دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشهای تولیدات دامی

"مقاله پژوهشی"

کمی‌سازی تاثیر تغییر اقلیم بر تولید شیر در یکی از دامداری‌های صنعتی در بابلسر

شمیمه شیخی ارجنکی[۱]، مهدی نادی[۲]، جواد رحمانی‌نیا[۳] و بهروز محمدنظری[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: mehdi.nadi@gmail.com)
۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- کارشناس وزارت جهادکشاورزی، معاونت امور دام، مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی،کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲
صفحه: ۱۱۲ تا ۱۲۰

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: باور عمومی دانشمندان این است که دخالت‌های انسان موجب تغییراتی در شرایط اقلیمی شده و این تغییرات در آینده نیز شایان توجه خواهد بود. هرگونه تغییر قابل ملاحظه در اقلیم می‌تواند بر تولید شیر دامداری های صنعتی اثر بگذارد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش ابتدا سطوح مختلف شاخص تنش دما–رطوبت (THI) تحلیل و سپس کمی‌سازی تأثیر آن بر تولید شیر در یکی از دامداری های صنعتی در شهر بابلسر انجام گرفت. در ادامه با استفاده از مدل SDSM شاخص THI تا سال ۲۱۰۰ ریزمقیاس سازی شده و با استفاده از آن تأثیر تغییر اقلیم بر تولید شیر تا انتهای قرن حاضر در سه سناریو انتشار RCP2.6 ، RCP4.5 و RCP8.5 کمی‌سازی شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد ایستگاه بابلسر در شرایط فعلی ۵ ماه از سال درگیر تنش دما–رطوبت بوده که تا انتهای قرن حاضر این تعداد به ۷ ماه از سال افزایش می‌یابد. البته در آینده نزدیک (تا قبل سال ۲۰۵۰) شرایط تنش دمایی اختلاف زیادی با دوره پایه ندارد، اما پس از آن حتی در سناریوی RCP2.6 نیز اختلافات با دوره پایه افزایش چشمگیری خواهد داشت و هم به لحاظ شدت، کلاس‌های تنش شدیدتری به وقوع خواهد پیوست. در نتیجه در روزهای بیشتری از سال، دام‌های سنگین دچار تنش رطوبت–دما خواهند شد. کمی‌سازی تأثیر تنش دما–رطوبت بر تولید شیر نشان داد که به ازای افزایش ۱ واحد THI روزانه بیشتر از ۷۰، تولید شیر هر دام ۳۲۷ گرم کاهش می‌یابد. بررسی روند میزان کاهش تولید شیر در آینده نشان داد که تا سال ۲۱۰۰ کاهش تولید شیر نه تنها در ماه‌های بیشتری از سال به وقوع می‌پیوندد بلکه مقدار ضرر روزانه دامداران نیز افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که در ماه‌های دارای تنش مقدار کاهش روزانه تولید از ۱ الی ۲ کیلوگرم به ازای هر دام در دوره پایه به ۱/۵ الی ۳/۵ کیلوگرم افزایش می‌یابد. فلذا، ضرر ناشی از تنش دمایی در اثر تغییر اقلیم بر تولید کنندگان شیر حداقل ۴۵ و حداکثر بیش از ۱۰۰ درصد افزایش خواهد یافت.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این تحقیق، شرایط تنش اضطراری در انتهای قرن حاضر به وقوع خواهد پیوست که کاهش شدید تولید شیر را به همراه خواهد داشت. فلذا در صورت عدم اتخاذ سیاست‌های سازگاری با تغییر اقلیم در آینده ممکن است مرگ و میر گسترده دام‌های سنگین در ماه‌های بحرانی سال به‌خصوص ماه‌های تیر و مرداد رخ دهد که این یک زنگ خطر جدی برای صنعت دامپروری استان مازندران خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، تنش دما–رطوبت، گاو شیری، مازندران، THI

مقدمه

عملکرد دام‌ها تحت تأثیر رابطه بین ژنوتیپ و محیط آن‌هاست و لذا استفاده از اطلاعات آب و هوایی و اقلیمی اهمیت ویژه‌ای در مدیریت گله دارد (۱۵). حیوانات یک محدوده تحمل دمای محیطی برای حفظ عملکرد و سلامت دارند که اصطلاحاً آستانه دمای طبیعی نامیده می‌شود. گاوهای شیری پرتولید به دلیل انتخاب و اصلاح در جهت افزایش عملکرد تولیدی، نیازمند دریافت خوراک بیشتر و جیره‌هایی غنی‌تر از مواد مغذی برای تداوم تولید می‌باشند و لذا سوخت و ساز بیشتری نسبت به دامهای کم تولید دارند و این امر حساسیت این حیوانات را نسبت به تنش‌های مختلف بالاخص تنش دما–رطوبت بیشتر می‌نماید. اگر دمای محیط از حد معینی بالاتر رود، دیگر حیوان قادر نخواهد بود به‌راحتی گرمای درونی خود را دفع نماید. گاوها در شرایط تنش دمایی باید انرژی بیشتری برای حفظ سوخت‌وساز طبیعی و تولید صرف کنند و در نتیجه این انرژی مازاد بر سایر فرایندهای سوخت و سازی و عملکردی دام تأثیر نامطلوب خواهد گذاشت (۵). تنش گرمایی به‌صورت مجموعه عوامل خارجی (دما، رطوبت، تابش خورشید و سرعت باد) که سبب افزایش دمای بدن نسبت به دمای مطلوب می‌گردد تعریف می‌شود و دارای اثرات زیان‌آوری بر تولید شیر، تولید مثل و سلامتی گاوهای شیری است. استرس گرمایی نه‌تنها از راه افت تولید و افت کیفیت شیر بر درآمد تولیدکننده تأثیر می‌گذارد بلکه سبب بروز مشکلاتی بر بازده تولید مثلی، برنامه‌های مدیریت و سلامت می‌شود به‌طوری‌که در مطالعه‌ای در آمریکا زیان اقتصادی ناشی از استرس گرمایی در صنعت گاو شیری سالیانه ۹۰۰ میلیون دلار تخمین زده‌شده است (۴). تنش دمایی–رطوبتی یکی از مشکلات عمده در دامداری‌هاست و هرساله زیان‌های قابل‌توجهی را به تولیدات این صنعت بخصوص در مناطق بسیار گرم و مرطوب وارد می‌سازد. با تغییر اقلیم حاضر و افزایش گرمایش جهانی، این معضل جدی‌تر خواهد شد و خسارات بیشتری به صنعت دامپروری وارد خواهد ساخت. با توجه به رخداد تغییرات اقلیمی و گرم شدن تدریجی کره زمین احتمال وقوع استرس گرمایی در گاوهای شیری در دهه‌های آتی افزایش خواهد یافت. برای بررسی تأثیر تنش دما–رطوبت بر عملکرد گاوهای شیری از شاخص THI استفاده می‌شود. مطالعات انجام‌شده در زمینه تنش دما–رطوبت، بیشتر بر نوسانات این شاخص متمرکز بوده و ارتباط این شاخص با داده‌های تولید شیر، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. شیخی و همکاران (۱۲) نوسانات مکانی شاخص THI در استان مازندران را بررسی نمودند و دریافتند ارتفاعات استان مازندران فاقد تنش دمایی بوده اما مناطق جلگه‌ای در دسته هشدار و خطر هستند. همچنین مناطق شرق استان نسبت به مناطق غربی تنش دمایی بیشتری را تجربه می‌کند. در تحقیقی دیگر شیخی و همکاران (۱۱) تغییرات شاخص THI تا انتهای قرن حاضر را تحلیل نموده و گزارش نمودند که در نیمه دوم قرن

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

۲۱ شرایط تنش دما–رطوبت تشدید خواهد شد و احتمالاً سطوح بی‌سابقه‌ای از تنش دمایی در سواحل استان مازندران رخ خواهد داد که منجر به مرگ و میر دام‌های سنگین خواهد شد. با توجه به تأثیر اصلی تنش دمایی بر تولید شیر، درک رابطه دقیق کاهش تولید شیر با افزایش تنش گرمایی و تعیین حد آستانه کاهش عملکرد اهمیت بسیار زیادی درکمی‌سازی میزان خسارت این تنش دارد. همچنین با توجه به افزایش دما و وقوع تغییر اقلیم، درک تغییرات شاخص THI در دهه‌های پیش رو در مدیریت دامداری‌ها بسیار حائز اهمیت است درباره تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص THI عسگری و همکاران (۱) نقشه فصلی پهنه‌های تنش را تا پایان سال ۲۱۰۰ در گستره ایران در سناریوهای مختلف ترسیم کردند و نشان دادند در آینده مساحت نواحی مناسب پرورش دام در فصول بهار و تابستان کاهش می‌یابد. تقوی و همکاران (۱۶) در مطالعه‌ای به تحلیل دوره‌های بحرانی آب و هوایی در مدیریت گاوهای شیری شمال شرق ایران با استفاده از شاخص دمایی رطوبتی (THI) پرداختند. نتایج نشان داد که از نظر آماری تغییرات این شاخص روند ثابتی در طول سال داشت. تنش گرمایی علاوه بر تاثیر بر تولید شیر بر عملکرد تولید مثلی گاوهای شیری پرتولید هم تاثیر گذار است (۲۰). در زمینه بررسی تأثیر تنش دما–رطوبت بر تولید شیر چندین مطالعه در ایران انجام شده که می‌توان به تحقیق قوی حسین زاده و همکاران (۶) اشاره کرد که اثر تنش دما–رطوبت بر عملکردهای تولیدی و تولید مثلی گاوهای هلشتاین در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی، شاخص THI بر حسب شدت به ۶ طبقه مختلف تقسیم گردید و گزارش شد که در طبقات بالای تنش، نه‌تنها مقدار تولید شیر بلکه چربی شیر نیز کاهش می‌یابد. همچنین نرخ آبستنی گاوهای متولد شده در تابستان کمتر از سایر فصول بود. در مطالعه‌ای دیگر مهاجرپور و همکاران (۹) در بررسی این شاخص در یک دامداری در مشهد نشان دادند که همبستگی معنادار منفی بین داده‌های روزانه تولید شیر و THI در فصل تابستان وجود دارد. همچنین در طی دوره آماری مورد بررسی (۱۳۹۲–۱۳۸۶)، ضرر دامداری تولید کننده شیر در اثر تنش دما–رطوبت حدوداً ۴۰۱ تن در ۷ سال برآورد گردید. کیمیا و همکاران (۷) در تحقیقی به برآورد فراسنجه‌های ژنتیکی تولید شیر گاوهای هلشتاین ایران در شرایط استرس گرمایی با استفاده از روش آماری بیزی پرداختند و دریافتند نقطه آستانه شروع کاهش تولید شیر در شاخص THI در مقادیر بیشتر از ۷۲ به وقوع می‌پیوندد. ساورسفلی و بهلولی (۱۳) به بررسی تاثیر شاخص THI بر تولید شیر و درصد چربی شیر گاوهای هلشتاین در اقلیم مدیترانه‌ای پرداختند و دریافتند افزایش THI تاثیر معنادار منفی بر مقدار شیر و درصد چربی آن دارد. در بررسی مطالعات خارجی، برمن و همکاران (۲) همبستگی بین دمای سطح بدن گاو و میزان تولید شیر را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد با افزایش دمای سطح بدن گاو تولید شیر به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد که نشان از همبستگی منفی میان تولید شیر و دمای سطح بدن گاو است. بورچک و همکاران (۳) همبستگی منفی بین تولید شیر روزانه و شاخص دما–رطوبت گزارش کردند و دریافتند در قبال یک واحد افزایش شاخص دما–رطوبت روزانه در مقادیر بیشتر از ۶۹ ، کاهش ۴۱۰ گرم شیر به ازای هر گاو را به همراه خواهد داشت. در آمریکا ماجر و همکاران (۸) در بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر میزان تولید شیر نتیجه گرفتند که اقلیم‌های گوناگون تأثیرهای قابل توجهی بر شیر دارند، به‌طوری‌که در آخر قرن ۲۱ میزان کاهش تولید شیر تحت تأثیر اقلیم در مقیاس سالیانه در واشنگتن در حدود ۰/۴ درصد و در فلوریدا در حدود ۲۵ درصد نسبت به میانگین دوره پایه (۱۹۹۹–۱۹۵۰) کاهش خواهد یافت و به طور میانگین در کل کشور، در آخر قرن ۲۱ این تأثیر در حدود ۶/۳ درصد نسبت به میانگین دوره پایه کاهش پیدا خواهد کرد. سین‌ها و همکاران (۱۴) با بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر زادآوری و تولید دام در هند به این نتیجه رسیدند که گرمایش جهانی موجب افزایش شاخص THI با شدت‌های مختلف و در نتیجه تأثیرات سوء بر تولید و نرخ باروری دام‌ها شده است. بر اساس یافته‌های این تحقیق، تولید لبنیات در این کشور در چشم‌انداز آینده به شدت در معرض تهدید بوده و اتخاذ راهبردهای مدیریتی از جمله اصلاح دام، مدیریت تغذیه و تلقیح مصنوعی به منظور تعدیل اثرات نامطلوب تنش گرمایی پیشنهاد گردید. بررسی منابع موجود داخلی و خارجی نشان می‌دهد در ایران بررسی نوسانات THI در دوره حال و آینده در برخی اقلیم‌ها انجام شده و همچنین در زمینه ارتباط بین این شاخص و تولید شیر نیز مطالعاتی انجام شده اما تا کنون مطالعه‌ای در زمینه کمی‌سازی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید شیر انجام نشده است. با توجه به وضعیت موجود در خصوص وقوع تغییر اقلیم و افزایش گرمایش جهانی، وقوع تنش گرمایی و کاهش تولید شیر در آینده اجتناب ناپذیر خواهد بود که این موضوع خسارات فزاینده‌ای به صنایع دامی وارد خواهد نمود. با توجه به اهمیت دام‌داری های صنعتی در تأمین شیر مورد نیاز استان مازندران و عدم اطلاع از رابطه تولید شیر و تنش دمایی، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر افزایش سطوح تنش دمایی و میزان کاهش تولید شیر، اهمیتی حیاتی در مدیریت دامداری‌های صنعتی دارد.

مواد و روش‌ها

شهر بابلسر در منطقه ساحلی استان مازندران و در ارتفاع ۲۱- متر (۲۱ متر پایینتر از سطح دریاهای آزاد) واقع شده و دارای اقلیم مرطوب معتدل است. مقدار میانگین درازمدت دما و بارش سالانه این شهر به ترتیب ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد و ۹۳۹ میلی‌متر است. به دلیل کم ارتفاع بودن آن، فصل تابستان دارای آب و هوای گرم و مرطوب بوده و زمستان‌های معتدل و مرطوب را تجربه می‌کند و به‌ندرت دچار یخبندان می‌شود (۱۰).

شاخص تنش دما–رطوبت

با توجه به اینکه افزایش هم‌زمان دما و رطوبت منجر به بروز شرایط شرجی می‌شود که بر تولید شیر گاو تأثیر منفی دارد، برای بررسی تنش دما–رطوبت از شاخصی به نام THI [1] استفاده می‌شود. این شاخص توسط یوسف (۱۹) طبق رابطه ۱ ارائه شد.

1 Thermal-Humidity Index

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

$$THI = Td + 0.36TdP + 41.2 \quad (۱)$$

در این معادله Td دمای هوا و TdP دمای نقطه شبنم است که از داده‌های ایستگاه هواشناسی نزدیک به دامداری مورد نظر (ایستگاه سینوپتیک بابلسر) استفاده می‌شود. بر مبنای این شاخص ۳ سطح مختلف تنش دما–رطوبت بر دام‌های سنگین شامل تنش هشدار، خطر و اضطراری و یک سطح بدون تنش طبق جدول ۱ تعریف می‌شود. در این تحقیق داده‌های روزانه تولید شیر از یک واحد گاوداری شیری صنعتی جمع آوری شده توسط مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور در نزدیکی شهر بابلسر تهیه شد. همچنین برای محاسبه شاخص تنش دما–رطوبت از داده‌های روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بابلسر استفاده شد.

جدول ۱– طبقه‌بندی سطوح مختلف تنش بر مبنای شاخص THI

Table 1. Classification of different level of stress based on THI

Stress type نوع تنش	No stress غیر تنش	Alarm هشدار	Danger خطر	Emergency اضطراری
THI range محدوده THI	<70	71 - 77	78-83	>83

پیش‌نگری شاخص THI

مدل‌های گردش عمومی آتمسفر فرایندهای فیزیکی را بر اساس معادلات پایه حاکم بر جو در رزولوشن‌های متفاوت و در سطوح مختلف جوی محاسبه می‌کنند. برای کاربردی نمودن این داده‌ها در مطالعات تغییر اقلیم نیاز به ریزمقیاس‌سازی و کاهش مقیاس داده‌هاست. یکی از مدل‌های مشهور و مورد استفاده محققین برای ریزمقیاس سازی خروجی مدل‌های بزرگ مقیاس مدل SDSM[1] است. این مدل ارتباط پیش بینی کننده‌ها و پیش بینی شونده‌ها را بر اساس روش رگرسیون خطی چندگانه برقرار می‌کند (۱۸). برای این منظور در رابطه رگرسیون خطی چند گانه از بین ۲۶ متغیر اتمسفری NCEP، متغیرهایی که بیشترین همبستگی و پایین‌ترین واریانس خطا را دارند، به عنوان متغیرهای مستقل برای ریزمقیاس نمایی انتخاب می‌شوند (۱۷). در این تحقیق از برونداد مدل گردش عمومی Had CM3 در سه سناریو ۲/۶، ۴/۵ و ۸/۵ استفاده شد و برای ریزمقیاس نمایی داده‌ها از مدل SDSM استفاده شد. سپس نتایج هر سناریو در سه دوره زمانی (۲۰۵۰–۲۰۲۶) ، (۲۰۷۵–۲۰۵۱) و (۲۱۰۰–۲۰۷۶) تحلیل شد در ادامه سطوح تنش دما –رطوبت از دوره آماری پایه تا سال ۲۱۰۰ بر اساس جدول ۱ تعیین شد.

مدل‌سازی تأثیر THI بر تولید شیر

عملکرد دام به دلیل تعاملات پیچیده بین حیوان و محیط، تحت تأثیر عناصر مختلف قرار می‌گیرد. شرایط اقلیمی قادر است بر آسایش و عملکرد تولیدی در گونه‌های مختلف دام تأثیر بگذارد. در گاوهای شیری، افزایش دمای محیط در طول فصول گرم بر سوخت و ساز و همچنین عملکرد تولیدی و تولیدمثلی حیوان تأثیر می‌گذارد. حتی برخی از محققان تغییرات فصلی را در تغییر عملکرد و ترکیب شیر گزارش نموده‌اند به‌گونه‌ای که کاهش قابل‌توجهی در تولید شیر، پروتئین و چربی در گاوهای هلشتاین در تابستان در مقایسه با فصل بهار گزارش کردند. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر شاخص دما و رطوبت (THI) بر صفت تولید شیر در منطقه مورد بررسی است. محاسبه THI برای هر روز سال و در مختصات ویژه مزرعه دامپروری توسط فرمول استاندارد انجام شد. تعداد ۶۱۸۷ رکورد روز آزمون تولید شیر جمع آوری شده توسط مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور حاصل از ۷۶۳ رأس گاو شکم اول از گله‌ای در نزدیکی شهر بابلسر در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. پس از ویرایش داده‌ها، روز آزمون‌های کمتر از ۵ و بیشتر از ۳۰۵ روز حذف شدند. برای مطالعه معنی‌داری عوامل مؤثر بر تولید، اثرات سال–ماه–تعداد دوشش (Year-Month-MilkingFreq)، سن زایش، روزهای شیردهی و شاخص THI با روش آنالیز واریانس و مدل‌های خطی عمومی بررسی شدند. با توجه به اثر معنی‌دار شاخص THI، از یک مدل ترکیبی خطی شامل اثر منحنی شیردهی حیوان و اثر کواریت شاخص THI برای بررسی تأثیر تنش گرمایی بر روی تولید روز آزمون دام‌ها استفاده شد. تابع علی و شفر به منظور درنظر گرفتن منحنی شیر و مدل سازی رگرسیون ثابت در مدل استفاده گردید. پارامترهای رکوردهای روز آزمون با استفاده از PROC MIXED در نرم‌افزار SAS9.2 با رابطه ۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت:

$$y_{ijk} = \mu + hymf_i + ca_j + THI_k + b\varphi_t + c\varphi_t^2 + d\omega_t + e\omega_t^2 + e_{ijk} \quad (۲)$$

که در آن y_{ijk} عبارت است از مشاهده روز آزمون در k امین شاخص THI، در j امین سن زایش در i امین گروه گله–سال–ماه–تعداد دوشش، μ میانگین کلی، $hymf_i$، i امین اثر ثابت گله–سال–ماه–تعداد دوشش، ca_j، j امین اثر کواریت سن زایش، THI_k، k امین شاخص THI به‌عنوان اثر کواریت، b، c، d و e عبارتست از ضرایب رگرسیون ثابت مرتبط با عوامل تابع علی و شفر در روز شیردهی t، و e_{ijk} اثر تصادفی باقیمانده یاسته تصادفی می‌باشد.

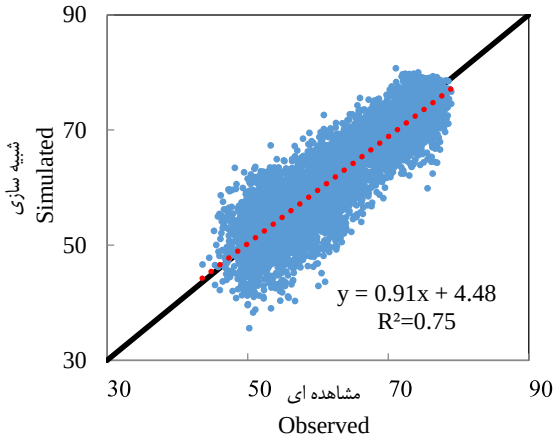
نتایج و بحث

با توجه به هدف تحقیق در بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییرات نمایه THI ابتدا متغیرهای پیش‌بینی کننده مؤثر در تخمین شاخص THI توسط مدل SDSM انتخاب شدند. از بین ۲۶ متغیر پیش بینی کننده مورد بررسی، شاخص THI با میانگین فشار سطح دریا رابطه منفی و با ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال ، رطوبت ویژه نزدیکی سطح و میانگین دمای در ارتفاع ۲ متری سطح زمین رابطه مثبت داشت. همچنین مقدار ضریب تبیین معادله رگرسیون خطی چندگانه (r2) ۰/۷۵ بدست آمد. مقدار خطای اریبی ریزمقیاس نمایی نزدیک به صفر بدست آمد و مقدار میانگین مربعات خطا نیز کمتر از ۵ واحد بدست آمد. به علاوه در شکل (۱) مقادیر واقعی و برآوردی شاخص THI و رابطه رگرسیونی برازش یافته بر داده‌های ایستگاه بابلسر در دوره پایه نشان داده شده و با خط ۱:۱ (Y=X) مقایسه شد که نتایج مقایسه بین

1 Statistical Down Scaling Model

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

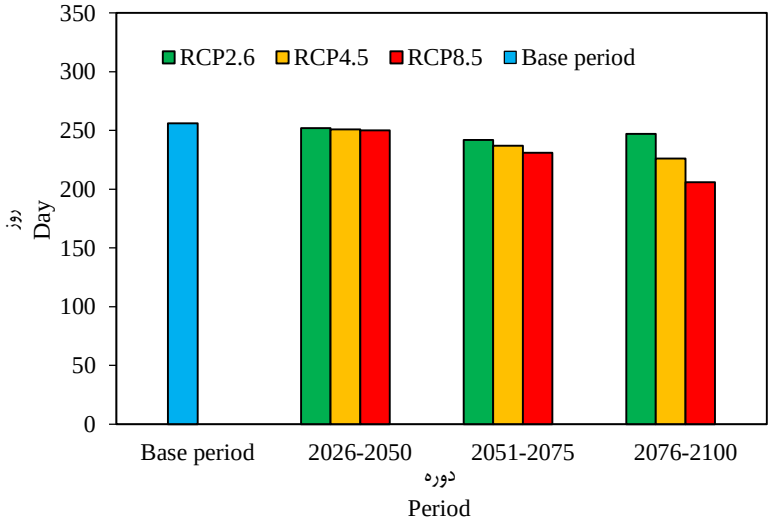
داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده حاکی از ریزمقیاس‌سازی خوب این شاخص توسط مدل SDSM است.



شکل۱- مقایسه THI مشاهده‌ای وشبیه‌سازی شده در دوره پایه
Figure 1. Comparison of observed and simulated THI in the base period

تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص THI

با توجه به اهمیت روزهای بدون تنش دما-رطوبت (THI<70) برای دام‌های شیری و از طرفی احتمال کاهش آن به دلیل افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم در آینده، لذا تغییرات تعداد روزهای فاقد تنش دما-رطوبت در سه دوره آینده و سه سناریو به همراه دوره پایه در شکل ۲ نشان داده شده است.

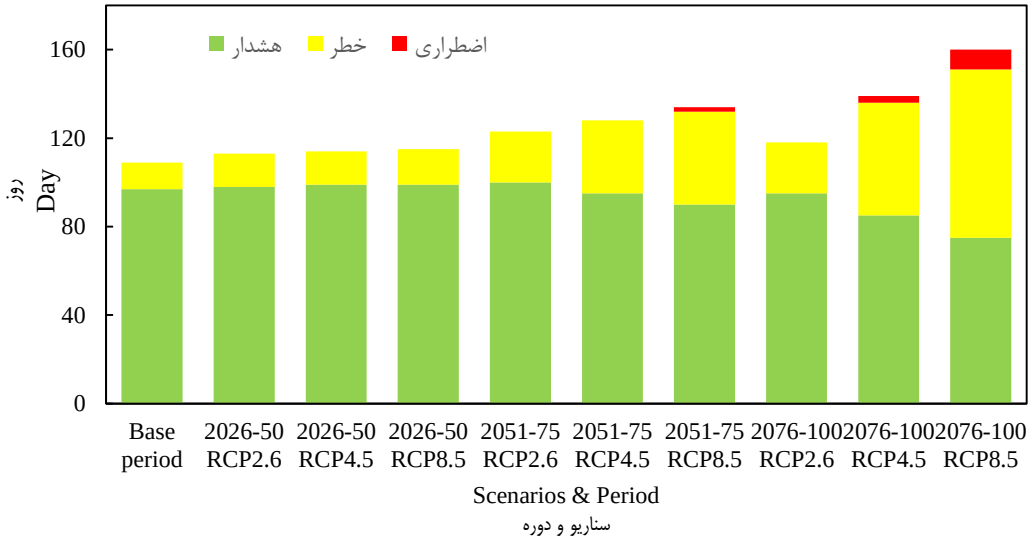


شکل ۲- تعداد روزهای فاقد تنش در سال در دوره‌های پایه و آینده
Figure 2. The number of stress-free days per year in the base and future periods

بررسی و تحلیل این شکل به خوبی نشان می‌دهد تا انتهای قرن حاضر تعداد روزهای فاقد تنش در همه سناریوها و دوره‌ها کاهشی است مثلاً در دوره پایه ۲۵۸ روز از سال فاقد تنش بوده که در سناریو خوشبینانه (RCP2.6)، دوره زمانی اول ۴ روز و در دوره دوم و سوم به ترتیب ۱۳ و ۱۸ روز از تعداد روزهای فاقد تنش نسبت به دوره پایه کاسته خواهد شد. البته کمترین روزهای فاقد تنش در این ایستگاه مربوط به دوره سوم سناریو بدبینانه (RCP8.5) بوده که کاهش ۴۸ روزه نسبت به دوره پایه را نشان می‌دهد. در شکل ۳، روزهای همراه با سطوح مختلف تنش هشدار، خطر و اضطراری نشان داده شده است. نتایج این شکل حاکی از آن است که در آینده نه تنها به مجموع تعداد روزهای همراه با تنش در بابلسر اضافه می‌شود بلکه سطوح شدیدتری از تنش دمایی به‌وقوع خواهد پیوست و از تعداد روزهای تنش هشدار کم شده و سطوح شدیدتر تنش مانند تنش خطر و اضطراری افزایش می‌یابد. مثلاً سطح تنش اضطراری که در دوره پایه تاکنون

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

ثبت نشده اما در نیمه دوم قرن ۲۱ به‌وقوع پیوسته و در ربع انتهایی قرن حاضر تشدید خواهد شد. بطوریکه تا سال ۲۱۰۰ به طور میانگین حدود ۹ روز از سال دچار شرایط اضطراری خواهد شد. البته بنظر می‌رسد در نیمه اول قرن ۲۱ این سطح تنش مخرب که منجر به مرگ و میر دام‌های سنگین می‌شود به‌وقوع نخواهد پیوست اما در ربع آخر قرن شاهد رخداد آن خواهیم بود. البته نتایج این شکل در مورد سناریوی خوشبینانه همچنین نشان می‌دهد چنانچه شرایط انتشار گازهای گلخانه‌ای کنترل گردد (RCP2.6) در ربع آخر قرن حاضر شاهد کاهش تعداد روزهای همراه با تنش خواهیم بود که این نتیجه در شکل ۲ نیز به خوبی مشخص شده که تعداد روزهای فاقد تنش در سناریو خوشبینانه دوره سوم افزایش می‌یابد.

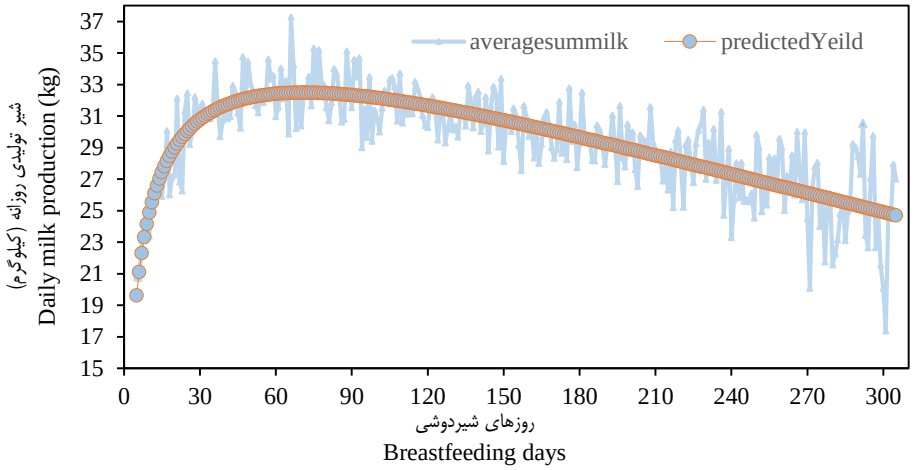


شکل۳- تعداد روزهای دارای سطوح مختلف تنش سالانه در دوره پایه و آینده در سناریوهای مختلف
Figure 3. The number of days with different levels of annual stress in the base and future periods in different scenarios

کمی‌سازی تأثیر شاخص THI بر تولید شیر

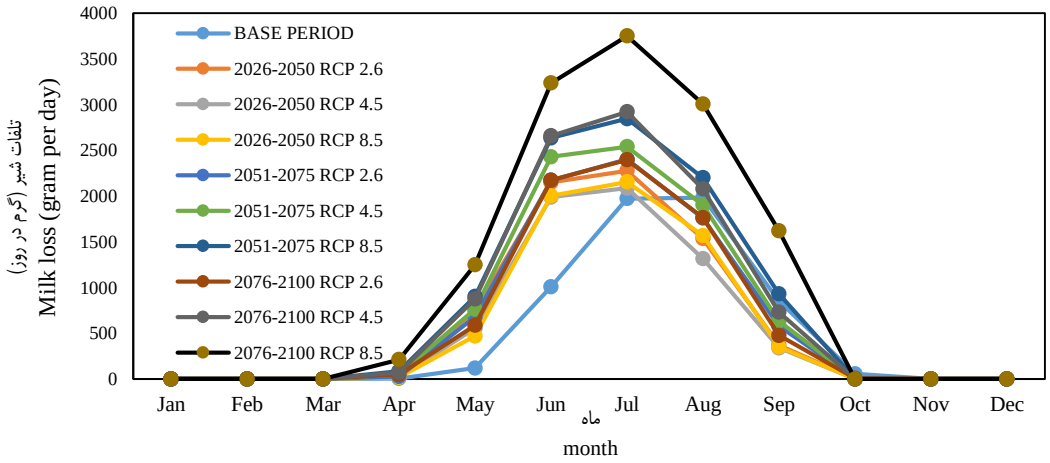
برای بررسی تأثیر تنش دمایی بر روی تولید روز آزمون دام‌ها پس از بررسی معنی‌داری اثرات مختلف مؤثر بر تولید شیر از قبیل اثر ترکیبی سال–ماه–تعداد دوشش، سن زایش، روزهای شیردهی و شاخص THI با روش آنالیز واریانس، از یک مدل ترکیبی خطی شامل اثر منحنی شیردهی حیوان و اثر کواریت THI استفاده شد. تابع علی و شفر (علی و شفر، ۱۹۸۷) به‌منظور در نظر گرفتن منحنی شیر در مدل استفاده شد. واحد میزان افت عملکرد به صورت روز*گاو/گرم محاسبه شد که این میزان برای یک دام در یک روز از ماه است. با توجه به این که افت تولید شیر برای مقادیر شاخص THI بیشتر از ۷۰ رخ می‌دهد، روزهایی که میزان THI آن بیشتر از ۷۰ بود گزینش و مدل‌سازی روی آن انجام شد. نتایج نشان داد که تغییرات THI بر عملکرد روزانه دام‌ها معنی دار بوده و با حذف سایر اثرات به ازای افزایش ۱ واحد THI بیشتر از ۷۰، و رابطه بین شاخص THI و مقدار تولید طبق معادله ذکر شده، با افزایش هر واحد THI، روزانه ۳۲۷ گرم تولید در دام کاهش می‌یابد. مقادیر برآوردی تولید در روز آزمون‌های مختلف با استفاده از پارامترهای تابع مورد استفاده (علی و شفر) محاسبه و با مقادیر تولید حقیقی مقایسه گردیدند (شکل ۴). لذا می‌توان به‌وضوح مشاهده نمود که این مقدار کاهش در سطح یک دامداری صنعتی با چند صد رأس گاو دوشا با احتساب قیمت روز شیر چه میزان زیان هنگفتی را به اقتصاد دامدار تحمیل خواهد نمود.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]



شکل ۴- منحنی تولید شیر واقعی و پیش‌بینی شده
Figure 4. Real and predicted milk production curve

در شکل ۵ میزان افت تولید شیر در دامداری شهر بابلسر به تفکیک ماهانه در دوره پایه و سه سناریو و سه دوره نشان داده شده است. به عنوان مثال در دوره زمانی اول در بازه زمانی ۲۰۲۶ تا ۲۰۵۰ سناریو RCP2.6 در ماه جولای ۲۲۷۶ گرم در روز کاهش عملکرد تولید شیر رخ خواهد داد که در مجموع ماه جولای به طور متوسط در یک دامداری ۱۰۰۰ رأسی روزانه ۲/۲۷۶ تن کاهش تولید شیر به وقوع خواهد پیوست.

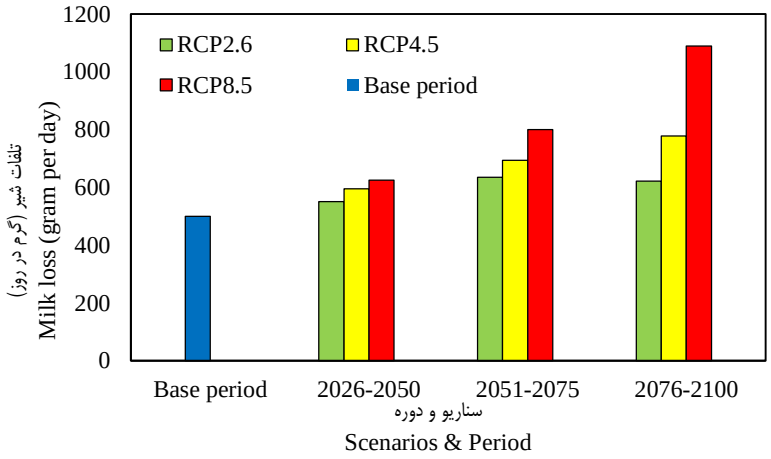


شکل ۵- میزان کاهش در عملکرد ماهانه تولید شیر در دامداری ۸۷۵۰
Figure 5. The rate of reduction in monthly milk yield production in 8750 livestock farms

بررسی شکل ۵ نشان می‌دهد که میزان افت تولید شیر در ماه‌های پرتنش مانند جولای و آگوست از مقدار تقریبی ۱۹۸۰ گرم در روز برای هر گاو در دوره پایه تا مقدار ۲۸۵۰ در دوره دوم (۲۰۷۵-۲۰۵۱) افزایش می‌یابد که حکایت از رشد تقریبی ۴۴ درصدی ضرر تولید کننده در دوره ۲۰۷۵-۲۰۵۱ در اثر تغییر اقلیم دارد. همچنین شکل ۵ نشان می‌دهد در آینده بخصوص دوره سوم و سناریو RCP8.5 نه تنها ماه‌های بیشتری دچار کاهش تولید شیر خواهند شد بلکه میزان افت تولید شیر شدت بیشتری خواهد داشت و با رسیدن به ماه‌های گرم سال مانند ماه‌های جون، جولای و آگوست (خرداد-مرداد) در تمامی دوره‌ها در هر سه سناریو میزان تولید شیر افت خواهد کرد و بیشترین میزان افت عملکرد در ماه جولای و آگوست (تیر و مرداد) رخ خواهد داد. به علاوه نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان افت تولید شیر در کل دوره‌های مورد بررسی، در ماه جولای (تیر ماه) دوره سوم (۲۱۰۰-۲۰۷۶) تحت سناریو RCP8.5 به‌وقوع خواهد پیوست که در طی آن افت تولید شیر به ۳۷۵۰ گرم در روز برای هر دام می‌رسد که نسبت به دوره پایه در این ماه (۱۹۷۲ گرم در روز) بیش از ۹۰ درصد ضرر تولید کننده افزایش خواهد یافت. به منظور آگاهی از تأثیر تغییر اقلیم بر متوسط افت شیر در شکل ۶ میزان کاهش تولید شیر در دوره پایه و آینده در سناریوهای مختلف در بابلسر ترسیم شد که بررسی این شکل نشان می‌دهد در همه دوره‌ها و سناریوها ضرر ناشی از افزایش تنش دمایی افزایشی بوده اما بنظر ضرر تولید کننده در دوره اول کمتر بوده

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

و در دوره سوم بیشترین ضرر متوجه دامدار خواهد شد به طوریکه مقدار کاهش شیر تولیدی در دوره پایه به طور میانگین ۵۰۰ گرم در روز بوده که در سناریو RCP8.5 دوره سوم تقریباً به ۱۱۰۰ گرم در روز می‌رسد که در مجموع رشد ۱۲۰ درصدی ضرر تولید کننده را نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. همچنین این شکل نشان می‌دهد در صورت لحاظ نمودن سیاست‌های زیست محیطی (سناریو خوشبینانه RCP2.6) در دوره اول و دوم ضرر ناشی از استرس دمایی افزایشی بوده اما از دوره سوم به بعد ضرر تولید کنندگان شیر کاهش خواهد یافت.



شکل ۶- میزان کاهش تولید شیر در دوره های پایه و آینده در سناریوهای مختلف
Figure 6. The rate of reduction of milk production in the base and in the future periods in different scenarios

نتیجه‌گیری کلی

افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم انسان ساخت باعث افزایش تعداد روزهای گرم سال و ایجاد تنش در دام‌های سنگین می‌شود. بر اساس نتایج این تحقیق شاخص تنش دما-رطوبت در حال افزایش است که منجر به درگیری تعداد روزهای بیشتری از سال به تنش دمایی می شود به طوریکه تا پایان سال ۲۱۰۰ روزهای آسایش و بدون تنش دام‌های سنگین در طول سال تا ۴۸ روز امکان کاهش خواهد داشت. به علاوه به نظر می‌رسد در آینده سطوح شدیدتری از تنش دمایی به‌وقوع خواهد پیوست و جابجایی سطح تنش از هشدار به خطر و از خطر به شرایط اضطراری به‌وقوع خواهد پیوست که ممکن است به مرگ و میر دام‌های سنگین منجر شود. همچنین در دوره زمانی پایه ایستگاه بابلسر در ۵ ماه از سال درگیر تنش دمایی بوده که تا انتهای قرن حاضر به ۷ ماه از سال افزایش می‌یابد. حذف سایر متغیرهای تاثیرگذار بر داده‌های تولید شیر و تحلیل تأثیر خالص تنش دما-رطوبت بر تولید شیر نشان داد به ازای افزایش ۱ واحد THI بیشتر از ۷۰ در شهر بابلسر عملکرد هر دام ۳۰۰ گرم کاهش می‌یابد که بورچک و همکاران (۲۰۰۹) این مقدار را ۴۱۰ گرم به ازای هر دام برآورد کردند. کمی‌سازی تأثیر تغییر اقلیم بر تولید شیر نیز حاکی از کاهش زیاد شیر تولیدی در آینده است. مثلاً در شرایط فعلی (دوره پایه) معمولاً کاهش تولید در ماه‌های جون تا سپتامبر (خرداد-شهریور) به‌وقوع می‌پیوندد که هر دام بین ۱ الی ۲ کیلوگرم در روز کاهش تولید شیر دارد اما در آینده در ماه‌های فصل بهار مانند ماه می (نیمه دوم اردیبهشت ماه) نیز تولید شیر کاهش خواهد یافت و دست کم در ۵ ماه از سال هر دام بین ۱/۵ الی ۳ کیلوگرم در روز کاهش تولید شیر را تجربه خواهد نمود. همچنین در ایام اوج تنش دما-رطوبت در ماه جولای (تیرماه) مقدار ضرر روزانه دامدار به ازای هر ۱۰۰۰ راس دام دوشا از مقدار تقریبی ۲ تن در روز در شرایط فعلی به بیش از ۳/۷۵ تن در روز می‌رسد. به طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر امکان افزایش ۱۰۰ درصدی ضرر دامداران صنعتی نسبت به دوره پایه خواهد بود. مشابه نتایج این تحقیق، ماجر و همکاران (۲۰۱۵) کاهش تولید شیر تحت تأثیر اقلیم در آخر قرن ۲۱ در فلوریدا آمریکا را حدود ۲۵ درصد نسبت به میانگین دوره پایه (۱۹۹۹-۱۹۵۰) برآورد کردند. نکته قابل توجه از نتایج این تحقیق این است که در صورت لحاظ نمودن سیاست‌های زیست محیطی و کاهش گازهای گلخانه‌ای (سناریو RCP2.6) در دوره سوم شاهد بهتر شدن اوضاع و کاهش ضرر تولید کنندگان شیر در منطقه خواهیم بود. با توجه به نتایج پیش‌نگری شاخص THI، شرایط اضطراری که منجر به مرگ و میر دام‌های سنگین می شود، در انتهای قرن حاضر به وقوع خواهد پیوست که در صورت عدم رعایت سیاست‌های سازگاری با تغییر اقلیم و اصلاح تغذیه دام و یا تغییر مکان دامداری‌ها به مناطق کوهپایه و معتدل، در آینده شاهد روزهای همراه با شرایط اضطراری و مرگ و میر گسترده دام‌های سنگین در ماه‌های بحرانی سال به خصوص ماه ژوئیه خواهیم بود.

تشکر و قدردانی

از اداره کل هواشناسی استان مازندران بابت در اختیار نهادن داده‌های هواشناسی و همچنین از مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی کشور در تأمین اطلاعات مربوط به تولید شیر در یکی از دامداری‌های صنعتی واقع در شهرستان بابلسر کمال تقدیر و تشکر را داریم.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

منابع

1. Asgari, S., N. Ghahreman and I. Babaeian. 2017. Quantifying the possible impacts of climate change on temperature-humidity index, (THI) under RCP scenarios across Iran. Journal of climate research, 8(31-32): 1-18 (In Persian).
2. Berman, A., Y. Folman, M. Kalm, M. Mamen, Z. Hery, D. Wolfenson, A. Ariell and Y. Graber. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effect, for high yielding dairy cows in a subtropical environment. Journal of Dairy Science, 68: 1488-1495.
3. Brouček, J., P.A.V.E.L. Novák, J. Vokřálová, M. Šoch, P. Ki sac, and M. Uhrinčať. 2009. Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation. Slovak Journal of Animal Science, 42: 167-173.
4. Collier, R.J., G.E. Dahl and M.J. Vandal. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. Journal of Dairy Science, 89: 1244-1253.
5. Dashti, H., A. Riasi, M. Idris, Gh. Ghorbani and H. OmidiMirzaei. 2016. The effect of temperature-humidity index in both summer and winter on the performance of some reproductive characteristics of high-yielding lactating cows. Iranian Journal of animal science, 47(2): 321-327 (In Persian).
6. Ghavi Hossein-Zadeh, N., A. Mohit and N. Azad. 2013. Effect of temperature-humidity index on productive and reproductive performances of Iranian Holstein cows. Iranian Journal of Veterinary Research, 14(2): 106-112 (In Persian).
7. Kimiya, M., M. Ghaffari and A. hashemi. 2020. Estimation of genetic parameters of milk production trait in Iranian Holsteins in heat stress condition using Bayesian method. Iranian Veterinary Journal, 15(4): 100-109 (In Persian).
8. Mauger, G., Y. Bauman, T. Nennich and E. Salathé. 2015. Impacts of climate change on milk production in the United States. The Professional Geographer, 67(1): 121-131.
9. Mohajerpour, M., A. Alizadeh, M. Mousavie Baygani, A. Naserian and M. Shakeri. 2018. Determining the most appropriate index for estimating heat-moisture stress on daily milk production in a large industrial farm in Mashhad. Iranian Journal of Animal Sciences Research, 9(4): 507-516 (In Persian)
10. Nadi, M. and M. Dastigerdi. 2022. Preparation of Mazandaran climate map by extended De Martonne climate classification method. National Conference on Environmental Change using Remote Sensing Technology and GIS, Sari, Iran (In Persian).
11. Sheikhi Arjanki, S., M. Nadi, J. Rahmaninia and B. Mohammad Nazari. 2021. Climate change impacts on temperature-humidity index, (Case Study: Ramsar and Babolsar stations). Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 39-47 (In Persian).
12. Sheikhi, Sh., M. Nadi and A. Yousefi. 2019. Spatial analysis of heat-humidity index using GIS in Mazandaran province. Third Iranian Hydrology Conference, University of Tabriz. Tabriz (In Persian)
13. Savar sofla, S. and M. Bohlouli. 2019. Investigation of genetic trend of Holstein dairy cattle production in a function oft-humidity i using random regression model. Research on Animal Production, 10(24): 93-102.
14. Sinha, R., A. Ranjan, S. Lone, A. Rahim, I. Devi and S. Tiwari. 2017. The Impact of climate change on livestock production and reproduction: Ameliorative management. International Journal of Livestock Research, 7(6): 1-8.
15. Taghavi, H and A. Naserian. 2012. Study of the trend of humidity-temperature index (THI) in northeastern Iran as an indicator of heat stress in dairy cows. Fifth Iranian Congress of Animal Sciences, Isfahan University of Technology, Esfahan (In Persian).
16. Taghavi, H., A. Naserian, and R. Valizadeh. 2014. Determination of climate critical periods in management of dairy cows in northeast of Iran using temperature humidity index (THI). Iranian Journal of Animal Science Research, 6(4): 295-303 (In Persian).
17. Tourini, N. and M.R. Hessami Kermani. 2011. Forecasting maximum, minimum and mean temperature by use of nero-fuzzy algorithm in kerman station. 5th National conference on Watershed Management and soil and water Resources. 1-13. Kerman, Iran (In Persian).
18. Wilby, R.L., C.W. Dawson and E.M. Barrow. 2011. SDSM- A decision support to for the assessment of regional climate change impacts. Journal of Environmental Modeling and Software, 17: 147-159.
19. Yousef, M.K. 1985. Stress Physiology in Livestock. 2nd edn., CRC Press, Florida, USA, 277 pp.
20. Zhandi M, Towhidi A, Zare-Shahneh A, Khodaei Motlagh M, Deldar H, Akhlaghi A. 2011. Effect of insulin like growth factor-1 on developmental competence of bovine embryos produced from heat-stressed oocytes in in vitro culture medium. Research on Animal Production, 2(4): 35-47.

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]

Quantifying the Impact of Climate Change on Milk Production in One of Industerial Livestock Farms in Babolsar

Shamimeh Sheikhi Arjanki[1], Mehdi Nadi [2], Javad Rahmaninia [3] and Behrouz Mohammad Nazari[4]

1- M.Sc. Graduated of Agrometeorology, Department of water engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Assistant professor, Department of water engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, (Corresponding author: mehdi.nadi@gmail.com)
3- Assistant Professor, Animal Science Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Expert of the Ministry of Agriculture - Jihad, Deputy of Livestock Affairs, Animal Breeding and Productions Improvement Center, Karaj, Iran
Received: 27 December, 2022 Accepted: 1 Februrary, 2023

Extended Abstract

Introduction and Objective: The scientists believe that human intervention has caused changes in climate conditions and these changes will be noteworthy in the future. Any significant change in climate variables can affect the milk production of industrial livestock farms.

Material and Methods: In this research, the effect of temperature-humidity Index (THI) on milk production in Babolsar city was quantified, and then, using the SDSM model, the THI index was downscaled to the year 2100. Finally, the effect of climate change on milk production until the end of current century in three emission scenarios of RCP2.6, 4.5, and 8.5 were quantified.

Results: The results showed that in the current situations, Babolsar station has been involved in temperature-humidity stress for 5 months of the year, which will increase to 7 months by the end of this century. Also, the results showed that in near future (before 2050) the stress condition is not much different from the base period, but after that, even in RCP2.6 scenario, the differences with the base period will increase significantly, and the most intensity of stress level will occur., As a result, on more days of the year, heavy livestocks will experience tempreture-humidity stress. Quantification of the effect of temperature-humidity stress on milk production showed that for increase of one unit of daily THI more than 70, the milk production of each animal decreases by 327 grams. The investigation of milk reduction trend in the future showed that until the year 2100, not only the milk production will decrease in more months of the year, moreover, the daily losses of livestock farmers also increase. so that in the stressful months, the daily milk reduction from 1 to 2 kg per animal in base period, will increase to 1.5 to 3.5 kg. So, the losses caused by climate change on milk producers will increase by at least 45 and at most more than 100 percent.

Conclusion: According to the results of this research, the stress level of emergency will occur in the last decades of this century, which will lead to a sharp decrease in milk production. Therefore, if adaptation policies to climate change are not considered in the future, there may be happens widespread deaths of heavy livestock especially in critical months of July and August, which is a serious alarm for livestock industry of the Mazandaran province.

Keywords: Climate change, Dairy cows, Mazandaran, Temperature-humidity stress, THI

[Downloaded from rap.sanru.ac.ir on 2026-04-22]
[DOR: 20.1001.1.22518622.1402.14.39.12.3]
[DOI: 10.61186/rap.14.39.112]