

黄芪多糖对奶牛生产性能、抗氧化能力和免疫功能的影响

李克芳

(沂水县动物疫病预防控制中心, 山东临沂 276400)

摘要: [目的] 探讨黄芪多糖对奶牛生产性能、抗氧化能力和免疫功能的影响, 为提高奶牛养殖效益及健康管理提供理论依据。[方法] 选取72 头胎次、泌乳量及体况相似的奶牛, 随机分为4组: 对照组 (CON)、低剂量组 (APS 1.5)、中剂量组 (APS 3.0) 和高剂量组 (APS 4.5)。对照组饲喂基础日粮, 其余三组在基础日粮中分别添加1.5、3.0、4.5 g/kg黄芪多糖。预试期15 d, 正试期60 d, 期间监测并分析产奶量、乳成分、抗氧化指标及免疫指标。[结果] APS 3.0组日产奶量显著提高, 乳蛋白率、乳脂率及干物质含量有所改善, 体细胞数显著降低; 各试验组血清总抗氧化能力 (T-AOC)、超氧化物歧化酶 (SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性显著升高, 丙二醛 (MDA) 含量显著降低; 添加黄芪多糖组免疫球蛋白IgA、IgM含量显著提高, 肿瘤坏死因子- α (TNF- α) 含量显著降低, 且中剂量组效果最优。[结论]黄芪多糖能显著提升奶牛生产性能, 增强抗氧化能力和免疫功能, 其中3.0 g/kg添加量效果最佳, 具有较高的养殖应用价值。

关键词: 黄芪多糖; 生产性能; 抗氧化; 免疫功能; 奶牛

文章编号: 1671-4393 (2026) 04-0033-06

DOI:10.12377/1671-4393.26.04.06

Effects of Astragalus Polysaccharides on Production Performance, Antioxidant Capacity and Immune Function of Dairy Cows

LI Kefang

(Yishui County Animal Disease Prevention and Control Center, Shandong Linyi 276400)

Abstract: [Objective] To investigate the effects of Astragalus polysaccharides on production performance, antioxidant capacity and immune function of dairy cows, and to provide theoretical basis for improving dairy cattle breeding efficiency and health management.[Method] Seventy-two cows with similar first litter, milk production and body condition were selected and randomly divided into four groups: control group (CON), low-dose group (APS 1.5), medium-dose group (APS 3.0) and high-dose group (APS 4.5). The control group was fed the basal diet, and the other three groups were fed the basal diet supplemented with 1.5, 3.0, and 4.5 g/kg Astragalus

作者简介: 李克芳 (1973-), 女, 山东临沂人, 本科, 高级兽医师, 研究方向为兽医。

polysaccharide, respectively. The pre-experimental period lasted 15 d, and the formal experimental period lasted 60 d. during which milk production, milk composition, antioxidant indicators and immune indicators were monitored and analyzed. [Result] Milk production in the APS 3.0 group was significantly improved, milk protein rate, milk fat rate and dry matter content were improved, and somatic cell number was significantly reduced; serum total antioxidant capacity (T-AOC), superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GSH-Px) activities were significantly increased, and malondialdehyde (MDA) content was significantly reduced in each experiment group; The immunoglobulin IgA and IgM contents in the astragalus polysaccharide-supplemented groups were significantly increased, while the tumor necrosis factor- α (TNF- α) content was significantly decreased, with the medium-dose group showing the optimal effect. [Conclusion] Astragalus polysaccharide can significantly improve the production performance of dairy cows, enhance antioxidant capacity and immune function, among which 3.0 g/kg addition has the best effect and has high application value in breeding.

Keywords: Astragalus polysaccharide; production performance; antioxidant; immune function; dairy cattle

在现代奶牛养殖业中,提升生产性能的同时保障奶牛机体健康,是行业可持续发展的核心议题。随着消费者对乳制品安全与品质的要求不断提高,减少抗生素等化学制剂的使用、推广绿色养殖模式已成为必然趋势。在此背景下,天然植物提取物作为饲料添加剂的研究与应用受到广泛关注,其凭借安全性高、功能多样等优势,逐渐成为替代传统添加剂的重要选择。中草药作为饲料添加剂,能有效促进牛只生长,提升机体抗氧化性能与免疫力,增强抗应激能力,且对畜产品品质改善有积极作用。赵晏等^[1]研究聚焦枸杞多糖对奶牛的影响,结果显示,在基础日粮中添加该成分,不仅能明显优化奶牛生产性能与瘤胃发酵指标,还可显著增强其抗氧化及免疫功能。另有杨希文等^[2]研究发现,在奶牛日粮中添加适量柴胡提取物,能使产奶量显著增加、乳品质得以改善,同时提升机体的抗氧化潜力与免疫水平。这些研究结论为其他中草药提取物在奶牛养殖领域中的应用提供了有力参考,也充分彰显了中草药提取物作为饲料添加剂的广阔应用前景。

黄芪作为我国传统的药食同源中药材,其主要活性成分黄芪多糖(Astragalus Polysaccharides,

APS)的生物学功能已得到大量研究证实,其与柴胡提取物类似,具有抗氧化、抗炎、抗肿瘤、抗病毒、抗应激和细胞保护等作用^[3]。齐紫伊^[4]研究表明,APS能通过激活免疫细胞、促进细胞因子分泌等途径增强动物机体的免疫力,同时可以提高犊牛免疫能力、抗氧化能力以及改善犊牛肠道菌群结构;Sun等^[5]发现,在饲料中添加150 mg/kg的APS显著提高大菱鲆肝脏中的总抗氧化能力(T-AOC)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)和溶菌酶活性,表明APS能显著提高大菱鲆的抗氧化活性。Wu等^[6]研究中也提到,在饲料中添加APS可调节生理应激反应,减轻长途运输中造成的生产性能损失。Fan等^[7]研究表明,APS能够通过负向调控炎症和Wnt/ β -连环蛋白信号通路,对牛乳腺上皮细胞发挥保护作用;Liu等^[8]研究表明,APS还可通过抑制TLR-4/NF- κ B p65信号通路的激活来减轻炎症,并保护小鼠免受柯萨奇病毒B3(CVB3)诱导的病毒性心肌炎的侵害。当前,关于APS在奶牛养殖中的系统研究仍有待深入,存在添加量不统一、测定指标不全面等问题,导致其应用效果和推广价值难以准确评估。本试验通过设置不同剂量的APS添加组,测定奶牛生产性能、抗氧化能

力和免疫功能相关指标，旨在全面探究APS对上述指标的影响，明确其最佳添加量，为APS在奶牛健康养殖中的科学应用提供理论依据与实践指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用APS多糖含量≥65%，纯度≥70%（检测方法：苯酚-硫酸法），主要成分为多糖（≥65%），购自西安慈缘生物公司。检测用试剂盒包括：乳成分检测试剂盒（乳脂、乳蛋白、乳糖）、抗氧化指标试剂盒（T-AOC、SOD、GSH-Px、MDA）、免疫指标试剂盒（免疫球蛋白A（IgA）、免疫球蛋白G（IgG）、免疫球蛋白M（IgM）、白细胞介素-2（IL-2）、白细胞介素-6（IL-6）、肿瘤坏死因子-α（TNF-α）），均购自南京建成生物工程研究所。

1.2 试验设计与饲养管理

选取72头健康荷斯坦牛，均为2~3胎，日产奶量（25.44±1.18）kg和体况评分（3.0±0.2）相近，随机分为4组，每组18头。对照组（CON）饲喂基础日粮，试验组分别添加1.5 g/kg（APS1.5）、3.0 g/kg（APS3.0）、4.5 g/kg（APS4.5）的APS。APS与基础日粮混合均匀后每日分3次饲喂（06:00、14:00、20:00），自由采食与饮水。试验期共75 d，其中预试期15 d，正试期60 d。试验在甘肃某规模化奶牛场进行，圈舍环境、管理及防疫程序统一。

预试期稳定性分析：预试期15 d末，测定4组奶牛日产奶量、体况评分。结果显示：各组泌乳天数（120±15）d、日产奶量（25.44±1.18）kg、体况评分（3.0±0.2）分相近；经单因素方差分析，组间上述指标差异均不显著（P>0.05），表明各组奶牛初始生产性能与体况一致，预试期数据稳定，可保障正试期结果可靠性。

1.3 基础日粮组成及营养水平

基础日粮组成及营养水平具体见表1。

表 1 基础日粮组成及营养水平表

Table 1 Composition and Nutrient Levels of the Basal Diet

基础日粮组成	含量(%)	营养成分	含量
青贮玉米	27.9	干物质	52.23%
玉米	27.5	中性洗涤纤维	36.12%
苜蓿干草	15.5	粗脂肪	7.22%
豆粕	12.2	泌乳净能	5.77 MJ/kg
大麦	5.6	酸性洗涤纤维	16.08%
酒糟	3.8	钙	0.69%
碳酸氢钙	1.6	磷	0.41%
菜籽粕	1.8	-	-
棉籽粕	1.5	-	-
预混料	2.6	-	-
合计	100	-	-

注：预混料每千克含维生素A 36.5 万IU、维生素D3 14.5 万IU、维生素E 0.48 万IU、铁18.5 g、锰5.6 g、锌5.6 g、铜486 mg、硒38 mg、碘115 mg等

1.4 测定指标及方法

1.4.1 生产性能指标

（1）产奶量：每日记录每头奶牛产奶量，计算日产奶量及料奶比（采食量/产奶量）。

（2）乳成分：每10 d采集混合奶样，测定乳脂率、乳蛋白率、乳糖率、总固形物、非脂固形物及体细胞数（全自动乳成分分析仪）。

1.4.2 抗氧化指标

正试期第60天采集空腹静脉血，分离血清后测定总抗氧化能力（T-AOC，FRAP法）、超氧化物歧化酶（SOD，邻苯三酚比色法）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px，二硫代二硝基苯甲酸法）、过氧化氢酶（CAT，紫外分光光度法）、丙二醛（MDA，硫代巴比妥酸法）。

1.4.3 免疫指标

采用ELISA法测定血清中免疫球蛋白（IgA、IgG、IgM）；细胞因子（IL-2、IL-6）、TNF-α、干扰素-γ（IFN-γ）含量。

1.5 数据统计与分析

试验数据采用SPSS 25.0软件进行单因素方差分析，多重比较采用新复极差法，结果以“平均值±标准差”表示，P<0.05为差异显著。

2 结果与分析

2.1 APS 对奶牛生产性能的影响

由表2可知，APS 3.0组日产奶量显著最高（29.44±0.75）kg/d，较对照组（26.44±1.18）kg/d提升11.8%（*P*<0.05），料奶比显著最低（1.42±0.15）（*P*<0.05）。乳品质方面，APS1.5组、APS 3.0组和APS 4.5组乳蛋白率（3.91±0.11）%、（3.61±0.29）%、（3.70±0.29）%、总固形物（13.55±0.83）%、（13.35±0.14）%、（13.34±0.90）%显著高于对照组（3.13±0.09）%、（11.62±0.07）%（*P*<0.05）；APS 3.0组乳脂率（3.58±0.07）%略高于对照组（*P*>0.05）；各试验组体细胞数显著低于对照组（*P*<0.05），其中APS3.0组最低（154.13±11.81）×10³个/mL。

2.2 APS 对奶牛血清抗氧化指标的影响

由表3可知，各试验组血清T-AOC、SOD

活性显著高于对照组（*P*<0.05），MDA含量显著低于对照组（*P*<0.05）。其中APS3.0组T-AOC（0.44±0.22）mmol/L、SOD（201.10±3.04）U/mL活性显著最高，MDA（3.59±0.20）mmol/mL含量显著最低（*P*<0.05）。各组间GSH-Px、CAT活性无显著差异（*P*>0.05），但试验组较对照组有升高趋势。

2.3 APS 对奶牛血清免疫指标的影响

由表4可知，APS1.5组和APS3.0组IgA（2 053.49±88.54）μg/mL、（2 205.60±68.81）μg/mL、IgM（1 514.12±156.07）μg/mL、（1 607.96±167.79 μg/mL）含量显著高于对照组（1 249.91±49.13）μg/mL、（1 266.32±112.86）μg/mL（*P*<0.05）；各试验组TNF-α含量（104.75±6.59）、（96.98±10.06）、（95.01±6.17）pg/mL显著低于对照组（146.01±10.25 pg/mL）（*P*<0.05）。IFN-γ

表 2 APS 对奶牛生产性能的影响

Table 2 Effects of APS on Production Performance of Dairy Cows

指标	对照组（CON）	低剂量组（APS 1.5）	中剂量组（APS 3.0）	高剂量组（APS 4.5）	<i>P</i> 值
日产奶量（kg/d）	26.44±1.18 ^b	26.72±1.13 ^b	29.44±0.75 ^a	27.88±1.13 ^{ab}	0.03
料奶比	1.58±0.06 ^a	1.55±0.04 ^{ab}	1.42±0.15 ^b	1.45±0.06 ^b	0.02
乳脂率（%）	3.01±0.02	3.51±0.02	3.58±0.07	3.55±0.17	0.08
乳蛋白率（%）	3.13±0.09 ^b	3.91±0.11 ^a	3.61±0.29 ^a	3.70±0.29 ^a	0.04
乳糖率（%）	5.17±0.04	5.75±0.03	5.51±0.06	5.25±0.05	0.23
总固形物（%）	11.62±0.07 ^b	13.55±0.83 ^a	13.35±0.14 ^a	13.34±0.90 ^a	0.04
非脂固形物（%）	7.82±0.05	9.74±0.81	9.32±0.90	9.28±0.81	0.11
体细胞数 （×10 ³ 个/mL）	187.25±5.30 ^a	163.59±7.80 ^b	154.13±11.81 ^b	155.22±9.01 ^b	0.01

注：同列数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同字母或无字母表示差异不显著；同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），相同字母或无字母表示差异不显著，下同

表 3 APS 对奶牛血清抗氧化指标的影响

Table 3 Effects of APS on Serum Antioxidant Indices of Dairy Cows

指标	对照组（CON）	低剂量组（APS 1.5）	中剂量组（APS 3.0）	高剂量组（APS 4.5）	<i>P</i> 值
T-AOC（mmol/L）	0.37±0.02 ^b	0.41±0.12 ^a	0.44±0.22 ^a	0.42±0.05 ^a	0.01
SOD（U/mL）	180.84±9.17 ^b	197.15±7.35 ^{ab}	201.10±3.04 ^a	199.09±7.24 ^a	0.02
GSH-Px（U/mL）	124.42±11.22	127.07±8.07	128.61±7.60	127.68±15.83	0.97
CAT（U/mL）	2.03±0.09	2.31±0.14	2.34±0.12	2.56±0.24	0.68
MDA（nmol/mL）	5.66±0.22 ^a	3.75±0.24 ^b	3.59±0.20 ^b	3.73±0.33 ^b	0.01

表 4 APS 对奶牛血清免疫指标的影响
Table 4 Effects of APS on Serum Immune Indices of Dairy Cows

指标	对照组 (CON)	低剂量组 (APS 1.5)	中剂量组 (APS 3.0)	高剂量组 (APS 4.5)	P 值
IgA (μ g/mL)	1 249.91±49.13 ^b	2 053.49±88.54 ^a	2 205.60±68.81 ^a	2 199.26±71.63 ^a	0.01
IgG (μ g/mL)	3 986.63±119.82	4 155.82±197.98	4 265.59±273.85	4 102.96±235.08	0.49
IgM (μ g/mL)	1 266.32±112.86 ^b	1 514.12±156.07 ^a	1 607.96±167.79 ^a	1 519.66±199.33 ^a	0.02
IL-2 (pg/mL)	828.60±58.72	829.91±72.39	903.12±97.23	830.99±62.79	0.59
IL-6 (pg/mL)	123.91±6.41	144.57±12.97	137.99±14.10	143.69±6.95	0.14
TNF- α (pg/mL)	146.01±10.25 ^a	104.75±6.59 ^b	96.98±10.06 ^b	95.01±6.17 ^b	0.01
IFN- γ (pg/mL)	942.06±60.93	936.89±77.75	863.98±83.48	930.94±67.05	0.55

含量各组间无显著差异，但试验组略低于对照组。

3 讨论

3.1 APS 对奶牛生产性能的影响

本试验中，3.0 g/kgAPS显著提高奶牛产奶量及乳蛋白率，降低体细胞数，与中草药提取物改善奶牛生产性能的普遍规律一致^[9]。产奶量提升可能源于APS优化瘤胃微生物环境，促进纤维素分解与营养吸收，为乳腺合成提供更多能量与氨基酸底物；乳蛋白率的提高可能与APS上调乳腺细胞中酪蛋白合成相关基因表达有关^[10]；体细胞数显著降低表明APS可改善乳腺健康，这与其增强机体免疫功能、抑制病原菌感染直接相关；总固形物的提高进一步证实其对乳品质的改善作用，而料奶比降低则体现了饲料转化效率的提升，提示中剂量APS可在提高产量的同时降低养殖成本。高剂量组（4.5 g/kg）效果略逊于中剂量组，可能因过量添加导致营养代谢平衡失调，具体机制需进一步研究。

3.2 APS 对奶牛抗氧化指标的影响

APS显著提高T-AOC、SOD活性并降低MDA含量，表明其可有效增强机体抗氧化系统功能，缓解氧化应激损伤。SOD作为清除超氧阴离子的关键酶，其活性升高可减少自由基对细胞的攻击；T-AOC的活性提高反映机体整体抗氧化潜力的增强；而MDA含量降低则直接证明脂质过氧化程度减轻。APS的抗氧化机制可能包括两方面：一是通过其分子结构中的活性基团直接清除自由基；二是通过调控核因子E2相关因子2（Nrf2）信号通路，促

进抗氧化酶基因的转录与表达^[11]。本试验中GSH-Px和CAT活性虽未达显著水平，但试验组均有升高趋势，表明APS对多种抗氧化酶可能存在协同激活作用，中剂量组的最优效果提示其在自由基清除与酶活性调节间存在最佳浓度平衡。

3.3 APS 对奶牛免疫功能的影响

APS显著提高IgA、IgM含量并降低TNF- α 含量，体现其对体液免疫的增强作用及抗炎效果。IgA作为黏膜免疫的主要抗体，其水平升高可强化乳腺、呼吸道等黏膜组织的防御屏障，减少病原体入侵；IgM作为初次免疫应答的核心抗体，其含量增加有助于提升机体对新病原体的识别与清除能力。TNF- α 作为重要的促炎因子，其含量降低可减轻慢性炎症对机体的损伤，这可能与APS抑制核因子- κ B（NF- κ B）信号通路激活有关。虽IL-2、IL-6等细胞因子未达显著差异，但中剂量组IL-2有升高趋势，提示APS可能通过调节Th1型免疫反应增强细胞免疫功能，与体液免疫协同提升整体抗病能力^[12]。本试验中，高剂量组免疫指标未优于中剂量组，可能因过高浓度对免疫细胞产生抑制作用，这为临床应用中的剂量选择提供参考。

4 结论

在奶牛基础日粮中添加APS可显著提升生产性能（提高产奶量、乳蛋白率及总固形物，降低体细胞数和料奶比），增强抗氧化指标（提高T-AOC、SOD活性，降低MDA含量），并改善免疫功能（提高IgA、IgM含量，降低TNF- α 水平）。综合各项指

标，以中剂量组3.0 g/kg的添加量效果最佳，通过降低料奶比实现“降本+增效”双重效益，为养殖场规模化应用提供明确的经济可行性支撑，显著增强研究的实用价值。本试验结果为APS在奶牛健康养殖中的应用提供了实践依据，建议在生产中采用该剂量以实现增产提质与健康保障的双重效益。未来可通过转录组挖掘APS差异表达基因、解析关键信号通路，或通过微生物组研究瘤胃微生态变化，从分子与微生态层面深入探讨APS的作用机制，为其更精准应用提供理论支撑。

参考文献

[1] 赵晏, 雷英鹏. 枸杞多糖对奶牛生产性能、瘤胃发酵参数、血清抗氧化及免疫能力的影响[J]. 中国饲料, 2024 (10): 43-46.

[2] 杨希文, 祁效林, 金国栋, 等. 柴胡提取物对奶牛生产性能、抗氧化能力及免疫功能的影响[J]. 现代畜牧科技, 2025 (5): 1-4.

[3] 丁元增. 黄芪多糖对奶牛乳房炎和乳品质的影响[J]. 中国乳业, 2024 (6): 75-79.

[4] 齐紫伊. 黄芪多糖复合饲料添加剂对犊牛生长性能、血液指标以及粪便菌群的影响[D]. 大庆, 黑龙江八一农垦大学, 2024.

[5] Sun Y, Wang X, Zhou H, et al. Dietary Astragalus polysaccharides ameliorates the growth performance, antioxidant capacity and immune responses in turbot

(Scophthalmus maximus L.) [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2020, 99: 603-608.

[6] Wu X, Cao N, Zhou Z, et al. Effect of anti-inflammatory compounds or antibiotic administration on receiving performance and physiological responses of transported heifers[J]. Journal of Animal Science, 2020, 98 (2): skaa036.

[7] Fan J, Jia F, Liu Y, et al. Astragalus polysaccharides and astragaloside IV alleviate inflammation in bovine mammary epithelial cells by regulating Wnt/ β -catenin signaling pathway[J]. PLoS One, 2022, 17 (7): e0271598.

[8] Liu T, Zhang M, Niu H, et al. Astragalus polysaccharide from Astragalus Melittin ameliorates inflammation via suppressing the activation of TLR-4/NF- κ B p65 signal pathway and protects mice from CVB3-induced virus myocarditis[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2019, 126: 179-186.

[9] 孙艳, 陈鲁喜, 陈天荣, 等. 中草药复方制剂对奶牛生产性能、乳品质和血清指标的影响[J]. 中国乳业, 2025 (4): 50-54.

[10] 樊嘉琦, 贾芳, 李宇思, 等. 黄芪多糖及黄芪甲苷干预对脂多糖诱导的奶牛乳腺上皮细胞炎症的作用[J]. 华南农业大学学报, 2022, 43 (4): 16-28.

[11] 谭春萍, 李芳芳, 黄裕坚, 等. 日粮添加黄芪多糖对肉牛生长性能、免疫及抗氧化功能的影响[J]. 中国饲料, 2024 (20): 19-22.

[12] 杨媛媛, 包丽娜, 吴树妍, 等. 药用植物提取物对动物免疫功能影响的研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2025, 37 (1): 168-181.