

文章编号: 1674-5566(2014)06-0890-07

泽漆水浸液及茶皂素浸提液对浮萍的抑制效果

张乐婷¹, 张饮江^{1,2}, 张曼曼¹, 金晶¹, 陈晓君¹, 段婷¹, 王芳¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 水域环境生态上海高校工程研究中心, 上海 201306)

摘要: 通过对浮萍表面生长状态的观察记录以及对其抗氧化酶、丙二醛含量的测定, 研究泽漆水浸液对浮萍 (*Lemna minor* L.) 的抑制活性, 并探索利用茶皂素作为浸提辅助剂, 检测是否提高泽漆对浮萍的抑制作用。结果表明: 低浓度泽漆水浸液 (0.001、0.003、0.005 g/mL) 胁迫下, 浮萍部分抗氧化酶系统遭受破坏, 过氧化氢酶、过氧化物酶活性下降, 超氧化物歧化酶活性先升高后降低, 未出现明显表面受伤症状; 高浓度泽漆水浸液 (0.01、0.015、0.02 g/mL) 胁迫 36 h, 90% ~ 100% 个体受伤严重甚至死亡, 受伤个体、程度与浓度、时间成正比, 茶皂素助浸液胁迫 36 h 时, 出现明显受伤症状的个体数 ≤ 10%。茶皂素作为浸提辅助剂所得泽漆浸提液没有加强对浮萍的抑制作用, 反而减弱了这种作用。泽漆水浸液对浮萍有明显的抑制作用, 今后可进一步分析泽漆水浸液和其茶皂素助浸液之间化学成分种类和含量的差异, 这有助于抑制浮萍有效成分的鉴定。

研究亮点: 本研究发现泽漆水浸液对浮萍有明显抑制作用。当茶皂素作为泽漆浸提辅助剂, 并没有增强对浮萍的抑制作用, 相反抑制强度小于不加茶皂素组, 分析泽漆水浸液和其茶皂素助浸液之间化学成分种类和含量的差异, 有助于泽漆中抑制浮萍的有效成分的鉴定。

关键词: 浮萍; 泽漆; 茶皂素; 浸提; 抗氧化酶

中图分类号: X 171

文献标志码: A

浮萍科 (*Lemnaceae*) 植物过度繁殖与生长会对水生生态系统造成负面影响, 同时造成水上运输物理障碍, 影响美观, 必须有效治理。目前浮萍爆发的控制以物理打捞和化学除草剂为主。通过人工或机械对浮萍的物理去除是一种快速、直接、无污染的方式, 但只是对浮萍爆发的一种后期缓冲途径, 浮萍极易扩散的特性使其不能够被彻底清除, 残留浮萍会因有了更广阔的生存空间, 在营养充足、光温理化因子适宜时加速生长繁殖, 很快又会再次爆发。化学除草剂具残留毒性, 缺乏药效专一性^[1], 且长期单一化使用具抗性风险^[2], 亟待研发有效抑制浮萍的生物源除草剂。

泽漆 (*Euphorbia helioscopia* L.), 又称猫眼儿草、五朵云、五凤草, 是大戟科 (*Euphorbiaceae*) 大戟属二年或一年生草本植物, 分布于除新疆、西

藏以外的全国各地。泽漆含有萜类、黄酮类、多酚类、氨基酸类和油脂类等化合物。目前关于其抑菌、杀虫、抗癌等药理作用的研究较多^[3]。另有研究认为泽漆全草水浸液对小麦幼苗^[4]、蔬菜幼苗^[5]、杂草种子^[6]均具有明显的抑制作用; 泽漆不同器官水提取物对作物具有不同程度的抑制作用^[7]。目前尚没有泽漆农用生物活性化学成分定性定量分析相关研究。

浸提辅助剂是指为了提高浸提效能, 增加浸提成分的溶解度, 增加制品的稳定性及除去或减少某些杂质的目的, 在浸提溶剂中添加的某些物质。常用的浸提辅助剂有酸、碱、甘油及表面活性剂等^[8]。茶皂素是从山茶科植物种子或者其种子经榨油后的产物中提取出来的一种糖甙化合物, 属于三萜类皂角甙, 广泛存在于各种茶类植物中, 其基本结构包括配基、糖体及有机酸^[9],

收稿日期: 2014-04-26 修回日期: 2014-06-10

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (08zx07101-005-02); 国家科技部资助项目 (05ba908b23); 上海市重点学科建设项目 (Y11110; S30701)

作者简介: 张乐婷 (1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水域环境生态修复, E-mail: zltng1@163.com

通信作者: 张饮江, E-mail: yjzhang@shou.edu.cn

是一种天然非离子型表面活性剂,具有很好的表面活性。表面活性剂对植物本身有一定的伤害作用^[10-12],皂素由于其农药生物活性和表面活性作用已被用作农药增效剂^[9]。在对几种杂草水浸液、生物表面活性剂对浮萍抑制作用研究中发现,泽漆水浸液和茶皂素水溶液对浮萍均有明显的抑制作用,鉴于表面活性剂具有浸提辅助剂的功能^[13],而茶皂素是一种生物表面活性剂,为了进一步研究更高效抑制浮萍的生物源药剂,本研究探索利用茶皂素作为泽漆浸提辅助剂,检测是否有助于泽漆药效成分的提取,提高泽漆对浮萍的抑制作用。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

浮萍(*Lemna minor* L.)采自上海后滩湿地公园,洗净、挑选生长良好的植株,实验室自然条件下预培养 2 d。泽漆(*Euphorbia helioscopia* L.)采自上海郊区,全草充分阴干后打碎袋封保存备用。茶皂素购于杭州中野天然植物科技有限公司,活性物含量为 72.9%。

1.2 实验方法

1.2.1 泽漆浸提液的制备

将泽漆全草剪成均匀小段后用小型粉碎机打碎成粉末状,实验处理分三组,各称取 100 g 装入容器内,茶 0 组:加自来水 2 500 mL,茶 1 组:加 0.2 g/L 茶皂素水溶液 2 500 mL,茶 2 组:加 0.5 g/L 茶皂素水溶液 2 500 mL,间隔搅拌浸提 48 h,最后过滤各得 2 000 mL 浸提液,即 0.05 g/mL 浓度的泽漆水浸液过滤,冷藏备用。

1.2.2 实验组设置与浮萍培养

茶 0、茶 1、茶 2 三个实验组,每组 6 个泽漆浓度级,分别为:0、0.001、0.003、0.005、0.010、0.015、0.020 g/mL,另设自来水空白对照,共 19 个处理,各处理设 3 个重复。采用 1 L 低型烧杯,加入 200 mL 过滤后校园湖水作为浮萍生长营养,加不同体积保存备用的 0.05 g/mL 泽漆浸提液母液,曝气自来水稀释至 1 L,使各组泽漆浓度符合设定要求。每个处理放入经清洗、捡选、吸去表面水分的浮萍 1.5 g,实验室自然条件下培养 36 h(温度 25~28 ℃)。

1.2.3 浮萍生长及生化指标测定

观察泽漆胁迫期间浮萍生长状态,记录培养

12 h、24 h、36 h 时各处理浮萍的受伤个体百分比,并按受伤程度分为 I、II、III、IV、V 5 个受伤等级:叶片发黄(I 级);叶片变薄、颜色变浅(II 级);叶片发白、微脱水、半透明(III 级);叶片整体发白,并由牙囊向周围渐变发黑,基本死亡(IV 级);植株死亡,叶片发黑、干枯(V 级)。

培养 36 h 后,除去各处理中死亡个体,用小纱网捞取浮萍,用清水清洗后吸去表面水分,称取 0.5 g,加 5 mL pH 为 7.8 的磷酸缓冲液,冰浴研磨后冷冻离心 20 min,得上清液置于 0~4 ℃ 下保存待用,进行丙二醛(MDA)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、过氧化氢酶(CAT)活性、过氧化氢酶(POD)活性的测定,测定方法参照陈建勋、王晓峰主编的《植物生理学实验指导》^[14]。

1.2.4 数据分析

实验数据为算数平均值±标准差,数据采用 Excel 和 SPSS 进行整理和分析,采用单因素方差分析(one-way ANOVA)并应用 Bonferroni 多重比较对各实验结果进行差异显著性检验和分析,差异显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 泽漆水浸液对浮萍生长的影响

培养期间,茶 0、茶 1、茶 2 处理组与空白对照观察比较,空白对照组浮萍生长状态良好,叶片翠绿,根整齐排列,偶有自然死亡变枯个体,各处理中出现明显受伤症状的个体百分比及受伤害程度见表 1。不同组相同浓度处理下浮萍受伤害程度不同,随胁迫时间的延长受伤个体增加、受伤程度加深。茶 0、茶 1、茶 2 三个处理组低浓度(0.001、0.003 g/mL)泽漆胁迫下均未出现明显受伤植株,但相比空白处理叶片发黄(I 级)。泽漆浓度大于等于 0.005 g/mL 时,3 个处理组均出现明显受伤植株,且随浓度的增加受伤个体增多。茶 1、茶 2 处理组各处理均出现少数严重受伤浮萍,受伤个体数低于 10%,植株死亡,叶片发黑、干枯(V 级),其余未受伤植株与低浓度处理相同,除不及空白对照组颜色翠绿外,无明显受伤症状;茶 0 组泽漆浸提液对浮萍的抑制效果明显且均匀,出现明显受伤症状的个体百分比为 90%~100%。图 1 为 36 h 时各组浮萍死亡率,图版为茶 0 组 0.01、0.015、0.02 g/mL 浓度下 12、24、36 h 时浮萍受伤症状。

表 1 泽漆胁迫下浮萍受伤个体百分比及受伤症状表现

Tab.1 Effects of *Euphorbia helioscopia* L. aqueous extract on percentage of injured individuals and the symptoms of damage of *Lemna minor* L.

组别	时间/h	泽漆浓度/(g/mL)					
		0.001	0.003	0.005	0.01	0.015	0.02
茶 0	12	(I)	(I)	(I)	50% (II)	97% (II)	100% (II)
	24	(I)	(I)	(I)	75% (II)	100% (III)	100% (III)
	36	(I)	(I)	5% (II)	90% (IV)	100% (IV)	100% (IV)
茶 1	12	(I)	(I)	(I)	(I)	2% (V)	4% (V)
	24	(I)	(I)	1% (V)	2% (V)	3% (V)	4% (V)
	36	(I)	(I)	5% (V)	5% (V)	9% (V)	10% (V)
茶 2	12	(I)	(I)	1% (V)	3% (V)	5% (V)	7% (V)
	24	(I)	(I)	2% (V)	4% (V)	6% (V)	9% (V)
	36	(I)	(I)	4% (V)	5% (V)	7% (V)	10% (V)

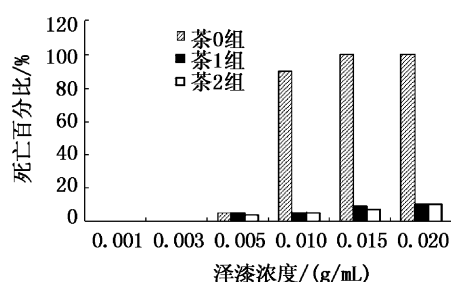


图 1 36 h 时茶 0、茶 1、茶 2 组不同泽漆浓度下浮萍死亡率

Fig.1 The plant mortality of *Lemna minor* L. in the three different groups under 36 h stress of *Euphorbia helioscopia* L. aqueous extract

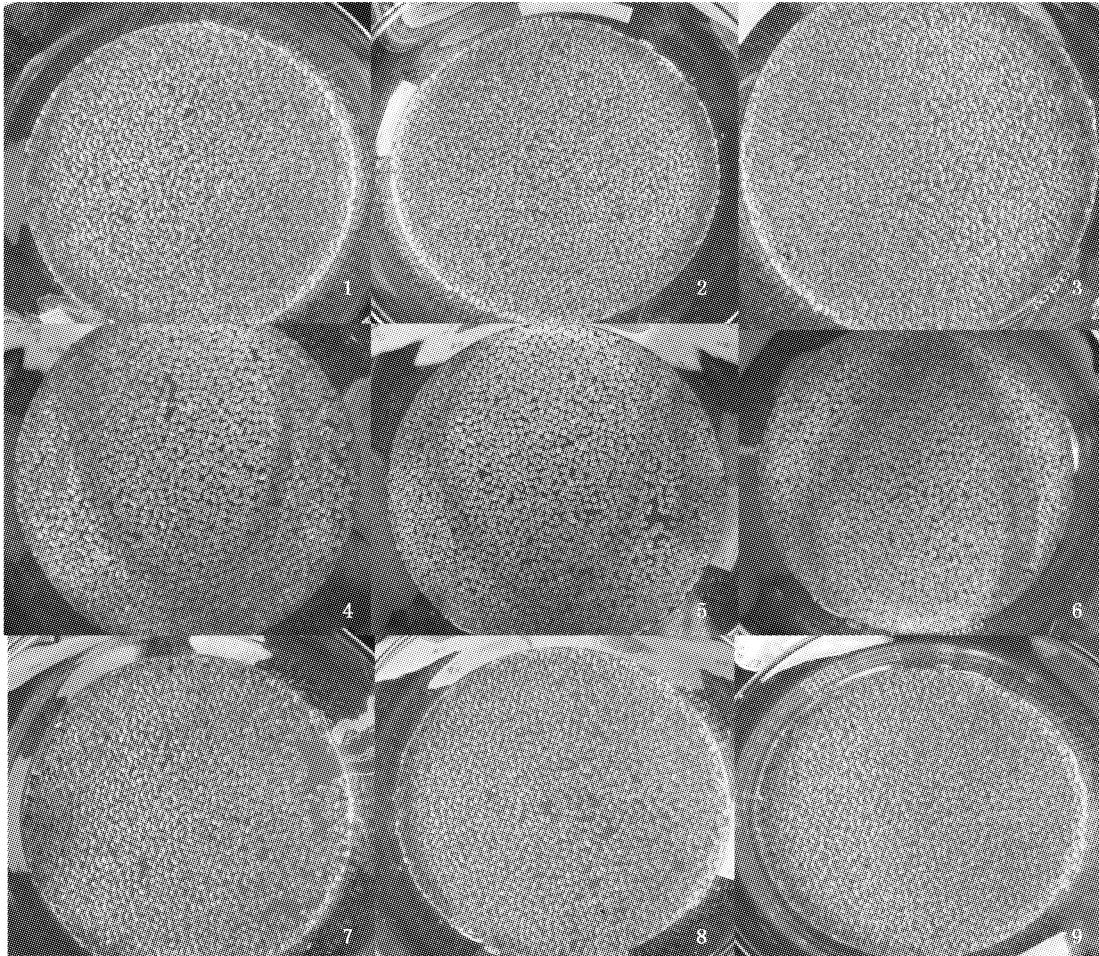
2.2 泽漆水浸液对浮萍抗氧化酶系统的影响

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)是植物防御膜脂过氧化的内源保护酶系,一定胁迫下植物产生大量自由基,抗氧化酶活性提高,抗氧化系统得到增强,但当细胞受氧化胁迫程度超过细胞正常调节能力时,生理代谢紊乱,抗氧化酶活性反而受到抑制下降。不同浓度泽漆水浸液及不同含量茶皂素浸液对浮萍 SOD、POD 和 CAT 酶活性的影响不一致。0.01、0.015、0.02 g/mL 高浓度泽漆浸提液胁迫时浮萍受伤严重,死亡植株较多,无法测定生化指标。图 2 为茶 0、茶 1、茶 2 各组中 0.001、0.003、0.005 g/mL 浓度泽漆浸提液时对浮萍 CAT 酶(a)、POD 酶(b)以及 SOD 酶(c)活性的影响。

如图 2(a),泽漆浸提液对浮萍 CAT 酶活性

的影响:茶 0、茶 1、茶 2 组不同浓度泽漆浸提液对浮萍 CAT 酶活性的影响均显著($P < 0.05$)。茶 0 组 CAT 酶活性 0.003、0.005 g/mL 浓度时明显低于空白对照,可能此浓度泽漆浸提液胁迫下浮萍 CAT 酶系统已受到伤害,超过了自我调节能力;茶 2 组浮萍 CAT 酶活性高于他两组,随泽漆浓度的增加呈先升高后降低趋势,0.001、0.003 g/mL 浓度时酶活均高于空白组,0.005 g/mL 时低于空白组,可能前者胁迫程度在 CAT 酶系统调节范围内,后者超出了 CAT 酶系统的调节能力,酶系统已受到破坏;茶 1 组各浓度处理下浮萍 CAT 酶活性变化没有其他两组明显,且各处理 CAT 酶活性均略高于空白组,可能茶 1 组浮萍受到了轻微的胁迫,程度不如茶 0、茶 2 组,且受胁迫程度均在 CAT 酶系统的自我调节范围内。

如图 2(b)泽漆浸提液对浮萍 POD 酶活性的影响:茶 0、茶 1、茶 2 组不同浓度泽漆浸提液对浮萍 POD 酶活性的影响均显著($P < 0.05$)。茶 0 和茶 2 组浮萍 POD 酶活性随泽漆浓度的升高总体呈降低趋势,说明茶 0、茶 2 组低浓度泽漆浸提液已经对浮萍造成不可逆的胁迫,POD 酶系统已受到伤害,高浓度泽漆浸提液时茶 0 组浮萍 POD 活性低于茶 2 组,说明茶 0 组浮萍受胁迫程度大于茶 2 组;茶 1 组在 0、0.001、0.003 g/mL 浓度时,POD 酶活逐渐升高,0.005 g/mL 时 POD 酶活降低且低于空白对照,可能 0.001、0.003 g/mL 浓度时胁迫程度在 CAT 酶系统调节范围内,0.005 g/mL 时超出了 CAT 酶系统的调节能力,酶系统已受到破坏。



图版 茶 0 组浮萍受伤症状变化

Plate Injury symptoms of *Lemna minor* L. in the zero tea saponin group

1. (12 h)0.01 g DW/mL; 2. (12 h)0.015 g DW/mL; 3. (12 h)0.02 g DW/mL; 4. (24 h)0.01 g DW/mL; 5. (24 h)0.015 g DW/mL; 6. (24 h)0.02 g DW/mL; 7. (36 h)0.01 g DW/mL; 8. (36 h)0.015 g DW/mL; 9. (36 h)0.02 g DW/mL

如图 2(c), 泽漆浸提液对浮萍 SOD 酶活性的影响: 茶 0、茶 1、茶 2 组不同浓度泽漆浸提液对浮萍 SOD 酶活性的影响均显著 ($P < 0.05$)。茶 0、茶 1、茶 2 处理组都随泽漆浸提液浓度的增加呈先升高后降低的趋势, 0.003 g/mL 浓度时 SOD 酶活性达最高, 所有实验组浮萍 SOD 酶活性均高于空白对照, 分析原因, 三组各浓度泽漆胁迫下浮萍都受到胁迫, SOD 酶活性升高, 0.05 g/mL 浓度时各处理酶活降低可能是因为此浓度胁迫已使部分植株超过细胞正常歧化能力, SOD 酶系统遭到损害, SOD 酶活降低, 但也有部分植株 SOD 酶系统仍处于抵抗外界胁迫产生更多 SOD 酶消除自由基的阶段。0.005 g/mL 浓度时茶 0 组浮萍酶活性明显低于茶 1、茶 2 组, 可能 0.05 g/mL 浓度时茶 0 处理组浮萍 SOD 酶系统受伤程度大

于茶 1 和茶 2 处理组。

2.3 泽漆水浸液对浮萍 MDA 含量的影响

在各胁迫下, 植物发生膜脂过氧化反应, 该反应最终产物丙二醛 MDA 含量的升高可以反映膜脂过氧化反应的程度。茶 0、茶 1、茶 2 组不同浓度泽漆浸提液对浮萍 MDA 含量的影响均显著 ($P < 0.05$)。如图 3, 随泽漆浸提液浓度的增加, 茶 0 和茶 2 处理组浮萍 MDA 含量先升高后降低, 0.001 g/mL 浓度时较高, 0.003、0.005 g/mL 浓度时低于空白对照, 可能 0.003、0.005 g/mL 浓度泽漆浸提液胁迫下 SOD 酶的高活性消除了部分自由基, 减少了氧化终产物丙二醛的积累。0.001 g/mL 浓度时三组 MDA 含量茶 0 > 茶 2 > 茶 1, 由上述抗氧化酶系统受胁迫程度的比较, 也可说明此浓度时浮萍受胁迫程度茶 0 > 茶 2 > 茶 1;

0.003、0.005 g/mL 浓度时茶0、茶2组 MDA 含量降低,略低于空白对照,原因可能是测定样品中

的少量浮萍受伤严重已生理性死亡,降低了总样本中的 MDA 含量。

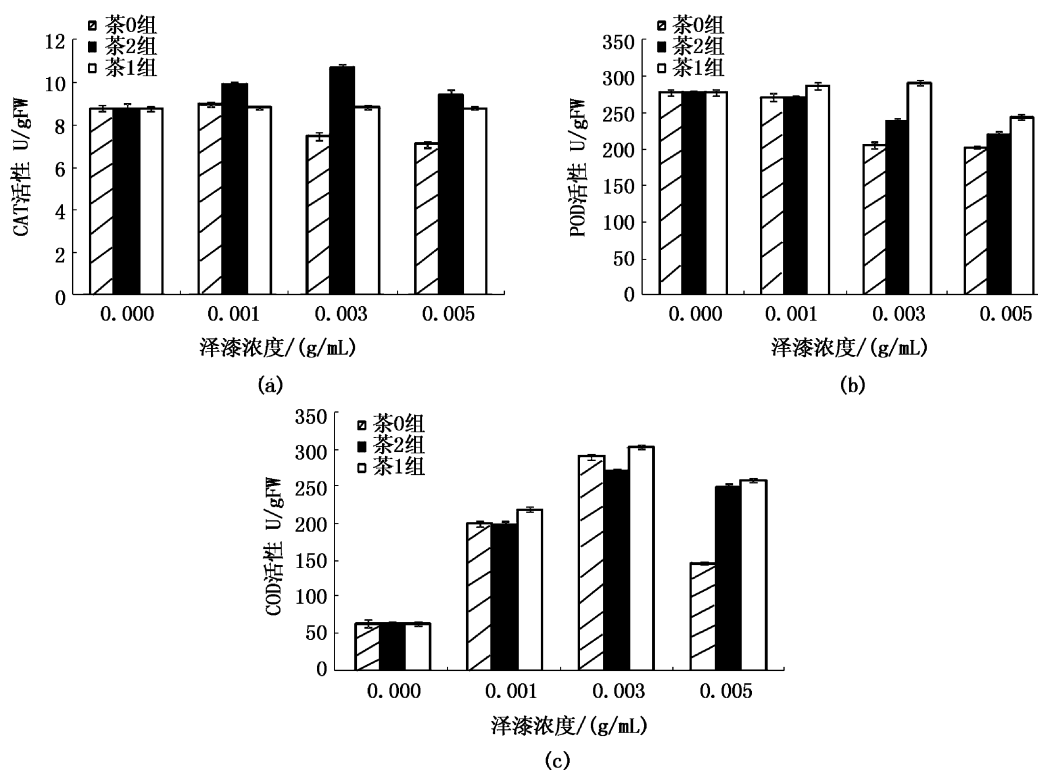


图2 泽漆浸提液对浮萍 CAT 酶(a)、POD 酶(b)、SOD 酶(c)活性的影响

Fig. 2 Effects of *Euphorbia helioscopia* L. aqueous extract on CAT (a), POD (b), SOD (c) activities of *Lemna minor* L.

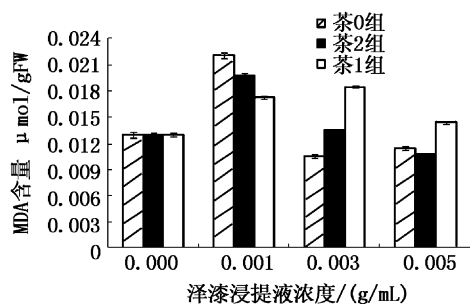


图3 泽漆浸提液对浮萍 MDA 含量的影响

Fig. 3 Effects of *Euphorbia helioscopia* L. aqueous extract on MDA contents of *Lemna minor* L.

3 讨论

植物源除草活性产物与化学除草剂相比具有环境相容性高、自然降解、半衰期短、对非靶标生物相对安全、来源较丰富等优点,从微生物和植物中开发具有农用生物活性的化合物已成为

当前各国研究的一个热点^[15]。开发植物源农药,主要是利用植物体内的次生代谢物质^[16]。植物中次生物质已超过 40 万种,其中约有 1 万种已经鉴定了分子结构,主要是生物碱、萜类和酚类^[17]。由本研究结果可知,低浓度(0.001、0.003、0.005 g/mL)泽漆水浸液胁迫下浮萍虽没有明显的表面受伤症状,但抗氧化酶系统已受到不同程度的影响甚至破坏,而较高浓度(0.01、0.015、0.02 g/mL)胁迫下,浮萍出现发黄、脱水、发白、甚至干枯症状,受伤严重甚至死亡,受伤程度和死亡个体与浓度和时间成正比,胁迫 36 h,90% ~ 100% 个体出现明显受伤症状,说明泽漆水浸液对浮萍的生理及生长有很强的抑制作用。泽漆主要含二萜酯类、黄酮、三萜、甾醇、多酚类、氨基酸及天然油脂类化合物,黄酮类化合物主要包括槲皮素、山奈酚和以槲皮素为苷元的黄酮苷^[18],萜、黄酮、酚酸和甾体等不同结构类型的化合物是对植物

生长调节或除草作用的物质基础^[19]。泽漆浸提液对浮萍抑制机理可能有:泽漆浸提液中具生物活性的次生代谢物质对浮萍的抑制作用;酸性胁迫,茶0处理组不同浓度泽漆浸提液 pH 范围为 4.1~6.4,茶1组为 5.2~6.3,茶2组为 4.9~6.6,均随浓度的增加酸性增强,浮萍对 pH 耐受范围一般为 4~9^[20],本实验浮萍在 0.01、0.015、0.02 g/mL 浓度时已有明显的受伤症状,酸性胁迫不是唯一的胁迫因素。

混合物对生物的毒性效应是复杂的,不仅存在毒物之间的相互作用,还受到生物体、时间、毒性配比、环境条件等因素的影响^[21]。茶皂素是一种弱酸性三萜类皂角苷,具有良好的乳化、分散、发泡、湿润等表面活性功能,在浸提溶剂中加入适当的表面活性剂,能使药材与溶剂间的界面张力降低,使湿度角变小从而增强药材表面润湿性,有利于某些药材成分的提取^[22]。茶皂素作为一种天然环保型农药增效剂在与很多农药混配使用时,均可以表现出很好的增效作用^[9]。理论上,加入茶皂素有助于泽漆化学成分的浸提,本实验结果知,无论是低浓度时浮萍抗氧化酶系统和 MDA 含量的影响,还是高浓度时浮萍表面受伤程度的大小,茶皂素作为浸提辅助剂所得泽漆浸提液没有加强对浮萍的抑制作用,反而减弱了这种作用,对浮萍的抑制作用茶0>茶2>茶1。茶皂素可能与泽漆水浸液中的某种有效物质发生了物理或化学反应,导致抑制浮萍的药效成分含量减少,减弱对浮萍的抑制作用。加入茶皂素的泽漆浸提液对浮萍抑制作用减弱,原因有待深入研究。

由实验结果可得以下结论:(1)泽漆水浸液对浮萍有明显的抑制作用,低浓度引起浮萍抗氧化酶系统抗氧化反应,较高浓度造成抗氧化酶系统的损坏,更高浓度时浮萍受伤严重甚至死亡,经分离纯化后的有效药物成分在经过安全性检测后有望代替化学除草剂控制浮萍暴发。(2)加入茶皂素作为泽漆浸提辅助剂的两组泽漆浸提液并没有增加对浮萍的抑制作用,相反抑制强度远小于不加茶皂素组,今后可分析泽漆水浸液和其茶皂素助浸液之间化学成分种类和含量的差异,这有助于抑制浮萍有效成分的鉴定。

参考文献:

- [1] PAUL E A, SIMONIN H A, SYMULA J, et al. The toxicity of diquat, endothall, and fluridone to the early life stages of fish[J]. *Freshwater Ecology*, 1994, 9(3): 229-239.
- [2] PETERSON H G, BOUTIN C, FREEMARK K E, et al. Toxicity of hexazinone and diquat to green algae, diatoms, cyanobacteria and duckweed [J]. *Aquatic Toxicology*, 1994, 9(3): 229-239.
- [3] 胡小华,李国强,贾晓光,等.泽漆的研究进展[J].*新疆中医药*, 2008, 26(2): 80-81.
- [4] 岳建建,张军林,慕小倩,等.泽漆化感机理的初步研究[J].*西北农业学报*, 2007, 16(5): 246-249.
- [5] 谢桂英,游秀峰,孙淑君,等.泽漆提取液对蔬菜生长的影响[J].*河南科学*, 2009, 27(12): 1544-1545.
- [6] 张红.常见杂草化感除草活性及其作用机理研究[D].兰州:西北师范大学,2007.
- [7] TANVEER A, REHMAN A, JAVAID M M, et al. Allelopathic potential of *euphorbia helioscopia* L. against wheat (*triticum aestivum* L.) chickpea (*cicer arietinum* L.) and lentil (*lens culinaris* medic.) [J]. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 2010(34): 75-81.
- [8] 严永清,余传隆.中药辞海·第二卷[M].北京:中国医药科技出版社,1996.
- [9] 郝卫宁,曾勇,胡美英,等.茶皂素在农药领域的应用研究进展[J].*农药*, 2010, 49(2): 90-93,96.
- [10] 刘红玉,周朴华,杨仁斌,等.阴离子型表面活性剂(LAS)对水生植物生理生化特性的影响[J].*农业环境保护*, 2001, 20(5): 341-344.
- [11] 刘红玉.非离子型表面活性剂 AE 对稀脉浮萍的损伤作用[J].*应用与环境生物学报*, 2001, 7(3): 224-227.
- [12] 宋关玲,马汇泉,张春杨,等.十二烷基苯磺酸钠对西洋菜生长影响的研究[J].*安徽农业科学*, 2009, 37(25): 11945-11947.
- [13] 韩伟,刘曦,班颖,等.表面活性剂辅助提取技术及其应用进展[J].*机电信息*, 2010(26): 12-15.
- [14] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].2版.广州:华南理工大学出版社,2006: 68-74.
- [15] 谢普清,杨剑.植物源除草活性产物研究进展[J].*安徽农业科学*, 2011, 39(17): 10307-10309, 10320.
- [16] 何军,马志卿,张兴,等.植物源农药概述[J].*西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2006, 34(9): 79-85.
- [17] 北京农学院.一种泽漆用于植物杀螨的新用途:中国, CN201110100349.9[P]. 2011-10-12.
- [18] 杨莉,陈海霞,高文远,等.泽漆化学成分及药理作用研究进展[J].*中草药*, 2007, 38(10): 1585-1589.
- [19] 杜春华,马霖,辛凤丽,等.泽漆化感作用、化学成分及农用生物活性的相关性[J].*世界农药*, 2013, 35(1): 46-48,62.

- [20] 种云霄, 胡洪营, 钱易, 等. pH 及无机氮化合物对细脉浮萍生长的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(11): 2293 - 2298.
- [21] 黄河, 姜萍萍. 铜和乙草胺单一及复合污染对浮萍生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(28): 17361 - 17363.
- [22] 张付轩, 孟德阳, 楚中亚, 等. 表面活性剂在中药药剂学中的应用[J]. 中国中医药现代远程教育, 2011, 9(6): 62 - 63.

Study on the inhibitory effect of *Euphorbia helioscopia* L. aqueous extract with and without tea saponin on *Lemna minor* L.

ZHANG Le-ting¹, ZHANG Yin-jiang^{1,2}, ZHANG Man-man¹, JIN Jing¹, CHEN Xiao-jun¹, DUAN Ting¹, WANG Fang¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Engineering Research Center for Water Environment Ecology in Shanghai, Shanghai 201306, China)

Abstract: The study was conducted to determine the inhibition effect of *Euphorbia helioscopia* L. aqueous extract on *Lemna minor* L. through measuring by plant growth and antioxidant enzyme system. A total of 18 treatments were successively divided into 3 experimental groups according to the content of tea saponin added as extraction adjuvants (group 1: no tea saponin, group 2: 0.2 g/L tea saponin, group 3: 0.5 g/L tea saponin). Each group was set up on the six concentration series of *E. helioscopia* aqueous extract as 0.001, 0.003, 0.005, 0.01, 0.015, 0.02 g/mL. A blank control was also set up. The results showed that the injury degree of *L. minor* was directly correlated to the concentration of *E. helioscopia* aqueous extract. The antioxidant enzyme system was affected at low *E. helioscopia* aqueous extract concentrations (0.001, 0.003, 0.005 g/mL). The CAT, POD activity decreased, and SOD activity was reduced after an initial increase while apparent injury symptoms were not observed. *L. minor* was seriously injured apparently at higher concentration (0.01, 0.015, 0.02 g/mL) and 90% - 100% individuals were injured after 36 hours stress. Both the quantity and the injury degree of injured individuals were positively correlated with the concentration of *E. helioscopia* aqueous extract. *L. minor* in groups of *E. helioscopia* tea saponin extract were injured mildly compared with those in the group with only aqueous extracts. A component analysis of *E. helioscopia* extract is necessary to find the differences between group 1, group 2 and group 3, and it will help to identify the active ingredient inhibiting *L. minor*.

Key words: *Lemna minor*; *Euphorbia helioscopia*; tea saponin; extraction; antioxidant enzyme