

热应激下母牛繁殖管理中布舍瑞林的应用

郭志坚

(宁波三生生物科技股份有限公司, 浙江宁波 315000)

摘要: 夏季高温引发的热应激是奶牛养殖效益的关键难题, 不仅造成奶牛产奶量下滑, 还会大幅度损伤母牛繁殖性能。本文系统梳理了热应激对奶牛生理机能、内分泌稳态及繁殖功能的损伤机制, 重点分析高温环境对发情表现、卵泡发育、早期胚胎存活及妊娠成功率的负面影响; 结合田间试验数据, 阐述新型促性腺激素释放激素 (GnRH) 类似物布舍瑞林在同期定时输精、降低早期胚胎死亡率、治疗卵巢囊肿等场景的应用效果。研究证实, 布舍瑞林可通过调控奶牛内分泌水平、提升孕酮浓度、改善卵母细胞质量与子宫繁育环境, 显著缓解热应激带来的繁殖损伤, 提升夏季奶牛受胎率与整体繁殖效率, 为规模牧场夏季繁殖管控提供科学实操方案。

关键词: 热应激; 布舍瑞林; 早期胚胎死亡; 同期定时输精; 繁殖效率

文章编号: 1671-4393(2026)06-0065-10

DOI:10.12377/1671-4393.26.06.08

Application of Buserelin in the Reproductive Management of Dairy Cows under Heat Stress

GUO Zhijian

(Ningbo Sansheng Biological Technology Co., Ltd., Ningbo Zhejiang 315000)

Abstract: Heat stress caused by high temperatures in summer is a key challenge restricting the profitability of dairy farming. It not only reduces milk yield but also significantly impairs the reproductive performance of dairy cows. This paper systematically reviewed the mechanisms by which heat stress damages the physiological functions, endocrine homeostasis, and reproductive performance of dairy cows, with a focus on analyzing the negative effects of high-temperature environments on estrus expression, follicular development, early embryonic survival, and pregnancy success rates. Combined with field trial data, this paper elaborates on the application effects of the novel gonadotropin-releasing hormone (GnRH) analogue buserelin in scenarios such as fixed-time artificial insemination synchronization, reducing early embryonic mortality, and treating ovarian cysts. The study confirmed that buserelin can significantly alleviate heat stress-induced reproductive damage, improve summer conception rates, and

作者简介: 郭志坚 (1991-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 本科, 研究方向为反刍动物繁殖与生理学。

enhance overall reproductive efficiency in dairy cows by regulating the endocrine status, increasing progesterone concentrations, and improving oocyte quality and the uterine environment. This provided a scientifically based practical solution for reproductive management in large-scale farms during summer.

Keywords: heat stress; buserelin; early embryonic mortality; fixed-time artificial insemination synchronization; reproductive efficiency

奶牛养殖是全球乳制品供应链的核心环节，其繁殖效率直接影响牧场的经济效益。然而，夏季高温导致的热应激问题，已成为奶牛繁殖性能提升的主要瓶颈。当环境温度高于奶牛的热中性区域时，热应激会降低奶牛的生产性能和健康水平，每年给全球奶牛养殖业带来较大的损失^[1]。美国奶业每年因热应激造成的损失就高达10 亿美元^[2]；以色列2000—2017年夏季奶牛第一情期受胎率约为27.7%，显著低于冬季的42.6%^[3]。热应激通过影响奶牛内分泌系统、卵泡发育及子宫环境，显著降低胚胎存活率和妊娠成功率。因此，开发高效、安全的繁殖调控技术及产品，成为奶牛养殖业亟需解决的课题。

布舍瑞林作为一种人工合成的促性腺激素释放激素（GnRH）类似物，近年来在奶牛繁殖领域展现出独特优势。其通过增强促黄体素（LH）和促卵泡素（FSH）的释放效力，可精准调控奶牛发情周期，改善胚胎发育环境，并有效降低早期胚胎死亡率，提高受孕率。本文结合文献研究与田间试验数据，系统阐述热应激对奶牛繁殖的危害及布舍瑞林的应用效果，为牧场夏季繁殖管理提供理论依据与实践指导。

1 热应激对奶牛的危害

1.1 热应激的定义

热应激是指在高温环境中，动物体温调节超过自身调节能力时产生的非特异性免疫应答反应^[4]。在实际生产中，用于判断奶牛热应激常用的指标是温湿指数（THI），THI分为4 个等级：非热应激（ $THI \leq 68$ ）、轻度热应激（ $68 < THI \leq 71$ ）、中度热应激（ $71 < THI \leq 76$ ）、重度热应激（ $THI > 76$ ）^[5]。

除THI外，对于热应激的评判方式还有综合气候指数（CCI）和热负荷指数（HLI）等^[6, 7]。

1.2 热应激对奶牛健康的影响

1.2.1 产奶性能下降

热应激导致奶牛采食量显著下降（平均减少15%~40%），直接影响营养摄入，进而降低高峰奶量和年产奶量。当环境温度超过25 ℃时，奶牛产奶量可下降20%~30%，极端高温时甚至减少40%。研究发现，在高温状态下，随着THI数值的持续增加，奶牛产奶量会呈现线性下降趋势。当THI数值为60~80时，每上升1 个单位会导致产奶量下降0.13 kg。这表明高产奶牛的产奶量及乳成分在热应激状态下更为敏感^[8]。在热应激状态下，奶牛所产鲜乳中的短链和中链脂肪酸含量降低，长链脂肪酸比例升高，同时乳蛋白和乳脂肪含量变化与奶牛品种、应激程度等相关^[9]。

1.2.2 免疫系统抑制

在热应激状态下，奶牛体内应激激素（如皮质醇）水平升高，会抑制免疫细胞活性，导致呼吸道疾病、乳房炎等发病率增加。夏季乳房炎发病率比平时高15%^[10]。能量代谢紊乱可能引发酮症酸中毒、脂肪肝等代谢性疾病，病程延长且治疗难度加大。

1.2.3 消化与代谢功能异常

高温高湿环境改变瘤胃微生物群落结构，降低粗纤维分解效率，影响挥发性脂肪酸（如乙酸、丙酸）的生成，进一步加剧乳脂合成障碍。电解质紊乱导致呼吸频率加快，二氧化碳排出过量，血液中碳酸氢盐、钠、钾等离子浓度下降，破坏酸碱平衡，加重心肺负担。

1.3 热应激对奶牛繁殖的影响

1.3.1 影响发情行为

首先，热应激会对奶牛的发情表现产生严重的影响。受高温环境的作用，奶牛可能会出现发情周期延长、隐性发情现象、发情特征不显著以及发情强度降低等一系列症状。这些症状会直接影响奶牛适时配种，进而降低其受孕成功率。研究表明，热应激期间尽管排卵已经发生，但仍有80%的发情没有被监控到^[10]。这可能是由于热应激减少了奶牛发情迹象。此外，热应激还会使丝状黏液分泌物和爬跨行为减少^[11]，导致生产者很难判断奶牛最佳的配种时间。

1.3.2 影响卵泡发育

热应激对奶牛卵泡发育的影响机制较为复杂。从临床观察和文献报道来看^[12, 13]，热应激会干扰卵泡的正常发育进程，主要表现为优势卵泡的提前退化以及卵泡波节律的紊乱。根据笔者团队在夏季的牧场跟踪数据，在THI持续高于76的条件下，35%~40%的奶牛出现卵泡发育迟缓或优势卵泡提前萎缩的现象。从内分泌角度分析，热应激主要通过作用于下丘脑-垂体-性腺轴，影响促黄体激素（LH）、雌二醇（E2）、孕酮（P4）等关键生殖激素的分泌节律^[14]。这些激素水平的异常变化会进一步影响卵泡的选择和发育过程，导致排卵质量下降。

此外，热应激还会降低卵泡类固醇的合成能力，影响卵母细胞的成熟度和受精能力^[15]。根据实践经验，夏季高温期间，奶牛的优质卵母细胞比例通常下降15%~25%，可直接影响胚胎的发育潜能和后续的妊娠维持能力。

1.3.3 影响内分泌系统

热应激对奶牛内分泌系统影响显著，不可忽视^[12]。在热环境下，奶牛体内发生复杂生理反应，导致催乳素、LH和促卵泡素等关键激素分泌减少。催乳素减少直接影响产奶量，LH和促卵泡素不足则导致发情异常、排卵困难，降低受孕率。对成年公牛而言，热应激引发内分泌失衡，导致性欲减退、性

腺萎缩和精子质量下降，影响配种能力和后代遗传品质。

1.3.4 影响胚胎

热应激会对奶牛繁殖性能产生很大影响^[13]，当THI升高至55~60时，可能会在产量下降之前就对发情、受孕率和早期胚胎存活率产生不利影响^[16]。热应激时奶牛体温升高导致生殖道过热，子宫环境不利于受精卵的发育和胚胎附植。其次，由于高温散热的需要，牛体流经子宫的血液减少，供给胚胎发育所需的养分、氧气及水分相对不足，使胚胎发育受阻^[17]。Hansen^[18]研究发现，高温（40~41℃）下的受精卵囊胚发育率显著降低。

2 布舍瑞林在提升奶牛繁殖效率中的应用

2.1 布舍瑞林的作用特点

2.1.1 高效促进排卵

布舍瑞林（Buserelin）是GnRH的人工合成类似物，作为一种新型激素药品应用于同期发情处理，其作用于垂体，调控机理与GnRH相同；布舍瑞林活性强，半衰期比GnRH长^[19]。其促进LH和FSH释放的作用效力分别为天然促性腺激素释放激素的19倍和26倍，因布舍瑞林促黄体生成素的能力强于促卵泡激素的释放，又被称为促黄体生成素释放激素^[20, 21]。

在GnRH类似物处理后的48~72 h内（图1），排卵率很高（戈那瑞林72.7%、布舍瑞林100%）。在处理后的23~54 h内排卵率平均达到了85%，平均2.1

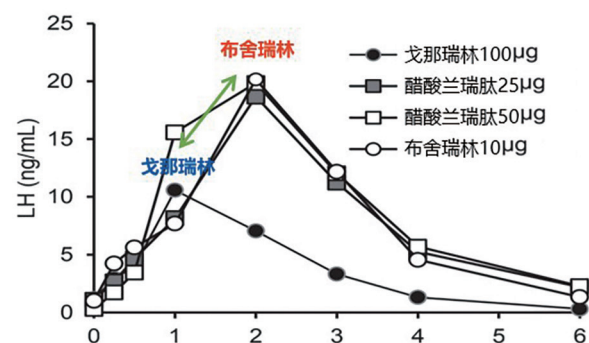


图1 GnRH注射后排卵的时间(h)

Figure 1 Time to Ovulation after GnRH Injection (h)

天会出现1个新的卵泡波。

2.1.2 调节性腺功能

布舍瑞林不仅能有效促进母牛排卵，还具有调节性腺功能的作用。具体而言，该药物可通过精准调控LH与FSH的分泌水平，进而显著改善母牛的卵巢发育状况，提升卵泡质量并增强其排卵能力。

应用不同注射剂量GnRH类似物进行促LH和FSH试验（图2），结果表明，无论是注射10 μg还是20 μg的布舍瑞林，其促进LH和FSH的峰值（pH值）均高于戈那瑞林，其作用时间和促释放量均高于戈那瑞林。

2.1.3 安全性与注意事项

布舍瑞林在奶牛体内的药代动力学特性表现出色，其药物吸收速度快，且代谢途径相对简单，无有害残留，亦无需特定休药期。研究表明，布舍瑞林的有效成分在奶牛体内能够迅速代谢并排出，对母牛的健康状况及胎儿的正常生长发育均未产生显著不利影响。

但有研究提示，布舍瑞林在某些条件下可能存在双胞胎风险增加的情况。Lopes-Gautier等^[22]表明：与地洛瑞林（100 μg）相比，布舍瑞林（100 μg）处理使多排卵风险增加1.6倍（OR=1.6， $P<0.0001$ ），双胞胎妊娠风险增加2.8倍（OR=2.8， $P=0.015$ ）。因此，在临床应用中应充分考虑双胞胎风险对牧场经济效益的潜在影响，合理选择适应证和使用方案。这一优势使得布舍瑞林在确保奶牛福利及提升产品质量方面，与现代畜牧业绿色可持续发展的理念高度

契合，成为奶牛同期定时输精程序中的优选产品，但需在兽医指导下合理使用。

2.2 布舍瑞林对妊娠奶牛早期胚胎损失的影响

2.2.1 改善子宫内环境

布舍瑞林是一种GnRH的类似物，通过调节母牛体内的LH和FSH的分泌，实现对母牛生殖内分泌系统的有效调控。在妊娠早期，布舍瑞林能够促进母牛子宫环境的优化，包括调节子宫血液循环、增强子宫分泌细胞活性及提高局部免疫反应等，从而有利于早期胚胎的着床和稳定发育，有效减少因子宫环境不良导致的胚胎损失。

2.2.2 提高卵母细胞质量

布舍瑞林能刺激卵巢上卵泡的生长和发育，提升卵母细胞在卵泡内的成熟度，进而提高卵母细胞的质量。优质的卵母细胞含有更丰富的细胞质和营养物质，能更好地支持早期胚胎的发育，降低了胚胎在着床前因质量问题而出现的损失。

2.2.3 调节内分泌系统

布舍瑞林作为一种GnRH激动剂，在奶牛体内扮演着关键的内分泌调节角色，能够有效协助维持母牛体内LH、FSH及P4等重要激素的稳定平衡状态，这些激素对于确保正常妊娠过程的顺利进行具有至关重要的作用。Puget等^[23]研究报道，母畜排卵后，P4浓度上升的速度与胚胎发育密切相关，如果P4浓度的上升速度较慢，则胚胎的存活力就会降低。

2.3 布舍瑞林在治疗奶牛卵巢囊肿疾病中的应用

奶牛场普遍采用生殖激素疗法作为治疗奶牛卵

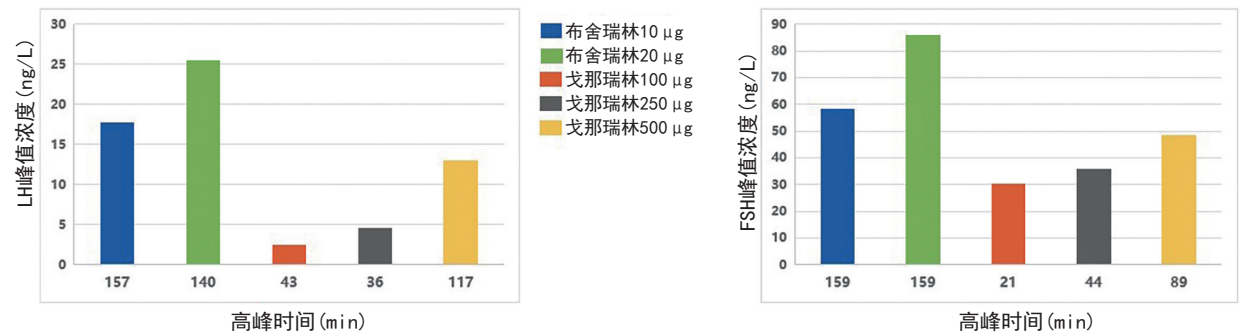


图 2 GnRH 类似物不同剂量下峰值浓度及持续时间对比
Figure 2 Comparison of Peak Concentrations and Durations at Different Doses of GnRH Analogue

巢囊肿（COD）的主要手段，其中以促性腺激素类药物治疗方案较多。促性腺激素类药物主要包括GnRH和人绒毛膜促性腺激素（HCG）等在治疗奶牛卵巢囊肿方面具有显著的效果。

几种类型的GnRH产品在商业上可用于母牛，主要通过天然GnRH分子上的第6位和第10位氨基酸修饰合成GnRH类似物，使效力改变，目的是产生足够多FSH和LH释放促进卵泡发育及诱导优势卵泡排卵^[24]。在已知的牛靶动物GnRH类似物中，醋酸布舍瑞林对FSH和LH的促释放效力最强^[25]。

Bierschwal等^[26]在一项使用不同剂量布舍瑞林治疗COD的研究中发现，治愈率为64%~82%，从治疗到发情的平均时间22.2~22.8天，受孕率72%~87%。Ijaz等^[27]也发现类似结果，65%~80%的奶牛在布舍瑞林治疗后能恢复卵巢生理周期功能。

此外，布舍瑞林治疗后COD愈合时间更快，加速已在进行的愈合过程。使用多普勒超声发现，布舍瑞林处理后卵巢上的囊肿血流量较正常卵巢增加，LH脉冲频率增多，但未出现激增。因此，囊肿组织血流量和黄体生成素脉冲频率增加，可能导致囊肿更快消退，加快消融过程，恢复下丘脑-垂体-卵巢轴正常功能，提高治愈率，开始正常发情^[28]。

3 布舍瑞林在夏季热应激期间试验效果评估

3.1 布舍瑞林方案效果评估

为进一步研究布舍瑞林（商品名：安诺其，厂家为宁波三生生物科技股份有限公司）在夏季热应

激期间对奶牛妊娠早期胚胎损失及受孕率的影响，比较南北地区不同牧场在执行配种后注射布舍瑞林方案后的效果，南方区域包括江苏、广东等地区的6家牧场；北方区域包括内蒙古、宁夏等5家地区的牧场。

试验设计：选择健康、无疾病的奶牛作为试验对象，试验组与对照组除药物种类外，其他管理条件（如饲养、环境等）均保持一致，随机分为试验组和对照组。

试验方案：试验组采用宁波三生推广的“一诺千金”方案（图3），在奶牛配种后第12d，对试验组的奶牛注射布舍瑞林，剂量为20 μg/头，对照组则不进行药物处理。

妊娠检测：在配种后第35天和妊娠后60天，对试验组和对照组的奶牛进行妊娠检测，记录受孕情况。在整个试验期间，密切观察奶牛的身体状况和妊娠进展。

试验结果：在配种后第35天和妊娠60天，观察到试验组的胚胎存活率显著高于对照组。详细的统计学分析结果见表1，表中所示数据均为公司内部试验数据。

在配种后第35天，南方区域试验组受胎率（37.2%）显著高于对照组（30.5%），差异有统计学意义（ $\chi^2=4.58$ ， $P=0.032$ ）；北方区域试验组受胎率（33.9%）与对照组（30.8%）无显著差异（ $\chi^2=1.54$ ， $P=0.215$ ）。在妊娠后第60天，南方区域试验组流产率（16.8%）显著低于对照组（25.3%）（ $\chi^2=4.17$ ， $P=0.041$ ）；北方区域两组间无显著差异（ $\chi^2=0.44$ ， $P=0.508$ ）。

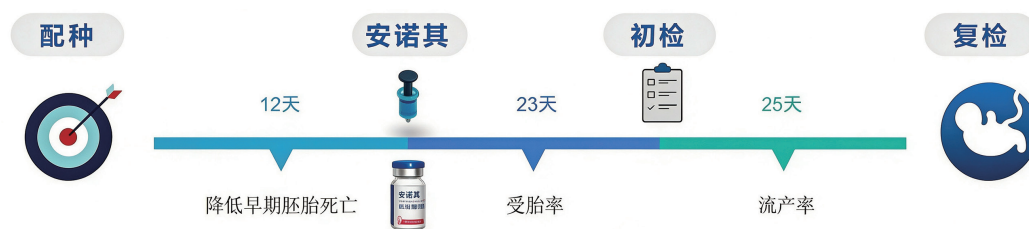


图3 一诺千金执行方案

Figure 3 One Promise, a Thousand Gold-Operating Procedures

表 1 “一诺千金”方案对奶牛繁殖效率的影响
Table 1 Effect of the "Yinuo Qianjin" Protocol on Reproductive Efficiency in Dairy Cows

区域	组别	n	受胎率 % (35 天)	χ^2	P 值	95%CI	流产率 (60 天)	χ^2	P 值	95%CI
南方 区域	试验组	480	37.2 (179/480)	4.58	0.032*	(1.2%, 12.3%)	16.8% (30/179)	4.17	0.041*	(-15.8%, - 2.0%)
	对照组	470	30.5 (143/470)	-	-	-	25.3% (36/143)	-	-	
北方 区域	试验组	295	33.9 (100/295)	1.54	0.215	(-2.1%, 8.3%)	21.5% (22/100)	0.04	0.508	(-12.1%, 6.7%)
	对照组	311	30.8 (96/311)	-	-	-	24.2% (23/96)	-	-	
合计	试验组	775	36.0 (279/775)	5.14	0.023*	(0.8%, 10.0%)	18.3% (51/279)	3.16	0.075	(-13.5%, 0.7%)
合计	对照组	781	30.6 (239/781)	-	-	-	24.7% (59/239)	-	-	

注： χ^2 检验，* $P<0.05$ 为差异有统计学意义

结果表明，配种后第35天肌注布舍瑞林能够有效降低奶牛配种后的早期胚胎损失，提高配种后的受孕率。

3.2 布舍瑞林应用在同期定时方案中的效果评估

为了验证布舍瑞林在奶牛同期定时输精程序中的应用效果，进行南北地区不同牧场试验效果的评估。南方区域包括浙江、上海、江苏、福建等地区牧场，北方区域包括甘肃、新疆、山东、内蒙古、宁夏等地区牧场。

试验设计：选择健康、无疾病的奶牛作为试验对象，试验组与对照组除药物种类外，其他管理条件（如饲养、环境等）均保持一致，随机分为试验组和对照组。试验组采用布舍瑞林（商品名：安诺其，厂家为宁波三生生物科技股份有限公司）进行同期定时输精程序，对照组采用戈那瑞林进行同期定时输精程序，PG类产品则根据牧场实际应用情况进行使用。

试验方案：本次试验采用两种同期方案进行效果评估，首配方案执行双同期程序、复配方案执行0789程序。

药物注射：试验组的奶牛注射布舍瑞林（安诺其），剂量为20 μg /头·次。对照组的奶牛注射戈那瑞林，剂量为100 μg /头·次。

妊娠检测：在同期定时配种后的第35天，对试验组和对照组的奶牛进行妊娠检测，记录受孕情况。

试验结果：首配双同期方案和复配0789方案的详细统计学分析结果见表2，表中所示数据均为公司内部试验数据。

首配双同期方案受胎率，试验组南北区域受孕率平均为40.08%，显著高于对照组的35.51%（ $\chi^2=4.23$ ， $P=0.040$ ）；南方区域效果更显著（41.52% vs 36.16%， $P=0.028$ ）。复配0789方案受胎率，试验组南北受孕率平均为33.90%，显著高于对照组的29.81%（ $\chi^2=3.91$ ， $P=0.048$ ）；南方区域同样效果更显著（35.24% vs 30.52%， $P=0.035$ ）。

结论：布舍瑞林在奶牛同期定时输精程序中具有显著的应用效果，能够显著提高母牛妊娠成功率。

4 综合防控策略建议

为最大限度缓解热应激对奶牛繁殖的影响，建议牧场采取“环境调控+营养优化+激素干预”的综合方案^[29]。

4.1 物理降温

热应激对奶牛的影响是一个多因素协同作用的

表 2 布舍瑞林在同期定时输精程序中的应用效果

Table 2 Application Effects of Buserelin in the Synchronized Timed Artificial Insemination Program

方案	区域	组别	n	受胎率 %	χ^2	P 值	95%CI
首配双同期	南方区域	试验组	186/448	41.52	4.82	0.028*	(0.8%,10.2%)
		对照组	162/448	36.16	-	-	-
	北方区域	试验组	226/580	38.97	2.01	0.156	(-1.3%,7.5%)
		对照组	203/580	35.00	-	-	-
	合计	试验组	412/1 028	40.08	4.23	0.040*	(0.3%,7.9%)
		对照组	365/1 028	35.51			
复配 0789	南方区域	试验组	142/403	35.24	4.44	0.035*	(0.3%,9.1%)
		对照组	123/403	30.52	-	-	-
	北方区域	试验组	156/476	32.77	1.52	0.218	(-1.9%,7.9%)
		对照组	139/476	29.20	-	-	-
	合计	试验组	298/879	33.90	3.91	0.048*	(0.1%,7.7%)
		对照组	262/879	29.81			

注： χ^2 检验，* $P<0.05$ 为差异有统计学意义

复杂过程。在实际生产环境中，气象因素（环境温度、相对湿度、热辐射）、通风条件以及奶牛本身的生理状态共同决定了热应激的严重程度。在炎热夏天，采取有效的降温措施对降低奶牛体温及提高奶牛繁殖性能至关重要。根据笔者团队在全国各牧场的调研数据，在南方高温高湿地区（如江苏、广东等地），夏季THI值超过72的天数可长达60~80天，而在北方相对干燥地区（如内蒙古、宁夏等地），THI值超过72的天数通常在30~45天，这说明地域差异对热应激管理策略的制定具有重要影响。

从体温调节的角度来看，环境温度是影响奶牛直肠温度的直接因素，但仅有温度指标是不够的。大量研究表明，当环境温度超过25℃且相对湿度超过60%时，即使温度指标看似不高，奶牛仍可能处于中度甚至重度热应激状态。这提示在评估热应激时，不能仅看温度计读数，而应综合考虑THI的实时变化。

针对上述问题，当前规模化牧场普遍采用风扇结合喷淋的系统性降温方案。从降温原理来看，喷淋主要通过水的蒸发带走体表热量，而风扇则促进空气流通，加速蒸发散热过程，两者协同作用可显著提高降温效率。调研数据显示，采用“风扇+喷淋”组合降温的牧场，奶牛直肠温度平均可降低0.8~1.5℃，采食

量恢复率可达正常水平的85%~95%^[30]。

对于设有运动场的牧场，遮阴设施的合理配置同样关键。夏季强烈的太阳辐射会使奶牛体温在短时间内快速升高，研究表明，在无遮阴条件下，奶牛站立时的体温可比有遮阴条件高出0.5~1.0℃。笔者团队在河北某规模牧场的跟踪调查发现，安装遮阴网后（遮阴率>70%），奶牛热应激期间的日均采食量提高了12%，发情鉴定准确率提升了约8个百分点。

因此，建议运动场遮阴设施的设计应满足以下要求：遮阴面积不低于运动场面积的50%；遮阴网高度不低于3.5 m，以保证空气流通；优先选择白色或浅色遮阴网，以减少热辐射吸收。在实际生产中，可根据牧场实际情况，将遮阴设施与绿化种植相结合，既能达到遮阴效果，又能改善牛舍周边的小气候环境。

在降温措施中，饮水管理是一个常被忽视但实际效果显著的环节。夏季奶牛的饮水量会显著增加，有研究表明，高温环境下奶牛的日饮水量可达冬季的1.5~2.0倍。充足清洁的饮水不仅能满足奶牛的代谢需求，还能通过水的蒸发散热帮助降低体温。

在实际操作中，建议采用以下策略：第一，保

证饮水的清凉度，在高温时段可在水槽中添加冰块或使用循环冷却系统，将水温控制在15~20℃效果最佳；第二，增加饮水点的数量和分布密度，确保奶牛有充足的饮水空间，避免因争抢饮水导致的应激；第三，定期清洗水槽，保证饮水卫生。数据显示，采用清凉饮水管理的牧场，奶牛热应激期间的日均产奶量下降幅度可减少8%~15%。

4.2 合理搭配饲料营养

在高温季节，奶牛的身体机能和营养需求都会发生相应的变化，为了确保奶牛的健康和生产效益，应当科学合理地调整其饲料配方，即适当增加奶牛饲料中的粗蛋白质、矿物质和维生素等营养成分的含量。这些营养成分对于提高奶牛的抗热应激能力至关重要，可以有效缓解奶牛因高温天气所带来的身体负担。

与此同时，还需特别注意控制饲料的能量水平。在高温天气下，奶牛的基础代谢率会有所增加，如果摄入过高的能量，将会导致奶牛体温升高，增加其热应激的风险。因此，要根据奶牛的实际营养需求和天气情况，科学合理地调整饲料的能量水平，确保奶牛的健康和生产。

然而，最近的一项研究结果表明，在考虑夜间喂养时应谨慎，因为夜间喂养可能会降低全消化道消化率和总体进食量^[31]。综合现有研究证据建议：在夏季高温期间，应以“少量多次”为原则调整饲喂时间，可将30%~40%的日粮在夜间（20:00-24:00）集中投喂，以利用夜间相对凉爽的环境提高干物质采食量。但需密切监测剩料量，避免饲料浪费。

4.3 合理制定配种计划与适时配种

奶牛在夏季产犊时，常常面临高温高湿等不利环境因素，容易出现胎衣不下和子宫炎症等一些繁殖疾病。为了降低这些繁殖疾病的风险，炎热地区的奶牛场可以合理安排奶牛的配种计划，尽量避开母牛在7—9月产犊。

实现这一目标，就需要在上一年的10—12月尽量减少奶牛配种，从而确保奶牛在较为凉爽的季节进行分娩。这样一来，不仅可以有效避免高温高湿

对奶牛产犊带来的不利影响，还可以提高奶牛的繁殖效率和健康水平。

一般情况下，70%的母牛发情行为发生在下午6点至早上6点之间，但这一规律在炎热的夏季会发生一定的变化。具体来说，夏季奶牛发情行为发生在夜间的比例会有所升高，同时夏季奶牛发情时间短且发情症状不明显，这就给发情鉴定带来了一定的困难。

为了准确判断奶牛的发情时间并进行适时配种，奶牛场需要增加发情鉴定的频次，密切关注奶牛的发情行为和体征变化。建议每日至少进行2次发情鉴定，每次不少于30 min。只有在准确判断奶牛发情时间的基础上，才能进行有效的配种操作，从而提高奶牛的妊娠率。

4.4 预防减少产后疾病发生

在夏季提升奶牛繁殖效率的过程中，预防产后疾病的发生至关重要。夏季高温环境促进了病原微生物的活跃繁殖，奶牛受热应激影响免疫力和抗病力下降，使得夏季分娩的奶牛更易患胎衣不下、子宫炎、子宫积脓积液及阴道炎等生殖道感染性疾病。因此，针对奶牛生殖道感染的预防与及时治疗显得尤为重要。

母牛分娩作为自然的生理过程，原则上应尽量采取自然分娩方式。然而，当出现胎位异常、胎儿过大或母牛分娩无力等分娩问题时，则需采取人工助产措施，以保障母牛与新生牛犊的安全。在执行夏季助产时，必须特别注重助产器械及术者手臂的彻底消毒工作，以防子宫与阴道感染的发生。同时，产房的环境卫生状况及通风条件亦需予以密切关注。

产后阶段，每日至少应对奶牛生殖道分泌物进行一次观察，特别是在奶牛躺卧休息时，需留意其阴门分泌物的变化，以准确判断奶牛是否存在子宫炎等生殖道疾病。一旦发现奶牛患有子宫炎等疾病，应立即采取治疗措施，确保健康与繁殖不受影响。

4.5 采用胚胎移植

在夏季热应激条件下，通过实施胚胎移植技

术,可有效提升奶牛妊娠率。具体而言,移植的胚胎已度过对热敏感的关键时期。热应激不仅影响卵母细胞的发育,而且影响胚胎发育质量,尤其对非常早期的胚胎(小于6 d)影响较大,而6 d以后的胚胎则更耐热^[32, 33]。研究表明,夏季鲜胚移植受胎率比人工授精高9%~15%^[34],新鲜胚胎比冷冻胚胎移植受胎率高9%~12%^[35]。因此,牧场夏季可以选择利用新鲜胚胎进行移植,是夏季提高受胎率的措施之一。值得注意的是,尽管此方法能在一定程度上缓解热应激对繁殖率的不利影响,但完全消除热应激对繁殖率的负面影响仍有较大难度。

5 小结

本文对热应激下奶牛繁殖管理的关键问题进行讨论。首先,从热应激的发生机制来看,其对繁殖性能的影响具有累积效应和延迟效应^[36]。热应激不仅在发生时影响繁殖表现,其后续影响可能持续2~3个月。这提示热应激的管理应该是一个持续性、系统性的工作,不能仅在高温季节才引起重视。

其次,关于布舍瑞林的应用效果,从本文汇总的田间试验数据来看,在配种后第12天使用布舍瑞林可显著降低早期胚胎损失率。值得注意的是,布舍瑞林在同期定时输精程序中的应用效果因牧场条件不同而存在差异,南方牧场的效果优于北方牧场,这可能与南方地区热应激程度更严重有关^[37],也说明布舍瑞林在缓解热应激危害方面具有更大的应用价值。

第三,综合防控策略的实施需要因地制宜^[37]。在实际推广过程中,发现部分牧场在降温设施投入方面存在不足,导致夏季繁殖效率损失严重。建议牧场根据自身条件,分阶段实施综合防控方案:短期(1~2年)以改善饮水和通风为主;中期(2~3年)完善喷淋和遮阴设施;长期目标是通过品种选育和营养调控,从根本上提高奶牛的热应激适应能力。

最后,关于布舍瑞林的安全性,需要特别说明的是,虽然本研究强调了布舍瑞林在提高繁殖效率

方面的显著优势,但任何激素类药物的使用都应在兽医指导下进行,合理把握用药剂量和使用时机,才能充分发挥其效益并规避潜在风险。

参考文献

- [1] Thornton P, Nelson G, Mayberry D, et al. Impacts of heat stress on global cattle production during the 21st century: A modelling study[J]. *The Lancet Planetary Health*, 2022, 6 (3): 192-201.
- [2] St-Pierre N R, Cobanov B, Schnitkey G. Economic losses from heat stress by US livestock industries[J]. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86: E52-E77.
- [3] Wolfenson D, Roth Z. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility[J]. *Animal Frontiers*, 2019, 9 (1): 32-38.
- [4] Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard L H, et al. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants[J]. *Animals*, 2010, 4 (7): 1167-1183.
- [5] Rodriguez-Venegas R, Meza-Herrera C A, Robles-Trillo P A, et al. Effect of THI on milk production, percentage of milking cows, and time lying in holstein cows in northern-arid Mexico[J]. *Animals*, 2023, 13 (10): 1715.
- [6] Toghani S, Hay E, Fragomeni B, et al. Genotype by environment interaction in response to cold stress in a composite beef cattle breed[J]. *Animals*, 2020, 14 (8): 1576-1587.
- [7] 徐明, 吴淑云, 黄常宝, 等. 呼和浩特地区牛舍内温湿度变化规律和奶牛冷热应激判定[J]. *家畜生态学报*, 2015, 36 (2): 54-60.
- [8] 贺光祖, 叶惠慧, 李逢振, 等. 热应激对奶牛的影响及营养调控措施研究[J]. *现代食品*, 2023, 18: 53-55.
- [9] 项爱丽, 郑百芹, 郝立武, 等. 奶牛热应激危害及防治[J]. *畜牧科技*, 2021 (1): 119-120.
- [10] De Rensis F, Garcia-Ispuerto I, Lopez-Gatius F. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows[J]. *Theriogenology*, 2015, 84 (5): 659-666.
- [11] Schuller L K, Michaelis I, Heuwieser W. Impact of heat stress on estrus expression and follicle size in estrus under field conditions in dairy cows[J]. *Theriogenology*, 2017, 102: 48-53.
- [12] 付建中, 陈玉武, 庄佳荣, 等. 热应激对奶牛的损伤机制及调控措施的研究进展[J]. *饲料研究*, 2025, 48 (3): 1-7.
- [13] 杨志强, 刘李萍, 张峥臻, 等. 环境温度应激对奶牛的影响[J]. *中国奶牛*, 2020 (7): 13-17.
- [14] Wolfenson D, Roth Z. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility[J]. *Animal Frontiers*, 2019, 9

- (1) : 32-38.
- [15] 徐竞宏, 王少华, 李爽, 等. 热应激对奶牛卵母细胞及早期胚胎发育潜能的影响研究进展[J]. 中国畜牧杂志, 2024, 60 (3) : 1-7.
- [16] 赵金鹏, 金宜全, 杨志强, 等. 夏季热应激对奶牛的影响及预防措施[J]. 中国奶牛, 2021 (4) : 10-13.
- [17] Ealy A D, Drost M, Hansen P J. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows[J]. Journal of Dairy Science, 1993, 76 (10) : 2899-2905.
- [18] Hansen P J. Reproductive physiology of the heat-stressed dairy cow: Implications for fertility and assisted reproduction[J]. Animal Reproduction Science, 2019, 16 (3) : 497-507.
- [19] 顾文源, 苏硕青, 刘玉, 等. 布舍瑞林在奶牛同期发情-定时输精中的应用效果分析[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57 (5) : 149-153.
- [20] 据滢莹, 徐宏伟, 叶小惠, 等. 布舍瑞林的研究概述[J]. 海峡药学, 2014, 26 (4) : 12-14.
- [21] 佟太锋. 布舍瑞林的液相全合成研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2006.
- [22] Puget C, Joueidi Y, Bauville E, et al. Serial HCG and progesterone levels to predict early pregnancy outcomes in pregnancies of uncertain viability: A prospective study[J]. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology, 2018, 220: 100-105.
- [23] Lopes-Gautier F, et al. Association between gonadotropin-releasing hormone analogs and multiple ovulation outcomes in lactating dairy cows[J]. Journal of Reproduction and Development, 2025, 71 (4) : 234-237.
- [24] 邵亚群, 李强. 布舍瑞林在治疗奶牛卵巢囊肿中的应用[J]. 中国乳业, 2024 (5) : 49-52.
- [25] Bierschwal C J, Garverick H A, Martin C E, et al. Clinical response of dairy cows with ovarian cysts to GnRH[J]. Journal of Animal Science, 1975, 41: 1660-1665.
- [26] Picard-Hagen N, Lhermie G, Florentin S, et al. Effect of gonadorelin, lecinrelin, and buserelin on LH surge, ovulation, and progesterone in cattle[J]. Theriogenology, 2015, 84 (2) : 177-183.
- [27] Ijaz A, Fahning M L, Zemjanis R. Treatment and control of cystic ovarian disease in dairy cattle: A review[J]. British Veterinary Journal, 1987, 143 (3) : 226-237.
- [28] Probo M, Comin A, Mollo A, et al. Reproductive performance of dairy cows with luteal or follicular ovarian cysts after treatment with buserelin[J]. Animal Reproduction Science, 2011, 127 (3/4) : 135-139.
- [29] 李荣岭, 李建斌, 宫本芝, 等. 夏季如何提高奶牛的繁殖力[J]. 中国奶牛, 2021 (1) : 15-20.
- [30] 黄晓飞, 宫玥, 张瑞华, 等. 缓解奶牛热应激的物理降温策略[J]. 广东饲料, 2024 (2) : 47-50.
- [31] Niu M, Harvatine K. Short communication: The effects of morning compared with evening feed delivery in lactating dairy cows during the summer[J]. Journal of Dairy Science, 2018, 101: 396-400.
- [32] Ealy A, Drost M, Hansen P. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows[J]. Journal of Dairy Science, 1993, 76: 2899-2905.
- [33] Sakatani M, Kobayashi S, Takahashi M. Effects of heat shock on in vitro development and intracellular oxidative state of bovine preimplantation embryos[J]. Molecular Reproduction and Development, 2004: 77-82.
- [34] Demetrio D, Santos R, Demetrio C, et al. Factors affecting conception rates following artificial insemination or embryo transfer in lactating Holstein cows[J]. Journal of Dairy Science, 2007, 90: 5073-5082.
- [35] Al-Katanani Y, Drost M, Monson R, et al. Pregnancy rates following timed embryo transfer with fresh or vitrified in vitro produced embryos in lactating dairy cows under heat stress conditions[J]. Theriogenology, 2002, 58: 171-182.
- [36] 金宜全, 黄晓飞, 宫玥, 等. 热应激对奶牛的影响及应对措施[J]. 中国奶牛, 2024 (8) : 25-30.
- [37] 王小托, 商静静, 杨晓娟, 等. 热应激对荷斯坦牛生产的影响及综合防控技术[J]. 中国乳业, 2026 (2) : 35-40.