



بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص گرما-رطوبت در ایستگاه‌های هواشناسی رامسر و بابلسر

شمیمه شیخی ارجنکی^۱، مهدی نادى^{۲*}، جواد رحمانی نیا^۳، بهروز محمدنظری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰

چکیده

افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش فراگیر جهانی باعث برهم‌خوردن تعادل سامانه اقلیمی کره‌ی زمین شده است. افزایش توامان دما و رطوبت فراتر از یک آستانه مشخص باعث ایجاد تنش در دامها و افت کمی و کیفی تولیدات نظیر شیر می‌شود. جهت ارزیابی تأثیر تنش گرمایی بر دامها از معیاری به نام شاخص دما-رطوبت (THI) استفاده می‌شود. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص THI در دو ایستگاه منتخب بابلسر و رامسر می‌باشد. به این منظور، مقادیر THI با استفاده از نرم‌افزار SDSM تا سال ۲۱۰۰ تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 ریزمقیاس‌نمایی شد. نتایج نشانگر وجود روند مثبت و معناداری در مقادیر طی دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) و آینده است و با نزدیک شدن به سال ۲۱۰۰ تعداد روزهای همراه با تنش گرما-رطوبت افزایش یافته و کلاس‌های شدیدتری از تنش به وقوع خواهد پیوست. یافته‌های این تحقیق نشان داد که شرایط تنش در بابلسر شدیدتر از رامسر بوده به طوری که در دوره پایه ایستگاه‌های رامسر و بابلسر به ترتیب ۴ و ۵ ماه از سال، تنش را تجربه کرده‌اند در حالیکه مطابق پیش‌نگری، تا انتهای قرن حاضر این عدد به ترتیب به ۶ و ۷ ماه از سال افزایش می‌یابد. به علاوه بر اساس نتایج، در دوره پایه روزهای دارای کلاس تنش اضطراری (مرگ دام‌های شیری) در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد بررسی ثبت نشده است اما در چشم‌انداز آینده دور (۲۱۰۰ - ۲۰۷۱) در ایستگاه‌های رامسر و بابلسر به ترتیب دو و شش روز از سال شرایط تنش اضطراری به وقوع می‌پیوندد که هشدار بسیار جدی برای صنعت تولید و پرورش دام در استان مازندران به حساب می‌آید.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، تنش گرمایی، گاو شیری، مازندران، THI

مقدمه

مکان متغیرند و موجودات زنده نسبت به این تغییرات واکنش‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. رشد، بقا، تولید مثل و تمامی اعمال حیاتی جانوران تابعی از شرایط اقلیمی منطقه است (Abbasi birgani et al., 2016). دام‌های شیری در یک دمای بهینه دارای بیشترین تولید هستند. به عبارت دیگر شرایط محیطی عامل مهم خارجی تأثیرگذار بر تولید توسط موجودات زنده از جمله گاوهاست (Pierre et al., 2003). گاوهای شیری برای افزایش تولید شیر و حفظ بقا نیاز به حفاظت در برابر شرایط اقلیمی دارند به طوری که حتی در بعضی از کشورها به دنبال این موضوع هستند که چه زمان می‌توان از دامها حفاظت کرد (Geers et al., 2014). تنش گرما-رطوبت به صورت 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

افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم ناشی از آن باعث برهم‌خوردن تعادل سیستم اقلیمی کره زمین شده که پیامدهای ناشی از آن به ویژه گرم شدن کره زمین، اصلی‌ترین مشکل قرن بیست و یکم عنوان شده است (Andersen et al., 2006). شرایط اقلیمی در طول زمان و

^۱ گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
^۲ گروه آبیاری، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*نویسنده مسئول: me_na63@yahoo.com)
^۳ مؤسسه تحقیقات علوم دامی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
^۴ کارشناس وزارت جهاد کشاورزی، معاونت امور دام، مرکز اصلاح نژاد و بهبود تولیدات دامی

نحوه ارجاع مقاله:

استان کرمان (Saeedi and Bakhtiari, 2012) با مقایسه هفت شاخص تنش گرما-رطوبت شاخص مناسب را بر اساس بیشترین همبستگی با داده‌های تولید شیر کرمان انتخاب کردند. در شمال شرق کشور (Taghavi and Naserian, 2012) روند تغییرات THI را بررسی کردند. همچنین در مطالعه دیگری در مشهد (Mohajerpour et al., 2018) ضمن بررسی همبستگی شاخص‌های مختلف تنش گرما-رطوبت با تولید روزانه شیر در یک گاوداری صنعتی در مشهد و تعیین شاخص بهینه، دریافتند که در ماه‌های فصل تابستان ارتباط منفی و معناداری بین تولید روزانه شیر و شاخص THI وجود دارد. همچنین در مطالعه (Asgari et al., 2018) شاخص THI تا پایان قرن جاری در ۸۶ ایستگاه هواشناسی در گستره ایران پیش‌نگری و نقشه تغییرات پهنه‌های مختلف تنش در دوره‌ها و سناریوهای مختلف ترسیم شد و دریافتند که تا پایان قرن ۲۱ پهنه‌های مساعد پرورش و تولید دام در فصول بهار و تابستان کاهش خواهد یافت. در مازندران نتایج تحلیل روند شاخص گرما-رطوبت نشان داد که در سال‌های اخیر روزهای همراه با تنش خطر رشد بیشتری نسبت به روزهای همراه با سطح تنش هشدار دارند که این نشان دهنده یک زنگ خطر جدی برای صنایع دام استان می‌باشد که در آینده روزهای همراه با تنش اضطراری می‌تواند افزایش یابد (Sheikhi and Nadi, 2019). با توجه به اهمیت تنش گرمایی بر تولید شیر و وجود تغییر اقلیم حاضر و افزایش گرمایش جهانی، این معضل جدی‌تر خواهد شد و احتمال وقوع تنش گرمایی در گاوهای شیری در دهه‌های پیش رو افزایش خواهد یافت که خسارات بیشتری به صنایع دامی وارد خواهد نمود. از سوی دیگر نظر به اهمیت دام‌های سنگین در تأمین شیر مورد نیاز استان مازندران و نگرانی‌های موجود درباره تأثیر آینده آب و هوا بر صنعت تولید شیر، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تنش گرما-رطوبت در این استان تا انتهای قرن حاضر اهمیت زیادی در مدیریت گله‌های دام‌های سنگین شیری خواهد داشت.

مواد و روش‌ها

استان مازندران با مساحت ۲۳۷۵۶/۴ کیلومتر مربع، بین عرض‌های جغرافیایی ۴۷' ۳۵° و ۳۵' ۳۶° شمالی و

بر تولید شیر، تولید مثل و سلامتی گاوهای شیری است. دام‌های سنگین در شرایط تنش حرارتی، باید انرژی بیشتری برای حفظ متابولیسم‌های طبیعی و تولید صرف کنند و در نتیجه این انرژی مازاد بر سایر فرایندهای متابولیکی و فیزیولوژیک دام تأثیر نامطلوب خواهد گذاشت (Dashti et al., 2016). همچنین تنش گرمایی باعث افزایش زمان ایستادن حیوان می‌شود زیرا سعی دارد گرما را در کل سطح بدن خود از بین ببرد که افزایش زمان ایستادن یا کاهش زمان استراحت باعث کاهش تولید شیر می‌شود (Allen et al., 2013). این تنش نه تنها از راه افت تولید و افت کیفیت شیر بر درآمد تولیدکننده تأثیر می‌گذارد بلکه سبب بروز مشکلاتی بر بازه تولید مثل، برنامه‌های مدیریت و سلامت می‌شود و هرساله زبان‌های قابل توجهی را به تولیدات این صنعت بخصوص در مناطق بسیار گرم و مرطوب وارد می‌سازد به طوریکه در مطالعه‌ای در آمریکا زبان اقتصادی ناشی از تنش گرمایی در صنعت گاو شیری سالیانه ۹۰۰ میلیون دلار تخمین زده شده است (Collier et al., 2006). با وجود گاوداری‌های مدرن در آمریکا هنوز تنش حرارتی در گاوها قابل بحث و بررسی است، این موضوع در مطالعات گرمایش جهانی بر اثر تغییر اقلیم انسان‌ساخت، اهمیت دو چندان پیدا خواهد کرد (Fiedler et al., 2010). استفاده از اطلاعات آب و هوایی و اقلیمی اهمیت ویژه‌ای در مدیریت گله و عملکرد دام‌ها برای صفات اقتصادی بسیار تحت تأثیر رابطه بین ژنوتیپ و محیط آن‌هاست (Taghavi and Naserian, 2012). عملکرد دام‌ها در دامنه دمایی خاصی بهینه بوده و در خارج از این دامنه عملکرد آن‌ها دچار افت قابل توجهی خواهد شد. برای بررسی تنش گرمایی بر دام‌ها از شاخص گرما-رطوبت (THI)^۱ استفاده می‌شود (Lallo et al., 2018; Brouček et al., 2007). در تحقیقی توسط (Kekana et al., 2018) از این شاخص برای بررسی تنش گرمایی بر تولید شیر و متابولیت خونی گاوهای شیری استفاده شد که نتایج نشان داد تنش گرمایی علاوه بر تولید شیر و زایمان دام بر روی جذب مواد مغذی دام‌ها نیز اثرگذار است. همچنین در اوتارخند هندوستان به منظور افزایش تولید شیر تأثیر تنش گرما را با شاخص گرما-رطوبت مورد ارزیابی قرار داده‌اند (Kohli et al., 2014). در ایران در منطقه هامون

^۱ Thermal Humidity Index

معادله ۲ به ازای فشار بخار واقعی هوا محاسبه گردید (Mohajerpour et al., 2018). در این معادله T دمای هوا بر حسب کلوین است.

$$e_s(T) = 6.11 \exp \left[\frac{2.5 \times 10^6}{461} \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (2)$$

در این بررسی از داده‌های آماری روزانه ایستگاه‌های هواشناسی بابلسر و رامسر استفاده شد، که موقعیت جغرافیایی و میانگین دمای گرمترین و سردترین ماه سال و میانگین سالانه دما و رطوبت نسبی گرمترین ماه سال به همراه کلاس اقلیم ایستگاه‌های مورد بررسی در سیستم طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن گسترش یافته (Rahimi et al., 2013) در جدول ۲ نشان داده شده است.

Table 2- Geographical location and climatic characteristics of studied stations

جدول ۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه

Station	Babolsar	Ramsar
Lon (Deg)	52.65	50.66
Lat (Deg)	36.71	36.9
Elevation (m)	-21	-20
Tmin (°C)	4.1	3.9
Tmax (°C)	30.3	28.6
Tmean (°C)	17	16
RH (%)	93.4	95.1
Climate	Humid Temperate	Very Humid Temperate

پس از محاسبه شاخص گرما-رطوبت در دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵)، از برون‌داد مدل Had CM3 با استفاده از مولد هواشناسی SDSM این شاخص تا سال ۲۱۰۰ ریزمقیاس‌نمایی شد. سپس روند شاخص THI در دوره پایه و آینده در سناریوهای مختلف با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال^۱ بررسی شد (Shadmani et al., 2012).

پیش‌نگری شاخص THI

مدل‌های گردش عمومی شاخص‌های سه بعدی اقلیم را در شبکه‌هایی مشخص نموده، فرایندهای دینامیک و ترمودینامیک را در هر شبکه و از شبکه‌ای به شبکه دیگر و بر اساس معادلات اساسی حرکت و در دوره‌های زمانی و مکانی متفاوت و در سطوح مختلف جوی محاسبه می‌کنند. این مدل ارتباطات آماری بین رفتارهای بزرگ مقیاس (پیش‌بینی کننده‌ها) و محلی (پیش‌بینی شونده‌ها) را بر

^۱ Mann-Kendall

طول‌های جغرافیایی ۳۴° ۵۰' و ۱۰' ۵۴° شرقی، در شمال کشور ایران واقع گردیده است. در شمال این استان دریای مازندران و در جنوب آن رشته کوه البرز قرار دارد. وجود دریای مازندران و رشته کوه البرز نقش بسیار مؤثری در آب و هوای استان دارد به طوری که تابستان‌های آن به ویژه در سواحل دریا گرم و مرطوب است. زمستان‌های این نواحی معتدل و مرطوب هستند و به ندرت دچار یخبندان می‌شود.

شاخص تنش گرما-رطوبت

شاخص گرما-رطوبت با ارتفاع دارای یک رابطه منفی و معنی‌دار است به طوری که ارتفاعات استان مازندران فاقد تنش هستند. اما مناطق جلگه‌ای دارای کلاس هشدار و خطر هستند. به نظر می‌رسد که مناطق شرق استان مازندران نسبت به مناطق غربی بیشتر تنش گرمایی را تجربه می‌کند. این شاخص با عرض جغرافیایی نیز رابطه دارد. به طوری که هرچه عرض جغرافیایی زیاد شود این شاخص افزایش یافته است. دلیل این افزایش این است که قسمت‌های جلگه‌ای استان در نواحی شمالی قرار دارد و قسمت‌های کوهستانی در جنوب استان واقع شده‌است (Sheikhi et al., 2019). برای بررسی تنش گرما-رطوبت در این تحقیق از شاخص THI ارائه شده توسط (Yousef, 1985) استفاده شد که رابطه آن در معادله ۱ ارائه و حدود طبقات تنش در جدول ۱ نشان داده شده است.

$$THI = T_d + 0.36T_{dP} + 41.2 \quad (1)$$

که T_d دمای هوا و T_{dP} دمای نقطه شبنم می‌باشد.

Table 1- Tension classes of THI
جدول ۱- کلاس‌های تنش شاخص گرما-رطوبت

Tension class	Non-stress	Warning	danger	Emergency
THI	<70	71-77	78-83	83<

با توجه به اینکه دمای نقطه شبنم در فایل داده‌های ایستگاه‌ها موجود نمی‌شود، با استفاده از دمای هوا و رطوبت نسبی این پارامتر بدست آمد. به این صورت که با استفاده از دمای هوا مقدار فشار بخار اشباع از معادله ۲ محاسبه، سپس با ضرب آن در رطوبت نسبی، فشار واقعی هوا (e) محاسبه گردید. با توجه به این که مقدار فشار بخار اشباع در دمای نقطه شبنم برابر فشار بخار واقعی هوا است $e = e_s(T_d)$ بنابراین دمای نقطه شبنم از معکوس

زمین بوده که ضرایب این متغیرهای مستقل در معادله نهایی رگرسیونی در جدول ۳ نشان داده شده است. همچنین شاخص‌های ارزیابی شامل: RMSE, MBE و R^2 نیز در این جدول آمده است که نشان می‌دهد خطای ارزیابی ریزمقیاس‌نمایی نزدیک به صفر بدست آمد و مقدار میانگین مربعات خطا نیز کمتر از ۵ واحد بدست آمد. همچنین نتایج تحلیل رگرسیونی نیز در شکل ۱ نشان داده شده که نزدیکی ضرایب معادله رگرسیونی به خط $Y=X$ را نشان می‌دهد که البته در ایستگاه رامسر نتایج ریزمقیاس‌نمایی رضایت بخش‌تر از ایستگاه بابلسر بدست آمد.

Table 3- predictors of SDSM model and evaluation indices of downscaling skill

جدول ۳- متغیرهای پیش‌بینی کننده منتخب در SDSM و شاخص‌های ارزیابی مهارت ریزمقیاس‌نمایی

Station	Selected predictor				Evaluation indices		
	MSLP ¹	P500 ²	SSU ³	TEMP ⁴	MBE	RMSE	R^2
Babolsar	-0.65	0.86	0.75	0.91	0.08	4.84	0.77
Ramsar	-0.51	0.89	0.84	0.95	0.04	3.43	0.92

1) Mean sea level pressure, 2) 500 hPa Geopotential height 3) Surface specific humidity 4) Mean temperature at 2 m

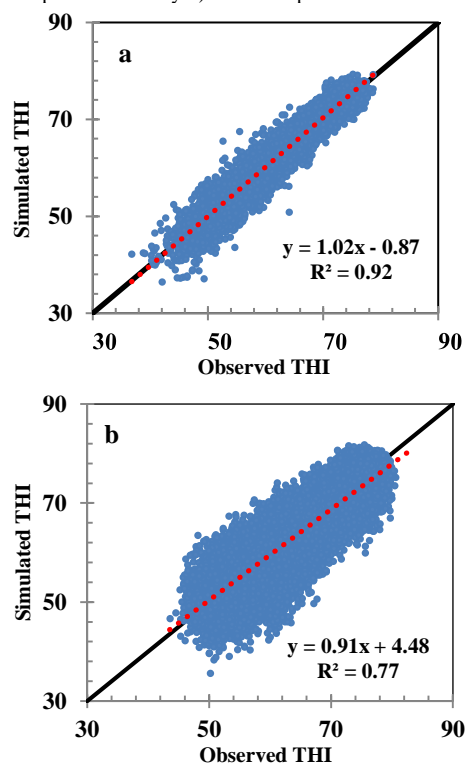


Figure 1- Regression equations of observed and Simulated THI at Ramsar (a) and Babolsar (b) weather stations

شکل ۱- معادلات رگرسیونی شاخص گرما-رطوبت مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در ایستگاه‌ها رامسر (a) و بابلسر (b)

اساس روش رگرسیون خطی چندگانه برقرار می‌کند. این ارتباطات با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه و بروندادهای (خروجی) مدل‌های گردش عمومی در دوره مشابه دیدبانی ایجاد می‌شوند (Gu et al., 2012). فرض بر این است که این روابط در آینده نیز صادق باشند، به عبارت دیگر فرض اساسی در ریزمقیاس‌نمایی آماری مستقل از زمان بودن این ارتباطات است (Askareh, 2001). قبل از انجام فرآیند ریزمقیاس‌نمایی توسط این مدل داده‌های مشاهداتی و داده‌های مدل‌های گردش عمومی با توجه به مقادیر میانگین و انحراف آن‌ها در دوره مورد نظر نرمالیزه می‌شوند (Wilby et al., 2002). در این تحقیق از برون‌داد مدل HadCM3 استفاده شد. برای ریزمقیاس‌نمایی نرم‌افزار SDSM از بین متغیرهای NCEP که شامل ۲۶ متغیر اتمسفری است، متغیرهایی که بیشترین همبستگی و پایین‌ترین واریانس خطا را دارند، به عنوان متغیرهای مستقل در رابطه رگرسیونی خطی برای ریزمقیاس‌نمایی انتخاب می‌شوند (Tourini and Hessami-kermani, 2011). پس از تعیین متغیرهای مستقل، شاخص THI در سه سناریو سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 ریزمقیاس‌نمایی شد و نتایج هر سناریو در سه دوره زمانی (۲۰۱۰-۲۰۴۰)، (۲۰۷۰-۲۰۴۱) و (۲۱۰۰-۲۰۷۱) تحلیل شد. برای ارزیابی نتایج ریزمقیاس‌نمایی، مقادیر واقعی و برآوردی شاخص THI در دوره پایه در یک نمودار ترسیم و رابطه رگرسیونی برازش شده بر داده‌ها محاسبه و مقایسه با خط $Y=X$ مقایسه شد. همچنین شاخص‌های ارزیابی RMSE, MBE و R^2 نیز محاسبه و بررسی شد. در ادامه کلاس‌های تنش گرما-رطوبت در دوره پایه و آینده بر اساس جدول ۱ تعیین شد.

نتایج و بحث

ریزمقیاس‌نمایی شاخص THI

متغیرهای بزرگ مقیاس پیش‌بینی کننده مؤثر و دارای همبستگی بالا با شاخص THI که توسط مدل SDSM برای ریزمقیاس‌نمایی این شاخص در ایستگاه‌های رامسر و بابلسر منتخب شدند شامل میانگین فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت ویژه نزدیکی سطح و میانگین دمای در ارتفاع ۲ متری سطح

تحلیل روند شاخص تنش گرما-رطوبت

نتایج تحلیل روند من کندال در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول روند تغییرات THI در دوره پایه و آینده و در همه سناریوها در سطح اطمینان ۹۹ درصد مثبت و معنادار است. مقدار آماره من کندال طبق انتظار در سناریوی بدبینانه (RCP8.5) بیشتر از سناریو خوشبینانه (RCP2.6) بود اما مقدار این آماره در سناریو RCP2.6 کمتر از دوره پایه بدست آمد که بنظر می‌رسد در صورت در پیش گرفتن سیاست‌های زیست محیطی تا انتهای قرن حاضر، می‌توان به برگشت روند معنادار افزایش شاخص تنش گرما-رطوبت خوش بین بود.

Table 4- Kendall's tau at baseline and future in different scenarios at studied meteorological stations
جدول ۴- مقادیر آماره من کندال در دوره پایه و آینده در

Station	Baseline	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Babolsar	0.40**	0.37**	0.68**	0.83**
Ramsar	0.35**	0.33**	0.69**	0.87**

سناریوهای مختلف در ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

** (P-value < 0.01)

تغییرات تعداد روزهای فاقد تنش در ماه در ایستگاه‌های رامسر و بابلسر

طبق جدول ۱ روزهایی که شاخص THI کمتر از ۷۰ باشد به عنوان روزهای فاقد تنش محسوب می‌شود بر این اساس تعداد روزهای فاقد تنش در هر ماه از سال برای دوره‌های پایه و آینده در سناریوهای مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. بر مبنای نتایج این شکل در ایستگاه رامسر ماه‌های ژوئن تا سپتامبر تنش دمایی به دامها وارد می‌شود و بقیه ماه‌ها فاقد تنش است در حالی‌که در دوره‌های آینده تا ۲۱۰۰ ماه‌های مه و اکتبر نیز به ماه‌های پرتنش اضافه می‌شود. به عبارتی در دوره زمانی پایه ۴ ماه از سال در تنش است اما در دوره زمانی آینده به ۶ ماه افزایش می‌یابد. اما در مورد ایستگاه بابلسر در دوره پایه ۵ ماه از سال تنش دمایی وجود دارد که در اثر تغییر اقلیم تا سال ۲۱۰۰ به تدریج این تعداد به ۷ ماه افزایش می‌یابد که نشان دهنده این است اوضاع در بابلسر وخیم‌تر از رامسر خواهد شد.

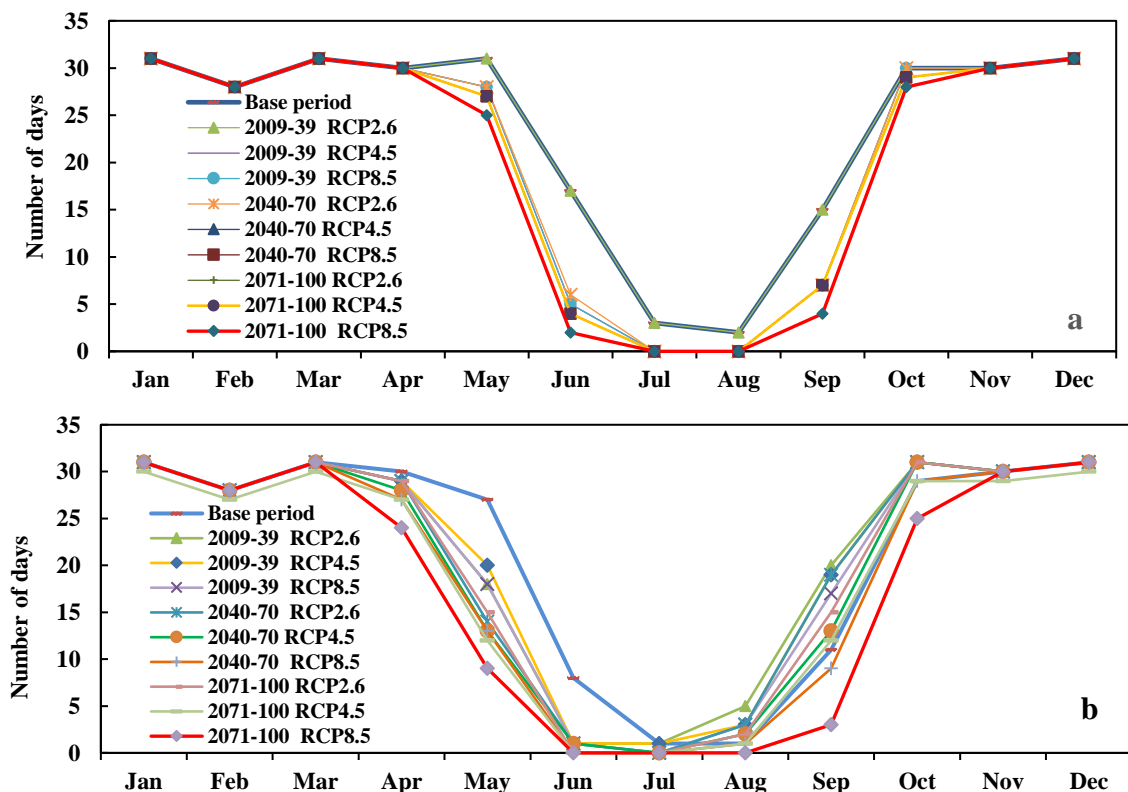


Figure 2 - Change in the number of stress-free days per month at Ramsar (a) and Babolsar (b) stations in baseline and future under RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 scenarios

شکل ۲- تغییر تعداد روزهای فاقد تنش در ماه در ایستگاه‌های رامسر (a) و بابلسر (b) در دوره پایه و آینده در سناریوهای RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5

بیشترین روز فاقد تنش در سال می‌باشد و با وارد شدن به دوره زمانی آینده از تعداد روزهای فاقد تنش کاسته شده است. نکته قابل توجه این است که دوره زمانی پایه و دوره زمانی اول دارای وضعیت مشابهی هستند اما با وارد شدن به دوره زمانی دوم و سوم در هر سه سناریو تعداد روزهای فاقد تنش کاهش بیشتری دارد. در ایستگاه بابلسر تعداد روزهای فاقد تنش در سال در دوره زمانی پایه ۲۵۸ روز بوده اما طبق سناریو خوشبینانه (RCP2.6) در دوره زمانی اول دو روز از تعداد روزهای فاقد تنش در سال کاسته می‌شود که تفاوت چندانی با دوره زمانی پایه ندارد. اما در دوره دوم و سوم این سناریو به ترتیب ۱۹ و ۳۱ روز از تعداد روزهای فاقد تنش نسبت به دوره زمانی پایه کاسته خواهد شد. اما بیشترین کاهش تعداد روزهای فاقد تنش در بابلسر طی دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ در سناریو بدبینانه (RCP8.5) بوقوع خواهد پیوست که کاهش ۴۶ روزه دوره فاقد تنش در سال نسبت به دوره پایه خواهد داشت. ایستگاه رامسر شرایط مناسب‌تری داشته و نسبت به بابلسر تنش کمتری بر تولید شیر وارد می‌شود. تعداد روزهای فاقد تنش در دوره پایه این ایستگاه ۲۷۹ روز بوده که نسبت به ایستگاه بابلسر ۲۱ روز بیشتر است. در این ایستگاه نیز با نزدیک شدن به انتهای قرن جاری در هر سه سناریو از تعداد روزهای فاقد تنش کاسته شده به طوری که طبق سناریو بدبینانه در دوره سوم، ۳۹ روز از روزهای فاقد تنش کاسته خواهد شد.

بررسی تغییرات تعداد روزهای همراه با تنش در آینده

علاوه بر تحلیل روزهای فاقد تنش، روزهای همراه با سطوح مختلف تنش طبق جدول ۱ نیز بررسی شد که در شکل ۴ تعداد روزهای همراه با سطوح مختلف تنش در دوره‌های آماری پایه و آینده (۲۰۰۹-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۷۰ و ۲۰۷۱-۲۱۰۰) در سه سناریوی مورد بررسی برای ایستگاه‌های بابلسر و رامسر نشان داده شده است. بررسی کلی نتایج این شکل‌ها نشان می‌دهد در هر دو ایستگاه مورد بررسی با نزدیک شدن به سال ۲۱۰۰ مجموع تعداد روزهای همراه با تنش اضافه می‌شود؛ اما علاوه بر درگیر شدن روزهای بیشتری از سال به تنش دمایی، بلکه به شدت آن نیز اضافه شده به طوری که از تعداد روزهای کم‌خطر تنش (سطح هشدار) کاسته شده و در عوض به

با توجه به شکل ۲ که در آن تغییرات تعداد روزهای فاقد تنش در ماه در ایستگاه‌های رامسر (a) و بابلسر (b) در دوره زمانی پایه و آینده در سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 نشان داده شده است، تغییرات شاخص THI در تمامی سناریوها بین دوره پایه و دوره سوم سناریو RCP8.5 قرار گرفته‌اند. دلیل آن این است که در دوره زمانی پایه تعداد روزهای فاقد تنش نسبت به دوره زمانی آینده بیشتر است و با گذر زمان و وقوع تغییر اقلیم، با فرا رسیدن دوره زمانی آینده نزدیک، از تعداد روزهای فاقد تنش کاسته شده است. با در نظر گرفتن این که سناریو RCP2.6 وقوع تغییر اقلیم را به طور خوشبینانه، سناریو RCP4.5 به طور بینابین و سناریو RCP8.5 به طور بدبینانه برآورد کرده است به همین دلیل تعداد روزهای فاقد تنش در این سناریو به کم‌ترین تعداد خود رسیده است. همچنین با گرم شدن هوا و رسیدن به ماه‌های گرم سال مانند ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت در تمامی دوره‌ها در هر سه سناریو از تعداد روزهای فاقد تنش کاسته شده است به طوری که در سناریو RCP8.5 در دوره سوم تعداد روزهای فاقد تنش به صفر رسیده است. در هر دو ایستگاه در ماه ژوئیه تعداد روزهای فاقد تنش صفر است یعنی در بین ماه‌های گرم سال، ماه ژوئیه یکی از پر خطرترین ماه‌ها برای پرورش دام می‌باشد. با گذشتن از این سه ماه گرم سال و وارد شدن در ماه‌های خنک تر به تعداد روزهای فاقد تنش اضافه شده است. همچنین در دوره پایه حتی در گرم‌ترین ماه‌های سال (ژوئن و ژوئیه) چند روز از ماه فاقد تنش است اما در دوره سوم تمام سناریوها این دوماه به طور کامل در تنش قرار دارد و تقریباً هر روز دام‌ها در تنش هستند. در ماه سپتامبر نیز نیمی از ماه در دوره زمانی پایه فاقد تنش است که در دوره زمانی آینده به کم‌تر از ۱۰ روز کاهش می‌یابد و در شرایط حاد در دوره سوم به کم‌تر از ۵ روز می‌رسد. همچنین ماه‌های سرد سال مانند اکتبر در دوره پایه فاقد تنش است اما در دوره زمانی آینده حتی در این ماه از سال دو تا سه روز از ماه دارای تنش خواهد بود. برای بررسی بیشتر روزهای فاقد تنش علاوه بر تحلیل‌های ماهانه، به بررسی تعداد این روزها در سال نیز در شکل ۳ پرداخته شده است. با توجه به شکل‌های ترسیم شده در هر دو ایستگاه رامسر و بابلسر، دوره زمانی پایه دارای

زمانی پایه بیشترین روزها دارای کلاس تنش هشدار می باشد و فقط تعداد کمی از روزها دارای کلاس تنش خطر است.

تعداد روزها با تنش شدیدتر (سطوح خطر و اضطراری) اضافه می گردد. باتوجه به نتایج شکل ۴ در رامسر در دوره

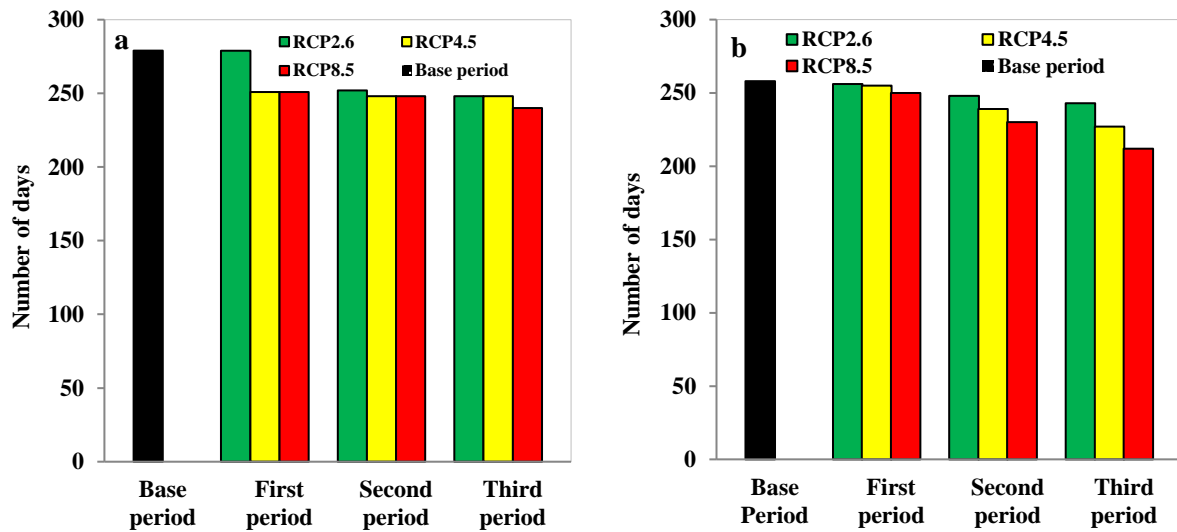


Figure 3 - Total number of annual stress-free days in Ramsar (a) and Babolsar (b) stations in baseline and future under RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 scenarios

شکل ۳- مجموع تعداد روزهای فاقد تنش سالانه ایستگاههای رامسر (a) و بابلسر (b) در دوره پایه و آینده در سناریوهای RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5

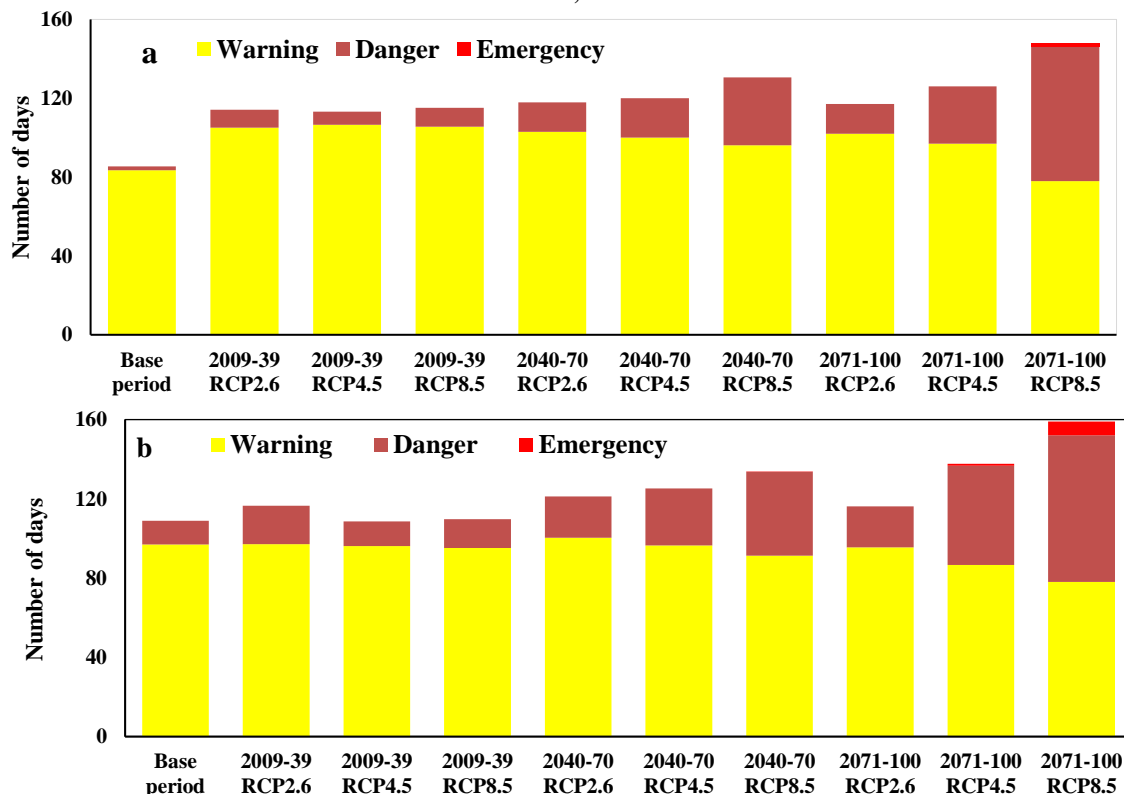


Figure 4- Number of days with different levels of stress in baseline and future in Ramsar (a) and Babolsar (b) stations

افزایش یافته است اما شرایط تنش اضطراری پیش نگرانی نشده است. اما در دوره زمانی ۲۰۷۱-۲۰۱۰ علاوه بر این

در دوره زمانی ۲۰۴۰-۷۰ در هر سه سناریو تعداد روزهای دارای کلاس خطر نسبت به دوره زمانی قبل

هم روزهای بیشتری از سال دام های سنگین دچار تنش دمایی خواهند شد. که در ایستگاه بابلسر شرایط تنش در تمامی کلاس های تنش در هر سه سناریو نسبت به رامسر وخیم تر است. به نظر می رسد که بخش های مرکز و شرق استان نسبت به غرب استان اوضاع وخیم تری دارد. اما اظهار نظر قطعی در این مورد نیازمند بررسی و تحلیل بیشتر در ایستگاه های استان است. نکته قابل توجه دیگر این است که ماه های معتدل سال که در دوره پایه هیچ گونه تنشی در آن وجود نداشت در آینده دچار تنش خواهد شد. مانند ماه اکتبر که در دوره زمانی پایه کاملا فاقد تنش است اما در آینده در حدود ۵ روز از ماه دچار تنش خواهد شد. با توجه به نتایج پیش نگری شاخص THI، شرایط اضطراری در انتهای قرن حاضر بوقوع خواهد پیوست که در صورت عدم در نظر گیری سیاست های زیست محیطی در جهت کاهش گارهای گلخانه ای و مدیریت ناکارآمد در آینده چه بسا ممکن است شاهد روزهای همراه با شرایط اضطراری بوده که این منجر به مرگ گسترده دام های سنگین در ماه های بحرانی سال بخصوص ماه ژوئیه خواهد شد.

منابع

- Abbasi-Birgani, A., Abbasi-Birgani, M., Farhadi, M. 2016. Study of climate change and its impact on animals. The first national conference on natural resources and sustainable development in the Central Zagros, Shahrekord, Shahrekord University. (In Farsi)
- Allen, J.D., Anderson, S.D., Collier, R.J., Smith, J.F. 2013. Managing heat stress and its impact on cow behavior. 28th Annual Southwest Nutrition and Management Conference, 68:150-159.
- Askareh, S. 2001. Public Circulation Models. Quarterly Journal of Geographical Information 41(11): 21-23(In Farsi).
- Asgari, S., Ghahreman, N., Babaeian, I. 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 Farsi).
- Allen, J.D., Anderson, S.D., Collier, R.J., Smith, J.F. 2013. Managing heat stress and its impact on cow behavior. Annual Southwest Nutrition and Management Conference, 68, 150-159.
- Andersen, H.E., Kronvang, B., Larsen, S.E., Hoffmann, C.C., Jensen, T.S., Rasmussen, E.K. 2006. Climate-change impacts on hydrology and nutrients in a Danish lowland river basin.

که تعداد روزهای دارای کلاس تنش خطر نسبت به دوره های قبل افزایش یافته است، بلکه شرایط تنش اضطراری که منجر به مرگ دام های سنگین می شود نیز بوقوع خواهد پیوست. با توجه به شکل ۴ در بابلسر نیز روند تغییرات تنش شبیه ایستگاه رامسر تغییر خواهد کرد با این تفاوت که در بازه زمانی ۷۰-۲۰۴۰ علاوه بر افزایش روزهای دارای کلاس تنش خطر، کلاس تنش اضطراری نیز بوقوع خواهد پیوست که این وضعیت در دوره زمانی سوم تشدید خواهد شد و روزها با کلاس تنش اضطراری افزایش یافته به طوری که طبق سناریو بدبینانه در این دوره زمانی شدیدترین شرایط تنش پیش نگری می شود. به طور کلی با توجه به نمودار ایستگاه های رامسر و بابلسر افزایش سطح تنش خطر نسبت به سطح هشدار در آینده بیشتر خواهد بود همچنین بابلسر نسبت به رامسر شرایط پرتنش تری را تجربه خواهد نمود به طوری که در رامسر کلاس تنش اضطراری در دوره سوم به بعد بوقوع خواهد پیوست اما در بابلسر این سطح بحرانی تنش در دوره دوم نیز پیش نگری شده است.

نتیجه گیری

افزایش دمای کره زمین باعث افزایش تعداد روزهای گرم در سال و باعث ایجاد تنش در دام های سنگین شده است. شاخص گرما-رطوبت در آینده در حال افزایش بوده و نتایج نشان داد که در سال های اخیر روزهای همراه با تنش خطر رشد بیشتری نسبت به روزهای همراه با هشدار دارند که این نشان دهنده یک زنگ خطر جدی برای صنایع دام استان می باشد. در دوره زمانی پایه در ایستگاه های رامسر و بابلسر به ترتیب ۴ و ۵ ماه از سال درگیر تنش بوده که تا انتهای قرن حاضر این تعداد به ترتیب به ۶ و ۷ ماه از سال افزایش می یابد. در ایستگاه رامسر تعداد روزهای فاقد تنش سالانه در دوره پایه ۲۱ روز بیشتر از بابلسر است اما در انتهای قرن حاضر این اختلاف به ۷ روز کاهش می یابد. نکته بسیار مهم بدست آمده از تحلیل نتایج این دواستگاه این بود که دوره زمانی اول (تا قبل سال ۲۰۴۰) اختلاف زیادی با دوره پایه ندارد اما پس از آن حتی در حالت خوشبینانه نیز اختلافات با دوره پایه تغییر چشمگیری خواهد نمود و هم به لحاظ شدت کلاس های تنش شدیدتری بوقوع خواهد پیوست و

- Mashhad. Iranian Journal of Animal Sciences Research. 9(4): 507 - 516. (In Farsi)
- Pierre, NR., Cobanov, B., Schnitkey, G. 2003. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. Journal of Dairy Science. 86: 52-77.
- Rahimi, J., Ebrahimpour, M., Khalili, A. 2013. Spatial changes of Extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. Theoretical and Applied Climatology. 112(3-4): 409-418.
- Saeedi, S., Bakhtiari, B. 2012. Comparison of some climatic indicators to evaluate livestock milk production, a case study: Hamoon Mahan Agro-industrial Complex. Fifth Iranian Congress of Animal Sciences, Isfahan University of Technology, 331-323. (In Farsi)
- Shadmani, M., Marofi, S., Roknian, M. 2012. Trend Analysis in Reference Evapotranspiration Using Mann-Kendall and Spearman's Rho Tests in Arid Regions of Iran. Water Resources Management, 26: 211-224.
- Sheikhi, Sh., Nadi, M. 2019. Study of changes in temperature-humidity index in long-term meteorological stations of Mazandaran province, Third Conference on Coastal Water Management, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Sari. (In Farsi)
- Sheikhi, Sh., Nadi, M., Yousefi, A. 2019. Spatial analysis of heat-humidity index using GIS in Mazandaran province. Third Iranian Hydrology Conference, University of Tabriz. Tabriz. (In Farsi)
- Taghavi, H., Naserian, A. 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 Farsi)
- Tourini, N., Hessami-Kermani, MR. 2011. Forecasting maximum, minimum and mean temperature by use of nero-fuzzy algorithm in kerman station. 5th National conference on Watershad Management and soil and water Resources, Kerman, (In Farsi)
- Wilby, R., Dawson, CW., Barrow, EM. 2002. SDSM- A decision support to for the assessment of Regional climate change impacts. Journal of Environmental Modeling and Software, 17: 145-157.
- Yousef, MK. 1985. Stress Physiology in Livestock. Vol. 2. CRC Press, BocaRaton, Florida.
- Science of the Total Environment, 365(1-3): 223-237.
- Brouček, J., P. A. V. E. L. Novák, J. Vokřálová, M. Šoch, P. Ki sac, Uhrinčať, M. 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.
- Collier, RJ., Dahl, GE., Vandal, M.J. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. Journal of Dairy Science, 89:1244-1253.
- Dashti, H., Riasi, A., Idris, M., Ghorbani, Gh., OmidiMirzaei, H. 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 Farsi)
- Fiedler, M., Hoffmann, G., von Bobrutski, K., Matzarakis, A. 2010. Biometeorological investigations in dairy cowsheds. 7th Conference in Biometeorology, Freiburg, Germany.
- Geers, R., Vermeulen, L., Snoeks, M., Permentier, L. 2014. Do dairy cattle need protection against weather in a temperate climate? A review. Journal of Agricultural Science, 12:6-9.
- Gu, H., Wang, G., Yu, Z., Mei, R. 2012. Assessing future climate changes and extreme indicators in east and south Asia using the RegCM4 regional climate model. Climatic Change. 114, 301-317.
- Kekana, TW., Nherera-Chokuda, FV., Muya, MC., Manama, K., Lehloenya, KC. 2018. Milk production and blood metabolites of dairy cattle as influenced by thermal-humidity index. Tropical animal health and production, 50:921-924.
- Kohli, Sh., Atheya, UK., Thapliyal, A. 2014. Assessment of optimum thermal humidity index for crossbred dairy cows in Dehradun district, Uttarakhand, India. Veterinary World. 7: 916-921.
- Lallo, CH., Cohen, J., Rankine, D., Taylor, M., Cambell, J., Stephenson, T. 2018. Characterizing heat stress on livestock using the temperature humidity index (THI) prospects for a warmer Caribbean. Regional environmental change, 18:2329-2340.
- Mohajerpour, M., Alizadeh, A., Mousavie Baygani, M., Naserian, A., Shakeri, M. 2018. Determining the most appropriate index for estimating heat-moisture stress on daily milk production in a large industrial farm in

Climate change impacts on Temperature-Humidity Index, (Case Study: Ramsar and Babolsar stations)

Sh. Sheikhi Arjanki¹, M. Nadi^{2*}, J. Rahmaninia³, B. Mohammad Nazari⁴

Received: 19/07/2020

Accepted: 21/06/2021

Abstract

Rising greenhouse gases and the resulting increase temperature have disrupted the balance of the earth climate system. Combined increase in temperature and humidity above a certain threshold causes stress in livestock like dairy cows, which reduces milk production. To assess the effect of heat stress on livestock, a so-called temperature-humidity index (THI) is used. The aim of this study is to investigate the possible effects of climate change on THI in two stations located in north of Iran namely, Babolsar and Ramsar For this purpose, the projected values of THI under three climate change scenarios i.e. RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 were downscaled using SDSM weather generator. The results showed that there exist a significant positive trend in THI time series in both baseline (1961-2005) and future periods. According to results of this study, it is projected that number of days with heat stress would increase and more severe classes of THI will occur. The findings also indicated that the stress conditions in Babolsar have been more severe than Ramsar, such that, during the baseline period, Ramsar and Babolsar stations had 4 and 5 months of a year with heat stress, respectively, while it is projected that by the end of the century, these figures will increase to 6 and 7 months, respectively. Besides, the results showed that in the baseline period days with severe stress class (risk of mortality of dairy cattle) were not recorded in any of the studied stations, but for the far future period (2071-2100) in Ramsar and Babolsar stations, severe condition is projected to occur in two and six days of the year, respectively, which is a serious warning for the province's livestock industry.

Keywords: climate change, Heat stress, Dairy cow, Mazandaran, THI



¹ Irrigation Department . Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University

² Irrigation dept. faculty of agricultural engineering , Sari agricultural sciences and natural resources university
(*Corresponding Author Email Address: me_na63@yahoo.com)

³ 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

نحوه ارجاع مقاله:

شیخی ارجنکی، ش.، نادی، م.، رحمانی‌نیا، ج.، محمدنظری، ب. ۱۴۰۰. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص گرما-رطوبت در ایستگاه‌های هواشناسی رامسر و بابلسر. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۹(۲): ۳۹-۴۷. DOI: 10.22125/agmj.2021.284851.1114

Sheikhi Arjanki, Sh., Nadi, M., Rahmaninia, J., Mohammad Nazari, B. 2021. Climate change impacts on Temperature-Humidity Index, (Case Study: Ramsar and Babolsar stations). Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 39-47. DOI: 10.22125/agmj.2021.284851.1114