

蓝光对水稻幼苗光合作用的影响

余让才* 潘瑞炽

(华南师范大学生物系, 广州, 510631)

摘要 研究了长期蓝光处理对水稻幼苗光合性状的影响。结果表明: 比较白光处理对照, 蓝光处理水稻幼苗的总叶绿素含量, 叶绿体光合磷酸化及光合速率下降, 而 RuBP 羧化酶、加氧酶及乙醇酸氧化酶活性增强。蓝光处理降低水稻幼苗光合速率的原因, 除蓝光诱导叶绿素合成的效率较低及降低了叶绿体光合磷酸化速率外, 可能还与蓝光促进了水稻幼苗的光呼吸速率有关。

关键词 蓝光; 光合速率; RuBP 羧化酶; RuBP 加氧酶; 乙醇酸氧化酶; 水稻

中图分类号 Q 945.11

植物光合机构的发育长期受光的调控。在叶绿体发育过程中, 至少有 4 种色素与该过程有关: 光敏色素, 原叶绿素酸酯, 隐花色素及叶绿素 (Virgin et al, 1983)。光通过影响这些色素而参与对叶绿体发育的调控。光对叶绿素的合成和 CO_2 交换速率的影响取决于光质和光强 (Bukhov et al, 1992)。

长期蓝光处理对高等植物光合机构发育影响的研究不多。生长于蓝光下的水稻幼苗和人参的叶绿体基粒发育较差, 光合速率较低 (李韶山等, 1994; 刘立侠等, 1993)。但有研究认为蓝光处理可以提高 RuBP 羧化酶的活性 (Eskin et al, 1991; Poyarkova et al, 1973)。为什么蓝光处理能提高 RuBP 羧化酶的活性而光合速率反而降低? 本文拟对这一问题进行探讨。

1 材料与方法

1.1 材料培养

水稻 (*Oryza sativa* L.) 特三矮 2 号由广东省农科院水稻研究所提供。种子在 28°C 下浸种和催芽。在绿色安全灯下, 选生长健壮、整齐一致的幼苗用木村 B 营养液 (倪晋山, 1985) (其中柠檬酸铁用 Fe-EDTA 代替) 培养, 同时进行光处理, 培养液每 5d 更换 1 次, 培养温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 。

1.2 光源及光处理

蓝色荧光灯 (广州灯泡厂制造) 发射的光经 PG627/3 蓝色滤光片 (德国生产) 过滤获得的光作为本研究的蓝光。蓝光的最高峰在 450 nm, 半高宽为 43 nm, 光质较纯。用普通市售的白色荧光灯发射的光作为白光对照。蓝光和白光的光强均为 $16 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。光/暗周期为 12/12 h。

1995-09-04 收稿

* 现在华南农业大学博士后流动站工作。

1.3 叶绿素含量测定

按 Arnon(1949) 的方法。含量用单位叶鲜重中的含量表示。

1.4 光合速率的测定

用 LI-6200 分析仪测定幼苗第 2 片真叶的光合速率。光照强度 $60.9\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

1.5 RuBP 羧化酶、RuBP 加氧酶和乙醇酸氧化酶活性测定

参照叶庆生等 (1993) 的方法提取酶液。按 Lilley et al (1974) 方法测 RuBP 羧化酶活性; 按王维光 (1985) 方法测 RuBP 加氧酶活性; 按 Baker et al (1966) 方法测乙醇酸氧化酶活性。酶活性用单位时间, 单位蛋白消耗底物或生成物的量表示。

1.6 叶绿体光合磷酸化的测定

按叶济宇等 (1985) 的方法分离叶绿体; 取 0.2 mL 叶绿体悬浮液加入 0.8 mL 反应液 (内含 $20\text{ m mol/L Tris-HCl pH } 8.0$, 5 m mol/L MgCl_2 , $0.5\text{ m mol/L K}_3\text{Fe(CN)}_6$, 1 m mol/L ADP , $1\text{ m mol/L Na}_2\text{HPO}_4$) 于 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴中照光 90 s。加入 0.1 mL 20% 三氯乙酸终止反应。离心后用荧光素-荧光素酶法测定上清液中的 ATP 含量 (李立人等, 1980), 活性用单位时间、单位叶绿素生成的 ATP μmol 表示。

1.7 蛋白质含量测定

按 Peterson(1977) 的方法。

2 结果与分析

2.1 蓝光对水稻幼苗叶绿素含量的影响

光处理第 10 d 测定了叶片叶绿素的含量 (表 1)。结果表明, 蓝光处理幼苗叶片的叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总量均低于白光处理幼苗, 但蓝光处理提高了叶绿素 a/b 的比值。

表 1 不同光质处理对水稻幼苗叶绿素含量的影响

光处理	叶绿素含量 / $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$			a/b 比值
	a	b	a+b	
蓝 光	2.251 ± 0.019	0.658 ± 0.041	2.909	3.411
白 光	2.721 ± 0.048	0.865 ± 0.009	3.586	3.148

2.2 蓝光对幼苗光合速率和叶绿体光合磷酸化的影响

光处理第 10 d 材料的测定结果表明, 蓝光降低幼苗的光合速率, 只有白光对照处理的 80%; 幼苗叶绿体光合磷酸化速率在蓝光处理下只有白光对照的 88% (表 2)。

2.3 蓝光对幼苗 RuBP 羧化酶、RuBP 加氧酶活性及其比值的影响

测定了光处理第 10d 幼苗的酶活性。结果表明, 蓝光提高了 RuBP 羧化酶和 RuBP 加氧酶的活性, 分别与白光对照提高 34% 和 43%。蓝光降低了 RuBP 羧化酶与 RuBP 加氧酶活性的比值 (表 3)。

表 2 蓝光对幼苗光合速率和叶绿体光合磷酸化速率的影响

光处理	净光合速率 / $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{S}^{-1}$	光合磷酸化 / $\mu\text{mol ATP}\cdot\text{mg}^{-1}\cdot\text{chl}\cdot\text{h}^{-1}$
蓝 光	$4.022\pm0.349(80.5)$	$218.2\pm11.3(87.6)$
白 光	$4.995\pm0.358(100)$	$249.1\pm13.2(100)$

表 3 蓝光对幼苗 RuBP 羧化酶和 RuBP 加氧酶活性及其比值的影响

光处理	RuBP 羧化酶 / $\mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{min})^{-1}$	RuBP 加氧酶 / $\mu\text{mol} \cdot (\text{mg} \cdot \text{min})^{-1}$	羧化/加氧比值
蓝 光	0.305(133.8)	0.127(142.7)	2.40
白 光	0.228(100)	0.089(100)	2.56

2.4 蓝光对幼苗乙醇酸氧化酶活性的影响

光处理后不同时间取样分析乙醇酸氧化酶活性的结果显示,蓝光处理增强了乙醇酸氧化酶的活性。在光处理第 10d 时,蓝光处理幼苗乙醇酸氧化酶活性比白光处理对照高 1.3 倍左右(图 1)。

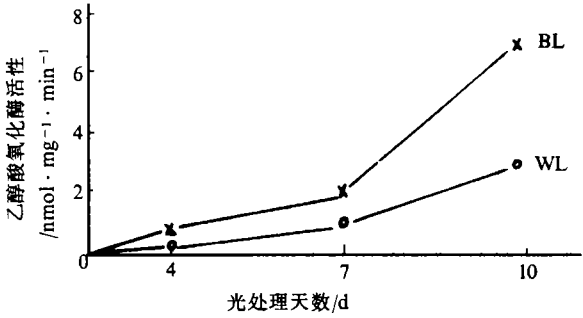


图 1 蓝光对水稻幼苗乙醇酸氧化酶活性的影响

3 讨论

不同光质诱导叶绿素合成的有效性与光照强度有关(Eskins et al,1987)。在本研究光强条件下,与白光处理幼苗相比,蓝光处理水稻幼苗叶绿素含量、叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量均降低,而叶绿素 a/b 比值提高。该结果与李韶山等(1994)的报道比较一致。说明蓝光诱导叶绿素合成的效率低于同光强的白光。

蓝光处理降低了幼苗的光合速率和叶绿体光合磷酸化速率(表 2)。这可能与蓝光下叶绿体基粒发育较差(李韶山等,1994)有关。RuBP 羧化酶是光合碳同化的限速酶,光饱和下的光合速率与 RuBP 羧化酶活性之间有很好的相关(Bjorkman,1981)。本研究表明蓝光处理显著地提高了 RuBP 羧化酶活性但却降低了幼苗的净光合速率,与前人的研究基本一致。但进一步分析RuBP加氧酶及乙醇酸氧化酶活性的结果说明蓝光也同时加强了这两种酶的活性,且 RuBP羧化酶与 RuBP 加氧酶活性的比值还略有降低,这样便能较好地解释蓝光下 RuBP 羧化酶活性加强与净光合速率下降的不一致:第一,本试验光合测定时的光强未达到饱和光强;第二,蓝光处理幼苗的叶绿素含量和叶绿体光合磷酸化速率降低,说明其光能利用效率降低;第三,尽管蓝光提高了 RuBP 羧化酶的活性,但其 RuBP 羧化酶与 RuBP 加氧酶活性的比值却反而降低;第四,根据蓝光提高了幼苗 RuBP 加氧酶和乙醇酸氧化酶活性的结果,暗示蓝光可能促进了水稻幼苗的光呼吸。据Schrader(1976)的研究,蛋白质含量高的燕麦栽培品种其光呼吸也较强,两者有正相关关系。蓝光下生长的水稻幼苗含有更多的甘氨酸、丝氨酸和蛋白质(李韶山等,1995),这可能与蓝光增强了幼苗的光呼吸有关。

关于蓝光对植物光呼吸的影响还有待进一步的研究。

参 考 文 献

- 王维光. 1985. 二磷酸核酮糖RuBP加氧酶的测定. 见: 上海植物生理学会编. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 123 ~ 125
- 叶庆生, 潘瑞炽, 丘才新. 1993. 墨兰光合途径的研究. 植物学报, 35(6): 441 ~ 446
- 叶济宇, 钱月琴. 1995. 希尔反应活力的分光光度法测定. 见: 上海植物生理学会编, 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 104 ~ 107
- 刘立侠, 唐树延, 许守民, 等. 1993. 光质对人参叶绿体结构和光合性状的影响. 植物学报, 35(8): 588 ~ 592
- 李立人, 孙炳荣. 1980. 微量ATP的荧光素酶分析方法的研究. 生物化学与生物物理进展, (6): 60 ~ 62
- 李韶山, 潘瑞炽. 1994. 蓝光对水稻幼苗叶绿体发育的影响. 中国水稻科学, 8(3): 588 ~ 192
- 李韶山, 潘瑞炽. 1995. 蓝光对水稻幼苗碳水化合物和蛋白质代谢的调节. 植物生理学报, 21(1): 22 ~ 28
- 倪晋山. 1985. 水稻的溶液培养. 见: 上海植物生理学会编, 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 63 ~ 64
- Arnon D J. 1949. Copper in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol 24:1 ~ 5
- Baker A L, Tolbert N E. 1966. Glycolate oxidase (ferroxin-containing form). In: W A Wood ed, Methods in Enzymology. Vol.9. New York: Academic Press, 288 ~ 457
- Bjorkman O. 1981. Responses to different quantum flux densities. In: Lange OL et al(eds), Encyclopedia of Plant Physiology, N. S. Vol 12A. New York: Springer-Verlag, 57
- Bukhov N G, Drozdova I S, Bondar V V et al. 1992. Blue, red and blue plus red light control of chlorophyll content and CO₂ gas exchange in barley leaves: Quantitative description of the effect of light quality and fluence rate. Physiol Plant, 85: 632 ~ 638
- Eskins K, McCarthy S A. 1987. Blue, red and blue plus red light control of chloroplast pigments and pigment-proteins in corn mesophyll cell: irradiance level-quality interaction. Physiol Plant, 71:100 ~ 104
- Eskins K, Jiang C Z, Shibles R. 1991. Light-quality and irradiance effects on pigments, light-harvesting proteins and Rubisco activity in a chlorophyll- and light-harvesting-deficient soybean mutant. Physiol Plant, 83:47 ~ 54
- Peterson G L. 1977. A simplification of the protein assay methods of Lowry et al, which is more generally applicable. Anal Biochem, 83: 346 ~ 356
- Poyarkova N M, Drozdova I S, Voskresenskaya N P. 1973. Effects of blue light on the activity of carboxylating enzymes and NADP⁺-dependent glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase in bean and maize plants. Photosynthetica, 7:58 ~ 66
- Schrader L E. 1976. Nitrogen and carbon metabolism. In: Bewley J D, ed. Development in Plant and Soil Science: Vol.3. [s.l.]:[s.n.], 385 ~ 396
- Virgin H I, Egneus H S. 1983. Control of plastid development in higher plants. In: Shropshire W, Mohr H, eds. Encyclopedia of Plant Physiology, New series: Vol 16A. New York: Springer-Verlag, 289 ~ 311

EFFECT OF BLUE LIGHT ON THE PHOTOSYNTHESIS OF RICE SEEDLINGS

Yu Rangcai Pan Ruichi

(Dept. of Biology, South China Normal Univ., Guangzhou, 510631)

Abstract

The effect of long-term blue light on the photosynthesis of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings was studied. Compared to white light treatment, the blue light treatment induced lower photosynthetic rate, photophosphorylation rate of chloroplasts and chlorophyll content, and higher activities of RuBPCase, RuBPO and glycolate oxidase. It is suggested that augmented photorespiration in the blue light treatment may be one of the reasons for decreased photosynthetic rate.

Key words blue light; photosynthetic rate; RuBPCase; RuBPO; glycolate oxidase; rice

《中国高等学校自然科学学报编排规范》选登

论文中图的绘制

- 1) 图要精选,具有自明性,切忌与表及文字表述重复。
- 2) 图要精心设计和绘制,要大小适中,线条均匀,主辅线分明。图中文字与符号均应植字,不用手写,缩尺后字的大小以处于 6 号至新 5 号之间为宜。
- 3) 坐标图标目中的量和单位符号应齐全,并分别置于纵、横坐标轴的外侧,一般居中排。横坐标的标目自左至右;纵坐标的标目自下而上,顶左底右。坐标图右侧的纵坐标标目的标注方法同左侧。
- 4) 图中的术语、符号、单位等应同表及文字表述所用的一致。
- 5) 图若卧排,应顶左底右,即双页图顶向切口,单页向订口。
- 6) 图在文中的布局要合理,一般随文编排,先见文字后见图。图旁空白较大时,可串排文字。
- 7) 插图图版可另编页码,且须在图版上方标识文章的题名和所在页码。
- 8) 图应有以阿拉伯数字连续编号的图序和简明的图题。图序和图题间空 1 个字长,一般居中排于图的下方 1。