

农药对红海榄幼苗上藤壶的防治及其生理生态效应^{*}

何斌源^{1,2*} 赖廷和² 王瑁¹ 邱广龙² 郑海雷¹

(¹厦门大学生命科学学院, 福建厦门 361005 ²广西红树林研究中心, 广西 北海 536007)

摘要 设置 4 种施药频度 (3、7、14 和 28 d) 和马拉硫磷 4 种浓度 (分别为原农药浓度 45% 的 1/200、1/400、1/600 和 1/800) 处理, 在初植红海榄 (*Rhizophora stylosa* Griff) 幼苗上开展了 1 年防治藤壶试验。结果表明: 随施药浓度和频度提高, 处理组幼苗上藤壶生物量显著降低, 且所有处理组均显著低于对照组 ($P < 0.001$); 红海榄茎生物量和高度对施药浓度和频度不表现规律性反应; 同一浓度的 28 d 频度处理组幼苗的叶和根生物量及叶面积均低于其他频度处理组; 在同一浓度下, 施药频度越高叶数保持越多; 3、7 和 14 d 频度处理组幼苗死亡率均较低, 仅 0~5%, 28 d 频度处理组死亡率较高, 为 11%~22%, 但对照组死亡率达 39%; 幼苗死亡率与藤壶生物量之间存在显著正相关关系 ($P < 0.001$), 与叶生物量、叶数、根生物量及新生器官生物量存在显著负相关关系 ($P < 0.001$), 与茎高、茎生物量、原繁殖体生物量等相关性不显著; 施用农药造成红海榄幼苗叶绿素总量降低, Chl (a/b) 比值上升, 同时抗氧化酶系 SOD 和 POD 活性增大。建议在平均海平面高程的滩涂上造林, 可采用频度 14 d 浓度 1/800 马拉硫磷喷雾防治藤壶。

关键词 红海榄; 藤壶; 农药防治; 马拉硫磷; 生长特征; 生理生态效应

中图分类号 Q945 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2008)08-1351-06

Prevention of barnacles on planted *Rhizophora stylosa* Griff seedlings with pesticide malathion and related eco-physiological effects. HE Bin-yuan^{1,2}, LAI Ting-he², WANG Mao¹, QIU Guang-long², ZHENG Hai-lei¹ (¹School of Life Sciences Xiamen University, Xiamen 361005 Fujian, China; ²Guangxi Mangrove Research Center, Beihai 536007, Guangxi, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(8): 1351-1356

Abstract A one-year experiment on the prevention of the barnacles on planted *Rhizophora stylosa* Griff seedlings with malathion was conducted at Yingluo bay of Guangxi, China. Four pesticide concentrations (1/200, 1/400, 1/600 and 1/800 seawater solution of the original malathion concentration (45%)) and four spraying frequencies (every 3, 7, 14 and 28 days) were installed. The results showed that with increasing pesticide concentration and spraying frequency, the barnacle biomass on the seedlings decreased significantly, and all the treatments had a significantly lower barnacle biomass than the control ($P < 0.001$). The seedlings stem biomass and height did not have definite patterns of responses to the pesticide concentration and spraying frequency. At the same pesticide concentration, spraying it every 28 days gave the lowest root biomass, leaf biomass and leaf area, and the more the spraying frequency, the more the leaves preserved. Also at the same pesticide concentration, spraying it every 28 days gave the highest mortality (11%~22%) of the seedlings, while spraying every 3, 7 and 14 days only gave 0~5% of the mortality. However, the mortality in control group reached 39%. Statistical analysis indicated that the seedlings mortality had a significant positive correlation with barnacle biomass ($P < 0.001$), significant negative correlations with leaf biomass, leaf number, root biomass, and neonatal biomass ($P < 0.001$), but no significant correlations with seedlings stem height, stem biomass, and remained propagule biomass. Spraying malathion decreased the seedlings leaf chlorophyll content, but increased the leaf Chl (a/b) ratios and SOD and POD activities. It was pro-

* 国家自然科学基金项目 (30670317)、厦门大学“新世纪优秀人才支持计划”项目 (X07115)、广西科学基金项目 (0640014) 和北海市科技攻关资助项目 (200601057)。

** 通讯作者 E-mail: hebinyuan2003@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-12-19 接受日期: 2008-05-04

posed that in case of mangrove forestation on tidal flats at mean sea level spraying malathion at the concentration of 1/800 and with a frequency of every 14 days could prevent bamaclé effectively.

Key words *Rhizophora stylosa* Griff. bamaclé prevention with pesticides malathion growth characteristics eco-physiological effect

红树林生长于热带亚热带海岸潮间带滩涂上,在保护海堤、减少风暴潮损失及维持近海渔业等多方面起着重要的生态作用。然而,藤壶等污损动物胁迫限制红树林自然发展,致使人工造林失败(林鹏和韦信敏, 1981; Perry, 1988; Ellison & Farnsworth, 1992)。藤壶严重影响红树光合产物的生产和运输,妨碍红树的特殊适应性器官如气生根、呼吸根、皮孔等的正常功能;藤壶大量附着使红树自重加大和重心提高,增大各器官的直径和表面粗糙度,增强对波浪和海流的阻力,从而造成静力载荷和动力载荷增加,致使枝叶过早掉落、树体弯曲倒伏以致死亡。藤壶的附着模式、群落组成及危害程度与高程、海水盐度和潮汐流速等因素密切相关(范航清等, 1993; 周时强等, 1993; 何斌源和赖廷和, 2000; Ross, 2001)。

由于藤壶产生幼体数量巨大,单纯提高造林密度对减轻藤壶危害收效甚微(李云等, 1998),采用药物防治势在必行。但目前我国有关防治红树上藤壶的技术方法的报道很少,且防治效果不甚理想(李云等, 1998; 韩维栋等, 2004)。笔者认为这源于对藤壶的生长和发展规律认识和防治长期性估计不足,因此采用于藤壶附着早期开始着手、高频度地使用农药防治的思路,在初植红海榄(*Rhizophora stylosa* Griff.)幼苗上开展了 1 年的防治藤壶试验。

1 材料与方法

1.1 试验区选址

在广西山口红树林自然保护区英罗站林外滩涂,使用全站仪(误差为 ± 5 cm)确定当地平均海面(359 cm 黄海海面),选择一片高程在(359 \pm 3) cm 范围内、面积约 0.3 hm² 的裸滩作为试验区(109°45′52″E, 21°29′27″N),并平整地面、清除杂物和建造围栏。

1.2 试验方法

1.2.1 防治藤壶试验 于 2005 年 9 月,选择 1 700 条成熟的红海榄繁殖体(长度 29.3 cm \pm 1.5 cm,鲜质量 27.04 g \pm 1.27 g),按每组 100 条成正方形插

植在 17 个小区滩涂上。插植深度约为繁殖体长度的 1/3,株行距均为 50 cm,组间留出步道 60 cm。

农药选择对鱼类低毒的马拉硫磷(45%乳油)。设 4 种浓度水平和 4 种防治频度的处理组及对照组(CK),浓度水平分别为加海水稀释至原农药浓度的 1/200、1/400、1/600 和 1/800(文中分别以 A、B、C 和 D 表示)。4 种喷药频度设为每 3、7、14 和 28 d 1 次。从繁殖体插植后即开始采用喷雾方法防治藤壶,持续喷药 1 年,用量约为每株 75 ml。每次喷药均在试验区刚退潮出露滩涂时进行。对照组不喷药,距离最近的处理组 20 m。

1.2.2 藤壶数量及红海榄幼苗生理生态指标测定方法 2006 年 9 月野外试验结束时,每组随机取 20 株幼苗带回实验室,剥下第 2 对成熟叶、茎和原繁殖体上的藤壶(*Balanus littoralis*)称量,并测量叶、茎和原繁殖体的表面积,换算成单位面积生物量。去除了藤壶的幼苗测量茎高、叶数和叶面积等后,按叶、茎、根和原繁殖体等 4 部分进行分割,80 °C 烘至恒量后称量各器官生物量。

采用混合液提取法测定叶绿素含量:随机选取幼苗完全展开的第 2 对真叶,用打孔器在每叶中部取 1 块小圆片,每样品取 10 片,重复 4 次,避光浸提 48 h 用分光光度计测定浸提液在波长 645 nm 和 663 nm 吸光值,计算出叶绿素含量。

叶片抗氧化酶类(SOD 和 POD)活性测定每样品累计取鲜叶 0.5 g 重复 4 次。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑法(赵世杰等, 2002),过氧化物酶(POD)活性采用比色法测定(张志良和瞿伟菁, 2004)。

1.3 数据分析

差异显著性检验和相关分析均采用 SPSS 软件进行。

2 结果与分析

2.1 农药对红海榄幼苗上藤壶的防治效果

喷药处理组 1 年生红海榄幼苗的茎上污损动物以潮间藤壶(*Balanus littoralis*)占绝对优势,白条地

表 1 不同处理组中 1 年生红海榄幼苗生长指标

Tab 1 Growth characteristics of one-year old *R. stylosa* seedlings under different treatments

处理	生物量 (g)			新器官	高度 (cm)	叶数 (张)	叶面积 ($\text{cm}^2 \cdot \text{叶}^{-1}$)
	茎	叶	根				
A3	3.29±0.20 [*]	1.20±0.08 ^{**}	1.08±0.11 [*]	5.57±0.52	53.6±4.0	6.2±0.6 [*]	16.8±1.4 ^{**}
A7	3.56±0.23	1.48±0.06 ^{**}	1.15±0.09 [*]	6.19±0.73 ^{**}	50.1±3.7 [*]	6.0±0.5 [*]	20.3±1.8 ^{**}
A14	3.90±0.19	1.42±0.08 ^{**}	1.17±0.14 [*]	6.49±0.84 ^{**}	49.7±4.2 ^{**}	5.8±0.4 [*]	19.2±2.1 ^{**}
A28	3.36±0.11 [*]	1.18±0.05 ^{**}	0.87±0.07 [*]	5.41±0.75	48.6±3.1 [*]	5.5±0.4 [*]	14.5±1.5 ^{**}
B3	3.62±0.15	1.33±0.08 ^{**}	1.17±0.06 [*]	6.12±0.54 ^{**}	50.1±3.4 [*]	6.1±0.5 [*]	17.8±1.6 ^{**}
B7	3.41±0.21 [*]	1.42±0.08 ^{**}	1.23±0.07 [*]	6.06±0.58 ^{**}	47.9±1.5 [*]	5.8±0.5 [*]	19.3±1.9 ^{**}
B14	3.95±0.26	1.38±0.08 ^{**}	1.02±0.09 [*]	6.35±0.69 ^{**}	53.4±3.1	5.4±0.6 [*]	17.5±1.9 ^{**}
B28	3.92±0.34	1.18±0.05 ^{**}	0.85±0.06 [*]	5.95±0.52 ^{**}	53.8±3.3	5.3±0.6 [*]	14.2±1.7 ^{**}
C3	3.87±0.11	1.38±0.03 ^{**}	1.05±0.09 [*]	6.29±0.63 ^{**}	53.2±4.0	6.0±0.7 [*]	18.2±1.3 ^{**}
C7	3.78±0.25	1.33±0.10 ^{**}	1.00±0.09 [*]	6.11±0.41 ^{**}	51.4±5.5 [*]	5.8±0.3 [*]	17.4±1.5 ^{**}
C14	4.36±0.22 ^{**}	1.32±0.06 ^{**}	0.98±0.10 [*]	6.66±0.73 ^{**}	55.6±3.9	5.1±0.4 [*]	17.0±1.4 ^{**}
C28	3.16±0.15 ^{**}	0.92±0.08	0.68±0.03 [*]	4.76±0.47	48.5±2.1 ^{**}	4.5±0.4	13.2±1.2 ^{**}
D3	4.15±0.22 [*]	1.42±0.07 ^{**}	0.94±0.05 [*]	6.51±0.71 ^{**}	57.3±2.1 ^{**}	6.3±0.3 [*]	18.7±1.7 ^{**}
D7	3.52±0.18	1.38±0.07 ^{**}	0.93±0.06 [*]	5.83±0.57 [*]	49.5±4.1 ^{**}	6.0±0.4 [*]	17.3±1.2 ^{**}
D14	3.87±0.28	1.26±0.07 ^{**}	0.78±0.06 [*]	5.91±0.70 ^{**}	54.6±3.7	5.9±0.4 [*]	16.4±2.0 ^{**}
D28	3.48±0.16	0.83±0.06	0.55±0.04	4.85±0.46	53.0±1.9	4.3±0.5	12.1±0.9 ^{**}
CK	3.73±0.12	0.76±0.06	0.53±0.04	5.03±0.43	53.7±5.1	4.1±0.4	11.4±0.9

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 数据为平均值 ± 标准误。

藤壶 (*Euraphia wihersi*) 少量; 叶上则全为白条地藤壶。对照组 (CK) 幼苗茎叶上优势种类与喷药处理组相同, 但生长有少量黑芥麦蛤 (*Xenostrobus atrata*), 偶见难解不等蛤 (*Enigmonia aenigmatica*) 附着在叶片背面。

在同一浓度, 高频度处理组幼苗上藤壶生物量较低 (图 1), 低频度处理组幼苗上的较高; 在同一施药频度, 则高浓度处理组幼苗上藤壶生物量低, 低浓度处理组的较高。同一处理组幼苗的 3 个器官上藤壶生物量大小顺序均为原繁殖体 > 茎 > 叶。所有处理组幼苗的叶、茎和原繁殖体上藤壶生物量均极显著地低于对照组 ($P < 0.001$), 可见本文采用的防治思路和处理取得非常明显的效果。同时, 即使是 A3 这样高浓度高频度的处理组, 仍有少量藤壶生存, 可能是在某些幼苗露空时间很短的喷药日, 潮水冲刷使农药药力迅速丧失, 一些耐药性较高的藤壶幼体快速附着变态生长, 得以存活下来。

2.2 农药防治藤壶对红海榄幼苗生长的影响

1 年生红海榄幼苗的不同生长指标对浓度和频度处理的反应有差异 (表 1)。幼苗的茎生物量和高度没有明显的规律性, 对照组幼苗的这两个指标或大于或小于处理组的, 多数差异不显著, 可以认为茎的生长对施药浓度或频度差异不敏感。在同一浓度的 28 d 施药频度处理组中, 叶和根生物量及叶面积很低, 施药频度为 3、7 和 14 d 的处理组相对较高, 且均显著高于对照组 ($P < 0.01$)。叶数则对不同浓

度表现出明显的梯度性反应, 在同一浓度下, 施药频度越高, 叶数越多, 除 C28 和 D28 外的其他

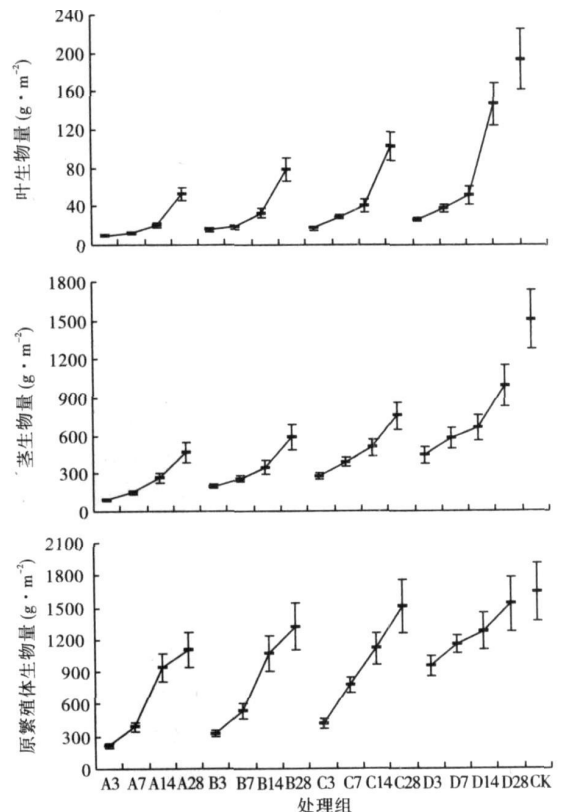


图 1 1 年生红海榄幼苗不同器官上藤壶生物量

Fig 1 Barnacle biomass on different organs of one-year old *R. stylosa* seedlings

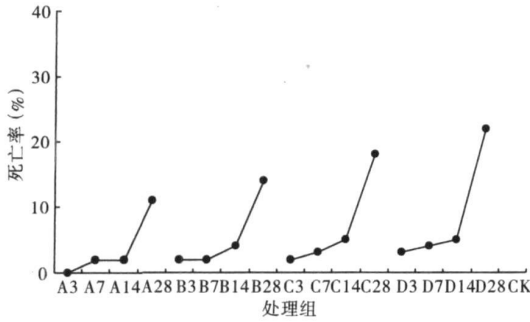


图 2 不同处理下 1 年生红海榄幼苗死亡率
Fig 2 Mortalities of one-year old *R. stylosa* seedlings under different treatments

处理组均显著多于对照组 ($P < 0.01$)。

2.3 红海榄幼苗死亡率及相关性

1 年生红海榄幼苗死亡率对应于浓度和频度处理表现出明显的梯度反应 (图 2), 相同频度的 4 个浓度处理组中, 浓度越高幼苗死亡率越低; 相同浓度的 4 个频度处理组中, 频度越高幼苗死亡率越低。所有喷药处理组幼苗死亡率均远低于对照组, 喷药处理组幼苗死亡率最低为 0 (A3), 最高为 22% (D28), 而对照组高达 39%。同时可看出, 3、7 和 14 d 处理组幼苗死亡率均较低并相当接近, 仅有 0~5%, 28 d 处理组幼苗死亡率显著地高, 为 11%~22%。

通过把幼苗死亡率与测定指标进行相关分析 ($n = 17$), 可知死亡率与叶、茎和原繁殖体上藤壶生物量之间有着显著正相关关系 ($P < 0.001$), 相关系数分别为 0.983、0.938 和 0.754。与叶生物量、叶数、根生物量及新生器官生物量之间存在显著负相关关系 ($P < 0.001$), 相关系数分别为 -0.910、-0.895、-0.862 和 -0.746。而与茎高、茎生物量、原繁殖体生物量等相关性不显著。叶与幼苗死亡相关性最为密切, 叶上藤壶妨碍叶的生长, 致使叶片过早凋落; 茎上藤壶加大幼苗负重和提高重心, 引起倒伏; 综合因素导致了幼苗死亡。

2.4 农药对叶片光合色素和抗氧化功能的影响

从图 3 可看出, 使用农药防治藤壶对红海榄幼苗叶片叶绿素总含量产生了负面影响, 与对照组相比, 各处理组幼苗叶绿素含量均有不同程度的降低 (2.2%~29.0%), 随着施药浓度的增加, 产生的效应也增大。随着叶绿素总量下降, Chl (a/b) 比值却反而上升。

红海榄幼苗叶片中的抗氧化酶 SOD 和 POD 对施药浓度反应一致 (图 4), 均表现为酶活性随施药

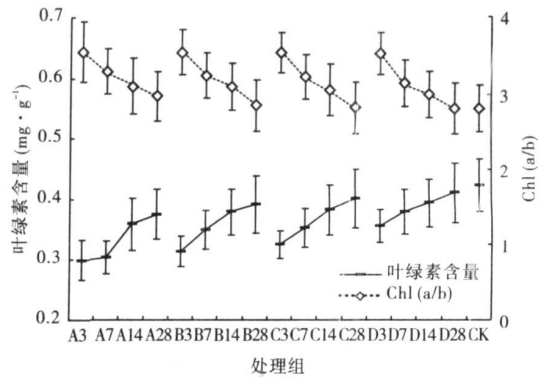


图 3 不同处理组 1 年生红海榄幼苗叶片叶绿素含量和 Chl (a/b)

Fig. 3 Chlorophyll contents and ratios of Chl (a/b) in leaves on one-year old *R. stylosa* seedlings under different treatments

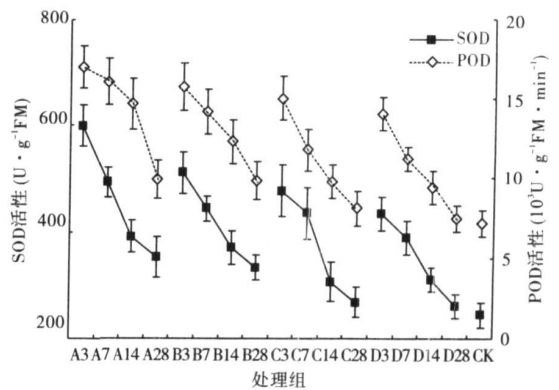


图 4 不同处理下红海榄幼苗叶片 SOD 和 POD 活性
Fig. 4 SOD and POD activities in leaves on one-year old *R. stylosa* seedlings under different treatments

浓度升高而增大, 对照组幼苗叶片这两种酶的活性处于较低水平。

3 讨论

3.1 红树林防污的目标动物

藤壶类是高度适应红树上生境的优势类群。白脊藤壶 (*B. albicostatus*)、潮间藤壶、白条地藤壶等是天然红树上优势污损动物 (范航清等, 1993; 周时强等, 1993; 何斌源和赖廷和, 2000; 庆宁和林岳光, 2004)。人工红树幼林上的主要优势种有: 白脊藤壶、网纹藤壶 (*B. reticulatus*)、纹藤壶 (*B. amphitrite*)、潮间藤壶、白条地藤壶和中华小藤壶 (*Chthamalus sinensis*) 等 (何斌源和莫竹承, 1995; 李云等, 1998; 陈粤超, 2003; 莫竹承等, 2003; 韩维栋等, 2004; 林秀雁等, 2006; 林秀雁和卢昌义, 2006)。有时成年红树上牡蛎等贝类数量也较多, 这是污损动

物群落长期演替的结果。时间较短的人工幼林上纯以藤壶类占优势, 因此, 在红树林营林管理中, 应着重防治藤壶类。

3.2 减轻藤壶影响的思路和方法

造林地避开藤壶适宜生长区域。盐度高、流速大、浸淹时间长的生境有利于藤壶的附着生长。因此综合考虑水文、地形和水化学等因素, 规避藤壶的适宜附着区域和附着高峰, 可以减轻藤壶对红树危害(周时强等, 1993; 陈粤超, 2003)。

人为提高滩涂高程。提高造林区域滩涂高程可减缓造林地流速, 缩短浸淹时间, 降低藤壶附着底质表面潮湿度, 从而减少藤壶附着量。人为提高滩涂高程可分为全区域吹填淤高和局部垒高2类。全区域吹填淤高的办法可以迅速改变造林区的沉积物环境和水文条件, 为快速生态恢复提供必要条件, 在经济发达地区应用较多。局部垒高方法如 Riley 组装机法(Kent & Lin, 1999; Riley & Kent, 1999)、演替法(何斌源和莫竹承, 1995)等。

“分流”法。许多草本植物与红树植物混杂或相邻生长, 共同减缓流速, 同时可为红树“分流”藤壶; 桐花树、白骨壤等红树林先锋植物也可为红海榄、木榄等演替中后期植物起到同样作用(何斌源和莫竹承, 1995)。

支撑法。红树林造林实践中捆绑竹竿等物以支撑红树幼苗, 减轻藤壶加大幼苗自重作用, 加强抵抗风浪能力, 可以有效避免幼苗倒伏。

3.3 化学药物防治红树上的藤壶

化学药物可致藤壶死亡, 或者使其忌避保护目标。但藤壶自身生物学特性和海洋潮汐作用使得化学药物防治难度加大。藤壶在潮水淹及时张开盖板滤食, 潮水退去后则关闭盖板以避免壳内虫体过分失水死亡。这种保护性生物学特征使得药物难以接触成年藤壶的壳内虫体, 杀灭几率减小。潮汐冲刷稀释作用使药物大部流失, 削弱防治效果。

李云等(1998)采用喷雾方式灭杀秋茄幼树上藤壶, 藤壶死亡率仅有 2.0% ~ 4.0%; 而油漆涂抹法则可致 100% 死亡。油漆涂抹固然非常有效地杀灭茎上的藤壶, 却妨碍叶片光合作用。韩维栋等(2004)采用多种农药混合配制, 以喷雾方式防治无瓣海桑(*Sonneratia apetala*)幼树上成年藤壶, 藤壶死亡率最高为 52.5%。尽管潮汐冲刷稀释使药物流失, 降低喷雾方式对藤壶的杀伤效果, 但这种方式对叶片正常生理功能影响较小。

在藤壶的幼体附着早期即开始防治, 使之死亡或逃避。幼体的早期附着决定了红树上藤壶群落的形成、组成和演替(Satumanatpan *et al.*, 1999; Satumanatpan & Keough, 2001)。但幼体易受环境条件影响而死亡或不附着。 $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度的生姜乙醇热提组分处理白脊藤壶幼体(48 h)可使其相对附着率为 0(冯丹青等, 2007); 低浓度的 Cu Zn Cd 对东方小藤壶幼体就有较高的毒性(周媛等, 2003); 白脊藤壶幼体对 Cu Zn Cd Hg 和有机锡等重金属十分敏感(张语克等, 2007)。由于潮汐冲刷使药力丧失, 本文中最高浓度和频度处理(A3), 仍不足杀死全部藤壶, 茎上藤壶尚存 $87.42 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 但相比于对照组的 $1511.16 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 以及该海区的最大年附着量 $8663.26 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (何斌源, 2002), 使用马拉硫磷杀灭藤壶幼体的效果相当好。

高频度地长期坚持防治十分必要。红树上藤壶附着期长, 附着量大。在广西英罗港, 潮间藤壶在除 1、2 月外的其他月份均可附着生长, 全年有 8 个月附着量高于 $1000 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ (何斌源, 2002)。对于桐花树, 藤壶防治可能需持续至树高 1 m(何斌源和赖廷和, 2001), 生长快速的树种如无瓣海桑等防治时间应较短。

让污损动物群落演替终止在初始阶段, 使防治目标单一化, 药物选择、施药方式和操作简化, 增加防治针对性和有效性, 降低防治费用。何斌源和赖廷和(2000)认为, 污损动物群落的后期优势种黑芥麦蛤的出现与潮间藤壶的死亡关系密切, 前者喜好附着后者的死亡残体中。向平等(2006)观察到, 成年藤壶死亡后底板和壳板长时间残留, 大量淤泥沉积和黑芥麦蛤等生物侵填, 会减小药物防治效果。反之, 幼年藤壶的死亡残体容易脱落, 不利于其他种类的后续附着。

综合运用各种物理的、化学的和生物的方法, 可以达到更佳效果; 应用无污染的生物活性物质防治藤壶无疑更可取。Singh 等(1996)从桉树叶的苯提取物中分离出 *sileoxyloal A*, 试验证明紫贻贝对之忌避。生姜、辣椒等提取物也有类似效果(冯丹青, 2007)。但目前实际应用不多, 使用常见的、价格相对便宜的农药, 似乎比较切合实际和经济合算。

3.4 农药对红海榄幼苗的影响

农药的主要负面影响之一是对植物光合色素造成伤害, 使叶绿素含量降低(冯绪猛等, 2003; 张义贤和李晓玲, 2003; 杜敏华等, 2007)。随之, Chl

(a/b)比值升高,这是植物抵抗污染胁迫机制之一(杜敏华等,2007)。本文也得出相同结果。施用农药造成幼苗叶片抗氧化酶系活性升高,增加幼苗物质和能量消耗,不利于植物生长,而且农药残留有损生态系统健康。本文在平均海平面高程的滩涂上,采用频度 14 d 浓度 1/800 马拉硫磷(45% 乳油)防治藤壶,1年生红海榄幼苗成活率仍可达 95%,不失为较理想的方案。

参考文献

陈粤超. 2003 藤壶对红树林新造林的危害及防治对策. 广东林勘设计, (4): 5-6

杜敏华, 张乃群, 李玉英, 等. 2007. 大气污染对城市绿化植物叶片叶绿素含量的影响. 中国环境监测, 23(2): 86-88

范航清, 陈坚, 黎建玲. 1993 广西红树林上大型固着污损动物的种类组成及分布. 广西科学院学报, 9(2): 58-62

冯丹青, 柯才焕, 李少菁, 等. 2007. 生姜提取物的防污活性研究. 厦门大学学报(自然科学版), 46(1): 135-140

冯绪猛, 罗时石, 胡建伟, 等. 2003. 农药对水稻叶片丙二醛及叶绿素含量的影响. 农核学报, 17(6): 481-484

韩维栋, 陈亮, 袁梦婕. 2004. 红树幼林藤壶的防治试验. 福建林业科技, 31(1): 57-61 70

何斌源, 赖廷和. 2000. 红树植物桐花树上污损动物群落研究. 广西科学, 7(4): 309-312

何斌源, 赖廷和. 2001. 不同树龄桐花树茎上白条地藤壶分布特征的研究. 海洋通报, 20(1): 40-45

何斌源, 莫竹承. 1995. 红海榄人工苗光滩造林的生长及胁迫因子研究. 广西科学院学报, 11(3/4): 37-42

何斌源. 2002. 红树林污损动物群落生态研究. 广西科学, 9(2): 133-137

李云, 郑德璋, 郑松发, 等. 1998. 人工红树林藤壶为害及其防治的研究. 林业科学研究, 11(4): 370-376

林鹏, 韦信敏. 1981. 福建亚热带红树林生态学的研究. 植物生态学与地植物学丛刊, 5(3): 177-186

林秀雁, 卢昌义. 2006. 滩涂高程对藤壶附着秋茄幼林影响的初步研究. 厦门大学学报(自然科学版), 45(4): 575-579

林秀雁, 卢昌义, 王雨, 等. 2006. 盐度对海洋污损动物藤壶附着红树幼林的影响. 海洋环境科学, 25(增刊): 25-28

莫竹承, 范航清, 何斌源. 2003. 红海榄人工幼苗藤壶分布特征研究. 热带海洋学报, 22(1): 50-54

庆宁, 林岳光. 2004. 广西防城港东湾红树林污损动物的种类组成与数量分布特征. 热带海洋学报, 23(1): 64-68

向平, 杨志伟, 林鹏. 2006. 人工红树林幼林藤壶危害及防治研究进展. 应用生态学报, 17(8): 1526-1529

张义贤, 李晓玲. 2003. 三种有机磷农药对大麦毒性效应的研究. 农业环境科学学报, 22(6): 754-757

张语克, 冯丹青, 刘万民, 等. 2007. 5种重金属对白脊藤壶无节幼体的急性毒性研究. 台湾海峡, 26(1): 133-140

张志良, 瞿伟菁. 2004. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社.

赵世杰, 史国安, 董新纯. 2002. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业科学技术出版社.

周媛, 杨震, 许宁, 等. 2003. 三种重金属离子对东方小藤壶幼虫的急性毒性效应. 海洋科学, 27(8): 56-58

周时强, 李复雪, 洪荣发. 1993. 九龙江口红树林上附着动物的生态. 台湾海峡, 12(4): 335-341

Ellison AM, Farnsworth EJ. 1992. The ecology of Belizean mangrove-root fouling communities. Patterns of epibiont distribution and abundance, and effects on root growth. *Hydrobiologia*, 247: 87-98

Kent CPS, Lin J. 1999. A comparison of Riley encased methodology and traditional techniques for planting red mangroves (*Rhizophora mangle*). *Mangroves and Salt Marshes*, 3: 215-225

Perry MD. 1988. Effects of associated fauna on growth and productivity in the red mangrove. *Ecology*, 69: 1064-1075

Riley RW, Kent CPS. 1999. Riley encased methodology. Principles and processes of mangrove habitat creation and restoration. *Mangroves and Salt Marshes*, 3: 207-213

Ross IM. 2001. Larval supply, settlement and survival of barnacles in a temperate mangrove forest. *Marine Ecology Progress Series*, 215: 237-249

Satumanatpan S, Keough M J, Watson GF. 1999. Role of settlement in determining the distribution and abundance of barnacles in a temperate mangrove forest. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 241: 45-66

Satumanatpan S, Keough M J. 2001. Roles of larval supply and behavior in determining settlement of barnacles in a temperate mangrove forest. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 260: 133-153

Singh IP, Takahashi K, Etoh H. 1996. Potent attachment-inhibiting and -promoting substances for the blue mussel *Mytilus edulis galloprovincialis*, from two species of *Eucalyptus*. *Bioscience, Biotech and Biochemistry*, 60: 1522-1523

作者简介 何斌源,男,1969年生,博士研究生,副研究员。主要从事海洋生物学和红树林生态学研究,发表论文 30 余篇。E-mail hebinyuan2003@yahoo.com.cn
责任编辑 李凤芹