

含吡唑酮类药物污染物饮用水氯化消毒前后水质生物毒性变化研究

研究生：靳爱洁； 导师：张立秋教授



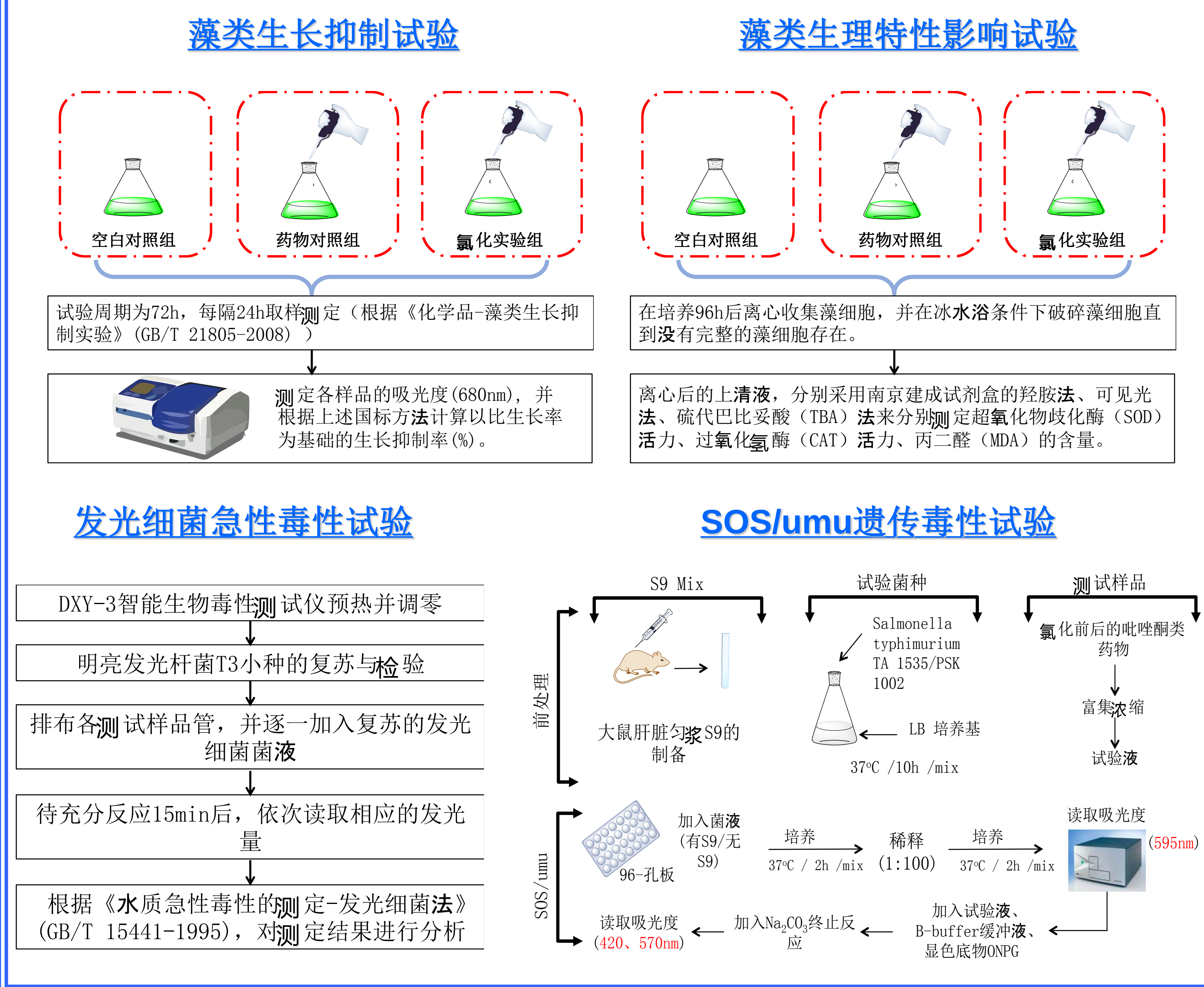
研究背景

近年来，吡唑酮类药物污染物在饮用水系统中被频繁检出。常规的饮用水处理工艺对其去除不完全，甚至可能将其转化成更具毒性的物质。目前关于吡唑酮类药物污染物在饮用水氯化消毒前后的生物毒性和潜在的风险研究十分有限。考虑到其在饮用水系统中存在的典型性，对其开展相关研究十分必要。

研究内容

- 吡唑酮类药物在氯化消毒前后对普通小球藻生长的影响；
- 吡唑酮类药物在氯化消毒前后对普通小球藻抗氧化酶（SOD、CAT）活力和丙二醛（MDA）含量的影响；
- 吡唑酮类药物在氯化消毒前后对发光细菌发光量的影响；
- 吡唑酮类药物在氯化消毒前后直接遗传毒性和间接遗传毒性的变化，以及基于umu遗传毒性效应的饮用水致癌风险评价。

研究方法



结果与讨论

氯化消毒前后ANT、AMP、PRP对普通小球藻生长的影响

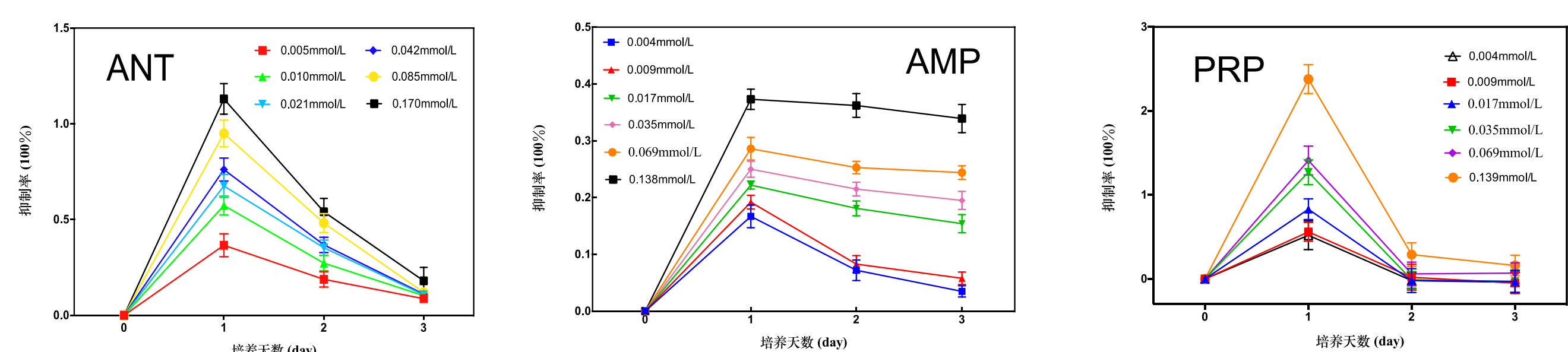


图1 各浓度ANT、AMP和PRP氯化消毒前对普通小球藻的生长抑制率

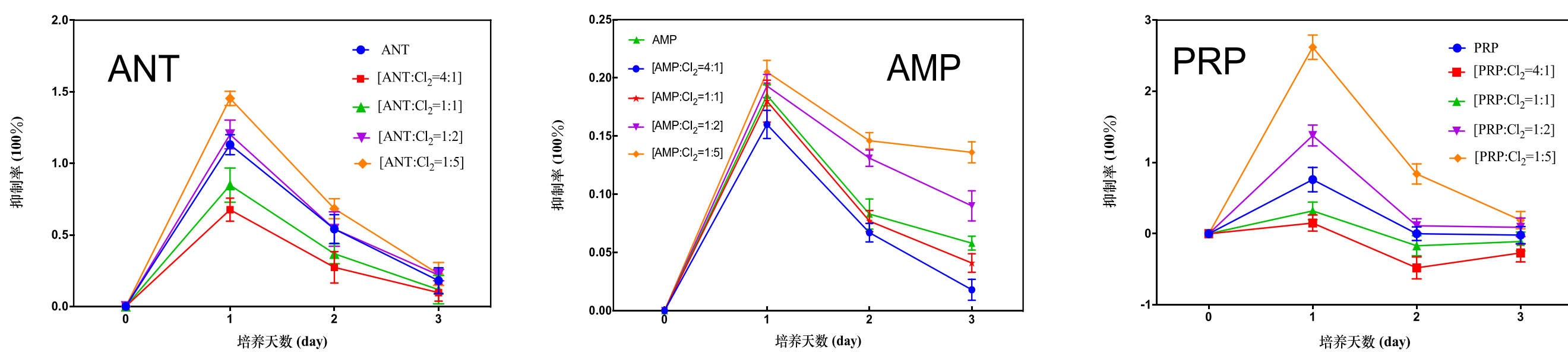


图2 氯化消毒前后ANT、AMP和PRP对普通小球藻的生长抑制率

此研究结果表明：1. 三种药物急性毒性的大小为AMP<ANT<PRP；2. 氯化消毒处理后，小球藻的抑制率随着氯投量的增加而上升；3. 低氯投量可有效降低这三种药物的急性毒性，而高氯投量则使其增加。

氯化消毒前后ANT、AMP、PRP对普通小球藻生理特性的影响

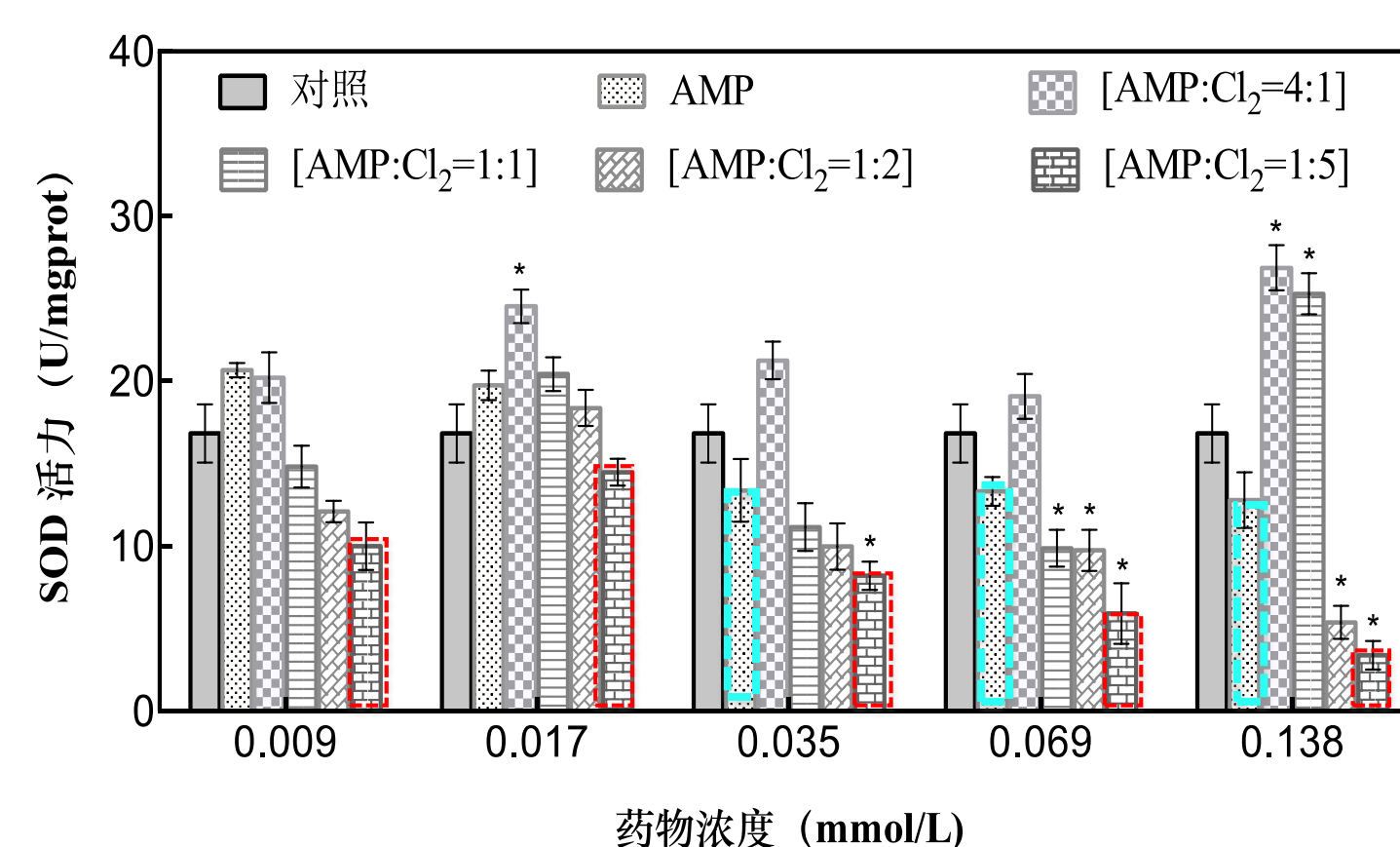


图3 氯化消毒前后AMP对普通小球藻SOD活性的影响

- MDA含量随着药物浓度和氯投量的增加而升高，在AMP:Cl₂的摩尔浓度比为1:5时，含量最高
- ANT和PRP两种药物有类似的结论。

丙二醛MDA，是细胞膜脂质过氧化反应的主要产物，常被作为指示指标来表征细胞膜脂质过氧化作用的程度。含量越高，表明损伤越严重。

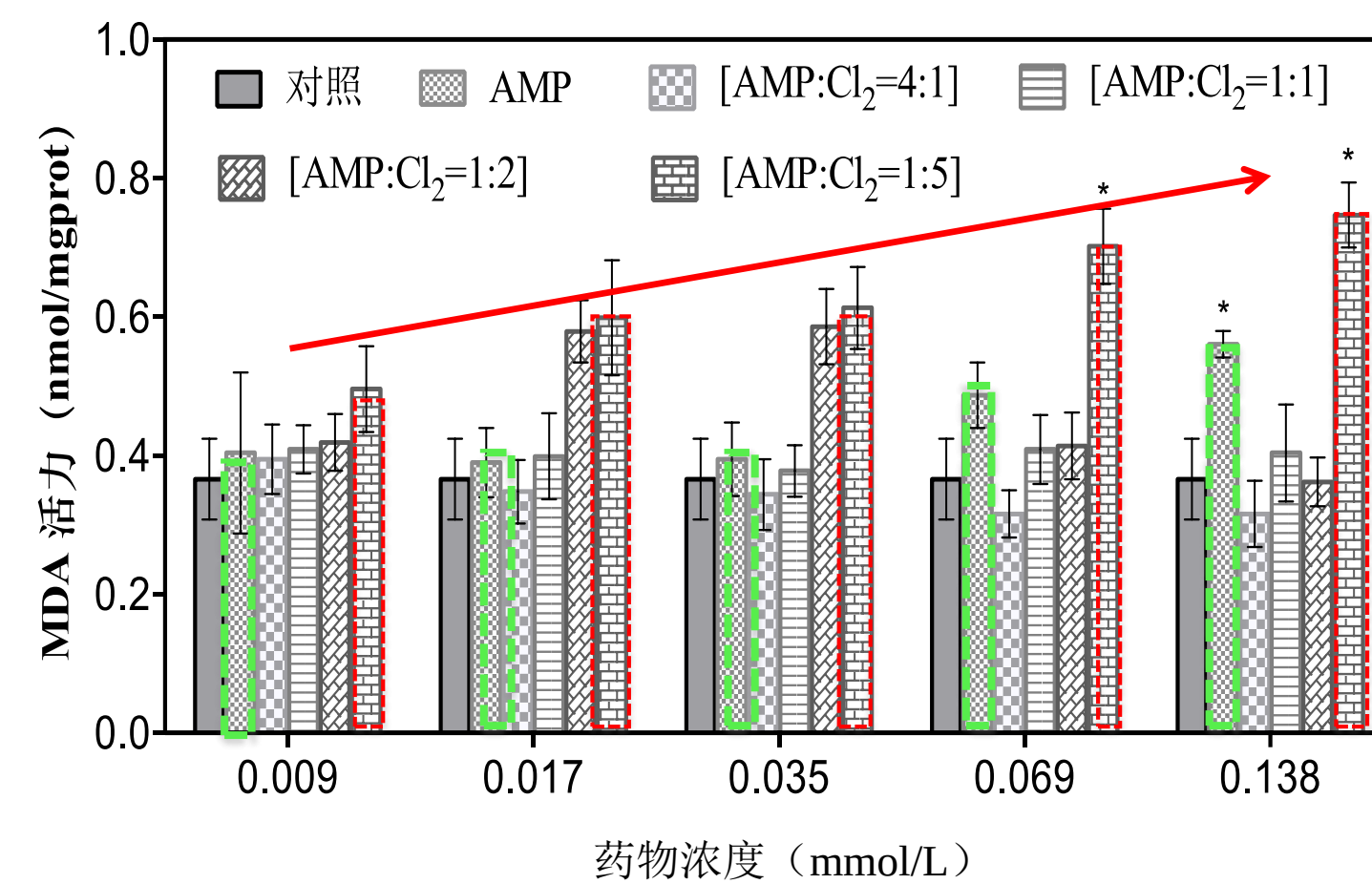


图4 氯化消毒前后AMP对普通小球藻MDA含量的影响

ANT、AMP、PRP在氯化消毒前后遗传毒性的变化

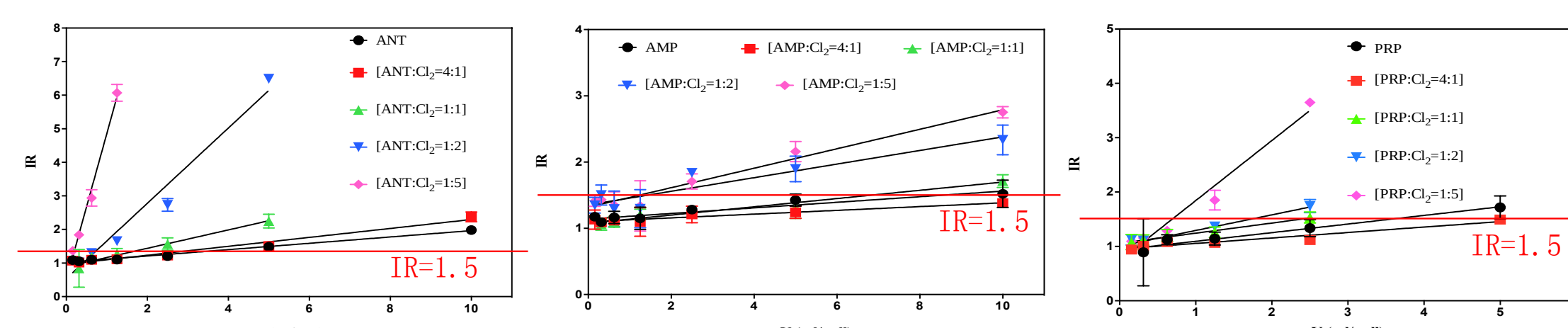


图5 ANT、AMP和PRP的直接DNA损伤剂量-效应曲线

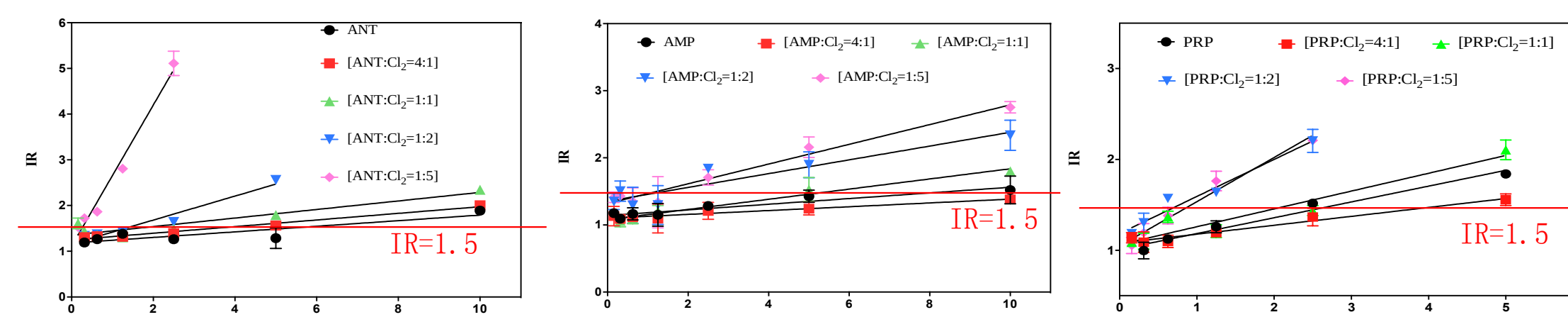


图6 ANT、AMP和PRP的间接DNA损伤剂量-效应曲线

- 比较三种药物氯化消毒前后的遗传毒性：AMP<PRP<ANT

- 如表1所示，AMP的TEQ值随着氯投量的增加而不断升高。经过外源代谢酶系统S9的作用，TEQ值明显高于代谢前，即间接遗传毒性明显高于直接遗传毒性。ANT和PRP两种药物有类似的结论。

表1 AMP的TEQ_{4-NQO} (-S9) 和 TEQ_{BaP} (+S9)值总结

样品	斜率 (well/ml)		TEQ值 (μg/L)	
	-S9	+S9	-S9	+S9
4-NQO	3171.897 (well/μg)	/	/	/
BaP	/	5.552 (well/μg)	/	/
AMP	0.025	0.051	/	/
AMP:Cl ₂ =4:1	0.075	0.024	/	/
AMP:Cl ₂ =1:1	0.094	0.063	0.032	13
AMP:Cl ₂ =1:2	0.119	0.107	0.041	19
AMP:Cl ₂ =1:5	0.266	0.138	0.091	25

结论

- 氯化消毒处理前，三种典型的吡唑酮类药物对普通小球藻的生长抑制作用强弱为AMP<ANT<PRP。这三种药物在较高的氯投量（药物和氯气摩尔浓度比为1:2和1:5时）氯化处理后，普通小球藻的生长抑制率高于氯化消毒前；但在较低的氯投量时（4:1和1:1）可有效降低急性生物毒性，即此时普通小球藻的生长抑制率低于氯化消毒前。
- SOD活性随着氯投量的增加而逐渐降低，且在较高药物浓度下的氯化实验组的抑制作用更为显著；MDA含量则随着氯的摩尔浓度比例的升高而不断上升，且在药物浓度较高的氯化实验组显著上升。
- 氯化消毒前，仅ANT、PRP具有遗传毒性，且毒性较小；AMP在氯化消毒后且当氯投量的比例大于等于1时开始具有遗传毒性。三种药物的遗传毒性均随着氯投量的增加而不断升高。在外源代谢酶系统S9的作用下，吡唑酮类药物及其氯化消毒后的测试样品经过转化形成了具有更高DNA损伤效应的物质。

致谢

本研究受到国家自然科学基金(No. 51578066)和北京市自然科学基金资助(No. 8152022)。

取得的主要研究成果：

- Ai-jie Jin, Li Feng, Liqiu Zhang, Yong-ze Liu. Changes of the toxic potential of drinking water containing aminopyrine before and after chlorine disinfection as determined by the algal toxicity assay and the SOS/umu assay. International Biodeterioration & Biodegradation, 2016.
- 靳爱洁, 封莉, 张立秋. 氨基比林在氯化消毒前后对小球藻生长及生理特性的影响[J]. 安全与环境学报, 2015.
- Ai-jie Jin, Li Feng, Liqiu Zhang. Effect of Aminopyrine on *Chlorella vulgaris* and Luminescent bacterium with and without chlorination. International Conference on Challenges in Environmental Science & Engineering. 28th Sep. to the 2nd Oct., 2015, Sydney.