

# 奶牛热应激防治措施研究进展

陈志伟, 刘东武 (山东理工大学分析测试中心, 山东淄博 255049)

**摘要** 奶牛热应激是指奶牛受到超过自身体温调节能力的过高温度刺激时, 引起机体产生的非特异性应答反应。奶牛热应激防治措施主要包括营养调控、环境改善和育种途径。目前奶牛业生产多采用营养调控为主, 环境改善为辅的综合措施。

**关键词** 奶牛; 热应激; 防治措施

中图分类号 X823.9+1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)09-03667-03

## Review of Management Strategy of Heat Stress Response to Dairy Cow

CHEN Zhi-wei et al (Analysis and Testing center, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049)

**Abstract** When dairy cows live under high temperature beyond the range of normal thermo-regulation, unspecific response was aroused. There are mainly three management strategies to alleviate heat stress, which are nutrition, environment and breeding management. At present, the nutrition and environment management are widely used.

**Key words** Dairy cow; Heat stress; Management strategy

奶牛热应激是指奶牛受到超过自身体温调节能力的过高温度刺激时, 引起机体产生的非特异性应答反应, 热应激是导致奶牛夏季产奶性能、繁殖性能和免疫能力下降的最主要原因之一。由于夏季高温时间长, 热应激给奶牛业造成巨大的经济损失。因此, 奶牛热应激防治措施的研究受到国内外广泛重视。笔者主要综述了国内外奶牛热应激防治措施方面的研究进展。

### 1 奶牛热应激的产生

奶牛产乳过程中产热量较大, Igono 等的研究表明, 泌乳奶牛的代谢热比非泌乳奶牛的代谢热高 48%, 奶牛体内的代谢热必须及时排出体外, 才能维持体温的恒定; 但奶牛的单位体重散热面积小, 体组织保温性能好, 汗腺机能不发达, 不利于皮肤蒸发散热, 因而形成了耐寒怕热的生物学特性<sup>[1]</sup>。Berman 等的研究表明, 荷斯坦奶牛维持正常体温的限度是 25~26℃, 当温度超出等热区上限时, 奶牛将产生非特异性生理反应<sup>[2]</sup>。此外, 奶牛的采食量大, 粗饲料经过瘤胃发酵, 产生大量的代谢热, 增加了机体的散热负担, 奶牛处于夏季高温的环境中, 容易发生热应激反应<sup>[3]</sup>。热应激期间, 奶牛还通过减少干物质采食量 (Dry matter intake, DM) 和活动量来减少此期间的产热, 采食量降低、机体内分泌机能紊乱、基础代谢增强, 从而影响其生产性能和免疫能力。

### 2 缓解热应激的营养学措施

**2.1 提高蛋白水平和质量** 提高热应激奶牛日粮中粗蛋白含量、提高小肠真蛋白水平是保持 DM 降低时蛋白质摄入量的有效措施。热应激条件下, 日粮蛋白质降解会受到影响, 奶牛可消化蛋白随总干物质摄入量的减少呈比例递减, 不能维持蛋白质绝对量的摄入, 可在配合饲料中适量增加优质蛋白质的含量。Aidi 等认为, 饲料中最佳粗蛋白 (CP) 含量为 15.3%<sup>[4]</sup>, NRC 建议饲料粗蛋白中瘤胃降解蛋白 (RDP) 的含量为 61%~64%<sup>[5]</sup>; 饲料中 RDP 含量过低易造成瘤胃中微生物生长受阻, 还可能造成乳中蛋白含量降低<sup>[6-7]</sup>。

奶牛处于热应激状态时, 饲料中蛋白含量也不能过高,

已有研究得出, 减少饲料中 CP 或 RDP 含量可提高产奶量和乳蛋白含量。Hgginbotham 等采用不同 CP 含量 (18.5% 和 16.0%) 和不同 RDP 含量 (65% 和 59%) 的饲料饲喂奶牛, 结果表明, 随着饲料中蛋白含量的降低, 奶牛的 DM 和乳蛋白含量呈上升趋势<sup>[8-9]</sup>。另有研究表明, RDP 含量较低的饲料在热应激期间可提高产奶量, Taylor 等采用 RDP 含量分别为 61% 和 47% 的粗蛋白 (18%) 饲喂奶牛, 实验结果表明, 饲喂 RDP 含量为 47% 的奶牛产奶量和乳中蛋白含量较高<sup>[10]</sup>。

**2.2 补饲脂肪** 由于脂肪含能量高且热增耗少, 补饲脂肪有利于热应激奶牛保持生产性能; 同时, 日粮中添加脂肪, 可显著改善奶牛的体况, 对产量高而体质差的奶牛具有重要意义。通过补充脂肪增加日粮能量浓度, 能提高奶牛的泌乳性能和新陈代谢效率<sup>[11-12]</sup>; 奶牛热应激期间, 在奶牛日粮中适量添加脂肪或脂类物质可有效缓解因热应激导致的产奶量下降。Grunner 等研究表明, 饲料中添加脂肪使初产奶牛的产奶量增加 1.5 kg/d<sup>[13]</sup>; 另有研究结果表明, 饲料中添加硬化鱼油可提高奶牛的产奶量和牛奶中蛋白质、脂肪含量<sup>[14]</sup>。此外, 饲料中添加过瘤胃脂肪可有效维持热应激奶牛的泌乳量, 奶牛血浆中非酯化脂肪酸含量升高, 奶牛呼吸频率和直肠温度均低于对照组<sup>[15]</sup>。另有研究表明, 饲料中分别添加 16.5% 的大豆壳和玉米秸青贮饲料后, 添加豆壳组奶牛产奶量和乳中脂肪含量显著高于玉米秸青贮饲料组<sup>[16]</sup>。

**2.3 补充矿物质和调整日粮阴阳离子差** 热应激期间, 通过提高日粮矿物质浓度来弥补 DM 的降低和某些矿物质的排出是很必要的。钾是经汗液排出的主要矿物质, 热应激奶牛尿中的钠排泄量增加; 补饲钾和钠, 可提高热应激期间的产奶量。奶牛饲料中添加益康 XP、有机锌和提高日粮钠、钾水平的抗热应激功能型复合预混料, 对减轻奶牛的热应激状况效果较好<sup>[17]</sup>。矿物质缓冲剂不仅可减弱酸中毒、提供必需的矿物元素, 而且可提高热应激奶牛的采食量和生产性能。对铬的研究是近年来动物营养研究的热点, 铬的主要生理功能是作为葡萄糖耐量因子 (GIF) 的活性成分, 可能在抗热应激中发挥重要作用。禹爱兵等向泌乳期奶牛日粮中添加吡羧酸铬或赖氨酸铬, 实验结果表明, 铬可提高泌乳期奶牛的生产性能, 增强泌乳奶牛的免疫力、改善应激状态<sup>[18]</sup>。补铬还可增强奶牛的糖异生作用, 通过节省异生糖氨基酸而

基金项目 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金项目 (2007BS06021); 山东省自然科学基金项目 (2004ZX27)。

作者简介 陈志伟 (1972-), 男, 内蒙古海拉尔人, 博士, 硕士生导师, 教授, 从事动物营养与饲料加工的研究。

收稿日期 2007-10-15

提高奶牛的产奶量<sup>[19]</sup>。对初产牛补钙,在增加奶牛采食量和产奶量的同时,还能提高乳脂、乳糖及乳总固形物的含量<sup>[20]</sup>。

阴阳离子平衡(DCAB)直接影响体内的酸碱平衡、离子平衡及酶系统等。应用负离子日粮使奶牛在产犊前不久产生适度的代谢酸中毒,这样奶牛体内的大部分“钙贮”以正离子形式存在,可减少产乳热的发生。许多实验表明,提高日粮DCAB可提高采食量和生产性能。在饲料中添加碳酸氢钠、氯化钾及氯化铵等电解质可减缓热应激造成的危害。

**2.4 使用维生素和其他添加剂** 在奶牛的抗应激作用中,维生素C和维生素E起着重要作用,特别是维生素C被认为是抗应激因子,在类固醇激素合成中起着重要作用。热应激期奶牛血清中抗坏血酸含量分别比非热应激期显著或极显著降低;在日粮中补充维生素C后,可明显抑制牛体温上升,提高采食量,降低血液中皮质醇浓度,增加骨中钙的活性,从而减轻热应激的影响。此外,维生素E是一种细胞内抗氧化剂,能促进免疫球蛋白合成,提高机体的抗病能力。另有实验报道,奶牛日粮中添加一定量的烟酸可显著提高产奶性能和繁殖性能,饲料中添加烟酸,可提高夏季热应激奶牛的产奶量,而奶成分不受影响<sup>[21]</sup>。

由于一些饲料添加剂是化学合成类物质,易残留并危害人类的健康;中草药饲料添加剂具有无残留、无抗药性、无副作用、不污染环境、不引发药源性疾病等许多优势,其在奶牛业生产中的应用研究越来越受到有关专家和学者的重视<sup>[22-23]</sup>,中草药抗热应激缓冲剂对奶牛热应激的缓解作用可能是通过提高皮质醇等激素的分泌而显示出效用的<sup>[24]</sup>。

**2.5 饮水** 蒸发散热是热应激期间热量散发的重要途径,热应激使水分损失增加。饮水不足会降低食欲、消化减缓、影响产奶量并使奶牛体内的粘膜干燥,降低奶牛抵抗疾病的能力。长期饮水不足还会使奶牛机体代谢紊乱,严重时还会引起死亡。水不但是奶牛代谢过程不可缺少的重要物质,还有助于调节体温。随饮用水温度降低,牛的饮水量下降,但降温效果更大。水分的摄取和产奶量、干物质采食量密切相关,热应激期间给奶牛饮用较冷的水可提高奶产量<sup>[25]</sup>。

### 3 环境改善措施

高温季节,通过奶牛的遮阳措施、养殖场安装隧道蒸发冷却系统、饲喂槽安装电风扇和洒水装置、养殖车间增加淋水和风扇系统等可增加奶牛的产奶量<sup>[26-27]</sup>。Smith等研究得出,在奶牛养殖场安装隧道蒸发冷却系统,可将奶牛发生热应激的概率降低84%<sup>[28]</sup>;Gallardo等研究得出,养殖车间增加淋水和风扇系统等可增加奶牛的产奶量,每头奶牛每天比对照组多产牛奶2.35 L<sup>[29]</sup>。一般在空气较为干燥的地区采用空气冷却系统给奶牛降温,该系统可降低外界环境的温度,但同时增加了空气湿度,当空气湿度超过45%时,单纯降低外界环境的温度已没有任何实际意义,必须通过增加空气的流动速率达到预期效果<sup>[30-31]</sup>。给奶牛车间添加空气冷却系统、淋水和风扇装置明显降低热应激奶牛的直肠温度和呼吸频率,牛奶皮质醇含量降低<sup>[32]</sup>。研究结果表明,热应激期间,每隔10 min给奶牛喷水20 min,平均每天比遮阳措施下的多产牛奶2 kg<sup>[33]</sup>;每隔15 min给奶牛喷水1.5 min产奶量上

升11.6%<sup>[34]</sup>;安装喷水和风扇装置可使产奶量上升15.9%<sup>[35]</sup>。

### 4 育种途径

不同的奶牛品种对热应激的耐受性不同。研究结果表明,热应激期间Bos taurus奶牛的体核温度和呼吸频率显著低于Bos indicus奶牛,热应激对Bos taurus奶牛的影响更显著<sup>[36-37]</sup>。采用杂交育种方法可获得耐热性较好的奶牛品种,选择耐热性奶牛品种时可采用奶牛的直肠温度作为指标<sup>[38]</sup>。由于奶牛的毛色对热吸收程度不同,可采用杂交育种措施获得毛色较好的品种,以减轻奶牛的热应激反应<sup>[39]</sup>。但另有研究表明,尽管采用杂交育种的方法可提高奶牛的产奶量和抗热应激能力,但对奶牛的新陈代谢水平有负面影响,造成奶牛的能量代谢水平低于正常水平,且导致奶牛的采食量下降<sup>[40-41]</sup>。

近年来,已发现一些奶牛的耐热性基因,有些研究者采用转基因的方法获取奶牛耐热性品种,将耐热奶牛的耐热基因转入不耐热的奶牛品种,以提高奶牛的抗热应激能力<sup>[42-43]</sup>,但Ravagnolo等研究结果表明,奶牛产奶量和耐热性之间的遗传相关性为-0.3,如连续进行奶牛耐热品种选育,将导致奶牛耐热性的下降<sup>[44]</sup>。

### 5 研究展望

奶牛热应激防治措施主要包括营养调控、环境改善和育种途径。由于生产成本和奶牛品种相对耐寒而不耐热的生物特性等原因,目前奶牛业生产多采用营养调控为主,辅以环境改善的综合措施。尽管人们已研究了一系列减缓奶牛热应激的有效措施,但要从根本上解决这一问题,还需进一步了解热应激产生的分子生物学机制。多年来,国内外主要集中于评定奶牛耐热性能指标的研究,而关于热应激分子机理的研究相对较少。今后有必要开展奶牛热应激条件下的分子机理研究,在分子机理研究的基础上,借助环境改善和营养调控措施,才能采取切实可行的措施来预防和根除奶牛热应激问题,提高奶牛产业的经济效益。

### 参考文献

- [1] IGCNO MO, BJOIVEDI G, SANFORD CRANE HT. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert di mate [J]. *Int J Biometeor*, 1992, 36: 77-87.
- [2] BERMAN A Y, FOLMAN M, KAIM M, et al. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical di mate [J]. *J Dairy Sci*, 1985, 68: 1488-1495.
- [3] MADER T L, DAMS M S. Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: Feed and water intake [J]. *J Anim Sci*, 2004, 82: 3077-3087.
- [4] ARJEH A, ADIN G, BRUCHENAL I. The effect of protein intake on performance of cows in hot environmental temperatures [J]. *J Dairy Sci*, 2004, 87(3): 620-629.
- [5] NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle [M]. Washington DC: 7th rev Natl Acad Sci, 2001.
- [6] DIJKSTRA J, FRANCE J, DAMS D R. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants [M]. *J Dairy Sci*, 1998, 81: 3370-3384.
- [7] RODRIGUEZ L A, STALLINGS C C, HERBENJ H, et al. Effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood, and milk components of Jersey and Holstein cows [J]. *J Dairy Sci*, 1997, 80: 353-363.
- [8] HGINBOHAM G E, HUBER J T, VALLENIENE M V, et al. Influence of protein percentage and degrade ability on performance of lactating cows during moderate temperature [J]. *J Dairy Sci*, 1989, 72: 1818-1823.
- [9] HGINBOHAM G E, TORAH M, HUBER J T. Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot en-

- environmental temperatures[J]. *J Dairy Sci*, 1989b, 72: 2554-2564.
- [10] TAYLOR R B, HUBER J T, GOMEZ ALARCON R A, et al. Influence of protein degradability and evaporative cooling on performance of dairy cows during hot environmental temperatures[J]. *J Dairy Sci*, 1991, 74: 243-249.
- [11] KNAPP D M, GRUMMER R R. Responses of lactating dairy cows to fat supplementation during heat stress[J]. *J Dairy Sci*, 1991, 74: 2573-2579.
- [12] SKAAR T C, GRUMMER R R, DENNINE M R, et al. Seasonal effects of prepartum and postpartum fat and grain feeding on lactation performance and lipid metabolism[J]. *J Dairy Sci*, 1989, 72: 2028-2038.
- [13] GRUMMER R R, HOFFMAN P C, LUCK M L, et al. Effect of prepartum and postpartum dietary energy on growth and lactation of primiparous cows[J]. *J Dairy Sci*, 1995, 78: 172-180.
- [14] GALLARDO M R, VALTORIA S E, LEVA P E, et al. Hydrogenated fish fat for grazing dairy cows in summer[J]. *Int J Biometeorol*, 2001, 45(3): 111-114.
- [15] DRACKLEY J K, CECLA T M, LACOUNT D W. Responses of primiparous and multiparous Holstein cows to additional energy from fat or concentrate during summer[J]. *J Dairy Sci*, 2003, 86(4): 1306-1314.
- [16] HALACHMI I, MALTZ E, IVSHIN N, et al. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows under hot weather conditions[J]. *J Dairy Sci*, 2004, 87(7): 2230-2238.
- [17] 张佩华, 龚伟其, 贺建华, 等. 两种复合预混料对热应激奶牛产奶性能的影响[J]. *中国奶牛*, 2006(4): 16-19.
- [18] 禹爱兵, 王加启, 赵国琦, 等. 铬对泌乳期奶牛的生产性能和主要生理指标的影响[J]. *畜牧兽医学报*, 2006, 37(8): 774-778.
- [19] MNCENT J B. Relationship between glucose tolerance factor and low molecular weight chromium binding substance[J]. *J Nutr*, 1994, 124: 117-118.
- [20] FUGUAY J W. Heat stress as it affects animal production[J]. *J Anim Sci*, 1981, 52: 164-174.
- [21] 陈志伟, 丁忠锋, 孙振令, 等. 日粮蛋白水平和烟酸对热应激奶牛的影响[J]. *中国奶牛*, 2004(2): 14-17.
- [22] 李秋凤, 李建国, 李运起, 等. 日粮阴阳离子平衡对泌乳中后期奶牛生产性能的影响[J]. *畜牧与兽医*, 2005, 37(12): 9-12.
- [23] 吴德峰, 胡美华, 林梅, 等. “抗热应激中草药添加剂”对奶牛产奶量和乳汁成分的影响[J]. *动物医学进展*, 2004(3): 66-70.
- [24] 孙齐英. 奶牛中草药抗热应激添加剂剂量的对比试验[J]. *乳业科学与技术*, 2004(2): 87-90.
- [25] MILAM K Z, COPPOCK C E, WEST J W, et al. Effects of drinking water temperature on production responses in lactating Holstein cows in summer[J]. *J Dairy Sci*, 1986, 69: 1013-1019.
- [26] COLLIER R J, ELEY R M, SHARMA A K, et al. Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows[J]. *J Dairy Sci*, 1981, 64: 844-849.
- [27] URDAZ J H, OVERTON M W, MOORE D A, et al. Technical note: Effects of adding shade and fans to a feed bunk sprinkler system for preparturient cows on health and performance[J]. *J Dairy Sci*, 2006, 89(6): 2000-2006.
- [28] SMITH T R, CHAPA A, WILLARDS, et al. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the Southeast. II: impact on lactation performance[J]. *J Dairy Sci*, 2006, 89(10): 3915-3923.
- [29] GALLARDO M R, VALTORIA S E, LEVA P E, et al. Diet and cooling interactions on physiological responses of grazing dairy cows, milk production and composition[J]. *Int J Biometeorol*, 2005, 50(2): 90-95.
- [30] RYAN D P, BOLAND M P, KOPEL E, et al. Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate[J]. *J Dairy Sci*, 1992, 75: 1052-1059.
- [31] BERMAN A. Extending the potential of evaporative cooling for heat stress relief[J]. *J Dairy Sci*, 2006, 89(10): 3817-3825.
- [32] CORREA CALDERON A, ARMSTRONG D, RAY D, et al. Thermoregulatory responses of Holstein and brown swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems[J]. *Int J Biometeorol*, 2004, 48(3): 142-148.
- [33] IGONO M O, JOHNSON H D, SIEEVENS B J, et al. Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fans system versus shade for Holstein cows during summer heat[J]. *J Dairy Sci*, 1987, 70: 1069-1079.
- [34] STRICKLAND J T, BUCKLIN R A, NORDSIEDT R A, et al. Sprinkling and fan evaporative cooling for dairy cattle in Florida[J]. *ASAE Paper*, 1988: 88-4042.
- [35] TURNER L W, CHASTAIN J P, HEMKEN R W, et al. Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling[J]. *App Erg Agric*, 1992, 8: 251-256.
- [36] HANSEN P J. Effects of coat color on physiological responses to solar radiation in Holsteins[J]. *Vet Rec*, 1990, 127: 333-334.
- [37] BEATTY D T, BARNES A, TAYLOR E, et al. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity[J]. *J Anim Sci*, 2006, 84(4): 972-985.
- [38] NARDONE A, VALENZINI A. The genetic improvement of dairy cows in warm climates. Proceedings of the joint ANPAEAP CIHEAMFAO symposium on livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean[M]. Agadir Morocco: EAAP Publication, 2000.
- [39] HANSEN P J, DROST M, RIVERA R M, et al. Adverse impact of heat stress on embryo production: causes and strategies for mitigation[J]. *Theriogenology*, 2001, 55: 91-103.
- [40] HENCH V A. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics[J]. *J Anim Sci*, 1986, 62: 531-542.
- [41] TURNER H G. Genetic variation of rectal temperature in cows and its relationship to fertility[J]. *Anim Prod*, 1982, 35: 401-412.
- [42] HOLTER J B, WEST J W, MCGLIARD M L, et al. Predicting ad libitum dry matter intake and yields of Jersey cows[J]. *J Dairy Sci*, 1996, 79: 912-921.
- [43] OLSON T A, HAMMOND A C, CHASE C C. Evidence for the existence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in Senepol cattle[J]. *J Anim Sci*, 1997, 75(Suppl. 1): 147.
- [44] RAVAGNOLO O, MISZAL I. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation[J]. *J Dairy Sci*, 2000, 83: 2126-2130.
- (上接第3666页)
- [12] MANSFELD R, MANSFELDS, SANIL B, et al. New aspects regarding the use of the milk electrical conductivity as a parameter for routine diagnostics in dairy production medicine programs[C]// 2nd. Int Symposium on Bovine Mastitis and Milk Quality, Canada, Vancouver, 2001: 488-489.
- [13] EYASSUS, DOKINE F, ELNA M, et al. Potential of lactoperoxidase to diagnose subclinical mastitis in goats[J]. *Small Ruminant Research*, 2007, 69(1/3): 154-158.
- [14] LETNER G, CHAFFER M, ZAMIR S, et al. Udder disease etiology, milk somatic cell counts and NAGase activity in Israeli Assaf sheep throughout lactation[J]. *Small Rumin Res*, 2001, 39(2): 107-112.
- [15] 王振阁, 田伟, 戚鑫. 乳中的酶类、激素研究进展[J]. *河南畜牧兽医*, 2004, 25(7): 11-12, 28.
- [16] 祁克宗, 田超, 潘玲, 等. 牛乳过氧化物酶活性、电导率与隐性乳房炎的关系[J]. *中国兽医学报*, 1996, 16(4): 397-399.
- [17] ANNIKA W, ALLENT W, THOMAS L, et al. *Staphylococcus aureus* lipoteichoic acid induces differential expression of bovine serum amyloid A3 (SAA3) by mammary epithelial cells: Implications for early diagnosis of mastitis[J]. *Immunology and Immunopathology*, 2006, 109(1/2): 79-83.
- [18] DONASZI I A, SCHAREK P, FALLUS A, et al. Hepatic acute phase reaction in histamine deficient gene targeted mice[J]. *Inflammopharmacology*, 2004, 12(1): 47-55.
- [19] 焦连过, 王九峰, 马金磊, 等. 奶牛金黄色葡萄球菌性乳房炎检测的敏感指标探讨[J]. *中国兽医杂志*, 2006, 42(5): 31.
- [20] OHISUKA H, KUDO K, MORI K, et al. Acute phase response in naturally occurring coliform mastitis[J]. *J Vet Med Sci*, 2001, 63(6): 675-678.
- [21] GRONLUND U, HULTEN C, ECKERSALL P D, et al. Haptoglobin and serum amyloid A in milk and serum during acute and chronic experimentally induced *Staphylococcus aureus* mastitis[J]. *J Dairy Res*, 2003, 70(4): 379-386.