

机,但在间歇期停用呼吸机 2 h后,患者即感胸闷、气短、口唇发绀,血气分析 PO_2 46.1 mm Hg,入院后 4 d患者胸闷、气短减轻,停用呼吸机^[7]。

6.1.2 氧疗的注意事项 注意及时清除呼吸道分泌物,保持呼吸道通畅。随时观察病人呼吸情况,必要时尽早作气管内插管或气管切开,吸痰时动作宜轻,吸痰负压不宜过大,以免损伤呼吸道黏膜。在血氧监测指导下给氧,使 SpO_2 维持在 98%~99%、 $PaO_2 > 11$ kPa。给氧时,先调好流量再吸氧,以免大量气体冲入气道加重呼吸道黏膜的损伤^[9]。

6.2 综合治疗

重度氮气窒息合并脑水肿、肺水肿患者,针对全身状况,早期进行对症和支持的综合救治是至关重要的。包括卧床休息,避免精神紧张、情绪激动,早期、适量、短程使用糖皮质激素,有效控制抽搐与惊厥,对躁动病人及时给予镇静剂,维持水、电解质及酸碱平衡,抗感染,加强营养支持等。

7 预防措施

存在氮气的设备管道、容器等定期维修,杜绝跑、冒、滴、漏。氮气置换后的设备容器应先经充分的通风、排风,测定氧含量在 20%以上时,方可进行检修。急需进入检修时须戴供氧式面具,并进行现场监护。加强安全教育,普及互救卫生知识,在检修设备时,应佩戴好防毒面具,系好安全带,一旦氮气窒息,应迅速脱离窒息环境,按救护规程进行急救,不可因盲目抢救他人,带来不必要损失^[10]。

参考文献:

[1] 杨志良,黄新华,刘向阳.氮气窒息死亡事故的调查[J].上海

预防医学杂志,1995 7(9): 427.

- [2] 李本庆,周耀红,李义,等.氮气窒息 4例报告[J].中华劳动卫生职业病杂志,1993 11(4): 235-236.
- [3] 聂丹,蒋冠玉.急性氮气窒息 2例报告[J].中国工业医学杂志,2008 21(2): 92-93.
- [4] 岳茂兴.窒息性气体中毒的机制及特点和现场急救原则[J].中国全科医学,2003 6(2): 150-152.
- [5] 何凤生.中华职业医学[M].北京:人民卫生出版社,1999 785-786.
- [6] 张天贵.氮气窒息抢救体会(附 9例报告)[J].化工劳动保护(工业卫生与职业病分册),1998 19(2): 70-71.
- [7] 张建国,苏湘慈.氮气窒息致多脏器损害抢救成功一例[J].中华劳动卫生职业病杂志,2000 18(6): 332-333.
- [8] 吴铁军.氮气严重窒息事故的教训[J].职业卫生与应急救援,2001 19(4): 202.
- [9] 牛淑香,祁芬,宋伟贞,等.氮气中毒合并颅内血肿、脑疝的抢救体会[J].山东医药,1999 39(12): 59.
- [10] 苏嫦娥.不同氧疗方式对病人血氧饱和度的影响[J].张家口医学院学报,2000 17(3): 55.
- [11] 高春锦,杨捷云.实用高压氧学[M].北京:学苑出版社,1997 22-136.
- [12] 李志才,张克,朱耀青.高压氧治疗瓦斯中毒 36例疗效观察[J].中华航海医学与高气压医学杂志,2006 13(6): 369-370.
- [13] 冯鸿义,于建军.氮气窒息 3例[J].中华劳动卫生职业病杂志,1994 12(2): 126.
- [14] 吴冰,王俊,郑彦宏,等.成功抢救氮气窒息致心跳呼吸骤停 1例报告[J].中国职业医学,2006 33(2): 119.

除草剂阿特拉津对不同动物模型生殖毒性的研究进展

杨倩,赛林霖,郭启明,刘毅*

(山东省职业卫生与职业病防治研究院,山东 济南 250062)

摘要: 阿特拉津是一种广泛应用的除草剂,许多国家和地区的地表水和地下水中都检出了阿特拉津的残留物。阿特拉津对动物生殖功能的影响,已经引起广泛关注。本文以阿特拉津对鱼类、两栖类、鸟类、哺乳类等四类动物模型的生殖毒性进行了综述,为预防和减轻阿特拉津对人类的不良影响提供理论依据。

关键词: 除草剂;阿特拉津;动物模型;生殖毒性

中图分类号: R994.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-221X(2009)06-0440-03

Research progress on reproductive toxicity of atrazine in different animal models

YANG Qian, SAILinlin, GUO Qiming, LIU Yi

(Shandong Academy of Occupational Health and Occupational Medicine, Jinan 250062, China)

Abstract: Atrazine is a herbicide widely used in the world. It has been reported that the residues of atrazine could be detected in both surface water and groundwater in many countries. The harmful effect of atrazine on reproductive system of animals has attracted an increasing attention. In this paper, the reproductive toxicities of atrazine in the fish, amphibians, birds, mammals were well reviewed.

Key words: Herbicide; Atrazine; Animal model; Reproductive toxicity

收稿日期: 2009-05-18 修回日期: 2009-07-30

作者简介: 杨倩 (1985-) 女,在读硕士研究生,主要从事卫生毒理研究。

* 通讯作者, Email: 176161@163.com

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

阿特拉津 (atrazine),又名莠去津,是选择性内吸传导型苗前、苗后除草剂,适用于玉米、高粱、甘蔗、茶园、果园和林地及铁路等,可防除一年生禾本科杂草和阔叶杂草,对

多年生杂草也有一定的抑制作用。该除草剂在 1952年由 Geigy 化学公司研制开发, 1958年申请瑞士专利, 1959年投入商业生产, 在世界范围内得到了大面积的推广和使用。

在过去 30年中, 阿特拉津一直被认为是一种安全有效的产品, 并被广泛推荐使用在许多农作物中。但已有研究证明, 阿特拉津能够影响动物的生殖功能, 故已被世界野生动物基金会列为环境内分泌干扰物^[1]。在美国, 阿特拉津已成为地表水和地下水的第二大污染物, 其浓度远远超过美国环保局规定的安全浓度^[2]。我国是一个农业大国, 农药的生产与使用量均居世界前列。从 20世纪 80年代初我国开始使用阿特拉津, 每年用量以平均 20%的速度递增^[3], 并伴随着人类的农耕活动及河流的汛期大量进入自然水体。随着时间的推移和生产实践的深化, 特别是人们环保意识的增强, 阿特拉津生殖毒性的作用引起了人们的高度重视。

1 阿特拉津的结构及理化性质

阿特拉津, 化学名称为 2-氯-4-乙胺基-6-异丙胺基-1,3,5-三嗪。纯品为无色结晶, 熔点 173~175℃, 20℃时蒸气压为 4.0×10^{-5} Pa, 25℃时在水中的溶解度为 33 g/ml。在微酸及微碱介质中较稳定, 在较高的温度下能被强酸和强碱水解。原粉为白色粉末, 纯度在 92%以上。

2 阿特拉津的生殖毒性

一直以来, 国内外专家学者分别应用不同的动物模型对阿特拉津的生殖毒性进行研究, 但却得出了非一致性的结论。本文针对阿特拉津对不同动物模型的生殖毒性作用的研究进展做一详细综述。

2.1 鱼类

关于阿特拉津对鱼类的生殖毒性, 各国学者的研究重点集中在阿特拉津对鱼类性类固醇的影响上。大部分试验以性成熟鱼类为动物模型, 分析暴露后鱼类血浆中的性类固醇水平; 小部分试验以幼鱼为模型, 分析幼鱼全身或腺体中类固醇的剂量水平的变化。结论普遍认为, 阿特拉津对鱼类性类固醇水平几乎没有影响, 即使产生影响时, 阿特拉津的浓度也远远高于环境相关浓度^[4]。

Spaak 等给予性成熟金鱼 100和 1 000 μ g/L浓度的阿特拉津, 连续暴露 21 d, 结果金鱼的睾酮、雌二醇浓度未见显著变化, 卵黄蛋白原在血浆中浓度也没有变化; 金鱼血浆中的类固醇浓度虽然有所改变, 但这种暂时性的改变, 不足以影响其生殖功能^[5]。Bringolotti 证实, 在环境相关浓度下, 阿特拉津对黑头鱼没有很强的雌激素效应, 亦无明显的生殖毒性^[6]。

总而言之, 阿特拉津对鱼类性类固醇剂量的影响是很小的, 对鱼类没有明显的生殖毒性。

2.2 两栖类

近几年来, 大多数学者皆选择对外源物质敏感的两栖类为模型动物, 研究阿特拉津对其生殖发育的影响, 但试验结果却出现很大的差异。

Jooste 等观察阿特拉津对蝌蚪发育的影响, 研究发现, 各种浓度的阿特拉津对蝌蚪的发育均没有影响, 对照组和暴露

组性腺畸形率也没有显著差别。这些结果说明蝌蚪性腺畸形发生率与阿特拉津无关, 它的发生可能是个体生长中的自然现象^[7]。另一学者 Murphy 对 2003年收集的未成年蛙进行观察发现, 性腺畸形的发生率在农业区和非农业区并没有区别。只有最大浓度的阿特拉津暴露与未成年蛙性腺畸形的发生率相关, 其余浓度的阿特拉津与性腺畸形的发生率并没有显著关联。这个结果也说明阿特拉津的暴露浓度与性腺畸形的发生率之间没有相关性^[8]。Oka 等以野生型蝌蚪和 all-ZZ-make cohort 型蝌蚪为模型, 研究阿特拉津对非洲爪蟾发育和性别分化的影响。得出的结论认为, 阿特拉津对蝌蚪的变态时间没有影响, 且在所有的幼蛙中没有出现雌雄同体的现象^[9]。

以上结果表明, 阿特拉津对非洲爪蟾的性腺发育没有显著影响。但是, 另外一些学者却得出了相反的结论。

Tavera 等对阿特拉津暴露组中的非洲爪蟾蝌蚪进行定量组织学分析, 发现生殖腺双睾丸数减少了 57%; 不发育或者发育不全的睾丸有 10%; 初级精原细胞减少到 70%; 滋养细胞减少到 74%。精原细胞和滋养细胞的联合降低, 说明在性别分化期暴露于 21 mg/L 阿特拉津, 能够显著降低爪蟾育龄期的生殖能力, 阿特拉津对爪蟾有一定的生殖毒性^[10]。同时, Hayes 等在对被阿特拉津污染的美国八个地区的蛙类及环境中阿特拉津含量进行研究后发现, 这些地区中有 10%~92%的蛙类发生了性腺变异, 精巢和卵巢形态异常, 实验室研究也发现了类似的结果^[11]。

但是, 关于阿特拉津引起生殖毒性的浓度问题仍存在争议。Hayes 等认为在阿特拉津浓度为 0.1 μ g/L (美国环保法规定饮用水中的阿特拉津量不允许超过 3 μ g/L) 的情况下, 有 1/3的美洲豹纹蛙蝌蚪体内出现了变异的混合性腺^[11]。但 Can 等的实验数据表明阿特拉津的浓度达到 25 μ g/L 时, 才会引起大量蛙类出现性腺变异^[12]。

以非洲爪蟾为模型进行阿特拉津生殖毒性试验, 得出的结论普遍认为环境中阿特拉津浓度对其生长速度、性腺发育、性比、性别分化没有显著性影响。但是, Hayes 教授 2002年报道, 环境浓度下的阿特拉津可诱导非洲爪蟾出现雌雄同体, 稍晚些的野外调查也证实了这一实验室结果。此报道引发了相关学者及美国环保局的热议争论, 但是由于各实验室间的研究结果存在很大差异, 所以到目前为止, 阿特拉津是否干扰非洲爪蟾的生殖内分泌系统还没有定论。

2.3 鸟类

关于阿特拉津对鸟类生殖毒性的影响, 大多数研究都以鹌鹑为动物模型。一些研究表明, 当饮食中的阿特拉津浓度为 0.1和 1 mg/kg 时, 能增加雌性鹌鹑输卵管的重量。而 Trentacoste 指出, 任何浓度的阿特拉津对鹌鹑的卵巢重量都不产生影响^[13]。在 Wilhelm 等进行的实验中, 暴露组与对照组相比, 雌性鹌鹑的卵巢重量和血清中妊娠素浓度分别降低了 48.3%和 73.3%, 雌二醇和睾丸酮浓度则没有显著变化; 只有阿特拉津的暴露浓度高于环境最高浓度时, 才能够影响雌性鹌鹑的生殖系统^[14]。

Wilhelm 等对雄性鹌鹑的研究发现, 当阿特拉津在饮食

中的浓度为 10 mg/kg 时, 增加了雄性鹌鹑的睾丸重量和性腺指数, 同时增加了血清中雌二醇的浓度, 降低了精小管直径; 而浓度为 1 000 mg/kg 时, 则增加了睾丸酮的循环浓度, 由此推断阿特拉津可能会影响雄鸟的生殖发育^[15]。2006 年 Wilhelm 又在另一项实验中得出, 阿特拉津暴露浓度为 504 mg/kg 时, 鹌鹑性别比不发生变化, 而且任何浓度的阿特拉津暴露对雄性鹌鹑的腺体重量、雌二醇、睾丸酮和妊娠素浓度都不产生影响, 但却观察不到左侧精巢的形成^[14]。由此得出, 阿特拉津可能会影响雄性鹌鹑的生殖发育。

2.4 啮齿类

众多学者以大鼠为模型动物, 对阿特拉津的生殖毒性进行了大量的研究。Sinc 等研究表明, 阿特拉津能够诱导大鼠芳香化酶的活性, 使雌性大鼠体内雌激素的含量增加, 促进子宫内膜增长, 子宫肌增厚, 促进卵泡的发育和分化^[16]。

Knijewski 等以 LE-hooded 和 SD 两种品系的大鼠为对象, 研究阿特拉津对其卵巢功能的影响。每天喂食 75 mg/kg 的小白鼠, 在以后的 4 d 中其卵巢正常的周期活动被打乱; 每天喂食 150 mg/kg 的小白鼠, 导致了雌性小白鼠出现反复的假孕现象; 最高剂量 300 mg/(kg·d) 组阿特拉津导致了 SD 雌性大鼠重复性假孕, LE-hooded 雌性大鼠卵巢退化^[17]。

Dunkelberg 研究发现, 阿特拉津具有抗雄激素的活性, 能够抑制睾酮转化过程中酶的活性以及类固醇激素受体的形成。雄性大鼠体内睾酮的降低和雌二醇含量的增加, 不仅能够导致睾丸发育障碍, 精子生成的减少及活力的降低, 严重的还会导致雄性动物雌性化^[18]。Stoker 的研究显示在生命早期暴露于阿特拉津的 Wistar 大鼠, 成年后包皮分离时间延迟, 且增加了前列腺炎的发生率^[19]。

以大鼠为模型动物的实验结果显示, 阿特拉津能够影响雌性大鼠的卵巢功能; 对雄性大鼠的脑下垂体, 前列腺相对重量也有显著影响, 并能使大鼠的青春期出现延迟。

3 结语

随着农业的迅速发展, 阿特拉津在农业中的应用越来越广泛, 对环境造成了极大的威胁。阿特拉津对各种生物体生殖系统的影响尤其得到广泛的关注。阿特拉津对鱼类和雌性鸟类没有明显的毒性作用, 对哺乳类和雄性鸟类具有一定的生殖毒性, 尤其对两栖类生殖毒性的最小作用浓度还存在着较大争议。推测国内外学者对阿特拉津生殖毒性进行研究得出的差异性结果, 可能是动物模型的种类和检测时间的不同造成的, 也可能是检测手段的差异所致^[20-21]。针对这些不一致性, 我们需要进一步研究探讨并建立阿特拉津生殖毒性评价的理想动物模型, 更加深入地研究它的生殖毒性作用及机制, 从而为预防和减轻其对人类和动物生殖系统的不良影响提供坚实的理论基础。

参考文献:

- [1] 齐文启, 孙宗光, 汪志国, 等. 环境荷尔蒙研究的现状及其监测分析 [J]. 现代科学仪器, 2000 4: 32-38
- [2] US environmental protection agency rule and regulations [J]. Fed Regist 1991 56 3552
- [3] 万年升, 顾继东, 段舜山. 阿特拉津生态毒性与生物降解的研究

- [J]. 环境科学学报, 2006 26 (4): 552-560
- [4] Keith R, Solomon A, James A, et al. Effects of atrazine on fish amphibians and aquatic reptiles: a critical review [J]. Critical Reviews in Toxicology 2008 38 721-772
- [5] Storb L, Tyler C R, Aerle R, et al. Effects of atrazine on sex steroid dynamics plasma vitellogenin concentration and gonad development in adult goldfish (*Carassius auratus*) [J]. Aquat Toxicol 2004 66 (4): 369-379
- [6] Brinsford R B, Bekken J B, Summerfelt R C, et al. Effects of atrazine on fathead minnow in a short term reproduction assay [J]. Environ Toxicol Chem 2004 23 (4): 1019-1025
- [7] Jooste AM, Du Preez L H, Carr J A, et al. Gonadal development of larval male *Xenopus laevis* exposed to atrazine in outdoor microcosms [J]. Environ Sci Technol 2005 39 (14): 5255-5261.
- [8] Murphy M B, Hecker M, Coady K K, et al. Atrazine concentrations, gonadal gross morphology and histology in ranid frogs collected in Michigan agricultural areas [J]. Aquat Toxicol 2006 76 (3-4): 230-245
- [9] Oka T, Tooti Q, Mitsu N, et al. Effect of atrazine on metamorphosis and sexual differentiation in *Xenopus laevis* [J]. Aquat Toxicol 2008 87 (4): 215-226
- [10] Tavera-Mendoza L, Ruby S, Brousseau P, et al. Response of the amphibian tadpole (*Xenopus laevis*) to atrazine during sexual differentiation of the testis [J]. Environ Toxicol Chem 2002 21 (3): 527-531.
- [11] Hayes T B, Haston K, Tsui M, et al. Atrazine induced hermaphroditism at 0.1 ppb in American Leopard frogs (*Rana pipiens*): laboratory and field evidence [J]. Environ Health Perspect 2003 11 (4): 568-575
- [12] Carr J A, Gentles A, Smith E E, et al. Response of larval *Xenopus laevis* to atrazine: assessment of growth, metamorphosis and gonadal and laryngeal morphology [J]. Environ Toxicol Chem 2003 22 (2): 396-405
- [13] Trinacose S V, Friedman A S, Youker R T, et al. Atrazine effects on testosterone levels and androgen dependent reproductive organs in periparturient male rats [J]. J Androl 2001 22 (1): 142-148
- [14] Williams K W, Cutler S A, Proughman J A, et al. Lack of effects of atrazine on estrogen responsive organs and circulating hormone concentrations in sexually immature female Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) [J]. Chemosphere 2006 65 (4): 674-681
- [15] Williams K W, Cutler S A, Proughman J A, et al. Effects of atrazine on sexual maturation in female Japanese quail induced by photostimulation or exogenous gonadotropin [J]. Environ Toxicol Chem 2006 25 (1): 233-240
- [16] Sinc B, Knjewski J, Knjewski Z. Effect of atrazine on reproductive performance in the rat [J]. J Appl Toxicol 1994 14 (6): 401-404
- [17] Knjewski J, Jakominc M, Tomljenovic A, et al. Disorders of female rat reproductive tract under the influence of atrazine [J]. J Appl Toxicol 2000 20 (1): 61-68
- [18] Dunkelberg H, Fuchs J, Hengstler J, et al. Genotoxic effects of herbicide alachlor, atrazine, pendimethalin, and simazine in mammalian cells [J]. Bull Environ Contam Toxicol 1994 52 (4): 498-504.

(下转第 472 页)

的信息以即时通讯、邮件、手机短信的方式通知专家和参与会诊的机构,同时信息也会反馈给发起方。会诊完成后会将会诊过程中产生的文字、音视频资料进行整理、归档,以便后来的查阅和教学。

3 远程会诊的会诊方式

3.1 语音会诊

远程会诊平台的用户可以通过即时通讯软件语音通话功能实现语音会诊,系统还实现了固定电话、移动电话接入会诊参会的功能。专家不在会诊节点仍可通过电话语音接入参与到会诊中发表自己的观点。

3.2 实时文档、图片或实物展示

系统的视频终端支持双流功能,可以在会诊过程中实时传输文档、图片、幻灯讲义等,主持方可以实时将修改、标注的文档向参与方展示,共同讨论。系统还可以将实物通过实物展示台 VCR信号接入,供参与会诊的专家鉴别。

3.3 病例/事件资料会诊

会诊专家可以借助于远程会诊平台,通过分析各种方式提交的文字、数据、图像等信息对病例/事件进行判断,得出结论。资料的提交与实时会诊不同,病例/事件资料会诊可根据资料的完整程度按需召开。

3.4 视频会诊

视频会诊是远程会诊采用的主要会诊方式,参与方可以通过音视频传输实现实时的信息沟通与互动,还可以同时兼顾实现上述的三种会诊方式。视频会诊实现点对点和最多 4 方视频显示及其他方式实时参与。系统可以将视频会诊的内容以 Web 方式广播,所有未参与会诊的平台用户可以通过浏览器实时观看会诊。系统具备 VOD 点播功能,可以通过协同工作平台登陆点播系统,学习成功举行的会诊实例,实现远程教学的功能。

4 远程会诊的实现形式

4.1 固定场所会诊

国家级及省级基地远程会诊室、中毒控制及临床救治机构固定会诊场所实现的会诊。多方参与的会诊由国家级基地通过 MCU (主控制器) 发起,邀请省级基地参加,可以实现 4 方视频显示和不少于 50 用户同时在线。系统允许节点依据网络和设备条件自动调整视频显示质量,以达到最佳会诊效果。会诊的内容可以实现 Web 广播,满足远程会诊平台用户实时在线观看会诊过程。双方点对点实现的会诊可以不通过 MCU 直接由视频终端呼叫连接相应的音视频设备。

4.2 移动场所会诊

突发中毒事件现场、无固定会诊室的专业医疗机构实现的

会诊。参与方可以利用各种非常规的接入条件 (无线上网、卫星) 参与会诊,很好地满足现场通讯条件缺乏的状况。

5 远程会诊平台与应急平台和毒物数据库整合

将“突发中毒事件应急预警处置及支持平台”和“毒物数据库及有毒动植物标本库平台系统”整合在远程会诊协同工作平台上,实现单一用户多平台系统登陆,为中毒事件处理和专业信息数据的查阅提供便利。突发中毒事件应急平台中的事件信息与远程会诊协同平台中的会诊事件信息可实现横向关联,共享事件信息资料。远程会诊中涉及的毒物信息可以直接通过整合的毒物数据库浏览毒物信息、解毒药物、检测方法、机构、重大事件、相关病例文献等信息,实现信息共享。

6 局限性

系统基于 Internet 传输,公网传输的不稳定性会影响到视频传输质量,会诊视频、音频、图像的传输对网络带宽有要求,保证带宽的前提下,网速也会受到不同因素的影响。网络使用费与会诊的使用频率对救治基地管理者来讲也是必须考虑的问题。初期参与这个系统的救治基地少,尚未形成统一完善的会诊管理制度。

7 结论

本系统首次应用于中毒控制及事件处理,为国家级救治基地与省级基地及其他中毒控制相关机构的沟通、突发事件会商和患者远程会诊提供了一个专业平台;为中毒事故处理提供决策分析、历史数据分析依据,为突发中毒事件处置、病人救治提供便捷、有效的途径。本系统采用了目前相对成熟的系统平台及硬件设备,考虑到中毒现场处理的复杂条件,还配备了相应的硬件。远程会诊移动终端的接入可在第一时间为事件的处理专家提供较为详尽的现场参考资料,弥补了电话会诊和专家现场会诊的不足,提高了中毒事件专业处理的质量和效率。系统专家库的建立使中毒专业人员资源得到很好的利用。交互式的信息技术为救治基地远程会诊提供工具,发挥了通信网络的时空优势。成功会诊资料的共享为中毒专业的讨论提高提供可能。远程会诊平台初步建成后已进行了遵化一氧化碳中毒事件、广西大新县不明原因中毒事件、吉林蛟河市实验小学课桌椅甲醛超标事件等多次事件会讨论,取得较好效果。随着越来越多救治基地的接入和应用,本系统的功能会更加完善,更好地为专业服务。

参考文献:

- [1] 朱士俊. 我国远程医疗发展现状、难点和对策分析 [J]. 中国信息界, 2006 (4): 60-63
- [2] 岳晓钟. 浅析远程会诊对传统诊疗的影响 [J]. 黑龙江医药科学, 2007 30 (6): 95.

(上接第 442 页)

- [19] Stoker TE, Laws SC, Guidicid L, et al. The effect of atrazine on puberty in male wistar rats: an evaluation in the protocol for the assessment of pubertal development and thyroid function [J]. Toxicol Sci 2000 58 (1): 50-59
- [20] Hecker M, Giesy JP, Jones PD, et al. Plasma sex steroid concentrations and gonadal aromatase activities in African clawed frogs (Xenopus laevis) from the con-growing region of South Africa [J]. Environ Toxicol Chem 2004 23: 205-216
- [21] Hecker M, Park JW, Murphy M B, et al. Effects of atrazine on CYP19 gene expression and aromatase activity in testes and on plasma sex steroid concentrations of male African clawed frogs (Xenopus laevis) [J]. Toxicol Sci 2005 86 (2): 273-280.