

饲料卫生防控技术

◎ 张海棠 王自良 姜金庆 主编

中国农业科学技术出版社

饲料卫生防控技术

◎ 张海棠 王自良 姜金庆 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

饲料卫生防控技术 / 张海棠, 王自良, 姜金庆主编. —北京:
中国农业科学技术出版社, 2013. 9

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1216 - 8

I. ①饲… II. ①张…②王…③姜… III. ①饲料 - 卫生检验
IV. ①S816. 17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 039365 号

责任编辑 闫庆健 胡晓蕾

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106632 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106625

网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经销者 各地新华书店

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张 19. 75

字 数 480 千字

版 次 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

定 价 35. 00 元

《饲料卫生防控技术》

编委会

主 编：张海棠 王自良 姜金庆

副主编：何 云 王元元 王淑云 王丽莎

编 委：（按姓氏笔画排序）

丁 菡（河南科技学院）

王元元（河南科技学院）

王自良（河南科技学院）

王丽莎（漯河食品职业学院）

王岩保（河南省鹤壁市畜牧局）

王岩锋（河南省鹤壁市山城区畜牧局）

王彦华（河南省饲草饲料站）

王淑云（河南科技学院）

方忠意（河南省饲料产品质量监督检验站）

李 艺（河南科技学院）

何 云（河南科技学院）

孙保玲（河南省鹤壁市畜牧局）

张海棠（河南科技学院）

姜金庆（河南科技学院）

崔国庆（河南省纯种肉牛繁育中心）

蔡凯丽（河南省鹤壁市畜牧局）

出版支持 得到河南省高校科技创新人才支持计划
(2010HASTIJ026) 和“十二五”国家科技支撑计划专题
2011BAK10B01 - 15 科研支持与资助

前 言

随着生活水平的不断提高，人们对动物性食品的卫生质量要求与日俱增，吃“放心肉”、“安全肉”已成为人们谈论的热门话题和迫切需求。饲料是动物的“粮食”，饲料卫生状况直接影响动物性产品的卫生和安全，通过食物链间接影响人类健康。“水俣病”、“二噁啉”、“疯牛病”、“瘦肉精”等饲料卫生安全事件，使人们在越来越丰富、精美的食品面前，反而如临雷池、如履薄冰。饲料有毒有害物质如重金属铅、砷、铬及致癌的黄曲霉毒素等卫生指标不合格的几乎占了不合格饲料的一半。饲料卫生质量不容忽视！

本书主要围绕影响饲料卫生质量的因素和提高饲料卫生质量的措施，详细阐述了饲料源性毒物及由外界环境污染的有毒有害物质的种类、理化性质、毒性、作用机理、中毒症状等问题，介绍了含毒饲料去毒处理方法、合理利用途径及饲料卫生的质量监督与管理、饲料毒物的检测方法等。全书共分13章，包括绪论、饲料细菌污染及控制、饲料霉菌污染与控制、有毒金属元素对饲料的污染及控制、农药对饲料的污染及控制、饲料添加剂的残留和控制、饲料脂肪酸败与控制、饲料抗营养因子、植物性饲料毒物中毒与防治、饼粕类饲料毒物中毒与防治、无机氟化物和食盐中毒与防治、饲料卫生质量的监督与管理、饲料中有毒有害物质的检测等内容。本书充分体现了科学性、先进性和实用性，既反映了学科发展的最新成就和未来需要，又紧密结合生产实践。本书可供高等农业院校的动物科学专业、动物营养与饲料加工专业、动物医学专业的师生以及相关领域的科研、生产及管理人員参考使用。

由于编者水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，期望广大读者和同行提出修正意见。

编者

2013年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 饲料卫生学的研究内容和任务	(1)
第二节 影响饲料卫生的因素及危害	(6)
第三节 提高饲料卫生质量的措施	(9)
第四节 饲料卫生学展望	(13)
第二章 饲料细菌污染及控制	(15)
第一节 细菌污染与饲料变质	(15)
第二节 细菌污染的控制	(21)
第三章 饲料霉菌污染与控制	(22)
第一节 霉菌污染与饲料霉变	(22)
第二节 饲料中的霉菌毒素	(36)
第三节 饲料霉菌污染的控制	(59)
第四章 有毒金属元素对饲料的污染及控制	(67)
第一节 概述	(67)
第二节 有毒金属元素对饲料的污染及危害	(69)
第五章 农药对饲料的污染及控制	(79)
第一节 概述	(79)
第二节 农药污染饲料的途径	(79)
第三节 常用农药在饲料中的残留	(82)
第四节 农药污染的监测和控制	(87)
第六章 饲料添加剂的残留和控制	(89)
第一节 饲料添加剂的残留及危害	(89)
第二节 饲料添加剂的合理使用	(99)
第七章 饲料脂肪酸败与控制	(101)
第一节 饲料脂肪酸败的原因	(101)
第二节 饲料脂肪酸败的机理	(103)
第三节 脂肪氧化酸败的检测	(106)
第四节 饲料脂肪酸败对动物的影响	(108)
第五节 控制饲料脂肪酸败的主要措施	(109)
第八章 饲料抗营养因子	(114)
第一节 抗营养因子的概念及在饲料中的分布	(114)
第二节 蛋白酶抑制因子	(116)

第三节	植物凝集素	(120)
第四节	单宁	(123)
第五节	植酸	(125)
第六节	非淀粉多糖	(129)
第七节	抗原蛋白	(134)
第八节	α -半乳糖苷	(137)
第九节	其他抗营养因子	(141)
第十节	抗营养因子研究存在的问题与展望	(144)
第九章	植物性饲料毒物中毒与防治	(147)
第一节	硝酸盐与亚硝酸盐	(147)
第二节	氰苷和氢氰酸	(152)
第三节	草酸盐	(158)
第四节	感光过敏物质	(161)
第十章	饼粕类饲料毒物中毒与防治	(164)
第一节	菜籽饼粕	(164)
第二节	棉籽饼粕	(171)
第三节	蓖麻饼粕	(179)
第四节	亚麻饼粕	(184)
第五节	糟渣类饲料	(187)
第十一章	其他饲料毒物中毒与防治	(192)
第一节	无机氟化物	(192)
第二节	食盐	(195)
第十二章	饲料卫生质量的监督与管理	(199)
第一节	饲料卫生质量的监督	(199)
第二节	饲料的安全性评定	(203)
第三节	饲料卫生标准的制定原则和方法	(205)
第十三章	饲料中有毒有害物质的检测	(211)
第一节	大豆饼粕中脲酶活性的检测	(211)
第二节	棉籽饼粕中游离棉酚的检测	(219)
第三节	菜籽饼粕中异硫氰酸酯和噻唑烷硫酮的检测	(222)
第四节	饲料中亚硝酸盐的检测	(229)
第五节	饲料中硝酸盐的检测	(233)
第六节	饲料中氰化物（氢氰酸）的检测	(235)
第七节	饲料中单宁的检测	(238)
第八节	饲料中有毒金属元素的检测	(241)
第九节	饲料中氟的检测	(265)
第十节	饲料中水溶性氯化物（食盐）的检测	(270)
第十一节	油脂酸价和过氧化物值的检测	(273)

第十二节 饲料中黄曲霉毒素 B ₁ 的检测	(276)
第十三节 饲料中盐酸克伦特罗的检测	(287)
附录 1 饲料卫生标准 (GB 13078—2001 及其后的修改单和增补内容)	(294)
附录 2 禁止在饲料和动物饮水中使用的药物品种目录 (农业部第 176 号公告) ...	(300)
附录 3 食品动物禁用兽药及其他化合物清单 (农业部第 193 号公告)	(301)
主要参考文献	(303)

第一章 绪 论

饲料是动物的食物，动物产品又是人类的食物和食品工业的原料，所以，饲料是人类的间接食品，饲料卫生与人类健康密切相关。近年来，随着饲料工业的快速发展，在饲料卫生领域内出现的新问题越来越多，其中，主要是有毒有害物质对饲料质量的影响，进而影响动物的生长发育、产品质量和环境卫生，甚至威胁人类的健康。因此，广大畜牧、兽医、环境卫生等领域的科学工作者，要高度重视饲料的卫生状况，努力提高对饲料卫生质量监督和对有毒物质防除的意识，保证畜牧业的稳步发展。

第一节 饲料卫生学的研究内容和任务

一、饲料卫生学的概念

饲料卫生学（feed hygiene, feed hygienics）是研究动物饲料中有毒有害物质和抗营养因子的变化规律与动物健康的关系及防除措施等有关问题的科学。它既是预防兽医学的重要组成部分，又是饲料科学和饲料毒物学领域中近年发展起来的一门新兴边缘学科，为饲料卫生标准的制定和实施提供理论依据。

二、饲料卫生学的内容

（一）防除饲料毒物，充分利用饲料资源

据专家预测：到2020年和2030年，我国粮食产量的43%和50%将用作饲料。因人口增加和耕地面积减少，2010~2020年，我国能量饲料的差额为4300万~8300万t；蛋白质饲料的差额为2400万~4800万t，其中饼粕类差额为2560万t左右。因此21世纪中国的粮食问题，特别是饲料粮问题，将是制约我国饲料工业和畜牧业发展的主要因素。饲料资源匮乏只能通过提高饲料利用率、开辟非常规饲料资源和调整农作物种植结构等办法来解决，但不管哪种办法，都必须保证饲料的营养水平和安全卫生，都和饲料毒物与抗营养因子的研究和防除有关。

1. 提高饲料利用率

在设计配合饲料配方时，既要考虑畜禽的生长阶段、生理特点、饲养环境、营养素之间的互作等常规因素，还要考虑饲料中毒物和抗营养因子对营养素利用率的制约，以进一步提高配合饲料的饲料转化率。在配合饲料原料生产工艺中，要采用各种脱毒和抗营养因子钝化技术，提高现有含毒、含抗营养因子饲料原料的营养价值，特别是提高含毒、含抗营养因子的蛋白质饲料的利用效率。

我国蛋白质饲料不足主要来自饼粕类，如大豆饼粕、菜籽饼粕、棉籽饼粕和花生饼粕等，其中绝大部分都存在毒素或抗营养因子。2012 年我国豆粕生产量预计为 4 819 万 t，棉籽饼粕约 600 万 t，菜籽饼粕约 800 万 t。如果通过技术解决其中毒素或抗营养因子问题，可提高饼粕饲料蛋白质利用率，可节约饼粕类蛋白质饲料。

鱼粉、血粉和骨粉等动物性饲料常因生产、销售和贮运过程中极易发生霉变、酸败等问题，导致质量下降，甚至产生有害物质而影响动物健康。

饲料酶技术是提高饲料利用率的有效方法。玉米中植酸磷占总磷的 50% ~ 75%，猪只能利用其中 10% ~ 12% 磷，加入植酸酶后，植酸磷利用率提高 60%，粪中磷排出量减少 40%，可大大减少粪便中磷对环境的污染。 β -葡聚糖和阿拉伯木聚糖是大麦和小麦的抗营养因子，大麦和小麦日粮中加入酶后，能量利用率可提高 10% ~ 20%。

糠麸、次粉一般占原粮的 21%，可用于配合饲料这两种。调查表明用于饲料的糠麸、次粉占 60% 左右。如果不除去油，米糠易氧化酸败，不耐贮藏，降低适口性。

2. 开发利用非常规饲料资源

大规模使用非常规饲料资源是我国国情，是必走之路。以一个很简单的例子来说明我国养殖业与人争粮的严峻局面：根据《中国农业年鉴 2007》公布的资料，2006 年我国猪肉总产量达到 5 197 万 t，占全世界猪肉总产量的 50.1%；在我国国内，则占猪肉、牛肉、羊肉、禽肉等所有肉类总产量的 60%，当年出栏猪只 6.8 亿头，平均每头猪产肉 76.4 kg，与国际上的产肉标准相似，如果按国际标准生产一头猪需要粮食 350 kg 计算（含母猪所消耗饲料及死亡率），则出栏 6.8 亿头猪，需要粮食 2.38 亿 t，而我国粮食总产量为 5 亿 t，如果养猪采用全粮食喂养，需要消耗我国粮食总产量的近 1/2，按猪肉占有所有肉类产量的 60% 计，再算上奶、蛋、水产肉类等消耗的粮食，则我国每年生产的粮食根本无法满足养殖业的需要，所以，采用全粮食饲养模式不现实，也根本不可能。

在开发非常规饲料资源过程中，应注意其中存在的毒物、抗营养因子的脱毒和钝化问题。由于对此类饲料原料或其加工过程的有毒有害物质常常不完全了解，或者已知其理化性质与检测方法的物质，尚缺乏饲料毒理学试验资料，不知其对动物机体的危害情况，因此必须进行安全性毒理学评价，以减少危害，提高饲料利用率。

薯类作物是巨大的非常规饲料资源宝库，据资料介绍：我国年产木薯 800 万 t，甘薯 1 亿 t，马铃薯 7 000 万 t，木薯茎干 500 万 t，木薯叶 500 万 t，甘薯藤叶 1 亿 t，马铃薯藤叶 6 000 万 t，三大薯类作物的可饲用部分总量达到 3.48 亿 t，折算干物质有近 1 亿 t。但甘薯易出现黑斑病、木薯含有氰苷、马铃薯含有茄碱等毒素，须用水浸泡、限量饲喂等方法减毒后利用。

我国年产农作物秸秆约 5 亿 t，是北方草原每年打草量的 50 倍，以此作为草食家畜的饲料资源，再添加一定量的其他农副产品（如饼粕类，糠麸类），可以养活我国牛羊的 2/3 之多，生产出我国牛羊肉的 3/4。在利用农作物秸秆时，要注意其中有毒有害物质的含量情况，采取有效措施加以防除，如秸秆青贮、氨化等。但是，目前秸秆经青贮、氨化后作为草食家畜的饲料仅占 2%，个别先进地区（如河南省的周口地区）也只占到 12%。

糟渣类饲料资源来源于酿造工业、制糖业、副食加工业等，有酒糟、醋糟、酱油糟、豆渣、粉渣、甜菜渣等。全国年生产各类糟渣 3 000 万 t 以上，95% 可用于饲料，但目前

只有 50% 用于饲料，其余则被浪费。糟渣类饲料中存在甲醇、亚硫酸等有害成分问题，须经无害处理后才能饲用。

对动物性非常规饲料原料的利用，也涉及有毒有害物质的防除，如皮革蛋白粉须经脱铬处理后方能使用、蚕蛹饲料要解决酸败和防腐等问题。

3. 优化农业种植结构，提高饲料粮产量

一方面改良饲料作物品种，另一方面将粮食、经济作物的二元种植结构调整粮食、经济作物和饲料的三元种植结构，建立有效的饲料粮品种培育、种植区化体系，提高饲料作物产量，这两方面都存在许多和毒素、抗营养因子有关的问题需要研究。改良饲料作物品种方面，选育低毒或无毒饲料粮或牧草品种，需要开展大量毒素和抗营养因子含量的测定工作；调整种植结构方面，如中科院西北高原生物研究所高原生态农业研究中心培育的“高原 338”春小麦，虽然作粮食用不受欢迎，但其产量高达 12.6 t/hm^2 ，最高产量达 15 t/hm^2 ，比普通小麦高 77%，可利用其高产性能作为饲料粮种植，但该小麦中往往含有抗营养因子阿拉伯木聚糖，因而利用酶制剂消除其抗营养作用的研究应同时进行。用未成熟玉米作牛饲料，可提高其营养价值，又能缩短作物生长周期。

三元种植结构已提倡多年，取得了一些进展，但仍然存在粮饲不分等问题，在作物品种选择和加工处理方法上，尚未发挥饲料作物的特点和优势。应尽快将饲料作物的种植有计划地纳入农业生产，实行优势区域布局，示范推广饲料作物的种植模式，搞好饲料作物的加工去毒处理，彻底解决饲料粮的稳定供应问题。

（二）防止饲料污染，保证饲料卫生安全

在饲料的生产、贮运、加工、饲用等环节中，常致饲料的生物性或非生物性有毒有害物质污染，严重影响饲料的质量，进而危及动物和人的健康和安全。

1. 生物性污染

与饲料卫生有关的细菌包括致病菌和相对致病菌，前者可直接进入消化道，引起消化道感染而发生中毒性疾病，称为感染型饲料中毒，如沙门氏菌中毒等；后者是某些细菌在饲料中繁殖并产生细菌毒素，通过相应的发病机制引起中毒病，称为细菌毒素型饲料中毒，如肉毒梭菌毒素和葡萄球菌毒素等所引起的细菌外毒素中毒等。

霉菌及霉菌毒素对饲料的污染系我国主要的饲料生物性污染。饲料中常见的产毒霉菌有曲霉菌属、镰刀菌属和青霉菌属等菌种。因我国各地的气候、饲料种类以及贮运加工方法不同，霉菌及霉菌毒素对饲料的污染具有一定的地区特点。

饲料的细菌、霉菌污染或虫害都能引起饲料的外观和质量发生变化，降低饲料的营养价值及利用率，并造成动物中毒。

2. 非生物性污染

各种化学物质，如重金属、某些无机和有机化合物污染饲料后，都能严重影响饲料的卫生与安全，它们主要来自工业的废水、废气和废渣，农药、化肥，兽药及饲料添加剂的不适当应用等。针对污染的发生原因进行治理和防除，可有效减少非生物性污染，保障饲料的卫生和安全。

（三）完善饲料卫生标准，加强质量检测

制定国家饲料卫生标准，是用法规形式限定饲料中有毒有害物质的最高允许量。我国

最新出台的《饲料卫生标准》（GB 13078—2001 及其后的修改单和增补内容）明确规定了饲料中可能出现的砷、汞、铅、镉、氟、铬、亚硝酸盐等无机毒物，游离棉酚、生氰糖苷（氰化物）、异硫氰酸盐、噻唑烷硫酮等有机毒物，滴滴涕（DDT）和六六六等有机氯农药，黄曲霉毒素等生物毒素，沙门氏菌等微生物及其他有害物质的限量要求。饲料中任一种毒害物超标，则不允许上市销售。新《饲料卫生标准》还列出了各种有毒有害物质的检测方法，使饲料卫生质量检测有法可依。然而，它与快速发展的饲料工业和畜牧业相比，还不完全匹配，不能够解决生产中出现的诸多饲料卫生问题。具体表现在以下几方面。

1. 覆盖面小

标准中只涉及部分有毒有害物质在配合饲料和饲料原料中的允许含量，其他毒物如、钼、有机磷农药（如对硫磷和马拉硫磷等）、麦角毒素、3, 4-苯并芘等环境毒物、大肠杆菌和炭疽杆菌等微生物在标准中没有规定。显然这些有毒有害物质都会影响动物健康和畜产品质量。

2. 检测方法烦琐

仪器设备昂贵，限制了饲料卫生质量检测工作的普及应用，因此要加快对饲料中有害有毒物质快速检测技术的研究。

（四）安全性毒理学评价

对饲料中各种有毒有害物、污染物和药物添加剂进行安全性毒理学评价，证明其确实安全后，才能批准正式生产和使用。对兽药和药物添加剂必须规定休药期，以法规（农业部 168. 02205 公告）形式制定动物性食品中兽药、药物添加剂及其他化学物质的最高残留量或允许残留量。

在饲料安全性毒理学评价方面，参考“食品安全性毒理学评价程序和方法”（GB 15193—1994）和饲料毒理学评价（GB/T 23179—2008）规定的检测要求和指标进行。为了保证和提高开发饲料资源的技术水平和经济效益，努力开展饲料、饲料添加剂和兽药的安全性毒理学评价工作及有关标准的制定，已成为人们日益关注的问题。

（五）加强饲料管理，执行饲料法规

1. 贯彻执行《兽药管理条例》

由国务院颁布从 2004 年 11 月 1 日起施行的《兽药管理条例》使兽药的研制、生产、经营、进出口、使用和监督检查具有法律依据。新兽药研制者在向国务院兽医行政管理部门提出新兽药注册申请时，应当提交该新兽药的样品以及名称、主要成分、理化性质、质量标准、检测方法、药理和毒理试验结果、环境影响报告、污染防治措施等，经验证安全、有效后，方可考虑批准生产。研制的新兽药属于生物制品的，还应当提供菌（毒、虫）种、细胞等有关材料和资料；用于食用动物的新兽药，还应当按照国务院兽医行政管理部门的规定进行兽药残留试验并提供休药期、最高残留限量标准、残留检测方法及其制定依据等资料。随着《兽药管理条例》的实施，逐步形成了一套兽药监督法规保障体系，对我国兽药管理工作的法制化，规范兽药生产经营活动，提高兽药质量，促进与国际接轨，保障畜牧业发展，维护人体健康起到了积极作用。

2. 贯彻执行《饲料和饲料添加剂管理条例》

《饲料和饲料添加剂管理条例》是国务院颁布的我国有关饲料的第一部权威性法规，它经过多年来的讨论和反复修订，集中了各方面的意见和智慧，总结了我国饲料工业发展的经验，吸收了国外的先进经验，对饲料和饲料添加剂的管理原则、管理范围、管理手段、执法主体，都作了明确的规定。随着“《饲料和饲料添加剂管理条例》实施细则”、“生产许可证管理办法”、“批准文号管理办法”、“新饲料和新饲料添加剂审定办法”、“进口饲料和饲料添加剂管理办法”、“允许使用的饲料和饲料添加剂品种目录”和“经营备案制度”等配套法规的逐步修改完善，对规范饲料生产和销售，加强饲料行业管理，完善饲料企业的质量管理体系，提高饲料产品质量，促进我国饲料工业的快速发展，我国饲料卫生学必将进入新的发展阶段。

（六）饲料毒物中毒病的研究

兽医临床实践证明，饲料毒物引起的疾病占动物中毒病的多数。我国对动物中毒病的研究常常是围绕生产实践中出现的严重问题而展开，因饲料毒物的种类之多，饲料毒物中毒病的复杂性尚不被人们所认识，加上科技水平和研究投入赶不上中毒病的发展速度，所以，对原有的饲料中毒病尚未完全解决时，新饲料毒物引起的新中毒病已不断发生，往往被误诊为其他内科病、代谢病、传染病或寄生虫病，造成大批动物死亡或生产性能下降。研究动物饲料中毒病的根本目的在于揭示饲料毒物中毒的一般规律，特别是探索饲料中有毒有害物质存在的原因、中毒机理、危害、诊断和治疗方法以及防除措施，为开展饲料安全性毒理学评价和制定饲料中有毒物质的最高允许量标准提供科学依据。

三、饲料卫生学的任务

饲料卫生学主要关注有毒有害物质对饲料质量的影响，以及对动物和人类健康乃至环境的危害。广大畜牧、兽医、水产、动物营养、环境卫生、饲料工业等行业的科学工作者，必须引起高度重视，提高饲料卫生质量监督和防除意识，既保证饲料产量增加，又保证饲料质量提高和饲料对动物乃至人的安全，保证畜牧业健康稳步发展。

随着饲料资源的广泛开发和利用以及饲料加工业的高速发展，饲料卫生学科中必将出现越来越多的新问题，亟待深入研究和解决。因此，饲料卫生学的主要任务是：

①深入研究各地可利用饲料中的有毒有害物质的种类、含量、理化性质、毒性、作用机理及其去毒利用的不同方法，以便更好地推动饲料的开发利用。

②研究和解决各种饲料添加剂在使用过程中可能带来的毒性及卫生问题，对已生产推广的饲料和新开发的饲料资源进行安全性评定，经常进行卫生质量监测工作。

③继续研究和探讨棉籽、菜籽、蓖麻、桐籽、胡麻等饼粕中的有毒成分和方便、有效、经济、安全的去毒新方法，不断地开发和利用植物蛋白资源。

④继续制定和完善各类饲料中各种有毒有害物质的允许量标准，确定并统一饲料卫生鉴定方法，特别是注意建立现场快速检测方法和研制有关仪器设备。

⑤深入研究外来性毒物污染饲料的途径，饲料本身毒物的产生过程与形成条件，寻找预防饲料污染和防霉去毒的新方法，保证各类饲料的营养价值。

⑥深入了解与饲料卫生质量有关的有毒有害物质，调查研究有关动物饲料中毒的原

因，阐明其发生发展规律，充分认识其危害性，研究有效的预防和去除措施。

⑦积极开展饲料毒物学与饲料卫生学的基础理论研究，加强饲料毒物的检测和饲料卫生学的基础工作，增进国内外学术交流，充分利用相关学科中新发展的研究方法和现代技术，促进饲料卫生学的不断发展和完善。

四、饲料卫生学与其他学科的关系

饲料卫生学是在饲料毒物学、畜禽中毒病学、饲料学、饲养学、家畜环境卫生学、饲料加工学、生物化学、分析化学、生理学等学科不断发展的基础上建立起来的新兴学科，它的发展与这些学科息息相关，相辅相承，互相促进。

第二节 影响饲料卫生的因素及危害

一、影响饲料卫生的因素

（一）饲料自身因素

在饲料的生产过程（包括生长、收获、运输、加工、贮藏等）中，饲料本身固有或自然形成的某些有毒有害成分或其前体物质，这些物质可大体分为饲料毒物、抗营养因子和新饲料资源开发利用中的未知因素。

饲料毒物（feed toxicants）是影响饲料卫生的重要因素，它作为饲料的天然成分，产生于饲料生产的各个环节，如棉籽中含有棉酚及其衍生物，菜籽饼粕中含有硫氰酸酯和噻唑烷硫酮等，当动物采食并吸收达一定量时，即可发生机体的机能性和器质性病变，影响生产性能，表现某些特征性中毒症状，严重时造成部分或大批动物死亡。

抗营养因子（antinutritional factors, ANFs）是降低或破坏饲料中营养物质，影响机体对营养物质的吸收和利用率，甚至导致动物中毒性疾病的一类物质。如植酸、蛋白酶抑制因子、抗维生素因子、非淀粉多糖、脂（肪）氧合酶及硫胺素酶、植物凝集素、单宁等。

实际上，抗营养因子和毒物之间常常没有明显的界限，有些抗营养因子可表现出一定的毒性作用，而很多毒物也具有一定的抗营养作用，因而把它们统称为有毒有害物质，这些物质的毒性效应可表现为直接影响动物对饲料营养成分的吸收、代谢与转化，也可能表现为间接影响内分泌、免疫功能、生殖发育、神经传递等生理机能。

在新饲料资源的开发利用过程中，不仅要肯定非常规饲料中的营养成分，更要注意其中有毒有害物质的种类与含量及其对饲喂动物的安全性。某些蛋白质含量较高的饲料（如棉籽饼粕、菜籽饼粕、亚麻籽饼粕、蓖麻籽饼粕、油籽饼粕、橡胶籽饼粕、木薯、银合欢、棘豆属和黄芪属植物等），含有不同种类的有毒有害物质，动物大量或长期采食后，出现急、慢性或特殊毒性作用，甚至导致大批死亡。因而蛋白质饲料资源的开发和利用一直是国家科技攻关和生产建设的重大课题。

（二）自然与环境因素

饲料作物长期生长在自然界中，通过不同方式与土壤和空气进行物质交换，体内成分

必然受到自然与环境因素的影响。地壳表层中各种金属元素分布极不均衡,如我国多数地区的土壤中无机氟含量偏高,硒缺乏等;局部地区某种元素过多或过少,或因某种植物的特殊吸收功能,往往致饲料中矿物元素的含量差异,从而影响到动物的健康。因气候、季节和温湿度的作用,微生物在不同饲料中生长繁殖并产生有毒有害物质,如有害细菌、霉菌及其毒素常可引起动物的细菌性、霉菌性或(和)毒素中毒性疾病,不仅影响饲料品质,而且导致动物产品的质量和数量下降,造成经济损失。这些现象多伴有明显的地区性或季节性特点。

(三) 人为因素

在饲料生产的各个环节,离不开人类活动,因人为作用造成的饲料卫生不良现象时常发生。如不合理的施肥、杀虫、加工、贮藏等,均可导致饲料成分及质量的改变,从而影响饲料的营养价值和安全性,引起动物机能性或(和)器质性病理变化,发生中毒。新农药等化学品的不断合成,其中有的尚未完成安全性试验即大量投放市场,甚至滥用或不合理使用都会影响饲料质量和动物健康。随着工业化的迅速发展,工业三废(废水、废气和废渣)处理不当而污染环境和饲料,导致畜禽中毒性疾病的事件越来越多(如二噁英事件等)。近年来,饲料添加剂的品种和产量越来越多,用之得当则可改善饲料品质,提高饲料报酬,预防或治疗畜禽疾病,促进畜禽生长,提高畜产品质量;如果配比不当,添加过量,就会导致畜禽中毒、药物残留、动物机体产生耐药性等恶果。

二、饲料中有毒有害物质的分类与危害

(一) 有毒有害物质的种类

饲料有毒有害物质的成分复杂,种类繁多,且有许多不确定或未知因素,因而其分类方法也不统一。目前,常见的分类方法有以下几种。

1. 按来源分类

可分为天然饲料毒物(包括其前体物和衍生物)、农药(包括杀虫剂、杀鼠剂、化肥以及植物生长调节剂等)、有害微生物(如某些细菌、霉菌及其毒素等)、环境污染物(如工业“三废”、地质性氟过多、放射性物质等)、饲料添加剂(如维生素、微量元素、药物等)、有毒植物(如棘豆属和黄芪属有毒植物、栎属植物的果实及嫩叶、紫茎泽兰、闹羊花、萱草根、狼毒等)等。

2. 按化学结构分类

可笼统地分为有机物质和无机物质两大类或详细分为盐类、甙类、生物碱、酚类、肽类、蛋白质类、萜烯类、重金属类、非蛋白氨基酸等。

3. 按危害作用

可分为神经毒物、细胞毒物、肝毒物、肾毒物、三致(致畸、致癌、致突变)毒物、抗营养因子(包括植酸、非淀粉多糖、某些酶及酶抑制剂、单宁、凝集素、环丙烯类脂肪酸等)、致敏因子等。

(二) 饲料毒物的体内转运和转化

饲料毒物进入机体的途径主要是消化道的吸收作用,极少数可经呼吸道或皮肤黏膜吸

收而产生毒性作用。大部分进入血液循环的毒物与血浆蛋白，特别是白蛋白（少数与球蛋白）结合，少数呈游离状态。一般来说，这种结合可逆，血浆中结合的毒物与游离的毒物保持着动态平衡。与蛋白质结合紧密的毒物，不易透过细胞膜进入靶器官对组织产生毒性作用。不同毒物与血浆蛋白的结合力有别，即已结合的毒物可被结合力更强的毒物取代而游离出来，或被内源性代谢物竞争或置换，从而增强其毒性。由于结合、主动运输或溶于脂质中，毒物能在组织器官的特定部位贮存。各种毒物在体内各组织器官中的分布数量与贮存时间，由其透过细胞膜的能力及其与不同组织器官的亲合力决定，而且常成为引起毒性作用的基础。肝脏是毒物在体内贮存和生物转化的主要器官。

多数饲料毒物在体内经过氧化、还原、水解、结合（或合成）等作用，改变其结构和性质，从而达到活化（毒性更强）或失活（解毒）的作用。部分毒物在生物转运和转化过程中，发挥毒性作用，引起机体的代谢功能和组织结构的变化，损害机体的组织及其生理功能，发生中毒现象，如硝酸盐被还原生成毒性更强的亚硝酸盐；生氰糖苷经水解后释放氢氰酸；硫葡萄糖苷可生成硫氰酸盐、异硫氰酸盐和噻唑烷硫酮；马铃薯发芽变绿时产生多种茄碱；过多的碳水化合物可在瘤胃微生物的作用下产生大量酸性物质等。

（三）饲料毒物的作用机理

饲料毒物的毒性可分为两大类，即一般毒性（急性、亚急性、蓄积性和慢性）和特殊毒性（致突变、致畸、致癌、致敏、局部刺激和免疫抑制等）。毒物中毒机理的解释可以从脏器、细胞、亚细胞和分子水平几个层次进行研究。

①确定生物大分子的靶点，回答何种组织器官或大分子对该毒物有较强的亲和性。

②分离和鉴定出毒物的活性代谢产物，测定由毒物所引起体内论物质的数量或活性的改变，为更好地了解毒物的毒性和确定早期诊断指标提供依据。

③动物种属之间，在最基本结构分子水平上的基因表达非常相似，因此用有毒有害物质引起某种动物染色体和基因突变的资料，推测有毒有害物质对其他动物的遗传危害，从而弥补传统毒理研究的某些不足。

研究证实，体内的脂肪组织对有机氯制剂具有高度亲和性；砷和铅主要贮存在骨骼和肝肾组织中；棉酚和蓖麻毒素具有细胞毒性和血液毒性；菜籽饼粕毒素能引起甲状腺肿大等症；黄曲霉毒素 B₁ 能诱发肝癌和胆管壁增厚；植酸和氟离子能与许多二价离子（如 Ca^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} ）结合，形成络合物，从而降低这些元素的生物利用率，造成缺乏症；亚硝酸根离子可导致高铁血红蛋白症；氰离子与细胞色素氧化酶中三价铁结合，造成细胞内缺氧和生物氧化功能丧失；氟乙酸经活化生成的氟柠檬酸能抑制顺乌头酸酶的活性，从而中断三羧酸循环和能量的产生；有机磷酸酯类可抑制胆碱酯酶的活性，从而降低其水解乙酰胆碱的能力，导致乙酰胆碱在体内迅速大量蓄积，引起神经功能异常；饲料中的某些酶抑制剂能使消化道中蛋白酶、淀粉酶或脂肪酶失活，影响饲料的消化吸收。

目前，用电子显微镜可观察到亚细胞结构的改变，用生物化学方法能从细胞形态学改变联系到体内某些物质的变化，这些方法手段使毒理机制的研究有了更大的进展。

第三节 提高饲料卫生质量的措施

一、增强饲料卫生观念

饲料的安全卫生直接关系到饲喂动物的安全和健康,间接影响到人类的卫生和安全。1991年我国颁布了《饲料卫生标准》,限定了16种有毒有害物质在饲料中的最高允许量。随着饲料工业和养殖业的发展,对原饲料卫生标准进行了修订完善,在2001年又颁布了新《饲料卫生标准》(GB 13078—2001),与原标准相比,有毒有害物质的种类增加了铬元素,动物的种类从单纯的猪鸡增加到包括牛、羊、鹌鹑、鸭等多种动物,饲料种类也有所增加。2006~2010年又增加了赭曲霉毒素A、玉米赤霉烯酮、脱氧雪腐镰刀菌烯醇、T-2毒素、硒、铜、锡有毒有害物质项目。农业部在1989年公布了20种畜禽饲料中允许使用的药物添加剂及其使用方法,1997年增加为30种,2001年为33种。这些标准和规定对保证畜禽饲料的安全卫生起到了重要作用。但是,近十年来,我国饲料卫生安全问题仍不容乐观,由饲料卫生问题导致的食品安全及人畜共患病事件屡次发生,影响人类的健康和畜产品出口,分析原因主要是由于违禁药物或化学药品在饲料中长期使用,导致在畜产品中残留增加或是细菌对抗生素产生耐药性影响人类疾病的防控。现将2001~2010年发生的重大安全事件列表如下(表1-1)。

表1-1 2001~2010年重大安全事件

年份	事件名称	事件经过	事件危害
2001	瘦肉精中毒事件	11月,广东河源484人因食含瘦肉精的猪肉导致中毒,2人死亡	中毒5600人,死亡9人
2002	蜂蜜氯霉素事件	8月,美国查处我国500t蜂蜜中高浓度氯霉素,扣留并销毁	主要出口国全部遭禁
2003	毒狗肉事件	7月,浙江查获48t含剧毒氰化物的狗肉	中毒事件4次
2004	红心鸭蛋事件	2月,发现苏丹红1号色素,河北红心鸭蛋、江苏高邮咸鸭蛋等	全国捕杀鸭20多万只
2005	猪链球病菌事件	5月,四川省报告人感染猪链球菌病,震惊全国	患者117人,死亡1人
2006	福寿螺事件	6月,北京报告人食用福寿螺导致管圆线虫病	确诊病例达500多例
2007	丙烯酰胺事件	5月,香港发现肯德基中均含有致癌物质丙烯酰胺	300多人中毒
2008	三聚氰胺事件	7月,甘肃省收治婴儿尿结石患者达1000余人,9月11日,卫生部证实是由于三鹿集团生产的婴幼儿配方奶粉中含有三聚氰胺所致	婴幼儿患者291846人,赔偿262662人,死亡6例