

2019 年饲料原料霉菌毒素污染状况调查

王 娟¹, 王改琴¹, 李 钊¹, 张玉柱¹, 李 俊², 邬本成^{1*}

(1. 安佑集团品管中心霉菌毒素专案小组, 太仓 215400; 2. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081)

摘 要: **目的** 调查分析 2019 年饲料原料霉菌毒素污染状况。**方法** 采用胶体金免疫层析法或上转发光免疫分析(up-conversion immunoassays, UPT)法对安佑集团各分子公司所采购的大宗饲料原料中呕吐毒素、玉米赤霉烯酮和黄曲霉毒素 B₁ 含量进行快速检测, 2019 年度共检测饲料原料样品 20918 份。**结果** 对比安佑集团企业标准, 2019 年饲料原料霉菌毒素污染总超标率为 3.2%。饲料原料霉菌毒素污染整体情况由重转轻, 上半年污染较重主要是由于麸皮及次粉霉菌毒素污染超标所致, 下半年霉菌毒素污染程度整体较轻, 但 9 月玉米和玉米干酒糟及其可溶物(distillers dried grains with soluble, DDGS)的玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEN)污染情况较重, 其中 DDGS 达重度污染; 从产地来源看, 2019 年全国各产地麸皮和次粉呕吐毒素(vomitoxin, DON)污染较重; 河南产地米糠黄曲霉毒素 B₁(aflatoxins B₁, AFB₁)及四川产地米糠 ZEN 达重度污染; 山东、江苏、云南、安徽产地玉米 AFB₁ 及安徽产地玉米 DON 达重度污染; 且饲料原料中的霉菌毒素并非单一存在, 多数情况下是多种毒素共存。**结论** 与 2018 年饲料原料霉菌毒素污染调查数据(未公开发表)相比, 2019 年原料污染程度较轻。

关键词: 饲料原料; 霉菌毒素; 胶体金免疫层析法; 上转发光免疫分析法; 污染规律

Investigation on mycotoxin contamination in feed materials in 2019

WANG Juan¹, WANG Gai-Qin¹, LI Fan¹, ZHANG Yu-Zhu¹, LI Jun², WU Ben-Cheng^{1*}

(1. Mycotoxin Task Force of Anyou Group Quality Control Center, Taicang 215400, China; 2. Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Objective To investigate and analyze the mycotoxin contamination in feed materials in 2019. **Methods** The content of vomiting toxin, corn gibberellone and aflatoxin B₁ in the bulk feed materials purchased by the molecular companies of anyou group was rapidly detected by colloidal-gold immunoassays or up-conversion immunoassays (UPT). In 2019, a total of 20918 feed materials samples were detected. **Results** According to Anyou group's standard, the total exceeding rate of mycotoxin contamination in feed materials in 2019 was 3.2%. The overall situation of mycotoxin contamination of feed raw materials changed from heavy to light. In the first half of the year, the contamination was mainly caused by excessive mycotoxin contamination of bran and secondary powder. In the second half of the year, the contamination degree of mycotoxin was relatively low. However, in September, the contamination of zearalenone (ZEN) of corn and DDGS was relatively heavy, and the contamination of DDGS was severe. From the point of origin, the vomitoxin (DON) pollution from wheat bran and wheat powder in various producing areas in China in 2019 was relatively heavy. Aflatoxins Aflatoxins B₁ (AFB₁) from henan province and ZEN from sichuan province were seriously contaminated. **Conclusion** In comparison with the data from the 2018

*通讯作者: 邬本成, 高级畜牧师, 主要研究方向为饲料产品质量安全研究。E-mail: bc_wu@anschina.cn

*Corresponding author: WU Ben-Cheng, Senior Engineer, Anyou Biotechnology Group Co., Ltd. No. 6, Taibei Road, Taicang 215400, China. E-mail: bc_wu@anschina.cn

survey on mycotoxin contamination of feed raw materials (which has not been published publicly), the pollution level of raw materials in 2019 is relatively low.

KEY WORDS: feed materials; mycotoxins; colloidal gold immunochromatography; up-conversion immunoassay; regular pattern of toxin contamination

1 引言

霉菌毒素是由曲霉菌、镰刀霉菌、青霉菌等真菌产生的次级代谢产物,具有高效性、稳定性、富集性、特异性、协同性、相加性、污染地域性及隐蔽性等^[1-3]。任何生长中的农作物,包括饲草和谷物等,都容易受到霉菌的污染,同时霉菌会产生霉菌毒素^[4]。霉菌随农作物由田间向饲料生产企业在向养殖场户饲料槽的转换过程中,可能不会存活下来,但是霉菌毒素却能完整地保留下来,它可通过饲料进入动物体内,引起动物的急性或慢性中毒,损害机体的免疫、呼吸、消化及生殖系统等^[5-12]。其中呕吐毒素(vomitoxin, DON)在猪体内具有富集作用,低剂量猪会出现萎靡不振、食欲减退、腹泻、唾液过多或呕吐,高剂量猪会出现口炎、胃贲门部粘膜形成溃疡,消化道坏死甚至死亡,严重影响猪群的健康和生长^[8]。玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEN)是具有雌性激素活性的毒素,在母猪生产的各阶段均造成不同程度的生殖障碍, ZEN 在饲料中的含量越高,母猪排卵数越少,产仔数亦会减少,甚至造成胚胎死亡或母猪流产^[5]。黄曲霉毒素具有致癌性且毒性强,其衍生物有 20 多种,其中黄曲霉毒素 B₁(aflatoxins B₁, AFB₁)毒性和致癌性最强,黄曲霉毒素不仅危害畜禽生产,而且会蓄积在畜禽体内及其制品中,危害人类健康^[6,10]。

为了保证饲料用料安全,特对在市场上采购的饲料原料的霉菌毒素污染情况进行调查,以便更好地指导饲料原料的采购和应用。霉菌毒素的检测方法主要包括高效液相色谱法、液相质谱联用法、酶联免疫法、胶体金免疫层析法^[13-15]和上转发光免疫分析法^[16,17]等。目前饲料生产企业多采用快速、简洁、易操作的胶体金免疫层析法和上转发光免疫分析法做快速检测来评判饲料原料及成品的毒素污染程度。本研究亦选用胶体金免疫层析法和上转发光免疫分析法对 2019 年度从市场收集到的玉米、麸皮等大宗饲料原料中 DON、ZEN 和 AFB₁ 的含量进行检测,并统计、分析 3 种毒素在时间及地域上的污染变化规律,以期为饲料原料的采购及应用提供参考依据。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

UPT-3A-1800 上转发光免疫分析仪(北京热景生物技术有限公司); HG-8 胶体金读数仪(杭州南开日新生物

技术有限公司); FW100 粉碎机(天津市泰斯特仪器有限公司); DT-1002A 电子天平(感量 0.01 g, 上海良平仪器仪表有限公司); SHZ-82B 振荡器(常州市金坛文华仪器有限公司); VORTEX-5 涡旋仪(海门市其林贝尔仪器制造有限公司); 微量移液枪(大龙医疗设备(上海)有限公司 EppendorfResearch plus)。

DON、ZEN 和 AFB₁ 毒素多参数定量检测试剂盒(北京热景生物技术有限公司); DON、ZEN、AFB₁ 胶体金快速检测试剂盒(杭州南开日新生物技术有限公司)。

2.2 样品信息

所用样品为 2019 年度安佑集团各分子公司提供(含供应商及客户送检)的 20918 份饲料原料样品(样品信息见表 1), 检测分析共 57529 个数据(见图 1), 其中 DON 19183 个, ZEN 19047 个, AFB₁ 19299 个。涉及玉米、玉米酒精糟及可溶物(distillers dried grains with soluble, DDGS)、玉米副产物、麸皮、次粉、米糠、饼粕类等饲料原料。对大部分原料中 DON、ZEN、AFB₁ 3 种毒素进行检测, 同时根据不同样品受霉菌毒素污染的特点侧重检测某种毒素, 如: 麸皮、次粉等小麦副产物会重点检测 DON; 米糠重点检测 ZEN 和 AFB₁(见图 1)。

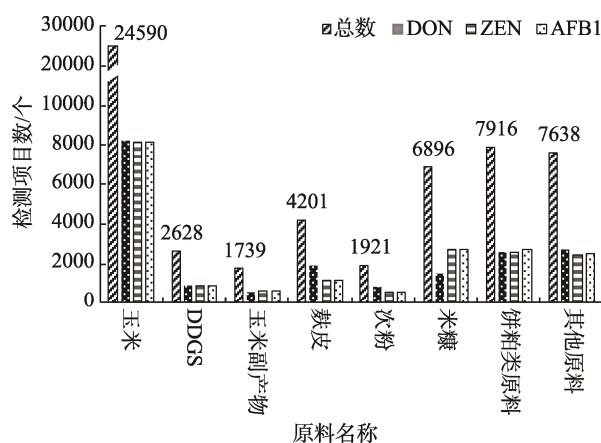


图 1 2019 年各种饲料原料不同毒素检测项目数
Fig.1 Number of different toxin items tested of raw materials in 2019

2.3 样品处理与测定

2.3.1 样品处理

按照 GB/T 14699.1-2005《饲料采样》^[18]制备样品,并用粉碎机粉碎后过 20 目标准筛备用。

表 1 样品信息统计表
Table 1 Sample information statistics

原料 产地	玉米	DDGS	玉米副产物	麸皮	次粉	米糠	饼粕类原料	其他原料	总计
北京				1				32	33
天津	115		65	30	1	20	197	78	506
河北	91	23	82	224	176	49	119	176	940
山西	555	8		5	18			61	647
内蒙古	617	19	3	21	1		1	47	709
东北	5161	187	127	7	1	268	87	43	5881
上海	3		1			5	12	31	52
江苏	38	1	28	266	94	353	760	427	1967
浙江		8		6			75	3	92
江西	4		4			455	22	47	532
安徽	22	45		27	65	101	8	86	354
福建	5		14	26		320	141	153	659
山东	178	4	66	470	109		200	137	1164
河南	324	376	3	377	210	13	54	219	1576
湖北	27	4	11	6	18	295	76	364	801
湖南	25	89		1	1	86	16	158	376
广东	1	1	51	178	57	36	428	111	863
广西				2	3	65	335	87	492
重庆				17		103	12	11	143
四川	3	79		33	6	137	31	82	371
云南	269	1	7	44		331		86	738
陕西	120		44	98	65	1	18	149	495
甘肃	5		6					67	78
宁夏	58		4			17		4	83
新疆	108		63				62	89	322
进口	572	34	18	87	15	86	93	139	1044
总计	8301	879	597	1926	840	2741	2747	2887	20918

注：玉米副产物含膨化玉米、玉米皮、喷浆玉米皮、玉米胚芽粕、玉米蛋白粉、喷浆玉米胚芽粕；饼粕类原料含菜籽粕/饼、棉粕、花生饼/粕、豆粕；其他原料含小麦粉、大麦、食品副产物、油粉等。

2.3.2 上转发光免疫分析法定量检测 DON、ZEN、AFB₁

ZEN、AFB₁ 检测：称取 5 g 样品，加入 25 mL 样品提取液。用振荡器充分震荡 5 min，静置 5 min，移取 1.0~1.5 mL 提取液置干净的离心管中，4000 r/min 离心 2 min。取 200 μL 上清液加入 600 μL 稀释液，用涡旋仪涡旋 30 s，移取 100 μL 待测样品加入检测卡的加样孔中，计时 15 min 后用上发光免疫分析仪测定。

DON 检测：称取 5 g 样品，加入 50 mL 一级水。用振荡器充分震荡 5 min，静置 5 min，移取 1.0~1.5 mL 提取液至干净的离心管中，4000 r/min 离心 2 min。取 100 μL 上清液加入 700 μL 样品稀释液，操作方法同上述进行 DON 含量测定。

2.3.3 胶体金免疫层析法定性检测 DON、ZEN、AFB₁

准确称取 1.00 g 试样于 5 mL 离心管中，加入 4 mL 样

本提取剂, 用振荡器震荡 3 min, 室温下 4000 r/min 离心 5 min, 取上清液 1 mL 置于干净的离心管中, 按照所需检出限参照试剂盒中检出限表格用相应的复溶液与上清液按比例混合, 混匀后用试剂盒内配套滴管吸取待测样本溶液, 垂直滴加 3 滴(约 100 μ L)于检测卡加样孔中, 计时 5 min 后用胶体金读数仪测定。

2.3.4 确证检测

由于本次调查研究时间跨度较长, 霉菌毒素检测所用试剂盒的生产批次存在差异, 为保证检测数据的准确性, 每批新生产试剂盒均需通过质控样本验证, 验证结果与液

相结果的符合率达标后方可使用。另对日常检测结果在限量值附近的或疑似超标的样品均采用高效液相色谱法进行确证检测, 以保证样品检测结果的可靠性。

2.4 判定依据

安佑集团内部规定的 3 种霉菌毒素限量标准见表 2。样品毒素含量超过最高限量标准, 即判定为超标样品。样本超标率统计的是样本总超标率, 即只要一种霉菌毒素超标即判定为样本超标。DON、ZEN、AFB₁ 超标率为单个项目超标率, 即该项目的超标个数与检测个数的百分比。

表 2 不同饲料原料霉菌毒素最高限量标准(μ g/kg)
Table 2 Maximum limit of mycotoxins for different feed materials(μ g/kg)

样品名称	DON/(μ g/kg)	ZEN/(μ g/kg)	AFB ₁ /(μ g/kg)	样品名称	DON/(μ g/kg)	ZEN/(μ g/kg)	AFB ₁ /(μ g/kg)
玉米(一级)	500	100	10	麸皮	1500	100	10
玉米(二、三级)	1000	250	20	次粉	1000	100	10
DDGS(进口)	2000	250	30	米糠	1000	250	30
DDGS(国产)	3000	500	50	菜籽粕/饼	1000	100	20
玉米皮(含喷浆)	1000	500	30	棉粕	1000	100	30
玉米胚芽粕、蛋白粉	1000	250	30	花生饼/粕	1000	100	50
豆粕	1000	100	10	其他原料	1000	250	30

表 3 2019 年度饲料原料霉菌毒素污染概况
Table 3 Mycotoxin contamination of feed materials in 2019

指标	样本	DON	ZEN	AFB ₁
总样本数/个	20918	19183	19047	19299
超标样本数/个	668	598	54	86
超标率/%	3.2	3.1	0.3	0.4
最高值/(μ g/kg)	—	4420	886.9	> 50
最高值来源	—	福建产地麸皮	河南产地 DDGS	四川产地全脂米糠

3 结果与分析

3.1 饲料原料霉菌毒素污染概况

2019 年度饲料原料霉菌毒素污染整体情况较轻(见表 3)。轻度污染: 超标率 0%~2%; 中度污染: 超标率 2%~5%; 重度污染: 超标率 > 5%。饲料原料样本霉菌毒素污染超标率为 3.2%, 达中度污染, 其中 DON 超标率为 3.1%, 检测最大值为 4420 μ g/kg; ZEN 超标率为 0.3%, 检测最大值为 886.9 μ g/kg; AFB₁ 超标率为 0.4%, 检测最大值 > 50 μ g/kg。

不同饲料原料霉菌毒素超标情况见图 2。2019 年度麸

皮和次粉 DON 整体污染情况较重, 超标率分别为 12.9%和 20.2%, 达重度污染; 玉米霉菌毒素污染率为 2.3%, 达中度污染, 其中玉米 DON、ZEN 和 AFB₁ 污染率分别为 1.8%、0.4%和 0.7%; DDGS、玉米副产物、米糠、饼粕类原料及其他原料霉菌毒素的污染情况较轻, 均为轻度污染。由检测结果可以发现, 一种原料同时受到了多种霉菌毒素的污染, 但由于原料的特异性, 使得其易感霉菌毒素的种类存在差异。其中麸皮和次粉的 DON 超标率较高; 玉米及其副产物 DON、ZEN、AFB₁ 均存在超标情况, 但 DON 超标率最高; DDGS 3 种毒素超标率相当; 米糠 ZEN 和 AFB₁ 存在超标情况, 而 DON 未超标。

3.2 饲料原料霉菌毒素污染变化趋势

由表 4 可以发现 2019 年度饲料原料霉菌毒素污染整体情况由重转轻,上半年污染较重主要是由于麸皮及次粉霉菌毒素污染超标所致,下半年霉菌毒素污染程度整体较轻。玉米及其副产物、DDGS、米糠、饼粕类原料及其他原料霉菌毒素污染情况较稳定,多为中、轻度污染,但第四季度玉米霉菌毒素污染超标率呈增加趋势。

3.2.1 DON

由图 3 可以看出,2019 年度 1~6 月次粉、麸皮 DON 均达重度污染,而自 7 月开始污染程度明显降低,且下半年持续维持中、轻度污染水平;DDGS 的 DON 污染情况较稳定,但 9 月达重度污染。

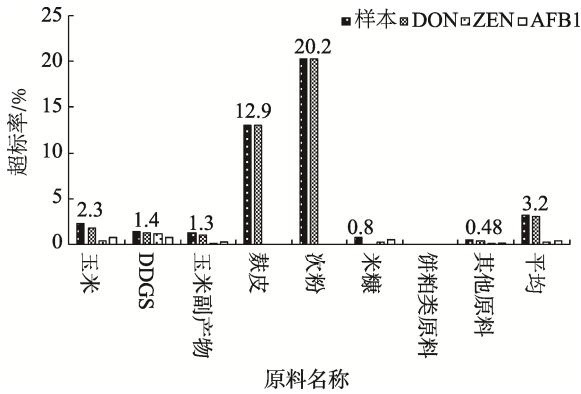


图 2 2019 年度各原料霉菌毒素污染超标率
Fig.2 Mycotoxin pollution exceeding standards in different raw materials in 2019

表 4 2019 年度各原料霉菌毒素污染变化趋势
Table 4 Variation trends of mycotoxin pollution in different raw materials in 2019

原料\月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	迷你图
玉米	1.6	4.0	2.8	3.6	3.4	1.6	1.5	1.4	6.1	1.2	3.0	4.1	
DDGS	0.0	0.0	3.5	0.9	1.2	0.0	0.0	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	
玉米副产物	0.0	4.8	0.0	0.0	2.1	2.6	0.0	4.1	1.2	1.7	0.0	0.0	
麸皮	31.1	19.6	28.2	23.3	18.3	10.1	2.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	
次粉	36.2	60.5	44.3	35.1	36.7	16.7	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	2.1	
米糠	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	1.8	1.8	0.8	0.0	
饼粕类原料	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
其他原料	0.8	0.0	0.0	0.6	0.5	1.5	1.2	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	
平均值	5.8	6.3	5.8	5.1	4.6	3.0	1.0	1.3	3.0	0.8	1.2	1.9	

注: 轻度污染: 超标率0%~2%; 中度污染: 超标率2%~5%; 重度污染: 超标率>5%

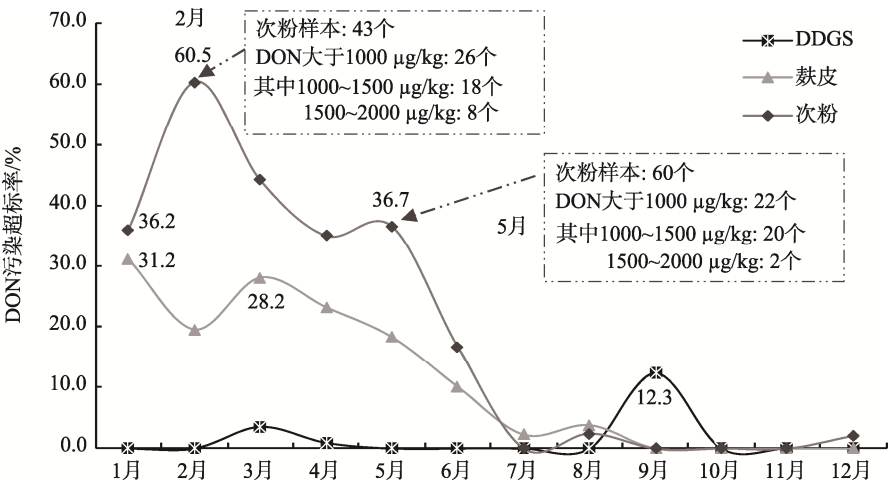


图 3 2019 年度各原料 DON 污染变化趋势
Fig.3 Variation trends of DON pollution in different raw materials in 2019

3.2.2 ZEN

由图 4 可以看出, 2019 年度 DDGS 的 ZEN 污染情况较稳定, 但 9 月达重度污染, 由进口 DDGS 毒素超标所致; 6 月玉米副产物污染中度, 超标率达 2.7%, 由玉米胚芽粕毒素超标所致。其他原料 ZEN 污染超标率相对较低。

3.2.3 AFB₁

由图 5 可以看出, 玉米和 DDGS 的 AFB₁ 的污染情况较稳定, 但 9 月均达重度污染, 超标率分别为 5.3%和 12.3%, 其中云南产地玉米 AFB₁ 超标严重; 进口 DDGS 中 AFB₁ 含量较高。2 月份玉米副产物及 6 月份米糠 AFB₁ 污染达中度, 其他月份污染较轻。

3.3 饲料原料霉菌毒素污染产地分析

2019 年度不同产地各种原料的毒素污染情况见表 5。对于玉米, 安徽产地 DON、AFB₁ 重度污染, 江苏、

山东、云南产地 AFB₁ 重度污染; 东北、山东产地 DON 中度污染, 河南产地 AFB₁ 中度污染, 江苏产地 ZEN 中度污染; 河北、山西、内蒙古、湖北、广东、重庆、四川、陕西产地及进口玉米霉菌毒素污染程度较轻。米糠方面, 河南产地 AFB₁ 重度污染, 四川产地 ZEN 重度污染; 湖北、四川产地 AFB₁ 污染中度; 其他产地霉菌毒素污染程度较轻。麸皮方面, 河北、山西、江苏、安徽、山东、河南、湖北、广东、重庆、四川、陕西产地及进口麸皮 DON 重度污染; 云南产地 DON 中度污染; 内蒙古、东北产地三种毒素污染程度较轻。次粉 DON 污染较重, 其中河北、山西、山东、河南、湖北、广东产地及进口次粉 DON 重度污染; 江苏产地 DON 中度污染, 内蒙古、东北、安徽、重庆、四川、云南、陕西产地次粉的霉菌毒素污染程度较轻。

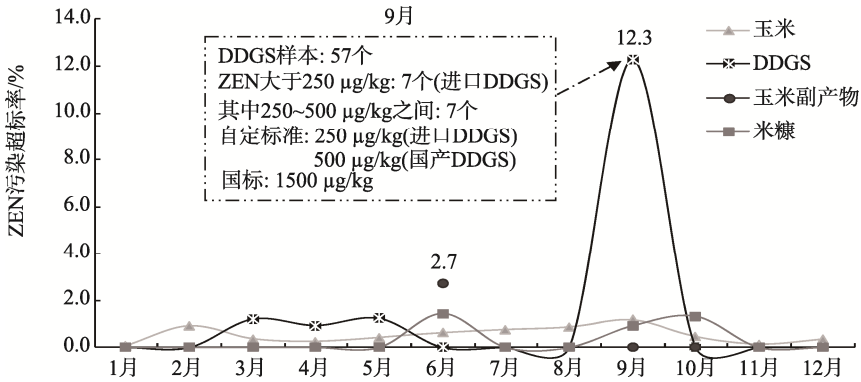


图 4 2019 年度各原料 ZEN 污染变化趋势
Fig.4 Variation trends of ZEN pollution in different raw materials in 2019

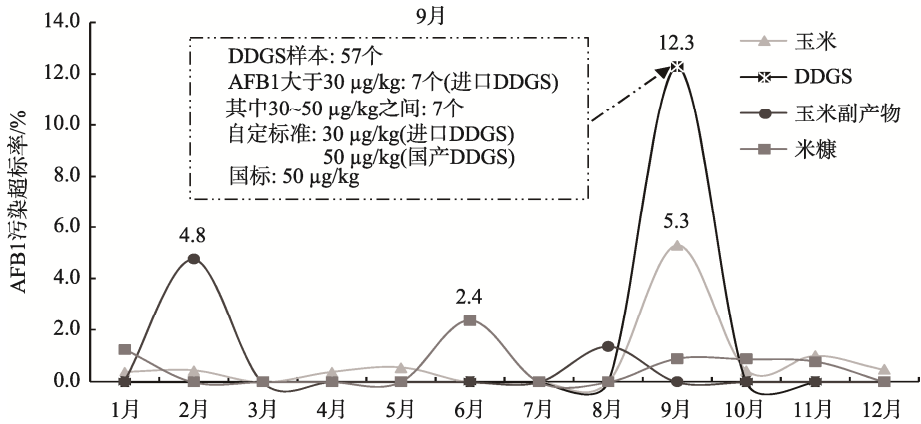


图 5 2019 年度各原料 AFB₁ 污染变化趋势
Fig.5 Variation trends of AFB₁ pollution in different raw materials in 2019

表 5 2019 年度霉菌毒素污染原料产地分析

Table 5 Analysis of the origin of different raw materials contaminated by mycotoxins in 2019

原料产地	麸皮	次粉	米糠	玉米
河北	DON	DON		AFB ₁
山西	DON	DON		AFB ₁
内蒙古				AFB ₁
东北				DON
江苏	DON	DON		ZEN
安徽	DON	DON		ZEN
山东	DON	DON		DON
河南	DON	DON	AFB ₁	ZEN
湖北	DON	DON	AFB ₁	
广东	DON	DON		
重庆	DON			
四川	DON		ZEN	AFB ₁
云南	DON		ZEN	
陕西	DON	DON		AFB ₁
进口	DON	DON		DON

DON 最高值: 4420μg/kg, 来自福建产地麸皮
ZEN 最高值: 886.9μg/kg, 来自河南产地 DDGS
AFB₁ 最高值: >50μg/kg, 来自四川产地全脂米糠

注: 轻度污染: 超标率 0%~2%; 中度污染: 超标率 2%~5%; 重度污染: 超标率 >5%。

4 讨 论

霉菌毒素污染是饲料生产企业和畜牧业生产中不可忽视的问题。目前饲料产品及饲料原料中已经发现的霉菌有 100 多种, 已有超过 300 种霉菌毒素被分离和鉴定出来^[19]。其中, 以 ZEN、AFB、DON 对畜禽危害最为严重。AFB₁ 对动物免疫系统具有很强的破坏作用; ZEN 具有类似雌激素的作用, 对动物的繁殖系统具有破坏作用; DON 被列为第三类致癌物^[20,21], 具有急性毒性、免疫毒性和胚胎毒性等, 会破坏动物的消化系统。本次调查研究发现一种原料样品可检测出多种霉菌毒素, 且不同毒素污染均存在超标情况, 如玉米、DDGS 及玉米副产物等(见图 2)。这也印证了随着全球气候的变暖, 将会产生越来越多的霉菌毒素, 谷物及饲料原料中会出现多种霉菌毒素共存的现象^[22,23]。配合饲料一般由多种原料组成, 各原料的毒素含量直接决定饲料中霉菌毒素的含量, 因此严格监控所用原料的毒素情况, 可有效降低饲料毒素含量超标的风险, 保证饲料产品质量安全。

相关资料表明麸皮 DON 检出率高达 100%^[24], 本研究也表明麸皮、次粉 DON 污染率较高, 上半年霉菌毒素均重度污染, 下半年逐步减轻。2019 年全国各地相关饲料原料多为中、轻度污染, 而 ZEN 超标的原料主要为 DDGS 和玉米副产物, 除 9 月份进口 DDGS 中 ZEN 含量较高外, 其余月份多为轻度污染。有资料表明玉米副产物中毒素检出率较高, 接近 100%, 主要是 ZEN 超标^[25], 与本次检测结果一致。2019 年 9 月玉米及 DDGS 中 AFB₁ 均重度污染, 超标率为 5.3%和 12.3%, 云南产地玉米超标较严重。

本研究中霉菌毒素的超标情况均以安佑集团企业标

准(见表 2)为依据作判定, 由于定位高品质饲料产品, 公司对霉菌毒素防控工作十分重视, 所以采用验收标准中多数饲料原料的霉菌毒素限量值严于 GB 13078-2017《饲料卫生标准》^[26]中相应霉菌毒素的限量值, 这会造成本调查研究中霉菌毒素超标率偏高。同时, 所收集样品前期可能已做过初步评估和筛选, 会造成超标率比实际水平偏低。这些因素导致本次收集的原料样品的毒素含量也许不能全面反映市场上饲料原料中毒素水平。另外, 部分原料的少量样本以取样地为产地可能会导致对该原料毒素的省份分布规律判定带来偏差。但本研究结果对于饲料原料的采购及使用仍然具有一定指导意义。

5 结 论

与安佑集团 2018 年饲料原料霉菌毒素污染调查数据(未公开发表)相比, 2019 年原料污染程度较轻。2019 年上半年麸皮、次粉的霉菌毒素达重度污染, 下半年度污染情况逐步减轻, 多为中度、轻度污染; 玉米、DDGS、玉米副产物、米糠、饼粕类原料及其他原料多为中度、轻度污染, 下半年玉米霉菌毒素污染有增加趋势。饲料原料中的霉菌毒素并非单一存在, 多数情况下多种毒素共存。从产地污染规律看, 2019 年全国各产地麸皮和次粉 DON 污染较重; 河南产地米糠 AFB₁ 及四川产地米糠 ZEN 达重度污染; 山东、江苏、云南、安徽产地玉米 AFB₁ 及安徽产地玉米 DON 达重度污染。

参考文献

[1] 冯艳忠, 沈伟, 王兆山, 等. 霉菌毒素的研究进展[J]. 饲料工业, 2014, 35(4): 58-62.
Feng YZ, Shen W, Wang ZS, et al. Research progress of mycotoxin [J]. Feed Ind, 2014, 35(4): 58-62.
[2] 龙定彪, 罗敏, 肖融, 等. 霉菌毒素及其毒性效应的研究进展[J]. 黑龙

- 江畜牧兽医, 2015, (6): 77-79.
- Long DB, Luo M, Xiao R, *et al.* Research progress on mycotoxins and their toxic effects [J]. Heilongjiang Anim Sci Veter Med, 2015, (6): 77-79.
- [3] 黄晓琳, 韩剑众. 霉菌毒素在肉鸡内残留及其控制研究[D]. 杭州: 浙江工商大学, 2012.
- Huang XL, Han JZ. Study on mycotoxins residue in liver and kidney of broilers and effect of mycotoxin adsorbent [D]. Hangzhou: Zhejiang Gongshang University, 2012.
- [4] 史海涛, 曹志军, 李键, 等. 中国饲料霉菌毒素污染现状及研究进展[J]. 西南民族大学学报, 2019, 45(4): 354-366.
- Shi HT, Cao ZJ, Li J, *et al.* Current situation and research progress of feed mycotoxin contamination in China [J]. J Southwest Univ Nat, 2019, 45(4): 354-366.
- [5] 陈亚军, 高海燕, 郝金鹏, 等. 常见霉菌毒素对母猪繁殖性能的影响及当前防控措施的进展[J]. 山东畜牧兽医, 2019, (8): 85-88.
- Chen YJ, Gao HY, Hao JP, *et al.* Effects of common mycotoxins on reproductive performance of sows and advances in current control measures [J]. Shandong Anim Husb Veter Med, 2019, (8): 85-88.
- [6] 徐伟风, 袁咏刚, 陈海军. 霉菌毒素对猪免疫应答的影响[J]. 江西畜牧兽医杂志, 2018, (6): 6-9.
- Xu WF, Yuan YG, Chen HJ. Effect of mycotoxins on pig immune response [J]. Jiangxi J Anim Husb Veter Med, 2018, (6): 6-9.
- [7] 高亚男, 王加启, 李松励, 等. 霉菌毒素影响肠道黏膜屏障功能[J]. 动物营养学报, 2016, 28(3): 674-679.
- Gao YN, Wang JQ, Li SL, *et al.* Mycotoxins affect intestinal mucosal barrier function [J]. Chin J Anim Nutr, 2016, 28(3): 674-679.
- [8] 王克. 呕吐毒素对猪的危害和防控措施[J]. 养殖与饲料, 2019, (7): 65-66.
- Wang K. Harm of vomitoxin to pigs and preventive measures [J]. Farming Feed, 2019, (7): 65-66.
- [9] 王录军, 王韦华, 党小利. 呕吐毒素和玉米赤霉烯酮的理化及毒理特性分析[J]. 中国饲料, 2019, (12): 22-25.
- Wang JL, Wang WH, Dang XL. Analysis of physicochemical and toxicological characteristics of vomitoxin and zearalenone [J]. Chin Feed, 2019, (12): 22-25.
- [10] 刘杉杉, 孙伟, 杨慧, 等. 饲料中黄曲霉毒素对家禽的危害及防治[J]. 农业与技术, 2019, 39(21): 139-140.
- Liu BB, Sun W, Yang H, *et al.* Harm and control of aflatoxin in feed to poultry [J]. Agric Technol, 2019, 39(21): 139-140.
- [11] 李孟孟, 翟双双, 王文策, 等. 饲料中霉菌毒素的危害及其降解方法研究进展[J]. 中国家禽, 2016, 38(5): 37-41.
- Li MM, Zhai SS, Wang WC, *et al.* Research advances on harmful impacts and degradation methods of mycotoxins in feed [J]. Chin Poult, 2016, 38(5): 37-41.
- [12] 贺鹏伟, 陈巍涛, 张雄飞, 等. 饲料中呕吐毒素对不同阶段商品猪及种猪的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(10): 172-176.
- He PW, Chen WT, Zhang XF, *et al.* Research progress on effects of vomitoxin in feed on commercial and breeding pigs at different stages [J]. Chin J Anim Husb, 2019, 55(10): 172-176.
- [13] 张威, 张文中, 郭平, 等. 呕吐毒素胶体金试纸条的评价研究[J]. 农产品质量与安全, 2019, (6): 33-39.
- Zhang W, Zhang WZ, Guo P, *et al.* Evaluation of colloidal gold test strips of vomitoxin [J]. Agric Product Qual Saf, 2019, (6): 33-39.
- [14] 马晓宇, 林英庭. 饲料中霉菌毒素的检测技术[J]. 粮食与饲料工业, 2018, (3): 57-61.
- Ma XY, Lin YT. Detection technology of mycotoxins in feed [J]. Cereal Feed Ind, 2018, (3): 57-61.
- [15] 蒙君丽, 张志云. 饲料中霉菌毒素检测新方法研究[J]. 中国动物保健, 2019, 19(1): 71-74.
- Meng JL, Zhang ZY. A new method for the detection mycotoxins in feed [J]. China Anim Health, 2019, 19(1): 71-74.
- [16] 朱风华, 陈甫, 徐进栋, 等. 2018年山东省饲料原料及配合饲料霉菌毒素污染状况调查[J]. 中国畜牧杂志, 2019, 55(8): 151-156.
- Zhu FH, Chen P, Xu JD, *et al.* Investigation on mycotoxin contamination of feed ingredients and compound feed in Shandong province in 2018 [J]. Chin J Anim Husband, 2019, 55(8): 151-156.
- [17] 刘晓, 邱景富. 应用上转发光免疫层析技术快速定量检测食品中曲霉毒素(M₁, B₁)的方法建立[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2015.
- Liu X, Qiu JF. Rapid detection of aflatoxin(M₁, B₁) in food based on up-converting phosphor technology [D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2015.
- [18] GB/T14699. 1-2005 饲料采样[S].
- GB/T14699. 1-2005 Feed sampling [S].
- [19] 张晓莉, 孙伟, 张红印, 等. 脱氧雪腐镰刀菌烯醇的毒性及生物脱毒研究进展[J]. 食品科学, 2016, 37(17): 245-251.
- Zhang XL, Sun W, Zhang HY, *et al.* Progress in toxicity and biological detoxification of deoxynivalenol [J]. Food Sci, 2016, 37(17): 245-251.
- [20] Iverson F, Armstrong C, Nera E. Chronic feeding study of deoxynivalenol in B₆C₃F₁ male and female mice [J]. Teratogenesis Carcinogenesis Mutagenesis, 1995, 15(6): 283-306.
- [21] Rotter BA, Prelusky DB, Pestka JJ. Toxicology of deoxynivalenol (vomitoxin) [J]. Toxicol Environ Health, 1996, 48(1): 1-34.
- [22] 陈琳. 霉菌毒素的实际作用并不按数学公式来表现[J]. 国外畜牧学-猪与禽, 2012, 32(2): 25-26.
- Chen L. The actual effects of mycotoxins do not follow a mathematical formula [J]. Anim Husb Abroad-Pigs Poult, 2012, 32(2): 25-26.
- [23] Ma R, Zhang L, Liu M, *et al.* Individual and combined occurrence of mycotoxins in feed ingredients and complete feeds in China [J]. Toxins, 2018, 10(113): 1-13.
- [24] 王国强, 刘耀东, 段胜和. 2019年上半年饲料及饲料原料霉菌毒素污染及调查报告[J]. 养猪, 2019, (6): 17-20.
- Wang GQ, Liu YD, Duan SH. Mycotoxin contamination of feed and feedstuff in the first half of 2019 and investigation report [J]. Pig Farming, 2019, (6): 17-20.
- [25] 龚阿琼, 吴晓峰, 陈法科, 等. 2017-2018年原料及饲料中霉菌毒素变化趋势[J]. 中国饲料, 2019, (7): 89-93.
- Gong AQ, Wu XF, Chen FK, *et al.* Trends of mycotoxins in feedstuffs and feeds from 2017 to 2018 [J]. China Feed, 2019, (7): 89-93.
- [26] GB 13078-2017 饲料卫生标准[S].
- GB 13078-2017 Feed hygiene standards [S].

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



王娟, 硕士, 主要研究方向为霉菌毒素防控。

E-mail: wangjuan01@anschina.cn



郭本成, 硕士, 高级畜牧师, 主要研究方向为饲料产品质量安全研究。

E-mail: bc_wu@anschina.cn