

鱼腥藻 1017 株的混合营养型生长

金传荫 宋立荣 黎尚豪

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

提 要

鱼腥藻 1017 株混合营养型生长有其特点, 外源葡萄糖对生长的刺激不仅在低光强 (800lx), 而且在高光强 (7000lx) 也表现出来。其混合营养型生长速率在 800—7000lx 范围内随光照强度的增加而增加, 在葡萄糖浓度 5—20mmol/L 范围内随外源葡萄糖浓度增加而增加。鱼腥藻 1017 株混合营养型生长与光能自养生长相比, 生长速率明显提高, 对数生长期延长, 收获物浓度显著增高, 生物量显著提高。

关键词 混合营养型生长, 鱼腥藻

蓝细菌在进行光能异养型生长时, 能同化外源有机物, 包括碳水化合物、氨基酸、羧酸、嘌呤、嘧啶、核苷和核苷酸^[1,2], 还未发现一种蓝细菌不能同化外源有机物^[3]。只是它们对外源有机物的利用程度不同而已。只要有外源有机物存在, 蓝细菌在光照下就不是进行严格的光能自养型生长, 而是进行混合营养型生长。

蓝细菌在进行混合营养型生长时, 外源有机物对其生长速率的作用, 已有一些报道。一般认为, 光强接近饱和时, 外源有机物不增加生长速率, 只有在低光强 (800lx 以下) 时, 外源碳水化合物才表现出增加生长速率的作用^[4-10]。但 Fay^[11]报道 *Chlorogloea fritschii* (佛氏绿胶藻) 在 300 烛光 (约 3200lx) 高光强时, 外源葡萄糖能显著刺激生长。

我们在前文^[12]中已报道, 满江红鱼腥藻在 5500lx 高光强下生长时, 添加外源果糖或葡萄糖仍显著促进生长。鱼腥藻 1017 株表现出类似的特点, 它们与文献中已报道的蓝细菌不同。我们对鱼腥藻 1017 株混合营养型生长的特点进行了研究, 并讨论了将来在封闭式培养系统中利用这一特点的可能性。

1 材料与方法

基本上与前文^[13]相同。

2 结果

2.1 鱼腥藻 1017 株混合营养型生长与光能自养生长的比较

鱼腥藻 1017 株无论在低光强还是高光强, 外源葡萄糖都显著促进生长, 即使光强

提高到 7000lx 还是如此。

鱼腥藻 1017 株混合营养型生长与光能自养生长相比, 生长速率显著提高, 对数生长期有所延长, 收获物的细胞密度明显增加, 生物量大幅度提高。我们对比一下鱼腥藻 1017 株在 5000lx 光照强度下混合营养型生长与光能自养生长的生长曲线, 就可直观地看出这些区别(图 1)。图 1a 的纵坐标是以对数表示的; 为了更直观地说明生物量的差异, 图 1b 纵坐标用常量表示, 可看到鱼腥藻 1017 株混合营养型生长与光能自养生长相比, 生物量大幅度提高。图中生物量是用 A_{665} 表示的, 我们用 A_{730} 、干重、叶绿素含量作生物量指标, 也得到同样的结果。

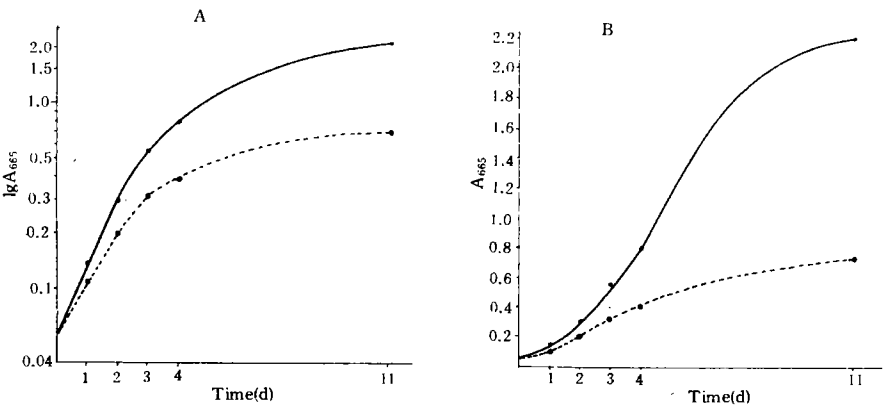


图 1 鱼腥藻 1017 株在 5000lx 光照强度下混合营养型生长与光能自养生长的生长曲线

Fig.1 The growth curves of mixotrophic and photoautotrophic culture of *Anabaena* SP. HB 1017 at 5000 lx.

●—●混合营养型生长; Mixotrophy; ○—○光能自养生长; Photoautotrophy

2.2 光照强度和外源葡萄糖浓度对鱼腥藻 1017 株混合营养型生长的影响

图 2 展示了实验结果。先看 5000lx 光照强度下生长速率与外源葡萄糖浓度之间的

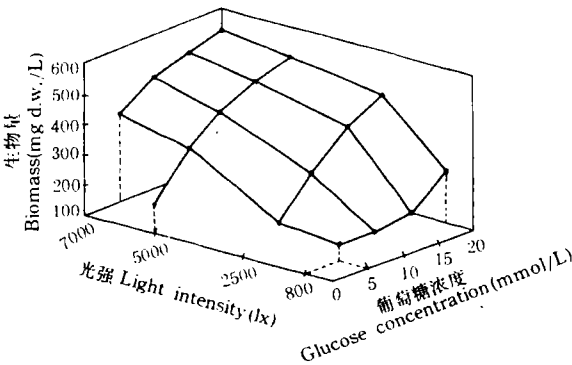


图 2 光照强度和外源葡萄糖浓度对 *Anabaena* SP. HB 1017 混合营养型生长的影响

Fig.2 The effects of light intensity and exogenous glucose concentration on mixotrophical growth of *Anabaena* SP. HB 1017

* 静置培养 3d, 连续光照, 室温 27—34℃, 接种量 16mg / L Batch culture at room temperature of 27—34℃, illuminated continuously, with inoculum of 16 mg / L

关系。不加葡萄糖(即葡萄糖浓度为零时)生长速率最低,添加外源葡萄糖即明显刺激生长,在受试浓度范围内(5—20mmol/L),随葡萄糖浓度的升高,生长速率也相应提高,但增加的幅度越来越小,说明 20mmol/L 的浓度已接近饱和浓度。2500 及 7000lx 光照强度时的结果与以上结果类似。唯 800lx 光强时稍有不同,当葡萄糖浓度从 15mmol/L 增至 20mmol/L 时,生长速率的增长幅度较高。

再看混合营养生长速率与光强之间的关系。不论葡萄糖浓度如何,在受试光强范围内混合营养生长速率随光强增加而增加,但光强从 5000lx 增至 7000lx 时,生长速率的增大幅度较小,说明 7000lx 已接近饱和光强。

光照强度和外源葡萄糖浓度并非作为单因子影响混合生长速率,它们之间存在着交联作用,在图 2 中可反映出来,对数据的统计分析也证明了这一点。

3 讨论

3.1 前言中已指出,除了 Fay 曾报道佛氏绿胶藻在 300 烛光(约 3200lx)高光强下,外源葡萄糖仍能显著刺激生长,文献中均报道只有在 800lx 以下的光照条件下,外源碳水化合物才具有提高生长速率的作用。而鱼腥藻 1017 株是又一例在高光强下外源碳水化合物刺激生长的例子。鱼腥藻 1017 株与佛氏绿胶藻代表了蓝藻中另一种代谢类型,一种既能在低光强下又能在高光强下同化外源葡萄糖以促进生长的类型。

3.2 鱼腥藻 1017 株混合营养型生长的特点为大量培养中利用混合营养培养方法提供了可能性。混合营养生长与自养生长相比,生长速率明显提高,这就使大量培养时的效率成倍增长。混合营养生长时,对数生长期延长,其结果是在提高藻的浓度的条件下,仍能维持高的生长速率,加之产物的浓度显著提高,可使培养用的生物反应器的容积大幅度减少,从而大幅度减少基建投资。设想利用管状生物反应器以混合营养培养方式大量生产鱼腥藻 1017 株蓝藻,用来加工藻蓝蛋白一类生物产品,应该是可行的,比目前国内外生产螺旋藻抽提藻蓝蛋白的成本要低,对环境的污染也低,因排放物不含高浓度的小苏打。

3.3 鱼腥藻 1017 株在低光强时添加外源葡萄糖显著促进生长,此时外源碳水化合物显然是提供了额外的能源。这是文献中普遍报道的情况。鱼腥藻 1017 株与佛氏绿胶藻均在高光强下表现出外源碳水化合物显著促进生长的特点,显然,此时外源碳水化合物提供了额外的碳源。本实验结果表明,混合营养生长时,外源葡萄糖浓度与光照强度表现出明显的交联作用,显示其代谢作用甚为复杂。其代谢的生理生化机制,尚待研究。

参 考 文 献

- [1] Smith A J, London J, Stanier R Y. Biochemical basis of obligate autotrophy in blue-green algae and thiobacilli. *J. Bact.*, 1967, **94**: 972—983.
- [2] Smith A J. Synthesis of metabolic intermediates. In: *The Biology of Blue-Green Algae*. Oxford: Blackwell, 1973: 1—38. **676**
- [3] Pearce J, Carr N G. The incorporation and metabolism of glucose by *Anabaena variabilis*. *J. Gen. Microbiol.*, 1969, **54**: 451—462.
- [4] Carr N G, Pearce J. Photoheterotrophism in blue-green algae. *Biochem. J.*, 1966, **99**: 28—29.
- [5] Hoare D S, Hoare S L, Moore R B. The photo-assimilation of organic compounds by autotrophic blue-green algae. *J. Gen. Microbiol.*, 1967, **49**: 351—370.

- [6] Hoare D S, Ingram L O, Thurston E L et al. Dark heterotrophic growth of an endophytic blue-green alga. *Arch. Mikrobiol.*, 1971, **78**: 310—321.
- [7] Kiyohara T, Fujima Y, Hattori A et al. Effect of light on glucose assimilation in *Tolypothrix tenuis*. *J. Gen. appl. Microbiol.*, 1962, **8**: 165—168.
- [8] Lazaroff N, Vishniac W. The effect of light on the developmental cycle of *Nostoe muscorum* a filamentous blue-green alga. *J. gen. Microbiol.* 1961, **25**: 365—374.
- [9] Rippka R. Photoheterotrophy and chemoheterotrophy among unicellular blue-green algae. *Arch. Mikrobiol.*, 1972, **87**: 93—98.
- [10] Van Baalen C, Hoare D S, Brandt E. Heterotrophic growth of blue-green algae in dim light. *J. Bact.*, 1971, **105**: 685—689.
- [11] Fay P. Heterotrophy and nitrogen fixation in *chlorogloea fritschii* Mitra. *J. gen. Microbiol.*, 1965, **39**: 11—20.
- [12] 金传荫. 满江红鱼腥藻异养生理. 水生生物学集刊, 1984, **8**(4): 443—448.
- [13] 金传荫, 宋立荣, 黎尚豪. 鱼腥藻 HB1017 株化能异养生长的研究. 水生生物学报, 1995, **19**(1): 13—20.

THE MIXOTROPHIC GROWTH OF *ANABAENA* SP. HB1017

Jin Chuanyin, Song Lirong and Li Shanghao

(*Institute of Hydrobiology, The Chinese academy of Sciences, Wuhan 430072*)

Abstract

The growth of the *Anabaena* sp. HB1017 culture was stimulated by exogenous glucose in the high light intensity (7000 lx), as well as in the low light intensity (less than 800 lx). The growth rate kept increased in the presence of glucose ranged from 5mmol/L to 20mmol/L, and light intensity ranged from 800 lx to 7000 lx. By comparison, the mixotrophic growth rate was much higher than the photoautotrophic and the exponential phase elongated in the mixotrophic culture. Under same condition, it was evident that the mixotrophic culture of *Anabaena* sp. HB1017 produced much more biomass than that of the photoautotrophic culture.

Key words Mixotrophic growth, *Anabaena*