



# 亲代三丁基锡暴露对 F1 代 KM 小鼠血常规的影响

尹玉伟, 孙平, 孙杰, 王书文, 张纪亮, 熊建利

(河南科技大学动物科技学院, 河南 洛阳 471003)

**【摘要】目的** 探讨亲代三丁基锡暴露对 F1 昆明小鼠血常规的影响。**方法** 将雌、雄各 40 只小鼠随机分别分为空、低、中、高浓度组(0、0.2、2 和 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), 每天进行染毒, 持续 45 d。在第 60 天时, 将同浓度组的雌:雄鼠按 1:1 进行同笼配种。仔鼠出生 60 d 后取血, 进行血常规的检测。**结果** 与对照组相比, F1 代雄性低浓度和高浓度组的红细胞数量和血红蛋白量显著增加( $P < 0.01$ ); F1 代雄性低浓度组红细胞体积、平均血红蛋白含量( $P < 0.01$ )和淋巴细胞绝对值( $P < 0.05$ )显著降低; F1 代雌性高浓度组的红细胞数量显著增加( $P < 0.01$ ), F1 代雌性小鼠的血红蛋白量、红细胞压积、血小板量三项指标随着 TBT 浓度的增加呈剂量依赖性。**结论** 亲代 TBT 暴露影响 F1 代小鼠的血常规, 且低浓度时对 F1 代雄性小鼠的影响最大, 高浓度时对 F1 代雌性小鼠的影响最大。

**【关键词】** 三丁基锡; 小鼠; 血常规指标

**【中图分类号】**R332 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1671-7856(2015) 05-0042-05

doi: 10.3969/j.issn.1671.7856.2015.005.010

## Effects of parents exposure to tributyltin (TBT) on blood routine of F1 generation KM mice

YIN Yu-wei, SUN Ping, SUN Jie, WANG Shu-wen, ZHANG Ji-liang, XIONG Jian-li

(Animal Science and Technology College, Henan University of Science and Technology, Henan Luoyang 471003, China)

**【Abstract】 Objective** To explore effects of parents exposure to TBT on blood routine of F1 generation mice. **Methods** 80 mice including 40 males and 40 females, were randomly divided into control groups (CK), low dose groups (LTBT), middle dose groups (MTBT) and high dose groups (HTBT). They were given dose of TBT (0, 0.2, 2, 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) every day. The experiment lasted 45 days. At 60 days, one female and one male of the same concentration were bred in the same cage according to 1:1. At postnatal day 60, blood was collected for the determination of blood routine. **Results** Compared with control group, the number of red blood cells and hemoglobin of F1 generation male mice in LTBT and HTBT groups were significantly increased ( $P < 0.01$ ); Red blood cell volume, mean corpuscular hemoglobin ( $P < 0.01$ ), and the lymphocyte absolute value in F1 generation male LTBT were significantly reduced ( $P < 0.05$ ); HTBT of female mice were significantly increased about the number of red blood cells ( $P < 0.01$ ). A dose-dependent increase of the hemoglobin, red blood cells, and platelet count of F1 generation female experimental groups was observed. **Conclusion** Parental TBT exposure affects the F1 mice blood routine. There is the greatest influence on LTBT in F1 generation male mice and on HTBT in F1 generation female mice.

**【Key words】** Tributyltin; Mice; Blood routine examination

[基金项目] 河南科技大学 SRTP 项目(2014264)。

[作者简介] 尹玉伟(1992-), 男, 本科生, 动物医学。

[通讯作者] 孙平(1975-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 动物生态。E-mail: pingsunny@msn.com。

有机锡因具有良好的杀菌灭藻以及防止软体海洋生物附着于船体的功能而被广泛用于船体和海洋建筑表面,但防污的同时它对海洋环境和海洋动物造成严重的影响<sup>[1]</sup>,三丁基锡(tributyltin, TBT)被认为是迄今为止由人为因素大量进入海水环境的最毒的化学品之一<sup>[2]</sup>。目前在海水<sup>[3-4]</sup>、底泥<sup>[5-7]</sup>、纺织品<sup>[8-9]</sup>和尿样<sup>[10]</sup>中均发现有有机锡化合物的存在。海洋生物对 TBT 有很强的富集能力,使 TBT 通过食物链进入人体,对人类的健康构成潜在威胁<sup>[11]</sup>。骆焕荣等<sup>[12]</sup>的研究表明,人 TBT 急性中毒时表现出严重的胃肠系统毒性、中枢神经系统毒性和肾脏毒性。近年来报道,TBT 不仅具有急性毒性,还具有遗传毒性、免疫毒性和环境内分泌干扰毒性<sup>[13]</sup>。D. 阿那尼等<sup>[14]</sup>的研究表明,氯化二丁基锡对雌性小鼠有生殖毒性,在剂量 $\geq 0.05 \mu\text{g}/\text{kg}$ 作用下,母鼠食欲不振,体重下降,阴道、子宫萎缩,怀胎数下降等。鉴于 TBT 的广泛地毒性,人们对其致毒机制进行深入的探究。

血液在维持机体内环境稳定上起着重要的作用,具有运输、缓冲、营养和防御等功能<sup>[15]</sup>。刘凤军等<sup>[16]</sup>研究发现,小鼠钼中毒时,严重影响小鼠的血常规。吕良炬等<sup>[17]</sup>研究发现,对家兔分别进行 0.03、0.3、3 mg/kg TBT 和 TBT 的急性注射实验,观察到 TBT 和 TBT 导致家兔的心率和动脉血压产生剂量依赖性的下降。张朝红等<sup>[18]</sup>的研究表明,TBT 与牛血清白蛋白有明显的相互作用,且程度和方式与浓度、酸度和有机溶剂等因素有关。然而亲代 TBT 攻毒对子代小鼠血常规的影响尚未知,鉴于此,本实验以不同浓度的 TBT 暴露亲代小鼠,研究对子代小鼠血常规产生的影响。

## 1 材料和方法

### 1.1 试剂与仪器

#### 1.1.1 试剂与配制方法

TBT(纯度 $\geq 97\%$ ,Fluka 公司,4℃保存),西王玉米胚芽油(山东西王食品有限公司)。

TBT 母液配制:a. 配 180  $\mu\text{g}/\text{mL}$  浓度的母液:用移液枪取 10850  $\mu\text{L}$  的玉米油装入棕色广口瓶中,在用移液枪取 1.6  $\mu\text{L}$  TBT 注入该瓶中,混匀,即得到母液;b. 用铝箔纸将其全封住,放入 4℃ 冰箱内保存。

#### 1.1.2 主要仪器

电子天平(10200-3-G)(沈阳龙腾电子有限

公司);不同量程的微量移液枪若干(郑州鼎国生物技术有限公司);XF9080A 动物血液自动分析仪(南京皓海仪器)。

### 1.2 实验动物

清洁级,4~5 周 KM 小鼠,体重 16~18 g,雌、雄各 40 只,饲养期间给予啮齿类动物标准颗粒饲料,购于河南省实验动物中心【SCXK(豫)2010-0002】,饲养于洛阳普莱柯生物实验动物屏障系统【SYXK(豫)2013-0003】。12 h 循环光照,室温( $23 \pm 2$ )℃,恒定湿度,自由饮食。并按实验动物的 3R 原则,给予人道关怀。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 亲代(F0 代)TBT 暴露

F0 代 TBT 暴露,将 80 只小鼠随机分成 8 组( $\delta$ :4 组;♀:4 组),每组 10 只,分别饲喂玉米油对照组(CK 组),0.2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TBT 低浓度组(LTBT 组),2  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TBT 中浓度组(MTBT 组)和 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  TBT 高浓度组(HTBT 组)。将 TBT 母液稀释注入质量为 2 g 左右的长条状胡萝卜中,每天上午定时饲喂小鼠,对照组饲喂含玉米油的胡萝卜,每天中午进行检查,对已经吃完胡萝卜的小鼠,在料槽中添加全价饲料,没有吃完的等到吃完后再进行添加。每 3 d 称重一次并记录,计算下一次用药量。暴露持续 45 d。

#### 1.3.2 子代(F1 代)小鼠血样采集

F0 代暴露结束后的第 10 天时,将同浓度组的雌、雄鼠按 1:1 进行同笼配种。仔鼠在出生后到达 20 日龄左右,断奶并将雌、雄分笼饲养。F1 代子鼠到达 60 日龄时,F1 代小鼠体重在 40~45 g,每一浓度组随机取出雌、雄小鼠各 6 只进行摘眼球取血,对血样进行常规检查包括以下项目:红细胞(RBC)、血红蛋白(HGB)、红细胞压积(HCT)、红细胞平均体积(MCV)、平均血红蛋白量(MCH)、平均血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞分布宽度标准差(RDW-SD)、红细胞体积分布宽度变异系数(RDW-CV)、白细胞数(WBC)、淋巴细胞百分比(LYM)、淋巴细胞绝对值(LYMPH)、大型血小板比率(P-LCR)、血小板分布宽度(PDW)、平均血小板体积(MPV)、血小板(PLT)。

### 1.4 数据分析

采用 SPSS19.0 统计软件进行数据处理,对各组数据进行单因素方差分析和两两比较(LSD), $P < 0.05$  为显著, $P < 0.01$  为极显著。

## 2 结果

### 2.1 亲代 TBT 暴露对 F1 代雄性血常规的影响

如表 1 所示:与对照组相比:LTBT 组在 RBC 数目增多极显著( $P < 0.01$ )、HGB 含量升高显著( $P < 0.05$ )、MCV 降低极显著( $P < 0.01$ )、MCH 降低极显著( $P < 0.01$ )、RDW-SD 降低极显著( $P < 0.01$ )、LYMPH 降低显著( $P < 0.05$ )、P-LCR 降低极显著( $P < 0.01$ )、PDW 减小极显著( $P < 0.01$ )、MPV 缩小极显著( $P < 0.01$ );MTBT 组在 RDW-SD 降低极显著( $P < 0.01$ )、P-LCR 降低显著( $P < 0.05$ );HTBT 组在 RBC 数目增多极显著( $P < 0.01$ )、HGB 含量升高极显著( $P < 0.01$ )、HCT 升高显著( $P < 0.05$ )、RDW-SD 降低显著( $P < 0.01$ )、P-LCR 降低极显著( $P < 0.01$ )、PDW 减少极显著( $P < 0.01$ )、MPV 缩小极显著( $P < 0.01$ )。

### 2.2 亲代 TBT 攻毒对 F1 代雌性血常规

如表 2 所示:与对照组相比,LTBT 组在 HGB 含量升高极显著( $P < 0.01$ )、HCT 升高极显著( $P <$

$0.01$ )、PLT 数目增加显著( $P < 0.05$ );MTBT 组在 HGB 含量升高极显著( $P < 0.01$ )、HCT 升高极显著( $P < 0.01$ )、RDW-SD 升高极显著( $P < 0.01$ )、RDW-CV 升高极显著( $P < 0.01$ )、PLT 数目增多极显著( $P < 0.01$ )、MCHC 指标显著降低( $P < 0.05$ );HTBT 组在 RBC 数目增多极显著( $P < 0.01$ )、HGB 含量升高极显著( $P < 0.01$ )、HCT 升高极显著( $P < 0.01$ )、RDW-SD 升高极显著( $P < 0.01$ )、RDW-CV 升高显著( $P < 0.05$ )、PLT 数目增多极显著( $P < 0.01$ )、MCHC 指标显著降低( $P < 0.05$ )。

在 F1 代雌性血常规中,随着对亲代暴露 TBT 剂量的增高,部分血常规指标存在一定的剂量效应。随着 TBT 浓度的增高:HGB 含量、HCT 含量、PLT 数量呈现剂量依赖性增加;MCHC 指标呈现先降低后增加的趋势,但是 TBT 组都低于 CK 组;RDW-SD 指标、RDW-CV 指标呈现先增加后降低的趋势,但是 TBT 组都高于 CK 组。

表 1 亲代三丁基锡攻毒对子代雄性血常规的影响  
Tab. 1 Effects of parents exposure to TBT on blood routine of male mice offspring

项目 Item	组别 Groups			
	CK	LTBT	MTBT	HTBT
RBC/( $10^9/L$ )	10.85 ± 0.08	12.04 ± 0.28**	11.08 ± 0.17	11.71 ± 0.23**
HGB/(g/L)	153.67 ± 1.48	159.67 ± 3.0*	152.00 ± 1.26	162.67 ± 0.76**
HCT/%	75.03 ± 0.46	76.70 ± 1.50	74.80 ± 0.42	78.33 ± 0.76*
MCV/fl	69.17 ± 0.06	63.80 ± 0.80**	67.53 ± 0.75	67.00 ± 1.21
MCH/pg	14.17 ± 0.06	13.27 ± 0.30**	13.73 ± 0.09	13.90 ± 0.28
MCHC/(g/L)	205.00 ± 0.97	208.33 ± 2.01	203.00 ± 1.32	207.67 ± 0.92
RDW-SD/%	41.23 ± 1.91	34.47 ± 0.50**	36.03 ± 0.48**	36.00 ± 0.58**
RDW-CV/fl	16.37 ± 0.98	15.63 ± 0.15	14.40 ± 0.93	15.07 ± 0.90
WBC/( $10^9/L$ )	6.83 ± 0.59	5.20 ± 0.40	6.53 ± 0.74	5.37 ± 0.65
LYM/%	87.17 ± 0.13	87.03 ± 0.54	82.93 ± 3.14	89.57 ± 0.28
LYMPH/( $10^9/L$ )	5.97 ± 0.51	4.40 ± 0.31*	5.43 ± 0.64	4.80 ± 0.57
P-LCR/%	11.23 ± 0.78	4.57 ± 0.27**	9.00 ± 0.84*	6.40 ± 0.35**
PDW/%	9.27 ± 0.31	7.97 ± 0.11**	9.37 ± 0.26	8.40 ± 0.04**
MPV/fl	7.53 ± 0.14	6.60 ± 0.03**	7.57 ± 0.16	7.00 ± 0.04**
PLT/( $10^9/L$ )	1232.67 ± 24.83	1273.67 ± 58.31	1249.67 ± 49.23	1132.67 ± 107.85

注:同行数据与 CK 组相比,\* $P < 0.05$ ,\*\* $P < 0.01$ 。

Note. Compared with the CK group in the same line data,\* $P < 0.05$ ,\*\* $P < 0.01$ .

表 2 亲代三丁基锡攻毒对子代雌性血常规的影响  
 Tab. 2 Effects of parents exposure to TBT on blood routine of female mice offspring

项目 Item	组别 Groups			
	CK	LTBT	MTBT	HTBT
RBC/( $10^9/L$ )	10.67 ± 0.14	11.35 ± 0.19	10.95 ± 0.38	11.73 ± 0.25**
HGB/(g/L)	153.67 ± 0.21	160.67 ± 2.01**	162.33 ± 1.17**	165.00 ± 1.59**
HCT/%	71.10 ± 0.78	75.47 ± 0.35**	75.90 ± 0.97**	78.37 ± 0.71**
MCV/fl	66.67 ± 0.33	67.07 ± 1.25	67.33 ± 0.95	66.93 ± 1.06
MCH/pg	14.43 ± 0.20	14.17 ± 0.21	14.10 ± 0.17	14.10 ± 0.35
MCHC/(g/L)	216.33 ± 2.79	211.33 ± 1.05	209.67 ± 1.28*	210.67 ± 1.69*
RDW-SD/%	34.40 ± 0.66	35.60 ± 0.47	37.83 ± 0.43**	36.50 ± 0.20**
RDW-CV/fl	13.37 ± 0.72	14.80 ± 0.63	16.00 ± 0.46**	15.30 ± 0.57*
WBC/( $10^9/L$ )	5.83 ± 0.38	6.87 ± 0.57	6.40 ± 0.42	5.30 ± 0.35
LYM/%	91.00 ± 1.0	88.83 ± 1.08	91.23 ± 0.95	93.17 ± 0.61
LYMPH/( $10^9/L$ )	5.33 ± 0.34	6.10 ± 0.51	5.87 ± 0.35	5.60 ± 0.72
P-LCR/%	6.27 ± 0.66	6.80 ± 0.54	6.40 ± 0.78	6.70 ± 0.41
PDW/%	7.93 ± 0.13	8.23 ± 0.09	8.00 ± 0.18	8.07 ± 0.14
MPV/fl	6.73 ± 0.08	6.87 ± 0.08	6.73 ± 0.11	6.87 ± 0.04
PLT/( $10^9/L$ )	868.67 ± 26.23	1100.33 ± 48.84*	1170.33 ± 99.26**	1216.00 ± 48.87**

注:同行数据与 CK 组相比, \*  $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ 。

Note. Compared with the CK group in the same line data, \*  $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .

### 3 讨论

近期大量研究表明,环境重金属(包括有机锡)能够对动物的血液造成严重影响,而且环境重金属暴露与肥胖有关<sup>[19-20]</sup>。Grün F 等<sup>[21]</sup>在 2007 年提出“环境致肥因子”的概念,提出的第一批候选致肥因子,有机锡包括在内。Whalen 等<sup>[22]</sup>研究发现,人体暴露于 DBT、TBT 和苯基锡后会削弱 NK 细胞杀死肿瘤的功能,导致人体 NK 细胞的功能产生不可逆的抑制作用,从而影响机体的免疫力。孔皓等<sup>[23]</sup>研究了二苯基锡对大鼠肥胖发生的影响,结果发现,一定剂量的二苯基锡对大鼠有致肥作用,但是随着浓度的改变,对雄性大鼠的致肥作用减弱,而对雌性大鼠各项指标影响不明显。通过对亲代的体重记录,分析后发现三丁基锡暴露后,对雌雄小鼠的体重的影响不一致,雌性中剂量组小鼠的体重显著抑制,雄性低剂量组小鼠体重显著促进。

胎盘是胎儿发育过程中重要的临时性器官。胎儿发育过程中各种营养物质的运输和代谢废物排出都通过胎盘实现<sup>[15]</sup>。研究证实有机铅、有机镉、有机汞等都能通过胎盘屏障,特别是铅,可在整个妊娠时期通过胎盘<sup>[24]</sup>,而锡作为铅的同族元素,作用机理可能与之相似。TBT 通过胎盘后,会对子代产生一定的影响。

血液是循环系统的重要组成部分,参与机体的新陈代谢,所以血常规的检查不管是在临床还是科研都有很重要的意义。研究表明,各种重金属急性

中毒时,会严重损伤动物的血液系统<sup>[12,15,25]</sup>,而亲代实验动物慢性攻毒对子代血常规影响的报道甚少。红细胞的各项指标的改变直接影响机体的氧化功能和免疫功能<sup>[15]</sup>,在本实验中,与对照组相比,尽管 F1 代雄性 TBT 组的 RBC 明显增加,HGB 也明显增加,但 LTBT 组的 MCV 明显缩小,且 MCH 也明显降低,然而 MTBT 组与 HTBT 组的 MCV 和 MCH 指标无显著变化,这些结果都暗示红细胞的运输功能有所降低。与对照组相比,F1 代雌性 TBT 组 HGB 显著增加,但 MCV 与 MCH 都无显著差异这暗示红细胞的运氧能力并未下降。红细胞运氧能力的下降会使得机体的氧化反应速度下降,从而增加脂肪的积累的趋势。除了血常规之外,我们还记录了 F1 代小鼠发育过程中的体重数据,结果和我们预测的一样,雄性 LTBT 组体重增加显著,其他组体重增加不显著,对于其中的一些机制,我们正在做进一步的研究。

白细胞具有渗出、趋化、吞噬和分泌等生理特性主要是执行防御功能。淋巴细胞主要参与机体的特异性免疫反应<sup>[15]</sup>。在本实验中,与对照组相比,F1 代雄性 TBT 组的 WBC 和 LYM 差异不显著,而 LTBT 组 LYMPH 指标显著降低,MTBT 组和 HTBT 组的 LYMPH 指标无显著差异,这暗示着 TBT 可能影响小鼠的免疫功能;与对照组相比,F1 代雌性 TBT 组的 WBC、LYM 和 LYMPH 均无显著差异。

血小板是从骨髓中成熟的巨核细胞胞质裂解脱落下来的具有生物活性的细胞质碎块,形状不规则

则,没有细胞核,体积较小,主要功能参与凝血、生理性止血和保持血管内皮的完整性<sup>[15]</sup>。本实验中,与对照组相比,F1 代雄性 TBT 组的 P-LCR 显著降低,但是对 PLT 却无显著差异;F1 代雌性 TBT 组的 PLT 指标随着 TBT 浓度的增高呈剂量依赖增加,其他指标无显著差异,所以初步推断,TBT 可能会影响巨核细胞裂解细胞质的大小。

综上所述不同浓度的 TBT 暴露亲代小鼠时,会影响 F1 代小鼠的血常规,且低浓度时对 F1 代雄性影响最大,高浓度时对 F1 代雌性影响最大。

致谢:感谢河南科技大学动物科技学院韩坤、孙伟杰和孙原野同学的大力帮助。感谢洛阳普莱柯生物实验动物中心对实验动物的管理和饲养。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Jha AN, Hagger JA, Hill SJ, *et al.* Genotoxic, cytotoxic and developmental effects of tributyltin oxide (TbTO): an integrated approach to the valuation of the relative sensitivities of two marine species [ J ]. *Marine Environmental Research*, 2000, 50: 565 - 573.
- [ 2 ] 江桂斌. 国内外有机锡污染研究现状 [ J ]. *卫生研究*, 2001, 30 ( 1 ): 1 - 2.
- [ 3 ] 袁玲玲,牛增元,叶曦雯,等. GC-MS 法测定青岛海滨海水中的有机锡 [ J ]. *海洋湖沼通报*, 2007 ( 1 ): 62 - 68.
- [ 4 ] 崔连艳,刘绍从,吕刚. 固相微萃取 - 气质联用测定海河水中痕量有机锡 [ J ]. *化学试剂*, 2008, 30 ( 1 ): 23 - 25.
- [ 5 ] Bravo M, Lespes G, De Gregori I, *et al.* Determination of organotin compounds by headspace solid phase microextraction-gas chromatography pulsed flame photometric detection (HS-SPME-GC-PFP D) [ J ]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2005, 383 ( 7 - 8 ): 1082 - 1089.
- [ 6 ] Julien H, Tea Z, Maite B, *et al.* Analytical advances in butyl-phenyl- and octyltin speciation analysis in soil by GC-PFPD [ J ]. *Talanta*, 2008, 75 ( 2 ): 486 - 493.
- [ 7 ] Jiang GB, Ceulemans M, Adams FC. Optimization study for the speciation analysis of organotin and organogermanium compounds by on-column capillary gas chromatography with flame photometric detection using quartz surface-induced luminescence [ J ]. *Journal of Chromatography A*, 1996, 727 ( 1 ): 119 - 129.
- [ 8 ] 胡志国. 气相色谱 - 质谱法测定纺织品中的有机锡 [ J ]. *质谱学报*, 2005, 26 ( 5 ): 59 - 61.
- [ 9 ] 胡勇杰. 纺织品中有机锡化合物含量的测定 [ J ]. *中国纤检*, 2007 ( 3 ): 19 - 22.
- [ 10 ] Zachariadis GA, Rosenberg E. Determination of butyl- and phenyltin compounds in human urine by HS-SPME after derivatization with tetraethylborate and subsequent determination by capillary GC with microwave-induced plasma atomic emission and mass spectrometric detection [ J ]. *Talanta*, 2009, 78: 570 - 576.
- [ 11 ] Graceli JB, Sena GC, Lopes PF, *et al.* Organotins: a review of their reproductive toxicity, biochemistry, and environmental fate [ J ]. *Reproductive Toxicology*, 2012, 36 ( 1 ): 40 - 52.
- [ 12 ] 骆焕荣,张雪峰,徐少玲. 有机锡化合物急性中毒 51 例 [ J ]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2005, 23 ( 4 ): 309 - 311.
- [ 13 ] Marin MG, Moschino V, Cima F, *et al.* Embryotoxicity of butyltin compounds to the sea urchin *Paracentrotus lividus* [ J ]. *Marine Environmental Research*, 2000, 50: 231 - 235.
- [ 14 ] D. 阿那尼,黄玉瑶. 氯化二丁基锡对雌性小鼠生殖的影响 [ J ]. *环境科学学报*, 2000, 20 ( 6 ): 746 - 749.
- [ 15 ] 杨秀平,肖向红. 动物生理学 [ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [ 16 ] 刘凤军,贺加双,杨自军,等. 小鼠铅中毒的毒性试验 [ J ]. *动物医学进展*, 2009, 30 ( 2 ): 56 - 60.
- [ 17 ] 吕良炬,赵扬,张纪亮,等. 有机锡化合物急性暴露对家兔血压的影响 [ J ]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2008, 47 ( 2 ): 291 - 293.
- [ 18 ] 张朝红,董殿波,赵哲,等. 三丁基锡化合物与牛血清蛋白的相互作用 [ J ]. *光谱学与光谱分析*, 2007, 27 ( 2 ): 309 - 311.
- [ 19 ] Elobeid MA, Allison DB. Putative environmental-endocrine disruptors and obesity: A review [ J ]. *Current Opinion in Endocrinology Diabetes and obesity*, 2008, 15 ( 5 ): 403 - 408.
- [ 20 ] Newbold RR, Padilla-Banks E, Snyder RJ, *et al.* Development exposure to estrogenic compounds and obesity [ J ]. *Birth Defects Research Parts A: Clinical and Molecular Teratology*, 2005, 73 ( 7 ): 478 - 480.
- [ 21 ] Grün F, Blumberg B. Perturbed nuclear receptor signaling by environmental obesogens as emerging factor in the obesity crisis [ J ]. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 2007, 8 ( 2 ): 161 - 171.
- [ 22 ] Whalen MM, Wilson S, Gleghorn C, *et al.* Brief exposure to triphenyltin products irreversible inhibition of human natural killing cells [ J ]. *Environment Research*, 2003, 92: 213 - 220.
- [ 23 ] 孔皓,蒋淑丽,张纪亮,等. 三苯基锡对大鼠肥胖发生的影响 [ J ]. *生态毒理学报*, 2012, 7 ( 4 ): 429 - 433.
- [ 24 ] 马海燕,李红. 几种重金属与胎盘障碍 [ J ]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2006, 24 ( 1 ): 44 - 46.
- [ 25 ] 韦耀东,肖裕芳,农嵩. 铅损伤对小鼠部分血液常规的影响 [ J ]. *右江民族医学院学报*, 2004, 26 ( 6 ): 876.

[ 修回日期 ] 2015 - 04 - 10