

江蕨的光合作用研究

——不同光照强度对光合作用的影响

刘思俭 向曙光 林本松 曾淑芳

(湛江水产学院)

提 要

本文介绍了用氧电极法测定广东沿海大量生产的细基江蕨、海南岛水池产江蕨、江蕨和海丰产江蕨生态种的光合活性同光强关系的结果。试验结果表明:初夏时,四种江蕨的光补偿点为1000米烛光,光饱和点为4000—7000米烛光;12月和翌年2月,江蕨和细基江蕨的光饱和点为12,000和14,000米烛光。12月和翌年2月两次测定的结果相同,但和初夏时比较相差悬殊。初夏时江蕨的净光合速率较低,12月和翌年2月时较高。1983年初夏时,发现海南岛水池产江蕨分枝的净光合速率大于主枝,这现象在1984年2月对江蕨和细基江蕨的测定中亦得到证实。细基江蕨孢子体顶端部净光合速率大于中部和基部,而中部和基部的净光合速率无明显差异。这些研究结果,为江蕨人工栽培,和江蕨“切割增产”提供了科学依据。

在亚热带,广东省沿海能大量采到的细基江蕨(*Gracilaria tenuistipitata*),江蕨(*G. verrucosa*),海南岛水池产江蕨(*G. Sp-Hainan*)和海丰产江蕨生态种(*G. Sp-Haifeng*),是重要的琼胶原料。随着琼胶的广泛应用,发展人工栽培江蕨,愈来愈显得必要。关于红藻光合作用方面的研究,Mathieson等(1975)在不同温度和光量下,测定了雏波角叉菜(*Chondrus Crispus*)在潮间带的和在潮下带的果孢子体、四分孢子体冬季与夏季适应性等方面的净光合作用^[1]。Arthur等(1974)记录了羽状麒麟菜(*Eucheuma gelidium*)等五种麒麟菜的光合作用和呼吸作用,以及在不同光强、温度和盐度条件下的相互关系^[4]。刘思俭等(1982)报导了江蕨在不同水层中的光合作用与生长^[4],本文研究了江蕨在不同季节时,不同光照强度对光合作用的影响,同时还测定了它们的呼吸作用,此外,讨论了这些种类的净光合速率与人工栽培及“切割增产”的关系。

材 料 与 方 法

1. 试验材料

细基江蕨采自湛江港南三岛的潮间带,海南岛水池产江蕨采自海南岛移植到大陆廉江县红江农场的鱼埕,江蕨和海丰产江蕨生态种采自海丰县汕尾的潮间带。初夏运输时把藻体放于塑料桶内,以少量海水润湿,同时放入适量的冰块(塑料袋包装)。

采集的样品,除去淤泥和杂藻,将带有囊果的个体挑出,作为雌配子体的试验材料,

其余的个体于显微镜下根据生殖细胞区分出孢子体、雄配子体和未成熟的个体。然后将这些材料浸没在比重为 1.020 的海水中,仿 Arthur 等(1974)方法,在 20—25°C,约 3500 米烛光下保存(24—96 小时),为了避免损伤呼吸作用,材料在上述条件下,经 8—24 小时后,开始各项试验。

根据 Hata 等^[3]的试验,在冬、春两季,多数海藻光合作用的最适温度是 20°C 左右,因此,本试验在初夏测定时用 25°C,冬季测定时用 22°C,这不仅接近于本地区江蕨在自然条件下进行光合作用的温度,而且在比较各种江蕨光合作用与光照强度的关系时,也是适宜的。

2. 测定方法:

光合作用和呼吸强度用氧电极法测定。氧电极法所用仪器是中国科学院上海植物生理研究所生产的 SP-1 型测氧仪。光源采用 500 瓦灯泡,经 220 伏稳压电源,用调节光源间距离的方法来控制光照强度,光强用北京师范大学生产的 ST-II 型照度计(经上海植物生理研究所校正)测量。用超级恒温水浴(上海市上海县第二五金厂产,501 型)循环流水保持恒温,用磁力加热搅拌器(上海市南汇电讯器材厂产,791 型)搅拌。氧电极连接 XWC-200 型笔录式记录仪(上海自动化仪表二厂产,测量范围 0—1 毫伏),自动连续纪录藻体吸氧或放氧的时间进程曲线。光合作用是在光照下测定藻体的放氧量。呼吸作用是在无光下测定藻体的吸氧量。具体操作和计算主要参考李德耀等(1980)的测氧技术进行^[2]。

照 Arthur (1974)方法^[4],在光强试验中,测定工作在采集样品后的 3—4 天内完成。氧变化的速度以毫克(氧)/克(鲜重)·小时来表示。

结果和讨论

(一) 细基江蕨、江蕨光合作用的光强曲线

1983 年 5 月和 12 月,先后两次测定了细基江蕨、细基江蕨孢子体和雌配子体。其光合作用的光强曲线,见图 1, A—D。

关于光强对光合作用的反应,Arthur 等(1974)用羽状麒麟菜等 5 个种类测得的光饱和点范围为 300—900 英尺烛光(约等于 3300~9900 米烛光)^[4],Mathieson 等(1975)记录了潮间带、潮下带的维波角叉菜在 10°C 时的光饱和点为 747 英尺烛光(约等于 8200 米烛光)^[5],我们对江蕨所测得的光饱和点范围与之相似。初夏时,细基江蕨、细基江蕨孢子体、雌配子体的光饱和点为 4,000—4,800 米烛光;冬季时,它们的光饱和点都提高到 14,000 米烛光左右(参看图 4)。初夏时江蕨光饱和点为 4,000 米烛光左右,冬季则提高到 12,000 米烛光(参看图 3, A、B)。Kanuisner 等(1966)^[6]、Mathieson 等(1974)^[5]的研究表明了角叉菜的光合作用与光强关系中有明显的季节性差异,细基江蕨、江蕨光饱和点在初夏和冬季也出现了明显的变化。

初夏时,细基江蕨、江蕨的光补偿点为 1,000 米烛光左右,冬季为 1,000—1,600 米烛光。细基江蕨、细基江蕨孢子体、雌配子体的净光合速率,在初夏时 0.36, 0.30, 0.24 毫克

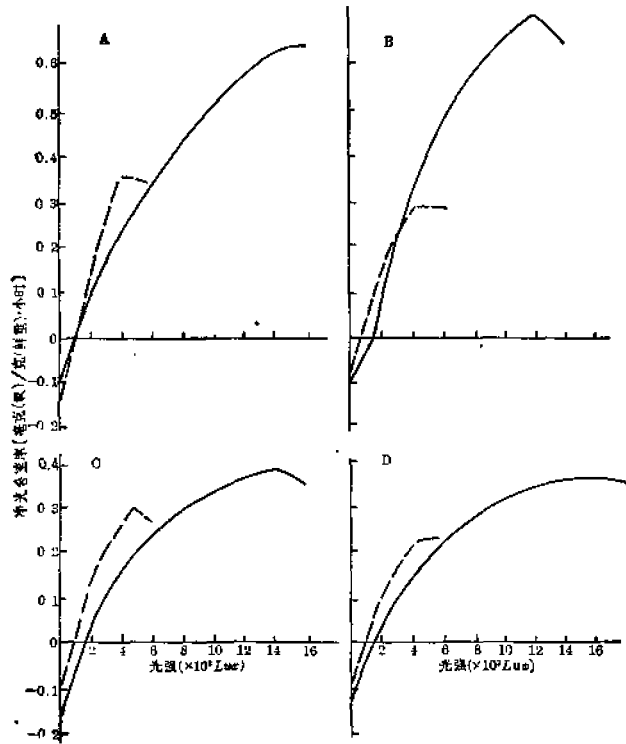


图1 幼基江蕨(A)、江蕨(B)、幼基江蕨孢子体(C)和幼基江蕨雌配子体(D)光合作用的光强曲线

(图中:虚线为5月份测定(25℃);实线为12月份测定(22℃))

(氧)/克(鲜重)·小时]明显的小于冬季[0.66, 0.41, 0.39 毫克(氧)/克(鲜重)·小时],但是当冬季光照强度低于 6,000—8,000 米烛光时,其光合活性则无明显差异。江蕨的净光合速率也同样是初夏[0.30 毫克(氧)/克(鲜重)·小时]小于冬季[0.72 毫克(氧)/克(鲜重)·小时]。Mathieson 等(1975)^[2]对角叉菜的研究表明,角叉菜的净光合作用其最适温度和光照条件是受季节和地区的影响而变化的,在不同季节和在海区的不同位置上,其光合生产力具有相应的改变。江蕨也有类似现象,一般说来,4、5、6月是这两种江蕨孢子体放散、萌发期,也是藻体生长的衰老期,12月至翌年1、2月是它们的最佳生长期、藻体生长过程、环境条件和种间差异都能影响光合活性。从试验结果可以推断:在进行浮筏式栽培江蕨时,生长旺盛期应尽量接近水层,在强光下更好地进行光合作用,生长衰老期可适当降低水层,避免强光照射,又可以减少杂藻的附着,保证产品质量。

初夏时,幼基江蕨呼吸强度[0.14 毫克(氧)/克(鲜重)·小时]大于它的孢子体和雌配子体[0.10 毫克(氧)/克(鲜重)·小时];冬季时,幼基江蕨孢子体的呼吸强度[0.16 毫克(氧)/克(鲜重)·小时]不仅大于雌配子体[0.14 毫克(氧)/克(鲜重)·小时],也显著的大于它们在初夏时的呼吸强度。江蕨在冬季的呼吸强度[0.09 毫克(氧)/克(鲜重)·小时]也明显的大于初夏季节(0.07 毫克(氧)/克(鲜重)·小时)。总的趋势是光合活性高的时候,它们的呼吸强度也较大。

(二) 海南岛水池产江蕨、海丰产江蕨生态种光合作用的光强曲线

1983年5月和冬季12月,测定了海南岛水池产江蕨、海丰产江蕨生态种的光合作用光强曲线,结果见图2,A、B。

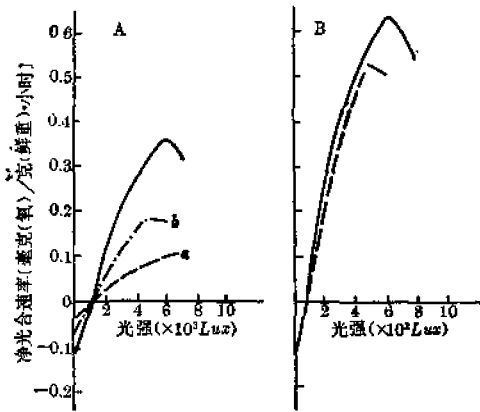


图2 海南岛水池产江蕨(A)和海丰产江蕨生态种(B)光合作用的光强曲线

图中:虚线为5月份测定(25℃),a为主枝;
b为分枝;实线为12月份测定(22℃)

初夏时,海南岛水池产江蕨主枝的光饱和点为7,000米烛光左右,分枝约4,800米烛光,冬季时的光饱和点约6,000米烛光,在不超过以上光照强度时,光合作用随光强的增加而加大,相反光合作用受到抑制,我们对四种江蕨的光强试验都发现到了这一现象,这和麒麟菜(*Eucheuma*)类似,Dawes等(1974)研究认为:强光对麒麟菜的生长有抑制作用^[7];也与Mathieson等(1975)对雏波角叉菜的研究相似,即角叉菜达到光饱和点增加光量时,它的净光合速率是随光量的增加而逐渐下降的^[8]。

海南岛水池产江蕨在冬季净光合速率[0.36毫克(氧)/克(鲜重)·小时]明显的大于初夏,〔分枝为0.18,主柱为0.12毫克(氧)/克(鲜重)·小时〕。就生态环境来看,生长在鱼塢的海南岛水池产江蕨,常年浸没在海水里,一年四季都可采到活的藻体,5—10月的月平均水温约27—31℃,一般可认为是高温期,这时藻体转入度夏阶段,有些藻体还部分死亡并陷在泥土里,藻体的各种生理过程减弱,因而光合活性较低。11月至翌年4月的月平均水温约19—26℃,一般都可认为是低温期,它是海南岛水池产江蕨的最佳生长期,因而光合活性较强。在相同时期内被测定的四种江蕨中,以海南岛水池产江蕨的光合活性最低。

海丰产江蕨生态种在冬季的光饱和点为6,000米烛光左右,略大于初夏时的4,800米烛光,它们的光补偿点都在1,000米烛光左右。海丰产江蕨生态种生长在潮间带,每天周期性地交替浸没于海水及暴露于大气中,显然它们的最适需光量常常被超过,它们必须具有忍受强光的能力。冬季江蕨生态种净光合速率[0.64毫克(氧)/克(鲜重)·小时]大于初夏[0.53毫克(氧)/克(鲜重)·小时]。与相同时期比较,初夏时江蕨生态种的光合活性大于细基江蕨、江蕨及海南岛水池产江蕨的0.5—1.9倍,冬季的光合活性也大于细基江蕨孢子体、雌配子体及海南岛水池产江蕨的0.6—0.7倍。可以认为:江蕨生态种需光量较小;净光合速率大,生长快;对不良环境的适应力强,历史过程中形成的这些特异性,可供引种栽培时参考。

海南岛水池产江蕨冬季的呼吸强度[0.11毫克(氧)/克(鲜重)·小时]明显的大于初夏〔分枝为0.07,主枝为0.04毫克(氧)/克(鲜重)·小时〕。海丰产江蕨生态种的呼吸强度也略大于夏季。就呼吸强度与净光合速率的关系来看,总的趋势与细基江蕨、江蕨相同,Newton等(1957)的研究指出:与有生长力的潮下带和潮间带植物相比较,净光合作用低的,其呼吸作用速度也较低^[9]。我们的试验结果和这个结论相似,在鱼塢生长的海南

岛水池产江蓼,或是潮间带生长的江蓼,在22—25°C时,呼吸强度高的,净光合速率也较高。

(三) 江蓼、细基江蓼主枝和分枝光合作用的光强曲线

1983年初夏,在海南岛水池产江蓼的光强试验中,发现海南岛水池产江蓼分枝的净光合速率明显的大于主枝(参看图2,A);1984年2月,对江蓼孢子体、雌配子体及细基江蓼雌配子体的光强试验中,得到与海南岛水池产江蓼相同的结果,即分枝的净光合速率大于主枝,如图3,A—C。

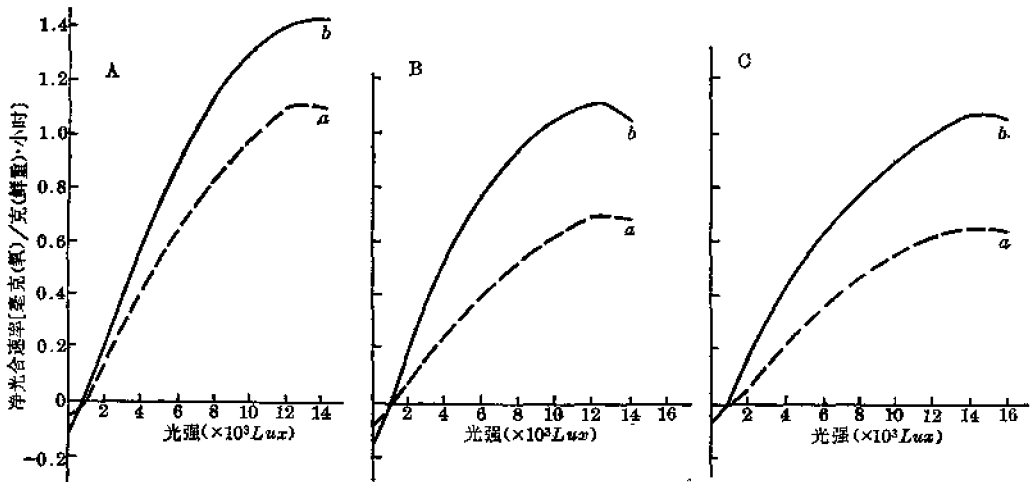


图3 江蓼孢子体(A)江蓼雌配子体(B)和细基江蓼雌配子体(C)
2月份(22°C)测定的光合作用光强曲线

(图中:a为主枝;b为分枝)

被测定的江蓼、细基江蓼分枝长为0.8—4.5厘米,取长短相同的做为测定样品。江蓼孢子体、雌配子体和细基江蓼雌配子体主枝、分枝的光饱和点为12,000和14,000米烛光,它们的光补偿点也都在1,000米烛光左右。相比之下,江蓼孢子体分枝的净光合速率〔1.43毫克(氧)/克(鲜重)·小时〕明显的大于主枝〔1.12毫克(氧)/克(鲜重)·小时〕,江蓼和细基江蓼雌配子体分枝净光合速率也大于主枝。

藻体分枝的净光合速率大于主枝是肯定的。我们曾取一簇长10多厘米的细基江,将主枝和它的分枝全部等分割成1.5厘米,分别放在数十个广口瓶内,在室内培养(光照强度6,000米烛光,室温18—22°C,海水比重1.020)7天,测得分枝长度增加22—200%;主枝长度仅增加6%—47%。试验充分证明:分枝比主枝生长快,是与分枝净光合速率大于主枝相一致的。

以上研究结果,对江蓼“切割增产”具有重要意义。印度的Raju等(1971)^[9]和日本的冈崎彰夫等(1957)把江蓼藻体切断,保留基部,使其再生长;中国科学院南海海洋研究所(1973)和我们(1973—1974)也作了与之类似的试验,都取得了增产效果。从我们现在的试验来看,应该将切割下来的藻体扩大再生产,因为江蓼互生的分枝繁多,而且分枝生长与保留基部再生长比较,分枝的净光合率大,生长快,这样将在生产上取得更大的增产效

果。

(四) 细基江蓠不同部位光合作用与光照强度的关系

1984年2月,选取细基江蓠孢子体长约15厘米,在去掉分枝后,把主枝大致分为三段(基部长约3.4—3.8厘米,中部长3.5—4.5厘米,顶端部分长6.5—7.5厘米),分别取样30毫克,作为藻体基部、中部、顶端部份的试验材料,在不同光照强度(2000—16,000米烛光)条件下,测得的光合强度,结果见图4。

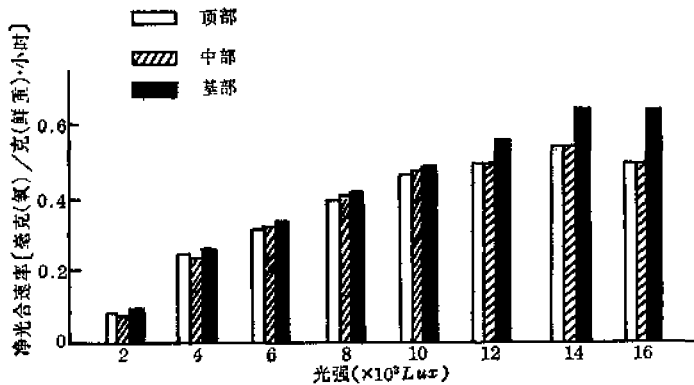


图4 细基江蓠孢子体基部、中部、顶部光合作用与光照强度的关系。

细基江蓠孢子体基部、中部、顶端部的光饱和点都在14,000米烛光左右,与细基江蓠孢子体在冬季的光饱和点相同。它们的光补偿点也都在1000米烛光左右。中部和基部的净光合速率〔0.54毫克(氧)/克(鲜重)·小时〕无明显差异,但是,顶端部净光合速率〔0.65毫克(氧)/克(鲜重)·小时〕明显的大于中部和基部。这与江蓠、细基江蓠及海南岛水池产江蓠分枝净光合速率大于主枝是一致的。

从图4还可以看出,江蓠孢子体基部,在较低光照强度下,即在4,000米烛光左右时,它的光合活性略大于中部,说明在进行江蓠“切割增产”时,保留基部是可取的,但是,随着强度的增加(4,000—14,000)米烛光,基部和中部的净光合速率大致上是相等的,但都不如顶端生长快。这在进行“切割增产”时是值得考虑和注意的。

参 考 文 献

- [1] 刘思俭,曾淑芳,1982。江蓠在不同水层中的光合作用与生长。水产学报,6(1):59—64。
- [2] 李德耀,叶济宁,1980。薄膜氧电极的制作与呼吸或光合控制的测定。植物生理学通讯,(1):35—40
- [3] Mathieson, A. C. and T. L. Norall, 1975. Photosynthetic Studies of *Chondrus Crispus*. *Marine Biology*, 33: 207—213
- [4] Arthur, C. M. and J. D. Clinton, 1974. Ecological studies of *Floridian eucaema* (Rhodophyta, Gigartinales). Photosynthesis and respiration. *Bull. Mar. Sci.*, 24(2): 274—285.
- [5] Hata, M. and Y. Yokohama, 1976. Photosynthesis—Temperature relationship in seaweeds and their seasonal changes in the colder region of Japan. *Bull. Jap. Soc. Phycol.*, 24(1): 1—7.
- [6] Kanwisher, I. W., 1966. Photosynthesis and respiration in some seaweeds. In: some contemporary studies in marine science, 407—402. Ed. by H. Barnes, London: Allen & Unwin.
- [7] Dawes, C. I., A. C. Mathieson, and D. C. Cheney, 1974. Ecological studies of *Floridian eucaema* (Rhodophyta, Gigartinales). I. Seasonal growth and reproduction. *Bull. Mar. Sci.*, 24(2): 235—

273.

- [8] Newton, L., V. G. Devonald et N. R. Jones., 1957. Recherches Sur *Chondrus crispus* (L.) Stackhouse et quelques-unes de ses soi-distant varietes. *Colloques int. Cent. nata. Rech. scient.* 81: 121—139.
- [9] Raju and Thomas, 1971. Experimental field cultivation of *Gracilaria edulis* (Gmel.) Silva, *Botanica Marina*, 14(2): 71—75.

STUDY ON PHOTOSYNTHESIS OF *CRACILARIA*—— I. EFFECT OF VARIOUS LIGHT INTENSITY ON PHOTOSYNTHESIS

Liu Sijian, Xiang Shuguang, Lin Bensong and Zeng Shufang

(Zhanjiang Fisheries College)

Abstract

The relation between light intensity and photosynthesis activity of four main species of *Gracilaria* (i. e. *G. tenuistipitata*, *G. sp.-Hainan*, *G. verrucosa*, and *G. sp.-Haifeng*), in Guangdong province, were measured in May and December of 1983 and in February of 1984. The results of the experiment as in the following:

1. In the early summer, the common light compensation point of the four species of *Gracilaria* is 1,000 Lux. From December to February of the second year, while the light saturation point of *G. verrucosa* and *G. tenuistipitata* is 12,000 Lux and 14,000 Lux respectively. The difference between two seasons is so wide. That is because from April, to June it is the time for spores scattering and germinating while in winter it is the best time for growing. So that need for light intensity was different in different growing season.

2. The net photosynthetic rate of *Gracilaria* was comparatively low in the early summer, but was very high in December and February of second year.

3. The net photosynthetic rate of the sub-branches were higher than that of the main branches. This characteristic was found in *G. sp.-Hainan* in early summer 1983, and in *G. tenuistipitata* and *G. verrucosa* in February 1984.

4. The net photosynthetic rate on the apical part of the sporophyte of *G. tenuistipitata* was higher than that on the middle and lower parts of which show the same rate. The results will provide a scientific basis for "cutting for increasing production" technique of *Gracilaria*.

From the experiment, the results could be concluded: In expecting to get a good harvest, the culturing-raft should be set in the upper layer of seawater during their fast growing period so that the algae can receive strong light to strengthen photosynthesis, while the algae grow to late stage the raft should be set in the lower layer in order to avoid the strong light and to minimize the adherence of miscellaneous algae.