

台风对封闭式工厂化虾池生态系统中水环境因子的影响*

The Effect of Typhoon to the Water Environmental Factor of a Close Indoor Shrimp Pond in Industrialized Cultivation in Ecological System

韦蔓新¹, 何本茂¹, 童万平²

WEI Man-xin¹, HE Ben-mao¹, TONG Wan-ping²

(1. 广西红树林研究中心, 广西北海 536000; 2. 广西海洋研究所, 广西北海 536000)

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Ocean Research Institute, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要:于 2003 年 7 月 23~29 日台风发生期间在广西海洋研究所对虾工厂化养殖基地现场测定养殖水温、pH 值和化学耗氧量(COD), 采样分析养殖水体的无机氮(DIN)、无机磷(DIP)及叶绿素 a(chl. a)含量, 并对水温、pH 值、COD、DIN、DIP、chl. a 间进行相关性分析, 研究封闭式工厂化虾养殖生态系统中环境因子的变化状况及其影响因素。结果表明:台风气候对该生态系中的水环境因子影响较大, 一方面既导致了浮游植物的快速削减, 也导致了 pH 值的明显下降; 另一方面又导致了 COD 的显著增加和 DIN、DIP 的明显上升。台风期间养成密度大的养殖池中, 环境因子之间多具有显著的相关性; 养成密度小的养殖池中, 环境因子之间的相关性较差。显然, 虾池生态系中水环境功能的优劣对对虾的养成质量及抵抗自然灾害具有至关重要的作用, 而虾池有机物的及时清除以及水环境因子的适时调控也是重要的一环。

关键词:对虾养殖 工厂化虾池 环境因子 台风

中图分类号: S968. 22 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2006)02-0070-05

Abstract: According to the determination to culture temperature, pH and COD by typhoon in the prawn factory farming base of Guangxi Ocean Research Institute, taking samples for analyzing the content of DIN, DIP and a (chl. a) in ponds, making a correlation analysis among water temperature, pH, COD, DIN, DIP and chl. a, the change state and effect of the environmental factor in the ecological system of close factory farming were investigated. The results showed that typhoon climate effected the water environmental factor much. On one hand, it made phytoplankton dissipated rapidly and pH declined obviously; On the other hand, it led the COD increase markedly and DIN, DIP to rise clearly. The related analysis showed that in the dense pond, mostly there was remarkable relativity between the environmental factors; Contrarily, In sparse pond, there was a poor relativity. Obviously, the water environment function in the ecological system of the shrimp pond played an important part to the culture quality and resisted again natural calamities. It was also important to get rid of organic matters in the ponds in time and to control the water environmental factors pat.

Key words: prawn culture, factory farming ponds, environmental factor, typhoon

近年来, 对虾养殖业正逐步向集约式工厂化养殖方向发展, 并取得了显著的经济效益, 然而由于其

高密度、高投饵的养殖特点, 加上饵料的利用率低及对虾代谢废物的大量产生, 极易污染养殖水体, 给养殖环境带来沉重压力。水体中各种环境因子之间的相互作用, 以及生物对各种环境因子的适应能力发生改变, 尤其在气候骤变的情况下, 这种改变会更加明显。但是一直以来, 国内外学者对正常气候条件下

收稿日期: 2005-10-26

作者简介: 韦蔓新(1955-), 女, 工程师, 主要从事海洋化学研究工作。

* 广西自然科学基金资助项目(桂科基 0144011)。

普通虾池生态系中的水环境特征研究的较多,而异常气候条件下的研究,尤其是室内封闭式工厂化虾池生态系的研究,至今未见报道。长期以来,台风对室外虾池的影响及其破坏性已是不争的事实,但对室内封闭式的高密度养殖系统,气候的骤变对虾池生态系中水环境因子的影响有多大,对养殖对虾的生长是否有潜在的危害性,应是值得我们关注并加以研究的问题。本文通过2003年7月台风发生期间对封闭式工厂化虾池养成后期3个周日的连续观测,比较全面地分析研究了台风发生前、发生时和发生后虾池生态系中的水环境变化特征。本研究结果可作为特殊气候条件下封闭式工厂化虾池养殖生态系中水环境变化的参考依据。

1 材料与方 法

1.1 实验条件

室内封闭式工厂化养殖系统,顶棚为半边遮光、半边透光。对虾品种为南美白对虾。养殖池2个,每个面积85m²;水深1.25m;投饵时间5次/日(6:00, 11:00, 15:00, 19:00, 23:30);透明度50cm;充氧情况:24小时/日;吸池底时间:随机;养成密度:B₃池126尾/米²,B₅池36尾/米²;放苗时间:2003年3月18日。

1.2 实验时间与方 法

本实验于2003年7月23~29日在广西海洋研究所对虾工厂化养殖基地进行,采样的3个周日(7月23~24日,25~26日,28~29日)恰好为“伊布都”号台风发生前、发生时和发生后,能比较全面地反映台风发生期间水环境因子的变化状况。为便于对照分析,本研究选取了养成密度大的代表B₃池和养成密度小的代表B₅池进行3个周日的连续采样分析,每2h采样1次,除现场测定水温、pH值和化学耗氧量(COD)外,无机氮(DIN)、无机磷(DIP)及叶绿素a(chl. a)均为现场抽滤固定,带回实验室分析。分析方法按《海洋监测规范》中所规定的方法进

表1 水环境因子的变化范围及平均值

池号	时间	水温(℃)		pH值		COD(mg/L)		Chl. a(mg/m ³)		DIN(mg/L)		DIP(mg/L)	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
B ₃	台风前	30.02~31.8	30.96	7.28~8.27	7.56	2.1~11.42	7.81	13.33~71.77	29.71	11.13~12.61	11.73	0.44~0.61	0.56
	台风时	29.3~30.0	29.86	7.27~7.71	7.35	9.43~18.04	12.89	16.85~58.50	27.37	24.74~27.52	26.28	0.67~0.76	0.73
	台风后	32.0~33.0	32.19	7.39~7.50	7.44	7.43~9.21	8.51	10.82~28.06	20.88	8.14~9.90	8.83	0.20~0.26	0.23
B ₅	台风前	30.2~31.8	30.90	7.87~8.67	8.10	1.45~4.04	3.73	10.66~40.13	19.53	12.20~14.70	13.21	0.19~0.36	0.28
	台风时	29.0~30.0	29.82	7.78~8.18	7.87	3.89~4.78	4.37	10.46~22.38	16.27	5.70~6.84	6.10	0.30~0.35	0.33
	台风后	32.0~33.0	32.23	7.66~7.90	7.82	2.26~2.79	2.55	4.26~10.14	6.36	1.62~2.22	1.88	0.091~0.11	0.10

行。

2 实验结果与分析

由于本研究于台风期间进行,虾池生态系中各种环境因子受台风气候影响较大,无论是物理的、化学的还是生物的,这些环境因子都有可能在生态环境中由于相互作用而受到抑制,从而显示出不同的变化特征。

2.1 台风对水温、COD的影响

从表1的分析结果可知,随着台风期间气候的骤然改变,虾池生态系中的水温也随着发生明显改变。台风发生前,气候特征为晴转阴,水温经历了由较高水温向较低水温的骤降过程,虽然其日变化幅度较大,B₃池高达1.78℃,B₅池达1.6℃,但其平均水温仍接近31.0℃。该周日水温变化对水环境因子的影响以B₃池较为明显,与DIN的负相关性已达到显著水平($r = -0.710, n = 13$),与COD的负相关性也已达到良好状态($r = -0.608$)。说明该周日水温的骤降过程不仅对有机物的氧化分解起到了减缓作用,而且对DIN的补充也起到了明显的阻碍作用。这可能与该池对虾的养成密度较大,残饵和排泄物较多,有机物积累明显增加有关。对于养成密度较小的B₅池,由于来源于残饵和对虾排泄物的有机物比B₃池少得多,所以气候变化、水温下降只对DIN转化速率产生明显影响。台风发生时,随着台风暴雨气候的出现,水温已降至30℃以下,虽然该周日水温的日变化幅度B₃池已降至0.70℃,B₅池已降至1.0℃,但对虾池生态系中的水环境因子的影响已由台风前的化学过程转化为生物过程,所不同的是,B₃池是以与chl. a的良好负相关($r = -0.605$)影响为主,而B₅池则是以pH的良好负相关($r = -0.607$)影响为主。前者体现的是对浮游植物的生长产生影响,而后者体现的是对养殖生物呼吸作用的影响。台风过后,随着高温晴朗天气的出现,水温的日变化已恢复正常状态,B₃、B₅池日变幅均

为 1.0°C , 水温已高达 32.0°C 以上。水温对 B_3 池水环境因子的影响虽仅体现在与 DIN、DIP 的明显负相关趋势上 ($r = -0.400, r = -0.489$), 但由此我们可以看出, 该周日水温明显升高, 既加速了 B_3 池营养盐的消耗, 也加速了浮游植物的衰老和死亡; B_5 池由于养成密度较小, 营养盐的补充源欠缺, DIP 的平均含量已低至 0.10 mg/L , 水温升高又使浮游植物对 DIP 的消耗起到了明显的促进作用, 从而显示出良好的负相关关系 ($r = -0.658$)。从台风发生过程 3 个周日的水温变化情况可以看出, 在不同的气候条件下, 水温变化差异较大, 其影响因子也明显不同。台风前突出体现了对化学过程的影响作用, 尤以养成密度大的 B_3 池为甚; 台风时则以对生物过程的影响为主; 而台风后, 水温对生物、化学过程的影响呈相对均等状态。

由表 1 结果可以看出, 水体中的 COD 含量随气候变化极为明显, 台风前后天气晴朗、水温较高, 养殖水体中各类微生物活动较为剧烈, 从而加速了水体中生物化学作用过程的进行, 有机物的转化率高, COD 含量均呈低值状态, 即使是养成密度较大的 B_3 池, 其平均含量只有 7.81 mg/L 和 8.51 mg/L , 尽管该池水环境中 COD 含量不是很高, 但对该池生态系中浮游植物的生长仍有较大影响。随着水温下降, COD 的积累对浮游植物的生长起到了阻碍作用, 与 chl. a 之间显示出良好负相关关系 ($r = -0.633$) 证明了这一点。对于养成密度小的 B_5 池, 虽然该池的 COD 含量比 B_3 池低得多, 但气候变化引起的 COD 含量的增加对该池养殖对虾的呼吸却产生直接影响作用, 而且影响程度比 B_3 池的浮游植物明显, COD 与 pH 值的显著负相关 ($r = -0.732$) 显示了这一点。台风发生时, 由于台风暴雨气候影响, 水温明显偏低, 化学作用受阻明显, 有机物的分解速率下降显著, 无论是养成密度较大的 B_3 池还是养成密度小的 B_5 池, COD 含量均比台风前明显上升, 尤以 B_3 池最为显著, 上升幅度高达 5.08 mg/L , 但与环境因子之间没有显著相关性 (r 均在 0.400 以下)。台风过后, 由于出现了明显的高温天气, 微生物活动极为活跃, 大大加快了有机物的分解速度, 有机物积累明显减少, COD 含量下降显著, 与环境因子之间呈现出极为密切的关系, 无论是 B_3 池还是 B_5 池, 均出现了显著正相关关系, 但 B_5 池仅体现在与 DIP 的显著正相关 ($r = 0.720$) 上, 而 B_3 池不仅与 DIN、DIP ($r = 0.726, r = 0.907$), 而且与 chl. a ($r = 0.846$) 也具有显著的正相关关系, 化学作用与生物作用在该池

均得到了良好体现。但对 B_5 池来说, 有机物的降解过程只对 DIP 有较大的贡献作用; 而对于 B_3 池, 除对 DIP 有重大贡献外, 对 DIN 也具有较大的贡献。在氮磷营养盐源源不断的补充影响下, B_3 池生态系中的浮游植物在经历了台风过程影响, 老化衰减明显的情况下仍保持了旺盛的生长势头, 表征浮游植物生物量的 chl. a 含量与台风时相比下降了 0.31 倍, 而营养补充欠佳的 B_5 池却比台风时下降了 1.56 倍, 很明显, 该池由有机物降解过程补充的氮磷营养盐对该池浮游植物的生长起到了明显控制作用。

2.2 台风对 pH 值、chl. a 的影响

从台风期间 3 个周日的分析结果(表 1)可知, 本研究水体的 pH 值虽然变化不很显著, 但对水体周围环境因子的影响则极为明显。台风前, B_3 、 B_5 池 pH 值均为最高, 日变化幅度亦最大, 分别为 0.99 和 0.80 , 对水体环境因子的影响均集中体现在与 DIN、DIP 和 COD 的负相关关系上, 但以 B_5 池较为显著。这说明, pH 值量值上的改变对 DIN、DIP 的消耗与补充以及 COD 的转化与积累起到了负相关影响作用。台风时, B_3 、 B_5 池 pH 值均呈明显下降趋势, 日变幅已降至 0.44 和 0.40 。但该周日 B_3 池 pH 值与周围环境因子之间均具有较好的协调关系, 尤以与 DIN、DIP 和 chl. a 的相关性最为显著 ($r = -0.733, r = -0.822$ 和 $r = 0.865$), 而 B_5 池除受水温变化影响较大外, 其量值的改变只对 DIP 产生显著的影响作用 ($r = -0.843$)。由此看来, 尽管台风暴雨天气导致了 B_3 池 pH 值明显偏低, 但在如此恶劣的气候条件下, pH 值与环境因子之间仍具有如此好的协调性, 充分说明该池生态系具有较好的环境功能。台风后, 由于出现了高温晴朗天气, B_3 、 B_5 池 pH 值变化均较小, 日变化幅度只有 0.11 和 0.24 , 趋于相对稳定状态, 在该周日里, B_3 池 pH 值与环境因子之间均没有相关性, 而 B_5 池只有与 chl. a 出现了良好的负相关 ($r = -0.602$), pH 值的改变对该池生物的影响作用仍较敏感, 很明显, pH 值是虾池生态系中比较敏感的环境因子, 对养殖生物的正常生长极为重要。

表 1 结果显示, chl. a 含量较高, 尤以 B_3 池最为明显, 在台风发生期间, B_3 、 B_5 池的 chl. a 均呈明显下降趋势, 下降幅度分别为 8.83 mg/m^3 和 13.17 mg/m^3 。台风前, B_3 、 B_5 池 chl. a 均以最高值出现, 但只有 B_3 池呈现出与 COD 的良好负相关 ($r = -0.633$) 关系, 这说明, 该池浮游植物的繁殖和

生长,与有机物的降解速率具有极为密切的关系。台风时, B_5 池 chl. a 与环境因子之间均无相关关系;而 B_3 池则明显不同,chl. a 除与 COD 无相关性外,与其余 4 种环境因子的相关性均接近和超过 95% 的置信水平,其中以与 pH 值的正相关性最为显著 ($r = 0.865$),与水温、DIP 的负相关性次之 ($r = -0.605$, $r = -0.600$),只有与 DIN 的负相关性略差 ($r = -0.539$)。显然,浮游植物在该周日的水环境调节中起到了重要作用。台风后,由于天气晴朗、水温适宜,养殖生物的摄食量增加,加上台风过程对浮游植物的繁殖生长所造成的影响,chl. a 下降显著,而各种微生物活动则极为剧烈,有机物分解迅速。对 B_3 池而言,无论是化学过程还是生物过程均处于异常活跃状态。Chl. a 与 DIN、DIP 和 COD 的相关性均达到了显著水平,而且与台风前和台风时所表现的相关性相反,均以显著正相关 ($r = 0.693$, $r = 0.823$ 和 $r = 0.846$) 出现,化学过程的影响作用尤为突出。从该池 chl. a 与环境因子的相关性可以看出,良好的气候条件,既加速了有机物的转化,使营养盐得到源源不断的补充,又促进了浮游植物的繁殖和生长,使养殖水体形成良性循环,从而达到优化养殖的目的;对于 B_5 池,只有与 pH 值显示出良好的负相关性 ($r = -0.602$),与其余因子均无相关关系。以上分析结果从一定程度上体现了虾池生态系统中环境功能的优劣,这也许是 B_3 池对虾养成密度大、产量高、质量好的关键所在。

2.3 台风对 DIN、DIP 含量的影响

表 1 结果表明,本研究 B_3 、 B_5 池水体中 DIN、DIP 含量以 B_3 池明显高于 B_5 池,与 B_3 池的补充源较为丰富有关;但在台风发生期间,2 个养殖池的 DIN、DIP 含量均变化显著,其中 B_3 池变幅高达 17.45 mg/L 和 0.50 mg/L, B_5 池为 11.33 mg/L 和 0.23 mg/L。台风前, B_3 池 DIN、DIP 含量适中,其量值的变化,DIN 主要受水温变化的影响,DIP 则主要受 pH 值变化的影响,物理、生物作用在该周日起主导影响作用; B_5 池的 DIN 含量在该周日显示出最高值,而 DIP 含量适中,两者均以 pH 值的显著负相关影响为主,生物作用在该周日得到良好体现。台风时, B_3 池的 DIN、DIP 含量出现了最高值,主要与台风气候导致浮游植物衰减明显以及对营养盐的吸收速率下降有关,但与 pH 值、chl. a 之间的负相关性仍接近和超过了 95% 的置信水平,尤以与 pH 值的相关性最好,达到了显著水平。显然,生物作用影响在该周日起到了主导作用; B_5 池 DIN 含量呈明显下

降趋势,DIP 则呈上升势头,但与环境因子的相关性只体现在 DIP 与 pH 值的显著负相关上,环境因子之间的协调作用较差。台风后,随着高温晴朗天气的出现,浮游植物在经历了多天的台风影响后,其摄食强度有了显著提高,对 DIN、DIP 的吸收速率增加明显, B_3 、 B_5 池的 DIN、DIP 含量均出现了最低值。与环境因子的关系,对养成密度大的 B_3 池而言,无论来自化学过程的影响还是来自生物过程的影响均达到了显著水平,也就是说,该周日的 DIN、DIP 含量均具有随 COD、chl. a 的增加而上升的良好规律;在 chl. a 下降幅度不大,仍高达 20.88 mg/m³,消耗较多 DIN、DIP 的情况下,仍具有如此显著的正相关关系,这充分说明,该周日化学的补充作用比生物的消耗作用大得多。但对 B_5 池来说,只有 DIP 与 COD 之间体现出显著的正相关关系,与其余因子则均无相关性;在 DIP 含量只有 0.10 mg/L、chl. a 下降显著的情况下,这种显著正相关关系的出现,恰好说明该池水体的 DIP 已受到补充源的制约。

3 讨论

环境温度是最重要的外界因素之一,影响变温动物的所有代谢过程,涉及水产动物的整个过程^[1]。对虾属变温动物,其体温随着水温的变化而变化,因此,对虾的繁殖、生长、发育、成熟等均直接受水温变化的影响,尤其是台风期间,气候变化无常,这种影响会更加明显。COD 作为有机污染的重要指标,在对虾工厂化这种高投入、高产出的养殖方式中,是导致虾病发生的一个重要外因,直接或间接影响着对虾的生长发育^[2~4]。人工饵料、对虾排泄物的增多和积累,均是导致虾池有机污染的主要来源,而有机物的氧化分解除受控于水环境条件外,尚受外界因素的影响,气候条件是重要的外界因素。在虾池生态系统中,pH 值的规律性变化主要由浮游植物光合作用和动植物呼吸代谢所决定,同时亦受有机物氧化分解及充气强度的影响^[3],如此说来,台风气候对 pH 值的影响是必然的。chl. a 值作为浮游植物的现存生物量,在虾池生态系统中占有重要的位置,其量值的大小,对维持虾池生态系统的正常功能,稳定虾池环境起到重要作用。DIN 和 DIP 既是虾池生态系统中有机物转化的产物,又是浮游植物生长的主要营养成分,其含量的高低,对浮游植物的数量变化发挥重要作用。本研究结果表明,台风气候对封闭式工厂化虾池生态系统中的水环境因子具有较大的影响,无论是代表物理过程的水温,生物过程的 pH 值和 chl. a,还

是代表化学过程的 COD 和 DIN、DIP,在台风发生前、发生时和发生后 3 个不同气候的周日里均出现了明显不同的变化特征,突出体现了物理过程、生物过程和化学生物过程在 3 个周日的主导作用。尤其值得我们注意的是,这次台风过程由于经历的时间较长,而且水温经历了高一低一高的重大变化历程,对这种封闭式工厂化虾池水环境所造成的影响较大,一方面既导致了作为对虾间接饵料——浮游植物的快速消减(尤以养成密度小的 B₅ 池为甚),也导致了由浮游植物光合作用和动植物呼吸作用代谢所决定的 pH 值在量值上的明显下降;另一方面又导致了作为水体有机污染指标——COD 量值的显著增加和作为浮游植物主要营养成分的 DIN、DIP 含量的明显上升(尤以养成密度大的 B₃ 池为甚)。但由于本研究一直注重池底有机物的及时清理,尽管台风气候导致了水环境中 COD 量值的显著增加,但对养成密度大、有机物补充源极为丰富的 B₃ 池而言,其最高值也只有 18.04 mg/L,绝大部分测值均在 13.5 mg/L 以下,对水体环境未造成严重污染,水环境功能仍呈良好状态,与该池水环境因子之间具有良好的调节作用有关,这从该池水环境因子之间多具有显著相关性的关系中得以佐证。此外,从养成密

度小的 B₅ 池水环境状况的变化情况我们也可以看出,即使水体中的 COD 含量不高,但水环境功能的优劣对对虾的养成也影响极大,从台风期间该池 chl. a 的含量变化情况看,该池浮游植物生物量的消减速度比 B₃ 池快得多。而且环境因子之间的相关性也明显低于 B₃ 池,说明该池水环境因子之间的自我调节作用较差,显然与该池的环境功能远不如 B₃ 池有关,这也许是 2 个养殖池养成密度相差甚大的关键所在。由此可见,虾池生态系中水环境功能的优劣对对虾养成质量的高低及抵抗自然灾害的强弱均具有重要作用。

参考文献:

- [1] 孙德文,詹勇,许梓荣. 环境温度在鱼类养殖业中的重要作用研究[J]. 水产养殖,2003,24(2):36-38.
- [2] 方志山,杨圣云,许振组. 杏林虾池综合养殖系统主要环境因子的变化[J]. 台湾海峡,2001,20(4):496-501.
- [3] 刘梦霞,刘岗. 水产养殖生产中水质的监测与控制[J]. 海水养殖综述,2000,55:41-46.
- [4] 宋吉德,刘昌杰. 高密度对虾育苗水质环境[J]. 海洋科学,1993(5):7-9.

(责任编辑:邓大玉)

机体抗病毒免疫触发机制研究获新发现

日本理化研究所科学家的一项新研究结果进一步阐明了机体的抗病毒免疫触发机制。他们研究发现,一种名为 IKK- α 的激酶,是诱导产生具有抗病毒作用的 I 型干扰素必需的信号传递分子。

I 型干扰素具有抗病毒、增强免疫和抗肿瘤等作用,但若过剩则会引发自体免疫疾病。以往的研究发现,病毒等异物侵入机体后,免疫细胞中的树突状细胞会依靠其表面的 TLR 膜蛋白识别异物,并启动免疫反应。TLR 共有 10 种,其中的 TLR7 和 TLR9 能诱导产生 I 型干扰素。转录因子 IRF7 在 TLR7 和 TLR9 诱导生成 I 型干扰素的过程中发挥着重要作用,但是促使 IRF7 活跃的分子机制一直不得而知。日本理化研究所的科学家在实验中,从缺乏 IKK- α 激酶的小鼠体内提取树突状细胞,用 TLR 膜蛋白能够识别的各种异物刺激这些细胞,然后测定 I 型干扰素的生成量。结果发现,当用 TLR7 和 TLR9 能够识别的异物刺激时,缺乏 IKK- α 激酶的小鼠树突状细胞产生的 I 型干扰素只有正常细胞生成量的 10%,说明 IKK- α 能激活 IRF7,是 TLR7 和 TLR9 诱导产生 I 型干扰素过程中必不可少的信号传递分子。

(据《科学时报》)