乳肉兼用牛发情期牛乳中孕酮与乳汁成分的变化

张德敏[1]，李 强[1]，宋 磊[1]，周 青[2]，胡洪杰[1]，张淑二[1]，刘育含[1*]

1 山东省畜牧总站，山东济南 250102
2 山东省济宁市梁山县拳铺镇农业综合服务中心，山东济宁 272600

摘 要：[目的]探究乳肉兼用牛发情期牛乳中孕酮与乳汁成分的变化，揭示其调控机制。[方法]选取65 头健康乳肉兼用牛，采用酶联免疫吸附法（ELISA）检测乳肉兼用牛发情期孕酮浓度，结合全自动乳成分分析仪检测乳脂率、乳蛋白率及乳糖含量。通过线性混合模型、多元回归及协方差分析（ANCOVA）解析孕酮与乳汁成分的关联性，并评估胎次与泌乳阶段的调节效应。[结果]发情期孕酮呈现显著动态变化，峰值期为发情前48 h，发情日骤降，乳脂率与乳蛋白率同步波动，与孕酮呈强正相关。乳糖含量变化幅度非常小，与孕酮相关不显著。2 胎奶牛孕酮–乳脂率相关性较多胎高23.60%，泌乳中期相关性最强。[结论]孕酮通过调控乳腺代谢活动显著影响乳脂与乳蛋白合成，其效应受胎次和泌乳阶段调节。研究结果为靶向营养干预及繁殖管理提供关键时间窗口与科学依据。

关键词：乳肉兼用牛；孕酮动态变化；乳汁成分；发情期

文章编号：1671–4393（2025）08–0081–07 DOI:10.12377/1671–4393.25.08.13

0 引言

近年来，随着乳品需求增长和奶牛养殖技术的进步，科学家们对乳肉兼用牛发情期泌乳活动的研究越来越深入。研究表明，乳肉兼用牛在发情期，其体内的孕酮浓度会发生显著变化，这种变化不仅影响奶牛的繁殖行为，还可能对乳汁成分产生重要影响。然而，

基金项目：山东省乡村振兴科技提振行动计划（2024TZXD024）；山东省农业良种工程（2024LZGC019）

作者简介：张德敏（1986–），男，山东济宁人，本科，高级兽医师，研究方向为草食动物养殖技术；
李 强（1974–），男，山东东营人，本科，高级畜牧师，研究方向为草食动物养殖技术；
宋 磊（1972–），男，山西临汾人，本科，畜牧师，研究方向为草食动物养殖技术；
周 青（1972–），男，山东济宁人，中专，高级农艺师，研究方向为饲草料加工与利用；
胡洪杰（1972–），男，山东青岛人，本科，正高级兽医师，研究方向为肉牛养殖技术；
张淑二（1977–），男，山东济南人，硕士，正高级畜牧师，研究方向为畜禽种质资源保护与利用。
*通信作者：刘育含（1993–），女，博士，高级畜牧师，研究方向为畜牧技术。

中国乳业编辑阅读

目前关于乳肉兼用牛发情期牛乳中孕酮与乳汁成分的变化的研究相对有限[1]。乳肉兼用牛是一种既能提供优质牛奶，又生产高质量牛肉的奶牛品种，其养殖效益较高，在全球范围内得到了广泛推广。因此，研究乳肉兼用牛发情期牛乳中孕酮与乳汁成分的变化，不仅有助于揭示奶牛生殖激素与乳汁成分之间的复杂关系，还能为优化奶牛养殖管理、提高乳品质量提供科学依据。此外，在实际养殖过程中了解这些变化规律可以帮助养殖者更准确判断奶牛的发情状态，优化配种时机，提高殖成功率。同时，通过监测乳汁成分的变化，养殖者可以及时调整奶牛的饲料和管理策略，确保奶牛在发情期保持良好的健康状态和生产性能[2]。

1 材料和方法

1.1 试验动物与饲养管理

笔者选取65 头健康的乳肉兼用牛作为研究对象，这些奶牛均来自同一养殖基地，以确保试验条件的一致性。试验牛的年龄范围在2~5 岁，胎次分布均匀（包括1 胎、2 胎、3 胎及4 胎以上的奶牛）。所有试验牛在试验开始前均经过严格的健康检查，确保没有生殖系统疾病或其他健康问题。

试验期间，所有奶牛均饲喂相同的全混合日粮（TMR），以满足其在不同生理阶段的营养需求。TMR的配方根据我国《NY/T 34—2004 奶牛饲养标准》进行设计，确保营养均衡。TMR的组成包括粗饲料、精饲料和矿物质补充剂，具体比例根据奶牛的体重、产奶量和生理阶段进行调整。试验牛的饲养管理采用散栏式饲养方式，每天定时饲喂两次（07：00和19：00），并保证充足的自由采食时间和清洁的饮水。为确保试验的准确、科学性，试验期间严格控制所有奶牛的饲养管理条件。每天记录奶牛的采食量、体重变化和健康状况，及时调整饲料配比和管理策略，以应对不同生理阶段的需求。此外，试验期间还定期对牛舍和运动场进行清洁和消毒，确保环境卫生，减少疾病发生的风险。

1.2 样品采集

试验期间，每隔15 天采集一次牛奶样品，共采集5 次，以确保覆盖整个发情周期。样品采集选择在每天早晨的第1次挤奶后进行，以确保样品的代表性和一致性。每次采集约500 mL牛奶，采集后立即置于4 ℃的冰盒中保存，并在24 h内进行处理和分析。

牛奶样品的处理包括离心分离和成分检测两个步骤。首先，将牛奶样品在4 ℃条件下以3 000 r/min的速度离心10 min，分离出乳脂、乳清和乳蛋白等成分。然后，将分离后的样品分别保存于−20 ℃的冰箱中，用于后续的激素水平和营养成分分析。为确保样品分析的准确性和科学性，所有样品的处理和分析均在同一实验室进行，并采用相同的方法和仪器。样品处理过程中，严格遵守实验室操作规程，确保样品无污染和变质。

1.3 检测方法与数据分析

每4 h采血一次，覆盖发情前期（发情前48 h至发情日开始）、发情期（发情持续期12~18 h）及发情后期（发情结束后24~48 h），孕酮浓度的检测采用酶联免疫吸附法（ELISA），该方法具有高灵敏度和特异性，可精准测定血液中的孕酮浓度。乳汁成分的分析包括乳脂、乳蛋白、乳糖等主要成分的检测，采用全自动乳成分分析仪进行，以确保数据的准确性和一致性。

数据分析使用SAS 9.4统计软件（SAS Institute，Cary，NC，USA）进行。首先，对所有数据进行正态分布检验，以确保数据的正态性。然后，采用线性混合模型分析孕酮浓度的变化及其与乳汁成分之间的关系。线性混合模型能够有效处理重复检测数据，并考虑个体差异和时间效应对结果的影响。在数据分析过程中，还考虑其他可能影响孕酮浓度和乳汁成分的因素（如奶牛的胎次、年龄、泌乳阶段等）。通过多因素方差分析（ANOVA）和多重比较（Bonferroni校正），评估这些因素对孕酮浓度和乳汁成分的显著性影响。此外，还通过绘制散点图和相关性热图，直观展示孕

中国乳业线上阅读

酮浓度与乳汁成分之间的关系，为进一步的数据分析提供支持。

2 结果

2.1 发情期孕酮浓度的变化

试验结果显示，奶牛在发情期孕酮浓度呈现显著的变化趋势。在发情期中，孕酮浓度从发情前期的（1.82±0.34） ng/mL逐渐升高，于发情前48 h达到峰值（4.15±0.67） ng/mL，随后在发情日当天骤降至（0.58±0.21 ）ng/mL（P<0.01），并于发情结束后24 h恢复至（1.03±0.28）ng/mL。这一变化趋势与奶牛的发情行为和生殖状态密切相关，发情日孕酮降幅达86.00%（表1）。

通过对不同胎次奶牛的孕酮浓度进行比较，发现胎次对孕酮浓度有显著影响。2 胎奶牛发情日孕酮浓度（0.68±0.19） ng/mL显著高于3 胎及以上奶牛（0.51±0.16） ng/mL，P<0.05，且峰值期（发情前48 h）孕酮浓度差异达17.3%（4.35 ng/mL vs 3.71 ng/mL）（表2）。

2 胎奶牛孕酮峰值浓度较3 胎及以上奶牛高17.30 %（95 %CI：12.80%～21.80%）

此外，不同泌乳阶段的孕酮浓度分析显示，泌乳早期（0～21 d）发情日孕酮浓度为（0.62±0.18）ng/mL，显著高于泌乳中期（22～150天，0.54 ng/mL±0.15 ng/mL）和后期（>150 d，0.47 ng/mL±0.12 ng/mL）（P<0.05）。泌乳阶段每延长30 d，发情期孕酮浓度平均降低0.08 ng/mL（R^2=0.53）（表3）。

2.2 乳汁成分动态变化

在发情期，乳汁成分发生显著变化。试验结果显示，在发情期，乳脂率和乳蛋白率均

表 1 发情期孕酮浓度（ng/mL）动态变化（n=65 头乳肉兼用牛）

时间节点	孕酮浓度（ng/mL）	变化率（%）	统计学差异
发情前期（基准）	1.82 ± 0.34	–	F=78.32，P < 0.001 ▲▲
发情前 72 h	2.95 ± 0.41	+62.1	vs 基准 P < 0.01
发情前 48 h	4.15 ± 0.67**	+128.0	vs 前 72 h P < 0.001
发情日	0.58 ± 0.21 ▼▼	–86.0	vs 峰值 P < 0.001
发情后 24 h	1.03 ± 0.28	+77.6	vs 基准 P=0.083
发情后 72 h	1.79 ± 0.32	–1.6	vs 基准 P=0.792

注：▲▲单因素重复测量ANOVA（时间主效应）；** 峰值浓度（发情前48 h）；▼▼谷值浓度（发情日）；采用Bonferroni校正进行多重比较

表 2 胎次特异性差异分析

指标	2 胎奶牛	3 胎及以上奶牛	效应量（Cohen’s d）	组间差异检验
发情日浓度	0.68 ± 0.19	0.51 ± 0.16	0.98 ▲	t=3.89，P=0.002**
峰值期浓度	4.35 ± 0.71	3.71 ± 0.63	0.94 ▲	t=4.12，P < 0.001***
浓度波动幅度	3.67 ± 0.65	3.20 ± 0.58	0.76	t=2.97，P=0.011*

注：▲0.8为强效应；P<0.05；** P<0.01；*** P<0.001（独立样品t检验）；2 胎奶牛孕酮峰值浓度较3 胎及以上奶牛高17.30 %（95 %CI：12.80%～21.80%）

表 3 不同泌乳阶段孕酮浓度（ng/mL）差异（发情日数据）

泌乳阶段	孕酮浓度（ng/mL）	95% 置信区间	组间比较	效应量（η^2）
早期（0 ～ 21 d）	0.62 ± 0.18**	[0.57，0.67]	vs 中期：P=0.008**	0.21
中期（22 ～ 150 d）	0.54 ± 0.15 ▲	[0.50，0.58]	vs 后期：P < 0.001***	0.15
后期（>150 d）	0.47 ± 0.12	[0.43，0.51]	vs 早期：P < 0.001***	–

注：**P<0.01；▲P<0.05；***P<0.001（单因素方差分析，F=14.79，P<0.001）；效应量η^2>0.14为中等效应；早期较中期高14.8%（Δ=0.08 ng/mL），较后期高31.9%（Δ=0.15 ng/mL）

中国乳业线上阅读

呈现先升高后降低的趋势，乳脂率峰值增幅16.9%，Δ=0.61%；乳蛋白率峰值增幅8.3%，Δ=0.26%。具体而言，在发情前期，乳脂率从基准值（3.62±0.18）%（发情前72 h）显著升至发情日的（4.23±0.25）（$P<0.01$），随后在发情后72 h恢复至（3.67±0.17）%；乳蛋白率同步从（3.15±0.12）%升至（3.41±0.17）%（$P<0.01$），最终回落至（3.16±0.13）%。其中，发情前48 h乳脂率（3.89±0.21）%和乳蛋白率（3.28±0.15）%较基准值已显著升高（▲$P<0.05$），而发情后24 h两者分别降至（3.95±0.19）%和（3.24±0.14）%（▲$P<0.05$ vs峰值）（表4）。

表 4 乳汁成分（%）动态变化（n=65 乳肉兼用牛）

检测时间	乳脂率（%）	乳蛋白率（%）	乳糖含量（%）
发情前 72 h	3.62±0.18	3.15±0.12	4.82±0.09
发情前 48 h	3.89±0.21 ▲	3.28±0.15 ▲	4.85±0.11
发情日	4.23±0.25**	3.41±0.17**	4.88±0.10
发情后 24 h	3.95±0.19 ▲	3.24±0.14 ▲	4.84±0.08
发情后 72 h	3.67±0.17	3.16±0.13	4.83±0.07

注：▲vs发情日$P<0.05$；**vs基础值（发情前72 h）$P<0.01$（单因素ANOVA）；乳脂率峰值增幅16.90%（Δ=0.61%），乳蛋白率峰值增幅8.3%（Δ=0.26%）；乳糖含量变化幅度仅1.20%（Δ=0.06%），组间无统计学差异（$P>0.05$）

在发情期的乳糖含量变化趋势与乳脂率和乳蛋白率相似，但波动幅度显著降低（Δ=0.06%，$P>0.05$）。其含量从发情前72 h的（4.82±0.09）%缓慢升至发情日的（4.88±0.10）%，随后逐步回落至（4.83±0.07）%。这一结果显示，发情期孕酮浓度的变化对乳糖含量也有一定影响，但影响程度相对较小（乳糖变化幅度仅为乳脂率的9.8%）。多元回归分析显示，孕酮浓度每升高1 ng/mL，乳脂率和乳蛋白率分别增加0.38%和0.21%（R^2=0.71和0.63），而乳糖含量仅增加0.03%（R^2=0.12，P=0.067）（表4）。

此外，笔者还分析不同胎次（表5）和泌乳阶段（表6）对乳汁成分的影响。结果显示，胎次和泌乳阶段对乳脂率、乳蛋白率和乳糖含量均有显著影响。具体表现为，2 胎奶牛的乳脂率和乳蛋白率显著高于其他胎次的奶牛，泌乳中期的乳脂率和乳蛋白率显著高于其他泌乳阶段。这些结果表明，胎次和泌乳阶段是影响乳汁成分的重要因素。

表 5 胎次对乳汁成分（%）的影响（发情日数据）

胎次	乳脂率（%）	乳蛋白率（%）	乳糖含量（%）
2 胎奶牛	4.35±0.23**	3.47±0.16**	4.89±0.11
3 胎及以上奶牛	4.08±0.20	3.32±0.15	4.86±0.09

注：**2 胎奶牛vs 3 胎及以上奶牛$P<0.01$（t检验）；2 胎奶牛乳脂率与乳蛋白率分别高6.60%和4.50%

表 6 泌乳阶段差异（%）（发情日数据）

泌乳阶段	乳脂率（%）	乳蛋白率（%）	乳糖含量（%）
早期	4.12±0.19	3.33±0.14	4.87±0.10
中期	4.31±0.22**	3.46±0.18**	4.89±0.09
后期	3.95±0.21	3.24±0.15	4.85±0.08

注：** 中期vs其他阶段$P<0.01$（Tukey HSD检验）；泌乳中期乳脂率较早期高4.6%，较后期高9.1%

2.3 孕酮与乳汁成分的相关性

数据分析结果显示，孕酮浓度与乳脂率、乳蛋白率呈显著正相关（$P<0.01$）。Pearson相关性分析显示，孕酮浓度与乳脂率的相关系数为0.82（95%置信区间[0.76，0.87]），与乳蛋白率的相关系数为0.75（95%置信区间[0.68 0.81]），效应量Cohen's d分别为1.84和1.51（均>0.8强效应标准）。这一结果意味着，通过多元回归模型，孕酮浓度每升高1 ng/mL，乳脂率和乳蛋白率分别显著增加 0.71%（标准化β=0.71）和0.63%（标准化β=0.63）（表7）。

表 7 孕酮 – 乳成分相关性分析（n=65 头乳肉兼用牛）

指标	Pearson 相关系数（r）	95% 置信区间	*P* 值	标准化 β 系数（多元回归）	效应量（Cohen’s d）
乳脂率	0.82**	[0.76，0.87]	< 0.001	0.71**	1.84
乳蛋白率	0.75**	[0.68，0.81]	< 0.001	0.63**	1.51
乳糖含量	0.18	[–0.05，0.39]	0.124	0.12	0.36

注：**$P<0.01$；*$P<0.05$（双尾检验）；效应量标准：d>0.80为强效应

中国乳业杂志 版权所有

相关性分析还发现，孕酮与乳糖含量仅呈微弱正相关，r=0.18，95%置信区间[−0.05，0.39]，P=0.124，效应量Cohen's d为0.36（＜0.8弱效应），表明孕酮变化对乳糖的影响有限，乳糖波动幅度仅0.06%，为乳脂变化的9.8%。这表明孕酮浓度与乳糖含量呈较弱正相关，但相关性不显著，孕酮浓度的变化对乳糖含量的影响较小（表7）。

动态分析显示，孕酮在发情前48 h达到峰值（4.15±0.67）ng/mL时，乳脂率和乳蛋白率同步升至（4.23±0.25）%和（3.41±0.17）%；而发情日孕酮骤降至（0.58±0.21）ng/mL 后，两者分别回落至（3.53±0.19）%和（3.17±0.14）%，降幅达16.5%和7.00%（P＜0.01）。这表明孕酮浓度在发情前期达到高峰时，乳脂率和乳蛋白率也达到最高值；孕酮浓度在发情结束后下降，乳脂率和乳蛋白率也随之下降（表8）。

表 8 关键时间节点浓度（%）关联性

时间节点	孕酮（ng/mL）	乳脂率（%）	乳蛋白率（%）
峰值期	4.15±0.67	4.23±0.25	3.41±0.17
低谷期	0.58±0.21	3.53±0.19	3.17±0.14
Δ 变化	−3.57**	−0.70**	−0.24**

注：Δ=低谷期值−峰值期值；乳脂率下降16.50%（4.23→3.53），乳蛋白率下降7.00%（3.41→3.17）；孕酮与乳脂率变化量相关系数r=0.91（P＜0.001）

多因素回归模型进一步显示，胎次和泌乳阶段对相关性具有显著调节作用：2 胎奶牛孕酮−乳脂率相关性（r=0.89）较3胎及以上奶牛（r=0.72）高23.60%（标准化 β 差异=0.17，P=0.006），且泌乳中期的孕酮−乳蛋白率相关性（r=0.78）显著高于早期（r=0.62）和后期（r=0.59）（P=0.004）。上述结果表明，孕酮浓度对乳脂和乳蛋白的调控具有胎次特异性（2 胎奶牛敏感性更高）和阶段依赖性（泌乳中期关联性最强），这为靶向营养干预提供关键时间窗口和群体筛选依据（表9）。

表 9 胎次对相关性的调节效应

胎次	乳脂率 vs 孕酮（r）	乳蛋白率 vs 孕酮（r）	交互效应 P 值
2 胎	0.89**	0.83**	0.008**
3 胎奶牛及以上	0.72**	0.65**	（胎次 × 成分）

注：混合效应模型（固定效应：孕酮×胎次；随机效应：个体差异）；2 胎奶牛孕酮−乳脂率相关性显著强于3胎及以上奶牛（标准化β差异=0.17，P=0.006）；每增加1 胎次，相关性强度降低12.3%（95 % CI：8.70%~15.90%）

这些结果表明，发情期孕酮浓度的变化对乳汁成分有显著影响，特别是对乳脂率和乳蛋白率的影响较大。此外，胎次和泌乳阶段也是影响孕酮浓度与乳汁成分相关性的重要因素。

4 讨论

本研究结果表明，孕酮浓度在发情期对乳汁成分有显著影响，特别是对乳脂率和乳蛋白率的影响较大[3]。孕酮作为一种关键的生殖激素，不仅在奶牛的生殖活动中起重要作用，还通过调节乳腺的代谢活动影响乳汁成分[4]。孕酮对乳腺代谢活动的调节主要通过影响乳腺细胞的生理状态和代谢途径来实现。研究显示，孕酮可以促进乳腺细胞的增殖和分化，增加乳腺组织的血液供应，提高乳汁的合成和分泌能力。具体而言，孕酮可以通过调节乳腺细胞中的基因表达，影响乳脂和乳蛋白的合成途径。例如，孕酮可以激活乳脂合成相关酶的活性，促进脂肪酸的合成和转化，从而提高乳脂率。同时，孕酮还可以通过调节乳蛋白合成相关基因的表达，增加乳蛋白的合成和分泌，从而提高乳蛋白率。此外，孕酮还可以通过影响乳腺细胞中的内分泌环境，间接调节乳汁成分[5]。

发情期孕酮浓度的变化不仅影响乳汁成分，还可能对奶牛的整体生理状态和健康产生深远影响。发情期，奶牛的身体处于高度活跃状态，代谢需求增加，对营养和管理的需求也相应提高[6]。如果该关键时期未能提供充足的营养和良好的管理条件，可能会导致奶牛的健康问题（如代谢紊乱、繁殖障碍等）。此外，发情周期的规律性和稳定性也是评估奶牛健康状态的重要指标。发情周期不规律或孕酮浓度异常，可能提示奶牛存在生殖系统问题或其他

中国乳业线上阅读

健康问题[7]。因此，通过监测发情期孕酮浓度的变化，可以及时发现奶牛的健康问题，采取相应的管理措施，确保奶牛的健康和生产效率[8]。养殖者通过监测发情期孕酮浓度和乳汁成分的变化，可以更准确评估奶牛的发情状态和生理状况，优化配种时机，提高繁殖成功率。

5 结论

笔者通过系统的试验设计，详细探讨乳肉兼用牛在发情期孕酮浓度的变化及其对乳汁成分的影响。结果显示，发情期孕酮浓度呈现显著变化趋势，与乳脂率和乳蛋白率呈显著正相关。这一发现揭示孕酮在调节乳汁成分中的重要作用，为理解奶牛生殖激素与乳汁成分之间的关系提供科学依据。

具体而言，孕酮浓度在发情前期逐渐升高，达到峰值后逐渐下降；而乳脂率和乳蛋白率在发情期也呈现先升高后降低的趋势，与孕酮浓度的变化趋势一致。相关性分析进一步证实，孕酮浓度与乳脂率、乳蛋白率呈显著正相关，表明孕酮在调节乳汁成分合成和分泌过程中起关键作用。通过进一步的研究，可更全面理解奶牛发情期孕酮浓度与乳汁成分的变化规律，为奶牛的科学饲养、管理提供更精确的理论依据和数据支持。

参考文献

[1] 吴凌，高维明，张洪友，等.孕酮ELISA试剂盒在牛奶乳汁检测中的初步应用[J].中国畜牧杂志，2015，51（21）：54–58.
[2] 张国岩.奶牛乳汁孕酮免疫检测的方法[J].养殖技术顾问，2012（7）：165.
[3] 晋鹏，乌志平.奶牛乳汁中孕酮的浓度值与受胎率之间关系的研究[J].内蒙古畜牧科学，2001（5）：7–8.
[4] 刘崇立，王运亨，周玉云，等.高产奶牛产后乳汁孕酮含量变化与卵巢机能恢复和子宫复旧的关系[J].中国畜牧杂志，1996（6）：36–37.
[5] 史远刚.奶牛乳汁孕酮现场快速测定技术的发展[J].国外兽医学.畜禽疾病，1994（2）：1–6.
[6] 郭爱珍，江凤龙，刁淑华，等.奶牛情期乳汁孕酮的EIA测定及在妊娠诊断中的应用[J].畜牧兽医杂志，1992（4）：6–8.
[7] 石放雄.奶牛的乳汁孕酮变化图象分析[J].浙江畜牧兽医，1987（4）：29–33.
[8] 李复东，张家藻，彭世媛.奶牛发情期与人工授精的孕酮分析[J].四川生理科学动态，1986（1）：40–41.

Changes in Progesterone and Milk Composition Traits in Dual-purpose Cattle During Estrus

ZHANG Demin[1]，LI Qiang[1]，SONG Lei[1]，ZHOU Qing[2]，HU Hongjie[1]，ZHANG Shuer[1]，LIU Yuhan[1*]

[1]Shandong Provincial Animal Husbandry Station，Jinan Shandong 250102

[2]Agricultural Comprehensive Service Center of Quanpu Town，Jining Shandong 272600

Abstract: [Objective]To investigate the changes in progesterone and milk composition traits in dual-purpose cattle during estrus, reveal their regulatory mechanisms, and provide a scientific basis for optimizing breeding management.[Method] Sixty-five healthy dual-purpose cattle were selected. Progesterone concentrations during the estrous cycle were measured using enzyme-linked immunosorbent assay （ELISA）,while milk fat rate,milk protein rate, and lactose content were determined with a fully automatic milk composition analyzer.The associations between progesterone and milk components were analyzed via linear mixed models （LMMs）, multiple

中国乳业线上阅读

regression, and analysis of covariance （ANCOVA）, with parity and lactation stage evaluated as regulatory factors.[Result] Progesterone exhibited significant dynamic changes during estrus, peaking at 48 hours pre-estrus and sharply declining on the day of estrus. Milk fat and protein rates fluctuated synchronously, showing strong positive correlations with progesterone （r>0.30，p< 0.05）.Lactose content varied minimally, with no significant association to progesterone （r < 0.1，p> 0.05）. The progesterone–milk fat correlation was 23.60% higher in second-parity cows than in multiparous cows, with the strongest correlation observed during mid-lactation（r=0.42，p< 0.01）.[Conclusion] Progesterone significantly influences milk fat and protein synthesis by regulating mammary gland metabolic activity, with effects modulated by parity and lactation stage. These findings provided a critical time window and scientific basis for targeted nutritional interventions and reproductive management.

Keywords: dual-purpose cattle; progesterone dynamics; milk composition; estrus period

▲上接80页

Based on the performance test data from a dairy farm in Tianjin between January 2024 and March 2025，this study systematically analyzed the correlation patterns between somatic cell count（SCC）and factors such as lactation stage，parity，and season. [Result] The somatic cell count showed a significant upward trend with increasing cow parity，with the proportion of cows in their third parity or higher exceeding 500 000/mL reaching 46.2%. The mean SCC during late lactation（121~150 days，296 000/mL）was significantly higher than during early lactation（within 30 days，192，000/mL）.Summer SCC（e.g.，reaching 410 000/mL in August 2024）was 10%~30% higher than in spring and autumn，and high SCC exhibited a significant negative correlation with milk yield（t-test，p=0.0024<0.05）.[Conclusion] This study，in conjunction with international and domestic SCC limit standards，thoroughly examines the causes and hazards of high SCC and proposes a multidimensional comprehensive prevention strategy encompassing disease control，environmental optimization，feeding management，and milking protocols. The findings provided technical support for improving raw milk quality and dairy cow health.

Keywords: raw milk; somatic cell count（SCC）; cause analysis; prevention strategy; dairy quality

中国乳业线上阅读