

# 不同品种黄瓜幼苗光合特性对弱光的响应

李愚鹤 李加旺 张文珠

(天津科润黄瓜研究所,天津 300192)

**摘要:**研究了保护地品种津优35号、戴多星和露地品种园丰元6号黄瓜幼苗在 $30\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 光照条件下,光合特性对弱光的响应。试验结果表明,弱光下黄瓜幼苗的净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $Tr$ )、水分利用效率( $WUE$ )、光补偿点( $LCP$ )、饱和光照强度( $SL$ )、最大光合速率( $P_{max}$ )和暗呼吸速率( $R_d$ )下降,表观量子效率升高( $AQY$ )。津优35号和戴多星胞间 $CO_2$ 浓度( $C_i$ )降低、气孔限制值( $L_s$ )升高,园丰元6号 $C_i$ 上升、 $L_s$ 降低。弱光导致黄瓜净光合速率下降的主要原因,保护地品种为气孔因素,露地品种为叶肉光合活性下降。 $RuBPCase$ 活性的下降是黄瓜最大光合速率下降的重要原因。3个供试品种中,津优35号在弱光处理后具有相对较低的 $LCP$ 和 $R_d$ , $AQY$ 上升幅度较大,表明该品种对弱光的适应能力较强。

**关键词:** 黄瓜; 弱光; 光合特性;  $RuBPCase$

中图分类号: S642.224.4<sup>+</sup>1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)04-0158-04

## Response of Photosynthesis Characteristics to Weak Light in Seedlings of Three Cucumber Cultivars

LI Yu-he, LI Jia-wang, ZHANG Wen-zhu

(Tianjin Kernel Cucumber Research Institute, Tianjin 300192, China)

**Abstract:** Photosynthesis characteristics in seedlings of three cucumber cultivars i. e. Jinyou No. 35, Deltasta and Yuanfengyuan No. 6 under and  $30\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$  light density were studied. The results showed that under the weak light condition photosynthetic rate ( $P_n$ ), conductance to  $H_2O$  ( $G_s$ ), transpiration rate ( $Tr$ ), water utility efficiency ( $WUE$ ), light compensation point ( $LCP$ ), saturation light intensity ( $SL$ ), maximum photosynthetic rate ( $P_{max}$ ) and dark respiration rate ( $R_d$ ) of cucumber seedlings decreased, but apparent quantum yield ( $AQY$ ) increased. Intercellular  $CO_2$  concentration ( $C_i$ ) of Jinyou No. 35 and Deltasta decreased and stomatal limitation value ( $L_s$ ) increased. But  $C_i$  of Yuanfengyuan No. 6 increased and  $L_s$  decreased. The decrease in  $P_n$  of protected field cultivar was the result of stomatal limitation, that in open field cultivar was the result of photosynthetic activity decreasing. The important reason of  $P_{max}$  decreasing was the decline in  $RuBPCase$  activity. Among three cucumber cultivars, Jinyou No. 35 with lower  $LCP$  and  $R_d$ ,  $AQY$  increase by a bigger margin under weak light was a cultivar with weak-light adaptability.

**Key words:** Cucumber; Weak light; Photosynthetic characteristics;  $RuBPCase$

弱光环境是影响冬春季保护地黄瓜生产的主要问题之一,培育耐弱光能力强的优质高产品种,是近年来黄瓜育种的主要目标之一。研究表明,光照对黄瓜的生长发育和产量形成具有重要影响<sup>[1-4]</sup>,但以往对于不同基因型黄瓜的弱光适应性差异研究较少。本研究探讨了弱光环境下,不同基因型黄瓜的光合特性,为黄瓜耐弱光遗传资源的鉴定、筛选、利

用,以及保护地优质高效栽培提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试黄瓜品种为保护地品种津优35号、戴多星、露地品种园丰元6号,以上材料均由天津科润黄瓜研究所提供。

收稿日期: 2010-07-11

基金项目: 天津市农业科技成果转化与推广项目(0802160); 天津市农科院院长基金项目(07008)

作者简介: 李愚鹤(1981-),女,河北交河人,助理研究员,硕士,主要从事黄瓜遗传育种工作。

通讯作者: 张文珠(1972-),男,陕西洋县人,研究员,硕士,主要从事黄瓜遗传育种与植物保护研究。

1.2 试验方法

试验于 2008 年 8-9 月进行。8 月 12 日播种，9 月 4 日分别选取生长一致的幼苗（二叶一心期）移至光照培养箱中进行处理，对照光照强度为 300 μmol/(m<sup>2</sup>·s)，弱光处理为 30 μmol/(m<sup>2</sup>·s)，光照时间为 8 h/d，温度设定为 25℃（光）/15℃（暗）。每处理 15 株，5 株为 1 次重复。处理 7 d 后利用 LI-6400 型光合仪（LI-COR 公司）测定各处理第 2 片真叶的净光合速率（Pn）、气孔导度（Gs）、胞间二氧化碳浓度（Ci）、蒸腾速率（Tr）。计算气孔限制值（Ls）= 1 - Ci/C0（C0 为叶外空气 CO<sub>2</sub> 浓度），水分利用效率（WUE）= Pn / Tr。测定时叶室的光合有效辐射（PAR），对照为 300 μmol/(m<sup>2</sup>·s)，弱光处理为 30 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。光合有效辐射在 0 ~ 1 800 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 之间测定光响应曲线，测定时样本室 CO<sub>2</sub> 浓度设定为（400 ± 1）μmol/(m<sup>2</sup>·s)，叶片温度（20 ± 0.5）℃，水分为环境湿度。所得数据利用 Farquhar 模型拟合，该模型理论公式如下：

$$A = \frac{\varphi Q + A_{\max} - \sqrt{(\varphi Q + A_{\max})^2 - 4\varphi Q k A_{\max}}}{2k} - R_{day}$$

求得最大净光合速率（P<sub>max</sub>）、饱和光照强度（SL）、光补偿点（LCP）、表观量子效率（AQY）、暗呼吸速率（R<sub>d</sub>）等参数<sup>[5,6]</sup>。RuBPCase 活性的测定参照郝再彬等<sup>[7]</sup>的方法。数据采用 Microsoft excel 2003 和 SPSS 12.0 进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 弱光对不同品种黄瓜幼苗光合作用参数的影响

从表 1 可以看出，在正常光照条件下的园丰元 6 号净光合速率最高，戴多星次之，津优 35 号最低。弱光处理后，各品种净光合速率均呈下降趋势，但下

降幅度不同，津优 35 号较对照降低 72.67%，戴多星降低 73.49%，园丰元 6 号降低 85.10%。这表明，弱光处理对露地黄瓜品种光合速率的影响明显高于保护地品种。在弱光条件下，各品种的气孔导度降低；津优 35 号和戴多星胞间 CO<sub>2</sub> 浓度降低，园丰元 6 号升高；津优 35 号和戴多星气孔限制值升高，园丰元 6 号降低。Farquhar 和 Sharkey 认为<sup>[8]</sup>，在植物叶片净光合速率降低的同时，伴随着胞间 CO<sub>2</sub> 浓度提高和气孔限制值降低，说明净光合速率的降低是由非气孔限制因素引起的。根据以上观点，弱光下露地黄瓜品种叶片净光合速率降低，胞间 CO<sub>2</sub> 浓度提高，气孔限制值降低，说明露地黄瓜光合作用的主要限制因素是非气孔因素，即叶肉细胞光合活性的下降；保护地黄瓜品种叶片净光合速率下降，伴随胞间 CO<sub>2</sub> 浓度下降和气孔限制值升高，说明保护地黄瓜光合作用的主要限制因素是气孔因素。弱光下各品种蒸腾速率、各品种水分利用效率均呈下降趋势。综合来看，不论是对照还是弱光处理，津优 35 号水分利用效率均最高，戴多星次之，园丰元 6 号最低。

2.2 弱光对不同品种黄瓜幼苗光响应曲线的影响

由图 1 可以看出，在光照强度为 300 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 条件下生长的黄瓜幼苗，当光合有效辐射小于 800 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时，3 个供试黄瓜品种的光响应曲线基本一致，即随光合有效辐射增加净光合速率呈线性升高。弱光处理后（图 2），园丰元 6 号在光合有效辐射小于 300 μmol/(m<sup>2</sup>·s)，津优 35 号和戴多星在光合有效辐射小于 500 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时，净光合速率随光合有效辐射增加呈直线上升趋势；之后，随光合有效辐射增大，净光合速率增幅减缓甚至略有下降，这表明光合有效辐射已接近或达到饱和和光强。

表 1 弱光对不同品种黄瓜幼苗的光合作用参数的影响

Tab. 1 Effects of weak light on photosynthesis parameters of cucumber seedlings

品种 Cultivars	处理 Treatments	净光合速率 /( μmol/( m <sup>2</sup> ·s) ) Pn	气孔导度 /( mmol/( m <sup>2</sup> ·s) ) Gs	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 /( μmol/mol ) Ci	气孔限制值 Ls	蒸腾速率 /( mmol/( m <sup>2</sup> ·s) ) Tr	水分利用效率 WUE
津优 35 号	CK	10.21	101.5	318.4	0.372	1.502	6.798
Jinyou No. 35	弱光	2.79	23.8	263.6	0.437	0.494	5.648
戴多星	CK	10.90	169.4	411.4	0.244	2.114	5.156
Deltasta	弱光	2.89	31.0	314.5	0.348	0.633	4.566
园丰元 6 号	CK	12.62	283.4	369.0	0.205	3.190	3.956
Yuanfengyuan No. 6	弱光	1.88	46.6	398.6	0.182	0.933	2.015

从表 2 可以看出，弱光处理后各品种的光补偿点、饱和光强、最大光合速率和暗呼吸速率均有不同程度的下降。处理后津优 35 号光补偿点最低，戴多星次之，园丰元 6 号最高，说明在利用弱光能力方面

津优 35 号最强，园丰元 6 号最弱。表观量子效率可在一定程度上代表植株光合作用对弱光的反应能力<sup>[9]</sup>，弱光处理后各品种表观量子效率升高，说明弱光条件下，黄瓜植株对光的利用能力增强，其中，

津优 35 号较对照上升 35.53% ,戴多星上升 20.28% ,园丰元 6 号仅上升 9.95% 。弱光处理后黄瓜叶片暗呼吸速率下降 ,津优 35 号在供试品种中

降幅最大 ,园丰元 6 号降幅最小 ,这表明露地品种对弱光的适应性明显低于保护地品种。

表 2 弱光对不同品种黄瓜幼苗的光响应曲线参数的影响

Tab.2 Effects of weak light on parameters of photosynthesis-light response curve of cucumber seedlings

品种 Cultivars	处理 Treatments	光补偿点 LCP $/( \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}))$	饱和光照强度 SL $/( \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}))$	最大光合速率 $P_{\text{max}}$ $/( \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}))$	表观量子效率 AQY	暗呼吸速率 Rd $/( \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}))$
津优 35 号	CK	16.59	747.23	16.97	0.015 2	0.920 4
Jinyou No.35	弱光	3.10	739.52	13.61	0.020 6	0.209 0
戴多星	CK	13.91	718.60	17.21	0.021 2	0.349 8
Deltasta	弱光	4.25	650.10	12.68	0.025 5	0.275 1
园丰元 6 号	CK	22.07	927.46	27.59	0.075 4	2.113 8
Yunan feng yuan No.6	弱光	10.59	361.77	9.76	0.082 9	1.787 0

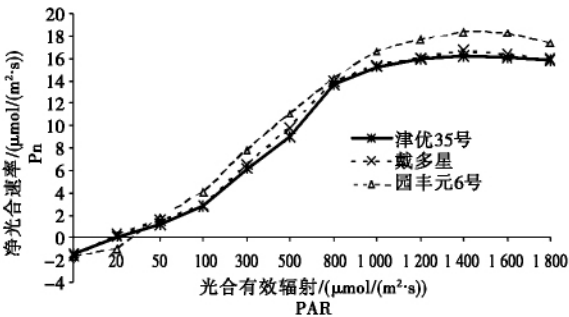


图 1 不同品种黄瓜幼苗光响应曲线

Fig.1 Light response curves of different cucumber seedlings

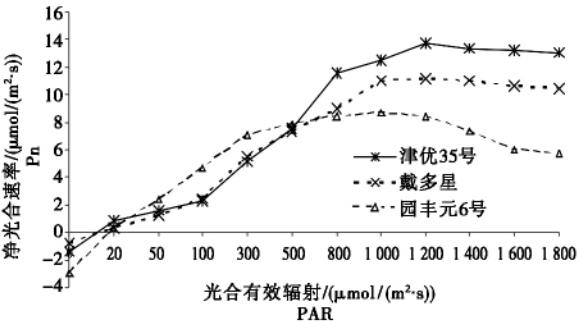


图 2 弱光下不同品种黄瓜幼苗光响应曲线

Fig.2 Light response curves of different cucumber seedlings under weak light

表 3 弱光对不同品种黄瓜幼苗的 RuBPCase 活性的影响

Tab.3 Effect of weak light on RuBPCase activity of cucumber seedlings

品种 Cultivars	处理 Treatments	RuBPCase 活性 $/( \mu\text{mol}/(\text{mL} \cdot \text{min}))$ RuBPCase activity	降幅/% Decrease margin
津优 35 号	CK	0.137	-
Jinyou No.35	弱光	0.048	-64.96
戴多星	CK	0.113	-
Deltasta	弱光	0.048	-57.52
园丰元 6 号	CK	0.105	-
Yuanfengyuan No.6	弱光	0.024	-77.14

2.3 弱光对不同品种黄瓜幼苗 RuBPCase 活性的影响

RuBPCase 被称为光合作用限速酶 ,是卡尔文循

环中的关键酶 ,其活力的大小对  $\text{CO}_2$  的同化能力起着重要作用<sup>[10]</sup>。从表 3 可以看出 ,弱光处理后各品种黄瓜幼苗的 RuBPCase 活性均明显低于各自对照 ,其中 ,园丰元 6 号下降幅度最大 ,达 77.14% ;津优 35 号下降 64.96% ;戴多星下降 57.52% 。

3 讨论

光照强度对植株光合作用影响显著 ,是改变植物感光系统的信号。有关弱光与植物生长发育之间的关系有过很多报道 ,对耐荫木本植物研究指出 ,在光合有效辐射的逆境范围内 ,光的最初作用是调节作用 ,而不是提供能量<sup>[11]</sup>。在饱和光强以下随光照强度的减弱 ,植物光合速率也随之下降 ,但下降幅度受温度、相对湿度、二氧化碳浓度等环境因素的影响<sup>[12]</sup>。本试验中 3 个不同类型的黄瓜品种在相同环境条件下弱光处理后 ,幼苗净光合速率均明显下降 ,但下降的主要原因有所不同 ,保护地品种下降的主要原因是气孔限制 ,露地品种下降的主要原因是非气孔因素 ,即叶肉细胞光合活性受到限制。弱光对黄瓜叶片中光合作用关键酶 RuBPCase 活性也有较大影响 ,本试验各黄瓜品种的 RuBPCase 活性均有所下降 ,这可能是造成黄瓜在弱光处理后其饱和光强和最大光合速率下降的主要原因之一。光补偿点是评价植物耐弱光能力的重要指标 ,弱光下黄瓜幼苗的光补偿点降低 ,表观量子效率上升 ,表明黄瓜在弱光逆境下对光照的利用能力增强 ;暗呼吸速率下降 ,减少有机物的消耗 ,有利于干物质积累 ,为植物的生长发育提供基本的物质基础。综合各项指标 ,本试验各品种中 ,津优 35 号在弱光逆境下具有相对较低的光补偿点和暗呼吸速率 ,表观量子效率上升幅度较大 ,因此该品种对弱光的适应能力较强 ;园丰元 6 号的光补偿点和暗呼吸速率相对偏高 ,表观量子效率上升幅度相对偏小 ,表明该品种对弱光的适应能力较差。本试验只对光合特性进行了研究

和分析,今后还需与生育和生理等有关指标相结合,辅助黄瓜耐弱光遗传资源的筛选、利用,以实现保护地优质高效栽培。

#### 参考文献:

- [1] 沈允钢,许大全,施教耐. 动态光合作用[M]. 北京: 科学出版社,1998.
- [2] 陈青君,张福墁,王永健,等. 黄瓜对低温弱光反应的生理特征研究[J]. 中国农业科学,2003,36(1):77-81.
- [3] 孙忠富,陈晴,王迎春. 不同光照条件下温室黄瓜干物质生产模拟与试验研究[J]. 农业工程学报,2005(S2):50-52.
- [4] 王惠哲,庞金安,李淑菊,等. 弱光对春季温室黄瓜生长发育的影响[J]. 华北农学报,2005,20(1):55-58.
- [5] 刘宇锋,萧浪涛,童建华,等. 非直线双曲线模型在光合光响应曲线数据分析中的应用[J]. 中国农学通报,2005,21(8):76-79.
- [6] 李建吾,安红伟,余纪柱,等. 弱光下黄瓜苗期两个光合性状与夜间呼吸强度的遗传分析[J]. 华北农学报,2005,20(5):38-41.
- [7] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社,2004:49-52.
- [8] Farqhar G D,Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology,1982,33:317-345.
- [9] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社,2002:192.
- [10] 陈青君,张福墁,王永健,等. 临界低温弱光对黄瓜光合特性及其酶变化的影响[J]. 华北农学报,2003,18(4):31-34.
- [11] ЮЛ 采利尼克. 木本植物耐阴性的生理学原理[M]. 王世绩译. 北京: 科学出版社,1986.
- [12] Oda Y. Effect of light intensity,CO<sub>2</sub> concentration and leaf temperature on gas exchange of strawberry plants: feasibility studies on CO<sub>2</sub> enrichment in Japanese conditions[J]. Acta Horticulturae,1997,439:563-573.