

辣椒 (Onza 和 Cajamarca) 光合特性研究

徐小蓉¹ 罗在柒² 张习敏¹ 张冬林¹ 乙引¹

(¹ 贵州师范大学 生命科学学院, 贵阳 550001; ² 贵州省林业科学研究院, 贵阳 550001)

摘要: 本文通过研究两种长势一致的不同辣椒品种 (Onza 和 Cajamarca) 的光合特性, 探讨不同品种辣椒光合特性是否存在差异。通过 LI-6400 便携式光合作用系统测定两种辣椒的光合特性。结果表明: Cajamarca 的光饱和点低于 Onza, 而光补偿点高于 Onza。Onza 和 Cajamarca 净光合速率具有相同的变化趋势, 最大净光合速率分别为 $8.86, 7.22 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; Onza 和 Cajamarca 气孔导度、胞间 CO_2 浓度日变化趋势相反, 而两个品种蒸腾速率变化趋势相同。表明两个长势相同的辣椒品种的光合作用存在差异。

关键词: Onza, Cajamarca, 光合特性

中图分类号 Q949.72 文献标识码 A 文章编号 1003-6563(2011)05-0080-05

Study on Photosynthetic Characteristics of *Capsicum annuum* L.

XU Xiao-rong¹ LUO Zai-qi² ZHANG Xi-min¹ ZHANG Dong-lin¹ YI Yin¹

(¹ School of Life Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China; ² Guizhou Academy of Forestry Sciences, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: The paper explained the differences of photosynthesis characteristics in different stages of growth and development, and the photosynthesis characteristics of two species. The photosynthesis of two pepper species was determined by using portable LI-6400 photosynthesis system. The results showed that the light saturation point of Cajamarca was lower than that of Onza, and the light compensation point of Cajamarca was high than that of Onza. The net photosynthetic rate of Onza and Cajamarca has the same variation trend, with the highest net photosynthetic rates were 8.86 and $7.22 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ respectively. Their gas conduction and intercellular CO_2 concentration showed inverse diurnal variation. Nevertheless, their transpiration rates had the same variations. The photosynthesis was different for their growth and development.

Key words: Onza, Cajamarca, photosynthetic characteristics

辣椒 (*Capsicum annuum* L.) 属茄科, 是重要的

果类蔬菜。原产中南美洲, 在热带和亚热带为多年生或小灌木, 在温带则为一年生草本植物, 辣椒作为一种经济作物现已被广泛种植 (陈庆华, 2008)。农作物的产量从根本上来说是依赖于植物进行光合作用的能力。因此, 作物生产的目的就是最大限度地增加光合作用 (Stoskopf, 1991)。作物的产量基本上取决于它们光合系统的大小和效率 (Gardner *et al.*, 2005)。相关研究表明, 辣椒产量的增加与植株净光合速率增加, 光补偿点下降, 夜间呼吸速率降低有

收稿日期: 2011-06-27; 修回日期: 2011-07-10

基金项目: 贵州省科技厅国际科技合作计划项目 (黔科合外 G 字 [2010]7025 号); 贵州省社发攻关项目 (编号: 黔科合 SY [2011]3094 号); 贵州省科技厅农业攻关项目 (黔科合 NY 字 [2011]3029 号); 贵州省科技创新人才团队建设项目 (黔科合人才团队 [2009]4007 号)

作者简介: 徐小蓉 (1977-), 女, 四川广安人, 硕士, 讲师。研究方向: 植物学。E-mail: xxr7710

通讯作者: 乙引, 教授, 博士生导师, 研究方向: 分子生物学与生物化学研究。E-mail: yiyin@gznu.edu.cn

关(睦晓蕾等,1999)。邹学校等研究表明,叶长和侧枝数对净光合速率的直接作用较大,叶柄长、叶宽和第一花节位次之,其它植株性状的直接作用相对较弱(邹学校等,2006)。

因此,本文选取生长特性差异较大的两个辣椒品种 Onza 和 Cajamarca,探讨它们的光合作用是否存在差异,为辣椒品种的选育提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

Onza(生长旺盛)和 Cajamarca(长势不良)两个辣椒品种的种子均购买自美国 The Chile Pepper Institute。两个品种的种子采用 45 ℃ 温水浸泡 12 h 催芽后,于装有营养土的育苗穴盘内萌发,待幼苗长至约 10 cm 高时,移栽到贵阳市扎佐镇温室基地。辣椒种苗生长开花时进行光合特性指标测定。

1.2 光合日变化的测定

在活体条件下,采用 LI-6400 (LI-COR, Inc, USA) 便携式光合测定系统,选择晴天进行测定,测定时间从 9:30 到 17:30,每隔 2 h 测定一次,每个品种每次测定 3 株植株,每株植株测定 3 片不同叶片,取平均值。

1.3 光响应曲线的测定

用 LI-6400 便携式光合作用系统测定叶片的净光合速率 (P_n)。测定光强依次从 1 500、1 200、1 000、800、600、400、200、100、80、50、20、0 (光强单位为 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。测定前,将辣椒叶片在 1 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光强下活化 60 min,测定时叶温设为

25 ℃, CO_2 浓度为 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。每次测定植株顶部倒数第 3 片功能叶,每个品种重复 3 次。用光合助手软件 (Photosyn Assistant, V1.1, Dundee Scientific, UK) 拟合 (Rothstein *et al.*, 2001; 常玮等, 2007), 根据 Prioul and Chatier (1977) 方程计算出最大净光合速率 (P_{max})、光饱和点 (LSP)、光补偿点 (LCP) 及表观量子效率 (AQY)。

1.3 统计分析

所有数据均采用 SPSS、Excel 软件进行统计分析。

2 实验结果

2.1 不同光合有效辐射对辣椒幼苗光合速率的影响

不同辣椒品种的光响应曲线表现出不同,在 0 ~ 1 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 内时,Onza 品种随着光合有效辐射的增加,净光合速率增大,当光合有效辐射为 1 500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,净光合速率为 11.45 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,而 Cajamarca 品种随着光合有效辐射的增大,净光合速率先增大后逐渐降低,在光合有效辐射为 600 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,净光合速率达到最大值 (1.18 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。2 个品种的光饱和点和光补偿点存在较大差异,Cajamarca 的光饱和点和光补偿点分别为 686.541 ± 212.632、227.848 ± 7.931 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; Onza 的光饱和点和光补偿点分别为 1 838.77 ± 912.073、72.951 ± 4.419 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。表观量子效率表现为 Onza 高于 Cajamarca,而同化速率相差不明显。

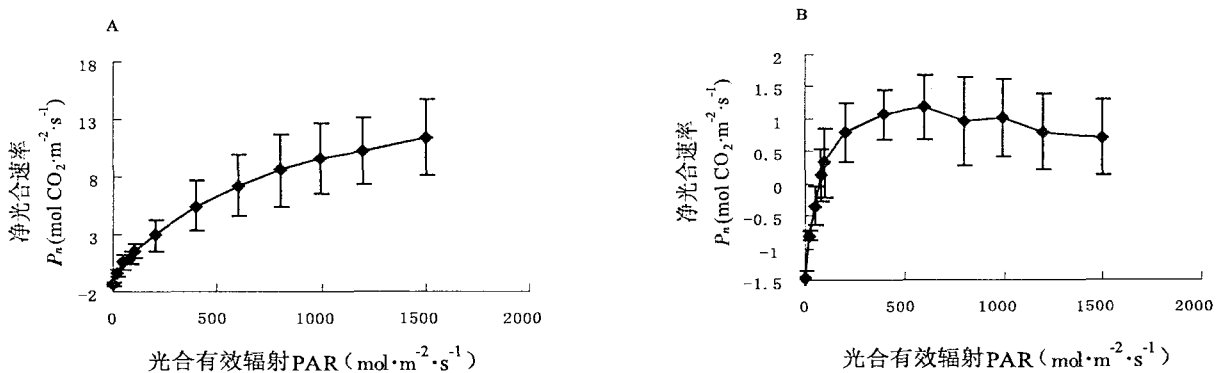


图 1 不同光合有效辐射下 Onza (A) 和 Cajamarca (B) 品种辣椒的净光合速率
Fig. 1 The net photosynthesis rate of Onza and Cajamarca under the different PAR

表1 Onza 和 Cajamarca 的同化速率、表观量子效率、光饱和点、光补偿点
Tab.1 The light saturated photosynthesis, apparent quantum efficiency, light saturation point, light compensation point of Onza and Cajamarca

指标	LSP	LCP	AQE	Amax
Onza	1838.77 ± 912.073	72.951 ± 4.419	0.024 ± 0.010	14.816 ± 2.803
Cajamarca	686.541 ± 212.632	227.848 ± 7.931	0.007 ± 0.000	15.524 ± 0.353

Amax: 大气二氧化碳浓度下光饱和同化速率 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); AQE: 表观量子效率 ($\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{photons}$); LSP: 光饱和点 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); LCP: 光补偿点 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

2.2 不同品种辣椒幼苗净光合速率日变化

Onza 和 Cajamarca 净光合速率具有相同的变化趋势, 2 个物种的变化趋势具有一个最大峰, 峰值出现的时间为上午 11:30, 净光合速率分别为 8.86 和 7.22 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 其后, 净光合速率逐渐降低。

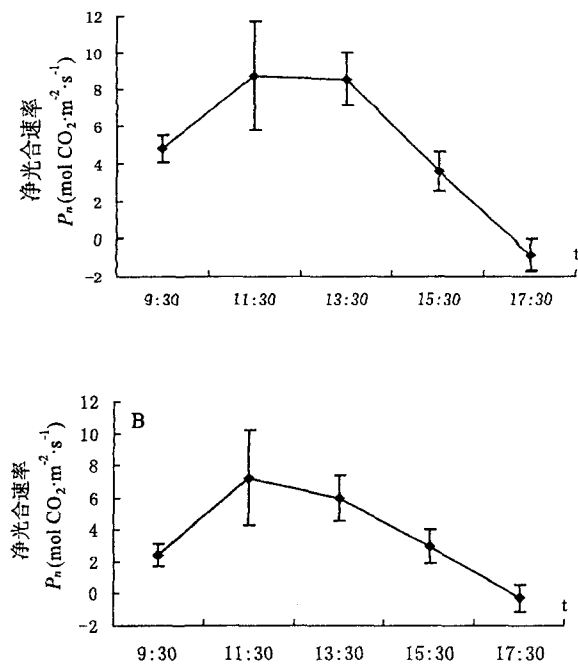


图2 Onza (A) 和 Cajamarca (B) 辣椒的净光合速率日变化

Fig.2 The diurnal variation of net photosynthesis of Onza (A) and Cajamarca (B)

2.3 不同品种辣椒幼苗气孔导度日变化

如图 3 所示, Onza 和 Cajamarca 气孔导度出现的峰值时间不同, 分别为上午 9:30 和 11:30, 2 个品种的气孔导度范围分别在 0.05 ~ 0.21 $\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 0.025 ~ 0.18 $\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间。

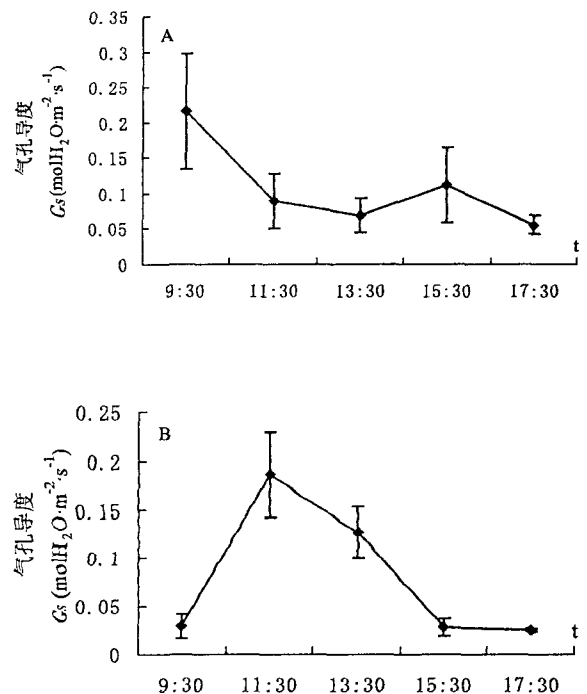


图3 Onza (A) 和 Cajamarca (B) 辣椒的气孔导度日变化

Fig.3 The diurnal variation of gas conduction of Onza (A) and Cajamarca (B)

2.4 不同品种辣椒幼苗胞间 CO₂ 浓度日变化

如图 4 所示, Onza 和 Cajamarca 2 个品种胞间 CO₂ 浓度变化趋势相反。Onza 在 9:30 时为 296.85 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$, 之后下降, 到 11:30 时, 达最低值 206.88 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$, 然后上升。到 17:30 时上升到最大值 437.5 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$; Cajamarca 品种 11:30 时达最大值 298.16 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 之后逐渐下降, 17:30 达最低 -4.45 $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

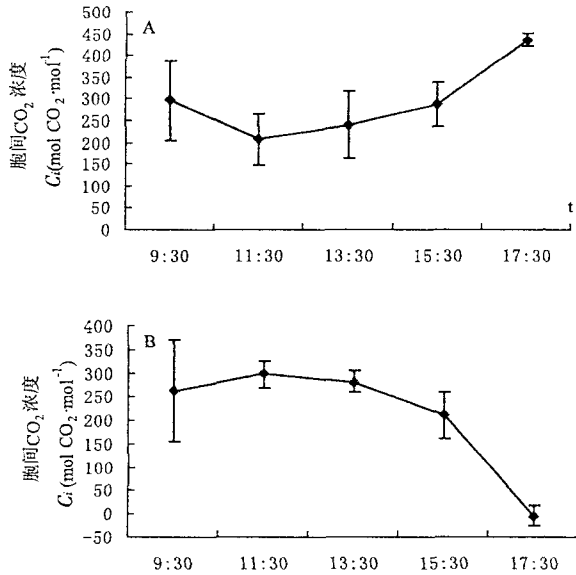


图4 Onza (A) 和 Cajamarca (B) 辣椒的胞间 CO₂ 浓度日变化

Fig.4 The diurnal variation of intercellular CO₂ concentration of Onza (A) and Cajamarca

(B)

2.5 不同品种辣椒幼苗蒸腾速率日变化

如图5所示,Onza 和 Cajamarca 2个品种蒸腾速率的变化趋势与净光合速率的变化趋势一致,均在11:30达最大值,分别为 $2.72 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $3.11 \text{ mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

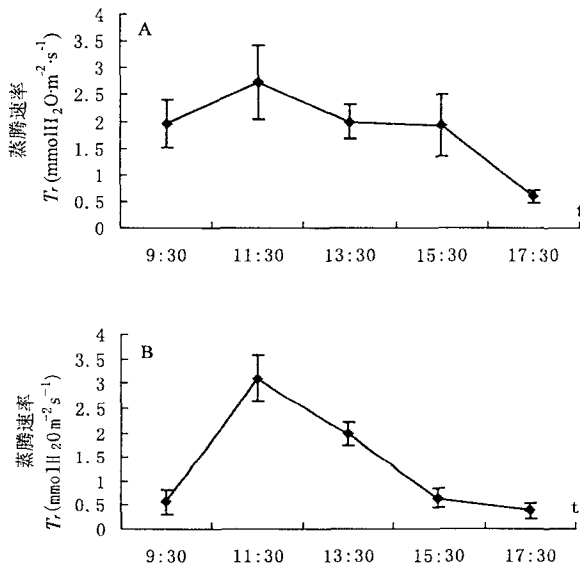


图5 Onza (A) 和 Cajamarca (B) 辣椒的蒸腾速率日变化

Fig.5 The diurnal variation of intercellular CO₂ concentration of Onza (A) and Cajamarca (B)

3 讨论

本实验结果表明, Onza 和 Cajamarca 的光合特性差异极大。2个品种的光饱和点和光补偿点存在较大差异, Onza 的光饱和点高于 Cajamarca, 且在相同光照强度下 Onza 的净光合速率高于 Cajamarca, 而 Onza 的光补偿点低于 Cajamarca(图1、表1)。表明 Onza 的光合能力强于 Cajamarca, 从而积累了干物质, 有利于植物生长(陈银华, 1998)。

植物的生长是依靠植物的光合作用制造有机物来实现的, 很大程度上反映了植物的生存能力和竞争能力。影响绿色植物光合作用的因素包括内部因素(品种特性、叶龄、叶绿色、叶面积指数等)和外界因素(光照、水分、温度、二氧化碳体积分数), 光合作用受气孔因素和非气孔因素的影响, 气孔导度是衡量气孔因素的重要指标(刘玉华, 贾志宽, 史纪安等, 2006)。实验表明, Onza 和 Cajamarca 的最大气孔导度分别为 0.025 、 $0.21 \text{ mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (图3), 说明 Cajamarca 气孔阻力较大, 限制光合作用的进行。影响植物蒸腾作用的因素有内部因素和外部因素, 内部因素包括气孔频度、气孔大小、气孔开度等, 外部因素包括光照、温度、大气湿度、大气风速等(陈永金等, 2004)。2个辣椒品种的蒸腾速率变化相似(图5), 表明水分对光合产物的影响不明显。胞间 CO₂ 浓度是影响光合速率的一个重要参数, 相关研究表明, 引起叶片光合速率降低的植物自身因素不外乎气孔的部分关闭引起的气孔限制和叶肉细胞活性下降引起的非气孔限制两类, 前者使胞间 CO₂ 浓度降低, 后者使胞间 CO₂ 浓度升高(韩瑞宏等, 2008)。Onza 的胞间 CO₂ 浓度呈升高趋势, Cajamarca 的胞间 CO₂ 浓度呈下降趋势, 且最大胞间 CO₂ 浓度分别为 $437.5 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $298.16 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ (图4), 表明 Cajamarca 光合产率低可能是由于气孔的部分关闭引起, 但具体的原因需要进一步研究。

[REFERENCES]

- Chen Q H, 2008. Analyses of photosynthetic characteristics in two groups of peppers[J]. *Journal of ShanQiu Teachers college*. 24(6): 95-97 (in Chinese).
- Chen Y H, 1998. Light intensity in chili photosynthetic characteristics and the effect of growth [J]. *Journal of Shanghai Agriculture*. 14(3): 46-50 (in Chinese).

- Chen Y J, Chen Y N, Xue Y, 2004. The progress and perspective of study on water consumption of vegetation in arid region[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 18(6):152-158(in Chinese).
- Chang W, Li S Y, Hu H *et al.*, 2007. Photosynthetic characteristic of three varieties of *Lilium* (Liliaceae) "Oriental Hybrids" in the middle of Yunnan Province[J]. *Yunnan Plant Research*, 29(1):109-114(in Chinese).
- Gardner F P, Pearce R B, Mitchell R L. 2005. *Physiology of Crop Plants*[M]. Ames: Iowa State University Press, 330.
- Han R H, Tian H, Zhang Y G *et al.*, 2008. The diurnal variation of leaf photosynthesis of alfalfa Gongnong No. 1[J]. *Pratacultural Science*, 25(6):34-38(in Chinese).
- Liu Y H, Jia Z K, Shi J A *et al.*, 2006. Daily dynamics of photosynthesis in alfalfa varieties under dry farming conditions [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 26(5):1468-1477 (in Chinese).
- Prioul JF, Chartier P, 1977. Partition of transfer and carboxylation component of intracellular resistance to photosynthetic CO₂ fixation: a critical analysis of the methods used [J]. *Ann Bot*, 41:789-800.
- Rothstein DE, Zak DR, 2001. Relationships between plant nitrogen economy and life history in three deciduous forest herbs [J]. *JEcol*, 89: 385-395.
- Stoskopf N C. 1991. *Understanding Crop Production*[M]. Reston, Virginia: Reston Publishing Company, 112.
- Sui X L, Jiang J Z, Wang Z Y *et al.*, 1999. Effect of low light intensity on photosynthetic characteristics of different sweet Pepper Cultivars [J]. *Acta Horticult Turae Sinica*. 26(5): 314 -318(in Chinese).
- Zou X X, Ma Y Q, Liu R Y *et al.*, 2006. Study of relational between net photosynthesis rate and agronomic character in pepper (*Capsicum annum*. L) [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 19: 270-275(in Chinese).

[附中文参考文献]

- 陈庆华, 2008. 两组辣椒品种的光合特性分析[J]. 商丘师范学院学报, 24(6): 95-97.
- 陈银华, 1998. 光照强度对辣椒光合特性与生长发育的影响 [J]. 上海农业学报, 14(3): 46-50.
- 陈永金, 陈亚宁, 薛燕, 2004. 干旱区植物耗水量的研究与进展[J]. 干旱区资源与环境, 18(6): 152-158.
- 常玮, 李树云, 胡虹, 樊亚宇, 2007. 3个东方百合品种在滇中鳞茎繁育中的光合特性[J]. 云南植物研究, 29(1): 109-114.
- 睦晓蕾, 蒋健箴, 王志源, 朱雨杰, 1999. 弱光对甜椒不同品种光合特性的影响[J]. 园艺学报, 26(5): 314 -318.
- 韩瑞宏, 田华, 张亚光, 莫亿伟, 卢欣石, 2008. 北京地区工农1号紫花苜蓿叶片光合作用日变化特征[J]. 草叶科学, 25(6): 34-38.
- 刘玉华, 贾志宽, 史纪安, 韩清芳, 曾庆飞, 2006. 旱作条件下不同苜蓿品种光合作用的日变化[J]. 生态学报, 26(5): 1468-1477.
- 邹学校, 马艳青, 刘荣云, 张竹青, 陈文超, 戴雄泽, 周群初, 李雪峰, 2006. 辣椒净光速率与农艺性状间的关联性研究[J]. 西南农业学报, 19(2):270-275.