

不同品牌霉菌毒素检测试剂盒的质量评价

吕秋威^{1#}, 郁恒^{1#}, 刘旭龙¹, 刘筱倩¹, 周博洋¹, 李微¹, 商方方², 李俊^{2*}

(1. 沈阳波音饲料有限公司, 沈阳 110141; 2. 中国农业科学院饲料研究所, 北京 100081)

摘要: 目的 评价当前国内外应用较广的9个不同品牌黄曲霉毒素B₁、玉米赤霉烯酮、呕吐毒素检测试剂盒的准确性。**方法** 选取3种不同浓度的质控样品、4种饲料原料样品(玉米干全酒精糟、玉米胚芽粕、麦麸、豆粕)、2种饲料产品样品(蛋鸡配合饲料、牛浓缩饲料)。采用3种不同浓度的质控样(用萃取液点板6个孔)的检测结果变异系数(variable coefficient, CV)作为精密度评价指标。采用质控样的6个单独检测结果变异系数作为系统的精密度评价指标, 采用实际样品的检测结果评价试剂盒的适用性。**结果** 呕吐毒素试剂盒 CV值平均值2号品牌2.7%, 3号品牌3.4%。玉米赤霉烯酮试剂盒 CV值平均值3号品牌4.6%, 2号品牌5.5%, 4号品牌5.4%。黄曲霉毒素B₁试剂盒 CV值平均值5号品牌3.3%, 8号品牌3.7%, 2号品牌4.1%。**结论** 依据试剂盒精密度、准确度、灵敏度和适应性综合评估2号品牌呕吐毒素试剂盒综合结果优秀, 9号品牌玉米赤霉烯酮试剂盒综合结果较好, 5号品牌黄曲霉毒素B₁综合结果较好。同时, 就检测上述3种常见毒素而言, 没有发现一个品牌的试剂盒可以同时多个毒素检测上表现优秀。

关键词: 霉菌毒素试剂盒; 酶联免疫法; 精密度; 变异系数; 质量评价

Quality assessment of different brands of mycotoxin testing kits

LV Qiu-Wei^{1#}, YU Heng^{1#}, LIU Xu-Long¹, LIU Xiao-Qian¹, ZHOU Bo-Yang¹, LI Wei¹, SHANG Fang-Fang², LI Jun^{2*}

(1. Shenyang Boin feed Co., Ltd., Shenyang 110141, China;

2. Feed Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the accuracy of aflatoxin B₁, zearalenone and deoxynivalenol testing kits of 9 different brands widely used at home and abroad. **Methods** Three kinds of quality control samples with different concentrations, 4 feed raw material samples (corn dry whole grain, corn germ meal, wheat bran and soybean meal) and 2 feed product samples (laying hen compound feed and concentrated material of cattle) were selected. The variation coefficients of testing results of 3 kinds of control samples with different concentrations (6 holes in the extraction liquid point plate) were used as the precision evaluation indexes. The variation coefficients (CV) of 6 individual testing results of quality control samples were used as the precision evaluation indexes of the system, and the testing results of raw material samples and product samples were used to evaluate the practicability of the kits. **Results** The average CV values of the deoxynivalenol kit were 2.7% for No.2 brand and 3.4% for No.3 brand. Mean CV values of zearalenone kit

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1603400)

Fund: Supported by National Key R&D Program of China (2018YFC1603400)

[#]吕秋威、郁恒为共同第一作者。

[#]LV Qiu-Wei and YU Heng are co-first authors.

*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, Professor, Feed Research Institute Chinese Academy of Agricultural Sciences, 12 Zhongguancun South Street, Haidian District, Beijing 100081, China. E-mail: lijun08@caas.cn

were 4.6% in No.3 brand, 5.5% in No.2 brand and 5.4% in No.4 brand. Average CV values of aflatoxin B₁ kit: 3.3% from No.5 brand, 3.7% from No.8 brand and 4.1% from No.2 brand. **Conclusion** According to the comprehensive evaluation of the precision, accuracy, sensitivity and adaptability of the test kit, the comprehensive results of the test kit of No.2 brand deoxynivalenol kit, the comprehensive results of No.9 brand zearalenone kit are good, and the comprehensive results of No.5 brand aflatoxin B₁ are good. At the same time, as far as the detection of the above three common toxins is concerned, no kit of one brand has been found to perform well in the detection of multiple toxins.

KEY WORDS: mycotoxin kit; enzyme-linked immunosorbent assay; precision; coefficient of variation; quality assessment

1 引言

霉菌毒素是由真菌产生的有毒次级代谢产物,可通过饲料进入动物体内,从而引起动物急性或慢性中毒,并可能通过食物链危害人类健康。近几年,霉菌毒素对饲料和粮食的污染问题已成为不可忽视的问题^[1]。2016年全国部分地区饲料及饲料原料霉菌毒素污染情况,黄曲霉毒素 B₁ 检出率 83.11%,玉米赤霉烯酮检出率 93.92%,呕吐毒素检出率达到 98.31%。可见污染面广,污染程度高^[2]。饲料生产企业和养殖场户需要快速检测霉菌毒素的含量,用于饲料原料或饲料产品的质量安全控制。目前关于霉菌毒素的检测方法主要有:胶体法、酶联免疫法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)、薄层色谱法(thin-layer chromatography, TLC)、气相色谱法(gas chromatography, GC)、高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)和液相色谱—串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)等^[3-6]。虽然 TLC、GC、HPLC 和 LC-MS/MS 等仪器检测方法灵敏度高、回收率高、重复性好,但价格昂贵、操作技术要求高,不适用于快速的解决现场问题。所以 ELISA 试剂盒和胶体金法为广大饲料企业和养殖企业普遍应用。

国内外市场上霉菌毒素测定的 ELISA 试剂盒产品品牌繁多,但质量良莠不齐。不同品牌试剂盒在测定灵敏度、重现性、假阳性和假阴性的控制等方面变异较大,困扰了饲料生产企业和养殖场户对试剂盒产品的选购和使用,且影响检测结果的公信力。随着人们对霉菌毒素快速检测技术的要求越来越高,试剂盒的使用越来越广泛,有必要对现有试剂盒产品的质量进行科学评价,为企业选用相关产品提供参考^[4]。因此,本研究对市场上应用较广泛的国内外 9 个品牌试剂盒进行了质量评价,以期保证检测结果的准确性,避免误判错判^[7,8]。进而提高饲料生产企业和养殖场户检测的准确性,减少因误判错判带来的经济损失和食品安全问题。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

MK3 型酶标仪、ST16R 型低温高速离心机(美国

Thermo Fisher Scientific 公司); MX-RL-Pro 型数控旋转混匀仪(上海大龙医疗器械有限公司); ML-204 型电子分析天平(梅特勒托利多仪器(上海)有限公司)。

玉米全粉黄曲霉 B₁ 成分标准物质[规格(27±3) μg/kg, 国家粮食局科学研究院]; 呕吐毒素玉米基质标准物质[规格(569±60) μg/kg]、呕吐毒素小麦基质标准物质[规格(1431±256) μg/kg]、呕吐毒素玉米基质标准物质[规格(2734±171) μg/kg]、玉米赤霉烯酮玉米基质标准物质[规格(67±16) μg/kg]、玉米赤霉烯酮玉米基质标准物质[规格(181±18) μg/kg]、玉米赤霉烯酮玉米基质标准物质[规格(366±33) μg/kg][Romer 国际贸易(北京)有限公司]。

甲醇(色谱纯,美国 Sigma 公司); 实验室用水为纯净水(娃哈哈集团); 氯化钠(分析纯,国药集团上海有限公司)。

2.2 材料

2.2.1 实验样品

麦麸、豆粕、玉米胚芽粕、玉米干全酒精糟、玉米、蛋鸡配合饲料、牛浓缩饲料均来自于饲料生产企业。

2.2.2 试剂盒

选用目前国内市场上常见的 9 种试剂盒品牌,包括奥地利 Romer 公司、美国 Beacon 公司、美国 Evergreen 公司、北京华安麦科公司、河北依莱莎公司、武汉华美公司、青岛普瑞邦公司、北京勤邦公司、北京智云达公司。随机编号为 1、2、3、4、5、6、7、8、9 号,报告中编号与品牌顺序无关联。每个品牌试剂盒都分为试剂盒厂家直接提供和沈阳波音饲料有限公司外购 2 个批号作为受试品。要求试剂盒包装完整,且均在有效期内。

2.2.3 实验方法

实验参考 SN/T 4800-2017《进出口动物检疫 ELISA 检测试剂盒质量评价技术规程》^[9]和 SN/T 2775-2011《商品化食品检测试剂盒评价方法》^[10]进行设计。因考虑企业实际应用,本次实验仅对试剂盒的精密度、准确度、灵敏度、适应性进行评价^[11]。为避免人员操作影响实验效果,本次评价由各试剂盒厂家技术人员按照试剂盒操作规程严格操作。

(1) 试剂盒精密度评价

测定 3 种不同浓度的质控样品、4 种原料样品(玉米干全酒精糟、玉米胚芽粕、麦麸、豆粕)、2 种饲料样品(蛋鸡配合饲料、牛浓缩饲料)。采用 3 种不同浓度的质控样检测结果(variable coefficient, CV)作为试剂盒精密度评价指标。采用蛋鸡配合饲料和玉米干全酒精糟样品的 6 个单独检测的结果变异系数作为系统的精密度评价指标。检测精密度: 同一实验员同一萃取液点 6 个平行考察变异系数。系统精密度: 同一实验员称量同一样品 6 次分别检测考察变异系数。

$$\text{变异系数 } CV(\%) = \frac{SD}{X} \times 100\%$$

其中:

SD—标准偏差;

X—测定数据的平均值。

(2) 试剂盒准确度评价

使用有证书的自然污染阳性质控样品, 呕吐毒素、玉米赤霉烯酮均为低中高 3 种浓度的作为盲样进行检测, 黄曲霉毒素 B₁ 1 种浓度作为盲样进行检测。评价样品的实测值与质控样证书值的一致程度。以回收率作为准确度评价指标。

$$\text{回收率 } CV(\%) = \frac{\bar{X}}{C} \times 100\%$$

其中:

\bar{X} —样品测定的平均值;

C—质控样品标准浓度。

(3) 试剂盒灵敏度评价

试剂盒灵敏度用半数抑制浓度(IC₅₀)来评价, 根据标准曲线起始点对应样品浓度及样品计算浓度 IC₅₀ 值的大小来确定试剂盒灵敏度。

(4) 试剂盒适应性评价

选取代表性原料玉米干全酒精糟、玉米胚芽粕、麦麸、

豆粕及蛋鸡配合饲料、牛浓缩饲料进行检测, 依照试剂盒操作规程进行检测。通过检测值与检测平均值之间的偏差评价试剂盒检测对实际样品的适应性。

3 结果与分析

3.1 试剂盒精密度

试剂盒的精密度用检测精密度和系统精密度来衡量。验证结果的变异系数应不大于 20%^[11]。由表 1 可知, 试剂盒的质控样品检测精密度变异系数, 呕吐毒素 3 种浓度平均值, 2 号品牌变异系数平均值最低, 7 号品牌最高, 6 号品牌质控样浓度(2734±171) μg/kg 的变异系数最高, 结果说明 2 号品牌检测呕吐毒素最好, 1、3、5、8 号品牌稳定, 4、6、7 号品牌表现一般。玉米赤霉烯酮 3 种浓度平均值, 3 号品牌变异系数平均值最低, 结果说明 3 号品牌检测玉米赤霉烯酮最好, 1、2、4、7 号品牌稳定, 6、8、9 号品牌表现一般, 5 号表现较差。黄曲霉毒素 B₁ 1 种浓度质控样中 5 号品牌变异系数最低, 结果说明 5 号品牌检测黄曲霉毒素 B₁ 最好, 1、2、3、4、6、8 号品牌稳定。由表 2 可知, 试剂盒样品检测变异系数呕吐毒素 1、2 号品牌最低, 5 号品牌最高; 玉米赤霉烯酮 2、3、9 号品牌较好; 黄曲霉毒素 B₁ 是 8 号品牌较好。

3.2 试剂盒准确度

试剂盒准确度用质控样品的回收率来评价, 其回收率应在 60%~120%^[11]。由表 3 可知, 质控样品检测回收率平均值在 60%~120%之间的, 呕吐毒素 1、2、3、5、6、7 号品牌, 玉米赤霉烯酮 1、3、4、5、7、8、9 号品牌, 黄曲霉 B₁ 是 1、2、4、5 号品牌。由表 3 综合判定结果为呕吐毒素回收率最好的是 7 号品牌, 1、2、3 号品牌均可接受; 玉米赤霉烯酮回收率最好的是 7 号品牌, 1、3、4、9 号品牌均可接受; 黄曲霉毒素 B₁ 回收率最好的是 2 号品牌, 1、4、5 号品牌均可接受。

表 1 9 种试剂盒质控样检测变异系数
Table 1 Coefficient of variation 9 kinds of kits for the detection of quality control samples

毒素种类	质控样浓度/(μg/kg)	变异系数/%								
		1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号
呕吐毒素(deoxynivalenol, DON)	569±60	2.0	3.9	3.8	9.3	4.3	6.2	9.1	6.5	—
	1431±256	4.7	1.8	4.5	9.8	6.9	1.8	6.22	4.8	—
	2734±171	4.9	2.5	1.8	4.2	8.4	12.6	9.2	5.5	—
	平均值	3.9	2.7	3.4	7.8	6.5	6.9	8.2	5.6	—
玉米赤霉烯酮(zearalenone, ZEN)	67±16	8.2	4.9	7.1	6.7	12.2	10.7	6.4	8.1	7.5
	181±18	8.8	6.3	4.1	6.3	14.8	7.1	8.1	11.5	10.3
	366±33	6.3	5.2	2.5	3.2	17.5	9.2	8.7	7.8	9.2
	平均值	7.8	5.5	4.6	5.4	14.9	9.0	7.7	9.1	9.0
黄曲霉毒素 B ₁ (aflatoxin B ₁ , AFB ₁)	27±3	4.2	4.1	6.7	6.0	3.3	6.8	—	3.7	—

表 2 9 种试剂盒样品检测变异系数
Table 2 Coefficient of variation of 9 kinds of kits for the detection of samples

毒素种类	样品名称	变异系数/%								
		1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号
DON	蛋鸡配合饲料	2.8	4.3	6.2	4.7	6.6	5.7	7.8	8.0	—
	玉米干全酒精糟	3.3	1.8	3.3	4.9	10.6	7.6	3.1	—	—
	平均值	3.1	3.1	4.8	4.8	8.6	6.7	5.4	8.0	—
ZEN	蛋鸡配合饲料	11.4	3.0	10.8	6.1	15.8	11.0	9.3	7.7	7.9
	玉米干全酒精糟	6.3	13.3	5.9	12.4	12.6	8.0	8.7	13.2	8.8
	平均值	8.8	8.1	8.3	9.2	14.2	9.5	9.0	10.4	8.3
AFB ₁	蛋鸡配合饲料	10.9	13.4	—	8.9	—	—	—	5.9	—
	玉米干全酒精糟	12.3	11.0	—	10.8	—	—	—	9.5	—
	平均值	11.6	12.2	—	9.8	—	—	—	7.7	—

表 3 9 种试剂盒的回收率
Table 3 Recovery rates of 9 kinds of kits

毒素种类	质控样浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	回收率/%								
		1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号
DON	569 \pm 60	95	114	119	207	147	192	110	225	—
	1431 \pm 256	103	105	107	101	72	83	96	135	—
	2734 \pm 171	91	90	75	127	134	81	99	145	—
	平均值	96	103	100	145	117	118	101	168	—
ZEN	67 \pm 16	69	136	85	95	112	217	108	92	106
	181 \pm 18	70	117	84	102	87	202	100	130	91
	366 \pm 33	91	116	71	93	141	188	94	122	97
平均值	76	123	80	97	113	202	100	115	98	
AFB ₁	27 \pm 3	92	106	146	84	78	221	—	123	—

3.3 试剂盒灵敏度

试剂盒的灵敏度用样品计算浓度 IC_{50} 值来评价, IC_{50} 值越小则试剂盒的灵敏度越高^[3,12,13]。以标准曲线起始点对应样品浓度及样品计算浓度 IC_{50} 值的大小来确定试剂盒灵敏度。由表 4 可知, 呕吐毒素 2 号品牌最低, 玉米赤霉烯酮 9 号品牌最低, 黄曲霉毒素 B₁ 是 4 号品牌最低。结果说明, 呕吐毒素 2 号品牌灵敏度最高, 1、4、7 号品牌灵敏度居中, 8 号品牌灵敏度最低; 玉米赤霉烯酮 9 号品牌灵敏度最高, 2、3、4 号品牌灵敏度居中, 8 号品牌灵敏度最低; 黄曲霉毒素 B₁ 是 4 号品牌灵敏度最高, 1、2、3、5、6 号品牌灵敏度居中, 8 号品牌灵敏度最低。

3.4 试剂盒适应性评价

选取饲料生产企业常用原料玉米干全酒精糟、玉米胚芽粕、麦麸、豆粕及蛋鸡配合饲料、牛浓缩饲料进行检测, 通过检测值与检测平均值之间的偏差来评价试剂盒检测样品适应性。检测平均值是剔除异常值后计算得到, 避免因异常值影响整体偏差。设定偏差在 -20%~20%^[14,15] 之间为适合, 超出为不适合。由表 5 可知, 呕吐毒素 1、2、3、6 号品牌适合; 玉米赤霉烯酮 2、9 号品牌可以接受; 黄曲霉毒素 B₁ 为 2 号品牌可以接受。结果说明, 因评判是剔除异常样品的参考平均值, 仅作为参考, 呕吐毒素适应性较好, 玉米赤霉烯酮和黄曲霉毒素 B₁ 较差。

表 4 9 种试剂盒的 IC_{50}
Table 4 IC_{50} of 9 kinds of kits

毒素种类	项目	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号
DON	标曲起始点浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	100	200	200	250	8	150	1	15	—
	标曲 IC_{50} 值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	464.5	0.493	541.4	0.9774	26.6	545.5	4.899	74.4	—
	样品计算倍数	1	1	1	1	25	1	100	20	—
	标曲起始点对应样品浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	100	200	200	250	200	150	100	300	—
	样品计算浓度 IC_{50} 值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	464.5	0.493	541.4	0.9774	665	545.5	489.9	1488	—
	线性	0.9988	0.9984	0.9978	0.9989	0.9915	0.9922	0.999	0.9992	—
ZEN	标曲起始点浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	20	20	20	25	1	20	0.2	1	2
	标曲 IC_{50} 值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	101.3	79.4	74.1	54.18	5.4	91.6	0.9748	5.3	1.7
	样品计算倍数	1	1	1	1	20	1	100	80	10
	标曲起始点对应样品浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	20	20	20	25	20	20	20	80	20
	样品计算浓度 IC_{50} 值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	101.3	79.4	74.1	54.18	108	91.6	97.48	424	17
	线性	0.9961	0.9949	0.9988	0.9991	0.9923	0.999	0.9997	0.986	0.9982
AFB ₁	标曲起始点浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	2	2	2.5	2	0.1	3	—	1	—
	标曲 IC_{50} 值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	10.8	7.1	7.6	4.73	0.39	5.8	—	4.8	—
	样品计算倍数	1	1	1	1	20	1	—	40	—
	标曲起始点对应样品浓度/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	2	2	2.5	2	2	3	—	40	—
	样品计算浓度 IC_{50} 值/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	10.8	7.1	7.6	4.73	7.8	5.8	—	192	—
	线性	0.9942	0.9919	0.9966	0.9956	0.9964	0.9937	—	0.9952	—

表 5 9 种试剂盒样品检测偏差
Table 5 Deviations of 9 kinds of kits for the detection of samples

毒素种类	样品名称	平均值 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	偏差/%								
			1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号
DON	蛋鸡配合饲料	1249.0	5.9	-5.3	-16.6	24.8	-9.0	-7.4	8.0	77.8	—
	玉米干全酒精糟	1792.3	-1.1	-14.2	-4.9	21.7	7.2	3.1	-11.8	88.9	—
	玉米胚芽粕	5658.1	-22.7	-19.6	0.9	10.4	-68.5	13.4	-9.7	27.3	—
	麦麸	508.6	-10.0	-1.4	17.6	188.9	12.8	8.0	-18.5	-8.5	—
	豆粕	146.5	-59.9	-49.5	—	212.1	132.8	-23.4	-86.6	—	—
	牛浓缩饲料	4848.2	-12.1	-16.1	-32.6	13.9	-28.8	32.5	-5.3	48.5	—
	6 个样品平均值		18.6	17.7	14.5	78.6	43.2	14.6	23.3	50.2	—
ZEN	蛋鸡配合饲料	91.8	-54.3	-8.4	-40.4	-20.2	—	20.0	29.8	74.0	-0.6
	玉米干全酒精糟	165.6	-66.1	27.0	-43.3	-44.9	—	2.1	35.2	59.7	-35.6
	玉米胚芽粕	463.4	-53.6	-9.9	-84.3	-27.6	—	38.7	-63.2	299.4	0.1
	麦麸	14.3	-81.5	61.3	—	375.2	—	-47.7	20.5	-4.4	52.1
	豆粕	39.1	-73.3	-12.9	—	27.1	—	151.2	769.6	-65.1	-26.8
	牛浓缩饲料	274.6	-44.0	5.6	-33.8	3.4	—	16.2	63.8	735.6	-11.0
	6 个样品平均值		62.1	20.9	33.6	83.1	—	46.0	163.7	206.4	21.0
AFB ₁	蛋鸡配合饲料	2.2	-44.9	-41.9	—	-38.0	—	—	125.2	—	—
	玉米干全酒精糟	3.5	-45.2	-29.0	—	-41.9	—	—	117.1	—	—
	玉米胚芽粕	6.8	-49.3	-22.8	—	-3.4	—	—	172.2	—	—
	麦麸	3.9	-68.0	-10.5	—	59.5	—	—	26.6	—	—
	豆粕	1.1	-2.7	-2.7	—	70.8	—	—	—	—	—
	牛浓缩饲料	3.6	-13.9	-36.1	—	-13.8	—	—	64.1	—	—
	6 个样品平均值		37.3	23.8	—	37.9	—	—	84.2	—	—

4 结 论

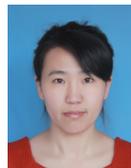
通过对试剂盒精密度、准确度、灵敏度和适应性进行综合质量评价, 2 号品牌试剂盒检测呕吐毒素较好, 9 号品牌检测玉米赤霉烯酮较好, 5 号品牌检测黄曲霉毒素 B₁ 较好。不同品牌在检测不同毒素上存在一定差异, 因此建议饲料生产企业和养殖场户在选择霉菌毒素试剂盒品牌时可同时选择几个品牌产品, 以期保证多种毒素检测结果的准确性, 更有利于避免采购和使用霉菌毒素超标的饲料原料或产品。同时也应对不同品牌不同批次的试剂盒的综合质量进行持续性的跟踪, 并不断加强对自身检测能力的提升, 减少人为因素所致的误差^[4]。

参考文献

- [1] 董艾青, 刘少文, 柏凡, 等. 不同方法检测霉菌毒素的比较研究[J]. 中国饲料, 2017, (4): 27–30.
Dong AQ, Liu SW, Bai F, *et al.* Comparative study of different methods for the detection of mycotoxins [J]. *China Feed*, 2017, (4): 27–30.
- [2] 谢文梅, 钱英, 黄萃茹, 等. 2016 年全国部分地区饲料及原料霉菌毒素分析报告[J]. 养猪, 2017, (2): 25–27.
Xie WM, Qian Y, Huang CR, *et al.* Analysis report of mycotoxins in feed and raw materials in parts of the country in 2016 [J]. *Swine Prod*, 2017, (2): 25–27.
- [3] 石华乐, 董颖超, 谷旭, 等. 4 种玉米赤霉烯酮 ELISA 试剂量的质量评估[J]. 饲料研究, 2015, (5): 49–54.
Shi HL, Dong YC, Gu X, *et al.* Quality evaluation of four zearalenone ELISA reagents [J]. *Feed Res*, 2015, (5): 49–54.
- [4] 左丽. 不同厂商黄曲霉毒素 B₁、玉米赤霉烯酮和呕吐毒素酶联免疫试剂盒的测试效果评价[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
Zuo L. Evaluation of the test results of aflatoxin B₁, zearalenone and deoxynivalenol ELISA kits from different manufacturers [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2015.
- [5] 张晓, 张晴晴, 程罗根, 等. 动物饲料中玉米赤霉烯酮 ELISA 检测方法的建立[J]. 江苏农业学报, 2007, (4): 95–99.
Zhang X, Zhang QQ, Cheng LG, *et al.* Establishment of ELISA method for zearalenone in animal feed [J]. *Jiangsu Agric J*, 2007, (4): 95–99.
- [6] 黎睿, 崔华, 谢刚, 等. 动物饲料中玉米赤霉烯酮 ELISA 检测方法的建立[J]. 江苏农业学报, 2007, (4): 95–99.
Li R, Cui H, Xie G, *et al.* Establishment of ELISA method for zearalenone in animal feed [J]. *Jiangsu Agric J*, 2007, (4): 95–99.
- [7] 杨方, 黄晓蓉, 郑晶. 链霉素酶联免疫检测试剂盒方法学评价的设计及应用[J]. 福建农业科技, 2013, (8): 62–65.
Yang F, Huang XR, Zheng J. Design and application of methodology evaluation of streptomycin ELISA kit [J]. *Fujian Agric Sci Technol*, 2013, (8): 62–65.
- [8] 伏慧明, 郭展旗, 王翠英, 等. 兽药残留检测中试剂盒的验证评判方法研究[J]. 中国农业科技导报, 2008, (S2): 109–111.
Fu HM, Guo ZQ, Wang CY, *et al.* Study on the method of validation and evaluation of kits in veterinary drug residue detection [J]. *China Agric Sci Technol Herald*, 2008, (S2): 109–111.
- [9] SN/T 4800–2017 进出境动物检疫 ELISA 检测试剂盒质量评价技术规程[S].
SN/T 4800–2017 Protocols for assessment on ELISA commercial diagnostic kits used in entry–exit animal quarantine [S].
- [10] SN/T 2775–2011 商品化食品检测试剂盒评价方法[S].
SN/T 2775–2011 Methods for the evaluation of commercial test kits for food testing purpose [S].
- [11] GB/T 33411–2016 酶联免疫分析试剂盒通则[S].
GB/T 33411–2016 Guidelines for enzyme immunoassays kit [S].
- [12] 杜柏林, 刘敬先, 张明. 酶联免疫试剂盒与胶体金试纸卡评价方法研究[J]. 现代畜牧兽医, 2012, (11): 48–50.
Du BL, Liu JX, Zhang M. Study on the evaluation method of ELISA kit and colloidal gold test paper card [J]. *Mod Anim Husband Vet Med*, 2012, (11): 48–50.
- [13] 韩春卉, 江涛, 李燕俊, 等. 黄曲霉毒素 B₁ 酶联免疫试剂盒稳定性研究[J]. 食品科学, 2013, (14): 323–326.
Han CH, Jiang T, Li YJ, *et al.* Study on the stability of aflatoxin B₁ ELISA kit [J]. *Food Sci*, 2013, (14): 323–326.
- [14] LS/T 6112–2015 粮油检验 粮食中玉米赤霉烯酮测定 胶体金快速定量法[S].
LS/T 6112–2015 Inspection of grain and oils—Detection of zearalenone in grain—Rapid quantitative method of colloidal gold technique [S].
- [15] LS/T 6113–2015 粮油检验 粮食中脱氧雪腐镰刀菌烯醇测定 胶体金快速定量法[S].
LS/T 6113–2015 Inspection of grain and oils—Detection of deoxynivalenol in grain—Rapid quantitative method of colloidal gold technique [S].

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



吕秋威, 高级检验员, 主要研究方向为饲料检验。
E-mail: lvqiuwei@163.com

郁 恒, 高级化验员, 主要研究方向为饲料检验检测。
E-mail: 13940275843@126.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