



J. Dairy Sci. 103:6751–6770
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17929>

© 2020 American Dairy Science Association®. Published by Elsevier Inc. and Fass Inc. All rights reserved.

Invited review: Physiological and behavioral effects of heat stress in dairy cows

C. A. Becker,¹ R. J. Collier,² and A. E. Stone^{1*}

¹Department of Animal and Dairy Science, Mississippi State University, Starkville, 39762

²Department of Animal and Veterinary Science, University of Idaho, Moscow 83844

یکی از پر بازدیدترین مقالات جهان در زمینه استرس گرمایی در گاوهای شیری

تأثیرات فیزیولوژیک و رفتاری استرس گرمایی بر گاوهای شیری

شرکت شیر و گوشت بهاران نقش جهان

واحد تحقیق و توسعه

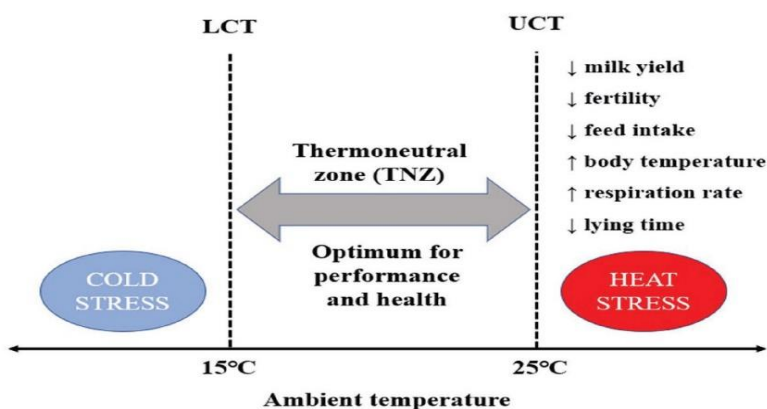
گردآوری، ترجمه و تالیف:

علیرضا خادمی (دانشجوی دکتری تخصصی تغذیه نشخوارکنندگان)

ویرایش فنی و تخصصی:

سید محمد موسویان (دانشجوی کارشناسی ارشد تغذیه دام)

حمیدرضا نعمت بخش (کارشناس علوم دامی)





هنگامی که گاوهای شیری استرس گرمایی را تجربه می‌کنند، آسایش و رفاه حیوان می‌تواند متاثر شده و کاهش یابد. مدیریت استرس گرمایی به دلیل افزایش تعداد جمعیت حیوانات اهلی نگهداری شده به منظور تولید محصولات دامی با افزایش نیاز به تولید شیر و در نتیجه افزایش فعالیت متابولیکی بیشتر، بیش از هر زمان دیگری به چالش تبدیل شده است. دمای کره زمین از دهه ۱۸۰۰ به میزان یک درجه سانتیگراد افزایش یافته است (در سال ۲۰۱۹ که این مقاله نوشته شده است) و انتظار می‌رود که بین سالهای ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۲ تا ۱.۵ درجه سانتیگراد دیگر افزایش یابد. استرس گرمایی بر تولید، تولید مثل، تغذیه، سلامت و رفاه دام تأثیر می‌گذارد. ابزارهایی برای پایش و ارزیابی تنش گرمایی در گله‌های گاوهای شیری و همچنین راه‌های مختلف برای کاهش استرس گرمایی وجود دارد که هر کدام سطوح اثربخشی متفاوتی دارند. **در این مقاله قصد داریم به بررسی اثرات استرس گرمایی و نیز راهکارهای کاهش استرس گرمایی** بر گاوهای شیری و همچنین غیرشیرده بپردازیم.

استرس گرمایی تحت عنوان مجموعه عوامل و نیروهای درونی و بیرونی که بر روی یک حیوان سبب افزایش دمای بدن می‌شوند و سبب بروز پاسخ‌های فیزیولوژیک می‌شوند تعریف می‌شود.

دمای بالای هوا، رطوبت و تابش مستقیم خورشید می‌توانند باعث تجمع حرارت در بدن گاوها شوند. در هنگام استرس حرارتی، گاوهای شیری سعی می‌کنند با تنظیم تعادل انرژی، دمای بدن خود را ثابت نگه دارند (Fournel et al., ۲۰۱۷). برای حفظ تعادل حرارتی، گرمای تولید شده از طریق متابولیسم (نگهداری، تحرک، رشد، شیردهی، بارداری و مصرف خوراک) باید برابر با گرمای از دست رفته به محیط باشد. زمانی که حیوان قادر به دفع کافی گرمای تولید شده متابولیکی یا جذب شده نیست، **تعادل حرارتی نمی‌تواند حفظ شود**. گاوها ممکن است هفته‌ها برای سازگاری کامل با شرایط استرس حرارتی زمان نیاز داشته باشند (Perano et al., ۲۰۱۵).

بر اساس تجربه قبلی که حیوان با استرس حرارتی روبرو شده است، از جمله مدت و شدت آن، وضعیت فیزیولوژیکی حیوان و محدودیت‌های محیطی، ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیکی و رفتاری خود را به استرس تغییر دهند. زمانی که گاوهای شیری دوره‌های کوتاهی از استرس حرارتی را تجربه می‌کنند، تولید به مدت **حدود ۵ روز پس از شرایط استرس حرارتی تحت تأثیر منفی** قرار می‌گیرد (Ominski et al., ۲۰۰۲). قرار گرفتن طولانی مدت در معرض دماهای محیطی بالا و رطوبت می‌تواند به اثرات ماندگار استرس حرارتی منجر شود.

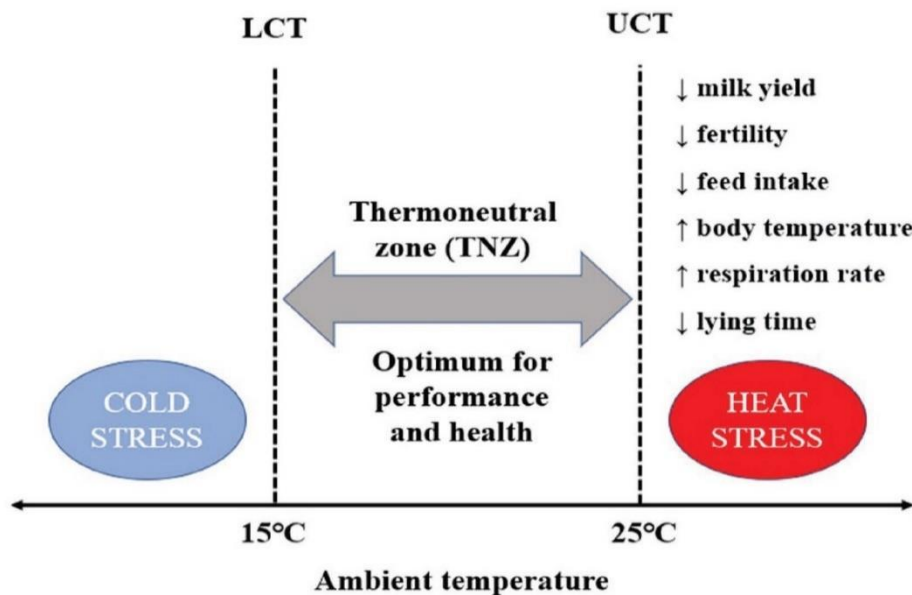


کاهش عملکرد ناشی از استرس حرارتی و عواقب منفی آن می‌تواند تا ماه‌های بعد از استرس گرمایی نیز ادامه داشته باشد، **حتی اگر گاوها دیگر در معرض استرس حرارتی نباشند** (Badzzi, ۱۹۸۱; Collier et al., ۲۰۰۳). در مناطقی با اقلیم‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، مانند مناطق مرکزی ایران (مترجم) و شرق ایالات متحده، عواقب منفی استرس حرارتی می‌تواند تا اوایل فصل پاییز نیز ادامه داشته باشد.

در مناطق اقلیمی نیمه‌گرمسیری، برخلاف تصور عامه، در شب تقریباً هیچ تسکینی از گرما حاصل نمی‌شود (Johnson, ۱۹۸۷). به طور معمول، دمای محیط در طول روز که تابش خورشیدی وجود دارد، گرم‌تر است و با غروب خورشید شروع به کاهش می‌کند. با این حال، در ۵۰ سال گذشته، افزایش زیادی در دمای حداقل روزانه مشاهده شده که منجر به کاهش میانگین محدوده دمای روزانه شده است (Braganza et al., ۲۰۰۴). محدوده دمای روزانه یک شاخص مهم برای تغییرات آب و هوایی است و نقش اساسی در استرس حرارتی دارد.

"از آنجا که نشخوارکنندگان در طول روز فعال هستند (فعالیت در ساعات روز با دوره‌ای از خواب یا بی‌حرکتی در شب)، مقدار بیشتری گرما در طول روز نسبت به شب تولید می‌شود (Veissier et al., ۲۰۱۷). حیوانات نشخوارکننده در محیط‌های بسته از غروب تا سحر زمان بیشتری را صرف تغذیه و ایستادن می‌کنند (Yamamoto et al., ۱۹۷۹). پس از تغذیه، تخمیر شکمبه‌ای و جذب مواد مغذی در دستگاه گوارش رخ می‌دهد که باعث تجمع مقدار زیادی گرمای متابولیکی می‌شود (Ando et al., ۱۹۹۷; Sunagawa et al., ۲۰۱۵). وقتی دمای محیط و رطوبت در شب نسبت به روز کاهش کافی پیدا نمی‌کند، گاوهای شیری نمی‌توانند گرمایی را که در طول روز جذب کرده‌اند، دفع کنند و این امر باعث می‌شود که این حیوانات دائماً در حالت استرس حرارتی باشند."

گاوهای شیری تنها در محدوده دمایی خنثی حرارتی **(TNZ) Thermal neutral zone** خود می‌توانند با حداقل هزینه‌های فیزیولوژیکی و حداکثر بهره‌وری، پتانسیل ژنتیکی خود را به نمایش بگذارند. **TNZ محدوده دمایی حساسی است که در آن حیوان نیازی به صرف انرژی برای حفظ دمای طبیعی بدن خود ندارد.** گاوها قادرند دمای بدن خود را در یک دمای بحرانی بالا و یک دمای بحرانی پایین تنظیم کنند. محدوده TNZ برای یک گاو شیری در حال شیردهی بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. زمانی که دمای بحرانی بالا برای یک گاو شیری به دست می‌آید، او قادر به تنظیم مؤثر دمای داخلی بدن خود نیست، استرس حرارتی ایجاد می‌شود و سلامت، باروری و رفتار به‌طور قابل توجهی تغییر می‌کنند. عواملی که می‌توانند بر TNZ تأثیر بگذارند عبارتند از سن، نژاد، تولید، وضعیت بدنی، مرحله شیردهی، بارداری، رنگ پوست و مو (Yousef, ۱۹۸۵).



گاوهای شیری با تولید بالا نسبت به گاوهای با تولید پایین تر حساسیت بیشتری به استرس حرارتی دارند. انتخاب ژنتیکی برای ویژگی های تولید شیر باعث می شود گاوها مقدار بیشتری گرمای متابولیکی تولید کنند. گاوهایی که پتانسیل تولید شیر بالاتری دارند، مصرف خوراک بیشتری دارند و در نتیجه، گرمای متابولیکی بیشتری از طریق فرآیندهایی مانند سنتز بافت های بدنی و ترشح شیر تولید می کنند.

در دهه گذشته، تولید شیر در ایالات متحده ۱۳ درصد افزایش یافته است، از تقریباً ۹۰۰۰ به ۱۰۴۰۰ کیلوگرم در هر گاو در سال (USDA, ۲۰۱۸). با افزایش تولید شیر از ۳۵ به ۴۵ کیلوگرم در روز، آستانه استرس حرارتی ممکن است ۵ درجه سانتی گراد کاهش یابد (Berman, ۲۰۰۵)، به این معنی که گاوها زودتر دچار استرس حرارتی می شوند.

گاوهایی با پوشش تیره تر نسبت به گاوهای با پوشش روشن تر، تابش خورشید بیشتری جذب می کنند. **تعداد کمی از ژن های خاص برای بهبود تحمل به گرما هدف گذاری شده اند.** ژن موهای کوتاه که طول مو را کنترل می کند، در ابتدا در گاوهای نژاد کارورا شناسایی شد اما از طریق تلاقی وارد نژاد هلشتاین شده است. گاوهایی که دارای ژن موی کوتاه هستند، تحمل حرارتی بیشتری داشته و در شرایط استرس حرارتی، دمای بدن کمتری نسبت به هم تایان خود با موی معمولی دارند (Olson et al., ۲۰۰۳).



گاوها می‌توانند از طریق رسانش، همرفت، تابش و تبخیر گرما را دفع کنند. اما میزان مؤثر بودن این روش‌ها به اختلاف دمای بین گاو و محیط اطراف بستگی دارد. مکانیزم‌های خنک‌کننده تبخیری (تعریق و نفس زدن) در دماهای بالای محیط رخ می‌دهند، در حالی که مکانیزم‌های خنک‌کننده غیرتبخیری (رسالش، همرفت، تابش) در دماهای معتدل تر عمل می‌کنند.

رسالش از طریق تماس فیزیکی با اشیاء اطراف کار می‌کند. اگر شیئی مانند زمین سردتر از محیط اطراف باشد، گرما از گاو به شیء خنک‌تر از طریق رسانش منتقل می‌شود (Atrian and Shahryar, ۲۰۱۲). دفع گرما از طریق همرفت زمانی اتفاق می‌افتد که هوای گرم اطراف با لایه‌ای از هوای خنک‌تر در سطح پوست جایگزین شود. وقتی دمای محیط پایین‌تر از دمای بدن باشد، گاوها می‌توانند گرمای تولید شده را از طریق تابش به محیط اطراف منتقل کنند. **دفع گرما از طریق تابش و همرفت نیاز به مصرف انرژی ندارد.** اما با افزایش بیشتر دمای محیط، خنک‌سازی تبخیری رخ می‌دهد. در از دست دادن گرما به روش تبخیر، نفس زدن و تعریق اتفاق می‌افتد. حدود ۱۵٪ از گرمای متابولیکی انباشته شده توسط دستگاه تنفسی برای خنک‌سازی تبخیری استفاده می‌شود (Kadzere et al., ۲۰۰۲). خنک‌سازی تبخیری زمانی اتفاق می‌افتد که عرق یا رطوبت از سطح پوست یا دستگاه تنفسی تبخیر شود (Atrian & Shahryar, ۲۰۱۲). دفع گرما از طریق تبخیر نیاز به مصرف انرژی دارد. در مناطقی با اقلیم گرم و خشک، خنک‌سازی تبخیری از سطح پوست مؤثرترین روش است. اما در مناطقی با اقلیم نیمه‌گرمسیری با رطوبت نسبی بالا خنک‌سازی تبخیری باعث کاهش سرعت دفع گرما می‌شود (Silva et al., ۲۰۰۷). با این حال، زمانی که روش‌های طبیعی دفع حرارت به دلیل افزایش دمای محیط ناکافی می‌شوند، بار حرارتی افزایش‌یافته می‌تواند دمای بدن را افزایش دهد، تولید شیر را کاهش دهد و باروری را کاهش دهد و در موارد شدید می‌تواند منجر به مرگ شود.



اثرات استرس حرارتی بر عملکرد تولید مثلی

عواقب منفی استرس حرارتی بر عملکرد تولید مثلی گاوهای شیری به خوبی مستند شده است. استرس حرارتی می‌تواند بر عملکرد رحم، وضعیت هورمونی، رشد و توسعه فولیکول‌ها و مکانیسم‌های لوتئولیتیک تأثیر بگذارد. دوره‌های طولانی استرس حرارتی می‌تواند رشد و بقای جنین اولیه، رشد جنین و کیفیت آغوز را نیز تحت تأثیر قرار دهد. باروری گاوهای شیری تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله تغذیه، سطح هورمون، مدیریت و محیط قرار می‌گیرد، اما **عوامل محیطی بیشترین تأثیر** را دارند.

طی ۶۰ سال گذشته، نرخ تلقیح در گاوهای شیری با تولید بالا از ۵۵٪ به ۳۵٪ کاهش یافته است. این کاهش احتمالاً به تغییرات فیزیولوژیکی، تغییرات مدیریتی و افزایش تولید شیر مرتبط است (نرخ تلقیح به عنوان تعداد گاوهای باردار تقسیم بر تعداد کل تلقیح ضربدر ۱۰۰ تعریف می‌شود). در دوره‌های استرس حرارتی امکان دارد نرخ گیرایی تا بیشتر از ۳۵٪ کاهش یابد، در مقایسه با دوره‌های بدون استرس حرارتی.

استرس حرارتی بر رفتارهای فحلی نیز تأثیر منفی دارد و می‌تواند منجر به کاهش طول و شدت بیان فحلی شود (Orihuela, ۲۰۰۰). این کاهش بیان فحلی ممکن است به عنوان یک مکانیسم مقابله‌ای با استرس حرارتی برای جلوگیری از افزایش بیشتر تولید گرمای داخلی در گاو باشد. کاهش بیان و تشخیص فحلی می‌تواند منجر به تلقیح نادرست گاوها و کاهش سودآوری دامداری شود.

کاهش عملکرد تولید مثلی در ماه‌های تابستان و پاییز به ضرر اقتصادی مهمی برای صنعت گاو شیری منجر شده است (Collier et al., ۲۰۰۶). این ضرر اقتصادی به شدت تحت **تأثیر افزایش فاصله گوساله‌زایی و افزایش نرخ حذف گاوها قرار دارد** (Lee and Kim, ۲۰۰۷). در مناطقی با دما و رطوبت بالا که برای چندین ماه در سال ادامه دارد، زیان‌های اقتصادی ناشی از استرس حرارتی می‌تواند بسیار زیاد باشد.

گاوهای شیرده نیاز به مصرف مقدار زیادی خوراک دارند تا بتوانند تولید شیر بالای خود را حفظ کنند. اما کاهش اشتها در شرایط استرس حرارتی، تأمین نیازهای انرژی یک گاو پر تولید را چالش‌برانگیز می‌کند. علاوه بر این، استرس حرارتی از خفیف تا شدید می‌تواند نیازهای نگهداری متابولیک را **۷ تا ۲۵ درصد** افزایش دهد (NRC, ۲۰۰۱).



با کاهش دسترسی به انرژی به دلیل کاهش مصرف خوراک و افزایش هزینه‌های نگهداری، گاوهای شیرده در شرایط استرس حرارتی ممکن است وارد حالت **بالانس منفی انرژی** شوند. وضعیت منفی انرژی که ممکن است در گاوهای تحت استرس حرارتی رخ دهد، مشابه با حالت بالانس منفی انرژی تجربه شده توسط گاوها در اوایل دوره شیردهی است، اما **نه به همان شدت**. حالت بالانس منفی انرژی در اوایل پس از زایمان با افزایش خطر اختلالات متابولیک و مشکلات سلامتی و کاهش عملکرد تولیدمثلی همراه است. Bernabucci و همکاران در سال ۲۰۱۷ حدس زدند که اثرات منفی تولید، سلامت و تولیدمثل که در گاوها در طول استرس حرارتی تجربه می‌شود، ممکن است توسط حالت بالانس منفی انرژی واسطه‌گری شود. تحقیقات فعلی روشن نیست که آیا کاهش تولید و عملکرد به طور مستقیم ناشی از استرس حرارتی است یا به صورت غیرمستقیم از کاهش مصرف خوراک ناشی می‌شود.

بسیاری از واکنش‌های فیزیولوژیکی به استرس حرارتی، استراتژی‌هایی هستند که به حفظ دمای مرکزی بدن کمک می‌کنند. **در دوره‌های استرس حرارتی، میزان تولید و تجمع گرما به اندازه‌ای افزایش می‌یابد که توانایی از بین بردن موثر گرما کاهش می‌یابد. بار حرارتی ممکن است به حدی افزایش یابد که دمای بدن افزایش یافته، مصرف خوراک کاهش یابد و بنابراین تولید شیر نیز کاهش یابد تا هموستاز حفظ شود** (West, ۲۰۰۳). گاوهای پر تولید دارای آستانه دمایی پایین‌تری هستند که در آن کاهش شیر آغاز می‌شود، به دلیل تولید حرارت متابولیک بیشتر (Berman, ۲۰۰۵). محققین در سال (۱۹۹۰) دریافته‌اند که میزان تولید حرارت در گاوهای شیرده که ۱۸.۵ و ۳۱.۶ کیلوگرم در روز شیر تولید می‌کردند، به ترتیب ۲۷.۳ و ۴۸.۵ درصد بیشتر از گاوهای غیر شیرده بود.

در دماهای هوای ۲۵ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد، اولین گام برای کاهش تولید گرما در گاوهای شیری کاهش مصرف خوراک است. هیپوفازیا، یا کاهش مصرف خوراک، به دلیل سیگنال‌دهی مرکز خنک‌کننده هیپوتالاموس به مرکز سیری برای مهار عملکرد مرکز اشتها رخ می‌دهد. بنابراین، مواد مغذی کافی برای غده پستانی جهت تولید مقادیر زیاد شیر در دسترس نیست. محققین دریافته‌اند که گاوهایی که استرس حرارتی را تجربه می‌کنند در مقایسه با گاوهای در منطقه دمایی خنثی (TNZ)، مصرف خوراک را ۹.۶ درصد کاهش دادند. قرار گرفتن در معرض استرس حرارتی باعث کاهش مصرف خوراک تا میزان ۱۴.۶ کیلوگرم در روز و کاهش تولید شیر به میزان ۱۱.۸ کیلوگرم در روز در مقایسه با گاوهای در TNZ می‌شود.



کاهش مصرف خوراک در اثر استرس حرارتی عمدتاً با کاهش تولید شیر مرتبط بوده است (Fuquay, ۱۹۸۱; Collier et al., ۱۹۸۲; West, ۲۰۰۳). با این حال، Rhoads و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که تنها حدود ۵۰ درصد از کاهش تولید شیر ناشی از استرس حرارتی به کاهش مصرف مواد مغذی مربوط می‌شود، که نشان می‌دهد کاهش تولید شیر ممکن است تحت تأثیر تغییراتی باشد که با مصرف انرژی مرتبط نیستند. تقسیم‌بندی مواد مغذی ممکن است بخش بزرگی از اثرات مستقیم استرس حرارتی را توضیح دهد. هنگامی که پروفایل متابولیک یک گاو تحت استرس حرارتی با گاوی که در یک رژیم غذایی متعادل از نظر مصرف انرژی قرار دارد مقایسه می‌شود، **تفاوتی در غلظت اسید چرب** نشان داده می‌شود. گاوهای شیردهی که در سطح تغذیه‌ای ضعیف‌تری قرار دارند، معمولاً سطوح بالاتری از اسید چرب پلاسما دارند در مقایسه با گاوهایی که در سطح تغذیه‌ای بالاتری قرار دارند (Bauman et al., ۱۹۸۸). برای حمایت از تولید شیر، حیوانات در سطح تغذیه‌ای ضعیف‌تر، از افزایش اسید چرب پلاسما به عنوان مکانیسم صرفه‌جویی در مصرف گلوکز استفاده می‌کنند تا تولید شیر را به حداکثر برسانند. Rhoads و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که گاوهای تحت استرس حرارتی این مکانیسم صرفه‌جویی در مصرف گلوکز را نشان ندادند (آن‌ها بافت چربی را بسیج نکردند) حتی با اینکه مصرف خوراک آن‌ها کاهش یافته بود. در مطالعاتی، کاهش مصرف خوراک در اثر استرس حرارتی باعث شد گاوها کاهش ۴۵ درصدی در تولید شیر نسبت به گاوهای در یک محیط دمایی خنثی داشته باشند، با کاهش تنها ۱۹ درصد در تولید شیر را نشان دهند. این نتایج ممکن است نشان‌دهنده این باشد که **استرس حرارتی به طور مستقیم بر نحوه توزیع انرژی در سراسر بدن تأثیر می‌گذارد.**

برای افزایش تولید شیر در ماه‌های تابستان، بسیاری از محققان مطالعاتی را بر تغییر روش‌های مدیریتی مانند تغییرات جیره و تغذیه در زمان‌های مختلف روز متمرکز کرده‌اند. افزودن چربی یا یونفورها به جیره برای افزایش تولید شیر در زمان‌های استرس حرارتی استفاده شده است. Bauman و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که تغذیه چربی به گاوهای شیرده با تولید بالا باعث افزایش تولید شیر در شرایط گرم می‌شود. در هنگام تغذیه یونفورها در زمان‌های استرس حرارتی، تولید پروپیونات افزایش می‌یابد که ممکن است بهره‌وری انرژی را افزایش دهد (Russell and Strobel, ۱۹۸۹). جیره‌هایی که حاوی مقادیر زیادی کنسانتره هستند خطر اسیدوز شکمبه را افزایش می‌دهند که می‌تواند بیشتر به کاهش اشتها و کاهش مصرف خوراک کمک کند (Baumgard and Rhoads, ۲۰۱۳).



سطح چربی در جیره نباید از ۵ تا ۷ درصد تجاوز کند. برای اینکه گاوها از حداکثر مزایای افزودن چربی به جیره برخوردار شوند، تغییرات محیطی باید از طریق ایجاد سایه، استفاده از فن‌ها، خنک کردن با آب یا ترکیبی از این سه استراتژی خنک‌سازی انجام شود (Huber et al., ۱۹۹۴; West et al., ۱۹۹۹).

افزایش مصرف آب یک واکنش فیزیولوژیکی عمده به استرس حرارتی است. در محیط‌های گرم، گاوها مصرف آب خود را برای جبران آبی که از طریق تعریق، تبخیر تنفسی، مدفوع و شیر از دست می‌رود افزایش می‌دهند. وقتی دمای محیط از محدوده دمایی خنثی (TNZ) فراتر رود، مصرف آب می‌تواند به ازای هر درجه سانتی‌گراد ۱.۲ تا ۲ کیلوگرم افزایش یابد (West, ۲۰۰۳). زمانی که مصرف آب پایین است، عملکرد حیوان، سلامت و رفتار تغییر می‌کند (Cardot., ۲۰۰۸). اثرات منفی احتمالی مصرف آب پایین شامل افزایش هماتوکریت و اوره خون و کاهش سرعت تنفس و انقباضات شکمبه است و می‌تواند رفتارهای تهاجمی در اطراف آب‌خوری‌ها را تحریک کند.

تولید شیر

برای پیاده‌سازی روش‌های خنک‌سازی مؤثر مانند سایه یا اسپری آب و به حداقل رساندن زیان‌های اقتصادی تولید، تولیدکنندگان باید فوراً از وقوع استرس حرارتی آگاه شوند. فاصله زمانی بین رویدادهای محیطی و تأثیر آن بر عملکرد گاوها مشاهده شده است (West, ۲۰۰۳). میانگین THI بیشترین همبستگی را با کاهش تولید شیر دو روز قبل از اندازه‌گیری تولید شیر داشت. با افزایش هر واحد از THI، گاوهای نژاد هلستاین تولید شیر خود را به میزان ۰.۸۸ کیلوگرم برای تأخیر دو روزه در میانگین THI کاهش دادند. زمانی که تولید شیر در همان روز اندازه‌گیری شد که THI اندازه‌گیری شده بود، کاهش تولید به طور قابل توجهی کمتر از دو روز قبل بود.

مرحله شیردهی نقش مهمی در شدت استرس حرارتی و میزان شیر از دست رفته ایفا می‌کند (Tao et al., ۲۰۱۸). تا ۶۰ روز پس از زایمان، گاو در تعادل انرژی منفی قرار دارد و برای جبران خسارت انرژی اضافی، ذخایر بدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. **به دلیل افزایش گرمای متابولیکی، ۶۰ روز اول شیردهی و اوج شیردهی برای مدیریت استرس حرارتی و به حداقل رساندن تأثیرات آن بر تولید شیر دوره ای حیاتی است.**

در فلوریدا، برخی از تولیدکنندگان به صورت فصلی گله‌های خود را در ماه‌های پاییز و زمستان تنظیم برای زایمان می‌کنند تا از شروع یا اوج شیردهی در ماه‌های تابستان جلوگیری کنند. تولیدکنندگان با استفاده از این استراتژی هدف دارند که کاهش کلی شیر را به حداقل برسانند.

اجزای شیر

گاوهای شیری که تحت استرس حرارتی قرار دارند، ممکن است تغییراتی در **ترکیب شیر** تجربه کنند. برخی از محققان دریافته‌اند که استرس حرارتی با کاهش در تولید کل پروتئین و چربی کل همراه است. Tao et al (۲۰۱۸) ممکن است تغییرات در میزان تولید اجزای شیر به دلیل کاهش حجم شیر در ماه‌های تابستان رخ دهد. با این حال، تأثیرات استرس حرارتی بر درصدهای چربی و پروتئین شیر نامنظم و متناقض هستند. گاوهایی که تحت استرس حرارتی قرار دارند ممکن است تا ۹.۷٪ کمتر چربی شیر تولید کنند و همچنین پروتئین شیر و مواد جامد بدون چربی ممکن است کاهش یابند.

زمانی که THI (شاخص ترکیبی دما و رطوبت) بالای ۷۵ می‌رود، مقادیر چربی شیر کاهش می‌یابد. هنگامی که THI کمتر از ۷۵ باشد، میانگین چربی شیر ۳.۴۶ گرم در هر ۱۰۰ گرم است، در حالی که هنگامی که THI= ۷۵ یا بیشتر باشد، میانگین چربی شیر به ۳.۱۷ گرم در هر ۱۰۰ گرم کاهش می‌یابد.

تغییرات درصد پروتئین شیر مرتبط با استرس حرارتی نیز نامنظم است. نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد که گاوها در ماه‌های تابستان درصد پروتئین کمتری نسبت به ماه‌های زمستان دارند، در حالی که دیگر مطالعات تفاوتی در درصد پروتئین بین دو فصل مشاهده نکرده‌اند. گاوهایی که THI بالای ۷۵ را تجربه می‌کنند، کاهش پروتئین به میزان ۲.۸۹ گرم در هر ۱۰۰ گرم نسبت به گاوهایی که THI کمتر از ۷۵ دارند با ۳.۰۲ گرم در هر ۱۰۰ گرم را داشته‌اند. Cowley et al (۲۰۱۵) بیان کردند که گاوهای در معرض استرس حرارتی نسبت به گاوهای در شرایط ترموپتیک، محتوای پروتئین شیر کمتری دارند. هنگامی که گاوها با همان سطح تغذیه و بدون استرس حرارتی تغذیه شدند، پروتئین شیر مقادیر میانه‌ای نسبت به گاوهای تحت استرس حرارتی نشان داد (Cowley et al., ۲۰۱۵). این نتایج با دیگر مطالعاتی که آزمایش‌های تغذیه هم‌زمان انجام داده‌اند هم‌خوانی دارد و ممکن است نشان‌دهنده آن باشد که کاهش محتوای پروتئین به تأثیر مستقیم استرس حرارتی مربوط می‌شود، نه کاهش مصرف خوراک (Summer et al., ۲۰۱۸). محققان توضیح دادند که **کاهش سنتز پروتئین**

در پستان ممکن است نتیجه کاهش پروتئین شیر به دلیل استرس حرارتی باشد.



مکانیسم‌های دخیل در کاهش تولید پروتئین شیر به دلیل استرس حرارتی عمدتاً ناشناخته است اما احتمالاً به چندین سیستم بیولوژیکی مربوط می‌شود. در مطالعه‌ای توسط Gao et al (۲۰۱۷)، گاوهای تحت استرس حرارتی کاهش ۱۷٪ در تولید شیر، کاهش ۴۱٪ در پروتئین شیر، و کاهش ۲۳٪ در شیر تصحیح‌شده با چربی را نسبت به گاوهای در شرایط ترموپتیک هم‌وزن نشان دادند. گاوهای تحت استرس حرارتی در این مطالعه کاهش در گلوکز پلاسمایی و غلظت اسیدهای چرب را تجربه کردند.

محققان نتیجه‌گیری کردند که گاوهای تحت استرس حرارتی ممکن است **استفاده بیشتری از آمینو اسیدها** داشته باشند که منجر به محدود شدن تأمین آمینو اسید به پستان برای سنتز پروتئین شیر می‌شود (Gao et al., ۲۰۱۷). تغییرات در محور سوماتوتروپیک که نقش کلیدی در تنظیم متابولیسم و فرآیندهای فیزیولوژیکی در طول استرس حرارتی دارد، نیز ممکن است بخشی از کاهش تولید پروتئین شیر را توضیح دهد (Rhoads et al., ۲۰۰۹). علاوه بر این، جریان خون به پستان کاهش تأمین پیش‌ساز پروتئین و تقسیم مواد مغذی به پستان را در زمان استرس حرارتی کاهش داده و به نوبه خود، سنتز پروتئین را تغییر می‌دهد.

پس از آب، لاکتوز اصلی‌ترین جزء شیر است. هنگام مقایسه گاوهای تحت استرس حرارتی ($THI > 75$) با گاوهای غیر تحت استرس حرارتی ($THI < 75$)، محتوای لاکتوز بین دو گروه تفاوت معنی‌داری نداشت (۵۰۶ در مقابل ۵۱۰). Cowley et al (۲۰۱۵) این نتایج را در یک آزمایش اخیر تأیید کردند.

متغیر بودن نتایج مطالعات در مورد تأثیرات استرس حرارتی بر محتوای چربی و پروتئین شیر ممکن است نشان‌دهنده آن باشد که تفاوت‌های مشاهده شده تحت تأثیر عوامل دیگری مانند رژیم غذایی، مرحله شیردهی، سطح استرس حرارتی، مدل تجربی مورد استفاده، امکانات خنک‌کننده و طول مدت تیمارها هستند (Tao et al., ۲۰۱۸). تحقیق بیشتری در این زمینه برای تأیید بسیاری از حدس‌ها درباره علت تغییرات در محتوای چربی و پروتئین شیر به دلیل استرس حرارتی نیاز است.

سلامت

عملکرد ایمنی ذاتی در گاوهای شیری که تحت استرس حرارتی قرار دارند، ممکن است کاهش یابد و این می‌تواند منجر به افزایش خطر بیماری‌های بالینی مانند ورم پستان و متريت شود (Steele, ۲۰۱۶). سیستم ایمنی ذاتی مکانیسم دفاعی اصلی حیوانات برای محافظت و مقابله با استرس‌های محیطی است (Das et al., ۲۰۱۶).



شاخص های ایمنی، مانند تولید سیتوکین ها، تکثیر سلول های ایمنی، مهاجرت لنفوسیت ها به پستان، و زندهمانی سلول ها، به دلیل استرس حرارتی کاهش یافته اند (Steele, ۲۰۱۶). دام های تحت استرس حرارتی افزایش ۲۱ تا ۲۶ درصدی در تعداد گلبول های سفید خون نشان داده اند (Das et al., ۲۰۱۶). نسبت گلبول های سفید نیز ممکن است به واسطه افزایش THI تغییر کند. Muñoz et al. (۲۰۱۴) دریافتند که **نسبت نوتروفیل به لنفوسیت، که نشان دهنده التهاب و عفونت است**، در ماه های تابستان به طور قابل توجهی افزایش یافته است.

Harris (۱۹۹۸) در یک مطالعه آزمایشگاهی نشان دادند که تولید بیشتر رادیکال های آزاد اکسیژن در دوران استرس حرارتی ممکن است با مهار تکثیر سلول های T یا لنفوسیت ها مرتبط باشد. محققان بیان کردند که استرس حرارتی به طور قابل توجهی فعالیت ژن $\text{interleukin-}\beta$ را که در تکثیر سلول های T نقش حیاتی دارد، مهار می کند. سلول های T توسط غده تیموس پردازش شده و بخش اساسی پاسخ ایمنی هستند. بنابراین، در هنگام **تجربه استرس حرارتی، پاسخ ایمنی دام ها تضعیف می شود** (Brenu et al., ۲۰۱۳).

به دلیل کاهش پاسخ ایمنی در دوران استرس حرارتی، بروز بیماری ها ممکن است افزایش یابد، از جمله بیماری هایی مانند کبدچرب، لنگش، متریت و ورم پستان. مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهند که سلول های اپیتلیال پستان گاوها در معرض دماهای بالا خطر بیشتری از مرگ برنامه ریزی شده سلولی را نمایش می دهند. کاهش در تعداد کل سلول های اپیتلیال پستان ممکن است به طور جزئی کاهش تولید شیر در گاوهای شیری که تحت استرس حرارتی قرار دارند را توضیح دهد (Tao et al., ۲۰۱۸). خطر افزایش ورم پستان همچنین با دوره های هوای گرم مرتبط است که منجر به کاهش بیشتر در تولید شیر می شود. تعداد سلول های سوماتیک، تعداد لکوسیت ها در هر میلی لیتر شیر است و به عنوان یک شاخص رایج از کیفیت شیر مورد استفاده قرار می گیرد. تعداد سلول های سوماتیک به عنوان یک نشانگر شدت پاسخ التهابی پستان استفاده می شود (Bertocchi et al., ۲۰۱۴). گلبول های سفید، به ویژه لکوسیت های نوتروفیل پلی مورفونوکلئر، منبع اصلی افزایش سلول های سوماتیک در دوران التهاب هستند. نوتروفیل های پلی مورفونوکلئر یک مکانیسم دفاعی کلیدی در پستان هستند که باکتری های ایجادکننده ورم پستان را بلعیده و از بین می برند (Dosogne et al., ۲۰۰۲). وضعیت عفونت عامل اصلی افزایش SCC است، اما متغیرهای دیگری مانند سن و مرحله شیردهی نیز نقش کوچکتری ایفا می کنند (Harmon, ۱۹۹۴). تعداد سلول های سوماتیک معمولاً با افزایش سن گاو یا پیشرفت در مرحله شیردهی افزایش می یابد، و استرس حرارتی نیز به این افزایش کمک می کند.



با این حال، اگر پستان سالم باشد، تعداد سلول‌های سوماتیک معمولاً پس از زایمان به‌طور سریع کاهش می‌یابد و تأثیرات سنی کم است (Dosogne et al., ۲۰۰۲).

افزایش خطر عفونت در دوران استرس حرارتی ممکن است به دلیل عملکرد ضعیف ایمنی یا بار بالای پاتوژن در محیط باشد. افزایش در THI می‌تواند منجر به افزایش خطر ورم پستان به دلیل شرایط دمایی بالا که به بقا و تکثیر پاتوژن‌ها کمک می‌کند، شود *Escherichia coli** در دماهای بین ۱۹.۳ تا ۴۴.۵ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند و *Klebsiella pneumonia** در دماهای بین ۲۲.۷ تا ۴۱.۰ درجه سانتی‌گراد رشد می‌کند. این باکتری‌ها قادر به بقا در دماهای بالای محیطی هستند اما نمی‌توانند در ماه‌های سرد زنده بمانند. در یک مطالعه، محققان دریافتند که تعداد کالیفرم‌ها در بستر در زمستان کمترین و در تابستان بیشترین بود در تمامی مناطق مورد بررسی (استراحتگاه‌های آزاد، استراحتگاه‌های بسته و سکوها زایمان). استراحتگاه‌های آزاد در ماه‌های تابستان تعداد کالیفرم‌های به‌طور قابل توجهی بیشتری نسبت به سایر فصول داشتند، به این معنی که نوک پستان‌های گاوهایی که روی آن بستر می‌خوابیدند، با نرخ بالاتری از عفونت‌های درون‌پستانی کالیفرم در تابستان مرتبط بود (Smith et al., ۱۹۸۵).

اگر سلول‌های سوماتیک بتوانند به سرعت از جریان خون به پستان منتقل شوند، عفونت‌های درون‌پستانی می‌توانند حذف شوند و SCC به سرعت به سطح نرمال برگردد (Sordillo et al., ۱۹۹۷).

شیوع لنگش با افزایش دماهای محیطی افزایش می‌یابد. این امر ممکن است به دلیل افزایش زمان ایستادن به منظور افزایش سطح بدن در هنگام استرس حرارتی گاوها باشد. علاوه بر این، کف‌های نازک، بیماری خط سفید، زخم‌ها و سوراخ‌های کف نیز به لنگش کمک می‌کنند و به این ترتیب احتمال حذف زودهنگام از گله را افزایش می‌دهند.

شیوع متریت ممکن است در دوران استرس حرارتی افزایش یابد. استرس حرارتی در دوران آخر بارداری می‌تواند مکانیسم‌های دفاعی رحمی را تضعیف کند، یا دمای بالای محیط و رطوبت بالا ممکن است به افزایش بار پاتوژن در محیط کمک کند که ممکن است منجر به بروز بیماری شود. گاوهایی که به بیماری‌های رحمی، مانند متریت، دچار می‌شوند، دارای کاهش باروری، توسعه اولیه جنین‌های آسیب‌دیده، و افزایش خطر از دست دادن بارداری هستند (Santos and Ribeiro, ۲۰۱۴).



اسیدوز تحت حاد شکمبه به عنوان یک مشکل در گله‌های شیری با مدیریت خوب و با تولید بالا در حال افزایش است. استرس حرارتی بر رفتار تغذیه‌ای گاوهای شیری تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش مصرف ماده خشک (DMI) و افزایش مصرف خوراک با انرژی بالا و کاهش مصرف علوفه می‌شود؛ بنابراین، گاوهایی که تحت استرس حرارتی قرار دارند، ممکن است به اسیدوز شکمبه مستعد شوند.

رفتارشناسی

متخصصان سلامت دام و تولیدکنندگان شیر از تغییرات در الگوهای رفتاری گاوها به عنوان ابزاری برای شناسایی سلامت و رفاه حیوانات استفاده می‌کنند. اندازه‌گیری **رفتار دراز کشیدن** یکی از مهم‌ترین شاخص‌های راحتی گاو است و اطلاعات ارزشمندی در مورد نحوه تعامل گاوها با محیط خود فراهم می‌کند. مدت زمان و تعداد دفعات دراز کشیدن به عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی رفاه گاوها استفاده می‌شود. به طور متوسط، یک گاو شیری معمولی در شرایط دمایی خنثی بین ۱۱ تا ۱۴ ساعت در روز دراز می‌کشد. با افزایش دمای محیط، گاوهای شیری برای افزایش سطح بدن جهت دفع حرارت، زمان دراز کشیدن خود را تا ۳۰٪ کاهش می‌دهند. افزایش زمان ایستادن می‌تواند منجر به افزایش مصرف انرژی و تغییر در استفاده از مواد مغذی شود که به نوبه خود می‌تواند نیازهای نگهداری بدن را افزایش دهد.

جریان خون به پستان در حالت ایستاده در مقایسه با حالت دراز کشیده محدودتر است، که این موضوع به کاهش تولید شیر منجر می‌شود. وقتی جریان خون به پستان محدود می‌شود (ایستاده)، میزان جذب مواد مغذی توسط غدد شیری کاهش می‌یابد.

دمای بدن به عنوان پاسخی به استرس حرارتی افزایش می‌یابد. برخی محققان گزارش کرده‌اند که افزایش دمای مرکزی بدن ممکن است با میزان زمانی که گاوها در یک دوره ۲۴ ساعته ایستاده سپری می‌کنند، همبستگی مثبت داشته باشد. تفاوت دمای مرکزی بدن در ارتباط با احتمال ایستادن یا دراز کشیدن گاو بسیار کم است، (۰.۰۷ درجه سانتی‌گراد). این تفاوت ممکن است از نظر فیزیولوژیکی مهم نباشد اما ممکن است توضیحی برای تغییر رفتار گاو در هنگام استرس حرارتی، که آیا نیاز به ایستادن یا دراز کشیدن دارد، باشد. همین مطالعه نشان داد که **گاوها بیشتر در گرم‌ترین ساعات روز (ساعت ۱۶:۰۰)، زمانی که متوسط دمای بدن به بالاترین حد خود می‌رسد، دراز کشیده‌اند نسبت به ساعات خنک‌تر در هنگام شب.**



زمان دراز کشیدن بدون وقفه نقش مهمی در سلامت گاوها ایفا می‌کند. با افزایش زمان دراز کشیدن، احتمال بروز بیماری‌های سم و لنگش ممکن است کاهش یابد و می‌تواند به افزایش مصرف ماده خشک (DMI) و نشخوار کمک کند. برخی محققان گزارش کرده‌اند که دوره‌های طولانی ایستادن می‌تواند به عنوان یک عامل خطر عمده برای لنگش عمل کند. با افزایش زمان ایستادن، فشار داخل کپسول سم افزایش می‌یابد، که منجر به کاهش تأمین اکسیژن و جریان خون و در نتیجه افزایش لنگش می‌شود (Grandin, ۲۰۱۶).

هنگامی که سایه فراهم شود، گاوهای تحت استرس حرارتی زمان بیشتری را صرف نشخوار می‌کنند، تولید شیر بیشتری دارند و دمای بدن کمتری نسبت به گاوهای تحت استرس حرارتی که در سایه نیستند، نشان می‌دهند. برای تنظیم دمای بدن، گاوهای شیری بیشتر وقت خود را صرف جستجو و ایستادن در مناطق سایه‌دار می‌کنند.

گاوها حتی اگر به مدت ۱۲ ساعت از دراز کشیدن محروم باشند، **به جستجوی سایه و ایستادن ادامه می‌دهند تا دمای داخلی بدن خود را کاهش دهند.** در هنگام استرس حرارتی، گاوها به طور فعال در طول روز به دنبال سایه می‌گردند و اگر سایه‌ای در دسترس نباشد، حیوان برای دفع حرارت انباشته شده به ایستادن ادامه می‌دهد.

خنک کردن با استفاده از آب‌پاش‌ها (اسپرینکلرها) می‌تواند در شرایط گرم، نرخ تنفس (RR) را کاهش دهد. استفاده از آب‌پاش‌ها به عنوان یک روش کاهش حرارت ممکن است همچنین تحریک ناشی از حشرات را در گاوها کاهش دهد (Kendall et al., ۲۰۰۷). در یک مطالعه انجام شده در نیوزیلند توسط Kendall et al. (۲۰۰۷)، چهار استراتژی مختلف برای کاهش حرارت (کنترل یا بدون کاهش حرارت، سایه، سایه و آب‌پاش‌ها، و فقط آب‌پاش‌ها) برای گاوها در محوطه انتظار به مدت ۹۰ دقیقه قبل از دوشیدن اعمال شد و رفتارهای دفع حشرات (تعداد ضربات دم و پا) مورد مشاهده قرار گرفت. در گروه‌های آزمایشی که از آب‌پاش‌ها استفاده می‌شد، تعداد ضربات دم و پا به نصف کاهش یافت در مقایسه با گروه‌های کنترل و سایه.

شاخص‌های استرس حرارتی

دمای بدن در گاوها ممکن است یک ریتم شبانه‌روزی مشخص را دنبال کند با دامنه‌ای بین ۰.۲ تا ۰.۹ درجه سانتی‌گراد، به طوری که حداقل دمای بدن در صبح و حداکثر آن در اواخر بعد از ظهر است (Kendall and Webster, ۲۰۰۹). در ماه‌های تابستان، میانگین دمای بدن و دامنه نوسان ریتم دمای بدن بیشتر از ماه‌های بهار یا زمستان است. عواملی که بر دمای بدن تأثیر می‌گذارند شامل سلامت عمومی، محیط، دمای محیط، سطح فعالیت، فحلی، وضعیت بارداری، نژاد، رفتارهای خوردن و نوشیدن و هیجان هستند (Lefcourt et al., ۱۹۹۹).



چندین محقق بیان کرده‌اند که دمای بدن با تأخیر ۱ تا ۵ ساعته نسبت به دمای محیط واکنش نشان می‌دهد و این وابسته به شرایط محیطی است، به این معنا که استفاده از دمای بدن به عنوان شاخص استرس حرارتی می‌تواند منجر به تأخیر در واکنش تولید شود.

فن‌آوری‌های مختلفی برای اندازه‌گیری دمای بدن از نواحی مختلف بدن وجود دارد، از جمله دمای رکتال، دمای تمپانیک (گوش)، دمای عمق بدن، دمای واژن و دمای پوست. هر ناحیه برای اندازه‌گیری دمای بدن مزایا و معایب خاص خود را دارد. اندازه‌گیری دمای عمق بدن می‌تواند به صورت خودکار برای نظارت مداوم استفاده شود، اما مصرف آب، به‌ویژه حجم‌های بزرگ آب سرد، می‌تواند منجر به کاهش دمای عمق بدن شود. به دلیل نزدیکی به ناحیه حساس به دمای هیپوتالاموس، دمای تمپانیک به عنوان یک روش قابل اعتماد برای اندازه‌گیری دمای بدن در نظر گرفته می‌شود و در مقایسه با دمای رکتال زمان تأخیر کمتری دارد. در زمان استفاده از آب‌پاش‌ها در دوره‌های استرس حرارتی، دمای تمپانیک به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

تأثیر سایه‌بان و شرایط محیطی بر استرس حرارتی در گاوها

۱. تأثیر سایه‌بان بر دمای بدن:

تأمین سایه‌بان برای گاوها می‌تواند تأثیرات مثبتی بر دمای بدن داشته باشد، اما این تأثیرات ممکن است بسته به نژاد گاو، شرایط محیطی، و مقدار رنگ سیاه یا سفید در پوشش گاو متفاوت باشد. در یک مطالعه در آفریقای جنوبی، زمانی که حداکثر دما ≥ 25 درجه سانتی‌گراد بود، محققان هیچ تأثیری از سایه‌بان بر دمای بدن مشاهده نکردند (Muller et al., ۱۹۹۴). با این حال، چندین محقق دریافته‌اند که وقتی دمای محیط از ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر می‌شود، گاوهایی بدون سایه‌بان دمای بدن بیشتری نسبت به گاوهایی دارای سایه‌بان دارند.

۲. تأثیرات نرخ تنفس (RR):

نرخ تنفس در گاوها تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله سن، سطح تولید، وضعیت بدن، میزان مصرف ماده خشک خوراک، طراحی جایگاه، سیستم‌های خنک‌کننده، و تجربه قبلی در شرایط گرم قرار می‌گیرد (Gaughan et al., ۲۰۰۰). در شرایط گرم، با افزایش دمای محیط، نرخ تنفس گاوها به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دما از TNZ، بین ۲.۸ تا ۳.۳ نفس در دقیقه افزایش می‌یابد. گاوهایی با وضعیت بدنی بهتر، نسبت به گاوهایی لاغرتر، نرخ تنفس بالاتری به ازای هر ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دما دارند، حتی اگر قبلاً در معرض شرایط گرم قرار گرفته باشند.



۳. شاخص‌های استرس حرارتی و حساسیت نژادی:

افزایش نرخ تنفس یکی از حساس‌ترین شاخص‌های فنوتیپی استرس حرارتی است؛ نرخ تنفس بالای ۶۰ نفس در دقیقه نشانه استرس حرارتی در گاوهای شیری در حال شیردهی است (Shultz, ۱۹۸۴; Berman et al., ۱۹۸۵). نرخ تنفس گاوها با دمای محیط افزایش می‌یابد (Brown-Brandl et al., ۲۰۰۵). مطالعات نشان داده‌اند که نژاد گاو نیز بر تحمل حرارتی تأثیر دارد. به عنوان مثال، گاوهای نژاد جرزی (Jersey) نسبت به گاوهای هولشتاین (Holstein) در شرایط استرس حرارتی کمتر افت تولید شیر دارند (Smith et al., ۲۰۱۳).

۴. تأثیر رنگ و پوشش بدن:

میزان موهای تیره یا روشن می‌تواند بر تحمل حرارتی حیوان تأثیر بگذارد. مطالعه‌ای نشان داد که گاوهای با پوشش تیره‌تر، نرخ تنفس بیشتری نسبت به گاوهای با پوشش روشن‌تر دارند. استفاده از تصاویر حرارتی می‌تواند در بررسی نحوه تحمل حرارت در حیوانات با رنگ‌های مختلف مفید باشد.

در یک مطالعه روی گاوهای تغذیه شده در سایه و بدون سایه، گزارش شد که صرف‌نظر از وضعیت هوا، تا ساعت ۱۱۰۰، نرخ تنفس گاوهای سایه‌دار و غیر سایه‌دار مشابه بود. با این حال، پس از آن، نرخ تنفس گاوهای سایه‌دار ثابت باقی ماند، در حالی که نرخ تنفس گاوهای بدون سایه همچنان افزایش یافت. اهمیت فراهم کردن سایه در شرایط گرم به خوبی مستند شده است.

۵. مکانیسم‌های تبخیر حرارتی:

دو مکانیسم مهم برای از دست دادن حرارت از طریق تبخیر در گاوها شامل تنفس و تعریق است، به‌طوری که تعریق می‌تواند تا ۸۰٪ از کل از دست دادن حرارت تبخیری را به خود اختصاص دهد (Robertshaw, ۱۹۸۵). تنفس سریع زمانی رخ می‌دهد که حرارت محسوس برای گرم کردن بخار آب و حذف حرارت تجمع‌یافته به شکل رطوبت تبخیر شده از ریه‌ها استفاده می‌شود. تعریق نیز زمانی رخ می‌دهد که رطوبت از سطح پوست تبخیر می‌شود (Gebremedhin et al., ۲۰۰۸). با افزایش دمای محیط و رطوبت نسبی، اثر بخشی از دست دادن حرارت از طریق تبخیر کاهش می‌یابد (Sparke et al., ۲۰۰۱).



۶. اثرات منفی تعریق و تنفس:

در عین حال، تعریق و تنفس به تولید حرارت متابولیکی بیشتری منجر می‌شوند و به این ترتیب بار حرارتی را افزایش می‌دهند (Bianca, ۱۹۶۸). مطالعه‌ای نشان داد که گاوهای نژاد جرزی کمتر از گاوهای نژاد هولشتاین سیاه یا سفید عرق می‌کنند، که این نتایج نظریه‌ای را تقویت می‌کند که بیان می‌دارد گاوهای جرزی نسبت به گاوهای هولشتاین تحمل حرارتی بیشتری دارند (Gebremedhin et al., ۲۰۰۸).

۷. استفاده از سیستم‌های امتیازدهی تنفس:

گاوهایی که دچار استرس حرارتی می‌شوند ممکن است تنفس با دهان باز و با زحمت را نشان دهند (Sparke et al., ۲۰۰۱). در یک مطالعه، مشخص شد که نرخ تنفس در گاوهای تحت استرس حرارتی که نشانه‌های تنفس (مانند ریزش آب دهان، دهان باز، زبان بیرون زده) را نشان می‌دهند، بالاتر است (Tresoldi et al., ۲۰۱۸).

دو مکانیسم مهم برای از دست دادن حرارت تبخیری در گاوها شامل تعریق و تنفس است. تعریق تا ۸۰٪ از کل از دست دادن حرارت تبخیری را تشکیل می‌دهد (Robertshaw, ۱۹۸۵). تنفس زمانی اتفاق می‌افتد که حرارت محسوس برای تبخیر رطوبت از ریه‌ها استفاده می‌شود. تعریق نیز از طریق تبخیر رطوبت از سطح پوست صورت می‌گیرد. با افزایش دمای محیط و رطوبت نسبی، کارایی این فرآیندهای تبخیری کاهش می‌یابد و در نتیجه استرس حرارتی گاوها افزایش می‌یابد (Sparke et al., ۲۰۰۱). همچنین، این فرآیندها با افزایش تولید حرارت متابولیکی، بار حرارتی بیشتری را به بدن تحمیل می‌کنند (Bianca, ۱۹۶۸).

با ما همراه باشید، با ما بروز باشید...

شرکت شیر و گوشت بهاران نقش جهان - واحد تحقیق و توسعه