

文章编号: 1674-7054(2019)02-0135-05

溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的急性毒性效应

徐成滨, 王宇心, 孔伟浩, 张晓凯, 刘诗颖, 范咏梅

(海南大学 热带农林学院/热带农林生物灾害绿色防控教育部重点实验室, 海口 570228)

摘要: 以羊角月牙藻(*Selenastrum capricornutum*)为生物模型,依据 Organisation for Economic Cooperation and Development(OECD)的方法,研究溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的急性毒性。通过测定羊角月牙藻生物量、光合色素、丙二醛(MDA)含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活力的变化,评价溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的毒性效应。结果表明,溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的72 h- EC_{50} 为24.15 mg·L⁻¹、72 h- EyC_{50} 为20.01 mg·L⁻¹。随着溴氰虫酰胺浓度的增加,其对羊角月牙藻生长的抑制作用不断增强,同时抑制光合色素(叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素r)的合成。溴氰虫酰胺诱导羊角月牙藻产生氧化应激反应,其中,SOD活力下降,CAT活力和MDA含量上升。

关键词: 溴氰虫酰胺; 羊角月牙藻; 急性毒性; 光合色素; 抗氧化酶活性

中图分类号: S 48

文献标志码: A

DOI: 10.15886/j.cnki.rdsxb.2019.02.006

由于化学农药的长期使用,其残留对环境的污染问题以及引起的生态毒理问题等已经成为研究的热点^[1]。双酰胺类农药溴氰虫酰胺(cyantraniliprole)是杜邦公司继氯虫苯甲酰胺后开发的新型邻氨基苯甲酰胺类杀虫剂^[2],它通过激活靶标昆虫的鱼尼丁受体,使横纹肌和平滑肌细胞内钙离子释放通道持续开启^[3],引起细胞内钙离子大量释放,进而导致昆虫肌肉收缩、麻痹中毒死亡^[4],从而达到防治昆虫的目的。国内外学者对于溴氰虫酰胺的研究目前主要集中在其对靶标害虫的防治^[5-7],室内生物活性测定,田间药效^[8-9]等方面,但针对其对于非靶标生物以及水生生态系统的影响研究较少。林涛等研究表明,溴氰虫酰胺对赤子爱胜蚓、非洲爪蟾、斑马鱼的急性毒性为低毒,对意大利蜜蜂为高毒^[10]。藻类作为水生生态系统中的初级生产者,位于该生态系统食物链的底端,维持着水生生态系统结构与功能的稳定,所以藻类是监测和评价水体环境质量的重要指示生物^[11]。羊角月牙藻(*Selenastrum capricornutum*)已经广泛应用于毒理学试验中,用于评价受试材料对藻类的毒性效应,是经合组织[Organisation for Economic Cooperation and Development(OECD)]推荐的试验藻种之一^[12]。半数效应浓度(EC_{50})作为最基本的药物安全性指标,能够直接地反映出药物对于受试生物的毒性,采用血球计数板对藻细胞进行重复计数,能够降低人为因素造成的误差。对光合色素含量的测定,能够分析药物是否会影响藻类的光合作用,进而分析药物的作用机理。藻类在受到药物的作用后,可能会产生氧化应激反应,导致体内氧化与抗氧化作用失衡,蛋白酶含量增加,并且产生大量氧化中间产物。通过对抗氧化酶活力以及氧化产物含量的测定,评价药物是否诱导其产生氧化应激作用。因此本试验以羊角月牙藻为生物模型,从藻细胞浓度、叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)活力、过氧化氢酶(CAT)活力和丙二醛(MDA)含量等方面评价溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的毒性效应,探究不同浓度的溴氰虫酰胺暴露于水中对藻类造成的影响,为后续研究与评价其对于水体环境的影响及其潜在的生态风险提供理论依据。

收稿日期: 2019-03-12

修回日期: 2019-04-15

基金项目: 国家自然科学基金地区项目(31860514)

作者简介: 徐成滨(1994-),男,海南大学热带农林学院2016级硕士研究生. E-mail: 957892822@qq.com

通信作者: 范咏梅(1968-),女,教授. 研究方向: 农药环境毒理. E-mail: yongmeifan@126.com

1 材料与方法

1.1 材料 羊角月牙藻(*Selenastrum capricornutum*, FACHB-271) 购于中国科学院野生生物种质库—淡水藻种库。藻种在无菌条件下进行转接, 采用 BG11 培养基进行培养, 静置培养于恒温光照培养架上, 温度控制在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$, 光暗比为 12 h: 12 h, 每天固定摇动 3 次。试验前, 选择处于对数生长期的藻种, 并进行显微镜镜检, 确保藻种没有被污染。95% 溴氰虫酰胺, 湖北康宝泰精细化工有限公司生产; 超氧化物歧化酶(SOD) 测试盒和过氧化氢酶(CAT) 测试盒, 南京建成生物工程研究所有限公司生产。

1.2 急性毒性试验 参照 OECD 标准^[1] 并结合预试验结果, 以 3.2 为公比, 设定正式试验质量浓度梯度为 1.43, 4.58, 14.65, 46.88, 150.00 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 并设置空白对照(CK)、溶剂对照(SC), 每组处理设 3 个平行。选择处于对数生长期的羊角月牙藻作为试验藻种, 并控制藻细胞密度在 $(5 \times 10^3 \sim 5 \times 10^4)$ 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 。试验所有操作均在超净工作台进行, 各处理组静置于恒温光照培养架上培养, 每天固定摇动 3 次, 分别于 24, 48, 72 h 取样, 使用血球计数板并采用五点取样法进行计数, 每个重复测 3 次后取平均值, 应用 SPSS Statistics 19.0 软件处理数据, 分别计算 ErC_{50} (供试生物生长率比对照下降 50% 时的供试物浓度) 和 EyC_{50} (供试生物量增长比对照下降 50% 时的供试物浓度)。

1.3 叶绿素及类胡萝卜素含量测定 采用分光光度法^[2] 测定藻细胞中叶绿素 a, b 以及类胡萝卜素 r 的含量, 取经过溴氰虫酰胺暴露处理后的藻液 20 mL, 以 3 500 g 离心 15 min 取藻泥, 加入 5 mL 的 $\varphi = 95\%$ 乙醇, 振荡摇匀后置于黑暗处 4°C 下提取 24 h, 提取液于 $7\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min 后取上清液, 以 $\varphi = 95\%$ 乙醇为空白调零, 分别在 665, 649, 470 nm 波长下测定吸光度。叶绿素 a, b 及类胡萝卜素 r 计算公式如下:

$$\begin{aligned} ca(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) &= 13.95 \times OD_{665} - 6.88 \times OD_{649}; \\ cb(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) &= 24.96 \times OD_{649} - 7.32 \times OD_{665}; \\ cr(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}) &= (1\,000 \times OD_{470} - 2.05 \times ca - 114.8 \times cb) / 245. \end{aligned}$$

1.4 酶活性测定 取暴露于溴氰虫酰胺 24, 48, 72 h 后的藻液 30 mL, 于 4°C 下 $4\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min, 弃上清液取藻泥, 加入 1 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (pH 7.8) 的磷酸盐缓冲液, 在超声波破碎仪下进行冰浴破碎 30 min, 破碎后于 4°C $8\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min, 得上清液为粗酶液, 用于酶活性测定^[3]。以牛血清白蛋白为标准蛋白, 考马斯亮蓝 G-250 试剂为显色剂, 在 595 nm 波长下测定吸光值, 绘制标准曲线。SOD 和 CAT 的活力测定均使用南京建成生物工程研究所的试剂盒进行测定, 采用可见光法, 具体试验步骤按试剂盒提供的方法进行。每毫克组织蛋白在 1 mL 反应液中 SOD 抑制率达 50% 时所对应的 SOD 量为 1 个 SOD 活力单位(U)。每毫克组织蛋白每秒钟分解 $1 \mu\text{mol}$ 的 H_2O_2 的量为 1 个 CAT 活力单位(U)。

1.5 丙二醛含量测定 丙二醛的测定采用硫代巴比妥酸(TBA)法^[3], 取藻液 5 mL, 于 $5\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min 收集藻细胞, 加入 $w = 10\%$ 三氯乙酸(TCA) 2 mL、 $w = 0.6\%$ 硫代巴比妥酸(TBA) 2 mL, 混合均匀后煮沸 20 min, 冷却后 $7\,000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min, 取上清液分别在 450, 532, 600 nm 处测定吸光度。计算公式如下:

$$cM(\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) = 6.45 \times (OD_{532} - OD_{600}) - 0.56 \times OD_{450}.$$

使用 SPSS Statistics 和 GraphPad Prism 进行数据处理及统计分析。不同浓度处理组与对照组间的差异显著性采用单因素方差分析(One-Way ANOVA, LSD)。试验结果用平均值(Mean)和标准误(SEM)表示, * $P < 0.05$ 和 ** $P < 0.01$ 分别表示处理组与对照组间差异的显著和极显著。

2 结果与分析

2.1 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻生长的影响 溴氰虫酰胺在处理羊角月牙藻后随着处理时间的增加开始出现抑制其生长的效应, 由于 24 h 和 48 h 的抑制现象不明显, 因此无法得出 EC_{50} 的置信区间。在 72 h 时, 由于急性毒性周期短, 导致 EC_{50} 的置信区间跨度也相对较大。该结果表明, 在溴氰虫酰胺在处理羊角月牙藻后, 随着处理时间的增加羊角月牙藻的生长抑制也随之增加。

表 1 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的 EC_{50}

Tab.1 The EC_{50} of cyantraniliprole to *Selenastrum capricornutum* /mg · L⁻¹

时间 Time/h	ErC_{50}	95% 置信区间 Confidence interval	EyC_{50}	95% 置信区间 Confidence interval
24	648.61	—	0.01	—
48	10.57	—	13.28	—
72	24.15	0.63 ~ 461.38	20.01	0.21 ~ 554.20

2.2 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻光合色素的影响

2.2.1 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻叶绿素 a 的影响 图 1 - A 表明,溴氰虫酰胺诱导可降低羊角月牙藻的叶绿素 a 含量。羊角月牙藻暴露于溴氰虫酰胺 48 h 时,46.88,150.00 mg · L⁻¹处理组叶绿素 a 质量浓度分别为 0.12,0.14 mg · L⁻¹,与 CK 组(0.29 mg · L⁻¹) 相比存在极显著差异($P < 0.01$)。72 h 时,46.88,150.00 mg · L⁻¹处理组叶绿素 a 质量浓度分别为 0.21,0.19 mg · L⁻¹,与 CK 组(0.62 mg · L⁻¹) 相比存在极显著差异($P < 0.01$)。而低质量浓度(1.43,4.58 mg · L⁻¹) 组对叶绿素 a 影响较小。在试验过程中,肉眼可见高浓度试验组的藻液颜色随着试验时间的增加逐渐变浅。

2.2.2 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻叶绿素 b 的影响 图 1 - B 表明,溴氰虫酰胺诱导可降低羊角月牙藻叶绿素 b 含量。羊角月牙藻光合色素中叶绿素 b 的含量比叶绿素 a,类胡萝卜素 r 的含量低。经暴露 24 h 和 48 h 后,试验组叶绿素 b 含量无明显变化。经暴露 72 h 后,试验组叶绿素 b 含量随着溴氰虫酰胺浓度的增加呈现下降的趋势。

2.2.3 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻类胡萝卜素 r 的影响 图 1 - C 表明,溴氰虫酰胺诱导可降低羊角月牙藻类胡萝卜素 r 含量。48 h 时随着溴氰虫酰胺浓度的增加,类胡萝卜素 r 的含量开始呈现下降的趋势,46.88,150.00 mg · L⁻¹处理组类胡萝卜素 r 质量浓度分别为 0.06,0.07 mg · L⁻¹,与 CK 组(0.09 mg · L⁻¹) 相比存在显著差异($P < 0.05$)。72 h 时高浓度试验组类胡萝卜素 r 含量呈现显著减少,46.88,150.00 mg · L⁻¹处理组类胡萝卜素 r 质量浓度分别为 0.08,0.09 mg · L⁻¹,与 CK 组(0.17 mg · L⁻¹) 相比存在极显著差异($P < 0.01$)。

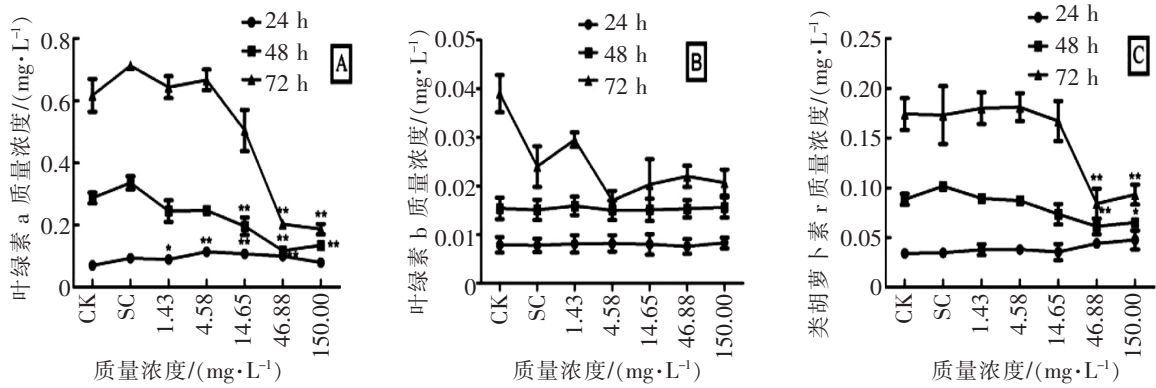


图 1 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻光合色素的影响

A 为叶绿素 a,B 为叶绿素 b,C 为类胡萝卜素 r。结果为平均值 ± 标准误,与对照相比,* $P < 0.05$,* * $P < 0.01$

Fig.1 Effects of cyantraniliprole on photosynthetic pigments of *Selenastrum capricornutum*

A: Chlorophyll a,B: Chlorophyll b C: Carotenoid r. Values are means + the standard errors of means. Asterisk (*) and double asterisks (* *) mean significant treatment effects ($P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively) compared to the control

2.3 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻酶活性的影响 以牛血清白蛋白为标准蛋白绘制蛋白质标准曲线,试验过程中总蛋白的测定采用此标准曲线。标准曲线方程为, $y = 0.009x + 0.011$ 。

2.3.1 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻 SOD 活性的影响 图 3 - A 表明,溴氰虫酰胺诱导可降低羊角月牙藻 SOD 活力。24 h 时除 1.43 mg · L⁻¹质量浓度组外,其余各试验组 SOD 活力显著降低($P < 0.05$)。随着暴露时间的增

加,试验组 SOD 活力被抑制效果逐渐明显。72 h 时最高质量浓度(150.00 mg · L⁻¹) 试验组 SOD 活力(蛋白质)为 32.94 U · mg⁻¹,和 CK 组(193.49 U · mg⁻¹) 存在显著差异($P < 0.05$)。

2.3.2 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻 CAT 活性的影响 图 3-B 表明,溴氰虫酰胺诱导可促进 CAT 活力上升。在 48 h 和 72 h 时,与 CK 组 CAT 活力相比,试验组 CAT 活力均有上升,但无良好的剂量效应关系,且均未表现出显著性。

2.3.3 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻 MDA 含量的影响 图 3-C 表明,溴氰虫酰胺诱导可增加羊角月牙藻 MDA 含量增加。MDA 是氧化应激产物,试验组 MDA 含量普遍高于对照组。但 14.65,46.88 mg · L⁻¹ 两试验组有小幅下降,最高质量浓度(150.00 mg · L⁻¹) 处理组的 MDA 含量为 0.06 μmol · L⁻¹,与 CK 组(0.04 μmol · L⁻¹) 差异显著($P < 0.05$)。

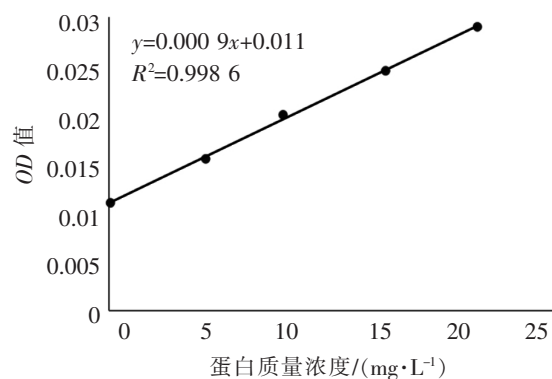


图 2 蛋白质标准曲线

Fig.2 The standard curve of protein concentrations

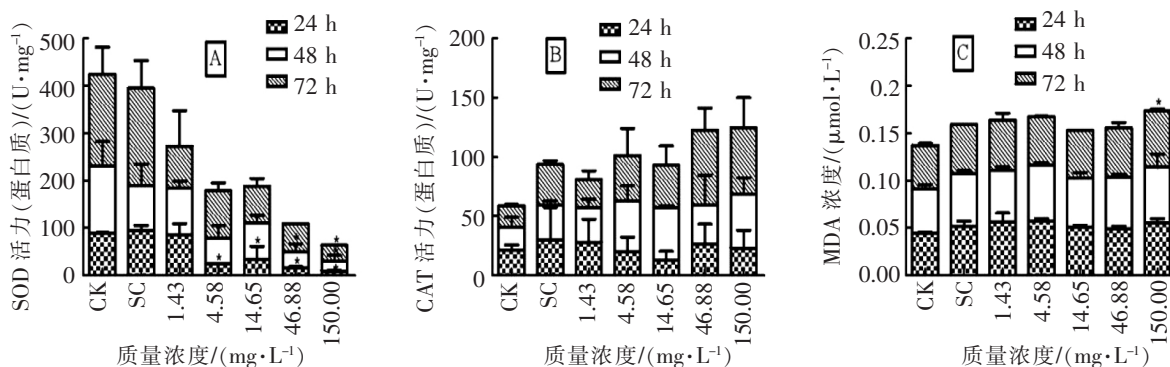


图 3 溴氰虫酰胺对羊角月牙藻酶活力的影响

A 为 SOD, B 为 CAT, C 为 MDA; 结果为平均值 ± 标准误; 与对照对比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

Fig.3 Effects of cyantraniliprole on enzyme activity of *Selenastrum capricornutum*

A: SOD; B: CAT; C: MDA. Values are means + the standard errors of means. Asterisk (*) and double asterisks (**) mean significant treatment effects ($P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively) compared to the control

3 讨论

SOD 能将氧自由基歧化,并产生 H_2O_2 ,而 H_2O_2 又会被 CAT 分解成 H_2O 与 O_2 ,避免了 H_2O_2 与 O^{2-} 反应生成毒性更大的羟基自由基^[6]。MDA 是受自由基攻击而产生的代谢产物,因自由基极不稳定难直接检测,因而常以 MDA 含量来反映体内氧化应激的程度^[7]。本实验结果表明,溴氰虫酰胺诱导羊角月牙藻 SOD 活力显著下降,CAT 活力与 MDA 含量上升。通过对溴氰虫酰胺处理后不同时间段及浓度的羊角月牙藻抗氧化酶系活力以及胞内 ROS,MDA 含量的测定,笔者发现溴氰虫酰胺处理后的羊角月牙藻,其 MDA 含量增加。这说明,溴氰虫酰胺暴露过程中会对羊角月牙藻造成氧化损伤。为了降低机体的氧化损伤,抵抗溴氰虫酰胺的影响,羊角月牙藻内开始产生超氧化物歧化酶,缓解氧化损伤,并及时修复受损细胞。CAT 和 SOD 的酶活力随着 MDA 含量的增加而相应提升,呈现良好的协同作用,这表明溴氰虫酰胺会引起羊角月牙藻的氧化应激反应,引起羊角月牙藻保护酶系的响应。光合作用有 2 个反应,分别是光反应和暗反应^[8]。其中光反应阶段是在光驱动下水分子氧化释放的电子通过电子传递系统传递给 $NADP^+$,使它还原为 NADPH,同时基质中质子被泵送到类囊体腔中,从而形成跨膜质子梯度,驱动 ADP 磷酸化生成 ATP。在这个过程中,叶绿素把光能先转化为电能再转化为活跃的化学能并储存在 ATP 中^[9]。在这些叶绿素中,叶绿素 a 被列为主要色素,而类胡萝卜素和叶绿素 b 被列为辅助色素^[10]。叶绿素 a 接

受从辅助色素传递过来的激子或电子而直接参与光合作用^[21]。本试验结果表明,溴氰虫酰胺通过影响羊角月牙藻叶绿素a,叶绿素b和类胡萝卜素r3种光合色素的含量,进而影响羊角月牙藻的光合作用,使藻液颜色逐渐变浅,抑制羊角月牙藻的生长。程晓燕^[14]等人的研究结果也表明,三氯生会抑制羊角月牙藻的生长,且高浓度三氯生可能对其光合作用等关键代谢过程产生了干扰,从而影响到藻的生长。

综上所述,溴氰虫酰胺对羊角月牙藻的急性毒性效应,是通过影响羊角月牙藻的光合色素的含量,从而影响羊角月牙藻的光合作用,抑制羊角月牙藻的生长。同时,溴氰虫酰胺引起了羊角月牙藻的氧化损伤,造成保护酶系的响应。

参考文献:

- [1] 余红梅. 化学农药对农业环境的污染及防治探究 [J]. 南方农业, 2018, 12(24): 166–167.
- [2] 柏亚罗. 氯虫苯甲酰胺等双酰胺类杀虫剂市值接近20亿美元 [J]. 今日农药, 2018(11): 36–40.
- [3] 陈乐乐, 于伟丽, 苏磊. 鱼尼丁受体抑制剂类杀虫剂的研究现状及展望 [J]. 今日农药, 2018(1): 19–21.
- [4] MATECKI S, DRIDI H, JUNG B, et al. Leaky ryanodine receptors contribute to diaphragmatic weakness during mechanical ventilation [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2016, 113(32): 9069–9074.
- [5] EFREMOV R G, LEITNER A, AEBERSOLD R, et al. Architecture and conformational switch mechanism of the ryanodine receptor [J]. Nature, 2015, 517(7532): 39.
- [6] 胡译文, 孙建昌, 耿阳阳, 等. 溴氰虫酰胺研究进展及应用现状 [J]. 南方农业, 2016, 10(31): 24–27.
- [7] 何发林, 姜兴印, 尚佃龙, 等. 溴氰虫酰胺胁迫对小地老虎保护酶和解毒酶活性的诱导效应 [J]. 植物保护, 2019, 45(2): 90–96.
- [8] 徐春梅. 溴氰虫酰胺种子处理防治玉米田小地老虎 [J]. 济南: 山东农业大学, 2017.
- [9] TIWARI S, STELINSKI L L. Effects of cyantraniliprole, a novel anthranilic diamide insecticide, against Asian citrus psyllid under laboratory and field conditions [J]. Pest Manag Sci, 2013, 69(9): 1066–1072.
- [10] 林涛, 游泳, 郑丽祯, 等. 三种双酰胺类杀虫剂对环境非靶标生物的急性毒性 [J]. 农药学学报, 2015, 17(6): 757–762.
- [11] KOBRAEI M E, WHITE D S. Effects of 2,4-dichlorohe-noxyacetic acid on kentucky algae: simultaneous laboratory and field toxicity tests [J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1996, 31(4): 571–580.
- [12] Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD TG201. OECD Guidelines for the Testing of chemicals, freshwater alga and cyanobacteria, growth inhibition test. Paris [EB/OL]. OECD, [2006–08–23]. http://www.oecd-ilibrary.org/environment/test-no-201-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-freshwater-alga-and-cyanobacteria-growth-inhibition-test_9789264203785-en.
- [13] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2002: 220–227.
- [14] 程晓燕, 赵新仕, 叶立群, 等. 纳米 BiOBr 对羊角月牙藻的毒性效应 [J]. 环境科学学报, 2018, 38(10): 4176–4184.
- [15] GHANI M A, BARRIL C, BEDGOOD Jr D R, et al. Measurement of antioxidant activity with the thiobarbituric acid reactive substances assay [J]. Food Chemistry, 2017, 230: 195–207.
- [16] 徐艳秋, 刘斌, 常媛, 等. 超氧化物歧化酶在乙型肝炎和肝细胞癌中的应用价值 [J]. 中国现代普通外科进展, 2017, 20(11): 841–844.
- [17] 朱若岑, 蒋维维, 谭柱良, 等. 动物体内活性氧、氧化应激与细胞凋亡以及抗氧化剂研究进展 [J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(3): 21–25.
- [18] LIU C, COLÓN B C, ZIESACK M, et al. Water splitting-biosynthetic system with CO₂ reduction efficiencies exceeding photosynthesis [J]. Science, 2016, 352(6290): 1210–1213.
- [19] KIM D, SAKIMOTO K K, HONG D, et al. Artificial photosynthesis for sustainable fuel and chemical production [J]. Angewandte Chemie International Edition, 2015, 54(11): 3259–3266.
- [20] FISCHER W W, HEMP J, JOHNSON J E. Evolution of oxygenic photosynthesis [J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2016, 44: 647–683.
- [21] CHENU A, SCHOLLES G D. Coherence in energy transfer and photosynthesis [J]. Annual Review of Physical Chemistry, 2015, 66: 69–96.

Comparison of Analgesic and Anti-inflammatory Activities Between Natural and Artificially Induced Dragon's Blood of *Dracaena cambodiana*

WANG Hui, YANG Ning, WU Xiaopeng, DAI Haofu, MEI Wenli

- (1. Ministry of Agriculture and Rural Affairs Key laboratory for Biology and Genetic Resources of Tropical Crops/ Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571001, China;
2. Hainan Key Laboratory for Research and Development of Natural Products from Li Folk Medicine, Haikou, Hainan 571001, China)

Abstract: To evaluate analgesic and anti-inflammatory activities of artificially induced dragon's blood of *Dracaena cambodiana*, the natural and artificially induced dragon's bloods were evaluated and compared in terms of analgesic and anti-inflammatory activities by using the writhing model in mice, the mouse auricle swelling model and the capillary permeability in abdominal cavity of mice. Artificially induced dragon's blood of *D. cambodiana* significantly increased the latency of mouse writhing induced by acetic acid, indicating that it had a higher analgesic activity than natural one. Both natural and artificially induced dragon's blood markedly reduced auricle swelling caused by dimethylbenzene in mice, suggesting their similarity in anti-inflammatory activity. Artificially induced dragon's blood of *D. cambodiana* had similar analgesic and anti-inflammatory activities with natural dragon's blood.

Keywords: Artificially induced dragon's blood; *Dracaena cambodiana*; natural dragon's blood; anti-inflammatory activity; analgesic activity

(责任编辑: 潘学峰)

(上接第 139 页)

Acute Toxicity of Cyantraniliprole to *Selenastrum capricornutum*

XU Chengbin, WANG Yuxin, KONG Weihao, ZHANG Xiaokai, LIU Shiyin, FAN Yongmei¹

(Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University/Ministry of Education Key Laboratory for Green Management of Tropical Plant Diseases and Pests, Haikou, Hainan 570228, China)

Abstract: Environmental toxicology of pesticide is one of research hot topics at present. *Selenastrum capricornutum* was used as biological model to analyze acute toxicity of cyantraniliprole against *Selenastrum capricornutum*. *S. capricornutum* was exposed to cyantraniliprole at different concentrations to determine the contents of biomass, photosynthetic pigments and malonaldehyde (MDA), and the activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT). The results showed that 72 h ErC_{50} and EyC_{50} of cyantraniliprole to *S. capricornutum* were 24.15 and 20.01 mg · L⁻¹, respectively. Cyantraniliprole inhibited the growth of *S. capricornutum* and reduced the synthesis of photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid r). *S. capricornutum* exposed to cyantraniliprole showed an oxidative stress response, leading to a decline in the SOD activity and an increase in the CAT activity and the MDA content.

Keywords: Cyantraniliprole; *Selenastrum capricornutum*; acute toxicity; photosynthetic pigments; antioxidase activity

(责任编辑: 叶 静)