

# 复合植物提取物对乳腺炎奶牛生产性能、乳品质和免疫机能的影响

宋洁<sup>1,2</sup> 王丽芳<sup>1\*</sup> 张腾龙<sup>2</sup> 郭晨阳<sup>2</sup> 钟华晨<sup>1</sup> 张三粉<sup>1</sup> 黄洁<sup>1</sup>

(1.农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(呼和浩特),内蒙古自治区农牧业科学院,呼和浩特 010031;2.内蒙古自治区动物营养与饲料科学重点实验室,内蒙古农业大学动物科学学院,呼和浩特 010018)

**摘要:** 本试验旨在研究复合植物提取物对乳腺炎奶牛生产性能、乳品质和免疫机能的影响,为植物提取物的开发及奶牛乳腺炎的有效防治提供参考依据。选取胎次、体重、泌乳期和泌乳量相近,体细胞数高于 50 万个/mL 的患乳腺炎荷斯坦奶牛 10 头,随机分为 2 组,每组 5 头牛。对照组饲喂全混合日粮;试验组在饲喂全混合日粮基础上,按照每头牛每天干物质饲喂量的 0.3% 添加复合植物提取物。试验期 60 d,其中预试期 15 d,正试期 45 d。结果表明:1) 第 15、30、45 天,试验组产奶量显著高于对照组( $P<0.05$ )。试验组第 30 天产奶量显著高于第 45 天( $P<0.05$ )。2) 第 15 天,试验组干物质采食量显著高于对照组( $P<0.05$ )。3) 第 45 天,试验组乳蛋白率显著高于对照组( $P<0.05$ )。第 30、45 天,试验组乳糖率显著高于对照组( $P<0.05$ );试验组第 30 天乳糖率显著高于第 1 天( $P<0.05$ )。第 30、45 天,试验组非脂乳固体含量显著高于对照组( $P<0.05$ );试验组第 45 天非脂乳固体含量显著高于第 1 天( $P<0.05$ )。4) 第 30 天,试验组体细胞数显著低于对照组( $P<0.05$ )。5) 试验组第 15 天血清白细胞介素-4 含量显著高于第 45 天( $P<0.05$ )。由此可见,饲料中添加复合植物提取物能够提高乳腺炎奶牛产奶量和干物质采食量,改善乳品质,降低体细胞数,增强机体抗炎能力。

**关键词:** 复合植物提取物;奶牛;乳腺炎;生产性能;乳品质;免疫

中图分类号:S823

文献标识码:A

文章编号:1006-267X(2020)12-5724-09

乳腺炎是全球公认的发病率最高的奶牛疾病,直接导致奶牛乳腺组织炎性损伤、乳腺细胞分泌功能下降、体细胞数增加,从而影响牛奶产量和质量,给奶牛养殖业带来了巨大的经济损失<sup>[1]</sup>。抗生素是治疗乳腺炎的首选药物,然而由于长期反复使用,引发病原菌耐药性及抗生素残留问题,严重危害人类健康<sup>[2]</sup>。欧盟和美国分别于 2003 和 2017 年起先后做出限用或禁用抗生素作为饲料添加剂的决定<sup>[3]</sup>。我国农业农村部规定,于 2020 年底全面禁止使用饲用抗生素,因此,寻找

抗生素替代物迫在眉睫<sup>[4]</sup>。植物提取物是植物在发育过程中天然产生的次生代谢产物,具有丰富的生物多样性和巨大的药用潜力,是理想的抗生素替代物<sup>[5]</sup>,其开发利用对于防治奶牛乳腺炎、提升牛奶质量、保障人类健康及促进奶牛养殖业健康发展具有重要研究意义。金银花、益母草、蒲公英、连翘是传统的清热解毒类植物,因地域分布范围广、易于采集、功效显著而在奶牛疾病防治中广泛应用。前人研究表明,其提取物中富含多酚、精油、生物碱、皂苷、多糖等活性物质,不仅能改善奶

收稿日期:2020-05-09

基金项目:国家自然科学基金(31860663);内蒙古科技厅成果转化项目(CGZH2018159);内蒙古农牧业科学院创新基金(2017CXJIM09);内蒙古农牧业科学院青年创新基金(2020QNJJMO2)

作者简介:宋洁(1988—),女,内蒙古呼和浩特人,博士研究生,从事生鲜乳质量和风险评估研究。E-mail: 596509223@qq.com

\* 通信作者:王丽芳,研究员,E-mail: wanglifang100008@163.com

牛生产性能、提升泌乳功能、增强免疫力,还能有效抑制病原微生物、缓解机体炎症反应,防治奶牛疾病的疗效可与抗生素相当,甚至优于抗生素<sup>[6-7]</sup>。目前采用金银花、益母草、蒲公英、连翘植物提取物防治奶牛乳腺炎多采用乳房灌注剂或喷剂<sup>[8-9]</sup>,对于全株植物提取物混合饲喂效果的研究较少,因此有必要开展植物提取物混合饲喂对于奶牛乳腺炎防治效果的研究。本试验通过在乳腺炎奶牛饲料中添加复合植物提取物,研究其对乳腺炎奶牛产奶量、干物质采食量、乳成分、体细胞

数及血清免疫指标的影响,旨在为植物提取物的开发及奶牛乳腺炎的有效防治提供参考依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

本试验所需金银花、益母草、连翘、蒲公英4种植物提取物购于南京某公司,提取工艺条件为:乙醇浓度55%,提取温度95℃,提取2h。植物提取物中主要活性成分含量由武汉迈特维尔生物科技有限公司测定,详见表1。

表1 植物提取物中主要活性成分含量

Table 1 Contents of main active components in plant extracts<sup>[4]</sup>

项目 Items	黄酮及衍生物 Flavonoids and their derivatives	核苷酸及其衍生物 Nucleotides and their derivatives	氨基酸及其衍生物 Amino acids and their derivatives	脂质类 Lipids	有机酸及其衍生物 Organic acids and their derivatives
益母草 Motherwort	23.96	12.33	10.66	23.96	18.76
金银花 Honeysuckle	21.02	15.59	5.88	5.97	7.53
连翘 <i>Forsythia suspense</i>	11.89	2.97	5.69	15.68	20.83
蒲公英 Dandelion	8.90	10.88	7.23	25.45	21.35

### 1.2 试验设计

试验于2019年5—7月在内蒙古呼和浩特市托克托县建亭牧场开展。选取胎次、体重、泌乳期及泌乳量相近,体细胞数高于50万个/mL的乳腺炎荷斯坦奶牛10头,随机分为2组,每组5头牛。对照组饲喂全混合日粮(TMR);试验组在饲喂TMR基础上,根据前期体外批次试验结果,按照每头牛每天干物质饲喂量的0.3%添加复合植物提取物(由连翘、蒲公英、益母草、金银花4种全株植物乙醇提取物按重量比1:1:1:1混合制成)。试验期60d,其中预试期15d,正试期45d。

### 1.3 基础饲料

奶牛的营养需要参照NRC(2001)奶牛饲养标准配制,以TMR形式饲喂,基础饲料组成及营养水平见表2。

### 1.4 饲养管理

奶牛饲养管理方式均按照牧场现有方式。每天06:00和17:00分别进行TMR投料,奶牛自由采食,准确记录投料量和余料量。每天07:00和18:00各挤奶1次,准确记录产奶量。

表2 基础饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 2 Composition and nutrients levels of the basal diet (air-dry basis)

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
青贮 Silage	30.46
苜蓿 Alfalfa hay	18.84
玉米 Corn	23.12
豆粕 Soybean meal	8.92
棉籽粕 Cottonseed meal	4.87
干酒糟及其可溶物 DDGS	2.03
喷浆玉米皮 Corn husk spray	5.07
麸皮 Bran	3.13
非蛋白氮 NPN	0.41
石粉 Limestone	0.91
磷酸氢钙 CaHPO <sub>4</sub>	0.41
氯化钠 NaCl	0.51
氧化镁 MgO	0.25
小苏打 NaHCO <sub>3</sub>	0.51
脂肪粉 Fat powder	0.46
预混料 Premix <sup>1)</sup>	0.11
抗氧化剂 Antioxidant <sup>2)</sup>	0.01
合计 Total	100.00

续表 2

项目 Items	含量 Content
营养水平 Nutrient levels <sup>3)</sup>	
泌乳净能 NE <sub>L</sub> /(MJ/kg)	2.93
干物质 DM	50.26
粗蛋白质 CP	15.82
粗脂肪 EE	2.74
中性洗涤纤维 NDF	30.41
酸性洗涤纤维 ADF	22.19
粗灰分 Ash	7.83
钙 Ca	0.80
磷 P	0.18

1) 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of the diet: VA 480 IU, VE 35 000 IU, VD<sub>3</sub> 150 IU, Cu (as copper sulfate) 14 g, Co (as cobalt chloride) 0.3 g, Mn (as manganese sulfate) 40 g, Zn (as zinc sulfate) 50 g, I (as potassium iodide) 600 mg, Se (as sodium selenite) 400 mg。

2) 抗氧化剂主要成分为 The main components of antioxidant were: 乙氧基喹啉 ethoxyquin 52%~60%, 没食子酸丙酯 propyl gallate 2%~5%。

3) 泌乳净能为计算值<sup>[10]</sup>, 其余均为实测值。NE<sub>L</sub> was a calculated value<sup>[10]</sup>, while the others were measured values.

## 1.5 样品的采集与测定

### 1.5.1 乳样的采集与测定

于试验期第 1、15、30、45 天采集奶样, 按早: 晚=6:4 混合, 取 50 mL 加入溴硝丙二醇防腐剂, 置于 4 ℃ 条件下保存, 用于乳中体细胞数测定及乳成分分析。其中乳脂率、乳蛋白率、乳糖率及非脂乳固体、总固体含量采用 FOSS Milkoscan

FT120 测定, 体细胞数采用 Chemometec SCC-100 测定。

### 1.5.2 血样的采集与测定

在试验期第 1、15、30、45 天晨饲前, 每头牛使用尾静脉采血方式采集血液样品 10 mL。室温静止 30 min 后 3 000×g、4 ℃ 离心 15 min, 取血清于 -20 ℃ 冷冻保存。

血清免疫球蛋白 A (IgA)、免疫球蛋白 M (IgM)、免疫球蛋白 G (IgG)、白细胞介素-2 (IL-2)、白细胞介素-4 (IL-4)、肿瘤坏死因子-α (TNF-α) 含量采用酶联免疫法, 试剂盒由南京建成生物工程研究所提供, 通过 Multiskan FC 型酶标仪(赛默飞世尔仪器有限公司)进行测定。

## 1.6 数据统计与分析

试验结果以“平均值±标准误”表示, 采用 SPSS 20.0 软件的 GLM 方法进行方差分析, 并用 Duncan 氏法进行多重比较, 以  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 结果

### 2.1 复合植物提取物对乳腺炎奶牛产奶量的影响

由表 3 可知, 饲料中添加复合植物提取物能明显提升试验期乳腺炎奶牛产奶量, 且随着时间的增加呈先升高后降低趋势。试验第 15、30、45 天, 试验组产奶量比对照组依次显著提高了 6.5、6.4、3.1 kg/d ( $P < 0.05$ ), 增幅分别为 65%、57%、31%, 其中第 15 天增幅最高。第 30 天试验组产奶量最高, 为 17.63 kg/d。试验组第 30 天产奶量显著高于第 45 天 ( $P < 0.05$ )。

表 3 复合植物提取物对乳腺炎奶牛产奶量的影响

Table 3 Effects of compound plant extracts on milk yield of dairy cows with mastitis

项目 Items	第 1 天 Day 1	第 15 天 Day 15	第 30 天 Day 30	第 45 天 Day 45
对照组 Control group	13.60±1.60	10.00±2.08 <sup>B</sup>	11.25±2.03 <sup>B</sup>	9.75±1.75 <sup>B</sup>
试验组 Test group	14.00±1.95 <sup>ab</sup>	16.50±1.48 <sup>Aab</sup>	17.63±1.28 <sup>Aa</sup>	12.80±0.41 <sup>Ab</sup>

同行数据肩标不同小写字母表示不同时间差异显著 ( $P < 0.05$ )。同列数据肩标不同大写字母表示不同组间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference among different time ( $P < 0.05$ ). In the same line, values with different capital letter superscripts mean significant difference between different groups ( $P < 0.05$ ). The same as below.

### 2.2 复合植物提取物对乳腺炎奶牛干物质采食量的影响

由表 4 可知, 第 15 天, 试验组干物质采食量比

对照组显著提高了 0.28 kg/d ( $P < 0.05$ )。第 1、30、45 天, 试验组干物质采食量与对照组相比无显著差异 ( $P > 0.05$ )。

表 4 复合植物提取物对乳腺炎奶牛干物质采食量的影响

Table 4 Effects of compound plant extracts on dry matter intake of dairy cows with mastitis kg/d

项目 Items	第 1 天 Day 1	第 15 天 Day 15	第 30 天 Day 30	第 45 天 Day 45
对照组 Control group	19.71±0.10	19.33±0.02 <sup>B</sup>	19.68±0.04	20.32±0.06
试验组 Test group	19.87±0.06	19.61±0.07 <sup>A</sup>	19.58±0.07	20.20±0.06

### 2.3 复合植物提取物对乳腺炎奶牛乳成分的影响

由表 5 可知,与对照组相比,试验组各时间点乳脂率无显著差异( $P>0.05$ );试验组各时间点乳脂率呈现出先增高后降低趋势,其中第 15 天最高,为 4.02%。第 45 天,试验组乳蛋白率比对照组显著提高了 14% ( $P<0.05$ )。第 30、45 天,试验组乳糖率比对照组显著提高了 9% 和 7% ( $P<0.05$ );

试验组第 30 天乳糖率最高,显著高于第 1 天 ( $P<0.05$ )。第 30、45 天,试验组非脂乳固体含量比对照组显著提高了 7% 和 9% ( $P<0.05$ );试验组第 45 天非脂乳固体含量显著高于第 1 天 ( $P<0.05$ )。与对照组相比,试验组各时间点总固体含量无显著差异 ( $P>0.05$ ),但试验组第 15 天总固体含量最高。

表 5 植物提取物对乳腺炎奶牛乳成分的影响

Table 5 Effects of plant extracts on milk components of dairy cows with mastitis %

项目 Items	组别 Groups	第 1 天 Day 1	第 15 天 Day 15	第 30 天 Day 30	第 45 天 Day 45
乳脂率 Milk fat percentage	对照组 Control group	3.54±0.27	3.82±0.50	3.71±0.30	4.06±0.34
	试验组 Test group	3.37±0.13	4.02±0.47	3.99±0.36	3.67±0.18
乳蛋白率 Milk protein percentage	对照组 Control group	3.59±0.16	3.54±0.07	3.53±0.20	3.39±0.10 <sup>B</sup>
	试验组 Test group	3.77±0.08	3.89±0.15	3.78±0.06	3.87±0.09 <sup>A</sup>
乳糖率 Lactose percentage	对照组 Control group	4.64±0.09	4.35±0.11	4.42±0.15 <sup>B</sup>	4.43±0.13 <sup>B</sup>
	试验组 Test group	4.39±0.20 <sup>b</sup>	4.63±0.12 <sup>ab</sup>	4.82±0.06 <sup>Aa</sup>	4.76±0.04 <sup>Ab</sup>
非脂乳固体 Non-fat milk solid	对照组 Control group	8.90±0.17	8.97±0.24	8.72±0.25 <sup>B</sup>	8.61±0.08 <sup>B</sup>
	试验组 Test group	8.89±0.25 <sup>b</sup>	9.32±0.10 <sup>ab</sup>	9.36±0.06 <sup>Aab</sup>	9.39±0.11 <sup>Aa</sup>
总固体 Total solid	对照组 Control group	12.49±0.49	12.32±0.34	12.60±0.51	12.21±0.62
	试验组 Test group	12.51±0.26	13.20±0.25	13.17±0.40	13.02±0.34

### 2.4 复合植物提取物对乳腺炎奶牛体细胞数的影响

由表 6 可知,与对照组相比,第 30 天,试验组

体细胞数显著减少了 66% ( $P<0.05$ );第 1、15、45 天,试验组体细胞数有所降低,分别减少了 7%、30%、40%,但差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 6 复合植物提取物对乳腺炎奶牛体细胞数的影响

Table 6 Effects of compound plant extracts on somatic cell count of dairy cows with mastitis  $\times 10^4$  个/mL

项目 Items	第 1 天 Day 1	第 15 天 Day 15	第 30 天 Day 30	第 45 天 Day 45
对照组 Control group	155.7±30.8	148.7±33.3	166.1±33.9 <sup>A</sup>	128.8±32.8
试验组 Test group	144.5±29.2	103.6±28.1	56.7±11.8 <sup>B</sup>	77.5±29.2

### 2.5 复合植物提取物对乳腺炎奶牛血清免疫指标的影响

由表 7 可知,与对照组相比,试验组各时间点血清 TNF- $\alpha$  含量无显著差异 ( $P>0.05$ )。第 15 天,试验组血清 IL-2 含量比对照组降低了 35%,但

差异不显著 ( $P>0.05$ )。试验组血清 IL-4 含量随着时间的增加先升高后降低,第 15 天血清 IL-4 含量最高,显著高于第 45 天 ( $P<0.05$ )。与对照组相比,试验组各时间点血清 IgA、IgG、IgM 含量无显著差异 ( $P>0.05$ )。

表 7 复合植物提取物对乳腺炎奶牛血清免疫指标的影响

Table 7 Effects of compound plant extracts on serum immune indexes of dairy cows with mastitis

项目 Items	组别 Groups	第 1 天 Day 1	第 15 天 Day 15	第 30 天 Day 30	第 45 天 Day 45
肿瘤坏死因子- $\alpha$ TNF- $\alpha$ /(ng/L)	对照组 Control group	131.50 $\pm$ 26.50	130.33 $\pm$ 14.10	173.00 $\pm$ 26.56	187.25 $\pm$ 13.02
	试验组 Test group	127.00 $\pm$ 20.11	130.40 $\pm$ 13.54	180.50 $\pm$ 13.50	174.50 $\pm$ 22.50
白细胞介素-2 IL-2/(ng/L)	对照组 Control group	175.00 $\pm$ 25.21	189.00 $\pm$ 33.00	121.00 $\pm$ 9.00	110.90 $\pm$ 16.80
	试验组 Test group	172.00 $\pm$ 25.54	122.40 $\pm$ 15.59	135.50 $\pm$ 6.06	118.50 $\pm$ 12.50
白细胞介素-4 IL-4/(ng/L)	对照组 Control group	105.90 $\pm$ 6.74	114.80 $\pm$ 13.20	124.00 $\pm$ 10.02	92.88 $\pm$ 9.25
	试验组 Test group	101.92 $\pm$ 9.03 <sup>ab</sup>	137.20 $\pm$ 14.06 <sup>a</sup>	119.00 $\pm$ 8.00 <sup>ab</sup>	90.83 $\pm$ 10.66 <sup>b</sup>
免疫球蛋白 A IgA/(mg/mL)	对照组 Control group	31.20 $\pm$ 3.42	25.75 $\pm$ 5.95	46.75 $\pm$ 9.25	37.25 $\pm$ 9.09
	试验组 Test group	38.85 $\pm$ 10.54	32.54 $\pm$ 3.10	35.45 $\pm$ 5.72	24.18 $\pm$ 2.33
免疫球蛋白 G IgG/(mg/mL)	对照组 Control group	55.50 $\pm$ 9.21	48.83 $\pm$ 10.27	48.15 $\pm$ 4.98	45.30 $\pm$ 5.93
	试验组 Test group	45.53 $\pm$ 1.58	50.94 $\pm$ 3.71	47.58 $\pm$ 3.66	43.35 $\pm$ 5.45
免疫球蛋白 M IgM/(mg/mL)	对照组 Control group	53.50 $\pm$ 12.40	22.40 $\pm$ 11.10	34.90 $\pm$ 5.60	25.27 $\pm$ 7.37
	试验组 Test group	40.65 $\pm$ 12.03	28.60 $\pm$ 6.06	35.05 $\pm$ 9.85	23.20 $\pm$ 8.66

### 3 讨论

#### 3.1 复合植物提取物对乳腺炎奶牛产奶量的影响

产奶量高低是判断奶牛泌乳性能好坏的关键指标,直接影响奶牛养殖场的经济效益<sup>[11]</sup>。乳腺炎会导致奶牛乳腺组织炎性病变,乳腺上皮细胞数量和活性降低,乳腺分泌功能受损,造成奶牛产奶量的减少。研究表明,黄酮类、酚类、有机酸等植物提取物能够明显提升乳腺炎奶牛泌乳功能<sup>[12]</sup>。本试验通过活性成分测定发现,金银花、益母草、连翘、蒲公英提取物中黄酮类和有机酸类占比较高,饲喂 4 种植物混合提取物能显著增加乳腺炎奶牛产奶量。Olagaray 等<sup>[13]</sup>给奶牛连续 60 d 饲喂黄芩提取物能显著降低乳腺炎发病率,增加 305 d 全期泌乳量,提升乳腺健康状态,这可能与黄芩提取物中的黄酮类化合物增强了奶牛泌乳适应性有关。侯昆等<sup>[14]</sup>研究发现,在饲料中分别添加 30 g/d 的竹叶黄酮和 60 g/d 的青蒿提取物能使隐性乳腺炎荷斯坦奶牛产奶量分别增加 8.95% 和 13.24%。其机制可能是竹叶黄酮和青蒿提取物中黄酮类化合物能够促进催乳素的释放,并通过催乳素受体(PRLR)介导,启动信号转导与转录因子 5(STAT5)信号通路,影响奶牛乳腺上皮细胞分泌功能,进而改善乳腺炎奶牛产奶性能<sup>[15]</sup>。

产奶量作为奶牛最重要的生产指标,受高温影响显著<sup>[16]</sup>。长期暴露于高温条件下会抑制奶牛催乳素分泌,使 STAT5 失活,从而导致乳腺上皮

细胞总数减少,奶牛产奶量下降<sup>[17]</sup>。本试验第 45 天时,对照组和试验组奶牛产奶量与第 1 天相比分别降低了 28% 和 9%。这可能是由于试验进入 7 月份,夏季高温引发热应激问题,导致对照组和试验组乳腺炎奶牛产奶量均有所减少,但对照组产奶量降幅波动比试验组更大,表明饲料中添加复合植物提取物能在一定程度上缓解热应激对乳腺炎奶牛泌乳性能造成的负面影响。这与郭旭东等<sup>[18]</sup>、Fabris 等<sup>[19]</sup>、Gao 等<sup>[20]</sup>和李军涛等<sup>[21]</sup>提出的芦丁、 $\gamma$ -氨基丁酸等植物提取物能减小应激刺激,改善奶牛泌乳性能的研究结果一致,植物提取物可能通过催乳素调控 STAT5 信号转导减轻了热应激对奶牛产奶量的影响。上述结果说明,复合植物提取物能在一定程度上提高乳腺炎奶牛的产奶性能,延缓由于热应激造成的产奶量下降趋势。

#### 3.2 复合植物提取物对乳腺炎奶牛乳品质的影响

乳脂、乳蛋白、乳糖等是构成牛奶营养品质的主要物质基础,既涉及食品质量安全与消费者身体健康,又决定着牛奶经济价值与乳企核心竞争力<sup>[18]</sup>。当泌乳奶牛受到乳腺炎致病菌刺激时,乳成分会发生明显变化。奶牛患乳腺炎后机体产生大量蛋白水解酶,乳蛋白分解使乳蛋白率下降<sup>[21]</sup>。本试验中,试验组第 45 天乳蛋白率显著提高,表明饲料中添加复合植物提取物能在一定程度上提升乳腺炎奶牛乳蛋白含量。徐腾腾等<sup>[4]</sup>发现,金银花、益母草、连翘、蒲公英复合提取物能显著提高健康奶牛试验第 60 天乳蛋白率,与本研究结果

一致。乳腺炎奶牛乳中白细胞数量增加会产生大量脂解酶,破坏脂肪球膜,乳脂肪被分解为大量游离脂肪酸,造成乳脂率降低<sup>[22]</sup>。姚琨等<sup>[23]</sup>研究表明,杜仲叶提取物中含有黄酮类、多糖类以及氨基酸等多种营养活性物质,能促进乳腺炎奶牛饲料养分的吸收,提高机体内乳脂的合成,增加乳脂率。本研究中,乳腺炎奶牛乳脂率未受复合植物提取物显著影响,可能是由于奶牛产奶量增加导致“稀释效应”,抵消了乳脂率的下降,使得乳脂率维持不变。乳糖能够维持乳汁渗透压,是决定产奶量的重要因素,乳腺炎改变了奶牛乳腺血乳屏障渗透性,使得葡萄糖难以到达乳腺,导致乳糖合成率降低<sup>[24]</sup>。本试验通过给乳腺炎奶牛添加复合植物提取物,显著提高了第 30、45 天乳糖率,进而促进了同期产奶量的增加。姚橹等<sup>[25]</sup>给隐性乳腺炎奶牛饲喂富含绿原酸、珊瑚苷、多糖及黄酮类等活性成分的提取物,能够显著提升试验第 12 天牛奶中乳糖率,与本研究结果一致。

大肠杆菌等革兰氏阴性菌是诱发奶牛乳腺炎最常见的原因之一。革兰氏阴性菌细胞壁脂多糖(LPS)被认为是奶牛乳腺细胞炎症的重要刺激物,能够抑制奶牛乳腺细胞的增殖,下调乳腺细胞脂肪酸摄取、活化与转运等相关基因表达,从而抑制乳脂合成;影响乳蛋白合成关键基因雷帕霉素靶蛋白(*mTOR*)、核糖 S6 蛋白激酶 1(*S6K1*)、真核翻译起始因子 4E 结合蛋白 1(*4EBP1*)和 *STAT5* mRNA 转录和蛋白表达,减少乳蛋白合成;通过抑制葡萄糖转运蛋白(*GLUT*)基因表达影响乳糖合成<sup>[26-27]</sup>。占今舜<sup>[28]</sup>利用 LPS 诱导建立乳腺细胞炎症模型后,添加苜蓿黄酮能提高 *STAT5* mRNA 表达量,促使 *S6K1* 蛋白磷酸化,增强含嘧啶基因 mRNA 的翻译功能,促进乳蛋白的合成,并能通过上调 *GLUT1*、*GLUT4* 和 *GLUT8* mRNA 的表达量,协助血糖进入乳腺细胞,促进乳糖合成。复合植物提取物能够改善乳腺炎奶牛乳成分,其机制是否与改变乳成分合成相关基因蛋白表达量有关,还有待进一步开展细胞学试验验证。

### 3.3 复合植物提取物对乳腺炎奶牛体细胞数和免疫机能的影响

体细胞数指每毫升乳中的体细胞总数,主要由 98%~99% 的免疫细胞和 1%~2% 的乳腺上皮细胞组成,是反映奶牛乳腺健康的关键指标<sup>[29]</sup>。当病原体侵入乳腺组织后,巨噬细胞、淋巴细胞等

固有免疫细胞和乳腺上皮细胞等可通过模式识别受体(PRR)与病原体相关分子模式(PAMPs)相互作用,从而激活核转录因子- $\kappa$ B(NF)和丝裂原活化蛋白激酶(MAPK)信号途径,在炎症部位立即分泌细胞因子如 TNF- $\alpha$ 、IL-2 和白细胞介素-1 $\beta$ (IL-1 $\beta$ )等,导致炎症级联反应的发生<sup>[30-31]</sup>。随后募集大量嗜中性粒细胞到感染位点参与病原体消除,致使乳中的体细胞数迅速增多,预示乳腺炎的发生。一旦病原菌逃脱固有免疫后,乳腺适应性免疫应答反应被激活,乳腺中将会出现高浓度的免疫球蛋白来清除病原菌或者来减缓炎症反应的程度<sup>[30]</sup>。

存在于天然植物提取物中的生物碱、精油、黄酮类酚类、有机酸等活性成分均具有免疫调节和抗炎特性,能够显著减少乳腺炎奶牛体细胞含量,抑制炎症因子分泌,增强免疫调节功能,从而有效降低奶牛乳腺炎发病率<sup>[32-33]</sup>。本试验中,第 15 天时,给乳腺炎奶牛饲料添加复合植物提取物出现明显抗炎效果,抗炎因子 IL-4 含量提升至试验期最高值,第 30 天体细胞数显著减少,表明炎症介质对乳腺的损伤减弱,促使第 15~45 天产奶量、采食量和乳成分出现不同程度改善。徐腾腾等<sup>[4]</sup>给健康奶牛饲喂金银花、益母草、连翘、蒲公英复合提取物同样能显著降低试验第 30 天体细胞数,降低第 15、30、45、60 天血清 IL-2 含量,增加第 30、45 天血清 IgA 含量,与本研究结果相似。植物提取物的抗炎作用由复杂的细胞机制介导,其中主要与抑制炎症通路关键蛋白磷酸化,进而阻断 NF- $\kappa$ B 和 MAPK 信号途径活化有关<sup>[34]</sup>。金银花、益母草、连翘、蒲公英属于我国传统的清热解毒类植物,被誉为“绿色抗生素”,根据“营养物质活性组学理论”,其作用机制可能是复合植物提取物所含的多种活性成分协同调控的结果。复合植物提取物用于防治奶牛乳腺炎具有良好的抗炎效果,其能否通过抑制乳腺细胞炎症模型 NF- $\kappa$ B、MAPK 信号通路激活及炎症细胞因子分泌来发挥其抗炎作用有待研究。

## 4 结 论

饲料中添加由金银花、益母草、连翘、蒲公英组成的复合植物提取物能提升乳腺炎奶牛产奶量和干物质采食量,改善乳品质,降低体细胞数,增强机体抗炎能力。

## 参考文献:

- [ 1 ] MUSHTAQ S, SHAH A M, SHAH A, et al. Bovine mastitis: an appraisal of its alternative herbal cure [ J ]. *Microbial Pathogenesis*, 2018, 114: 357–361.
- [ 2 ] GOMES F, HENRIQUES M. Control of bovine mastitis: old and recent therapeutic approaches [ J ]. *Current Microbiology*, 2016, 72(4): 377–382.
- [ 3 ] OLAGARAY K E, BRADFORD B J. Plant flavonoids to improve productivity of ruminants—a review [ J ]. *Animal Feed Science and Technology*, 2019, 251: 21–36.
- [ 4 ] 徐腾腾, 张腾龙, 王丽芳, 等. 复合植物提取物对奶牛生产性能及血清免疫、抗氧化指标的影响 [ J ]. *动物营养学报*, 2019, 31(12): 5707–5718.
- [ 5 ] OH J, WALL E H, BRAVO D M, et al. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants: a review [ J ]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(7): 5974–5983.
- [ 6 ] 冯平, 呼凤丽, 敬晓棋, 等. 六味中草药对奶牛乳房炎四种病原菌的体外抑菌试验 [ J ]. *黑龙江畜牧兽医*, 2017(20): 205–209.
- [ 7 ] 厉世伟. 金银花、连翘抑制奶牛乳腺上皮细胞炎症反应的作用研究 [ D ]. 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2013.
- [ 8 ] 韩志帅. 治疗奶牛乳房炎中药灌注剂的研制及其安全性与临床疗效研究 [ D ]. 硕士学位论文. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [ 9 ] 何芳, 伍佰鑫, 周望平, 等. 防治奶牛乳房炎复方中草药喷雾剂的研究与应用 [ J ]. *中国奶牛*, 2019(9): 31–34.
- [ 10 ] 王加启. 现代奶牛养殖科学 [ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [ 11 ] 韩佳良, 刘建新, 刘红云. 热应激对奶牛泌乳性能的影响及其机制 [ J ]. *中国农业科学*, 2018, 51(16): 3159–3170.
- [ 12 ] 宋洁, 胡耀, 敖长金, 等. 植物提取物对奶牛乳房炎的影响及作用机制 [ J ]. *动物营养学报*, 2020, 32(1): 1–6.
- [ 13 ] OLAGARAY K E, BROUK M J, MAMEDOVA L K, et al. Dietary supplementation of *Scutellaria bicalensis* extract during early lactation decreases milk somatic cells and increases whole lactation milk yield in dairy cattle [ J ]. *PLoS One*, 2019, 14(1): e0210744.
- [ 14 ] 侯昆, 童津津, 楚康康, 等. 竹叶黄酮与青蒿提取物对患隐性乳房炎奶牛产奶性能、乳中体细胞数及血清免疫和抗氧化相关指标的影响 [ J ]. *动物营养学报*, 2019, 31(9): 4286–4295.
- [ 15 ] TSUGAMI Y, MATSUNAGA K, SUZUKI T, et al. Isoflavones and their metabolites influence the milk component synthesis ability of mammary epithelial cells through prolactin/STAT5 signaling [ J ]. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2017, 61(10): 1700156.
- [ 16 ] DAHL G E, TAO S, MONTEIRO A P A. Effects of late-gestation heat stress on immunity and performance of calves I [ J ]. *Journal of Dairy Science*, 2016, 99(4): 3193–3198.
- [ 17 ] KOBAYASHI K, TSUGAMI Y, MATSUNAGA K, et al. Moderate high temperature condition induces the lactation capacity of mammary epithelial cells through control of STAT3 and STAT5 signaling [ J ]. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 2018, 23(2): 75–88.
- [ 18 ] 郭旭东, 刁其玉, 屠焰, 等. 芦丁对奶牛泌乳性能和血清指标的影响 [ J ]. *中国农业科学*, 2010, 43(24): 5137–5146.
- [ 19 ] FABRIS T F, LAPORTA J, CORRA F N, et al. Effect of nutritional immunomodulation and heat stress during the dry period on subsequent performance of cows [ J ]. *Journal of Dairy Science*, 2017, 100(8): 6733–6742.
- [ 20 ] GAO R F, YANG H D, JING S F, et al. Protective effect of chlorogenic acid on lipopolysaccharide-induced inflammatory response in dairy mammary epithelial cells [ J ]. *Microbial Pathogenesis*, 2018, 124: 178–182.
- [ 21 ] 李军涛, 葛旭升. 原奶体细胞数对牛奶品质的影响及管控措施 [ J ]. *中国饲料添加剂*, 2015(2): 35–40.
- [ 22 ] GONÇALVES J L, KAMPHUIS C, MARTINS C M M R, et al. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return [ J ]. *Livestock Science*, 2018, 210: 25–32.
- [ 23 ] 姚琨, 毛江, 杜云, 等. 杜仲叶提取物对泌乳奶牛的安全性研究 [ J ]. *动物营养学报*, 2015, 27(8): 2551–2558.
- [ 24 ] LEITNER G, MERIN U, SILANIKOVE N. Effects of glandular bacterial infection and stage of lactation on milk clotting parameters: comparison among cows, goats and sheep [ J ]. *International Dairy Journal*, 2011, 21(4): 279–285.
- [ 25 ] 姚檀, 王建发, 贺显晶, 等. 杜仲提取物对隐性乳房炎奶牛乳品质的影响 [ J ]. *黑龙江畜牧兽医*, 2015(10): 130–131.
- [ 26 ] GUO W J, ZHEN L, ZHANG J X, et al. Effect of

- feeding Rumen-protected capsule containing niacin,  $K_2SO_4$ , vitamin C, and gamma-aminobutyric acid on heat stress and performance of dairy cows[J]. *Journal of Thermal Biology*, 2017, 69:249–253.
- [27] 刘立新. 14-3-3 $\gamma$  调控脂多糖诱导的奶牛乳腺上皮细胞炎症反应和泌乳[D]. 博士学位论文. 哈尔滨: 东北农业大学, 2016:5–8.
- [28] 占今舜. 苜蓿黄酮对奶牛生产性能、瘤胃代谢和免疫性能影响的研究[D]. 博士学位论文. 扬州: 扬州大学, 2017:55–71.
- [29] 宋洁, 张三粉, 敖长金, 等. 内蒙古地区生鲜乳中体细胞数分析及其对产奶量、乳品质的影响[J]. *动物营养学报*, 2019, 31(4):1904–1909.
- [30] SORDILLO M L. Mammary gland immunobiology and resistance to mastitis [J]. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 2018, 34(3):507–523.
- [31] YANG C, LIU P, WANG S, et al. Shikonin exerts anti-inflammatory effects in LPS-induced mastitis by inhibiting NF- $\kappa$ B signaling pathway [J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2018, 505(1):1–6.
- [32] BURMAŃCZUK A, HOLA P, MILCZAK A, et al. Quercetin decrease somatic cells count in mastitis of dairy cows[J]. *Research in Veterinary Science*, 2018, 117:255–259.
- [33] WANG D H, XU N N, ZHANG Z B, et al. Retracted: sophocarpine displays anti-inflammatory effect via inhibiting TLR4 and TLR4 downstream pathways on LPS-induced mastitis in the mammary gland of mice [J]. *International Immunopharmacology*, 2016, 35:111–118.
- [34] SAN Z H, FU Y H, LI W, et al. Protective effect of taraxasterol on acute lung injury induced by lipopolysaccharide in mice[J]. *International Immunopharmacology*, 2014, 19(2):342–335.

## Effects of Compound Plant Extracts on Performance, Milk Quality and Immune Function of Dairy Cows with Mastitis

SONG Jie<sup>1,2</sup> WANG Lifang<sup>1\*</sup> ZHANG Tenglong<sup>2</sup> GUO Chenyang<sup>2</sup>  
ZHONG Huachen<sup>1</sup> ZHANG Sanfen<sup>1</sup> HUANG Jie<sup>1</sup>

(1. *Laboratory of Quality & Safety Risk Assessment for Agricultural Products (Hohhot), Ministry of Agriculture, Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China*; 2. *Inner Mongolia Key Laboratory of Animal Nutrition and Feed Science, College of Animal Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China*)

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the effects of compound plant extracts on the performance, milk quality and immune function of dairy cows with mastitis, so as to provide reference for the development of plant extracts and the effective prevention of mastitis in dairy cows. Ten Holstein mastitis cows with somatic cell count (SCC)  $> 50 \times 10^4$  cells/mL and similar parity, body weight, lactation period and milk yield were randomly divided into two groups with five cows in each group. Cows in the control group were fed a total mixed ration; and cows in the test group were fed 0.3% compound plant extracts according to the amount of dry matter per cow per day based on total mixed ration. The experimental period was 60 days, the pre-feeding period lasted for 15 days, and the formal period lasted for 45 days. The results showed as follows: 1) on days 15, 30 and 45, the milk yield of test group was significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ). The milk yield of test group on day 30 was significantly higher than that of day 45 ( $P < 0.05$ ). 2) On day 15, the dry matter feed intake of test group was significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ). 3) On day 45, the milk protein percentage of test group was significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ). On days 30 and 45, the lactose percentage of test group was significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ); the lactose percentage of test group on day 30 was significantly higher than that of day 1 ( $P < 0.05$ ). On days 30 and 45, the non-fat milk solid content of test group was significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ); the non-fat milk solid content of test group on day 45 was significantly higher than that of day 1 ( $P < 0.05$ ). 4) On day 30, the somatic cell count of test group was significantly lower than that of the control group ( $P < 0.05$ ). 5) The serum interleukin-4 content of test group on day 15 was significantly higher than that of day 45 ( $P < 0.05$ ). In conclusion, dietary compound plant extracts can increase the milk yield and dry matter feed intake, improve the milk quality, reduce the somatic cell count and enhance the body anti-inflammatory ability of dairy cows with mastitis. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2020, 32(12):5724-5732]

**Key words:** compound plant extracts; cows; mastitis; performance; milk quality; immunity