

# 羊栖菜马尾藻光合作用与水温、光强的关系

朱仲嘉 陈培明

(集美大学水产学院, 厦门 361021)

**摘 要** 羊栖菜马尾藻在不同水温、光强下, 光合作用各有其明显的规律性, 有适宜的水温和光强范围。光合作用的适宜水温约为 15~25℃, 而以 20℃ 为最适水温。光饱和净光合速度随水温 20, 15, 25, 10℃ 依次降低。在光饱和和光强以内, 适宜光强为  $(0.4 \sim 3) \times 10^4$  lx, 最适光强为  $(1 \sim 3) \times 10^4$  lx。在光饱和和光强以上, 相当于适宜光强和最适光强的净光合强度在  $4 \times 10^4$  lx 以上。呼吸速度在光合速度增大时也较高, 且与水温成正相关。根据测定结果, 本文对其在羊栖菜马尾藻生产上的合理应用, 促使养殖技术和产量的提高, 进行了探讨。

**关键词** 羊栖菜马尾藻, 水温, 光强, 光合作用

羊栖菜马尾藻 (*Sargassum fusiforme*) 在我国沿岸都有分布, 是一种经济价值很高的大型褐藻。近年来, 在东南沿海浙江、福建等部分海区, 主要用自然苗和夹苗绳上渡夏基部假根萌生的苗, 发展成具有一定规模性人工养殖的商品海藻, 有较好的经济效益。荣成县石岛育苗场 [1988] 用棕帘育苗器采精、卵培苗试验, 取得了一定的经验。朱仲嘉等 [1992] 用组织培养成芽生苗, 解决了人工苗种基础。

羊栖菜马尾藻光合作用制造有机物, 是生长的物质基础。水温及光强等环境因子的变化, 制约着羊栖菜马尾藻的光合作用过程, 形成了生长的季节变化。本研究从理论上探讨了藻体的生长规律, 光合作用对水温、光强的需要, 在有养殖条件的海区, 因地制宜地规划生产, 合理利用, 采取有效的技术措施, 达到增产目的。

## 1 材料与方 法

**材料:** 1987 年 4 月 7 日, 由厦门何厝低潮带采回藻体。选清洁、完整、外形生长相似, 营养藻体高 20 cm, 切除基部假根, 用毛笔以沙滤海水洗刷干净。置于海水场室内池中同一条件下暂养 3 天, 使生理上活动条件趋于一致后, 于 4 月 11~16 日进行光合作用测定。

**光源:** 在暗室中, 以 220V, 40W 日光灯 4 支, 一端加一 1500W 碘钨灯, 用调节灯与藻体距离及白纸遮光法, 用两层为 1 毫米厚的黑塑料布分隔, 以 ZF-2 型照度计测定, 分别设光强为 500, 1 000, 3 000, 5 000, 10 000, 20 000, 30 000 和 40 000 lx 八组。

**恒温水槽:** 用容积为 150 cm × 50 cm × 40 cm 的水族箱和 WMZK-01 型温度指示控制仪, 槽内装电热棒和电动搅拌器。槽内水深 25 cm, 水温分别调节为 10, 15, 20 和 25℃ 4 组。在测定时, 气温已高于 10, 15℃, 槽内加冰块保持恒温, 温差为 ±0.2℃。

**测定用海水:** 沙滤海水, 比重为 1.020, 相当于盐度 26.9, 与姚南瑜等 [1985] 的羊栖菜马尾藻在 0.75 倍海水中, 光合速度为最高, 其盐度为 25.74 的测定结果相接近。海水提前

3天煮沸冷却,以消除浮游植物及光合细菌的影响。

测定方法:同一水温下不同光强的光合作用;同一光强下不同水温的光合作用,在以上8组光强和4组水温下分别组合进行测定。测定用145毫升的黑、白瓶,各瓶内装满备好的煮沸冷却海水,实验瓶内分别各装入切成3段等长的藻体1棵,和空白瓶对照,在计划条件下,测定藻体的净光合和呼吸作用30分钟。以温克勒氏法(winkler's method)测定各瓶中海水的含氧量,吸除藻体表面吸附的水分,用天平称鲜重,以氧毫克/鲜藻克/升/时表示净光合及呼吸速度。

## 2 结果

光合作用最初的净光合曲线斜坡呈直线,在 $1 \times 10^3$  lx以上光强时,净光合曲线弯曲,逐渐与横轴平行,在测定水温范围内,都在 $3 \times 10^4$  lx光强时,净光合作用速度终止增加,出现光饱和。光强再增加时,净光合曲线开始下降。净光合作用速度与光强关系曲线和横坐标相交为光强补偿点,此与水温有关,10、15、20和25℃的补偿光强,分别为400、385、375和390 lx(图1),这与斯蒂曼—尼耳森[1979年中译本]海藻光合作用的—般规律相吻合。

### 2.1 光强与光合作用关系

光强与光合作用密切相关,在光饱和光强以内,净光合速度随光强增加而加快,减弱而减慢。在光饱和光强 $3 \times 10^4$  lx以上,则随光强继续增加而净光合速度开始下降(图1)。

不同光强下各水温的相对光饱和和净光合速度列表1。由表1看出,在光饱和和光强以内,光强增加,净光合速度的增加不一样。光强越低,光强增加净光合速度增加越快;光强愈高,光强增加净光合速度增加愈慢。在同一光强下,各水温的相对光饱和和净光合速度则接近,形成了各水温的适宜光强基本一致。光合作用的适宜光强,以同一光强下各水温的平均相对光饱和和净光合速度的80%~100%为划分标准。在饱和和光强以内,相应光强的 $(0.4 \sim 3) \times 10^4$  lx为适宜光强,其中以平均相对光饱和和净光合速度的90%~100%,光强 $(1 \sim 3) \times 10^4$  lx为最适光强。在饱和和光强以上,相当于适宜与最适光强的净光合强度,都可达 $4 \times 10^4$  lx强光以上。

表1 羊栖菜马尾藻在不同光强下各水温的相对光饱和和净光合速度(%)  
Table 1 The relative light saturation net photosynthesis velocity of *Sargassum fusiforme* for each water temperature in different light intensities(%)

光强 (lx)	水温(℃)				平均值
	10	15	20	25	
$4 \times 10^4$	99.47	99.66	99.48	97.28	98.97
$3 \times 10^4$	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
$2 \times 10^4$	93.90	99.83	97.18	98.64	97.89
$1 \times 10^4$	90.54	91.01	91.77	90.39	90.93
$5 \times 10^3$	88.85	86.23	79.99	87.86	85.73
$3 \times 10^3$	75.29	63.13	61.23	72.37	68.01
$1 \times 10^3$	45.85	41.75	40.47	42.30	42.59
$5 \times 10^2$	10.94	10.09	13.57	12.31	11.72

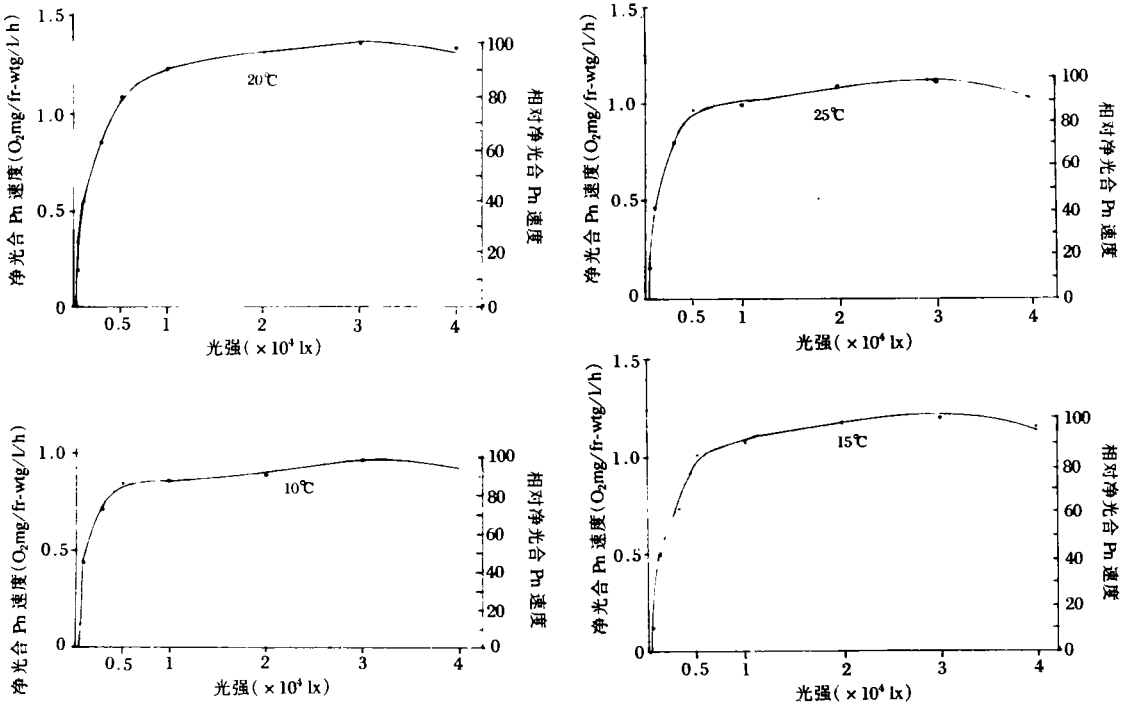


图1 羊栖菜马尾藻在不同水温下净光合作用速度与光强关系曲线

Fig.1 The curve of net photosynthetic velocity to light intensity of *Sargassum fusiforme* in different water temperatures

### 2.2 水温与光合作用关系

水温与光合作用明显有关(图2),在同一光强下,净光合速度随水温升高而增大,各组光强都在20℃时为最高,是光合作用的最适水温。水温继续升高,光合作用速度开始下降。水温10℃ $3 \times 10^4$  lx光饱和和净光合速度为0.951氧毫克/鲜藻克/升/时,而15,20,25℃时,分别为10℃的1.229,1.419,1.094倍。光饱和和净光合速度随不同水温20,15,25,10℃依次降低。

光合作用的适宜水温,以20℃的光饱和和相对净光合速度的大小为标准来划分为合理。其以相对光饱和净合速度的86%为下限适宜水温,82%为上限适宜水温。水温15、20、25℃的光饱和和净光合速度分别为1.169,1.349,1.104氧毫克/鲜藻克/升/时,水温

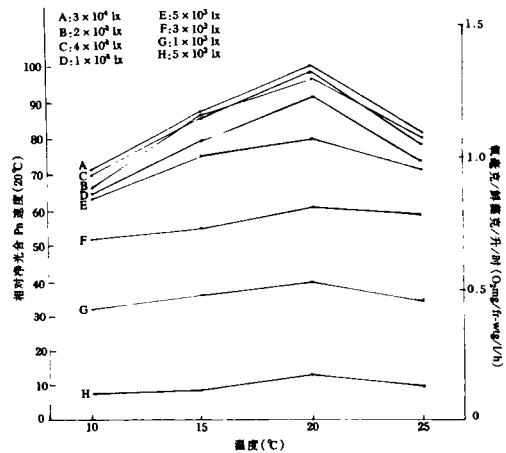


图2 羊栖菜马尾藻在不同水温下净光合强度与光强曲线

Fig.2 The curve of net photosynthesis rate of light intensity of *Sargassum fusiforme* in different water temperatures

20℃的光饱和相对净光合速度为100%，则15,25℃分别相当于20℃的光饱和相对净光合速度的86.66%,81.84%，因此，光合作用的适宜水温范围为15~25℃。

### 2.3 呼吸作用

羊栖菜马尾藻的呼吸速度与光合速度有关，光合速度增大时，呼吸速度相应也较高。在20℃以上时，呼吸速度与光合速度不同步下降，呼吸在其呼吸水平上进行，在低光强下，呼吸速度大于其净光合速度(表2,图1)。呼吸速度与水温成正相关,10,15,20,25℃在不同光强下的平均呼吸速度,分别为其光饱和净光合速度的21.6%,35.1%,43.8%,57.9%。

表2 羊栖菜马尾藻在不同光强下各水温的呼吸速度(氧毫克/鲜藻克/时)  
Table 2 The respirating velocity of *Sargassum fusiforme* for each water temperature in different light intensity ( $O_2$ mg/fr. wt. g/h)

光强(lx)	$4 \times 10^4$	$3 \times 10^4$	$2 \times 10^4$	$1 \times 10^4$	$5 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$5 \times 10^2$	平均值
10	0.218	0.223	0.215	0.210	0.204	0.198	0.194	0.183	0.206
水温(℃)	15	0.451	0.463	0.444	0.424	0.397	0.395	0.359	0.348
	20	0.612	0.632	0.624	0.607	0.581	0.564	0.556	0.549
	25	0.746	0.683	0.669	0.627	0.609	0.606	0.604	0.640

## 3 讨论

羊栖菜马尾藻在东南沿海的闽、浙等沿岸，一般水温下降后秋末开始萌发，冬季长出苗体，苗源有胚苗和渡夏基部长出新技芽两类，翌年春季成长，入夏行有性繁殖后，藻体衰败。福建4、5月份和浙江5、6月间，水温18~22℃时生长最快，为主要生长高峰期。生长是在光合作用制造的物质基础上进行，Hata和Yokohama[1976]测定结果：在冬春两季，多数海藻的光合作用最适水温是20℃左右。我们对羊栖菜马尾藻光合作用的测定，最适水温为20℃，也得到了证实。水温18~22℃的光饱和净光合速度，用补间法算出，为20℃光饱和相对净光合速度的95%~100%(图2)，符合作为最适光合作用水温的划分标准，光合作用的最适水温由20℃延伸到18~22℃的范围，此与生长最快的水温相一致。水温25℃，其光饱和净光合速度为20℃光饱和相对净光合速度的81.84%，虽能很好进行光合作用，但在福建5~6月、浙江6~7月间的藻体，已进入有性繁殖后衰败期。最低水温在东南沿海2月为10℃左右，10℃光饱和净光合速度为20℃光饱和相对净光合速度的70.5%，仍可较好进行光合作用和生长，因此，对开展生产很有利。渡夏基部假根的夹苗绳，适时渐提升水层，加强护养，达到早出苗和分苗，使营养生长期延长，有较好的增产效果。

在实验范围内，羊栖菜马尾藻各组水温的光饱和和光强都为 $3 \times 10^4$  lx(图1、2和表1)，为一种适应强光性的褐藻。这与曾呈奎等[1981]在20℃测定鼠尾藻(*Sargassum thunbergii*)和海黍子(*Sargassum kjellmanianum*)的光饱和和光强相同。生长在潮间带的马尾藻类，可能都有适应强光性。

羊栖菜马尾藻对光强有较大的适应范围。其补偿光强在375~400 lx间，光合作用在 $3 \times 10^3$  lx时，各水温平均相对光饱和净光合速度为68%，可较好进行光合作用和生长，自然种群在低潮带礁石上生长繁茂，退潮后，暴晒在阳光下，承受饱和光强以上更强的强光，因此，可开展人工养殖的适宜水层较宽。在透明度大的海区，可进行垂养，而在透明度小的海区，可开展

平养,或根据海区及藻体生长情况,进行垂平结合。其藻体呈圆柱形分枝,相互遮光较轻,因地制宜采用合理密植,光在藻丛中被散射,有更高的利用率,生产率也高。羊栖菜马尾藻虽是一种适应强光性褐藻,在过饱和光强  $4 \times 10^4$  lx 时,各水温的平均相对光饱和和净光合速度,比光饱和和光强  $3 \times 10^4$  lx 时,平均下降 1.03% (表 1)。光合作用在光饱和和光强以上,相当于适宜和最适光强的净光合强度,都可达  $4 \times 10^4$  lx 以上。但强光过强,不但抑制光合作用,且严重时使色素体产生白化,以造成成为害。因此,在生产上,上限最好最大控制在  $4 \times 10^4$  lx 左右。

曾呈奎等[1981]在 20℃ 时测定结果为:海带 (*Laminaria japonica*) 的光饱和和光强为  $1.1 \times 10^4$  lx,约为羊栖菜马尾藻的 1/3,各自进行光合作用的光强水平有较大的差异。因此,这两种海藻有开展混养的基础,合理地利用适宜养殖水层,提高单位面积的产量,生产上有很大的潜力可挖掘。

其藻体在不同生长期,对光合作用适宜光强需要也有差异。在幼苗期,苗体幼嫩,色素形成较少,机能也较弱,光合作用最适光强宜低些。在营养生长期,色素体形成多,机能强,光合作用和生长旺盛,是主要生产期,光合作用宜最适光强,中后期最好是光饱和左右的强光。有性繁殖期,细胞老化,色素体减少,机能衰退,光合作用在最适光强效果明显较高。但藻体积累物质,进入有性繁殖后已基本停止生长,光合作用制造物质已降为次要,因此,光强亦可酌情调低些。根据不同生长期,光合作用对适宜光强、水温的需要,灵活调节,使养殖的羊栖菜马尾藻群体,光合作用旺盛,生长好,达到增产目的。

## 4 结语

羊栖菜马尾藻是一种广温性、适应强光性的大型经济褐藻,可纯养或与海带等混养。其光合作用在水温 10~25℃ 都能良好进行,但有适宜的水温和最适水温。光饱和和净光合速度的大小也随着水温不同而不同。进行光合作用中,在光饱和和光强内,有着适宜光强和最适光强。在过饱和和光强内,也存在着相当于适宜与最适光强的净光合强度。呼吸速度在光合速度增大时相应也较高,且与水温成正相关。在生产上,于不同生长期,根据光合作用对适宜和最适水温、光强的需要,因时因地制宜,科学地应用,将促使养殖技术与产量提高到新水平。

## 参 考 文 献

- 斯蒂曼-尼耳森 E. (周百成和温宗存译). 1979. 海藻光合作用. 北京: 科学出版社. 1~160.
- 朱仲嘉, 谭立佑, 翟世宽. 1992. 羊栖菜马尾藻组织培养芽生苗. 水产学报, 16(3): 275~277.
- 荣城县石岛育苗场. 1988. 羊栖菜育苗的初步研究. 海洋湖沼通报, (2): 82~85.
- 张起信, 袁宏茂. 1986. 荣城县沿海羊栖菜资源调查报告. 海洋渔业, 8(1): 23~24.
- 姚南瑜等. 1985. 近海底栖海藻对介质渗透压变化的研究 II 海水浓度对潮间带底栖褐藻光合和呼吸活性的影响. 海洋与湖沼, 16(1): 5~55.
- 曾呈奎, 潘忠正, 周百成. 1981. 底栖海藻比较光合作用研究 II 潮间带褐藻的光合作用和光强的关系. 海洋与湖沼, 12(3): 254~257.
- Hata M, Yokohama Y. 1976. Photosynthesis temperature relationship in seaweeds and seasonal changes in cold region of Japan. Bull Jap Soc Phycol, 24(1): 1~7.

# THE RELATIONSHIP BETWEEN WATER TEMPERATURE, LIGHT INTENSITY AND THE PHOTOSYNTHETIC RATES OF *SARGASSUM FUSIFORME*

ZHU Zhong-Jia, CHEN Bei-Ming

(Fisheries College, Jimei University, Xiamen 361021)

**ABSTRACT** This paper presents the results of the photosynthesis of *Sargassum fusiforme* in different water temperature and light intensity. *Sargassum fusiforme* are macro economic brown alga adapting themselves to a wide range of temperature and strong light, they can be cultured simply or mixed with *Laminaria*. The effects of water temperature and light intensity on the photosynthesis of *Sargassum fusiforme* have certain patterns.

The water temperatures between 10 ~ 25°C were all good for the photosynthesis of *Sargassum fusiforme*, of which the temperatures approximately between 15 ~ 25°C were suitable for the photosynthesis, and the optimum was 20°C, which may be fluctuated within the range of 18 ~ 22°C. The net photosynthesis vilocities of saturation light intensity decreased, when the water temperatures were 20, 15, 25, 10°C.

Within the light saturation intensity, the suitable and optimum lights for the photosynthesis of *Sargassum fusiforme* were between  $(0.4 \sim 3.0) \times 10^4$  lx and between  $(1 \sim 3) \times 10^4$  lx respectively, however  $3 \times 10^4$  lx was the light saturation intensity, and beyond the light saturation intensity corresponding to the net photosynthesis rate of both the suitable and optimum lights which can reach more than  $4 \times 10^4$  lx.

When the photosynthesis vilocities increased, the respirating vilocities were also relatively higher, the respirating vilocities would be positively related to the water temperatures, at the water temperatures of 10, 15, 20 and 25°C, the average respiratory rates of *Sargassum fusiforme* in different light intensities were 23.6%, 31.1%, 43.8%, and 57.9% of their light saturation net photosynthesis rates respectively.

According to the above result and in combination with the law of *Sargassum fusiforme* growing: at the seedling stage, vegetative growing stage and sexual reproduction stage, scientific application of the above result will surely promote the culturing technique and output to a new high level.

**KEYWORDS** *Sargassum fusiforme*, Water temperature, Light intensity, Photosynthesis