

# 兽药的环境污染现状及管理建议

王娜<sup>1,2</sup>, 单正军<sup>1,2</sup>, 葛峰<sup>1,2</sup>, 石利利<sup>1,2</sup>, 焦少俊<sup>1,2</sup>

(1 环境保护部南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042;

2 国家环境保护农药环境评价与污染控制重点实验室, 江苏 南京 210042)

**摘要:** 综述了兽药在国内外的环境污染现状, 以及兽药残留对人体健康与生态系统的潜在风险, 分析了国内外对于兽药的环境管理现状, 提出了加大畜禽养殖场环境管理力度, 以及建设兽药风险评估体系等建议。

**关键词:** 兽药; 环境污染; 潜在风险; 环境管理

中图分类号: X592 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2010)05-0014-05

## Environmental Pollution Situation and Management Suggestion of Veterinary Drugs

WANG Na<sup>1,2</sup>, SHAN Zheng-jun<sup>1,2\*</sup>, GE Feng<sup>1,2</sup>, SHI Lili<sup>1,2</sup>, JIAO Shaor-jun<sup>1,2</sup>

(1 Institute of Environmental Science, Ministry of Environmental Protection of China, Nanjing, Jiangsu 210042, China; 2 Key Lab of Pesticide Environmental Assessment and Pollution Control, Ministry of Environmental Protection of China, Nanjing, Jiangsu 210042, China)

**Abstract** Environmental pollution situation of veterinary drugs were reviewed both at home and abroad. Potential risk of veterinary drug residue on human health and ecosystem were estimated. Environmental management situation at home and abroad were analyzed. It was necessary to intensify environmental management on livestock and poultry farm. Suggestion was made for establishing risk assessment system of veterinary drugs.

**Key words** Veterinary drugs; Environmental pollution; Potential risk; Environmental management

20 世纪 40 年代以来, 随着畜牧业生产由粗放型转变为工厂化、集约化的高密度饲养方式, 使其面对极高发病率和死亡率的压力, 兽药 (包括兽药添加剂) 作为预防、治疗、诊断畜禽疾病及促进动物生长和生产的物质, 在养殖业中发挥着不可替代的作用, 是发展高效优质动物养殖业的保障<sup>[1]</sup>。然而, 随着兽药日益广泛的应用, 其生产、销售、运输、使用和销毁过程中向环境暴露的可能性增大, 更重要的是动物摄取兽药后不能完全吸收利用, 大部分以原药或代谢物的形式通过粪便和尿液排出体外, 重新进入生态环境。兽药品种众多, 药效各异, 其残留主要分为 7 类, 分别为抗生素类、驱肠虫药类、生长促进剂类、抗原虫药类、灭锥虫药类、镇静剂类和  $\beta$ -肾上腺素能受体阻断剂<sup>[2]</sup>。这些药物进入环境后, 对土壤、水体等生态系统产生不良影响, 并通过食物链影响环境中动植物和微生物

的生命活动, 最终影响人类健康。兽药通过各种途径以原型化合物或代谢物的方式进入环境, 暴露给环境生物或人, 并超过环境生物或人的承受能力, 对其产生毒害的过程称为“兽药污染”<sup>[3]</sup>。

### 1 兽药环境污染现状

兽药进入环境的途径主要有 4 个方面: ①随动物粪便排入环境或粪使用作肥料进入土壤; ②由于土壤淋溶作用, 药物及其代谢物在土壤中迁移进入地表水系; ③由于受污染地表水的渗透补给作用, 药物及其代谢产物进入地下水系<sup>[4]</sup>; ④对水产养

收稿日期: 2009-11-15 修订日期: 2010-08-10

基金项目: 2008 年度环保公益专项基金资助项目 (200809092)

作者简介: 王娜 (1983-), 女, 山西应县人, 实习研究员, 硕士, 主要从事新化学物质对生态环境的安全性评价及分析技术研究。

\* 通讯作者: 单正军

殖业具有预防作用的兽药及饲料添加剂在水中直接用药,被周围土壤大量吸附,鱼场污泥常用作土壤调节剂,其中的药物最终也将进入农业生态系统<sup>[5]</sup>。

### 1.1 国外污染现状

由于对兽药环境影响的重视程度不够,以及对兽药的环境潜在影响认识不足,致使多年来都缺乏兽药环境污染的相关报道。20世纪90年代末,欧洲的一些国家开始比较系统地调查、研究环境中兽药的残留和污染问题。

据报道,兽药在地表水和地下水中的检出质量浓度范围分布较广,一般为10 ng/L~10 000 ng/L,且检出的兽药种类与其使用量、水溶性及持久性有密切的关系<sup>[6]</sup>。Osmán等<sup>[7]</sup>调查了美国马里兰州察普坦克河流域水样和底泥中抗生素和作为兽药添加剂的砷的污染情况,检测了磺胺类、四环素类、激素类及砷等18种物质的河水和底泥质量浓度,在河水中检测到2 ng/L左右的磺胺甲噁唑和磺胺二甲嘧啶,16 ng/L左右的土霉素和金霉素,以及0.6 μg/L的砷,并得出畜牧业用药是抗生素污染主要来源的结论。美国地质调查局于1999年—2000年对横跨30个洲的139条河流进行了包括抗生素在内的95种有机污染物检测,该项普查显示,抗生素检出率很高,最高检出质量浓度达到1.9 μg/L<sup>[8]</sup>。

应该引起足够重视的是在地下水和自来水中也检测到兽药存在。Frank等<sup>[9]</sup>从Baden-Württemberg采集的105份地下水样中检测到39份ng/L水平的多种药物,包括磺胺甲基异噁唑、罗红霉素和红霉素降解产物在内。德国某地区108个地下水样品中检出红霉素和磺胺两类抗生素,检出率最高达20%,最高质量浓度达1 100 ng/L<sup>[10]</sup>。

除水体外,土壤与沉积物也是兽药重要的存在场所。Giorgia等<sup>[11]</sup>发现,四环素和氟甲喹在养殖场底泥中的最高值分别达到246.3 μg/(kg·u)和578.8 μg/(kg·u)。有研究发现,磺胺二甲氧嘧啶在畜禽粪便中的质量比可达900 mg/kg<sup>[12]</sup>,可见目前土壤粪便中抗生素含量相对较高,且变化范围较大。

### 1.2 国内污染现状

在我国,徐维海等对珠江三角洲一带环境中的抗生素作了详细而系统的调查研究<sup>[13-15]</sup>。对珠江广州河段连续24 h的采样与分析结果表明,该河

段存在严重的抗生素污染,枯水期污染尤为严重,远远高于发达国家河流中抗生素含量,与其污水中的浓度数量级相近。在同一时期,分别对深圳河不同河段和深圳湾不同区域采样分析,结果表明,深圳河抗生素药物污染非常严重,药物质量浓度大多在几百ng/L水平,特别是红霉素(脱水),在所有检测河段的质量浓度均高于1 000 ng/L;深圳湾也在一定程度上受到了抗生素药物污染,质量浓度在10 ng/L~100 ng/L之间,不同抗生素药物的质量浓度特点与深圳河相符。张川等<sup>[16]</sup>测定了南京地区部分江河及自来水厂源水中的抗生素残留,检出了四环素、磺胺甲噁唑、诺氟沙星、环丙沙星和氧氟沙星,质量浓度范围为0.68 ng/L~32.2 ng/L。陆梅等<sup>[17]</sup>对洪泽湖周边地区3个主要水产养殖基地的水产品采样检测,检出土霉素和金霉素质量比分别为27 μg/kg~74 μg/kg和21 μg/kg~25 μg/kg。

## 2 兽药残留的潜在风险

虽然兽药残留环境中存在浓度极低,但其对环境的影响不容忽视。Daughton等<sup>[18]</sup>指出,抗生素等药物的生态威胁是细微而持续的,并且最初其效应无法检测或察觉,只有当这些微小效应在环境中缓慢积累,直到造成不可逆转的改变时,才能为人们所察觉。兽药残留的潜在风险包括人体健康、生态系统等方面。

### 2.1 对人体健康的影响

残留于动物体内的兽药通过食物链会对人类产生毒性作用,包括变态反应,甚至危及人的生命<sup>[19]</sup>。动物食品中兽药残留水平通常低于2.0 mg/kg,每天食入1 kg动物食品会摄入2 mg药物,远低于人的治疗剂量,发生急性中毒的可能性很小,但长期摄入可产生慢性或蓄积中毒<sup>[20]</sup>。如氯霉素可导致严重的再生障碍性贫血、造血功能紊乱、灰婴综合症等<sup>[21]</sup>。许多抗菌药物如青霉素类、四环素类、磺胺类和氨基糖苷类等,能使部分人群发生过敏反应甚至休克,并在短时间内出现血压下降、皮疹、喉头水肿、呼吸困难等严重症状<sup>[22]</sup>。

### 2.2 对生态系统的影响

兽药残留通过影响环境中各种微生物的种群数量,以及其他较高等生物如水生生物、植物、动物的种群结构和营养转移方式,破坏环境中固有的以食物链为联系的生态系统平衡。有研究报道,土壤中恩诺沙星残留对土壤微生物的影响强弱顺序为:

细菌 > 放线菌 > 真菌, 其影响作用随每克土壤  $0.01 \mu\text{g}$  至  $10 \mu\text{g}$  增加而加大, 药物作用活性维持期为 6 d~8 d 恩诺沙星残留能降低土壤微生物群落功能和多样性<sup>[23]</sup>。杨居荣等<sup>[24-25]</sup>研究发现, 含重金属的兽药如砷制剂, 对土壤固氮菌解磷菌、纤维分解菌、真菌和放线菌有抑制作用, 影响土壤的硝化和矿化作用, 严重影响土壤的养分循环。蓄积于土壤的兽药残留使植物的生存环境发生变化, 对植物的生长发育造成很大影响。如土霉素和氯四环素对杂色豆的生长有明显的抑制作用, 具体表现为植株的生节、鲜重下降, 并影响植物对钙、钾和镁等离子的吸收<sup>[26]</sup>。由于鱼药的施用, 以及畜禽养殖的粪便通过各种途径排放进入水体, 水生生物也成为兽药污染的直接受害者。有研究证明, 水蚤和鱼对大环内酯类药物比较敏感, 蓝绿藻细菌对很多抗微生物药物敏感, 如青霉素、沙拉沙星、螺旋霉素和土霉素等的  $EC_{50}$  值均低于  $100 \mu\text{g/L}$  并对鱼的酶活性、免疫机能和胚胎发育产生不良影响<sup>[27]</sup>。

兽药残留在环境中诱发大量耐药菌产生, 并大量繁殖和传播, 动物及周围环境已成为一个潜在的耐药质粒库<sup>[28]</sup>。近来的研究表明, 环境中存在的细菌可能是食物链中抗生素耐药性的潜在来源<sup>[29-30]</sup>。环境中的兽药残留虽然比较低, 大多  $< 1 \mu\text{g/L}$ , 但由于来源稳定, 其质量浓度在环境中基本能够保持恒定, 而且多种兽药共存, 为诱导产生具耐药性尤其是交叉耐药性的菌株创造了有利条件<sup>[31]</sup>。此外, 由于环境中还存在其他低浓度污染物, 如金属离子等, 对细菌的耐药性能够产生一定的选择压, 可能诱导产生生存能力极强的细菌<sup>[32]</sup>。

### 3 国内外兽药的环境管理现状

欧美等发达国家针对兽药的环境管理建立了生态风险评估体系。风险评估兴起于 20 世纪 70 年代几个工业发达国家, 尤以美国在这方面的研究最为深入。在美国, FDA 分别制订了第 89 号指南和第 166 号指南<sup>[33-34]</sup>, 以指导新兽药的环境安全评估。欧盟也制订了评价药物对环境影响的指导性文件<sup>[35-36]</sup>。多年来, 其研究机构大量考察本国兽药污染状况, 并取得了环境中一些兽药残留量及危害影响的数据, 促成了欧美国家制订兽药环境安全评估的相关法规<sup>[3]</sup>。此外, 欧美等发达国家禁用了很多生态风险高的兽药, 以及作为生长添加剂的抗菌药物, 并要求养殖者使用疫苗等生物药作为

兽药的替代品种, 其中欧盟已于 2006 年 1 月 1 日起全面禁止抗生素作为饲料添加剂使用。

现阶段, 我国对于兽药的管理主要集中在监控动物食品中兽药残留的水平和危害等方面。《兽药管理暂行条例》《兽药注册管理办法》等法规的出台, 虽然标志着我国兽药管理步入法制化轨道, 但目前环保部门并没有出台关于兽药环境管理的任何法律法规。可见, 我国对于兽药环境污染的认识较晚, 对兽药环境影响的研究和评价几乎还是空白, 因而至今尚未建立兽药环境安全评估标准和评估体系。由于以往的新兽药多系引进国外产品, 故报批资料中的环境毒性试验基本上引用国外已有的资料<sup>[37]</sup>。此外, 我国集约化畜禽养殖业在带来良好效益的同时, 也造成了严重的环境污染, 环保部门对此还没有出台相应的管理措施。

## 4 兽药的环境管理建议

### 4.1 加大畜禽养殖场环境管理力度

#### 4.1.1 做好环境宣传教育工作, 引导生产者科学用药

近年来, 许多养殖者为了提高成活率和生产性能, 在饲料中大量使用治疗性药物, 致使亚治疗剂量的抗微生物药物已成为动物日粮或饮水的常规成分。同时, 养殖者不断加大用药剂量, 并且任意延长使用时间, 不遵守休药期的规定, 造成了畜禽产品中兽药的严重残留。有的养殖者甚至使用违禁药物, 如为了使猪的皮肤泛红而使用激素类药物, 为了促进猪的生长而大量使用高铜添加剂等, 严重危害了人畜健康。

因此, 应加强养殖业环境保护科普知识的宣传, 提高人们的环境保护意识, 使其自觉遵守兽药和饲料添加剂的使用原则。如在国家允许的兽药品种内多使用一些高效、低毒、无公害的品种(如微生物、中草药制剂、低聚糖和酸化剂等), 少用一些易产生耐药性和残留高的品种, 坚决不用禁用品种; 轮换使用化学结构和作用机理不同的药物, 以降低耐药菌的发生率; 根据农业部等有关部门颁发的兽药使用规定或标准, 严格执行休药期等<sup>[38]</sup>。

#### 4.1.2 科学规划, 正确选址, 合理布局

为了防止环境污染, 提高产品质量, 农业部于 2001 年 10 月 1 日起开始实施《中华人民共和国农业行业标准》(无公害食品)。要达到这一目标, 首先要求在畜禽饲养场地选择上达到无公害畜产品

生产的产地环境质量要求。在考虑产地环境质量的同时,必须强调走农牧结合之路,以保护养殖地环境,从而使畜禽无公害饲养走可持续发展之路。过去,规模养殖场过分集中在城市近郊,农牧脱节,养殖场又没有粪尿污水处理措施,对环境造成污染。规模养殖场应科学规划,正确选址,合理布局,选址应远离城镇、工矿区和人口密集的村庄,并处于居民区和饮用水源的下方。同时,养殖场所处地势应较高,且通风、排水性能良好。必须考虑周围环境对污染的消纳能力,适当限制饲养规模,使粪尿产出量与农田、果园负荷保持相对均等,以减少对环境的污染<sup>[39]</sup>。

#### 4.1.3 建立规模养殖环境评价指标体系

环境质量是衡量环境对人类生存和发展适宜程度的一项“指标”,还可用于衡量环境遭受污染和破坏的程度。因此,畜牧养殖厂的环境质量监测和整治是一项迫在眉睫的任务。除了畜牧行业管理部门在畜禽登记时,加强畜禽场的环境审核外,各级环境保护部门也应根据制定的法规,借鉴工业污染防治成功的经验,对畜禽养殖场粪便污染物排放纳入总量控制,实行排放申报登记和许可证制度。从养殖场的新建到日常生产,制定严格细致的规则和标准,不达标者不许养殖或停止经营。经审批许可的规模养殖场,必须有具体的防污染管理措施和技术措施。

#### 4.2 建设兽药风险评估体系

兽药在生物体内经生物转化后,大部分以原型或代谢物的形式经尿液、粪便排入环境,并且发生一系列的环境行为,然后通过食物链生物富集,最终影响居于食物链顶端的人类。因此,除了开展兽药对食品动物的药理毒理学研究外,还应重视其对环境和生态系统影响的研究,以求创造更安全、更适于畜牧业持续发展的优良生态环境,保护人类生存环境。应该开展兽药生态风险评价研究,并且增加兽药登记和注册过程中的环境风险评估环节。

##### 4.2.1 兽药风险评估的主要内容

风险评价是关于产品的可能归趋、暴露和影响的评估。总体来说,风险评价建立在风险商(RQ)方法的基础之上,其定义为预测环境浓度(PEC)和预测无影响浓度(PNEC)的比值。风险商暗示着有害影响发生的可能性。

VICH 是为协调欧盟、日本和美国兽药审批技术要求的三边协议,其推荐的兽药环境风险评价包

括两个阶段。第一阶段主要是建立在最坏情景模式下的预评价,包括兽药产品的作用靶生物,以及使用方式、兽药的活性组分及其他组分的特性、管理的方法。在这一阶段,如果得到的评估结论是有限使用的兽药对环境影响不大,那么其环境风险评价只需做到该步骤即可停止;如果有些兽药存在较大风险,则需进入第二阶段,进行更为详细的环境风险评估研究。在第二阶段,通过具体的暴露评价、受体分析和危害评价,运用风险商值法进行风险表征,分别对地表水、地下水、土壤、水沉积物及动物粪便进行风险评价。第二阶段的评价包含 3 个层次,评价逐步深入,通过对评价参数的不断丰富,对 PEC 和 PNEC 的数值数次修正,直至完成评价<sup>[40]</sup>。

##### 4.2.2 兽药风险评估组织机构体系建设

风险评估是一门综合性很强的学科,在我国单凭一个系统或一个单位的力量很难完成。因此,应该构成包括管理部门、专业机构(风险评估与管理)、实验室(药物安全评价与药物残留)、分析交流平台(数据库)、生产企业、经营企业、用户等在内的兽药风险评估体系,将分散在卫生、化学、环境保护等系统的研究机构组织起来,相互配合,系统分工,形成一支跨部门、跨学科的研究队伍。建议由国家环境保护部牵头,将科学院、高校、卫生等系统的有关单位组织起来协调攻关,充分利用现有的科研条件,逐步形成我国风险评价研究网络。

##### 4.2.3 兽药风险评估交流平台建设

欧美许多发达国家已经在兽药环境检测、兽药污染状况考察及环境毒理学等方面开展了大量工作,并且获得了很多的基础性评价数据。我国兽药对环境污染的研究起步较晚,对品种繁多的兽药缺乏环境评估数据,相关研究领域有许多空白,尤其是缺乏环境中兽药检测的标准方法。因此,我国应在借鉴欧美兽药评价体系的基础上,尽快建立兽药风险评估的交流平台,加强国际间的合作与交流。如可建立一个数据库用于风险交流,将风险分析结果向决策者和有关公众公布、传达,并接受咨询或质询<sup>[41]</sup>。

总之,兽药在动物食品中的残留不仅可以直接对人体产生急慢性毒性作用,经动物代谢排入环境的兽药及其代谢物还会带来严重的生态风险和危害。大量研究表明,目前兽药的环境污染已经非常严重。因此,我国对于兽药的管理不能仅局限于监控动物食品中兽药残留的水平和危害,必须开展

兽药的环境影响研究与评价, 采取合理、有效的政策和措施, 对兽药进行严格的环境管理。

[参考文献]

- [ 1 ] 盛廷智, 祁生兰, 李玉芳, 等. 浅谈兽药残留的危害 [ J ]. 青海畜牧兽医杂志, 2005, 35(5): 53- 54
- [ 2 ] 曹继东, 孙燕. 浅谈兽药残留对环境的危害 [ J ]. 家禽科学, 2008(11): 33- 34.
- [ 3 ] 张可煜, 章力建, 薛飞群, 等. 兽药的立体污染及防治 [ J ]. 中国兽医寄生虫病, 2006, 14(2): 40- 46
- [ 4 ] HEBERER T. Occurrence and distribution of organic contaminants in the aquatic system in Berlin. Part I, drug residues and other polar contaminants in Berlin surface and ground water [ J ]. Acta Oecologica Hydrobiologica 1998(26): 272- 278.
- [ 5 ] 段辉, 陆磊, 徐艳. 兽药生态变化及其对环境风险的研究进展 [ J ]. 西北民族大学学报 (自然科学版), 2007, 28(68): 54- 59
- [ 6 ] TERNES T A, JOSS A, SEGRIST H. Scrutinizing pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment [ J ]. Environ Sci Technol 2004(38): 392- 399
- [ 7 ] OSMAN A, CLIFFORD R, EATON C. Occurrence of antibiotics and hormones in a major agricultural watershed [ J ]. Desalination 2008(226): 121- 133
- [ 8 ] KOLPIN DW, FURLONG ET, MEYER MT, et al. Pharmaceuticals, hormones, and other organic waste contaminants in U. S. streams 1999- 2000: A national reconnaissance [ J ]. Environ. Sci. Technol., 2002(36): 202
- [ 9 ] FRANK S, FRANK TL, HEINZ JB, et al. Pharmaceuticals in groundwater: analytical methods and results of a monitoring program in Baden-Württemberg, Germany [ J ]. J Chromatogr A, 2001(938): 199- 210
- [ 10 ] STUMPF M, TERNES T A, HABERER K. Determination of drugs in sewage treatment plants and river water [ J ]. Vom Wasser 1996(86): 291- 303.
- [ 11 ] GIORGIA M L, DAVIDE C, PAOLO G, et al. Preliminary investigation on the environmental occurrence and effects of antibiotics used in aquaculture in Italy [ J ]. Chemosphere, 2004(54): 661- 668
- [ 12 ] KUMAR K, GUPTA S C, CHANDER Y, et al. Antibiotic use in agriculture and its impact on the terrestrial environment [ J ]. Adv Agron 2005(87): 1- 54.
- [ 13 ] XU W H, ZHU X B, WANG X T, et al. Residues of enrofloxacin, fluroxolone and their metabolites in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) [ J ]. Aquaculture, 2006(254): 1- 8.
- [ 14 ] XU W, ZHANG G, ZOU S, et al. Determination of selected antibiotics in the Victoria Harbour and the Pearl River, South China using high-performance liquid chromatography-electrospray ionization tandem mass spectrometry [ J ]. Environ Pollut 2007(145): 672- 679
- [ 15 ] 徐维海, 张干, 邹世春, 等. 香港维多利亚港和珠江广州河段水体中抗生素的含量特征及其季节变化 [ J ]. 环境科学, 2006 27(12): 2458- 2462
- [ 16 ] 张川, 胡冠九, 孙成. UPLC-ESI-MS/MS法同时测定水中 7 种抗生素 [ J ]. 环境监测管理与技术, 2009 21(3): 37- 40.
- [ 17 ] 陆梅, 高翔, 李淑文. 高效液相色谱法测定水产品中四环素类抗生素残留 [ J ]. 环境监测管理与技术, 2008 20(5): 38- 39.
- [ 18 ] DAUGHTON G C, TERNERS T. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: A agents of subtle changes in environment [ J ]. Health Perspect 1999(107): 907- 938
- [ 19 ] 陈杖榴, 杨桂香, 孙永学, 等. 兽药残留的毒性与生态毒理研究进展 [ J ]. 华南农业大学学报, 2001, 22(1): 88- 91
- [ 20 ] 王晓社. 兽药残留对畜产品的影响 [ J ]. 甘肃农业, 2005(7): 74
- [ 21 ] 吴祥集. 动物性食品中兽药残留对人体健康的危害及其控制 [ J ]. 贵州畜牧兽医, 2006, 30(3): 25- 27
- [ 22 ] PEREYRE S, GUYOT C, RENAUDIN H, et al. In vitro selection and characterization of resistance to macrolides and related antibiotics in mycoplasma pneumoniae [ J ]. Antimicrob Agents Chemother 2004(48): 460- 465.
- [ 23 ] 王加龙, 刘坚真, 陈杖榴, 等. 恩诺沙星残留对土壤微生物数量及群落功能多样性的影响 [ J ]. 应用与环境生物学报, 2005 11(1): 86- 89
- [ 24 ] 杨居荣, 葛家二, 张美庆, 等. 砷及重金属对土壤微生物的影响 [ J ]. 环境科学学报, 1982, 2(3): 190- 197
- [ 25 ] 杨居荣, 任燕, 刘虹, 等. 砷对土壤微生物及土壤生化活性的影响 [ J ]. 土壤, 1996(2): 101- 104
- [ 26 ] BATCHELDER A R. Chlorotetracycline and oxytetracycline effects on plant growth and development in liquid culture [ J ]. Environ Qual 1981(10): 515- 518.
- [ 27 ] HOLTEN L H C, HALLING S B, JØRGENSEN S E. A legal toxicity of antibacterial agents applied in Danish fish farming [ J ]. Arch Environ Contam Toxicol 1999(36): 1- 6
- [ 28 ] 王冉, 刘铁铮, 王恬. 抗生素在环境中的转归及其生态毒性 [ J ]. 生态学报, 2006, 26(1): 265- 270
- [ 29 ] RYSZ M, ALVAREZ P J J. Amplification and attenuation of tetracycline resistance in soil bacteria: aquifer column experiments [ J ]. Water Research, 2004(38): 3705- 3712
- [ 30 ] CHEE S J C, AMNOV R I, KRAPAC I J. Occurrence and diversity of tetracycline genes in lagoons and groundwater underlying to swine production facilities [ J ]. Appl Environ Microbiol 2001(65): 1494- 1502
- [ 31 ] JONES O A H, VOULVOUL B N, LESTER J N. Human pharmaceuticals in wastewater treatment processes [ J ]. Environmental Science and Technology, 2005(35): 401- 427
- [ 32 ] STEPANAUSKAS R, GLENN T C, JAGO E C H, et al. Elevated microbial tolerance to metals and antibiotics in metal-contaminated industrial environments [ J ]. Environ. Sci. Technol., 2005(39): 3671- 3678

(下转第 35 页)

监测管理与技术, 1999, 11(6): 21-22

- [10] ZHANG L, HU R, YANG Z. Routine analysis of off-flavor compounds in water at sub-part per trillion level by large-volume injection GC-MS with programmable temperature vaporizing inlet [J]. *Water Research*, 2006, 40(4): 699-709
- [11] KRASNER SW, HWANG C J A. standard method for quantification of earthy musty odorants in water sediments and algal cultures [J]. *Wat Sci Tech*, 1983, 15(6/7): 127-138
- [12] BOM H, GRMVAL A. Modified stripping technique for the analysis of trace organics in water [J]. *J Chromatogr* 1982 (252): 139-146
- [13] BOREN H, GRMVAL A. Optimization of the open stripping system for the analysis of trace organic in water [J]. *J Chromatogr* 1985(348): 67-78
- [14] CENTENO J A, TOMILLO F J, FERNANDEZ-GARCIA E, et al. Effect of wild strains of *Lactococcus lactis* on the volatile profile and the sensory characteristics of ewes' raw milk cheese [J]. *J Dairy Science*, 2002(85): 3164.
- [15] SHARMA S, BARRIE L A, PLUMMER D, et al. Flux estimation of oceanic dimethyl sulfide around North America [J]. *J Geophysical Research* 1999, 104(D17): 21327
- [16] DEWULF J, LANGENHOVE H V, EVERAERT M, et al. Volatile organic compounds in the scheldt estuary along the trajectory Antwerp-vlissingen: concentration profiles, modelling and estimation of emissions into the atmosphere [J]. *Water Research*, 1998, 32: 2941
- [17] 杜广玉, 刘景泰, 刘扬. 吹扫捕集 - GC/MS - SM 法测定海水中挥发性有机污染物 [J]. *环境监测管理与技术*, 2000, 12(4): 31-32
- [18] CONTE E D, CONWAY S C, MILLER D W, et al. Determination of methylisoborneol in channel catfish pond water by solid phase extraction followed by gas chromatography mass spectrometry [J]. *Water Research* 1996, 30(9): 2125-2127
- [19] LLOYD S W, LEA J M, ZIMBA P V, et al. Rapid analysis of geosmin and 2-methylisoborneol in water using solid phase micro extraction procedures [J]. *Wat Res*, 1998, 32(7): 2140-2146

(上接第 18 页)

- [33] Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine. Environmental impact assessment (EIAS) for veterinary medicinal products (VMPs) — Phase I [EB/OL]. Guidance for Industry # 89, VICH GL6, March 7, 2001.
- [34] Food and Drug Administration Center for Veterinary Medicine. Environmental impact assessment (EIAS) for veterinary medicinal products (VMPs) — Phase II [EB/OL]. Guidance for Industry # 166, VICH GL38, August 2003.
- [35] The European Agency for the Evaluation of Medicine Products. Veterinary Medicines Evaluation Unit Note for guidance. Environment risk assessment for veterinary medicinal products other than GMO-containing and immunological products [EB/OL]. EMEA/CVMP/055/96. Final approval by the CVMP, January 14-16, 1997.
- [36] European Medicine Agency. EMEA conference on environment risk assessment for human and veterinary medicine products [EB/OL]. EMEA/359945/2005. European Medicine Agency Press Office, October 27-28, 2005.
- [37] 李术, 朱蓓蕾, 沈建忠. 浅谈兽药与环境安全 [J]. *中国兽医杂志*, 2002, 38(7): 45-47.
- [38] 胡先春. 兽药残留的危害及原因和控制 (下) [J]. *动物食品安全*, 2004(12): 26-28.
- [39] 张成虎. 规模化养殖与环境安全 [J]. *甘肃农业*, 2005(4): 47.
- [40] Guideline on environmental impact assessment for veterinary medicinal products in support of the vich guidelines GL6 and GL 38 [EB/OL]. EMEA/CVMP/ERA/418282/2005-con. London, 4 September 2007.
- [41] 陈杖榴. 国家兽药风险评估体系、兽药评价与再评价体系以及兽药残留监控体系建设 [J]. *中国家禽*, 2009, 31(6): 1-7.

本栏目责任编辑 姚朝英

• 征订启事 •

## 欢迎订阅 2011 年《能源研究与利用》

《CAJ-CD》规范执行优秀期刊 / “中国核心期刊 (遴选) 数据库” 收录 / 《中国学术期刊 (光盘版)》全文入编 / 中国学术期刊综合评价数据库来源期刊 / “中国期刊全文数据库” 全文收录

《能源研究与利用》期刊创刊于 1988 年, 是江苏省节能技术服务中心、江苏省能源研究会和东南大学热能工程研究所主办的双月刊。期刊宗旨: 宣传能源方针政策; 探求资源合理利用; 促进学术思想交流; 推动企业技术进步。本刊从 2010 年起改版。改版后杂志的办刊宗旨、国内统一出版物号 (CN32-1196/TK)、国际标准连续出版物号 (ISSN 1001-5523) 和邮发代号 (28-150) 不变。

定价: 10 元 / 期; 全年 6 期, 60 元 / 本 邮发代号: 28-150 邮箱: nyyjly@163.com 联系电话: 025-84876760