

### 摘要 Abstract

为了解17种植物精油对褶皱臂尾轮虫的杀灭效果, 设置精油浓度分别为1、10、100、1000mg/L时, 对褶皱臂尾轮虫的杀灭活性进行初筛, 并选取杀灭效果较好的精油, 对轮虫进行急性毒性试验, 研究这几种精油对褶皱臂尾轮虫的杀灭效果(24h内)和对轮虫种群增长的抑制作用(7d内)。结果表明, 在17种植物精油的初筛中, 丁香酚、薄荷醇、柠檬烯、香芹酚、肉桂醛、大蒜素显示出了对褶皱臂尾轮虫高毒性; 在急性毒性试验中, 测得这6种精油在24h时的半致死浓度分别为0.462、0.548、0.600、0.680、0.720和0.841 mg/L; 在24h杀灭试验中, 几种精油在绝对致死浓度下, 对轮虫的杀灭率随时间的增加而上升, 其中丁香酚、薄荷醇精油可在6h内杀灭所有供试轮虫, 显著优于同时间其他处理组 ( $P < 0.05$ ), 在12h时, 柠檬烯和辛硫磷的杀灭率达到100%, 直至24h时, 所有处理组的供试轮虫均死亡。在抑制轮虫群体增长试验中, 精油组的轮虫数量增长均小于对照组, 其中丁香酚、薄荷醇组的轮虫数量增长缓慢, 在第7d时轮虫密度分别为  $(12 \pm 1.52)$  和  $(19.33 \pm 1.2)$  ind/mL, 显著小于其他精油组。指出, 在17种植物精油中, 薄荷醇、丁香酚显示出较强的轮虫杀灭活性, 其杀灭效果优于传统杀虫剂辛硫磷, 可作为水产养殖中具有潜力的植物源轮虫防控药物。



关键词: 植物精油; 褶皱臂尾轮虫; 杀灭活性; 轮虫防治

### 前沿 Leading edge



目前水产养殖中主要使用化学药品防治轮虫, 但药品往往具有广谱性, 对微藻和其他水生生物亦会产生毒性, 不适于浮游动物污染控制。植物成分的杀虫剂, 具有低毒、低残留、易降解、与环境兼容性好的特点, 一般被认为是化学药品的潜在替代品。现以褶皱臂尾轮虫 (*Brachionus plicatilis*) (以下简称轮虫) 为研究对象, 探究17种植物精油对其杀灭效果, 筛选出安全高效、纯天然的轮虫防控药物, 为生产中防治轮虫及其他有害水产寄生虫提供参考。

### 材料 Materials

试验用轮虫购自上海某微生物培养机构。该轮虫由单个孤雌生殖雌体驯化培养2个月后, 大量培养并诱导其种群产生休眠卵孵化而来。

### 结果与分析 Results and Analysis

表1 17种植物精油对轮虫的杀灭效果预试验

处理组	17种植物精油4种浓度时对褶皱臂尾轮虫的杀灭活性 <sup>①</sup>			
	1000	100	10	1
丁香酚	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	93.3±1.9 <sup>a</sup>
柠檬烯	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	30.0±3.3 <sup>a</sup>
薄荷醇(艾叶)	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	44.5±4.0 <sup>a</sup>
香叶醇	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	42.2±2.2 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>
薄荷醇	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	87.8±2.2 <sup>a</sup>
石竹烯	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	36.7±3.8 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>
柠檬烯(甜橙)	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	85.5±2.2 <sup>a</sup>
桉叶素	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	36.7±3.8 <sup>a</sup>
百里醛	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	51.1±1.1 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>
松油醇	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	34.5±2.2 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>
香芹酚(牛至)	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	78.9±4.0 <sup>a</sup>
肉桂醛	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	71.1±2.2 <sup>a</sup>
香茅醇	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	27.8±4.9 <sup>a</sup>
水杨酸甲酯(冬青)	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	40.0±3.3 <sup>a</sup>
广藜香醇	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	43.3±3.3 <sup>a</sup>
姜辣素	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	27.8±4.9 <sup>a</sup>
大蒜素	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	75.6±2.9 <sup>a</sup>
辛硫磷(化药对照)	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	78.9±2.9 <sup>a</sup>
对照组(去离子水)	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>
对照组(无精油乳化剂溶液)	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0 <sup>a</sup>

①同列数据肩标不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ ), 相同字母表示组间差异不显著( $P > 0.05$ )。

表2 6种精油对轮虫的急性毒性试验

表2 复筛精油为 0.1-10.0 g/L 时对褶皱臂尾轮虫的杀灭效果				
处理组	毒力回归直线	LC <sub>50</sub> (mg·L <sup>-1</sup> )	95%置信区间 95%CI	相对辛硫磷 毒力倍数
丁香酚	$y = -1.27 + 2.74x$	0.462	0.363-0.562	1.294
薄荷醇	$y = -1.45 + 2.65x$	0.548	0.449-0.657	1.091
柠檬烯	$y = -1.57 + 2.62x$	0.600	0.501-0.715	0.997
香芹酚	$y = -1.81 + 2.66x$	0.680	0.580-0.804	0.879
大蒜素	$y = -1.92 + 2.66x$	0.720	0.618-0.850	0.831
肉桂醛	$y = -1.51 + 1.79x$	0.841	0.703-1.011	0.711
辛硫磷(化药对照)	$y = -1.74 + 2.90x$	0.598	0.505-0.703	

表3 6种精油应用后轮虫在24 h内死亡情况

表3 绝对致死浓度(LC <sub>100</sub> )下植物精油微乳液在24 h内对褶皱臂尾轮虫的杀灭效果 <sup>①</sup>						
处理组	LC <sub>100</sub> / (mg·L <sup>-1</sup> )	处理时间				
		5 min	2 h	6 h	12 h	24 h
丁香酚	1.37	0.0±0.0 <sup>a</sup>	40.0±3.3 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>
薄荷醇	1.43	0.0±0.0 <sup>a</sup>	37.8±1.1 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>
柠檬烯	1.49	0.0±0.0 <sup>a</sup>	28.9±2.9 <sup>b</sup>	84.5±2.2 <sup>b</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>
香芹酚	1.56	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0	55.6±4.8 <sup>cd</sup>	82.2±4.0 <sup>b</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>
大蒜素	1.59	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0	43.3±3.3 <sup>b</sup>	78.9±2.2 <sup>b</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>
肉桂醛	2.14	0.0±0.0 <sup>a</sup>	0.0±0.0	42.2±2.2 <sup>d</sup>	75.6±2.9 <sup>b</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>
辛硫磷(化药对照)	1.53	0.0±0.0 <sup>a</sup>	17.8±2.9 <sup>b</sup>	65.5±2.2 <sup>c</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>	100.0±0.0 <sup>a</sup>

①同列数据肩标不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ ), 相同字母表示组间差异不显著( $P > 0.05$ )。

表4 6种精油对轮虫的群体增长的防控效果

表4 轮虫在不同精油处理后不同时间下的种群密度变化 <sup>①</sup>				
处理组	平均轮虫密度/(ind·mL <sup>-1</sup> )			
	1 d	3 d	5 d	7 d
丁香酚	0.67±0.33 <sup>a</sup>	1.67±0.67 <sup>a</sup>	6.33±0.67 <sup>a</sup>	12.00±1.52 <sup>a</sup>
薄荷醇	0.33±0.33 <sup>a</sup>	2.33±0.88 <sup>a</sup>	7.33±0.88 <sup>a</sup>	19.33±1.20 <sup>b</sup>
柠檬烯	1.00±0.58 <sup>a</sup>	3.33±0.88 <sup>b</sup>	8.67±0.88 <sup>b</sup>	33.67±3.48 <sup>b</sup>
香芹酚	1.33±0.33 <sup>a</sup>	7.33±1.20 <sup>b</sup>	13.33±1.45 <sup>b</sup>	49.33±2.73 <sup>b</sup>
大蒜素	1.67±1.33 <sup>a</sup>	8.33±0.67 <sup>b</sup>	17.67±1.76 <sup>b</sup>	56.33±5.45 <sup>b</sup>
肉桂醛	1.33±0.33 <sup>a</sup>	8.67±0.88 <sup>b</sup>	29.33±2.72 <sup>b</sup>	67.67±5.21 <sup>b</sup>
辛硫磷(化药对照)	1.33±0.67 <sup>a</sup>	8.33±0.88 <sup>b</sup>	15.67±1.76 <sup>b</sup>	29.00±4.36 <sup>b</sup>
空白对照	6.67±1.20 <sup>b</sup>	19.00±1.20 <sup>b</sup>	73.33±5.78 <sup>b</sup>	144.33±12.14 <sup>b</sup>

①同列数据肩标不同字母表示组间差异显著( $P < 0.05$ ), 相同字母表示组间差异不显著( $P > 0.05$ )。

### 结论 Conclusion

采用不同浓度的17种植物精油, 对轮虫的杀灭活性进行了试验。结果表明, 柠檬烯、丁香酚、大蒜素、香芹酚、肉桂醛、薄荷醇对轮虫的杀灭效果优于其他精油, 其中薄荷醇和丁香酚, 对轮虫具有急性毒性, 当浓度为LC<sub>100</sub>时, 可在12h内杀灭全部供试轮虫, 其毒力高于辛硫磷, 在实验室条件下, 可以有效抑制轮虫的种群增长。

