

遮荫条件下草莓的光合特性变化*

迟伟 王荣富** 张成林 (安徽农业大学, 合肥 230036)

摘要 对宝交早生和硕丰两个草莓品种遮荫处理后测定其光合特性变化结果表明, 遮荫处理使两个草莓品种叶片光合速率显著降低, 分别下降了 20% 和 47%, 而表观量子效率分别提高了 13% 和 8%. 叶片中叶绿素含量升高而可溶性蛋白含量显著降低. 光系统Ⅱ电子传递活性(PSⅡ活性)分别下降了 22.5% 和 53.7%. 1,5 二磷酸核酮糖羧化酶(Rubisco)活性分别降低了 19.6% 和 35.3%. 进一步讨论了草莓光饱和速率下降的生理基础.

关键词 草莓 光合特征 遮荫

文章编号 1001- 9332(2001)04- 0566- 03 **中图分类号** Q945.11, S668.4 **文献标识码** A

Changes of photosynthetic characteristics of strawberry leaf under shading. CHI Wei, WANG Rongfu and ZHANG Chenglin (Anhui Agricultural University, Hefei 230036). Chin. J. Appl. Ecol., 2001, 12(4): 566~ 568.

Studies on the photosynthetic characteristics of two strawberry varieties (Baojiaozaosheng and Shuofeng) under shading showed that the photosynthesis rate decreased by 20% and 47%, when the apparent quantum efficiency increased by 13% and 8%, respectively. The chlorophyll content was enhanced slightly, while the insoluble protein content in leaf decreased drastically. The results also showed that the PSⅡ activity decreased by 22.5% and 53.7%, and the activity of Rubisco, the key enzyme of Calvin cycle, decreased by 19.6% and 35.5%, respectively. The reason of photosynthesis rate descent in light saturation point was also discussed.

Key words Strawberry, Photosynthesis character, Shading.

1 引言

草莓栽培中的一个突出问题是光照不足. 特别是塑料大棚中, 随着薄膜的老化, 透光率日益降低, 此问题尤为严重. 在草莓匍匐茎育苗中如果密度过高, 匍匐茎大量发生时植株之间相互遮荫也会产生光照不足的问题. 一般认为, 草莓是一种比较耐荫的植物, 因此在草莓栽培中光照不足问题一向未引起栽培学家的重视. 前人对草莓在低光下生理响应的研究尚停留在一般的形态指标的观察^[3,1]. 低光对草莓的影响, 低光下其光合效率等各项光合指标将会如何变化, 仍缺乏较为系统的研究. 本研究测定了两个草莓品种在遮荫处理后各项光合生理指标的变化, 拟从理论上探明低光对草莓光合特性的影响.

2 材料与方法

2.1 试验材料

试验于 1997~ 1999 年在江苏农业科学院遗传生理研究所试验地内进行. 供试材料为大面积推广的草莓品种(*Fragaria ananassa* Duch)/ 宝交早生 0 和/ 硕丰 0. 种植于高 25cm, 直径 20cm 的盆体内, 基质为砂壤土 10kg. 试验分自然光和遮荫 2 种处理. 以自然光下生长的为对照, 遮荫处理是在材料上方覆盖一层遮阳网, 高度为 1m, 网内光强约为自然光的 1/3. 遮荫处理时间为旺盛生长期(4 月 1 日至 5 月 1 日). 每个处理 15 盆, 每盆 1 株. 随机排列, 重复 3 次. 其它按常规栽培技术管理. 取新

生叶第 3 叶进行各项指标的测定. 每个数据为 5 次重复取得的平均值.

2.2 研究方法

用 LD6200 便携式光合仪测定光合速率. 把材料搬入室内, 调节人工光源(南京灯泡厂生产的生物效应灯), 得到不同强度的光强, 以测定光强对光合速率的影响. 气源为 340Lmol CO₂ # mol⁻¹, 21% O₂ 的人工配制气体(南京大学生产). 温度为 25℃ (温度由室温空调控制). 参照许大全^[12]方法用 200Lmol# m⁻²# s⁻¹ 以下光强测定的光合速率计算表观量子效率. 温度 2 光合速率曲线参照李德耀^[8]的方法用氧电极测定. 叶绿素含量按 Arnon^[1]方法测定. 可溶性蛋白按 Bradford^[3]方法测定. PSⅡ活性测定参照季本华^[6]的方法. Rubisco 活性测定按 Kung^[7]的方法.

3 结果

3.1 遮荫条件下草莓的光合特性

图 1 表明, 两个草莓品种经遮荫处理后对光强的响应与对照一致, 光合速率随光强上升的曲线形状相似, 但遮荫处理的整个曲线比对照低, 在不同光强下其光合速率都低于对照. 其中在遮荫条件下宝交早生饱和光合速率比对照低 20%, 硕丰低 47%. 值得注意的是在光强低于 300Lmol# m⁻²# s⁻¹ 时, 遮荫的宝交早生

* 国家重点基础研究规划项目(G1998010100).

** 通讯联系人.

2000- 09- 25 收稿, 2001- 02- 12 接受.

的光合速率反而高于对照, 可能是由于宝交早生对低光的适应性较强的缘故。

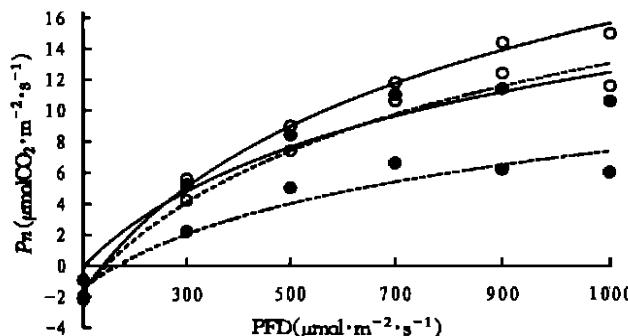


图 1 宝交早生和硕丰在遮荫和自然光条件下的光合速率
Fig. 1 Light photosynthetic rate of strawberry under natural and shading light.
) 宝交早生 Baojiaozheng, , 硕丰 Shuofeng . 自然光 Natural light, # 遮荫 Shading light. 下同 The same below.

光饱和点和光补偿点是衡量植物光能利用能力的两个重要指标。经处理后, 两个品种的光饱和点都显著降低, 由 $900 \text{ Lmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 降至 $700 \text{ Lmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 可能是由于长期生长在低光条件下, 突然暴露在强光下而遭受了光抑制的胁迫^[10]。但是光补偿点的变化却不一样, 宝交早生的光补偿点降低, 而硕丰的光补偿点升高。一般认为植物可通过光补偿点的降低来适应光强较低的环境, 遮荫条件下硕丰光补偿点升高的原因值得进一步探讨。

为进一步研究其光能利用效率, 测定了两个草莓品种在遮荫和自然条件下的表观量子效率(图 2)。结果表明, 遮荫处理后, 表观量子效率分别增加 13% 和 8%, 与在生姜上取得的结果吻合^[15]。这表明草莓可通过提高量子效率来适应外界光强的降低, 从而提高其光合效率。

徐克章^[14]研究表明, 当植物长期生长在不同光强条件下对温度的响应会有所改变。作者测定了其光合对温度响应曲线(图 3)。结果表明, 生长在自然和遮荫条件下的草莓对温度的响应一致, 均为单峰曲线, 最适温度均为 25 ℃。光合速率均降低。同时在各温度条件下(光强一致)经遮荫处理的光合速率均低于对照。表明在不同的温度条件下, 遮荫处理使草莓对光能利用

表 1 草莓宝交早生和硕丰在遮光条件下叶片叶绿素及可溶性蛋白含量变化
Table 1 Content of chlorophyll and soluble protein in leaves of Baojiaozheng and Shuofeng

品 种 Variety	叶绿素含量 Chlorophyll content						可溶性蛋白含量 Soluble protein content (mg#protein g⁻¹ FW)		
	Chl(a+b) (mg#d⁻¹#m⁻²)			Chla/Chlb			自然光(N) Shading light (S)	自然光(N) Shading light (S)	S/N(%) S/N (%)
	自然光(N) Natural light	遮光(S) Shading light	S/N(%) S/N (%)	自然光(N) Natural light	遮光(S) Shading light	S/N(%) S/N (%)			
宝交早生 Baojiaozheng	7.29 ^a 0.51	8.53 ^b 1.01	117.0	2.79 ^a 0.13	2.65 ^a 0.14	95.0	14.09 ^A 0.85	11.85 ^B 0.74	84.1
硕丰 Shuofeng	9.44 ^a 0.85	9.64 ^a 0.75	102.1	2.90 ^a 0.08	2.81 ^a 0.08	96.9	13.45 ^A 0.68	9.23 ^B 0.92	68.6

a, b 为自然光和遮荫处理之间在 0.05 水平差异显著, A, B 为自然光和遮荫处理之间在 0.01 水平差异极显著 a, b represent significant at 0.05 level between natural light and shading light; A, B represent significant at 0.01 level between natural light and shading light.

能力下降。

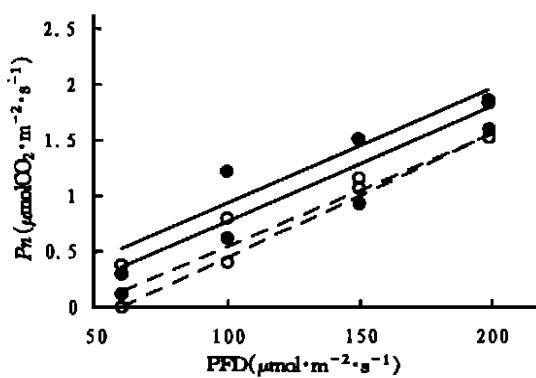


图 2 宝交早生和硕丰在遮荫和自然光条件下的表观量子效率
Fig. 2 Apparent quantum efficiency (AQY) of strawberry under natural and shading light.

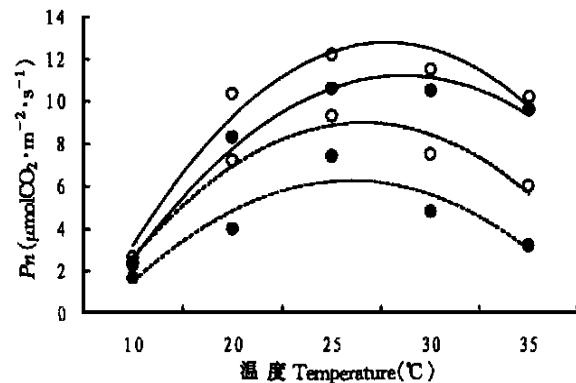


图 3 宝交早生和硕丰在遮荫和自然光条件下的温度光合速率
Fig. 3 Temperature photosynthesis rate of strawberry under natural and shading light.

3.1.2 遮荫条件下草莓叶片中叶绿素含量及可溶性蛋白含量的变化

从表 1 可以看出, 遮荫处理后两个草莓品种的叶绿素含量都增加, 其中宝交早生尤为明显, 增加了 17%。叶绿素含量的增加有利于植物吸收更多的光^[2]。在光反应系统中集光色素蛋白起捕获和传递光能的作用。因此通常在阴生条件下集光色素蛋白在光合单位中的相对含量会有所增加^[4]。由于 Chlb 主要存在于集光色素蛋白中, 因此 Chlb 在叶绿素中相对含量的增加可能与集光色素蛋白相对含量的上升有关。从本研究来看, 遮荫处理后 Chlb 相对含量 (Chla / Chlb)

有所变化,但不显著。因此遮荫处理后集光色素蛋白含量的变化值得进一步研究。

叶片中许多可溶性蛋白合成受光调控。生长在阴生条件下叶片中可溶性蛋白含量通常低于生长在正常条件下的叶片^[2]。本研究也充分证实了这一点。经处理后两个草莓品种的可溶性蛋白分别下降了 15.9% 和 31.4%。

3.1.3 遮荫条件下两个草莓品种的 PSⅡ活性和 Rubisco 活性变化

为探明草莓在遮荫条件下光合表现的生理基础,从光合亚过程光合电子传递和 C 同化揭示其生理基础。我们测定了光反应和暗反应的关键指标 PSⅡ活性和 Rubisco 活性的变化(图 4)。两者经遮荫处理后都明显下降,其中 PSⅡ活性分别下降了 22.5% 和 53.1%。Rubisco 活性分别下降了 19.6% 和 35.3%。这表明遮荫对草莓光合作用的影响与光反应和暗反应均有关系。

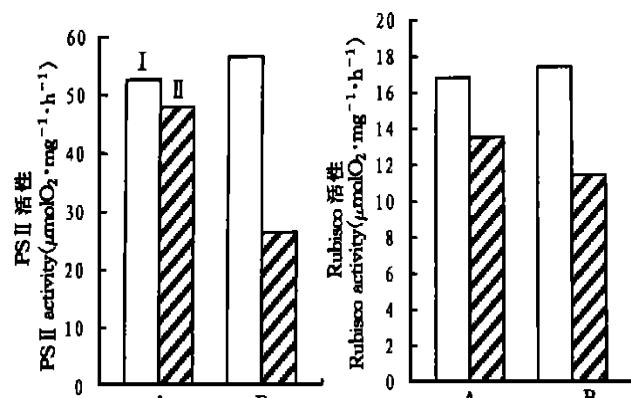


图 4 宝交早生(A)和硕丰(B)在自然光(N)和遮荫(O)条件下的 PSⅡ光合电子传递活性(a)和 Rubisco 活性(b)

Fig. 4 PSⅡ activity (a) and Rubisco activity (b) of strawberry under natural (N) and shading light (O).

4 讨 论

植物长期生长在低光条件下时,同强光下生长的对照相比较,其叶片光合电子传递体和光合作用的关键酶的含量明显降低,从而降低其光饱和的光合速率^[13]。本文研究证实了这一点。一般来说,光饱和速率与 Rubisco 的活性之间存在良好的正相关关系^[13]。从本研究来看,宝交早生的 Rubisco 活性下降较少,其光合速率极限值下降也较少。Rubisco 活性的降低,可能是由于光合电子传递活性降低,同化力 ATP 和 NADPH 的供应减少,影响了 Rubisco 活化酶的激活^[9]从而降低了 Rubisco 活性。

有关植物对低光强适应的生理机制,国外已有大量报告。前人已从群体、个体、叶片、细胞等水平加以阐明^[5]。近已明确,植物对外界较低光强的适应主要依

靠调节光系统组分^[4]和光合酶的活性。而草莓有关此方面的研究尚未见报道。从本研究结果来看,低光对草莓光合电子传递的抑制略高于对 Rubisco 的抑制。这可能暗示着草莓的光反应系统更易受到低光的影响。

植物在自然界的长期进化过程中,逐渐形成了一套生理机制来适应外界光强的变化。本研究的两个草莓品种经低光处理后,生理基础变化的趋势是相同的,但它们的低光适应特性存在明显的差异,就光合速率降低的幅度来看,宝交早生的低光适应性明显高于硕丰,且这种差异与其生理基础变化的差异相对应。因此上述工作可为低光适应性强的草莓品种的选育提供生理依据。

参考文献

- Arnon DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol, 24: 1~5
- Boardman NK. 1977. Photosynthesis of sun and shading plant. In: Winslow RB ed. Annu Rev Plant Physiology. California: Annual Review Inc. 28:355~371
- Bradford M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantity of protein utilizing the principle of protein dye binding. Annu Biochem, 72:248~254
- Chow WS, Anderson JM. 1996. Light regulation of the photosystem II and photosystem I reaction centers of plant thylakoid membrane. In: Baltscheffsky M ed. Current Research in Photosynthesis. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher. 315~326
- Givnish TJ. 1988. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. Aust J Plant Physiol, 15: 63~92
- Ji BEH(季本华), Li CG(李传国), G MZ(葛明治). 1994. Traits related to photoinhibition of photosynthesis in Indica and Japonica sub species of rice and their reciprocal cross F1 Hybrids. Acta Phytophysiol Sin(植物生理学报), 20(1): 8~16(in Chinese)
- Kung SD, Chollet R, Marsho TV. 1980. Crystallization and assay procedures of tobacco Rubisco α 1, 52bisphosphate Carboxylase oxygenase. In: Anthony San Pietro eds. Method in Enzymology. New York: Academic Press. 326~335
- Li DZY(李德耀), Ye LY(叶济宇). 1986. Some technical problems in using oxygen electrode. Plant Physiol Commun(植物生理学通讯), (5): 56~58(in Chinese)
- Li LZR(李立人). 1998. The structure, function and assembly of Rubisco. In: Yu SW(余叔文) eds. Plant Physiology and Molecular Biology(2nd edition). Beijing: Sciences Press. 262~276(in Chinese)
- Powl B. 1984. Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. Annu Rev Plant Physiol, 35: 15~44
- Wright CJ, Sandrang AK. 1995. Efficiency of light utilization in the strawberry (Fragaria @ xananassa cv Hapil). J Horticultural Sci, 70(5): 705~711
- Xu DQ(许大全), Xu BJ(徐宝基), Shen YG(沈允钢). 1990. Diurnal variation of photosynthetic efficiency in C₃ plants. Acta Phytophysiol Sin(植物生理学报), 16(1): 1~5(in Chinese)
- Xu DQ(许大全), Shen YG(沈允钢). 1998. The limit factor of photosynthesis. In: Yu SW(余叔文) eds. Plant Physiology and Molecular Biology (2nd edition). Beijing Sciences Press. 223~236(in Chinese)
- Xu KZ(徐克章), Shi YL(史跃林), Xu GM(许贵民). 1993. Studies on photosynthetic temperature characteristic of cucumber leaves in protected fields. Acta Hort Sin(园艺学报), 20(1): 51~55(in Chinese)
- Zhang ZX(张振贤), Ai XZ(艾希珍), Zou Q(邹崎). 2000. Studies on the diurnal changes of photosynthetic efficiency of Ginger. Acta Hort Sin(园艺学报), 27(2): 107~118(in Chinese)