

基于光生物反应器的能源微藻在工业废水治理方面的研究进展

李祎¹, 王海磊¹, 郑天凌²

(1. 河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007; 2. 厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361102)

摘要: 全球能源危机愈发突出, 生物质能源的开发能够有效地缓解当前的危机. 能源藻作为新型生物质能源逐渐得到重视, 而能源微藻的培养成本仍居高不下. 综述了不同光生物反应器的能源藻培养效果, 比较了不同能源微藻的生长效率, 分析了以工业废水为营养基质实现低成本培养能源微藻的可能性, 及利用能源微藻治理工业废水的研究进展, 实现能源藻对工业废水的无害化处理, 旨在为能源微藻的低成本培养、工业废水的高效处理提供参考, 并提出了该领域今后的重点研究任务.

关键词: 能源微藻; 光生物反应器; 工业废水处理

中图分类号: Q938.8

文献标志码: A

能源是人类活动的物质基础, 是现代文明发展的基石. 传统的能源已被大规模开发和利用, 几近枯竭, 可再生的新型能源亟待发掘^[1]. 以能源藻类为代表的第三代生物质能源逐渐进入人们的视野^[2], 但是从目前看来, 发展缓慢, 特别是能源微藻培养的成本和技术难题仍待解决. 研究证实, 光生物反应器能够高密度、无污染、方便快捷地开展能源微藻的培养^[3]. 工业废水可以为能源微藻生长提供大量的营养物质, 而工业废水如直接排放则会造成严重的环境问题^[4]. 因此, 本文概述了国内外当前利用光生物反应器对能源微藻培养的研究进展, 比较了不同光生物反应器的特点和功能, 综述了能源微藻处理工业废水的研究进展, 为能源微藻的低成本培养和应用指明方向.

1 能源的发展现状及挑战

随着全球一体化及经济的高度发达, 能源危机越来越突出^[5]. 一方面表现在传统的化石燃料等资源的过度开发造成的资源短缺^[6], 另一方面不合理的能源消耗所造成的环境恶化. 化石能源的利用, 是造成环境变化与污染的关键因素. 大量的化石能源消费, 引起温室气体排放, 使大气中温室气体浓度增加、温室效应增强, 导致全球气候变暖. 面对严重的能源危机, 全球各国均在不同方向上进行努力, 找寻解决能源危机的途径, 世界各国纷纷把目光投向气象能源、生物质能、核能等新能源^[7]. 其中, 气象能源包括风能、太阳能及潮汐、地热等相关次生能源^[8]. 但是核泄漏及核污染等问题困扰了核能源的推广和应用, 而气象能源无法随用随取, 它更多的受到自然条件的限制^[9]. 认清全球能源利用的现状, 了解化石能源替代品的重要性, 开发更清洁的可再生能源是今后发展的方向.

由于地球上生物数量巨大, 由这些生命物质排泄和代谢出许多有机质, 这些物质所蕴藏的能量相当惊人. 如果能将这些储藏的能量转化成可被利用的能源, 就能很好的解决能源危机, 称之为“生物质能源”^[10]. 生物质能源来自于生物的代谢物或者代谢过程中释放的能量, 可以被循环持续的利用, 并且不会产生污染产

收稿日期: 2016-10-26; 修回日期: 2017-02-20.

基金项目: 国家自然科学基金(51008119); 河南师范大学博士科研启动基金(5101049170160).

作者简介: 李祎(1988-), 男, 河南安阳人, 河南师范大学讲师, 博士, 主要从事能源微藻及环境微生物研究, E-mail: liyi@htu.edu.cn.

通信作者: 王海磊, 河南师范大学校特聘教授, 硕士生导师, 研究方向为环境微生物, E-mail: whl@htu.cn.

物,对于环境保护有重要作用^[11].在今后的20年中,全球对于食品和畜牧的需求将增长50%以上,生物质能源将替代原油等成为化工业的主要原料和运输燃料的重要来源^[12].基于粮食作物和陆生植物的第一、二代生物能源已经得到充分的研究^[13-14],从大范围来看具有大量的来源.但是大量种植农作物用来加工成燃料,不仅占用了大量耕地,并且产能率不高还影响了粮食的充分利用^[15].因此,比农作物更适合作为生物能源的能源藻类逐渐进入人们的视野.

2 基于能源微藻的光生物反应器的国内外研究进展

通过构建光生物反应器(Photobioreactor)可以实现稳定、高效、便捷的培养和收集能源微藻.光生物反应器是光生物设计有光源系统的主体为透明材料的生物反应器,包括开放式的生物反应器和封闭式的生物反应器.所有用于培养能源微藻的光生物反应器必须满足以下条件:高效的光利用效率、良好的扩展性、有效的混合搅拌、可控的反应条件和对光合细胞较低的水动力胁迫^[16].开放的光生物反应器一般将藻培养在2~3 m宽、0.1~0.3 m深的开放的水池,并提前用粘土或沥青铺在底部,防止水分和营养流失,相对于稳定污水处理池中5~10 g·m⁻²·d⁻¹的生化需氧量(BOD),开放的光生物反应器的BOD可达35 g·m⁻²·d⁻¹;封闭的光生物反应器与开放的反应器相比,有更高的光合效率,也更易于操控,同时可以建成垂直装置节约空间,减少水分损失^[17].然而封闭的光生物反应器也有一定的不足:不易构建,费用较高(需要玻璃或聚氯乙烯等透明材料),可扩展性不好等^[18].为了保证光生物反应器中能源微藻能够充分的接受到光照和实现广泛的物质循环,需要不断的对反应器进行搅拌,从而减少厌氧区域和传质限制,但是搅拌装置也要尽可能的减小对藻细胞的剪切压力,像空气运输系统、浆轮等装置常用于光生物反应器中.同时,光生物反应器中的温度、光照、溶解氧、pH等条件均达到最优条件时,能源微藻在光生物反应器中可以达到最高生物量.国内外研究者已经开展了利用光生物反应器培养能源微藻的研究.Ong等利用40 L封闭式柱状垂直光生物反应器培养小球藻,其二氧化碳固定率达到25.65 mg·min⁻¹^[19];Sato等利用一种新型的露天封闭式光生物反应器培养钙质角毛藻,当藻细胞密度达到2.5 g·L⁻¹的时候,最大生产力达到37.3 g·m⁻²·d⁻¹^[20];Doucha和Livansky利用露天的开放式的薄层光生物反应器培养小球藻,该能源藻的最大生产力达到4.3 g·L·d⁻¹^[21];李师翁和李虎乾用1000 L的管式光生物反应器户外培养小球藻研究,培养的小球藻最大体积产率达到0.605 g·L·d⁻¹,相当于面积产率20.2 g·m⁻²·d⁻¹^[22].虽然利用光生物反应器能够有效地培养能源微藻,但是需要人为的添加外源营养物质供能源藻生长,造成了一部分资源的浪费和成本的提高.有研究者开始将工业废水作为外源营养供能源藻生长,微藻生长的同时,消耗并降解了污水中的有害物质,达到了治理污水的目的.基于能源微藻的光生物反应器对于工业废水的治理有非常理想的前景.

3 基于能源微藻的光生物反应器对于工业废水的治理

3.1 微藻治理工业废水的优势

很多能源微藻能够利用废水中丰富的有机碳和无机氮、磷进行有效地生长,同时,微藻加强了废水中的营养、重金属和病原菌的去除^[24],为异养细菌提供氧气用于矿化有机污染物^[25].早在1957年,Oswald就提出了将藻应用于废水治理^[26],然而并没有得到更多人的响应,而化学处理法和活性污泥法一直是废水处理的常规方法.废水处理的一个重要的要求是去除高浓度的营养物质,特别是氮和磷,这些营养物质如果不能完全去除,会在河流和湖泊中积累,造成水体富营养化.对于大多数商业废水,磷从废水中析出形成一种固体不溶性组分^[27],单纯依靠活性污泥中的微生物作用或者化学方法很难完全降解或回收.而微藻能够有效地去除废水中的氮、磷和有毒金属^[28],发挥重要的修复功能,与化学处理和活性污泥作用相比,具有更加高效和安全的作用特点.虽然微藻在废水处理中的应用受到限制,但在全球范围内藻类仍在小规模的用于废水的治理.

3.2 微藻治理工业废水面临的挑战

微藻通常对有毒污染物很敏感^[29],废水中的重金属能够强烈抑制藻细胞的光合作用,造成藻细胞形态的改变和功能的丧失^[30].Munoz等研究表明2 mg·L⁻¹ Cu²⁺能够完全抑制小球藻通过光合氧化对水杨酸

的去除^[31]. Chen 和 Lin 证实了微藻对于有机污染物很敏感,在封闭式光生物反应器中,五氯苯酚(PCP)能够强烈抑制 *Pseudokirchneriellasubcapitata* 的生长($EC_{50}-48\text{ h}$ 为 $0.004\sim 0.013\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[29],小球藻对 PCP 的耐受浓度相对来说更高($EC_{50}-48\text{ h}$ 为 $0.05\sim 3.77\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)^[32]. 微藻对高 NH_3^+ 和高 pH 的环境也非常敏感,因为 NH_3^+ 可以解耦联藻细胞光系统 II 的电子传递,并且与水竞争氧化反应^[33]. Abeliovich 和 Azov 观察到当 NH_3 浓度达到 2 mM 且 pH 为 8 的时候,藻的光合效率下降^[34]. 因此,针对微藻对废水中的有毒污染物敏感的问题,可以通过基因改造、对浓度递增的污染物的细胞驯化或从污染物现场、原位环境筛选藻株及菌藻体系的构建等方法进行解决^[35]. 首先要筛选出对有害物质抵抗力较强的藻种. 在对比了多种能源微藻的生物量、对污染物的抵抗性及其他特征,小球藻等能源藻不管是在生物量积累还是对不利环境的抵抗能力均高于其他藻株,被广泛用于治理工业废水的研究中. 小球藻广泛分布于自然界,以淡水水域种类最多;易于培养,不仅能利用光能自养,还能在异养条件下利用有机碳源进行生长、繁殖;并且生长繁殖速度快,是地球上动植物中唯一能在 20 h 增长 4 倍的生物,所以其应用价值很高. 微藻能有效地降解有害污染物,有研究证实小球藻、针形纤维藻和栅藻已经成功应用于油磨废水和造纸工业废水的治理^[36-37]. Essam 等研究从含酚的焦化厂废水中分离得到一株小球藻,在实验室模拟废水处理时,小球藻生长不被抑制,但是应用于实践的时候,小球藻被未知的有机污染物所抑制^[38]. 这个问题被 Munoz 等解决, Munoz 等通过将小球藻和假单胞菌共培养能够缓解藻类受抑制的问题,菌藻体系能够有效地将酚从原始的 $200\sim 500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以 $24.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 的降解率进行降解^[39]. 本课题组从藻际环境中筛选到 3 株促藻生长的细菌菌株 (*Pseudomonas* sp. hnu3, *Pseudomonas* sp. hnu9, *Pseudomonas* sp. hnu12), 分别将 3 株细菌加入到小球藻的生长环境中进行共培养, 研究结果表明, 3 株细菌能够增加小球藻对外界不利环境(高 pH)的抵抗力, 与不添加细菌的对照组相比, 处理组高效地促进小球藻的生长(图 1). 因此, 细菌与微藻形成的互利共生的菌藻体系不仅有利于微藻的生长, 还可以缓解微藻对有害物质的敏感程度, 菌藻体系是废水治理的新希望和新手段.

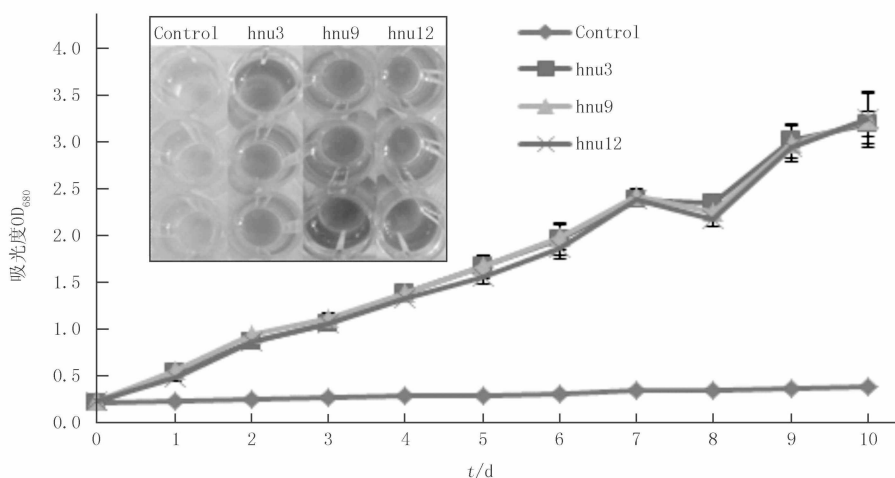


图1 高pH条件下细菌对小球藻生长状况的影响

3.3 菌藻体系在工业废水治理中的应用

由于活性污泥等常规的好氧废水处理法需要浪费过多的能耗用于提供氧气,并且废水中有价值的营养物质不能得到循环利用,而在厌氧条件下氮磷等物质的去除效率低且受低温条件的限制^[41]. 菌藻体系中的细菌和微藻通过互利共生达到治理废水和培养能源藻的目的,微藻在原位环境下将废水中的氮磷回收利用,并通过光合作用为好氧细菌提供氧气,反之,微藻消耗了细菌产生的 CO_2 , 减少了 CO_2 的排放及缓解温室效应^[42]. 因此,在基于微藻的光生物反应器藻中构建菌藻体系以废水为营养同时可以治理废水污染,低成本培养能源微藻,同时减少 CO_2 的排放,从而缓解温室效应. 虽然基于菌藻体系的废水处理有许多优势,但是关于该方法用于废水处理的报道很少,大多数研究都是集中在将微藻作为单细胞蛋白或肥料的商业化研

究^[43]. González 等将小球藻与驯化的活性污泥用于养猪场废水中有机污染物的去除,发现高 pH 和 NH_4^+ 浓度是抑制菌藻体系发挥作用的主要因素,在菌藻体系作用下,废水中的可挥发性脂肪酸含量下降, NH_4^+ 在硝化作用下形成 NO_2^- ,从而达到了去除 NH_4^+ 的目的^[44]. Posadas 等比较菌藻体系与细菌体系对生活废水的处理能力,发现菌藻体系对废水中碳的去除率是细菌体系的两倍,并且碳、氮、磷等物质在菌藻体系中被同化成了藻生物量,而细菌体系几乎不能去除磷元素^[45].

4 展 望

光生物反应器中的能源微藻能够利用工业废水的营养高效生长,同时达到治理工业废水的目的,特别是菌藻体系的结合能够更高效、更集约的实现废水的治理.基于光生物反应器的能源微藻对于工业废水的治理不仅有利于缓解废水造成的环境污染,又有利于能源微藻的生长和生物质的积累,有广阔的研究价值和应用前景.

然而目前能源藻的研究仍主要面临两点困难:1)如何促进微藻的快速生长,提高产量(藻的培养)?2)如何满足成本效益的获取藻生物质(藻的收集)?笔者认为,近年来通过对光生物反应器进行设计、以工业废水为营养、高产量藻株的筛选、代谢通路的基因改造等方法有助于能源微藻产量的提高,而在能源微藻处理的下游过程的研究与创新不足,如何低成本、高效节能地实现能源微藻生物质的获取是能源藻研究亟待解决的问题,这也是能源微藻研究主要的瓶颈.

将能源微藻的培养与收集有机地、系统地结合起来,在治理工业废水的同时,能源藻能够利用其中的营养物质高效地生长,积累大量的生物质,在后续新的技术的协助下将生物质转化成生物能源,将对于缓解当前的能源危机以及发展新型生物质能源有巨大的帮助.

参 考 文 献

- [1] Qureshi M I, Rasli A M, Zaman K. Energy crisis, greenhouse gas emissions and sectoral growth reforms: repairing the fabricated mosaic[J]. J Clean Prod, 2016, 112:3657-3666.
- [2] LI Y, XU Y, LIU L, et al. First evidence of bioflocculant from *Shinella albus* with flocculation activity on harvesting of *Chlorella vulgaris* biomass[J]. Bioresource Technol, 2016, 218: 807-815.
- [3] Genin SN, Stewart Aitchison J, Grant Allen D. Design of algal film photobioreactors: material surface energy effects on algal film productivity, colonization and lipid content[J]. Bioresour Technol, 2014, 155:136-43.
- [4] Babatsouli P, Fodelianakis S, Paranychianakis N, et al. Single stage treatment of saline wastewater with marine bacterial-microalgae consortia in a fixed-bed photobioreactor. J Hazard Mater, 2015, 292:155-63.
- [5] Molony T. Bioenergy policies in Africa: mainstreaming gender amid an increasing focus on biofuels[J]. Biofuel Bioprod Bior, 2011, 5: 330-341.
- [6] Coyle E D, Simmons R A. Understanding the global energy crisis[M]. West Lafayette, Purdue University Press, 2014.
- [7] Mankins JC. Space solar power: a major new energy option[J]. American Society of Civil Engineers, 2014, 14:38-45.
- [8] 朱俊生. 中国新能源和可再生能源发展状况[J]. 可再生能源, 2003(2):3-8.
- [9] CHENG Hongyan, ZHANG Yulong, ZHANG Xin, et al. Some thoughts on energy problem and sustainable energy development[J]. Adv Mater Res, 2014, 869-870:504-508.
- [10] Karthikeyan O P, Visvanathan C. Bio-energy recovery from high-solid organic substrates by dry anaerobic bio-conversion processes: a review[J]. Rev Environ Sci Bio, 2013, 12:257-284.
- [11] WU Zhizhuang, XIA Enlong, WANG Shudong, et al. Development and utilization of bamboo bio-energy and its prospects in China[J]. World Forestry Res, 2013, 26:60-64.
- [12] Vandamme D, Foubert I, Muylaert K. Flocculation as a low-cost method for harvesting microalgae for bulk biomass production[J]. Trends Biotechnol, 2013, 31:233-239.
- [13] WANG H, Hill R T, ZHENG T L, et al. Effects of bacterial communities on biofuel-producing microalgae: stimulation, inhibition and harvesting[J]. Crit Rev Biotechnol, 2014, 36: 341-352.
- [14] Angenent L T, Karim K, Al-Dahhan M H, et al. Production of bioenergy and biochemicals from industrial and agricultural wastewater[J]. Trends Biotechnol, 2004, 22:477-85.
- [15] XU Y, WANG X. Problems and countermeasures of the bio-energy development in China[J]. Agr Sci Technol, 2014, 15(5):718-723.
- [16] Muñoz R, Guieysse B. Algal-bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: A review[J]. Water Res, 2006, 40:

799-815.

- [17] Pulz O, Gross W. Valuable products from biotechnology of microalgae[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2004, 65:635-648.
- [18] Oncel SS, Akpolat O. An integrated photobioreactor system for the production of *Spirulina platensis*[J]. Biotechnol, 2006, 5, 365-372.
- [19] Ong S C, Kao C Y, Chiu S Y, et al. Characterization of the thermal-tolerant mutants of *Chlorella* sp. with high growth rate and application in outdoor photobioreactor cultivation[J]. Bioresource Technol, 2010, 101:2880-2883.
- [20] Sato T, Usui S, Tsuchiya Y, et al. Invention of outdoor closed type photobioreactor for microalgae[J]. Energ Convers Manage, 2006, 47:791-799.
- [21] Doucha J, Livanský K. Outdoor open thin-layer microalgal photobioreactor; potential productivity[J]. J Appl Phycol, 2009, 21:111-117.
- [22] 刘晶璘, 张嗣良. 封闭式光生物反应器研究进展[J]. 生物工程学报, 2000, 16:119-123.
- [23] Chen C Y, Yeh K L, Aisyah R, et al. Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production; a critical review[J]. Bioresour Technol, 2011, 102:71-81.
- [24] Muñoz R, Köllner C, Guieysse B, et al. Photosynthetically oxygenated salicylate biodegradation in a continuous stirred tank photobioreactor[J]. Biotechnol Bioeng, 2004, 87:797-803.
- [25] Safonova E, Kvitko K V, Iankevitch M I, et al. Biotreatment of industrial wastewater by selected algal-bacterial consortia. Eng Life Sci, 2004, 4:347-353.
- [26] Oswald W J, Hermann E R. Algae in waste treatment[J]. Sewage Industrial Wastes, 1957, 29: 437-457.
- [27] Hoffmann J P. Wastewater treatment with suspended and nonsuspended algae[J]. J Phycol, 1998, 34:757-763.
- [28] Ahluwalia S S, Goyal D. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. Bioresource Technol, 2007, 98:2243-2257.
- [29] Chen C Y, Lin J H. Toxicity of chlorophenols to *Pseudokirchneriella subcapitata* under air-tight test environment[J]. Chemosphere, 2006, 62:503-509.
- [30] Julián Mario PAC, Fernando M J, Fernando E G, et al. Phenotypic plasticity in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) in response to heavy metals stress[J]. Chemosphere, 2004, 57:1629-1636.
- [31] Muñoz R, Alvarez M T, Muñoz A, et al. Sequential removal of heavy metals ions and organic pollutants using an algal-bacterial consortium[J]. Chemosphere, 2006, 63:903-911.
- [32] Mostafa F I, Helling C S. Impact of four pesticides on the growth and metabolic activities of two photosynthetic algae[J]. J Environ Sci Health B, 2002, 37:417-44.
- [33] Azov Y, Goldman J C. Free ammonia inhibition of algal photosynthesis in intensive cultures[J]. Appl Environ Microbiol, 1982, 43:735-739.
- [34] Abeliovich A, Azov Y, et al. Toxicity of ammonia to algae in sewage oxidation ponds[J]. Appl Environ Microbiol, 1976, 31:801-806.
- [35] Malik A. Metal bioremediation through growing cells[J]. Environ Int, 2004, 30:261-278.
- [36] Pinto G, Pollio A, Previtara L, et al. Biodegradation of phenols by microalgae[J]. Biotechnol Lett, 2002, 24:2047-2051.
- [37] Esra T, Filiz B D, Ulku Y. Effectiveness of algae in the treatment of a wood-based pulp and paper industry wastewater[J]. Bioresource Technol, 2002, 84:1-5.
- [38] Essam T, Amin M A, El Tayeb O, et al. Biological treatment of industrial wastes in a photobioreactor[J]. Water Sci Technol, 2006, 53(11):117-25.
- [39] Muñoz R, Guieysse B, Mattiasson B. Phenanthrene biodegradation by an algal-bacterial consortium in two-phase partitioning bioreactors[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2003, 61:261-267.
- [40] YANG X, ZHANG R, FU J, et al. Pyrolysis kinetic and product analysis of different microalgal biomass by distributed activation energy model and pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry[J]. Bioresource Technol, 2014, 163:335-342.
- [41] WANG B, DONG W, ZHANG J, et al. Experimental study of high rate pond system treating piggery wastewater[J]. Water Sci Technol, 1996, 34:125-132.
- [42] Pizarro C, Mulbry W, Bliersch D, et al. An economic assessment of algal turf scrubber technology for treatment of dairy manure effluent[J]. Ecol Eng, 2006, 26:321-327.
- [43] Travieso L, Benitez F, Sanchez E, et al. Production of biomass (algae-bacteria) by using a mixture of settled swine and sewage as substrate[J]. J Environ Sci Health A, 2007, 41:415-429.
- [44] González C, Marciniak J, Villaverde S, et al. Microalgae-based processes for the biodegradation of pretreated piggery wastewaters[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2008, 80:891-898.
- [45] Posadas E, García-Encina P A, Posadas A S, et al. Carbon and nutrient removal from centrates and domestic wastewater using algal-bacterial biofilm bioreactors[J]. Bioresource Technol, 2013, 139:50-58.

Research Progress of Industrial Wastewater Treatment by Energy Producing Microalgae Based on Photobioreactor

Li Yi¹, Wang Hailei¹, Zheng Tianling²

(1. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;

2. School of Life Sciences, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

Abstract: Global energy crisis is becoming more and more serious, and the development of biomass energy can alleviate the current crisis effectively. Energy producing microalgae as the novel type of biomass energy has been paid more attention gradually, while the cost of algal cultivation stays in a high position without going down. This paper mainly proceeds from angle of algal cultivation, make a review about the effect of different photobioreactor on the cultivation of algae, compares the growth efficiency of different microalgae, proposes the possibility of using industrial wastewater as a nutrient for the cultivation of microalgae with low cost and research progress on the treatment of industrial wastewater by using energy producing microalgae, and realizes the environment-friendly control on industrial wastewater. The aim is to provide suggestions for the low cost culture of microalgae and the efficient treatment of industrial wastewater, and puts forward the key research missions in the field in the future.

Keywords: energy producing microalgae; photobioreactor; industrial wastewater treatment

[责任编辑 王凤产]

(上接第 64 页)

Effects of LED Light Qualities on Photosynthetic Pigments and Nutritional Quality of *Cassia tora* L. Sprouts

Wang Jing^{a,b}, Jiang Jing^a, Wang Dan^{a,b}, Wang Rudan^a, Li Huiyang^a, Li Jingyuan^{a,b}

(a. College of Life Sciences; b. Engineering Laboratory of Green Medicinal Material Biotechnology,

Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: The effects of LED light qualities on photosynthetic pigments, soluble sugar, soluble protein, total phenols, flavonoids and anthocyanins content of *Cassia tora* L. seedlings were investigated with treatments of 2h. *C. tora* sprouts were disposed in white light(W), red light(R), blue light(B), green light(G) generated by light-emitting diode applied. The results showed that in comparison with those of the indoor natural light treatment, the chlorophyll and carotenoid contents of all the different light both increased extremely significantly. The chlorophyll a contents of green light increased by 31.73%; the chlorophyll b, the sum of chlorophyll a and b, and the carotenoid contents of white light increased by 50.20%, 33.62%, 52.71% respectively; the soluble sugar contents of red light increased by 57.04%; the soluble protein contents of blue light, white light, red light increased by 69.33%, 51.74%, 40.58% respectively; and for the total phenols and flavonoids contents of all the different light qualities both increased extremely significantly, but there are no obvious difference between the different light qualities. The anthocyanins contents of blue light increased highest by 32.89%. Production can be increased *C. tora* sprouts nutritional quality by increasing the LED illumination.

Keywords: LED light quality; *Cassia tora* L.; sprout; photosynthetic pigments; nutritional quality

[责任编辑 王凤产]