

氨氮对萼花臂尾轮虫的急性毒性及其抗氧化生理响应

程媛媛¹, 顾若波², 王小林³, 聂志娟², 徐钢春², 陆建明³, 黄鹤忠^{1*}

(1. 苏州大学基础医学与生物科学学院, 苏州大学水产研究所, 江苏苏州 215123; 2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏无锡 214081; 3. 江苏省太湖渔业管理委员会, 江苏苏州 215004)

摘要 [目的] 从抗氧化生理响应的角度探讨氨氮对萼花臂尾轮虫的毒理机制。[方法] 测定萼花臂尾轮虫 24 h、48 h 及 96 h 的氨氮半致死浓度(LC₅₀); 通过测定萼花臂尾轮虫体内的 H₂O₂、丙二醛(MDA)含量和超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)活性的变化, 研究其对氨氮胁迫浓度和时间的抗氧化生理响应。[结果] 轮虫 24 h LC₅₀、48 h LC₅₀ 和 96 h LC₅₀ 的氨氮浓度分别为 12.3、6.7 和 2.3 mg/L。当氨氮浓度达到 2.5 mg/L 时, 轮虫体内 24 h 内 H₂O₂ 和 MDA 含量均显著上升; 当氨氮浓度达到 1.5 mg/L 时, 轮虫体内 24 h 内 SOD 活性显著下降, 而当氨氮浓度达到 10 mg/L 时 CAT 活性显著下降。在 12.3 mg/L 氨氮的胁迫下, 轮虫 SOD 活性和 CAT 活性分别在 12 h 和 24 h 显著下降, H₂O₂ 和 MDA 含量均在 12 h 显著升高。[结论] SOD 活性和 H₂O₂、MDA 含量可作为检测氨氮对萼花臂尾轮虫急性毒性的灵敏指标。

关键词 萼花臂尾轮虫; 氨氮胁迫; 急性毒性; 抗氧化生理

中图分类号 S963.21*4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-081-04

Acute Toxicity of Ammonia Nitrogen to *Brachionus calyciflorus* and Its Antioxidant Physiological Response

CHENG Yuan-yuan¹, GU Ruo-bo², WANG Xiao-lin³, HUANG He-zhong^{1*} et al (1. School of Basic Medicine and Life Sciences of Soochow University, Fisheries Research Institute of Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215123; 2. Freshwater Fisheries Research Center of Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization of Ministry of Agriculture, Wuxi, Jiangsu 214081; 3. Taihu Fisheries Management Committee, Suzhou, Jiangsu 215004)

Abstract [Objective] To discuss the toxicological mechanism of ammonia nitrogen to *Brachionus calyciflorus* from the aspect of antioxidant physiological response. [Method] 24 h, 48 h and 96 h LC₅₀ of ammonia nitrogen to *B. calyciflorus* was determined. The changes of H₂O₂ and malondialdehyde (MDA) contents, activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) in *B. calyciflorus* were determined. The antioxidant physiological response of *B. calyciflorus* to ammonia nitrogen concentration and stress time was studied. [Result] The concentrations of ammonia nitrogen for 24 h LC₅₀, 48 h LC₅₀ and 96 h LC₅₀ to *B. calyciflorus* were 12.3, 6.7 and 2.3 mg/L, respectively. When the concentration of ammonia nitrogen reached 2.5 mg/L, H₂O₂ content and MDA content in *B. calyciflorus* within 24 h were significantly increased. When the concentration of ammonia nitrogen was 1.5 mg/L, SOD activity of *B. calyciflorus* within 24 h was significantly decreased. When the concentration of ammonia nitrogen was 10 mg/L, CAT activity was significantly decreased. Under the stress of 12.3 mg/L ammonia nitrogen, SOD activity and CAT activity of *B. calyciflorus* within 12 h and 24 h significantly decreased, while H₂O₂ content and MDA content were significantly increased within 12 h. [Conclusion] SOD activity, H₂O₂ content, and MDA content can be used as sensitive indicators for detecting the acute toxicity of ammonia nitrogen to *B. calyciflorus*.

Key words *Brachionus calyciflorus*; Ammonia nitrogen stress; Acute toxicity; Antioxidant physiology

萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)是淡水中常见的一种轮虫, 由于其在渔业生产上具有易于高密度培养、适应性强、种群增长迅速、适口性好、营养丰富等特点, 因此被广泛用于鱼、虾等水产动物的开口饵料^[1], 而且轮虫这一活饵料的培养好坏常常是导致水产苗种生产成败的关键因素。另外, 由于轮虫在水体中分布广泛, 体型微小, 对环境污染物的敏感性较高, 因而也可较好地将其作为水域生态和环境检测的重要指示生物^[2-3]。通常情况下, 富营养化水体的氨氮含量较高, 尤其在水产养殖池塘和轮虫专门培育池中, 由于生产上常采用施肥培养单胞藻或直接泼洒豆浆等方法培养轮虫以及水生动物的排泄物、粪便及残饵等有机物的不断分解, 导致水体的氨氮大量积累, 这可能是影响其生长、繁殖等种群增长的重要制约因素之一。国内有关氨氮对轮虫影响的研究报道较少, 仅见到关于 pH 与氨的交互作用对壶状臂尾轮虫(*Brachionus urceolaris*)种群增长、繁殖及存活影响^[4]

的报道和氨离子对萼花臂尾轮虫急性毒性试验^[5]的报道。但是, 有关氨氮对萼花臂尾轮虫的毒性及其抗氧化生理响应的研究尚未见报道。笔者研究了水体氨氮对萼花臂尾轮虫的毒性, 并从抗氧化生理响应的角度探讨氨氮对萼花臂尾轮虫的毒理机制, 以期在水产养殖业中轮虫饵料生物的大量培养时的环境调控以及轮虫作为水域富营养化监测的指示生物提供一定的基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料来源及培养 试验用萼花臂尾轮虫采集于太湖水体, 在解剖镜下观察载玻片上的轮虫种类, 经确认后再用微吸管吸入 500 ml 三角锥形瓶中, 采用“单克隆”方法进行预培养^[6]。轮虫的培养条件为: 水温(25 ± 1) °C、光照强度 90 μmol/(m² · s)、光照周期 L:D = 12:12、pH 7.0 ~ 8.0, 培养过程中投喂椭圆小球藻, 密度为 2 × 10⁶ 个/ml, 每天观察轮虫生长情况。

1.2 方法

1.2.1 氨氮浓度对轮虫的急性毒性试验。 根据氨氮对轮虫急性毒性的预试验结果, 设定 6 个氨氮质量浓度(NH₃-N)组为: 1.5、2.5、10.0、15.0、20.0、25.0 和 30.0 mg/L, 用 NH₄Cl (分析纯)配制, 另设置 1 个对照组(未添加氨氮), 每个组设

基金项目 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(13)2039]; 苏州大学大学生创新创业训练计划项目(2012xj059); 苏州市科技支撑计划项目(SS201311)。

作者简介 程媛媛(1991-), 女, 甘肃白银人, 本科生, 专业: 生物技术。* 通讯作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事水生生物学研究。

收稿日期 2015-12-11

置4个平行重复。用吸管随机吸取预培养三角锥形瓶中不带卵、个体较大、游动活跃的蓼花臂尾轮虫,置于含不同氨氮浓度梯度的微孔培养板中,每孔含10个轮虫个体和10 ml 试验溶液,盖上盖子以防止水分蒸发。在恒温培养箱中培养,pH(7.5±0.2),投喂椭圆小球藻密度为 4×10^6 个/ml,温度和光照条件同预培养。在试验开始后6、24、48、96 h,用解剖镜观察轮虫的存活情况,及时挑出并记录个体死亡数,轮虫死亡判定标准为其头冠纤毛停止摆动且各器官组织停止活动^[7]。试验重复3次。

采用作图计算法^[8]分别求出不同时间段的半致死浓度24 h LC_{50} 、48 h LC_{50} 、96 h LC_{50} 及其95%可信限,并计算出安全浓度($SC=0.1 \times 24 \text{ h } LC_{50}$)^[9]。

1.2.2 轮虫对氨氮胁迫的抗氧化生理响应试验。

1.2.2.1 轮虫在不同氨氮浓度条件下的抗氧化生理响应。

设定1个对照组和5个试验组,氨氮质量浓度分别为0、1.5、2.5、5.0、10.0和20.0 mg/L,每组设置3个平行重复。试验在玻璃缸(38 cm×24 cm×24 cm)中进行,每个玻璃缸里加入3 L含有相应氨氮浓度和椭圆小球藻密度为 2×10^6 个/ml的轮虫培养液,用加热棒控制水温、用日光灯控制光照、用NaOH和HCl控制pH,环境条件同“1.2.1”。轮虫培养24 h后分别取样,轮虫样品用生理盐水润洗、过滤,滤纸吸干水分。准确称量后,在冰冷的研钵中用质量体积1:9的匀浆介质制成组织匀浆,4℃条件下5 000 r/min离心10 min,取上清液待用。采用苏州科铭生物技术有限公司的试剂盒,按照说明书测定轮虫 H_2O_2 和MDA含量以及SOD、CAT酶活性。采用苏州科铭生物技术有限公司购买的试剂盒,按照说明书中的方法测定轮虫 H_2O_2 和MDA含量以及SOD、CAT酶

活性。

1.2.2.2 轮虫在不同氨氮胁迫时间条件下的抗氧化生理响应。

氨氮质量浓度设定为12.3 mg/L(24 h LC_{50}),分别在试验开始后0、3、12、24 h的4个时间点取样。试验条件、指标测定和方法均与“1.2.2.1”相同。

1.2.3 数据统计与分析。

分别计算各平行重复试验组的平均值和标准误,试验数据用SPSS19.0统计软件进行Duncan's单因子多重方差分析,分析氨氮处理组与对照组间的差异显著性。其中,*表示组间差异显著($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 氨氮浓度对轮虫的急性毒性

从表1可以看出,随着氨氮浓度从0 mg/L逐渐增加到30 mg/L,蓼花臂尾轮虫的死亡率总体上呈增加趋势,在胁迫6、12、24、48 h和96 h各时间段的蓼花臂尾轮虫的死亡率与环境氨氮浓度的相关系数分别为0.959 2、0.923 5、0.965 3、0.956 4和0.958 5,均具有很好的线性关系。对表1的数据作直线回归处理,得出24 h轮虫死亡率与氨氮浓度的回归方程: $y = 50.915x - 5.535$ ($R^2 = 0.965 3$),从而计算出蓼花臂尾轮虫的24 h半致死氨氮浓度(24 h LC_{50})值为12.3 mg/L,95%置信区间为9.8~15.5 mg/L;同理得出48 h轮虫死亡率与氨氮浓度的回归方程为: $y = 65.008x - 3.708 7$ ($R^2 = 0.903 1$)和48 h LC_{50} 为6.7 mg/L,95%置信区间为5.6~8.0 mg/L;96 h轮虫死亡率与氨氮浓度的回归方程为 $y = 69.694x + 18.891$ ($R^2 = 0.991 1$)和96 h LC_{50} 为2.8 mg/L,95%置信区间为2.3~3.3 mg/L。根据公式安全浓度(SC) = 24 h $LC_{50} \times 0.1$,计算出蓼花臂尾轮虫对氨氮的安全浓度(SC)为1.23 mg/L。

表1 氨氮对蓼花臂尾轮虫死亡率的影响

时间 h	不同氨氮 NH_3-N_i 浓度下蓼花臂尾轮虫死亡率/%							
	0 mg/L	1.5 mg/L	2.5 mg/L	10 mg/L	15 mg/L	20 mg/L	25 mg/L	30 mg/L
6	0	0	5.55	8.34	13.89	16.67	19.45	22.22
12	0	0	11.11	19.44	25.00	30.56	41.67	63.89
24	2.78	5.56	16.67	38.89	44.44	58.33	72.22	80.56
48	4.33	13.89	27.78	44.44	58.33	88.89	93.75	100.00
96	12.22	30.56	41.67	91.67	100.00			

注:试验期间水温为24.0~25.0℃,溶解氧含量6.5~6.8 mg/L,pH为7.2~7.6。

2.2 不同浓度氨氮对轮虫体内 H_2O_2 含量的影响

在氨氮胁迫24 h后,蓼花臂尾轮虫体内产生的 H_2O_2 含量随着氨氮浓度的升高呈逐渐增加的趋势(图1A)。当氨氮浓度大于或等于2.5 mg/L时,其 H_2O_2 含量均显著高于对照组($P < 0.05$)。在12.3 mg/L氨氮(24 h LC_{50})的胁迫环境中,蓼花臂尾轮虫体内的 H_2O_2 含量随着胁迫时间的延长而逐渐增加(图1B)。在胁迫12 h和24 h后,蓼花臂尾轮虫体内 H_2O_2 含量均显著高于对照组($P < 0.05$)。

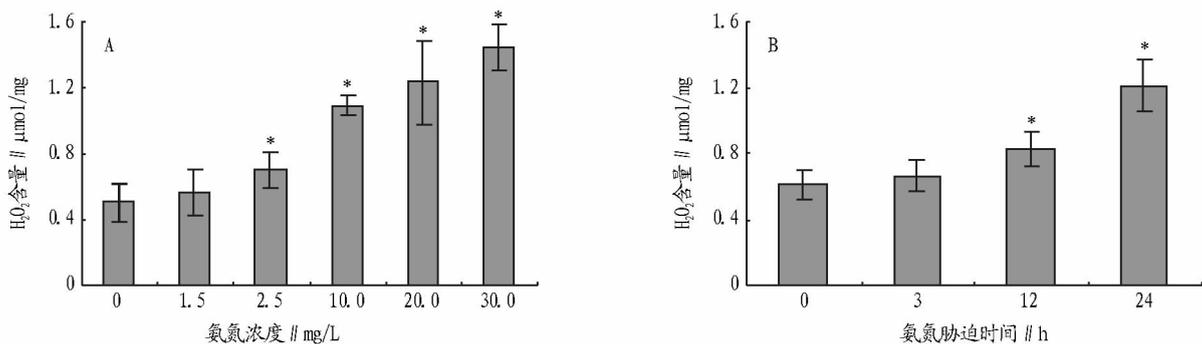
2.3 不同浓度氨氮对轮虫体内 SOD 活性的影响

在氨氮胁迫24 h后,蓼花臂尾轮虫体内SOD活性随着氨氮浓度的升高呈逐渐减小的趋势(图2A)。当氨氮浓度大于或等于1.5 mg/L时,其SOD活性均显著低于对照组($P < 0.05$)。这说明氨氮对轮虫体内SOD活性有较强的抑制作用。从图2B

可以看出,在12.3 mg/L(24 h LC_{50})的氨氮胁迫的环境中,蓼花臂尾轮虫体内SOD活性随着胁迫时间的延长而逐渐减小。在胁迫12 h和24 h后,其体内SOD活均显著高于对照组($P < 0.05$)。

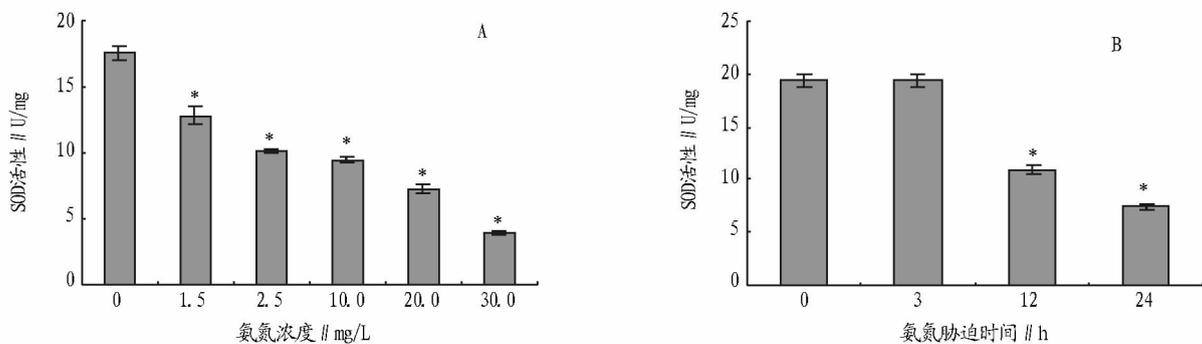
2.4 不同浓度氨氮对轮虫体内 CAT 活性的影响

从图3可以看出,随着环境氨氮浓度的升高以及同一氨氮浓度(12.3 mg/L)下胁迫时间的延长,蓼花臂尾轮虫体内的CAT活性呈现先增加再减小的变化趋势。当氨氮浓度为1.5 mg/L和2.5 mg/L以及同一氨氮浓度处理3 h和12 h时,CAT活性与对照组相比均无显著差异($P > 0.050$)。氨氮浓度大于或等于10 mg/L时CAT活性显著低于对照组($P < 0.05$);当12.3 mg/L氨氮胁迫处理24 h时,CAT活性均显著低于对照组($P < 0.05$)。



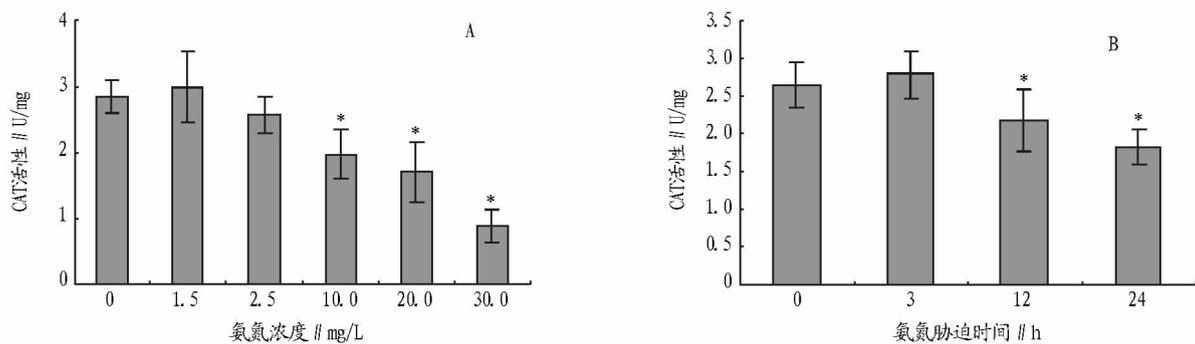
注: * 表示与对照组差异显著 ($P < 0.05$)。

图1 氨氮胁迫浓度(A)和时间(B)对萼花臂尾轮虫体内 H₂O₂ 含量的影响



注: * 表示与对照组差异显著 ($P < 0.05$)。

图2 氨氮胁迫浓度(A)和时间(B)对萼花臂尾轮虫体内 SOD 活性的影响



注: * 表示与对照组差异显著 ($P < 0.05$)。

图3 氨氮胁迫浓度(A)和时间(B)对萼花臂尾轮虫体内 CAT 活性的影响

2.5 不同浓度氨氮对轮虫体内 MDA 含量的影响 从表 4 可以看出,随着环境氨氮浓度的上升以及同一氨氮浓度 (12.3 mg/L) 下胁迫时间的延长,萼花臂尾轮虫体内的 MDA 含量呈现逐渐增加的变化趋势。当氨氮浓度大于或等于 2.5 mg/L 以及同一氨氮浓度下胁迫 12 h 和 24 h 时,其 MDA 含量均显著高于对照组 ($P < 0.05$),表明其体内的脂质氧化程度显著增加。

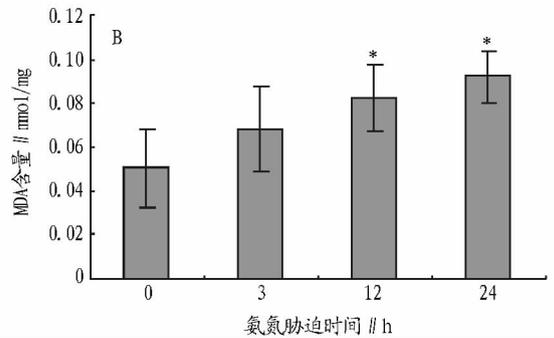
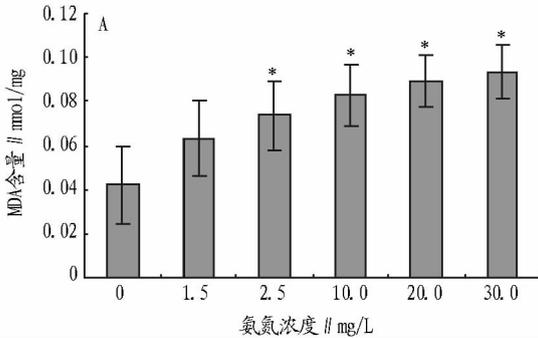
3 讨论与结论

生物体均存在抗氧化防御系统来清除内源代谢或外源不良刺激而产生的过量活性氧自由基,其中一些酶类能够被氧化应激诱导,如超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和谷胱甘肽过氧化物酶(GPX)等对清除氧自由基起到关键作用。SOD 可催化 O_2^- 生成 H_2O_2 ,从而清除 O_2^- ,而

H_2O_2 由 CAT 催化生成水和氧气。研究表明,氨氮胁迫初期生物机体受到刺激会产生过量的氧自由基,此时的抗氧化系统可生成更多的 SOD 和 CAT 等抗氧化酶对其做出响应,从而消除氧自由基。但是,随着胁迫浓度的升高以及作用时间的延长,机体抗氧化系统已不足以达到清理大量氧自由基的能力,从而使氧自由基在体内大量累积并影响 SOD 和 CAT 的进一步合成,表现出抗氧化酶活性逐渐降低,并且过量的氧自由基发生过氧化反应,最终生成可间接反映组织和细胞造成损伤程度的氧化产物丙二醛(MDA)^[10]。笔者通过测定萼花臂尾轮虫在不同氨氮浓度和时间胁迫条件下体内 H_2O_2 含量和 SOD、CAT 活性以及 MDA 含量的变化,能在一定程度上反映其机体内抗氧化生理响应的过程和氧化损伤程度。该试验结果表明,在水温 (25 ± 1) °C 和 pH (7.5 ± 0.2) 的环境

条件下,氨氮对芡花臂尾轮虫的24 h LC_{50} 、48 h LC_{50} 和96 h LC_{50} 分别为12.3、6.7和2.3 mg/L。然而,芡花臂尾轮虫对氨氮胁迫的抗氧化生理响应更加敏感。当氨氮浓度达到1.5 mg/L时轮虫体内24 h内的SOD活性显著下降($P < 0.05$);氨氮浓度升高至2.5 mg/L时,轮虫体内24 h内 H_2O_2 和MDA含量均出现显著升高($P < 0.05$)。尽管氨氮2.5 mg/L浓度下24 h内轮虫体内清除 H_2O_2 的CAT活性尚未出现显著下降($P > 0.05$),但可能由于GPX等其他抗氧化酶活性的降低和其他非酶类抗氧化物质的下降,仍然导致了轮虫体内过氧化物和过氧化产物的积累,表明氨氮引起的过氧化反应已对轮虫的生物膜造成了一定程度的破坏。这些引起轮虫抗氧化生理指标出现显著变化的氨氮浓度阈值均远低于24

h LC_{50} 值,表明氨氮对芡花臂尾轮虫的毒害作用可能是首先产生氧自由基并过量积累,进而破坏其抗氧化防御体系,最终导致过氧化物积累和机体一定程度的伤害。但是,只有当氨氮浓度继续升高和胁迫时间延长才能引起机体伤害加剧甚至死亡。轮虫体内的SOD酶较易被氨氮损伤,导致其活性下降,从而影响对体内氧自由基的清除;轮虫在氨氮12.3 mg/L的胁迫条件下,其SOD活性、CAT活性分别在12 h和24 h出现显著下降($P < 0.05$)以及 H_2O_2 、MDA含量均在12 h出现显著升高($P < 0.05$)的试验结果也佐证了这一推论。采用SOD活性和 H_2O_2 、MDA含量的指标检测氨氮对芡花臂尾轮虫急性毒性比24 h LC_{50} 、48 h LC_{50} 和96 h LC_{50} 指标更加灵敏。



注: *表示与对照组差异显著($P < 0.05$)

图4 氨氮胁迫浓度(A)和时间(B)对芡花臂尾轮虫体内MDA含量的影响

氨氮对水生生物毒害作用的机制较为复杂,有人认为可能与氨氮对血液载氧能力的抑制有关^[11];也有人认为高浓度的氨氮会对动物体内酶的催化作用和细胞膜的稳定性产生严重影响,进而破坏排泄系统和渗透平衡^[12]。该试验结果表明,随着氨氮浓度的升高和胁迫时间的延长,导致活性氧的积累和抗氧化酶系统的破坏以及脂质过氧化的加剧,这可能是氨氮对芡花臂尾轮虫产生毒害作用的重要原因。这与氨氮对凡纳滨对虾(*Litopenaeus vannamei*)^[13]、福瑞鲤(*Cyprinus carpio*)^[14]、克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)^[15]、脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)^[9]等其他生物机体的毒害机制相似,但其具体作用机理还需通过进一步研究。

氨氮是富营养化水体的重要污染因子之一,我国湖泊富营养化的评价标准中富营养化湖泊的总氮含量大于1.2 mg/L(温度20℃, pH 7~9)^[16]。我国地表水环境质量标准(GB3838-2002)规定I、II、III、IV和V类水质的氨氮限值分别为0.153、0.53、1.03、1.53和2.03 mg/L。因此,从芡花臂尾轮虫24 h LC_{50} 得到的安全浓度为氨氮1.23 mg/L可以初步判定,IV类水质的氨氮浓度仍然是芡花臂尾轮虫相对安全的生存环境条件。但是,由于轮虫体内24 h内 H_2O_2 和MDA含量也均在氨氮浓度2.5 mg/L时出现显著升高,因而在氨氮浓度高于2.03 mg/L的劣V类水质环境条件下,会影响芡花臂尾轮虫的生存和生长。在水产养殖和轮虫培育系统中,氨氮更是主要的常见毒性物质之一。在水产养殖和轮虫培育生产上为了培养浮游生物(轮虫的天然饵料),往往一次性大

量施肥或一次性大量泼洒豆浆等轮虫饲料,如果再加上换水量小、淤泥过厚、水温过高等不利因素,会导致水体氨氮的不断积累,水体的氨氮浓度可从0.27 mg/L逐渐上升到31.90 mg/L^[17]。水体高浓度的氨氮环境必然对轮虫的生理和生长繁殖产生极为不利的影 响,最终会出现大批死亡,这可能是导致轮虫培养最终失败甚至泛池的原因之一。

参考文献

- 田宝军,丁茜,李英文. 接种密度、食物量及温度对芡花臂尾轮虫种群增长的影响[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2009, 26(1): 26-29.
- 王金秋,李德尚,罗一兵,等. pH值对芡花臂尾轮虫种群增长及繁殖的影响[J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 435-438.
- 殷旭旺,牛翠娟. pH对5种臂尾轮虫后代存活率和混交雌体率及种群内禀增长率的影 响[J]. 水生生物学报, 2009, 33(2): 342-347.
- 张舒,牛翠娟,殷旭旺. pH与氨的交互作用对壶状臂尾轮虫(*Brachionus urceolaris*)种群增长、繁殖及存活的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 4815-4822.
- 张菁菁,虞蔚岩. 氨离子·氯离子及普通洗衣粉对芡花臂尾轮虫的急性毒性试验[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9756-9757, 9800.
- 董娟. 芡花臂尾轮虫的培养技术[J]. 水产科技情报, 2002, 29(3): 121-122.
- 李大命,陆正和,封琦,等. 杀真菌剂咪唑鲜安对芡花臂尾轮虫的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(11): 3163-3169.
- 廖永岩,崔日辉,盘莹莹,等. 氨氮对锈斑蚜早期幼体的急性毒性[J]. 水产科学, 2011, 30(9): 61-64.
- 国家环境局(水生生物监测手册)编委会. 水生生物监测手册[M]. 南京:东南大学出版社, 1993.
- 任海,李健,李吉涛,等. 急性氨氮胁迫对脊尾白虾(*Exopalaemon carinicauda*)抗氧化系统酶活力及GPx基因表达的影响[J]. 农业环境科学学报, 2014, 33(4): 647-655.
- 孙舰军,丁美丽. 氨氮对中国对虾抗病力的影响[J]. 海洋与沼泽, 1999, 30(3): 267-272.
- 余瑞兰,夏湘平,魏泰莉. 分子氨和亚硝酸盐对鱼类的危害及对策[J]. 中国水产科学, 1999, 6(3): 73-77.

(下转第363页)

业,纯收益是平均值的2倍甚至更多。

1.7 稻麦主体品种突出 在品种选择方面,563户农户中有323户选择“淮稻5号”作为水稻种植品种,占57.4%;第二大水稻品种是“镇稻99”,占24.3%;其余种植品种为“武运粳27”、连粳系统品种等。小麦品种利用上集中度更高,全区有360户大户选择种植“郑麦9023”,占63.9%,第二大小麦品种是“宁麦13”,占16.3%,其余种植扬麦系列等其他品种。

1.8 耕作播种方式粗放 受调查的种粮大户中,水稻播栽方式以直播稻为主,采用机插秧的只有98户,占受调查总数的17.4%;机条播这几年在盐都区逐渐兴起,154户农户选择机条播,占调查总数的27.4%;手栽秧逐渐没落,全区调查的大户中只有7户部分田块采用这一播栽方式。小麦播栽方式以机条播和机撒播为主,一部分采用人工撒播后机旋耕,少数农户采取稻套麦。

1.9 产量水平“稻高麦低” 除去杂交水稻制种的农户,其余所有种植常规水稻的大户水稻平均产量为8 875.5 kg/hm²,产量最高的为10 500 kg/hm²,最低的为6 750 kg/hm²。小麦平均产量为6 474 kg/hm²,最高产量为8 250 kg/hm²,最低产量为5 550 kg/hm²。据区统计局资料,2014年全区水稻、小麦平均单产分别为9 388.5、5 925.0 kg/hm²。此次调查的大户水稻平均单产比全区水稻平均产量减5.5%,小麦平均产量比全区小麦平均产量增9.3%。

1.10 农业机械装备不足 此次调查563个规模经营主体,自备一台以上机械的仅有117户,机械持有率仅为20.8%。

2 规模经营发展措施与建议

2.1 加速培育新型职业规模种植主体 稻麦种植者技术水平提高是挖掘粮食增产潜力、增加种粮效益、降低农业风险的关键。通过实施农民培训工程,将农民培训与科技入户、农技推广示范县、高产创建等项目多元整合,利用农闲季节开展集中培训班,新品种、新技术成果观摩,农忙时田间地头召开现场会等多种形式,将广大规模种植主体集中起来,学习主推技术,了解主导品种,摒弃传统种田技术中的糟粕,吸收科学种田的精华。

2.2 加速建立农业社会化服务体系 利用全区推进联耕联种的契机,完善和更广泛地建立农业社会化服务组织体系。逐步建立起统一订供种,统一耕翻作业,统一机条播、机插秧,病虫害统防统治,统一收割,统一烘干储存,统一销售等一系列农业社会化服务组织。完善的农业社会化服务体系有助于统一品种布局,改变区域间稻麦生育期参差不齐的现

状,减轻由于生育期不同步对作物病害防治产生的影响,还能帮助农民解决缺乏劳动力的难题。

2.3 加大对规模经营的扶持和投资力度 除了加大对农田基础设施,机耕道、桥梁、排灌设施的建设投入外,对大型拖拉机、播种机、插秧机、收割机、植保弥雾机、烘干机等农业机械的购置补贴应该更多地向规模种植大户倾斜。在农资综合补贴、良种补贴、农业保险等方面规模种植大户和普通散户也应有相应的政策区别。

2.4 加快农技推广体系的更新 从一家一户的小农经济转变到规模种植,技术指导也应该相应地改变。目前在基层从事农技推广的技术员面临着年纪大、新老交替断层、现有力量被行政事务占用的现实情况。很多学农的高校毕业生因为农业在基层不受重视、农业工作人员社会认可度低、待遇差等一些客观原因,宁可放弃专业择业也不愿回到基层开展农业工作。这一系列现状让基层农技推广困难重重,更谈不上对规模种植大户“一对一”的精心指导。因此,农技推广人员现有力量不足和后继乏人将成为制约规模种植发展的重要原因。

3 结语

伴随着我国工业化、信息化、城镇化和农业现代化进程的加快,农村劳动力大量转移,农业物质技术装备水平不断提高,农户承包土地的经营权流转明显加快,发展适度规模经营已成为必然趋势。实践证明,土地流转和适度规模经营是发展现代农业的必由之路,有利于优化土地资源配置和提高劳动生产率,有利于保障粮食安全和主要农产品的有效供给,有利于促进农业技术推广应用和农业增效、农民增收^[4-5]。然而在今后相当长时期内,普通农户仍占大多数,粮食规模化种植的道路上还有很多困难需要克服。盐城市盐都区作为一个粮食生产大县,在传统的小农经济粮食种植到规模化种植的转变道路上必须因地制宜,尊重客观规律,给予更多的政策扶持和技术指导,才能走得平稳,做出成效。

参考文献

- [1] 顾莉娟,吴建中,戴凌云,等.江苏省盐城市盐都区粮食综合生产现状及提升对策[J].园艺与种苗,2014(9):56-60.
- [2] 杨力,刘洪进,张红叶,等.沿海粮食高产高效集成技术研究新进展[M].北京:中国农业科学技术出版社,2013:63-65.
- [3] 中共中央办公厅,国务院办公厅印发《关于引导农村土地经营权有序流转发展农业适度规模经营的意见》[A].2014-11-20.
- [4] 张连成,戴凌云,吴建中.盐都区粮食规模化生产现状及发展措施[J].安徽农业科学,2013,41(35):13783,13811.
- [5] 余志.土地流转后我国欠发达地区规模化种植研究[J].安徽农业科学,2014,42(29):10356-10357.
- [6] [J].江西农业学报,2014,26(2):129-133.
- [7] 舒金华.我国主要湖泊富营养化程度的评价[J].海洋与湖沼,1993,24(6):616-620.
- [8] 戚少燕,沈新玉.影响轮虫增殖效果的因素及相互关系研究[J].安徽农业科学,1996,24(2):188-189,192.
- [9] 刘晓华,曹俊明,杨大为,等.氨氮胁迫前后凡纳滨对虾组织中抗氧化酶和脂质过氧化产物的分布[J].水利渔业,2007,27(6):24-26.
- [10] 李利红,袁宏利,胡振平,等.氨氮对福瑞鲤和肝组织抗氧化能力的影响[J].安徽农业科学,2015,43(22):96-98.
- [11] 芦光宇,刘国兴,李佳佳,等.氨氮对克氏原螯虾抗氧化功能的影响

(上接第84页)