

# 遮光处理对节瓜光合作用特性的影响

刘厚诚, 雷雨, 陈日远

(华南农业大学园艺学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 在塑料大棚内设置不同光照强度处理〔自然光(对照)、遮光 40% 和遮光 60%〕, 研究遮光处理对节瓜 (*Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-qua* How.) 功能叶片光合特性的影响, 结果表明节瓜叶片净光合速率 (Pn) 日变化呈单峰曲线, 各处理在 11:00 达到峰值。节瓜 Pn 峰值随光照强度的减小而降低, 叶片 Pn 达到峰值之前随遮光程度的增大而降低, 而达到峰值之后, 遮光 40% 处理的节瓜叶片 Pn 比对照高。叶片 Pn 的日变化幅度随遮光程度的增强而减小, 叶片的光饱和点随光照强度的减小而明显降低。结果说明遮光处理通过影响环境因子和节瓜叶片生理特性等内在因素而影响其光合作用。塑料大棚内中午前后用遮光强度适宜的遮阳网覆盖, 可提高节瓜功能叶片的光合能力, 有利于提高产量。

**关键词:** 节瓜; 遮光; 净光合速率; 日变化; 光饱和点

**中图分类号:** S642.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2005)03-0033-04

**Effect of shading on photosynthetic characteristics in *Benincasa hispida* var. *chieh-qua*** LIU Hou-cheng, LEI Yu, CHEN Ri-yuan (College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2005, 14(3): 33-36

**Abstract:** Effect of shading (CK, 40% shading and 60% shading) on photosynthetic characteristics in functional leaves of *Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-qua* How. was studied in plastic greenhouse. The results indicated that change of the net photosynthetic rate (Pn) of *B. hispida* var. *chieh-qua* in the daytime was one peak curve, the peak appeared at 11:00 in all treatments. The peak values of Pn decreased with light intensity decreased. Before reached to the peak values, Pn decreased with shading degree increased, however Pn in 40% shading treatment was higher than that in CK after the peak appeared. The change range of Pn in the daytime and the light saturation point decreased with shading degree increased. The results showed that the effect of shading on photosynthesis was due to the influences of shading on environment factor and physiological activity in *B. hispida* var. *chieh-qua*. It's useful to increase Pn and yield of *B. hispida* var. *chieh-qua* with proper shading at noon in greenhouse.

**Key words:** *Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-qua* How.; shading; net photosynthetic rate; change in the daytime; light saturation point

节瓜 (*Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-qua* How.) 又名毛瓜、毛节瓜等, 是华南地区的特产瓜类蔬菜之一, 喜光耐热<sup>[1]</sup>。光照强度是设施栽培中最普遍、影响最大的限制因素之一, Warren 认为设施内作物生长和产量对光照有很强的依赖性, 光照强度每下降 1%, 作物产量也下降 1%<sup>[2]</sup>。在塑料大棚中, 由于薄膜的老化导致透光率逐渐降低, 以及节瓜生长过程中植株之间的相互遮光都会产生光照不足的问题。本文研究了遮光处理下节瓜的光饱和点和净光合速率 (Pn), 以为节瓜的设施栽培提供理论参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料和处理

实验于 2002 年 6—9 月在华南农业大学蔬菜栽培试验地塑料大棚内进行, 品种为特选江心节瓜, 6 月 29 日浸种催芽, 7 月 1 日播种, 7 月 14 日幼苗具 3~4 片真叶时, 选生长健壮一致的幼苗定植到栽培槽内。栽培基质采用干净的河沙和过筛的草菇渣

收稿日期: 2004-12-08

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA503B09)资助

作者简介: 刘厚诚(1968-), 男, 湖南涟源人, 博士, 副教授, 主要从事蔬菜栽培生理研究。

按2:1(体积比)的比例混匀,株距为33 cm。实验设处理I(约遮光40%)和处理II(约遮光60%)2个处理组,自然光为对照。

### 1.2 净光合速率的测定

当节瓜长至18~20片叶(遮光处理约40 d)时,选择晴朗少云的天气,每处理选取生长一致的5株节瓜的功能叶片,用TPS-1型光合仪(英国PP system公司生产)测定各项指标,每片叶测定2个不同的点,每个点测定3次。

净光合速率日变化:从7:00—17:00每隔2 h测定1次。

净光合速率-光照强度曲线测定:用碘钨灯光作光源,通过改变光源与叶室之间的距离来改变光照强度,光源与叶室之间隔着流动的水箱,测定净光合速率( $P_n$ ),以 $P_n$ 为 $y$ ,光照强度为 $x$ ,利用SPSS软件模拟出 $P_n$ -光照强度的曲线方程,求出光饱和

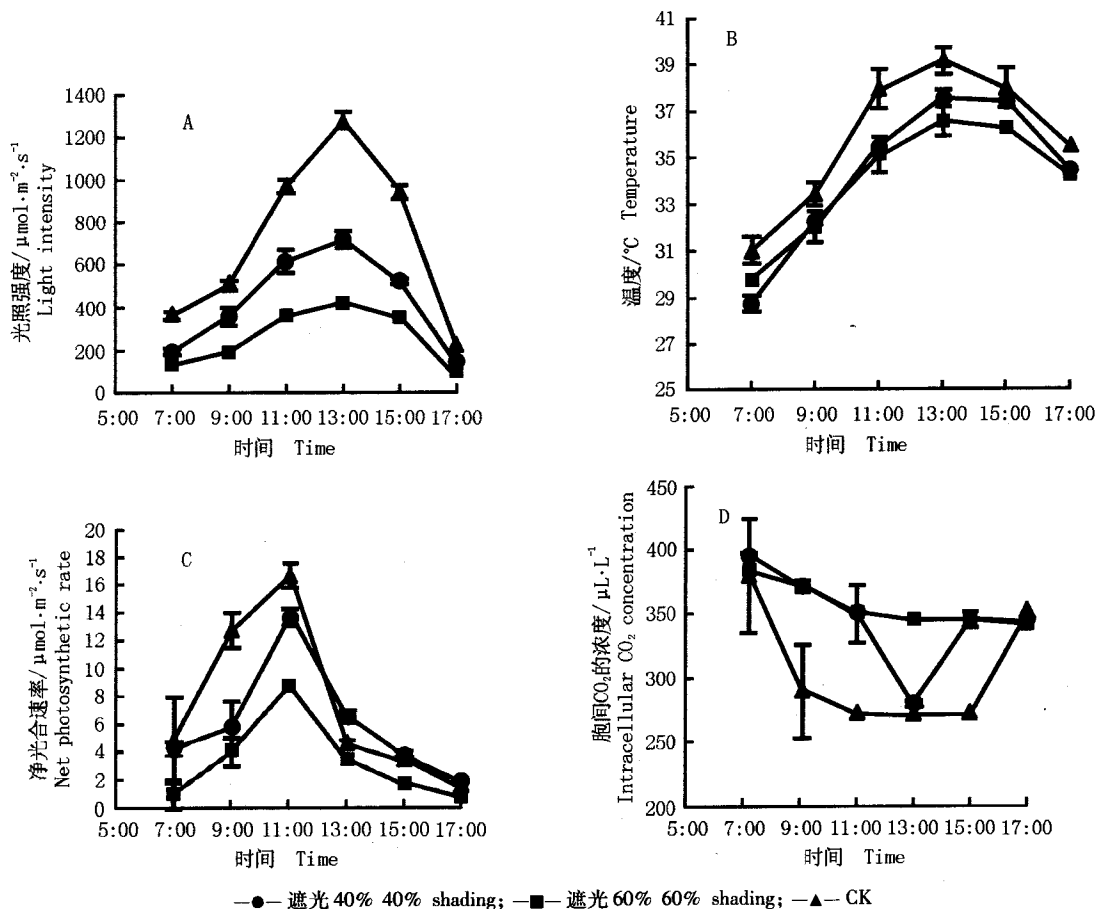
点,并对影响 $P_n$ 的相关因子做途径分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 遮光处理对节瓜叶片的温度、净光合速率和胞间 $CO_2$ 浓度的影响

遮光处理对光照强度、节瓜叶片的温度、净光合速率和胞间 $CO_2$ 浓度的影响见图1。

光照强度的日变化呈单峰曲线(图1-A),7:00—13:00光照强度逐渐增大,13:00光照强度最大,此时对照组的光照强度达到 $1300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,13:00—17:00光照强度逐渐减弱。叶温的变化与光照强度相似(图1-B),13:00达到最大值,以后逐渐降低,随遮光强度增加,叶温逐渐降低,遮光40%处理组和遮光60%处理组节瓜的叶温平均分别比对照降低了4.37%和5.04%。



A: 光照强度日变化 Change of light intensity in the daytime; B: 叶片温度日变化 Change of leaf temperature in the daytime;  
C: 叶片净光合速率日变化 Change of net photosynthetic rate of leaf in the daytime;  
D: 叶片胞间 $CO_2$ 浓度日变化 Change of intracellular  $CO_2$  concentration of leaf in the daytime.

图1 遮光处理对节瓜光合特性日变化的影响

Fig. 1 Effect of shading on photosynthetic characteristics of *Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-qua* How. in the daytime

节瓜叶片净光合速率(Pn)的日变化也呈单峰曲线(图1-C)。各处理的Pn在11:00达到峰值,随后逐渐降低。Pn的日变化幅度受遮光的影响明显,对照组的变化幅度最大(1.458~16.670  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),遮光60%处理组最小(0.750~8.821  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ );遮光40%和遮光60%处理组的Pn峰值分别比对照降低了17.76%和47.08%。Pn达到峰值之前,各处理组的Pn随遮光程度的增大而降低;而达到峰值之后,对照叶片的Pn较遮光40%的叶片低,遮光60%的叶片Pn最低,在达到峰值前相对对照降幅较大(平均为65.72%),达到峰值后降幅变小(平均为40.05%)。

叶片的胞间CO<sub>2</sub>浓度有先下降、后升高的趋势(图1-D),最低浓度出现在13:00左右;对照和遮光40%处理组叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度变化幅度较大,而遮光60%的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度变化幅度较小;在7:00和17:00各处理组叶片的胞间CO<sub>2</sub>浓度接近,其余时间对照叶片的胞间CO<sub>2</sub>浓度明显较低,2个遮光处理组叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度只在11:00—15:00之间

差异明显,遮光60%的叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度比较高。

## 2.2 相关因子对节瓜叶片净光合速率的影响

对各处理组节瓜叶片净光合速率及相关因子分7:00—11:00、11:00—15:00和15:00—17:00 3个时段进行通径分析,结果见表1。7:00—11:00、15:00—17:00对照叶片Pn与光照强度、叶温呈显著的正相关,与胞间CO<sub>2</sub>浓度呈显著负相关,表明在这2个时段内,节瓜叶片的Pn受光照强度、叶温、胞间CO<sub>2</sub>浓度这些相关因子的显著影响。11:00—15:00, Pn与胞间CO<sub>2</sub>浓度呈显著负相关,与光照强度、叶温相关性不显著,表明在这个时段节瓜叶片的Pn受胞间CO<sub>2</sub>浓度影响明显。

在7:00—11:00和15:00—17:00,遮光40%处理组的Pn与光照强度、叶温呈显著正相关,与胞间CO<sub>2</sub>浓度呈显著负相关,表明在这2个时段内遮光40%处理组的叶片的Pn受光照强度、叶温、胞间CO<sub>2</sub>浓度的综合影响;11:00—15:00, Pn与叶温呈显著负相关,而与光照强度、胞间CO<sub>2</sub>浓度相关性不显著,表明这一时段叶温是限制Pn的主要因子。

表1 不同遮光处理节瓜叶片净光合速率与光照强度、叶温、胞间CO<sub>2</sub>浓度的通径分析<sup>1)</sup>  
Table 1 Path analysis of net photosynthetic rate, light intensity, leaf temperature and intracellular CO<sub>2</sub> concentration in *Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-quua* How. leaf under shading condition<sup>1)</sup>

处理 Treatment	时间 Time	光照强度 Light intensity			叶温 Leaf temperature			胞间CO <sub>2</sub> 浓度 Intracellular CO <sub>2</sub> concentration		
		直接效应 Direct effect	间接效应 Indirect effect	R	直接效应 Direct effect	间接效应 Indirect effect	R	直接效应 Direct effect	间接效应 Indirect effect	R
CK	7:00—11:00	-0.78	1.60	0.82 *	1.49	-0.60	0.89 *	-0.21	-0.56	-0.77 *
	11:00—15:00	-0.05	-0.31	-0.36	0.06	-0.37	-0.31	-0.83	-0.01	-0.82 *
	15:00—17:00	-0.00	0.88	0.88 *	0.16	0.68	0.85 *	-0.75	-0.15	-0.90 *
遮光40% 40% shading	7:00—11:00	1.84	-0.90	0.94 *	-0.33	1.20	0.87 *	0.59	-1.47	-0.88 *
	11:00—15:00	0.05	0.17	0.22	-1.11	0.22	-0.89 *	-0.33	0.67	0.34
	15:00—17:00	0.25	0.70	0.95 *	1.45	-0.48	0.97 *	0.73	-1.65	-0.92 *
遮光60% 60% shading	7:00—11:00	0.34	0.63	0.97 *	0.39	0.59	0.98 *	-0.27	-0.70	-0.97 *
	11:00—15:00	0.03	-0.35	-0.32	-0.23	-0.42	-0.64 *	0.80	0.11	0.91 *
	15:00—17:00	0.91	0.06	0.96 *	0.03	0.84	0.87 *	0.07	0.32	0.39

<sup>1)</sup> \*:  $P < 0.05$

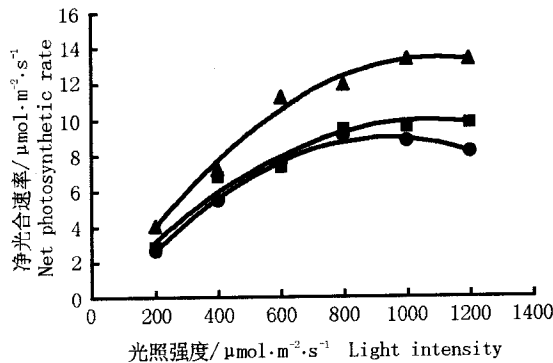
在7:00—11:00,遮光60%处理组的节瓜叶片的Pn与光照强度、叶温呈显著正相关,与胞间CO<sub>2</sub>浓度呈显著负相关,表明在这个时段内遮光60%处理组的叶片的Pn受光照强度、叶温、胞间CO<sub>2</sub>浓度的共同影响;11:00—15:00 Pn与叶温呈显著负相关,与胞间CO<sub>2</sub>浓度呈显著正相关,与光照强度相关性不显著,此时段叶片Pn降低,可能与温度相对较

高,光合同化能力减弱有关;15:00—17:00, Pn与光照强度、叶温呈显著正相关,与胞间CO<sub>2</sub>浓度相关性不显著,表明此时段节瓜叶片的Pn主要受光照强度和叶温的影响。

## 2.3 遮光处理对节瓜叶片光饱和点的影响

以净光合速率(Pn)为y,光照强度为x,经SPSS模拟得到Pn—光照强度曲线(图2),对照组、遮光

40%处理组和遮光60%处理组的曲线方程分别为  $y = -0.00001x^2 + 0.0258x - 0.7661 (R^2 = 0.9866)$ 、 $y = -0.00009x^2 + 0.0200x - 0.0065 (R^2 = 0.9628)$ 、 $y = -0.00001x^2 + 0.2190x - 1.3590 (R^2 = 0.9942)$ ；根据曲线方程计算出对照处理组节瓜叶片的光饱和点为  $1290 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，遮光40%处理组节瓜叶片的光饱和点为  $1111 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，比对照降低了13.88%；遮光60%处理组节瓜叶片的光饱和点为  $1045 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，比对照降低了18.99%。可见，随着遮光程度的增加，节瓜功能叶片的光饱和点逐渐下降。



● 遮光40% 40% shading; ■ 遮光60% 60% shading; ▲ CK; — 趋势线 Trend curve

图2 不同遮光处理下节瓜叶片净光合速率-光照强度曲线  
Fig. 2 Net photosynthetic rate-light intensity curve in *Benincasa hispida* Cogn. var. *chieh-qua* How. leaf under shading condition

### 3 讨 论

草莓 (*Fragaria ananassa* Duchesne) 遮光处理的叶片的光合速率降低显著，双磷酸核酮糖羧化酶 (RuBP 羧化酶) 活性下降<sup>[3]</sup>；低温弱光条件下生长的番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.)<sup>[4]</sup> 和黄瓜 (*Cucumis sativus* Linn.)<sup>[5]</sup> RuBP 羧化酶的活性有下降的趋势。节瓜净光合速率峰值随光照强度的降低而减少 (图1-C)，可能是弱光条件下生长的植株与强光下生长的相比，其PS II 光合电子传递活性和RuBP 羧化酶活性显著下降，从而使光合速率降低<sup>[6]</sup>。

光饱和点是衡量植物光能利用能力的重要指标，反映了植物对强光的利用能力。光照强度增大

能明显提高植物的光补偿点、光饱和点及光抑制点，并能增强植物对强光的适应性<sup>[7]</sup>。姜 (*Zingiber officinale* Rosc.)<sup>[8]</sup>、草莓<sup>[6]</sup> 和银杏 (*Ginkgo biloba* Linn.)<sup>[9]</sup> 的光饱和点随着遮阴强度的加大而显著降低，本研究显示节瓜叶片的光饱和点随光照强度的减弱而明显降低，这可能是植物对弱光环境长期适应的结果，长期生长在弱光条件下植株对弱光的利用率提高，对强光的利用率降低。

节瓜叶片净光合速率 (Pn) 日变化在达到峰值之前随遮光程度的增大而降低，而达到峰值之后，遮光40%处理组的Pn比对照高 (图1-C)；遮光60%处理组的Pn降幅在达到峰值前后不一致，达到峰值前降幅较大，达到峰值后降幅变小。这可能与遮光降低光照强度从而减轻光合作用的光抑制有关，光照强度的峰值出现在13:00 (图1-A)，而Pn峰值出现在11:00 (图1-C)，中午遮光40%可降低过强的光照强度，Pn比对照高，表明在塑料大棚内中午前后用适宜遮光强度的遮阳网覆盖，可提高节瓜功能叶片的光合能力，有利于产量的提高。

### 参考文献:

- [1] 关佩聪, 陈日远. 蔬菜优质高产栽培的理论基础 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1999. 124-139.
- [2] Warren W. Light interception and photosynthesis efficiency in some glasshouse crops [J]. *J Exp Bot*, 1992, 43: 363-373.
- [3] 迟伟, 王富荣. 遮光条件下的草莓光合生理特性 [J]. *江苏农业学报*, 2002, 17(1): 62-63.
- [4] Briggemann W. Longer-term chilling of young tomato plants under low light [J]. *Plant Cell Physiol*, 1995, 36 (4): 733-736.
- [5] 王永健, 张海英, 张峰, 等. 低温弱光对不同黄瓜品种幼苗光合作用的影响 [J]. *园艺学报*, 2001, 28(3): 230-234.
- [6] 迟伟, 王富荣, 张成林. 遮荫条件下草莓的光合特性变化 [J]. *应用生态学报*, 2000, 12(4): 566-568.
- [7] 梁春, 林植芳, 孔国辉. 不同光强下生长的亚热带树苗的光合-光响应特性的比较 [J]. *应用生态学报*, 1997, 8(1): 7-11.
- [8] 艾希珍, 张振贤, 王辉, 等. 苗期遮荫对生姜生理生化特性的影响 [J]. *西北农业学报*, 1998, 7(2): 109.
- [9] 张往祥, 曹福亮, 吴家胜, 等. 遮阴对银杏光合性能及其叶片产量的影响 [J]. *南京林业大学学报*, 2000, 24(4): 11-15.

(责任编辑: 张垂胜)