

利用硫酸銅等藥物提高魚苗運輸成活率的試驗報告*

叶奕佐 鄧韶華

(上海水產學院)

引 言

目前，鯉、鱸、鯢、青等經濟魚類的池塘產卵問題尚未根本解決。故到長江、珠江等地去採集江中所產的天然魚苗，在整個淡水養魚生產上，仍占有極為重要的地位。因而，設法提高魚苗在運輸（尤其是換水不便的長途運輸）中的成活率，也就成為當前養魚生產上迫切要求解決的重要關鍵問題之一。

如所周知，引起魚苗在運輸途中死亡的主要原因有下列四點：1) 水中溶解氧的缺乏；2) 水質變壞；3) 溫度的劇變；4) 魚苗體質較差，加上操作粗暴（如劇烈的震動與沖擊等）或管理不善，以致魚苗由於過度疲勞或者發生嚴重的機械損傷與魚病等而死亡。因而，我們要提高魚苗在運輸途中的成活率，就必須設法消除上述幾項引起魚苗死亡的主要原因。

缺氧問題，現已能利用換水或者送氣、密封送氣、淋水、循環淋水送氣、擊水以及振盪等方法基本解決。

水溫與魚病問題，只需在操作上加以改進和注意，也能基本解決（魚病問題主要以預防為主）。

水質問題，在換水方便的情況下，也能利用換水法

解決。但在換水不便或者水源不好的情況下，就比較困難。尤其是到了天氣比較炎熱的季節，一方面由於水中微生物的繁殖增快，以及有機物的分解加速；另一方面由於魚苗本身代謝活動的提高，以致其耗氧率和代謝產物大為增加，故水質更易敗壞。為了解決這個問題，國內有些單位曾進行過利用藥物來防止水質變壞，以提高魚苗運輸成活率的研究工作。例如：1954年，中國科學院水生生物研究所曾在南京首次進行過利用硫酸銅、食鹽、明礬等藥物提高魚苗運輸成活率的研究工作。從他們的試驗結果來看，用0.7ppm的硫酸銅溶液運輸魚苗，能明顯地提高魚苗在運輸途中的成活率^[1]。再如1957年，上海水產學院曾在安徽進行過利用抗生素提高魚苗運輸成活率的初步研究。試驗結

* 本研究項目，乃是上海水產學院、中國科學院上海水產研究所、上海市青浦縣解放人民公社三個單位合作搞的。本試驗的部分工作，尚有蔣桂珍、張列士二位同志參加。在實驗材料方面，曾得到湖北省廣濟縣水產局的大力支持，以及本文承中國科學院水生生物研究所伍獻文、王祖熊、張松泉，山東海洋學院水產系李重華，上海水產學院陳子英、駱肇蕘、黃金陵等先生提供不少寶貴意見，特此志謝。

表 1 5 次 魚 苗 运 输 試

項 目 試 驗 次 數	运 输 时 間		实 驗 材 料						运 输 用 水			运 输 密 度 (尾/升)		
	起 訖 日 期 (月·日·时)	共 历 时 数 (小时)	魚 苗 成 色 (%)				距 从 江 中 后 捕 的 天 数 (天)	发 育 阶 段	体 质	刚开始試驗时水质			試 驗 期 間 內 的 水 温 (°C)	
			鱸	鱖	鮠	青				平均	变 动 范 围			
1	1959 年 5.10.16:00~ 5.14.16:00	96	20	0	5	75	2	C ₁	較弱	为添加过一半塘水 (有机物較多)的长江水。水质較差。水温 20.0°C, pH7.2		18.3	17.0~20.0	500 ¹⁾
2	6.7.14:00~ 6.12.14:00	120	50	3	7	40	2	C ₁	一般	为飼养过一天魚苗的长江水。水质很差。水温 27.5°C, pH7.3, 氧 0.89ppm, 二氧化碳 22.56ppm, 耗氧量 37.76 毫克 O ₂ /升		24.1	20.0~28.0	400 ²⁾
3	6.15.12:00~ 6.20.12:00	120	40	5	18	37	2	C ₁	一般	为添加过少量塘水的长江水。水质較差。水温 28.5°C, pH7.3, 氧 4.46ppm, 二氧化碳 17.43ppm, 耗氧量 27.82 毫克 O ₂ /升		25.8	23.8~27.8	400
4	6.23.18:00~ 6.25.16:00	46	40	15	15	30	2	C ₁	較強	为湖北武穴碼头的长江水。水质較好,唯含砂較多,故較混而已。水温 27.8°C, pH7.3,		25.1	23.1~27.8	300
5	6.27.11:00~ 6.30.13:00	74	50	35	10	5	5	C ₂	极弱 ³⁾	为加过一半自来水的第 4 次試驗結束时对照組的簍水。水质較差。水温 23.2°C, pH7.3, 氧 3.12ppm, 二氧化碳 13.33 ppm, 耗氧量 28.80 毫克 O ₂ /升, 总硬度 6.92° (鈣 47.32 毫克氧化鈣/升, 鎂 15.75 毫克氧化鎂/升), 臭气为霉土味 (25.1°C 时 2°, 60.0°C 时 3°)。		25.2	24.1~26.2	400

驗 的 主 要 情 况 与 結 果

各 组 鱼 苗 运 输 的 成 活 率 (%)										
对 照 组	硫 酸 铜 组		抗 生 素 组		硫 脉 组		哈 拉 宗 组		换 水 法 组	备 注
	浓 度	成 活 率	种 类 与 浓 度	成 活 率	浓 度	成 活 率	浓 度	成 活 率		
69.57	1ppm	90.47	青霉素: 800 单位/升 (在試驗开始后的第 2、3 天, 分別再投 1,000 单位/升)	86.50	100ppm	92.97	4ppm	0 ²⁾	—	1) 第 1—5 次試驗, 每組魚苗的总数分別为 3,000、4,800、4,000、30,000 和 40,000 尾 (第 4 次試驗每組魚苗的总数, 不是逐尾計入的, 而是采用碗量法与目估法相結合的方法計数的) 2) 由于葯物浓度过大, 故魚苗在試驗开始后的 4 小时内, 全部死亡
			鏈霉素: 10,000 单位/升 (在試驗开始后的第 2、3 天, 分別再投 15,000 单位/升)	89.13	10ppm	89.83				
			800 单位青霉素 + 10,000 单位鏈霉素/升 (在試驗开始后的第 2、3 天, 分別再投 1,000 单位青霉素/升)	93.67	1ppm	91.90	2ppm	84.30		
50.30	1ppm (但在試驗开始后的第 2、4、5 天, 分別再投 1ppm)	93.60	800 单位青霉素 + 10,000 单位鏈霉素/升 (在試驗开始后的第 2 和第 4、5 天, 分別再投 1,000 和 1,500 单位青霉素/升) ⁴⁾	48.10	100ppm	81.90	—	—	—	3) 抗生素組魚苗总数为 6,348 尾, 故运输密度应为 529 尾/升 (比其他各組多放了 32.25%) 4) 第 2、5 天投 1,4 天用剩的青霉素母液
					10ppm (在試驗开始后的第 2、4、5 天, 分別再投 10ppm)	78.90				
53.17	1ppm (在試驗开始后的第 2、3、4、5 天, 分別再投 1ppm)	96.15	800 单位青霉素 + 10,000 单位鏈霉素/升 (在試驗开始后的第 2、3 和第 4、5 天, 分別再投 1,000 和 2,000 单位青霉素/升)	94.52	20ppm (在試驗开始后的第 2、3、4 和 第 5 天, 分別再投 10 和 15ppm)	77.97	—	—	—	
97.52	1ppm (在試驗开始后的第 2 天再投 1ppm)	98.33	—	—	—	—	—	—	76.98 ⁵⁾	5) 发生“紅头病”后, 曾用明矾将水澄清, 且改用送气法运输
6.67	1ppm (在試驗开始后的第 2、3 天, 分別再投 1ppm)	89.62	800 单位青霉素 + 10,000 单位鏈霉素/升 (在試驗开始后的第 2 和第 3 天, 分別再投 2,000 和 4,000 单位青霉素/升)	69.75	20ppm (在試驗开始后的第 2、3 天, 分別再投 10ppm)	31.35	—	—	—	6) 第 5 次試驗的實驗材料, 乃第 4 次試驗結束后对 照組和换水法組所剩下的魚苗, 故其体质极弱

果指出：“在运输条件较差以及换水不便的陆路长途运输时，利用一定浓度的抗生素，有可能会显著地提高鱼苗在运输途中的成活率。”^[1]至于国外情况，由于我们掌握资料太少，所以不大清楚。据说，曾有人利用过抗氧化剂（硫脲）以及麻醉药物（奎那啉）等来提高鱼苗运输成活率的^[7,8]。不过，上述这些试验，在国内均未曾作过进一步的试验加以证实，故至今均未能正式应用到生产实践中去。

针对上述情况，我们就进行了“利用硫酸铜等药物提高鱼苗运输成活率”的试验研究。不过，由于我们当时受到实验材料、时间、人力以及设备条件等的限制，故在某些地方做得尚不够深入和细致。

材 料 和 方 法

5次试验所用的鱼苗，均购自湖北武穴鱼苗指挥所。鱼苗的体质情况，除第5次的实验材料，由于是采用第4次试验结束后对照组多余的鱼苗（乃捕后第5天的鱼苗），故体质极弱外，其他的都属正常。鱼苗的成色，各次试验都有些不同。其详况如表1所示。

5次试验所用的运输方法，除第4次试验的换水法组外，其他的都是采用间竭送气法。第1、5两次试验，由于鱼苗浮头极少，且浮头情况也不十分严重，故均未送气。其余3次试验由于鱼苗的浮头较为严重，故在其浮头严重时，不论昼夜均给予适当的送气。

在整个鱼苗运输过程中，除第1次试验外，每天均以熟蛋黄喂养鱼苗。有几次由于当时没有鸭蛋，故只能改喂代乳粉（第5次试验曾喂过一次熟豆浆）。

各次试验用水一般均是采用长江水。有时为了有意识的增加水中的有机物，故曾添加部分小水坑的污水。每次试验用水的水质情况如表1所示。在运输过程中，我们没有经常吸除沉积罐底的污物，仅按时把死鱼吸出计数而已。至于其他途中一切注意事项，与一般送气法运输相同，故从略。

各次试验的鱼苗运输密度，是随当时具体情况的不同而略有差异。一般均掌握在每升水300—500尾左右（野鱼苗均不计在内，但其数量极微）。此种密度与生产上每窠15—25万尾的运输密度相仿。

水中溶解氧的测定，是采用 Rideal Stewart 氏所改良的 Winkler 氏法。有机物耗氧量，是采用酸性高锰酸钾法测定的。鱼苗耗氧率，是用 Warburg 氏呼吸器测定的。水中微生物的检查，是采用一般水中腐生细菌总数的测定法进行的。

结 果 与 讨 论

为减少篇幅起见，故将5次试验的情况与结果只

用一张综合表来表示（表1）。至于每次试验过程中每2小时的天气、气温、水温、水质、(pH、氧、二氧化碳、耗氧量等)、鱼苗动态以及其死亡数变化等的详细记录，则均予以省略。

比较表1“各组鱼苗运输的成活率”可以看出：不论硫酸铜或者抗生素、硫脲和哈拉宗（Halazone）¹⁾，其在提高鱼苗运输的成活率上，均有一定的功效。尤其是在鱼苗体质或水质等条件不佳的情况下，其效果更为明显。如第5次试验，由于鱼苗的体质极弱，再加上水质亦较差些，故而获得了十分明显的效果（对照组成活率只有6.67%，而硫酸铜、抗生素和硫脲组的成活率分别有89.62、69.75、31.35%）。与此相反，由于第4次试验的鱼苗体质、成色、以及水质较好，再加上当时运输的密度较稀（每升水300尾左右），运输的时间也极短（只有46小时），故药物（硫酸铜）的效果也就很不明显（对照组成活率为97.52%，硫酸铜组为98.33%，二者只差0.81%）。

在第2次试验时，抗生素组的成活率（48.10%）比对照组（50.30%）低2.2%，这是一种异常的情况。目前，我们对所以会产生这种特殊的情况，虽未完全查明。但据我们现有的资料初步分析，可能是由下列3个因素所致。第一、抗生素组的运输密度（529尾/升）要比对照组（400尾/升）大32.25%²⁾；第二、试验开始后第24小时所投的青霉素乃是试验开始时所用剩的青霉素（已用蒸馏水配成每毫升4万单位青霉素的母液）。由于当时气温很高（平均室温为29.1℃），而我们又未设法将它放在冰箱内保存，故其药力基本上已经消失。又在试验开始后的第48小时，我们也未曾投放青霉素。故事实上等于试验开始后的第2、3天均未投放药物；第三、试验开始后的第68小时（6月10日10点钟），曾喂过熟蛋黄1次。在喂食后不久，各组鱼苗即开始严重浮头。其中由于抗生素组的鱼苗密度最大，故其浮头现象也就最为严重。约过1小时后，抗生素组鱼苗发生了严重的“结球”现象。当时，我们就立即进行送气。可能由于送气过猛，加上此时鱼苗的体质已经极弱，故在送气后不久，即引起大批鱼苗的死亡。接着，水质也就开始败坏起来。

第4次试验时的换水法组，乃目前生产上普遍应用的鱼苗运输方法。当时它成活率所以比对照组（送气法）低20.54%，主要是由于它发生了较严重的“红头病”（我们在发现此情况后，立即停止换水，而改用送

1) 4ppm 的哈拉宗组，由于其所用的药物浓度过大，故鱼苗在试验开始后的4小时内全部死亡。

2) 乃计数时的疏忽所致。

气法。且当时还用明矾将水澄清,使病情轉輕)。当时与我們同船上运输的其他生产单位,由于他們換水的次数与数量均比我們多得多,故由“紅头病”所引起的魚苗死亡率也远远超过我們。

各次試驗的魚苗死亡数曲綫显示:各組魚苗的死亡数曲綫均随着試驗時間的增加而升高。此可能与魚苗的体質在运输过程中逐漸变弱,以及药物的功效逐漸減小,而水质日益变坏(如有机物的增多等)有关。但图 1 2ppm 哈拉宗組的魚苗死亡数曲綫恰恰与众相反,其在試驗开始后第 16 小时前的死亡数为最大(比对照

組还高),而以后則逐漸減小。此是否是哈拉宗(对二氯化碲氨基苯甲酸)¹⁾在开始时由于其氯的臭味較大,而以后則逐漸消失所致,目前尚不完全清楚。

此外,从图 1、2、3、4 的魚苗死亡数曲綫还可看出:不論硫酸銅或者抗生素和硫脲,其功效一般均要在試驗开始后的第 2、3 天(第 24—60 小时以后),才开始明显起来。除非在魚苗体質极弱以及水质等条件又較差的情况下,药物的功效才能在試驗开始后的不久就显现出来。如图 5 的魚苗死亡数曲綫,即能証实之。

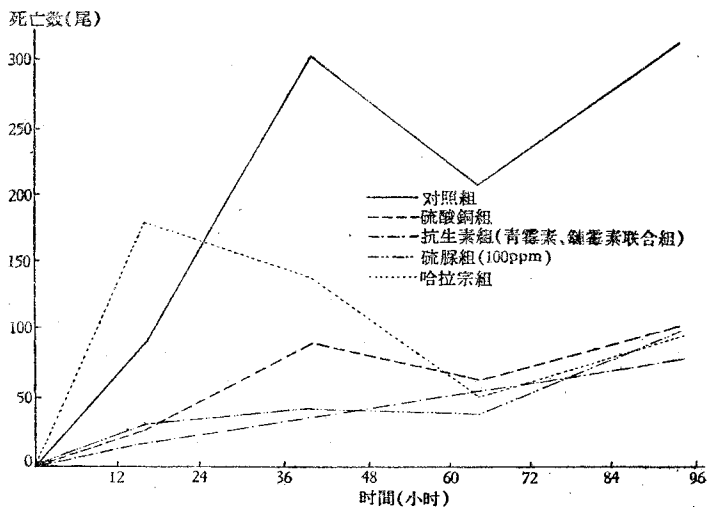


图 1 第 1 次試驗各組魚苗死亡数比較

由上可知,不論硫酸銅或者抗生素和硫脲,只有在运输時間較长(2、3 天以上)、魚苗体質和水质等条件較差、以及換水又不便的情况下,其效果才最为明显。反之,其效果就不易显现。因而,我們认为,如在換水不便的长途运输时,可以設法应用硫酸銅等药物来运输魚苗。反之,如在运输時間較短、換水极便,且魚苗与水源等条件又很良好的情况下,就沒有采用的必要了。

至于对我們所用的几种药物的选择問題,据我們多次試驗的結果,认为以采用硫酸銅来运输魚苗的效果为最好。首先,因为硫酸銅組在各次試驗中的成活率,几乎均为最高。就是其成活率最低的一次,也有 89.62%,而此时对照組的成活率,只有 6.67%;其次,从各次試驗的魚苗死亡数曲綫也可看出,硫酸銅的藥效,在其整个試驗中,始終是比較穩定的。此亦說明,水中許多有害微生物对它的抗药性也是較小的;再次,硫酸銅的价格非常便宜,加上其在应用时所用的浓度又很低,故其成本极微。如一般运输 100 万尾魚苗,只

需用 0.05 元的硫酸銅,已足够有余了。此外,硫酸銅在购买方面,也极为方便。故作者认为,目前生产上如能利用一定浓度的硫酸銅溶液来运输魚苗,是比較合适的。不过,由于硫酸銅的毒性較大,故其安全浓度的范围(水温 26—28°C 时, 5ppm $\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 就能使部分体弱的魚苗致死),要比抗生素(魚苗生活在每升水 60 万单位的青霉素,或者 40 万单位的鏈霉素溶液内,还很正常)和硫脲(魚苗在 1% 的硫脲溶液内,尚能正常生活)小得多。所以,我們在配制硫酸銅溶液时,就需特別細心。

不少学者指出:水中的有机物、pH 和溫度等因子,均能明显地影响到硫酸銅的毒性。如硫酸銅在 16—30°C 間,溫度每升高 10°C,其毒性就要增高 1.7—1.8 倍左右^[2]。因而,我們在应用硫酸銅运输魚苗时,就必須考虑到当时运输用水的水质(主要是水温、pH 和有

1) 我們試驗时所用的哈拉宗,乃是市售清水龙片内所含的哈拉宗。每片清水龙片,一般含有 8 毫克哈拉宗,8 毫克干燥 Na_2CO_3 以及 184 毫克 NaCl 。

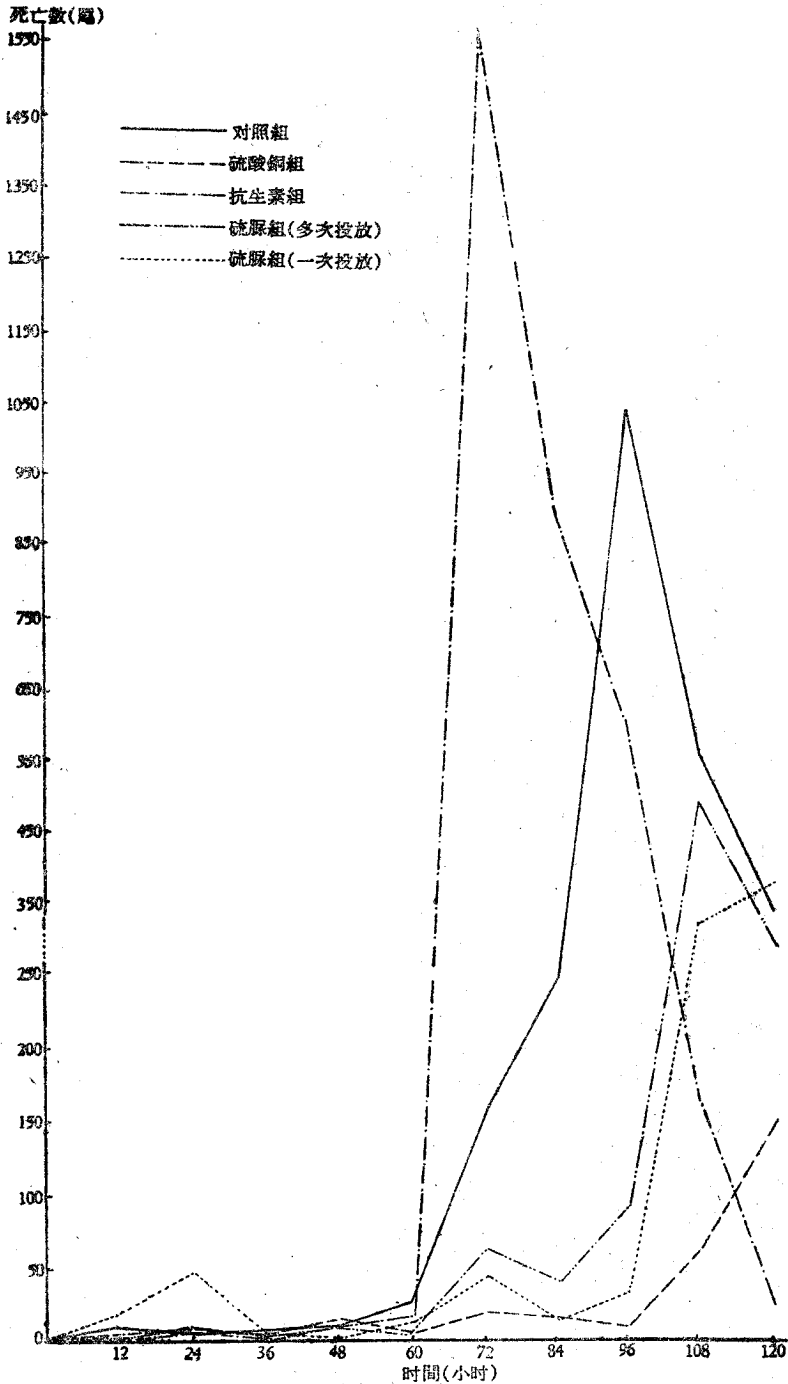


图2 第2次試驗各組魚苗死亡数比較

机物耗氧量)情况,随后再根据魚苗的体质与成色,决定运输时所需硫酸銅的浓度。

关于我們所用几种药物的作用机制問題,由于我們所得的实驗数据不足,故还未全部搞清。現只能根据我們現有的資料,初步分析于后。

硫酸銅 (CuSO₄·5H₂O) 是一种重金属的盐类。其带有阳电荷的銅离子 (Cu⁺⁺), 极易和微生物(包括細菌、霉菌、放綫菌、酵母、某些藻类及原生动物等等) 体内带有阴电荷的蛋白質相結合,从而使其蛋白質变性,且产生不溶性的蛋白化合物而沉淀^[1]。微生物本身,

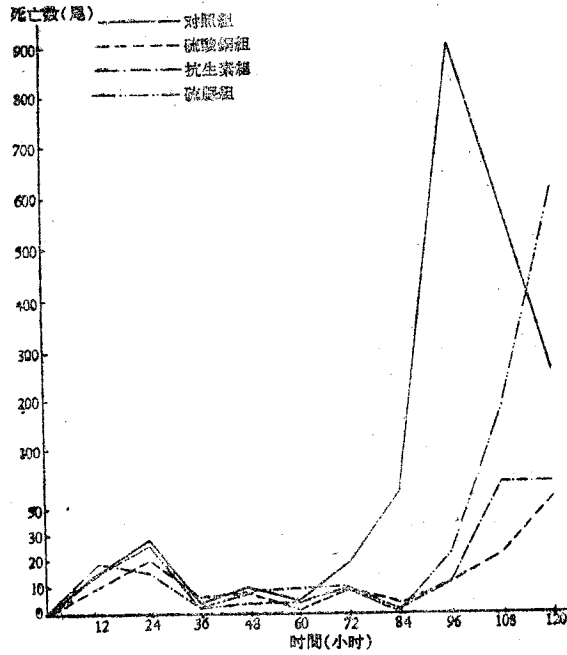


图 3 第 3 次試驗各組魚苗死亡数比較

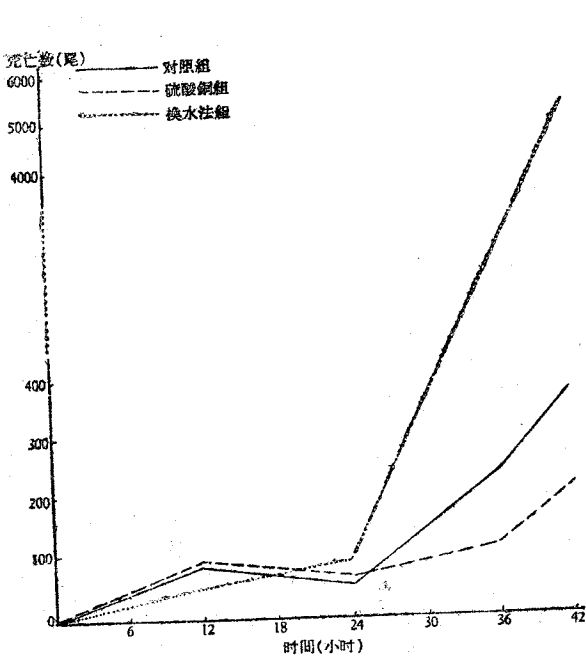


图 4 第 4 次試驗各組魚苗死亡数比較

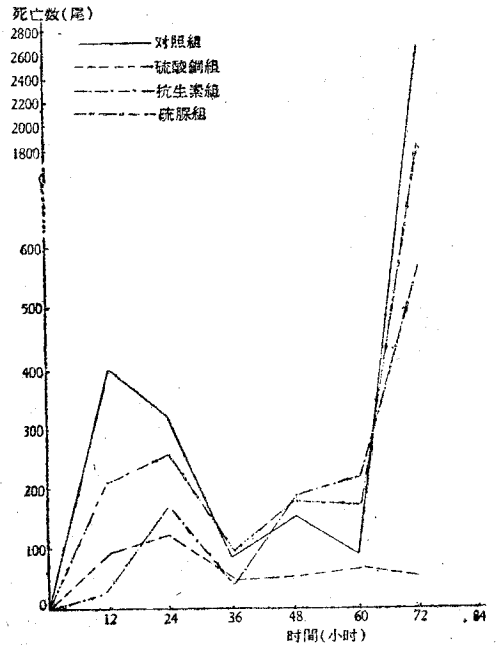
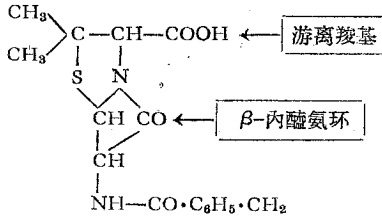


图 5 第 5 次試驗各組魚苗死亡数比較

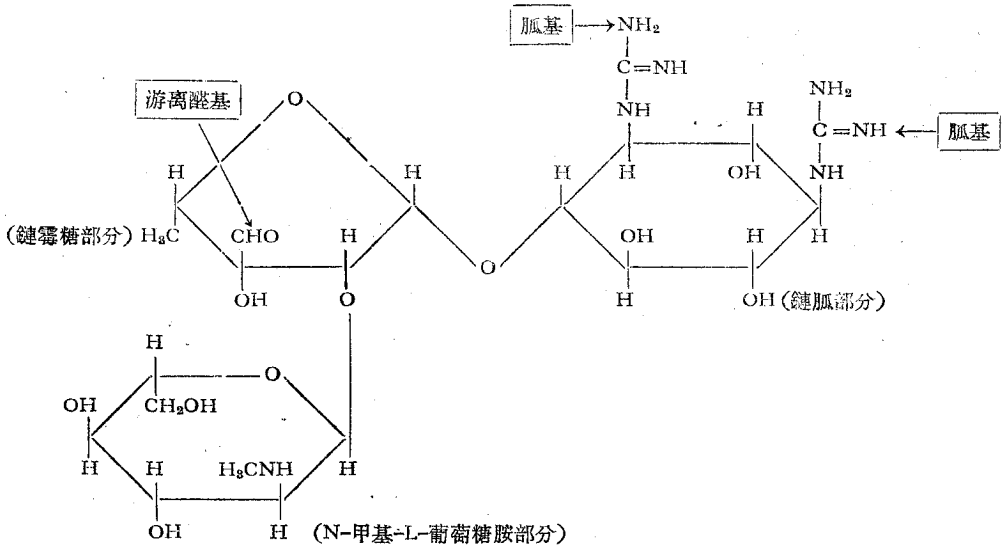
亦因此而导致死亡。

苯甲基青霉素 ($C_9H_{11}N_2O_4S \cdot CH_2 \cdot C_6H_5$), 是一种含氮的杂环化合物。



其结构式中的 β -内酰胺环以及游离态羧基 ($-C(=O)-OH$), 均能通过各种方式(主要是生化作用), 使部分微生物(主要是没有抗酸性的格兰氏阳性菌)停止繁殖, 或者死亡^[5]。

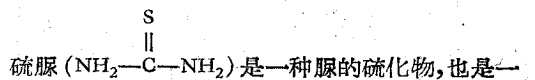
硫酸链霉素 [$(C_{21}H_{39}O_{12}N_7)_2 \cdot 3H_2SO_4$] 是一种脂环族的化合物。



其作为饮水消毒剂之用¹⁾。

在我们多次培养、检查各組微生物的结果中, 亦可看出: 不论硫酸铜或者抗生素, 其对微生物的毒杀作用均是非常明显的。如第 5 次試驗时, 对照組水中的微生物数量为 36×10^8 个/毫升, 而硫酸铜和抗生素組的水中, 只有 6×10^8 和 8×10^8 个/毫升。由于硫酸铜和抗生素能够抑制或者毒杀了水中极大部分的微生物(其中以硫酸铜的藥效保持得较为持久), 故其能使运输时的水质始终保持鮮佳。从而, 魚苗也就不会由于受到有机物分解产物的毒害而死亡。

据我們测定的结果, 不论硫酸铜或者抗生素組的魚苗, 其耗氧率(前者为 0.0058 毫升/尾·小时, 后者 0.0052 毫升/尾·小时, 水温 27.0°C) 均要比对照組 (0.0045 毫升/尾·小时) 来得高些。此可能与其体质较好, 以及环境中的含氧量始終較对照組为高有关。

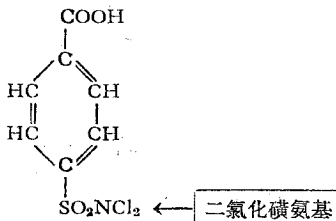


1) 乃上海公私合营九福制藥厂供給的資料。

其结构式中链胍部分的 2 个胍基 ($NH_2-C(=NH)-NH_2$)

以及链糖部分的游离醛基 ($-C(=O)$), 亦能通过各种方式(主要是生化作用), 使大部分的微生物(主要是格兰氏阴性、阳性以及耐酸菌)停止繁殖或者死亡^[5]。

哈拉宗 ($C_6H_4 \cdot SO_2NCl_2 \cdot COOH$), 是一种苯的衍生物。



其结构式中二氯化磺氨基 (SO_2NCl_2) 中的氯 (Cl_2), 具有强烈的氧化作用。其在 2—5ppm 的浓度时, 即能在 30—60 分钟內杀灭大腸杆菌、伤寒杆菌、副伤寒杆菌、霍乱弧菌与志賀氏型痢疾杆菌等致病菌, 故通常将

种强烈的抗氧化剂。据 Chambers 氏(1953)等人的意见,其能明显地抑制鱼苗的耗氧量,故而有人在搬运鱼苗时利用硫脲处理的方法来对付缺氧症^[7]。但在我们几次测定的结果中,未能明显地发现此种现象。而在我们几次测定各组有机物耗氧量的数据中却发现,硫

脲对于水中有有机物的耗氧量,具有极为明显的抑制作用(图 6)¹⁾。在第 5 次试验时测定的硫脲组鱼苗的耗氧量(0.0056 毫升/尾·小时),一般均要比对照组(0.0045 毫升/尾·小时)来得高些。此可能与硫脲组鱼苗长期处在含氧量较高的环境中直接有关。

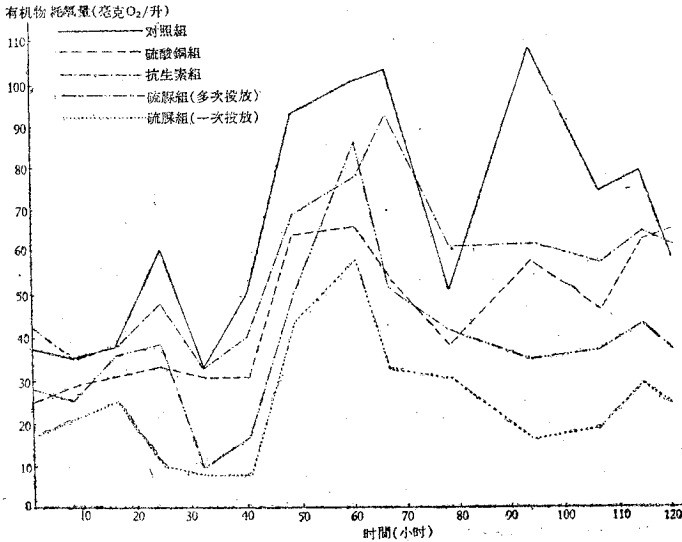


图 6 第 2 次试验各组有机物耗氧量变化的比较

此外,从几次微生物培养的结果中亦能看出:硫脲与硫酸铜或者抗生素一样,其也是一种强烈的杀菌剂(此可能与硫脲具有强烈的抗氧化作用有关)。如第 5 次试验时,对照组水中的微生物数量为 36×10^8 个/毫升,而硫脲组的水中只有 25×10^8 个/毫升。从而,其在鱼苗运输时同样具有保持水质鲜佳的功效。

最后,应当指出:这次试验由于我们当时受到实验材料、时间、人力以及设备条件等的限制,故有许多工作尚未完成。例如:我们没有找出在各种情况下,利用硫酸铜运输鱼苗所需的最低有效浓度及其投放方式,以及硫酸铜对鱼苗今后的生长与发育有何影响²⁾? 因而,我们希望在下一次试验时,能彻底解决这些问题。以达到能使硫酸铜运输鱼苗(或鱼种)的试验,迅速推广到生产实践中去的目的。

总 结

1. 在运输条件较差以及换水不便的长途运输时,利用一定浓度的硫酸铜溶液(1ppm 的硫酸铜,或者在第 24 小时后每日再添加 1ppm 的硫酸铜³⁾),能显著提高鱼苗在运输中的成活率。

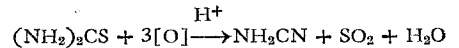
2. 硫酸铜所以能提高鱼苗运输成活率的作用机制,主要是由于硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)的铜离子(Cu^{++}),

毒杀了水中极大部分的微生物(包括某些外寄生的原生动物),故而使鱼苗运输时的水质,始终保持鲜佳。

3. 由于引起鱼苗在运输途中死亡的原因,不单是一个水质变坏问题。因而,我们要最大限度的提高鱼苗运输成活率,就必须采取一系列消除各项致死因素的综合作技术措施。

4. 关于在各种情况下,利用硫酸铜运输鱼苗所需的最低有效浓度及其投放方式,以及硫酸铜对鱼苗今后的生长、发育(即夏花出塘率与成长率),有何影响等

1) 水中有有机物的耗氧量,是用酸性高锰酸钾法测定的。由于硫脲能与高锰酸钾的氧直接作用:



故其在使用高锰酸钾测定有机物耗氧量时,亦能消耗一定数量的高锰酸钾。因而,我们在计算硫脲组的有机物耗氧量时,必须减去由于硫脲本身所消耗的高锰酸钾用量(即校正系数)。在我们图内所列的数据,均是经过修正后的数据。

2) 从我们饲养第 4 次试验硫酸铜组鱼苗的情况,可以初步看出:鱼苗虽经一定时间和浓度的硫酸铜溶液处理,但对其今后的生长发育,是无多大影响的。

3) 著者试验时所用的运输用水的水质较差,故其所用的硫酸铜浓度也较大。一般,在水质条件较好的情况下,硫酸铜的浓度应当适当减小。否则,对鱼苗可能反为不利。

問題,我們尙未完全解决。所有这些存在的問題,还有待于我們今后进一步的深入研究。

参 考 文 献

- [1] 叶奕佐: 1958。利用抗生素提高魚苗运输成活率的初步試驗。水产工作, 1958 (2): 24—29。
- [2] 任云峯、徐墨耕: 1958。硫酸銅、硫酸亞鐵合剂的时效問題。水生生物学集刊 1—8。
- [3] 刘琴宗等: 1957。魚类养殖(讲义), 第三章, 第 30—34 頁。上海水产学院。

- [4] 余 澗: 1958。医学微生物及卫生細菌学。第 50—51 頁。人民卫生出版社。
- [5] H. A. 朴烈奥勃拉任斯基、Э. И. 盖恩金(中譯本): 1953。有机葯物化学, 第 522—524, 533—534, 544—545 頁。化学工业出版社。
- [6] 谷川英一(中譯本): 1956。水产細菌学, 第 162—188 頁。科学出版社。
- [7] 霍 尔: 1955。魚类內分泌与新陈代谢。魚类学譯刊 1959 (1): 6—7。
- [8] 明 枢: 1948。一种新的魚类麻醉物——奎那啉(quinaldine)。魚类学譯刊 1958 (創刊号), 33—35。