

畜禽粪污中兽用抗菌药残留研究进展

郭禹, 赵平伟, 米彦飞, 张薇, 宋艳红, 武晋孝, 冯俊吾*

(山西省检验检测中心山西省标准计量技术研究院, 山西太原 030031)

摘要:随着畜禽养殖业的快速发展,兽用抗菌药污染带来的影响已逐渐成为人们关注的焦点,尤其是畜禽粪污中的兽用抗菌药残留问题已不容忽视。本文综述了畜禽粪污中兽用抗菌药残留的相关研究方向和成果,对兽用抗菌药在畜禽粪污中的残留现状,对土壤环境和植物生长的影响,无害化处理等方向进行了分析、评述,并指出开发中药、微生物菌剂等绿色兽药、堆肥菌剂、建立残留排放标准等研究方向。旨在为建立兽用抗菌药的安全性使用提供思路,为减少粪污抗菌药污染提供可行方案。

关键词:畜禽粪污;兽用抗菌药;土壤环境;植物生长;处理方式

[中图分类号] S811.7 [文献标识码] A [文章编号] 1004-6704(2023)03-0072-04

Research Progress of Veterinary Antibacterial Drug Residues in Livestock and Poultry Manure

GUO Yu, ZHAO Ping-wei, MI Yan-fei, ZHANG Wei, SONG Yan-hong, WU Jin-xiao, FENG Jun-wu*

(Shanxi Provincial Inspection and Testing Center, Shanxi Provincial Institute of Standards and Metrology, Taiyuan, Shanxi 030031, China)

Abstract: With the rapid development of the livestock and poultry breeding industry, the impact of veterinary antibacterial drug pollution has gradually become the focus of attention, especially the problem of veterinary antimicrobial drug residues in livestock and poultry manure can no longer be ignored. This paper summarizes the relevant research directions and achievements of veterinary antibacterial drug residues in livestock and poultry manure, the status of veterinary antibacterial drug residues in livestock and poultry manure, the impact on soil environment and plant growth, and harmless treatment. analyzed and commented. This paper points out the research directions of developing green veterinary drugs such as traditional Chinese medicine and microbial agents, composting agents, and establishing residual discharge standards. This aims to provide ideas for the establishment of safe use of veterinary antimicrobials and a feasible solution for reducing the contamination of antimicrobials in feces.

Key words: livestock and poultry manure; veterinary antimicrobials; soil environment; plant growth; treatment methods

兽用抗菌药作为重要的农业投入品,对动物养殖业健康发展举足轻重。在畜禽养殖中,抗菌药长期用于动物亚治疗,这些药物在动物体内无法被完全吸收,30%~90%会以母体或代谢物形式随畜禽排泄物进入环境。2020年我国畜牧业产生畜禽粪污约38亿t,现有的动物粪污处理工艺简单,不能满足残留抗菌药的完全降解。因此兽用抗菌药的大量使用将造成土壤环境中抗菌药的广泛残留,进而影

响植物生长与人类健康。为全面提升畜禽绿色健康养殖水平,促进畜牧业高质量发展,畜禽养殖业中合理、规范使用兽用抗菌药已成为全球共识。本文基于此,对目前国内外关于兽用抗菌药在畜禽粪污中残留的相关研究方向进行总结评述,并指出减少兽用抗菌药在粪污中的残留的可行性措施。

1 兽用抗菌药在畜禽粪污中的残留现状

1.1 兽用抗菌药在畜禽养殖中的使用

自1946年首次报道,在饲料中添加兽用抗菌药能提高肉鸡的日增重,先后有多种兽用抗菌药被用于畜牧养殖业,但是,在具体使用中,存在兽用抗菌药的滥用问题。王云鹏等对国内5省、市进行的兽用抗菌药使用情况调查表明,滥用现象主要包括盲

[收稿日期] 2022-06-07

[基金项目] 山西省重点研发计划项目(201903D221006)

[作者简介] 郭禹(1989-),女,山西临县人,硕士,畜牧师,主要从事兽药残留检测工作。E-mail: guoyu-zl190909@163.com

*[通讯作者] 冯俊吾(1964-),男,山西襄汾人,本科,研究员,主要从事畜牧兽医类技术推广工作。E-mail: sx-djsfjw@163.com

目、随意用药,过量、长期用药,人药兽用,不遵守休药期要求,直接使用兽用原料药,仍然使用明令禁止药物。在养殖过程中抗菌药的使用目的主要分为促生长和治疗 2 大类,2020 年中国境内使用抗菌药制剂种类共 216 种。数据显示:2018~2020 年,我国兽用抗菌药使用总量由 2.97 万 t 增加至 3.27 万 t,增长了 10%,但是促生长类使用占比由 51.77% 降至 28.69%,这得益于 2017 年全国遏制动物源细菌耐药计划(2017~2020 年)的实施。为了进一步促进畜牧业的高质量发展,国家相继出台了多项政策及行动方案,农业农村部第 194 号公告要求,自 2020 年 7 月 1 日起,饲料中全面“禁抗”(中药类添加剂除外),该政策的实施预计可显著减少兽用抗菌药的使用量。2021 年 10 月 25 日,农业农村部印发了《全国兽用抗菌药使用减量化行动方案(2021—2025)》,方案要求到 2025 年末,50% 以上的规模养殖场实施养殖减抗行动,做到规范科学用药。

1.2 兽用抗菌药在畜禽体内的代谢

兽用抗菌药被吸收到体内后的代谢途径是多种多样的,但是主要通过肝脏代谢,经胆汁,由粪便排出体外。极性化合物比脂溶性化合物更容易排出动物体外。例如,动物摄入的四环素类、泰乐菌素、恩诺沙星等极性药物约 50%~90% 以原药形式通过粪尿排泄,氯霉素、红霉素、甲氧苄啶脂溶性药物只有在动物体内代谢为极性更高的化合物才能经动物粪尿排泄。而磺胺类抗菌药既可以原药形式排泄,也可以乙酰化结合态排泄。

1.3 兽用抗菌药在畜禽粪污中的残留

畜禽粪污中普遍含有四环素类、磺胺二甲嘧啶、青霉素、泰乐菌素等,这些兽用抗菌药的残留量多在 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 水平。目前研究最多的为四环素类,研究内容包括检出率、不同养殖物种、经济发达程度、规模化养殖和家庭养殖模式和畜种发育阶段。多项研究表明,四环素类在畜禽粪污中检出率最高,土霉素最高可达 134.75mg/kg。不同畜种而言,同一种抗菌药残留普遍显示猪粪>鸡粪>牛粪。张树清等和 Zhao 等研究表明经济发达地区的残留明显高于其他地区。大规模集约化养殖场残留量高于家庭养殖户。对畜种的发育阶段而言,Zhao 等 8 省市的规模化养殖场调研发现猪粪中四环素类兽用抗菌药的残留规律为,仔猪>种猪>育肥猪,而阮蓉等对家庭养殖户粪污残留研究表明,育肥猪>母猪>仔猪。因此,畜禽粪污中兽用抗菌药残留量既与药物种类、养

殖物种相关,也与经济发达程度、养殖模式和畜种的生长阶段有关。

2 对土壤环境及植物生长影响

2.1 兽用抗菌药对土壤环境的影响

受传统观念影响,畜禽粪污中含有的兽用抗菌药及代谢物排入环境首当其冲影响的就是土壤环境。土壤中微生物尤其是细菌数量最多,约占土壤微生物总量 70%~90%,其数量和活性是土壤肥力的一个重要指标,土壤硝化作用与氨化作用一样,都是生物圈内氮循环的重要环节。研究表明磺胺二甲嘧啶和土霉素、恩诺沙星能抑制土壤微生物的呼吸作用。有研究表明土壤对 4 种抗菌药的吸附强度为:土霉素>恩诺沙星>泰乐菌素>磺胺二甲嘧啶。浓度为 $10\mu\text{g}/\text{g}$ 的恩诺沙星残留抑制土壤硝化作用、氨化作用,且降低土壤微生物群落功能,长期恩诺沙星残留会破坏土壤氮循环,降低土壤固氮能力恩诺沙星对土壤中三大类微生物影响为:细菌>放线菌>真菌。而四环素类则对真菌的影响大于细菌,并且高浓度的四环素和土霉素会抑制土壤磷酸酶、过氧化氢酶、脲酶活性。

2.2 兽用抗菌药对植物生长的影响

兽用抗菌药残留的动物粪肥未处理施用于农田,植物从土壤中吸收直接影响其生长。土壤中的抗菌药污染会抑制种子发芽和根系、下胚轴以及叶片的生长,且随着污染的加重及时间的延长,对植物生长的影响越大。Migiores 等研究表明,植物的根对抗菌药吸附性最强,小白菜、白萝卜对四环素类均有吸收作用,作物组织中残留浓度与土壤抗菌药浓度呈正相关。恩诺沙星在水芹中的蓄积率高于土霉素,在生长阶段对土霉素更为敏感。郑曦等研究表明,盐酸左氧氟沙星显著抑制玉米根与幼苗的生长,干物质的积累,叶绿素的含量,POD 酶的活性。青菜在生长期前期比后期对土霉素更敏感,而在收获期后期比前期更为敏感。徐秋桐等对土壤中土霉素对 12 种作物危害的研究表明:蔬菜作物幼苗比粮食作物幼苗更为敏感。油菜较之白菜、生菜对青霉素的生态毒性更敏感。

3 畜禽粪污兽用抗菌药残留无害化处理研究

堆肥是目前主要的畜禽粪污处理方式,可以使畜禽粪污营养成分更加稳定,残留兽用抗菌药得到

有效降解,进而减少对土壤、环境的损害,主要分为好氧堆肥和厌氧堆肥。

3.1 好氧堆肥化处理

在有氧条件下利用好氧发酵使畜禽粪污中的有机物降解形成腐殖酸、病原微生物失活。堆肥对兽用抗菌药的去除主要通过光解、水解及微生物降解来完成。YU等发现,喹诺酮类降解率可超99%,磺胺类可达90%以上。大环内酯类如红霉素、替米考星等在堆肥13 d后可完全降解。温度是影响兽用抗菌药降解的重要因素,堆肥时温度越高,降解效果更好,Arikan等研究表明,高温65°C的牛粪堆体中金霉素的降解率比室温条件下高出7倍多,因此能提高堆肥温度的菌剂,如光照、EM菌剂、VT菌剂等都会显著提升降解效率。匡光伟等研究表明鸡粪中的土霉素和金霉素的降解速率,光照条件下比避光条件下高出9倍多。

3.2 厌氧堆肥化处理

是使固体畜禽粪便在厌氧条件下利用厌氧微生物的作用达到稳定化并得到有利用价值的产物,包括厌氧堆肥,产沼发酵等。研究表明厌氧发酵对抗菌药去除率与抗菌药种类、畜种种类、初始浓度、外源添加剂等因素有关。Gurmessa等研究表明, β -内酰胺类去除率高于四环素、大环内酯类、磺胺类。牛粪中泰乐菌素经过4 d的厌氧发酵后可以完全降解,在猪粪中降解率较低。Yin等研究表明,猪粪中土霉素低于40 mg/kg时,土霉素可完全消除,超过此浓度后,降解率会显著降低。向堆肥中加入0.5 g/L的新型生物炭后,磺胺嘧啶的去除率可提高30%,过氧化钙可以显著提高四环素降解率。

4 总结与展望

4.1 开发绿色安全高效的兽用抗菌药替代物

从根源上减少兽用抗菌药养殖环节的使用,目前常用的饲用兽用抗菌药替代物主要有中草药饲料添加剂、益生菌、抗菌肽、植物提取物、酶制剂、溶菌酶、酸化剂、噬菌体等。已有研究表明鱼腥草提取液对新城疫病毒强毒株的杀灭作用,效果优于盐酸金刚烷胺,纳豆芽孢杆菌等可显著降低猪腹泻率,提高保育猪的平均日增重。

4.2 提高粪污无害化处理效率

在畜禽粪污无害化处理中,加强堆肥菌株和外源添加剂的开发,促进残留兽用抗菌药的快速彻底降解。改进规模化养殖场放处理工艺,最终缩短兽

用抗菌药在生态环境中的迁移路径。

4.3 全面建立检测与排放标准

建立畜禽粪污中兽用抗菌药含量检测标准,制定粪污抗菌药残留排放标准,在最终排放环节做好残留监测及可行性评估,倒逼养殖企业减少抗菌药的使用。2016年发布的《有机肥料中土霉素、四环素、金霉素与强力霉素的含量测定高效液相色谱法》,是我国首次发布肥料中抗生素残留检测方法的国家标准。浙江省发布的《T/ZNZ 037-2020 商品有机肥中兽用抗生素残留控制技术规范》中规定四环素类残留限量0.5 mg/kg,磺胺类残留限量为0.5 mg/kg。

参考文献:

- [1] MOORE P R, EVENSION A, LUCKEY T D, et al. Use of sulfasuxidin, streptothricin and streptomycin in nutritional studies with the chick[J]. Journal of Biological Chemistry, 1946, 165(31): 437-441.
- [2] 王云鹏, 马越. 养殖业抗生素的使用及其潜在危害[J]. 中国抗生素杂志, 2008, 33(9): 519-523.
- [3] BOXALL A, BLACKWELL P, CAVALLO R. The sorption and transport of a sulfamide antibiotic in soil systems[J]. Toxicol. Lett. 2002, 131: 19-28.
- [4] 吴银宝, 汪植三, 廖新娣, 等. 恩诺沙星在鸡体内的排泄及其在鸡粪中的降解[J]. 畜牧兽医学报, 2005, 3(10): 1069-1074.
- [5] 王佳宁, 徐永平, 李晓宇, 等. 畜禽粪便抗生素残留及其对环境的影响[J]. 畜牧与兽医, 2017, 49(10): 140-144.
- [6] 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, 2006, 24(3): 69-73.
- [7] 阮蓉. 天津市家庭畜禽养殖环境中抗生素污染规律研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2020.
- [8] 丁工尧. 天津市养殖场粪污中抗生素与抗性基因污染特征的分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2021.
- [9] 任君焘, 徐琳. 山东东营地区畜禽粪便中抗生素残留研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(6): 56-59.
- [10] 张树清, 张夫道, 刘秀梅, 等. 规模化养殖畜禽粪便主要有害成分测定分析研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 822-829.
- [11] ZHAO L, DONG Y H, WANG H. Residues of veterinary antibiotics in manures from feedlot livestock in eight provinces of China[J]. Sci Total Environ, 2010, 408: 1069-1075.
- [12] 原倩宇, 恩诺沙星污染土壤氮循环的蔬菜调控途径[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2021.

- [13] 王加龙,刘坚真,陈杖榴,邝永彬. 恩诺沙星残留对土壤微生物功能的影响[J]. 生态学报,2005,25(2):279-282.
- [14] 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.
- [15] 陈敏杰,钱懿宏,于青燕,等. 典型四环素类抗生素对土壤微生物及植物生长的影响[J]. 生态毒理学,2019,14(06).
- [16] MIGLIORE L, CIVITAREALE C, BRAMBILLA G, et al. Toxicity of several important agricultural antibiotics to artemia[J]. Water Research, 1998,31:1801-1806.
- [17] 贺德春. 兽用四环素类抗生素在循环农业中的迁移累积及阻断技术研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2011.
- [18] 鲍陈燕,顾国平,章明奎. 兽用抗生素胁迫对水芹生长及其抗生素积累的影响[J]. 土壤通报,2016,47(1):164-172.
- [19] 郑曦,张凯. 常见抗生素对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子,2019,38(11):51-56.
- [20] 徐秋桐,鲍陈燕,顾国平,等. 土霉素对不同生长期青菜生长的影响及其在青菜地上部分的积累[J]. 中国农学通报,2014,30(28):189-193.
- [21] 马双. 青霉素菌渣肥料基料对土壤环境和油菜生长的影响研究[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2021.
- [22] DOLLIVER H, GUPTA S, NOLL S. Antibiotic degradation during manure composting [J]. Journal of Environmental Quality, 2008, 37(3): 1245-1253.
- [23] YU B H, ZAKARIA M P, LATIF P A, et al. Degradation of veterinary antibiotics and hormone during broiler manure composting[J]. Bioresource Technology, 2013, 131: 476-484.
- [24] ARIKAN O A, SIKORA L J, MULBRY W, et al. Composting rapidly reduces level a of extractable oxytetracycline in manure from therapeutically treated beef calves[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(1): 169-176.
- [25] 田哲,张昱,杨敏. 堆肥化处理对畜禽粪便中四环素类抗生素及抗性基因控制的研究进展[J]. 微生物学通报,2015,42(5):936-943.
- [26] 王瑞,魏源送. 畜禽粪便中残留四环素类抗生素和重金属的污染特征及其控制[J]. 农业环境科学学报,2013,32(9):1705-1719.
- [27] 匡光伟,孙志良,陈小军. 等 四环素类抗菌药物在鸡粪中的降解研究[J]. 农业环境科学学报,2007,26(5):1784-1788.
- [28] GURMESSA B, PEDRETTI E F, COCCO S, et al. Manure anaerobic digestion effects and the role of pre- and post-treatments on veterinary antibiotic resistance genes removal efficiency[J]. Science of The Total Environment, 2020(721):137-142.
- [29] MOHRING S A, STRZYSCH I, FERNANDES M R, KIFFMEYER TK, TUERK J, HAMSCHER G. Degradation and elimination of various sulfonamides during anaerobic fermentation: a promising step on the way to sustainable pharmacy [J]. Environmental Science & Technology, 2009,43(7):2569-2574.
- [30] YIN F B, DONG H M, JI C, et al. Effects of anaerobic digestion on chlortetracycline and oxytetracycline degradation efficiency for swine manure [J]. Waste Management,2016(7): 540-546.
- [31] FU S F, CHEN K Q, ZOU H, et al. Using calcium peroxide (CaO₂) as a mediator to accelerate tetracycline removal and improve methane production during co-digestion of corn straw and chicken manure[J]. Energy Conversion and Management, 2018 (7): 588-594.
- [32] 王贝贝,宋丽丽,马德慧,等. 鸡胚接种鱼腥草注射液抗新城疫病毒的研究[J]. 中国农学通报,2018,34(2):124-128.
- [33] 王丽娟,韩业东,胡国清,等. 复合酶和益生菌复合添加剂对仔猪生长性能的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2019,40(1):53-56.
- [34] 李兴荣,张元来. 武威地区杜湖 F₁ 代、萨湖 F₁ 代羔羊育肥试验[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):43-44,47.
- [35] 杨建春,胡江林. 张掖市草原禁牧项目工程实施情况分析和建议[J]. 畜牧兽医杂志,2022,41(2):51-53.
- [36] 李慧贤,朱强. 广河县聚焦全产业链推动牛羊产业高质量发展[J]. 畜牧兽医杂志,2022,41(2):57-58.
- [37] 李能琴,马更尕,孔垂永,等. 葵花盘粉对育肥猪生长性能的影响[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):45-47.
- [38] 王玺年,张玲清,田宗祥,等. HACCP 指导下中草药制剂对育肥猪生长性能及免疫功能的影响[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):53-55,59.
- [39] 铁雅楠,王欣荣. 不同浓度的 PMSG 对小鼠子宫发育的影响[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):56-59.
- [40] 裴成芳. 围产期补饲对天祝白牦牛生产性能影响的试验研究[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):60-61,63.
- [41] 杨俊仁,李军红. 日粮中添加益生菌对犏牛生产性能的影响[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):62-63.
- [42] 罗文学,阿依木古丽,韩郁茹. 天祝白牦牛不同时期卵巢中 Fas 和 FasL 的表达变化[J]. 畜牧兽医杂志,2021,40(6):64-67.