

遮荫对刺五加叶片光合特性及光系统 II 活性的影响

王 振 兴, 范 书 田, 杨 义 明, 艾 军, 张 庆 田, 何 伟

(中国农业科学院 特产研究所, 吉林 长春 130112)

摘 要:以刺五加为试材,研究了全光照(对照)和遮荫条件下(30%遮荫)刺五加叶片光合特性及光系统 II 活性。结果表明:刺五加全光照条件下较遮荫净光合速率(Pn)和气孔导度显著降低,而细胞间隙 CO₂ 浓度(Ci)显著升高。JIP 分析发现,全光照条件下叶片的单位反应中心光能吸收(ABS/RC)和热耗散(DI₀/RC)较遮荫处理显著升高。然而全光照条件下叶片的最大光化学效率(Fv/Fm)、单位面积用于电子传递的光能(ET₀/CS)较遮荫显著降低。全光照条件抑制了刺五加叶片 PSII 电子供体侧、受体侧电子传递,最终导致光合作用能力下降。

关键词:刺五加;光合特性;JIP 分析;光系统 II

中图分类号:S 567.1⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)01-0148-03

刺五加(*Acanthopanax senticosus*)属五加科植物,其根、茎是我国东北地区重要的道地中药材。由于刺五加药用需求越来越多,野生资源被采挖药用,致使其种群数量急剧下降,现已达到了濒危状态,已被列为国家二类保护植物。

刺五加的野生生境多为半阴生环境,在全光条件下栽培适应性存在较大问题。如何采用简单有效的方式解决其遮荫的问题,已经成为制约五加栽培的重要技术环节。赵淑兰^[1]研究了光照强度对不同生境刺五加的作用,为开展人工栽培提供了技术指导。李昌禹等^[2]研究了遮荫条件下刺五加光响应特性,为刺五加遮荫栽培提供了理论依据。然而,对遮荫条件下刺五加的光合特性及光系统 II 活性的研究鲜有报道,因此研究遮荫条件下刺五加光合特性及光系统 II 活性,阐明刺五加生长与生境的关系,将为刺五加栽培应用提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以 7 年生植株为试验材料,选择地上枝条数及生长势基本一致的植株。

1.2 试验方法

6 月初搭建长 10 m、宽 2 m、高 2 m 的遮阳网,选用

黑色遮阳网进行遮荫处理,遮阳网设在离地面 2 m 高处。通过设置 30%遮光与全光处理 2 种光照处理,生长期间进行同样的田间管理,探讨光照对刺五加光合特性的影响。

1.3 项目测定

1.3.1 气体交换参数的测定 净光合速率(Pn)、细胞间隙二氧化碳浓度(Ci)、有效辐射(PAR)和气孔导度(Gs)的测定采用便携式光合仪(CIRAS-2, PP-Systems, Hertz, UK)于晴天上午进行测定。光源为 LED, PAR 1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, CO₂ 浓度 360 $\mu\text{mol}/\text{mol}$, 相对湿度 70%, 气体流速 196 mL/min, 每个处理重复 3 次。

1.3.2 快速荧光动力学曲线的测定 遮荫处理完成后,于晴天上午利用英国 Hansatech 公司生产的植物分析仪 Pocket-PEA 进行快速荧光诱导动力学曲线的测定。测定前先用暗适应夹夹住叶片,暗适应 15 min,每个处理重复 6 次。

1.3.3 JIP-test 分析 根据 Strasser 等^[3-4]JIP-test 进行分析,对获得的 OJIP 荧光诱导动力学曲线进行分析。主要得到以下参数:单位面积用于电子传递(ET₀/CS)的能量;单位反应中心吸收(ABS/RC)和热耗散(DI₀/RC)的能量;最大光化学效率(Fv/Fm)、J 相的相对可变荧光(V_j)。

1.4 数据分析

试验数据采用 SAS 6.0 软件进行统计分析,采用 Excel 软件做图。

2 结果与分析

2.1 遮荫对刺五加光合作用的影响

通过对遮荫处理及全光照下叶片净光合速率进行

第一作者简介:王振兴(1982-),男,河北邯郸人,硕士,研究实习员,现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail:zhenxinghd@aliyun.com.

责任作者:艾军(1968-),男,吉林磐石人,博士,研究员,现主要从事果树生理生化等研究工作。E-mail:aijun1005@163.com.

基金项目:吉林省科技发展计划资助项目(吉林省科技厅 20110921)。

收稿日期:2014-09-09

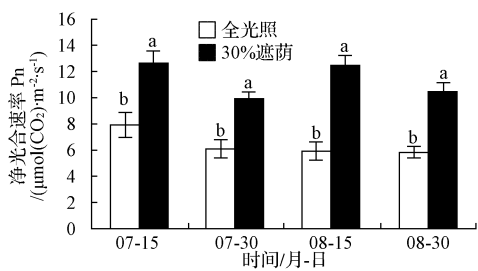


图 1 30%遮荫及全光照处理在不同时期净光合速率的变化测定,结果显示 30%遮荫条件下净光合速率值显著高于全光照条件(图 1)。与遮荫相比较,全光照处理气孔导度则显著降低,然而胞间 CO₂ 浓度则升高(表 1)。

通过对不同时期刺五加遮荫与未遮荫处理净光合速率测定,结果发现全光照条件处理的刺五加叶片净光合速率值均低于遮荫处理,全光照条件下叶片衰老较快,而遮荫条件下叶片在生长季末期虽有降低,但仍维

表 1 不同处理对光合有效辐射、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度的影响

处理	光合有效辐射 PAR /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	气孔导度 Gs /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)	胞间 CO ₂ 浓度 Ci /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
全光照	1 642±23 ^a	111±16 ^a	259±8.5 ^a
30%遮荫	1 040±21 ^b	204±18 ^b	239±7.3 ^b

持较高的净光合速率。

2.2 遮荫对刺五加荧光参数的影响

为了更清晰的比较不同处理间荧光动力学曲线的改变,快速叶绿素荧光诱导动力学曲线用(F_o-F_m)标准化后得到相对可变荧光 V_i(图 2-A),对于全光照处理,其 J 相的相对可变荧光(V_j)显著升高(图 2-A,表 1)。通过比较相对可变荧光 V_i的差值 ΔV,发现在 300 μs 左右的特征位点处叶绿素荧光产量有显著升高,出现明显 K 点。这些结果均表明全光照下使 PSII 的电子供体侧和电子受体侧均受到了抑制。

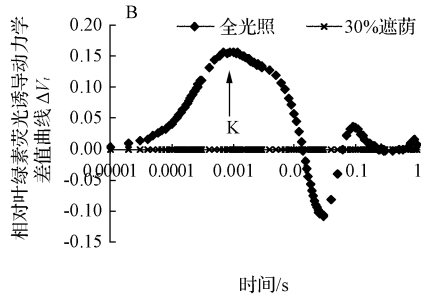
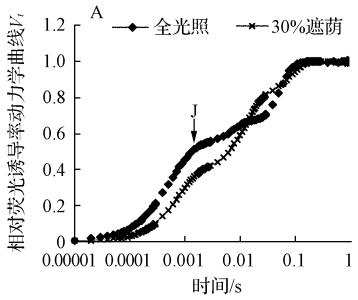


图 2 全光照和遮荫处理下叶片 PSII 相对荧光诱导动力学曲线 V_t和相对叶绿素荧光诱导动力学曲线差值曲线 ΔV_t的影响

由表 2 可知,全光照条件下的 F_v/F_m 较遮荫处理显著降低。为了更清晰地了解不同处理条件下刺五加叶片光系统 II 活性的变化,经由 JIP-test 分析得到叶绿素荧光诱导动力学曲线参数,结果表明,全光照条件下

叶片的单位反应中心光能吸收(ABS/RC)和热耗散(DI₀/RC)较遮荫处理显著升高。然而全光照条件下叶片的单位面积用于电子传递的光能(ET₀/CS)较遮荫显著降低。

表 2 不同遮荫处理对刺五加叶片荧光参数的影响

处理	单位反应中心吸收的光能 ABS/RC	单位反应中心耗散的光能 DI ₀ /RC	单位面积内用于电子传递的光能 ET ₀ /CS	最大光化学效率 F _v /F _m	J 相的相对可变 荧光 V _j
全光照	2.39±0.91 ^a	0.62±0.13 ^a	165±23.21 ^a	0.67±0.10 ^a	0.48±0.05 ^a
30%遮荫	1.48±0.13 ^b	0.29±0.03 ^b	210±3.82 ^b	0.80±0.00 ^b	0.36±0.01 ^b

由图 3 可知,全光照较遮荫处理最显著的特征是单位面积有活性反应中心数目降低(黑色圆圈表明失活地反应中心),这使得每个有活性的反应中心吸收的光能增加(ABS/RC)、热耗散(DI₀/RC)增加,用来还原 QA 的激发能(TR₀/RC)增加,表明剩余的有活性的反应中心的耗能效率确实提高了。此外全光照处理下叶片的单位面积内吸收、捕获以及用于电子传递的光能较遮荫降低,而用于热耗散的光能则升高。

3 讨论

植物光合速率受到气孔限制和非气孔限制的影响^[5]。全光照刺五加净光合速率低的原因主要由非气孔因素造成的,如光抑制。全光照条件下叶片容易受到

光抑制,甚至光破坏,造成严重的日灼。而遮荫则避免过强的光照直接作用于叶片,避免了光抑制的发生。叶绿素诱导动力学曲线中 K 相的出现已经被广泛的作为衡量放氧复合体伤害的一个指标^[6-7],该研究中,全光照条件下 K 点的相对可变荧光值升高,可能是由于全光照条件下,叶片温度升高,导致电子供体侧受到抑制。此外,J 点的相对可变荧光值升高说明受体侧也受到抑制。JIP-test 的相关参数说明在全光照条件下,刺五加叶片容易产生光抑制,使得部分反应中心失活,电子传递的受体侧和供体侧均受到抑制,电子传递受阻,过多的光能只能以热耗散的形式耗散掉。此外,由于有活性反应中心的数目减少,使得剩余的反应中心的效率被迫提

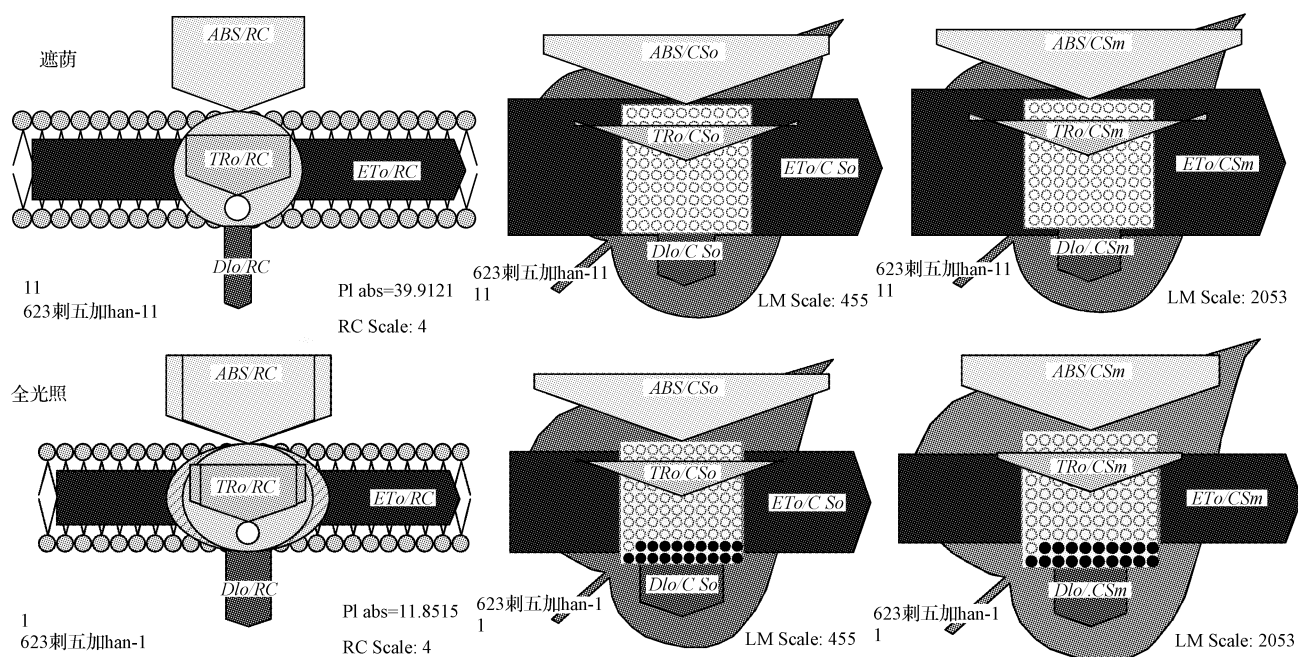


图3 全光照和遮荫后叶片和类囊体膜中光合机构的比活性的变化模式

高,表现为单位反应中心吸收(ABS/RC)和捕获的光能(TR_o/RC)提高。全光照下的刺五加叶片所接受的光能不能通过光化学以及热等形式耗散,剩余的光能就会激发活性氧的产生,造成光破坏,破坏膜结构,产生日灼现象,在生长后期叶片表现为早衰。

参考文献

- [1] 赵淑兰. 光照强度对不同栽培环境下刺五加生长发育的影响[J]. 特产研究, 2004(3): 18-19.
- [2] 李昌禹, 王振兴, 张庆田, 等. 刺五加田间栽培光响应特性研究[J]. 北方园艺, 2011(5): 195-197.
- [3] Strasser R J, Srivastava A, Tsimilli-Michael M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples[M]//Yunus M, Pathre U, Mohanty P (eds). Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation

and Adaptation. Taylor and Francis, Bristol; Plenum Press, 2000; 445-483.

- [4] Strasser R J, Tsimilli-Michael M, Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient[M]//Papageorgiou G, Govindjee (eds). Advances in Photosynthesis and Respiration. Netherlands; KAP Press, Chapter, 2004, 12: 1-47.
- [5] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1997, 33(4): 241-244.
- [6] Guissé B, Srivastava A, Strasser R J. The polyphasic rise of the chlorophyll a fluorescence (O-K-J-I-P) in heat stressed leaves[J]. Archs Sci Genève, 1995, 48: 147-160.
- [7] 李鹏民, 高辉远, Strasser R J. 快速叶绿素荧光诱导动力学分析在光合作用研究中的应用[J]. 植物生理学与分子生物学学报, 2005, 31(6): 559-566.

Effect of Shading on Photosynthetic Characteristics and Activity of Photosystem II in Leaves of *Acanthopanax senticosus*

WANG Zhen-xing, FAN Shu-tian, YANG Yi-ming, AI Jun, ZHANG Qing-tian, HE Wei

(Institute of Special Wild Economic Animal and Plant Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130112)

Abstract: Taking *Acanthopanax senticosus* as material, the changes of photosynthetic characteristics and activity of photosystem II in leaves of *Acanthopanax senticosus* under natural condition (control) and under continuous shading condition (30% shading) were studied respectively. The results showed that net photosynthetic rate (P_n) and stomatal conductance (G_s) decreased significantly, but intercellular CO_2 concentration (C_i) increased under natural condition. JIP-test protocol revealed that the specific energy fluxes (per RC) for absorption (ABS/RC) and dissipation (DI_o/RC) under natural condition increased significantly compared shading, however, the maximal quantum yield of PSII photochemistry (F_v/F_m) and the phenomenological energy fluxes (per excited cross-section, CS) for electron transport (ET_o/CS) decreased. Donor side and acceptor side of PSII in leaves of *Acanthopanax senticosus* under natural condition could cause the inhibition of electron transportation significantly, which finally result in the decrease of photosynthesis.

Keywords: *Acanthopanax senticosus*; photosynthetic characteristics; JIP test; photosystem II