نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۵۱۶-۵۰۷

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 507-516

# تعیین مناسب‌ترین شاخص برآورد تنش گرمایی-رطوبتی بر تولید شیر روزانه در یک گاوداری بزرگ صنعتی در مشهد

مهدی مهاجرپور[۱]- امین علیزاده[۲*]- سیدمحمد موسوی بایگی[۲]- عباسعلی ناصریان[۲]- محمدتقی شاکری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۰۲

## چکیده

ویژگی‌های محیطی یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد گاوهای شیری می‌باشد. برای برآورد میزان تأثیر این عوامل از شاخص دما-رطوبت (THI) استفاده می‌شود. در این حوزه اطلاعات نسبتا کمی در دسترس می‌باشد. به همین منظور تأثیر تنش دما-رطوبت بر تولید شیر یک گاوداری صنعتی شهر مشهد طی هفت سال با استفاده از معادلات مربوطه مورد مطالعه قرار گرفت. همبستگی معنی‌داری بین داده‌های روزانه تولید شیر و معادلات مختلف برآورد THI در سری زمانی سالانه و فصلی (بهار، پاییز و زمستان) وجود نداشت و فقط در فصل تابستان همبستگی معنی‌دار و منفی بین تولید روزانه شیر و شاخص دما-رطوبت وجود داشت، همچنین از بین هشت معادله موجود، معادله $THI_4$ که از روی دمای خشک و دمای نقطه شبنم به دست می‌آید، همبستگی بیشتری با داده‌های تولید شیر نشان داد. بررسی نوسانات تولید شیر و شاخص منتخب THI نشان داد حد شروع تأثیر گذاری تنش دما-رطوبت بر گاوهای این گاوداری ۷۵ بود که به اندازه ۵ واحد بیشتر از عدد ارائه شده بر اساس معیارهای جهانی است. در طی ۷ سال دوره آماری مورد بررسی در مجموع نسبت به حالت بدون تنش حدودا ۴۰۱ تن کاهش تولید شیر برای این گاوداری برآورد گردید که بیشترین مقدار مربوط به سال ۱۳۹۲ و کمترین مقدار مربوط به سال ۱۳۸۷ بود. افزایش درجه حرارت و رطوبت در فصل تابستان از علل اصلی ایجاد این تنش است و خروج از شرایط بهینه محیطی تنها در این فصل در حیوان تنش ایجاد کرده و باعث کاهش تولید شیر شده است.

**واژه‌های کلیدی:** تنش گرمایی، شاخص دما-رطوبت، شاخص‌های محیطی، کاهش تولید شیر.

## مقدمه

شرایط آب و هوایی بر عملکرد فیزیولوژیکی موجودات زنده اثر معنی‌دار داشته، به نحوی که کمیت و کیفیت تولیدات موجودات می‌تواند متأثر از این شرایط باشد (۵ و ۶). حیوانات خونگرم برای بقاء و حفظ فعالیت‌های فیزیولوژیکی خود باید همواره دمای بدن را در یک محدوده دمایی خاص، ثابت نگه دارند و با این وجود حیوانات در طول عمر خود شرایط محیطی متفاوتی را تجربه می‌کنند، در نتیجه توان تولیدی و کیفیت تولیدات آنها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۳ و ۱۸). در بررسی‌های انجام شده روی گاوهای شیری نشان داده شده است محدوده‌ی دمای بهینه برای حداکثر تولید توسط این گاوها ۲۵-۰/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۱۳، ۱۸ و ۲۱). در صورتی که درجه حرارت محیط بیش از حد بهینه باشد، بدن حیوان ساز و کارهایی را اتخاذ می‌نماید که درجه حرارت اضافی بدن به طریقی کاهش یابد. از جمله می‌توان به افزایش ضربان قلب، تنفس و تعریق و کاهش تغذیه اشاره کرد. در چنین شرایطی اگر رطوبت هم بالا باشد تأثیر این واکنش‌های طبیعی برای خنک کردن دمای بدن به حداقل می‌رسد و دمای بدن افزایش می‌یابد و اصطلاحا حیوان تحت تنش گرمایی[۴] قرار می‌گیرد و مشکلاتی چون کاهش خوراک مصرفی، تولید، تولید مثلی و بروزهای متابولیکی را به دنبال خواهد داشت (۵، ۷، ۸ و ۱۱).

در سال‌های اخیر به دلیل اصلاحات ژنتیکی، تغذیه‌ای و مدیریتی، میانگین تولید شیر روزانه به بالاتر از ۳۰ کیلوگرم رسیده است. این افزایش تولید شیر که با افزایش تغذیه همراه می‌باشد موجب بالا رفتن دمای متابولیکی در گاوها می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده حدود

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، شهد، ایران،
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران،
۳- استاد دانشکده علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.
(*-نویسنده مسئول: Email: alizadeh@gmail.com)
DOI: 10.22067/ijasr.v1i1.57379

4- Heat stress

۶۵ درصد از انرژی مصرفی یک گاو در تولید شیر مصرف می‌شود، باقیمانده این انرژی نیز موجب افزایش دمای بدن گاو شده (۱۵) و زمینه را برای بروز تنش گرایی فراهم می‌کند.

اکثر محققین برای اندازه‌گیری و تشخیص تنش گرمایی از شاخص دما–رطوبت (THI)[1] استفاده می‌کنند (۱۵ و ۱۷). برای گاوهای هلشتاین دمای بهینه در محدوده ۲۵–۰/۵ درجه سلسیوس قرار دارد (۱۳، ۱۸ و ۲۱). هرچند که این محدوده دمایی به شدت تحت تأثیر مقدار رطوبت قرار دارد. به‌عنوان مثال در دمای ۲۹ درجه سلسیوس و رطوبت ۴۰ درصد تولید شیر در گاو هلشتاین ۹۷–۹۳ درصد مواقعی است که تحت تنش قرار ندارد، با این حال در همین دما، هنگامی که رطوبت به ۸۰ درصد افزایش می‌یابد تولید شیر تا ۸۰ درصد مقدار طبیعی کاهش می‌یابد (۱۲). در ایالت فلوریدای آمریکا در ارزیابی اثر دما و رطوبت بر میزان تولید شیر گاوهای هلشتاین، نشان داده شد که شاخص حرارت–رطوبت معیار مناسبی برای تعیین تنش گرمایی در گاوهای شیرده می‌باشد (۸). مطالعات صورت گرفته نشان داده است در صنعت گاوداری آمریکا، تنش گرمایی و اثرات تنفسی ناشی از آن، سالانه موجب کاهش تولید شیری در حدود ۹۰۰ میلیون دلار می‌شود (۹).

در ایران متأسفانه تحقیقات کمی در مورد تنش گرمایی و تأثیر آن بر تولید شیر صورت گرفته است، در همین مطالعات محدود نیز تنها از رابطه ارائه شده توسط یوسف (۲۲) برای برآورد تأثیر تنش گرمایی در گاوهای شیری استفاده شده است (۲). وست (۲۱) شاخص حرارت و رطوبت را شاخص مناسبی جهت تشخیص تنش گرمایی در گاوهای شیری دانسته و پیشنهاد کرده است که در مناطق مختلف ضرایب معادلات مجددا تعیین گردند. از طرف دیگر در هر یک از معادلات ارائه شده سطوح و مرزبندی‌های ورود به محدوده‌های مختلف تنش نیز متفاوت بوده که این امر موجب می‌گردد انتخاب بهترین معادله با مشکل مواجه شود (۲۱). برمن و همکاران (۳)، در تحقیقی 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 به صورت نمایی کاهش می‌یابد که نشان از همبستگی منفی میان تولید شیر و دمای سطح بدن گاو می‌باشد (۳). در تحقیق دیگری رابطه‌ای میان THI و تولید شیر برای گاوهای هولشتاین برآورد گردید، نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که در THIهای بالاتر از ۸۰، تولید شیر به شدت کاهش می‌یابد (۱۷). بر اساس اطلاعات نگارندگان این تحقیق تاکنون مطالعه‌ای برای کمی سازی تأثیر دما و رطوبت بر میزان تولید شیر در ایران صورت نگرفته است و در این مطالعات محدود نیز صرفا از روی داده‌های ماهانه هواشناسی و استفاده از جداول ارائه شده توسط محققین خارجی، کلاسه‌های تنش براورد شده است. بنابراین در این تحقیق ابتدا توسط هشت معادله‌ای که توسط بیشتر محققین در نقاط مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته است، تأثیر تنش دما–رطوبت بر تولید شیر گاوهای موجود در یک گاوداری صنعتی بزرگ شهر مشهد در مقیاس روزانه مورد بررسی قرار گرفت. سپس همبستگی هر یک از این ۸ شاخص برآورد تنش با داده‌های روزانه تولید شیر مورد ارزیابی قرار گرفت و بهترین معادله از بین هشت معادله موجود در تعیین این تنش مشخص و میزان کاهش تولید شیر در آنها بر اثر تنش حرارت و رطوبت محاسبه گردید.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر شرایط آب و هوایی بر میزان شیر تولیدی از شاخص THI ارائه شده توسط انجمن تحقیقات ملی آمریکا (NRC[2]) و هفت معادله دیگر استفاده شد (۱۰).

$$THI_1= (1.8\times T+32)-(0.55-0.0055\times RH)\times(1.8\times T-26) \quad (۱)$$

در معادله فوق T درجه حرارت خشک (درجه سلسیوس) و RH[3] رطوبت نسبی محیط (درصد) است. بنا به تعریف ارایه شده توسط این انجمن در صورتی که میزان THI محاسبه شده از ۷۰ کمتر باشد، تنش گرمایی به دام وارد نمی‌شود و در صورتی که THI بیش از ۷۰ باشد میزان تنش و شدت آن به صورت زیر تعریف می‌شود.

در شرایط مختلف آب و هوایی معادلات متفاوتی برای برآورد THI توسط محققین تعریف شده است و در هر معادله مرزهای ورود به تنش گرمایی متفاوت است. همچنین در این مطالعه، هفت معادله دیگری که کاربرد بیشتری در تعیین میزان تنش دما–رطوبت دارند، مورد استفاده قرار گرفت. معادلات مذکور در زیر ارائه شده است (۲، ۸ و ۱۱).

| | | |
|---|---|---|
| $THI_2= T_{db}+0.36T_{dp}+41.2$ | Yousef (۲۲) | (۲) |
| $THI_3= (0.35T_{db}+0.65T_{wb})\times1.8+32$ | Bianca (۴) | (۳) |
| $THI_4= (0.55T_{db}+0.2T_{dp})\times1.8+49.5$ | NRC(۱۴) | (۴) |
| $THI_5= (0.15T_{db}+0.85T_{wb})\times1.8+32$ | Bianca (۴) | (۵) |
| $THI_6= [0.4(T_{db}+T_{wb})]\times1.8+47$ | Thom (۲۰) | (۶) |
| $THI_7= (T_{db}+T_{wb})\times0.72+40.6$ | NRC(۱۴) | (۷) |
| $THI_8= (0.8\times T_{db})+[(RH/100)\times(T_{db}-14.4)]+46.4$ | Mader et al(۱۳) | (۸) |

1- Temperature humidity index

2- National research council

3- Relative humidity

**جدول ۱**- طبقه‌بندی تنش دما-رطوبت برای گاوهای شیری

**Table 1**- Classification of temperature-humidity tension for dairy cows

| کلاس تنش | طبیعی | هشدار | خطر | اضطراری |
|---|---|---|---|---|
| Tension classification | Normal | Warning | Danger | Emergency |
| THI | <70 | 71-77 | 78-83 | 83< |

در معادله‌های بالا، $T_{db}$: درجه حرارت خشک (سانتی‌گراد)، $T_{wb}$: درجه حرارت تر (سانتی‌گراد)، $T_{dp}$: دمای نقطه‌ی شبنم (سانتی‌گراد)، RH: رطوبت نسبی (درصد) می‌باشند.

اساس تعیین تنش در این معادلات درجه حرارت و رطوبت است. در این معادلات برای برآورد تأثیر رطوبت محیط از شاخص‌های مختلفی استفاده شده است. در بعضی از آنها دمای نقطه شبنم و در برخی دیگر رطوبت نسبی و در بقیه معادلات اختلاف درجه حرارت خشک و تر نشان دهنده اثر رطوبت محیط می‌باشد. در واقع هر سه مورد شاخص‌هایی است که در هواشناسی می‌توان توسط آن‌ها رطوبت محیط را برآورد نمود (۱). برای تعیین شاخص THI توسط این هشت معادله، از داده‌های سازمان هواشناسی کل کشور استفاده شد. داده‌های دریافتی شامل داده‌های روزانه درجه حرارت تر و خشک و رطوبت نسبی ایستگاه سینوپتیک مشهد بود. این ایستگاه در فرودگاه بین‌المللی شهید هاشمی‌نژاد مشهد، در ارتفاع ۹۹۵ متری از سطح دریا واقع شده است. در مرحله بعد دمای نقطه شبنم ($T_d$) نیز با استفاده از دمای هوا و رطوبت نسبی تعیین گردید. به این صورت که با استفاده از دمای هوا مقدار فشار بخار اشباع ($e_s$) از رابطه (۹) به دست آمد سپس با ضرب آن در رطوبت نسبی، فشار بخار واقعی هوا (e) محاسبه گردید. با توجه به اینکه 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 معادله ۹ به ازای فشار بخار واقعی هوا به دست آمد (۱۰).

$$e_s(T) = 6/11 \exp\left[\frac{2/5\times10^6}{461}\left(\frac{1}{273}-\frac{1}{T}\right)\right] \qquad (۹)$$

که در این معادله، T درجه حرارت بر حسب کلوین می‌باشد.

در این بررسی از آمار تولید روزانه شیر در یکی از گاوداری‌های صنعتی-تجاری نزدیک به شهر مشهد استفاده شد، گاوداری مورد مطالعه به فاصله‌ی تقریبی ۶ کیلومتری ایستگاه سینوپتیک مشهد، در طول جغرافیایی ۴۹/۶۸ و عرض جغرافیایی ۳۶/۲۴ با ارتفاع ۹۹۰ متری از سطح دریا واقع می‌باشد. این گاوداری حدودا دارای ۲۳۰۰ راس گاو با DIM[1] برابر ۱۶۸ بوده که به طور متوسط روزانه ۴۵۰ گاو در آن دوشیده می‌شود و میانگین تولید شیر هر رأس گاو ۳۲ کیلوگرم شیر در روز تعیین شده است. داده‌های تولید شیر روزانه این گاوداری برای ۷ سال اخیر (سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۲) از مرکز بهبود تولید شیر ایران دریافت شده و مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در مرحله‌ی بعد، ۸ شاخص THI در روزهایی که داده‌های ثبت شده‌ی شیر موجود بود، محاسبه گردید. سری داده‌های THI محاسبه شده از هر معادله به سری سالانه و فصلی تفکیک شد. پس از آن ضریب همبستگی پیرسون بین داده‌های THI روزانه و تولید شیر در هر یک از فصول مورد نظر تعیین گردید و از میان هشت معادله با توجه به ضرایب همبستگی و p-value به دست آمده، روش بهینه برای برآورد THI در سری زمانی مورد بررسی تعیین گردید. به منظور بررسی و آنالیز داده‌ها نرم‌افزار SPSS16 مورد استفاده قرار گرفت.

## نتایج و بحث

همبستگی معنی‌داری بین تولید شیر و THI بر اساس داده‌های کل سال وجود نداشت (جدول ۲). با توجه به این که تنش دما-رطوبت عموما در ماه‌های گرم سال بر تولید شیر گاوداری‌ها تأثیر گذار است، لذا آمار سالانه به سری‌های زمانی فصلی (بهاره، تابستانه، پاییزه و زمستانه) تفکیک شده و همبستگی برای این سری‌های زمانی نیز محاسبه شد. جدول شماره ۲ ضریب همبستگی و P-Value تولید روزانه شیر و شاخص‌های مختلف برآورد THI را در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان در سال‌های ۱۳۹۲- ۱۳۸۶ نشان می‌دهد، روابط ارائه شده در جدول در سطح احتمال معنی‌داری ۹۵ درصد مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی این جدول نشان می‌دهد که در بین فصول مختلف مورد بررسی فقط تولید شیر در فصل تابستان همبستگی معنی‌دار منفی با شاخص‌های تنش دما-رطوبت داشت، لازم به ذکر است همبستگی‌های به دست آمده در دو شاخص تنش دما-رطوبت $TH_2$ و $TH_5$، در سطح آماری ۹۵ معنی‌دار نبوده با این حال در سطح ۹۰ درصد معنی‌دار بود. به عبارتی همانطور که انتظار می‌رود در این فصل با افزایش تنش دما-رطوبت میانگین تولید شیر روزانه کاهش یافت، که علامت منفی ضریب همبستگی نشان دهنده این روند کاهشی می‌باشد. بررسی‌های آماری صورت گرفته حاکی از آن بود که در سایر فصول و حتی در مقیاس سالانه، ارتباط معنی‌داری (سطح آماری ۹۰ و ۹۵ درصد) میان تولید شیر روزانه و شاخص THI وجود نداشت. از بین ۸ معادله مورد بررسی، معادله $THI_4$ همبستگی بیشتری با داده‌های تولید روزانه شیر در فصل تابستان داشت. بنابراین

1- DIM (Days in milk)

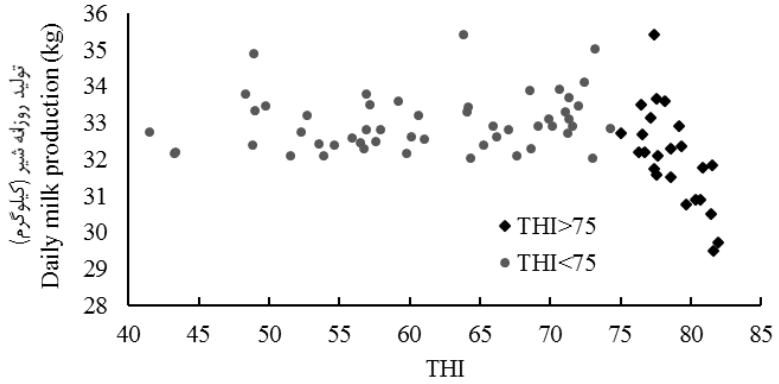
این معادله برای برآورد میزان تأثیر تنش بـر تولیـد شـیر در گـاوداری مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

**جدول ۲**- همبستگی ۸ شاخص تنش دمایی-رطوبت با داده‌های تولید شیر روزانه

**Table 2-** The correlation of 8 temperature-humidity indices and daily milk production

| فصل Season | | شاخص دما-رطوبت Temperature-humidity indice | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $TH_1$ | $TH_2$ | $TH_3$ | $TH_4$ | $TH_5$ | $TH_6$ | $TH_7$ | $TH_8$ |
| بهار Spring | r | 0.07 | 0.09 | 0.04 | 0.08 | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.07 |
| | P-value | 0.74 | 0.68 | 0.87 | 0.71 | 0.96 | 0.81 | 0.81 | 0.74 |
| تابستان Summer | r | -0.51 | -0.45 | -0.48 | -0.65 | -0.44 | -0.49 | -0.49 | -0.51 |
| | P-value | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.01 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.03 |
| پاییز Fall | r | 0.18 | 0.17 | 0.08 | 0.15 | 0.03 | 0.10 | 0.10 | 0.18 |
| | P-value | 0.46 | 0.50 | 0.76 | 0.55 | 0.89 | 0.68 | 0.68 | 0.46 |
| زمستان Winter | r | -0.31 | -0.23 | -0.19 | -0.17 | -0.17 | -0.20 | -0.20 | -0.31 |
| | P-value | 0.25 | 0.40 | 0.49 | 0.52 | 0.52 | 0.47 | 0.47 | 0.25 |
| سالانه Annual | r | 0.07 | 0.10 | 0.09 | 0.11 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.07 |
| | P-value | 0.55 | 0.36 | 0.42 | 0.32 | 0.46 | 0.40 | 0.40 | 0.55 |

با توجه به مطالعات صورت گرفته مشخص گردیده است که برای هر شاخص و در هر شرایط، مقدار بحرانـی شـاخص THI مـی‌توانـد متفاوت از معادله‌ی دیگر باشد. لذا در این بررسی به منظور تعیین حـد بحرانـی $THI_4$ و بـه دسـت آوردن آسـتانه ورود بـه تـنش، تغییـرات شاخص $THI_4$ در برابر داده‌های شیر تولیدی رسم گردید (شکل ۱). با توجه به شکل مشاهده می‌شـود در THIهـای کمتـر از ۷۵، تغییـرات شاخص اثری بر میزان تولید شیر ندارد و تولید شیر در محدوده عددی ۳۳ کیلوگرم در روز به ازای هر رأس گاو تغییر می‌کند. با این حال، در THIهای بالاتر از ۷۵، مشاهده می‌شـود کـه افـزایش ایـن شـاخص همراه با روند کاهشی تولید شیر می‌باشد. از سوی دیگر وقـوع مقـادیر بالاتر THI، عمدتا در فصل تابستان رخ داده و لذا کاهش تولیـد شـیر در این فصل بیشتر به چشم می‌خورد. با توجه به موارد یاد شده، THI معادل ۷۵، به‌عنوان حد آستانه این شاخص و مشخص کننـده شـروع تنش دما-رطوبت، در این گاوداری تعیین شد.

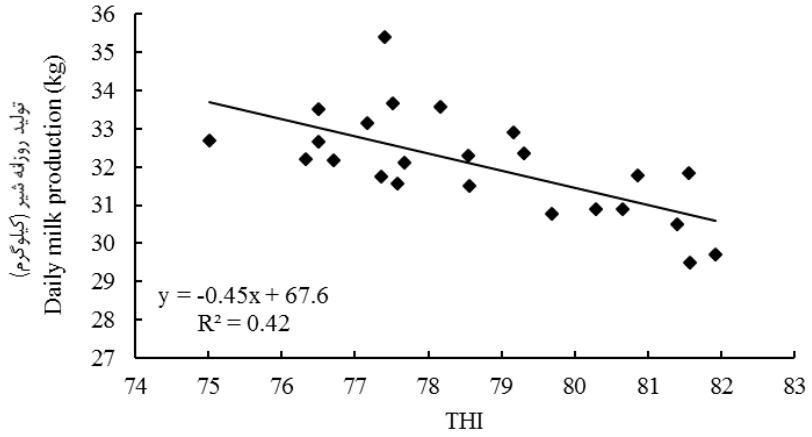



**شکل ۱**- تغییرات تولید روزانه شیر در برابر تغییرات روزانه THI

**Figure 1-** Changes in daily milk production versus daily THI changes

بنابراین برای برآورد میزان کاهش تولیـد شـیر تابسـتانه ناشـی از تنش دما-رطوبت از شاخص شماره ۴ استفاده شـد کـه در شـکل (۲) نشان داده شده است. با توجه به این نمودار معادله نهایی برآورد تولید شیر به صورت معادله (۱۰) به دست آمد.

$$M=-0.45THI_4+67.6 \quad ,(THI_4>75) \qquad (۱۰)$$




**شکل ۲**- تغییرات تولید روزانه شیر در برابر تغییرات روزانه THI، برای THI>۷۵

**Figure 2-** Changes in daily milk production versus daily THI changes, for THI>75

دراین معادله M میزان شیر متوسط تولیدی گاوها در شرایط تحت تنش است. البته شایان ذکر است که استفاده از این معادله تنها در شرایط تنش $THI_4>75$ مجاز است. قبل از استفاده از معادله فوق باید میزان خطای برآورد تولید شیر تحت تنش توسط این معادله ارزیابی شود برای این منظور از دو شاخص میانگین مربعات خطا RMSE[1] و MBE[2] استفاده شد که به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۰۴ بدست آمد و نشان می‌دهد این معادله به طور متوسط خطایی برابر ۰/۷ کیلوگرم در هر برآورد دارد. به علاوه معادله مذکور تقریبا مشکل کم برآورد و بیش برآوردی ندارد.

## تخمین خسارت ناشی از تنش دما-رطوبت در دوره مورد بررسی

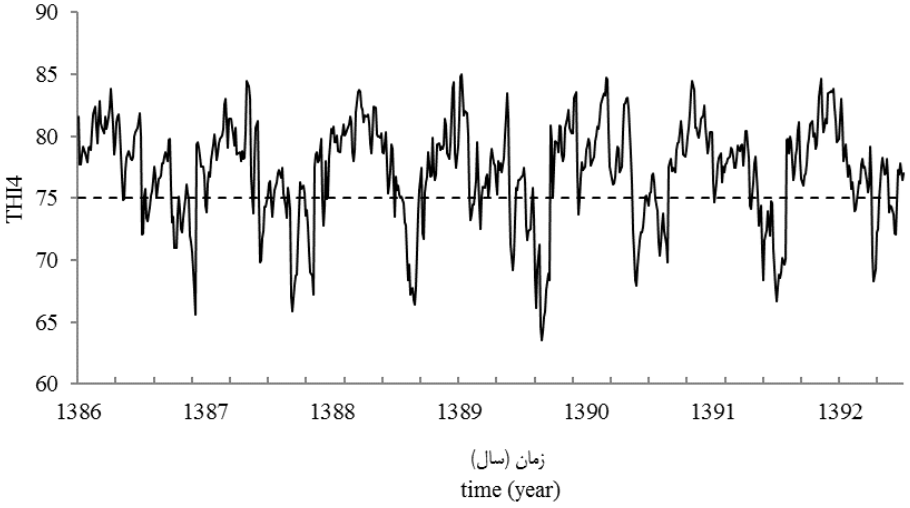
شیوه رکورد برداری در سامانه برآورد تولید شیر گاوهای شیرده، بر اساس رکورد برداری یک روز در ماه است، بنابراین برای برآورد تأثیر تنش بر میزان تولید شیر در کل فصل تابستان ابتدا مقدار THI در روزهای تابستان کل دوره محاسبه و نمودار تغییرات $THI_4$، در طی تابستان‌های سال‌های ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۲ رسم گردید (شکل ۳). خط چین افقی نشان داده شده در شکل معرف آستانه شروع تنش دما-رطوبت (THI>۷۵) می‌باشد. بررسی نمودار نشان داد که به طور کلی در دو ماه ابتدایی فصل تابستان یعنی دو ماه تیر و مرداد، در بیشتر موارد شاخص دما-رطوبت از حد آستانه بالاتر بوده و که منجر به کاهش تولید شیر می‌شود. با این حال در شهریور ماه این شاخص در بیشتر موارد از حد بحرانی کمتر بوده و لذا کاهش تولید مشاهده نمی‌شود. پس از مشخص نمودن شاخص THI روزانه و روزهایی که شرایط تنش‌زا حکم‌فرما بوده است، در مرحله‌ی بعد با استفاده از معادله ۱۰ میزان تولید شیر تحت شرایط تنش تخمین زده شد، سپس میزان شیر به دست آمده، تحت شرایط تنش و به کمک معادله (۱۰)، از متوسط تولید شیر در شرایط نرمال (THI<75) کسر گردیده و این اختلاف به‌عنوان کاهش تولید شیر در اثر تنش دما-رطوبت در نظر گرفته شد.

نتایج به دست آمده، نشانگر کاهش تولید شیر یک رأس گاو دوشا در طی فصل تابستان می‌باشد (فصل همراه با تنش دما-رطوبت و کاهش تولید)، که بیانگر افت تولید شیر و در نتیجه خسارت وارده می‌باشد. با این حال این نکته را بایستی مد نظر قرار داد که خسارت وارده به گاوداری، به تعداد گاوهای دوشا در آن گاوداری وابسته می‌باشد، چه بسا کاهش کم تولید با تعداد رأس گاو دوشای بالا خسارت زیادی را به یک گاوداری وارد می‌کند. بنابراین به منظور برآورد دقیق‌تر خسارت وارده به گاوداری در اثر افزایش درجه حرارت، تعداد گاوهای دوشای گاودرای در هر سال تعیین شده و به کمک آن کل خسارت وارد شده در اثر کاهش تولید شیر به گاوداری محاسبه گردید.

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که میزان کاهش تولید شیر در سال‌های متوالی متفاوت می‌باشد، که این امر به شرایط آب و هوایی در آن سال و تعداد روزهای با THIهای بالاتر از ۷۵ وابسته می‌باشد. نتایج نشان داده است که در طی ۷ سال آماری مورد بررسی، کمترین تنش گرمایی در سال ۱۳۸۷ رخ داده است، با این حال میزان کاهش شیر به ازای هر رأس گاو دوشا در طی فصل تابستان بیش از ۱۰۰ کیلوگرم شیر بوده است. به عبارت دیگر هر گاو دوشا روزانه در حدود ۱ لیتر شیر کاهش تولید داشته است. این کاهش تولید ۱ لیتری در بررسی اولیه ممکن است ناچیز به نظر برسد اما با در نظر گرفتن ۴۴۴ راس گاو شیری، در این سال در حدود ۴۴ تن شیر کمتر تولید شده است، که به نوبه خود رقم قابل توجهی می‌باشد. بیشترین میزان

1- Root mean square error
2- Mean bias error

کاهش تولید شیر به ازای هر رأس گاو در سال ۱۳۹۲ مشاهده شد که در این سال به طور متوسط در طی فصل تابستان، ۱۳۸/۳ لیتر از متوسط شیر تولید شده توسط هر رأس گاو دوشا کاسته شد، که با توجه به ۵۱۸ رأس گاو دوشا در این سال در حدود ۷۲ تن شیر در اثر تنش دما–رطوبت از دست رفت (جدول ۳). در شکل (۳) نیز به خوبی تفاوت میان شاخص THI تابستانه در دو سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود در سال ۱۳۸۷، تقریبا در نیمی از فصل تابستان شرایط بدون تنش حاکم بوده و THI کمتر از ۷۵ می‌باشد، در حالی که در سال ۱۳۹۲، به جز چند روز در اکثر مواقع گاوها تحت شرایط تنش بوده و دما و رطوبت نامناسبی را تحمل کرده‌اند.




**شکل ۳-** تغییرات شاخص THI طی تابستان
خط چین افقی نشان دهنده آستانه شروع تنش (THI=۷۵) است.
**Figure 3-** THI variation during summer time
Horizontal line represents the threshold stress (THI=75).

همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌شود، تعداد رأس گاوهای دوشا نیز اثر مستقیمی بر کاهش کل تولید شیر دارند. میزان کاهش تولید شیر در سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۱ به ازای یک رأس گاو شیری تقریبا یکسان بوده و حتی کاهش سرانه تولید شیر در سال ۱۳۸۶ کمی بیشتر می‌باشد (۱۲۶/۱ در سال ۱۳۸۶ در برابر ۱۲۲/۳ در سال ۱۳۹۱)، با این حال با توجه به این که در سال ۱۳۹۱ تعداد رأس گاوهای دوشا تنها ۱۵ رأس بیشتر از سال ۱۳۸۶ بوده است، کاهش تولید شیر در سال ۱۳۹۱، ۲۱۶ لیتر بیشتر از سال ۱۳۸۶ می‌باشد. این تفاوت تنها به علت اختلاف ۱۵ رأس گاو به وجود آمده است، در نظر بگیرید تحت شرایطی که تعداد رأس گاو در یک گاوداری در طی سال افزایش چشمگیری یابد و با بالا رفتن درجه حرارت و رطوبت محیط، تنش گرمایی نیز افزایش یابد، این خسارت می‌تواند بسیار زیان بخش باشد. در نهایت می‌توان این گونه بیان کرد که اگر در طی ۷ سال مورد بررسی، گاوها هیچ تنش گرمایی و رطوبتی را تجربه نکرده بودند، در حدود ۴۰۱ تن شیر بیشتر تولید شده بود.

**جدول ۳**- برآورد کاهش تولید شیر بر اثر تنش گرمایی در فصل تابستان
**Table 3-** The estimated decline in milk production due to heat stress during the summer time

| سال Year | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| میانگین کاهش شیر به ازای هر راس گاو دوشا (کیلوگرم) Average reduction in milk per cow (kg) | 126.1 | 100.5 | 136.9 | 106.4 | 137.9 | 122.3 | 138.3 |
| متوسط تعداد راس گاو دوشا Average number of milking cows | 426 | 444 | 427 | 464 | 502 | 441 | 518 |
| مجموع کاهش تولید شیر (کیلوگرم) Total loss in milk production (kg) | 53718.6 | 44622 | 58456.3 | 49369.6 | 69225.8 | 53934.3 | 71639.4 |

## نتیجه گیری کلی

در این تحقیق ارتباط تولید شیر در یک گاوداری صنعتی مشهد با ۸ شاخص مختلف برآورد تنش دما-رطوبت به صورت روزانه بررسی شد و نتایج نشان داد که فقط داده‌های ثبت شده در فصل تابستان به طور معکوس ارتباط معنی‌داری با داده‌های تولید شیر دارند. همچنین $THI_4$ که از روی دمای خشک و دمای نقطه شبنم محاسبه می‌شود مناسب‌ترین شاخص برای برآورد تنش مرتبط با داده‌های تولید روزانه شیر می‌باشد. به‌علاوه در این تحقیق برای اولین بار در ایران حد آستانه ورود به تنش بر اساس رکورد تولید شیر گاوهای گاوداری مورد مطالعه قرار گرفته و تصحیح گردید. نتایج نشان داد که به جای آستانه ۷۰، تأثیر تنش بر تولید شیر از THI ۷۵ شروع می‌شود. برای تخمین خسارت کلی ناشی از تنش در کل دوره معادله برآورد تولید تحت تنش ارزیابی شد که خطای قابل قبولی داشت. نتایج محاسبه THI در طی یک دوره هفت ساله تابستانه، نشان داد که گاوهای گاوداری صنعتی مشهد بیشتر دو ماه اول تابستان شرایط تنش گرمایی را تحمل می‌کنند و ماه آخر کمتر تحت تنش قرار دارند. البته در مورد سال ۱۳۸۷ که کمترین خسارت ناشی از تنش گرمایی به گله وارد شده بود تقریبا نیمه دوم فصل تابستان تنش گرمایی به گاوها وارد نشده بود ولی در مقابل تابستان سال ۹۲ که بیشترین خسارت ناشی از تنش گرمایی را به همراه داشت، تقریبا در کل تابستان گاوها شرایط تحت تنشی را تحمل کرده‌اند. نتایج ارزیابی کلی خسارت نشان داد که در سال‌های مورد بررسی سالانه حداقل ۵۳ تن و حداکثر ۷۲ تن و به طور متوسط ۵۷ تن کاهش تولید شیر، ناشی از شرایط تنش گرمایی به گاوداری مورد مطالعه تحمیل شده است که با در نظر گرفتن قیمت ۱۰۰۰ تومان برای هر کیلوگرم شیر سالانه این گاوداری حدودا ۵۷ میلیون تومان ضرر متحمل شده است که البته با توجه به تغییر اقلیم و افزایش گرمای جهانی و افزایش احتمالی تعداد روزهای تحت تنش گرمایی، احتمال افزایش خسارت به گاوداری‌ها وجود دارد. با توجه به کاهش بیشتر تولید شیر در سال‌های اخیر به نظر می‌رسد تأثیر تنش دما رطوبت بر کاهش تولید شیر در سال‌های آتی افزایش می‌یابد که البته نظر قطعی در این خصوص به مطالعات در سال‌های بیشتری نیاز دارد. بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آینده میزان کاهش تولید شیر با داده‌های جهانی تغییر اقلیم بررسی شود و از سوی دیگر پرورش دهندگان می‌باید جهت کاهش خسارت ناشی از تنش گرمایی اقدامات لازم را در تأسیسات به منظور خنک کردن گاوها صورت دهند.

## منابع


1- Allen, R. G., L. S. Pereira., D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
2- Ashutosh, R., R. Rani, and M. Gohain. 2013. Impact of climate change on Reproductive Functions of Murrah Buffaloes. Journal of Animal Plant Science, 22: 234-238.
3- Berman, A., J. Allen. 2003. Effects of body surface area estimates on predicted energy requirements and heat stress. Journal of Dairy Science, 86: 3605-3610.
4- Bianca, W. 1962. Relative importance of dry-and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. Nature, 195: 251-252.
5- Brügemann, K., E. Gernand., U. K. von Borstel, and S. König. 2012. Defining and evaluating heat stress thresholds in different dairy cow production systems. Archiv Tierzucht, 55(1):13-24.
6- Bryant, J.R., L.R. Matthews, and J. Davys. 2010. Development and application of a thermal stress model. Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium.
7- Dikmen, S, and P. J. Hansen. 2008. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. Journal of Dairy Science, 92: 109-116.
8- Fiedler, M., G. Hoffmann., K. Kristina., Bobrutzki, V, and A. Matzarakis. 2010. Biometeorological investigations in dairy cow sheds. Page 113 in Proc. 7th Conference in Biometeorology. Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Germany.
9- Fitzgerald, R. F., K. J. Stalder., J. O. Matthews., C. M. Schultz Kaster, and A. K. Johnson. 2009. Factors associated with fatigued, injured, and dead pig frequency during transport and lairage at a commercial abattoir. Journal of Animal Science, 87: 1156-1166.
10- Grzych, M. 2014. Cattle Stress Index Description. Available at http://www.wxforecastnow.com/wxbase/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=18.
11- Herbut, P, and S. Angrecka. 2012. Forming of temperature-humidity index (THI) and milk production of cows in the free-stall barn during the period of summer heat. Animal Science Papers and Reports, 30(4): 363-372.
12- Key, N, and S. Sneeringer. 2012. The potential effects of climate change on the productivity of U.S. dairies. Agricultural & Applied Economics Association's Annual Meeting, Seattle, WA.

13- Mader, T. L., M. S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of Animal Science, 84: 712:719.
14- NRC. 1971. A guide to environmental research on animals. National Academic Science. Washington, DC.
15- Rhoads, M. L., M. J. Van Baale, and Sanders, R. 2009. Effect of heat stress and plane of nutrition on Lactating Holstein cows. Journal Dairy Science, 92:1986-1997.
16- Samal, L. 2013. Heat Stress in Dairy Cows- Reproductive Problems and Control Measures. International Journal of Livestock Research, 3(3): 14-23.
17- Schutz, K. E, and A. R. Rogers. 2011. Dairy Cattle Prefer Over Sprinklers. Journal Dairy Science, 94: 273-283.
18- St-Pierre, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of Dairy Science, 86: E52–E77.
19- Taghavi, H., A. A. Nasierian, 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: 295-303. (In Persian).
20- Tom, E. C. 1959. The discomfort index. Weatherize, 12: 57-59.
21- West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. Journal of Dairy Science, 86: 2131–2144.
22- Yousef, M. K. 1985. Stress Physiology in Livestock. Vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 9, No. 4, Winter 2018, p. 507-516

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۹، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۵۱۶-۵۰۷

# Determination of the Most Appropriate Temprature-Humidity Index on Daily Milk Production in a Large Industrial Farm in Mashhad

**M. Mohajerpour[1]- A. Alizadeh[2*]- S. M. Mousavi Bayegi[2]- A. A. Naserian[2]- M. T. Shakeri[3]**

Received: 09-07-2016
Accepted: 23-10-2016

**Introduction** Animal performance can be affected by the weather condition. Nowadays, study the effect of weather conditions on plants, animals and all living being is an interdisciplinary science, which has a great effect on the quality and quantity of their products. In order to survive and maintain their physiological activities, body temperature of warm-blooded animals should remain in a specific range. Therefore in warm days, in order to restrain their body temperature in an optimized range, their transpiration, breathing and heart beat raises, while the feeding rate decrease. Meanwhile, if the relative humidity was high, the cooling reaction does not response well and therefore animals' body temperature raises, which puts animals under the heat stress. Subsequently, problems such as feeding rate and animal production reduction, reproductive problems, and increase in the rate of getting sick occur. In this regard, researches have shown that air temperature and environmental humidity are two key parameters in cows' heat stress. To evaluate and assess the heat stress, most of the researchers use Temperature Humidity Index (THI). Numerous equations have been proposed for THI calculation, each having coefficients to be calibrated in different regions, which in return make their application confusing. The aim of this study is to determine the best THI equation for dairy industry in Mashhad region, and also find the reduction in milk production during the heat stress period.

**Materials and Methods** The meteorological data (daily wet and dry bulb and relative humidity records) were obtained from Iran meteorological organization. THI was calculated by 8 common equations for seven consecutive years (2007-2013). The daily milk production data was also obtained from improvement center of milk production in Karaj. Then the relationship between daily milk production and 8 obtained THI were calculated for both annual and seasonal time scale. At that point by using the correlation coefficients and P-value the best equation to determine THI was chosen. Finding the best THI equation for the study area, led to find a warning heat stress point. At the end, daily milk production during the heat stress was calculated and milk production reduction was estimated during the heat stress time.

**Results and Discussion** Results indicated that there was no significant correlation between annual milk production and obtained THI. Also the relationship between THI and milk production in seasonal scale (spring, fall and winter) was not significant. Nevertheless, only daily milk production in summer had a significant relationship with temperature-humidity index, which was negative. This means that daily milk production decreases as THI increases. Among 8 investigative equations, the forth equation (which calculate THI by using dry bulb and dew point temperature) had the best correlation coefficient and P-value with daily milk production. By definition the break point in summer daily THI and milk production, the heat stress warning point for Mashhad dairy industry was found. The results showed that when THI rises above 75, the milk production significantly decreases. To calculate the milk reduction corresponding to THI increase, the relationship between milk production and THI was estimated more than 75. Then by subtracting the calculated THI from average milk production in a non-stress day, the loss of milk production were calculated for each cow. Then by multiplying one cow milk lost, by the number of cows, the final milk production loss were calculated for each year. The results showed that the temperature humidity stress had a greatest effect on milk production, so that during a summer time, each cow averagely produce 138.8 liter milk less than usual. This amount is also equal to 1.5 liter milk per a day. During a 7 years period investigation, the total milk loss was calculated 401 ton.

1- PhD student of Agricultural Meteorology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
2- Professor of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
3- Professor of Medical, Mashhad University of Medical Sciences.
(*- Corresponding Author Email: alizadeh@gmail.com)

**Conclusion** In conclusion, raising air temperature can cause a heat stress and a reduction in milk production. When the heat comes with high relative humidity, these effects highlighted and cows were under enormous stress therefore their body temperature transpiration, breathing and heart beat raise, while the feeding rate decrease, and as a result of that milk production reduced which can cause a great damage in diary industry.

**Keywords:** Environmental factors, Milk production reduction, Temperature-Humidity Stress, THI.