

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240605003

# 浙南山区肉用牛羊肝脏中药物残留、重金属蓄积 现状及成因探究

胡理明<sup>1</sup>, 裘丞军<sup>2</sup>, 张航俊<sup>2</sup>, 饶凤琴<sup>2</sup>, 应永飞<sup>3</sup>, 汤丽波<sup>1</sup>, 周 炜<sup>2\*</sup>

(1. 丽水市动物疫病预防控制中心, 丽水 323000; 2. 浙江省动物疫病预防控制中心, 杭州 311119;  
3. 浙江省畜牧农机技术推广总站, 杭州 310021)

**摘 要:** **目的** 评估浙南山区肉用牛羊肝脏中代表性农药、兽药及重金属元素蓄积情况, 并分析成因。**方法** 对来源于浙南山区的 162 户肉用牛羊养殖场的肝脏中倍硫磷等 25 种代表性农药、磺胺二甲嘧啶等 24 种代表性兽药及铅等 3 种代表性金属元素的残留进行检测, 并对从这些养殖场抽取的 325 份饲草样本开展相应的农药残留和金属元素含量分析。**结果** 162 份牛羊肝脏样本中除 13 份检出除联苯菊酯外, 未检出其他农兽药残留, 农兽药残留合格率 100%, 但 6 份不同来源的牛羊肝脏样本铅或镉残留量不符合食品中污染物限量要求, 不符合率为 3.7%。在肝脏联苯菊酯呈阳性的场点发现 4 批次饲草中存在低浓度联苯菊酯残留, 牛羊饲草混合物中铜、铅、镉整体水平分别为 5.40~8.30 mg/kg、0.21~1.53 mg/kg 和低于 0.074 mg/kg。**结论** 浙南山区肉用牛羊的肝脏中药物残留符合限量求, 检出的联苯菊酯、铅、镉等与其饲草呈正相关。

**关键词:** 牛; 羊; 肝脏; 药物残留; 重金属蓄积

## Study on the current status and causes of drug residues and heavy metal accumulation in the liver of meat cattle and sheep in the mountainous areas of Zhejiang

HU Li-Ming<sup>1</sup>, QIU Cheng-Jun<sup>2</sup>, ZHANG Hang-Jun<sup>2</sup>, RAO Feng-Qin<sup>2</sup>,  
YING Yong-Fei<sup>3</sup>, TANG Li-Bo<sup>1</sup>, ZHOU Wei<sup>2\*</sup>

(1. Lishui Center for Animal Disease Prevention and Control, Lishui 323000, China; 2. Zhejiang Provincial Center for Animal Disease Prevention and Control, Hangzhou 311119, China; 3. Zhejiang Provincial Livestock and Agricultural Machinery Technology Promotion Station, Hangzhou 310021, China)

**ABSTRACT: Objective** To evaluate the accumulation of representative pesticides, veterinary drugs, and heavy metal elements in meat cattle and sheep in the mountainous areas of Southern Zhejiang, and analyze the causes. **Methods** The residues in the liver of 162 meat cattle and sheep farms in southern Zhejiang were detected, which include of 25 kinds of representative pesticides such as parathion, 24 kinds of representative veterinary drugs such as sulfamethoxazole, and 3 kinds of representative metal elements such as lead. Meanwhile, the Corresponding pesticide residues and metal elements content analysis were also conducted on 325 forage samples extracted from these farms.

基金项目: 浙江省重点研发项目(2024C02004)

Fund: Supported by the Key Research and Development Projects in Zhejiang Province (2024C02004)

\*通信作者: 周炜, 博士, 正高级兽医师, 主要研究方向为畜产品质量安全检测及动物源细菌耐药性研究。E-mail: zhouwei0732@sohu.com

\*Corresponding author: ZHOU Wei, Ph.D, Senior Veterinarian, Zhejiang Provincial Center for Animal Disease Prevention and Control, Waiwen Road, Linping District, Hangzhou 311119, China. E-mail: zhouwei0732@sohu.com

**Results** Out of 162 liver samples from cattle and sheep, 13 samples were found to contain no residues of other agricultural and veterinary drugs except for fenpropathrin. The qualified rate of agricultural and veterinary drug residues was 100%, but the lead or cadmium residues in 6 liver samples from different sources of cattle and sheep did not meet the limit requirements for pollutants in food, with a non-compliance rate of 3.7%. Low concentrations of bifenthrin residues were found in 4 batches of forage plants with positive liver bifenthrin results. The overall levels of copper, lead, and cadmium in the mixture of cattle and sheep forage were 5.4–8.3 mg/kg, 0.21–1.53 mg/kg, and below 0.074 mg/kg, respectively. **Conclusion** The drug residues in the liver of meat cattle and sheep in the mountainous areas of Southern Zhejiang Province meet the limit requirements, and the detected bifenthrin, lead, cadmium, etc. are positively correlated with their forage.

**KEY WORDS:** cow; sheep; liver; drug residues; heavy metal accumulation

## 0 引 言

近年来,随着浙江畜牧高质量发展、山海协同发展理论的实施与持续推进,丽水、金华、衢州等浙南山区农户因地制宜,充分利用玉米秸秆、花生秸秆、茭白叶和葛藤等地域资源开展特色牛羊养殖。因相对较高的肉品品质及效益,有效地调动了广大农户的积极性,既实现了农户增收的目标,也践行了农牧结合的生态理念。目前,这些地区肉用牛、羊年均存栏均超 3 万头和 10 万头。

畜牧业高质量发展离不开畜产品质量安全的高标准要求,牛羊产品质量安全则受农药、兽药残留及重金属元素等诸多因素影响。在种植业产品层面,以有机氯类、有机磷类杀虫剂等为代表的农药,因其理化性质稳定、代谢周期长、迁移率高<sup>[1]</sup>可在玉米、花生、茭白和葛藤等经济作物中蓄积,并通过食物链影响牛羊产品质量安全;同时,在这些作物中富集的铜、铅等重金属元素也通过食物链蓄积于牛羊产品中<sup>[2]</sup>;在牛羊养殖过程中,饲料中的重金属元素<sup>[3–5]</sup>及治疗动物疾病使用的兽药也同样在牛羊体内发生蓄积<sup>[6–7]</sup>。这些通过食物链残留蓄积在畜产品中的农兽药及金属元素,终将影响畜产品质量安全。然而,目前鲜有关于农药及重金属元素在种植业和畜牧业两个界面迁移蓄积规律研究的相关报道。

随着安全、健康理念的深入,广大消费者对农产品质量安全的关注度日趋提升。在保障养殖户“增产增收”的同时,还需满足消费者“优质优价”的需求,行业监督管理部门和养殖户迫切地想要掌握、了解这些牛羊产品的质量安全状况及风险控制关键节点。现有大量研究资料表明,无论是农药、兽药<sup>[8–9]</sup>还是重金属<sup>[10–11]</sup>,虽因其种类不同而主要蓄积组织略有差异,但肝脏、肾脏都是其主要的代谢蓄积靶组织。因此,本研究拟以牛羊肝脏为靶组织,对来源于浙南山区的 95 家肉牛养殖场和 67 家肉羊养殖场的肝脏样品开展农兽药残留及重金属蓄积情况排查,并根据结果对饲草中相应污染物展开追踪,以分析这些畜产品质量安

全风险因子在饲草和畜产品中的相关性,以期为行业监管部门提供安全性风险评估,为广大养殖户提升经济效益与品牌效益提供数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

#### 1.1.1 饲草使用情况调查与样品采集

对浙南山区(丽水、金华两地市)的 95 家肉牛养殖场和 67 家肉羊养殖场(其中规模场和家庭农场占比为 1:2)的饲草使用情况开展调查,详细了解饲养过程中饲草构成、配比、使用量等信息。对主要精料补充料、青贮料、牧草,和当地饲用茭白叶、葛藤茎叶等种植业副产物进行抽样。累计收集 162 份养殖情况调查问卷,抽取料槽中饲草样本 325 份,其中,饲草混合物(精料补充料、青贮料和牧草)161 份、玉米秸秆 56 份、竹笋壳 42 份、花生秸秆 37 份、茭白叶 26 份、小麦秸秆 15 份。

#### 1.1.2 动物肝脏样本采集

在屠宰环节对上述 95 家肉牛养殖场和 67 家肉羊养殖场开展采样,各场收集肝脏样本 1 份。

### 1.2 仪器与试剂

Agilent 7890B 气相色谱仪-火焰光度检测器、DB-1701 色谱柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm)(美国 Agilent 公司); SCIEX QTRAP 5500 三重四极杆液质联用系统(美国 SCIEX 公司); BEH C<sub>18</sub> 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm, 美国 Waters 公司); iCE 3500Z AA 原子吸收分光光度计(美国赛默飞世尔科技公司); KQ-500DE 超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司); Vortex Genie 2 涡旋振荡器(美国 Vortex 公司); Allegra X-22R 高速冷冻离心机(美国 Beckman Coulter 有限公司); PL203 电子天平(感量 0.1 g 和 0.001 g, 梅特勒-托利多仪器上海有限公司); SPS-ZY-0015 旋转蒸发仪(瑞士 BUCHI 公司)。

倍硫磷等农药标准物质(不确定度 2%, 坛墨质检科技股份有限公司); 磺胺间甲氧嘧啶等兽药/禁用化合物标准

物质(纯度 99%, 天津阿尔塔科技有限公司); 铜等元素标准物质(一级纯, 北京北方伟业计量技术研究院); 甲醇、盐酸、高氯酸、乙酸乙酯、氨水等试剂(分析纯, 上海凌峰化学试剂有限公司); 色谱用甲酸、甲醇等试剂(色谱纯)、水为超纯水(Milli-Q 台式纯水系统)(德国 Merck 公司)。

1.3 方法

1.3.1 肝脏样品的制备与检测方法

162 份牛羊肝样品开展农药、兽药(含禁用化合物)残留检测及重金属元素蓄积量检测, 样品制备与检测方法按表 1 所示标准执行/参照执行。

1.3.2 饲草样品的制备与检测方法

325 份饲草样本中铜、铅、镉元素蓄积量检测, 分别参照 GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸收光谱法》、GB/T 13080—2018《饲料中铅的测定 原子吸收光谱法》和 GB/T 13082—2021《饲料中镉的测定》制备样品并开展检测。

对牛羊肝脏中农药残留检测结果显阳性的养殖场户抽取的饲草样本, 开展农药残留检测, 参照 NY/T 761—2008《蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定》执行。

1.4 数据处理

农兽药残留及重金属检测参照各相应标准进行双样检测, 当标准曲线线性、阴性对照、阳性添加回收率、平行测定结果相对偏差等关键质控参数均符合标准要求时, 结果有效, 否则重新检测。平均值按标准规定进行数据修约, 其中, 农兽药残留低于标准方法检出限的, 计为“未检出”; 重金属元素扣除各元素本底值后, 低于标准方法检出限的, 计为“<方法检出限值”。

最终全部数据用 Excel 2016 制表及制图, 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 牛羊肝脏中农兽药残留

在 162 份牛羊肝脏样本中, 24 种兽药/化合物(含 5 种磺胺类药物、4 种四环素类药物、6 种喹诺酮类药物及 9 种  $\beta$ -受体激动剂类禁用化合物)均未检出或低于检出限; 在监测的 25 种农药残留中, 24 种农药未检出或低于检出限, 但联苯菊酯有检出。如图 1 所示, 5 份牛肝脏样本检出 0.010~0.016 mg/kg 的联苯菊酯, 检出率为 5.26%, 阳性样

表 1 牛羊肝脏中检测项目与检测标准  
Table 1 Detection items and standards in cattle and sheep liver

| 检测项目  |                                                                     | 执行/参照执行检测标准                                                       |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 类别    | 参数                                                                  |                                                                   |
| 农药残留  | 倍硫磷总量、乙草胺、联苯菊酯、氯氰菊酯、敌敌畏、莠去津、丁草胺、毒死蜱、甲氰菊酯、异菌脲、高效氯氟氰菊酯、二甲戊灵、腐霉利、甲拌磷总量 | GB 23200.113—2018《食品安全国家标准 植物源性食品中 208 种农药及其代谢物残留量的测定 气相色谱-质谱联用法》 |
|       | 草铵膦                                                                 | GB 23200.108—2018《食品安全国家标准 植物源性食品中草铵膦残留量的测定 液相色谱-质谱联用法》           |
|       | 百草枯                                                                 | SN/T 0293—2014《出口植物源性食品中百草枯和敌草快残留量的测定 液相色谱-质谱/质谱法》                |
|       | 甲萘威、乐果、氟虫腈、灭多威、辛硫磷、三唑酮、克百威总量、涕灭威总量                                  | GB 23200.121—2021《食品安全国家标准 植物源性食品中 331 种农药及其代谢物残留量的测定 液相色谱-质谱联用法》 |
| 兽药残留  | 草甘膦                                                                 | SN/T 1923—2007《进出口食品中草甘膦残留量的检测方法 液相色谱-质谱/质谱法》                     |
|       | $\beta$ -受体激动剂(克伦特罗、莱克多巴胺、沙丁胺醇、特布他林、西马特罗、非诺特罗、氯丙那林、妥布特罗、喷布特罗)       | 农业部 1025 号公告-18-2008《动物源性食品中 $\beta$ -受体激动剂残留检测 液相色谱-串联质谱法》       |
|       | 磺胺类(磺胺间甲氧嘧啶、磺胺二甲嘧啶、磺胺甲噁唑、磺胺二甲氧嘧啶、磺胺喹噁啉)                             | GB 31658.17—2021《食品安全国家标准 动物性食品中四环素类、磺胺类和喹诺酮类药物残留量的测定 液相色谱-串联质谱法》 |
|       | 四环素、金霉素、土霉素、多西环素                                                    |                                                                   |
| 重金属元素 | 恩诺沙星、环丙沙星、诺氟沙星、培氟沙星、氧氟沙星、洛美沙星                                       |                                                                   |
|       | 铜                                                                   | GB 5009.13—2017《食品安全国家标准 食品中铜的测定》                                 |
|       | 镉                                                                   | GB 5009.15—2014《食品安全国家标准 食品中镉的测定》                                 |
|       | 铅                                                                   | GB 5009.12—2017《食品安全国家标准 食品中铅的测定》                                 |

品来源场点分散分布。从图 2 中可看出 8 份羊肝脏样本检出 0.010~0.041 mg/kg 的联苯菊酯, 检出率为 11.94%, 阳性样品来源场点分散分布。按照 GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》中规定, 哺乳动物内脏中联苯菊酯残留限量值不得超过 0.2 mg/kg, 13 份检出联苯菊酯残留的牛羊肝脏样本中均符合规定, 因而 162 份牛羊肝脏样本农兽药残留合格率为 100%。

目前, 鲜有关于牛羊肝脏中联苯菊酯检出的相关报道。联苯菊酯是一种广谱、高效的农药, 被广泛用于小麦、瓜果、蔬菜等种植物的杀虫、杀螨<sup>[12]</sup>, 其对人体毒性较低, 但对鱼毒性强, 表现出一定肝脏毒性和遗传毒性<sup>[13]</sup>, 可干扰哺乳动物生殖系统发育<sup>[14]</sup>, 在土壤中具有很高的亲合作用, 且其水溶性又低, 因而通过种植物富集并迁移至动物体内的风险较高<sup>[15]</sup>。

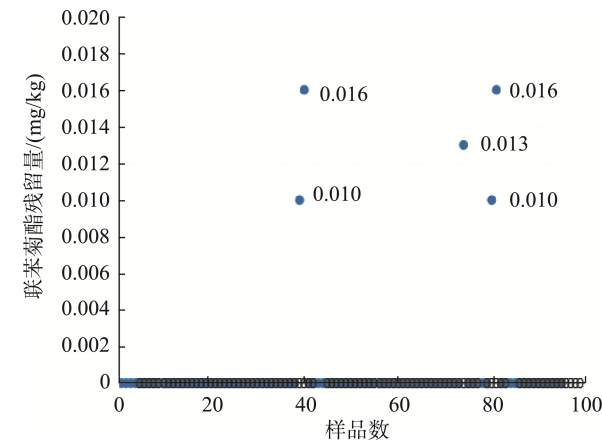


图1 牛肝脏中联苯菊酯检出情况

Fig.1 Detection status of bifenthrin in cow liver

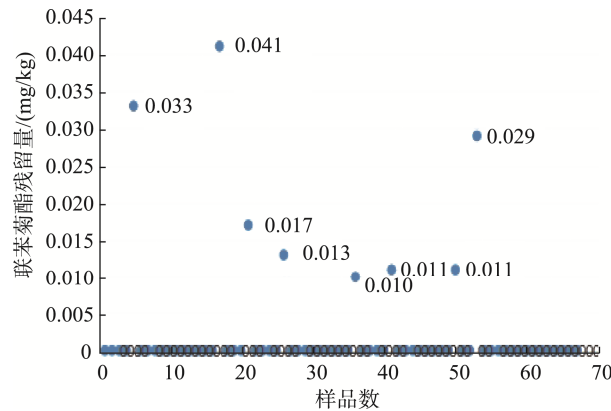


图2 羊肝脏中联苯菊酯检出情况

Fig.2 Detection status of bifenthrin in sheep liver

2.2 牛羊肝脏中重金属蓄积水平

162 份牛羊肝脏样本中铜含量最小值为 0.11 mg/kg, 最大值为 451.00 mg/kg, 均值为 38.53 mg/kg, 中位值为

11.12 mg/kg(图 3)。参照 GB 18406.3—2001《农产品质量安全 无公害畜禽肉安全要求》的要求, 畜禽肉制品中铜的含量不得超过 10 mg/kg, 本研究监测的 52.5%肝脏样本超出限量, 未达到无公害畜禽肉安全要求。这一结果超出预期, 可能与肝脏是铜等金属元素代谢主要脏器有关。侯睿等<sup>[16]</sup>对黑龙江畜禽肝脏中铜元素含量监测的结果显示, 羊肝中铜元素水平达到 123.202 mg/kg, 牛肝中铜均值为 41.218 mg/kg, 与本研究结果相仿。

162 份牛羊肝脏样本中, 108 份样本铅含量低于方法检出限, 检出最高值为 0.766 mg/kg, 均值为 0.048 mg/kg(图 4)。GB 2762—2022《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中规定了畜禽内脏中铅含量(以 Pb 计)不得超过 0.5 mg/kg, 2 份不同来源的牛肝样本检出值均为 0.766 mg/kg, 超出限量要求, 不符合率为 1.2%。浙南山区牛羊肝脏中铅含量水平与鲁力等<sup>[17]</sup>的检测结果相近, 其监测表明广西市售牛肝中铅含量为(0.3572±0.1585) mg/kg。

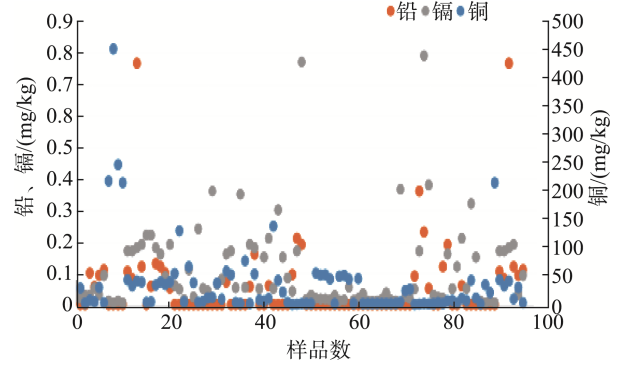


图3 牛肝脏中重金属元素检出情况

Fig.3 Leaves of heavy metal elements in cow liver

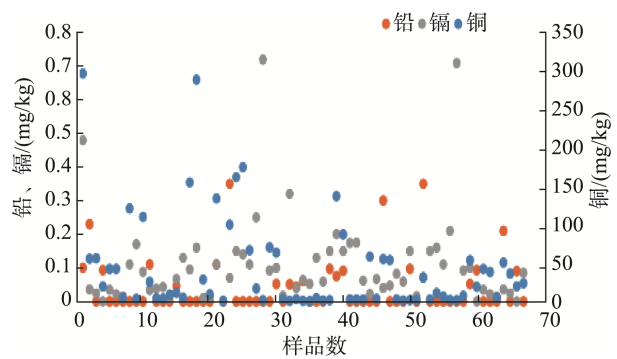


图4 羊肝脏中重金属元素检出情况

Fig.4 Leaves of heavy metal elements in sheep liver

162 份牛羊肝脏样本中, 4 份样本镉含量低于方法检出限, 检出最高值为 0.790 mg/kg, 均值为 0.109 mg/kg。这一监测结果, 与郑义等<sup>[18]</sup>对宁波市市售猪肝中镉含量研究结果 (0.118 mg/kg) 相当。但值得注意的是, GB 2762—2022 中规定了畜禽肝脏中镉含量(以 Cd 计)不得超

过 0.5 mg/kg, 而本次监测发现 4 份样本(羊肝和牛肝样本各 2 份, 来源各不相同)超出限量要求, 不符合率为 2.5%。

因而, 除暂无限量要求的铜外, 共计有 6 份不同来源的牛羊肝脏样本铅、镉含量不符合相应限量要求, 不符合率为 3.7%。

2.3 饲草中农药残留

如表 2 所示, 对 13 份检出联苯菊酯的牛羊肝脏样本所属的 13 家养殖场抽取所有饲草样本开展联苯菊酯检测。经检测 57 份样本中, 4 份样本中联苯菊酯高于方法检出限(0.0001 mg/kg): 羊养殖场 A 的花生秸秆中检出 0.0026 mg/kg 联苯菊酯, 羊养殖场 B 的花生秸秆中检出 0.0019 mg/kg 联苯菊酯, 羊养殖场 C 的茭白叶中检出 0.0027 mg/kg 联苯菊酯残留, 牛养殖场 A 所用的小麦秸秆中检出 0.0027 mg/kg 联苯菊酯残留。追溯调查显示, 羊养殖场 A 和 B 位于同一村落, 花生秸秆从另一村的同一种植户收购。

按照 GB 2763—2021 的要求, 4 份样本均低于谷物、蔬菜、水果中允许最大残留限量的最低值(0.05 mg/kg)。目前, 鲜有花生秸秆中农药残留的研究报道。郭同军等<sup>[19]</sup>对棉秸秆中农药残留量进行了检测, 发现棉秸秆中氰戊菊酯、甲氰菊酯和氯氰菊酯等 3 种除虫菊酯的残留在 0.024~0.150 mg/kg 之间。这一测定结果远高于本研究结果, 可能与种植物品种、种植环境、用药习惯等相关。

| 表 2 饲草中农药残留检测结果                                          |           |           |           |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Table 2 Results of pesticide residue detection in forage |           |           |           |           |
| 名称                                                       | 样本 1      | 样本 2      | 样本 3      | 样本 4      |
| 联苯菊酯<br>(mg/kg)                                          | 0.0026    | 0.0019    | 0.0027    | 0.0027    |
| 样本来源场点                                                   | 羊养殖场<br>A | 羊养殖场<br>B | 羊养殖场<br>C | 牛养殖场<br>A |
| 样本类别                                                     | 花生秸秆      | 花生秸秆      | 茭白叶       | 小麦秸秆      |

2.4 饲草中重金属蓄积水平

对饲草样本 325 份饲草样本中铜、铅、镉含量的测定结果见表 3。浙南山区牛羊饲喂用饲草中铜含量水平在 0.15 mg/kg 至 8.30 mg/kg 区间, 铅含量低于 2.76 mg/kg, 镉含量则低于 0.956 mg/kg。这些饲草(饲料)中的铜、铅、镉离子应当参与了牛羊的生理代谢。曹林等<sup>[20]</sup>对 2020—2021 年间北京地区生猪饲料中铜含量的检测显示, 中大猪配合饲料中铜元素水平均值在 22 mg/kg。罗成等<sup>[21]</sup>对四川、山东、河北 3 省蛋鸡配合饲料中铅、镉的监测结果表明, 3 省 7 地市的蛋鸡配合饲料中铅含量中位值在 1.55~4.92 mg/kg, 镉含量中位值在 0.13~0.33 mg/kg。邢承华等<sup>[22]</sup>对浙江金华地区市售饲料(不按适用动物区分品种)中铅、镉水平的调研发现, 饲料中铅、镉含量分别在 0.005~0.157 mg/kg 和 0.06~0.104 mg/kg 区间, 与本研究监测结果相仿。受牧草、秸秆等铜含量相对较低物质的稀释, 牛羊饲草混合物中铜、

铅、镉整体水平分别为 5.40~8.30 mg/kg、0.21~1.53 mg/kg 和低于 0.074 mg/kg, 但这些相对较低含量的饲料源性重金属仍有增加牛羊产品质量安全的风险。

| 表 3 饲草中重金属蓄积水平(mg/kg)                                         |           |           |             |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-------------|
| Table 3 Accumulation levels of heavy metals in forage (mg/kg) |           |           |             |
|                                                               | 铜         | 铅         | 镉           |
| 饲草混合物(n=161)                                                  | 5.40~8.30 | 0.21~1.53 | <0.074      |
| 玉米秸秆(n=56)                                                    | 0.27~3.13 | <2.76     | <0.080      |
| 竹笋壳(n=42)                                                     | 0.59~1.74 | <0.043    | 低于检出限       |
| 花生秸秆(n=37)                                                    | 5.60~6.87 | 0.36~2.16 | <0.956      |
| 茭白叶(n=26)                                                     | 0.15~0.82 | <1.13     | 低于检出限       |
| 小麦秸秆(n=15)                                                    | 0.77~2.47 | 低于检出限     | 0.026~0.044 |

3 结论与讨论

通过对浙南山区 162 家牛羊养殖场的牛羊肝脏中倍硫磷等 25 种代表性种植业用药物/化合物、磺胺二甲嘧啶等 24 种代表性兽用药物/化合物及铅等 3 种代表性金属元素的残留检测, 发现农兽药(包括禁用化合物)残留均符合限量要求, 但 6 份不同来源的牛羊肝脏样本铅或镉残留量不符合食品中污染物限量要求, 不符合率为 3.7%。

比对饲草和肝脏中重金属元素检测结果, 不难发现肝脏中铅、镉含量超标的牛羊养殖场, 均有常用花生秸秆等铅、镉含量相对较高的种植业副产物的习惯。赵科理等<sup>[23]</sup>发现, 以温岭为代表的浙南地区土壤中重金属(镉、铜、锌)含量显著高于浙北和浙中地区。程街亮等<sup>[24]</sup>的研究显示, 浙江农产区土壤中重金属含量明显高于全国平均水平。这可能是导致浙南山区所种花生秸秆中重金属含量略高的原因。此外, 精料补充料和微量元素添加剂等饲料中还含有一定量的金属元素<sup>[25-26]</sup>, 这双重因素可能是牛羊肝脏中铅、镉含量超过限量要求的原因。铜元素是常见微量元素, 尚未有对畜禽内脏中的残留限量标准。近年来, 浙江省逐步推进“饲料环保化”行动, 对生猪饲料中铜、锌的含量作出明确限量, 牛羊饲料尚缺少相应残留畜积规律的数据支撑。本研究探明浙南山区肉用牛羊肝脏中铜元素残留均值为 38.53 mg/kg, 超出无公害畜禽肉中的限量要求, 但该限量标准已作废, 且仅是对肌肉组织中的限量要求。大量研究表明, 肝脏是动物重要的解毒与代谢器官, 形成重金属富集和药物残留超限的风险远高于肌肉组织<sup>[27-28]</sup>。

尽管监测的全部牛羊肝脏样本中农兽药/化合物残留符合要求, 但仍有 13 份牛羊肝脏样本检出联苯菊酯。在对检出联苯菊酯残留的养殖户的饲草样本进行检出过程中发

现, 有 4 份不同来源的饲草样本检出联苯菊酯(低于谷物、蔬菜、水果中允许最大残留限量的最低值 0.05 mg/kg), 仍可推测牛羊肝脏中的联苯菊酯残留可能来源于这些花生秸秆等种植业副产物。李雯雯等<sup>[29]</sup>的研究表明, 农药可以通过消化道进入动物体内, 引发中毒反应。由于这些养殖场户均为家庭农场式养殖场, 缺少相应的大批饲草贮存库和质质检流程, 饲草组成、比例也变化较大较快, 抽样时间段内所抽取饲草样本与牛羊肝脏中联苯菊酯的残留来源有一定差异, 可能是其他阳性样品来源场的饲草样本中未检测到联苯菊酯残留的原因。柳璇等<sup>[30]</sup>对食用桃中联苯菊酯的长期膳食摄入慢性风险进行了评估, 结果表明风险处于可接受水平。相较于食用桃的日均摄入量, 人体对牛羊肝脏或花生的直接摄入量更少, 因而风险更低。同时, 已有研究表明联苯菊酯在土壤中的降解半衰期为 10.6~16.0 d<sup>[31]</sup>。因而, 联苯菊酯的合理使用与停药也可有效控制其通过食物链污染牛羊产品的风险。

综上所述, 本研究所监测的浙南山区肉用牛羊的肝脏中药物残留符合限量要求, 检出的联苯菊酯、铅、镉等与其饲草呈正相关。在充分利用茭白叶、葛藤茎叶等种植业副产物饲喂牛羊时, 还应注意其农药使用情况及种植地区土壤中重金属分布情况, 对农药使用不合理、未过休药期及来源于土壤中重金属元素含量相对较高地块的种植业副产物应当弃用, 以确保牛羊产品质量安全。

# 参考文献

- [1] 乌仁图雅, 崔志强. 农药残留对饲料的污染及控制措施[J]. 畜牧与饲料科学, 2014, 35(4): 32-34.  
WU RTY, CUI ZQ. Pollution of pesticide residues on feed and control measures [J]. Anim Husb Feed Sci, 2014, 35(4): 32-34.
- [2] CANG L. Heavy metals pollution in poultry and livestock feeds and manures under intensive farming in Jiangsu Province, China [J]. J Environ Sci, 2004, 16(3): 371-374.
- [3] 曹旭敏, 赵思俊, 谭维泉, 等. 动物源性食品中重金属残留的危害及防范措施[J]. 中国动物检疫, 2013, 30(12): 29-32.  
CAO XM, ZHAO SJ, TAN WQ, *et al.* The hazards of heavy metal residues in animal-derived foods and the preventive measures [J]. China Anim Heal Inspect, 2013, 30(12): 29-32.
- [4] LIU ZP. Lead poisoning combined with cadmium in sheep and horses in the vicinity of non-ferrous metal smelters [J]. Sci Total Environ, 2003, 309(1/3): 117-126.
- [5] REHMAN SU. Lead exposed increase in movement behavior and brain lipid peroxidation in fish [J]. J Environ Sci Heal A, 2003, 38(4): 631-643.
- [6] 邓惠丹, 肖英平, 杨伟康, 等. 畜禽产品中兽药残留的危害及防控策略[J]. 浙江农业科学, 2024, 65(3): 700-705.  
DENG HD, XIAO YP, YANG WK, *et al.* Hazards and prevention and control strategies of veterinary drug residues in livestock and poultry products [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2024, 65(3): 700-705.
- [7] PARMAR JK, CHAUBEY KK, GUPTA V, *et al.* Assessment of various veterinary drug residues in animal-originated food products [J]. Vet World,

- 2021, 14(6): 1650.
- [8] EI-SAADONY MT, SAAD AM, YANG T, *et al.* Avian campylobacteriosis, prevalence, sources, hazards, antibiotic resistance, poultry meat contamination and control measures: A comprehensive review [J]. Poul Sci, 2023, 102(9): 102786.
- [9] 李明珠, 王雅蓉, 卢立志, 等. 欧盟与中国禽蛋食品安全兽药残留限量对比分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(5): 260-268.  
LI MZ, WANG YR, LU LZ, *et al.* Comparative analysis of pesticide and veterinary drug residue limits for food safety of poultry eggs in European Union and China [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(5): 260-268.
- [10] FORSGREN KL, RIAR N, SCHLENK D. The effects of the pyre-throid insecticide, bifenthrin, on steroid hormone levels and gonadal development of steelhead (*Oncorhynchus mykiss*) under hypersaline conditions [J]. Gen Comp End, 2013, 186: 101-107.
- [11] 蔡秋, 张明忠, 刘康, 等. 硒摄入对肉牛组织中镉、铅、铜、铁、锌含量的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2012, 48(9): 47-50.  
CAI Q, ZHANG MZ, LIU K, *et al.* The effect of selenium intake on the content of cadmium, lead, copper, iron, and zinc in beef cattle tissues [J]. Chin J Anim Sci, 2012, 48(9): 47-50.
- [12] 吕莹, 齐艳丽, 任鹏程, 等. 联苯菊酯、噻虫嗪及其代谢物噻虫胺在小麦上的残留及膳食风险评估[J]. 农药学报, 2021, 23(2): 366-372.  
LV Y, QI YL, REN PC, *et al.* Residue behavior and dietary risk assessment of bifenthrin, thiamethoxam and clothianidin in wheat [J]. Chin J Pest Sci, 2021, 23(2): 366-372.
- [13] 郑惠东, 陈宇锋, 刘波, 等. 亚急性浓度暴露下联苯菊酯对真鲷体内酶活性及肝细胞 DNA 损伤的影响[J]. 生态毒理学报, 2023, 18(2): 473-480.  
ZHENG HD, CHEN YF, LIU B, *et al.* Effects of subacute bifenthrin exposure on enzyme activities *in vivo* and DNA damage in hepatocytes of *Pagrosomus major* [J]. Asian J Ecotox, 2023, 18(2): 473-480.
- [14] 杨燕, 高叶玲, 章晓凤. 联苯菊酯对大鼠围排卵期基因表达影响的对映体选择性[J]. 浙江工业大学学报, 2012, 40(4): 408-413.  
YANG Y, GAO YL, ZHANG XF. Enantioselective effects of bifenthrin on periovulatory gene expression in rat [J]. J Zhejiang Univ Technol, 2012, 40(4): 408-413.
- [15] CABRAS P, ANGIONI A, GARAU VL, *et al.* Fate of some new fungicides (cyprodinil, fludioxonil, pyrimethanil, and tebuconazole) from vine to wine [J]. J Agric Food Chem, 1997, 45(7): 2708-2710.
- [16] 侯睿, 邹春苗, 赵晶, 等. 黑龙江畜禽肝脏中铜元素含量监测及污染评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(3): 986-991.  
HOU R, ZOU CM, ZHAO J, *et al.* Monitoring and pollution evaluation of copper content in liver of livestock and poultry in Heilongjiang Province [J]. J Food Saf Qual, 2022, 13(3): 986-991.
- [17] 鲁力, 肖德强, 孙斌, 等. 几种肝脏食品中部分有害物质含量分析[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2003, 30(4): 184-186.  
LU L, XIAO DQ, SUN B, *et al.* Analysis of hazardous elements in foods of animal livers [J]. Railway Energy Sav Environ Prot Occup Saf Heal, 2003, 30(4): 184-186.
- [18] 郑义, 王玉婷, 吕梦园, 等. 市售猪肉肝肾中重金属残留分析[J]. 肉类工业, 2015, 412(8): 25-26.  
ZHENG Y, WANG YT, LV MY, *et al.* Analysis on heavy metal residue in commercially available pork, pork liver and kidney [J]. Meat Ind, 2015, 412(8): 25-26.

- [19] 郭同军, 薛宇昂, 高丽, 等. 棉秸秆农药残留和重金属及真菌毒素检测分析[J]. 中国畜牧兽医, 2024, 51(5): 1880–1892.  
GUO TJ, XUE YANG, GAO L, *et al.* Analytical testing for pesticide residues, heavy metals and fungal toxins in cotton straw [J]. *China Anim Husband Vet Med*, 2024, 51(5): 1880–1892.
- [20] 曹林, 冯秀燕, 赵茜, 等. 2020—2021 年北京地区配合饲料中铜、锌含量检测及合规性分析[J]. 饲料工业, 2022, 43(11): 59–64.  
CAO L, FENG XY, ZHAO Q, *et al.* Detection and compliance analysis of copper and zinc content in compound feed in Beijing from 2020 to 2021 [J]. *Feed Ind*, 2022, 43(11): 59–64.
- [21] 罗成, 张军民, 赵青余, 等. 我国四川、山东、河北省蛋鸡配合饲料中镉、铬、铅污染程度评估[J]. 动物营养学报, 2017, 29(8): 2851–2866.  
LUO C, ZHANG JM, ZHAO QY, *et al.* Contamination of cadmium, chromium and lead in compound feed of laying hens in Sichuan, Shandong and Hebei Provinces [J]. *Chin J Anim Nutr*, 2017, 29(8): 2851–2866.
- [22] 邢承华, 王辉, 桑利义, 等. 金华地区饲料中铅、镉的检测[J]. 广东微量元素科学, 2007, 14(7): 52–55.  
XING CH, WANG H, SANG LY, *et al.* Assay of lead and cadmium content of feedstuff in Jinhua [J]. *Guangdong Trace Elem Sci*, 2007, 14(7): 52–55.
- [23] 赵科理, 傅伟军, 戴巍, 等. 浙江省典型水稻产区土壤—水稻系统重金属迁移特征及定量模型[J]. 中国生态农业学报, 2016, 24(2): 226–234.  
ZHAO KL, FU WJ, DAI W, *et al.* Characteristics and quantitative model of heavy metal transfer in soil-rice systems in typical rice production areas of Zhejiang Province [J]. *Chin J Ecol Agric*, 2016, 24(2): 226–234.
- [24] 程街亮, 史舟, 朱有为, 等. 浙江省优势农产区土壤重金属分异特征及评价[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 103–107.  
CHENG JL, SHI Z, ZHU YW, *et al.* Differential characteristics and appraisal of heavy metals in agricultural soils of Zhejiang Province [J]. *J Soil Water Conserv*, 2006, 20(1): 103–107.
- [25] 杨坤, 胡红莲, 李大彪, 等. 湿法消解—原子吸收光谱法测定动物饲料中微量元素[J]. 饲料工业, 2023, 44(3): 104–107.  
YANG K, HU HL, LI DB, *et al.* Determination of trace elements in animal feed by wet digestion and atomic absorption spectrometry [J]. *Feed Ind*, 2023, 44(3): 104–107.
- [26] 王飞, 邱凌, 沈玉君, 等. 华北地区饲料和畜禽粪便中重金属质量分数调查分析[J]. 农业工程学报, 2015, 31(5): 261–267.  
WANG F, QIU L, SHEN YJ, *et al.* Investigation and analysis of heavy metal contents from livestock feed and manure in North China [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2015, 31(5): 261–267.
- [27] HU S, SU Z, JIANG J, *et al.* Lead, cadmium pollution of seafood and human health risk assessment in the coastline of the Southern China [J]. *Stoch Env Res Risk Ass*, 2016, 30(5): 1379–1386.
- [28] ZOU SM, DU RY, WEN D, *et al.* Heavy metals pollution in vegetables grown on some farmlands around dabaoshan mine and its healthy risk evaluation [J]. *J Agric Res Environ*, 2016, 33(6): 568–575.
- [29] 李雯雯, 王岩, 王盛男, 等. 植物源性食品中有机磷农药残留检测前处理技术的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1852–1858.  
LI WW, WANG Y, WANG SN, *et al.* Research progress of pretreatment technology for detection of organophosphorus pesticide residues in plant-derived foods [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 11(6): 1852–1858.
- [30] 柳璇, 刘传德, 鹿泽启, 等. 氟啶虫酰胺和联苯菊酯在桃上的残留行为及膳食摄入风险评估[J]. 果树学报, 2019, 36(12): 1712–1719.  
LIU X, LIU CD, LU ZQ, *et al.* Residues and dietary intake risk assessment of flonicamid and bifenthrin in peach [J]. *J Fruit Sci*, 2019, 36(12): 1712–1719.
- [31] 方丽萍, 邹元娟, 李瑞菊, 等. 联苯菊酯在棉花和土壤中的残留和降解行为研究[J]. 生态环境学报, 2012, 21(7): 1493–1497.  
FANG LP, WU YJ, LI RJ, *et al.* The residue and degradation of bifenthrin in cotton and soil [J]. *Ecol Environ Sci*, 2012, 21(7): 1493–1497.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)

## 作者简介



胡理明, 高级畜牧师, 主要研究方向为生态畜牧业、畜产品质量安全、兽药饲料监管等。

E-mail: huliming111@163.com



周 炜, 博士, 正高级兽医师, 主要研究方向为畜产品质量安全检测及动物源细菌耐药性研究。

E-mail: zhouwei0732@sohu.com