

反刍动物饲料中农药残留研究进展

王 娇^{1,2}, 谷 旭^{1,2}, 李军国^{1,2}, 姚 婷³, 杨 洁^{1,2}, 李 俊^{1,2*}

(1. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081; 2. 农业部动物产品质量安全饲料源性因子风险评估实验室, 北京 100081; 3. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100193)

摘 要: 农药在农业和畜牧业生产中作为预防和治疗农作物病虫害和料仓中卫生害虫等有害生物侵害的重要投入品, 在保障农作物物质优、高产及保护饲料贮存环境卫生等方面发挥着突出作用。由于其广泛应用, 不可避免的残留在饲料当中。然而, 反刍动物的主要饲料原料来源于农作物, 致使农药进入体内的可能性增加。使用含有农药残留的饲料, 可能降低动物的生长性能, 严重者可危害动物健康甚至导致动物死亡, 且残留在动物产品中的农药可能危害人类健康。饲料中农药残留问题应引起社会各界的关注和高度重视。本文针对反刍动物饲料原料种植过程中的使用情况, 综述了饲料中农药残留情况、代谢情况及对人畜健康安全的影响, 对反刍动物饲料中农药残留情况的摸底调查和风险评估具有重要的现实意义。

关键词: 反刍动物; 饲料; 农药; 残留

Research progress of pesticide residues in ruminant animal feed

WANG Jiao^{1,2}, GU Xu^{1,2}, LI Jun-Guo^{1,2}, YAO Ting³, YANG Jie^{1,2}, LI Jun^{1,2*}

(1. Feed Research Institute Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. Agriculture and Rural Ministry Quality and Safety Risk Evaluation Laboratory of Feed and Feed Additives for Animal Husbandry, Beijing 100081, China; 3. Institute of Animal Science of Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100193, China)

ABSTRACT: Pesticides play a prominent role in ensuring high quality and yield of crops and protecting environmental hygiene of feed storage, as important inputs for preventing and treating pests such as crop diseases, insects and weeds, and sanitary pests in silos. Because of wide application, it is inevitable to residue in the feed. However, the main feed ingredients of ruminants are derived from crops, which increases the possibility of pesticides entering the body. If containing pesticide residues of feed is used, the growth performance of animals may reduce. In severe cases, animal health maybe endangerous and even cause death, and pesticides remaining in animal products may endanger human health. Therefore, the problem of pesticide residues in feed should be concerned and highly valued by all sectors of society. Based on ruminant feed raw material usage in the process of planting, this paper summarized the pesticide residues in the feed, metabolism and impact on human and animal health, which was of great practical significance to investigate and assess the pesticide residues in ruminant feed.

基金项目: 现代农业产业技术体系北京市家禽创新团队项目(BAIC04-2019)、中国农业科学院创新工程项目(CAAS-ASTIP-2017-FRI-08)、国家重点研发计划项目(2018YFD0500600)、农产品供应重点环节关键因子风险分析评估与控制技术研究与应用(北京市科学技术委员会)

Fund: Supported by Modern Agriculture Industry Technology System of Beijing Poultry Innovation Team Project (BAIC04-2019), Chinese Academy of Agricultural Sciences Innovation Project (CAAS-ASTIP-2017-FRI-08), National Key Research and Development Program (2018 YFD0500600) and Agricultural Products Supply Key Link Key Factor Risk Evaluation and Control Technology Research and Application (Beijing Municipal Commission of Science and Technology)

***通讯作者:** 李俊, 博士, 研究员, 主要研究方向为饲料加工与质量安全。E-mail: lijun08@caas.cn

***Corresponding author:** LI Jun, Ph.D, Researcher, Feed Research Institute Chinese Academy of Agriculture Sciences, No.12, Zhongguancun South Road, Haidian District, Beijing 100081, China. E-mail: lijun08@caas.cn

KEY WORDS: ruminants; feed; pesticide; residues

1 引言

农药残留是指农药使用一定时期后,其农药母体、代谢产物、降解物、衍生物和杂质等残留物在农作物、水体和土壤中的残留情况^[1]。就反刍动物而言,饲料中残留的农药主要来源于植物性饲料原料^[2]。饲料是反刍动物体内营养物质供应的主要来源,一些种植者和养殖者常常为了追求经济利益,在农作物、饲料作物大量使用化学农药,致使饲料中农药残留现象越发严重。相关报道指出,进入动物体内的农药主要来源于受污染的饲料和饲草^[3]。摄入反刍动物体内的农药,由于体内不能有效降解和代谢而造成其蓄积性残留^[4,5],如果不加以监督管理和控制,很容易影响反刍畜产品如乳制品、肉制品品质。另外,在贮存饲料的仓库中,驱虫、杀菌等农药的使用也是造成饲料中农药残留的一个重要原因^[6]。反刍动物营养和饲料安全是否达标是影响畜产品安全的关键因素之一。因此,本文综述了反刍动物饲料中农药残留情况、代谢情况,并对畜产品安全的影响进行评估,为进一步做好农药使用管理控制工作提供技术支撑。

2 反刍动物饲料种植过程中农药的使用情况

我国是农业发展大国,其农药使用居于世界首位^[7]。近年来,国内外对农药对于农副产品质量安全影响高度关注,分别对高毒剧毒农药实行了一系列控制及禁用限用管理措施。据中国农药网统计,2014 年我国农药使用(折百)量约达 30.44 万吨;2015 年我国农药使用(折百)量约达 30.00 万吨,其中杀虫剂、杀菌剂、除草剂分别占农药总使用量的 36.30%、26.67%、35.74%^[8];2016 年我国农药使用量已实现零增长趋势,其中除草剂用药量最大,占总用药量的 46.3%,其次是杀菌剂,杀虫剂使用量逐步减少至占比 21.7%^[9]。化学农药在我国农业、化工、卫生、环保等领域使用已得到了认识,但在农药使用品种上仍有增长潜力,其中以除草剂的使用居多^[10]。然而,饲草作为反刍动物主要粗饲料来源,为保证牛奶、牛肉等畜产品质量安全,必须首先确保反刍动物采食到优质安全的牧草。除此之外,我国农药的使用与地理位置存在一定的关系^[11]。农药使用量较大的省份主要集中在山东、河南、安徽、广东、江西、河北、黑龙江、江苏等中东部地区,这部分地区是我国主要的农副产品产区^[12],且农副产品如玉米、大豆、花生秸秆和玉米皮,又是奶牛粗饲料非常重要的组成部分,其农药残留量远作物籽实含量高,因此,反刍动物饲料作物中农药的残留应得到足够重视。

3 反刍动物饲料农药残留情况

研究表明,向农作物喷洒的农药,对靶标病虫草害有杀灭作用仅占 1%,沉积在农作物秸秆和叶片上却占 25%~50%^[13]。这些秸秆和叶片作为反刍动物喜食的主要粗饲料原料,采食这些含农药残留的秸秆和叶片后,由于动物体内不能有效降解这些农药,会产生蓄积,发生慢性蓄积性农药中毒进而直接影响乳、肉等畜产品的品质。其次,为了控制反刍动物身上的细菌、真菌、线虫等及控制周围蚊蝇的叮咬使用的杀虫剂和杀菌剂也有可能进入乳制品中^[14]。此外如果使用菊酯类等卫生杀虫剂控制饲料场和贮存饲料过程中的昆虫和蚊子,也有可能间接造成饲料中的农药残留^[15]。农药的不合理使用,势必导致饲料中农药的大量残留,对反刍动物饲料中农药残留情况进行摸底调查和风险评估是一项艰巨而重要的任务。

3.1 精料补充料中农药残留

精料是用于补充粗饲料、青饲料、青贮饲料营养供应不足,对犊牛育肥和泌乳奶牛产奶起着关键作用^[16]。精料补充料品质的好坏直接影响犊牛的生长性能、奶牛业的安全生产和人民群众的健康^[17]。李世俊等^[18]对不同奶牛饲料进行分析,结果表明,精料和糠麸类饲料中都存在微量的有机磷、氨基甲酸酯类农药,甲胺磷、马拉硫磷和倍硫磷平均残留量超过 0.092 mg/kg,其中甲胺磷达 0.192 mg/kg,在生产过程中要加以控制。自 1984 年农业部禁止使用滴滴涕(dichlorodiphenyltrichloroethane, DDT)等有机氯农药后,有机磷农药已成为在精饲料中的残留量较大的农药品种^[19]。虽然精料在反刍动物日粮中所占比例较小,如果为了避免采食受污染的精料,禁止补饲是不现实的。只有在生产过程中做好农药残留的控制工作,对于超标和残留严重的精料禁止饲喂反刍动物,才能有效避免对反刍动物的产奶和产肉性能的影响。

3.2 青贮饲料中农药残留

青贮饲料是反刍动物最重要的基础日粮,其质量的优劣成为决定反刍动物能否发挥最佳生长性能的主要因素^[20,21]。农作物的秸秆、外皮、外壳、叶片常作为青贮饲料的主要原料,而这些农副产品常是农药残留量最大的部分,当使用这些高残留的饲料饲喂反刍动物时,相对也会造成畜产品中农药大量残留。王晓娜^[22]对蒙晋京津青贮饲料中有机磷农药进行调查,发现内蒙古地区青贮饲料中残留的有机磷农药主要为久效磷和二嗪磷,检出率分别为 59.1%、20.90%;山西省以马拉硫磷残留量最高,检出率达到 50%;

北京市主要以甲基对硫磷平均残留量较高, 残留量达到 0.040 mg/kg, 而在天津市青贮饲料中敌敌畏、甲基对硫磷和对硫磷的残留均有检出。李世俊等^[18]对奶牛玉米青贮饲料有机磷、氨基甲酯类农药残留情况进行分析, 结果表明, 马拉硫磷和倍硫磷的平均残留量达到最高, 分别为 0.264、0.175 mg/kg。因此, 在青贮加工过程中要注意控制马拉硫磷和倍硫磷的残留。有机磷农药是我国停止使用有机氯农药后应用最广泛的一类杀虫剂, 有机磷农药属于中等毒性农药, 反刍动物采食大量受污染的青贮饲料引起慢性蓄积性中毒, 对肝、胃和神经系统损害程度较大, 严重的可能导致“三致”作用。由此可知, 青贮饲料的质量安全对于反刍动物的健康具有重要意义。

3.3 秸秆中农药残留

随着养殖业的迅速发展, 人畜争粮争地的矛盾越来越严重, 秸秆作为粗饲料不仅减少秸秆焚烧引发的环境污染^[23], 同时缓解了反刍动物粗饲料不足的问题。秸秆和叶片作为反刍动物喜食的主要粗饲料, 其沉积的大量农药会通过食物链的浓缩造成人畜慢性蓄积性中毒, 进而影响乳、肉制品的品质, 严重危害了人畜的健康。玉米秸秆是奶牛主要的粗饲料来源, 在种植过程中施用常以敌敌畏、敌百虫、辛硫磷等有机磷农药为主, 其大量残留不但会对玉米和副产品造成药害, 甚至可能导致奶牛的有机磷中毒^[24]。对于水稻秸秆而言, 它与常规牧草有所差别, 在生长过程中常使用大量的农药, 如吡虫啉和三环唑是水稻生长中广泛使用的杀虫剂和杀菌剂, 这些大量的使用致使水稻秸秆中的农药残留量超标现象常常发生^[25]。王冉^[4]对动物精饲料和秸秆样品中有机氯农药残留污染情况分析, 研究发现在 533 份饲料样本中, 阳性饲料样品检出率达到 56.47%, 六六六(hexachlorocyclohexane, HCH)、DDT、硫丹和氰戊菊酯在秸秆饲料中的残留浓度分别为 0.007~0.060、0.060~0.067、0.022~0.044 和 0.008~0.663 mg/kg。因此, 在饲料作物的种植过程中, 合理使用农药, 控制农药的使用量, 对饲料本身和反刍动物的健康都具有重要意义。

3.4 牧草中农药残留

反刍动物采食的主要对象就是牧草, 尤其是作为“牧草之王”之称的苜蓿因具有草质优良、适口性好、营养价值高、可消化纤维含量高的优良特性, 不论是作为青贮、放牧或调制成干草, 都是反刍动物采食最为理想的牧草饲料^[26]。然而, 牧草在生长过程中为了追求高产, 大量使用毒性较高的杀虫、杀菌、除草剂等农药^[27-30], 忽视了农药残留对牧草所产生的毒害、人畜健康构成的威胁和畜产品品质安全性的影响。布尔津县某牧民在放牧过程中, 奶牛因误食被氟乐灵农药污染的牧草, 导致奶牛突然发病抽搐死亡^[31]。Karabasanavar 等^[32]对玉米、苜蓿和禾本科牧草中死螨残留调查发现, 40 份饲料样品中有 7 份饲料检出死螨, 检

出率为 17.5%, 平均残留浓度为 0.058 $\mu\text{g/kg}$ 。乌力吉等^[33]对呼伦贝尔牧草中农药残留污染现状调查发现, 该地区的牧草饲料中均有六六六、滴滴涕的残留。六六六、滴滴涕等有机氯农药化学性质极其稳定, 在农作物中消解较慢, 且残留时间可达 2~4 年。即使我国在 1983 年已停止使用和生产, 但土壤和环境中仍有大量残留, 农作物和植物仍可通过吸收机制而被污染^[34]。反刍动物饲料主要来源于农作物, 所以反刍动物是农药的直接受害者。有关研究者也注意到了啞菌酯、高效氯氰菊酯和甲胺磷在牧草和苜蓿中残留存在严重的危害性, 如果牧草中农药严重超标, 将直接影响乳肉等畜产品的品质, 严重者导致反刍动物中毒, 影响食用者的饮食健康^[35-37]。

4 农药在反刍动物体内的代谢及残留

反刍动物体内的农药残留主要来自于饲料中残留的农药, 因体内不能有效分解, 这些原型药物或其代谢产物反而大量蓄积。农药在各组织、器官中的蓄积量不同。Isioma 等^[38]报道屠宰牛可食组织中残留农药水平, 取肝脏、舌、肌肉、肾脏进行残留分析, 发现肝脏中残留量最高, 其次为舌头、肌肉和肾脏。Waliszewski 等^[39]报道了六氯苯(hexachlorobenzene, HCB)、 β -HCH、 pp' -滴滴伊(pp' -DDE)、 op' -滴滴涕(op' -DDT)和 pp' -滴滴涕(pp' -DDT)等有机氯农药在奶牛体内主要蓄积于脂肪组织, 最终由乳汁排出体外。边连全^[40]在有机磷农药对动物的毒性指出, 有机磷农药在体内被吸收后, 经血液循环系统运输到各组织器官, 其分布主要以肝脏为主, 其次为肾脏、肺脏, 但其排泄主要以肾脏为主, 由粪便排出较少。

农药的种类多种多样, 因化学结构有所差别, 不但反刍动物体内的残留毒性有所不同, 其体内代谢也有相异之处, 其代谢反应主要以氧化和水解为主, 有的也以结合的形式发生反应^[41]。有相关研究表明, 其中以与组织蛋白结合的残留时间可能更长些^[42]。

5 农药残留的危害性

5.1 饲料中残留的农药对反刍动物的危害

目前饲料中残留的农药主要有有机氯、有机磷和菊酯类农药 3 大类, 这些农药的残留可长期蓄积在反刍动物体内, 危害反刍动物的健康^[43]。有机氯农药属于神经和细胞毒性, 主要表现在损害中枢神经和肝脏、肾脏等实质器官, 干扰体内某些酶的活性免疫系统、生殖系统功能的正常发挥, 还具有“三致作用”^[44]。反刍动物有机磷中毒主要是体内的胆碱酯酶活性受到了抑制, 丧失对乙酰胆碱的分解能力, 以致乙酰胆碱在反刍动物体内大量蓄积而发生类似的神经机能亢进症状^[40]。农药的使用除在饲料作物害虫中起着关键的防治作用外, 还主要应用于畜舍环境卫生。由于

其广泛使用导致广泛残留在反刍动物体内,直接给反刍动物的健康造成潜在危害。菊酯类农药是现今使用最广泛的杀虫剂品种,属于内分泌干扰物,受此类药物污染严重的反刍动物,其生殖、免疫、神经和心血管系统均受到潜在的毒性^[45,46]。同时,瘤胃环境中栖息着复杂、多样、非致病性的微生物和少数噬菌体,农药残留也会对反刍动物瘤胃产生严重影响^[47]。当反刍动物采食被杀虫剂、杀菌剂污染的饲料后,会抑制瘤胃微生物的生长,破坏瘤胃微生物区系的动态平衡,影响瘤胃消化机能的正常发挥。

5.2 乳、肉食品中残留的农药对人体健康的危害

继三聚氰胺事件之后国内外又频频曝光了其他乳产品的安全问题,使人们对乳制品的安全问题高度重视。人们对乳、肉制品中兽药残留问题高度关注,如今也非常重视乳、肉制品中农药的残留。有关研究表明,农药通过大气、饮水进入人体的仅占10%,通过食物进入人体的却高达90%^[48]。乳制品在食物营养链中处于较高级,所以其农药残留量相对较高^[49,50]。李荷丽等^[51]研究报道,在我国13个省份,对各种动物源性食品中有机磷农药分析发现,牛奶、鱼肉、猪肉中检出率较高,分别为70.59%、56.25%及43.75%。当人类误食农药残留的乳、肉制品时,经过长期的在体内组织器官的蓄积和积累,最终会危害人体的健康。另外,在农业生产中使用的很多农药都属于内分泌干扰物,占农药的70%~80%,外源性干扰机体内分泌系统,经过食物链的富集,严重影响人类的生殖系统、内分泌系统和神经系统功能的正常发挥^[52,53]。

6 结 语

农药对人类的生产和生活起到了重要作用,是粮食作物、饲料作物生长中不可或缺的生产资料,但生产和使用是一把双刃剑,在为作物提高产量的同时,相继产生了一系列农药残留的问题,严重影响了食用者的安全与健康。当前国内外对反刍动物饲料中农药残留问题的研究相对较少,反刍动物的健康养殖存在着隐患。必须从源头上(饲料)解决农药残留对反刍动物健康生长的危害。另外,虽然低浓度和低施用量农药对反刍动物的危害性较小,但是农药残留是一个蓄积的过程,随着使用次数的增加,达到一定浓度和残留量也会影响反刍动物的健康,对乳、肉制品质量造成不利因素,进而严重威胁人类健康。因此,必须加大对动物饲料中农药残留的相关研究,加强多类多种农药的检测方法和技术开发,制定饲料中农药最高残留限量标准,是目前保障食品品质安全刻不容缓的工作。

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, (4): 31-32.
Wu RTY, Cui ZQ. Contamination of feed with pesticide residues and its

control measures [J]. *Animal Hus Feed Sci*, 2014, (4): 31-32.

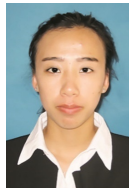
- [2] 丁在亮,陶小平,刘发全. 饲料原料中农药残留及有毒有害物质的快速检测[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(5): 915.
Ding ZL, Tao XP, Liu FQ. Rapid detection of pesticide residues and toxic substances in feed raw materials [J]. *Anhui Agric Sci*, 2006, 34(5): 915.
- [3] 徐震宇. 影响动物源食品安全性的饲料因素分析与对策研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
Xu ZY. Dietary factors affecting the safety of animal-derived food and countermeasures [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003.
- [4] 王冉. 浅谈发展安全牛奶[J]. *中国动物保健*, 2002, (4): 51-53.
Wang R. Discussion on the development of safe milk [J]. *China Animal Health*, 2002, (4): 51-53.
- [5] Nag SK, Raikwar MK. Persistent organochlorine pesticide residues in animal feed [J]. *Environ Monit Assess*, 2011, 174(1-4): 327-335.
- [6] Osborne BG, Barrett GM, Laal-Khoshab A, *et al*. The occurrence of pesticide residues in UK home-grown and imported wheat [J]. *Pest Manage Sci*, 2010, 27(1): 103-109.
- [7] 邱德文. 我国生物农药产业现状分析及发展战略的思考[J]. *生物产业技术*, 2011, (5): 40-43.
Qiu DW. Current situation analysis of China's biological pesticide industry and thoughts on development strategy [J]. *Biotechnol Ind*, 2011, (5): 40-43.
- [8] 2015 年我国农药生产与使用概况分析[EB/OL]. [2016-08-16]. <http://www.pesticide.com.cn/zgny/qdxx/content/b8510bab-86c4-4926-b4c3-416a844c52a1.html>.
Overview of pesticide production and use in China in 2015 [EB/OL]. [2016-08-16]. <http://www.pesticide.com.cn/zgny/qdxx/content/b8510bab-86c4-4926-b4c3-416a844c52a1.html>.
- [9] 预计 2016 年我国农药总使用量为 96.17 万吨[EB/OL]. [2015-12-01]. <http://www.nongyao168.com/Article/1024539.html>.
It is estimated that the total amount of pesticides used in China in 2016 will be 961,170 tons [EB/OL]. [2015-12-01]. <http://www.nongyao168.com/Article/1024539.html>.
- [10] 张静. 我国除草剂的登记现状及其发展趋势分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
Zhang J. Current situation and development trend of herbicide registration in China [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2013.
- [11] 陈晓雯,方菁,周洁. 我国农药使用状况和农药对健康的影响研究[J]. *卫生软科学*, 2012, 26(6): 560-562.
Chen XW, Fang J, Zhou J. Research on the use of pesticides and their effects on health in China [J]. *Soft Sci Health*, 2012, 26(6): 560-562.
- [12] 陈晓明,王程龙,薄瑞. 中国农药使用现状及对策建议[J]. *农药科学与管理*, 2016, 37(2): 4-8.
Chen XM, Wang CL, Bo R. Current situation and countermeasures of pesticide use in China [J]. *Pestic Sci Manage*, 2016, 37(2): 4-8.
- [13] 姚宝强,张崇玉. 浅析作物中农药残留对反刍动物养殖的影响[C]// 2008 山东饲料科学技术交流大会, 2008.
Yao BQ, Zhang CY. Effect of pesticide residues in crops on ruminant animal breeding [C]// 2008 Shandong Feed Science and Technology Exchange Conference, 2008.
- [14] Muccio AD, Pelosi P, Camoni I, *et al*. Selective, solid-matrix dispersion extraction of organophosphate pesticide residues from milk [J]. *J Chromatogr A*, 1996, 754(1-2): 497-506.

- [15] Athanassiou CG, Papagregoriou AS, Buchelos CT. Insecticidal and residual effect of three pyrethroids against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera:Curculionidae) on stored wheat [J]. J Stored Prod Res, 2004, (40): 287–289.
- [16] 于友水, 张丽. 饲养因素对奶牛产奶量的影响[J]. 养殖技术顾问, 2007, (7): 16.
Yu YS, Zhang L. Effect of feeding factors on milk yield of cows [J]. Farming Technol Consult, 2007, (7): 16.
- [17] 马生祥. 精料补充料奶牛饲喂效果试验[J]. 农业科技与信息, 2009, (7): 42–43.
Ma SX. Feeding effect test of concentrate and supplementary feed cows [J]. Agric Sci Inform, 2009, (7): 42–43.
- [18] 李世俊, 邓斌, 李琦华, 等. 不同奶牛饲料中农药残留现状研究[J]. 中国饲料, 2012, (17): 41–42.
Li SJ, Deng B, Li QH, *et al.* Current status of pesticide residues in different cow feeds [J]. China Feed, 2012, (17): 41–42.
- [19] Sharma V, Wadhwa BK, Stan HJ. Multiresidue analysis of pesticides in animal feed concentrate [J]. Bull Environ Contam Toxicol, 2005, 74(2): 342–349.
- [20] 冯仰廉. 论秸秆的饲用价值及科学利用[A]. 中国畜牧兽医学. 2000 动物营养研究进展—全国畜禽饲养标准学术讨论会暨营养研究会成立大会论文集[C]. 中国畜牧兽医学, 2000.
Feng YL. Study on the feeding value and scientific utilization of straws [A]. Chinese society of animal husbandry and veterinary science. Progress in animal nutrition research 2000—proceedings of the national symposium on standards of livestock and poultry feeding and the inaugural meeting of the nutrition research association [C]. Chinese Society of Animal Husbandry and Veterinary Science, 2000.
- [21] 刘琳. 奶业发展亟待粗饲料—谈推广青贮玉米[J]. 中国牧业通讯, 2005, (1): 68–69.
Liu L. Discussion on promotion of silage corn in dairy industry [J]. China Animal Hus News, 2005, (1): 68–69.
- [22] 王晓娜. 蒙晋京津青贮饲料质量与安全性评价[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
Wang XN. Quality and safety evaluation of silage in mengjin, jin and Beijing [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011.
- [23] Danut A, Tipayarom N, Thi KO. Effects from open rice straw burning emission on air quality in the bangkok metropolitan region [J]. Sci Asia, 2007, (33): 339–345.
- [24] 段伟伟. 有机磷农药的残留检测及在山羊乳中的迁移[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009.
Duan WW. Detection of organophosphorus pesticide residues and migration in goat milk [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2009.
- [25] 桂维阳. 稻秸中吡虫啉和三环唑的残留检测及降解动态研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
Gui WY. Residual detection and degradation of imidacloprid and tricyclazole in rice straw [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2014.
- [26] 代雪芳, 毛佳, 宋爽, 等. 高效氯氟菊酯在苜蓿和土壤中的残留及降解动态[J]. 西南农业学报, 2014, (2): 658–663.
Dai XF, Mao J, Song S, *et al.* Residue and degradation of cypermethrin in alfalfa and soil [J]. J Southwest Agric, 2014, (2): 658–663.
- [27] 张绪校. 30 种农药对多年生黑麦草和紫茅敏感性比较研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2004.
Zhang XX. Comparative study on the sensitivity of 30 pesticides to perennial ryegrass and purple festuca [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2004.
- [28] 刘素琴. 紫花苜蓿病虫害的防治[J]. 现代畜牧科技, 2013, (6): 224.
Liu SQ. Control of diseases and insect pests of alfalfa [J]. Mod Animal Hus Sci Technol, 2013, (6): 224.
- [29] 杜学林. 苜蓿病虫害草害的发生与防治[J]. 农村科技, 2003, (11): 31.
Du XL. Occurrence and control of alfalfa disease and cordyceps [J]. Rural Sci Technol, 2003, (11): 31.
- [30] 吴晓海. 牧草常见虫害的防治[J]. 现代畜牧科技, 2014, (11): 313.
Wu XH. Prevention and control of common insect pests in herbage [J]. Mod Animal Hus Sci Technol, 2014, (11): 313.
- [31] 叶尔肯, 哈布力汗, 库拉别克. 一例奶牛农药中毒死亡情况的调查[J]. 当代畜牧, 2014, (14): 57–58.
Ye EK, Ha BLH, Ku LBK. An investigation on the death of a cow due to pesticide poisoning [J]. Contemp Animal Hus, 2014, (14): 57–58.
- [32] Karabasanavar NS, Singh SP, Singh MK. Monitoring for chlorpyrifos residues in animal feed and fodder of Tarai region of Uttarakhand, India [J]. Toxicol Environ Chem, 2012, 94(2): 275–280.
- [33] 乌力吉, 傅银生, 张福国. 呼伦贝尔草原优良牧草及土壤中有机氯农药残留量调查研究[J]. 环境工程, 1995, (1): 53–55.
Wu LJ, Fu YS, Zhang FG. Investigation on organochlorine pesticide residues in fine herbage and soil of Hulunbuir grassland [J]. Environ Eng, 1995, (1): 53–55.
- [34] 李大刚. 关注危害饲料安全的农药残留[N]. 中国畜牧兽医报, 2007-03-11(12).
Li DG. Concern about pesticide residues in feed [N]. Chinese Animal Husbandry and Veterinary News, 2007-03-11(12).
- [35] 张志勇, 简秋, 宋稳成, 等. 啮菌酯在牧草和土壤中的残留规律研究[J]. 草业学报, 2014, (3): 356–361.
Zhang ZY, Jian Q, Song WC, *et al.* Studies on the residue of pyrimethyl in forage grass and soil [J]. J Grass Ind, 2014, (3): 356–361.
- [36] 马建华, 朱猛蒙, 魏淑花, 等. 5 种高效低毒化学农药在苜蓿中的残留动态分析[J]. 农药, 2017, (3): 210–212.
Ma JH, Zhu MM, Wei SH, *et al.* Dynamic analysis of residues of 5 high efficiency and low toxicity chemical pesticides in alfalfa [J]. Pesticides, 2017, (3): 210–212.
- [37] 王智亮, 姜兆兴, 曹旭, 等. GPC-GC 法快速检测苜蓿草颗粒饲料中甲胺磷残留的研究[J]. 饲料研究, 2012, (12): 64–65.
Wang ZL, Jiang ZX, Cao X, *et al.* Study on rapid determination of methamidophos residues in alfalfa grain feed by GPC-GC [J]. Feed Res, 2012, (12): 64–65.
- [38] Isioma T, Lawrence E. Human health risks associated with residual pesticide levels in edible tissues of slaughtered cattle in Benin city, southern Nigeria [J]. Toxicol Rep, 2015, 2: 1117–1135.
- [39] Waliszewski SM, Villalobos-Pietrini R, Gomez-Arroyo S, *et al.* Persistent organochlorine pesticide levels in cow's milk samples from tropical regions of Mexico [J]. Food Addit Contam, 2003, 20(3): 270.
- [40] 边连全. 农药残留对饲料的污染及其对畜产品安全的危害[J]. 饲料工业, 2005, (9): 1–5.
Bian LQ. Feed contamination by pesticide residues and its harm to animal

- product safety [J]. *Feed Ind*, 2005, (9): 1-5.
- [41] 王志超, 康志娇, 史雪岩, 等. 有机磷类杀虫剂代谢机制研究进展[J]. *农药学报*, 2015, 17(1): 1-14.
- Wang ZC, Kang ZJ, Shi XY, *et al*. Progress in studies on the metabolic mechanism of organophosphorus pesticides [J]. *J Agrochem*, 2015, 17(1): 1-14.
- [42] 王悦, 刘晓宇. 农药在动物体内残留代谢的研究[J]. *农产品加工学刊*, 2010, (6): 63-65.
- Wang Y, Liu XY. Studies on residual metabolism of pesticides in animals [J]. *Agric Prod Process Acad J*, 2010, (6): 63-65.
- [43] 蔡江, 吴回丽, 齐德生, 等. 饲料中农药残留与饲料安全[J]. *河南畜牧兽医:综合版*, 2004, 25(2): 33-34.
- Cai J, Wu HL, Qi DS, *et al*. Pesticide residues in feed and feed safety [J]. *Henan Animal Hus Vet Med: Integr Ed*, 2004, 25(2): 33-34.
- [44] 李丽. 饲料中有害物质的危害与检测[J]. *养殖技术顾问*, 2009, (6): 30.
- Li L. Harm and detection of toxic and harmful substances in feed [J]. *Farm Technol Consult*, 2009, (6): 30.
- [45] 李婷婷, 张勋, 付瑶, 等. 气相色谱-串联质谱法同时测定可食用动物猪、牛和羊及淡水鱼中12种拟除虫菊酯类农药的残留量[J]. *化学试剂*, 2017, (1): 49-53, 98.
- Li TT, Zhang X, Fu Y, *et al*. Simultaneous determination of 12 pyrethroid pesticides residues in edible animal pigs, cattle and sheep and freshwater fish by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chem Reagent*, 2017, (1): 49-53, 98.
- [46] 汪霞, 郜兴利, 何炳楠, 等. 拟除虫菊酯类农药的免疫毒性研究进展[J]. *农药学报*, 2017, 19(1): 1-8.
- Wang X, Gao XL, He BN, *et al*. Progress in studies on immunotoxicity of pyrethroid pesticides [J]. *J Pestic Sci*, 2017, 19(1): 1-8.
- [47] 任建新, 刘学忠, 袁燕, 等. 辛硫磷对水牛血清胆碱酯酶活性及瘤胃内环境的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2006, (7): 48-49.
- Ren JX, Liu XZ, Yuan Y, *et al*. Effect of phoxim on serum cholinesterase activity and rumen environment in buffalo [J]. *Animal Hus Vet Med*, 2006, (7): 48-49.
- [48] 丁昕颖, 李平, 丁得利. 动物性食品中药物残留的现状分析[J]. *中国禽业导刊*, 2008, (21): 32-33.
- Ding XY, Li P, Ding DL. Analysis on the status quo of drug residues in animal food [J]. *China Poultry Ind Guide*, 2008, (21): 32-33.
- [49] 许晓敏, 王加启, 郑楠, 等. 牛奶质量安全主要风险因子分析IV. 农药残留[J]. *中国畜牧兽医*, 2012, 39(5): 1-6.
- Xu XM, Wang JQ, Zheng N, *et al*. Main risk factor analysis IV milk quality and safety. Pesticide residues [J]. *J China Animal Hus Vet*, 2012, 39(5): 1-6.
- [50] Cok I, Bilgili A, Ozdemir M, *et al*. Organochlorine pesticide residues breast milk from agricultural regions of turkey 1995-1996 [J]. *Bull Environ Contam Toxicol*, 1997, (59): 577-582.
- [51] 李荷丽, 杨立新, 苗虹, 等. 动物性食品中有机磷农药残留的污染水平及暴露评估[C]// 中国毒理学会兽医毒理学与饲料毒理学学术讨论会暨兽医毒理专业委员会第4次全国代表大会, 2012.
- Li HL, Yang LX, Miao H, *et al*. Pollution level and exposure assessment of organophosphorus pesticide residues in animal food [C]// veterinary toxicology and feed toxicology academic seminar of Chinese society of toxicology and the 4th national congress of veterinary toxicology professional committee, 2012.
- [52] US EPA. Endocrine disrupter screening and testing advisory committee (EDSTAC) final report [R]. Washington: DC. U.S. EPA, 1998.
- [53] European Commission. European workshop in the impact of endocrine disrupters on human health and wildlife [R]. Report of proceedings. Weybridge. UK, 1996.

(责任编辑: 苏笑芳)

作者简介



王 娇, 硕士, 主要研究方向为动物营养与饲料加工。
E-mail: 540181215@qq.com



李 俊, 博士, 研究员, 主要研究方向为饲料加工与质量安全。
E-mail: lijun08@caas.cn