

## 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 对奶山羊生产性能和血液指标的影响

黄 帅<sup>1</sup>, 郑 楠<sup>2</sup>, 程 明<sup>3</sup>, 范彩云<sup>1</sup>, 王 尚<sup>1</sup>,  
Adil Jabar<sup>2</sup>, 张养东<sup>2</sup>, 刘 祯<sup>4</sup>, 刘光磊<sup>4</sup>, 程建波<sup>1\*</sup>

1. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036;
2. 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 农业部奶产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100193;
3. 青岛市畜牧兽医研究所, 青岛 266100;
4. 上海光明荷斯坦牧业有限公司, 上海 200443)

**摘 要:** 为了研究黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) 对奶山羊生产性能和血液指标的影响, 选择 20 头健康泌乳崂山奶山羊随机分为 2 组, 每组 10 头, 分别饲喂 2 种不同处理日粮, 即在基础日粮中添加 0、50 μg·kg<sup>-1</sup> 纯 AFB<sub>1</sub> (干物质基础) (对照组和 AFB<sub>1</sub> 组)。整个试验为期 21 d, 前 7 d 为预饲期, 后 14 d 为正式期。AFB<sub>1</sub> 组奶山羊的产奶量和采食量显著降低 ( $P<0.05$ ), 乳糖含量显著增加 ( $P<0.05$ )。奶山羊摄入 AFB<sub>1</sub> 后血液白细胞数量、血小板显著降低 ( $P<0.05$ ), 平均红细胞体积和平均血小板体积显著降低 ( $P<0.01$ ), 而红细胞数量极显著增加 ( $P<0.01$ ), 血红蛋白含量显著增加 ( $P<0.05$ )。饲粮添加 AFB<sub>1</sub> 奶山羊血清中谷草转氨酶和谷丙转氨酶含量显著增加 ( $P<0.05$ ), 碱性磷酸酶含量显著降低 ( $P<0.05$ )。上述结果表明, 50 μg·kg<sup>-1</sup> AFB<sub>1</sub> 能显著降低奶山羊的产奶量, 导致血常规指标出现异常, 对奶山羊肝脏功能产生负面影响。

**关键词:** 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub>; 奶山羊; 生产性能; 血液指标

中图分类号: S827.94

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)06-0880-05

### Effect of aflatoxin B<sub>1</sub> on production and blood parameters in dairy goats

HUANG Shuai<sup>1</sup>, ZHENG Nan<sup>2</sup>, CHENG Ming<sup>3</sup>, FAN Caiyun<sup>1</sup>, WANG Shang<sup>1</sup>,  
ADIL Jabar<sup>2</sup>, ZHANG Yangdong<sup>2</sup>, Liu Zhen<sup>4</sup>, Liu Guanglei<sup>4</sup>, CHENG Jianbo<sup>1</sup>

1. School of Animal Science and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;
2. Ministry of Agriculture-Milk Risk Assessment Laboratory, Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193;
3. Qingdao Research Institute of Husbandry and Veterinary, Qingdao 266100;
4. Shanghai Bright Holstan Co., Ltd., Shanghai 200443)

**Abstract:** The aim of this paper was to study the effect of aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) on production and blood parameters in dairy goats. Twenty lactating Laoshan dairy goats were randomly assigned to two treatments ( $n = 10$ ) with the AFB<sub>1</sub> supplementation at 0, 50 μg·kg<sup>-1</sup> based on dry matter (DM) (Control group and AFB<sub>1</sub> group, respectively). The experiment lasted for 14 days after a period of 7 days' adaption time. Compared with the control group, the goats supplemented with AFB<sub>1</sub> significantly decreased milk production and dry matter intake (DMI) and significantly increased lactose content ( $P<0.05$ ). The goats supplemented with AFB<sub>1</sub> showed a decrease of white blood cell and platelet level ( $P<0.05$ ) and a highly significant decrease of mean corpuscular volume and mean platelet volume content ( $P<0.01$ ), but an increased hemoglobin ( $P<0.05$ ) and extremely significant increase of red blood cell concentration ( $P<0.01$ ). The goats fed with the diet supplemented with 50 μg·kg<sup>-1</sup> AFB<sub>1</sub> significantly increased glutamic oxalacetic transaminase and glutamic pyruvic transaminase levels ( $P<0.05$ ), while significantly decreased alkaline phosphatase content ( $P<0.05$ ). It was confirmed that 50 μg·kg<sup>-1</sup> AFB<sub>1</sub> may decrease

收稿日期: 2016-04-06

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201403071)、农业部 948 项目(2015-Z12)和长三角联合攻关项目(16395810103)共同资助

作者简介: 黄 帅, 硕士研究生。E-mail: 1028270210@qq.com

\* 通信作者: 程建波, 副教授。E-mail: chengjianbofcy@163.com

milk production and induce abnormal blood parameters and side effects of liver function in dairy goats.

**Key words:** aflatoxin B<sub>1</sub>; dairy goats; production; blood parameters

黄曲霉毒素 (AF) 是由曲霉属真菌和寄生真菌产生的次生代谢物<sup>[1]</sup>, 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> (aflatoxin B<sub>1</sub>, AFB<sub>1</sub>) 是毒性最强的一种黄曲霉毒素。AFB<sub>1</sub> 已经被证实对多种动物有致癌性、致畸性和潜在致突变性, 这其中也包括人类<sup>[2]</sup>, 已被世界卫生组织的癌症研究机构列为 (对人类) I 类致癌物<sup>[3]</sup>。奶畜摄入 AFB<sub>1</sub> 后, 在肝脏代谢成羟基化代谢物—黄曲霉毒素 M<sub>1</sub> (aflatoxin M<sub>1</sub>, AFM<sub>1</sub>)。AFM<sub>1</sub> 毒性比 AFB<sub>1</sub> 低<sup>[4]</sup>, 也是一种致癌物, 可通过乳汁分泌<sup>[5]</sup>, 因而常污染乳及乳制品, 危害人类健康。AFM<sub>1</sub> 在乳汁中的转移率介于 0.1%~6% 之间<sup>[6]</sup>。

2014 年 7—12 月全国饲料及饲料原料霉菌毒素污染及调查报告显示, 饲料中 AFB<sub>1</sub> 的阳性检出率为 69.65%<sup>[7]</sup>。饲料污染 AFB<sub>1</sub> 可能会引起动物黄曲霉毒素中毒症, 主要表现为肝脏损伤, 并伴随着健康状况和生产性能的下降<sup>[8]</sup>。AFB<sub>1</sub> 自然污染或纯 AFB<sub>1</sub> 污染的谷物, 能降低肉鸡的生产性能和免疫功能, 改变肠道形态和血液指标, 损伤肝组织<sup>[9-11]</sup>。目前, AFB<sub>1</sub> 对生产性能及血液指标影响的研究主要集中在家禽上, 有关 AFB<sub>1</sub> 对奶山羊的生产性能和血液指标的影响的研究较少。因此, 本试验旨在研究 AFB<sub>1</sub> 对奶山羊生产性能和血液指标的影响, 为奶山羊饲料中黄曲霉毒素的防控提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验动物与试验设计

选择泌乳天数、胎次和体况较一致的泌乳后期健康崂山奶山羊 20 只, 随机分为 2 组, 每组 10 只, 分别饲喂 2 种不同处理日粮, 即在基础日粮中添加 0、50 μg·kg<sup>-1</sup> 纯 AFB<sub>1</sub> (干物质基础, DM) (对照组和 AFB<sub>1</sub> 组)。预饲期 7 d, 正式期 14 d, 一共 21 d。

### 1.2 试验材料

AFB<sub>1</sub> 购自百灵威 (北京) 科技有限公司, 纯度 > 99%。

### 1.3 试验日粮与饲养管理

试验日粮由玉米青贮、奶山羊精补料等组成。奶山羊精补料由玉米、麸皮、豆粕、玉米胚芽饼、石粉、磷酸氯钙、氯化钠、赖氨酸、维生素和微量元素组成, 其中粗蛋白含量为 18%, 钙含量为 3.2%, 磷为 0.5%, AFB<sub>1</sub> 未检出。试验羊采取圈养的方式, 自由采食, 每天饲喂 4 次 (06:00, 10:00, 15:30,

20:00), 挤奶 2 次 (06:30, 18:00)。

### 1.4 试验指标及测定方法

**1.4.1 奶山羊生产性能指标的测定** 试验开始前, 测定每只奶山羊的体重。每天记录奶山羊的产奶量, 每天挤奶 2 次, 早晚产奶总和记为当天的产奶量, 同时测定乳蛋白、乳脂肪、乳糖和乳固形物含量。试验期间, 每周连续 2 d 测定试验羊采食量 (DMI), 每头羊精料、粗料单独称量饲喂, 采食后称剩料量, 早晨、上午、下午和晚上 4 次的采食量相加为一天的采食量。取饲料样 500 g, 于干燥箱 65℃ 烘至恒重, 换算出各组奶山羊日采食量。

**1.4.2 奶山羊血液样品的采集** 试验正式期 2 d、7 d 和 14 d 晨饲前真空采血管颈静脉采血, 采集量为 2 管 (10 mL·管<sup>-1</sup>)。一管不加抗凝剂, 39℃ 水浴 30 min, 4℃ 离心 (3000 r·min<sup>-1</sup>, 20 min), 分离血清, 分装于 1.5 mL 离心管中, 置于一 80℃ 冰箱保存。另一管血样采用 EDTA 抗凝, 立即送检血常规。

**1.4.3 血常规指标的测定** 血常规指标包括红细胞 (red blood cell, RBC/10<sup>12</sup>·L<sup>-1</sup>)、白细胞 (white blood cell, WBC/10<sup>9</sup>·L<sup>-1</sup>)、血红蛋白 (hemoglobin, HGB/g·L<sup>-1</sup>)、平均红细胞体积 (mean corpuscular volume, MCV/fL)、平均血红蛋白量 (mean corpuscular hemoglobin, MCH/pg)、血小板 (platelet, PLT/10<sup>12</sup>·L<sup>-1</sup>)、平均血小板体积 (mean platelet volume, MPV/fL), 都采用 MEK-5216K (Nihin Kohden, Japan) 全自动血液分析仪测定。

**1.4.4 血清生化指标的测定** HITACHI17080 (Japan Hitachi Corporation, Tokyo) 全自动生化分析仪测定血清谷丙转氨酶 (GPT/U·L<sup>-1</sup>)、谷草转氨酶 (GOT/U·L<sup>-1</sup>)、碱性磷酸酶 (ALP/U·L<sup>-1</sup>)、肌酐 (CR/μmol·L<sup>-1</sup>)、葡萄糖 (GLU/μmol·L<sup>-1</sup>)、总胆红素 (TBIL/μmol·L<sup>-1</sup>)、总胆固醇 (TC/mmol·L<sup>-1</sup>)、血清总蛋白 (TP/g·L<sup>-1</sup>) 和尿素 (UREA/mmol·L<sup>-1</sup>) 含量。

### 1.5 数据处理及分析

数据采用 SAS 9.2 软件中单因素方差模型进行分析,  $P < 0.05$  表示差异显著,  $P < 0.01$  表明差异极显著。

## 2 结果与分析

### 2.1 AFB<sub>1</sub> 对奶山羊生产性能的影响

AFB<sub>1</sub> 对奶山羊生产性能的影响见表 1。50

$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  AFB<sub>1</sub> 不影响奶山羊的体重、乳蛋白、乳脂和乳固形物。奶山羊摄入  $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  AFB<sub>1</sub>, 产奶量和采食量显著降低 ( $P < 0.05$ ), 乳糖含量显著增加 ( $P < 0.05$ )。

## 2.2 AFB<sub>1</sub>对奶山羊血常规的影响

由表 2 可知, AFB<sub>1</sub> 组的 WBC 和 PLT 含量显著下降 ( $P < 0.05$ ), MCV 和 MPV 含量极显著降低 ( $P < 0.01$ ), RBC 极显著增加 ( $P < 0.01$ ), HGB 显著增加 ( $P < 0.05$ ), MCH 和 PLT 无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表 1 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 对奶山羊生产性能的影响

Table 1 Effects of AFB<sub>1</sub> on production performance in dairy goats

项目 Item	处理 Treatment	
	对照组 Control group	AFB <sub>1</sub> 组 AFB <sub>1</sub> group
体重/kg Weight	61.99±2.86	59.49±2.68
采食量/kg Feed intake	2.50±0.08 <sup>a</sup>	2.21±0.06 <sup>b</sup>
产奶量/kg Milk yield	0.99±0.11 <sup>a</sup>	0.88±0.12 <sup>b</sup>
乳蛋白/% Lactoprotein	3.14±0.05	3.18±0.06
乳脂肪/% Butterfat	6.21±0.40	5.89±0.39
乳糖/% Lactose	5.21±0.07 <sup>b</sup>	5.30±0.08 <sup>a</sup>
乳固形物/% Milk solid	15.27±0.49	15.09±0.53

注: 同行数据, 肩标不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 无字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。下同。

Note: In the same row, values with different capital letter superscripts mean extremely significant difference ( $P < 0.01$ ) and small letter superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), while with no letter superscript mean no significant difference ( $P > 0.05$ ). The same below.

表 2 AFB<sub>1</sub>对奶山羊血常规指标的影响

Table 2 Effects of AFB<sub>1</sub> on hematological parameters in dairy goats

项目 Item	处理 Treatment	
	对照组 Control group	AFB <sub>1</sub> 组 AFB <sub>1</sub> group
白细胞/ $10^9\cdot\text{L}^{-1}$ WBC	31.58±8.69 <sup>a</sup>	22.95±6.15 <sup>b</sup>
红细胞/ $10^{12}\cdot\text{L}^{-1}$ RBC	7.07±0.70 <sup>B</sup>	10.66±0.71 <sup>A</sup>
血红蛋白含量/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ HGB	96.25±3.51 <sup>b</sup>	100.24 ±5.17 <sup>a</sup>
平均红细胞体积/ $\mu\text{L}$ MCV	31.72±1.45 <sup>A</sup>	24.83±0.85 <sup>B</sup>
平均血红蛋白含量/ $\text{pg}$ MCH	17.09±4.27	24.25±5.96
血小板/ $10^{12}\cdot\text{L}^{-1}$ PLT	0.72±0.10 <sup>a</sup>	0.57±0.09 <sup>b</sup>
平均血小板体积/ $\mu\text{L}$ MPV	5.62±0.75 <sup>A</sup>	4.88±0.50 <sup>B</sup>

## 2.3 AFB<sub>1</sub>对奶山羊血清生化指标的影响

由表 3 结果可以看出, 饲料添加  $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}$  AFB<sub>1</sub> 显著增加血清 GOT 和 GPT 含量 ( $P < 0.05$ ), 显著降低 ALP 含量 ( $P < 0.05$ ), 但对 CR、GLU、TC、TP 和 UERA 浓度无显著影响 ( $P > 0.05$ )。

表 3 AFB<sub>1</sub>对奶山羊血清生化指标的影响

Table 3 Effects of AFB<sub>1</sub> on serum chemical parameters in dairy goats

项目 Item	处理 Treatment	
	对照组 Control group	AFB <sub>1</sub> 组 AFB <sub>1</sub> group
谷草转氨酶/ $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ GOT	92.75±3.96 <sup>b</sup>	102.68±6.18 <sup>a</sup>
谷丙转氨酶/ $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ GPT	15.17±0.89 <sup>b</sup>	17.82±1.45 <sup>a</sup>
碱性磷酸酶/ $\text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ ALP	8.35±1.27 <sup>a</sup>	5.75±1.65 <sup>b</sup>
肌酐/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ CR	43.07±2.08	42.83±1.54
葡萄糖/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ GLU	3.44±0.10	3.48±0.10
总胆红素/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ TBIL	0.62±0.10	0.78±0.11
总胆固醇/ $\text{mmoI}\cdot\text{L}^{-1}$ TC	3.36±0.25	3.46±0.27
总蛋白/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ TP	70.60±2.18	70.54±2.59
尿素/ $\text{mmoI}\cdot\text{L}^{-1}$ UREA	4.63±0.33	5.09±0.46

## 3 讨论

### 3.1 AFB<sub>1</sub>对奶山羊生产性能的影响

研究发现, 霉菌毒素作为奶山羊的一个应激因子, 可降低奶山羊的产奶量, 影响奶山羊的生产性能<sup>[12]</sup>。本试验发现 AFB<sub>1</sub> 显著降低奶山羊的产奶量, 这与 Patterson 等<sup>[13]</sup>、Guthrie 等<sup>[14]</sup>、Kourousekos 等<sup>[5]</sup>和 Mcgrew 等<sup>[15]</sup>的研究结果一致。AFB<sub>1</sub> 组奶山羊的采食量也显著降低, 这与 Queiroz 等<sup>[16]</sup>的研究结果一致, 该试验发现  $75 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (DM) AFB<sub>1</sub> 显著降低奶牛采食量。产奶量下降的一个可能原因是采食量降低<sup>[15, 17-18]</sup>。黄曲霉毒素可能导致原动物群和瘤胃菌群失调, 而降低纤维素利用率、挥发性脂肪酸和氨的含量, 同时导致瘤胃碱性磷酸酶活性增加, 这些因素共同影响奶畜的产奶量和采食量<sup>[19-21]</sup>。本研究中,  $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  AFB<sub>1</sub> 作用后, 体重、乳脂、乳蛋白含量无显著性差异。Fernandez 等<sup>[22]</sup>的试验发现, 给母羊饲喂  $2 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  黄曲霉毒素污染的饲料, 对体重无影响; 但 Fernandez 等<sup>[23]</sup>的另一项研究表明,  $2.5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  饲料 AF 能显著降低雄性羔羊的体重; Battacone 等<sup>[2]</sup>的研究表明, 0、32、64 和  $128 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (DM) 纯 AFB<sub>1</sub> 不影响泌乳后期奶山羊的乳成分。本实验发现 AFB<sub>1</sub> 组乳糖含量显著增加, 这与齐琪<sup>[12]</sup>的研究结果相一致, 该试验发现奶牛摄入  $40 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  饲料 AFB<sub>1</sub> 后乳糖含量显著增加, 但乳糖总量无显著性差异。本试验乳糖含量增加可能是精料作用的结果。研究表明, 日粮精料比例上调可导致奶中乳糖含量升高<sup>[24]</sup>。

### 3.2 AFB<sub>1</sub>对奶山羊血常规指标的影响

血液中的白细胞是机体重要的保卫细胞, 能吞噬异物并产生抗体, 在治愈机体损伤、抵抗病原入侵和免疫等方面发挥重要作用。本试验给奶山羊饲

喂 AFB<sub>1</sub> 显著降低了 WBC、PLT、MCV 和 MPV 含量, 说明奶山羊的免疫力、供氧能力和凝血功能有一定程度的下降。奶山羊摄入 AFB<sub>1</sub> 后血液 RBC 和 HGB 含量增加, 可能是摄入毒素后, 奶山羊饮水量下降导致血液浓稠从而使血液中的 RBC 和 HGB 含量增加<sup>[25]</sup>。Marin 等<sup>[26]</sup>发现, 140 μg·kg<sup>-1</sup> 饲料黄曲霉毒素降低断奶仔猪血液 WBC 含量; 陈明洪等<sup>[27]</sup>研究表明, 饲喂自然霉变日粮的育肥猪血液 MCV 和 MCH 显著降低; Fernandez 等<sup>[23]</sup>的试验发现羔羊摄入 2.5 mg·kg<sup>-1</sup> AF 饲料后血液 RBC 和 HGB 含量增加。然而, 另一些试验结果表明 AFB<sub>1</sub> 对血常规指标无显著影响<sup>[2,22,28]</sup>。黄曲霉毒素对动物血常规影响结果不一致的原因可能是动物品种、年龄和 AFB<sub>1</sub> 剂量不同造成的。

### 3.3 AFB<sub>1</sub> 对奶山羊血清生化指标的影响

黄曲霉毒素中毒时, 血清酶的活性一般会升高, 表明肝细胞受到了损伤<sup>[29]</sup>。GPT 是肝损伤的生物标志物, GPT 值升高是由肝损伤时肝细胞膜的通透性增加及细胞质渗漏所导致的<sup>[30]</sup>。ALT 主要在肝脏中存在, 肝细胞受损或肝细胞膜通透性增加时, ALT 渗透进血液, 所以血液 ALP 活性增加<sup>[31]</sup>。本试验给奶山羊饲喂 AFB<sub>1</sub>, 血清 GPT、GOT 和 ALP 含量显著增加, 这与 Mohamad 等<sup>[32]</sup>的研究结果一致, 说明 50 μg·kg<sup>-1</sup> AFB<sub>1</sub> 对肝脏产生了负面影响。

## 4 结论

日粮添加 50 μg·kg<sup>-1</sup> AFB<sub>1</sub> 能显著降低奶山羊的产奶量和采食量, 改变血常规和血清生化指标, 对肝脏造成负面影响。

## 参考文献:

- [1] SAMAPUNDO S, DEVLIEGHERE F, GEERAERD A H, et al. Modelling of the individual and combined effects of water activity and temperature on the radial growth of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* on corn[J]. Food Microbiol, 2007, 24(5): 517-529.
- [2] BATTACONE G, NUDDA A, CANNAS A, et al. Excretion of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk of dairy ewes treated with different doses of aflatoxin B<sub>1</sub>[J]. J Dairy Sci, 2003, 86(8): 2667-2675.
- [3] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene[M]. Lyon: IARC Press, 2002.
- [4] 程广龙, 杨永新, 赵辉玲, 等. 黄曲霉毒素对奶牛生产的危害及其控制措施[J]. 中国草食动物科学, 2012(3): 79-81.
- [5] KOUROUSEKOS G D, THEODOSIADOU E, BELIBASAKI S, et al. Effects of aflatoxin B<sub>1</sub> administration on Greek indigenous goats' milk[J]. Int Dairy J, 2012, 24(2): 123-129.
- [6] COFFEY R, CUMMINS E, WARD S. Exposure assessment of mycotoxins in dairy milk[J]. Food Control, 2009, 20(3): 239-249.
- [7] 王国强, 杜妮. 2014 年 7-12 月全国饲料及原料霉菌毒素污染及调查报告[J]. 今日养猪业, 2015(3): 50-53.
- [8] RUSTEMEYER S M, LAMBERSON W R, LEDOUX D R, et al. Effects of dietary aflatoxin on the health and performance of growing barrows[J]. J Anim Sci, 2010, 88(11): 3624-3630.
- [9] GHAHRI H, HABIBIAN R, FAM M A. Evaluation of the efficacy of esterified glucomannan, sodium bentonite, and humic acid to ameliorate the toxic effects of aflatoxin in broilers[J]. Turk J Vet Anim Sci, 2010, 34(4): 385-391.
- [10] KERMANSHAHI H, AKBARI M R, MALEKI M, et al. Effect of prolonged low level inclusion of aflatoxin B<sub>1</sub> into diet on performance, nutrient digestibility, histopathology and blood enzymes of broiler chickens[J]. J Anim Vet Adv, 2007(6):686-692.
- [11] MAGNOLI A P, MONGE M P, MIAZZO R D, et al. Effect of low levels of aflatoxin B<sub>1</sub> on performance, biochemical parameters, and aflatoxin B<sub>1</sub> in broiler liver tissues in the presence of monensin and sodium bentonite[J]. Poult Sci, 2011, 90(1): 48-58.
- [12] 齐琪. 黄曲霉毒素 B<sub>1</sub> 对荷斯坦奶牛乳中黄曲霉毒素 M<sub>1</sub> 含量、生产性能及血液生化指标的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [13] PEARSON T C, WICKLOW D T, MAGHIRANG E B, et al. Detecting aflatoxin in single corn kernels by transmittance and reflectance spectroscopy[J]. T Asabe, 2001, 44(5):1247-1254.
- [14] GUTHRIE L D, BEDELL D M. Effects of aflatoxin in corn on production and reproduction in dairy cattle[J]. Proc Annu Meet U S Anim Health Assoc, 1979(83): 202-204.
- [15] MCGREW P B, BARNHART H M, MERTENS D R, et al. Some effects of phenobarbital dosing of dairy cattle on aflatoxin M<sub>1</sub> and fat in milk[J]. J Dairy Sci, 1982, 65(7): 1227-1233.
- [16] QUEIROZ O C, HAN J H, STAPLES C R, et al. Effect of adding a mycotoxin-sequestering agent on milk aflatoxin M<sub>1</sub> concentration and the performance and immune response of dairy cattle fed an aflatoxin B<sub>1</sub>-contaminated diet[J]. J Dairy Sci, 2012, 95(10): 5901-5908.
- [17] AKBAR P, MAJID T. The effect of aflatoxin levels on milk production, reproduction and lameness in high production Holstein cows[J]. Afr J Biotechnol, 2010, 9(46): 7905-7908.
- [18] FINK-GREMMELS J. Mycotoxins in cattle feeds and carry-over to dairy milk: a review[J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2008, 25(2): 172-180.
- [19] DIAZ D E, HAGLER JR W M, BLACKWELDER J T, et al. Aflatoxin Binders II: Reduction of aflatoxin M<sub>1</sub> in milk by sequestering agents of cows consuming aflatoxin in feed[J]. Mycopathologia, 2004, 157(2): 233-241.

- [20] T P LANYASUNYA, L W WAMAE, H H MUSA, et al. The Risk of Mycotoxins Contamination of Dairy Feed and Milk on Smallholder Dairy Farms in Kenya[J]. *PAK J Nutr*, 2005(3): 162-169.
- [21] ROBENS J F, RICHARD J L. Aflatoxins in animal and human health[J]. *Rev Environ Contam Toxicol*, 1992, 127: 69-94.
- [22] FERNÁNDEZ A, HERNÁNDEZ M, VERDE M T, et al. Effect of aflatoxin on performance, hematology, and clinical immunology in lambs[J]. *Can J Vet Res*, 2000, 64(1): 53-58.
- [23] FERNÁNDEZ A, RAMOS JJ, SANZ M, et al. Alterations in the performance, haematology and clinical biochemistry of growing lambs fed with aflatoxin in the diet[J]. *J Appl Toxicol*, 1996, 16(1): 85-91.
- [24] 刘荣昌, 李英, 孙凤莉, 等. 生鲜牛奶乳糖含量偏高问题分析与启示[C]//第四届中国奶业大会论文集, 2013.
- [25] COLES E H. *Diagnóstico y patología en veterinaria* [M]. 4ed. Mexico: Editorial Interamericana McGraw-Hill, 1989.
- [26] MARIN DE, TARANU I, BUNACIU RP, et al. Changes in performance, blood parameters, humoral and cellular immune responses in weanling piglets exposed to low doses of aflatoxin[J]. *J Anim Sci*, 2002, 80(5): 1250-1257.
- [27] 陈明洪, 段杰林, 尹杰, 等. 谷氨酸和精氨酸对饲喂霉变饲料育肥猪所受损伤的缓解作用[J]. *动物营养学报*, 2013, 25(9): 2101-2110.
- [28] 熊江林. 日粮黄曲霉毒素 B1 向牛奶的转化及其对奶牛生产性能与健康的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [29] PIER A C. Major biological consequences of aflatoxicosis in animal production[J]. *J Anim Sci*, 1992, 70(12): 3964-3967.
- [30] OZER J, RATNER M, SHAW M, et al. The current state of serum biomarkers of hepatotoxicity[J]. *Toxicology*, 2008, 245(3): 194-205.
- [31] HE J, ZHANG K Y, CHEN D W, et al. Effects of maize naturally contaminated with aflatoxin B1 on growth performance, blood profiles and hepatic histopathology in ducks[J]. *Livest Sci*, 2013, 152(2): 192-199.
- [32] MOHAMAD T T, AL-MASHADANY A A, FARHAN S M. Effects of Aflatoxin B1 on some chemical characteristics of blood plasma in broilers [J]. *Al-anbar J Agric Sci*, 2006, 4 (2): 182-188.