

徐苏婷, 陈露茜, 李钧敏. 二倍体与四倍体黄毛草莓的光合特性[J]. 江苏农业科学 2018, 46(5): 110-112.  
doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2018. 05. 029

# 二倍体与四倍体黄毛草莓的光合特性

徐苏婷<sup>1,2</sup>, 陈露茜<sup>2</sup>, 李钧敏<sup>2</sup>

(1. 上海师范大学生命与环境科学学院, 上海 200234; 2. 浙江省植物进化生态学与保护重点实验室/台州学院生态研究所, 浙江台州 318000)

**摘要:** 采用 LI-6400 便携式光合作用测定仪和 SPAD-502 叶绿素仪测定二倍体与四倍体黄毛草莓叶片的光合作用日变化、光响应及相对叶绿素含量等参数, 结果表明, 夏季全光照环境下, 黄毛草莓的净光合速率日变化呈“双峰”曲线, 有明显的“午休”现象; 1 天中四倍体黄毛草莓的最大净光合速率、气孔导度、蒸腾速率分别为 4.15 μmol/(m<sup>2</sup>·s)、0.088 mol/(m<sup>2</sup>·s)、3.92 mmol/(m<sup>2</sup>·s), 分别比二倍体黄毛草莓高 43.6%、29.4%、16.0%; 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的变化规律与净光合速率相反, 午间胞间 CO<sub>2</sub> 浓度升高, 说明净光合速率午间降低主要是受非气孔限制因素的影响; 四倍体黄毛草莓的光响应曲线中光饱和点、光补偿点、暗呼吸速率这 3 个指标极显著大于二倍体黄毛草莓, 四倍体黄毛草莓的相对叶绿素含量极显著高于二倍体黄毛草莓 (N<0.01)。因此, 四倍体黄毛草莓对光的适应性和光合作用能力强于二倍体黄毛草莓。

**关键词:** 二倍体; 四倍体; 黄毛草莓; 日变化; 光合特性; 净光合速率; 叶绿素含量

**中图分类号:** S668.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)05-0110-03

自 1937 年 Blakeslee 和 Avery 用秋水仙素诱导出多倍体曼陀罗后, 全世界掀起多倍体育种热潮, 并获得了大量的农作物多倍体新品种<sup>[1-2]</sup>。多倍体植物往往在叶片形态上有更大的叶型、更深的叶色、更厚的叶片、更发达的气孔和栅栏组织、更丰富的酶物质, 其抗病性和抗逆性也往往强于二倍体, 品质方面也比二倍体存在更多的优势, 近年来成为研究热点<sup>[3]</sup>。

黄毛草莓 (P; (0; (7 4730; ; /4@ Schlecht.) 为蔷薇科草莓属多年生二倍体草本植物, 原产于我国西南地区, 主要分布于我国陕西、湖北、四川、云南、湖南、贵州和台湾等省, 尼泊尔、锡金、印度东部及越南北部地区也有分布<sup>[4]</sup>。黄毛草莓花期一般为 4—7 月, 果期为 6—8 月; 果实白色, 圆球形, 有香味, 味淡; 种子黄绿色, 极小, 凹陷; 宿存萼片紧贴于果实, 具有抗旱、耐高温、抗叶部病害等特点<sup>[5-6]</sup>。本实验室通过秋水仙素诱导成功的四倍体黄毛草莓在形态上与二倍体黄毛草莓相比, 具有叶片变大、变宽、叶片增厚、叶色变深等特点, 而目前有关二倍体黄毛草莓与四倍体黄毛草莓光合作用的差异未见报道。本研究通过比较分析二倍体与同源四倍体黄毛草莓叶片的光合指标、叶绿素含量等生理指标, 了解二者的光合特性差异及环境因子对光合特性的影响, 以期对四倍体黄毛草莓的光合生理研究、倍性育种及高效人工种植技术的制定提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

二倍体黄毛草莓 2012 年 7 月采自西藏自治区林芝县色

季拉山。2015 年春季, 将二倍体黄毛草莓种子进行萌发, 同时以二倍体黄毛草莓种子经秋水仙素诱变, 经流式细胞仪鉴定染色体数量, 确定成功获得四倍体黄毛草莓幼苗; 2 种幼苗均培养于智能温室中, 相对湿度为 80%, 温度白天控制在 20℃, 晚上控制在 15℃。

### 1.2 试 验 方 法

1.2.1 光合特性日变化的测定 2016 年 7 月上旬 07:00—19:00, 选取长势相近的二倍体与四倍体黄毛草莓各 3 株, 取其冠层阳面健康成熟、生长部位基本相同的功能叶, 采用便携式光合作用测定仪 LI-6400 分别测定叶片的净光合速率 [N<sub>n</sub>, μmol/(m<sup>2</sup>·s)], 蒸腾速率 [T<sub>r</sub>, μmol/(m<sup>2</sup>·s)], 气孔导度 [g<sub>s</sub>, mol/(m<sup>2</sup>·s)], 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度 [C<sub>i</sub>, μmol/mol] 等参数; 每 2 h 测定 1 次, 每次测定 3 张样叶, 每张叶片重复记录 5 个数据组, 取平均值。

1.2.2 光响应曲线的测定 采用自带红蓝光光源的 LI-6400 测定仪, 测定光合有效辐射强度 (PAR) 分别为 1 500、1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、30、20、0 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时的净光合速率; 利用直角双曲线修正模型<sup>[7]</sup>对光响应曲线进行拟合, 计算光饱和点 (LSP)、光补偿点 (LCP)、最大净光合速率 (N<sub>max</sub>)、表观量子效率 (AQY)、暗呼吸速率 (L<sub>d</sub>)。

1.2.3 相对叶绿素含量的测定 取二倍体与四倍体黄毛草莓各 3 株冠层阳面健康成熟、生长部位基本相同的功能叶, 采用 SPAD-502 叶绿素仪测定相对叶绿素含量, 每张叶片从里到外测定 3 个点, 取平均值。

### 1.3 数 据 分 析

采用 Excel 2010、SPSS 18.0 软件对试验数据进行统计分析, 采用 Origin 8.5 软件进行辅助作图, 采用单因素方差分析比较二倍体和四倍体黄毛草莓光合指标数据间的差异显著性。

收稿日期: 2016-09-23

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 31261120580)。

作者简介: 徐苏婷 (1992—), 女, 浙江衢州人, 硕士, 从事植物生态学

研究。E-mail: 1339012488@qq.com。

通信作者: 李钧敏, 教授, 从事生态学研究。E-mail: lijmtz@126.com。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同倍性黄毛草莓光合作用的日变化

2.1.1 净光合速率( $N_n$ ) 由图1可见,自然光照下,黄毛草莓叶片的 $N_n$ 日变化呈“双峰”曲线;07:00时,由于气温相对较低,光强较弱,净光合速率相对较低;随着气温升高、光合辐射增强,11:00时 $N_n$ 出现第1个峰,此时四倍体黄毛草莓的 $N_n$ 值为 $4.15 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,而二倍体黄毛草莓为 $2.89 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;13:00时, $N_n$ 出现峰谷,说明黄毛草莓叶片存在光合“午休”现象;后随光合有效辐射、叶片表面温度的下降,17:00时 $N_n$ 出现第2个峰,此时四倍体黄毛草莓的 $N_n$ 值为 $1.86 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,而二倍体黄毛草莓为 $1.22 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

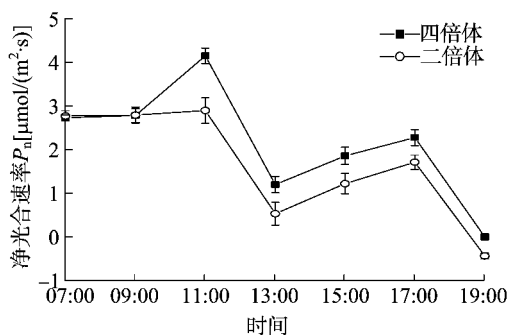


图1 二倍体与四倍体黄毛草莓叶片净光合速率的日变化

2.1.2 胞间 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i$ ) 由图2可见, $C_i$ 日变化与 $N_n$ 日变化的趋势基本相反;07:00时,黄毛草莓的 $C_i$ 相对较高,四倍体黄毛草莓的 $C_i$ 值为 $327.04 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,二倍体黄毛草莓为 $277.78 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ;11:00时,四倍体黄毛草莓 $C_i$ 出现最低值,后逐渐增大;13:00时,四倍体黄毛草莓的 $C_i$ 值上升为 $326.10 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,二倍体黄毛草莓的 $C_i$ 值上升幅度相对更大,为 $341.92 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ;后逐渐下降。

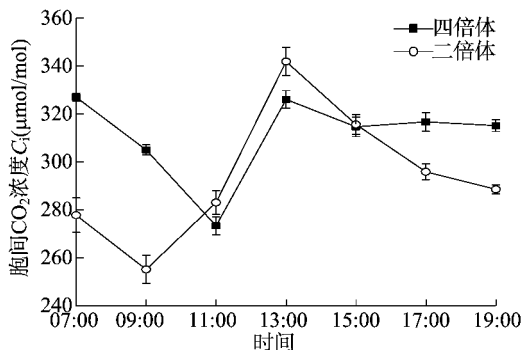


图2 二倍体与四倍体黄毛草莓叶片胞间 $\text{CO}_2$ 浓度的日变化

2.1.3 气孔导度( $g_s$ ) 由图3可见,黄毛草莓气孔导度自09:00时出现谷值后,11:00时出现峰值,此时四倍体黄毛草莓 $g_s$ 值为 $0.088 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,二倍体黄毛草莓为 $0.068 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;后逐渐降低。

2.1.4 蒸腾速率( $T_r$ ) 由图4可见,黄毛草莓的 $T_r$ 日变化呈“单峰”曲线; $T_r$ 值在11:00正午时达到峰值,四倍体黄毛草莓的 $T_r$ 值为 $3.92 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,二倍体黄毛草莓为 $3.38 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ;后逐渐降低。

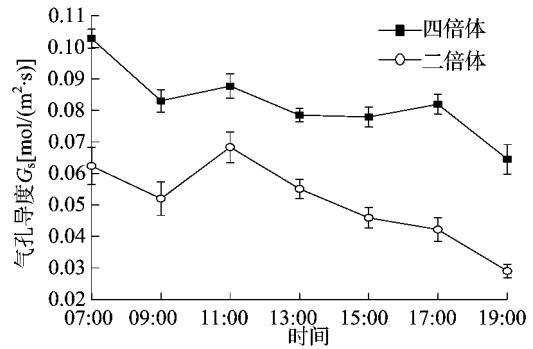


图3 二倍体与四倍体黄毛草莓叶片气孔导度的日变化

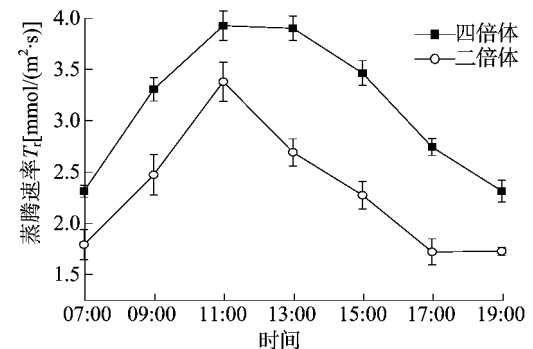
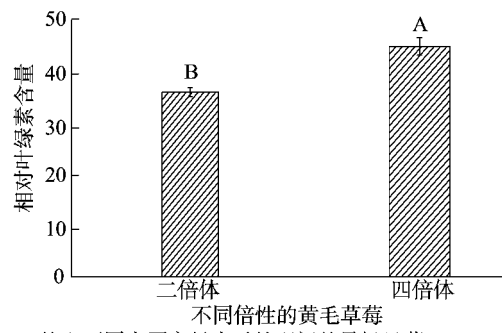


图4 二倍体与四倍体黄毛草莓叶片蒸腾速率的日变化

### 2.2 四倍体与二倍体黄毛草莓的光响应曲线

图5为2种不同倍性黄毛草莓的光响应曲线,对其光响应曲线进行拟合发现,二倍体黄毛草莓的最大净光合速率、光饱和点、光补偿点、暗呼吸速率分别为 $3.451$ 、 $885.6$ 、 $23.83$ 、 $0.527 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,表观



柱上不同大写字母表示处理间差异极显著( $P < 0.01$ )  
 图6 二倍体与四倍体黄毛草莓的相对叶绿素含量

莓的净光合速率( $N_a$ )、气孔导度( $g_s$ )、蒸腾速率( $t_r$ )均高于二倍体黄毛草莓, 1天中四倍体黄毛草莓的最大净光合速率、