

虫草类真菌饲料添加剂对奶牛生产性能和肠道完整性的影响

王轶群^{1,2} 李 淦² 郭江鹏³ 温富勇⁴ 王占彬^{1*} 顾宪红^{2*}

(1.河南科技大学动物科技学院, 洛阳 471003; 2.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 动物营养学国家重点实验室, 北京 100193; 3.北京市畜牧总站(南区), 北京 100101; 4.北京市密云区动物疫病预防控制中心, 北京 101500)

摘要: 本试验旨在研究虫草类真菌饲料添加剂对奶牛生产性能和肠道完整性的影响。选取 180 头胎次、泌乳天数相近的泌乳中期荷斯坦奶牛, 随机分为 2 组, 每组 90 头。对照组饲喂基础饲料, 试验组饲喂基础饲料+30 g/(d·头) 虫草类真菌饲料添加, 试验期 70 d。结果表明: 1) 试验组产奶量、乳脂率、乳蛋白率和乳总固体物含量平均值分别比对照组高 0.83%、2.61%、1.68% 和 2.01% ($P>0.05$), 试验组乳糖率和乳非脂固体物含量平均值显著高于对照组 ($P<0.05$)。2) 试验组乳中体细胞数平均值显著低于对照组 ($P<0.05$)。3) 试验第 70 天, 试验组的血浆 D-乳酸含量显著低于第 1 天、第 42 天 ($P<0.05$)。4) 试验组干物质、粗蛋白质、粗脂肪、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维表观消化率与对照组差异不显著 ($P>0.05$)。综上所述, 饲料中添加虫草类真菌饲料添加剂可显著提高奶牛乳糖率、乳非脂固体物含量, 显著降低乳中体细胞数, 提高奶牛乳品质和肠道完整性。

关键词: 虫草类真菌饲料添加剂; 奶牛; 生产性能; 体细胞数; 肠道完整性; 表观消化率

中图分类号: S823

文献标识码: A

20 世纪末, 中草药饲料添加剂开始被广泛研发且应用于养殖业。近些年来, 随着人们对食品安全的要求日渐提高以及使用抗生素产生的残留和耐药性问题日渐严重, 中草药饲料添加剂再次受到人们的广泛关注。实践证明, 合理使用中草药饲料添加剂, 可以替代抗生素, 甚至还具有其独特的功能, 比如提高采食量和营养物质的利用率, 提高机体免疫力, 抗菌、抗病毒, 提高畜产品品质和增强抗应激能力等^[1]。虫草类真菌饲料添加剂是从虫草中分离的真菌经人工发酵而得到的一种中草药饲料添加剂, 其主要功能性成分为虫草素、虫草酸、虫草多糖等。

前人研究证明, 虫草类真菌饲料添加剂能够

提高仔猪体增重和饲料转化效率^[2], 提高蛋鸭的产蛋率和蛋品质^[3]。国外学者报道, 虫草提取物具有选择性抑制致病菌和肠道有害菌的作用^[4], 并对肉鸡肠道益生菌有促进作用^[5], 从而提高生长性能。李洋等^[6]报道, 虫草类真菌饲料添加剂可以提高奶牛瘤胃产气量, 增加瘤胃液中氨态氮和挥发酸的浓度, 并且降低瘤胃 pH。由于乳中体细胞数 (somatic cell count, SCC) 与奶牛乳房炎的严重程度呈显著正相关^[7], 控制乳中 SCC 也是保证奶牛生产的重要手段之一。有研究证明, 虫草类真菌饲料添加剂能够增加奶牛大肠益生菌的数量, 提高营养物质表观消化率; 对抑制乳中 SCC 和致病菌数量也有显著效果^[8]。然而, 关于虫草类

收稿日期: 2019-04-09

基金项目: 北京市奶牛产业创新团队 (BAIC06-2019); 中国农业科学院科技创新工程 (ASTIP-IAS07)

作者简介: 王轶群 (1994—), 男, 河南焦作人, 硕士研究生, 动物营养与饲料科学专业。E-mail: 274767842@qq.com

* 通信作者: 王占彬, 教授, 硕士生导师, E-mail: wangzhanbin3696@126.com; 顾宪红, 研究员, 博士生导师, E-mail: guxianhong@vip.sina.com

真菌饲料添加剂对奶牛产奶量、乳成分和肠道完整性的影响鲜有研究。因此,本试验旨在研究虫草类真菌饲料添加剂对奶牛生产性能和肠道完整性的影响,为虫草类真菌饲料添加剂在奶牛生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方方法

1.1 试验样品来源

虫草类真菌饲料添加剂购自某公司,是一种从虫草中分离的真菌经马铃薯培养基发酵而得到的一种饲料添加剂,粗蛋白质(CP)含量为30.24%,粗脂肪(EE)含量为4.16%,中性洗涤纤维(NDF)含量为16.31%,酸性洗涤纤维(ADF)含量为8.58%,粗灰分(Ash)含量为4.87%,以上均为干物质(DM)基础;其主要功能性成分为虫草素(0.05%)、虫草酸(6.83%)和虫草多糖(4.98%)。

1.2 试验设计与饲养管理

试验选用180头胎次、泌乳天数相近的泌乳中期荷斯坦奶牛,随机分为对照组和试验组2个组,每组90头。对照组饲喂基础饲粮,试验组饲喂基础饲粮+30 g/(d·头)虫草类真菌饲料添加剂,试验期共70 d。

试验牛饲养在结构、大小完全一致的全开放式双列对头式牛舍中,自由采食和饮水,每天挤奶3次(06:00、12:00和18:00),饲喂3次。虫草类真菌饲料添加剂每天晚间添加,先与预混料均匀混合后加入基础饲粮中饲喂给试验牛。试验期间,试验牛舍平均温度为10.18~10.71℃,相对湿度(RH)为61.66%~62.15%。基础饲粮组成及营养水平见表1。

试验结束后整理试验产奶量、奶样采集完整的试验牛数据,对照组和试验组分别有58头和55头,以这些牛的数据进行统计分析。进入统计分析的试验牛试验开始时背景情况见表2,对照组和试验组之间胎次、泌乳天数、初始产奶量无显著差异($P>0.05$)。

1.3 测定指标及方法

采食量:试验期间每天分别称量试验组、对照组前1天所剩饲粮。通过设定的投料量减去剩料量,计算各组的平均日采食量。

产奶量及乳成分:每周记录1次每头奶牛的产奶量,每2周采集新鲜奶样100 mL,加入重铬酸

钾防腐剂后送往实验室使用乳成分分析仪(Foss Combi FT+)测定乳蛋白率、乳脂率、乳糖率、乳非脂固形物含量、乳总固体物含量及乳SCC。

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	
青贮玉米 Corn silage	48.28
玉米压片 Flaked corn	12.63
酒糟 Distilled grain	12.08
苜蓿 Alfalfa	8.39
玉米 Corn	4.92
棉籽 Cottonseed	3.58
糖豆皮 Bean bran	3.50
豆粕 Soybean meal	2.76
燕麦草 Oat hay	1.21
棉籽粕 Cottonseed meal	0.32
小苏打 NaHCO ₃	1.04
预混料 Premix ¹⁾	0.54
石粉 Limestone	0.42
食盐 NaCl	0.33
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels ²⁾	
泌乳净能 NE _L /(MJ/kg)	7.13
粗蛋白质 CP	15.69
粗脂肪 EE	4.20
中性洗涤纤维 NDF	41.60
酸性洗涤纤维 ADF	22.18
粗灰分 Ash	6.88

¹⁾ 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 1 000 000 IU, VD 200 000, VE 1 250 IU, Zn 14 000 mg, Se 100 mg, I 180 mg, Fe 3 000 mg, Co 40 mg, Mn 3 000 mg, Cu 3 000 mg。

²⁾ 泌乳净能为计算值[参照NRC(2001)^[9]]其余指标均为实测值。NE_L was a calculated value according to NRC(2001)^[9], while other nutrient levels were measured values.

血浆肠道完整性指标:从试验牛中随机选取30头,其中对照组和试验组各15头,于试验第0(试验开始前1天)、42、70天对其进行尾根静脉采血10 mL,4℃、3 000 r/min离心15 min制备血浆,放入-20℃冰箱备用。采用酶联免疫吸附测定(ELISA)法对血浆中D-乳酸含量、二胺氧化酶活性进行测定,试剂盒均购自武汉基因美生物科技有限公司,操作步骤严格按说明书进行。

表 2 试验开始时进入统计分析的试验牛背景情况

Table 2 Background information of experimental cattle entering statistical analysis at the beginning of the experiment

组别 Groups	牛头数 Cow number/头	胎次 Parities/次	泌乳天数 DIM/d	产奶量 Milk yield/(kg/d)
对照组 Control group	58	1.7±0.8	208±88	31.84±5.54
试验组 Trial group	55	1.8±1.1	201±86	31.98±8.23

营养物质表观消化率: 试验期第 42、70 天对上述选取的 30 头试验牛进行直肠采粪 150 g, 加入 10 mL 的 10% 硫酸固氮, 放入 -20 °C 冰箱备用。试验第 70 天采用四分法采集对照组和试验组饲料各 2 kg。粪样、饲料样及添加剂中的 DM 含量参照 GB/T 6435—2006^[10] 的方法测定; CP 含量参照 GB/T 6432—1994^[11] 的方法, 使用自动凯氏定氮仪 (Foss Kjeltac 8200) 测定; EE 含量参照 GB/T 6433—2006^[12] 的方法, 使用自动脂肪抽提仪 (Foss ST 255 Soxtec) 测定; NDF、ADF 含量分别参照 GB/T 20806—2006^[13] 和 NY/T 1459—2007^[14] 的方法, 使用自动纤维测定仪 (ANKOM A2000i) 测定; Ash 含量参照 GB/T 6438—2007^[15] 的方法测定。消化试验采用内源指示剂盐酸不溶灰分法测定, 测定方法参照 GB/T 23742—2009^[16], 营养物质的表观消化率计算公式如下:

$$\text{某营养物质的表观消化率}(\%) = 100 - 100 \times (A \times X) / (B \times Y)。$$

式中: A 为饲料中盐酸不溶灰分含量(%) ; B 为饲料中某营养物质含量(%) ; X 为粪中该营养物质含量(%) ; Y 为粪中盐酸不溶灰分含量(%) 。

1.4 数据统计分析

用 SPSS 23.0 统计软件对结果进行 t 检验; 采用 Duncan 氏多重比较法检验试验第 0、42、70 天之间肠道完整性指标的差异。结果以平均值±标准差表示, $P < 0.05$ 为差异显著, $0.05 < P < 0.01$ 为有显著趋势。

2 结果

2.1 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛平均日采食量的影响

由图 1 可知, 试验开始时试验组奶牛平均日采食量比对照组低 6.83%。试验第 20 天牛场进行转群作业, 对试验牛产生干扰, 影响了当天采食。试验组全期平均日采食量平均值为 38.87 kg/d, 对照组为 38.08 kg/d, 前者比后者高 2.07%。

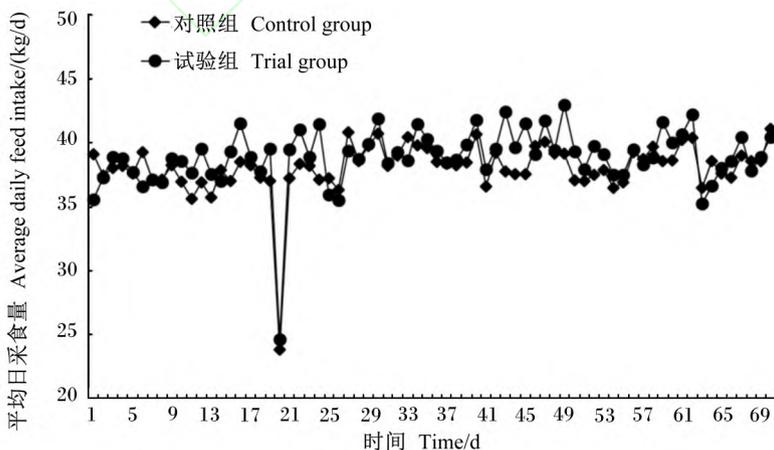


图 1 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛平均日采食量的影响

Fig.1 Effects of cordyceps fungus feed additives on average daily feed intake of dairy cows

2.2 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛产奶量的影响

由表 3 可知, 试验开始时, 试验组与对照组产奶量接近。在整个试验过程中试验组与对照组产

奶量变化趋势相似, 而在试验第 21 天以后试验组的产奶量略高于对照组, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。试验组产奶量平均值比对照组高 0.83% ($P > 0.05$)。

表 3 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛产奶量的影响

Table 3 Effects of cordyceps fungus feed additives on milk yield of dairy cows

kg/d

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trial group	P 值 P-value
第 0 天 Day 0	31.84±5.54	31.98±8.23	0.929
第 7 天 Day 7	31.99±6.77	29.83±8.22	0.163
第 14 天 Day 14	32.60±6.57	31.61±9.13	0.523
第 21 天 Day 21	30.89±6.96	31.22±9.21	0.830
第 28 天 Day 28	33.48±7.96	33.63±10.09	0.923
第 35 天 Day 35	28.88±6.74	29.55±9.37	0.665
第 42 天 Day 42	26.28±6.96	27.56±8.99	0.409
第 49 天 Day 49	27.46±7.21	27.68±9.42	0.878
第 56 天 Day 56	26.99±7.43	27.64±9.90	0.676
第 63 天 Day 63	28.14±7.08	29.58±9.20	0.355
第 70 天 Day 70	22.66±8.56	23.52±9.93	0.580
加入添加剂后平均值 Mean after adding additives	28.94±7.86	29.18±9.65	0.640

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) , 相同或无字母表示差异不显著 ($P > 0.05$) 。表 4 至表 7 同。

In the same row , values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$) , while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P > 0.05$) . The same as Table 4 to Table 7.

2.3 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛乳成分的影响

由表 4 可知 , 试验组乳脂率平均值比对照组高 2.61% , 但差异不显著 ($P > 0.05$) ; 试验组乳蛋白率平均值比对照组高 1.68% , 且有高于对照组的

趋势 ($P = 0.056$) 。试验第 42 天 , 试验组乳糖率有高于对照组的趋势 ($P = 0.051$) ; 试验第 70 天 , 试验组乳糖率显著高于对照组 ($P < 0.05$) ; 试验组乳糖率平均值显著高于对照组 ($P < 0.05$) 。

表 4 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛乳脂率、乳蛋白率和乳糖率的影响

Table 4 Effects of cordyceps fungus feed additives on milk fat rate , milk protein rate and lactose rate of dairy cows

%

项目 Items	乳脂率 Milk fat rate			乳蛋白率 Milk protein rate			乳糖率 Lactose rate		
	对照组 Control group	试验组 Trial group	P 值 P-value	对照组 Control group	试验组 Trial group	P 值 P-value	对照组 Control group	试验组 Trial group	P 值 P-value
第 0 天 Day 0	3.16±0.90	3.17±1.15	0.996	3.46±0.33	3.49±0.32	0.618	4.81±0.23	4.85±0.29	0.489
第 14 天 Day 14	2.88±0.92	3.05±0.78	0.298	3.51±0.32	3.61±0.32	0.119	4.80±0.30	4.82±0.43	0.760
第 28 天 Day 28	5.19±1.54	5.31±1.91	0.718	3.55±0.37	3.60±0.37	0.468	4.71±0.40	4.77±0.27	0.378
第 42 天 Day 42	4.69±1.40	4.95±1.75	0.393	3.58±0.32	3.67±0.35	0.143	4.67±0.35	4.79±0.27	0.051
第 56 天 Day 56	6.02±1.96	5.83±1.54	0.587	3.59±0.29	3.69±0.55	0.268	4.61±0.39	4.68±0.34	0.341
第 70 天 Day 70	6.11±2.03	6.60±2.19	0.242	3.64±0.42	3.62±0.42	0.782	4.50±0.40 ^a	4.65±0.30 ^b	0.029
加入添加剂后平均值 Mean after adding additives	4.98±2.00	5.11±2.06	0.433	3.58±0.34	3.64±0.41	0.056	4.66±0.38 ^a	4.75±0.33 ^b	0.005

由表 5 可知, 试验第 42 天, 试验组乳非脂固体物含量显著高于对照组 ($P < 0.05$); 试验组乳非脂固体物含量平均值比对照组高 1.32%, 差异显著

($P < 0.05$)。试验组乳总固体物含量平均值比对照组高 2.01%, 但差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 5 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛乳非脂固体物、总固体物含量的影响

Table 5 Effects of cordyceps fungus feed additives on milk non-fat solids and total solids contents of dairy cows

项目 Items	非脂固体物 Non-fat solids			总固体物 Total solids		
	对照组 Control group	试验组 Trial group	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	对照组 Control group	试验组 Trial group	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
第 0 天 Day 0	9.07±0.39	9.16±0.43	0.317	12.23±1.13	12.31±1.25	0.746
第 14 天 Day 14	9.10±0.39	9.20±0.55	0.276	11.94±1.04	12.21±0.96	0.168
第 28 天 Day 28	9.06±0.55	9.19±0.41	0.188	14.20±1.67	14.44±1.91	0.501
第 42 天 Day 42	9.06±0.40 ^a	9.28±0.41 ^b	0.006	13.69±1.41	14.16±1.78	0.126
第 56 天 Day 56	8.98±0.40	9.15±0.58	0.112	14.96±1.99	14.95±1.62	0.988
第 70 天 Day 70	8.94±0.51	9.06±0.50	0.251	15.02±2.21	15.62±2.14	0.166
加入添加剂后平均值 Mean after adding additives	9.06±0.45 ^a	9.18±0.50 ^b	<0.001	13.96±2.05	14.24±2.06	0.113

2.4 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛乳中 SCC 的影响

由表 6 可知, 在奶牛饲料中加入虫草类真菌饲料添加剂可以在一定程度上降低奶牛乳中 SCC。试验第 0 天, 试验组乳中 SCC 高于对照组 ($P > 0.05$), 试验组乳中 SCC 为 29.30 万个/mL, 对

照组为 25.99 万个/mL。试验第 14 天以后, 试验组乳中 SCC 均低于对照组 ($P > 0.05$)。试验第 70 天, 试验组乳中 SCC 为 23.44 万个/mL, 对照组为 42.38 万个/mL, 试验组乳中 SCC 有低于对照组的趋势 ($P = 0.064$)。试验组乳中 SCC 平均值比对照组低 34.69%, 且差异显著 ($P < 0.05$)。

表 6 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛乳中 SCC 的影响

Table 6 Effects of cordyceps fungus feed additives on somatic cell count in milk of dairy cows 万个/mL

项目 Items	对照组 Control group	试验组 Trial group	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value
第 0 天 Day 0	25.99±34.30	29.30±46.43	0.691
第 14 天 Day 14	29.24±63.87	18.66±19.41	0.255
第 28 天 Day 28	31.41±47.21	23.88±22.77	0.323
第 42 天 Day 42	49.05±124.79	28.71±72.97	0.314
第 56 天 Day 56	41.82±107.21	33.72±37.17	0.622
第 70 天 Day 70	42.38±70.47	23.44±18.53	0.064
加入添加剂后平均值 Mean after adding additives	39.09±88.91 ^a	25.53±39.74 ^b	0.023

2.5 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛肠道完整性的影响

由表 7 可知, 各时间点试验组的血浆 *D*-乳酸含量、二胺氧化酶活性与对照组差异均不显著 ($P > 0.05$)。试验第 70 天, 试验组的血浆 *D*-乳酸含量分别比第 0 天、第 42 天时低 19.55%、21.18%, 且

差异显著 ($P < 0.05$); 试验组的血浆二胺氧化酶活性量有下降趋势 ($P = 0.077$)。

2.6 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛营养物质表观消化率的影响

由表 8 可知, 试验第 42 天和第 70 天, 试验组 DM、CP、EE、NDF 和 ADF 表观消化率与对照组差

异不显著 ($P>0.05$) ,但第 70 天试验组 EE 表观消化率有上升趋势 ($P=0.059$) 。试验组第 70 天时, DM、CP、EE、NDF 和 ADF 表观消化率分别比第 42

天时提高了 4.43%、6.56%、4.68%、12.11% 和 14.09%。

表 7 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛肠道完整性的影响

Table 7 Effects of cordyceps fungus feed additives on intestinal integrity of dairy cows

项目 Items	<i>D</i> -乳酸 <i>D</i> -lactate/(ng/mL)			二胺氧化酶 Diamine oxidase/(U/mL)		
	对照组	试验组	<i>P</i> 值	对照组	试验组	<i>P</i> 值
	Control group	Trial group	<i>P</i> -value	Control group	Trial group	<i>P</i> -value
第 0 天 Day 0	48.39±15.25	53.96±10.37 ^A	0.287	16.55±3.51	18.77±3.70	0.146
第 42 天 Day 42	49.33±6.26	55.18±12.89 ^A	0.171	14.89±2.77	15.77±2.64	0.437
第 70 天 Day 70	42.93±9.93	43.41±8.83 ^B	0.898	16.12±3.35	16.85±3.62	0.606
<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.292	0.019		0.454	0.077	

同列数据肩标无母或字母相同表示组内差异不显著 ($P>0.05$) ,不同大写字母表示组内差异显著 ($P<0.05$) 。

In the same column , values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference in same group ($P>0.05$) , while with different capital letter superscripts mean significant difference in same group ($P<0.05$) .

表 8 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛营养物质表观消化率的影响

Table 8 Effects of cordyceps fungus feed additives on nutrients apparent digestibility of dairy cows %

时间 Time	项目 Items	干物质 DM	粗蛋白质 CP	粗脂肪 EE	中性洗涤纤维 NDF	酸性洗涤纤维 ADF
第 42 天 Day 42	对照组 Control group	74.25±9.22	66.67±8.22	88.32±2.25	58.46±14.57	55.50±13.72
	试验组 Trial group	67.78±6.69	62.63±8.41	81.67±5.81	48.70±11.89	44.35±11.10
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.125	0.306	0.105	0.192	0.118
第 70 天 Day 70	对照组 Control group	69.72±2.48	65.11±2.50	81.03±4.31	56.14±4.14	52.82±5.44
	试验组 Trial group	70.78±2.42	66.74±2.76	85.49±5.49	54.60±5.45	50.60±6.91
	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	0.311	0.150	0.059	0.452	0.398

同列数据肩标无字母表示差异不显著 ($P>0.05$) 。

In the same column , values with no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$) .

3 讨论

3.1 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛生产性能的影响

养殖奶牛的盈亏主要取决于奶牛的生产性能,所以提高奶牛产奶量和乳品质是增加养殖奶牛收益的主要手段。牛奶丰富的乳蛋白中含有人体所需的所有必需氨基酸,且消化率高达 98%^[17]。本试验的结果表明,虫草类真菌饲料添加剂对奶牛产奶量没有影响。试验期间 2 组奶牛产奶量呈下降趋势,分析其原因可能是随着试验进行,试验奶牛泌乳天数增加,逐渐接近泌乳后期,导致产奶量下降。与对照组相比,饲喂虫草类真菌饲料添加剂后,试验组乳成分含量都有一定程度地提高,其中乳糖率、乳非脂固体物含量显著

提高。前人研究证明,虫草类真菌饲料添加剂中的主要活性成分虫草酸、虫草素等具有抗菌、抗病毒作用^[18-19],能够减少瘤胃中有害菌的数量,提高瘤胃微生物对氨的利用效率和瘤胃微生物蛋白产量,从而提高奶牛乳蛋白率;此外,瘤胃内有害微生物数量的减少能使碳水化合物的发酵能力提高,产生大量的挥发性脂肪酸,其中丙酸可维持牛奶中乳糖含量,同时血液中葡萄糖含量升高可促进乳糖的合成。所以乳中乳蛋白率、乳糖率的提高使乳品质得到改善。

3.2 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛乳中 SCC 的影响

奶牛乳中 SCC 是体现奶牛乳腺健康状况的重要指标,当奶牛乳腺被细菌感染引起炎症时,乳中的 SCC 会迅速上升,其中起抗炎作用的主要为嗜

中性粒细胞^[20]。奶牛乳中 SCC 正常范围为 20 万~30 万个/mL,在此基础上乳中 SCC 越高则说明其患乳房炎的程度越严重^[21]。高 SCC 会使奶牛产奶量下降,同时还会影响乳成分的组成。本试验中,虫草类真菌饲料添加剂可显著降低乳中 SCC。有文献报道,虫草类真菌饲料添加剂可以增加奶牛肠道益生菌的数量^[8]。益生菌在成为肠道中的优势菌群时,可以与有害菌争夺生存空间以及营养物质,同时产生抗菌肽杀灭主要引起乳房炎和 SCC 升高的病菌(如大肠杆菌)^[22]。此外,Dimri 等^[23]报道,抗氧化剂的摄入能够使水牛的抗氧化功能提高,从而使其乳中 SCC 降低。李洋等^[24]试验证明,虫草类真菌饲料添加剂能够改善 SD 大鼠机体的抗氧化能力。因此,本试验奶牛乳中 SCC 的降低可能与虫草类真菌饲料添加剂可以增加奶牛肠道益生菌数量及其具有的抗氧化功能有关。

3.3 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛肠道完整性的影响

D-乳酸由动物胃肠道多种细菌发酵产生。哺乳动物没有 D-乳酸脱氢酶,D-乳酸不能被快速代谢分解,当肠黏膜受损时,肠道内的 D-乳酸通过受损的肠黏膜经循环进入血液,所以在肠道完整性受损时,可以检测到血浆中 D-乳酸含量升高^[25]。二胺氧化酶是存在于哺乳动物小肠黏膜绒毛上层细胞中的一种细胞内酶。当机体肠黏膜受损时,血浆二胺氧化酶活性会升高^[26]。Fukudome 等^[27]试验表明,小鼠血浆二胺氧化酶活性升高与其肠道黏膜受损有关。因此,检测血浆 D-乳酸含量、二胺氧化酶活性可反映动物的肠道完整性。目前有关虫草类真菌饲料添加剂对奶牛肠道完整性的研究报道较少。本试验结果说明,在连续饲喂 70 d 后,虫草类真菌饲料添加剂对维护奶牛肠道完整性有一定的提高作用,但是虫草类真菌饲料添加剂降低奶牛血浆 D-乳酸含量的机理尚不清楚,有待进一步研究。

3.4 虫草类真菌饲料添加剂对奶牛营养物质表观消化率的影响

奶牛的营养物质表观消化率可以反映其消化能力,也与奶牛生产性能息息相关。李洋等^[8]报道,虫草类真菌饲料添加剂可以提高奶牛 DM、CP 的表观消化率。本试验结果与上述报道结果不同。本试验中,试验组营养物质表观消化率的变

化趋势与肠道完整性相似。试验第 42 天时,试验组奶牛营养物质表观消化率和肠道完整性均低于对照组;试验第 70 天时,试验组奶牛肠道完整性有所提高并与对照组相近,各种营养物质的表观消化率也有所提高或高于对照组,且粗脂肪表观消化率有上升趋势。以此推测,本试验中虫草类真菌饲料添加剂未能显著提高奶牛表观消化率的原因可能与试验组奶牛肠道完整性低于对照组有关。

4 结 论

饲料中添加虫草类真菌饲料添加剂可显著提高奶牛乳糖率、乳非脂固体物含量,显著降低乳中 SCC,降低奶牛血浆 D-乳酸含量,提高奶牛肠道完整性。

参考文献:

- [1] 李苗云,葛长荣.中草药添加剂应用于畜禽的研究[J].兽药与饲料添加剂,2003,8(2):27-29.
- [2] 魏建忠,张玮,李郁,等.地顶孢霉培养物对保育仔猪生产性能及免疫水平的影响[J].中国畜牧兽医,2009,36(2):33-35.
- [3] 孙汉巨,李晓祥,丁琦,等.虫草饲料添加剂对蛋鸭生产性能及鸭蛋品质的影响[J].安徽农业科学,2011,36(6):3618-3620,3626.
- [4] AHN Y J, PARK S J, LEE S G, et al. Cordycepin: selective growth inhibitor derived from liquid culture of *Cordyceps militaris* against *Clostridium* spp. [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2000, 48(7): 2744-2748.
- [5] KOH J H, SUH H J, AHN T S. Hot-water extract from mycelia of *Cordyceps sinensis* as a substitute for antibiotic growth promoters [J]. Biotechnology Letters, 2003, 25(7): 585-590.
- [6] 李洋, 龚秀静, 张立阳, 等.地顶孢霉培养物对奶牛体外发酵的影响[C]//第十一届(2016)中国牛业发展大会论文集.宣汉:中国畜牧业协会,2016:292-300.
- [7] 甘宗辉,杨章平,李云龙,等.奶牛乳房炎的细菌感染与奶中体细胞数及乳成分的关系[J].畜牧兽医学报,2013,44(6):972-979.
- [8] 李洋,龚秀静,张幸怡,等.地顶孢霉培养物对奶牛后肠道与乳中菌群数量、体细胞数及表观消化率的影响[J].动物健康,2017,53(2):110-115.
- [9] NRC. Nutrient requirements of dairy cattle [S]. 7th ed.

Washington D.C.: National Academy Press 2001.

- [10] 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—2006 饲料中水分和其他挥发性物质含量的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [11] 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.
- [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.
- [13] 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.
- [14] 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:中国农业出版社,2008.
- [15] 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 6438—2007 饲料中粗灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.
- [16] 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 23742—2009 饲料中盐酸不溶灰分的测定[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [17] 陆东林,张丹凤,刘新丽,等.牛奶中的氨基酸含量及其营养价值[J].新疆畜牧业,2001(4):12-14.
- [18] 王成明,李磊,杨亲正.虫草活性成分虫草素临床应用研究进展[J].广州化工,2009,37(5):42-43.
- [19] GUO F Q, HUANG L F, LIANG Y Z, et al. Identification and determination of nucleosides in *Cordyceps sinensis* and its substitutes by high performance liquid chromatography with mass spectrometric detection [J]. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 2005, 40(3): 623-630.
- [20] PERSSON K, SANDGREN C H, RODRIGUEZ-MARTINEZ H. Studies of endotoxin-induced neutrophil migration in bovine teat tissues, using indium-111-labeled neutrophils and biopsies [J]. *American Journal of Veterinary Research*, 1992, 53(12): 2235-2240.
- [21] SOUZA F N, BLAGITZ M G, PENNA C F A M, et al. Somatic cell count in small ruminants: friend or foe? [J]. *Small Ruminant Research*, 2012, 107(2/3): 65-75.
- [22] 陈连民, 陈前岭, 王梦芝. 牛奶体细胞数的影响因素及其调控技术[J]. 饲料工业, 2015, 36(7): 15-19.
- [23] DIMRI U, SHARMA M C, SINGH S K, et al. Amelioration of altered oxidant/antioxidant balance of Indian water buffaloes with subclinical mastitis by vitamins A, D₃, E, and H supplementation [J]. *Tropical Animal Health and Production*, 2013, 45(4): 971-978.
- [24] 李洋, 林聪, 许文斌, 等. 地顶孢霉培养物对大鼠生长性能、血清与肝脏抗氧化及免疫指标的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(8): 2657-2666.
- [25] SCHEIJEN J L J M, HANSEN N M J, VAN DE WAARENBURG M P, et al. L(+) and D(-) lactate are increased in plasma and urine samples of type 2 diabetes as measured by a simultaneous quantification of L(+) and D(-) lactate by reversed-phase liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Experimental Diabetes Research*, 2012, 2012: 234812.
- [26] 张剑彬, 甘华, 闵小英, 等. 连续性血液净化对急性重症胰腺炎早期诱导的肠黏膜屏障功能障碍的影响[J]. 中国血液净化, 2011, 10(4): 181-184.
- [27] FUKUDOME I, KOBAYASHI M, DABANAKA K, et al. Diamine oxidase as a marker of intestinal mucosal injury and the effect of soluble dietary fiber on gastrointestinal tract toxicity after intravenous 5-fluorouracil treatment in rats [J]. *Medical Molecular Morphology*, 2014, 47(2): 100-107.

Effects of Cordyceps Fungus Feed Additives on Performance and Intestinal Integrity of Dairy Cows

WANG Yiqun^{1 2} LI Gan² GUO Jiangpeng³ WEN Fuyong⁴ WANG Zhanbin^{1*} GU Xianhong^{2*}

(1. College of Animal Science and Technology, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China;

2. Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 3. Beijing

General Station of Animal Husbandry (South Side), Beijing 100101, China; 4. Animal Disease

Prevention and Control Center of Miyun District, Beijing 101500, China)

Abstract: This experiment was aimed to investigate the effects of cordyceps fungus feed additives on performance and intestinal integrity of dairy cows. One hundred and eighty Holstein dairy cows in mid-lactation with similar parities and days of lactation were randomly allocated to 2 groups with 90 cows in each group. Cows in the control group were fed a basal diet, and the others in trial group were fed the basal diet+30 g/(d·head) cordyceps fungus feed additives. The experiment lasted for 70 days. The results showed as follows: 1) the means of milk yield, milk fat rate, milk protein rate and milk total solids content of trial group were increased by 0.83%, 2.61%, 1.68% and 2.01% compared with the control group ($P>0.05$), and the means of lactose rate and non-fat solids content of trial group were significantly higher than those of the control group ($P<0.05$). 2) The mean of milk somatic cell count of trial group was significantly higher than that of the control group ($P<0.05$). 3) At day 70 of the trial, the plasma D-lactic acid content was significantly lower than that at day 1 and day 42 ($P<0.05$). 4) The apparent digestibility of dry matter, crude protein, crude fat, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of trial group had no significant difference with the control group ($P>0.05$). In conclusion, dietary added cordyceps fungus feed additives can significantly improve the lactose rate and non-fat solids content, significantly decrease the milk somatic cell count, improve the milk quality and intestinal integrity of dairy cows. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2019, 31(11)]

Key words: cordyceps fungus feed additives; dairy cows; performance; somatic cell count; intestinal integrity; apparent digestibility

* Corresponding authors: WANG Zhanbin, professor, E-mail: wangzhanbin3696@126.com; GU Xianhong, professor, E-mail: guxianhong@vip.sina.com