

霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化和免疫指标的影响

李瑞银¹ 张增贤² 张秀江³ 沈宜钊¹ 李妍⁴ 张喆萍¹ 曹红蕊¹
李秋风^{1*} 曹玉凤^{1*} 李建国¹

(1.河北农业大学动物科技学院,保定 071001;2.宁晋县农业农村局,宁晋 055550;3.保定市农业农村局,保定 071000;4.河北农业大学动物医学院,保定 071000)

摘要: 本试验旨在研究霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化和免疫指标的影响。选择 32 头体重[(365.64±28.66) kg]相近、体况良好的西门塔尔育肥牛,随机分成 2 组,每组 16 个重复,每个重复 1 头牛。对照组饲喂基础饲料,试验组在基础饲料中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂。预试期 7 d,正试期 193 d。结果表明:1) 各组初重、末重、平均日增重(ADG)、干物质采食量(DMI)、料重比(F/G)差异不显著($P>0.05$)。2) 各组干物质(DM)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、粗蛋白质(CP)、钙(Ca)、总磷(TP)、粗脂肪(EE)表观消化率差异不显著($P>0.05$)。3) 第 84 天,试验组血清过氧化氢酶(CAT)活性显著高于对照组($P<0.05$)。第 168 天,试验组血清超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、CAT 活性及总抗氧化能力(T-AOC)较对照组有所升高,但无显著差异($P>0.05$)。4) 第 84 天,试验组血清干扰素- γ (IFN- γ)、免疫球蛋白 A(IgA)含量显著或极显著高于对照组($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。第 168 天,试验组血清 IFN- γ 、免疫球蛋白 M(IgM)含量显著或极显著高于对照组($P<0.05$ 或 $P<0.01$),试验组血清白细胞介素-1(IL-1)含量显著低于对照组($P<0.05$)。由此可见,在本试验条件下,饲料中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能和养分表观消化率无显著影响,可改善机体免疫性能。

关键词: 霉菌毒素吸附剂;西门塔尔育肥牛;生长性能;抗氧化;免疫

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2021)07-3914-11

随着全球气候变暖,饲料霉菌毒素污染的持续性已经成为一个全球性的问题,严重影响动物的生长性能及健康状况^[1]。常见且危害较大的霉菌毒素有呕吐毒素(DON)、玉米赤霉烯酮(ZEN)、黄曲霉毒素 B₁(AFB₁)等^[2]。研究表明,多种霉菌毒素通过体内的肝-肠循环,长时间残留于肠道,危害动物机体健康^[3-4]。与单胃动物不同,反刍动物瘤胃微生物可通过去乙酰化和去环氧化等作用降低 ZEN、DON 毒性^[4]。但由于生长

育肥牛粗饲料以及各类副产品采食量较高,霉菌毒素极易超标,进而对机体健康及生长性能造成严重影响^[5]。因此,探寻安全有效的饲料添加剂以减少霉菌毒素的危害,维持动物机体健康,对肉牛高效绿色养殖至关重要。研究表明,饲料中添加吸附剂可缓解由霉菌毒素造成的氧化应激和免疫抑制,提高生长性能,改善动物机体健康状况^[6-8]。但有关吸附剂在西门塔尔育肥牛的应用研究鲜有报道。因此,本试验通过研究霉菌毒素

收稿日期:2020-12-15

基金项目:国家重点研发计划(2018YDF0501805);河北省二期现代农业产业技术体系肉牛创新团队高效养殖岗位建设项目(HBCT2018130202);国家现代农业产业技术体系(CARS-37)

作者简介:李瑞银(1995—),女,河北赤城人,硕士研究生,从事反刍动物营养与饲料研究。E-mail:18331090933@163.com

*通信作者:李秋风,教授,硕士生导师,E-mail:lqf582@126.com;曹玉凤,教授,硕士生导师,E-mail:cyf278@126.com

吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能、养分表观消化率、血清抗氧化和免疫指标的影响,为霉菌毒素吸附剂在西门塔尔育肥牛上的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于2019年11月至2020年6月在河北省保定市定兴燕园肉牛养殖有限公司进行,预试期7 d,正试期193 d。

1.2 试验材料

霉菌毒素吸附剂购于瑞士某公司,主要成分为斜发沸石、黏土矿物等。

1.3 试验设计及分组

试验采用完全随机设计,选择32头体重 $[(365.64 \pm 28.66) \text{ kg}]$ 相近、体况良好、膘情正常的西门塔尔育肥牛,随机分为2组,每组16个重复,每个重复1头牛。对照组饲喂基础饲粮,试验组在基础饲粮中添加0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂。吸附剂于每天早晨一次性投喂到试验组饲粮中,其他饲养管理方式不变。基础饲粮参考《日本饲养标准·肉用牛》(2008)及我国《肉牛饲养标准》(NY/T 815—2004)配制,基础饲粮组成及营养水平见表1。

表1 基础饲粮组成及营养水平(干物质基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	16.76
麸皮 Wheat bran	7.23
米糠 Rice bran	6.75
豆粕 Soybean meal	2.50
棉籽粕 Cottonseed meal	5.59
菜籽粕 Rapeseed meal	3.73
棕榈粕 Palm meal	3.51
干酒糟及其可溶物 DDGS	6.15
玉米胚芽粕 Corn germ meal	4.97
预混料 Premix ¹⁾	2.25
磷酸氢钙 CaHPO_4	1.37
小苏打 NaHCO_3	1.16
食盐 NaCl	1.03
石粉 Limestone	0.82
全株玉米青贮 Whole corn silage	26.31

续表1

项目 Items	含量 Content
稻草 Rice straw	9.87
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
综合净能 $\text{NE}_{\text{mf}}/(\text{MJ}/\text{kg})$	6.03
粗蛋白质 CP	14.35
中性洗涤纤维 NDF	36.77
酸性洗涤纤维 ADF	20.67
钙 Ca	0.56
总磷 TP	0.38

1) 每千克预混料含 One kg of the premix contained: VA 70 000~130 000 IU, VD₃ 100 000~130 000 IU, VE 1 100~1 900 IU, VB₁ 690 mg, 烟酰胺 nicotinamide 750 mg, Cu 0.24 g, Mn 1.7 g, I 33 mg, Se 11 mg, Co 28 mg。

2) 综合净能为计算值,其他为实测值。NE_{mf} was a calculated value, while the others were measured values.

1.4 饲养管理

试验牛只饲养管理条件一致,采用栓系饲养,每天饲喂2次,自由采食、饮水,每天清理料槽、水槽。试验开始前用2%烧碱溶液对牛舍彻底清理消毒,以后每15 d用0.1%次氯酸盐消毒液进行喷雾消毒。

1.5 样品采集与分析

1.5.1 饲粮霉菌毒素含量

按照《饲料采样》(GB/T 14699.1—2005)方法采集试验第1天、第30天、第60天、第90天、第120天、第150天、第180天的饲粮样,送至河北玖辛检测技术有限公司检测样品中 AFB₁、ZEN、DON 含量。

1.5.2 饲粮样、粪样的采集

饲粮样的采集:试验期间每2周连续3 d采集饲粮样,混匀后于65℃烘干,粉碎备用。

粪样的采集:在正试期结束前,每组随机选取5头牛,连续3 d在08:00、14:00直肠采粪,每头每天收集600 g粪样,混匀后分成2份,其中一份不加酸,另一份加4.5 mol/L的硫酸溶液(100 g粪样中加入20 mL),-20℃保存待测。

1.5.3 血样的采集

于试验开始第1天、第84天、第168天每组随机挑选5头牛,晨饲前于颈静脉采血25 mL,37℃水浴30 min,然后1 240×g离心15 min,将血清分别分装于0.5 mL离心管中,-20℃保存待测。

1.6 指标测定

1.6.1 生长性能的测定

试验开始及结束时,试验牛在早晨空腹进行称重,计算平均日增重(ADG)。试验期内每隔15 d,连续3 d测定各组试验牛的干物质采食量(DMI),最后利用ADG、DMI计算出料重比(F/G)。

1.6.2 养分表观消化率的测定

饲料和粪样中干物质(DM)含量参照GB/T 6435—2014^[9]采用烘干恒重法测定计算;钙(Ca)含量参考GB/T 6436—2002^[10]采用高锰酸钾法测定;总磷(TP)含量参照GB/T 6437—2002^[11]采用钼黄分光光度法测定;粗脂肪(EE)含量参照GB/T 6433—2006^[12]采用索氏提取法测定;粗蛋白质(CP)含量参照GB/T 6432—1994^[13]采用凯氏定氮法,使用半自动凯氏定氮仪(Kjeltec 8400,丹麦FOSS公司)测定;中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量参照GB/T 20806—2006^[14]和NY/T 1459—2007^[15]采用范氏法,使用全自动纤维仪(ANKOM A200i,美国ANKOM科技公司)测定。

以盐酸不溶灰分(AIA)作为指示剂,参照GB/T 23742—2009《饲料中盐酸不溶灰分的测定》测定AIA含量。采用内源指示剂法计算养分表观消化率。

$$\text{某养分表观消化率}(\%) = [(a/c - b/d) /$$

$$(a/c)] \times 100。$$

式中: a 为饲料中该养分的含量(%); b 为粪中该养分的含量(%); c 为饲料中AIA含量(%); d 为粪中AIA含量(%)。

1.6.3 血清抗氧化和免疫指标的测定

血清丙二醛(MDA)、干扰素- γ (IFN- γ)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、白细胞介素-1(IL-1)、白细胞介素-2(IL-2)、白细胞介素-6(IL-6)、免疫球蛋白A(IgA)、免疫球蛋白M(IgM)、免疫球蛋白G(IgG)含量和超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性以及总抗氧化能力(TAOC)使用酶联免疫吸附试验(ELISA)试剂盒(中生北控生物科技有限公司),在酶标仪(MK3,芬兰雷勃公司)上测定。

1.7 数据统计与分析

应用SPSS 19.0软件中的独立样本 t 检验程序进行数据分析。结果以“平均值 \pm 标准误”表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $P < 0.01$ 为差异极显著。

2 结果

2.1 饲料中霉菌毒素含量

由表2可知,本试验所用的饲料中含有AFB₁ 9.39 $\mu\text{g}/\text{kg}$,ZEN 185.86 $\mu\text{g}/\text{kg}$,DON 192.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$,均在《饲料卫生标准》(GB 13078—2017)的限定标准范围内,说明本试验饲料的AFB₁、ZEN、DON含量在安全范围以内。

表2 饲料中霉菌毒素含量

Table 2 Mycotoxin content in the diet

项目 Items	采样时间 Sampling time							平均值 Mean	限量标准 Limited standard
	第1天 Day 1	第30天 Day 30	第60天 Day 60	第90天 Day 90	第120天 Day 120	第150天 Day 150	第180天 Day 180		
	黄曲霉毒素 B ₁ AFB ₁	7.19	6.21	11.39	13.60	8.88	9.06		
玉米赤霉烯酮 ZEN	116.00	119.00	184.00	186.00	193.00	244.00	259.00	185.86	500
呕吐毒素 DON	133.00	147.00	192.00	209.00	221.00	219.00	226.00	192.43	1 000

2.2 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能的影响

由表3可知,各组初重、末重、ADG、DMI、F/G差异不显著($P > 0.05$)。

2.3 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛养分表观消化率的影响

由表4可知,各组DM、NDF、ADF、CP、Ca、

TP、EE表观消化率差异不显著($P > 0.05$)。

2.4 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清抗氧化指标的影响

由表5可知,第84天,试验组血清CAT活性较对照组显著提高了10.70%($P < 0.05$);第168天,试验组血清SOD、GSH-Px、CAT活性及T-AOC较对照组有所升高,但无显著差异($P > 0.05$)。

表 3 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能的影响

Table 3 Effects of mycotoxin adsorbent on growth performance of Simmental fattening cattle

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P-value
初重 Initial weight/kg	365.88±7.95	365.63±6.11	10.027	0.980
末重 Finally weight/kg	651.63±7.24	653.69±5.07	8.839	0.817
平均日增重 ADG/kg	1.40±0.06	1.45±0.03	0.064	0.467
干物质采食量 DMI/kg	10.46±0.52	10.62±0.49	0.711	0.825
料重比 F/G	7.65±0.31	7.40±0.16	0.342	0.495

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$), 相同或无字母表示差异不显著 ($P>0.05$)。下表同。

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

表 4 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛养分表观消化率的影响

Table 4 Effects of mycotoxin adsorbent on nutrient apparent digestibilities of Simmental fattening cattle %

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P-value
干物质 DM				
第 1 天 Day 1	73.92±1.46	73.21±0.91	1.723	0.691
第 84 天 Day 84	75.93±0.62	76.54±0.91	1.106	0.601
第 168 天 Day 168	79.83±0.23	80.42±0.64	0.681	0.410
中性洗涤纤维 NDF				
第 1 天 Day 1	56.53±2.44	56.59±1.39	2.806	0.984
第 84 天 Day 84	62.70±0.96	63.34±1.57	1.842	0.737
第 168 天 Day 168	65.03±0.53	66.78±0.97	1.104	0.151
酸性洗涤纤维 ADF				
第 1 天 Day 1	49.88±3.08	49.84±1.82	3.576	0.991
第 84 天 Day 84	54.91±0.67	55.86±1.17	1.354	0.501
第 168 天 Day 168	58.58±1.15	59.85±1.82	2.152	0.573
粗蛋白质 CP				
第 1 天 Day 1	67.48±3.59	67.12±1.29	3.809	0.927
第 84 天 Day 84	71.64±0.84	72.39±0.77	1.138	0.527
第 168 天 Day 168	74.79±0.72	76.66±1.36	1.538	0.260
钙 Ca				
第 1 天 Day 1	41.76±3.78	41.29±2.51	4.540	0.920
第 84 天 Day 84	46.64±0.80	47.94±1.05	1.319	0.353
第 168 天 Day 168	51.44±1.38	52.31±1.96	2.391	0.727
总磷 TP				
第 1 天 Day 1	52.11±6.69	52.60±3.41	7.505	0.949
第 84 天 Day 84	56.30±1.10	57.01±1.71	2.029	0.738
第 168 天 Day 168	61.12±2.14	61.41±2.36	3.183	0.929
粗脂肪 EE				
第 1 天 Day 1	84.32±1.17	84.31±0.57	1.303	0.994
第 84 天 Day 84	87.14±0.66	87.49±1.60	1.733	0.846
第 168 天 Day 168	90.59±0.94	91.91±0.28	0.983	0.214

表 5 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清抗氧化指标的影响

Table 5 Effects of mycotoxin adsorbent on serum antioxidant indices of Simmental fattening cattle

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P-value
丙二醛 MDA/(mmol/L)				
第 1 天 Day 1	6.39±0.55	6.31±0.54	0.770	0.922
第 84 天 Day 84	7.02±0.11	6.97±0.06	0.125	0.746
第 168 天 Day 168	6.35±0.27	6.38±0.08	0.278	0.919
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)				
第 1 天 Day 1	147.88±6.68	154.51±11.79	13.551	0.638
第 84 天 Day 84	140.05±2.89	142.63±0.59	2.948	0.430
第 168 天 Day 168	148.39±0.49	149.19±1.32	1.407	0.597
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/(U/L)				
第 1 天 Day 1	623.44±19.28	613.35±13.34	23.446	0.678
第 84 天 Day 84	597.91±12.12	629.68±13.41	18.071	0.154
第 168 天 Day 168	613.81±9.80	628.08±9.60	13.718	0.357
过氧化氢酶 CAT/(U/L)				
第 1 天 Day 1	78.18±2.72	78.30±3.34	4.309	0.979
第 84 天 Day 84	75.05±2.25 ^b	83.08±1.53 ^a	2.721	0.042
第 168 天 Day 168	101.19±0.35	103.46±2.65	2.673	0.444
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)				
第 1 天 Day 1	5.81±0.73	5.95±0.63	0.970	0.895
第 84 天 Day 84	5.17±0.02	5.87±0.21	0.212	0.080
第 168 天 Day 168	6.55±0.09	6.69±0.15	0.176	0.460

2.5 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清免疫指标的影响

由表 6 可知,第 84 天,试验组血清 IFN- γ 含量较对照组显著提高了 9.98% ($P<0.05$),试验组血清 IgA 含量较对照组极显著提高了 15.67% ($P<$

0.01)。第 168 天,试验组血清 IFN- γ 含量较对照组显著提高了 3.69% ($P<0.05$),试验组血清 IgM 含量较对照组极显著提高了 10.66% ($P<0.01$),试验组血清 IL-1 含量较对照组显著降低了 12.88% ($P<0.05$)。

表 6 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清免疫指标的影响

Table 6 Effects of mycotoxin adsorbent on serum immune indices of Simmental fattening cattle

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P-value
干扰素- γ IFN- γ /(ng/L)				
第 1 天 Day 1	1 171.52±68.65	1 237.43±93.27	115.811	0.585
第 84 天 Day 84	1 117.20±20.93 ^b	1 228.75±13.39 ^a	24.845	0.011
第 168 天 Day 168	1 342.71±11.74 ^b	1 392.26±8.11 ^a	14.268	0.026
肿瘤坏死因子- α TNF- α /(ng/L)				
第 1 天 Day 1	312.76±14.21	286.33±12.45	18.892	0.199
第 84 天 Day 84	330.55±6.32	313.57±2.44	6.779	0.060
第 168 天 Day 168	332.09±5.80	336.31±0.87	5.865	0.544
白细胞介素-1 IL-1/(ng/L)				
第 1 天 Day 1	112.82±5.46	112.41±12.81	13.929	0.977
第 84 天 Day 84	111.69±5.31	108.39±6.13	8.107	0.705

续表 6

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Experimental group	SEM	P 值 P-value
第 168 天 Day 168	138.02±0.87 ^a	120.24±3.90 ^b	3.996	0.011
白细胞介素-2 IL-2/(pg/mL)				
第 1 天 Day 1	1 284.98±96.70	1 311.99±75.08	122.425	0.831
第 84 天 Day 84	1 217.13±57.65	1 329.01±52.02	77.655	0.223
第 168 天 Day 168	1 162.18±42.02	1 299.93±32.02	52.830	0.060
白细胞介素-6 IL-6/(ng/L)				
第 1 天 Day 1	61.75±0.91	61.26±2.68	2.830	0.866
第 84 天 Day 84	65.10±1.82	63.00±1.28	2.097	0.398
第 168 天 Day 168	60.73±1.51	61.96±2.41	2.843	0.687
免疫球蛋白 A IgA/(μg/mL)				
第 1 天 Day 1	80.98±8.65	93.75±8.01	11.787	0.310
第 84 天 Day 84	70.00±0.58 ^B	80.97±1.96 ^A	2.044	0.006
第 168 天 Day 168	89.34±1.79	90.39±1.65	2.438	0.689
免疫球蛋白 G IgG/(μg/mL)				
第 1 天 Day 1	22.82±1.49	23.46±2.29	2.732	0.822
第 84 天 Day 84	21.80±1.29	23.46±0.74	1.483	0.326
第 168 天 Day 168	21.78±0.63	21.81±1.09	1.257	0.978
免疫球蛋白 M IgM/(μg/mL)				
第 1 天 Day 1	146.69±0.90	148.03±3.03	3.154	0.690
第 84 天 Day 84	174.13±6.39	171.37±1.94	6.680	0.701
第 168 天 Day 168	154.34±0.45 ^B	170.79±1.79 ^A	1.846	0.001

3 讨论

3.1 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛生长性能的影响

饲料是动物生存生长中的重要物质,如动物体内因摄入饲料而造成霉菌毒素残留,霉菌毒素就可通过肉、蛋、奶等动物产品影响人类的健康。本试验饲料中检测到多种霉菌毒素的存在,虽然其含量在安全范围内,但霉菌毒素之间存在协同互作效应,经协同互作后其毒性增强,同时毒素在体内蓄积,会对动物机体造成危害。Liu 等^[16]研究发现,饲料中添加蒙脱石可以增加丹顶鹤采食量,提高机体健康水平。本试验中,饲料中添加 0.2 g/kg DM 霉菌毒素吸附剂,ADG、DMI 分别提高了 3.57%、1.53%,F/G 降低了 3.27%,说明添加霉菌毒素吸附剂在一定程度上改善了生长育肥牛的生长性能。目前,已有较多学者开展了霉菌毒素吸附剂的研究,表明其能在不同程度上提高动物生长性能^[17-19],本试验结果与前人报道基本一致。

3.2 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛养分表观消化率的影响

饲料养分表观消化率能够反映营养物质在动物体内消化利用状况。国内外有关于饲料中添加吸附剂对养分表观消化率影响的研究结果不一致。Barrera 等^[20]指出,奶牛饲料中添加 1.5%~4.5%的沸石对 DM、ADF 表观消化率无显著影响。张建刚等^[21]研究发现,随着饲料中蒙脱石添量(0~2%)增加,CP 表观消化率有提高趋势,Ca、TP、EE 等的表观消化率均无显著差异。本试验结果表明,饲料中添加 0.2 g/kg DM 吸附剂,DM、NDF、ADF、CP、Ca、P、EE 的表观消化率有提高趋势。这可能是因为铝硅酸盐类吸附剂含有多种微量元素,被机体吸收利用后可以促进营养物质的代谢,并且其较大的表面积和吸附力能够增加饲料在动物消化道停留的时间,从而提高消化率^[22],同时,还可改善消化道微环境,提高消化机能。

3.3 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清抗氧化指标的影响

机体在氧化代谢过程中会产生大量超氧阴离

子自由基,具有强氧化性,正常生理状态时氧阴离子自由基处于动态平衡状态,这种动态平衡一旦被打破就会引起氧化应激^[23]。大量研究表明,AFB₁、ZEN、DON会引起机体氧化应激^[24-26]。Chen等^[27]研究发现,在肉鸡饲料中添加不同浓度的AFB₁,引起肉鸡血清GSH-Px、CAT活性降低,血清MDA含量增加,诱导发生氧化应激。但目前尚不清楚AFB₁是否是通过增加活性氧(ROS)含量而直接引起脂质过氧化。Qin等^[28]研究发现,ZEN具有诱导ROS产生和脂质过氧化的能力。Zhou等^[29]用不同浓度的ZEN饲喂大鼠,发现血清和肝脏中SOD、CAT活性随着ZEN浓度的增加而降低。DON可以改变多种靶组织中的抗氧化防御系统,诱导氧化应激^[3]。有研究表明,氧化损伤不是DON毒性的主要机制,DON可以直接诱导DNA损伤,但不是通过ROS介导^[30]。陈凌杰^[31]研究发现,添加凹凸棒石吸附剂,肉鸡血清MDA含量下降,肝脏中SOD活性显著提高,抗氧化性能提高。杨小兵等^[32]研究发现,添加脱霉剂有提高奶牛血清中T-AOC、GSH-Px活性的趋势,与本试验结果一致。本试验研究结果显示,饲料中添加0.2 g/kg DM霉菌毒素吸附剂,血清SOD、GSH-Px、CAT活性及T-AOC有升高趋势,说明添加霉菌毒素吸附剂可改善机体抗氧化性能,这可能是因为霉菌毒素吸附剂能较好地控制肠道中霉菌毒素等含量,减少其对机体抗氧化系统造成的损伤,利于抗氧化酶的正常表达。由此可见,霉菌毒素吸附剂能够提高动物机体抗氧化酶活性,减轻由霉菌毒素造成的氧化应激损伤。

3.4 霉菌毒素吸附剂对西门塔尔育肥牛血清免疫指标的影响

有研究报道,黄曲霉毒素会降低抗炎细胞因子白细胞介素-4(IL-4)的表达,诱导炎症因子IL-1、IL-6以及TNF- α 表达,调节机体炎症反应^[33]。将含有140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 黄曲霉毒素的饲料饲喂断奶仔猪,发现其生长受到抑制,体液和细胞免疫水平下降^[34]。李安平^[35]研究发现,饲料中AFB₁、ZEN和DON共同作用会损害蛋雏鸡免疫系统,降低血清IL-6、IFN- γ 、IgG、IgM含量。DON可以激活丝裂原活化蛋白激酶(MAPKs)信号通路,上调细胞凋亡基因表达,影响免疫细胞的正常生长,造成免疫器官发育不良甚至病变^[36]。血清中免疫球蛋白含量可以反映机体免疫性能,IgA、IgG、IgM

含量的升高表明动物机体免疫性能增强^[37]。INF- γ 主要来源于活化的T细胞和自然杀伤(NK)细胞,具有广泛的免疫调节作用^[38]。IL-1是一种炎症细胞因子,其在肺癌、结肠癌中表达水平较高^[39]。Chen等^[40]研究发现,饲料中蒙脱石可以提高蛋鸡血清IL-2、IFN- γ 含量,提高免疫力。白阳等^[7]研究发现,饲料中添加复合霉菌毒素吸附剂,泌乳牛血清IL-1、IL-6以及TNF- α 含量下降,改善了机体免疫性能。本试验结果发现,饲料中添加0.2 g/kg DM霉菌毒素吸附剂,第84天,血清IFN- γ 、IgA含量分别提高了9.98%、15.67%,血清TNF- α 含量降低了5.14%;第168天,血清IFN- γ 、IgM、IL-2含量分别提高了3.69%、10.66%、18.85%,血清IL-1含量降低了12.88%,进一步证明饲料中添加霉菌毒素吸附剂可以提高西门塔尔育肥牛免疫性能。

4 结论

综上所述,在本试验条件下,饲料中添加0.2 g/kg DM霉菌毒素吸附剂对生长性能和养分表观消化率无显著影响,可改善机体免疫性能。

参考文献:

- [1] 袁耀明,徐元年,刘仕军,等.奶牛专用霉菌毒素吸附剂对泌乳奶牛生产性能的影响[J].乳业科学与技术,2009,32(3):126-128.
YUAN Y M, XU Y N, LIU S J, et al. The effect of mycotoxin binder on milk yield and milk composition in lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2009, 32(3):126-128. (in Chinese)
- [2] GRUBER-DORNINGER C, JENKINS T, SCHATZMAYR G. Global mycotoxin occurrence in feed: a ten-year survey[J]. Toxins, 2019, 11(7):375.
- [3] CAVRET S, LECOEUR S. Fusariotoxin transfer in animal[J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44(3):444-453.
- [4] 陈凤鸣,陈佳亿,李颖慧,等.霉菌毒素介导的氧化应激研究进展[J].动物营养学报,2019,31(9):3944-3952.
CHEN F M, CHEN J Y, LI Y H, et al. Research progress of oxidative stress mediated by mycotoxins[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2019, 31(9):3944-3952. (in Chinese)
- [5] YIANNIKOURIS A, JOUANY J P. Mycotoxins in feeds and their fate in animals: a review[J]. Animal

- Research, 2002, 51(2):81-99.
- [6] 张宏宇,李森,孙得发,等.新型霉菌毒素吸附剂对母猪玉米赤霉烯酮中毒症缓解效果的研究[J].中国畜牧杂志,2019,55(12):127-131.
ZHANG H X, LI M, SUN D F, et al. Study on the mitigation effect of new mycotoxin adsorbent on sow zearalenone poisoning[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2019, 55(12):127-131. (in Chinese)
- [7] 白阳,王泽栋,李莲,等.霉菌毒素吸附剂对荷斯坦牛产奶性能及免疫功能的影响[J].中国奶牛,2019(6):12-17.
BAI Y, WANG Z D, LI L, et al. Effects of mycotoxin adsorbent on milk production performance and immune function of Holstein cows[J]. China Dairy Cattle, 2019(6):12-17. (in Chinese)
- [8] 赵佳琦,文勇立,安雅静,等.2种霉菌毒素吸附剂对牦牛体重及血清生化指标的影响[J].中国畜牧杂志,2018,54(12):113-118.
ZHAO J Q, WEN Y L, AN Y J, et al. Effects of two mycotoxin adsorbents on body weight and serum biochemical index of yaks[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2018, 54(12):113-118. (in Chinese)
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6435—2014 饲料中水分的测定[S].北京:中国标准出版社,2015.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 6435—2014 Determination of water in feed[S]. Beijing: Standards Press of China, 2015. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6436—2002 饲料中钙的测定[S].北京:中国标准出版社,2002.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 6436—2002 Determination of calcium in feed[S]. Beijing: Standards Press of China, 2002. (in Chinese)
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T 6437—2002 饲料中总磷的测定 分光光度法[S].北京:中国标准出版社,2002.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 6437—2002 Determination of total phosphorus in feed by spectrophotometry[S]. Beijing: Standards Press of China, 2002. (in Chinese)
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 6433—2006 饲料中粗脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2006.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 6433—2006 Determination of crude fat in feed[S]. Beijing: Standards Press of China, 2006. (in Chinese)
- [13] 国家技术监督局.GB/T 6432—1994 饲料中粗蛋白测定方法[S].北京:中国标准出版社,1994.
State Bureau of Technical Supervision. GB/T 6432—1994 Determination of crude protein in feed[S]. Beijing: Standards Press of China, 1994. (in Chinese)
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 20806—2006 饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 20806—2006 Determination of neutral washing fiber (NDF) in feed[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007. (in Chinese)
- [15] 中华人民共和国农业部.NY/T 1459—2007 饲料中酸性洗涤纤维的测定[S].北京:农业出版社,2008.
The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. NY/T 1459—2007 Determination of Acid washing fiber in Feed[S]. Beijing: Agriculture Press, 2008. (in Chinese)
- [16] LIU D W, WU Q H, LIU H Y, et al. Effects of montmorillonite on growth performance, serum biochemistry and oxidative stress of red-crowned crane (*Grus japonensis*) fed mycotoxin-contaminated feed[J]. Current Drug Metabolism, 2020, 21(8):626-632.
- [17] 田莎,孙鑫东,宋泽和,等.吸附剂对饲喂含黄曲霉毒素 B₁ 和 T-2 毒素饲料肉鸡生长性能、器官指数、血清生化指标和抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2020,32(7):3143-3153.
TIAN S, SUN X D, RONG Z H, et al. Effects of adsorbent on growth performance biochemical indexes and organ indexes, serum antioxidant capacity of broilers fed diets contaminated with aflatoxin B₁ and T-2 toxin[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(7):3143-3153. (in Chinese)
- [18] 陈继发,耿晓峰.霉菌毒素吸附剂-有机酸复合物和霉菌毒素吸附剂-植物精油复合物对蛋鸡生产性能、蛋品质及血浆激素、抗氧化和免疫指标的影响[J].动物营养学报,2020,32(12):5667-5675.

- CHEN J F, GENG X F. Effects of mycotoxin adsorbent-organic acid complex and mycotoxin adsorbent-essential oil complex on laying performance, egg quality and plasma hormone, antioxidant and immune indices of laying hens [J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(12): 5667-5675. (in Chinese)
- [19] 何姝颖. 黄曲霉毒素污染玉米及霉菌毒素吸附剂对肉鸡不同阶段生产性能和健康的影响 [D]. 硕士学位论文. 雅安: 四川农业大学, 2015.
- HE S Y. Effects of aflatoxin contaminated corn and mycotoxin binder on performance and health status of broiler in different periods [D]. Master's Thesis. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [20] BARRERA O R, CASTILLO Y, ELIAS A, et al. Effect of four zeolite levels on the digestibility and intake of nutrients in sheep fed alfalfa hay and concentrate. Technical note [J]. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 2008, 42(4): 369-372.
- [21] 张建刚, 赵国琦, 林森, 等. 日粮霉菌毒素吸附剂添加水平对奶牛营养物质表观消化率和血液指标的影响 [J]. *中国畜牧杂志*, 2012, 48(23): 44-48.
- ZHANG J G, ZHAO G Q, LIN M, et al. Effects of mycotoxin adsorbent on the blood indices and nutrients apparent digestibility of lactating dairy cows [J]. *Chinese Journal of Animal Science*, 2012, 48(23): 44-48. (in Chinese)
- [22] OUHIDA I, PÉREZ J F, PIEDRAFITA J, et al. The effects of sepiolite in broiler chicken diets of high, medium and low viscosity. Productive performance and nutritive value [J]. *Animal Feed Science and Technology*, 2000, 85(3/4): 183-194.
- [23] YIN J, REN W, LIU G, et al. Birth oxidative stress and the development of an antioxidant system in newborn piglets [J]. *Free Radical Research*, 2013, 47(12): 1027-1035.
- [24] LIU Y, WANG W J. Aflatoxin B₁ impairs mitochondrial functions, activates ROS generation, induces apoptosis and involves Nrf2 signal pathway in primary broiler hepatocytes [J]. *Animal Science Journal*, 2016, 87(12): 1490-1500.
- [25] WANG W J, XU Z L, YU C, et al. Effects of aflatoxin B₁ on mitochondrial respiration, ROS generation and apoptosis in broiler cardiomyocytes [J]. *Animal Science Journal*, 2017, 88(10): 1561-1568.
- [26] MARIN D E, PISTOL G C, NEAGOE I V, et al. Effects of zearalenone on oxidative stress and inflammation in weanling piglets [J]. *Food and Chemical Toxicology*, 2013, 58: 408-415.
- [27] CHEN J, CHEN K J, YUAN S B, et al. Effects of aflatoxin B₁ on oxidative stress markers and apoptosis of spleens in broilers [J]. *Toxicology and Industrial Health*, 2016, 32(2): 278-284.
- [28] QIN X S, CAO M J, LAI F N, et al. Oxidative stress induced by zearalenone in porcine granulosa cells and its rescue by curcumin *in vitro* [J]. *PLoS One*, 2017, 10(6): e0127551.
- [29] ZHOU C, ZHANG Y, YIN S, et al. Biochemical changes and oxidative stress induced by zearalenone in the liver of pregnant rats [J]. *Human & Experimental Toxicology*, 2015, 34(1): 65-73.
- [30] BENSASSI F, EL GOLLI-BENNOUR E, ABID-ESSEFI S, et al. Pathway of deoxynivalenol-induced apoptosis in human colon carcinoma cells [J]. *Toxicology*, 2009, 264(1/2): 104-109.
- [31] 陈凌杰. 凹凸棒石玉米赤霉烯酮吸附剂在肉鸡饲料中的应用研究 [D]. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学, 2017.
- CHEN L J. Application of attapulgite adsorbent for zearalenone in feeds of broilers [D]. Master's thesis. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017. (in Chinese)
- [32] 杨小兵, 田雨. 不同脱霉剂对奶牛生产性能和血液生化指标的影响 [J]. *中国奶牛*, 2017(11): 11-13.
- YANG X B, TIAN Y. Effects of different debacterization on production performance and blood biochemical index of dairy cow [J]. *China Dairy Cattle*, 2017(11): 11-13. (in Chinese)
- [33] MA Q G, LI Y, FAN Y, et al. Molecular mechanisms of lipoic acid protection against aflatoxin B₁-induced liver oxidative damage and inflammatory responses in broilers [J]. *Toxins*, 2015, 7(12): 5435-5447.
- [34] MARIN D E, TARANU I, BUNACIU R P, et al. Changes in performance, blood parameters, humoral and cellular immune responses in weanling piglets exposed to low doses of aflatoxin [J]. *Journal of Animal Science*, 2002, 80(5): 1250-1257.
- [35] 李安平. 霉变饲料中添加脱霉剂对蛋雏鸡健康的影响 [D]. 博士学位论文. 长春: 吉林大学, 2019.
- LI A P. Effects of detoxification in meildew feed on the health of layers [D]. Ph.D. Thesis. Changchun: Jilin University, 2019. (in Chinese)
- [36] CHANG C, WANG K, ZHOU S N, et al. Protective effect of *Saccharomyces boulardii* on deoxynivalenol-

- induced injury of porcine macrophage via attenuating p38 MAPK signal pathway[J]. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 2017, 182(1): 411–427.
- [37] 卢盛勇, 陈胜昌, 张滔滔, 等. 酸汤对断奶仔猪生长性能、免疫性能、抗氧化性能及肠道微生物区系的影响[J]. *动物营养学报*, 2020, 33(2): 769–778.
- LU S Y, CHEN S C, ZHANG T T, et al. Effects of sour soup on growth performance, immune performance, antioxidant performance and intestinal microflora of weaned piglets[J]. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 33(2): 769–778. (in Chinese)
- [38] SARAPIK A, VELTHUT A, HALLER-KIKKATALO K, et al. Follicular proinflammatory cytokines and chemokines as markers of IVF success[J]. *Clinical and Developmental Immunology*, 2012, 2012: 606459.
- [39] ELARAJ D M, WEINREICH D M, VARGHESE S, et al. The role of interleukin 1 in growth and metastasis of human cancer xenografts [J]. *Clinical Cancer Research*, 2006, 12(4): 1088–1096.
- [40] CHEN J F, KUANG Y H, QU X Y, et al. The effects and combinational effects of *Bacillus subtilis* and montmorillonite supplementation on performance, egg quality, oxidation status, and immune response in laying hens[J]. *Livestock Science*, 2019, 227: 114–119.

Effects of Mycotoxin Adsorbent on Growth Performance, Nutrient Apparent Digestibilities, Serum Antioxidant and Immune Indices of Simmental Fattening Cattle

LI Ruiyin¹ ZHANG Zengxian² ZHANG Xiujiang³ SHEN Yizhao¹ LI Yan⁴ ZHANG Zheping¹
CAO Hongrui¹ LI Qiufeng^{1*} CAO Yufeng^{1*} LI Jianguo¹

(1. College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2. Ningjin Municipal Bureau of Agriculture, Ningjin 055550, China; 3. Baoding Municipal Bureau of Agriculture, Baoding 071000, China; 4. College of Veterinary Medicine, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China)

Abstract: The purpose of this experiment was to study the effects of mycotoxin adsorbent on growth performance, nutrient apparent digestibilities and serum antioxidant and immune indices of finishing Simmental cattle. A total of 32 Simmental cattle with good health condition and similar body weight [(365.64 ± 28.66) kg] were randomly divided into 2 groups with 16 replicates per group and 1 cattle per replicate. Cattle in the control group were fed a basal diet, and cattle in experimental group were fed a basal diet supplemented with 0.2 g/kg DM mycotoxin adsorbent. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 193 days. The results showed as follows: 1) there were no significantly differences in initial weight, final weight, average daily gain (ADG), dry matter intake (DMI) and feed to weight ratio (F/G) between two groups ($P > 0.05$). 2) There were no significantly differences in apparent digestibilities of dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), calcium (CA), total phosphorus (TP) and ether extract (EE) between two groups ($P > 0.05$). 3) On day 84, the serum catalase (CAT) activity of the experimental group was significantly higher than that of the control group ($P < 0.05$). On day 168, the activities of superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px), CAT and total antioxidant capacity (T-AOC) in serum of the experimental group were higher than those of the control group, but not significantly different ($P > 0.05$). 4) On day 84, the contents of interferon- γ (IFN- γ) and immunoglobulin A (IgA) in serum of the experimental group were significantly higher than those of the control group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). On day 168, the contents of IFN- γ and immunoglobulin M (IgM) in serum of the experimental group were significantly higher than those of the control group ($P < 0.05$ or $P < 0.01$), and the serum interleukin-1 (IL-1) content of the experimental group was significantly lower than that of the control group ($P < 0.05$). In conclusion, under the conditions of this experiment, the diet added 0.2 g/kg DM mycotoxin adsorbent has no significant effects on growth performance and nutrient apparent digestibilities of finishing Simmental cattle, and can improve the body immune function. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2021, 33 (7):3914-3924]

Key words: mycotoxin adsorbent; Simmental fattening cattle; growth performance; antioxidant; immune

* Corresponding authors: LI Qiufeng, professor, E-mail: lqf582@126.com; CAO Yufeng, professor, E-mail: cyf278@126.com

(责任编辑 武海龙)