

细基江蓠繁枝变型生长适宜 环境条件的研究*

吴超元 李勿芷 林光恒 温宗存 张京浦 董良峰 黄晓航

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

韦受庆 兰国宝

(广西海洋研究所, 北海 536000)

提要 于 1985 年 4 月—1986 年 3 月对细基江蓠繁枝变型在广西池塘中的生长率作周年连续测定, 研究几种主要环境因子对其生长的影响。结果表明, 1. 在广西地区池塘水温的年变化范围在 15—32℃, 藻体能周年生长; 水温在 20—30℃ 时生长较快; 全年平均日生长率为 2.4%。2. 对生长率和光合作用速率的适宜盐度范围为 14—27, 以 21 左右为最好。3. 无机氮营养盐的浓度在 4μmol/L 左右, 即可维持较快的生长率。4. 栽培深度以 30cm 左右为宜; 栽培密度保持在 500—1 000g/m² 范围内较为合适。认为池塘引进淡水, 降低盐度, 提高氮含量是保证栽培成功的重要条件。

关键词 细基江蓠繁枝变型 池塘养殖 环境条件

江蓠是提取琼胶的原料。它分布广、生长快、产量高。美国 Lapointe 等(1987)用室外流水培养方法系统筛选了 42 种海藻, 发现江蓠属的一些种, 如圆扁江蓠 (*Gracilaria tikvahiae*) 是理想的养殖种类。我国台湾在池塘中大面积培养江蓠也获得成功 (Chiang, Young-meng, 1981; Shang Yuang C., 1976)。

细基江蓠繁枝变型是一种大量分布在海南岛北部沿岸潮间带的生态型 (Zhang Junfu et al., 1988)。它用营养枝进行繁殖, 生长较快, 种苗来源容易解决, 是有前途的人工养殖种型。80 年代初以来, 在两广一带进行过一些小规模的养殖, 但常以失败而告终。为了解决生产中经常出现的不明原因的死亡问题和掌握细基江蓠繁枝变型生长的适宜环境条件, 达到稳产高产的目的, 进行了本项研究。

1 材料与方 法

于 1985 年 4 月—1986 年 3 月, 在广西北海市白虎头海水养殖育苗场以细基江蓠繁枝变型 (*Gracilaria tenuistipitata* var. *liui*) 为材料进行温度、盐度、氮营养、水层深度与栽培密度对生长影响的池塘养殖实验。共设 3 个池塘, 其面积分别为 15 亩、9 亩和 0.5

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2198 号。

本项研究得到广西省北海市水产局及白虎头海水养殖育苗场的支持, 在撰写过程中还得到了刘海航、杨雪梅同志的帮助, 均此一并志谢。

收稿日期: 1989 年 9 月 19 日, 接受日期: 1993 年 4 月 12 日。

亩。室内实验 1986 年 4 月在青岛中科院海洋研究所进行。实验材料采自于海南岛海口市郊区。

1.1 温度实验 于 1985 年 4 月—1986 年 3 月连续进行 1 年。用 3 个底面积为 1m^2 的尼龙网筐,各放入 500g 藻体,将网筐固定在池塘中水深 0.5—1m 处。每间隔 15d 称一次鲜重。每次测定后将相当于增长量的材料从网筐内取出,维持实验开始时的原重量。日生长百分率(μ)按下式计算:

$$\mu = \left[\left(\frac{N_t}{N_0} \right)^{\frac{1}{\Delta t}} - 1 \right] \times 100\%$$

式中, Δt 为测量的间隔时间(d); N_0 为原来的藻体重量; N_t 为经过 Δt 天后藻体的重量。

1.2 盐度实验 实验在甲、乙 2 个池塘中进行。甲塘盐度在 30—34; 乙塘由于有淡水源,盐度保持在 24 左右;无机氮含量高于甲塘 10 倍。通过对甲塘施肥,将氮浓度控制在和乙塘同一水平上。生长实验进行 1 个月。在甲、乙池塘中各随机取 3 块各为 1m^2 的面积,测量藻体鲜重,取其平均值,计算生长情况。

为了解生长的适宜盐度范围,还在室外小水槽中进行了盐度与生长及光合作用强度关系实验。8 种盐度处理,每种处理 3 组;每组用江蕨 20g,培养液 3L,氮浓度为 $1.5\ \mu\text{mol/L}$ ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$),自然温度(约 20°C 左右),每天换 1 次培养液。实验 2 周,每周称 1 次鲜重。光合强度的测定,是在由密闭恒温室(20°C)、蠕动泵和溶氧仪 3 部分组成的测定装置内进行的(Wu Chaoyuan et al., 1984)。光照强度用光辐射能量仪测量。

1.3 无机氮实验 分析 3 个池塘中的 $\text{NO}_3\text{-N}$ (史致丽等, 1980) 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ (高风鸣等, 1980)。实验 1 个月,实验开始时和结束时测量了藻体鲜重并计算了平均日生长率。实验期内 3 个池塘的盐度相近似。

1.4 养殖水深实验 在 1 个池塘中以 30, 60 和 90cm 3 种水深培养实验。用自制照度计测量 3 个水层的光照强度。每种水层做 3 个重复。实验开始时藻体重量为 20g, 实验 15d。实验结束时测定藻体重量。用黑白瓶法测定 3 个不同水层藻体的光合速率,共测定 6 次。同时测定各水层的光强。

1.5 养殖密度实验 在 1 个池塘中分别以平均每平方米 150g 和 450g 2 种密度养殖江蕨。每种密度养殖面积约 30m^2 。在每个养殖区分散放置 5 个底面积为 0.04m^2 的尼龙网筐,筐内江蕨的密度与所在养殖区的密度一致,计算其生长率,每间隔 15d 称量 1 次。实验进行 45d。

2 结果与讨论

2.1 温度对营养枝生长率的影响结果 实验结果(图 1)表明,水温在 $20\text{—}30^\circ\text{C}$ 时江蕨生长较快。细基江蕨繁枝变型在广西实验点周年可以生长,全年平均日生长率为 2.4%, 平均每月增重一倍。在不同季节中生长率有所变化,春、秋两季即 3—5 月和 9—11 月,平均日生长率达 3.3%, 平均每月增重 1.6 倍;冬、夏两季即 12—2 月和 6—8 月,平均日生长率为 1.5%, 平均每月增长 0.6 倍。春、秋两季是一年中生长最快的季节,这与温度实验结果是一致的。

当地周年水温变化范围约在 $15\text{—}32^\circ\text{C}$ 之间,江蕨在此范围内均能生长。一年中生长的两个最低点,分别与水温曲线的最低点和最高点重合,即在温度低到 15°C 左右、高达

32℃左右时,江蕨的生长都比较慢。温度在20—30℃以内,日生长率能达到3%以上,可以认为,这是细基江蕨繁枝变型生长较为适宜的温度范围。

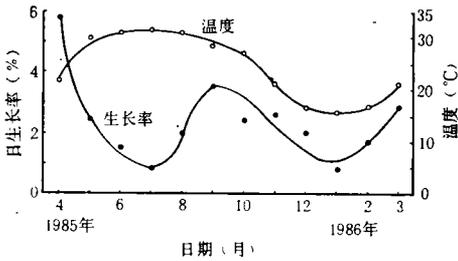


图1 生长速率与水温变化曲线

Fig. 1 Growth rate of *G. tenuisipitata* var. *liui* and sea water temperature

温度是影响江蕨生长的主要因素之一。在同一环境中生长的不同种江蕨,常出现不同的生长高峰(Li Renzhi et al., 1984),说明每个种都有其特有生长适宜温度。同一个种,在不同温度条件下可能表现出对温度的不同反应,如 Bird 等(1978)在室内培养瓶中培养圆扁江蕨,其生长最适温度为20—25℃;而 Lapointe 等(1984)在室外光照充足的流水条件下培养同一个种,其生长适温为25—30℃。

在大面积培养中控制温度是不容易的,但研究清楚营养枝生长的适宜温度则可以在适温期改善其他条件,如提供好的营养和光线条件等,将可以提高生长率,从而达到高产目的。

2.2 盐度对生长和光合速率影响结果 盐度与生长关系实验结果见表1。表明,无论是1周还是2周的结果,均是盐度在21的生长最好,鲜重分别在29.1g, 35.2g,分枝多,粗壮,表面有光泽;其次是盐度为14和27的材料。在盐度为3的培养液中,实验开始2d后藻体末端开始变白,4d后藻体全部变白,死亡。1周后,其他各盐度组材料生长情况出现明显的差别。2周后,盐度在47的藻体部分变白。

表1 盐度对藻体重量增长影响结果

Tab. 1 Effect of salinity on weight increment of *G. tenuisipitata* var. *liui*

盐 度	藻体鲜重 (g)	
	培养 1 周	培养 2 周
3		
7	26.3	29.5
14	27.1	33.2
21	29.1	35.2
27	26.2	32.0
34	25.0	28.1
40	24.2	26.6
47	23.7	26.0

池塘实验进行1个月后,甲塘中一些适应高盐度的杂藻如浒苔等,明显生长,而江蕨生长慢。乙塘的藻体始终生长良好,在1个月中重量增加1.3倍。这说明盐度是影响细基江蕨繁枝变型生长的重要因素,盐度不适宜则不能正常生长。

盐度对江蕨光合作用速率的影响结果见图2。表明,培养在不同盐度中的藻体,在同一光照强度下,其光合作用速率各不相同。盐度为21的藻体光合速率最高,其次为14和27盐度组的,这与重量增长结果相一致。在不同盐度下光饱和测定实验结果(图3)说

明,培养在21盐度中的藻体,在光强高于 $2 \times 10 \mu E / (m^2 \cdot s)$ 时,光合速率均高于其他两种盐度的处理,光饱和点明显地高,也与重量增长实验的结果相吻合。

可以认为,细基江蕨繁枝变型生长的适宜盐度范围在 14—27,最适盐度为 21 左右。实验结果还说明,江蕨可忍耐的盐度范围较宽。从盐度 7—40,在 2 周内藻体都保持正常状态,即使在 47 的高盐度下,一周内也未出现明显异常状态。这一特性与其自然分布的生态环境有密切关系,因为江蕨多分布于河口附近或其他有淡水注入的沿岸,这些区域水层浅,盐度变化大。为此在选择大面积人工培养基地时,应注意选择有淡水源并且盐度适于江蕨生长的区域,这是养殖能否成功的一个重要因素。

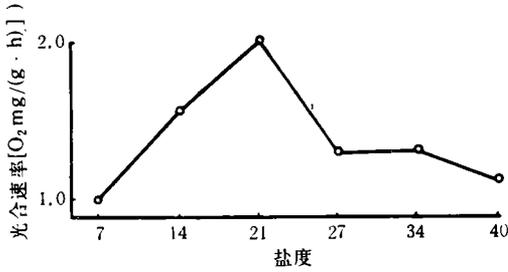


图 2 盐度和光合速率的关系

Fig. 2 Photosynthesis as a function of salinity of *G. tenuistipitata* var. *liui* [light intensity $240 \mu E / (m^2 \cdot s)$]

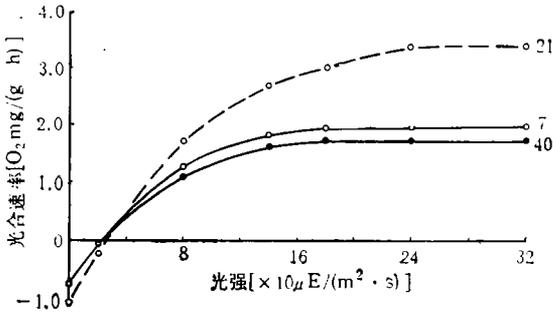


图 3 在不同盐度条件下的光饱和和曲线

Fig. 3 Photosynthetic rate of *G. tenuistipitata* var. *liui* versus light intensity under different salinities

2.3 无机氮含量对生长的影响 实验结果(表 2)表明,水中含氮量达到 3.99—4.36 mol/L 时江蕨的生长率在 2.7%—3.1%,即每月可增重约 1.3 倍。为此,池塘水的氮浓度应保持在 4mol/L 左右。

关于江蕨快速生长期所需要的氮量,DeBoer (1978) 用叶状江蕨 (*G. foliifera*) 在流动水槽中所作不同氮浓度培养实验表明,氮浓度在 $1.5 \mu mol / L$ 以下时生长受限制,为此他认为 $1.5 \mu mol / L$ 的氮含量可以满足快速生长的需要。本研究结果与之不同,其原因一方面可能是由于实验所用的种不同;另一可能是由于培养海水流动情况不同。不断流动的水体,营养交换好,因而藻体吸收速度快,生长也好。池塘水流动差,要求氮浓度也就高一些。

表 2 海水氮含量¹⁾对藻体生长率的影响结果Tab. 2 Effect of total nitrogen concentration on growth rate of *G. tenuistipitata* var. *liui*

海水氮含量 ($\mu\text{mol/L}$)	平均日生长率(%)
2.97	1.5
3.99	2.7
4.36	3.1

1) 氮含量为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的总和。

表 3 水层深度对藻体生长和光合速率的影响结果

Tab. 3 Effect of culture depth on growth and photosynthetic rates of *G. tenuistipitata* var. *liui*

培养深度 (cm)		30		60		90	
生长项目		鲜重 (g)	日生长率 (%)	鲜重 (g)	日生长率 (%)	鲜重 (g)	日生长率 (%)
培养时间 (d)	8	26.1	3.3	25.2	2.9	24.9	2.6
	15	30.6	2.3	29.6	2.3	25.1	0.1
光照强度 [$\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]		250		208		156	
藻体光合速率 [$\text{O}_2\text{mg}/(\text{dg} \cdot \text{h})$]		5.21		4.28		3.25	

表 4 养殖密度对生长的影响结果

Tab. 4 Effect of culture density on growth of *G. tenuistipitata* var. *liui*

栽培密度 (g/m^2)		150			450		
生长项目		重量 (g/m^2)	增长量 (g/m^2)	日生长率 (%)	重量 (g/m^2)	增长量 (g/m^2)	日生长率 (%)
培养时间 (d)	15	270	120	3.9	787	337	3.7
	30	372	102	2.1	1000	213	1.8
	45	500	128	2.0	1292	292	1.4

2.4 水层深度对生长的影响结果 结果(表 3)表明,水深在 30cm 时光照强度和光合速率分别为 $250\mu\text{E}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 $5.21[\text{O}_2\text{mg}/(\text{dg} \cdot \text{h})]$ 。在这种条件下,在 8d 时藻体生长率为 3.3%; 在 15d 时,为 2.3%。随水层深度增加,光照强度降低,光合速率和生长率也随之降低。可以认为,培养水深一般保持在 30cm 为宜。

Lapointe (1981) 用叶状江蕨所作光照强度实验表明,随光照强度的增加生长率呈直线上升,在实验所能达到的最强阳光下得到了最高的生长率。本研究结果与之不同,原因是江蕨生长在池塘中,由于表面附泥和藻体互相遮挡,所接受的光强低。

2.5 养殖密度对生长的影响结果 结果(表 4)表明,两种密度在 30d 内的生长率相近似, $150\text{g}/\text{m}^2$ 密度组在 3.9%—2.1%; $450\text{g}/\text{m}^2$ 密度组在 3.7%—1.8%。而生长的绝对量却相差悬殊,低密度组为 270—372 g/m^2 ; 高密度组为 787—1 000 g/m^2 。30d 以后高密度

组生长率(1.4%)虽然明显低于另一组(2.0%),然而由于基数高,单位面积的绝对生长量仍然较高(1 292g/m²),为此养殖密度从 500—1 000g/m² 为宜,因生产中首先要考虑产量,也就是绝对生长量。但同时也要注意生长率,因为它可以说明藻体的生长状况和生长的势头。在不同密度下如能达到相近似的生长量,生产中采用较低的密度比采用较高的密度好,因为这样可以节省用苗量,也容易保持较好的水质条件,避免病害的产生。

台湾在池塘生产中,种苗用量在 500—600g/m²,此后每间隔 30—35d 采收一次。以每月增重一倍计,本实验密度范围与其结果相近似。Lapointe 等(1987)在流动水体的培养条件下比较了不同密度的圆扁江蓠的生长量和生长率。结果说明,在 400—4 800g/m² 的范围内,生长的绝对量则以 2 000—3 000g/m² 密度为最高。这一密度范围比较大。本实验与之比较,除种类不同以外,培养条件也有很大差别。他们在培养中打入压缩空气,因而水体流动好,营养、气体交换和代谢产物排除等方面均好于池塘培养。但在生产中完全可以灵活掌握养殖密度,条件好的池塘可以相对密一点,差的则相应稀一点。

3 结语

细基江蓠繁枝变型在广西池塘中能周年生长,适温在 20—30℃ 范围内,在适温条件下,把盐度调节到 21,总无机氮达 4μmol/L,养殖深度 30cm,养殖密度保持在 500—1 000g/m² 左右,日生长率可达 3.3%。根据池塘周年实验结果估算,年亩产可达 250—300 kg 干品。在实践的养殖中,向池塘引进一些淡水,降低盐度,提高水中氮含量,在很多情况下,是成功养殖的关键所在。从 80 年代末期以来,在广西省和海南省已应用引进淡水的方法获得成功,目前正在稳步推广中。

参 考 文 献

- 史致丽、戴国隆等,1981,镉-铜还原法测定海水中硝酸盐,山东海洋学报,10(3): 53—63。
 高风鸣等,1980,次溴酸钠氧化法测定海水中氮的研究,海洋湖沼通报,4: 41—46。
 Bird, N. L., Chen, C. M. and McLachlan, J., 1978, Effects of temperature, light and salinity on growth in culture of *Chondrus crispus*, *Furcellaria lubricalis*, *Gracilaria tikvahiae* and *Fucus serratus* *Botanica, Marina.*, 22: 521—527。
 Chiang, Young-meng, 1981, Cultivation of *Gracilaria* in Taiwan, *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 10: 569—574。
 DeBoer, J. A., 1978, Effects of nitrogen enrichment on growth rate and phycocolloid content in *Gracilaria foliifera* and *Neogardhiella baileyi* (Florideophyceae), *Proc. Int. Seaweed Symp.*, 9:263—271。
 Lapointe, B. E., 1981, The effects of light and nitrogen on growth, pigment content and biochemical composition of *Gracilaria foliifera* v. *angustissima*, *J. Phycol.*, 17:90—95。
 Lapointe, B. E. and Ryther, J. H., 1987, Some aspects of the growth and yield of *Gracilaria tikvahiae* in culture, *Aquaculture*, 15: 185—193。
 Lapointe, B. E., Teuore, K. R. and Dawes, C. J. 1984, Interaction between light and temperature on the physiological ecology of *Gracilaria tikvahiae* (Gigartinales, Rhodophyta), *Mar. Biol.*, 80: 161—170。
 Li Renzhi, Cong Renyi and Meng Zhaocai, 1984, A preliminary study of raft cultivation of *Gracilaria verrucosa* and *Gracilaria sjoestedtii*, *Hydrobiology*, 116/117: 252—254。
 Shang Yung, C., 1976, Economic aspects of *Gracilaria* culture in Taiwan, *Aquaculture*, 8: 1—7。
 Wu Chaoyuan, Wen Zongcun, Peng Zuosheng et al., 1984, A preliminary comparative study of the productivity of three economic seaweeds, *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 2(1): 97—101。
 Zhang Junfu and Xia Bangmei, 1988, On two new *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) from South China, *In Taxonomy of Economic Seaweeds*, A Publication of the California Sea Grant College Program, Report No. T-CSGCP-018, 2: 131—136。

STUDY ON THE OPTIMUM ENVIRONMENTAL PARAMETERS FOR THE GROWTH OF *GRACILARIA TENUISTIPITATA* VAR. *LIUI* IN POND CULTURE*

Wu Chaoyuan, Li Renzhi, Lin Guangheng, Wen Zongcun, Zhang Jingpu, Dong Liangfeng, Huang Xiaohang
(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071)

Wei Shouqing, Lan Guobao
(Guangxi Institute of Oceanology, Beihai 536000)

ABSTRACT

The effect of temperature, salinity, culture density and depth, and total nitrogen content of the ambient seawater on the growth of *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* were concurrently studied in outdoor ponds (1—1.5m deep) in Guangxi Province, South China, and in laboratory in Qingdao from April 1985 through March 1986. The results showed that the mean annual growth rate was 2.4% per day, daily growth rate may reach as high as 3.3% at favourable temperature of 20—30°C. Salinity is an especially important factor influencing the growth and photosynthesis of this alga. Growth peaked at 21, with a broad plateau between 14—27. Maximum photosynthetic rate was obtained at 21 and was not markedly affected when the salinity was reduced to 14 and increased to 27. The above data indicate that 21 is the favourable salinity for growth and that this species is euryhaline and grows well in estuaries where the salinity is low and nitrogen content is high. Growth experiments showed that a total nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$ plus $\text{NO}_3\text{-N}$) concentration of $4\mu\text{ mol/L}$ was sufficient for the plants to maintain a daily growth rate of 2.7%. Culture depth experiments showed that growth and photosynthetic rates increased significantly with decreasing cultivation depth up to 30 cm. Culture density experiments indicated that growth rate decreased as the density increased to more than 1000g/m^2 but the increment per unit area was still high, because of the high biomass. It is, therefore, suggested that a density of $500\text{—}1000\text{g/m}^2$ should be suitable for this kind of pond culture.

Key words *Gracilaria tenuistipitata* var. *liui* Pond culture Environmental factors

* Contribution No. 2198 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.