

网络优先数字出版时间: 2015-05-25

网络优先数字出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/45.1075.N.20150525.1658.001.html>

红外辐射对极大螺旋藻生长的影响*

Influence on the Growth of *Spirulina maxima* by Infrared Radiation

孙 备, 何 鹏, 高天天, 钟水库, 何开岩**, 曾 威

SUN Bei, HE Peng, GAO Tian-tian, ZHONG Shui-ku, HE Kai-yan, ZENG Wei

(广西大学物理科学与工程技术学院, 广西南宁 530004)

(College of Physics Science and Engineering Technology, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

摘要:【目的】采用红外辐射处理极大螺旋藻以提高其产量。【方法】分别使用远红外(2~25 μm)、近红外(940 nm 和 850 nm)处理极大螺旋藻,测定其最终干重和生长速率,研究不同波长红外线对极大螺旋藻生长的影响。【结果】极大螺旋藻经远红外(2~25 μm)辐射处理后的最大干重为对照组的3倍,经940 nm红外处理后的最大干重为对照组的2.3倍,经850 nm红外辐射处理后的最终干重与对照组相差不大。【结论】远红外(2~25 μm)和940 nm波长的近红外对极大螺旋藻的生长都有促进作用,而850 nm红外对极大螺旋藻的生长无促进作用。

关键词: 培养 极大螺旋 红外辐射

中图分类号: Q939.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2015)02-0132-04

Abstract: 【Objective】The production of *Spirulina maxima* was increased by infrared radiation treatment. 【Methods】Far-infrared light (2~25 μm), 940 nm and 850 nm infrared light were used to treat *Spirulina maxima*. The last dry weight and growth rate were measured. The effect of different infrared wavelengths on growth of *Spirulina maxima* was studied. 【Results】The last dry weight and growth rate of *Spirulina maxima*, which had been processed by the far-infrared light (2~25 μm), was three times more than the control group. *Spirulina maxima* had been processed by 940 nm infrared light was twice more than the control group, while *Spirulina maxima* had been processed by 850 nm infrared light was the same as the control group. 【Conclusion】Far-infrared light (2~25 μm) and 940 nm infrared light can promote the growth of *Spirulina maxima*, but 850 nm infrared light can not.

Key words: training, *Spirulina maxima*, infrared radiation

0 引言

【研究意义】极大螺旋藻由于具有极高的营养价值而受到广泛的关注,其干粉中糖类、维生素C、蛋白质和核酸的含量分别为10%~18%,10.3%,60%~71%和2.85%~4.50%,其中藻蓝蛋白在提升人体免疫力和促进动物红细胞再生功能中具有特殊的功效^[1~5]。因此,扩大极大螺旋藻的培养,提高其产量具有重要的意义。【前人研究进展】太阳光谱中远红外(波长范围5~1000 μm)具有特殊的生物

收稿日期: 2015-01-04

修回日期: 2015-02-19

作者简介: 孙 备(1990-),男,硕士研究生,主要从事太阳能导光对螺旋藻生长影响的研究。

* 自治区财政专项研究生教育创新计划项目(YCSZ2014053)和国家自然科学基金项目(51166001)资助。

** 通讯作者: 何开岩(1963-),男,教授,主要从事太阳能热利用研究, E-mail: gredhky@gxu.edu.cn。

效应。潭辉玲^[6]用红外辐射处理螺旋藻单体后,其藻蓝蛋白含量比未处理过的螺旋藻单体有明显提升。【本研究切入点】近几十年来,螺旋藻培养方面的研究主要集中在培养基配方,而有关利用红外辐射处理螺旋藻的研究,国内相关报道相对较少。【拟解决的关键问题】利用红外辐射的生物学效应,通过不同波长红外线处理,提高极大螺旋藻规模化养殖的产量。

1 材料与方法

1.1 材料

藻种:极大螺旋藻藻株购买于广西北海生巴达生物科技有限公司。

培养液:主要成分与 Zarrouk^[7]培养基基本相同,其中 NaCl 是粗制海盐,包含了螺旋藻生长所需要的微量元素,如 Mg^{2+} 和 B 等。具体配方为 $NaNO_3$ 1.5 g/L, $NaHCO_3$ 8.0 g/L, KH_2PO_4 0.5 g/L, $FeSO_4$ 0.001 g/L, $CaCl_2$ 0.04 g/L, NH_4HCO_3 0.2 g/L, 海盐(NaCl)1.0 g/L。其中, $FeSO_4$, $CaCl_2$ 和 NH_4HCO_3 为分析纯级,其余为工业纯级。

仪器:中心波长 850 nm 和 940 nm 的红外二极管电路板,功率密度 40 mW/cm^2 ;华伦牌 CQJ-16B 特定电磁波(TDP)治疗仪,红外波长范围 $2\sim 25\ \mu\text{m}$ 、功率密度 40 mW/cm^2 ;乐祺牌千分之一电子天平;电热干燥箱;722G 型可见光分光光度计;80-2 型离心沉淀机;ZJ 1016 型多路温度测试仪;星族牌 AP-328 可调式增氧泵。

1.2 处理方法

参照文献[8],选取 10 组试样(藻种总量 100 mL/组),在流水中冷却接受红外辐射处理后进行分类培养,辐射距离为 15 cm;其中以未进行红外处理的试样作为对照组(CK),具体处理方法见表 1。

1.3 接种与培养方法

处理组和对照组的藻液中各加入 400 mL 培养液(总量 500 mL),置于培养箱中,记录各组初始透过率 T_{OD560} 值。根据李叙凤等^[9]研究发现,pH 值范围在 9~10 之间的时候对螺旋藻的生长相差无几,因此,在实验过程中保持各个组的 pH 值相同(维持在 9.1~9.3)。培养箱中温度维持在 $(27\pm 1)^\circ\text{C}$ 。每天光照时间维持在 18 h,光照强度为 6800~7000 lx;断光时间为 6 h。每组通气流量为 10 L/h,通气时间为 1 min/h。

1.4 数据的测量

透过率 T_{OD560} 值的测量:每天 22:00 从各组中

抽取 5 mL 藻液放入比色皿中测量当天的 T_{OD560} 值,测量完成后的藻液放回原组中。分别以极大螺旋藻干重 $W(\text{g/L})$ 和生长速率 $\mu(\text{g/L})$ 为纵坐标,生长时间 $t(\text{d})$ 为横坐标作图,研究红外辐射对其生长的影响。

表 1 红外辐照藻种方法

Table 1 Methods of infrared radiation processing *Spirulina maxima*

组别 Groups	波长 Wave length	处理时间 Processing time
CK	无 No	无 No
1	2~25 μm	培养前辐射 3 h Processing 3 h before cultivation
2	2~25 μm	培养前辐射 6 h Processing 6 h before cultivation
3	2~25 μm	培养中辐射 10 min/h Processing 10 min/h during cultivation
4	940 nm	培养前辐射 3 h Processing 3 h before cultivation
5	940 nm	培养前辐射 6 h Processing 6 h before cultivation
6	940 nm	培养中辐射 10 min/h Processing 10 min/h during cultivation
7	850 nm	培养前辐射 3 h Processing 3 h before cultivation
8	850 nm	培养前辐射 6 h Processing 6 h before cultivation
9	850 nm	培养中辐射 10 min/h Processing 10 min/h during cultivation

干重标定:分别称量 1 L 不同 T_{OD560} 的藻液所含极大螺旋藻细胞干重,多次测量得到的数据进行拟合得到 T_{OD560} 和极大螺旋藻细胞干重之间的函数关系。

2 结果与分析

2.1 干重标定

如图 1 所示,极大螺旋藻透过率 T_{OD560} 值对数的负值,即 $A = -\log_{10}(T_{OD560})$ 与其干重(W)成线性关系。

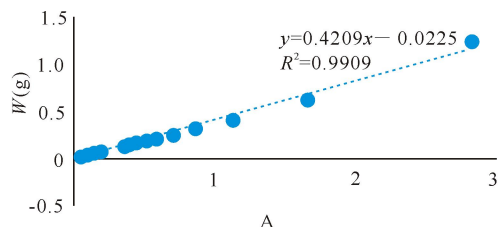


图 1 极大螺旋藻干重吸光度曲线

Fig. 1 Absorbance curve of *Spirulina maxima* dry weight

2.2 远红外辐射的影响

由图 2a 可以看出,第 1~3 组极大螺旋藻最终

干重都高于对照组,其中以第2组效果最优,培养11 d后每升极大螺旋藻干重为对照组的3倍。由图2b可以看出,经过远红外处理后极大螺旋藻的生长速率要高于对照组,其中第2组的生长速率在绝大多数时间里都高于其他组;第3组由于培养前期未进行红外处理,所以生长速率在前5 d与对照组基本相似,然而在第5天以后当红外辐射积累到一定程度后,其生长速率开始超过对照组,说明远红外辐射对极大螺旋藻的生长具有促进作用,而且随着处理时间的增加,促进作用越为明显。

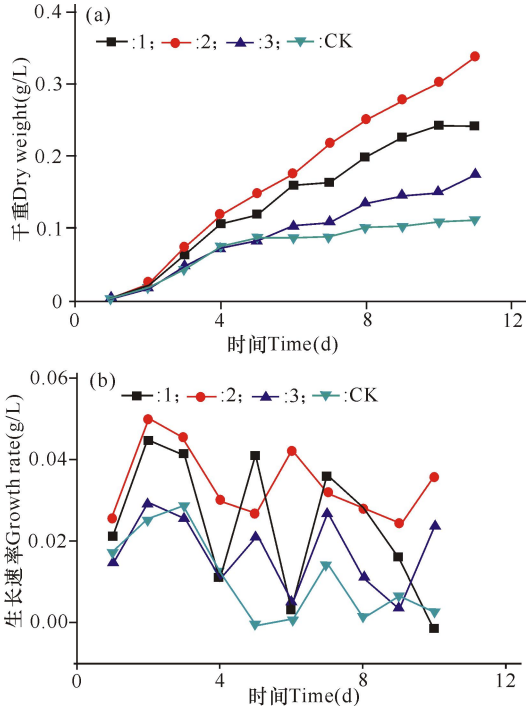


图2 远红外辐射对极大螺旋藻干重(a)和生长速率(b)的影响

Fig. 2 Effect of far-infrared radiation on dry weight (a) and growth rate (b) of *Spirulina maxima*

2.3 940 nm 红外辐射的影响

由图3可以看出,用940 nm 红外辐射处理极大螺旋藻同样也能有效促进其生长,且辐射时间越长促进作用越明显,但其生长速率要小于远红外辐射处理的极大螺旋藻。

2.4 850 nm 红外辐射的影响

由图4可知,经过850 nm 红外辐射处理的极大螺旋藻最终干重与对照组相差并不大,在实验过程中,第7~9组的极大螺旋藻都出现不同的结板现象,从而导致处理后其生长速度降低,其中,第7组最为严重,导致第10天浓度下降,而对照组中未出现这种现象,表明850 nm 红外对极大螺旋藻的生长无促进作用,并且在培养过程中会发生结板现象

从而影响产品的最终质量。

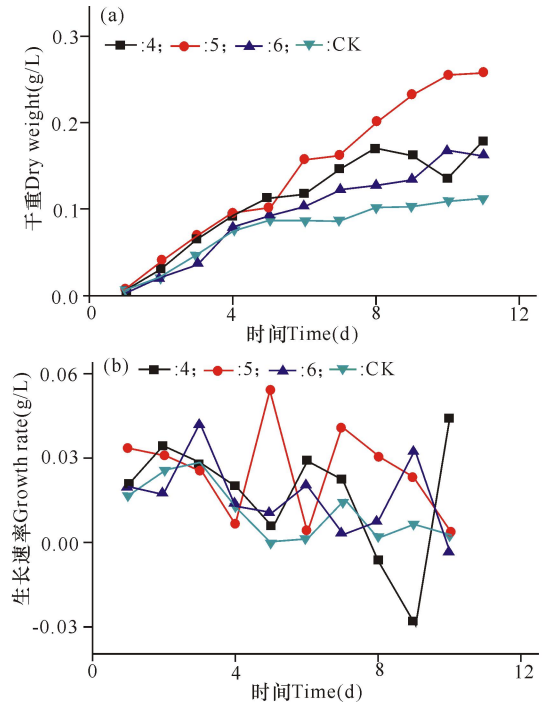


图3 940 nm 红外辐射对极大螺旋藻干重(a)和生长速率(b)的影响

Fig. 3 Effect of 940 nm infrared radiation on dry weight (a) and growth rate (b) of *Spirulina maxima*

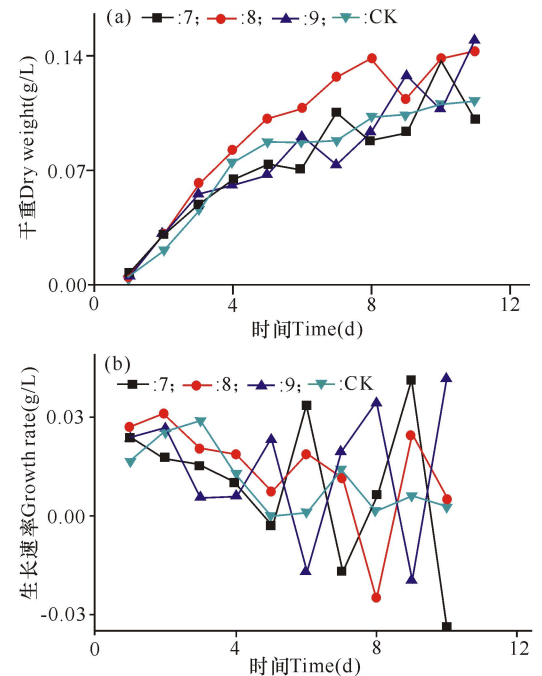


图4 850 nm 红外辐射对极大螺旋藻干重(a)和生长速率(b)的影响

Fig. 4 Effect of 850 nm infrared radiation on dry weight (a) and growth rate (b) of *Spirulina maxima*

3 讨论

远红外辐射细胞时,引起细胞内部水分子一定

的振动,从而使细胞内部的线粒体代谢速度加快,为细胞的生长提供更多的能量^[10],波长为 1~7 μm 的红外线可以被含有酰胺键的蛋白质吸收,引起酰胺键的量子振动而增强细胞的新陈代谢^[11],致使极大螺旋藻新陈代谢速率和光合作用速率加快。本实验使用的远红外波长范围为 2~25 μm ,可以使更多的组织被激活,940 nm 红外对极大螺旋藻的促进作用与远红外相似,但由于其辐射光谱范围比较窄,极大螺旋藻内部各个不同组织结构对红外辐射的感知力不尽相同,因此,虽然 940 nm 红外辐射对极大螺旋藻的生长有相应的促进作用,但只能与其内部少数组织发生作用,从而导致其促进效果不如远红外好。

850 nm 红外辐射不具备红外生物学效应,并且在实验过程中,经处理后的极大螺旋藻都出现不同的结板现象,在显微镜下观察发现,极大螺旋藻被一些极细的丝状物缠绕在一起,影响其分裂生长。根据之前的培养经验,这种丝状物可能是极大螺旋藻细胞大量死亡之后细胞壁破裂所释放出的遗传物质,即极大螺旋藻的 DNA。

4 结论

广西拥有独特的气候条件,丰富的碳源供给和海滩资源以及广阔的销路等有利条件,非常有助于螺旋藻的养殖^[12],养殖前期使用远红外辐射处理,可以有效的提高螺旋藻的生长速率,同时提高其最终生产浓度。实验结果表明,远红外和 940 nm 波长的近红外对极大螺旋藻的生长都具有促进作用,两者的最终干重相比于对照组分别高出 3 倍和 2.3 倍。850 nm 波长近红外对极大螺旋藻生长并无促进作用,与对照组相比较最终干重和生长速率相差不大。由于本试验中不同红外辐射时间的样本只有 3 组,且 940 nm 红外光谱范围较窄,因此,无法确定红外处理的最佳时间长度及 940 nm 红外具体针对极大螺旋藻的那些组织结构发生作用。因此,下一步实验将对这两部分做进一步的研究,从而为极大螺旋藻的大规模养殖提供理论依据。

参考文献:

[1] Du rand-chastel H. Production and use of *Spirulina* in Mexico[C]//Shelef G, Soeder C J (eds). *Algae biomass*. Amsterdam: Elsevier /North-Holland Biomedical Press, 1980:50-64.

- [2] Henrikson R. Earth food *Spirulina*[G]. Laguna Beach, CA: Ronore Enterprises, Inc, 1989: 61-74.
- [3] 马飞. 极大节旋藻实时荧光定量 PCR 内参基因的选择[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
Ma F. Reference Genes for *Arthrospira maxima* When Using Quantitative Real-time PCR[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012.
- [4] Cifferri O S. The edible microorganism[J]. *Microbiological Review*, 1983, 47(4): 551-578.
- [5] Clement G, Giddey C, Menzir. Amino acid composition and nutritive value of the algae *Spirulina maxima* [J]. *J Sci Fd Agric*, 1967, 18: 497-501.
- [6] 潭辉玲. 红外辐射改变螺旋藻中藻蓝蛋白聚集态的光谱分析[J]. *生物化学与生物物理进展*, 1991, 18(5): 377.
Tan H L. Infrared spectroscopy change *Spirulina* algae blue protein aggregation states [J]. *Progress in Biochemistry and Biophysics*, 1991, 18(5): 377.
- [7] Zarrouk. Contribution a l' Etude d' une Cyanophycee Influence de Divers Facteurs Physiques et Chimiques Sur la Croissance et Photosynthesis de *Spirulina maxima*. Geitler[D]. Paris: Univ Paris, 1966.
- [8] 潭辉玲, 薛建刚. 特定红外辐射对钝顶螺旋藻生长的影响[J]. *微生物学通报*, 1993, 20(4): 200-203.
Tan H L, Xue J G. Infrared radiation affect a particular growth of *Spirulina platensis* [J]. *Microbiology China*, 1993, 20(4): 200-203.
- [9] 李叙凤, 王长海. 螺旋藻培养条件研究[J]. *食品与发酵工业*, 1999, 25(4): 13-17.
Li X F, Wang C H. Study on culture conditions of *Spirulina platensis*[J]. *Food and Fermentation Industries*, 1999, 25(4): 13-17.
- [10] Cortes J, Galvan C, Sierra J, et al. Severe accidental hypothermia: Rewarming by total cardiopulmonary bypass[J]. *Rev Psp Anesthesiol Reanim*, 1994, 4(2): 109-112.
- [11] Shann K G, Likosky D S, Murkin J M, et al. An evidence-based review of the practice of cardiopulmonary bypass in adults: A focus on neurologic injury, glyce-mic control, hemodilution, and the inflammatory response[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, 132(2): 283-90.
- [12] 黄钰淳, 黄雄伟. 广西发展亿元螺旋藻产业的研究[J]. *企业科技与发展*, 2012, 6: 9-11.
Huang Y C, Huang X W. On the development of *Spirulina* industry cost over billions in Guangxi[J]. *Enterprise Science and Technology & Development*, 2012, 6: 9-11.