

基于熵权的产生物柴油微藻开发潜力评价*

贺立燕^{1,2} 韩笑天¹ 俞志明¹

(1. 中国科学院海洋研究所 海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071; 2. 中国科学院大学 北京 100049)

摘要 结合青岛地区不同季节室外温度变化特点, 采用熵权法对 9 株微藻利用发电厂废气生产生物柴油的户外开发潜力进行评估。选取油脂产率、油脂组成、CO₂ 耐受性、破壁难易度和温度适应性 5 项指标, 根据实验室测得的数据进行计算, 得出春冬季以上 5 项指标的权重分别为 0.261、0.002、0.059、0.211 和 0.467, 而夏秋季以上 5 项指标的权重分别为 0.098、0.001、0.022、0.079 和 0.801。在此权重的基础上, 得出在春冬季节开发潜力最大的藻株为微拟球藻(*Nannochloropsis* sp. ZL-12), 在夏秋季节开发潜力最大的藻株为球等鞭金藻(*Isochrysis galbana* C5001)。本方法为户外大规模开发生物柴油的微藻藻种选择提供了一个有效的思路。

关键词 熵权法; 微藻; 生物柴油

中图分类号 Q949.28 doi: 10.11693/hyhz20140300069

生物质能源作为一种来源广泛的可再生能源, 其开发利用不仅有助于缓解化石燃料日益枯竭给全球经济发展带来的能源危机, 还可以减少主要温室气体 CO₂ 的排放, 有利于维护生态平衡, 改善人类生存环境。与生物质能源的传统原料农作物相比, 微藻养殖具有节水、不占用耕地资源、能耗和 CO₂ 排放量低、养分需求低以及终产物应用领域广泛等优势 (Varfolomeev *et al.*, 2011), 是产生物柴油的优秀而有前景的原料来源 (Chisti, 2007)。然而, 从微藻到生物柴油是一个复杂的系统工程 (李元广等, 2009; Gong *et al.*, 2011; Lam *et al.*, 2012; Rawat *et al.*, 2013), 其中涉及高含油藻种的筛选 (Duong *et al.*, 2012)、基因工程方式改造 (Radakovits *et al.*, 2010; Korkhovoy *et al.*, 2013)、培养条件优化 (Wang *et al.*, 2012)、收获与油脂提取方式优化 (Halim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2013) 及户外大规模培养 (Li *et al.*, 2013; Shurin *et al.*, 2013) 等方面的问题。在此过程中, 选择一个合适的评价方法来判定适宜规模化应用的微藻藻种无疑是非常关键的。目前, 国际上仍没有统一的分级评判标准来判别微藻产生物柴油的潜力。国内学者引入了模糊综合评价的方法对实验室培

养的 3 株微藻产生物柴油的应用潜力进行了评价 (张齐等, 2010), 为适宜应用藻种的筛选提供了一种新的思路。然而该评价方法掺入了过多的主观评判因素, 各指标的权重皆由人为确定, 降低了该方法的客观性。

权重的设计在模糊综合评价中是一项重要内容, 对评价结果有重要影响。熵权法以其赋权灵活性与客观性的优势, 已在众多领域得到了广泛应用 (宋保维等, 2001; 谢赤等, 2002; 周文华等, 2005; 高长波等, 2006; 李萍等, 2007; 章穗等, 2010)。本研究将熵权法引入微藻生产生物柴油过程涉及的关键指标的赋权, 根据选定指标的变异程度, 利用信息熵计算出各指标的熵权, 再通过熵权对各指标的权重进行修正, 从而得到较为客观的指标权重, 以此评价产生物柴油微藻的开发潜力。研究结合青岛地区不同季节的温度特点, 拟选出能够有效利用发电厂排出废气中的 CO₂ 作为碳源, 适宜在户外条件下进行生物柴油生产的微藻藻种。

1 材料与方法

1.1 藻株、培养条件及指标测定方法

本实验选用 9 株微藻, 其中包括 3 株低温藻株: 微

* 国家重点基础研究发展计划(973)项目, 2011CB200901 号; 海洋可再生能源专项资金项目, GHME2001SW02 号。贺立燕, 博士研究生, E-mail: heliyan603@sina.com

通讯作者: 俞志明, 博士生导师, 研究员, E-mail: zyu@qdio.ac.cn

收稿日期: 2014-03-05, 收修改稿日期: 2014-08-22

拟球藻(*Nannochloropsis* sp. ZL-12)、小球藻(*Chlorella* sp. ZL-33)和小球藻(*Chlorella* sp. ZL-45), 3株中温藻株: 球等鞭金藻(*Isochrysis galbana* C5001)、等鞭金藻(*Isochrysis* sp. C5002)和微拟球藻(*Nannochloropsis* sp. C7001), 3株高温藻株: 微拟球藻(*Nannochloropsis* sp. JN1)、绿色巴夫藻(*Pavlova viridis* JN2)和小球藻(*Chlorella* sp. JN3)。文中所用到的指标数据由国家海洋局第一海洋研究所郑立研究员提供。

采用 f/2 培养液营养盐配方, 培养用海水取自青岛汇泉湾附近, 盐度为 32 ± 1 , pH 值为 7.9 ± 0.1 , 经孔径为 $0.45 \mu\text{m}$ 的混合纤维素膜过滤 121°C 高压湿热灭菌 30min, 室温冷却后备用, 光照为 4000lx, 光暗比(L/D)为 12h : 12h。

实验选取 10、15、20、25、30 和 35°C 六个温度分别培养 9 株微藻, 从而确定适宜温度。分别向 9 株培养的微藻通入不同浓度为 5% 和 10% 的 CO_2 , 观察微藻的生物量积累情况, 确定 CO_2 耐受性。破壁难易度以 30Mp 破壁率衡量(张齐等, 2010)。9 株微藻生长至平台期后离心收集, 真空冷冻干燥后称取 20mg 左右的藻体, 采用改进的 Bligh-Dyer 法提取总脂(Bligh *et al.*, 1959), 采用气-质联用(5975 CMSD 和 7890 GC, 安捷伦公司)法测定脂肪酸的组成。

1.2 用熵权法确定评价因子权重的步骤

熵权法确定评价因子权重包括以下三个步骤(邱宛华, 2002):

(1) 原始数据矩阵标准化

设 m 个评价指标, n 个评价对象得到的原始数据

矩阵为: $X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix}$, 该矩阵标准化得:

$E = (e_{ij})_{m \times n}$, 式中 e_{ij} —第 j 个评价对象在第 i 个评价指标上的标准值, $e_{ij} \in [0, 1]$; 其中对大者为优的收益

性指标而言, 有 $e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j |x_{ij}|}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$; 而对小者为优

的成本性指标而言, 有 $e_{ij} = \frac{\max_j |x_{ij}| - x_{ij}}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$; min 为最

小值, max 为最大值。

(2) 定义熵 H

在有 m 个评价指标, n 个评价对象的评估问题中, 第 i 个指标的熵定义为:

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad \text{式中},$$

$$f_{ij} = \frac{e_{ij}}{\sum_{j=1}^n e_{ij}}, \quad k = \frac{1}{\ln n}, \quad \text{当 } f_{ij} = 0 \text{ 时, 令 } f_{ij} \ln f_{ij} = 0。$$

(3) 定义熵权 w

定义了第 i 个指标的熵之后, 第 i 个指标的熵权

$$\text{定义为: } w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}, \quad \text{式中 } 0 \leq w_i \leq 1, \quad \sum_{i=1}^m w_i = 1。$$

2 结果与讨论

2.1 各指标测定结果

对 9 株微藻 ZL-12、ZL-33、ZL-45、C5001、C5002、C7001、JN1、JN2 和 JN3 各项指标的测定结果如表 1 所示。其中, 油脂组成以适宜生产生物柴油的脂肪酸组成, 即 C14—C18 系脂肪酸的百分含量表示; 油脂产率及油脂组成范围以不同微藻适宜温度下测定结果表示。

2.2 评价对象、评价因子和评价集

本研究中, 评价对象集 $D = \{ZL-12, ZL-33, ZL-45, C5001, C5002, C7001, JN1, JN2, JN3\}$ 。张齐等(2010)将产生物柴油微藻藻种评价体系总结划分为生理生化指标(0.35)、培养工艺指标(0.40)和后处理指标(0.25)三个一级指标, 本研究从以上三个一级指标中分别选取 1—2 个权重高的二级指标研究, 并将生理生化指标中的生长速率和含油率合并以油脂产率表示, 总结出评价因子集 $F = \{\text{油脂产率, 油脂组成, } \text{CO}_2 \text{ 耐受性, 破壁难易度, 温度适应性}\}$ 。

2.3 单因子评判矩阵的确定及指标赋权

定义原始矩阵:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} & x_{16} & x_{17} & x_{18} & x_{19} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} & x_{26} & x_{27} & x_{28} & x_{29} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} & x_{35} & x_{36} & x_{37} & x_{38} & x_{39} \\ x_{41} & x_{42} & x_{43} & x_{44} & x_{45} & x_{46} & x_{47} & x_{48} & x_{49} \\ x_{51} & x_{52} & x_{53} & x_{54} & x_{55} & x_{56} & x_{57} & x_{58} & x_{59} \end{pmatrix},$$

其中对应的对象及指标如表 2 所示:

由于油脂产率和油脂组成两项指标的值为范围, 需要先将该范围换算成定值, 初始化; 对于这两项指标, 其评价对象集 $D = \{ZL-12, ZL-33, ZL-45, C5001, C5002, C7001, JN1, JN2, JN3\}$; 对于油脂产率, 评价因子集 $F = \{\text{油脂产率低值, 油脂产率高值, 油脂产率}$

表 1 9 株不同富油藻株关键指标一览表

Tab.1 Key indexes and values of 9 oil- rich microalgae strains

藻株编号	油脂产率(mg/(L·d))	油脂组成(%)	CO ₂ 耐受性(%)	破壁难易度	适宜温度范围(°C)	最适温度(°C)
ZL-12	20.66—44.17	86.99—95.14	0—10	不易	10—20	15
ZL-33	12.53—37.49	80.79—91.47	0—10	不易	10—20	15
ZL-45	22.88—34.56	88.45—93.93	0—10	不易	10—20	15
C5001	44.01—82.16	88.35—90.94	0—10	容易	20—30	25
C5002	44.38—77.47	91.10—93.50	0—10	容易	20—30	25
C7001	36.52—43.41	89.79—93.47	0—5	不易	20—30	25
JN1	20.51—33.82	84.29—86.01	0—10	不易	25—35	30
JN2	19.52—26.92	85.1—87.68	0—10	容易	25—35	30
JN3	19.44—35.17	87.11—89.71	0—10	不易	25—35	30

表 2 原始矩阵对应的指标

Tab.2 The corresponding indexes of the original matrix

	ZL-12	ZL-33	ZL-45	C5001	C5002	C7001	JN1	JN2	JN3
油脂产率	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}
油脂组成	x_{21}	x_{22}	x_{23}	x_{24}	x_{25}	x_{26}	x_{27}	x_{28}	x_{29}
CO ₂ 耐受性	x_{31}	x_{32}	x_{33}	x_{34}	x_{35}	x_{36}	x_{37}	x_{38}	x_{39}
破壁难易度	x_{41}	x_{42}	x_{43}	x_{44}	x_{45}	x_{46}	x_{47}	x_{48}	x_{49}
温度适应性	x_{51}	x_{52}	x_{53}	x_{54}	x_{55}	x_{56}	x_{57}	x_{58}	x_{59}

浮动差值}; 其中前两因子大者为优, 采用公式

$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j |x_{ij}|}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$, 最后一因子小者为优, 采用公

式 $e_{ij} = \frac{\max_j |x_{ij}| - x_{ij}}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$ 。类似地, 对于油脂组成, 评

价因子集 $F = \{ \text{油脂组成低值, 油脂组成高值, 油脂组成浮动差值} \}$; 其中前两因子大者为优, 采用公式

$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j |x_{ij}|}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$, 最后一因子小者为优, 采用公

$$e_{ij} = \frac{\max_j |x_{ij}| - x_{ij}}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$$

对于 CO₂ 耐受性这一指标, 其评价对象集 $D = \{ \text{ZL-12, ZL-33, ZL-45, C5001, C5002, C7001, JN1, JN2, JN3} \}$; 评价因子集 $F = \{ \text{CO}_2 \text{ 耐受性范围} \}$, 该因

子大者为优, 采用公式 $e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j |x_{ij}|}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$ 。将本研

究中破壁难易度按照容易与不易换算成定值, 容易定义为 1, 不易定义为 0.5。

表 3 各评价指标的原始值

Tab.3 The original values of evaluation indices

藻株编号	油脂产率			油脂组成			CO ₂ 耐受性	破壁难易度	温度(春季)		温度(夏秋季)		温度(冬季)	
	低值	高值	差值	低值	高值	差值			低值差值	高值差值	低值差值	高值差值	低值差值	高值差值
ZL-12	20.66	44.17	23.51	86.99	95.14	8.15	10	0.50	12	5	3	9	14	8
ZL-33	12.53	37.49	24.96	80.79	91.47	10.68	10	0.50	12	5	3	9	14	8
ZL-45	22.88	34.56	11.68	88.45	93.93	5.48	10	0.50	12	5	3	9	14	8
C5001	44.01	82.16	38.15	88.35	90.94	2.59	10	1.00	22	15	7	1	24	18
C5002	44.38	77.47	33.09	91.1	93.5	2.4	10	1.00	22	15	7	1	24	18
C7001	36.52	43.41	6.89	89.79	93.47	3.68	5	0.50	22	15	7	1	24	18
JN1	20.51	33.82	13.31	84.29	86.01	1.72	10	0.50	27	20	12	6	29	23
JN2	19.52	26.92	7.4	85.1	87.68	2.58	10	1.00	27	20	12	6	29	23
JN3	19.44	35.17	15.73	87.11	89.71	2.6	10	0.50	27	20	12	6	29	23
熵权	0.33	0.45	0.22	0.31	0.38	0.31	1	1	0.5	0.5	0.47	0.53	0.5	0.5

青岛地区夏秋季节温度浮动范围为 18—24°C, 评价对象集 $D=\{ZL-12, ZL-33, ZL-45, C5001, C5002, C7001, JN1, JN2, JN3\}$; 评价因子集 $F=\{\text{最适温度与低值差值, 最适温度与高值差值}\}$, 二因子皆小者为

优, 采用公式 $e_{ij} = \frac{\max_j |x_{ij}| - x_{ij}}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$ 。类似地, 春季温

度浮动范围为 3—10°C, 冬季温度浮动范围为 1—7°C; 评价对象集 $D=\{ZL-12, ZL-33, ZL-45, C5001, C5002, C7001, JN1, JN2, JN3\}$; 评价因子集 $F=\{\text{最适温度与低值差值, 最适温度与高值差值}\}$, 二因子皆小者为

优, 采用公式 $e_{ij} = \frac{\max_j |x_{ij}| - x_{ij}}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$ 。各评价指标的原

始值如表 3 所示, 将原始数据计算并初始化得到表 4 结果。由于不同季节温度变化范围存在差异, 温度适

应性指标在不同季节的数值也有所区别。其中春季和冬季相同, 夏秋季相同。

2.4 权重计算

基于表 4 的数据, 根据熵权计算公式得到各评价指标的熵权如表 5 所示。各指标在不同季节权重由大到小的排序相同, 依次为温度适应性、油脂产率、破壁难易度、CO₂ 耐受性和油脂组成, 但具体所占权重大小有差异。其中温度适应性一指标在四个季节中的权重最大(春冬季为 0.801, 夏秋季为 0.467)。

2.5 评价结果

根据不同季节各指标的权重值进行计算, 得出春冬季开发潜力由大到小为: ZL-12、ZL-33、ZL-45、C5001、C5002、C7001、JN2、JN3、JN1, 而夏秋季开发潜力由大到小为: C5001、C5002、C7001、ZL-12、ZL-33、ZL-45、JN2、JN3、JN1。

表 4 原始数据初始化结果
Tab.4 Normalization of the original data

藻株编号	油脂产率	油脂组成	CO ₂ 耐受性	破壁难易度	温度适应性	
					春冬季	夏秋季
ZL-12	0.53	1.00	1.00	0.50	1.00	0.47
ZL-33	0.44	0.96	1.00	0.50	1.00	0.47
ZL-45	0.43	0.99	1.00	0.50	1.00	0.47
C5001	1.00	0.96	1.00	1.00	0.33	0.79
C5002	0.95	0.98	1.00	1.00	0.33	0.79
C7001	0.55	0.98	0.50	0.50	0.33	0.79
JN1	0.42	0.90	1.00	0.50	0.00	0.20
JN2	0.34	0.92	1.00	1.00	0.00	0.20
JN3	0.43	0.94	1.00	0.50	0.00	0.20

表 5 各评价指标的熵权
Tab.5 Entropy weight of all evaluation indices

不同季节	油脂产率	油脂组成	CO ₂ 耐受性	破壁难易度	温度适应性
春冬季	0.098	0.001	0.022	0.079	0.801
夏秋季	0.261	0.002	0.059	0.211	0.467

表 6 各评价对象的评价值
Tab.6 The evaluation values of all the objects

不同季节	ZL-12	ZL-33	ZL-45	C5001	C5002	C7001	JN1	JN2	JN3
春冬季	0.772	0.749	0.745	0.689	0.675	0.437	0.275	0.360	0.278
夏秋季	0.523	0.499	0.496	0.903	0.890	0.651	0.368	0.453	0.372

3 结论

用熵权法对各指标计算赋权使研究结果更加客

观, 可有效地反映出藻种产生物柴油的性能, 在实践中具有一定的实用性。在具体的评价过程中, 可以根据实际可获得的数据丰富评价指标。目前, 张齐等

(2010)结合已有的规范和研究成果总结出了产生物柴油的微藻藻种评价体系表,其中包括3项一级指标和18项二级指标,从系统工程角度上,该评价体系较全面地指出了需考察的指标,具有一定的指导性。然而在指标的权重方面,该体系采取了固定的权重,在具体的实践应用中有一定的弊端,针对性不强。

本研究运用熵权法赋权计算得出了9株实验室培养的微藻在不同季节的产生物柴油的开发潜力,选取了生理生化指标油脂产率和油脂组成、培养工艺指标CO₂耐受性和温度适应性以及后处理指标破壁难易度为评价的关键指标,有针对性地得出了不同季节下适宜开发的藻种。结果表明不同季节适宜开发的藻种存在差异,在本研究选取的五项指标计算基础上,春冬季开发潜力最大的为微拟球藻(*Nannochloropsis* sp. ZL-12),而夏秋季开发潜力最大的为球等鞭金藻(*Isochrysis galbana* C5001),研究结果为实际的户外应用提供了理论依据。本研究初步选取了生物柴油生产过程中的几项关键指标考察,在实际的评价过程中多指标的选取结合熵权法赋权会产生更加准确的评价结果,从而为产生物柴油微藻藻种的选择提供更为准确的依据。

参 考 文 献

- 李 萍, 魏朝富, 邱道持, 2007. 基于熵权法赋权的区域耕地整理潜力评价. 中国农学通报, 23(6): 536—541
- 李元广, 谭天伟, 黄英明, 2009. 微藻生物柴油产业化技术中的若干科学问题及其分析. 中国基础科学, 11(5): 64—70
- 邱宛华, 2002. 管理决策与应用熵学. 北京: 机械工业出版社, 193—196
- 宋保维, 潘 光, 胡欲立等, 2001. 基于熵权的鱼雷系统模糊层次分析与评判. 系统工程理论与实践, 21(4): 129—132
- 张 齐, 郑洪立, 唐小红等, 2010. 基于模糊综合评价的产生物柴油微藻藻种筛选. 中国生物工程杂志, 30(5): 69—75
- 周文华, 王如松, 2005. 基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价. 生态学报, 25(12): 3244—3251
- 高长波, 陈新庚, 韦朝海等, 2006. 熵权模糊综合评价法在城市生态安全评价中的应用. 应用生态学报, 17(10): 1923—1927
- 章 穗, 张 梅, 迟国泰, 2010. 基于熵权法的科学技术评价模型及其实证研究. 管理学报, 7(1): 34—42
- 谢 赤, 钟 赞, 2002. 熵权法在银行经营绩效综合评价中的应用. 中国软科学, (9): 107—110
- Bligh E G, Dyer W J, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, 37(8): 911—917
- Chisti Y, 2007. Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances, 25: 294—306
- Duong V T, Li Y, Nowak E *et al*, 2012. Microalgae isolation and selection for prospective biodiesel production. Energies, 5(6): 1835—1849
- Gong Y M, Jiang M L, 2011. Biodiesel production with microalgae as feedstock: from strains to biodiesel. Biotechnology Letters, 33(7): 1269—1284
- Halim R, Danquah M K, Webley P A, 2012. Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: A review. Biotechnology Advances, 30(3): 709—732
- Kim J, Yoo G, Lee H *et al*, 2013. Methods of downstream processing for the production of biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances, 31(6): 862—876
- Korkhovoy V I, Blume Y B, 2013. Biodiesel from microalgae: Ways for increasing the effectiveness of lipid accumulation by genetic engineering methods. Cytology and Genetics, 47(6): 349—358
- Lam M K, Lee K T, 2012. Microalgae biofuels: A critical review of issues, problems and the way forward. Biotechnology Advances, 30(3): 673—690
- Li S W, Luo S J, Guo R B, 2013. Efficiency of CO₂ fixation by microalgae in a closed raceway pond. Bioresource Technology, 136: 267—272
- Radakovits R, Jinkerson R E, Darzins A *et al*, 2010. Genetic engineering of algae for enhanced biofuel production. Eukaryotic Cell, 9(4): 486—501
- Rawat I, Kumar R R, Mutanda T *et al*, 2013. Biodiesel from microalgae: A critical evaluation from laboratory to large scale production. Applied Energy, 103: 444—467
- Shurin J B, Abbott R L, Deal M S *et al*, 2013. Industrial-strength ecology: trade-offs and opportunities in algal biofuel production. Ecology Letters, 16(11): 1393—1404
- Varfolomeev S D, Wasserman L A, 2011. Microalgae as source of biofuel, food, fodder, and medicines. Applied Biochemistry and Microbiology, 47(9): 789—807
- Wang H Y, Xiong H R, Hui Z L *et al*, 2012. Mixotrophic cultivation of *Chlorella pyrenoidosa* with diluted primary piggery wastewater to produce lipids. Bioresource Technology, 104: 215—220

EVALUATION OF MICROALGAE POTENTIAL FOR BIODIESEL PRODUCTION IN ENTROPY WEIGHT THEORY

HE Li-Yan^{1,2}, HAN Xiao-Tian¹, YU Zhi-Ming¹

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Combined with outdoor seasonal temperature variation in Qingdao, East China, we evaluated in entropy weight theory on nine microalgae for possible outdoor large-scale biodiesel production making use of discharged CO₂ from local power plants. Five indicators including oil yield, oil composition, CO₂ tolerance, difficulty of breakage, and temperature adaptability were selected to calculate the entropy weight based on laboratory measurements. Weights for the above five indicators in spring and winter were 0.261, 0.002, 0.059, 0.211, and 0.467, while in summer and autumn were 0.098, 0.001, 0.022, 0.079 and 0.801, respectively. Therefore, microalgae in maximum potential for large-scale biodiesel production in spring and winter could be *Nannochloropsis* sp. ZL-12, while in the summer and autumn the *Isochrysis galbana* C5001. The method provides an effective way for microalgae strain selection for outdoor large-scale biodiesel production.

Key words entropy weight theory; microalgae; biodiesel