

# 2020年饲料原料霉菌毒素污染状况调查

王娟<sup>1</sup>, 王改琴<sup>1</sup>, 李钊<sup>1</sup>, 张玉柱<sup>1</sup>, 李俊<sup>2</sup>, 邬本成<sup>1\*</sup>

(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2020年饲料原料霉菌毒素污染状况, 以便更好地指导饲料生产企业对原料质量的把控、采购及配方设计。**方法** 采用胶体金免疫层析法或上转发光免疫分析法(up-conversion immunoassay, UPT)检测原料中的呕吐毒素、玉米赤霉烯酮和黄曲霉毒素B<sub>1</sub>的含量。2020年共检出饲料样品(含退货)28519份。**结果** 对比安佑集团企业标准, 2020年饲料原料霉菌毒素污染总超标率为0.92%, 全年霉菌毒素污染整体情况较轻, 其中上半年污染较重, 主要由玉米副产物和次粉霉菌毒素污染超标所致; 从产地来源看, 2020年山东、湖北产地的麸皮和次粉呕吐毒素中度污染, 四川、陕西产地的次粉重度污染; 四川产地的米糠黄曲霉毒素B<sub>1</sub> (aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB<sub>1</sub>)达中度污染, 山东产地的玉米呕吐毒素和江苏产地的玉米黄曲霉毒素B<sub>1</sub>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2019年饲料原料霉菌毒素污染调查数据相比, 2020年原料的霉菌毒素污染程度较轻。

**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 raw materials in 2020

WANG Juan<sup>1</sup>, WANG Gai-Qin<sup>1</sup>, LI Fan<sup>1</sup>, ZHANG Yu-Zhu<sup>1</sup>, LI Jun<sup>2</sup>, WU Ben-Cheng<sup>1\*</sup>

(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 of feed raw materials in 2020, in order to better guide feed manufacturers to control the quality of raw materials, procurement and formula design. **Methods** The content of deoxynivalenol, zearalenone and aflatoxins B<sub>1</sub> in the bulk feed raw materials were detected by colloidal gold immunochromatography or up-conversion immunoassay (UPT). In 2020, a total of 28519 feed materials samples were detected (including returned). **Results** According to the standard of maximum limit of mycotoxins for different feed raw materials by Anyou group, the total exceeding rate of mycotoxin contamination in feed raw materials in 2020 was 0.92%. The overall situation of mycotoxins contamination throughout the year was relatively light. The heavier contamination in the first half of the year was mainly due to the excessive contamination of corn by-products and wheat flour. From the perspective of origin, in 2020, the bran and wheat flour from Shandong and Hubei provinces were moderately polluted by deoxynivalenol, and wheat flour from Sichuan and Shanxi province were heavily polluted. The rice bran from Sichuan provinces was moderately polluted by aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>). Corn deoxynivalenol from Shandong province and of corn AFB<sub>1</sub> from Jiangsu province were heavily polluted. Moreover, the mycotoxin in the feed raw materials did not exist in a single state, multiple mycotoxins coexist in most cases. **Conclusion** Compared with the survey data of mycotoxin contamination in feed raw materials in 2019, the

\*通信作者: 邬本成, 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

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

contamination degree of raw materials in 2020 is lighter.

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

## 0 引言

霉菌毒素是霉菌产生的有毒次级代谢产物,具有高稳定性、协同性、相加性及污染地域性等特征<sup>[1-3]</sup>。任何谷物在生长、收获、储藏或加工过程中均易受到霉菌的污染,同时产生霉菌毒素,破坏作物的营养价值<sup>[4]</sup>。对畜禽危害较大的霉菌毒素主要有呕吐毒素(deoxynivalenol, DON)、玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEN)、黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>(aflatoxins B<sub>1</sub>, AFB<sub>1</sub>)、T-2 毒素(T-2 toxin)、伏马毒素(fumonisin, FUM)和赭曲霉毒素(ochratoxin A, OTA)等,可通过饲料进入动物机体,引起动物的急性或慢性中毒,导致疾病多发,损害机体健康等<sup>[5-9]</sup>。其中 DON 是由镰刀菌产生的次级代谢产物,对动物和人均具有毒性,且具有富集作用。在人体上主要表现为对机体线粒体的呼吸和免疫功能的抑制;而在猪上面,低剂量会使猪出现呕吐、腹泻、拒食或萎靡不振,导致生产性能下降;高剂量会导致猪消化道坏死,免疫机能下降,甚至引起急性死亡,严重影响猪的健康<sup>[1,10]</sup>。ZEN 主要由禾谷镰孢菌产生,是具有雌性激素活性的真菌毒素,会使猪发生雌激素综合症,破坏其生殖系统,造成生殖障碍。饲料中高含量的 ZEN 会导致母猪异常发情、排卵减少、受胎率下降,甚至造成母猪流产<sup>[3,11]</sup>。黄曲霉毒素是一类结构类似的化合物,并非单一物质,具有热稳定性,其裂解温度在 280 °C 以上,具有强致癌性,其衍生物有 20 多种,其中 AFB<sub>1</sub> 毒性最强,其急性毒性约为砒霜的 68 倍、氰化钾的 10 倍。黄曲霉毒素会蓄积在畜禽体内及其制品中,危害畜禽生产性能及人类健康<sup>[3,12-13]</sup>。

目前霉菌毒素的检测方法主要包括高效液相色谱-质谱联用法、高效液相色谱法、酶联免疫法、气相色谱法、胶体金免疫层析法<sup>[14-16]</sup>和上转发光免疫分析法<sup>[17-18]</sup>等。饲料生产企业多采用成本较低、检测快速、操作简便的胶体金免疫层析法和上转发光免疫分析法来评判饲用原料及饲料成品的毒素污染程度<sup>[19]</sup>。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 2020 年度从国内及国际 2 大市场采购及收集到的玉米、麸皮、米糠等共 28519 份大宗饲料原料中 DON、ZEN 和 AFB<sub>1</sub> 的含量进行检测,并统计、分析 3 种霉菌毒素在地域及时间上的污染情况及变化规律,为饲料原料的采购及使用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

UPT-3A-1800 上转发光免疫分析仪(北京热景生物技术股份有限公司); 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)。

DON、ZEN 和 AFB<sub>1</sub> 毒素多参数定量检测试剂盒(北京热景生物技术股份有限公司); DON、ZEN、AFB<sub>1</sub> 胶体金快速检测试剂盒(杭州南开日新生物技术有限公司); 70% 甲醇(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

### 1.2 样品信息

所用样品为 2020 年度安佑集团各分子公司提供(含供应商及客户送检)的 28519 份饲料原料样品(样品信息见表 1), 检测得到 76322 个数据(见图 1), 其中 DON 25672 个, ZEN 24980 个, AFB<sub>1</sub> 25670 个。涉及玉米、干酒糟及其可溶物(distillers dried grains with solubles, 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、AFB<sub>1</sub> 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 AFB<sub>1</sub>。

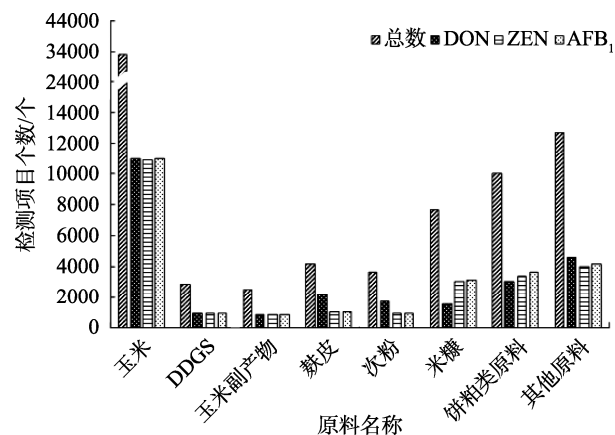


图 1 2020 年各饲料原料不同毒素检测项目数  
Fig.1 Number of different toxin items tested of raw materials in 2020

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

产地	玉米	DDGS	玉米副产物 <sup>1</sup>	麸皮	次粉	米糠	饼粕类原料 <sup>2</sup>	其他原料 <sup>3</sup>	总计
北京	10			10	2		1	72	95
天津	128		55	10	1	21	231	98	544
河北	372	11	100	245	279	112	101	307	1527
山西	1986		2	1	1			78	2068
内蒙古	889	31	12	2			12	28	974
东北	5663	334	133	26		352	126	91	6725
上海						2	23	34	59
江苏	35	1	32	197	108	273	813	603	2062
浙江		29		31	1	2	95	35	193
江西	2	1	2	3		590	37	126	761
安徽	128	33	1	73	221	266	44	235	1001
福建	9	1	66	1		204	285	184	750
山东	277	1	154	406	216	2	228	339	1623
河南	601	404	46	549	453	111	56	514	2734
湖北	85		8	31	83	150	81	393	831
湖南	108	9	0	7	27	197	33	209	590
广东	10	9	128	317	56	82	507	143	1252
广西	21		1	23	4	96	578	159	882
重庆	16	2		1		62	11	9	101
四川	6	91	6	34	53	117	39	187	533
贵州								2	2
云南	394		22	43		448	2	442	1351
陕西	76	5	35	87	175	3	28	287	696
甘肃	3		5					39	47
宁夏	89		27			33			149
新疆	51		17				91	28	187
进口	46			30			281	425	782
总计	11005	962	852	2127	1680	3123	3703	5067	28519

注: 1. 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; 2. 饼粕类原料含菜籽粕/饼、棉粕、花生饼/粕、豆粕; 3. 其他原料含小麦粉、大麦、食品副产物、油粉等。

### 1.3 样品处理与测定

#### 1.3.1 样品处理

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

#### 1.3.2 样品测定

参考王娟等<sup>[19]</sup>的检测方法进行测定。

#### 1.3.3 确证检测

由于本调查研究时间跨度长达 1 年之久, 霉菌毒素检测所使用的试剂盒的生产批次会存在差异, 为了保证检测数据的可靠性及准确性, 新批次试剂盒每批均需进行质控

样本验证, 验证结果与仪器法检测结果的符合率达标后方可使用。另对霉菌毒素检测结果在限量值附近的或疑似超过限量标准的样品均采用仪器法进行确证检测, 以保证样品检测结果的准确性。

### 1.4 判定依据

幼龄动物对各种霉菌毒素更敏感, 因此对原料的品质特别是霉菌毒素等卫生指标要求更高, 本单位主要做幼畜猪料, 所以本次研究均采用低于国家霉菌毒素限量标准并参考王娟等<sup>[19]</sup>的判定依据进行超标率判定, 3 种霉菌毒素限量标准见表 2。

## 2 结果与分析

### 2.1 饲料原料霉菌毒素污染概况

由表3可见,饲料原料样本霉菌毒素污染超标率为0.92%,达轻度污染,其中DON超标率为0.70%,检测最大值>4000 μg/kg;ZEN超标率为0.14%,检测最大值>1000 μg/kg;AFB<sub>1</sub>超标率为0.23%,检测最大值为52 μg/kg。2020年度饲料原料霉菌毒素污染整体情况较轻。

不同饲料原料霉菌毒素超标情况见图2,各毒素均为轻度污染;玉米霉菌毒素污染率为1.5%,其中玉米DON、

ZEN和AFB<sub>1</sub>污染率分别为1.0%、0.2%和0.4%;DDGS、玉米副产物、麸皮、次粉、米糠及其他原料霉菌毒素的污染情况较轻;饼粕类原料2020年度未出现超标情况。由检测结果可以发现,除饼粕类原料外,其他同一种原料会有一种及以上霉菌毒素污染出现超标情况,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,其中玉米及其副产物DON、ZEN、AFB<sub>1</sub>均存在超标情况,但DON超标率最高;DDGS中ZEN超标率略高;麸皮和次粉的DON超标率较高;米糠中ZEN和AFB<sub>1</sub>存在超标情况,而DON未超标。

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

样品名称	DON/(μg/kg)	ZEN/(μg/kg)	AFB <sub>1</sub> /(μg/kg)	样品名称	DON/(μg/kg)	ZEN/(μg/kg)	AFB <sub>1</sub> /(μg/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 2020年度饲料原料霉菌毒素污染概况  
Table 3 Mycotoxin contamination of feed materials in 2020

指标	样本	DON	ZEN	AFB <sub>1</sub>
总样本数/个	28519	25672	24980	25670
超标样本数/个	263	179	36	59
超标率/%	0.92	0.70	0.14	0.23
最高值/(μg/kg)	—	>4000	>1000	52
最高值来源	—	东北产地 DDGS	安徽产地玉米蛋白粉	东北产地 DDGS

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%。

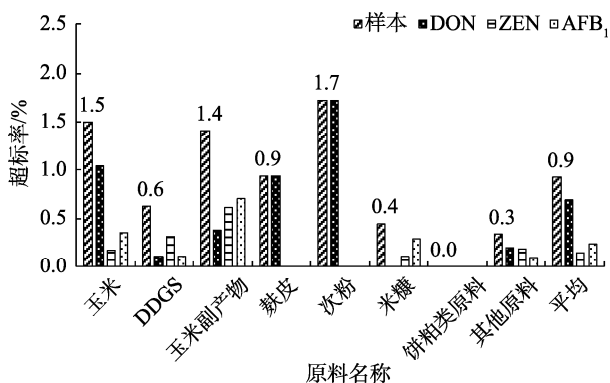


图2 2020年度各原料霉菌毒素污染超标率

Fig.2 Mycotoxin contamination exceeding rate in different raw materials in 2020

### 2.2 饲料原料霉菌毒素污染变化趋势

由表4可以发现2020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玉米副产物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。DDGS、米糠、饼粕类原料及其他原料霉菌毒素污染情况较稳定,多为轻度污染,但与第3季度相比,第4季度玉米、玉米副产物、麸皮和次粉霉菌毒素污染超标率呈上升趋势。

#### 2.2.1 原料中DON污染情况

由图3可以看出,2020年度2月次粉、麸皮DON污染相对较重,其中次粉达重度污染,而自3月开始次粉、麸皮DON污染程度明显降低,但下半年度呈增加趋势,达中、轻度污染水平;玉米的DON污染情况较稳定,但自9月开始污染程度逐渐增加,主要由于新收获玉米DON超标所致。

表 4 2020 年度各原料霉菌毒素污染情况(%)  
Table 4 Mycotoxin contamination in different raw materials in 2020 (%)

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
玉米	3.4	0.6	0.5	2.1	0.3	0.4	0.3	0.0	1.5	2.3	2.7	2.4
DDGS	2.2	1.8	0.0	3.4	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玉米副产物	2.2	0.0	2.1	2.9	0.0	2.0	1.8	1.3	0.0	2.6	0.0	2.1
麸皮	0.7	3.3	1.8	0.6	0.8	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	3.8
次粉	2.1	9.2	3.2	3.6	0.0	0.0	0.7	0.0	0.6	1.1	1.0	2.0
米糠	0.0	0.5	0.0	1.4	0.0	0.9	0.4	0.4	0.0	0.3	0.3	0.9
饼粕类原料	0.0	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	1.9	3.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.9
平均值	1.8	1.5	0.6	1.4	0.3	0.3	0.4	0.1	0.6	1.0	1.2	1.7

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%。

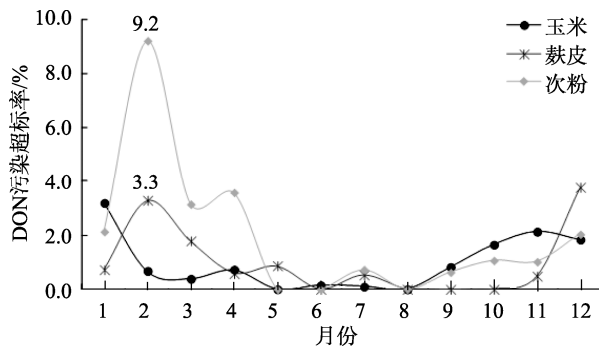


图 3 2020 年度各原料 DON 污染变化趋势

Fig.3 Variation trends of DON contamination in different raw materials in 2020

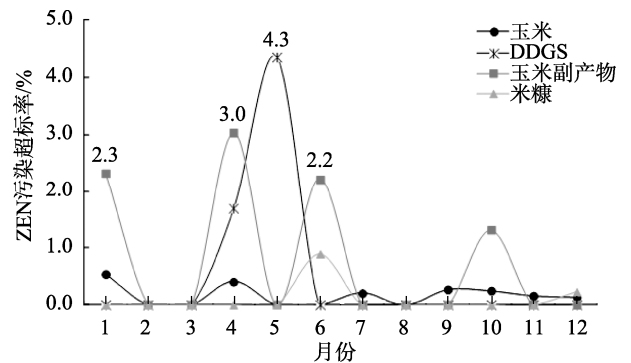


图 4 2020 年度各原料 ZEN 污染变化趋势

Fig.4 Variation trends of ZEN contamination in different raw materials in 2020

### 2.2.2 原料中 ZEN 污染情况

由图 4 可以看出, 2020 年度 DDGS 的 ZEN 污染情况较稳定, 但 5 月达中度污染, 由进口 DDGS 毒素超标所致; 玉米副产物在 1、4、6 月均达中度污染, 超标率分别为 2.3%、3.0%和 2.2%, 主要由玉米蛋白粉、玉米皮 ZEN 超标所致, 其他原料 ZEN 污染超标率相对较低。

### 2.2.3 原料中 AFB<sub>1</sub> 污染情况

由图 5 可以看出, 玉米副产物 6、12 月 AFB<sub>1</sub> 超标率分别为 2.0%和 2.1%, 达中度污染, 主要由玉米蛋白粉超标所致; 玉米、DDGS 和米糠的 AFB<sub>1</sub> 的污染情况较稳定, 均为轻度污染。

## 2.3 饲料原料霉菌毒素污染产地分析

2020 年度不同产地各种原料的毒素污染情况见表 5。

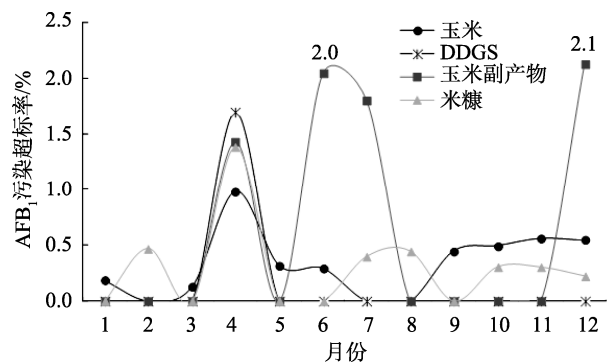


图 5 2020 年度各原料 AFB<sub>1</sub> 污染变化趋势

Fig.5 Variation trends of AFB<sub>1</sub> contamination in different raw materials in 2020

表 5 2020 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 2020

原料产地	麸皮	小麦次粉	米糠	玉米
河北	DON	DON		
山西				DON
内蒙古				DON
东北				DON, ZEN, AFB <sub>1</sub>
江苏	DON	DON	DON	AFB <sub>1</sub>
安徽	DON	DON	DON, ZEN	ZEN, AFB <sub>1</sub>
山东	DON	DON		DON, ZEN, AFB <sub>1</sub>
河南	DON	DON		AFB <sub>1</sub> , AFB <sub>1</sub>
湖北	DON	DON		AFB <sub>1</sub>
湖南			ZEN	
广西				DON
重庆				AFB <sub>1</sub>
四川		DON	ZEN, AFB <sub>1</sub>	
云南				AFB <sub>1</sub>
陕西	DON	DON		
宁夏				DON
新疆				DON

DON 最高值: > 4000 μg/kg, 来自东北产地玉米 DDGS;

ZEN 最高值: > 1000 μg/kg, 来自安徽产地玉米蛋白粉;

AFB<sub>1</sub> 最高值: 52 μg/kg, 来自东北产地 DDGS。

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%。

### 3 讨论

据联合国粮农组织报告, 世界上约有 25% 以上的谷物不同程度的受到霉菌毒素的污染, 农作物每年因霉菌毒素污染在全球范围内造成的损失高达数 10 亿美元<sup>[20]</sup>。本次调查研究发现同一原料可检测出 2 种及以上的霉菌毒素, 且不同霉菌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, 霉菌毒素污染情况会逐步加重, 大宗原料中会出现多种霉菌毒素共存的情况<sup>[21-23]</sup>。一般配合饲料均由多种原料组成, 饲料中霉菌毒素的含量直接由原料的毒素含量决定, 因此为降低饲料中霉菌毒素含量超标的风险, 需严格监控所用原料的霉菌毒素污染情况, 以保证饲料质量安全<sup>[19]</sup>。

有资料表明小麦及麸皮 DON 检出率连续多年高达 90% 以上, 2020 年甚至高达 100%<sup>[24-25]</sup>, 本研究也证实麸

皮、次粉 DON 污染率较高, 上半年霉菌毒素污染相对较重, 下半年逐步减轻。2020 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 5 月份进口 DDGS 中 ZEN 含量较高外, 其余月份多为轻度污染。也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<sup>[26]</sup>, 与本研究成果一致。2020 年 6 月、12 月玉米副产物 AFB<sub>1</sub> 均为中度污染, 超标率分别为 2.0% 和 2.1%, 主要由于玉米蛋白粉超标率较高所致。

本研究中饲料原料霉菌毒素超标与否的判定依据为安佑集团企业标准, 由于该标准中霉菌毒素的限量值严于 GB 13078—2017《饲料卫生标准》中相应原料霉菌毒素的限量值, 因此会导致本调查结果中霉菌毒素超标率偏高。同时, 样品来源具有一定的局限性且前期经过初评和筛选, 这些因素可能导致本检测结果比市场上饲料原料的毒素污染水平偏低。另外, 少量产地不详的样本以取样地为产地,

可能会对各省份相应原料霉菌毒素污染情况的判定造成些许偏差, 但本调查结果对于饲料行业采购和使用大宗饲料原料仍然具有一定参考意义<sup>[19]</sup>。

## 4 结 论

本单位 2019 年调查的饲料原料霉菌毒素污染总超标率为 3.2%, 2020 年总超标率为 0.92%, 与 2019 年调查数据相比, 2020 年原料污染程度较轻。其中 2020 年 2 月次粉的霉菌毒素达重度污染, 其他月份多为中度、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, 下半年玉米及玉米副产物霉菌毒素污染有上升趋势。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, 2020 年四川、陕西产地次粉 DON 污染较重; 江苏产地玉米 AFB<sub>1</sub> 及山东产地玉米 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 Vet 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]. 浙江: 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]. Zhejiang: 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(自然科学版), 2020, 45(4): 354–366.  
SHI HT, CAO ZJ, LI J, *et al.* Mycotoxin contamination of feed in China: Current status and research advances [J]. J Southwest Minzu Univ (Nat Sci Ed), 2020, 45(4): 354–366.
- [5] 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.
- [6] MARIANA O, VITOR V. Occurrence of mycotoxins in fish feed and its effects: A review [J]. Toxins, 2020, 12(160): 1–25.
- [7] 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, 2020, (12): 22–25.  
WANG LJ, WANG WH, DANG XL. Analysis of physicochemical and toxicological characteristics of vomitoxin and zearalenone [J]. China Feed, 2020, (12): 22–25.
- [8] 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 Poul, 2016, 38(5): 37–41.
- [9] 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, 2020, 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, 2020, 55(10): 172–176.
- [10] 王克. 呕吐毒素对猪的危害和防控措施[J]. 养殖与饲料, 2020, (7): 65–66.  
WANG K. Harm of vomitoxin to pigs and preventive measures [J]. Anim Breed Feed, 2020, (7): 65–66.
- [11] 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, 2020, (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 Vet Med, 2020, (8): 85–88.
- [12] 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 Vet Med, 2018, (6): 6–9.
- [13] 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, 2020, 39(21): 139–140.  
LIU BB, SUN W, YANG H, *et al.* Harm and control of aflatoxin in feed to poultry [J]. Agric Technol, 2020, 39(21): 139–140.
- [14] 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, 2020, (6): 33–39.  
ZHANG W, ZHANG WZ, GUO P, *et al.* Evaluation of colloidal gold test strips of vomitoxin [J]. Qual Saf Agro-prod, 2020, (6): 33–39.
- [15] 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.
- [16] 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, 2020, 19(1): 71–74.  
MENG JL, ZHANG ZY. A new method for the detection mycotoxins in feed [J]. China Anim Health, 2020, 19(1): 71–74.
- [17] 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, 2020, 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 Husb, 2020, 55(8): 151–156.
- [18] 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(M<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>)的方法建立[D]. 重庆: 重庆医科大学, 2015.  
LIU X, QIU JF. Rapid detection of aflatoxin (M<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>) in food based on up-converting phosphor technology [D]. Chongqing: Chongqing Medical University, 2015.
- [19] 王娟, 王改琴, 李钊, 等. 2019 年饲料原料霉菌毒素污染状况调查[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(9): 2848–2855.  
WANG J, WANG GQ, LI F, *et al.* Investigation on mycotoxin contamination in feed materials in 2019 [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(9): 2848–2855.
- [20] 万遂如. 霉菌毒素对猪生产的危害与防控技术[J]. 养猪, 2021, 1(7): 20–24.  
WAN SR. Mycotoxins on pig production hazards and control technology

- [J]. *Swine Prod*, 2021, 1(7): 20–24.
- [21] 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 Sci Abroad (Pigs Poultry)*, 2012, 32(2): 25–26.
- [22] 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.
- [23] CHRISTIANE GD, TIMOTHY J, GERD S. Global mycotoxin occurrence in feed: A ten-year survey [J]. *Toxins*, 2019, 11(375): 1–25.
- [24] 王国强, 刘耀东, 段胜和. 2020 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, 2020, (6): 17–20.  
WANG GQ, LIU YD, DUAN SH. Mycotoxin contamination of feed and feedstuff in the first half of 2020 and investigation report [J]. *Swine Prod*, 2020, (6): 17–20.
- [25] 丁燕玲, 李猛聪, 钟名琴, 等. 2015—2020 年国内饲料霉菌毒素污染调查报告统计分析[J]. 中国动物检疫, 2021, 38(3): 29–36.  
DING YL, LI MC, ZHONG MQ, *et al.* Statistical analysis on the investigation reports concerning mycotoxin contamination in animal feed in China during 2015 to 2020 [J]. *China Anim Health Inspect*, 2021, 38(3): 29–36.
- [26] 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, 2020, (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*, 2020, (7): 89–93.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

## 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



邬本成, 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