



# 植物源杀虫剂苦参碱对罗非鱼三代虫的杀灭效果

钟全福

(福建省淡水水产研究所, 福州 350002)

**摘要:**【目的】明确苦参碱对罗非鱼三代虫的杀灭效果,并分析药物浓度、作用时间及苦参碱与敌百虫配伍对罗非鱼三代虫的联合毒力,为苦参碱在水产养殖中的推广应用提供参考依据。【方法】以浸浴试验测定2.0%苦参碱和90%敌百虫对罗非鱼三代虫的毒力,计算半数致死浓度(LC<sub>50</sub>);在此基础上采用交互测定法进行苦参碱与敌百虫配比筛选,通过毒效比和共毒系数(CTC)测定苦参碱与敌百虫配伍对罗非鱼三代虫的联合毒力,并利用安全浓度(SC)和药物毒性蓄积程度系数(MAC)评价苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼苗种的安全性。【结果】2.0%苦参碱对罗非鱼三代虫有较强的杀灭能力,对应的24、48、72 h的LC<sub>50</sub>分别为1.305、0.843和0.562 mg/L;2.0%苦参碱与90%敌百虫按质量比7:5配伍时毒效比最高(1.54),其对罗非鱼三代虫24、48、72 h的LC<sub>50</sub>分别为0.433、0.353和0.232 mg/L,对应的CTC分别为294.12、207.02和206.22。苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)对罗非鱼苗种24、48、72和96 h的LC<sub>50</sub>分别为28.410、24.494、19.982和17.265 mg/L,SC为1.727 mg/L;MAC在24~72 h期间随浸浴时间的延长而升高,且在48~72 h期间出现最大值(40.485%),在72~96 h期间下降较明显,但均大于0,即苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)属于低毒级药物制剂。【结论】植物源杀虫剂苦参碱对鱼类三代虫有良好的杀虫活性及较低鱼类毒性,尤其与敌百虫配伍表现出明显的协同增效作用,既提高药效,又降低驱虫药物的使用剂量和用药成本,且能克服单剂药物易产生抗药性的问题,可在水产养殖生产上推广应用。

**关键词:** 苦参碱; 三代虫; 罗非鱼; 杀虫效果; 共毒系数(CTC); 药物毒性蓄积程度系数(MAC)

中图分类号: S941.521

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2020)06-1478-07

## Antiscolic effect of botanical pesticide matrine against *Gyrodactylus* of tilapia

ZHONG Quan-fu

(Freshwater Fisheries Research Institute of Fujian, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:**【Objective】The antiscolic effect of matrine against *Gyrodactylus* of tilapia was defined, and the drug concentration, action time and combined toxicity of matrine and trichlorfon to *Gyrodactylus* of tilapia were analyzed, so as to provide reference for the promotion and application of matrine in aquaculture. 【Method】The virulence of 2.0% matrine and 90% dipterex to *Gyrodactylus* of tilapia was determined by immersion bath test, and the median lethal concentration (LC<sub>50</sub>) was calculated. On this basis, the synergistic ratio of matrine and dipterex was screened by interactive assay, and the joint virulence of matrine and dipterex against *Gyrodactylus* of tilapia was determined by effect ratio and co-toxicity coefficient(CTC), and the safe concentration(SC) and the toxicity accumulation coefficient(MAC) were used to evaluate the safety of matrine-dipterex compound against tilapia fry. 【Result】The results showed that, 2.0% matrine had high antiscolic effect on *Gyrodactylus* of tilapia, the LC<sub>50</sub> of 2.0% matrine on 24, 48 and 72 h were 1.305, 0.843 and 0.562 mg/L, respectively. The toxicity-efficacy ratio was the highest(1.54), when the mass ratio of 2.0% matrine and 90% dipterex was 7:5, and the LC<sub>50</sub> of the mixed formulation on *Gyrodactylus* of tilapia at 24, 48 and 72 h were 0.433, 0.353 and 0.232 mg/L, at the same time, the corresponding CTC were 294.12, 207.02 and 206.22. The LC<sub>50</sub> of the matrine-dipterex compound on juvenile tilapia at 24, 48, 72 and 96 h were 28.410, 24.494, 19.982 and 17.265 mg/L respectively, and the SC was 1.727 mg/L. MAC increased with the prolongation of immersion time from 24 to 72 h, and reached the maximum value (40.485%) during 48-72 h, and decreased greatly during 72-96 h, but both were greater than 0. That was, the matrine-dipterex compound (mass ratio 7:5) belonged to low toxic substances. 【Conclusion】The botanical pesticide matrine has high insecticidal efficacy and low toxicity to *Gyrodactylus* of fish, especially it shows a synergistic effect between matrine

收稿日期: 2019-07-25

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-49)

作者简介: 钟全福(1964-), 研究员, 主要从事水产养殖与病害防控技术研究工作, E-mail: zhongquanfu@126.com

and dipterex to control *Gyrodactylus*. It can not only improve the efficacy, but also reduce the dosage and cost of anthelmintic agent, and overcome the problem of single drug resistance. Therefore, matrine can be widely used in aquaculture.

**Key words:** matrine; *Gyrodactylus*; tilapia; antiscolic effect; co-toxicity index(CTC); toxicity accumulation coefficient(MAC)

**Foundation item:** National Modern Agricultural Industry Technology System Construction Project (CARS-49)

## 0 引言

【研究意义】三代虫(*Gyrodactylus* spp.)隶属于单殖吸虫纲(Monogenoidea)三代虫目(*Gyrodactylida*)三代虫科(*Gyrodactylidae*)三代虫属(*Gyrodactylus*),是水产养殖动物的常见体表寄生虫,为我国三类水生动物疫病病原(李冉冉等,2014;陈涛,2018)。三代虫雌雄同体,具有超胎生和幼体繁殖的特性,超强的繁衍性能促使其种群增长和传播速度快,对宿主特别是稚幼鱼的危害极大(周晓杨和张其中,2004;陈爱平等,2011)。在水产养殖动物三代虫病的防治过程中,常采用敌百虫、高锰酸钾、甲醛、甲苯咪唑、辛硫磷及氯氰菊酯等菊酯类杀虫剂进行浸泡处理(任景坤等,2006;张超睿等,2008),但长期及超量使用会导致三代虫耐药性增强,防治效果不理想(周顺等,2016)。因此,开发高效、安全的植物源性杀虫剂替代药物成为防治水产养殖动物三代虫病的当务之急。【前人研究进展】至今,已有学者开展了一系列针对三代虫防治药物筛选的相关研究。刘澧津等(1991)对虹鳟三代虫病的药物筛选试验结果表明,泼洒法以0.35 mg/L敌百虫+25 mg/L石灰水的杀虫效果较优,药浴法则以0.4%食盐水溶液的杀虫效果最佳;王昭明等(1997)对鲑科鱼细鳞鱼三代虫病的防治试验结果表明,1/2000的福尔马林全池药浴15 min对体表三代虫的杀灭率可达100%;林岗等(2004)研究表明,丙硫咪唑对秀丽三代虫有较强的杀灭能力,24 h的有效浓度为1 mg/L,36 h的杀灭浓度为2 mg/L;林学明(2005)研究证实,AEZ灭虫王能有效杀灭对传统杀虫剂产生强抗药性的金鱼三代虫;周顺等(2016)研究表明,次氯酸钠溶液和二氧化氯对小林三代虫均有较好的杀灭效果,但100%的杀灭浓度略高于其对金鱼的安全浓度。在中药防治方面,Tu等(2013)研究发现檀香氯仿提取物能有效杀灭金鱼三代虫和指环虫;Fridman等(2014)研究证实7.5 mL/L大蒜水提取物能显著减少孔雀鱼体表上的三代虫数量;Kjærstad和Arnekleiv(2015)研究表明,鱼藤酮对大西洋鲑鱼三代虫具有很好的杀虫效果,但对宿主鱼类高毒;Levy等(2015)研究证实生姜乙醇提取物也能显著降低孔雀鱼体表上的三代虫寄生数量;Zhou等(2017)通过对比3种常用消毒剂 and 4种

中药提取物对金鱼小林三代虫的驱虫效果,发现三氯异氰尿酸48 h的杀灭浓度为1 mg/L,博落回甲醇提取物48 h的50%有效浓度( $EC_{50}$ )、90%有效浓度( $EC_{90}$ )分别为8.6和25.5 mg/L;涂笑(2019)研究表明,4.00 mg/L牛蒡子苷元作用4 h对小林三代虫的杀灭率可达100%。【本研究切入点】苦参碱是一种低毒、低残留、环保型植物源杀虫剂(杨婉莉等,2018),具有很好的杀灭寄生虫生物学活性,且能与化学杀虫药剂复配,起到明显的增效作用,进而极大降低传统杀虫剂使用剂量,防止虫体抗药性产生,并降低杀虫药物对环境的污染(吴波等,2019),但至今鲜见将苦参碱应用于水产养殖动物三代虫防治的研究报道。【拟解决的关键问题】探究苦参碱对罗非鱼三代虫的杀灭效果,并分析药物浓度、作用时间及苦参碱与敌百虫配伍对罗非鱼三代虫的联合毒力,以期为苦参碱在水产养殖中的推广应用提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

苦参碱购自天津市恒源伟业生物科技发展有限公司,有效含量2.0%;敌百虫购自湖北沙隆达股份有限公司,含量90%;二甲基亚砜(DMSO)购自天津恒兴化学试剂制造有限公司,含量99%。苦参碱和敌百虫分别以DMSO为溶剂,配制成10 g/L母液;苦参碱—敌百虫复合制剂是由2.0%苦参碱和90%敌百虫按质量配比后,以DMSO溶解配制成10 g/L母液。患三代虫病的罗非鱼苗种由福建省淡水水产研究所榕桥试验基地提供,其体长3~5 cm,抽样检查的罗非鱼体表寄生有三代虫。供试罗非鱼暂养于实验室内直径1.6 m的玻璃钢纤维养殖桶中,连续充气增氧,每天换水1次,换水量为30%左右;暂养2~3 d后检查,罗非鱼体表虫体数量未减少,即可用于后续的药物杀虫试验。

### 1.2 苦参碱和敌百虫对罗非鱼三代虫的毒力测定

试验在0.4 m×0.8 m×0.4 m的水簇箱中进行,每个水簇箱装100 L溪水。试验设0.32、0.42、0.56、0.75、1.00和2.00 mg/L的2.0%苦参碱处理组及0.21、0.32、0.49、0.75、1.15和1.80 mg/L的90%敌百虫处理组,随机选取感染三代虫的罗非鱼,每个试验水簇箱投放20尾,每个处理组设3个平行,同时设空白对照

组。试验期间不间断充气增氧,水温控制在26~27℃,浸浴72h,观察罗非鱼的活动情况。按照林岗等(2004)、周顺等(2016)的方法,分别于浸浴24、48和72h时每个处理组随机采样3尾罗非鱼,以MS-222麻醉后在体视镜下逐尾检查其体表三代虫数量,统计杀虫率,并计算半数致死浓度(LC<sub>50</sub>)。

### 1.3 苦参碱与敌百虫配伍对罗非鱼三代虫的联合毒力

1.3.1 苦参碱与敌百虫配比筛选 以单剂2.0%苦参碱、90%敌百虫的72h-LC<sub>50</sub>为基础,采用交互测定法进行配比筛选(谢婷等,2019),设7个浓度梯度及空白对照,共8个处理组,各处理组的苦参碱和敌百虫比例如表1(以各自LC<sub>50</sub>为100%,按照各自比例分别计算其对应的含量)所示。试验方法同1.2,浸浴72h后统计杀虫率,并计算苦参碱与敌百虫的毒效比。其计算公式如下:

$$\text{预期杀虫率} = \text{A农药LC}_{50}\text{实际杀虫率} \times \text{A农药所占比例} + \text{B农药LC}_{50}\text{实际杀虫率} \times \text{B农药所占比例}$$

$$\text{毒效比} = \text{实际杀虫率} / \text{预期杀虫率}$$

评判标准:毒效比>1.25为增效作用,毒效比<0.75为拮抗作用,0.75≤毒效比≤1.25为相加作用(董文阳等,2019)。

表1 苦参碱—敌百虫复合制剂中各单剂所占比例(%)  
Table 1 Proportion of each agent in the compound pesticides of matrine and dipterex(%)

试验药物 Test drug	处理组 Test group							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2.0%苦参碱 2.0% matrine	100	80	60	50	40	20	0	0
90%敌百虫 90% dipterex	0	20	40	50	60	80	100	0

1.3.2 苦参碱与敌百虫增效组合的共毒系数测定 选择毒效比大于1.25的增效组合配比,测定苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼三代虫的联合驱杀作用,试验方法同1.2,统计杀虫率,并计算苦参碱—敌百虫复合制剂的LC<sub>50</sub>及共毒系数(CTC)。以敌百虫为标准药剂,通过CTC评判联合药物的毒力,评判标准为:CTC<80为拮抗作用,80≤CTC<120为相加作用,120≤CTC<200为增效作用,CTC≥200为显著增效作用。其计算公式如下:

$$\text{实际毒力指数(ATI)} = \text{标准药剂的LC}_{50} / \text{混合药剂的LC}_{50} \times 100$$

$$\text{毒力指数(TI)} = \text{标准药剂的LC}_{50} / \text{供试药剂的LC}_{50} \times 100$$

$$\text{理论毒力指数(TTI)} = \sum (\text{供试药剂的TI} \times \text{该药剂在混合药剂中的比例})$$

$$\text{CTC} = \text{ATI} / \text{TTI} \times 100$$

### 1.4 苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼苗种的急性毒性效应与安全评价

参照GB/T 31270.12—2014《化学农药环境安全评价试验准则 第12部:鱼类急性毒性试验》,采用静态试验法测定苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼苗种的急性毒性效应。在预试验的基础上,按等对数间距设6个浓度梯度,分别为12.5、16.0、20.1、25.0、31.5和40.0 mg/L,每个浓度设3个平行和空白对照组,每个试验组15尾罗非鱼。试验期间不间断充气增氧,水温控制在26~27℃,浸浴96h,观察并记录浸浴24、48、72和96h时的罗非鱼死亡数,统计死亡率,计算其LC<sub>50</sub>和安全浓度(Safe concentrations, SC),并利用药物毒性蓄积程度系数(Accumulation coefficient, MAC)分析罗非鱼体内苦参碱—敌百虫复合制剂的蓄积及降减变化(罗鸣钟等,2018),相关计算公式如下:

$$\text{SC}(\text{mg/L}) = 96 \text{ h-LC}_{50} \times 0.1$$

$$\text{MAC}(\%) = (\text{某观察时段的半数致死浓度差} / \text{最初观察点与试验结束时的半数致死浓度差}) \times 100$$

### 1.5 统计分析

试验数据均采用Excel 2007和SPSS 17.0进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苦参碱和敌百虫对罗非鱼三代虫的毒力

由表2可知,苦参碱对罗非鱼三代虫有较强的杀灭能力,对罗非鱼三代虫的24、48、72h的LC<sub>50</sub>分别为1.305、0.843和0.562 mg/L。由表3可知,敌百虫对罗非鱼三代虫的24、48、72h的LC<sub>50</sub>分别为1.232、0.616和0.396 mg/L,对罗非鱼三代虫72h的杀灭浓度为1.80 mg/L,远高于《新编渔药手册》(2005年版)推荐的敌百虫常规使用最高剂量(0.2~0.5 mg/L),即罗非鱼三代虫对敌百虫存在明显的抗药性。

### 2.2 苦参碱与敌百虫配比的筛选结果

以苦参碱和敌百虫对罗非鱼三代虫的72h-LC<sub>50</sub>为100%,采用交互测定法进行不同配比(M:D)的筛选,处理设计及试验结果详见表4。由表4可知,在苦参碱与敌百虫不同配比中,对罗非鱼三代虫杀灭效果优于各单剂的处理组有60%:40%、50%:50%和40%:60%,且实际杀虫率高于预期杀虫率。其中,以50%:50%处理组的毒效比最高,为1.54,表现出较明显的增效作用;60%:40%和40%:60%处理组的毒效比分别为1.23和1.24,增效作用较弱。

表 2 苦参碱对罗非鱼三代虫的杀灭效果

Table 2 The lethality rate of matrine to *Gyrodactylus* of tilapia

药物浓度(mg/L) Durg concentration	杀虫率(%) Insecticidal rate		
	浸浴24 h Immersion bath for 24 h	浸浴48 h Immersion bath for 48 h	浸浴72 h Immersion bath for 72 h
0.32	13.27±1.65	18.87±1.52	23.47±2.10
0.42	20.07±1.80	25.93±1.72	38.00±1.31
0.56	28.30±1.87	34.13±2.00	48.77±1.45
0.75	36.67±2.05	45.10±1.70	65.10±1.57
1.00	42.73±2.55	58.03±1.78	77.13±1.72
2.00	60.43±4.17	78.40±2.91	91.47±1.10
空白对照 Blank control	0	0	0
概率单位回归方程 Probit regression	$y=1.669x-0.193$	$y=2.134x+0.158$	$y=2.691x+0.675$
相关系数 $R^2$	0.989	0.999	0.995
LC <sub>50</sub> (mg/L)	1.305	0.843	0.562
95%置信限(mg/L) 95% confidence interval	1.171~1.488	0.788~0.906	0.530~0.593

y: 死亡率—概率单位; x: 药物浓度对数。表3、表5和表6同

y: The unit of mortality-probability; x: The logarithm of drug concentration. The same was applied in Table 3, Table 5 and Table 6

表 3 敌百虫对罗非鱼三代虫的杀灭效果

Table 3 The lethality rate of dipterex to *Gyrodactylus* of tilapia

药物浓度(mg/L) Durg concentration	杀虫率(%) Insecticidal rate		
	浸浴24 h Immersion bath for 24 h	浸浴48 h Immersion bath for 48 h	浸浴72 h Immersion bath for 72 h
0.21	7.83±1.55	15.20±1.46	18.13±1.32
0.32	14.86±1.34	28.27±2.56	36.73±1.16
0.49	25.10±2.55	38.50±4.95	59.43±0.71
0.75	36.17±3.05	56.07±2.70	84.47±1.71
1.15	446.07±2.70	75.10±2.26	94.73±1.07
1.80	61.77±3.53	84.57±2.27	100.00±0.00
空白对照 Blank control	0	0	0
概率单位回归方程 Probit regression	$y=1.781x-0.161$	$y=2.218x+0.467$	$y=3.585x+1.441$
相关系数 $R^2$	0.995	0.958	0.977
LC <sub>50</sub> (mg/L)	1.232	0.616	0.396
95%置信限(mg/L) 95% confidence interval	1.116~1.382	0.576~0.658	0.377~0.415

表 4 苦参碱与敌百虫不同配比的筛选结果

Table 4 Selection results of different proportions of matrine and dipterex on *Gyrodactylus* of tilapia

处理组 Treatment group	配比 (M:D) Proportion	药物浓度(mg/L) Pesticide concentration		实际杀虫率(%) Observed insecticidal rate	预期杀虫率(%) Predicted insecticidal rate	毒效比 Toxicity- efficacy ratio
		苦参碱 Matrine	敌百虫 Dipterex			
1	100%:0	0.56	0	48.65±2.25		
2	80%:20%	0.45	0.08	47.03±1.25	48.98	0.96
3	60%:40%	0.34	0.16	60.47±2.22	49.32	1.23
4	50%:50%	0.28	0.20	76.13±2.15	49.49	1.54
5	40%:60%	0.22	0.24	61.33±2.47	49.65	1.24
6	20%:80%	0.11	0.32	47.10±3.56	49.99	0.94
7	0:100%	0	0.40	50.33±3.19		
空白对照 Blank control	0:0	0	0	0		

### 2.3 苦参碱与敌百虫配伍对罗非鱼三代虫的联合毒力

选择苦参碱与敌百虫配伍具有明显增效作用的配比(0.28 mg/L 2.0%苦参碱+0.20 mg/L 90%敌百虫,即质量比7:5)进行复合制剂的联合毒力测试,并计算CTC,以明确苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼三代虫的联合毒力。由表5可知,苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼三代虫的24、48、72 h的LC<sub>50</sub>分别

为0.433、0.353和0.232 mg/L,对应的CTC分别为294.12、207.02和206.22,均大于120,表明苦参碱与敌百虫按质量比7:5配伍对罗非鱼三代虫有明显的增效作用,且杀虫效果与作用时间和药物浓度成正比。苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼三代虫48 h的杀灭浓度为0.63 mg/L,72 h的杀灭浓度为0.50 mg/L,且在杀虫率达100.00%的72 h最高试验浓度下(0.63 mg/L)罗非鱼苗种均未出现死亡。

表 5 苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)对罗非鱼三代虫的杀灭效果

Table 5 Lethality of the mixture of matrine-dipterex at the mass ratio of 7:5 on *Gyrodactylus* of tilapia

药物浓度(mg/L) Durg concentration	杀虫率(%) Insecticidal rate		
	浸浴24 h Immersion bath for 24 h	浸浴48 h Immersion bath for 48 h	浸浴72 h Immersion bath for 72 h
0.20	11.7±1.56	16.27±2.05	31.70±2.10
0.25	18.23±1.37	29.33±1.85	60.83±1.82
0.32	31.17±1.56	43.07±3.30	84.33±2.15
0.40	43.17±1.76	57.43±1.65	96.4±1.57
0.50	58.73±3.15	72.57±2.55	100.00±0.00
0.63	74.53±2.25	100.00±0.00	100.00±0.00
空白对照组 Blank control	0	0	0
概率单位回归方程 Probit regression	$y=3.766x+1.370$	$y=3.882x+1.755$	$y=7.663x+4.869$
相关系数 $R^2$	0.999	0.997	0.969
LC <sub>50</sub> (mg/L)	0.433	0.353	0.232
95%置信限(mg/L) 95% confidence interval	0.416~0.452	0.339~0.369	0.225~0.238
ATI	284.53	174.5	170.69
TTI	96.74	84.29	82.77
CTC	294.12	207.02	206.22

2.4 苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼苗种的急性毒性效应

由表6可知,苦参碱—敌百虫复合制剂对罗非鱼苗种的LC<sub>50</sub>随浸泡时间的延长而下降,其24、48、72、96 h的LC<sub>50</sub>分别为28.410、24.494、19.982和17.265 mg/L,SC为1.727 mg/L。罗非鱼苗种对苦参碱—敌百虫复合制剂的MAC在24~72 h期间随浸浴时间的延长而升高,且在48~72 h期间出现最大值(40.485%),在72~96 h期间下降较明显,但均大于0。

3 讨论

苦参碱类植物源杀虫剂具有选择性强、低毒、低残留及广谱杀虫抗菌活性的特点,对寄生虫中枢神经系统产生麻痹作用或毒杀作用,且具有独特的作用位点和方式,不易与其他杀虫剂产生交叉耐药性,也不易诱导寄生虫产生抗药性,可长期使用,在农业生产上已得到广泛应用(蔡伟,2012)。近年来,应用植物源杀虫剂防治寄生性鱼病的研究已取得一定进展,如0.1 g/L的槟榔和乌梅水提物对各阶段小瓜虫均有杀灭效果,1.0 g/L的大黄和黄芩水提物则能杀灭小瓜虫成虫和包囊(鈕超等,2010);10 mg/L的苦参提取物对草鱼车轮虫24 h的杀虫率达100%(田海军和刘彦鹏,2011);100 mg/L的黄花烟草提取物

对金鱼鳃上指环虫48 h的杀虫率达90%(王高学等,2011);200、40和100 mg/L的肉桂、乌药、土荆皮提取物对金鱼指环虫的杀虫率达100%(暨杰,2013);8 mg/L的黄柏、茯苓等复方中药药液对锦鲤鳃上指环虫24 h的杀虫率达100%(田海军等,2013);但有关中药类杀虫剂对鱼类三代虫病的研究与应用鲜见报道。本研究通过对罗非鱼三代虫进行药物浸浴试验,结果表明苦参碱浸浴能有效杀灭罗非鱼体表上的三代虫,进一步佐证苦参碱防治鱼类三代虫病的可能性。

至今,关于植物源杀虫剂苦参碱与其他活性成分杀虫剂联用的研究已有较多报道。苦参碱与阿维菌素按质量比24:1复配具有明显的增效作用,对菜青虫和朱砂叶螨的TI分别为苦参碱单剂的47和210倍,且CTC均大于150(葛红等,2006);苦参碱与多杀霉素复配防治草莓蓟马增效作用明显,按1:2比例混配时CTC达145.51(吉沐祥等,2013);苦参碱与印楝素复配的增效作用明显提高,对防治赤拟谷盗和玉米象的最佳杀虫配比为3:2,96 h的CTC达154.85(周剑晖,2015)。本研究以苦参碱与敌百虫配伍,在测定苦参碱和敌百虫单剂对罗非鱼三代虫的毒力基础上,探究苦参碱与敌百虫复配对罗非鱼三代虫的联合毒力,结果表明,苦参碱与敌百虫对防治罗非鱼三

表 6 苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)对罗非鱼苗种的急性毒性特征分析结果

Table 6 Analysis of acute toxicity characters of the mixture of matrine-dipterex at the mass ratio of 7:5 on juvenile tilapia

试验指标 Test index	浸浴24 h Immersion bath for 24 h	浸浴48 h Immersion bath for 48 h	浸浴72 h Immersion bath for 72 h	浸浴96 h Immersion bath for 96 h
概率单位回归方程 Probit regression	$y=7.841x-11.397$	$y=9.272x-12.880$	$y=7.917x-10.297$	$y=7.940x-9.823$
相关系数 $R^2$	0.993	0.996	0.992	0.999
LC <sub>50</sub> (mg/L)	28.410	24.494	19.982	17.265
95%置信限(mg/L) 95% confidence interval	26.789~30.276	23.239~25.844	18.830~21.166	16.195~18.308
MAC(%)		35.137	40.485	24.379
SC(mg/L)			1.727	

代虫具有协同促进作用,2.0%苦参碱与90%敌百虫按质量比7:5配伍时,其毒效比为1.54,CTC均大于200,增效作用显著。说明植物源杀虫剂苦参碱与有机磷杀虫剂敌百虫配伍使用可有效提高杀虫效果,从而减少有机磷杀虫剂的使用剂量,降低寄生虫抗药性,对防治水产病虫害及保护水域环境具有重要意义。

根据GB/T 31270—2014《化学农药环境安全评价试验准则》发布的毒性分级标准:96 h-LC<sub>50</sub>≤0.1 mg/L为剧毒,0.1 mg/L<96 h-LC<sub>50</sub>≤1.0 mg/L为高毒,1.0 mg/L<96 h-LC<sub>50</sub>≤10.0 mg/L为中毒,96 h-LC<sub>50</sub>>10.0 mg/L为低毒。本研究结果表明,苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)对罗非鱼苗种的96 h-LC<sub>50</sub>为17.265 mg/L,属于低毒级药物制剂。在不考虑药物制剂在水体中的自然降解时,生物体对药物制剂的蓄积与降减动态主要采用MAC来表示(王志铮等,2007),MAC越大,说明毒效蓄积幅度越大,生物体抗毒能力下降,MAC>0时,即蓄积作用强度大于降减作用。本研究通过分析罗非鱼苗种对苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)的MAC,发现其在48~72 h期间达最大值(40.485%),表明在72 h的时间段内药物毒性在罗非鱼苗种体内的蓄积作用较强,蓄积强度远大于降减作用;在72~96 h期间则明显下降,MAC仅为48~72 h最高点的60.22%,是24~48 h的69.38%,说明此时罗非鱼苗种对苦参碱—敌百虫复合制剂(质量比7:5)的毒效降解能力较强,药物毒性的蓄积速度下降。因此,在探讨药物毒性效应及分析药物毒性蓄积变化时,还应充分考虑药物自然降解程度及时效的多重影响。

## 4 结论

植物源杀虫剂苦参碱对鱼类三代虫有良好的杀虫活性及较低的鱼类毒性,尤其与敌百虫配伍表现出明显的协同增效作用,既提高药效,又降低驱虫药物的使用剂量和用药成本,且能克服单剂药物易产生抗药性的问题,可在水产养殖生产上推广应用。

### 参考文献:

蔡伟. 2012. 植物源农药苦参生物杀虫剂的研究进展[J]. 农业科技与信息, (19): 51-53. [Cai W. 2012. Research progress of the botanical pesticide sophora flavescens[J]. Agricultural Science-Technology and Information, (19): 51-53.]

陈爱平, 江育林, 钱冬, 陈昌福, 李安兴, 黄捷, 杨冰. 2011. 三代虫病[J]. 中国水产, (9): 53-54. [Chen A P, Jiang Y L, Qian D, Chen C F, Li A X, Huang J, Yang B. 2011. Gyrodactyliasis[J]. China Fisheries, (9): 53-54.]

陈涛. 2018. 鱼类三代虫生物学和分类学研究进展[J]. 水产科学, 37(5): 707-713. [Chen T. 2018. Research progress of biology and taxonomy on parasite *Gyrodactylus* in fish [J]. Fisheries Science, 37(5): 707-713.]

鉏超, 张其中, 罗芬. 2010. 20种中草药杀灭离体小瓜虫的药效研究[J]. 淡水渔业, 40(1): 55-60. [Chu C, Zhang Q Z, Luo F. 2010. Effect of twenty Chinese herbalm edicines on killing trophonts, cysts and theronts of *Ichthyophthirius multifiliis* in vitro [J]. Freshwater Fisheries, 40(1): 55-60.]

董文阳, 王超杰, 桑梦科, 苏栩, 陈爽, 朱振西, 陈锡岭, 张百重. 2019. 阿维菌素与3种化学杀虫剂复配对麦二叉蚜的联合毒力[J]. 植物保护, 45(2): 218-223. [Dong W Y, Wang C J, Sang M K, Su X, Chen S, Zhu Z X, Chen X L, Zhang B Z. 2019. Co-toxicity of abamectin with three chemical insecticides against *Schizaphis graminum* on wheat [J]. Plant Protection, 45(2): 218-223.]

葛红, 顾国华, 韩娟, 季桦, 薛爱芳. 2006. 阿维菌素·苦参碱复配剂对菜青虫的室内毒力测定及田间防效研究[J]. 天津农学院学报, 13(4): 10-12. [Ge H, Gu G H, Han J, Ji H, Xue A F. 2006. Study on toxicity determination and control effect of mixture of abamectin and matrine on *Pieris rapae* [J]. Journal of Tianjin Agricultural University, 13(4): 10-12.]

吉沐祥, 吴祥, 肖婷, 姚克兵, 杨敬辉, 李保同. 2013. 多杀霉素与苦参碱复配对草莓蓟马的毒力测定与田间防效[J]. 江苏农业科学, 41(7): 101-103. [Ji M X, Wu X, Xiao T, Yao K B, Yang J H, Li B T. 2013. Toxicity test and field control effect of spinosad mixed with matrine on *Frankliniella intonsa* (Trybom) [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 41(7): 101-103.]

暨杰. 2013. 土荆皮杀灭鱼类指环虫活性成分的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学. [Ji J. 2013. Study on active constituents from *Pseudolarix kaempferi* against *Dactylogyrus* infecting fish [D]. Yangling: Northwest A & F University.]

李冉冉, 李文祥, 吴旭东, 王桂堂. 2014. 金鱼寄生三代虫的形态学及基于rDNA ITS序列的分子鉴定[J]. 水生生物学报, 38(5): 903-909. [Li R R, Li W X, Wu X D, Wang G T. 2014. Identification of gyrodactylus species in goldfish (*Carassius auratus*) through morphological study and the analysis of the rDNA ITS sequence [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 38(5): 903-909.]

林岗, 谢冰, 王晓华. 2004. 丙硫咪唑对金鱼秀丽三代虫的防治[J]. 福建畜牧兽医, 26(1): 10-11. [Lin G, Xie B, Wang X H. 2004. Preventive and therapeutic effect of *Gyrodactylidac elegans* Nordmann to albendazole of goldfish [J]. Fujian Journal of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 26(1): 10-11.]

林学明. 2005. 金鱼顽固性指环虫和三代虫病的防治[J]. 福建农业科技, (2): 54-55. [Lin X M. 2005. Prevention and cure of intractable dactylogyrus and gyrodactyliasis of goldfish [J]. Fujian Agricultural Science and Technology, (2): 54-55.]

刘澧津, 李家成, 江丙石, 韩占江. 1991. 虹鳟三代虫病治疗药物的筛选[J]. 河北渔业, (4): 9-11. [Liu F J, Li J C, Jiang B S, Han Z J. 1991. Screen of therapeutic drugs for gyrodactyliasis of *Oncorhynchus mykiss* [J]. Hebei Fish-

- ries, (4):9-11.]
- 罗鸣钟, 杨曼琦, 郭坤, 阮国良, 杨代勤. 2018. 4种有机磷农药对黄鳝幼鱼的急性毒性研究[J]. 淡水渔业, 48(5):66-72. [Luo M Z, Yang M Y, Guo K, Ruan G L, Yang D Q. 2018. Acute toxicity of four organophosphorus pesticides to juvenile *Monopterus albus*[J]. Freshwater Fisheries, 48(5):66-72.]
- 任景坤, 弓飞龙, 黄元华. 2006. 三代虫、指环虫病几种治疗药物分析[J]. 科学养鱼, (6):52-53. [Ren J K, Gong F L, Huang Y H. 2006. Analysis of several therapeutic drugs to gyrodactyliasis and dactylogyrus[J]. Scientific Fish Farming, (6):52-53.]
- 田海军, 林伟, 彭新亮. 2013. 复方中草药防治锦鲤指环虫病初探[J]. 水产科技情报, 40(2):82-85. [Tian H J, Lin W, Peng X L. 2013. Prevention and cure effect of Chinese herb compound to dactylogyrus disease of fish[J]. Fisheries Science & Technology Information, 40(2):82-85.]
- 田海军, 刘彦鹏. 2011. 苦参提取物对草鱼车轮虫病的防治研究[J]. 江西水产科技, (2):42-44. [Tian H J, Liu Y P. 2011. Prevention and cure reserach of *Sophora flavescens* extract to trichodinids of grass carp[J]. Fisheries Science and Technology of Jiangxi, (2):42-44.]
- 涂笑. 2019. 牛蒡子苷元作用鱼类单殖吸虫靶标及机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学. [Tu X. 2019. Study on the molecular targets and mechanism of arctigenin against fish monogeneans[D]. Yangling: Northwest A & F University.]
- 王高学, 赵奎奎, 申烨华, 郑伟, 袁明, 陈俏. 2011. 25种植物提取物杀灭鱼类指环虫活性研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 41(1):73-76. [Wang G X, Zhao Y K, Shen Y H, Zheng W, Yuan M, Chen Q. 2011. Study on the activity 25 natural plant extracts killing the dactylogyrus[J]. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 41(1):73-76.]
- 王昭明, 王丙乾, 李建兴, 王新军, 刘刚, 王秀健, 赵恩羽. 1997. 鲑科鱼细鳞鱼三代虫病防治试验例[J]. 水产学杂志, 10(2):28-37. [Wang Z M, Wang B Q, Li J X, Wang X J, Liu G, Wang X J, Zhao E Y. 1997. The experiment on the prevention and cure of the salmonid gyrodactylosis (*Gyrodactylus. Lenoki*)[J]. Chinese Journal of Fisheries, 10(2):28-37.]
- 王志铮, 陈启恒, 付锋勇, 袁桂铮, 杨阳. 2007. 4种常用消毒剂对泥螺和彩虹明樱蛤的急性毒性[J]. 集美大学学报(自然科学版), 12(3):209-216. [Wang Z Z, Chen Q H, Fu F Y, Yuan G Z, Yang Y. 2007. Acute toxic effects of four common disinfectants on *Bullacta exarata* and *Moerella iridescens*[J]. Journal of Jimei University(Natural Science), 12(3):209-216.]
- 吴波, 程杏安, 蒋旭红, 刘展眉. 2019. 苦参碱农用活性及其结构修饰研究进展[J]. 江苏农业科学, 47(8):123-129. [Wu B, Cheng X A, Jiang X H, Liu Z M. 2019. Research progress on agricultural activities and structural modification of matrine[J]. Jingsu Agricultural Sciences, 47(8):123-129.]
- 谢婷, 姜灵, 洪波, 王新谱, 贾彦霞. 2019. 球孢白僵菌与苦参碱混配对烟粉虱的毒力与田间防效[J]. 西北农业学报, 18(5):830-836. [Xie T, Jiang L, Hong B, Wang X P, Jia Y X. 2019. Virulence and field control effect of *Beauveria bassiana* mixed with matrine against *Bemisia tabaci* [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 18(5):830-836.]
- 杨婉莉, 赵艺涵, 赵瑞平, 杜芳芳, 王学兵, 张红英. 2018. 甘草酸与苦参碱组方体外抗PRRSV效果的研究[J]. 河南农业大学学报, 52(6):935-942. [Yang W L, Zhao Y H, Zhao R P, Du F F, Wang X B, Zhang H Y. 2018. Efficiency of combination of glycyrrhizic acid and matrine against PRRSV[J]. Journal of Henan Agricultural University, 52(6):935-942.]
- 张超睿, 杨兰松, 龚路军, 王勋伟. 2008. 三代虫病防治方法[J]. 渔业致富指南, (11):54. [Zhang C R, Yang L S, Gong L J, Wang X W. 2008. Prevention and cure method of gyrodactyliasis[J]. Fisheries Guide to Fisheries, (11):54.]
- 周剑晖. 2015. 苦参碱·印楝素应用于储粮害虫可行性研究[D]. 武汉:武汉轻工大学. [Zhou J H. 2015. The research on the feasibility of matrine and azadirachtin against stored-grain insects[D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University.]
- 周顺, 李文祥, 杨宝娟, 张效平, 邹红, 吴山功, 喻运珍, 艾桃山, 王桂堂. 2016. 常用消毒剂次氯酸钠和二氧化氯对小林三代虫的杀灭效果[J]. 水生生物学报, 40(1):97-102. [Zhou S, Li W X, Yang B J, Zhang X P, Zou H, Wu S G, Yu Y Z, Ai T S, Wang G T. 2016. The efficacy of the common disinfectants sodium hypochlorite and chlorine dioxide to control *Gyrodactylus kobayashii*[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 40(1):97-102.]
- 周晓杨, 张其中. 2004. 鱼类三代虫研究进展[J]. 动物学杂志, 39(2):89-93. [Zhou X Y, Zhang Q Z. 2004. Progress of the studies on *Gyrodactylus* parasitizing fishes [J]. Chinese Journal of Zoology, 39(2):89-93.]
- Fridman S, Sinai T, Zilberg D. 2014. Efficacy of garlic based treatments against monogenean parasites infecting the guppy(*Poecilia reticulata*(Peters)) [J]. Veterinary Parasitology, 203(1-2):51-58.
- Kjærstad G, Arnekleiv J V. 2015. Effects of rotenone treatment on lotic invertebrates[J]. International Review of Hydrobiology, 96(1):58-71.
- Levy G, Zilberg D, Paladini G, Fridman S. 2015. Efficacy of ginger-based treatments against infection with *Gyrodactylus turnbulli* in the guppy (*Poecilia reticulata* (Peters)) [J]. Veterinary Parasitology, 209(3-4):235-241.
- Tu X, Ling F, Huang A G, Zhang Q Z, Wang G X. 2013. Anthelmintic efficacy of *Santalum album* (Santalaceae) against monogenean infections in goldfish[J]. Parasitology Research, 112(8):2839-2845.
- Zhou S, Zou H, Wu S G, Wang G T, Marcogliese D J, Li W X. 2017. Effects of goldfish (*Carassius auratus*) population size and body condition on the transmission of *Gyrodactylus kobayashii* (Monogenea) [J]. Parasitology, 144(9):1221-1228.