) 和重度胁迫 (SD) 2 个水分处理的盆栽紫斑牡丹进行风沙流胁迫模拟试验。结果表明, 12 m/s 胁迫处理下紫斑牡丹叶片 SD 的  $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$  较 CK 低, SD 的  $T_s$  较 CK 高, CK 的  $WUE$  较 SD 高; CK 的  $Chl_a$ 、 $Chl_b$ 、 $Chl_{a+b}$ 、 $Car$ 、 $Yield$ 、 $qP$  及  $ETR$  较 SD 高, SD 的  $NPQ$  较 CK 低; 同一胁迫处理 SD 下, 紫斑牡丹不套袋处理的  $C_i$ 、 $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$  及  $NP$  较套袋低。这说明紫斑牡丹对胁迫响应明显, 为河西走廊等干旱风沙环境的防风固沙植物、城市园林绿化植物的选择提供理论依据以及干旱荒漠区的经济发展提供更多可能。

**关键词:** 紫斑牡丹; 干旱胁迫; 风沙流胁迫; 光合参数

DOI:10.15904/j.cnki.hnny.2019.14.016

世界上有 1/3 以上的地区处于干旱半干旱地区, 其他地区也常常出现周期性或难于预料的干旱现象<sup>[1]</sup>。我国西北大面积的土地处于干旱半干旱地区, 尤其是河西走廊一带<sup>[2]</sup>。除了干旱威胁, 干旱半干旱地区还有一种威胁是风沙流<sup>[3]</sup>, 沙尘暴已成为河西走廊地区的常客<sup>[4]</sup>。据不完全统计, 高频区河西走廊沙尘暴年平均日数在 20 d 以上, 局部接近或超过 30 d, 如甘肃省民勤县沙尘暴年平均日数在 30 d 以上<sup>[5]</sup>。与此同时, 干旱胁迫和风沙流胁迫二重逆境对植物的影响更为严重。目前, 在河西走廊地区干旱风沙流不仅仅是农业生产中急需解决的问题<sup>[6]</sup>, 更是林业发展中急需解决的问题, 园林植物的选择和经济发展一直是干旱半干旱地区面临的难题。因此, 研究紫斑牡丹对土壤干旱和风沙流交互胁迫的响应具有重要的指导意义, 也能在河西走廊地区的城市有很多可供选择的园林绿化植物以及干旱荒漠区的经济发展提供更多可能<sup>[7]</sup>。从植物抗逆性理论研究来看, 有利于寻找更能反映植物抗逆性本质的指标, 从而加深大家对于植物抗逆机制的了解, 为植物抗逆性遗传改良铺平道路<sup>[8-9]</sup>。

在此背景下, 笔者以五年生紫斑牡丹 (*Paeonia rockii*) 盆栽为供试材料, 模拟土壤干旱和风沙流交互胁迫对紫斑牡丹的光合生理气体交换参数、光合色素及叶绿素荧光等参数的变化规律, 以此来揭示紫斑牡丹对土壤干旱和风沙流交互胁迫的适应机制, 其研究结果对于

紫斑牡丹在干旱风沙地区合理栽培有一定的实践指导意义, 为河西走廊地区提供更多可供选择的园林绿化树种, 为促进河西干旱荒漠区油用牡丹产业的发展提供理论依据。

## 一、材料与方法

### (一) 研究区概况

试验在甘肃武威治沙研究所绿洲站风沙环境风洞实验室 (101° 59' 35" ~ 103° 23' 40" E, 37° 23' 15" ~ 38° 12' 54" N) 进行。试验区域属温带大陆性气候, 年平均气温 7.8 °C, 年平均最大降雨量 263 mm (1994 年), 最小降雨量 89 mm (1939 年), 蒸发量 1 400 ~ 3 010 mm, 日照时间 2 200 ~ 3 030 h, 无霜期 85 ~ 165 d, 太阳辐射量 127 ~ 138  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

### (二) 供试材料与试验设计

2017 年 11 月中旬, 挑选长势相似的健康五年生实生苗, 带土移栽至规格为 36 cm × 54 cm 的塑料盆中, 进行正常田间管理, 以保证其正常生长。翌年 7 月进行紫斑牡丹的控水处理。试验在塑料薄膜搭建的通风遮雨棚进行, 除无降雨影响外, 其他环境因子和自然条件相似, 栽培土为沙填土, 容质量为 1.18  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2018 年 7 月上旬, 把移栽的 6 盆紫斑牡丹移至通风良好的遮雨棚中, 对所有供试植株进行透水处理后, 在花盆底部铺设厚塑料薄膜, 防止试验中土壤表面水分蒸发, 同时阻止外界水分进入盆栽土壤。以不同浇水量控制土壤水分, 于透水

后第 3 天进行控水试验, 浇水量分别为 1 000 mL (CK) 和 250 mL (SD), 每个处理重复 3 盆, 每 2 d 浇一次, 其土壤容积含水量分别为 23% ~ 27% 和 8% ~ 13%。如遇温度过高、土壤干旱较快, 及时给 2 个处理补充相同水分, 处理 30 d 后进行风沙流胁迫。试验期间棚内日夜均温 32.8/15.6 °C, 相对湿度 47% ~ 78%, 中午光合有效辐射约为 675.66  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ; 棚外日夜均温 33.12/14.8 °C, 相对湿度 32% ~ 58%, 中午光合有效辐射约为 1034.00  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

2018 年 8 月中旬, 选取正常浇水和干旱胁迫后的盆栽紫斑牡丹进行风沙流胁迫模拟试验。风沙环境风洞实验室建在武威荒漠化与风沙灾害防治国家重点实验室, 风洞内气流为直流下吹式, 风速范围在 4 ~ 35 m/s, 连续可调。在风洞试验段中部铺设沙源, 厚约 10 cm, 长约 3 m。设置 12 m/s 风速, 持续吹袭 10 min, 3 次重复。风沙流胁迫之前, 每株选一部分紫斑牡丹枝条叶片进行套袋处理, 同一批次在风洞口放置 2 盆紫斑牡丹, 分别为正常管理浇水的对照 (CK) 以及土壤干旱胁迫 (SD)。

### (三) 测定项目与方法

#### 1. 光合气体交换参数

风沙流胁迫后, 立即用 Li-6400 便携式光合仪, 测定不同风沙流条件下紫斑牡丹顶端第 4 ~ 6 叶的光合强度, 设置仪器光源为 800  $\mu\text{mol}/(\text{m} \cdot \text{s})$ , 流速为 400  $\mu\text{mol}/\text{s}$ , 并控制叶片温度为 20 °C。

通信作者: 种培芳 (1977—), 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向: 荒漠植物的生理生态。

测定指标为净光合速率 ( $P_n$ )、蒸腾速率 ( $T_r$ )、气孔导度 ( $G_s$ )和胞间  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ ) 等参数,并计算水分利用效率 ( $WUE$ ),计算公式为  $WUE=P_n/T_r$ 。

### 2. 光合色素含量

叶绿素含量测定与计算参照 Amon<sup>[10]</sup> 的方法,类胡萝卜素含量的测定与计算参照朱广廉<sup>[11]</sup> 的测定方法,光合色素以单位叶片面积的含量表示。将风沙流吹袭后混合均匀的叶样洗净,取直径 8 mm 叶圆片 15 枚,装入 20 mL 的溶液中,每个干旱程度重复 3 次。提取液配比为丙酮:乙醇:水=4.5:4.5:1.0,然后盖紧瓶盖,置低温处避光浸提约 10 d 至叶片无色。然后在 UV-1800 分光光度计下测定波长 400~669 nm 时的吸光值  $A_{400}$ ~ $A_{669}$ ,并按以下公式计算叶绿素 a ( $Chl_a$ )、叶绿素 b ( $Chl_b$ )、叶绿素 a/b ( $Chl_{a/b}$ )、叶绿素总含量 a+b ( $Chl_{a+b}$ ) 和类胡萝卜素 ( $Car$ ):

$$\text{叶绿素 a 浓度 } C_a = 12.21A_{663} - 2.59A_{645}$$

$$\text{叶绿素 b 浓度 } C_b = 22.9A_{645} - 4.67A_{663}$$

$$\text{叶绿素总浓度 } C_{a+b} = 20.3A_{645} + 8.04A_{663}$$

$$\text{类胡萝卜素浓度 } Car = (1000A_{470} - 3.27C_a - 104C_b) / 229$$

### 3. 叶绿素荧光参数测定

风沙流胁迫后,对不同风沙流胁迫程度的紫斑牡丹顶端第 4~6 叶的叶绿素荧光参数进行测定,采用 PAM-2500 (Walz, Germany) 便携式调制叶绿素荧光仪,风沙胁迫之前用暗适应叶夹 DLC-8 对叶片同一位置暗适应 20 min,测定参数有原始光能转化效率 ( $F_v/F_m$ )、光系统 II 的潜在活性 ( $F_v/F_o$ )、光化学猝灭系数 ( $qP$ )、非光化学猝灭系数 ( $NPQ$ )、光合量子产额 ( $Yield$ ) 和表观光合电子传递速率 ( $ETR$ )。

### (四) 数据分析

采用 SPSS 20.0 和 Excel 2010 对 3 次重复试验数据进行统计分析,利用最小显著差数法 (LSD) 在  $\alpha=0.05$  水平上做多重比较。

## 二、结果与分析

### (一) 土壤干旱和风沙流交互胁迫对光合气体交换参数的影响

如今,风沙胁迫已影响河西走廊等沙漠边缘干旱地区的植物,风沙流后植物叶片的气孔关闭,导致气孔导度减小,气孔限制增大,影响植物进行正常的光合作

用。图 1 表明,土壤干旱和风沙流交互胁迫处理,紫斑牡丹叶片的  $P_n$ 、 $T_r$ 、 $G_s$ 、 $C_i$  均呈现较大差异,同一处理不同套袋处理表现较大差异 ( $P < 0.05$ )。其中,图 A 显示,风速 12 m/s 的 CK 套袋的  $P_n$  明显高于其他处理 [ $1.1326 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ],不套袋 CK 吹袭较 SD 高 19.08% ( $P < 0.05$ ),CK 套袋较不套袋高于 4.13%,SD 套袋较不套袋高 3.74%。图 B 表明,风速 12 m/s 吹袭 SD 的  $T_r$  明显高于 CK,不套袋 CK 吹袭较 SD 高 61.91% ( $P < 0.05$ ),SD 不套袋叶片的  $T_r$  与套袋差异表现不明显,但数据表现较多变异性,CK 套袋较不套袋高于 47.81%,SD 套袋较不套袋高于 0.88%。图 C 显示,风速 12 m/s 吹袭 CK 的  $G_s$  明显高于其他处理 [ $0.0416$ 、 $0.0439 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ],CK 的  $G_s$  显著高于 SD ( $P < 0.05$ ),SD 套袋较不套袋表现差异不明显,CK 套袋较不套袋高于 5.27%。图 D 显示,风沙流胁迫各处理间表现差异显著 ( $P < 0.05$ ),12 m/s 风沙流胁迫套袋叶片的  $C_i$  显著高于不套袋叶片,CK 套袋高于不套袋 3.76%,SD 套袋显著高于不套袋 6.95%。紫斑牡丹风沙流吹袭过程中,风速小时风吹可能对牡丹胁迫程度不大,套袋处理可能会影响牡丹正常的光合作用,进行整体的物质运输;风速大时,套袋处理可避免风沙对牡丹叶片直接的吹打,避免叶片遭受直接的物理伤害,从而可能与风沙流胁迫一起影响植物的光合作用。

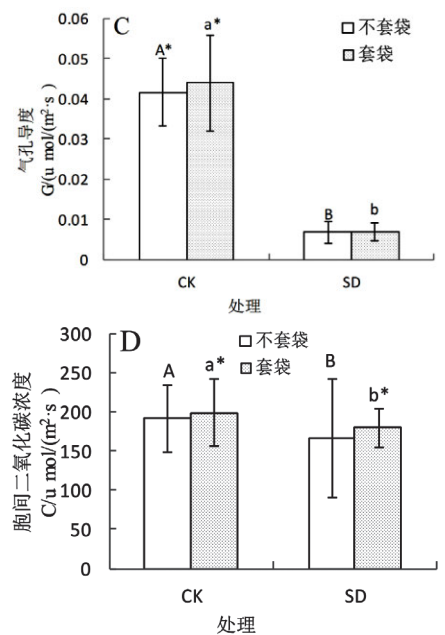
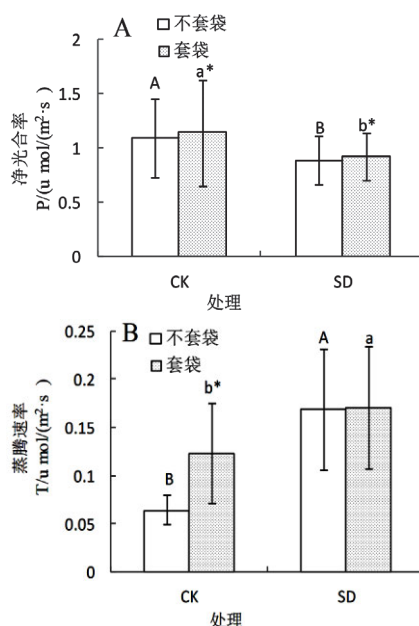


图 1 风沙流对不同土壤水分状况紫斑牡丹光合气体参数的影响

注:不同大写字母表示 Bagging 下 CK 和 SD 处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ),下同;不同小写字母表示 Nobagging 下 CK 和 SD 处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ),下同;\*表示同一 CK 和 SD 胁迫处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ),下同。

### (二) 土壤干旱和风沙流交互胁迫对紫斑牡丹叶片水分利用效率的影响

图 2 表明,紫斑牡丹叶片不同土壤水分处理的  $WUE$  呈现显著差异 ( $P < 0.05$ ),而同一处理下不同套袋处理表现为较多差异性 ( $P < 0.05$ )。12 m/s 吹袭 CK 套袋的  $WUE$  明显高于其他处理 ( $20.1042 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ),CK 吹袭显著高于 SD;CK 套袋叶片的  $WUE$  明显高于不套袋叶片 72.95% ( $P < 0.05$ ),CK 套袋显著高于 SD 套袋 71.20%;风速 12 m/s SD 的不套袋叶片的  $WUE$  表现较不套袋叶片差异不明显,数据表现较多变异性,SD 不套袋较套袋高于 0.84%。

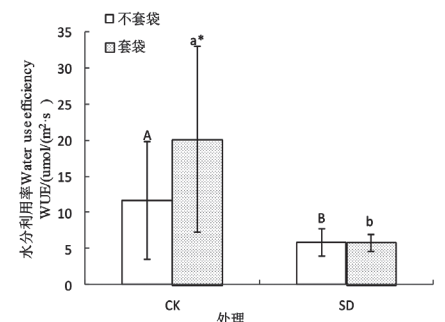


图 2 风沙流对不同土壤水分状况紫斑牡丹叶片水分利用效率的影响

(三) 土壤干旱和风沙流交互胁迫对光合色素的影响

图3表明, 土壤干旱和风沙流交互胁迫后的牡丹叶片  $Chl_a$ 、 $Chl_b$ 、 $Chl_{a+b}$ 、 $Chl_{a/b}$  及  $Car$  均表现不同差异性 ( $P < 0.05$ ), 而同一处理下不同套袋处理表现有较多差异性 ( $P < 0.05$ )。其中, 图A显示, 风速 12 m/s 处理CK的  $Chl_a$  明显高于SD (8.411 3、9.076 7 mg/dm<sup>2</sup>), 同一不套袋处理SD较CK低 6.61%, 同一套袋处理SD较CK低 13.61%, CK处理套袋较不套袋高 7.33%, SD套袋处理无明显差异, 但数据表现较多变异性。图B表明, 风速 12 m/s 处理CK的  $Chl_b$  显著高于SD (3.330 3、3.509 9 mg/dm<sup>2</sup>) ( $P < 0.05$ ), 同一不套袋处理SD较CK低 7.48%, 同一套袋处理SD较CK低 13.73%, CK套袋较不套袋高于 5.12%, SD套袋处理无明显差异, 但数据表现较多变异性。图C显示, 风速 12 m/s 处理CK的  $Chl_{a+b}$  显著高于SD (11.746 0、12.591 4 mg/dm<sup>2</sup>) ( $P < 0.05$ ), 同一不套袋处理SD较CK低 6.85%, 同一套袋处理SD较CK低 13.64%, 风速 12 m/s 下CK套袋较不套袋高于 6.71%, SD套袋处理无明显差异, 但数据表现较多变异性。图D表明, 风速 12 m/s 处理CK吹袭显著高于SD, CK和SD处理套袋与不套袋之间差异不显著 ( $P < 0.05$ ), 但数据表现较多变异性。如图E所示, 风速 12 m/s 处理CK的  $Car$  显著高于SD (1.623 6、1.899 3 mg/dm<sup>2</sup>) ( $P < 0.05$ ), 同一不套袋处理SD较CK高 8.16%, 同一套袋处理SD较CK低 9.07%, CK套袋较不套袋高于 14.52%, 其他 3 组套袋处理无明显差异, 但数据表现较多变异性。

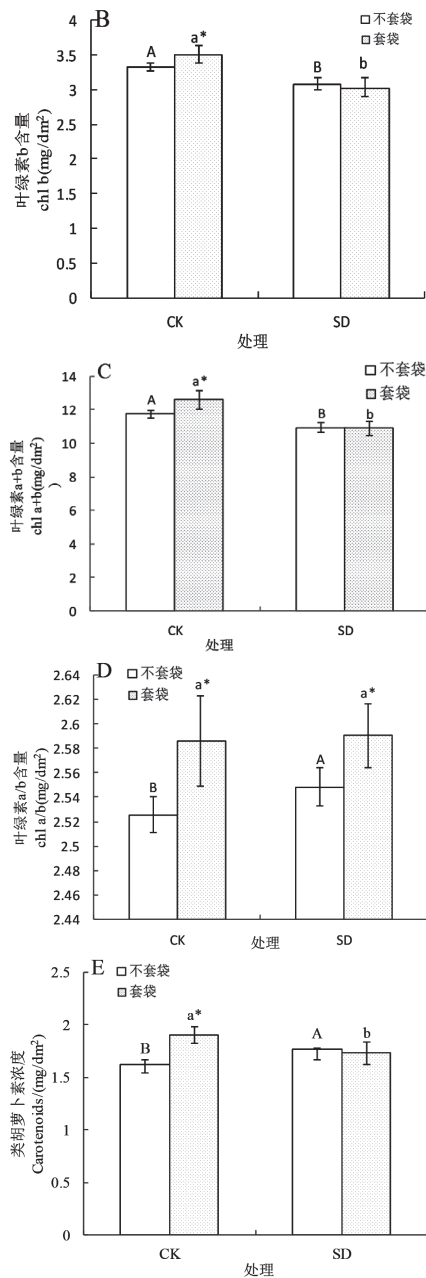
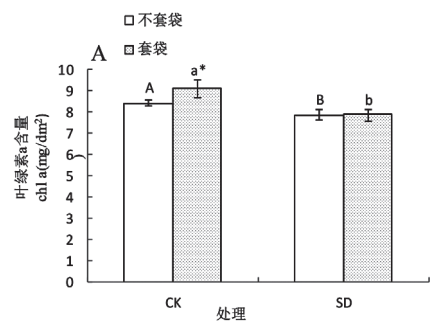
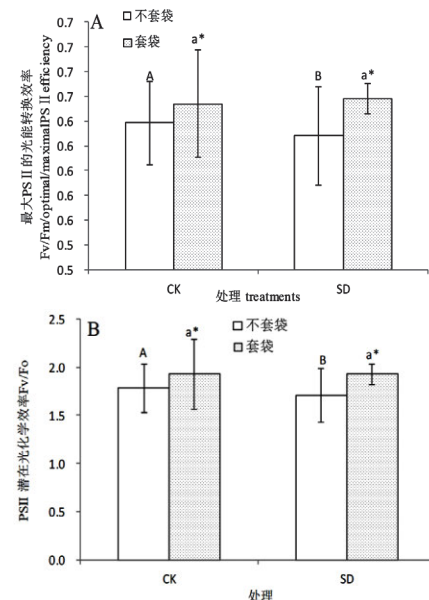


图3 不同土壤水分状况紫斑牡丹叶片水分光合色素对风沙流胁迫的响应  
(四) 土壤干旱风沙流交互胁迫对叶绿素荧光的影响

图4表明, 随着不同风速对于干旱胁迫后的牡丹进行吹袭, 紫斑牡丹叶片  $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$ 、 $qP$ 、 $NPQ$ 、 $Yield$  及  $ETR$  均呈现不同差异性 ( $P < 0.05$ ), 而同一胁迫下不同套袋处理表现有较多差异性 ( $P < 0.05$ )。其中, 图A显示, 同一不套袋处理CK较SD表现为差异显著, 套袋处理CK较SD表现为差异不显著, 但数据表现较多变异性; 其中CK与

SD胁迫不同套袋处理的  $F_v/F_m$  差异显著 ( $P < 0.05$ ), 风速 12 m/s 处理SD不套袋叶片的  $F_v/F_m$  高于套袋 4.54%。由图B表明, 风沙流胁迫SD的  $F_v/F_o$  均显著高于CK ( $P < 0.05$ ), CK风沙流吹袭高SD 4.22%, SD处理中套袋较不套袋高 11.33%。图C表明, 不同胁迫处理  $ETR$  表现为差异显著 ( $P < 0.05$ ), 风速 12 m/s 下CK的  $ETR$  显著高于SD (28.43、27.52), CK不套袋的  $ETR$  高SD 23.09%; 风速 12 m/s 下CK不套袋的  $ETR$  高于套袋 3.21%, SD套袋处理间差异不显著 ( $P < 0.05$ ), 但数据有较多变异性。图D所示, 胁迫CK与SD处理间  $Yield$  表现为差异显著 ( $P < 0.05$ ), CK的  $Yield$  均显著高于SD处理 (0.48、0.46); 同一不套袋处理SD较CK高 23.08%, 同一套袋处理SD较CK低 19.33%, CK不套袋吹袭高于干旱 23.08%。如图E所示, SD处理的  $NPQ$  均显著高于CK ( $P < 0.05$ ), 不套袋SD的  $NPQ$  高于CK 62.72%, 套袋SD较CK的  $NPQ$  高 73.03%, SD胁迫处理套袋较不套袋高 23.795, CK胁迫不同套袋处理差异不明显, 但数据表现较多变异性。图F表明, 胁迫处理CK的  $qP$  均显著高于SD ( $P < 0.05$ ), CK不套袋吹袭高于SD 12.22%, 其中干旱处理中套袋与不套袋之间差异显著 ( $P < 0.05$ ), CK处理中不套袋较套袋高 5.53%, SD处理中套袋与不套袋表现为差异不显著 ( $P < 0.05$ ), 但数据表现较多变异性。



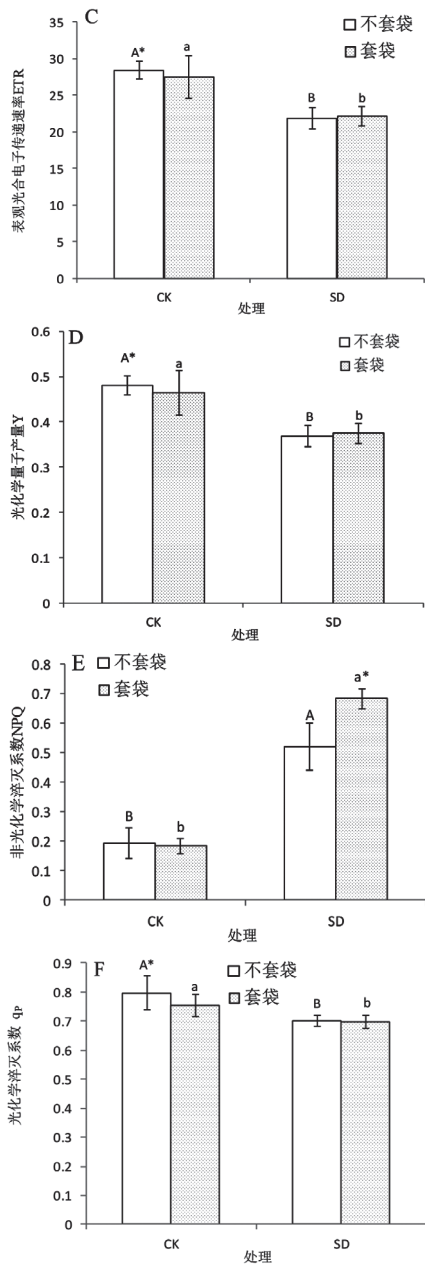


图4 风沙流对不同土壤水分状况紫斑牡丹叶片叶绿素荧光的影响  
三、讨论与结论

(一) 光合气体参数对土壤干旱和风沙流交互胁迫的响应

风沙流胁迫对植物不仅仅是风力的机械作用，还有细沙对植物叶片茎干的磨蚀、击打的影响<sup>[12]</sup>。气体交换参数是反映植物光合作用状况的重要指标，植物在受到风沙胁迫时植物叶片通过控制气孔的关闭影响叶片  $C_i$ ，从而影响植物叶片的  $P_n$ <sup>[13]</sup>。本研究表明，在对干旱胁迫后的紫斑牡丹进行 12 m/s 风沙流吹袭，叶片 SD 较 CK 的  $P_n$  呈现下降趋势，SD

的  $T_r$  较 CK 有所升高，差异显著。 $P_n$  与  $T_r$  的变化与于云江等<sup>[14]</sup> 研究一致。SD 的  $G_s$  与  $C_i$  较 CK 有所降低，这与赵哈林等<sup>[15]</sup> 研究一致。这说明风沙流胁迫 SD 与 CK 的牡丹影响程度不同，SD 较 CK 的紫斑牡丹叶片  $G_s$  下降，气孔关闭，影响植物进行正常的光合作用。管阳<sup>[16]</sup> 在风沙流对梭梭幼苗的研究中叶片  $T_r$  的变化是受到叶肉细胞气孔调节的。于云江等<sup>[17]</sup> 在风沙流对植物生长影响的研究中表明，风沙流胁迫会使植物  $P_n$ 、 $G_s$  降低，使  $T_r$  升高，这与本研究中结果大体相符。

(二) 水分利用效率对土壤干旱和风沙流交互胁迫的响应

WUE 一般是指叶片  $P_n$  与  $T_r$  的比值<sup>[18]</sup>，其变化在植物受到风沙流胁迫时较重要表现。风沙流胁迫条件下植物是否能适应，最主要的是看植物能否协调碳同化和水分耗之间的关系<sup>[19]</sup>。本研究中，CK 较 SD 的 WUE 较高，说明风沙流胁迫加剧了干旱对植物的作用，使紫斑牡丹叶片的 WUE 下降。在河西走廊等干旱地区，水资源短缺往往是制约植物生长的限制因子，但在这些地区常伴随着大风天气和沙尘暴，会导致植物需水量增加，WUE 下降，植物光合能力降低，影响植物正常的生长发育<sup>[20]</sup>。

(三) 光合色素对土壤干旱和风沙流交互胁迫的响应

植物叶片的光合色素是光合作用的物质基础，其含量的高低可反映植物叶片光合同化能力的强弱，其中  $Chl$  和  $Car$  与植物光合作用密切相关，其反映植物光能吸收和光保护的关系<sup>[21]</sup>。本研究中，12 m/s 胁迫处理 CK 的  $Chl_a$ 、 $Chl_b$ 、 $Chl_{a+b}$ 、 $Car$  较 SD 均呈现下降的趋势，说明风沙流胁迫对紫斑牡丹 CK 和 SD 叶绿素和  $Car$  都有所影响。李道明<sup>[22]</sup> 在对沙拐枣风沙流胁迫研究表明，轻度的风沙吹袭有利于叶绿素的合成，重度风沙流胁迫叶绿素含量降低。

(四) 叶绿素荧光对土壤干旱和风沙流交互胁迫的响应

叶绿素荧光反映光能吸收、激发能传递和光化学反应等光合作用<sup>[23]</sup>。本研究中紫斑牡丹的  $F_v/F_m$  在风沙流胁迫时平均为 0.68，12 m/s 胁迫处理 CK 较 SD 紫斑牡丹

的  $F_v/F_m$  变化不大，但数据表现较多变异性，说明植物在受到风沙流胁迫时，PS II 反应中心有所损伤。紫斑牡丹 SD 的  $F_v/F_o$  较 CK 有所降低，说明植物叶片在风沙流胁迫时受到了光抑制。紫斑牡丹 SD 的  $NPQ$  较 CK 高，说明植物在受到干旱胁迫后再进行风沙流吹袭时光保护能力高。紫斑牡丹 SD 的  $ETR$  较 CK 低，植物在干旱胁迫后受到风沙流胁迫时电子传递效率有所下降。 $qP$  反映的是 PS II 反应中心的开放程度以及植物光合活性的高低，紫斑牡丹 SD 的  $qP$  较 CK 降低，说明 CK 在受到风沙流胁迫时，电子传递活性高以及原初电子受氧化能力高。在管阳<sup>[24]</sup>、李道明<sup>[25]</sup> 等在风沙流对植物的研究中，梭梭和沙拐枣都随着风沙流胁迫时叶绿素荧光参数都有所变化，与本研究结果大致相同。

综上所述，综合分析 17 个土壤干旱和风沙流交互胁迫处理对紫斑牡丹光合生理指标的影响发现，紫斑牡丹光合气体交换参数 ( $P_n$ 、 $C_i$ 、 $G_s$  和 WUE)、光合色素 ( $Chl_a$ 、 $Chl_b$ 、 $Chl_{a+b}$  和  $Car$ ) 含量以及叶绿素荧光参数 ( $ETR$ 、 $qP$  和  $Yield$ ) 均较 CK 有所降低；而光合气体交换参数 ( $T_r$ )、光合色素 ( $Chl_{a+b}$ ) 含量以及叶绿素荧光参数 ( $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$  和  $NPQ$ ) 较 CK 高。在河西走廊等干旱地区的植物易遭受风沙流等胁迫，风沙流胁迫也是影响这些地区的重要环境因子，风沙流通过制约植物进行光合作用，阻止植物叶片完成碳同化能力，植物叶片物质积累降低，影响植物正常生长情况，由于风沙流胁迫导致气孔关闭，气孔导度下降影响光合气体代谢。试验结果表明，紫斑牡丹在风沙流胁迫下响应变化明显，为河西走廊等干旱风沙环境的防风固沙植物和城市园林绿化植物的选择提供理论依据。(基金项目：2016 年省级林业科技项目“河西绿洲边缘油用牡丹生长特征及栽培技术研究及示范”，项目编号：kj049)；国家重点研发项目“人工促进植被快速恢复技术及区域适应性”，项目编号：SQ2016YFHZ020617-03)

参考文献：

[1] 李新周，刘晓东，马柱国. 近百年来全球

(下转第 35 页)

过程中要重视新品种的培育,促进新品种和传统品种的有效结合,进而促进林业结构的改善和升级。但是,新品种培育对培育技术要求非常高,要想培育新品种,就要重视林业技术创新。

(二)有利于控制成本,促进产出投入提升

林业发展投入高,回报周期相对较长。在林业发展过程中要重视林业资源的管理和维护,在这一过程中需要耗费大量的人力、财力、物力资源。而且在林业发展过程中可能会出现各种损失,进而造成林业产出投入比较低。加强林业技术创新,有助于针对林业产出投入比较低的问题制定相应的解决措施。比如,提高林木品种的抵抗能力等,保证在有效控制生产成本的前提下促进林业产出投入比上升。

(三)有利于优化从业人员结构

林业发展过程中需要丰富的人力资源作为支撑<sup>[4]</sup>。一般林业发展规模较大,

林区占地面积大,需要耗费大量的人力资源对其进行经营管理及有效维护。但在林业的管理及维护过程中,多数时候林业从业人员都是进行重复性工作,因而会造成人力资源大量浪费。当前,我国林业发展中从事林业经营管理的都是比较有经验的老员工,专业性人员非常缺乏,这不利于林业从业人员整体业务水平的提高,而且当前林业从业人员结构不够合理。加强林业技术创新,有利于研发智能设备对林业进行经营管理及维护,有利于减少人力资源的浪费。

(四)有利于生态经济的发展,促进经济可持续发展

林业的不断发展,有利于生态环境保护,有利于在林业发展过程中实现经济效益和社会效益的有效统一。对于林业企业来说,林业最终是为了寻求利益最大化的,是为了盈利。加强林业技术创新,有利于提高林业发展水平,有利于林业进一步发展,还有利于我国生态环境质量的提

高,所以要重视林业技术创新。

#### 四、结语

林业技术创新有利于现代化林业发展。近年来,我国林业技术创新工作取得了一定的成效,但是林业技术创新仍然是一项长期性工作。在日后林业发展过程中,要重视林业技术创新,促进林业生态、经济、社会效益的提高。

#### 参考文献:

- [1] 杨连和. 林业技术创新在现代林业发展中的重要性探析[J]. 种子科技, 2017(3): 22.
- [2] 刘云计. 林业技术创新在现代林业发展中的重要性及发展策略研究[J]. 种子科技, 2017(6): 19-20.
- [3] 肖军, 汤际平. 林业技术创新在现代林业发展中的重要性及发展策略研究[J]. 中国林业产业, 2017(3): 53.
- [4] 左玲瑞. 试论林业技术创新在现代林业发展中的重要性[J]. 农业与技术, 2018(12): 195.

#### (上接第31页)

- 主要干旱区的干旱化特征分析[J]. 干旱区研究, 2004(2): 97-103.
- [2] 马艳玲. 西北干旱、半干旱区不同人类活动强度影响下的表土花粉组合特征及其初步应用[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
  - [3] 李振山, 倪晋仁. 风沙流研究的历史、现状及其趋势[J]. 干旱区资源与环境, 1998(3): 90-98.
  - [4] 李岩瑛, 张爱萍, 李红英, 等. 河西走廊边界层高度与风沙强度的关系[J]. 中国沙漠, 2019(5): 1-10.
  - [5] 张存杰, 宁惠芳. 甘肃省近30年沙尘暴、扬沙、浮尘天气空间分布特征[J]. 气象, 2002(3): 28-32.
  - [6] 张春梅, 秦嘉海, 金自学. 河西走廊沙生灌木林对风沙理化性质的影响[J]. 水土保持通报, 2013(2): 49-52.
  - [7] 武亚鹏. 河西走廊经济林现状与发展策略研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
  - [8] 陈辉蓉, 吴振斌, 贺锋, 等. 植物抗逆性研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2001(3): 7-13.
  - [9] 陈秀晨, 熊冬金. 植物抗逆性研究进展[J]. 湖北农业科学, 2010(9): 2253-2256.
  - [10] Amon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Beet polyphenol oxidase[J]. Plant physiology, 1949(1): 1.
  - [11] 朱广廉. 植物生理实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990.
  - [12] 赵存玉, 姚正毅, 薛嫻. 近地表风沙对植物及植被的影响综述[J]. 中国沙漠, 2014(5): 1307-1312.
  - [13] 邹陈, 吉春容, 黄健, 等. 风沙对策勒开花期棉花光合特性的影响研究[J]. 中国农学通报, 2015(15): 226-230.
  - [14] 于云江, 史培军, 鲁春霞, 等. 不同风沙条件对几种植物生态生理特征的影响[J]. 植物生态学报, 2003(1): 53-58.
  - [15] 赵哈林, 李瑾, 周瑞莲, 等. 风沙流短暂吹袭对樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) 幼苗光合蒸腾特性的影响[J]. 中国沙漠, 2017(2): 254-260.
  - [16] 管阳, 纪永福, 张莹花, 等. 风沙流对梭梭幼苗光合作用的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018(2): 108-112.
  - [17] 于云江, 史培军, 贺丽萍, 等. 风沙流对植物生长影响的研究[J]. 地球科学进展, 2002(2): 262-267.
  - [18] 张岁岐, 山仑. 植物水分利用效率及其研究进展[J]. 干旱地区农业研究, 2002(4): 1-5.
  - [19] 许大全, 张玉忠, 张荣铨. 植物光合作用的光抑制[J]. 植物生理学通讯, 1992(4): 237-243.
  - [20] 赵哈林, 李瑾, 周瑞莲, 等. 风沙流频繁吹袭对樟子松幼苗光合水分代谢的影响[J]. 草业学报, 2015(10): 149-156.
  - [21] 吴林, 李亚东, 刘洪章, 等. 水分逆境对沙棘生长和叶片光合作用的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1996(4): 48-52.
  - [22] 李道明. 净风和风沙流对沙拐枣幼苗生理特性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
  - [23] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999(4): 444-448.
  - [24] 管阳, 纪永福, 张莹花, 等. 风沙流对梭梭幼苗光合作用的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2018(2): 108-112.
  - [25] 李道明. 净风和风沙流对沙拐枣幼苗生理特性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.