

南海大鹏湾夜光藻种群生态 及其赤潮成因分析*

黄长江 齐雨藻 黄奕华 林小涛

(暨南大学水生生物研究所, 广州 510603)

提要 分析了1990年3月—1992年6月南海大鹏湾夜光藻种群数量与环境因子之间的动态关系。研究发现,夜光藻的生存水温的高限可达28.6℃左右,但其最适水温范围为20—22℃,而适温范围可扩至16—25℃。所以,每年夏季高温季节,大鹏湾的夜光藻因无法忍受高温(30℃)而自然死亡,秋后再由外洋海流将其营养细胞带回。夜光藻的最适盐度应在29—33之间,但盐度的变化一般与夜光藻的种群变动没有明显的相关关系,不过暴雨或梅雨季节造成的表层水体盐度急降显然对主要分布于表层的夜光藻种群具有巨大的破坏力。为此,一个闷热和稳定无雨的气候环境对夜光藻赤潮的形成和维持起着重要的作用。虽然水体富营养程度的不断加重是水域夜光藻赤潮发生日益频繁的根本原因,但大鹏湾独特的规律性的潮汐循环(半日潮→日潮不等→全日潮→半日潮)和东南季风等产生的物理聚集同样起着重要的作用,这可能是大鹏湾成为夜光藻赤潮多发区的重要原因之一。

关键词 赤潮 夜光藻 发生机理 种群生态

黄长江等(1996)报告了1990年3月—1992年6月南海大鹏湾盐田海域夜光藻(*Noctiluca scintillans*)种群密度的时空分布。发现夜光藻一般于1—6月出现在调查水域,种群密度的波动非常显著。大鹏湾夜光藻的数量高峰为3—5月,在整个调查期间共发生赤潮8次,其中仅在1991年3,4月份就发生赤潮4次。本文系统地分析了大鹏湾夜光藻种群密度变动与环境理化因子之间的关系,以探讨夜光藻赤潮频发的原因和机理。

1 材料和方法

调查期间为1990年3月30日—1992年6月30日,调查内容包括各种理化因子(水温、盐度、溶解氧、磷酸盐、硝酸盐、Fe和Mn等)、浮游动植物、气象(风速、风向、气温和气压)和海况(风浪和潮汐等)。采样的时间间隔为每年3—6月期间每3d1次,在赤潮发生期间为每3h采样1次,其余月份每半月1次。采样站位包括S0, S1, S2和S3四站(图1)。采样层次分为表、底2层,但S0站由于水深不足3m,故只采表层。

各种理化因子和浮游动、植物的调查都按国家海洋局的海洋调查规范¹⁾。夜光藻采

* 国家自然科学基金资助项目, 9389008号。黄长江, 男, 出生于1957年11月, 博士, 教授。

1) 海洋调查规范, 第五分册: 海洋生物调查, V6—V7。

收稿日期: 1996年4月3日, 接受日期: 1996年10月19日。

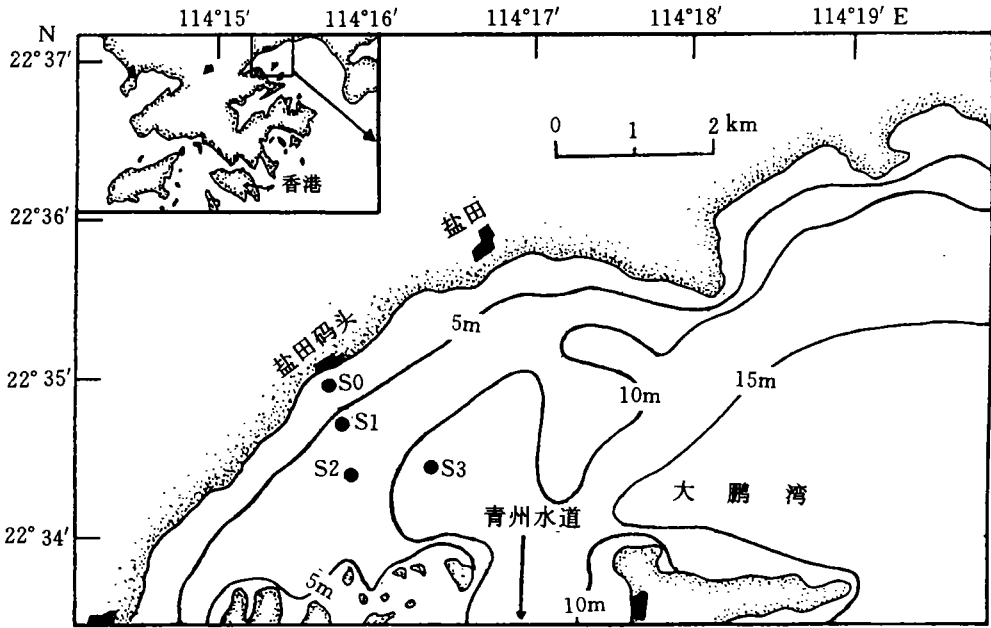


图 1 南海大鹏湾盐田海域调查站位图

Fig.1 Simpling station in Dapeng Bay of the South China Sea

样分网采和瓶采两种：网采，用直径 37cm，全长 140cm，孔径 $68\mu\text{m}$ 的 III 型浮游植物网，从海底往海面垂直拖网；瓶采，则用 2.5L 的采水器分别于表、底两层各采水 1L，加入福尔马林溶液，使其最终浓度为 4%—5%。此后，瓶采水样在实验室经静止沉淀浓缩处理至 20ml，尔后进行细胞计数。本文所用的夜光藻数据为瓶采数据，但在夜光藻种群密度极低而瓶采无法采到夜光藻个体时，则采用网采数据。

2 结果

2.1 夜光藻种群个体数量与温度的关系

大鹏湾盐田水域夜光藻出现的水温范围在 $15.8\text{—}28.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间(图 2a)，但夜光藻赤潮发生的水温范围为 $20.0\text{—}26.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (表 1)。虽然夜光藻赤潮发生的水温可高达 $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，但高密度夜光藻种群主要出现在 $20\text{—}22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间(图 2a)。从图 1 可以看出，当水温低于 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，夜光藻种群的个体数量呈现出随水温上升而增加的趋势；当水温高于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，夜光藻的个体数量则随水温的升高而迅速降低，当水温超过 $26.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，则已是零星出现。

从图 3 可以看出，每年 4 月海区水温总存在着一个大约 $4\text{—}6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的急升期。一般来说，处于这个急升期的夜光藻种群的个体数量高峰与水温峰值相对应，如 1992 年 S2 站夜光藻种群的个体数量在 4 月份的变化趋势几乎与水温的完全一致。但在水温急升期之后，夜光藻种群的数量变动则因年而异。1990 年，由于水温在急升之后缓慢向上波

动, 夜光藻的个体数量也缓慢向下波动, 直至6月初才消失。1991年, 急升期后的水温出现两次较大的波动, 然后由5月初的约 22°C 笔直升至 30°C 左右, 夜光藻种群则由4月30日的赤潮峰值直线下降, 并于5月中旬完全从调查水域消失。

2.2 夜光藻种群的个体数量与盐度的关系

除了梅雨季节和暴雨以外, 调查水域表层盐度的变化趋势一般与底层的大体一致, 只是略低而已。在整个调查期间, S1和S2站的表、底层平均盐度分别为30.47, 31.4和31.04, 31.61。但在大雨季节, 由于海区水体交换缓慢, 表、底层的盐度差会显著扩大, 如暴雨后的1992年4月11日的S1站的表、底层的盐度分别为15.76和30.43, S2站的为20.47和29.87。

图2b示调查水域夜光藻出现的盐度范围在19.1—33.3之间, 但高密度的夜光藻种群几乎只出现在盐度约大于29的情况。当盐度低于29时, 夜光藻的个体数量表现出随盐度降低而下降的趋势。调查水域盐度低于27时的情况虽然不多, 但夜光藻几乎都只是零星出现。从图4可以看出, 盐度的一般波动与夜光藻种群密度的变化不具明显规律性的关系, 如1991年。但盐度在短时间内的大幅下降与高峰期间夜光藻种群密度的急降或消失密切相关。如发生于1992年4月11日的盐度急降, 使夜光藻种群从S1站的表、底层水体中完全消失, S2站表、底层的密度都为 25 cell/L ; 而1992年5月上旬盐度的急降使S1站表、底层夜光藻密度从5日的 $29\ 000$ 和 $2\ 220\text{ cell/L}$ 降至7日的 25 和 60 cell/L 。为此, 夜光藻种群在盐度低于27时, 个体密度明显低下的原因并不是夜光藻无法在这一盐度区域里生存, 而是梅雨和暴雨造成调查水域盐度在短时间内大幅度降低所致。

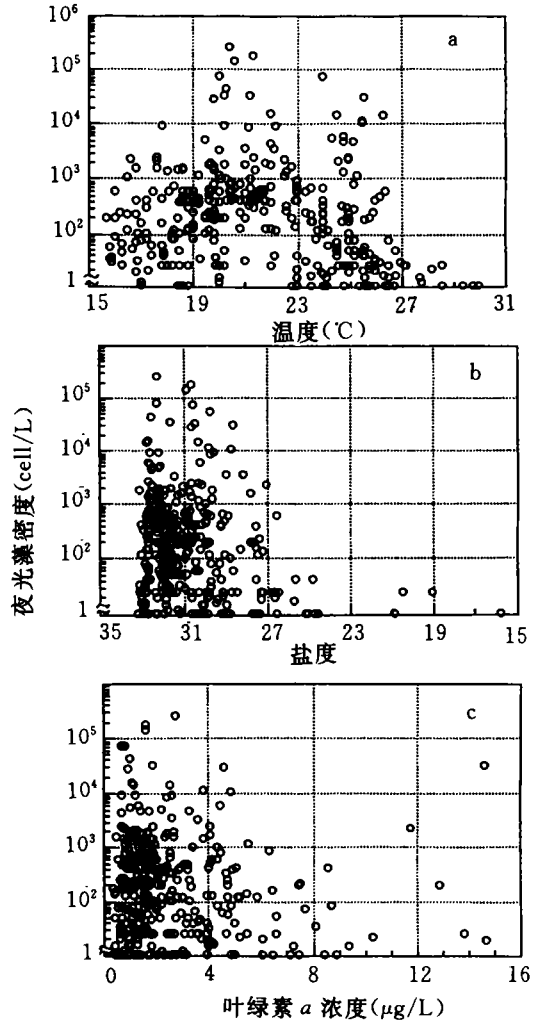


图2 夜光藻密度与水温(a)、盐度(b)和叶绿素a浓度(c)的相关散布图

Fig.2 Relationships between the abundance of *Noctiluca scintillans* and water temperature (a), salinity (b) and chlorophyll a concentration (c)

表 1 大鹏湾夜光藻赤潮发生时的日期、站位、潮汐、温度、盐度和叶绿素 *a* 浓度

Tab.1 Date, station, tidal cycle, temperature, salinity and chlorophyll *a* concentration when *Noctiluca* red-tide occurred in Dapeng Bay

日期	站位	潮汐	密度 (cell /L)	温度 (℃)	盐度	叶绿素 <i>a</i> 浓度 (μg /L)
1990.04.01	S1	全日潮	2.8×10^5	20.6 — 21.3	30.57 — 30.83	1.49 — 1.64
	S2	小潮	1.4×10^5			
1990.04.18	S1	全日潮	1.5×10^5	20.6 — 21.0	30.49 — 30.61	0.67 — 2.19
	S2	小潮	5.3×10^4			
1991.03.22 — 03.25	S0		3.1×10^4	20.0 — 21.2	29.51 — 32.21	1.82 — 14.62
	S1	全日潮	3.2×10^4			
	S2		3.2×10^3			
1991.04.09	S0		1.1×10^3	20.1 — 20.5	31.76 — 33.12	1.03 — 2.74
	S1	全日潮	4.4×10^4			
	S2	小潮	2.5×10^5			
1991.04.18	S0		3.5×10^3	24.0 — 24.8	32.29 — 32.49	0.80 — 1.38
	S1	日潮不等	4.7×10^3			
	S2	大潮	7.5×10^4			
1991.04.30	S0		1.8×10^4	22.0 — 25.2	31.83 — 32.67	0.83 — 1.74
	S1	日潮不等	5.8×10^3			
	S2	大潮	1.5×10^4			
1992.04.21 — 04.24	S0		3.2×10^3	21.2 — 22.1	28.14 — 29.97	1.69 — 2.57
	S1	日潮不等	1.0×10^5			
	S2	~ 全日潮	2.8×10^3			
1992.05.02 — 05.05	S0		1.1×10^4	25.5 — 26.4	28.63 — 30.79	2.56 — 10.87
	S1	日潮不等	2.9×10^4			
	S2	大潮	1.5×10^4			

2.3 夜光藻种群个体数量与叶绿素 *a* 浓度的关系

图 2c 示除了个别品样外, 夜光藻种群的个体密度和叶绿素 *a* 浓度之间存在着比较明显的负相关关系, 即个体数量大于 $10^3 \text{cell} / \text{L}$ 的夜光藻种群所对应的叶绿素 *a* 浓度几乎都在 $5 \mu\text{g} / \text{L}$ 以下。这也许表明, 高密度的夜光藻种群可能对海区浮游植物具有一定的摄食压力。从图 5 可以看出, 调查水域叶绿素浓度和夜光藻种群密度的这种负相关

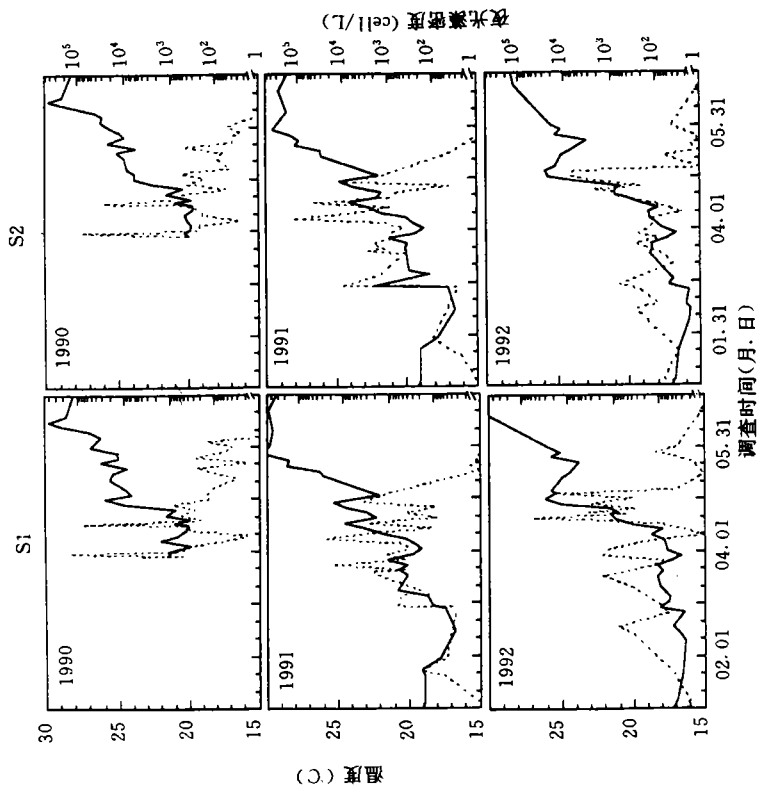


图3 S1, S2两站的夜光藻密度与水温的表、底层平均值的时态图
 Fig.3 Temporal variations in averaged abundance of *Noctiluca scintillans* and water temperature in the water column at S1 and S2 in 1990, 1991 and 1992

—— 温度; 夜光藻密度。

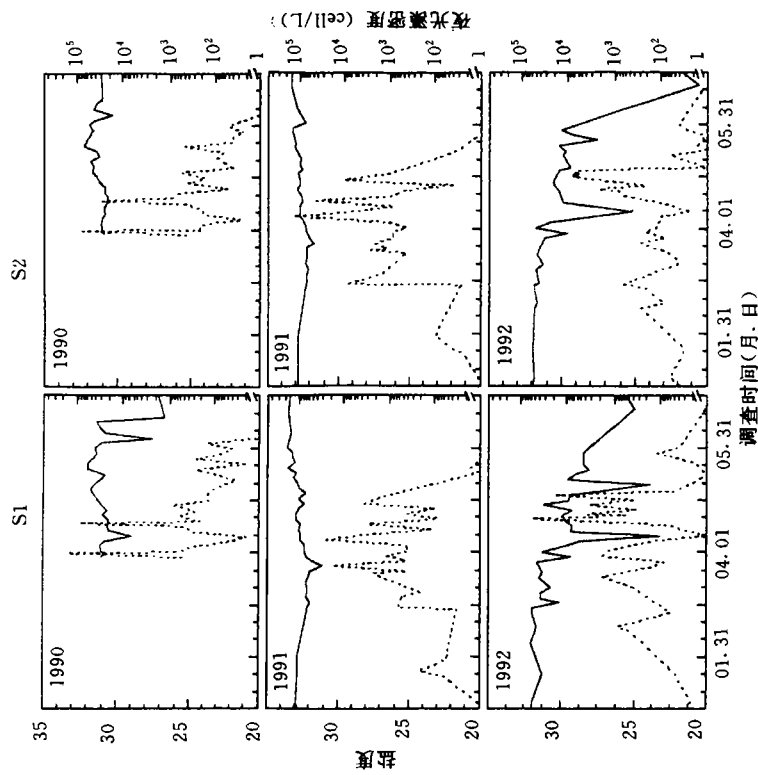


图4 S1, S2两站的夜光藻密度与盐度的表、底层平均值的时态图
 Fig.4 Temporal variations in averaged abundance of *Noctiluca scintillans* and salinity in the water column at S1 and S2 in 1990, 1991 and 1992

—— 盐度; 夜光藻密度。

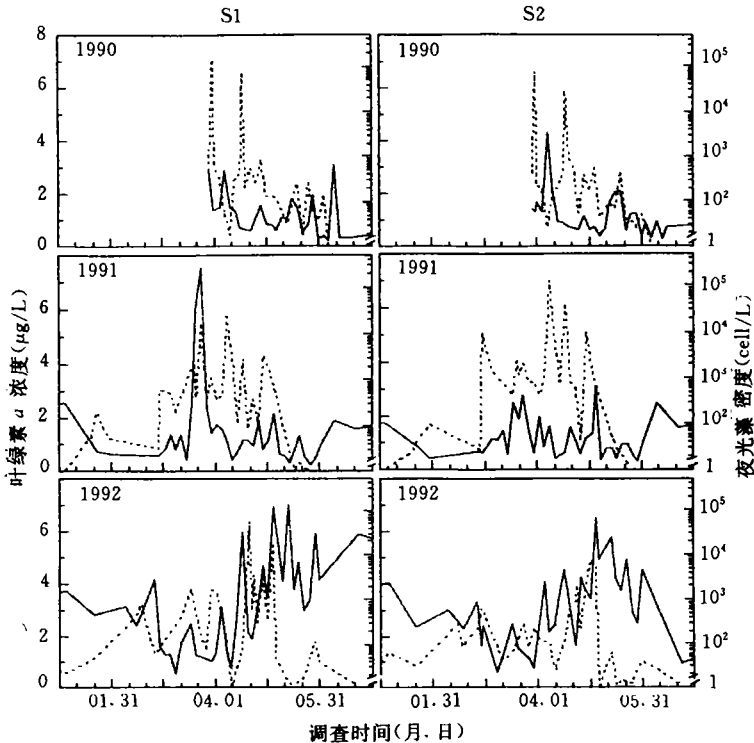


图5 S1, S2两站的夜光藻密度与叶绿素a浓度的表、底层平均值的时间动态图

Fig.5 Temporal variations in averaged abundance of *Noctiluca scintillans* and chlorophyll a concentration in the water column at S1 and S2 in 1990, 1991 and 1992

—— 叶绿素a; - - - - 夜光藻密度。

明显体现在其年变化上。在1990, 1991和1992年的夜光藻高峰期(3—5月初), S1和S2两站叶绿素浓度的表、底层平均值分别为1.19, 1.40和3.21 $\mu\text{g}/\text{L}$, 而黄长江等(1996)的结果表明, 其间夜光藻种群密度以1990年的最高, 1992年的最低。另外, 各站位之间的叶绿素浓度也有所差异, 虽然不像年变化那样明显(图5)。

调查水域叶绿素a浓度的季节变化是显著的, 其波动趋势与夜光藻的种群动态大体相似, 但夜光藻密度高峰在时间上往往与叶绿素浓度峰值有一个3—7d的滞后期(图5)。为此, 叶绿素浓度的峰值常常与夜光藻密度的低谷相对应, 反之亦然。不过, 在夜光藻种群个体数量最低的1992年, 这种关系并不明显。在1990和1991年也有一些例外情况, 如1991年3月20—21日盐田附近海域发生了海洋卡盾藻(*Chattonella marina*)赤潮, 接着又于22—25日发生了夜光藻和圆海链藻(*Thalassiosira rotula*)赤潮, 所以这一期间S1站的夜光藻密度和叶绿素浓度都很高。

2.4 潮汐和潮流对夜光藻赤潮发生的影响

大鹏湾的潮汐是由半日潮、日潮不等和全日潮组成的一种不规则半日潮, 其规律性的潮汐循环是半日潮→日潮不等→全日潮→半日潮(图6)。在日潮不等和全日潮期

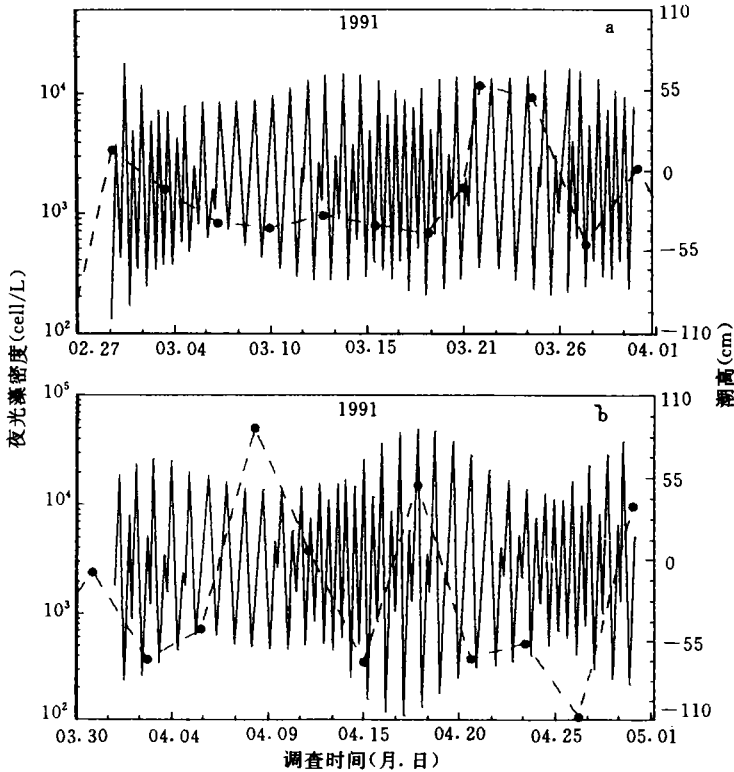


图 6 1991 年 3 月(a)和 4 月(b)大鹏湾三个调查站位的夜光藻平均密度与潮高(以海面为准)的关系

Fig.6 Relationship between averaged density from the three stations and tide cycle in Dapeng Bay in March (a) and April (b) 1991 (The tidal level was derived from averaged Sea Level Data, Dapeng Bay)

—— 潮高; - · - 夜光藻平均密度。

间，潮流就会变得很慢，特别是当全日潮和小潮重叠的时候。图 5 表明，夜光藻种群个体数量的波动与潮汐循环的规律性变化具有较好的一致性，即夜光藻密度从低谷到高峰的过程正好是潮汐从半日潮到全日潮的过程，也就是潮流从快到慢的过程。事实上，整个调查期间的所有 8 次赤潮都发生在全日潮和日潮不等期间(图 6、表 1)。在这 8 次赤潮中有 4 次发生在全日潮，3 次发生在日潮不等，1 次处于日潮不等向全日潮过渡期间。4 次发生在全日潮期间的赤潮强度都要明显大于其它各次，其中 2 次最强的平均密度超过 10^5 cell / L 的夜光藻赤潮，是发生在全日潮和小潮重叠的时候。虽说发生赤潮的日潮不等在很多情况下也正值大潮，但这种大潮时的日潮不等一般都是最严重的日潮不等，其潮流比其它时期的日潮不等还缓慢(林祖亨等，1993)。

3 讨论

3.1 水温对夜光藻的影响

大鹏湾夜光藻的存活温度上限可达 28.6°C ，但其最适宜的温度范围应是 $20-22^{\circ}\text{C}$ 。如果将夜光藻种群个体数量的绝对值及其与水温变化的相互关系(图 2a、图 3)都考虑

在内,那么大鹏湾夜光藻种群的适温上限应在 25℃ 以下,而适温下限可能可以扩大至 16℃ 左右。在这个适温区内,较高的温度显然有利于夜光藻的生长和繁殖。虽然 1992 年 5 月初赤潮发生时的水温超过了 25℃,但那时大鹏湾夜光藻高峰期已近结束,种群已经开始呈现出衰退迹象,而且如果赤潮是起源于湾中央或湾口处,那里的水温一般要比近岸水域的低些。Uhlig 等(1985)认为,夜光藻在 5—6℃ 就具细胞分裂的能力,邹景忠等(1983)则报道;渤海湾的夜光藻的水温上限为 28℃;不过欧洲和日本的多数研究结果(黑田一记等,1978;村上彰男,1976¹⁾;Fevre et al.;Uhlig et al.,1990)表明,夜光藻的生长适温范围为 15—24℃。由于大鹏湾位于亚热带,水温要比欧洲和日本的高,夜光藻的生存和适温范围稍高(16—25℃)是不难理解的。事实上,我们的室内培养结果表明,大鹏湾的夜光藻在超过 26℃ 就很难存活。加上目前尚未有人发现夜光藻的生活史具有休眠阶段,和夜光藻极为有限的运动能力,所以,在 7 月以后的夏季高温季节(约 30℃),大鹏湾的夜光藻因无法生存而自然死亡的解释比较有说服力。Uhlig 等(1990)认为,夏季白天变长是德国 Helgoland 海区夜光藻种群迅速衰退的原因。但白天变长是逐步的,而大鹏湾的夜光藻种群的衰退和消失却极为迅速。Ho 等(1993)²⁾认为,香港和珠江水域的夜光藻在每年 8—10 月因高温而消失,此后再由黑潮暖流将其营养细胞带回来。如果确实如此,那么其营养细胞从外洋到近岸内湾必然有一个时间过程,从而造成与水温在时间上有一个滞后期,这大概是在秋季的适温季节里,在诸如本调查水域这样的沿岸湾内部难于见到夜光藻的原因。

3.2 盐度与气候对夜光藻的影响

盐度的正常波动一般来说对大鹏湾夜光藻个体数量的变化没有明显的影响。但是,由于大鹏湾盐田水域的特殊地理环境,暴雨或梅雨季节期间容易造成表层水体盐度急降,这种盐度在短时间内的急降对主要分布在表层水体中的夜光藻种群具有巨大的破坏力。杞桑等(未发表)的室内培养也表明,超过 4 的盐度突降对夜光藻的生长非常不利,甚至会导致其全部死亡。各国的研究(邹景忠等,1983;黑田一记等,1978;Ho,1993²⁾;Uhlig et al.,1990)表明,夜光藻可以在盐度为 14—34 的水体中生存,但其最适的盐度范围是介于 28—32 之间。本调查大鹏湾高密度的夜光藻种群的盐度范围在 29 左右以上的结果与之十分一致。

从这个意义上来说,一个稳定发展的天气对夜光藻赤潮的形成和维持是重要因素。本研究的天气记录表明,大鹏湾夜光藻赤潮发生期间的天气一般都比较闷热和稳定。这种闷热稳定的天气不但因其气温较高,有利于鞭毛藻的细胞分裂(Chisholm,1981;Sweeney,1987;Uhlig et al.,1990),而且也因风小流弱使得夜光藻的微小群体易聚不易散,有利于种群的扩大甚至赤潮形成。Uhlig 等(1990)基于 20 多年的长期调查研究,发现 Helgoland 的夜光藻种群数量具规律性的三年变化模式,即在一年丰度(年平均密度)较高之后,紧接着二年的相对低值。大鹏湾的夜光藻种群密度也存在着类似的年变化。虽然 Uhlig 等(1990)没有对这种现象作任何解释,但气候(气温、雨量和季风等)普遍存在

1) 村上彰男,1976,公害对策技术同友会(东京),207.

2) Ho, K. C., 1993, An overview.

的年变化可能是其重要原因之一。因为在大鹏湾, 1992年的夜光藻高峰季节(3—5月)的雨量明显比前两年的多, 水温也因而较低。

3.3 夜光藻与浮游植物的关系

夜光藻是一种完全异养的生物, 丰富的饵料无疑是其得以大量繁殖的基础。盐田水体的叶绿素 *a* 浓度的时间变化趋势不但与夜光藻的基本一致, 而且有一个 3—7d 的滞后期, 在一定程度上说明了夜光藻种群数量与饵料之间的密切关系。由于夜光藻的食性很广, 包括浮游植物、自己种类的小细胞、鱼卵、小型桡足类及其卵、植物纤维、碎屑、原生动物和细菌等(Enomoto, 1956; Daan, 1987; Uhlig et al., 1990; Kirchner et al., 1996), 因此这种关系并不一定说明夜光藻对浮游植物的依懒, 相反可能体现为夜光藻对浮游植物的摄食压力上, 即夜光藻密度与叶绿素浓度之间存在的负相关关系。

大鹏湾每年都有主要由硅藻和鞭毛藻组成的浮游植物春季高峰。虽然夜光藻的食性很广, 但在浮游植物充足的条件下, 其饵料仍然以硅藻和鞭毛藻为主(Enomoto, 1956; Schaumann et al., 1988)。春季充足的饵料为夜光藻的繁殖提供了根本的条件, 但增殖后的巨大夜光藻种群反过来可能抑制了浮游植物的过量增殖, 这也许是春季盐田水域其它原因生物的赤潮较少的有力解释之一(黄长江等, 未发表)。黑田一记等(1978)认为由富营养化引起的浮游植物增加是导致日本濑户内海及其沿岸水域夜光藻赤潮频发的原因。从大鹏湾夜光藻赤潮发生频率和面积逐年增加的现实来看(Qi et al., 1993), 因经济水平提高引起的水体富营养化程度的加剧, 应是夜光藻赤潮日益严重的基本要因。

3.4 潮汐对夜光藻赤潮频发的影响

虽然富营养化是大鹏湾夜光藻频发的基本要因, 但与大鹏湾毗邻的富营养化程度更高的深圳湾却很少发生夜光藻赤潮。所以, 大鹏湾夜光藻赤潮频发应有其特殊的诱因。另外, 大鹏湾夜光藻赤潮具有发生突然、增加极快的特点, 在同一站位其密度最快能在 2d 之内增加 290 倍(黄长江等, 1996)。Gross(1934)报道夜光藻的无性分裂速度为每 3d 1 次; Pratje (1925) 则认为 12—24h 就可分裂 1 次。杞桑等(1994)发现大鹏湾的夜光藻的无性分裂存在着不等分裂, 而且提出这种不等分裂可能有助于提高分裂速度的假设。但由于小细胞在自然种群中所占比率很低, 这种假设无论如何也无法解释盐田水域夜光藻种群密度在相隔 3d 后增加几十乃至几百倍的事实。

为此, 由风或潮流引起的物理聚集看来更具有说服力(Fevre et al., 1970)。王寿松等(1994)和詹小涌(1989)的研究证明, 大鹏湾地理和潮流特征使得表层悬浮物或漂流物容易在其西北部的盐田水域聚集。由于在春季和初夏(3—6月), 大鹏湾一般盛行东南风, 夜光藻的微小斑块很容易在风海流或潮流的作用下聚集于湾西北部的盐田附近水域, 并形成更大的斑块。此时如果正值全日潮或日潮不等, 那么一旦聚集起来的夜光藻斑块就会因为潮流变得更为缓慢而不易消散, 从而大大增加了赤潮发生的机会。这种物理聚集的作用在于整个海区的夜光藻数量只要稍有增加, 就可能导致局部水域的夜光藻在短时间内急增, 甚至演变成赤潮。La Foud 等(1949)用这种物理聚集来解释夜光藻赤潮条纹的形成机制, 而 Cooper (1959)则用其来说明夜光藻赤潮斑块的形成。在本

次调查中,夜光藻的赤潮条纹和斑块在其赤潮发生期间一般都可观察到(谢健等,1993)。

4 结语

综上所述,每年夏季高温季节,大鹏湾的夜光藻因无法忍受高温而自然死亡,秋后随着水温的逐步下降,外洋海流又将其营养细胞带回。但是,冬季的低温和贫乏的浮游植物不具产生夜光藻赤潮的条件。入春以后(3月),由于水温的回升和浮游植物的繁盛,夜光藻种群密度急速增加,并形成微小的斑块。这时,如果天气闷热又稳定无雨,那么夜光藻细胞分裂就会加快,斑块逐渐变大,并在东南季风和潮流的作用下,向湾西北部的盐田附近水域集聚,最后形成赤潮。其中,大鹏湾特殊的潮汐循环(半日潮→日潮不等→全日潮→半日潮)的作用可能也是非常重要,即半日潮期间较快的潮流有利于夜光藻的集聚,而集聚后如正值日潮严重不等或全日潮,其缓慢的潮流又不利于斑块的消散。大鹏湾夜光藻赤潮发生次数高达赤潮总次数的50%以上与此应有一定关系。

参 考 文 献

- 王寿松等,1994,海洋与湖沼,25(2):146—151.
 邹景忠、董丽萍、秦保平,1983,海洋环境科学,2(2):41—54.
 祀桑、李大勇,1994,海洋与湖沼,25(2):158—161.
 林祖亨、梁舜华,1993,海洋通报,12(2):35—38.
 黄长江等,1996,海洋与湖沼,27(5):493—498.
 谢健等,1993,海洋通报,12(2):1—6.
 詹小勇,1989,海洋与湖沼,20(2):149—155.
 黑田一记、佐贺史郎,1978,日本水产海洋研究会报,32:56—57.
 Chisholm, W. S., 1981, *Can. Bull. Fish. Aquatic. Sci.*, 210:150—181.
 Cooper, L. H. N., 1959, *Yachting World*, Lond. 3, March, p.160; May, p.250.
 Daan, R., 1987, *Mar. Ecol. Progress Series*, 37:9—17.
 Enomoto, Y., 1956, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisheries*, 22(2):82—89.
 Fevre, J. L., Grall, J. R., 1970, *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 4:287—306.
 Gross, F., 1934, *Arch. Protistenk.*, 84:178—196.
 Kirchner, M. et al., 1996, *Sarsia*, 81:45—55.
 La Foud, E. C., Bhavanarayana, P. V., 1949, *J. Mar. Biol. Ass. India*, 1:228—232.
 Pratie, A., 1925, *Crimpe and Wagler, Leipzig*, Bd. 2dl, S:1—12.
 Qi Y, et al., 1993, *Toxic Phyto. Bloom in the sea*, eds. by Smayda T. J. et al., Elsevier Science Publishers(B. V.) pp. 43—46.
 Schaumann, K. et al., 1988, *Meeresforsch*, 32:77—91.
 Sweeney, B. M., 1987, *The biology of dinoflagellates*, ed. by Taylor F.J. R., Blackwell Scientific Publications (Oxford), pp. 269—281.
 Uhlig, G., Sahling, G., 1985, *Bull. Mar. Sci.*, 37:780.
 Uhlig, G., Sahling, G., 1990, *Netherlands J. Sea Res.*, 25(1/2):101—112.

THE POPULATION ECOLOGY AND CAUSATIVE MECHANISMS OF RED TIDE OF *NOCTILUCA SCINTILLANS* IN DAPENG BAY, THE SOUTH CHINA SEA

Huang Changjiang, Qi Yuzao, Huang Yihua, Lin Xiaotao

(Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632)

Abstract *Noctiluca scintillans* seasonal distribution was investigated in Dapeng Bay, the South China Sea, from March 1990 to June 1992. The dynamical relationship between the *Noctiluca scintillans* population and its environmental factors were analyzed. The highest temperature limit for *Noctiluca scintillans* was found to 28.6°C. optimal was 16—25 °C. This finding suggested that *Noctiluca scintillans* in Dapeng Bay die naturally in the warm season because of the lethal high temperature of ca. 30 °C, and its vegetative cells were brought back again by the open sea currents after fall. The density of *Noctiluca scintillans* population usually did not vary so remarkably with salinity, but any abrupt and big fall in salinity due to heavy rain inevitably resulted in sharp decline or breakdown of the population in the study area. This indicated that a progressively stable and muggy weather without heavy rain is very important for the formation and maintenance of *Noctiluca scintillans* blooms. Extremely weak tidal current during the periods of diurnal tide and from semidiurnal tide to diurnal inequality tide was associated with the formation of the blooms. Although increasing serious eutrophication was a basic cause for the increasing of *Noctiluca scintillans* blooms in the study area, mechanical convergence due to the topographical and tidal features may constitutes a direct driving force making Dapeng Bay a “high occurrence areas for *Noctiluca scintillans* red tide”.

Key words Red-tide *Noctiluca scintillans* Causative mechanism Population ecology