

山西地区高脂微藻的分离筛选

班剑娇, 冯佳, 谢树莲*

(山西大学生命科学学院, 太原 030006)

摘要: 分别从山西省汾河流域、运城盐湖等水体采集水样, 使用微挑法、平板涂布法对其中的微藻进行了分离纯化, 并对分离得到的 29 株微藻和购买的 3 株微藻, 进行了高脂藻株的筛选。结果表明: 采用干重法对 32 株微藻的生长量进行测定, 其干重介于 48.9~422.2 mg/L 之间; 采用氯仿甲醇法对 32 株微藻的总脂含量进行测定, 其总脂含量介于 5.4% DW~30.1% DW 之间; 采用尼罗红荧光染色法对 32 株微藻的中性脂相对含量进行测定, 其单位体积的荧光值介于 4.1~181.5 之间。综合评价藻株的总脂产率, 最终筛选到山西省 NY017 盐生杜氏藻(*Dunaliella salina*)、NY023 线形菱形藻(*Nitzschia linearis*)以及 NY025 谷皮菱形藻(*Nitzschia palea*)为高脂藻株, 油脂产率分别为 3.25、3.03、2.11 mg · L⁻¹ · d⁻¹, 具有生产生物柴油的潜力。

关键词: 微藻; 分离纯化; 生物量; 总脂; 中性脂; 生物柴油

中图分类号: Q949.93

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2013)04-0415-07

Isolation and Screening of Microalgae with High-lipid Contents in Shanxi Province

BAN Jian-Jiao, FENG Jia, XIE Shu-Lian*

(School of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: This study attempted to choose potential oil-producing microalgae candidates across Shanxi province. Thirty-two strains of microalgae were tested. Among these microalgae, 29 strains were isolated from water samples collected from four sites in the Fenghe River and the Salt Lakes Area in Yuncheng. Three strains of microalgae were bought from the Freshwater Algae Culture Collection of the Institute of Hydrobiology. Microalgae from the Shanxi province were isolated and purified by Micro-picking method and Spread-plate method. The biomass of 32 strains of microalgae varied between 48.9–422.2 mg/L, which were determined by dry weight. Chloroform-methanol extraction is a traditional total lipid measuring method and Nile red fluorescence is a new technique used for determining neutral lipids. In this study, Chloroform-methanol extraction and Nile red fluorescent staining were combined to determine lipid contents of the 32 strains of microalgae. The results showed that total lipid content of all strains were in the range of 5.4% DW–30.1% DW, and fluorescence value in unit volume were in the range of 4.1–181.5. High lipid productivity is a key selection criterion of species for biodiesel production. According to the lipid productivity of the microalgae, we screened three strains of microalgae that may be potential oil-producing candidates in Shanxi province. These three strains included NY017 (*Dunaliella salina*), NY023 (*Nitzschia linearis*) and NY025 (*Nitzschia palea*). Their lipid productivities

收稿日期: 2012-11-09, 修回日期: 2013-02-28。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31170193)。

作者简介: 班剑娇(1988–), 女, 硕士研究生, 主要从事能源藻类的研究(E-mail: banjianjiao@163.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: xiesl@sxu.edu.cn)。

were $3.25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, $3.03 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}$ and $2.11 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ respectively.

Key words: Microalgae; Isolation and purification; Biomass; Total lipid; Neutral lipid; Biodiesel

近年来,石油等燃料的加速消耗使人类面临能源短缺和全球变暖两大危机,发展新的可再生能源成为现阶段的一项重要任务。生物柴油是一种新兴的可再生能源,其在能量密度、燃烧性能等方面与普通柴油相似,并且具有可降解性,是一种洁净的绿色能源,因此被认为是解决能源危机的可靠出路^[1]。目前,生物柴油的原料主要是大豆、油菜、棕榈、蓖麻、麻疯树等油料作物和废弃动物油脂,具有占用耕地、生产成本高等诸多缺点。

微藻是一些单细胞或丝状的藻类植物,广泛分布于各种水体。与油性作物相比,微藻具有光合效率高、生长快、含油量丰富、不需要占用耕地等优点,因其可作为生物柴油的原料而受到国内外学者的广泛关注^[2-4]。然而,生产成本高是微藻生物柴油工业化面临的主要问题^[5]。藻株的优良性状如脂质含量高、生长快、抗污力强是降低其培养和采收成本的决定性因素^[6,7],因此,高脂微藻的筛选成为微藻生物柴油生产的首要任务。微藻细胞脂类物质含量和组成除了与藻种相关外,还随生长环境、培养条件不同而变化。

山西是我国的产煤大省,但是也面临能源枯竭的问题,发展新的可再生能源是目前一个重要任务。本研究以山西省境内分离得到的藻株为研究对象,结合氯仿甲醇法和尼罗红荧光染色法对藻株的脂质含量进行了测定,以期从自然环境中筛选出高脂产率的藻株,为微藻生物柴油原料的筛选及地方经济发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 藻种来源

29株微藻分离自山西省汾河流域、运城盐池湖区等(表1);3株微藻牟氏角毛藻(*Chaetoceros mülleri*, FACHB826)、月牙藻(*Selenastrum bi-braianum*, FACHB1276)和四尾栅藻(*Scenedesmus quadricauda*, FACHB1117)购自中国科学院水生生物研究所典型培养物保藏委员会淡水藻种库。

1.1.2 主要仪器与试剂

本实验所用仪器:多功能酶标仪(SpectraMax-M5,美国Molecular Devices公司)、解剖镜(Motic SMZ168-BL,麦克奥迪实业集团有限公司)、显微镜(Olympus BX-51,日本Olympus公司);实验试剂主要有:GENMED尼罗红染色液(0.5 mg/mL ,上海杰美基因医药科技有限公司)等, -20°C 避光保存。

1.2 方法

1.2.1 藻种分离纯化

对富集培养后的水样,采用微挑法和平板涂布法对其中的藻株进行分离。微挑法在解剖镜下进行,使用拉长的巴斯德管挑取藻细胞置于水滴中,反复吹吸,直至管中只剩下一个藻细胞,放入盛有相应培养基的24孔细胞培养板中。平板涂布法是吸取不同稀释浓度的水样涂布于固体培养基上,在适宜条件下培养15~20 d,长出的单藻落再挑入24孔板中进行纯化培养。

1.2.2 藻种培养收获

培养15~20 d后镜检24孔板,将纯种的藻株转入100 mL三角瓶中培养,长至对数期再转入250 mL三角瓶中,逐级扩大培养。绿藻采用CT培养基,淡水硅藻采用D1培养基,盐湖硅藻采用改良的ASW人工海水培养基(配方由中国科学院水生生物研究所典型培养物保藏委员会淡水藻种库提供),置于光照培养箱,光照强度3000 lx,温度 25°C ,光周期L:D=12:12。

1.2.3 生物量的测定

藻株生长至稳定期时收获,取150 mL藻液,称滤纸重为 $W_1(\text{mg})$,抽滤后, 60°C 烘干至恒重,约7~8 h,称重为 $W_2(\text{mg})$, -20°C 保存。每株藻设3个重复。

藻株干重(mg/L) = $1000(W_2 - W_1)/150$ 。

1.2.4 尼罗红染色法测定中性脂

将微藻加入到24孔培养板中,藻液1 mL,培养基1 mL进行藻种活化,培养5 d,使藻种处于生长稳定期。取96孔黑色酶标板,每孔加入240 μL 活化藻液,1 μL 尼罗红染液,混匀后 37°C 黑暗孵育

10 min，使用酶标仪检测 598 nm 激发光和 543 nm 散发光处的荧光强度，并扣除未染色藻液在该波长处的荧光强度以及未接藻种的培养基染色后的荧光强度。每个样品设 3 个重复。使用血球计数板在显微镜下计每孔的细胞数，得到细胞密度，量取细胞长宽高等参数，根据其近似立体几何图形计算细胞平均体积，得到每孔内的细胞总体积。最终以单位体积下的荧光强度来表征微藻的中性脂相对含量^[8]。

1. 2. 5 氯仿甲醇法测定总脂

将 1. 2. 3 干燥后的藻粉连同滤纸一起剪碎，置于离心管中，加入氯仿、甲醇、水，使之体积比为 1:2:0.8。将混合体系于漩涡振荡器上震荡 2 min，超声波提取 0.5 h，摇床震荡提取 3 h，4500 r/min 离心 7 min，收集上层提取液。下层沉淀重复以上操作，共提取 3 次。合并所有提取液后，加入氯仿和水，使氯仿、甲醇、水的体积比为

1:1:0.9。将混合液摇匀后静置 1 h，分层后收集下层氯仿层，70℃水浴蒸去溶剂氯仿，70℃烘干至恒重。称量所得油脂，计算总脂含量及总脂产率^[9]。

总脂含量(%) = 所得油脂重量(mg)/藻粉干重(mg) × 100%。

总脂产率(mg/L · d) = 所得单位体积油脂重量(mg/L)/培养天数(d)。

2 结果与分析

2. 1 藻株的形态及分类

通过对所采水样中藻体的逐级分离纯化，共得到 29 株微藻。根据有关文献对其进行鉴定^[10,11]，其中绿藻 17 株，隐藻 2 株，裸藻 1 株，硅藻 9 株；另有购买的 2 株绿藻、1 株硅藻。32 株微藻的来源、种名、藻体及细胞形态、平均体积及培养液颜色的观察结果见表 1。以单细胞形态存在的有 22

表 1 藻株的形态及分类
Table 1 Morphology and species identification of the microalgae

编号 No.	采集地 Collection station	种名 Species name	藻体及细胞形态 Cell morphology	藻体平均体积(μm ³) Average volume	培养液颜色 Liquid color
NY001	段家寨	卷曲纤维藻 <i>Ankistrodesmus convolutes</i>	单细胞,弓形	32.1	浅绿色
NY002	马头山	镰形纤维藻 <i>Ankistrodesmus falcatus</i>	群体,弯月形	65.4	绿色
NY003	强家庄	二角盘星藻 <i>Pediastrum duplex</i>	群体,扁平盘状	12878.9	绿色
NY004	强家庄	小空星藻 <i>Coelastrum microporum</i>	群体,球形	3349.4	浅绿色
NY005	马头山	四尾栅藻 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	群体,椭圆形	49.1	绿色
NY006	强家庄	二形栅藻 <i>Scenedesmus dimorphus</i>	群体,纺锤形	81.7	绿色
NY007	段家寨	斜生栅藻 <i>Scenedesmus obliquus</i>	群体,纺锤形	65.5	绿色
NY008	令德湖	双对栅藻 <i>Scenedesmus bijuga</i>	群体,椭圆形	82.8	绿色
NY009	令德湖	扁盘栅藻 <i>Scenedesmus platydiscus</i>	群体,椭圆形	36.9	蓝绿色
NY010	荆屯关	小球藻 <i>Chlorella vulgaris</i>	单细胞,球形	512.3	绿色
NY011	段家寨	蛋白核小球藻 <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	单细胞,球形	8.1	绿色
NY012	盐湖区	椭圆小球藻 <i>Chlorella ellipsoidea</i>	单细胞,椭圆形	523.3	绿色
NY013	强家庄	土生绿球藻 <i>Chlorococcum humicola</i>	单细胞,球形	1763.1	绿色
NY014	强家庄	水溪绿球藻 <i>Chlorococcum infusionum</i>	单细胞,球形	1022.2	绿色
NY015	盐湖区	不对称衣藻 <i>Chlamydomonas asymmetrica</i>	单细胞,椭圆形	523.3	浅绿色
NY016	盐湖区	衣藻 <i>Chlamydomonas</i> sp.	单细胞,倒卵形	306.7	浅绿色
NY017	盐湖区	盐生杜氏藻 <i>Dunaliella salina</i>	单细胞,椭圆形	1766.3	绿色
NY018	盐湖区	隐藻 <i>Cryptomonas</i> sp.	单细胞,倒卵形	523.3	绿色
NY019	盐湖区	隐藻 <i>Cryptomonas</i> sp.	单细胞,倒卵形	350.5	黄色
NY020	盐湖区	盐生鳞孔藻 <i>Lepocinclis salina</i>	单细胞,椭圆形	4710.0	黄色
NY021	盐湖区	卵圆双眉藻 <i>Amphora ovalis</i>	单细胞,新月形	902.3	棕黄色
NY022	盐湖区	咖啡形双眉藻 <i>Amphora coffeaeformis</i>	单细胞,壳面镰刀形	2578.1	棕色
NY023	荆屯关	线形菱形藻 <i>Nitzschia linearis</i>	单细胞,线形	750.0	浅黄色
NY024	段家寨	短小舟形藻 <i>Navicula exigua</i>	单细胞,壳面椭圆形	437.5	棕黄色
NY025	段家寨	谷皮菱形藻 <i>Nitzschia palea</i>	单细胞,披针形	984.4	棕黄色
NY026	盐湖区	微型舟形藻 <i>Navicula minima</i>	群体,椭圆形	160.2	棕黄色
NY027	盐湖区	池生菱形藻 <i>Nitzschia stagnorum</i>	单细胞,披针形	351.6	黄色
NY028	荆屯关	谷皮菱形藻 <i>Nitzschia palea</i>	单细胞,披针形	556.9	黄色
NY029	盐湖区	牟氏角毛藻 <i>Chaetoceros mülleri</i>	单细胞,长方形	140.6	黄色
FACHB826	购买	牟氏角毛藻 <i>Chaetoceros mülleri</i>	单细胞,长方形	65.5	浅黄色
FACHB1276	购买	月牙藻 <i>Selenastrum bibraianum</i>	单细胞,镰形	25.6	浅绿色
FACHB1117	购买	四尾栅藻 <i>Scenedesmus quadricauda</i>	群体,椭圆形	57.5	绿色

株，体积大小差异较大，从 8.1~4710.0 μm^3 。以群体形态存在的有 10 株，群体体积最大可达到 12878.9 μm^3 。

2.2 生物量分析

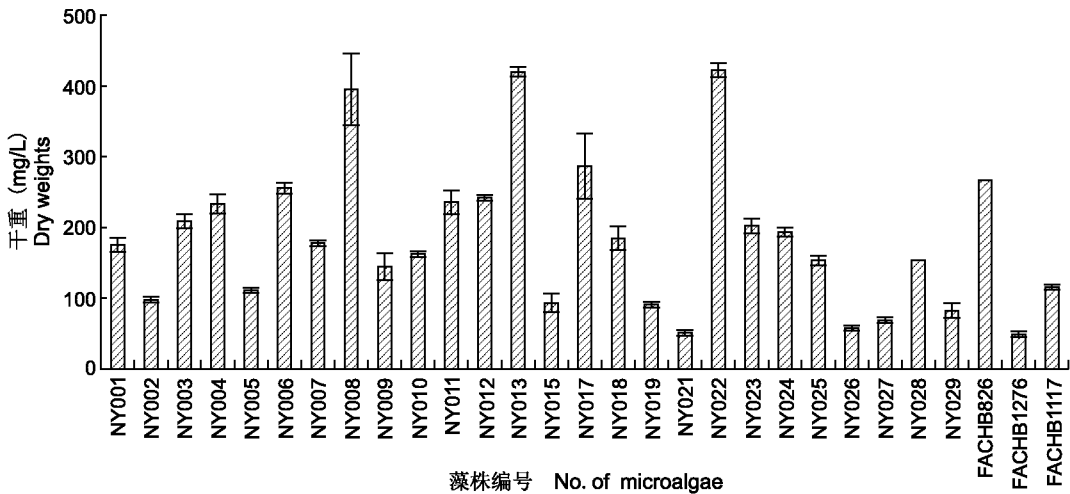
32 株微藻中，NY014、NY016 和 NY020 生长缓慢，经过 20 d 培养，生物量没有明显变化，没有得到稳定期时的干重结果。图 1 为抽滤烘干后 29 株微藻的生物量，可以看出各藻株之间的干重差异较大，其中以 NY022、NY013 和 NY008 三株干重最大，分别为 422.22、420 和 395.56 mg/L。干重为 200~300 mg/L 的有 8 株(绿藻 6 株，硅藻

2 株)。干重为 100~200 mg/L 的有 10 株(绿藻 6 株，隐藻 1 株，硅藻 3 株)。干重在 100 mg/L 以下的有 8 株(绿藻 3 株，隐藻 1 株，硅藻 4 株)。

2.3 脂质含量分析

2.3.1 尼罗红染色法所测中性脂

通过细胞密度 $\times$ 体积计算出每孔微藻总体积，进一步得到单位微藻体积内的荧光强度(图 2)。结果显示，不同藻株单位体积内荧光强度值差异较大，表明胞内中性脂含量有较大差异，最高的是 NY020，达到 181.5，其次是 NY025 和 NY024，分别为 165.2 和 161.6，最低的 NY004，只有 4.1。



图中编号所指藻株名称见表 1，下同。
Numbers in the figure represent algae strains are shown in Table 1. Same below.

图 1 29 株微藻的干重比较

Fig. 1 Comparison of dry weights of twenty-nine microalgae

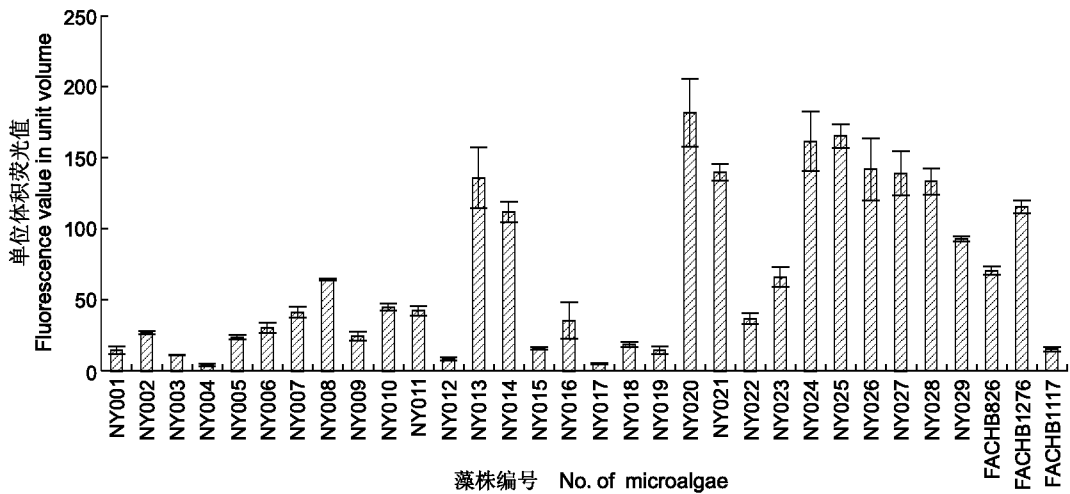


图 2 32 株微藻荧光值的比较

Fig. 2 Comparison of fluorescence values of thirty-two microalgae

同一藻种不同品系的荧光值也有差别，如谷皮菱形藻 (*Nitzschia palea*) NY025 与 NY028，牟氏角毛藻 NY029 与 FACHB826，前者均较后者高。研究结果还显示，荧光值较高的前 10 株微藻中，硅藻有 6 株、绿藻 3 株、裸藻 1 株，多数绿藻显示较低的荧光值。

2.3.2 氯仿甲醇法所测总脂

在稳定期进行收获时，NY014、NY016、NY019、NY020、NY021、NY026 和 FACHB1276 获得的藻粉量少于 10 mg，无法用氯仿甲醇法测定总脂含量，其余 25 株的总脂含量见图 3。由图 3 可知，总脂含量在 25% 以上的有 3 株，为 NY029、NY025 和 NY002，其总脂含量分别达到 30.09%、27.49% 和 26.27%。总脂含量在 20%~25% 的有 5 株(绿藻 4 株，硅藻 1 株)。总脂含量在 15%~20% 的有 5 株(绿藻 2 株，硅藻 3 株)。总脂含量少于 15% 的有 12 株。不同产地的同一藻种，总脂

含量表现出明显差异，牟氏角毛藻 NY029 与 FACHB826 总脂含量比约为 3:2，谷皮菱形藻 NY025 和 NY028 总脂含量也接近 3:2，四尾栅藻 NY005 与 FACHB1117 总脂含量接近。

2.4 总脂产率的分析

总脂产率代表微藻单位时间内的总脂积累量 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$)，反映藻细胞油脂积累速率，是评价微藻产油潜力的重要指标。25 株微藻的总脂产率见表 2。由表 2 可知，NY017(盐生杜氏藻 *Dunaliella salina*)、NY022(咖啡形双眉藻 *Amphora coffeaeformis*)、FACHB826(牟氏角毛藻)、NY023(线形菱形藻 *Nitzschia linearis*)、NY008(双对栅藻 *Scenedesmus bijuga*) 和 NY025(谷皮菱形藻) 总脂产率超过 $2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 。已有文献报道盐生杜氏藻和牟氏角毛藻是具产油潜力的藻种^[12,13]，本研究也证实了这一点。实验所用两种脂质测定方法都表明，运城盐湖区产牟氏角毛藻 NY029 比海

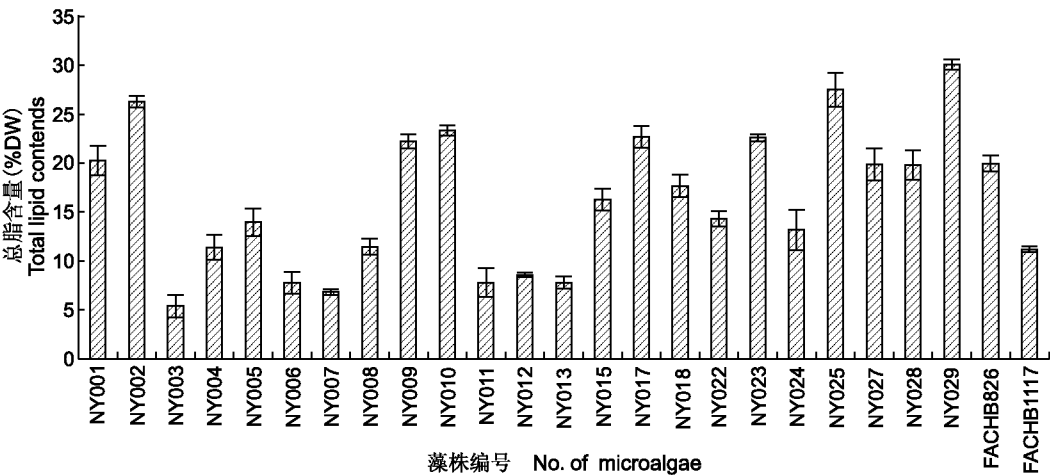


图 3 25 株微藻总脂含量的比较
Fig. 3 Comparison of total lipid contents of twenty-five microalgae

表 2 25 株微藻总脂产率的比较
Table 2 Comparison of lipid productivity of twenty-five microalgae

编号 No.	总脂产率($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) Lipid productivity	编号 No.	总脂产率($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) Lipid productivity	编号 No.	总脂产率($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) Lipid productivity
NY001	1.78	NY010	1.89	NY024	1.27
NY002	1.28	NY011	0.92	NY025	2.11
NY003	0.56	NY012	1.04	NY027	0.68
NY004	1.33	NY013	1.64	NY028	1.52
NY005	0.77	NY015	0.76	NY029	1.24
NY006	0.99	NY017	3.25	FACHB826	2.66
NY007	0.61	NY018	1.63	FACHB1117	0.65
NY008	2.27	NY022	3.03		
NY009	1.60	NY023	2.28		

产牟氏角毛藻 FACHB826 脂质含量高近 30%，但盐湖区牟氏角毛藻生长较慢，使其总脂产率降低，这一问题有待今后进一步研究。

3 讨论

目前微藻生物柴油的研究报道多为绿藻和硅藻种类^[14]，这与它们分布广泛、易于培养不无关系。本研究过程中分离培养得到的藻株也主要是绿藻和硅藻，可见这两类微藻是今后产油藻类的主要来源。

处于不同生长期的藻株，生长量与总脂含量不一定同步^[15]。本实验各藻株均在培养 20 d 时收获，得到的干重结果与许瑾等的报道^[16]相差较多，他们比较的是周期内生长最快日的干重，而本研究比较的是培养一个生长周期的干重，我们认为这样可能更贴近实际应用。

氯仿甲醇法是一种传统的微藻细胞脂类含量测定方法，操作步骤简单，所得数据可靠，但对生物量需求相对较大，为了降低氯仿甲醇法提取脂质的最低检测藻样量，本研究在抽虑收获干藻粉后，连同滤纸一起进行了脂质提取，这样使得对藻粉的最低检测量降为 10 mg，低于有关文献报道的检测量^[17]。藻粉量较少时，可采用本方法。近来报道的尼罗红荧光染色法操作简单、快速，所需样品少，可直接对活体进行染色，但是针对不同微藻染色时，无法达到各自的最优染色条件^[18-20]，本实验确定的染色条件参考尼罗红使用说明，较大程度地接近了各自的最优染色条件。尼罗红染色法得到的结果中，硅藻的荧光值普遍较高，绿藻的相对较低，可能是由于大部分绿藻具有较厚的细胞壁^[21]，使得尼罗红染液通透性降低，因此在使用尼罗红染色法时，可进行细胞破壁处理，以得到更准确的结果。在高通量筛选或者生物量较小的情况下，不能用重量法测定，尼罗红染色法是一种较好的选择，有一定的参考价值。

综合两种脂质测定方法的结果表明，不仅不同种微藻的总脂及中性脂含量不同，不同品系的同一种微藻脂质含量也有差别。单位微藻荧光值最高的是 NY020(盐生鳞孔藻 *Lepocinclis salina*)，但由于实验室培养条件下生长较慢，生物量低，没有氯

仿甲醇法的佐证，今后可进一步对该藻进行研究。NY022、NY013 和 NY008，虽然生物量大，但总脂含量低于 15%。NY020、NY029 与 NY002 脂质含量较高，生物量却一般，因此在筛选高产油藻时应综合评价其生物量和总脂含量来判断是否符合高效产油藻的性能。

通过本实验的研究，筛选得到山西地区的 NY017(盐生杜氏藻)、NY023(线形菱形藻)和 NY025(谷皮菱形藻)的总脂产率较高，具有生产生物柴油的潜力。可以通过优化微藻培养条件如温度、光照、培养基等来进一步增大总脂产率，为最终实现微藻生物柴油的工业化提供理论依据。

参考文献：

- [1] 李涛, 李爱芬, 桑敏, 等. 富油能源微藻的筛选及产油性能评价[J]. 中国生物工程杂志, 2011, 31(4): 98-105.
- [2] 缪晓玲, 吴庆余. 藻类异养转化制备生物油燃料技术[J]. 可再生能源, 2004, 116(4): 41-44.
- [3] 解小如. 山东高含油微藻“炼”油成本低[N]. 中国化工报, 2011-1-20(2).
- [4] 刘晓澄, 刘永平. 中国生物柴油产业的发展机遇和挑战[J]. 现代化工, 2011, 31(2): 1-7.
- [5] 王萌, 陈章和. 藻类生物柴油研究现状与展望[J]. 生命科学, 2011, 23(1): 121-126.
- [6] Schenk P M, Thomas-Hall S R, Stephens E, et al. Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production[J]. *Bioenergy Res*, 2008, 1: 20-43.
- [7] René H W, Maria J B. An outlook on microalgal biofuels[J]. *Science*, 2010, 329: 796-799.
- [8] 王金娜, 严小军, 周成旭, 等. 产油微藻的筛选及中性脂动态积累过程的检测[J]. 生物物理学报, 2010, 26(6): 472-480.
- [9] Bligh E G, Dyer W J. A rapid method of total lipid extraction and purification[J]. *Can J Biochem Physiol*, 1959, 37(8): 911-917.
- [10] 胡鸿均, 魏印心. 中国淡水藻类——系统、分类及生态[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 303-412, 496-903.
- [11] 朱蕙忠, 陈嘉佑. 中国西藏硅藻[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 199-202.
- [12] 陈昱, 林锦明, 刘广发. 高脂杜氏藻的诱变筛选与

- 分析[J]. 厦门大学学报, 2008, 47(3): 397-401.
- [13] 余洋. 基于生物柴油制备的海洋高脂微藻筛选[D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
- [14] 朱斌斌. 利用微藻油脂制备生物柴油的研究[D]. 上海: 华中科技大学, 2009.
- [15] 汤宁, 邢荣莲, 钱振明, 等. 4种海洋底栖硅藻4个培养时期总脂及脂肪酸动态考察研究[J]. 烟台大学学报, 2008, 21(2): 105-109.
- [16] 许瑾, 张成武, 李爱芬, 等. 华南地区淡水产油微藻藻株的分离与筛选[J]. 可再生资源, 2011, 29(1): 67-71.
- [17] 刘倩. 产能海洋微藻的分离筛选[D]. 宁波: 宁波大学, 2010: 31-41.
- [18] Chen W, Wu C, Song L R, et al. A high throughput Nile red method for quantitative measurement of neutral lipids in microalgae[J]. *J Microb M*, 2009, 77: 41-47.
- [19] Huang G H, Chen G, Chen F. Rapid screening method for lipid production in alga based on Nile red fluorescence[J]. *Biomass Bioenerg*, 2009, 33: 1386-1392.
- [20] 胡小文, 马帅, 弓淑芬, 等. 荧光光谱法检测微藻中油脂[J]. 中国油脂, 2011, 36(4): 70-74.
- [21] 王海英, 符茹, 黄宝祥. 基于尼罗红荧光染色的小球藻脂质快速检测方法研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(3): 78-81.

(责任编辑: 王豫鄂)

中国科技核心期刊、中国农业核心期刊、
全国中文核心期刊、全国优秀农业期刊

《植物遗传资源学报》征订启事

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊, 为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊, 又被《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库、中文科技期刊数据库收录。据2011年度中国期刊引证研究报告统计, 《植物遗传资源学报》影响因子1.396, 在自然科学与工程技术类学科排序第9名。

报道内容为大田、园艺作物, 观赏、药用植物, 林用植物、草类植物及其一切经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述或评论。诸如, 种质资源的考察、收集、保存、评价、利用、创新, 信息学、管理学等; 起源、演化、分类等系统学; 基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

双月刊, 大16开本, 196页。定价20元, 全年120元。各地邮局发行。

邮发代号: 82-643。国内刊号CN11-4996/S, 国际统一刊号ISSN1672-1810。

本刊编辑部常年办理订阅手续, 如需邮挂每期另加3元。

地址: 北京市中关村南大街12号 中国农业科学院《植物遗传资源学报》编辑部

邮编: 100081 电话: 010-82105794, 010-82105796(兼传真)

网址: www.zwyczy.cn

E-mail: zwyczyxb2003@163.com; zwyczyxb2003@sina.com