

复合发酵中药饲料对热应激奶牛生产性能、血清生化指标及炎症因子的影响

田宝军

(山东省临沂市沂水县马站畜牧兽医工作站, 山东沂水 276400)

摘要: [目的]探究复合发酵中药饲料对热应激奶牛生产性能、乳腺健康及生理代谢的调控作用。[方法]选取60头泌乳期荷斯坦牛, 随机分为对照组与试验 A、B、C组, 在基础日粮中分别添加0、50、100、150 g/头·d的复合发酵中药饲料, 试验周期60 d。[结果] 与对照组相比, 试验组奶牛呼吸频率和直肠温度显著降低 ($P<0.05$); 产奶量及乳脂率、乳蛋白率、乳糖等乳成分指标均显著改善 ($P<0.05$); 血清中葡萄糖、总蛋白含量显著升高, 尿素氮与热休克蛋白 70 含量显著下降 ($P<0.05$); 抗氧化指标中, 总超氧化物歧化酶 (T-SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶 (GSH-Px) 活性显著提升, 丙二醛 (MDA) 含量显著降低 ($P<0.05$); 免疫指标方面, 血清 IgG水平显著上升, 促炎因子 IL-6、IL-1 β 含量显著下降 ($P<0.05$)。[结论] 复合发酵中药饲料可通过调节能量代谢、增强抗氧化能力及改善免疫功能, 有效缓解热应激对奶牛生产性能与乳腺健康的不利影响, 其中以 150 g/头·d 的添加量效果最佳。

关键词: 发酵饲料; 热应激; 奶牛; 中药

文章编号: 1671-4393 (2026) 03-0047-07

DOI:10.12377/1671-4393.26.03.07

Effects of Compound Fermented Traditional Chinese Medicine Feed on Production Performance, Serum Biochemical Indicators and Inflammatory Factors of Heat-stressed Dairy Cows

TIAN Baojun

(Mazhan Animal Husbandry and Veterinary Workstation, Yishui County, Linyi Shandong 276400)

Abstract: [Objective] This experiment aimed to investigate the effects of compound fermented traditional Chinese medicine feed on the production performance, mammary gland health and physiological metabolism of heat-stressed dairy cows. [Method] Sixty lactating Holstein cows were selected and randomly divided into a control group and three treatment groups (A, B, C). The four groups were supplemented with 0, 50, 100 and 150

作者简介: 田宝军 (1976-), 男, 山东临沂人, 本科, 副高级兽医师, 研究方向为动物医学。

g/head·d of compound fermented traditional Chinese medicine feed in the basal diet, respectively, with a trial period of 60 days. [Result] Compared with the control group, the respiratory rate and rectal temperature of dairy cows in the treatment groups decreased significantly ($P<0.05$); milk yield and milk composition indicators such as milk fat percentage, milk protein percentage and lactose were significantly improved ($P<0.05$); the contents of glucose and total protein in serum increased significantly, while the contents of urea nitrogen and heat shock protein 70 decreased significantly ($P<0.05$); in terms of antioxidant indicators, the activities of total superoxide dismutase (T-SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px) were significantly enhanced, and the content of malondialdehyde (MDA) was significantly reduced ($P<0.05$); in terms of immune indicators, the serum IgG level increased significantly, and the contents of pro-inflammatory cytokines IL-6 and IL-1 β decreased significantly ($P<0.05$). [Conclusion] The compound fermented traditional Chinese medicine feed can effectively alleviate the adverse effects of heat stress on the production performance and mammary gland health of dairy cows by regulating energy metabolism, enhancing antioxidant capacity and improving immune function, with the best effect at the supplementation level of 150 g/head·d.

Keywords: fermented feed; heat stress; dairy cow; traditional Chinese medicine

在现代规模化奶牛养殖体系中，热应激已成为制约奶牛健康与生产性能提升的首要因素。奶牛作为恒温动物，适宜的生存环境温度为5~21℃，研究表明，当环境温度持续超过25℃或温湿指数（THI）长期高于68时，奶牛便会进入热应激状态^[1]。热应激并非单纯的生理不适，而是会引发机体全身性生理机能紊乱的病理状态，典型表现为食欲减退、采食量下降、体温升高、呼吸频率加快，同时伴随营养物质吸收与利用率降低，最终导致生产性能全面下滑，具体体现为产奶量减少、乳脂率与乳蛋白率显著降低^[2]。这类负面影响严重制约了奶牛养殖业的可持续发展，大幅降低养殖经济效益。

更为严峻的是，热应激会对奶牛乳腺健康造成持续性损害，形成氧化应激、炎症反应与乳成分劣变的恶性循环。在热应激条件下，奶牛乳腺组织内活性氧大量蓄积，引发线粒体功能紊乱，严重破坏上皮细胞的氧化还原稳态^[3]；该过程会进一步激活机体强烈的炎症应答，促使肿瘤坏死因子- α 等促炎介质表达上调，同时导致免疫球蛋白G等关键免疫球蛋白水平下降，进而加剧乳腺组织炎症损伤，削弱

乳腺免疫防御能力，破坏血乳屏障完整性^[4]。在氧化与炎症的双重作用下，乳腺对营养前体物的利用和代谢途径发生紊乱，最终表现为乳蛋白、乳脂率下降，乳糖合成受阻等乳成分劣变现象，泌乳性能大幅降低^[5]。

目前，缓解奶牛热应激的手段主要分为物理降温与营养调控两类。其中物理降温设施存在能耗高、覆盖范围有限的问题；常规营养添加剂如维生素、矿物质等，普遍存在作用单一、靶向性弱的不足，且长期使用可能存在安全性隐患或药物残留，难以从根本上逆转热应激引发的机体系统性生理紊乱。在此背景下，中药凭借多靶点、整体调节的独特优势，作为饲料添加剂在缓解奶牛热应激方面展现出广阔的应用潜力。

中兽医理论将热应激归为“暑湿证”，核心病机为湿热困脾、气阴两伤，临床宜选用清热祛湿、益气养阴类药材。本研究据此筛选黄芩、金银花等中药为原料，相关研究已证实这类中药在调节奶牛免疫、防治奶牛疾病方面效果显著^[6, 7]。微生物发酵技术可有效提升饲料的营养价值与功能性，王晓杰

等^[8]发现，米曲霉、酵母培养物发酵中药能显著提高泌乳奶牛的采食量、饲料养分表观消化率及生产性能，证实发酵处理可显著增强中药对动物生理机能的调控作用。同时，部分益生菌被证实能有效缓解奶牛热应激、改善瘤胃功能，提高生产性能^[9]。但传统中药粉剂存在有效成分溶出率低、生物利用度差等问题，严重限制了其应用效果。

基于此，本研究引入现代微生物发酵工艺，配伍乳酸菌、酿酒酵母等益生菌对复方中药进行协同发酵，该过程既可降解中药大分子成分、提高小分子活性物质溶出率，还能通过菌群代谢产生新的有益产物，全面提升中药药效与生物利用度。本研究通过动物试验，系统评价复合发酵中药饲料对热应激奶牛采食量、产奶性能、乳品质及乳腺健康关键指标的影响，以期为该产品的开发与推广应用提供坚实的理论依据和数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验动物及试验设计

选取60头健康泌乳期荷斯坦牛，依据产奶量、泌乳天数和胎次相近的原则，随机分为对照组、试验A组、试验B组和试验C组，每组15头。对照组饲喂全混合日粮（Total Mixed Ration，TMR），试验A、B、C组在TMR基础上，分别添加50、100、150 g/头·d的复合发酵中药饲料。试验周期共计60 d，其中预饲期7 d，正试期53 d。试验期间，所有奶牛统一饲养于同一栋牛舍，牛舍内THI日均值>68^[10]，确保奶牛持续处于热应激状态。

1.2 复合发酵中药饲料

本试验所用复合发酵中药饲料以黄芩、金银花为核心原料，其中黄芩苷、绿原酸等有效成分总含量>40%；该饲料以玉米-豆粕型培养基为发酵底物，经乳酸菌与酿酒酵母协同固态发酵制备而成，发酵产物中活菌数≥1×10⁹ CFU/g，小肽含量≥12%。经发酵处理后，中药细胞壁破裂率显著提高，有效成分溶出度大幅提升。

1.3 饲喂管理

试验期间，严格遵循奶牛场标准化管理规范开展饲养工作。每日定时挤奶3次，挤奶结束后及时清理采食通道，采用TMR饲喂车每日投料3次，复合发酵中药饲料于每日早晨首次投料时均匀混入TMR中饲喂。TMR原料组成及营养水平详见表1。试验全程保证奶牛自由饮水。

表 1 TMR 原料及其营养水平			
Table1 Ingredients and Nutrient Levels of TMR			
原料	含量 (%)	营养水平	含量 (%)
青贮玉米	12.80	干物质 (MJ/kg)	57.34
苜蓿干草	8.76	粗蛋白	13.87
玉米	45.00	中性洗涤纤维	34.66
豆粕	23.08	酸性洗涤纤维	18.65
麦麸	5.04	钙	0.68
棉籽饼	3.48	磷	0.42
碳酸氢钠	0.26	泌乳净能 (MJ/kg)	120.74
磷酸氢钙	0.23	—	—
氯化钠	0.35	—	—
预粉料	1.00	—	—
总计	100	—	—

1.4 呼吸频率和直肠温度测定

从每组中随机选取10头奶牛进行呼吸频率测定，测定时待牛只处于安静站立状态，由同一名操作人员在牛侧前方5 m处，使用秒表计时，观察并记录牛只1 min内胸腹部的完整起伏周期次数，作为该时间点的呼吸频率（次/min）。呼吸频率测定完成后，立即使用经校准的兽用电子体温计测量同一批牛只的直肠温度，操作时将体温计探头轻柔插入直肠5~8 cm，待读数稳定后记录，数据精确至0.1℃。

所有生理指标数据均实时记录于专用表格，并于测定当日完成电子录入；数据分析时，取每头牛同一测定日3个时间点的平均值作为该日指标代表值进行统计分析。

1.5 生产性能与乳品质测定

试验期间每日记录每头奶牛的个体产奶量；试验最后1 d，采集每头牛早、中、晚挤奶的混合奶样，采用乳成分分析仪（Foss MilkoScan 4000）测定乳脂率、乳蛋白率、乳糖及总固形物含量。

1.6 血清生化与抗氧化指标测定

试验最后1 d 晨饲前，从每组随机选取10 头奶牛，通过尾静脉采血并离心分离血清，于-20 ℃保存待测。采用全自动生化分析仪测定血清中热休克蛋白70（HSP-70）、尿素氮（BUN）、葡萄糖（GLU）含量；采用专用试剂盒测定总超氧化物歧化酶（T-SOD）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性及丙二醛（MDA）含量。

1.7 免疫与炎症指标测定

采用酶联免疫吸附法（ELISA）检测血清中免疫球蛋白G（IgG）、肿瘤坏死因子-α（TNF-α）、白细胞介素-6（IL-6）及白细胞介素-1β（IL-1β）水平。

1.8 数据统计分析

试验数据采用SPSS 25.0软件进行统计分析，组间差异采用单因素方差分析，多重比较采用Duncan's法；结果以“平均值±标准差”表示，以 $P<0.05$ 作为组间差异显著的判断标准。

2 试验结果

2.1 复合发酵中药饲料对热应激奶牛呼吸频率和直肠温度的影响

由表2可知，与对照组相比，各试验组奶牛的呼

吸频率均显著降低（ $P<0.05$ ），其中试验C组下降幅度最为明显；直肠温度方面，各试验组均显著低于对照组（ $P<0.05$ ）。上述结果表明，复合发酵中药饲料能有效缓解热应激引发的奶牛呼吸急促、体温升高等症状，显著改善机体热调节能力。

2.2 复合发酵中药饲料对热应激奶牛生产性能的影响

由表3可知，与对照组相比，各试验组均能有效缓解热应激导致的产奶量下降，产奶量均显著提升（ $P<0.05$ ）；乳成分方面，各试验组对热应激引发的乳脂率、乳蛋白率、乳糖及总固形物含量下降均具有良好的改善作用，其中试验B、C组效果尤为显著（ $P<0.05$ ），试验A组虽在部分指标上有一定改善，但效果不及试验B、C组。结果表明，复合发酵中药饲料可有效稳定热应激条件下奶牛的泌乳性能，缓解乳品质劣变。

2.3 复合发酵中药饲料对热应激奶牛血清生化指标的影响

由表4可知，与对照组相比，各试验组血清GLU和TP含量均显著提升（ $P<0.05$ ）；BUN和HSP-70指标方面，试验B、C组均显著降低（ $P<0.05$ ），试验A组仅BUN指标呈下降趋势，无显著差异。综合表明，复合发酵中药饲料可通过调

表 2 复合发酵中药饲料对热应激奶牛呼吸频率和直肠温度的影响

Table 2 Effects of Compound Fermented Traditional Chinese Medicine Feed on Respiratory Rate and Rectal Temperature of Heat-stressed Dairy Cows

项目	对照组	试验 A 组	试验 B 组	试验 C 组
呼吸频率（次/min）	69.89±2.85 ^a	58.43±2.28 ^b	53.39±3.37 ^b	49.33±3.38 ^c
直肠温度（℃）	39.26±0.04 ^a	38.84±0.07 ^b	38.67±0.05 ^b	38.54±0.03 ^b

注：数据为“平均值±标准差”，同一行不同字母表示组间存在显著性差异（ $P<0.05$ ），下同

表 3 复合发酵中药饲料对热应激奶牛产奶量和乳品质的影响

Table 3 Effects of Compound Fermented Traditional Chinese Medicine Feed on Milk Yield and Milk Quality of Heat-stressed Dairy Cows

项目	对照组	试验 A 组	试验 B 组	试验 C 组
产奶量（kg/头·d）	30.26±2.27 ^b	32.48±2.64 ^a	33.13±3.18 ^a	33.28±3.08 ^a
乳脂肪率（%）	3.44±0.28 ^b	3.45±0.28 ^b	3.57±0.33 ^a	3.61±0.34 ^a
乳蛋白率（%）	3.26±0.20 ^b	3.29±0.21 ^b	3.31±0.25 ^a	3.35±0.22 ^a
乳糖（%）	4.57±0.19 ^b	4.61±0.22 ^{ab}	4.67±0.17 ^a	4.72±0.23 ^a
固形物（%）	8.66±0.28 ^b	8.72±0.31 ^{ab}	8.84±0.25 ^a	8.91±0.22 ^a

节能量代谢、促进蛋白质合成、抑制应激反应等多重途径，有效缓解热应激对奶牛机体代谢的负面影响。

2.4 复合发酵中药饲料对热应激奶牛氧化应激的影响

由表5可知，与对照组相比，各试验组血清T-SOD、GSH-Px活性均显著升高（ $P<0.05$ ），其中试验C组提升幅度最大；同时，各试验组血清MDA含量均显著降低（ $P<0.05$ ），试验C组下降幅度最为显著。结果表明，复合发酵中药饲料能有效改善热应激导致的奶牛氧化还原稳态失衡，增强机体抗氧化防御能力，减轻脂质过氧化损伤。

2.5 复合发酵中药饲料对热应激奶牛免疫与炎症因子的影响

由表6可知，与对照组相比，各试验组血清促炎因子IL-6、IL-1 β 含量均显著降低（ $P<0.05$ ），免疫球蛋白IgG含量则显著上升（ $P<0.05$ ）；其中试验C组在抑制炎症因子表达、提升IgG水平方面效果最为显著。结果表明，复合发酵中药饲料能有效缓解

热应激引发的奶牛免疫抑制状态，通过调节炎症反应、增强体液免疫功能，改善机体免疫稳态。

3 讨论

3.1 复合发酵中药饲料对热应激奶牛生理及生产性能的调节

本研究结果显示，复合发酵中药饲料能显著降低热应激奶牛的呼吸频率和直肠温度，有效缓解机体热负荷，这一效果与方中黄芩、金银花的清热泻火功效密切相关，而微生物发酵使中药活性成分更易被奶牛机体吸收利用，进一步增强了了解热抗应激的生理调节作用。马改彦等^[11]研究证实，黄芩中的黄芩苷能有效缓解夏季奶牛直肠温度升高，提升产奶量5.69%，同时增加乳脂率和乳蛋白率。

本研究中，各试验组奶牛产奶量及乳脂率、乳蛋白率、乳糖、总固形物等乳成分指标的显著改善，进一步证实复合发酵中药饲料可有效逆转热应激导致的泌乳性能下降。其作用机制主要体现在两

表 4 复合发酵中药饲料对热应激奶牛血清生化指标的影响

Table 4 Effects of Compound Fermented Traditional Chinese Medicine Feed on Serum Biochemical Indicators of Heat-stressed Dairy Cows				
项目	对照组	试验 A 组	试验 B 组	试验 C 组
GLU (mmol/L)	3.44±0.21 ^b	3.52±0.19 ^b	3.72±0.20 ^a	3.82±0.22 ^a
BUN (mmol/L)	7.05±0.67 ^a	6.44±0.57 ^b	6.38±0.71 ^b	6.33±0.61 ^b
HSP-70 (ng/mL)	12.91±0.79 ^a	12.57±0.66 ^{ab}	12.25±0.82 ^b	12.14±0.82 ^b
TP (g/L)	85.34±1.86 ^c	90.17±2.33 ^b	95.47±2.56 ^a	98.44±2.26 ^a

表 5 复合发酵中药饲料对热应激奶牛氧化应激的影响

Table 5 Effects of Compound Fermented Traditional Chinese Medicine Feed on Oxidative Stress of Heat-stressed Dairy Cows				
项目	对照组	试验 A 组	试验 B 组	试验 C 组
T-SOD (U/L)	121.33±4.67 ^c	153.76±5.37 ^b	168.44±7.33 ^b	182.44±3.67 ^a
GSH-Px (U/L)	527.48±18.44 ^d	598.76±20.71 ^c	630.71±22.48 ^b	670.77±29.46 ^a
MDA (μmol/mL)	8.97±0.64 ^a	7.44±0.57 ^b	7.02±0.43 ^b	6.33±0.21 ^c

表 6 复合发酵中药饲料对热应激奶牛免疫与炎症因子的影响

Table 6 Effects of Compound Fermented Traditional Chinese Medicine Feed on Immunity and Inflammatory Factors of Heat-stressed Dairy Cows				
项目	对照组	试验 A 组	试验 B 组	试验 C 组
IL-6 (pg/mL)	28.37±2.79 ^a	26.43±1.38 ^b	25.54±2.33 ^c	25.71±2.98 ^c
IL-1 β (pg/mL)	89.32±5.44 ^a	72.44±3.48 ^b	68.17±3.87 ^c	57.33±4.11 ^d
IgG (mg/L)	321.77±32.43 ^c	341.38±33.76 ^b	346.37±35.27 ^b	352.77±41.38 ^a

个方面：一是发酵饲料中的黄芩苷等活性成分优化了奶牛瘤胃发酵模式，提高了营养物质消化率；二是饲料中的益生菌可调节奶牛“脾胃”功能，改善机体能量代谢分配，使更多养分向乳腺合成方向转移。聂宇泽等^[12]研究发现，黄芪、蒲公英、金银花复方中草药能显著提升奶牛日产奶量和乳脂率，改善机体代谢功能，与本研究结果一致。

3.2 复合发酵中药饲料对热应激奶牛血清生化指标的调节

本研究发现，复合发酵中药饲料可显著提高热应激奶牛血清葡萄糖和总蛋白含量，同时降低BUN和HSP-70水平，提示该饲料在能量供应、蛋白质代谢及应激调控方面具有综合改善作用。其中，葡萄糖水平提升与饲料适口性改善、碳水化合物消化吸收增强密切相关；总蛋白升高与BUN降低则共同反映出机体氮沉积效率提高，蛋白质周转代谢更高效^[13, 14]。而HSP-70的显著下降，表明奶牛细胞水平的热损伤得到减轻，这与发酵饲料中黄芪多糖、甘草酸等活性成分的抗应激特性相关。

韩彦飞等^[15]研究表明，甜菜碱可通过改善能量代谢、促进蛋白质合成，缓解热应激奶牛的代谢紊乱，具体表现为血清葡萄糖水平提升7.67%，BUN含量最高降幅达15.73%。与甜菜碱相比，本研究采用的复合发酵中药通过“药菌协同”作用，在调节机体代谢的同时，还能从源头缓解应激源的刺激，实现双重调控效益。

3.3 复合发酵中药饲料对热应激奶牛氧化应激、免疫和炎症的调节

本研究结果证实，复合发酵中药饲料能显著提升热应激奶牛血清T-SOD和GSH-Px活性，降低MDA含量，有效缓解热应激引发的氧化损伤。该抗氧化效应的实现主要源于两方面：一是黄芩苷、黄芪甲苷等中药活性成分具有直接的自由基清除能力；二是发酵产物中富含的抗氧化小分子及益生菌代谢产物，进一步增强了机体抗氧化能力^[16]。

免疫调节方面，复合发酵中药饲料显著提高了奶牛血清IgG水平，同时降低IL-6、IL-1 β 等促炎因

子含量，展现出抗炎与免疫增强的双重功能。马峰涛等^[17]研究证实，金银花提取物可通过调节免疫球蛋白增强热应激奶牛的免疫应答，进而缓解热应激反应，其作用机制可能是通过“肠道-免疫”轴调节机体免疫平衡，发酵中药中的多糖和益生菌共同作用于奶牛肠道免疫系统，既抑制过度炎症反应，又促进免疫球蛋白合成。齐紫伊^[18]研究发现，黄芪多糖可通过调节奶牛肠道菌群中厚壁菌门、拟杆菌门的组成，调控机体生产性能，为本研究提供了理论支撑。

4 结论

本研究系统评价了复合发酵中药饲料对热应激奶牛生产性能、乳成分、抗氧化能力及免疫功能的调控作用，结果表明，复合发酵中药饲料主要通过调节能量代谢（血清葡萄糖、总蛋白含量上升，BUN、HSP-70含量下降）、增强抗氧化能力、改善免疫功能，有效缓解热应激对奶牛生产性能与健康的不利影响，其中以150 g / 头·d的添加水平效果最为显著，可作为推荐使用剂量。但本试验为初步研究，样本量相对有限，后续将通过扩大样本量进一步验证研究结论，同时评估该饲料的规模化推广应用潜力。

参考文献

[1] 吴方超, 顾凤飞, 刘建新.热应激对奶牛免疫功能、消化道稳态和乳腺健康的影响及机制[J].动物营养学报, 2024, 36 (9) : 5479-5485.

[2] Oliveira C P, Sousa F C D, Silva A LD, et al.Heat stress in dairy cows: Impacts, identification, and mitigation strategies--A review[J].Animals, 2025, 15 (2) : 249.

[3] Guo Z, Gao S, Ouyang J, et al.Impacts of heat stress-induced oxidative stress on the milk protein biosynthesis of dairy cows[J].Animals, 2021, 11 (3) : 726.

[4] Zachut M, Tam J, Contreras G A.Modulating immunometabolism in transition dairy cows: The role of inflammatory lipid mediators[J].Animal Frontiers, 2022, 12 (5) : 37-45.

[5] 宫玥, 王封霞, 张幸怡, 等.热应激对泌乳牛产奶性能影响机制的研究进展[J].畜牧与饲料科学, 2024, 45 (3) : 35-39.

- [6] 聂德超, 张卓, 赵琛, 等.黄芩苷的生物学功能及在奶牛上的应用研究进展[J].动物营养学报, 2022, 34 (1) : 83-92.
- [7] 杨嘉睿, 高家瑞, 赵梓轩, 等.基于网络药理学和分子对接分析金银花在奶牛生产中的抗炎作用及机制[J].动物营养学报, 2023, 35 (5) : 3104-3118.
- [8] 王晓杰, 张春杰, 杨瑞, 等.发酵中药对奶牛生产性能、血清生化指标及养分表观消化率的影响[J].饲料研究, 2024, 47 (6) : 16-20.
- [9] 汤志宏, 徐宁宁, 叶均安.复合益生菌和酵母培养物对热应激奶牛生产性能、瘤胃发酵和血清抗应激指标的影响[J] 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2019, 45 (5) : 611-618.
- [10] 冯曼, 张洪伟, 张磊, 等.热应激对奶牛生产性能和血清中应激指标的影响及调控措施的研究进展[J].中国饲料, 2025 (15) : 10-16.
- [11] 马改彦, 夏天保, 刘雅晶, 等.黄芩苷对夏季泌乳奶牛生产性能、乳品质、血清指标和经济效益的影响[J].饲料研究, 2022, 45 (21) : 18-23.
- [12] 聂宇泽, 吴汉东, 张玉科.黄芪、蒲公英和金银花复方中草药对奶牛产奶性能及血清生化指标的影响[J].饲料研究, 2023, 46 (9) : 10-14.
- [13] 杨智超, 安涛, 施霁桢, 等.热应激条件下荷斯坦牛血糖浓度特征及影响因素分析[J].家畜生态学报, 2023, 44 (5) : 34-39.
- [14] 郭江, 王加启, 高胜涛, 等.热应激条件下粗饲料组合对奶牛氮素利用的影响[J].动物营养学报, 2016, 28 (6) : 1696-1703.
- [15] 韩彦飞, 王奔, 徐金凤, 等.甜菜碱对热应激状态下奶牛血清生化指标、免疫指标、炎症因子、产奶量及乳成分的影响[J].中国饲料, 2024 (13) : 88-93.
- [16] Al-Qaisi M, Horst E A, Mayorga E J, et al.Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on heat-stressed dairy cows[J].Journal of Dairy Science, 2020, 103 (10) : 9634-9645.
- [17] 马峰涛, 单强, 金宇航, 等.金银花提取物对热应激奶牛生产性能、血清生化指标和免疫功能的影响[J].动物营养学报, 2020, 32 (5) : 2209-2217.
- [18] 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.