

辣椒光合特性研究

霍振荣 庞金安 杜胜利
(天津市黄瓜研究所, 天津 300192)

摘 要 系统测定了辣椒的净光合速率及其日变化。结果表明, 参试品种的净光合速率在 $12 \sim 14 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间, 部分品种间差异显著或极显著。不同叶位间净光合速率明显不同, 幼叶净光合速率较高, 老叶净光合速率较低, 健壮叶片净光合速率最高。净光合速率日变化为双峰曲线, 有明显的“午休”现象。造成光合“午休”的原因, 在 10:00 之前以气孔限制因素为主; 10:00 之后以非气孔限制因素为主。光量子通量密度明显影响辣椒净光合速率, 光饱和点和补偿点分别为 1800 和 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

关键词 辣椒 净光合速率 日变化 品种 叶位 光通量密度

光合作用是植物生产力构成的主要因素, 研究植物光合作用特性有助于采取适当的栽培措施增强植物的光合能力, 从而达到提高产量的目的。但是有关辣椒(*Cap sicum annum* L.) 光合作用尚没有进行较为系统的研究。本文通过对辣椒不同品种、不同叶位以及不同时间净光合速率等光合指标的测定, 对辣椒的光合作用规律进行初步研究, 为辣椒高产栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于 1997 年在天津市黄瓜研究所试验地进行, 供试辣椒品种见表 1。1 月 10 日在温室播种育苗, 4 月 28 日定植于露地。6 月 28~30 日辣椒盛果期测定其光合作用。

1.2 方法

1.2.1 不同品种、叶位净光合速率测定 测定仪器为 LI-6400 便携式光合测定系统。利用 6400-02LED 光源, 提供稳定而准确的光照, 光量子通量密度为 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 温度控制在 30 ± 0.5 。每个品种选 5 株取上部第 4 片完全展开叶进行测定, 每株重复 5 次以上。从上部第 1 片完全展开叶至最下部枯黄叶片分别测定不同叶位的光合作用指标。测定时间均为 10:00 至 11:00 之间。

1.2.2 净光合速率日变化测定 从 8:00~16:00, 每个整时测定一次光合作用指标, 净光合

速率(P_n)、气孔导度(G_s)、大气 CO_2 浓度(C_a)、细胞间隙 CO_2 浓度(C_i)、光量子通量密度(PFD)、叶温(T_l)、叶表蒸气压亏缺(VPD)、蒸腾速率(T_r)均由 LI-6400 便携式光合测定系统根据测定资料计算得出;气孔阻力(R_s)按 $1/G_s$ 计算。

2 结果与分析

2.1 辣椒不同品种间的净光合速率

经测定,不同品种的辣椒净光合速率有所不同。净光合速率最大的中椒 7 号为 $14.38\mu mol\ CO_2\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$,最小的湘研 1 号仅为 $12.27\mu mol\ CO_2\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$ 。显著性检验表明,部分品种之间净光合速率有明显差异(见表 1)。

2.2 辣椒不同叶位间的净光合速率

辣椒不同叶位间的净光合速率不同(图 1),新展平的幼叶(上数第 1~2 叶,下同)虽然气孔导度较高,但由于内部结构不完善,且正处于旺盛生长时期,呼吸强烈,因而净光合速率相对较低。下部叶片(第 7 片叶以下)叶龄较大,组织结构开始遭到破坏,生理功能逐渐衰退,光合能力最低。健壮功能叶(3~6 叶)光合能力比较高。最下部的几片叶(12~14 叶),由于气孔导度降低,光合能力大幅度下降,同时夜间呼吸消耗大于光合积累,因此及时摘除下部老叶有利于光合产物积累。另外,我们发现叶腋处有无果实对叶片的净光合速率影响很大,果实的存在明显促进了净光合速率的提高。如无果实的第 8 片叶净光合速率为 $6.93\mu mol\ CO_2\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$,而有果实的为 $13.83\mu mol\ CO_2\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$,是前者的 2 倍,这与卢育华在黄瓜上的结果相同^[1]。同时,有果实叶片的气孔导度和蒸腾速率也均比无果实叶片高,这可能是导致两种叶片净光合速率明显不同的主要原因。

2.3 辣椒光合速率日变化

净光合速率随时间变化发生明显变化,在 9:00 达到第一高峰后开始下降,在 12:00 降至谷底,随后又上升,在 14:00 达到第二个高峰,呈双峰曲线型,有明显的“午休”现象。14:00

表 1 不同辣椒品种的净光合速率

品 种	净光合速率 ($\mu mol\ CO_2\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$)	显著性检验	
		5%	1%
中椒 7 号	14.38	a	A
Orobelle(荷兰 F ₁)	14.08	a	AB
湘研 4 号	14.04	a	AB
海丰 2 号	13.49	b	B
农大 40	13.45	bc	BC
Picardor(荷兰 F ₁)	12.94	c	CD
Mazurka(荷兰 F ₁)	12.34	d	D
湘研 1 号	12.27	d	D

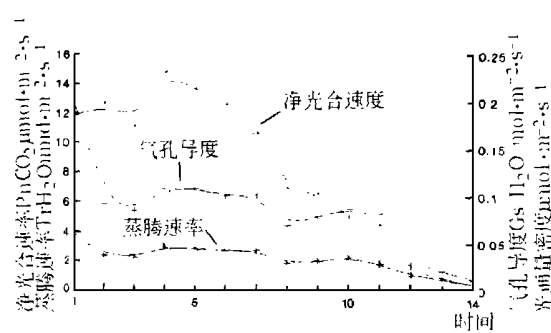


图 1 不同叶位辣椒光合速率

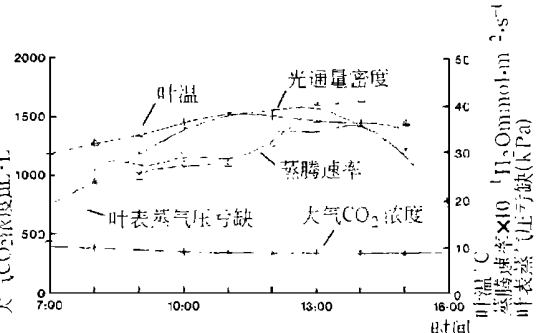


图 2 辣椒光合环境因素日变化

以后, 净光合速率又逐渐降低。我们发现, 在上午随着叶温、气孔阻力、叶表蒸气压亏缺的升高, 净光合速率迅速下降。显然, 由于叶温升高造成叶表蒸气压亏缺从而导致气孔导度下降是形成净光合速率下降的原因之一。细胞间隙 CO_2 浓度的变化是确定光合作用下降原因最主要的判断依据^[2], 只有当细胞间隙 CO_2 浓度与净光合速率一起下降, 而且气孔限制值(L_s)增加时, 才能断定净光合速率的下降主要是由气孔限制造成的。本文没有计算气孔限制值, 但是在 10 00 以前, 随着气孔导度的下降, 细胞间隙 CO_2 浓度降低, 并在 10 00 达到最低值, 说明 10 00 之前净光合速率的下降确实主要是由气孔限制造成的。10 00 以后, 随着气孔导度的下降, 细胞间隙 CO_2 浓度不但没有下降反而有所上升, 说明气孔因素在 10 00 以后已不再是光合作用的限制因素。这可能是气孔导度的持续下降进一步引起叶表蒸气压亏缺和叶温急剧增加, 造成对光合机构的直接伤害, 致使光合能力下降, 因此在气孔导度较低的情况下细胞间隙 CO_2 浓度已经供过于求, 非气孔限制成为光合作用下降的主要原因。有试验表明, RuBPCase 活性明显降低是造成小麦光合“午休”的重要原因^[3], 在辣椒上是否如此尚需试验进一步证实。12 00 以后, 气孔导度上升, 大气中 CO_2 向叶肉细胞中扩散增多, 细胞间隙 CO_2 浓度上升, 净光合速率值有所上升, 并在 14 00 达到第二个高峰, 以后随着光量子通量密度和叶温等下降, 净光合速率持续降低(图 2, 图 3)。

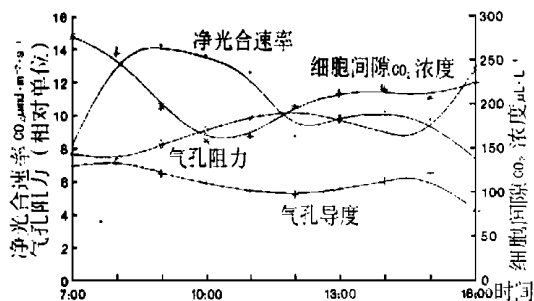


图 3 辣椒光合作用日变化

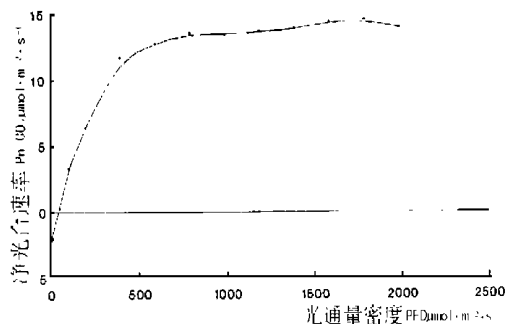


图 4 光量子通量密度对辣椒净光合速率的影响

2.4 光量子通量密度对净光合速率的影响

在较低的光量子通量密度下, 随其逐渐增加净光合速率直线上升; 光量子通量密度达到 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后, 净光合速率随光量子通量密度增加而上升的幅度逐渐变小。光量子通量密度达到 $800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 后, 净光合速率增加的幅度已经非常小。在达到 $1800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, 净光合速率达到饱和; 以后光量子通量密度增加, 净光合速率不再增加而略有下降。净光合速率的光补偿点约为 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。

3 讨论

不同辣椒品种和不同叶位间净光合速率不同。但我们测得的结果与前人有些差异, 净光合速率偏低^[4]。这可能是由于品种、栽培条件和测量仪器、测定条件不同所造成的, 同时测定时所采用的 PFD 也较低。PFD 对辣椒的净光合速率具有重要影响。光饱和点和补偿点分别为 1800

和 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

辣椒存在明显的光合“午休”现象;造成光合“午休”的原因,在 10 00 之前气孔限制因素为主;10 00 以后非气孔限制因素成为光合“午休”的主要原因。中午空气湿度低,叶表蒸气压亏缺急剧升高是造成光合“午休”的主要外界因素。由于存在光合“午休”,中午净光合速率最低点仅为 9 00 的 61.60%,因而,减轻或消除光合“午休”将明显促进辣椒的生长。有试验表明,中午喷雾能明显提高小麦叶片的气孔导度和净光合速率^[5]。在辣椒上尚没有类似的报道,如果确实如此,将明显增加辣椒的生产能力,为辣椒高产提供基础。因此,辣椒光合“午休”的原因有必要作更深入的研究。

参 考 文 献

- 1 卢育华,申玉梅,陈利平. 黄瓜单个叶片光合特性研究. 园艺学报, 1994, 21(1): 54~58
- 2 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241~244
- 3 王焘,郑国生,邹琦. 小麦光合午休过程中 RuBPCase 活性的变化. 植物生理学通讯. 1996, 32(4): 257~260
- 4 张振贤,周绪元,陈利平. 主要蔬菜作物光合与蒸腾特性研究. 园艺学报, 1997, 24(2): 155~160
- 5 许大全. 光合作用“午睡”现象的生态、生理与生化. 植物生理学通讯, 1990, 26(6): 5~10

Studies on the Photosynthetic Character of Pepper

Huo Zhenrong Pang Jin'an Du Shengli

(Tianjin Cucumber Research Institute, Tianjin 300192)

Abstract In this experiment the photosynthetic rates of pepper (*Capsicum annuum* L.) were studied. The main results were as follows: 1. The net photosynthetic rates (Pn) of some varieties were significantly different. Pn ranged from $12 \sim 14 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. 2. There were obvious differences in Pn for different leaf position, lower in the older leaf and higher in younger leaf, the highest in the middle leaf. 3. The Pn varied in daytime, in a double peak curve and there was a “midday depression” in the noon. 4. Photo flux density exerted significant effect on Pn. The saturation point was $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, and the compensation point was $50 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Key words: Pepper; Net photosynthetic rate (Pn); Daily variation; Photo flux density (PFD); Leaf position; Variety