

引用:杨博文,刘士杰,曲洪磊,等. 规模化驴养殖场抗生素使用情况调查分析[J]. 聊城大学学报(自然科学版),2025,38(3): 438-443.

Citation: YANG Bowen, LIU Shijie, QU Honglei, et al. Investigation and analysis of antibiotic use in a large-scale donkey farm [J]. Journal of Liaocheng University (Natural Science Edition), 2025, 38(3): 438-443.

文章编号 1672-6634(2025)03-0438-06

DOI 10.19728/j.issn1672-6634.2024110009

规模化驴养殖场抗生素使用情况调查分析

杨博文^{1,5,6}, 刘士杰², 曲洪磊^{2,3}, 冯玉龙³, 董博颖³, 许利军^{4,5}, 黄世猛², 马秋刚^{2,5}

(1. 河北农业大学动物科技学院, 河北 保定 071000; 2. 中国农业大学动物科学技术学院, 北京 100193; 3. 国家胶类中药工程技术研究中心, 东阿阿胶股份有限公司, 山东 聊城 252200; 4. 保定市畜牧工作站, 河北 保定 071000; 5. 保定市驴产业研究院, 河北 保定 071000; 6. 河北省饲草资源开发与绿色高效利用技术创新中心, 河北 保定 071000)

摘要 本研究对某规模化驴养殖场 2021 年和 2022 年的驴患病情况及抗生素使用情况进行了调查分析。调查发现,该养殖场主要患病集中在第二季度的 1 岁以内驴群内。2021 年所有患病驴用药物治疗的,使用或部分使用抗生素治疗的占 55.15%,而 2022 年这个数据为 95.63%,说明抗生素是该规模化驴养殖场的主要治疗用药。该规模化驴养殖场使用次数较多的抗生素有头孢类、青霉素、恩诺沙星、新霉素等。2021 年和 2022 年,该规模化驴养殖场的驴患病驴占比较高的均为肠炎、肺炎、感冒、腺疫和关节炎,患有这几种疾病的驴分别占 2021 年和 2022 年患病驴数量的 83.03% 和 86.30%。未来应聚焦于加强驴的抗生素药代动力学和药效学研究、推广精准用药技术、完善饲养管理方案。

关键词 驴; 抗生素; 头孢菌素; 青霉素; 恩诺沙星; 新霉素

中图分类号 S858.22

文献标志码 A

开放科学(资源服务)标识码(OSID)



Investigation and analysis of antibiotic use in a large-scale donkey farm

YANG Bowen^{1,5,6}, LIU Shijie², QU Honglei^{2,3}, FENG Yulong³,
DONG Boying³, XU Lijun^{4,5}, HUANG Shimeng², MA Qiugang^{2,5}

(1. Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. National Engineering Research Center for Gelatin-Based Traditional Chinese Medicine, Dong-E-E-Jiao Co., Ltd., Liaocheng 252200, China; 4. Baoding Animal Husbandry Workstation, Baoding 071000, China; 5. Baoding Donkey Industry Research Institute, Baoding 071000, China; 6. Hebei Technology Innovation Center of Forage Resource Development and Efficient Utilization, Baoding 071000, China)

Abstract In this study, we investigated and analyzed donkey diseases and antibiotic use in a large-scale donkey farm in 2021 and 2022. The main cases of diseases in this farm are concentrated in donkeys under the age of one during the summer. It was found that 55.15% of all sick donkeys treated with medication in 2021 were treated with antibiotics or partially treated with antibiotics, while this figure was 95.63% in 2022, indicating that antibiotics were the main therapeutic medication used on this donkey farm. The anti-

收稿日期:2024-11-19

基金项目:国家重点研发计划项目(2023YFD1302000);河北省现代农业产业技术体系(HBCT2024280203)资助

通信作者:杨博文,男,汉族,博士,讲师,研究方向:动物营养与饲料科学,E-mail: yangbowen@hebau.edu.cn;

马秋刚,男,汉族,博士,教授,研究方向:动物营养与饲料科学,E-mail: maqiugang@cau.edu.cn.

biotics used more frequently in this donkey farm were cephalosporins, penicillin, enrofloxacin and neomycin. In 2021 and 2022, the higher percentage of sick donkeys in this donkey farm were enteritis, pneumonia, cold, glandular disease and arthritis, which accounted for 83.03% and 86.30% of the number of sick donkeys in 2021 and 2022, respectively. In the future, we should focus on strengthening the pharmacokinetic and pharmacodynamic study of antimicrobial drugs in donkeys, promoting precise dosing technology, and improving feeding management programs.

Keywords donkey; antibiotics; cephalosporin; penicillin; enrofloxacin; neomycin

0 引言

随着经济和生活水平提高,健康饮食需求增长,驴肉、驴奶及驴皮制品市场不断扩大。尽管集约化养殖提升了驴产业效益,但因养殖密度增大和生物安全防护不足导致的疫病频发成为挑战。这不仅威胁驴群健康,还增加养殖成本,影响市场稳定,制约产业可持续发展。因此,调查探讨规模化驴养殖中疫病发生规律及抗生素使用情况,为优化养殖管理、提升生物安全水平、促进驴产业绿色发展提供科学依据,具有重要的理论价值和现实意义。

驴因其“坚忍”本性,在疾病或疼痛时表现不明显,易被养殖者忽视^[1-2]。加之传统散养环境恶劣及现代规模化养殖中运动量减少、免疫力下降,跨区域交易频繁,导致病原菌感染风险增加,影响驴的生长,造成经济损失。驴养殖场常见病原菌感染包括革兰氏阳性菌(如链球菌引起的马腺疫)、革兰氏阴性菌(如大肠杆菌病、沙门氏菌病等)、支原体呼吸道疾病、绿脓杆菌肺炎及传染性胸膜肺炎等^[3]。在治疗时,虽然常参考马的使用剂量,但考虑到驴与马在药物代谢方面存在差异,这使得确定合适的药物剂量变得困难,进而可能导致副作用增加、疗效不佳以及耐药性等问题的出现。本研究对某规模化驴养殖场 2021 和 2022 年的驴患病情况及抗生素使用情况进行了调研并做了分析,以期对抗生素在驴生产中的合理使用提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查对象

选取某规模化驴养殖场 2021 年和 2022 年的 3 000 余头德州黑毛驴作为调查对象。驴群主要包括种公驴、育肥驴、繁殖母驴、生长驴驹和哺乳驴驹。

1.2 调查方法

从养殖场管理系统中导出原始数据包括批次、日龄、发病情况、治疗周期、治疗用药情况等数据。详细统计驴群头数、患病数、治疗天数、治疗使用药物。通过实地调查了解养殖场驴舍卫生情况、通风与采光、消毒措施,运动区的清洁程度、设施安全和环境丰富性,饲料储存区的储存条件和管理规范等环境卫生状况。通过与饲养员、管理人员和技术人员访谈了解饲养方式、健康监测、日常护理、管理制度、数据记录等饲养管理情况。

1.3 数据处理

使用 Excel 软件进行数据收集。使用 SPSS 20.0 软件对治疗天数进行统计分析,以“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 某规模化驴养殖场卫生、饲料、饲养管理情况调查结果

该驴养殖场驴舍内部整洁,粪便及时清理,无堆积现象。驴床干燥,垫料更换频繁。驴舍通风良好,自然光充足。能够定期对驴舍进行消毒处理,有效降低了细菌、病毒等病原体的滋生。运动区地面平整,无垃圾和粪便堆积;围栏、栏杆等设施稳固,无破损;运动区内设有遮阳、避雨设施,周围有树等种植,活动环境丰富。饲料储存区干燥、通风,未发现饲料受潮、发霉等问题。饲料分类存放,能够做到定期检查饲料质量。饲养员能够按照科学的饲养方法,根据驴只的年龄、性别、体重和健康状况等因素,合理配比饲料,定时定量投喂;定期对驴只进行健康检查,包括观察食欲、精神状态、粪便情况等。养殖场建立了完善的饲养管理制

度,包括饲料管理、健康管理、环境卫生管理等,确保了饲养管理的规范化和标准化。有指定的技术人员负责记录和分析驴只的生长数据、健康状况等数据。

2.2 2021、2022 患病季度和驴(驹)年龄调查结果

表 1 2021、2022 年某规模化驴养殖场患病季度和驴(驹)年龄

Tab. 1 Disease season and age of donkeys (foals) in a large-scale donkey breeding farm in 2021 and 2022

年份	项目	病例数/例	存栏数/头	占存栏数比例/%	占总病例数比例/%
2021 年	第一季度	277	3 654	7.58	17.09
	第二季度	716	3 404	21.03	44.17
	第三季度	416	3 521	11.81	25.66
	第四季度	212	3 342	6.35	13.08
	大于 1 岁	336	—	—	20.73
	1 岁以内	1 285	—	—	79.27
2022 年	第一季度	344	3 022	11.38	25.48
	第二季度	455	3 374	13.49	33.70
	第三季度	274	3 493	7.84	20.30
	第四季度	277	3 252	8.52	20.52
	大于 1 岁	313	—	—	23.19
	1 岁以内	1 037	—	—	76.81

由表 1 可知,2021 年该养殖场四个季度患病驴(驹)占总存栏数的比例分别为 7.28%、21.03%、11.81%和 6.35%,占总病例数比例分别为 17.09%、44.17%、25.66%和 13.08%,由此可见 2021 年主要患病驴(驹)集中在第二季度和第三季度,以第二季度最多。2021 年 1 岁以内病例数为 1 285 例,占总患病数的 79.27%,为主要驴群驴群。2022 年该养殖场四个季度患病驴(驹)占总存栏数的比例分别为 11.38%、13.49%、7.84%和 8.52%,占总病例数比例分别为 25.48%、33.70%、20.30 和 20.52%,由此可见 2022 年主要患病驴(驹)集中在第一季度和第二季度,以第二季度最多。2022 年 1 岁以内病例数为 1 037 例,占总患病数的 76.81%,为主要患病驴群。

2.3 2021 年某规模化驴养殖场患病和抗生素使用情况调查结果

表 2 2021 年某规模化驴养殖场患病记录(患病总数 1 621 例)

Tab. 2 Disease records of a large-scale donkey breeding farm in 2021 (total number of cases 1 621)

疾病	患病数 /例 ¹⁾	占总患病 比例/%	平均治疗 天数/天	使用药 物类别	抗生素使用种类(使用头数)	抗生素使用 数/例 ²⁾	抗生素使 用占比/%
肠炎、腹泻	756	46.64	4.68±2.92	抗生素、 中草药、 益生菌	头孢类(99)、恩诺沙星(89)、环丙沙星(28)、青 霉素(27)、氟苯尼考(10)、阿米卡星(8)、磺胺类 (7)、卡那霉素(5)	221	29.23
肺炎	267	16.47	5.87±3.42	抗生素、 中草药	头孢类(151)、磺胺类(125)、青霉素(80)、氟苯 尼考(21)、恩诺沙星(3)	260	97.38
感冒	116	7.16	5.88±3.60	抗生素、 中草药	头孢类(92)、青霉素(17)、磺胺类(4)、氟苯尼考 (2)、林可霉素(1)、	112	96.55
腺疫	80	4.94	2.63±1.65	抗生素、 中草药	头孢类(45)、磺胺类(25)、青霉素(19)、林可霉 素(1)、氟苯尼考(1)	80	100.00
关节炎	39	2.41	6.21±4.81	抗生素、 止痛类药物	头孢类(15)、青霉素(18)、卡那霉素(4)、磺胺类 (3)、氟苯尼考(2)、庆大霉素(1)	34	87.18
其他	275	16.96	—	抗生素、 中草药、 益生菌等	青霉素(101)、头孢类(80)、氟苯尼考(7)、磺胺 类(6)、卡那霉素(6)、林可霉素(1)、庆大霉素 (1)、阿米卡星(1)	187	68.00

注:1)患病数包括同时患有多种疾病的病例数。2)抗生素使用数包括多种抗生素联用的病例数。

2021 年某规模化驴养殖场患病和抗生素使用情况调查结果见表 2。由表可知,2021 年患病驴(驹)总数

为1 621例(含同时患有多种疾病的数量),其中主要疾病包括肠炎、腹泻(756例)、肺炎(267例)、感冒(116例)、腺疫(80例)、关节炎(39例)和其他疾病(275例),分别占总患病驴数的46.64%、16.47%、7.16%、4.94%、2.41%和16.96%。治疗天数由2.63~6.21天不等。几种疾病主要使用的药物种类包括抗生素、中草药、益生菌以及其他药物。使用的抗生素主要包括头孢类、青霉素、恩诺沙星、氟苯尼考、磺胺类等。肠炎使用抗生素治疗的占比最低,为29.23%,肺炎、感冒和腺疫使用抗生素治疗的占比较高,分别为97.38%、96.55%和100%。2021年所有患病驴用药物治疗的,使用抗生素的总数为894例,占患病驴总数的55.15%。2021年头孢类抗生素和青霉素使用次数最多,在几种疾病中均使用最频繁,恩诺沙星主要用在肠炎和肺炎中,氟苯尼考主要用在肺炎和感冒中。

2.4 2022年某规模化驴养殖场患病和抗生素使用情况调查结果

2022年某规模化驴养殖场患病和抗生素使用情况调查结果见表3。由表可知,2021年患病驴(驹)总数为1 350例(含同时患有多种疾病的数量),其中主要疾病包括肠炎、腹泻(454例)、肺炎(361例)、感冒(167例)、腺疫(142例)、关节炎(36例)和其他疾病(185例),分别占总患病驴数的33.63%、24.52%、12.37%、10.52%、2.66%和13.70%。治疗天数由3.05~4.60天不等。几种疾病主要使用的药物种类包括抗生素、中草药、益生菌以及其他药物。使用的抗生素主要包括新霉素、头孢类、青霉素、恩诺沙星、氟苯尼考、替米考星等。2022年使用抗生素治疗次数增多,在74.05%~100%不等。2022年所有患病驴用药物治疗的,使用抗生素的总数为1 291例,占患病驴总数的95.63%。2022年头孢类药物使用变少,同时新增了新霉素和替米考星。新霉素主要用在肠炎的治疗中,替米考星主要用于肺炎的治疗中。

表3 2022年某规模化驴养殖场患病记录(患病总数1 350例)

Tab. 3 Disease records of a large-scale donkey breeding farm in 2022 (total number of cases 1 350)

疾病	患病数 /例 ¹⁾	占总患病 比例/%	平均治疗 天数/天	使用药 物类别	抗生素使用种类(使用头数)	抗生素使用 数/例 ²⁾	抗生素使 用占比/%
肠炎、腹泻	454	33.63	3.17±2.44	抗生素、 中草药、 益生菌	新霉素(250)、恩诺沙星(196)、环丙沙星(13)、 青霉素(24)、头孢类(9)、阿米卡星(6)、磺胺类 (5)、	452	99.56
肺炎	361	24.52	3.57±2.59	抗生素、 中草药	头孢类(193)、磺胺类(93)、青霉素(47)、替米考 星(39)、恩诺沙星(31)、氟苯尼考(15)、环丙沙 星(10)、阿米卡星(3)	361	100.00
感冒	167	12.37	3.14±1.72	抗生素、 中草药	头孢类(102)、青霉素(60)、恩诺沙星(8)、磺胺 类(3)、环丙沙星(1)	166	99.40
腺疫	142	10.52	3.05±1.75	抗生素、 中草药	头孢类(108)、青霉素(22)、磺胺类(5)、氟苯尼 考(4)、恩诺沙星(3)	142	100.00
关节炎	36	2.66	4.60±4.35	抗生素、 止痛类药物	头孢类(14)、青霉素(14)、恩诺沙星(5)、卡那霉 素(4)、环丙沙星(1)	33	91.67
其他	185	13.70	—	抗生素、 中草药、 益生菌等	青霉素(95)、头孢类(37)、恩诺沙星(5)、磺胺类 (3)、卡那霉素(2)、林可霉素(3)、氟苯尼考(1)、 环丙沙星(1)	137	74.05

注:1)患病数包括同时患有多种疾病的病例数;2)抗生素使用数包括多种抗生素联用的病例数。

3 讨论

调查发现,2021、2022年该养殖场四个季度患病驴(驹)主要集中在第二季度,此时为夏季,天气炎热,动物免疫力较低,较易患病。此外,2021、2022年该养殖场患病的驴(驹)分别有79.27%和76.81%为1岁以内,此时免疫系统发育尚不完全,免疫力较低,应注重加强对1岁以内的驴饲养管理,可以通过营养等手段提高此阶段驴驹的免疫力。2021年所有患病驴用药物治疗的,使用或部分使用抗生素治疗的占55.15%,而2022年这个数据为95.63%,说明抗生素是该规模化驴养殖场的主要治疗用药。2021年和2022年,该规模化驴养殖场的驴患病驴占比较高的均为肠炎、腹泻、肺炎、感冒、腺疫和关节炎,患有这几种疾病的驴分别占2021年和2022年患病驴数量的83.03%和86.30%。除关节炎外,其他几种疾病多为致病菌引起。类似

的,朱曼玲等^[4]对2018~2020年山东一规模化驴场进行了系统的流行病学研究发现目前驴养殖最大的病害是细菌病,其中大肠杆菌感染最为严重,阳性率显著高于其他细菌。赵璐等^[5]对新疆某规模化驴场常见疾病进行了统计,发现平均发病率为51%,占比较多的为内科疾病(45%),主要包括口炎、肠梗阻、腹泻等;外科疾病(21%)包括腐蹄病和蹄叶炎;传染病则占比较低(6.5%)包括马腺疫、破伤风等。

对细菌性疾病的治疗,多数选择青霉素、头孢类抗生素等药物进行治疗^[6]。除此之外,恩诺沙星、新霉素、氟苯尼考和替米考星等也是常用的抗生素。由调查结果可知,2021年头孢类抗生素和青霉素使用次数最多,在几种疾病中均使用最频繁;恩诺沙星主要用在肠炎和肺炎中;氟苯尼考主要用在肺炎和感冒中。2022年头孢类药物使用相对变少;恩诺沙星主要用在肠炎、腹泻和肺炎中;新霉素主要用在肠炎、腹泻的治疗中;替米考星主要用于肺炎的治疗中。该养殖场2022年头孢菌素和青霉素使用量降低可能与兽医考虑到抗药性增加有关。在肠炎、腹泻的治疗中,2022年使用的新霉素等抗生素,缩短了肠炎、腹泻的平均治疗时间。新霉素属于氨基糖苷类抗生素,其通过胃肠道吸收不佳^[7],适宜用作胃肠道疾病的治疗。在肺炎的治疗中,2022年使用的恩诺沙星和替米考星也相较于2021年次数增多,肺炎的平均治疗时间也明显缩短。恩诺沙星经口吸收迅速且完全,给药后,组织浓度高于血浆中的浓度,这有助于治疗组织感染^[8]。替米考星具有高亲脂性和良好的组织渗透性,给药后吸收迅速^[9]。此外,替米考星在肺组织中具有较高的表观分布体积和较高的高浓度^[10-11]。替米考星在治疗猪、牛和绵羊的呼吸道疾病和肺炎中具有很好的应用效果^[12-14]。

驴使用的药物很少以证据为基础进行剂量给药,在大多数情况下是根据马进行推断,易导致副作用和疗效妥协的风险^[15]。与马相比,驴似乎需要更高剂量的药物才能达到足够的血浆浓度。通过询问该养殖场的驻场兽医,由于缺乏多种抗生素在驴上的药代动力学和药效学的研究,在过去的给药剂量均是参考马或其他动物的使用量,在使用时担心使用过量或无效,这也是制约这些抗生素使用次数的主要因素。如果频繁使用特定的几种抗生素,病原微生物对此产生抗药性后就会明显影响治疗效果。本课题组前期对替米考星、氟苯尼考和恩诺沙星在驴体内的药代动力学进行了研究。Yang等^[18]发现,替米考星在血浆时驴血浆中的最大浓度为 $C_{\max}$ 为11.23 mg/L, $T_{\max}$ 为0.80 h,消除半衰期为14.49 h;替米考星在尿液的消除半衰期为12.52 h,累积排泄量为35.05 mg,占给药量的2.47%;在粪便代谢代谢规律与尿液相似,累积排泄量为939.88 mg,占给药量的66.43%;说明替米考星口服给药吸收率低,大部分通过粪便排泄出体外,可通过口服用于治疗胃肠道和泌尿系统被病原菌感染的引发的疾病。Liu等^[19]发现,单次口服氟苯尼考后在驴体内迅速吸收($T_{\max}=0.68$ h),分布较广,消除较慢(半衰期为21.93 h);尿液、粪便排泄占比少,可通过口服用于治疗组织被病原菌感染引发的疾病。Yang等^[20]发现,恩诺沙星在驴体内具有吸收快($T_{\max}=0.55$ h; $C_{\max}=2.46$ mg/L)、分布广($V_z/F=12.88$ L/kg)、消除慢(半衰期为40.58 h),通过尿液、粪便排泄率较高(分别为7.09%和25.73%)的特点,可通过口服用于治疗组织、胃肠道和泌尿系统被病原菌感染的引发的疾病。后续应加强对驴体内其他抗生素药代动力学的研究,全面评估驴常用抗生素的药代动力学有助于制定更加合理的用药方案。

面对当前驴养殖业中存在的种种问题与挑战,为了确保可持续发展,未来的工作应聚焦多个关键领域:(1)加强驴的抗生素药代动力学研究,优化用药:系统性地研究不同种类抗生素在驴体内的药代动力学,理解药物在驴体内的作用规律,为合理用药提供科学依据;制定更加个性化的用药方案;探索 and 开发更适合驴使用的抗生素品种或制剂。(2)推广精准用药技术,减少盲目用药:利用现代生物技术,如基因测序、生物标志物检测等,建立驴的健康监测体系,早期发现并诊断疾病,从而避免不必要的抗生素使用;开发基于大数据和人工智能的诊断平台,通过分析驴的临床症状、生理指标等数据,提供精确的用药建议,减少经验性用药;加强对养殖户和兽医的精准用药知识培训,提升其科学用药意识,确保抗生素仅在必要时、按正确剂量和疗程使用。(3)完善饲养管理方案:优化饲料配方,确保驴获得全面均衡的营养,增强特别是驴驹免疫力,减少疾病发生,从根本上降低抗生素使用的需求;针对疾病高发的夏季改善驴舍条件,保持干燥、通风、清洁,减少病原体滋生,通过良好的卫生管理预防疾病;实施严格的生物安全管理制度,如分群饲养、定期消毒、疫苗接种等,有效阻断疾病传播途径;关注驴的福利状况,提供足够的运动空间、适宜的社交环境,减少应激因素,促进驴的整体健康,这也是减少疾病发生的间接途径。

4 结论

本次对某规模化驴养殖场的调查揭示了其在疾病防控上的现状:该养殖场卫生和管理水平较高,但患病驴(驹)数量仍较多,主要患病集中在第二季度的1岁以内驴;抗生素使用次数较多,特别是头孢类、青霉素及新霉素等特定抗生素。面对上述问题,未来的工作应聚焦于以下几个方面,以期实现驴养殖业的可持续发展:加强驴的抗生素药代动力学研究,优化用药;推广精准用药技术,减少盲目用药;完善针对性饲养管理方案。

参 考 文 献

- [1] PARASCHOU G, THIEMANN A K, HAINES A, et al. The Clinical Companion of the Donkey[M]. Sidmouth, Devon, UK: Troubador Publishing Ltd, 2018.
- [2] MCLEAN A K, NAVAS GONZÁLEZ F J, CANISSO I F. Donkey and mule behavior[J]. The Veterinary Clinics of North America Equine Practice, 2019, 35(3): 575-588.
- [3] 刘宪斌. 规模化驴场几种主要疾病的研究[D]. 聊城:聊城大学, 2017.
- [4] 朱曼玲, 齐鹏飞, 丁召亮, 等. 山东一规模化驴场主要细菌病的流行病学与防控研究[J]. 山东农业科学, 2021, 53(9): 123-128.
- [5] 赵璐, 李龙, 周银萍, 等. 新疆某养驴场常见疾病的统计与分析[J]. 新疆畜牧业, 2022, 37(1): 32-35.
- [6] 刘宪斌, 王仁虎, 姜桂苗, 等. 规模驴场主要传染性疫病的流行特点及风险分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(4): 99-104.
- [7] BREWER N S. Antimicrobial agents-part II. the aminoglycosides: streptomycin, kanamycin, gentamicin, tobramycin, amikacin, neomycin[J]. Mayo Clinic Proceedings, 1977, 52(11): 675-679.
- [8] DAVIS J L, FOSTER D M, PAPICH M G. Pharmacokinetics and tissue distribution of enrofloxacin and its active metabolite ciprofloxacin in calves[J]. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 2007, 30(6): 564-571.
- [9] GIGUÈRE S M, Azalides, Ketolides. Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine[M]. Fifth ed. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons, Inc, 2013.
- [10] AVCI T, ELMAS M. Milk and blood pharmacokinetics of tylosin and tilmicosin following parenteral administrations to cows[J]. The Scientific World Journal, 2014(1): 869096.
- [11] SCORNEAUX B, SHRYOCK T R. Intracellular accumulation, subcellular distribution, and efflux of tilmicosin in bovine mammary, blood, and lung cells[J]. Journal of Dairy Science, 1999, 82(6): 1202-1212.
- [12] ZIV G, SHEM-TOV M, GLICKMAN A, et al. Tilmicosin antibacterial activity and pharmacokinetics in cows[J]. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 1995, 18(5): 340-345.
- [13] INAMOTO T, KIKUCHI K, IJIMA H, et al. Antibacterial activity of tilmicosin against *Pasteurella multocida* and *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolated from pneumonic lesions in swine[J]. Journal of Veterinary Medical Science, 1994, 56(5): 917-921.
- [14] MODRIC S, WEBB A I, DERENDORF H. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of tilmicosin in sheep and cattle[J]. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 1998, 21(6): 444-452.
- [15] RICKARDS K, TORIBIO R E. Clinical insights: recent advances in donkey medicine and welfare[J]. Equine Veterinary Journal, 2021, 53(5): 859-862.
- [16] PECK K, MEALEY K L, MATTHEWS N S, et al. Comparative pharmacokinetics of caffeine and three metabolites in clinically normal horses and donkeys[J]. American Journal of Veterinary Research, 1997, 58(8): 881-884.
- [17] SEKKIN S, GOKBULUT C, KUM C, et al. Plasma disposition of enrofloxacin following intravenous and intramuscular administration in donkeys[J]. The Veterinary Record, 2012, 171(18): 447.
- [18] YANG B W, LIU S J, GUO Y X, et al. Pharmacokinetics of tilmicosin in plasma, urine and feces after a single intragastric administration in donkey (*Equus Asinus*) [J]. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 2024, 47(4): 257-265.
- [19] LIU S J, GUO Y X, QU H L, et al. Pharmacokinetics of florfenicol and its metabolite florfenicol amine in the plasma, urine, and feces of fattening male donkeys following single oral administration[J]. Frontiers in Veterinary Science, 2023, 10: 1314029.
- [20] YANG B W, LIU S J, CHENG J, et al. Pharmacokinetics of enrofloxacin in plasma, urine, and feces of donkey (*Equus Asinus*) after a single intragastric administration[J]. Antibiotics (Basel), 2024, 13(4): 355.

(责任编辑:刘庆松)