农业环境科学学报 2012,31(1):125-130
Journal of Agro-Environment Science

绿色和有机蔬菜基地土壤中喹诺酮类抗生素的污染特征

邰义萍[1,2], 莫测辉[1*], 吴小莲[1], 李彦文[1], 苏青云[3], 冯玉年[4], 王纪阳[3], 黄献培[1]

(1.暨南大学环境工程系，广东省高校水土环境毒害性污染物防治与生物修复重点实验室，广州 510632；2.中国科学院华南植物园，广州 510650；3.东莞市农产品质量安全监督检测所，广东 东莞 523086；4.东莞市科学技术博物馆，广东 东莞 523075）

摘　要：利用高效液相色谱-串联质谱(HPLC-MS/MS)分析方法，探讨了广州市某绿色蔬菜基地和有机蔬菜基地土壤中4种喹诺酮类抗生素的含量与分布特征。结果表明，土壤中各化合物的检出率除洛美沙星为85%以外，其余均为100%，平均含量为0.80~24.95 μg·kg^{-1}，以诺氟沙星(24.95 μg·kg^{-1})为主，其次为环丙沙星(15.40 μg·kg^{-1})和恩诺沙星(7.68 μg·kg^{-1})。4种喹诺酮类化合物总含量在7.15~ 122.25 μg·kg^{-1}之间，主要分布在50~100 μg·kg^{-1}之间，平均为48.85 μg·kg^{-1}。有机蔬菜基地土壤中4种喹诺酮类化合物的含量均高于绿色蔬菜基地土壤。同一基地不同蔬菜土壤中喹诺酮类抗生素的含量有一定差异，但化合物组成特征差异不大。研究区土壤中喹诺酮类抗生素的含量低于兽药国际协调委员会(VICH)筹划指导委员会的抗生素生态毒性效应触发值(100 μg·kg^{-1})，表明生态风险较小。

关键词：绿色蔬菜基地；有机蔬菜基地；土壤；喹诺酮类；抗生素；污染

中图分类号：X53　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1672-2043(2012)01-0125-06

Occurrence of Quinolone Antibiotics in the Soils from a Green and an Organic Vegetable Fields

TAI Yi-ping[1,2], MO Ce-hui[1*], WU Xiao-lian[1], LI Yan-wen[1], SU Qing-yun[3], FENG Yu-nian[4], WANG Ji-yang[3], HUANG-Xian-pei[1]

(1.Key Laboratory of Water/Soil Toxic Pollutants Control and Bioremediation of Guangdong Higher Education Institutions, Department of Environment Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2.South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 3. Dongguan Institute of Supervision and Testing for Agricultural Product Quality Safety, Dongguan 523086, China; 4.Dongguan Science and Technology Museum, Dongguan 523075, China)

Abstract: Concentration and distribution of four quinolone antibiotics in the soil samples from a green and an organic vegetable fields in Guangzhou were investigated using high performance liquid chromatography- electrospray ionization tandem mass spectrometry (HPLC-MS/MS). Detection frequencies were 85 percent for lomefloxacin, and 100 percent for other compounds including norfloxacin,ciprofloxacin, and enrofloxacin.The average concentrations of individual compound ranged from 0.80 μg·kg^{-1} to 24.95 μg·kg^{-1}. Norfloxacin was a dominant compound with an average concentration of 24.95 μg·kg^{-1}, followed by ciprofloxacin and enrofloxacin with average concentrations of 15.40 μg·kg^{-1} and 7.68 μg·kg^{-1}, respectively. The sum concentrations of the four compounds ranged from 7.15 μg·kg^{-1} to 122.25 μg·kg^{-1}, mainly distributing within 50~100 μg·kg^{-1} and averaging at 48.85 μg·kg^{-1}. The concentrations of four quinolone antibiotics in the soil samples from organic vegetable field were higher than those of that in the soil samples from green vegetable field. The dominant compounds of quinolone antibiotics in the soils grown various vegetables within the same vegetable field were generally comparative, while their concentrations varied to a certain degree. Ecological risk of the four quinolone antibiotics in the soils of studied fields was low considering that their concentrations were under the ecotoxic effect trigger value(100 μg·kg^{-1}) set by the Steering Committee of Veterinary International Committee on Harmonization.

Keywords: green vegetable field; organic vegetable field; soil; quinolones; antibiotics; pollution

---

收稿日期：2011-04-11

基金项目：国家自然科学基金项目（40773062,41071211）；广东省自然科学基金重点项目（07117909,2011020003196）；广东省科技计划项目(2005B20801002,2006B20601003,2010B020311006)；广东省高校高层次人才项目；东莞市科技研究计划项目(2008108101110)；惠州市科技研究计划项目(2009B010001009)；广州市科技计划项目(2010A82070466)

作者简介：邰义萍(1983—)，女，安徽滁州人，博士研究生，主要从事土壤污染与植物修复研究。E-mail：tyntytyp@163.com

* **通讯作者**：莫测辉　E-mail：tchmo@jnu.edu.cn

规模化动物养殖中大量使用喹诺酮类等各种抗生素以防病治病、提高饲料利用率和促进动物生长[1-2]。抗生素使用后一般以药物原形或其代谢物随粪尿排出[3],造成动物粪便中抗生素含量普遍较高[4-10],成为环境中抗生素的重要来源。动物粪便常作为有机肥料用于农业生产,引起土壤抗生素污染[5-7,11-13],其输入量甚至不亚于农药施用量[4],在一定程度上干扰土壤微生物的群落结构与功能[14-15]进而影响土壤肥力,甚至可被作物吸收累积[16-17]而危及农产品质量安全。此外,土壤抗生素污染还可通过地表径流和淋滤作用进一步造成水体抗生素污染[18-20],并引发细菌耐药性[21],威胁动物与人类健康。因此,抗生素作为一类新兴的重要环境有机污染物,已成为近年来环境科学研究的热点,但国内外对于土壤环境污染及其生态效应的研究较少[5-7,14-15],在我国更鲜见报道[8,11-12,14]。特别是绿色蔬菜、有机蔬菜等经有关机构认证的蔬菜基地,虽然强调有机肥的施用,但对于动物粪肥中抗生素含量没有限制要求,因而土壤中抗生素污染问题更令人关注。为此本文针对畜禽养殖中广泛使用的喹诺酮类抗生素,探讨广州市某绿色蔬菜基地和有机蔬菜基地土壤中4种喹诺酮类抗生素的含量与分布特征,以期为土壤抗生素污染控制提供科学依据。

1　材料与方法

1.1 仪器与试剂

样品预处理和分析中所使用的仪器设备主要有固相萃取装置(Visiprep™-DL,Supelco)、Oasis HLB固相萃取柱(3 mL/60 mg,Supelco)、数控恒温水浴、恒温振荡器、超声波清洗器、低速离心机,以及高效液相色谱仪(Agilent 1100)、电喷雾(ESI)离子源串联质谱仪(AB4000QTRAP)。

4种喹诺酮类抗生素分别为诺氟沙星(NOR)、环丙沙星(CIP)、洛美沙星(LOM)、恩诺沙星(ENR),其标准品均产自德国Ehrenstorfer GmbH公司,纯度大于98%。甲醇、乙腈均为色谱纯(Sigma公司),其他化学试剂均为分析纯。实验用水为高纯水。

喹诺酮类化合物标准品母液:准确称取0.010 0 g标准品溶于少量乙酸溶液,用乙腈/水(20/80,*V*/*V*)稀释定容至100 mL,配制成浓度为100 μg·mL^{-1}的工作母液,于4 ℃冰箱中避光保存,使用期6个月。实验所用各种浓度的标准液用乙腈/水(20/80,*V*/*V*)按一定比例稀释,校正曲线工作液浓度范围为0.001~0.5 μg·mL^{-1}。50%硝酸镁溶液:50 g $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$溶于100 mL水,可提前配制,室温保存。10%氨水溶液:按10 mL25%氨水加入100 mL水的比例配制,现配现用。

1.2 样品采集与预处理

土壤样品采自广州市某绿色蔬菜生产基地和有机蔬菜生产基地,前者约267 hm^2,后者约33 hm^2,有机肥(猪粪、鸡粪等)施用量为7.5~15 t·hm^{-2}。根据种植蔬菜品种和环境条件等因素,选择13个采样地块,分别以多个点位采集表层土壤(20 cm)组成混合样。土壤样品采集后按四分法缩减,其中绿色蔬菜基地土壤样品5个,有机蔬菜基地土壤样品8个。

土壤样品在室内风干后粉碎过60目筛,按参考文献[22]方法进行预处理。准确称取1.00 g土壤样品置于10 mL离心管中,加入50%硝酸镁-10%氨水(96/4,*V*/*V*)4 mL,振荡5 min,超声提取15 min,离心(4 500 r·min^{-1})8 min,收集上清液。残渣用上述方法反复提取2次。合并上清液,过HLB固相萃取小柱(先后过6 mL甲醇和6 mL水)萃取富集。用6 mL高纯水清洗小柱,真空干燥10 min,再用3 mL 1%乙酸-乙腈洗脱小柱。洗脱液在40 ℃水浴下用氮气吹至近干,用乙腈-水(20/80,*V*/*V*)定容至1 mL,溶液过0.22 μm滤膜收集于样品瓶中待测。

1.3 HPLC-MS/MS分析和质量控制与质量保证

色谱条件:色谱柱Ailent Eclipse Plus C18(5 μm,2.1×150 mm)、柱温20 ℃;柱平衡时间30 min;流动相水:乙腈(80/20,*V*/*V*;含1%甲酸)等度洗脱,流速0.2 mL·min^{-1};进样量5 μL。

质谱条件:离子化模式ESI(+);雾化气60 psi;干燥气50 psi;气帘气20 psi;离子源电压5 500 V;去溶剂温度600 ℃;碰撞气压水平高压。

喹诺酮类抗生素加标回收率在55%~77%之间(表1),各化合物不同加标浓度的回收率总体上差别不大,相对标准偏差(RSD,n=3)均低于10%。以混合标准品工作液系列浓度(1~500 μg·L^{-1}),建立各化合物标准曲线的线性回归方程,按3倍信噪比计算得到检测限为0.04~0.20 μg·L^{-1},按10倍信噪比计算得到样品定量限为0.12~0.67 μg·kg^{-1}(表1)。

为控制实验过程中人为污染,保证操作过程准确,每10个样品间隔设置空白样、样品平行样、样品加标样,并且在进样时以固定浓度标样进行质量控制。空白样中未检出喹诺酮类化合物,平行样检测结果相对标准偏差均小于1%。整个分析流程喹诺酮类化合物回收率为72.5%~86.2%。

表 1 土壤中 4 种喹诺酮类抗生素的回收率、检测限与定量限

Table 1 Recovery, limit of detection, limit of quantification of quinolone antibiotics in soil

化合物	回收率和相对标准偏差(RSD, n=3)/%			检测限/	定量限/
	5 μg·kg^{-1}	50 μg·kg^{-1}	500 μg·kg^{-1}	μg·L^{-1}	μg·kg^{-1}
诺氟沙星	63.6±8.3	59.9±7.8	54.8±1.1	0.09	0.31
环丙沙星	56.8±9.7	55.3±3.9	60.8±2.4	0.20	0.67
洛美沙星	61.9±4.3	60.2±3.0	72.7±2.2	0.04	0.12
恩诺沙星	76.5±3.1	64.9±4.5	72.0±1.4	0.09	0.31

2 结果与讨论

2.1 土壤中喹诺酮类抗生素的含量水平

土壤中 4 种喹诺酮类化合物总含量范围在 7.15~122.25 μg·kg^{-1} 之间，平均为 48.85 μg·kg^{-1}，低于 10 μg·kg^{-1} 和在 50~100 μg·kg^{-1} 之间的样品分别占 30.8%和 38.5%，在 10~50 μg·kg^{-1} 之间和高于 100 μg·kg^{-1} 的样品约占 15%(图 1)。诺氟沙星、环丙沙星和恩诺沙星的检出率均为 100%，其最高含量分别为 95.15、47.47 μg·kg^{-1} 和 24.82 μg·kg^{-1}，平均含量分别为 24.95、15.40 μg·kg^{-1} 和 7.68 μg·kg^{-1}。洛美沙星的检出率为 85%，最高含量仅为 3.91 μg·kg^{-1}。因此，土壤中喹诺酮类化合物组成以诺氟沙星为主，其次为环丙沙星和恩诺沙星(表 2)。大部分土壤样品能同时检出 4 种喹诺酮类化合物，但含量基本在 50 μg·kg^{-1} 以下，其中诺氟沙星(62%)和环丙沙星(54%)的含量主要在 10~50 μg·kg^{-1} 之间，洛美沙星(100%)和恩诺沙星(69%)的含量主要低于 10 μg·kg^{-1}(图 2)。

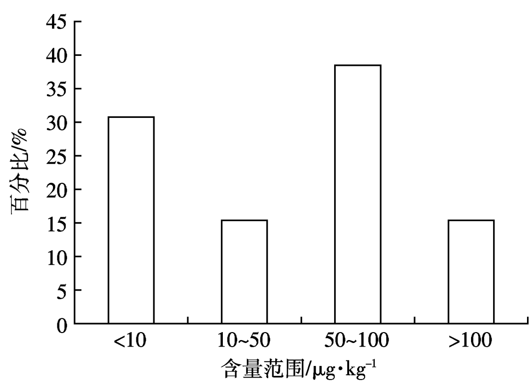

图 1 土壤中喹诺酮类抗生素总含量分布特征

Figure 1 Total content distribution of quinolones in soil

表 2 土壤中喹诺酮类抗生素的含量特征(μg·kg^{-1})

Table 2 Concentrations of quinolone antibiotics in vegetable field soils of Guangzhou city(μg·kg^{-1})

化合物	最大值	最小值	平均值	标准偏差	检出率/%
诺氟沙星	95.15	2.09	24.95	26.18	100
环丙沙星	47.47	4.10	15.40	12.49	100
洛美沙星	3.91	ND	0.80	1.12	85
恩诺沙星	24.82	0.78	7.68	7.16	100
总含量	122.25	7.15	48.85	36.64	100

注：ND 表示低于检测限，均按 0 参与统计。

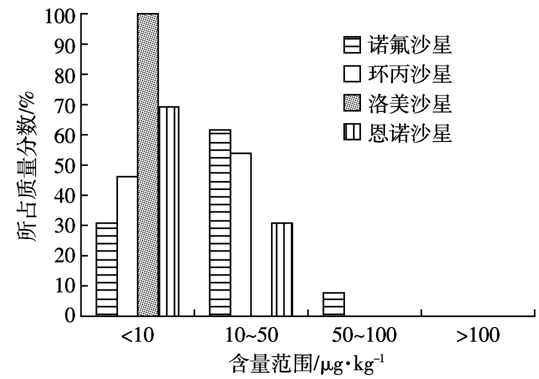

图 2 土壤中喹诺酮类化合物含量分布特征

Figure 2 Content distribution of quinolone compounds in soil

研究区土壤中各喹诺酮类化合物的检出率均在 85%以上，平均含量均低于 25 μg·kg^{-1}，最高含量均低于 100 μg·kg^{-1}，高于珠三角地区无公害蔬菜生产基地土壤中含量[23]，低于土耳其、澳大利亚等施用粪肥土壤中含量[6-7]。绿色和有机蔬菜基地更加强调有机肥施用可能是土壤中抗生素含量较高的重要原因。但影响土壤中抗生素含量的因素很复杂，施用粪肥中抗生素含量以及施用方式是重要的直接因素。粪肥施用量大、连续施用以及在湿、热气候条件下施用均有利于土壤中抗生素的降解，从而降低土壤中抗生素污染程度[24-28]。这是研究区土壤中抗生素含量低于一般农田土壤如东莞市普通蔬菜生产基地土壤的可能原因[29]。农田土壤中抗生素来源途径包括污水灌溉等[30]。此外，类似于土壤有机污染的植物修复作用[31]，蔬菜生产中较高的复种指数和经常性轮作也有利于施用粪肥土壤中抗生素的降解而减轻污染程度，导致研究区土壤中喹诺酮类抗生素含量较低。根据兽药国际协调委员会(VICH)筹划指导委员会关于抗生素产生生态毒性效应的阈值(100 μg·kg^{-1})[7]，研究区土壤中各种喹诺酮类化合物含量均低于 100 μg·kg^{-1}，表明生态风险较小。有研究表明，抗生素对植物生长、土壤微生物和酶活性影响的效应浓度一般在 mg·kg^{-1} 级水平[14-15,32]。但是抗生素的耐药性问题以及各种化合物之间的联合毒性效应问题不容忽视。

2.2 不同基地土壤中喹诺酮类抗生素的含量与组成特征

两种蔬菜基地土壤中喹诺酮类抗生素的含量分

布特征有明显不同(图 3)。有机蔬菜基地土壤中喹诺酮类抗生素平均总含量(69.9 μg·kg^{-1})是绿色蔬菜基地土壤(16.9 μg·kg^{-1})的 4 倍,单个化合物含量均高于绿色蔬菜基地土壤,这可能与有机蔬菜基地有机肥施用量较大有关。在化合物组成上,有机蔬菜基地土壤中喹诺酮类抗生素以诺氟沙星为主, 其次为环丙沙星;而绿色蔬菜基地土壤中以环丙沙星为主,其次是诺氟沙星。

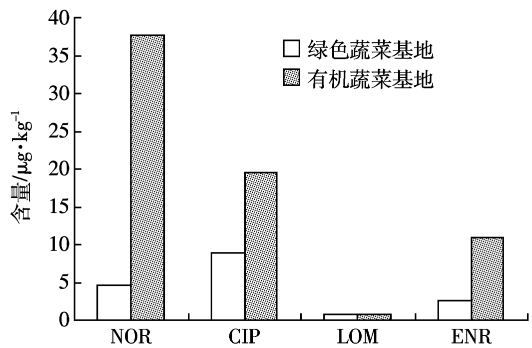

图 3 两种品质蔬菜基地土壤中喹诺酮类抗生素的含量和组成特征

Figure 3 Contents and constituents of quinolones in soils from various vegetable fields

2.3 不同蔬菜土壤中喹诺酮类抗生素的含量与组成特征

同一蔬菜基地不同蔬菜品种土壤中喹诺酮类抗生素的含量有一定差异,但化合物组成特征基本相似(图 4)。绿色蔬菜基地不同蔬菜土壤中喹诺酮类抗生素总含量为 7.06~51.43 μg·kg^{-1}, 菜心土壤中的总含量明显高于其他蔬菜土壤,化合物组成均以环丙沙星为主,其次是诺氟沙星。有机蔬菜基地不同蔬菜土壤中喹诺酮类化合物总含量为 34.02~122.25 μg·kg^{-1}, 番薯土壤中最高(122.25 μg·kg^{-1}),其次为菜心土壤和芥菜土壤,芥兰土壤中最低。化合物组成有两种类型,一是以诺氟沙星为主,包括番薯土壤、绍菜土壤和芥菜土壤,二是以环丙沙星、诺氟沙星和恩诺沙星为主,包括奶白菜土壤、菜心土壤、芥兰土壤和上海青土壤。不同植物根际对土壤中有机污染物的降解情况存在明显差异[31],如不同品种(基因型)通菜对土壤中邻苯二甲酸酯的吸收和降解存在显著差异[33],与植物根系分泌物等生理生化特征以及根际微生物种群结构与功能的差异等因素有关。另外,同一蔬菜基地内各农户之间不同施肥、灌溉、轮作等生产方式也会造成土壤中喹诺酮类化合物的降解性、迁移性等环境行为的不同[34],如前面已提及的关于粪肥施用条件不同会造成土壤中抗生素降解特征差异[24-28],从而导致同一蔬菜基地种植不同蔬菜土壤中喹诺酮类化合物含量与组成的差异。

3 结论

广州市某绿色蔬菜基地和有机蔬菜基地土壤中 4 种喹诺酮类化合物普遍同时被检出, 平均含量在 0.80~24.95 μg·kg^{-1} 之间,以诺氟沙星为主,其次为环丙沙星和恩诺沙星。尽管各化合物的最高含量低于抗生素生态毒性效应触发值(100 μg·kg^{-1}),但不能忽视其总含量超过了该值,同时需要关注各种化合物之间的联合毒性效应问题。以动物粪便作为有机肥施用的抗生素污染问题需要进一步研究。

参考文献:

[1] Hartmann A, Alder A C, Koller T, et al. Identification of fluoroquinolone antibiotics as the main source of human genotoxicity in native hospital wastewater[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1998, 17(3):

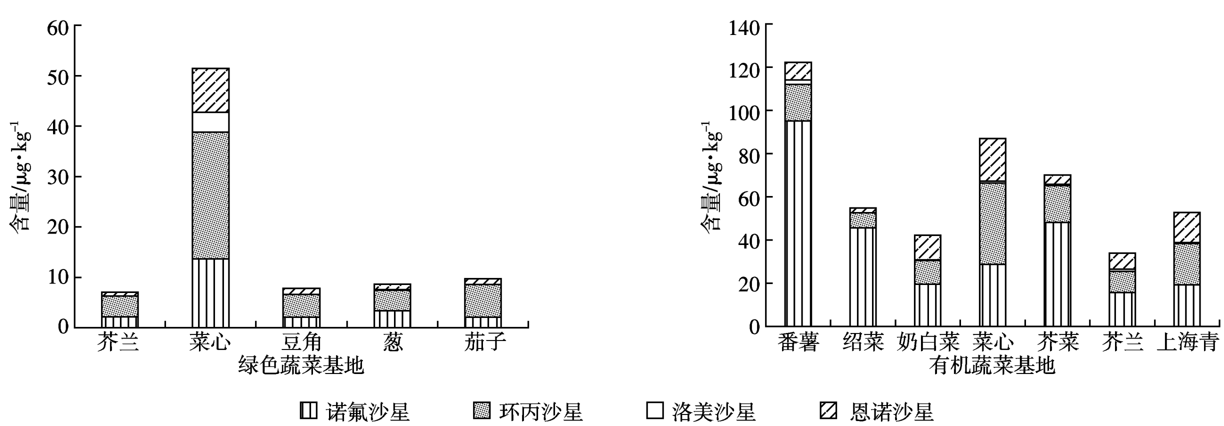

图 4 不同蔬菜品种土壤中喹诺酮类抗生素的含量与分布特征

Figure 4 Occurrence of quinolone compounds in soils grown different vegetables within the same field

377–382.

[2] 李彦文, 莫测辉, 赵 娜, 等. 高效液相色谱法测定水和土壤中的磺胺类抗生素[J]. 分析化学, 2008, 36(7): 954–958.
LI Yan–wen, MO Ce–hui, ZHAO Na, et al. Determination of sulfonamides antibiotics in water and soil using high performance liquid chromatography[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2008, 36(7): 954–958.

[3] Halling–Sørensen B, Nielsen S N, Lanzky P F, et al. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment: A review [J]. *Chemosphere*, 1998, 36(2): 357–393.

[4] Haller M Y, Muller S R, McArdell C S, et al. Quantification of veterinary antibiotics (sulfonamides and trimethoprim) in animal manure by liquid chromatography–mass spectrometry[J]. *Journal of Chromatography A*, 2002, 952(1–2): 111–120.

[5] Aust M O, Godlinski F, Travis G R, et al. Distribution of sulfamethazine, chlortetracycline and tylosin in manure and soil of Canadian feedlots after subtherapeutic use in cattle[J]. *Environmental Pollution*, 2008, 156 (3): 1243–1251.

[6] Martı´nez–Carballo E, Gonza´lez–Barreiro C, Scharf S, et al. Environmental monitoring study of selected veterinary antibiotics in animal manure and soils in Austria[J]. *Environmental Pollution*, 2007, 148(2): 570– 579.

[7] Akın Karcı, Isıl Akmehmet Balcıoğlu. Investigation of the tetracycline, sulfonamide, and fluoroquinolone antimicrobial compounds in animal manure and agricultural soils in Turkey[J]. *Science of the Total Environment*, 2009, 407(16): 4652–4664.

[8] 邰义萍, 罗晓栋, 莫测辉, 等. 广东省畜牧粪便中喹诺酮类和磺胺类抗生素的含量与分布特征研究[J]. 环境科学, 2011, 32(4): 278–283.
TAI Yi–ping, LUO Xiao–dong, MO Ce–hui, et al. Preliminary investigation of quinolone and sulfonamide antibiotics in feces from large–scale swine and cattle feeding operations of Guangdong Province[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2010, 32(4): 278–283.

[9] 胡献刚, 罗 义, 周启星, 等. 固相萃取–高效液相色谱法测定畜牧粪便中13种抗生素药物残留 [J]. 分析化学, 2008, 36 (9): 1162–1166.
HU Xian–gang, LUO Yi, ZHOU Qi–xing, et al. Determination of thirteen antibiotics residues in manure by solid phase extraction and high performance liquid chromatography[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2008, 36(9): 1162–1166.

[10] 刘新程, 董元华, 王 辉. 江苏省集约化养殖畜禽排泄物中四环素类抗生素残留调查[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(3): 1177–1182.
LIU Xin–cheng, DONG Yuan–hua, WANG Hui. Residues of tetracyclinesin animal manure from intensive farm in Jiangsu Province [J]. *Journal of Agro–Environment Science*, 2008, 27(3): 1177–1182.

[11] 张慧敏, 章明奎, 顾国平. 浙北地区畜禽粪便和农田土壤中四环素类抗生素残留[J]. 生态与农村环境学报, 2008, 24(3): 69–73.
ZHANG Hui–min, ZHANG Ming–kui, GU Guo–ping. Residues of tetracyclines in livestock and poultry manures and agricultural soils from North Zhejiang Province[J]. *Chinese Journal of Ecology and Rural Environment*, 2008, 24(3): 69–73.

[12] 李彦文, 莫测辉, 赵 娜, 等. 菜地土壤中磺胺类和四环素类抗生素污染特征研究[J]. 环境科学, 2009, 30(6): 1762–1766.
LI Yan–wen, MO Ce–hui, ZHAO Na, et al. Investigation of sulfonamides and tetracyclines antibiotics in soils from various vegetable fields[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2009, 30(6): 1762–1766.

[13] Gerd Hamscher, Silke Sczesny, Heinrich Hoper, et al. Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high–performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry[J]. *Analytical Chemistry*, 2002, 74(7): 1509–1518.

[14] Kong W D, Zhu Y G, Fu B J, et al. The veterinary antibiotic oxytetracycline and Cu influence functional diversity of the soil microbial community[J]. *Environmental Pollution*, 2006, 143(1): 129–137.

[15] Thiele S, Beck I C. Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass[J]. *Chemosphere*, 2005, 59(4): 457–465.

[16] Migliore L, Cozzolino S, Fiori M. Phytotoxicity to and uptake of enroxacin in crop plants[J]. *Chemosphere*, 2003, 52(7): 1233–1244.

[17] Redshawa C H, Wootton V G, Rowland S J. Uptake of the pharmaceutical fluoxetine hydrochloride from growth medium by *Brassicaceae* [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69(13): 2510–2516.

[18] Wu C X, Witter J D, Spongberga A L, et al. Occurrence of selected pharmaceuticals in an agricultural landscape, Western Lake Erie basin [J]. *Water Research*, 2009, 43(14): 3407–3416.

[19] Arikana O A, Rice C, Codling E. Occurrence of antibiotics and hormones in a major agricultural watershed[J]. *Desalination*, 2008, 226(1–3): 121–133.

[20] Weiss K, Schüssler W, Porzelt M. Sulfamethazine and flubendazole in seepage water after the sprinkling of manured areas [J]. *Chemosphere*, 2008, 72(9): 1292–1297.

[21] Rysz M, Alvarez P J J. Amplification and attenuation of tetraycyclien resistance in soil bacteria: Qaufer column experiments [J]. *Water Research*, 2004, 38(17): 3705–3712.

[22] 邰义萍, 莫测辉, 李彦文, 等. 固相萃取–高效液相色谱–荧光检测土壤中喹诺酮类抗生素[J]. 分析化学, 2009, 37(12): 1733–1737.
TAI Yi –ping, MO Ce –hui, LI Yan –wen, et al. Determination of quinolones in soils using solid–phase extraction and HPLC–FLD[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2009, 37(12): 1733–1737.

[23] 邰义萍, 莫测辉, 李彦文, 等. 长期施用粪肥土壤中喹诺酮类抗生素的含量[J]. 中国环境科学, 2010, 30(6): 328–332.
TAI Yi–ping, MO Ce–hui, LI Yan–wen, et al. Concentration and distribution of quinolone antibiotics in soil chronically fertilized with manures[J]. *China Environmental Science*, 2010, 30(6): 328–332.

[24] Ingerslev F, Halling–Sørensen B. Biodegradability of metronidazole, olaquindox, and tylosin and formation of tylosin degradation products in aerobic soil–manureslurries[J]. *Endotoxicoogy and Environmental Safety*, 2001, 48(3): 311– 320.

[25] Krispin Stoob, Heinz P Singer, Stephan R Mueller, et al. Dissipation and transport of veterinary sulfonamide antibiotics after manure application to grassland in a small catchment[J]. *Environmental Science and Technology*, 2007, 41(21): 7349–7355.

[26] Wang Qiquan, Yates Scott R. Laboratory study of oxytetracycline degradation kinetics in animal manure and soil[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(5): 1683–1688.

[27] Wang Qiquan, Guo Mingxin, Yates Scott R. Degradation kinetics of manure–derived sulfadimethoxine in amended soil[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, 54(1): 157–163.

[28] Diana S Aga, Seamus O'Connor, Steve Ensley, et al. Determination of the persistence of tetracycline antibiotics and their degradates in manure –amended soil using enzyme –linked immunosorbent assay and liquid chromatography–mass spectrometry[J]. *Journal of Agricultural*

and Food Chemistry, 2005, 53(18):7165-7171.

[29] 郜义萍, 莫测辉, 李彦文, 等. 东莞市菜地土壤中喹诺酮类抗生素的含量与分布特征研究[J]. 环境科学学报, 2011, 31(4):839-845.
TAI Yi-ping, MO Ce-hui, LI Yan-wen, et al. Occurrence of quinolone antibiotics in soils from vegetable fields of Dongguan City [J]. *Chinese Journal of Acta Scientiae Circumstantiae*, 2011, 31(4):839-845.

[30] 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抗生素的含量特征及其季节变化 [J]. 环境科学, 2006, 27(12):2458-2462.
XU Wei-hai, ZHANG Gan, ZOU Shi-chun, et al. Occurrence and seasonal changes of antibiotics in the Victoria Harbour and the Pearl River, South China [J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2006, 27(12):2458-2462.

[31] Mo C H, Cai Q Y, Li H Q, et al. Potential of different species for use in removal of DDT from the contaminated soils[J]. *Chemosphere*, 2008, 73(1):120-125.

[32] Liu F, Ying G G, Tao R, et al. Effects of six selected antibiotics on plant growth and soil microbial and enzymatic activities[J]. *Environmental Pollution*, 2009, 157(5):1636-1642.

[33] Cai Q Y, Mo C H, Zeng Q Y, et al. Potential of Ipomoea aquatica cultivars in phytoremediation of soils contaminated with di-n-butyl phthalate[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, 62:205-211.

[34] Blackwell P A, Kay P, Ashauer R, et al. Effects of agricultural conditions on the leaching behaviour of veterinary antibiotics in soils[J]. *Chemosphere*, 2009, 75(1):13-19.

《农业环境科学学报》2011 年审稿专家名录

（按姓氏拼音排序）

艾绍英	白志辉	蔡 峻	蔡喜运	蔡信德	曹凑贵	曹 慧	曹 军	曹文志	曹云者	常志州	陈杭亭	陈怀满	陈 慧
陈济琛	陈家长	陈能场	陈世宝	陈书涛	陈晓英	陈 欣	成杰民	成水平	褚海燕	崔德杰	崔岩山	代静玉	戴九兰
戴亦军	党 志	丁 洪	丁诗华	丁维新	丁振华	董仁杰	董元华	窦 森	段学军	范丙全	范志平	方 芳	封 克
高会议	高彦征	葛 滢	耿金菊	郭昌胜	郭红岩	郭劲松	郭书海	韩圣慧	韩照祥	郝红英	何成达	何 江	何品晶
何文清	何寻阳	侯 红	侯 明	侯彦林	胡红青	胡克林	胡荣桂	胡双庆	胡 忻	胡正华	华 珞	华玉妹	化党领
黄 璜	黄 丽	黄清辉	黄 耀	黄 艺	黄益宗	黄毅斌	黄泽春	黄占斌	蒋静艳	金朝晖	金 辉	匡少平	赖发英
雷 梅	黎华寿	李本纲	李成芳	李成亮	李纯厚	李法云	李芳柏	李锋民	李国学	李恒鹏	李花粉	李 华	李辉信
李 健	李莲芳	李培军	李强坤	李取生	李仁英	李淑芹	李晓军	李艳霞	李永华	李永涛	李 元	李兆君	李卓佳
梁生康	梁 威	梁志怀	廖柏寒	廖 敏	廖晓勇	廖新俤	廖宗文	林春野	林匡飞	刘 波	刘春光	刘 菲	刘 峰
刘广立	刘国光	刘景春	刘景双	刘静玲	刘可星	刘 领	刘 鹏	刘瑞民	刘世亮	刘 宛	刘维涛	刘文新	刘五星
刘学军	龙新宪	卢少勇	吕昌伟	吕家珑	吕贻忠	罗连光	罗 琳	罗 涛	罗兴章	孟昭福	莫测辉	慕 卫	欧晓明
潘根兴	彭绪亚	平立凤	乔有明	乔玉辉	秦伯强	秦 华	仇荣亮	曲 东	任明忠	沈 标	沈根祥	沈新强	盛下放
施庆珊	施卫明	石利利	石元亮	司友斌	宋俊峰	宋永会	孙 波	孙 成	孙红文	孙 楠	孙庆业	孙志梅	谭文峰
汤 利	唐建军	唐晓燕	唐欣昀	陶 玲	田光明	田兴军	童裳伦	涂 从	涂仕华	涂书新	王朝辉	王代长	王德汉
王 果	王慧忠	王凯荣	王里奥	王立刚	王 宁	王起超	王小治	王晓蓉	王 新	王学东	王学军	王彦华	王玉军
王中良	韦革宏	魏树和	魏自民	翁伯琦	吴丰昌	吴景贵	吴启堂	吴淑杭	吴 伟	吴卫红	吴耀国	吴永贵	吴振斌
伍 钧	夏北成	香 宝	肖浪涛	肖 昕	肖羽堂	谢正苗	谢忠雷	熊德中	熊 丽	熊双莲	徐 华	徐明岗	徐仁扣
徐卫红	徐星凯	许其功	许修宏	许育新	严重玲	阎百兴	颜晓元	晏维金	杨长明	杨 琛	杨国义	杨俊诚	杨连新
杨林章	杨柳燕	杨仁斌	杨 劭	杨永亮	姚丽贤	仪慧兰	易 秀	尹大强	尹平河	虞云龙	袁旭音	岳 明	占新华
张芬琴	张晋京	张丽娟	张盼月	张奇春	张仁陟	张世熔	张树清	张素坤	张兴昌	张迎梅	张永春	张余良	张玉华
张雨梅	张增强	章海波	章家恩	章明奎	赵保卫	赵 吉	赵建庄	赵立欣	赵同科	郑 平	郑永权	郑有飞	郑袁明
郑 正	周东美	周鸿凯	周 青	周卫军	周运超	朱 波	朱 琳	朱鲁生	朱茂旭	宗良纲	邹建文		

正是因为有以上专家认真及时地审稿，才使刊物的稿件质量得到有力的保证，使创新性的科研成果得以即时发表，使科技新人脱颖而出。在此，本刊编辑部对各位专家的辛勤工作表示诚挚的感谢。为不断壮大审稿专家队伍，适应日益增多的稿源需求，我们衷心地希望广大作者和读者踊跃推荐审稿专家候选人，以促进刊物的不断发展和创新。

（本刊编辑部）