

影响刺参幼体发育与存活率的主要因子*

隋锡林

(辽宁省海洋水产研究所,大连)

摘要 本文根据1979~1986年间刺参人工育苗试验结果,综合讨论了多年培育刺参幼体中涉及的幼体密度、饲料类别、附着器材质等主要因子对幼体成活率及发育变态为稚参的影响。结果表明:把握好上述因子及参数,可提高幼体的变态率及稚参的单位面积(1m²,下同)出苗量,确保良好而稳定的育苗效果。

近年来,刺参(*Apostichopus japonicus*)人工育苗技术的研究在我国已有较大进展^[1,4,5]。

对刺参浮游幼体的培育技术,国内、外学者多从饵料效果、培育密度等不同方面进行过单因子试验研究^[1,2,7-20]。近年来,笔者等除对稚、幼参配合饵料的应用效果以及稚、幼参高密度培育技术等进行了研究外^[3,6],还对影响幼体成活及变态的主要生态因子反复进行对照试验,且将其结果连续应用于较大规模的育苗试验中,均获良好而稳定的效果。本文将1979~1986年试验结果加以综合分析,讨论了一些主要生态因子对幼体发育变态至稚参的影响。

一、试验设备与方法

1. 小型生态试验

(1) 幼体培育密度 试验器皿为容量100L的水缸,幼体培育密度分别为160个/L、800个/L、4000个/L。饵料采用小新月菱形藻(*Nitzschia closterium* Ehr.),藻液所含藻细胞数量为 10×10^6 cell/ml,投喂量为培养水体的2~3%,同时投喂0.6ppm的干酵母片经浸泡后的上清液(以干物质计算)。

(2) 不同饵料培育效果 选取盐藻(*Dunaliella euchloin*)、湛江叉鞭金藻(*Dicrateria zhanjiangensis* Hu)、牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri* Lemm)进行单独或混合投喂;同时对盐藻不同投喂量的培育效果也进行了对照试验。试验采用18L圆玻璃缸,每组设两缸为平行组。各组幼体培育密度均为500个/L,即每缸投入幼体9000个。

2. 水泥池育苗

(1) 主要试验设备 试验在本所育苗室进行。育苗用水泥池10个,其中1—4号池的有效水容量均为4.0m³(水池规格均为:1.98m × 2.25m × 1.0m);5~10号池的有

* 本文承蒙中国科学院海洋研究所研究员廖玉麟先生审阅、修改;刘永襄、刘永峰及胡庆明、尚林宝、陈远等同志分别参加了1980年前、后的部分试验工作;刘志芳、徐淑凤、孙代举同志承担了饵料培养工作;隋兰凤、许美英、薛克同志承担了水质分析工作。均此一并志谢。

收稿日期:1987年3月20日。

效水容量均为 2.55m^3 ($1.26\text{m} \times 2.25\text{m} \times 1.0\text{m}$)。

(2) 水质条件与光照 为及时掌握育苗用水的理化指标,在育苗期间,隔日测池水的 pH, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$, DO 等(上午换水前、后各测一次)。测定结果: pH 值为 7.8~8.2,变化不大; DO 除偶有低于 4.0ml/L 外,均在 $4.0\sim 5.5\text{ml/L}$ 范围内; COD 为 $0.6\sim 2.0\text{mg/m}^3$; $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 $20\sim 200\text{mg/m}^3$ 。

除产卵较早(6月20日左右产卵)的第一批幼体采用控温海水($19\sim 20^\circ\text{C}$)培育外,7月份以后产卵孵化的各批幼体均用常温海水培育,水温波动范围在 $18\sim 24.5^\circ\text{C}$ 。光照一般不超过 1000lux ,多在 $600\sim 700\text{lux}$,为避免直射光的照射,可用窗帘遮挡、调节。

(3) 饵料 幼体的饵料采用盐藻、湛江叉鞭金藻、牟氏角毛藻及小新月菱形藻混合投喂。盐藻投喂量为 $8 \times 10^3\sim 10 \times 10^3\text{ cell/ml}$,其余饵料为 $1.5 \times 10^4\sim 2.0 \times 10^4\text{ cell/ml}$ 。总投饵量约为 $3.0 \times 10^4\text{ cell/ml}$,一般不超过 $5.0 \times 10^4\text{ cell/ml}$ 。通常在换水后投饵,日投饵 2~3 次,必要时在午夜再投饵一次。取指数生长期的饵料投喂,禁投已老化和下沉的饵料。

(4) 换水与管理 初期耳状幼体入池后,加水至 50cm 深,自第2天起每日添加深为 15cm 左右的新鲜海水,待 3 天后加满水。加满水后用过滤棒(外罩 NX 79 筛绢)日换水 1~2 次,每次换水 $1/3\sim 1/2$ 。至后期大耳状幼体阶段,即培育幼体 5~6 天后,残饵、污物在池底积累较多,采用虹吸法吸底清除一次。

培育期间隔日用万能显微投影仪或显微镜测量幼体体长(每次测上、中层幼体 50~100 个),并观察幼体胃的饱满度及其生长发育状况。

(5) 附着器的结构及投放时间 附着器以白色半透明聚乙烯或聚丙烯波纹板或无波纹的附着板(或称附着片,规格为 $42\text{cm} \times 33\text{cm}$),平插入聚氯乙烯制成的折叠式框架中而构成。附着板间距为 3~4cm,每架组装 20 片。单位水体投入量为 $60\sim 80\text{ 片/m}^3$ 。附着板上预先接种底栖硅藻,主要种类为舟形藻 (*Naviculla* sp.)、长菱形藻 (*Nitzschia longissima*)、卵形藻 (*Cocconeis* sp.)。在附着器投放前 7~10 日将附着片上已老化、板结的底栖硅藻刷下,经反复过滤去掉结团的藻体及大型杂藻后,再重新接种。在樽形幼体出现数量占幼体总数的 $1/4\sim 1/3$ 时投入附着器。幼体培育期间,每隔 7~10 日用 1ppm 的敌百虫液杀灭危害较大的桡足类 (Copepoda) 及海岸水虱 (*Ligia exotica* Roux) 幼体。投药 24 小时后再换水。

二、试验结果

1. 小型试验

为搞清幼体投池密度与其生长速度、成活率的关系,笔者同刘永峰、刘永襄等曾于水泥池育苗试验的先期进行了幼体不同培育密度及投喂不同饵料的培育效果试验,结果如下。

(1) 幼体不同培育密度 表 1 表明了幼体不同培育密度与幼体生长发育、变态成活的关系。图 1 显示了幼体培育密度越低生长速度越快的趋势。从表 1 可见,幼体培育密度为 400 个/L 时,幼体在前期虽可生长,但至后期大耳状幼体前即呈现畸形收缩,幼体终因不能变态而夭亡。

表 1 不同培育密度下,耳状幼体与其生长、变态的关系(1979)①

Tab. 1 Relationships between density of auricularia and its growth and metamorphosis (1979)

发育阶段	测量日期 (月·日)	组 I(160 个/L)			组 II(800 个/L)			组 III(4000 个/L)		
		I-1	I-2	平均	II-1	II-2	平均	III-1	III-2	平均
耳状幼体阶段	7.3	356	356	356	356	356	356	356	356	356
	7.5	617	617	617	614	588	601	604	564	584
	7.7	769	763	766	748	745	747	675	690	683
	7.9	910	929	919	812	852	832	725	719	722
具球状体② 幼体 (A) 和棒形幼体 (B) 所占比例(%)	7.10	(A) 52 (B) 14			(A) 7 (B) 尚未见到			(A), (B) 均为 0, 幼体均已畸形收缩		
稚参育成数量(个)	7.23	6830			3370			0		
变态成活率(%)	7.23	42.70			4.20			0		

① 为体长平均值 (μm), 以后同; 每次取 30 个幼体测量。② 具球状体幼体所占比例的测算, 每次取幼体 100 个; 棒形幼体所占比例, 取上层水样 10ml 全部杀死幼体后统计。

(2) 不同饵料的培育效果 对幼体选用不同饵料进行单独或混合投喂, 其培育效

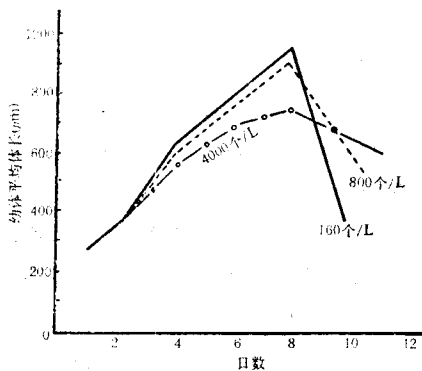


图 1 不同培育密度幼体的生长

Fig. 1 The growth curve of larvae at different densities

— 160 个/L; 800 个/L; - - - - 4000 个/L。

果见表 2。几种单胞藻混喂, 以盐藻、湛江叉鞭金藻、牟氏角毛藻三种藻混合投喂效果最好, 两平行组幼体变态成活率均为 82.4%。以一种单胞藻投喂, 以盐藻效果为最好, 但投喂量不同时, 其培育效果也不尽相同: 其中以 $3 \times 10^4 \text{ cell/ml}$ 的培育效果最好, 两平行组幼体的变态成活率分别为 96.9% 和 87.8%; 而 $6 \times 10^4 \text{ cell/ml}$ 组, 两平行组效果差异较大, 还需进行重复试验。

2. 水泥池育苗试验结果

(1) 幼体发育变态至稚参的培育结果 1979~1986 年, 采用前述方法培育幼体, 使其发育变态至稚参, 连续 8 年均取得了良好而稳定的效果。年平均单位面积育出稚参数为 10~22 万个, 最高年份单位面积育出稚参数最高为 41.8 万个。幼体变态至稚参后的存活率为 20~39.7%, 最高为 80.8%。各年度育苗结果详见表 3。

1980 年度 5 批幼体的不同培育密度与成活率的关系见表 4。从表 4 可见, 各池幼体培育密度均为 0.50 个/ml 左右时, 各池幼体生长、发育速度无明显差异。培育 7~8 日, 体长平均都达到 720 μm 以上。表 5 表明, 降低幼体培育密度, 即幼体培育密度降为 0.24 个/ml 时, 其生长发育要比其余各池早 1~2 天发育至后期大耳状幼体(达最大体长阶段)。多

表 2 不同饵料培育幼体的效果(1980)①

Tab. 2 Effects of different species of unicellular algae on growth of the larvae (1980)

饵料类别 (cell/ml)	组 别	第 6 日后 平均体长 (μm)	平均日增长 (μm)	育出稚参数量 (个)	变态成活率 (%)
湛江叉鞭金藻 ($3 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4$)	1	695.8	38.4	4301	47.8
	2	658.1	22.2	5146	57.2
牟氏角毛藻 ($3 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4$)	1	664.0	39.0	3430	38.1
	2	681.8	40.3	2266	25.2
盐藻+湛江叉鞭金藻+牟氏角毛藻 ($1 \times 10^4 + 5 \times 10^3 + 2.5 \times 10^3$)	1	671.0	24.8	7417	82.4
	2	682.3	35.7	7417	82.4
盐藻+湛江叉鞭金藻 ($1 \times 10^4 + 7.5 \times 10^3$)	1	670.3	28.3	5443	60.5
	2	635.5	17.5	5945	66.1
盐藻+牟氏角毛藻 ($1 \times 10^4 + 7.5 \times 10^3$)	1	655.5	28.3	5841	64.9
	2	692.0	44.0	6867	76.3
湛江叉鞭金藻+牟氏角毛藻 ($1.5 \times 10^4 + 5 \times 10^3$)	1	753.5	48.9	4366	48.5
	2	731.5	58.3	6630	73.7
盐 藻 (8×10^3)	1	730.0	65.8	4510	50.0
	2	673.5	45.9	5976	66.4
盐 藻 (1.6×10^4)	1	728.8	30.7	5917	65.7
	2	720.0	40.0	6231	69.7
盐 藻 (3×10^4)	1	735.5	50.7	8720	96.9
	2	738.0	61.9	7903	87.8
盐 藻 (6×10^4)	1	674.3	31.2	7932	88.1
	2	674.8	27.8	3365	37.4

① 试验数据由刘永襄同志提供。

表 3 1979~1986 年各年度育苗试验结果

Tab. 3 Results of the sea cucumber larval rearing in different years (1979~1986)

年 度	育苗水体 (m^3)	幼体入池 密度 (个/ml)	幼体入池 总数 (10^4 个)	育出稚参 总数 (10^4 个)	单位面积平 均出苗量 (10^4 个/ m^2)	单位面积最 高出苗量 (10^4 个/ m^2)	平均成活率 (%)	最高成活率 (%)
1979	12.0	0.45	534	125.0	10.7	12.6	23.4	53.0
1980	23.4	0.53	1232	483.5	20.4	38.3	39.2	76.0
1981	31.0	0.56	1747	693.6	22.3	41.8	39.7	64.9
1982	14.2	0.50	715	146.2	10.3	16.8	20.5	34.0
1983	10.1	0.40	406	178.0	17.6	27.2	43.8	80.8
1984	7.65	0.37	281	80.1	10.5	18.0	28.5	48.7
1985	31.0	0.56	1725	350.0	11.3	20.0	20.3	35.2
1986	20.8	0.53	1101	220.0	10.5	21.0	20.0	39.6

表4 各批幼体培育结果(1980)

Tab. 4 Results of larval rearing of different batches (1980)

批次	项目 池号	培育 水体 (m ³)	产卵 日期 (月· 日)	幼体入 池日期 (月· 日)	幼体入 池数量 (10 ⁴ 个)	培育密 度 (个/ ml)	具球状 体幼体 所占比 例 (%)	稚参阶段					单位面 积出 苗量 (10 ⁴ 个 /m ²)	成活率 (%)
								出现日 期(月· 日)	历经 日数 (日)	定量日 期(月· 日)	历经日 数 (日)	平均体 长① (μm)		
1	6	2.55	7.21	7.22	62.8	0.24	85.0	7.30	10	8.6	18	500	13.3	54.0
2	5	2.55	7.23	7.24	145.0	0.56	90.0	8.2	11	8.14	23	700	18.0	32.0
3	7	2.55	7.24	7.25	110.0	0.43	80.0	8.5	13	8.14	22	700	13.7	32.0
3	1	4.00	7.24	7.25	268.0	0.67	93.0	8.5	13	8.15	23	700	17.4	26.0
3	4	4.00	7.24	7.25	221.0	0.55	87.0	8.5	13	8.15	23	700	14.4	26.0
4	2	4.00	7.25	7.26	207.0	0.52	90.0	8.5	12	8.15	22	700	38.3	74.0
5	16②	3.78	8.3	8.5	218.0	0.57	90.0	8.14	12	8.21	19	500	22.0	38.0
总计		23.43			1231.8									
平均						0.53	87.8						20.4	38.8

① 因稚参收缩性大,体长难以测量,其值为近似值;② 此池为借用的空池(原为扇贝育苗池),其稚参上、下层附着密度差异较大。

表5 1~3批耳状幼体体长测量值(1980)

Tab. 5 Body length of Auricularia in different batches (1980)

批 次	池 号	幼体培育 密度 (个/ml)	幼体培育2~10日体长测量平均值(μm)							
			2日	3日	5日	6日	7日	8日	9日	10日
1	6	0.24	475.2 ±32.3	666.4 ±56.6	726.5 ±65.2	728.4 ±58.4	624.6 ±71.0①	②		—
2	5	0.56	526.8 ±41.9	642.6 ±42.0	656.6 ±64.4	743.4 ±70.3	803.5 ±46.2	775.6 ±80.9	③	—
3	7	0.43	550.8 ±51.8	672.6 ±45.2	690.6 ±71.5	686.6 ±78.3	733.0 ±60.9	823.2 ±41.4	④	—
3	1	0.67	—	—	659.6 ±47.5	671.6 ±48.5	752.0 ±59.9	834.0 ±49.9	853.0 ±36.5	⑤
3	4	0.55	—	621.0 ±41.4	692.0 ±47.2	—	731.0 ±61.5	823.3 ±41.4	834.0 ±58.0	⑥

① 部分幼体已收缩变态;②~⑥ 大部分幼体已收缩变态。

年试验结果表明,只要合理地控制幼体的培育密度,投喂足量适宜的饵料,各批幼体生长发育良好,幼体体内出现“球状体”的比例均达80%以上,变态成活率都较高。

(2) 附着器的投放及稚参的附着效果 充分利用水体增加稚参的附着面积,是提高稚参单位面积出苗量的有效措施。笔者等于1977年在国内首先采用塑料薄膜制成的附着器采集稚参,获较好效果¹⁾。后经研究改进,现已采用组装折叠式框架附着器,不仅组装、使用方便且附着效果良好。1980年育苗中使用了不同附着片,附着效果见表6。从表

1) 隋锡林等,1979。关于提高刺参育苗成活率问题的初步探讨。1979年全国海参增殖技术协作会议资料汇编。河北省水产研究所编。26~40页。

表 6 不同附着片稚参附着效果(1980)

Tab. 6 Effects of substrata on adherence of postlarvae (1980)

池号	附着片种类	附着片投入数量(片)	稚参平均附着量(个/片)	稚参附着密度(个/cm ²)	片上稚参附着总量(10 ⁴ 个)	池底、池壁稚参附着总量(10 ⁴ 个)	片上稚参占全池稚参总量的比例(%)
6	A	49	4828	3.50	23.7	10.1	70.1
5	A	56	5735	4.10	32.1	13.8	69.9
7	A	56	4368	3.20	24.5	10.5	70.0
1	A	126	4032	2.90	50.8	18.5	73.3
4	B	A21 B70	A8828 B2841	6.40 1.40	18.5 19.9	38.4	66.6
2	A	119	7428	5.40	88.4	64.6	57.8
16	C	40m ² (4架)	18900个/m ²	1.89	75.6	7.6	90.9

A为半透明白色聚乙烯片; B为玻璃钢波纹板; C为塑料薄膜波纹采集器。

6可见, 采用半透明白聚乙烯片, 稚参的附着密度高于其他两种附着片, 其附着密度为2.90~6.40个/cm², 片上稚参附着总量占全池育出稚参总量的70%左右。近几年, 由于增加了附着片的投放数量, 因此加大了稚参的附着面积, 同时也降低了稚参的附着密度, 有利于稚参的生长与成活。

三、讨论与结论

1. 笔者等通过多年刺参人工育苗试验观察认为: 幼体发育至后期大耳状幼体期时, 其水腔的发育是否正常及球状体是否出现, 可作为幼体能否顺利变态的标志, 这对及时判断育苗的成败有重要的意义。

目前在静水培育条件下, 合理地控制幼体的培育密度是提高单位面积稚参附着量的关键之一。当幼体培育密度控制在0.50个/ml左右时, 稚参单位面积附着量为 $10 \times 10^4 \sim 41.8 \times 10^4$ 个/m², 幼体变态为稚参的成活率为20~43.8%, 最高达80.8%。随着培育条件的改善, 如采用微量充气培育, 其幼体的培育密度可适当加大, 如近年日本柳桥等的试验, 在培育密度为1.60个/ml时, 也获得了较好的培育效果^[6]。

2. 采用盐藻、湛江叉鞭金藻、牟氏角毛藻、小新月菱形藻混合投喂, 即以其中的2~3种藻混合投喂, 均获得了良好的培育效果。小型试验结果: 采用上述前三种饵料混合投喂, 幼体变态成活率为82.4%。单独投喂盐藻亦可获良好的培育效果, 投喂量以 3×10^4 cell/ml效果最佳, 幼体变态成活率最高可达96.9%; 但盐藻因其繁殖速度较慢, 又易被污染, 难以扩大培养。单独使用湛江叉鞭金藻时, 易出现原因不明的“胃溃烂”^[6]。今后还需进一步开发研究新的耐高温、易培养的更适宜的饵料。

3. 运用以半透明白色聚乙烯或聚丙烯波纹板插入折叠式框架组装成的附着器, 可充

分利用水体,加大附着面积,稚参的附着密度为 2.90~6.40 个/cm²,附着片上稚参的附着量约占全池稚参总数的 70% 左右。为确保稚参附着后的生长发育正常,有效地防止因稚参附着量过大而造成的生长缓慢或脱落,近年笔者等的试验表明,稚参的附着密度在 1.00~2.00 个/cm² 范围内较为适宜^[6]。附着板投入前需预先附上一层薄嫩的小型底栖硅藻,可诱集稚参附着,增加附苗量^[16]。

4. 用 1ppm 敌百虫药液及时杀灭培育池中的桡足类及海岸水虱幼体等是确保稚参附着并使其继续正常生长、存活和不受其危害的有效措施。但池水中的原生动物大量孳生时,目前尚无有效地防治措施,这是今后急待解决的重要课题之一。

参 考 文 献

- [1] 张煜,刘永宏,1984。国内、外刺参研究的回顾、进展及其资源增殖途径的探讨。海洋渔业 2: 57~60。
- [2] 隋扬林,1984。日本刺参人工育苗及增殖现状。国外水产 2: 3~5。
- [3] 隋扬林,胡庆明,陈远,1984。刺参人工育苗研究——稚参用配合饲料的效果。水产科学 3: 18~23。
- [4] 隋扬林,刘永襄,刘永峰等,1985。刺参生殖周期的研究。水产学报 9(4): 303~310。
- [5] 隋扬林,陈远,胡庆明等,1985。亲参人工升温促熟培育研究初报。水产科学 4(3): 28~31。
- [6] 隋扬林,胡庆明,陈远,1986。刺参稚、幼参高密度培养技术的研究。海洋与湖沼 17(6): 453~459。
- [7] 二島賢二,1986。アカナマコの種苗生産基礎研究。昭和 59 年福岡水産試験場研究業務報告,163~168 页。
- [8] 小林 信,1982。マナマコ増養殖技術の現況。養殖 19(3): 58~60。
- [9] 小林信,石田雅俊,1984。稚ナマコの減耗要因に関する二、三の實驗。栽培技研 13(1): 41~48。
- [10] 小林 信,鶴島治市,石田雅俊ウ,1981~1986。マナマコの増殖に関する研究 1~VI。福岡県豊前水産試験場昭和 54 年度~61 年度研究業務報告別刷。
- [11] 小野真一,1980。マナマコの増殖に関する研究。大分浅試調研報 4: 15~29。
- [12] 山本 翠,渡辺憲一郎,1981。ナマコ幼生の初期飼育について。山口県内海水試。昭和 54 年度研究業務報告,51~62 页。
- [13] 今井丈夫ウ,1950。無色鞭毛蟲に依るナマコの人工飼育。東北大学農学研究所彙報 2(2): 269~275。
- [14] 石田雅俊,1979。マナマコの種苗生産研究。福岡県豊前水試。昭和 52 年度研究業務報告,1~17 页。
- [15] 池田善平,片山勝介,1982。マナマコの種苗生産について。岡山水試事業報(昭和 56 年度),84~89 页。
- [16] 柳橋茂昭,河崎憲ウ,1983~1985。マナマコの種苗生産。昭和 58 年度~61 年度愛知水試業務報告別刷。
- [17] 野村 元,吉田俊憲,1984。マナマコ種苗生産試験。昭和 59 年度石川県水試事業報告,53~56 页。
- [18] 稻葉伝三郎,1937。トマコの発生に就て(第 1 報)。動物学雑誌 49(3~4): 118。
- [19] Osamu Hara, 1980. Development of fertilized egg at different water temperature and effect of first food on the larvae of sea cucumber, *Sinichopus japonicus* (Selenka). *Bull. Nagasaki Inst. Fish.* 6: 55~59.
- [20] Мокрецова, Н. Д., 1973. Искусственное разведение трепанга в заливе Петра Великого. *Рыбное хозяйство*. 11: 7~8.

THE MAIN FACTORS INFLUENCING THE LARVAL DEVELOPMENT AND SURVIVAL RATE OF THE SEA CUCUMBER

Sui Xilin

(Liaoning Marine Fisheries Institute, Dalian)

ABSTRACT

The effects of several ecologic factors on the larval development and survival rate of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenke) are analysed and summarized on the basis of the data obtained in 1979—1986. The optimal larval density is about $5 \times 10^5/m^3$. The optimal number of postlarvae on unit area substratum was $1.0 \times 10^5 \sim 4.2 \times 10^5/m^2$. The survival rate from larvae to postlarvae was 34~80.8%, but 82.4% survival rate was achieved by feeding the larvae with three species of unicellular algae, *Dunaliella euchloin*, *Dicrateria zhanjiangensis* and *Chaetoceros muelleri*. The postlarvae adheres to the white PVC plate covered by benthonic diatoms. The shelf-shaped substratum made of PVC can provide larger space for 60~70% of postlarva in the pool to adhere to it. One ppm of dipterex is sufficient to kill harmful copepods.