

其相关性如何,还需要作更多的研究才能清楚. 因为我们在作物生育期中所作的处理和施用的稀土剂量的幅度还太少,所以只能说是一种迹象.

我们的研究,只能说是揭示了一种现象,要从机理上找到其必然所在,还有待进行研究.

我国稀土资源得天独厚. 稀土能降解农

药残毒的预示,将为农业和环保上应用稀土资源,开辟更广阔的前景.

参 考 文 献

- [1] Verschueren, Karel, Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, p. 224, New York, Van Nostand Reinhold Co. 1977.
 [2] 立川等,食衞志, 11(1), 1-8(1970).
 [3] 夏增禄等,环境质量, 3, 12(1980).

激光多普勒法对鱼类受黄磷、汞毒害后血流速的测量

陈叙龙 张毓琪 刘 键 李增发

(南 开 大 学)

一、前言

激光技术作为一种新兴的科学技术,正在迅速发展,已达到较高的实用水平. 由于激光具有强度大、单色性好、相干性好、方向性强等特性,而被广泛地用于许多科学技术领域. 激光在生物科学和医学领域得到了广泛的应用. 激光多普勒法测量流体流速的报告已有很多,应用这种方法测量生物体的血液流速的例子却还不多.

生物体血流速度计有电磁血流计,超声波多普勒血流计,热血流计,核磁血流计,电视显微镜等^[2,3],这些方法只适用于测量粗血管的血流,而对 $10\mu\text{m}$ 以下的末梢血管来说是困难的,而激光多普勒法却很容易将激光聚到 $10\mu\text{m}$ 的微小区域,将可见区的激光聚到被测定的部位,即可进行血液流速的测量^[3]. 用激光多普勒法测量血液流速已有一些报道,但鱼类血流速仅有鲫鱼尾鳍血管^[3].

本文叙述以激光多普勒法测量鱼尾柄的血流速,从而可以了解生物体的循环调节机能在中毒后的变化,以监测水体受毒物污染的程度.

本方法能在鱼体不麻醉,不离水,非侵入性的情况下进行测量,保持活体的自然状态. 在实验过程中一个个体可连续进行测量,避免个体的差异. 此法又具有空间分辨率强,精度高,不损害机体、快速、方便等特点,可成为进行生理学,毒理学,生物监测等研究的新手段.

二、激光多普勒测速计的简单原理^{[2][4]}

激光多普勒法测速系统,利用光学多普勒效应和光外差技术. 本实验装置所用光路为双光束前向散射系统(如图1),入射光束被运动着的血球所散射,散射光产生了多普勒频移,被固定的光电探测器接收,并进行混频,于是有频移的散射光和无频移的入射光的差拍信号,可被检测出来,进而由多普勒频移可确定血液的流速. 其计算公式如下:

$$V = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \cdot f_D$$

V ——血球运动速度;

λ ——激光光源波长(氦氖激光器波长 6238 \AA);

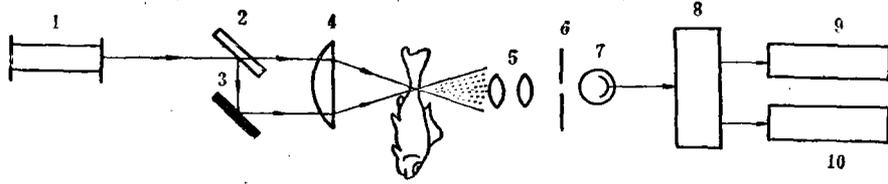


图1 激光多普勒法测速计测量鱼尾柄装置示意图

1—氦氖激光器； 2—分光板； 3—反光镜； 4—入射透镜； 5—接受聚焦系统； 6—光阑；
7—光电倍增管； 8—滤波放大器； 9—光线记录示波器； 10—监视示波器。

θ ——两速激光光源的交角；

f_D ——多普勒频率。

激光多普勒流速计已有许多专著，其原理在有关文献中已有详尽的论述^[2]，由于本文性质所限，这里不再赘述。

三、实验方法

(一) 实验材料

1. 试验用鱼为鲤鱼 (*Cyprinus carpio*) 和非洲鲫鱼 (*Tilapia mossambica*) 规格分别为：体长 5cm、体重 5g 的鱼种，放在白塘瓷桶中，温度控制在 20℃，驯养 10 天以后进行实验。

2. 试验容器为 30×20cm 的圆玻璃缸 15 个。

3. 黄磷溶液：用酒精-水配制成 1mg/ml 母液。

4. 氯化汞溶液：用水配成 1mg/ml 母液。

(二) 实验装置

上图中，光源为 0.8 毫瓦的氦氖激光器，激光束经过分光板和反射镜后变成强度相等，方向平行的两个激光束。这两束平行光经过一入射透镜后相交，其交角 θ 为 32°34'48"。将鱼体尾柄的微血管置于两束光的交点上，产生的散射光，经接受聚焦系统和光阑到达光电倍增管、光电讯号经滤波放大器后，由光线记录示波器记录在纸上，根据记录计算出多普勒频率，代入以上公式即可算出血液的流速。

(三) 实验步骤

1. 黄磷母液稀释成 0.001mg/l；0.005mg/l；

0.01mg/l；0.02mg/l 及空白对照。每缸放水 10 升，放鱼种 10 尾进行毒性试验 96 小时，共分二组，鲤鱼为一组，非洲鲫鱼为一组。

2. 氯化汞母液稀释成 0.001mg/l；0.005mg/l；0.03mg/l；0.2mg/l 及空白对照，每缸放水 10 升，放鲤鱼 10 尾进行毒性试验 96 小时。

以上各实验组，每 8 小时换一次试验液，均在 20℃ 恒温条件下进行试验。

3. 实验用水是用硫代硫酸钠（每吨水 1 克）脱氯的自来水，其水质指标为：pH7.14—7.26；氯化物 160—270 毫克/升；总硬度 7.4—8.5 毫克当量/升；氧化还原电位 434 毫伏；电导率 1.2×10^3 微姆/厘米；溶解氧 8.2 毫克/升；水温 20℃。

4. 鲤鱼组的黄磷毒性试验，每 24 小时用激光多普勒血流计测试一次，非洲鲫鱼组的黄磷毒性试验和鲤鱼组的氯化汞毒性试验均在 96 小时后测试。测试时将鱼放入自制的有机玻璃槽内，槽比鱼体稍大些，使鱼不能翻动，内放少量原试验液，使鱼不离试验水，保持其受毒状态。将被测鱼的尾柄部微血管对准两束激光聚交点，进行血液流速的测量。

四、结果与分析

黄磷对鱼类是剧毒物质，在鱼体内能积蓄，中毒后鱼体表充血，眼球突出，并有溶血现象。我们所作的毒性试验 96 小时 TLM 值鲤鱼为 0.032mg/L，非洲鲫鱼为 0.0385mg/L。鱼类中毒致死肉眼很易观察，但在死前体

内发生的一系列生理、生化变化用肉眼是见不到的。用激光多普勒测速计测量血液流速的变化,可以反映出鱼类中毒后生理的动态变化。因为生物体的微循环是机体进行代谢、吸收、营养、过滤等生理活动的重要环节,微血管内血液流速的变化是反映微循环机能状态的客观指标,因而我们的毒性试验选择的溶液浓度在 TLM 值之下、养鱼标准之内。在一定的中毒时间内,用激光多普勒测速计,对不同浓度的试验鱼进行血液流速的测量,从而来分析鱼类生理机能的变化。其结果见表 1、表 2。呼吸次数是根据鱼体呼吸振动所引起的输出波形计算而得。

表 1 黄磷毒性试验鲤鱼和非洲鲫鱼尾柄微血管血流速

黄磷溶液浓度	96 小时			
	鲤 鱼		非洲鲫鱼	
	血流速 mm/s	呼吸 次数	血流速 mm/s	呼吸 次数
0.02mg/l	0.2	40	0.4	44
0.01mg/l	0.5	44	0.6	45
0.005mg/l	0.66	59	0.8	50
0.001mg/l	0.8	60	0.9	63
空白对照	1.0	111	1.3	125

表 2 氯化汞毒性试验鲤鱼尾柄微血管血流速

氯化汞溶液浓度	96 小时	
	血流速 mm/s	呼吸次数
0.2mg/l	0.23	43
0.03mg/l	0.5	44
0.005mg/l	0.6	45
0.001mg/l	0.85	51
空白对照	1.0	111

从实验结果看,激光多普勒法流速计,对鱼类完全能在不麻醉、不离水的情况下测出微血管内血液的流速。从表 1、2 能清楚地看出毒物的不同浓度,对鱼类微血管的血流速有明显地变化,毒物浓度越大,血流速越慢。不同种类的毒物,对同一种鱼类微血管血流速的影响不一样。同样同一种毒物对不同鱼种微血管血流速也不一样。同种同浓度的毒物,对鱼类中毒的时间越长,血流速度越慢。

五、讨论

激光多普勒法测量血液流速的技术,具有很多优点,但也存在一些问题,激光虽然能在被测微血管的某一很小区域内准确定位,但微血管有粗、有细、有动脉、有静脉,它们的血流量和流速是不一样的,得到的讯号也就不一样,在不麻醉的鱼类,不易做到准确定位测量,这就影响测量的精度,造成一系列的误差。

再有微血管中血球的出现,在时间,空间上都是随机的,在测量时所得到的讯号也是复杂的,我们从中分析出血液的流速和呼吸次数,但还有一些丰富的信息有待今后进一步分析研究。这次试验没有进行系统误差分析。

本实验的装置系统和测定方法都是初步的,有待今后进一步完善。

参 考 文 献

- [1] 刘键等,中华物理学杂志, 2(4), 214(1981).
- [2] 松田净史,光学技术 コンタクトン, 18(9), 13 (1980).
- [3] 清水嘉重郎、中谷徹、本间一弘、高橋重男,应用物理, 48(2), 175(1979).
- [4] Wang, C. P. and Snyder, D., *Appl. Opt.*, 13 (9), 98(1974).