دامستیک؛ دوره ۲۳، شماره ۱ (شماره ۲۵ پیاپی): ۱۶-۵

نشریهٔ علمی- ترویجی (حرفه‌ای)

دامِستیک

انجمن علمی- دانشجویی گروه مهندسی علوم دامی دانشگاه تهران؛ بهار ۱۴۰۲

https://domesticsj.ut.ac.ir/article_94271.html

مقاله علمی- ترویجی

اثرات تنش گرمایی بر عملکرد و وضعیت فیزیولوژیک در نشخوارکنندگان کوچک

کتایون مهرانی[۱]، کامل عموزاده آرائی[۲] و محمد اسدی[۱*]

[۱] دانشجوی دکتری تخصصی گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان، ایران

https://doi.org/10.22059/domesticsj.2023.355902.1120

چکیده

نشخوارکنندگان کوچک (گوسفند و بز) نقش مهمی در اقتصاد دارند؛ زیرا تأمین‌کنندهٔ گوشت، شیر، پوست، پشم و الیاف مورد نیاز جوامع بشری است. حیوانات تحت تأثیر انواع مختلفی از عوامل استرس‌زا از جمله استرس فیزیکی، شیمیایی، تغذیه‌ای و گرمایی قرار می‌گیرند. در این میان، تنش گرمایی در زمینهٔ آب و هوایی کنونی دستخوش تغییرات نگران‌کننده‌ای است. افزایش تقاضا برای محصولات دامی همراه با هوای گرم تهدیدی جدی برای بخش کشاورزی است. تغییرات آب و هوایی جدی‌ترین چالش بلند مدت صاحبان نشخوارکنندگان کوچک در سراسر جهان است. تنش گرمایی منجر به کاهش رشد، اختلال در تولیدمثل، کاهش تولید، تغییر کمیت و کیفیت شیر و همچنین ایمنی طبیعی می‌شود و حیوانات را در برابر بیماری‌ها و حتی مرگ آسیب‌پذیرتر می‌کند. نشخوارکنندگانی که تحت تأثیر تنش گرمایی قرار می‌گیرند، مصرف خوراک کمتر و در نتیجه عملکرد کمتری دارند. آگاهی از تنش گرمایی اولین گام برای مدیریت آن می‌باشد تا از خسارات اقتصادی قابل توجه جلوگیری شود.

کلمات کلیدی: تنش گرمایی، سلامت، عملکرد، گوسفند

***نویسنده مسئول:** katimhr@gmail.com

بخش: تغذیه دام **دبیر تخصصی:** صادق فرضی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۱/۱۲/۲۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۱/۲۹ **تاریخ انتشار آنلاین:** ۱۴۰۲/۰۳/۱۰

رفرنس‌دهی: مهرانی، ک.، عموزاده آرائی، ک.، اسدی، م. اثرات تنش گرمایی بر عملکرد و وضعیت فیزیولوژیک در نشخوارکنندگان کوچک. *علمی- ترویجی (حرفه‌ای) دامِستیک*، ۱۴۰۲؛ ۲۳(۱): ۱۶-۵.

مقدمه

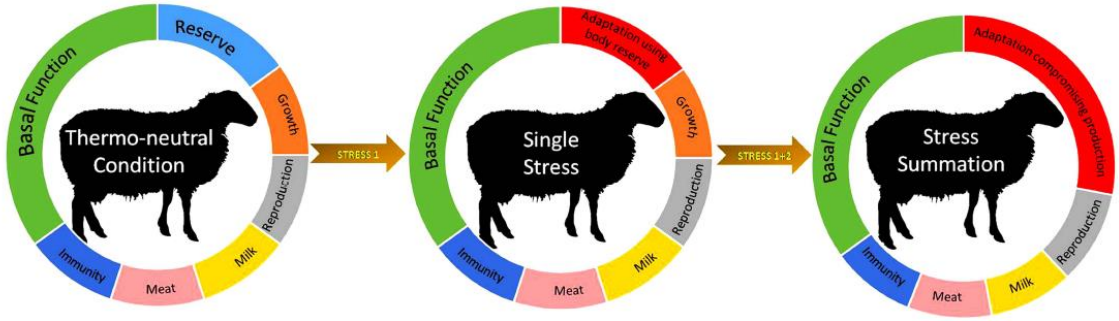
تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای پدیده‌ای است که تولید مواد غذایی با منشأ حیوانی و در نتیجه امنیت غذایی را تهدید می‌کند. این پدیده باعث افزایش دمای محیط و تغییر الگوی دوره‌ای بارندگی در مناطق کشاورزی در سراسر جهان می‌شود. گرم شدن کرۀ زمین باعث ایجاد شرایط اقلیمی و تشدید تنش گرمایی (Heat Stress) برای حیوانات اهلی در مناطقی می‌شود که در طول تاریخ اتفاق نیفتاده است. مناطق گرم جهان در حال حاضر حدود ۵۰ درصد از سطح زمین را اشغال کرده‌اند، اگرچه پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که این میزان به دلیل گرم شدن کره زمین افزایش خواهد یافت. تغییر اقلیم همچنین باعث ایجاد تغییرات غیرقابل پیش‌بینی در زمان و میزان بارندگی و کاهش پوشش گیاهی و افزایش مناطق بیابانی می‌شود. این عوامل باعث کاهش کیفیت علوفه و دسترسی دام به آن شده است (Sejian *et al*, 2017). در مقایسه با سایر گونه‌های اهلی، نشخوارکنندگان کوچک مانند گوسفند به‌خوبی با شرایط آب و هوایی نامطلوب سازگار هستند و آن‌ها را به گزینه‌ای مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک با منابع علوفه کمیاب تبدیل می‌کند (Shinde and Sejian, 2013). پرورش نشخوارکنندگان کوچک در مناطق خشک، نیمه‌خشک و بیابانی رایج است؛ زیرا در مقایسه با گاو، توانایی بهتری برای زنده ماندن در شرایط در دسترس بودن کمتر خوراک و تحمل بالاتری نسبت به تنش گرمایی دارند. دماهای بالا می‌تواند بر رشد و بهره‌وری گوسفند تأثیر منفی بگذارد؛ زیرا با فعال شدن مکانیسم‌های تنظیم حرارت، مصرف خوراک کاهش می‌یابد و تقاضای انرژی افزایش می‌یابد. گوسفندان تحت تنش گرمایی در طول دورۀ پرواربندی باروری پایین، افزایش وزن و راندمان غذایی نامناسب را نشان می‌دهند. دمای بالا همچنین می‌تواند بر ویژگی‌های لاشۀ گوسفند و کیفیت گوشت تأثیر منفی بگذارد (Marai *et al*., 2007; Al-Dawood, 2017).

تعریف استرس گرمایی

دمای ایده آلی که هیچ‌گونه اثر منفی بر تولید دام نداشته باشد، بین ۴ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد است که به آن منطقه آسایش دمایی می‌گویند. دمای خارج از محدودۀ آسایش باعث بر هم خوردن تعادل حیوان، کاهش تولید و باروری و همچنین بروز مشکلاتی در سلامت حیوان می‌شود که به آن تنش گرمایی می‌گویند. تنش گرمایی زمانی رخ می‌دهد که بار حرارتی حیوان بیشتر از توانایی آن در دفع گرما باشد. شدت تنش گرمایی به میزان رطوبت و دما بستگی دارد. در دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد یا حتی بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد حیوان تنش گرمایی را تجربه می‌کند و وضعیت سلامتی و عملکرد آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تنش گرمایی در حیوان زمانی رخ می‌دهد که تعادلی بین گرمای تولیدشده در بدن و دفع آن از بدن وجود نداشته باشد. تعداد روزهای تنش گرمایی در دهۀ اخیر به طور قابل توجهی افزایش یافته است (Şireli *et al*, 2017).

منطقۀ حرارتی خنثی در گوسفند ۲۰-۱۸ و در برخی منابع ۲۵-۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۳۰ درصد است. به طوری که دمای ۴۰-۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد بدترین اثر را روی گوسفند می‌گذارد. البته گفته می‌شود که میش‌های بالغ با پشم می‌توانند دمای منفی ۱۲ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند، اما زمانی که دما از ۳۲ درجه سانتی-گراد بالاتر می‌رود دمای رکتوم افزایش می‌یابد و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی کمتر از ۶۵ درصد حیوان شروع به له‌له زدن می‌کند (Sejian *et al*, 2018). تنش گرمایی در هنگام تغییر دما و رطوبت نسبی هوا، باد و نور خورشید ایجاد می‌شود؛ به طوری که منطقۀ خنثی که به‌عنوان همان منطقه تولید گرما و اتلاف حرارت از بدن تعریف می‌شود، تغییر می‌کند. اطلاعات مربوط به دمای هوای خشک و رطوبت نسبی، سرعت باد و میزان بارندگی کمک زیادی به تشخیص تنش گرمایی می‌کند؛ اما از ترکیب دمای هوای خشک و رطوبت نسبی، شاخص گرما-رطوبت (Temperature- Humidity index) به دست می‌آید که برحسب درجۀ فارنهایت، شاخص ۷۲ به پایین به معنای منطقه خنک است، ۷۷-۷۳ تنش گرمایی ملایم، ۸۹-۷۸ تنش متوسط و بالای ۹۰ به‌عنوان شدید در نظر گرفته می‌شود. تقسیم‌بندی این شاخص بر اساس درجۀ سانتی‌گراد ۲۲/۲ بدون تنش گرمایی، ۲۳/۲-۲۲/۲ تنش متوسط، ۲۳/۳-۲۵/۶ تنش شدید و بالای ۲۵/۶ به معنای تنش شدید است (Sejian *et al*, 2017). یک مدل فرضی برای مفهوم عوامل استرس‌زای متعدد در گوسفند در شکل ۱ ارائه‌شده است.

شکل ۱ در سه بخش مختلف نشان داده شده است که عبارتند از شرایط گرمایی خنثی، تنش منفرد و مجموع تنش. بخش اول، عملکردهای طبیعی گوسفند را در شرایط خنثی حرارتی توصیف می‌کند؛ عملکردهای اساسی را که برای بقای آن‌ها در هر شرایط نامطلوب حیاتی است و عملکردهای تولیدی از جمله رشد، تولیدمثل، تولید شیر، تولید گوشت و ایمنی را به تصویر می‌کشد.



شکل ۱- مدل فرضی برای مفهوم عوامل استرس‌زا متعدد در گوسفند

جدای از این، قسمت اول شکل همچنین ذخایر بدن حیوانات را توصیف می‌کند که می‌توان از آن برای پشتیبانی از عملکردهای انطباقی در هنگام قرار گرفتن در معرض شرایط محیطی نامطلوب استفاده کرد. بخش دوم، الگوی وقایعی را نشان می‌دهد که هنگام قرار گرفتن حیوانات در معرض تنش رخ می‌دهد. این قسمت از شکل مکانیسمی را توضیح می‌دهد که طی آن یک حیوان بر اساس ذخایر بدن خود و حفظ تمام عملکردهای تولیدمثلی خود، با یک تنش مواجه می‌شود. بخش سوم، شکل رویدادهای مختلفی را نشان می‌دهد که در حیواناتی که در معرض دو یا چند تنش هستند، رخ می‌دهد. در این وضعیت ، ذخایر بدن حیوان برای مقابله با دو تنش کافی نیست و بنابراین باید یکی از عملکردهای تولیدی خود (مثلاً رشد) را به خطر بیندازد تا نیاز تطبیقی را پشتیبانی کند و برای حمایت از نیاز مسیر تطبیقی به خطر بیندازد؛ بنابراین، می‌توان چنین استنباط کرد که وقتی حیوانات در معرض یک تنش واحد قرار می‌گیرند، می‌توانند با کمک ذخایر بدن خود با آن مقابله کنند. با این حال، هنگامی‌که دو یا چند تنش به‌طور همزمان اتفاق می‌افتد، تأثیر کلی ممکن است در حیوانات به قدری شدید باشد که ذخایر بدن برای مقابله با تأثیر تنش تجمعی ناکافی باشد و بنابراین این حیوانات مجبور هستند تا برای مقابله با این شرایط، یکی از عملکردهای تولیدی خود را تحت تأثیر قرار دهند (Sejian *et al*, 2018).

روش‌های تشخیص تنش گرمایی در نشخوارکنندگان

تنش گرمایی در حیوانات با روش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی قابل‌تشخیص است. روش‌های فیزیولوژیکی را می‌توان با ابزارهای مختلف اندازه‌گیری تعیین کرد، درحالی‌که روش‌های بیوشیمیایی با تشخیص سطح هورمون در خون تعیین می‌شود. نرخ تنفس، ضربان قلب، دمای بدن از اولین پارامترهای تغییرپذیر در برابر تنش گرمایی می‌باشند. در بسیاری از یافته‌های علمی بیشتر از تغییرات فراسنجه‌های کراتینین، اوره و گلوکز برای ارزیابی پاسخ حیوان به تنش گرمایی ذکرشده است.

ضربان قلب

ضربان قلب (که با تعداد ضربان در دقیقه بیان می‌شود) می‌تواند به‌سرعت به دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی حیوانات یا عوامل خارجی مانند دما تغییر کند. ضربان قلب طبیعی بین ۹۰ تا ۹۵ ضربه در دقیقه است. قرار گرفتن در معرض حرارت ضربان قلب بالاتری را بین ۷۴ تا ۹۱ ضربه در دقیقه در بزها نشان داد (Okoruwa, 2014; Sarangi, 2018). ضربان قلب در شرایط تنش گرمایی افزایش می‌یابد و این جریان خون را از مرکز به سطح بدن افزایش می‌دهد تا فرصتی برای از دست دادن گرمای بیشتری از طریق رسانا، تشعشع و تعرق فراهم شود. بااین‌حال، ضربان قلب در درجهٔ اول منعکس‌کنندهٔ هموستازی گردش خون همراه با وضعیت متابولیک عمومی است. تنش گرمایی ضربان قلب را کاهش می‌دهد و شتاب قابل توجه ضربان قلب در گرم‌ترین قسمت روز رخ می‌دهد (Facanha *et al*, 2012). نرخ میزان ضربان در دقیقه با تأثیر دمای محیط افزایش می‌یابد. ضربان قلب به دو دلیل افزایش می‌یابد؛ اول، افزایش فعالیت ماهیچه‌ای که تنفس را کنترل می‌کند و دوم، کاهش مقاومت بستر عروق محیطی و آناستوموزهای (ایجاد پیوند بین عروق) شریانی-وریدی است (Phulia *et al*, 2010).

تعداد تنفس

سرعت تنفس (تعداد تنفس در دقیقه) می‌تواند به‌طور مکرر تغییر کند و به طور غیرمستقیم تحت تأثیر فعالیت‌های حیوان (متابولیسم و فعالیت ماهیچه‌ای) و شرایط محیطی است (Silanikove, 2000b). سرعت تنفس یک معیار عملی و قابل‌اعتماد برای بار حرارتی و شاخص تنش گرمایی است (Okoruwa *et al.*, 2014). تحقیقات نشان داد که سرعت تنفس

تحت تأثیر دمای محیط افزایش می‌یابد (Phulia *et al*, 2010). افزایش تنفس تلاشی برای افزایش تلفات حرارتی توسط حسگرهای تبخیری است.

دمای رکتوم

دمای بدن معیار خوبی برای تحمل گرما در حیوانات است و منعکس‌کننده تمام فرآیندهای تولید و از دست دادن گرما در بدن است. دمای رکتوم شاخص خوبی برای دمای بدن در نظر گرفته می‌شود، اگرچه تغییرات قابل‌توجهی در قسمت‌های مختلف بدن در زمان‌های مختلف روز وجود داشته باشد (Fecteau *et al*, 2014). نورون‌های حساس به دما (گرم و سرد) که در ناحیهٔ پره‌اپتیک هیپوتالاموس قدامی یافت می‌شوند، یک ترموستات با نقطهٔ تنظیم بهینه در نظر گرفته می‌شوند. سنسورهای دما در پوست و بافت‌های عمیق بدن (به‌عنوان‌مثال قفسهٔ سینه و اطراف سیاهرگ‌های بزرگ شکم) یافت می‌شوند (Robinson, 2002). دمای رکتوم نشانگر تعادل حرارتی است و ممکن است برای ارزیابی تنش گرمایی که می‌تواند بر رشد، شیردهی و تولیدمثل تأثیر بگذارد، استفاده شود (West, 1999). افزایش ۱ درجهٔ سانتی‌گراد یا کمتر برای کاهش عملکرد در اکثر گونه‌های دام کافی است. دمای بدن یک شاخص حساس از پاسخ فیزیولوژیکی به تنش گرمایی می‌باشد؛ زیرا در شرایط عادی تقریباً ثابت است (Silanikove, 2000a). تنظیمات فیزیولوژیکی حیوان برای جلوگیری از افزایش دمای بدن در هنگام تنش گرمایی به جلوگیری از مرگ ناشی از گرمازدگی کمک می‌کند، اما بهره‌وری را نیز کاهش می‌دهد (Fecteau and White, 2014).

اثرات تنش گرمایی در نشخوارکنندگان

اثرات تنش گرمایی بر مصرف خوراک در گوسفند و بز

تعامل بین تنش و تغذیه منجر به کمبود مواد مغذی می‌شود، زیرا تنش گرمایی با کاهش قابل‌توجه مصرف خوراک همراه است (West, 1999). اما کاهش مصرف خوراک می‌تواند به دلیل کاهش سرعت عبور خوراک از دستگاه گوارشی باشد که باعث افزایش مدت‌زمان پر شدن روده و کاهش مصرف می‌شود (Rana *et al*, 2014). در هنگام تنش گرمایی سرعت عبور مواد خوراکی در دستگاه گوارش دام کاهش می‌یابد و در نتیجه خوراک در روده تجمع می‌یابد و مصرف خوراک کاهش و از طرفی قابلیت هضم مواد خوراکی به دلیل نگهداری بیشتر مواد قابل‌هضم در روده افزایش می‌یابد. همچنین، تغییر در محیط حرارتی باعث کاهش جریان خون در شکمبه می‌شود (۷۶ درصد تحت استرس شدید و ۳۲ درصد تحت استرس متوسط)، حرکت شکمبه و نشخوار حیوان را کاهش می‌دهد DaCosta *et al*, (1992). همچنین تأثیر مستقیم تنش گرمایی روی مرکز هیپوتالاموس منجر به پاسخ هورمونی می‌شود که می‌تواند سرعت متابولیسم را نیز کاهش دهد (West, 1999). به‌عنوان‌مثال، از آنجایی‌که میزان ترشح تیروئید هنگام تنش گرمایی کاهش می‌یابد و هورمون‌های تیروئید بر سرعت عبور غذا تأثیر می‌گذارند، کاهش سرعت عبور نیز احتمالاً نتیجهٔ کاهش میزان ترشح تیروئید است. علاوه بر این، حیواناتی که تحت تنش گرمایی هستند، مصرف خوراک را کاهش می‌دهند تا گرمای متابولیکی کمتری تولید کنند، زیرا حرارت تولیدشده از تغذیه منبع مهمی برای تولید گرما است (Kadzere *et al*, 2002). همچنین، نیازهای نگهداری به دلیل تنش گرمایی ۳۰ درصد افزایش می‌یابد (NRC, 2007)؛ چون انرژی دریافتی برای رفع نیازهای روزانه کافی نیست و منجر به کاهش وزن ظاهری بدن می‌شود (Hamzaoui *et al*, 2013). درواقع، حیوانات تحت تنش گرمایی وارد یک حالت بیوانرژیک مشابه تعادل انرژی منفی مشاهده شده در اوایل شیردهی (اما نه به همان میزان) می‌شوند. تعادل منفی انرژی با انواع تغییرات متابولیک و هورمونی همراه است. این احتمال وجود دارد که بسیاری از اثرات منفی تنش گرمایی بر تولید، سلامت حیوانات و شاخص‌های تولیدمثل با کاهش تعادل انرژی ایجاد می‌شود (Moore, 2005). به‌طورکلی، قرار گرفتن گوسفند در معرض دمای بالای محیط باعث کاهش مصرف خوراک همراه با افزایش نرخ تنفس و دمای مقعدی می‌شود که تلاش برای دفع گرما را به خطر می‌اندازد (Marai *et al*, 2007). مطالعات نشان داد که مصرف ماده خشک پس از قرار گرفتن در معرض تنش گرمایی در گوسفند و بز به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد (Monty *et al*, 1991; Nardone *et al*, 1991). کاهش ۱۳ درصدی در مصرف کنسانترهٔ قوچ‌هایی که در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد در اتاقک‌های آب و هوایی مخصوص نگهداری شدند مشاهده شد (Nardone *et al*, 1991). Bernabucci *et al*. (2009) نیز کاهش قابل‌توجهی در ماده خشک در میش‌های نژاد ساردینیا که در یک محفظه آب و هوایی به مدت ۴۹ روز تحت تنش گرمایی بالا قرار داشتند گزارش کردند. بااین‌حال، Alhidary *et al* (2012) کاهش ۲۲ درصدی در مصرف خوراک مرینو استرالیایی که در معرض دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز قرار داشتند، گزارش کردند. از دلایل کاهش خوراک می‌توان به کاهش زمان

نشـخوار دام‌ها هم اشـاره کرد که مصـرف و راندمان خوراک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Hirayama *et al*, 2000).

اثر تنش گرمایی بر مصرف آب گوسفند و بز

آب در بسیاری از عملکردهای فیزیولوژیکی ضروری برای عملکرد نشخوارکنندگان کوچک از جمله تنظیم دمای بدن، رشد، تولیدمثل، مکانیسم‌های شیردهی، هضم، تبادل مواد مغذی و انتقال به سلول‌ها در خون، دفع مواد زائد و تعادل حرارتی نقش دارد (BenSalem, 2010). نیاز آب با مصرف ماده خشک (در طول خشک‌سالی، حیوانات به آب بیشتری نیاز دارند زیرا مجبور به انتخاب خوراک فیبری بیشتر باقابلیت هضم کمتر هستند)، دمای محیط (حیوانات از آب بیشتری برای خنک کردن خود از طریق تبخیر در هوای گرم استفاده می‌کنند) و دفع آب از طریق تبخیر از بدن (سطوح بدن و مجاری تنفسی)، ادرار، مدفوع و شیر تنظیم می‌شود (Giger–Reverdin, 1991). نشخوارکنندگان کوچک ممکن است در طول پرورش تحت انواع مختلف شرایط محیطی متداول محدودیت آبی متوسط تا شدید قرار گیرند (مانند دوره‌های خشکسالی، حمل‌ونقل، هنگام چرا در مناطق دور از منابع آبی) و نیاز آن‌ها به آب در چنین مواقعی به دلیل استرس بالا است (BenSalem, 2010). به‌طورکلی، محرومیت از آب به مدت سه روز یا بیشتر می‌تواند اثرات مضری بر مصرف خوراک داشته باشد که کاهش تولید شیر، وزن بدن، نشخوار، تعداد تنفس و افزایش دمای رکتوم را نشان می‌دهند. بااین‌حال، بزهای نگهداری شده در شرایط تنش گرمایی مصرف آب خود را دو برابر کردند (Salama *et al*, 2012; Caulfield *et al*, 2014). افزایش مصرف آب عمدتاً توسط بزها برای افزایش دفع گرما بر اثر تعریق و نفس‌نفس زدن صورت می‌گیرد. از دست دادن نامحسوس آب با تعرق در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد دو برابر بیشتر از دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد بود. علاوه بر این، گوسفندان در دمای بین ۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد دو کیلوگرم آب به ازای هر کیلوگرم ماده خشک مصرف می‌کنند و این نسبت در دمای بالای ۲۰ درجه سانتی‌گراد سه برابر افزایش می‌یابد. مصرف آب ۱۱-۹ درصد از وزن کل بدن و در تابستان ۲۵-۱۹ درصد وزن بدن در گوسفند است (Şireli *et al*, 2017).

پاسخ‌های بیوشیمیایی حیوان به استرس گرمایی

مشـخصـات خونی حیوانات به تغییرات دمای محیط حسـاس اسـت و شـاخص مهمی از پاسـخ‌های فیزیولوژیکی به عامل استرس‌زا است (Okoruwa, 2014).

آنزیم‌ها: آنزیم‌ها تنظیم‌کننده‌های متابولیک در مکانیسـم‌های فیزیولوژیکی در شرایط استرس هستند و تعیین آنزیم‌های حاکم بر واکنش‌های متابولیک مختلف در خون به بهترین وجه ارزیابی می‌شـوند. نتایج نشـان داده اسـت که اسـترس گرمایی فعالیت آلکالین فسفاتاز و لاکتات دهیدروژناز را در بزها کاهش می‌دهد. علت کاهش فعالیت این آنزیم‌ها در طول تنش گرمایی می‌تواند به دلیل کاهش فعالیت تیروئید در طول تنش گرمایی باشـد (Helal *et al*, 2010). طبق گزارشات مقدار آلانین آمینوترانسفراز سـرم در بزها طی استرس گرمایی افزایش‌یافته است (Sharma and Kataria, 2011). سـطح سـرمی آسـپارتات ترانس آمیناز و آلانین آمینوترانسفراز در تشخیص رفاه حیوانات مفید است.

پروتئین‌ها: کاهش قابل‌توجهی در غلظت کل پروتئین، آلبومین و گلوبولین در بزها در طول تنش گرمایی گزارش‌شـده اسـت (Dangi *et al*, 2012). این ممکن اسـت به دلیل افزایش حجم پلاسـما در نتیجهٔ تنش گرمایی باشد که منجر به کاهش غلظت پروتئین پلاسـما می‌شـود. در مقابل در یک تحقیق دیگر، تنش گـرمـایـی پـروتئین کـل و آلبومین را در بزهـا افزایش داد (Okoruwa, 2014) و می‌توانـد بـه دلیـل کم‌آبی بدن باشـد؛ درنتیجه افزایش تعداد تنفس رخ می‌دهد.

گلوکز، کلسترول، نیتروژن اوره‌ای خون، اسیدهای چرب غیر اسـتریفیه و بتا هیدروکسـی بوتیرات: مطالعات روی گلوکز، کلسـترول، نیتروژن اوره‌ای خون، اسـیدهای چرب غیر اسـتریفیه و بتا هیدروکسـی بوتیرات در پاسـخ به تنش گرمایی متناقض هسـتند. سـطوح گلوکز و کلسـترول در شـرایط تنش گرمایی نسـبت به منطقه آسایش تفاوت بیشتری نشان می‌دهد. شـرایط تنش گرمایی باعث کاهش سـطح گلوکز و کلسـترول می‌شـود (Ocak *et al*, 2009). کاهش سـطح گلوکز می‌تواند مربوط به کاهش در دسـترس بودن مواد مغذی و سـرعت کمتر تولید پروپیونات باشـد (Mohamad *et al*, 2012)، یا به دلیل افزایش اسـتفاده از گلوکز پلاسـما برای تأمین انرژی موردنیاز برای فعالیت عضـلانی بالا همراه با افزایش سـرعت تنفس باشد (Sejian and Srivastava 2010). نتایج نشـان می‌دهد که تنش گرمایی هیچ اثری بر روی سطح گلوکز نداشت (Hamzaoui *et al*, 2013). محققـان گزارش کردنـد کـه تنش گرمـایی هیچ اثر معنی‌داری بر روی غلظـت گلوکز خون در نژادهـای مختلف بز نداشـت. کاهش سـطح کلسترول ممکن است با افزایش کل آب بدن یا کاهش غلظت اسـتات که پیش سـاز اولیه برای سـنتز کلسـترول اسـت، ارتباط داشـته باشـد (Gupta *et al*, 2013).

Aleena *et al*. (2020) گزارش دادند که تنش گرمایی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش کلسترول و کاهش تری گلیسیرید در بزها می‌شود. تنش گرمایی تأثیری بر نیتروژن اوره‌ای خون در بزها نداشت. اسیدهای چرب غیر استریفیه و بتاهیدروکسی بوتیرات بیشتر نشان‌دهندهٔ وضعیت انرژی حیوان هستند (Hamzaoui *et al*, 2013). گزارش‌شده که کاهش در مصرف خوراک و وزن بدن تحت تنش گرمایی با بسیج چربی بدن همراه نبوده، زیرا غلظت اسیدهای چرب غیر استریفیه بین بزهای تحت تنش گرمایی و بزهای شاهد متفاوت نبود (Salama *et al*, 2014).

تیروئید

هورمون‌های تیروئید (T_3، T_4) و سطوح کورتیزول خون در هنگام استرس باعث تغییراتی در فیزیولوژی حیوانات می‌شوند (Roussel *et al*, 2006). علاوه بر کورتیزول، گاهی اوقات از هورمون‌های تیروئید برای شناسایی استرس استفاده می‌شود.

سطح هورمون‌های تیروئیدی با توجه به مرحلهٔ فیزیولوژیکی، رشد، نژاد، سن، دمای محیط و جنس تغییر می‌کند. هورمون‌های تیروئید (تری یدوتیرونین = T_3، تیروکسین = T_4 و TSH)بر روی بافت‌های هدف عمل می‌کنند تا تولید اکسیژن و گرما را در هر سلول بدن تحریک کنند (Al-Dawood, 2017). آن‌ها سطوح متابولیسم پایه را با فراهم کردن گلوکز بیشتر برای سلول‌ها، تحریک سنتز پروتئین، افزایش متابولیسم چربی، گردش خون و فعال کردن سیستم عصبی تغییر می‌دهند. اثر تنش گرمایی بر سطح هورمون تیروئید در گوسفند ممکن است به دلیل افزایش سنتز فاکتور مهارکنندهٔ تیروزین (TIF) باشد. تنش گرمایی گیرنده‌های حرارتی محیطی را تحریک می‌کند که به نوبهٔ خود مرکز اشتهای هیپوتالاموس را سرکوب می‌کند و باعث سنتز و آزادسازی بیشتر TIF می‌شود (Sejian et al, 2018). این به نوبهٔ خود باعث کاهش ترشح هورمون محرک تیروئید (TSH) می‌شود که بر تولید هورمونی در غدهٔ تیروئید تأثیر منفی می‌گذارد. ترشح T_4 نسبت به آزادسازی T_3 نسبت به تنش گرمایی حساس‌تر است که نشان می‌دهد که T_4 ارتباط نزدیک‌تری با کاهش مصرف خوراک و کاهش گرمای متابولیک دارد. کاهش سطح هورمون تیروئید در طول تنش گرمایی یک پاسخ انطباقی است و بر محور هیپوتالاموس- هیپوفیز- آدرنال تأثیر می‌گذارد تا هورمون آزادکنندهٔ تیروتروپین را کاهش دهد و این عمل حیوانات را قادر می‌سازد تا سرعت متابولیسم و تولید گرما (West, 1999) و میزان گرمای تولیدشده توسط سلول‌ها را کاهش دهند (Barnes *et al*, 2004). Helal *et al*. (2010) کاهش غلظت تری یدوتیروکسین و تیروکسین پلاسما در بزها را گزارش کردند.

کورتیزول

کورتیزول هورمون دیگری است که برای فرآیند سازگاری با عوامل استرس‌زا حیاتی است و سطح آن در هنگام استرس افزایش می‌یابد. این گلوکوکورتیکوئید واسطهٔ گلوکونئوژنز کبدی است. عملکرد اصلی آن تحریک متابولیسم پروتئین و حمایت از گلوکونئوژنز در زمانی است که در دسترس بودن گلوکز در ارگانیسم در حالت هشدار یا ضروری است (Sejian and Srivastava,, 2010). این پاسخی به نیاز بدن به انرژی برای مقابله با هزینه‌های اضافی مربوط به فعال کردن مکانیسم‌های تنظیم حرارت از نوع تبخیری است. کورتیزول تقریباً تمام عملکردهای بیولوژیکی تحت تأثیر استرس از جمله ظرفیت ایمنی، تولیدمثل، متابولیسم و رفتار حیوان را تنظیم می‌کند. افزایش سطح کورتیزول در بزها پس از تنش گرمایی شدید در مقایسه با حیواناتی که در شرایط استرس گرمایی مزمن زندگی می‌کنند، رخ می‌دهد (Al-Busaidi *et al*, 2008). دمای بالا باعث افزایش غلظت کورتیزول خون می‌شود و میزان تولید حرارت متابولیک را کاهش می‌دهد؛ بنابراین سطوح بالاتر کورتیزول با سطوح بالاتر گلوکز خون ناشی از فعال شدن متابولیسم سلول‌های کبدی (Al-Dawood, 2017) و همچنین با افزایش آزاد شدن کلسترول، یک فراسنجهٔ خونی که با اثر آنزیمی در غدهٔ فوق کلیوی به کورتیزول تبدیل می‌شود، مرتبط است (Tabarez-Rojas *et al*, 2009).

انسولین یک هورمون متابولیک است که در تنظیم متابولیسم انرژی در شرایط تنش گرمایی در گوسفند مهم است. سطوح انسولین در پاسخ به تنش گرمایی افزایش می‌یابد و هایپرانسولینمی ایجاد می‌کند که ممکن است یک استراتژی برای محافظت از عملکرد صحیح پانکراس و تولید پروتئین شوک حرارتی (HSP) بالاتر باشد (Mahjoubi et al., 2014)؛ بنابراین، درحالی که تنش گرمایی مصرف خوراک را کاهش می‌دهد، هایپرانسولینمی از لیپولیز و افزایش غلظت اسیدهای چرب غیر استری‌شده جلوگیری می‌کند که بیش از حد آن می‌تواند باعث آپوپتوز سلول‌های بتای پانکراس شود (Nelson *et al*, 2002). هایپرانسولینمی ناشی از تنش گرمایی همچنین به حفظ وزن زنده، وضعیت بدن و حداقل افزایش وزن کمک می‌کند، زیرا حتی زمانی که مصرف خوراک کاهش می‌یابد، انسولین از استفاده از ذخایر بدن جلوگیری می‌کند (Morigny *et al*, 2016). مطالعه‌ای که با استفاده از نژاد گوسفند افشاری

سازگار با حرارت انجام شد، کاهش نیازهای نگهداری بدن را در شرایط شدید تنش گرمایی نشان داد؛ زیرا گوسفندان حتی پس از کاهش ۱۷/۵ درصدی در مصرف خوراک به افزایش وزن خود ادامه دادند. این اثر مثبت تنش گرمایی در نژادهای سازگار ممکن است با تغییرات متابولیسم پس از جذب ناشی از افزایش غلظت انسولین خون مرتبط باشد (Baumgard *et al*, 2013).

اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین به‌عنوان هورمون‌ها یا انتقال‌دهنده‌های عصبی در تنظیم حرارت در گوسفند عمل می‌کنند، اما هیچ تحقیقی در مورد فعالیت آن‌ها در گوسفند تحت تنش گرمایی انجام نشده است. در حیواناتی که تحت تنش گرمایی قرار می‌گیرند، مشخص است که اپی‌نفرین و نوراپی‌نفرین عملکرد قلبی عروقی را فعال می‌کنند تا از خون‌رسانی کافی به اندام‌های حیاتی اطمینان یابند (Afsal *et al*, 2018). اپی‌نفرین همچنین با فرآیندهای متابولیکی لازم برای تأمین انرژی سیستم‌های تنظیم حرارت (گلوکونئوژنز و لیپولیز کبدی) مرتبط است (Binsiya *et al*, 2017).

تأثیر استرس گرمایی بر سلامت پستان گوسفند و بز

بروز مشکلات سلامتی پستان در گوسفند و بز در طول تابستان افزایش می‌یابد، زیرا تنش گرمایی خود می‌تواند با تغییر عملکردهای فیزیولوژیکی طبیعی گوسفند بر سلامت گوسفند تأثیر منفی بگذارد. بدیهی است که میکروارگانیسم‌های مسئول عفونت‌های بالینی یا تحت بالینی پستان در میش می‌توانند در تابستان به دلیل شرایط محیطی گرم و رطوبت نسبی بالا که رخ می‌دهد، افزایش یابد. قرار گرفتن در معرض تابش خورشید بر کیفیت بهداشتی شیر تأثیر مخربی دارد. افزایش بار میکروبی در شیر باعث افزایش تعداد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و همچنین افزایش نوتروفیل‌های شیر می‌شود؛ بنابراین تنش گرمایی می‌تواند ظرفیت دفاعی پستان را کاهش دهد و در نتیجه منجر به افزایش کلونیزاسیون باکتریایی پستان میش شود (Sevi *et al*, 2001).

تأثیر تنش گرمایی در دوران آبستنی بر عملکرد پستان و درنتیجه تولید آغوز و شیر و رشد بره قبل از شیرگیری در گوسفند بررسی نشده است. در دام داشتی، استرس گرمایی در طی ۵۰ روز آخر بارداری، رشد پستان را به خطر می‌اندازد و تولید آغوز و شیر را کاهش می‌دهد(به طور متوسط ۳/۶ کیلوگرم یا ۱۰/۳ درصد کاهش در روز) (Dado-Senn *et al*, 2019; Ouellet *et al*, 2020) که احتمالاً به دلیل تغییر در تولید هورمون جفتی و کاهش مصرف ماده خشک (Dahl et al., 2017) باشد. لاکتوژن جفتی رشد پستان و تولید شیر را در گوسفند تقویت می‌کند (Akers, 1985) و کاهش لاکتوژن جفتی در اواسط آبستنی در میش‌های تحت تنش گرمایی مشهود است (Regnault *et al*, 1999) و احتمالاً رشد پستان را مختل می‌کند. در غیاب استرس گرمایی، کاهش ۴۰ درصدی خوراک مصرفی در $\frac{2}{3}$ آخر دورهٔ بارداری، وزن پستان و تولید آغوز را به ترتیب ۲۰ و ۴۳ درصد کاهش داد (Swanson *et al*, 2008). کاهش ۵۰ درصدی در مصرف خوراک در ۴۲ روز آخر بارداری، حجم آغوز و شیر تولید شده را به ترتیب ۶۸ درصد و ۳۳ درصد کاهش داد (Tygesen *et al*, 2008)؛ بنابراین، این امکان وجود دارد که کاهش مصرف خوراک ناشی از تنش گرمایی نیز رشد پستان و تولید آغوز را مختل کند.

اثرات تنش گرمایی بر تولیدمثل

به نظر می‌رسد باروری در گوسفندان بیشتر تحت تأثیر دورهٔ نوری و سیگنال‌های تغذیه‌ای قرار می‌گیرد تا دمای بالای محیط. گزارش‌شده است که فحلی و تخمک‌گذاری تحت تأثیر تنش گرمایی قرار نمی‌گیرد (Gastelum-Delgado *et al*, 2015)؛ اگرچه عملکرد جسم زرد (بر اساس سطح پروژسترون خون) در پاسخ به تنش گرمایی حاد (Smith and Vale, 2006)، و مزمن (Macías-Cruz *et al*, 2016) کاهش می‌یابد. کاهش سطح پروژسترون ممکن است به دلیل پسرفت زودهنگام جسم زرد باشد (Smith and Vale, 2006).

مکانیسمی که توسط آن گوسفند فعالیت تولیدمثلی و باروری را در شرایط هایپرترمی (گرم شدن بیش‌ازحد بدن) حفظ می‌کند ناشناخته باقی‌مانده است. استرس گرمایی به دلیل فعال شدن محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال (محور استرس) که عملکرد محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-گناد (محور تولیدمثل) را سرکوب می‌کند، عملکرد تولیدمثل را کاهش می‌دهد. محور استرس سنتز و آزادسازی کورتیزول را در غدد فوق کلیوی تقویت می‌کند و این هورمون تولید هورمون آزادکنندهٔ گنادوتروپین (GnRH: Gonadotropin releasing hormone) را در سطح هیپوتالاموس مهار می‌کند (Tabarez-Rojas et al, 2009). تحریک سنتز و آزادسازی هورمون محرک فولیکول (FSH: Follicle stimulating hormone) و هورمون لوتئینیزه کننده (LH: Luteinizing hormone)در غدهٔ هیپوفیز ضروری است و هر دو هورمون هیپوفیز برای تولید و آزادسازی تخمک‌های بارور مورد نیاز هستند. با توجه به اینکه سطوح کورتیزول در گوسفندان در پاسخ به تنش گرمایی افزایش می‌یابد (Correa *et*

al, 2013)، بنابراین دو فرضیهٔ ۱) حساسیت کمتر محور تولیدمثل به افزایش سطح کورتیزول و ۲) افزایش سطح کورتیزول می‌تواند فقدان اثر استرس گرمایی را بر باروری گوسفند توضیح دهد.

علاوه بر این، به نظر می‌رسد تنش گرمایی ظاهراً رشد بره قبل و بعد از تولد را در گوسفند تغییر می‌دهد. هایپرترمی آبستنی می‌تواند رشد و نمو جفت را کاهش داده و انتقال مواد مغذی از مادر به جنین را کاهش دهد. در نتیجه رشد جنین می‌تواند به تأخیر بیفتد و منجر به تولد بره‌های ضعیف و کم‌وزن با احتمال مرگ بالا شود (Macías-Cruz *et al*, 2013). در مقایسه با شرایط گرمای خنثی زمستانی، تنش گرمایی تابستانی در طی ماه آخر آبستنی بر وزن تولد بره تأثیری نداشت، اما باروری و وزن نوزاد هنگام تولد را در گوسفند کاهش داد (Vicente-Pérez *et al*, 2015).

تأثیر تنش بر رشد بره و بزغاله

دمای محیط عاملی است که تا حدی میزان مصرف خوراک در حیوانات را کنترل می‌کند؛ بنابراین، تنش گرمایی در بره‌ها با مصرف کمتر ماده خشک، مصرف آب بیشتر و افزایش نیازهای انرژی قابل سوخت و ساز برای فعال کردن مکانیسم‌های تنظیم حرارت مرتبط است (Sejian *et al*, 2017). به‌عبارت دیگر، تنش گرمایی نیازهای انرژی نگهداری را افزایش می‌دهد که در آن انرژی دریافتی از طریق خوراک کاهش می‌یابد (Macías-Cruz *et al*, 2013). در این شرایط رشد بره‌ها کند یا متوقف می‌شود و بازده غذایی کاهش می‌یابد. در موارد شدید که عمدتاً در نژادهای غیر سازگار مشاهده می‌شود، باعث تعادل منفی انرژی می‌شود و استفاده از این نژادها را در آب‌وهوای گرم غیرقابل‌تحمل می‌کند (Rojas-Downing *et al*, 2017).

طبق گزارشات تنش گرمایی نرخ رشد را تا ۲۸ درصد و بازده خوراک را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. این اثر منفی بر عملکرد تولیدی در بره‌های پروار با افزایش مصرف انرژی در فرآیند تنظیم حرارت همراه بود. در واقع، هایپرترمی (گرم شدن بیش از حد بدن) در گوسفند می‌تواند نیازهای نگهداری تغذیه‌ای را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش دهد (Macías-Cruz *et al*, 2013).

روش‌های کاهش استرس گرمایی

با توجه به مطالب ذکرشده می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات عملکردهای بیولوژیکی گوسفند و بز در اثر مواجهه با استرس گرمایی شامل کاهش مصرف خوراک، اختلال در متابولیسم آب، پروتئین، تعادل انرژی و مواد معدنی، واکنش‌های آنزیمی، ترشحات هورمونی و فراسنجه‌های خون می‌شود؛ بنابراین، روش‌های مختلفی باید توسط تولیدکنندگان و صاحبان نشخوارکنندگان کوچک برای غلبه بر اثرات منفی استرس گرمایی مانند استفاده از سایه‌ها، استراتژی‌های تغذیه و چرا، تأمین آب، زمان جابجایی، استفاده از فن‌ها و خنک‌کنندهٔ مناسب و جایگاه مناسب حیوانات اتخاذ شود (Caulfield *et al*, 2014; Al-Dawood, 2015).

ایجاد سایه‌بان ساده‌ترین روش برای کاهش تأثیر تابش زیاد خورشید است و در شرایط گسترده قابل‌اجرا است. اکثر گله‌های گوسفند و بز در طول شب و در دوره‌هایی که چرا امکان‌پذیر نیست اسکان داده می‌شوند (Kandemir *et al*, 2013). استفاده از سایه‌بان‌ها، فن‌ها یا خنک‌کننده‌ها در سیستم‌های نیمه فشرده امکان‌پذیر نیست، زیرا گوسفندها و بزها در بیشتر ساعات روز در فضای باز چرا می‌کنند و این امر مستلزم استراتژی‌های دیگری (مانند سایه‌بان‌های قابل‌حمل) برای مقابله با اثرات نامطلوب استرس گرمایی است (Silanikove *et al*, 2015). دسترسی حیوانات به سایه در طول تابستان ساده، آسان، ارزان و ابزاری کارآمد برای به حداقل رساندن تنش گرمایی است (Silanikove, 2000 a; Al-Tamimi, 2007). فراهم کردن دسترسی گوسفندان و بزها به سایه منجر به بهبود افزایش وزن، تولید شیر و عملکرد تولیدمثل می‌شود (Berger *et al*, 2004) و امکان کاهش دمای رکتوم و سرعت تنفس در دام را فراهم می‌کند (Hammadi *et al*, 2012). یک ساختار مناسب سایه‌بان با طراحی خوب بار حرارتی را ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (Muller *et al*, 1994). پناهگاه‌ها نیازی به پیچیده بودن ندارند، درختان و درختچه‌ها می‌توانند به‌عنوان سایه‌بان برای حیوانات در برابر تشعشعات خورشید عمل کنند و معمولاً جایگزین کم‌هزینه‌ای هستند (Onyewotu *et al*, 2003). اگر سرپناه طبیعی در دسترس نباشد، بسیاری از پرورش‌دهندگان گوسفند و بز از کلبه‌های چوبی یا پلاستیکی به‌عنوان سرپناه برای حیوانات در حال چرا استفاده می‌کنند. اصلاح جیره به کاهش تأثیر منفی تنش گرمایی کمک زیادی می‌کند و شامل تغییر در برنامه غذایی (تغذیه در ساعات خنک و تغییر فواصل تغذیه)، تغییر زمان چرا و ترکیب جیره مانند تنظیم فیبر خوراک، استفاده از فیبر باکیفیت بالا، افزایش تراکم انرژی (استفاده از چربی محافظت‌شده) و استفاده از افزودنی‌های خوراک (بافرها، آنتی‌اکسیدان‌ها، نیاسین و مخمر) است. استفاده از جیره‌های حاوی خوراک با فیبر پایین در هوای گرم منطقی است، زیرا تولید گرما با متابولیسم استات نسبت به پروپیونات ارتباط بیشتری دارد (Atrian and Shahryar, 2012).

علاوه بر این، جیره حاوی ۴ درصد چربی در تابستان باعث کاهش دمای مقعدی بزهای شیری شده است (Salama et al., 2012). همچنین مکمل‌های ویتامین E و C سبب کاهش دمای رکتوم، سرعت تنفس شد و تنش گرمایی را کاهش می‌دهد (Ayo *et al*, 2012; Ghane *et al*, 2008).

در طول تابستان، رفتار تغذیه‌ای برای اکثر حیوانات تغییر می‌کند و آن‌ها تمایل دارند که در زمان‌های خنک‌تر روز خوراک بیشتری مصرف کنند (West, 1999)؛ بنابراین، خوراک‌دهی به حیوانات در طول ساعات خنک‌تر روز، آن‌ها را تشویق می‌کند تا مصرف خوراک طبیعی خود را حفظ کنند و از بروز همزمان اوج بار گرمایی متابولیک و آب و هوایی جلوگیری می‌کند (Mader and Davis, 2004). همچنین، تغذیهٔ حیوانات در فواصل زمانی طولانی‌تر در به حداقل رساندن نوسانات روزانه در فرآیندهای متابولیکی شکمبه و افزایش کارایی مصرف خوراک در شکمبه کمک می‌کند (Soto-Navarro *et al*, 2000; Dwyer, 2009). یکی دیگر از بهترین روش‌ها برای کاهش تنش گرمایی، تأمین آب آشامیدنی تمیز و خنک کافی است (Silanikove *et al*, 2000b; Atrian and Shahryar, 2012). نیاز آبی گوسفند و بز در شرایط تنش گرمایی افزایش می‌یابد؛ بنابراین، دسترسی مداوم حیوانات به آب شیرین کافی، تمیز، خنک و ضروری است (Atrian and Shahryar, 2012).

نتیجه‌گیری کلی

در اصلاح ژنتیکی دام نه تنها صفات تولیدی (تولید شیر، افزایش وزن و تولید پشم)، بلکه باید برهمکنش این صفات با عوامل محیطی را نیز (به عنوان مثال دمای هوا، رطوبت نسبی و تابش خورشید) در نظر گرفت. استرس گرمایی اثرات منفی بر بهره‌وری و رفاه در نشخوارکنندگان کوچک دارد. قرار گرفتن در معرض استرس گرمایی بر عملکردهای بیولوژیکی دام‌ها تأثیر منفی می‌گذارد، سطح آنتی‌اکسیدان‌ها و هورمون‌های مختلف را تغییر می‌دهد که سبب اختلال در سلامت، تولید و تولیدمثل آن‌ها می‌شود. دام‌ها در سطوح رفتاری، فیزیولوژیکی، مولکولی، سلولی، هماتولوژیک، بیوشیمیایی و ایمونولوژیک واکنش‌های متفاوتی به تنش گرمایی نشان می‌دهند. تنش گرمایی بر راحتی حیوانات، مصرف آب، مصرف خوراک، تولید و کیفیت شیر، کیفیت گوشت و تولیدمثل و باروری تأثیر منفی می‌گذارد؛ بنابراین، استراتژی‌های مدیریتی باید برای مقابله با شرایط محیطی گرم و مرطوب اعمال شود. کنترل بر اساس تأمین آب آشامیدنی، تنظیم جیره غذایی حیوانات در هنگام تنش گرمایی (مانند افزایش تراکم انرژی جیره، استفاده از افزودنی‌های خوراک و غیره)، استفاده از مکانیسم‌های خنک‌کننده (سایه و فن) و برنامه‌ریزی فعالیت‌های حیوانات در اوایل صبح و عصر، زمانی که دما به آن شدت گرم نباشد. برای نتایج مطلوب، افرادی که از حیوانات مراقبت می‌کنند باید تحصیلات و تجربه مناسب داشته باشند و نیازهای گونه‌ها را درک کنند و مهارت‌های مشاهده‌ای خوبی داشته باشند. لازم به ذکر است که آگاهی از تنش گرمایی اولین گام برای مدیریت آن است. علاوه بر این، مشارکت مؤثر، هماهنگی و همکاری فعال بین دانشمندان، تکنسین‌ها، متخصصان تغذیه و سازمان‌های کشاورزی لازم است تا با موفقیت این عوامل را به‌عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت استراتژیک و عملیاتی برای بهبود سیستم‌های تولید ضروری است. درنهایت، امید است که این بررسی به‌عنوان راهنمایی برای محققان باشد و به تلاش‌های مداوم برای ارتقای مدیریت تنش گرمایی و کشاورزی پایدار کمک کند.

منابع

Afsal, A., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., and Devaraj, C. B. R. (2018). "Heat stress and livestock adaptation: Neuro-endocrine regulation." *International Journal of Veterinary and Animal Medicine*, 1(2), 1-8.

Akers, R. M. (1985). "Lactogenic hormones: binding sites, mammary growth, secretory cell differentiation, and milk biosynthesis in ruminants." *Journal of Dairy Science*, 68.

Al-Busaidi, R., Johnson, E. H., and Mahgoub, O. (2008). "Seasonal variations of phagocytic response, immunoglobulin G (IgG) and plasma cortisol levels in Dhofari goats." *SmallRuminant Research*, 79(2-3), 118-123.

Al-Dawood, A. (2015). "Adoption of agricultural innovations: Investigating current status and barriers to adoption of heat stress management in small ruminants in Jordan." *Agricultural Research Farm*, 15, 388–398.

Al-Dawood. A. (2017). "Towards heat stress management in small ruminants – a review." *Annals of Animal Science*, 17(1), 59–88.

Aleena, J., Sejian, V., Krishnan, G., Bagath, M., Pragna, P., and et al. (2020). "Heat stress impact on blood biochemical response and plasma aldosterone level in three different indigenous goat breeds." *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 8(4), 266-275.

Alhidary, I. A., Shini, S., Al Jassim, R. A. M., and Gaughan, J. B. (2012). "Physiological responses of Australian Merino wethers exposed to high heat load." *Journal of Animal Science*, 90, 212–220.

Al-Tamimi, H. J. (2007). "Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress." *Small Ruminant Research*, 7, 280–285.

Atrian, P., and Shahryar, H. A. (2012). "Heat stress in dairy cows." *Research in Zoology*, 2, 31–37.

Ayo, J. O., Minka, N. S., and Mamman, M. (2012). "Excitability scores of goats administered ascorbic acid and transported during hot-dry conditions." *Journal of Veterinary Science*, 7, 127-131.

Barnes, A., Beatty, D., Taylor, E., Stockman, C., Maloney, S., and et al. (2004). "Physiology of heat stress in cattle and sheep.

International Conference on Goats, Gran Canaria, Spain," 127, 23–27.

Hamzaoui, S., Salama, A. A. K., Albanell, E., Such, X., and Caja, G. (2013). "Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions." *Journal of Dairy Science*, 96, 6355–6365.

Helal, A., Hashem, A. L. S., Abdel-Fattah, M. S., and El-Shaer, H. M. (2010). Effects of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt." *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 7, 60-69.

Hirayama, T., Oshiro, S., Katoh, K., and Ohta, M. (2000). "Effect of exposure on the rumination and passage rate through digestive tract of sheep." *Animal Science Journal*, 71, 258–263.

Kadzere, C. T., Murphy. M. R., Silanikove. N., and Maltz. E. (2002). "Heat stress in lactating dairy cows: a review." *Livestock Production Science*, 77, 59–91.

Kandemir, C., Kosum, N., and Taskin, T. (2013). "The effects of heat stress on physiological traits in sheep." *Macedonian Journal of Animal Science*, 3, 25–29.

Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F. D., Correa-Calderón, A., Díaz-Molina, R., Mellado, M., and et al. (2013). "Thermoregulation of nutrient-restricted hair ewes subjected to heat stress during late pregnancy." *Journal of Thermal Biology*, 38(1), 1-9.

Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F. D., Torrentera-Olivera, N. G., and Meza-Herrea, C. A. (2013). "Growth and carcass characteristics of ewe lambs treated with zilpaterol hydrochloride during spring and summer." *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(1), 1-12.

Mader, T. L., and Davis. M. S. (2004). "Effect of management strategies on reducing heat stress of feedlot cattle: feed and water intake." *Journal of Animal Science*, 82, 3077–3087.

Marai, I. F. M., El-Darawany, A. A., Fadiel, A., and Abdel-Hafez, M. A. M. (2007). "Physiological traits as affected by heat stress in sheep A review." *Small Ruminant Research*, 71(1-3), 1-12.

Mohamad, S. S. (2012). "Effect of level of feeding and season on rectal temperature and blood metabolites in desert rams." *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 1, 14-18.

Monty, D. E., Kelly, L. M., and Rice, W. R. (1991). "Acclimatization of St. Croix, Karakul and Rambouillet sheep to intense and dry summer heat." *Small Ruminant Research*, 4, 379–392.

Moore, C. E., Kay, J. K., Van Baale, M. J., and Baumgard, L. H. (2005). "Calculating and improving energy balance during times of nutrient limitation." Proc. Southwest Nutrition and Management Conference, Tempe, Arizona, 173–185.

Morigny, P., Houssier, M., Mouisel, E., and Langin, D. (2016). "Adipocyte lipolysis and insulin resistance." *Biochimie*, 125, 259-266.

Muller, C. J. C., Botha, J. A., Coetzer, W. A., and Smith, W. A. (1994). "Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a Mediterranean climate in South Africa. 2. Physiological responses." *South African Journal of Animal Science*, 24, 56–60.

Nardone, A., Ronchi, B., and Valentini. A. (1991). "Effect of solarradiation on water and food-intake and weight-gain in sarda and comisana female lambs. In: B. Ronchi, editor, Animal husbandry in warm climates." Pudoc, Wageningen, the Netherlands. 55, 149–150.

Nelson, E. A. S., Wong, Y., Yu, L. M., Fok, T. F., and Li, K. (2002). "Effects of hyperthermia and muramyl dipeptide on IL-1β, IL-6, and mortality in a neonatal rat model." *Pediatric Research*, 52(6), 886-891.

NRC. (2007). "Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and new world camelids. "National Academy Press, Washington, DC, 384.

Project number LIVE.209, Australia." *Meat and Livestock Australia Limited*, 35.

Baumgard, L. H. and Rhoads, R. P. (2013). "Effects of heat stress on postabsorptive metabolism and energetics." *Annual Review of Animal Biosciences*, 1(1), 311-337.

BenSalem, H. (2010). "Nutritional management to improve sheep and goat performances in semiarid regions." *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 337–347.

Berger, Y., Billon, P., Bocquier, F., Caja, G., Cannas, A., and et al. (2004). "Principles of sheep dairying in North America. Cooperative Extension Publishing, A3767. "University of Wisconsin-Madison, USA, 156.

Bernabucci, U., Lacetera, N., Danieli, P. P., Bani, P., Nardone, A., and et al. (2009). "Influence of different periods of exposure to hot environment on rumen function and diet digestibility in sheep." *International Journal of Biometeorology*, 53, 387–395.

Binsiya, T. K., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Hyder, I. and et al. (2017). "Significance of hypothalamic-pituitary-adrenal axis to adapt to climate change in livestock." *International Journal of Agriculture and Food Science*, 2(1), 1-20.

Caulfield, M. P., Cambridge, H., Foster, S. F., and Mc Greevy, P. D. (2014). "Review: Heat stress: a major contributor to poor animal welfare associated with long-haul live export voyages." *The Veterinary Journal*, 199, 223–228.

Correa, M. P. C., Dallago, B. S. L., Paiva, S. R., Canozzi, M. E., Louvandini, H., and et al. (2013). "Multivariate analysis of heat tolerance characteristics in Santa Inês and crossbred lambs in the Federal District of Brazil." *Tropical Animal Health and Production*, 45(6), 1407-1414.

Dado-Senn, B., Skibiel, A. L., Fabris, T. F., Dahl, G. E., and Laporta, J. (2019). "Dry period heat stress induces microstructural changes in the lactating mammary gland." *PloS One*, 14.

Dahl, G. E., Tao, S., Laporta, J. (2017). "TRIENNIAL LACTATION SYMPOSIUM/BOLFA: Late gestation heat stress of dairy cattle programs dam and daughter milk production." *Journal of Animal Science*, 95.

Dangi, S. S., Gupta, M., Maurya, D., Ya dav, V. P., Panda, R. P., and et al. (2012). "Expression profile of HSP genes during different seasons in goats (*Capra hircus*)." *Tropical Animal Health and Production*, 44, 1905-1912.

Dwyer, C. M. (2009). "The behavior of sheep and goats. In: The Ethology of Domestic Animals: An introductory text, Jensen P. (ed). CABI, 2nd ed., 161–174.

Facanha, D. A. E., Oliveira, M. G. C., Guilhermino, M. G., Costa, W. P., and Paula, V. V. (2012). "Hemogasometric parameters of Brazilian Native Goats under thermal stress conditions. Proc. XI International Conference on Goats, Gran Canaria, Spain, 72.

Fecteau, M. E. and White, S. L. (2014). "Alteration in body temperature. In: Large animal internal medicine, Smith B.P. (ed)." *Elsevier Health Sciences*, 5th ed. 31-39.

Gastelum-Delgado, M. A., Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera C.A., and et al. (2015). "*Circannual* estrous behavior in Pelibuey ewes under arid conditions of Northwestern of Mexico." *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(1), 109-118.

Giger-Reverdin, S. and Gihad, E. A. (1991). "Water metabolism and intake in goats." In: Goat nutrition, Morand-Fehr P. (ed). Pudoc: Wageningen, Netherlands. 37–45.

Gupta, M., Kumar, S., Dangi, S. S., and Jangir, B. L. (2013). "Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats." *International Journal of Livestock Research*, 3, 27–38.

Hammadi, M., Fehem, A., Harrabi, H., Ayeb, N., Khorchani, T., Salama, A. A. K., Casals, R., Such, X., and Caja, G. (2012). "Shading effects on respiratory rate and rectal temperature in Tunisian local goat kids during summer season. Proc. XI

Ocak, S., Darcan, N., Cankaya, S., and Inal, T. C. (2009). "Physiological and biochemical responses in German fawn kids subjected to cooling treatments under Mediterranean climatic conditions." *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 33, 455–461.

Okoruwa, M. I. (2014). "Effect of heat stress on thermoregulatory, live bodyweight and physiological responses of dwarf goats insouthern Nigeria." *European Scientific Journal*, 10, 255-264

Onyewotu, L. O. Z., Stigter, C. J., Abdullahi, A. M., Ariyo, J. A., Oladipo, E. O., and et al. (2003). "Reclamation of desertified farmlands and consequences for its farmers in semiarid northern Nigeria: A case study of Yambawa rehabilitation scheme." *Arid Land Research and Management*, 17, 85–101.

Ouellet, V., Laporta, J., and Dahl, G. E. (2020). "Late gestation heat stress in dairy cows: effects on dam and daughter. "Theriogenology.

Phulia, S. K., Upadhyay, R. C., Jindal, S. K., and Misra, R. P. (2010). "Alteration in surface body temperature and physiological responses in Sirohi goats during day time in summer season." *Indian Journal of Animal Science*, 80(4), 340-342.

Rana, M. S., Hashem, M. A., Akhter, S., Habibullah, M., Islam, M. H., and et al. (2014). "Effect of heat stress on carcass and meat quality of indigenous sheep of Bangladesh." *Bangladesh Journal of Animal Science*, 43, 147–153.

Regnault, T. R., Orbus, R. J., Battaglia, F. C., Wilkening, R. B., and Anthony, R. V. (1999). "Altered arterial concentrations of placental hormones during maximal placental growth in a model of placental insufficiency." *Journal of Endocrinology*, 162.

Robinson, N. E. (2002). "Thermoregulation. In: Textbook of veterinary physiology, Cunningham J.G. (ed)." WB Saunders, Philadelphia, PA. 533–542.

Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., Woznicki, S. A. (2017). "Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation." *Climate Risk Management Science*, 17, 59-88.

Roussel, S., Hemsworth, P. H., Leruste, H., White, C., Ponter, C. D., and et al. (2006). "Repeated transport and isolation during pregnancy in ewes: Effects on the reactivity to humans and to their offspring after lambing." *Applied Animal Behaviour Science*, 97, 172-189.

Salama, A. A. K., Caja, G., Hamzaoui, S., Badaoui, B., Castro-Costa, A., and et al. (2014). "Different levels of response to heat stress in dairy goats. "*Small Ruminant Research*, 121, 73–79.

Salama, A. A. K., Hamzaoui, S., and Caja, G. (2012). "Responses of dairy goats to heat stress and strategies to alleviate its effects. Proc. XI International Conference on Goats, Gran Canaria, Spain. "15, 23–27.09.

Sarangi, S. (2018). "Adaptability of goats to heat stress: A review." *The Pharma Innovation Journal*, 7(4), 1114-1126.

Sejian, V., and Srivastava, R. S. (2010). "Effects of melatonin on adrenal cortical functions of Indian goats under thermal stress." *Veterinary Medicine International*.

Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J. B., Dunshea, F. R., and Lacetera, N. (2018). "Adaptation of animals to heat stress." *Animal*, 12(s2), s431-s444.

Sevi, A., Annicchiarico, G., Albenzio, M., Taibi, L., Muscio, A., and et al. (2001). "Effects of solar radiation and feeding time on behavior, immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature." *Journal of Dairy Science*, 84, 629–640.

Sharma, A. K., and Kataria, N. (2011). "Effects of extreme hot climate on liver and serum enzymes in Marwari goat." *The Indian Journal of Animal Sciences*, 81, 293-295.

Shinde, A. K, and Sejian, V. (2013). "Sheep husbandry under changing climate scenario in India: An overview." *The Indian Journal of Animal Sciences*, 83(10), 998-1008.

Silanikove, N., Leitner, G., and Merin, U. (2015). "The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutional and historical backgrounds." *Nutrients*, 7, 7312-7331.

Silanikove, N. (2000a). "Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants." *Livestock Production Science*, 67, 1–18.

Silanikove, N. (2000b). "The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments." *Small Ruminant Research*, 35, 181–193.

Şireli, H. D., Tutkun, M., Tatar, A. M., and Tuncer, S. S. (2017). "Heat stress in ruminants." *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 60, 257-261.

Smith, S. M. and Vale, W. W. (2006). "The role of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in neuroendocrine responses to stress." *Dialogues Clin Neurosci*, 8(4), 383-395.

Soto-Navarro, S. A., Krehbiel, C. R., Duff, G. C., Galyean, M. L., Brown, M. S., and et al. (2000). "Influence of feed intake fluctuation and frequency of feeding on nutrient digestion, digesta kinetics, and ruminal fermentation profiles in limit-fed steers." *Journal of Animal Science*, 78, 2215–2222.

Swanson, T., Hammer, C., Luther, J., Carlson, D., Taylor, J., and et al. (2008). "Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs." *Journal of Animal Science*, 86.

Tygesen, M. P., Nielsen, M. O., Nørgaard, P., Ranvig, H., Harrison, A. P., and et al. "Late gestational nutrient restriction: effects on ewes' metabolic and homeorhetic adaptation, consequences for lamb birth weight and lactation performance." *Archives of Animal Nutrition*, 62.

Vicente-Pérez, R., Avendaño-Reyes, L., Álvarez, F., Correa-Calderón, A., Meza-Herrera, C.A., and et al. (2015). "Productive performance, nutrient intake and productivity at lambing of hair breed ewes supplemented with energy in the pre-partum during summer and winter." *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(3), 301-309.

West, J. W. (1999). "Nutritional strategies for managing the heat stressed dairy cow." *Journal of Animal Science*, 77, 21–35.

Publisher Note

Animal Science Students Scientific Association, Campus of Agriculture and Natural Resources at the University of Tehran

Submit Your Manuscript:
https://domesticsj.ut.ac.ir/contacts?_action=loginForm

Domestic; 23 (1): 5-16

Scientific-Extensional (Professional) Journal

Domestic

Animal Science Students Scientific Association at the University of Tehran, Spring 2023

https://domesticsj.ut.ac.ir/article_94271.html

Scientific-Extensional Article

Effects of heat stress on performance and physiological condition of small ruminants

Katayoun Mehrani[1*], Kamel Amozadeh Araee[2] and Mohammad Asadi[1]

[1] Ph.D. student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran
[2] M.Sc. Student, Department of Animal and Poultry Nutrition, Faculty of Animal Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran

https://doi.org/10.22059/domesticsj.2023.355902.1120

Abstract

Small ruminants (sheep and goats) play an important role in the economy, because they provide meat, milk, skin, wool and fibers needed by human societies. Animals are affected by various types of stressful factors, including physical, chemical, nutritional and thermal stress. In the meantime, heat stress is undergoing alarming changes in the current climate. The increase in demand for livestock products along with hot weather is a serious threat to the agricultural sector. Climate change is the most serious long-term challenge for small ruminant owners worldwide. Heat stress leads to reduced growth, impaired reproduction, reduced production, changes in the quantity and quality of milk, as well as natural immunity, and makes animals more vulnerable to diseases and even death. Ruminants that are affected by heat stress consume less feed and, as a result, have less performance. Awareness of heat stress is the first step to manage it in order to avoid significant economic losses.

Keyword(s): Heat stress, Health, Performance, Sheep

***Corresponding Author E-mail:** katimhr@gmail.com

Section: Animal Nutrition **Associate Editor:** Sadegh Farzi

Received: 23 Feb 2023 **Revised:** 19 Mar 2023 **Accepted:** 18 Apr 2023 **Published online:** 31 May 2023

Citation: Mehrani, K., Amozadeh Araee, K., Asadi, M. Effects of heat stress on performance and physiological condition of small ruminants. *Professional Journal of Domestic*, 2023; 23(1): 5-16.