نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۰۳-۲۹۵

Iranian Journal of Animal Science Research
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 295-303

تعیین دوره‌های بحرانی آب و هوایی در مدیریت گاوهای شیری شمال شرق ایران با استفاده از شاخص رطوبتی-دمایی (THI)

حمید تقوی[1*]- عباسعلی ناصریان[2]- رضا ولی زاده[2]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۲/۱۱
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۶/۲۴

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی امکان پیش‌بینی وقوع تنش گرمایی در گاوهای شیری و تعیین دوره‌های بحرانی آب و هوایی انجام شد. رایج‌ترین شاخص جهت برآورد میزان تنش گرمایی در گاوهای شیری، شاخص رطوبتی-دمایی (THI) است. در این مطالعه، شاخص THI یوسف (۱۹۸۵) برای تجزیه و تحلیل اثرات دما و رطوبت مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های هواشناسی از ایستگاه تحقیقات هواشناسی شمال شرق ایران گرفته شد. پس از محاسبه THI، تغییرات آن به کمک نمودارهای پراکندگی بررسی و مقادیر THI توسط طرح فاکتوریل دو عاملی آنالیز شد. از نظر آماری، تغییرات THI روند ثابتی در طول سال داشتند. اثرات سال معنی دار بود و میانگین‌های ماهانه THI تفاوت‌های معنی داری در طول سال داشتند. بالاترین مقادیر THI در ماه جولای (۱۱ تیر تا ۱۰ مرداد) بدست آمد که مقادیر THI در بسیاری ساعات بالاتر از مقادیر آستانه احتمال وقوع تنش حرارتی بود. همچنین تعداد ۱۸۶۲۹۱ رکورد تولید شیر یک گاوداری بزرگ صنعتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اطلاعات بدست آمده نشان داد که تولید شیر نیز روندی ثابت، اما مخالف تغییرات THI در طول سال داشت؛ به نحوی که با افزایش مقدار THI و عبور آن از مقادیر آستانه احتمال وقوع تنش گرمایی، میزان تولید شیر کاهش یافته و در ماه جولای به کمترین مقدار خود می‌رسید. به طور کلی شاخص THI جهت تعیین دوره‌های بحرانی آب و هوایی و پیش بینی احتمال وقوع تنش گرمایی در گاوهای شیری مؤثر بوده و می‌تواند راهنمای مناسب گاوداران جهت انجام به موقع اقدامات پیش‌گیرانه باشد.

واژه های کلیدی: شاخص رطوبتی دمایی (THI)، گاو شیری، تنش گرمایی، تولید شیر.

مقدمه

گاوها توانایی سازگاری مناسبی با تغییرات دما دارند. تغییرات دما در دامنه ۰/۵- تا ۲۰+ درجه سانتیگراد اثرات کمی بر تولید شیر دارد. به نظر می رسد حداکثر دمای بحرانی در گاوهای شیری ۲۶-۲۵ درجه سانتیگراد (۲۴) یا ۲۷-۲۴ درجه سانتیگراد (۸) باشد. بیان دامنه-های دمایی مختلف به این علت است که درجه حرارت واقعی در گاو به چندین فاکتور شامل تولید شیر، آبستنی، جریان هوا در اطراف حیوان، رطوبت نسبی هوا و میزان سازگاری حیوان با محیط بستگی دارد(۸).

ارتباط میان درجه حرارت و رطوبت به جهت حفظ آرامش دام و افزایش تولیدات حیوان حائز اهمیت است. کاهش دما همزمان با افزایش رطوبت ممکن است شرایط بسیار خطرناکی در دام ایجاد کند. هنگامی که درجه حرارت محیط پایین است گاو گرمای بیشتری به محیط منتشر می کند. در این هنگام حیوان تولید گرما را افزایش داده و غذای بیشتری مصرف می کند تا کاهش انرژی بدن را جبران نماید. در شرایط رطوبتی هنگامی که حیوان بیش از حد گرم شود، ممکن است دچار عفونت های تنفسی و پستانی گردد. از طرف دیگر درجه حرارت بالا و رطوبت نسبی پایین نیز ممکن است غشاهای موکوسی را دهیدراته نماید و سبب افزایش آسیب پذیری بافت ها نسبت به باکتری‌ها و و یروس‌ها گردد. افزایش تولید شیر سبب افزایش تولید حرارت داخلی در گاو می شود که حرارت اضافی تولید شده باید به نحوی از بدن دفع شود. این امر زمانی که درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا بالاست دشوار خواهد بود و در نتیجه دمای بدن حیوان افزایش یافته و تنش گرمایی در دام اتفاق خواهد افتاد (۵ و ۲۴).

تنش گرمایی به صورت مجموعه عواملی خارجی (درجه حرارت،

۱- دانشجوی دکتری تغذیه نشخوارکنندگان گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،
۲- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*-نویسنده مسئول: Email:hamid.taghavi2007@gmail.com)

رطوبت، تابش خورشید و سرعت باد) که سبب تغییر دمای بدن نسبت به دمای ثابت بدن می گردد تعریف مـی شـود (۱۱، ۲۳ و ۲۴). تـنش گرمایی دارای اثـرات زیـان آوری بـر تولیـد، تولیـد مثـل و سـلامتی گاوهای شـیری مـی باشـد (۱۵، ۱۹ و ۲۴). در طـی تـنش گرمـایی، مصرف خوراک ۸ تا ۱۲ درصد یا بیشتر کاهش می یابد. ایـن کـاهش مصرف خوراک موجب کاهش تولید اسیدهای چرب فـرار در شـکمبه شده و در نتیجه تولید شیر کاهش می یابد. علوفه ها نسبت بـه جیـره ی غلات گرمای بیشتری تولید می کنند که در نتیجـه سـبب تشـدید شرایط تنش گرمایی و کاهش مصرف علوفه مـی شـوند. بـا کـاهش مصرف علوفه، ترکیب شکمبه تغییر یافته و موجب اسـیدوز و کـاهش مقدار چربـی شـیر مـی گـردد (۲).افـزایش دمـا از ۳۴ بـه ۴۰ درجـه سانتیگراد و رطوبت از ۵۰ به ۸۰ درصـد، سـبب کـاهش بـیش از ۲۵ درصد تولید شیر در گاوهـا شـده اسـت (۶، ۱۲ و ۲۱). تـنش گرمـایی دارای اثرات نامناسبی بر سیستم هورمونی و بـاروری گـاو مـی باشـد (۱۸) که سبب کاهش نرخ آبستنی، افزایش تعداد روزهای باز و کاهش نرخ گوساله زایی گاوهای شیری مـی گـردد (۱۷). از آنجـایی کـه در بیشتر نقاط ایران، آب و هوای گرم وخشک وجـود دارد امکـان تـنش حرارتی بر اثر افزایش درجه حـرارت خصوصـاً در تابسـتان وجـود دارد (۱). در سال‌های اخیر به علت اصـلاحات ژنتیکـی صـورت گرفتـه در جهت افزایش تولید شیر و در نتیجه افزایش تولید حرارت متابولیکی و همچنین به علت تغییرات اقلیمی و گرم شـدن تـدریجی کـره زمـین، احتمال وقوع تنش گرمایی در گاو های شیری افزایش یافته اسـت (۵ و ۱۵). یکی از مباحث مهم در پرورش دام استفاده از اطلاعـات آب و هوایی و اقلیمی جهت مـدیریت گلـه مـی باشـد (۱۴). شـاخص‌هـای متفاوتی برای برآورد مقدار تنش گرمایی در گاوهای شیری ارائه شـده است. رایج ترین شاخص، شاخص رطوبتی–دمایی[1] (THI) اسـت کـه برای برآورد تنش گرمایی از دمای خشک[2] (T_{db}) و دمـای تـر[3] (T_{wb}) استفاده می کنـد(۴، ۱۱ و ۲۳).شـاخصTHIشـاخص مناسـبی جهـت برآورد اثرات توام دما و رطوبت در ارتباط با سطح تنش حرارتی است. با وجود اینکه این شاخص از داده‌های حیوانی استفاده نمی کند و فقط با استفاده از داده‌های دمایی فرموله شـده اسـت، امـا بـا دمـای بـدن گاوهایی که در معرض تنش گرمایی می باشند همبستگی بالایی دارد (۹، ۱۳ و ۱۶). با توجه به اعداد بدست آمده از شاخص THI ، ۵ ناحیه آسایش حرارتی مختلف برای گاوهای شیری تعریف شده است: سطح A: THI< ۷۲ ، عدم ایجاد تنش گرمایی؛ سطح B: ۷۲–۷۸ = THI ، تنش متوسط؛سطح C: ۷۸–۸۹ = THI ، تنش شدید؛ سـطح D: ۹۸–۸۹ = THI ، تنش خیلی شدید و سطح E: THI≥۹۸ ، مرگ حیـوان (۲۰).اگرچه تنش گرمایی اجتناب ناپذیر است، اما با پیش بینی احتمال وقوع تنش گرمایی در شـرایط مختلـف رطـوبتی–دمـایی و مـدیریت مطلوب گله می توان اثرات نامطلوب آن را بـه حـداقل رسـاند.تاکنون درمورد استفاده از شاخص THI در گاوهای شیری ایران و بخصـوص گاوهای شمال شرق ایران اطلاعات زیادی وجود ندارد. هـدف از ایـن مطالعه تعیین شاخصTHIدر منطقه شمال شرق ایران بـا اسـتفاده از داده‌های هواشناسی سال هـای ۲۰۱۱–۲۰۰۵ مـیلادی(۱۳۹۰–۱۳۸۳ شمسی) جهت بررسی میزان احتمال وقوع تنش گرمـایی و توزیـع آن در ماه‌های مختلف سال و در نهایت تعیـین دوره‌هـای بحرانـی آب و هوایی در طول سال جهت مدیریت پرورش گاوهای شیری می باشد.

مواد و روش ها

در این مطالعه از داده‌های هواشناسی ایستگاه سـینوپتیک مشـهد استفاده شد که این داده‌ها از مرکز تحقیقات هواشناسی شـمال شـرق ایران (مشهد) جمع آوری گردید. اطلاعات شامل دمای خشـک(T_{db})، دمای تر(T_{wb})، رطوبـت نسـبی[4] (RH) و نقطـه شـبنم[5] (T_{dp})(حـاوی اطلاعات رطوبتی) بودند که هر روز ۸ مرتبه و در سـاعت هـای ۰، ۳، ۶، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۱ به وقت گرینویچ و در حدفاصل سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۰۵ میلادی (۱۳۹۰–۱۳۸۳ شمسی) اندازه‌گیری شده بودنـد.پس از بررسی منابع مختلف از میان شاخص‌های THI، شاخص THI یوسف (۱۹۸۵) (معادله ۱) که اطلاعات صحیح‌تـری ارائـه مـی نمایـد بـرای انجام محاسبات انتخاب گردید (۱۱). (کلیـه دماهـا بـر حسـب درجـه سانتیگراد اندازه گیری و ارائه شده اند).

$$THI = T_{db} + (0.36 \times T_{dp}) + 41.2 \qquad \text{THI (معادله ۱)}$$

شاخص رطوبتی–دمایی :THI

T_{db}:دمای خشک

T_{dp}:نقطه شبنم

با استفاده از نرم افزار اکسل مقادیر THI در ساعات مختلـف هـر روز محاسبه گردید و میانگین‌های ماهانه و سالانه THIبدست آمـد و تغییراتTHI در ماه‌های مختلـف در طـول سـال و میـان سـال‌هـای مختلف با استفاده از نمودارهای پراکندگی بررسی گردید.سـپس بـرای محاسبه تغییرات THI بین سال‌های مختلـف و در طـول سـال (بـین ماه‌های مختلف)، از رویه مـدل خطـی عمـومی نـرم افـزار SAS(۲۲) استفاده شد. مقادیرTHI توسط طرح فاکتوریـل دو عـاملی بـر مبنـای طرح کاملاً تصادفی، شامل اثرات سال و مـاه مـورد تجزیـه و تحلیـل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش دانکن انجام شد.

همچنین بـه منظـور بررسـی صـحت اطلاعـات بدسـت آمـده از شاخص THI، تعداد ۱۸۶۲۹۱ رکورد شیر تولیدی از گـاوداری بـزرگ صنعتی کنه بیست رضوی با ظرفیـت ۲۲۰۰ رأس گـاو هلشـتاین کـه

1-Temperature-Humidity Index (THI)
2-Dry bulb temperature (Tdb)
3-Wet bulb temperature (Twb)

4-Relative Humidity (RH)
5-Dew point temperature (Tdp)

نزدیک‌ترین فاصله را با ایستگاه سینوپتیک هواشناسی مشهد دارد طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این داده‌ها از معاونت امور دام سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی جمع آوری گردید که پس از نرمال نمودن داده‌ها توسط نرم افزار SAS برای محاسبه میانگین تولید شیر ماهانه و سالانه و رسم نمودار های پراکندگی طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

۱-شاخص THI

پس از محاسبه مقادیر THI در ساعات مختلف روز (طبق معادله یوسف، (۱۹۸۵))، جهت بررسی تغییرات THI در طول سال و میان سال‌های مختلف، مقادیر میانگین‌های ماهانه و سالانه THI محاسبه گردید (جدول ۱) و سپس روند تغییراتمیانگین‌های ماهانه و سالانه THIدر طول سال و طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی (۱۳۹۰-۱۳۸۳شمسی) ترسیم شد(نمودارهای۱و ۲).اطلاعات بدست آمده نشان می دهد اثرات سال معنی دار بوده امامیانگین های سالانهTHI میان سال های مختلف روند ثابتی در جهت کم یا زیاد شدن ندارند که این نشان دهنده عدم تغییرات منظم THI در طول سال‌های مختلف می باشد. میانگین‌های ماهانه THI تفاوت‌های معنی‌داری را نشان می دهندو در طول هر سال روند ثابتی دارند که بیانگر تغییرات پیوسته و منظم THI در طول سال می باشد.همان طور که در نمودار ۲ مشاهده می شود روند تغییرات میانگین‌های ماهانهTHI سال‌های مختلف مشابه می باشد که نشان دهنده روند ثابت تغییر THIو توزیع نرمال آن در طول سال می باشد.بالاترین مقادیرTHI در ماه جولای (۱۱ تیرماه تا ۱۰ مردادماه)مشاهده می شود (میانگینTHI(تنش متوسط) = ۷۱/۳۰) که مقادیر THIدر بسیاری از ساعات بالاتر از مقادیر آستانه احتمال وقوع تنش حرارتی است.این نتایج با نتایج بدست آمده توسط سی دی لا کاسا و همکاران در سال ۲۰۰۳ میلادی در آرژانتین مطابقت دارد؛ آنها بیان نمودند که از نظر آماری توزیع THI در طول سال نرمال می باشد (۱۰).

مقادیر سالانهسطوح مختلف THI در گاوهای شیری طی سالهای ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی (طبق معادله یوسف (۱۹۸۵)) در جدول ۲ ارائه شده است.میانگین تعداد روزهایی که در این سال هاTHI در طول سال در سطوح B و C قرار دارد به ترتیب برابر ۳۶/۹۵و ۵/۲۶ روز می باشد(جدول ۲)؛ یعنی به طور متوسط در طول سال در ۳۶/۹۵ روز تنش گرمایی متوسط و در ۵/۲۶ روز تنش گرمایی شدید وجود دارد. مقادیر تنش خیلی شدید و تنش منجر به مرگ در کل سال صفر بوده است.

مقادیر ماهانه سطوح مختلف THI در گاوهای شیری در طول سال طی سالهای ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی (طبق معادله یوسف (۱۹۸۵)) در جدول ۳ ارائه شده است.همانطور که مشاهده می شود مقادیرماهانه سطوح مختلف THI در سال‌های مختلف بسیار نزدیک به یکدیگر می باشد و محدوده های زمانی بحرانی از نظر ایجاد تنش گرمایی (مجموع سطوح B، C، D و E با THI> ۷۲) درماه های جون، جولای و اگوست (۱۲ خردادماه تا ۱۰ شهریورماه) بیش از سایر ماه‌ها می باشد و در نتیجه احتمال وقوع تنش گرمایی در گاوهای شیری در این ماه‌ها بالاتر است.

جدول ۱- مقادیرمیانگین های ماهانه و سالانهTHIطبق معادله یوسف (۱۹۸۵) طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی

سال میلادی(شمسی)	ماه میلادی (شمسی)												میانگین سالانه[۱و۲]
	ژانویه (دی-بهمن)	فوریه (بهمن-اسفند)	مارس (اسفند-فروردین)	آوریل (فروردین-اردیبهشت)	می (اردیبهشت-خرداد)	جون (خرداد-تیر)	جولای (تیر-مرداد)	اگوست (مرداد-شهریور)	سپتامبر (شهریور-مهر)	اکتبر (مهر-آبان)	نوامبر (آبان-آذر)	دسامبر (آذر-دی)	
(۱۳۸۴-۱۳۸۳)۲۰۰۵	۴۳/۸۳	۴۲/۹۲	۵۴/۱۱	۵۸/۲۷	۶۳/۵۷	۷۰/۱۹	۷۲/۴۹	۶۹/۰۲	۶۵/۳۳	۵۷/۳۵	۵۰/۳۳	۴۷/۲۰	۵۷/۹۷^{bc}
(۱۳۸۵-۱۳۸۴)۲۰۰۶	۳۸/۴۰	۴۹/۹۳	۵۲/۹۲	۶۰/۴۹	۶۷/۰۳	۷۰/۲۵	۷۱/۰۹	۶۹/۱۰	۶۲/۴۸	۶۳/۱۲	۵۱/۶۴	۴۳/۲۶	۵۸/۳۵^{a}
(۱۳۸۶-۱۳۸۵)۲۰۰۷	۴۲/۹۷	۴۶/۷۱	۴۹/۷۷	۶۱/۶۵	۶۴/۶۶	۷۰/۲۵	۷۱/۸۰	۶۸/۶۶	۶۲/۸۲	۵۳/۰۲	۵۲/۰۶	۴۳/۷۶	۵۷/۳۹^{d}
(۱۳۸۷-۱۳۸۶)۲۰۰۸	۳۰/۱۷	۴۰/۲۷	۵۵/۵۶	۶۰/۱۲	۶۶/۵۶	۶۹/۶۲	۷۰/۷۶	۶۷/۴۲	۶۳/۰۰	۵۷/۴۴	۴۸/۰۰	۴۴/۹۶	۵۶/۲۰^{e}
(۱۳۸۸-۱۳۸۷)۲۰۰۹	۴۳/۴۴	۴۸/۴۶	۵۳/۶۳	۵۴/۸۲	۶۵/۹۹	۶۸/۲۴	۷۱/۴۱	۷۰/۳۳	۶۴/۱۳	۵۵/۲۳	۴۹/۷۸	۴۷/۲۵	۵۷/۷۹^{c}
(۱۳۸۹-۱۳۸۸)۲۰۱۰	۴۶/۰۸	۴۶/۳۰	۵۳/۹۰	۵۹/۹۶	۶۵/۶۱	۶۹/۷۵	۷۰/۷۲	۶۸/۰۹	۶۱/۶۵	۶۰/۹۷	۵۰/۲۸	۴۴/۳۰	۵۸/۲۰^{ab}
(۱۳۹۰-۱۳۸۹)۲۰۱۱	۴۳/۱۵	۴۶/۹۴	۵۰/۰۲	۵۹/۰۰	۶۷/۵۷	۷۱/۱۷	۷۰/۸۰	۷۰/۱۹	۶۴/۳۶	۵۷/۵۶	۴۷/۳۶	۴۱/۵۶	۵۷/۲۲^{d}
میانگین ۲۰۱۱-۲۰۰۵[۱و۳]	۴۱/۱۵^{l}	۴۵/۳۶^{j}	۵۲/۸۴^{h}	۵۹/۱۹^{f}	۶۵/۸۶^{d}	۶۹/۹۲^{b}	۷۱/۳۰^{a}	۶۸/۹۷^{c}	۶۳/۴۰^{e}	۵۷/۸۱^{g}	۴۹/۹۲^{i}	۴۴/۶۱^{k}	۵۷/۵۹

[۱]به علت تفاوت تعداد روزها در ماه ها و سال های مختلف، میانگین وزنی محاسبه گردیده است.

[۲]برای اثر سال مقدار P value برابر ۰/۰۰۰۱> و مقدار اشتباه استاندارد میانگین (SEM) برابر ۰/۱۱ می باشد.

[۳]برای اثر ماه مقدار P value برابر ۰/۰۰۰۱> و مقدار اشتباه استاندارد میانگین (SEM) برابر ۰/۱۴ می باشد.

میانگین هر ردیف و هر ستون با حروف غیرمشابه دارای اختلاف معنی دار می باشند (P<۰/۰۵).

جدول ۲–مقادیرسالانه سطوح مختلفTHIدرگاوهای شیری شمال شرق ایران طبق معادله یوسف (۱۹۸۵) طی سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۰۵ میلادی

سال میلادی(شمسی)	سطوح THI[1]				
	A (عدم تنش) (روز در سال)	B(تنش متوسط) (روز در سال)	C(تنش شدید) (روز در سال)	D (تنش خیلی شدید) (روز در سال)	E (مرگ) (روز در سال)
۲۰۰۵(۱۳۸۳–۱۳۸۴)	۳۲۲/۱۳	۳۶/۸۶	۶/۰۱	۰	۰
۲۰۰۶(۱۳۸۴–۱۳۸۵)	۳۲۰/۸۸	۳۷/۵۱	۶/۶۱	۰	۰
۲۰۰۷(۱۳۸۵–۱۳۸۶)	۳۲۱/۶۲	۳۸/۳۷	۵/۰۱	۰	۰
۲۰۰۸(۱۳۸۶–۱۳۸۷)	۳۳۱/۱۳	۳۳/۷۴	۱/۱۳	۰	۰
۲۰۰۹(۱۳۸۷–۱۳۸۸)	۳۲۱/۳۸	۳۹/۱۳	۴/۴۹	۰	۰
۲۰۱۰(۱۳۸۸–۱۳۸۹)	۳۲۶/۴۹	۳۲/۵۲	۵/۹۹	۰	۰
۲۰۱۱(۱۳۸۹–۱۳۹۰)	۳۱۶/۸۹	۴۰/۶۲	۷/۴۹	۰	۰
میانگین[2]	۳۲۲/۹۳	۳۶/۹۵	۵/۲۶	۰	۰

[1]سطح A: THI< ۷۲ ، عدم ایجاد تنش گرمایی؛ سطح B: ۷۲–۷۸ = THI ، تنش متوسط؛ سطح C: ۷۸–۸۹ = THI ،تنش شدید؛ سطح D: ۸۹–۹۸ = THI ، تنش خیلی شدید؛ سطح E: THI≥۹۸ ، مرگ حیوان

[2]به علت تفاوت تعداد روزهای سال در سال های مختلف، میانگین وزنی محاسبه شده است (سال کبیسه).

در تمامی سال‌ها به جز سال ۲۰۱۱، در ماه جولای (۱۱ تیرماه تا ۱۰ مردادماه) محدوده زمانی که THI در سطوح بحرانی تنش متوسط و شدید (سطوحB و C) قرار دارد بیشتراز سایر ماه‌هاست که با نتایج بدست آمده توسط آکیوز و همکاران در ترکیه در سال ۲۰۱۰ میلادی مطابقت دارد (۴). آکیوز و همکاران از شاخص THI جهت تعیین دوره‌های بحرانی آب و هوایی برای گاوهای شیری در طول سال استفاده کردند و بیان نمودند هنگامی که شاخص THI در ماه-های جون، جولای، اگوست و سپتامبر به بالای ۷۲ می رسد سبب کاهش تولید شیر، تغییر ترکیبات شیر، افزایش تعداد سلول های سوماتیک در شیر و فراوانی ورم پستان می گردد (۴). در سال ۱۳۹۰ هاشم‌زاده و همکاران نیز نشان دادند که اثر افزایش شاخص حرارتی رطوتی بر کاهش درصد چربی، پروتئین و دانسیته شیر معنی دار می باشد (۳).

با توجه به اینکه محدوده‌های زمانی بحرانی از نظر ایجاد تنش گرمایی درماه جولای بیش از سایر ماه‌ها می باشدمقادیر سطوح مختلف THI در این ماه طی سال‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. میانگین THI این ماه ۷۱/۳۰ می باشد که مقدار آن در سال‌های مختلف بسیار مشابه می باشد. در این ماه THI به طور متوسط در۱۱/۷۳ روز در محدوده B و در۲/۲۸ روز در محدوده C قرار دارد، یعنی به طور متوسط در طول این ماه در۱۱/۷۳ روز تنش متوسط و در ۲/۲۸ روز تنش شدید گرمایی وجود دارد.

۲-اثرات THI بر تولید شیر

پس از استاندارد نمودن رکوردهای تولید شیر، میانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر رأس گاو دوشا در ماه‌های مختلف سال طی سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۰۵ میلادی محاسبه گردید که نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است.

روند تغییرات سالانه THI و میانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر رأس گاو دوشاطی سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۰۵ میلادی در شکل ۱ ارائه گردیده است. با بررسی شکل و داده های جدول ۱ و ۵ مشخص می گردد که تغییرات THI و میانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر راس گاو دوشاطی سال‌های ۲۰۱۱–۲۰۰۵ میلادی روند ثابتی در جهت کم یا زیاد شدن ندارند که این نشان دهنده عدم تغییرات پیوسته و منظمTHIو تولید شیر در طول سال‌های مختلف می باشد.

جدول ۳- مقادیر ماهانه سطوح مختلف THI در گاوهای شیری شمال شرق ایران طبق معادله یوسف (۱۹۸۵) طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی

سال میلادی(شمسی)	ماه میلادی(شمسی)[1]	سطوح THI[2]				
		A (عدم تنش) (روز در سال)	B(تنش متوسط) (روز در سال)	C(تنش شدید) (روز در سال)	D (تنش خیلی شدید) (روز در سال)	E (مرگ) (روز در سال)
۲۰۰۵ (۱۳۸۳-۱۳۸۴)	آوریل(فروردین-اردیبهشت)	۲۹/۵۰	۰/۵۰	۰	۰	۰
	می(اردیبهشت-خرداد)	۳۰/۶۳	۰/۳۷	۰	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۱۸/۶۳	۹/۲۵	۲/۱۲	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۴/۱۲	۱۴/۲۵	۲/۶۳	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۲۰/۷۵	۹/۱۲	۱/۱۳	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۶/۵۰	۳/۳۷	۰/۱۳	۰	۰
۲۰۰۶ (۱۳۸۴-۱۳۸۵)	آوریل(فروردین-اردیبهشت)	۲۹/۰۰	۱/۰۰	۰	۰	۰
	می(اردیبهشت-خرداد)	۲۶/۷۵	۴/۲۵	۰	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۱۸/۵۰	۸/۶۳	۲/۸۷	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۷/۷۵	۱۰/۳۸	۲/۸۷	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۱۹/۷۵	۱۰/۳۸	۰/۸۷	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۸/۰۰	۲/۰۰	۰	۰	۰
	اکتبر(مهر-آبان)	۳۰/۱۳	۰/۸۷	۰	۰	۰
۲۰۰۷ (۱۳۸۵-۱۳۸۶)	آوریل(فروردین-اردیبهشت)	۲۹/۵۰	۰/۵۰	۰	۰	۰
	می(اردیبهشت-خرداد)	۲۶/۸۷	۴/۱۳	۰	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۱۸/۷۵	۹/۵۰	۱/۷۵	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۶/۱۳	۱۲/۳۷	۲/۵۰	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۲۱/۳۷	۹/۰۰	۰/۶۳	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۷/۰۰	۲/۸۷	۰/۱۳	۰	۰
۲۰۰۸ (۱۳۸۶-۱۳۸۷)	آوریل(فروردین-اردیبهشت)	۲۹/۳۸	۰/۶۲	۰	۰	۰
	می(اردیبهشت-خرداد)	۲۶/۱۲	۴/۸۸	۰	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۲۰/۶۲	۹/۰۰	۰/۳۸	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۸/۷۵	۱۱/۸۷	۰/۳۸	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۲۴/۳۸	۶/۲۵	۰/۳۷	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۸/۸۸	۱/۱۲	۰	۰	۰
۲۰۰۹ (۱۳۸۷-۱۳۸۸)	می(اردیبهشت-خرداد)	۲۶/۶۳	۳/۷۵	۰/۶۲	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۲۰/۵۰	۹/۲۵	۰/۲۵	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۶/۳۸	۱۲/۱۳	۲/۴۹	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۱۹/۰۰	۱۰/۸۷	۱/۱۳	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۶/۸۷	۳/۱۳	۰	۰	۰
۲۰۱۰ (۱۳۸۸-۱۳۸۹)	آوریل(فروردین-اردیبهشت)	۲۹/۸۷	۰/۱۳	۰	۰	۰
	می(اردیبهشت-خرداد)	۲۷/۲۵	۳/۵۰	۰/۲۵	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۱۹/۷۵	۸/۷۵	۱/۵۰	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۸/۰۰	۹/۸۸	۳/۱۲	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۲۳/۰۰	۶/۸۸	۱/۱۲	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۸/۳۷	۱/۶۳	۰	۰	۰
۲۰۱۱ (۱۳۸۹-۱۳۹۰)	آوریل(فروردین-اردیبهشت)	۲۹/۱۲	۰/۸۸	۰	۰	۰
	می(اردیبهشت-خرداد)	۲۵/۱۳	۵/۶۲	۰/۲۵	۰	۰
	جون(خرداد-تیر)	۱۶/۷۵	۱۱/۷۵	۱/۵۰	۰	۰
	جولای(تیر-مرداد)	۱۷/۷۶	۱۱/۲۵	۱/۹۹	۰	۰
	اگوست(مرداد-شهریور)	۱۸/۶۳	۸/۶۲	۳/۷۵	۰	۰
	سپتامبر(شهریور-مهر)	۲۷/۷۵	۲/۲۵	۰	۰	۰
	اکتبر(مهر-آبان)	۳۰/۷۵	۰/۲۵	۰	۰	۰

[1] ماه هایی که THI در کل ماه در سطح A بوده است ذکر نشده اند.

[2] سطح A: THI< ۷۲ ، عدم ایجاد تنش گرمایی؛ سطح B: ۷۸-۷۲ = THI ، تنش متوسط؛ سطح C: ۸۹-۷۸ = THI ،تنش شدید؛ سطح D: ۹۸-۸۹ = THI ، تنش خیلی شدید؛ سطح E: THI≥۹۸ ، مرگ حیوان.

جدول ٤- مقادیر سطوح مختلف THI در ماه جولای در گاوهای شیری شمال شرق کشور طبق معادله یوسف (۱۹۸۵) طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵

سال میلادی(شمسی)	ماه میلادی(شمسی)	سطوح THI[1]					میانگین THI
		A (عدم تنش) (روز در سال)	B(تنش متوسط) (روز در سال)	C(تنش شدید) (روز در سال)	D (تنش خیلی شدید) (روز در سال)	E (مرگ) (روز در سال)	
۲۰۰۵(۱۳۸۴-۱۳۸۳)	جولای(تیر-مرداد)	۱۴/۱۲	۱۴/۲۵	۲/۶۳	۰	۰	۷۲/۴۹
۲۰۰۶(۱۳۸۵-۱۳۸۴)	جولای(تیر-مرداد)	۱۷/۷۵	۱۰/۳۸	۲/۸۷	۰	۰	۷۱/۰۹
۲۰۰۷(۱۳۸۶-۱۳۸۵)	جولای(تیر-مرداد)	۱۶/۱۳	۱۲/۳۷	۲/۵۰	۰	۰	۷۱/۸۰
۲۰۰۸(۱۳۸۷-۱۳۸۶)	جولای(تیر-مرداد)	۱۸/۷۵	۱۱/۸۷	۰/۳۸	۰	۰	۷۰/۷۶
۲۰۰۹(۱۳۸۸-۱۳۸۷)	جولای(تیر-مرداد)	۱۶/۳۸	۱۲/۱۳	۲/۴۹	۰	۰	۷۱/۴۱
۲۰۱۰(۱۳۸۹-۱۳۸۸)	جولای(تیر-مرداد)	۱۸/۰۰	۹/۸۸	۳/۱۲	۰	۰	۷۰/۷۲
۲۰۱۱(۱۳۹۰-۱۳۸۹)	جولای(تیر-مرداد)	۱۷/۷۶	۱۱/۲۵	۱/۹۹	۰	۰	۷۰/۸۰
میانگین		۱۶/۹۹	۱۱/۷۳	۲/۲۸	۰	۰	۷۱/۳۰

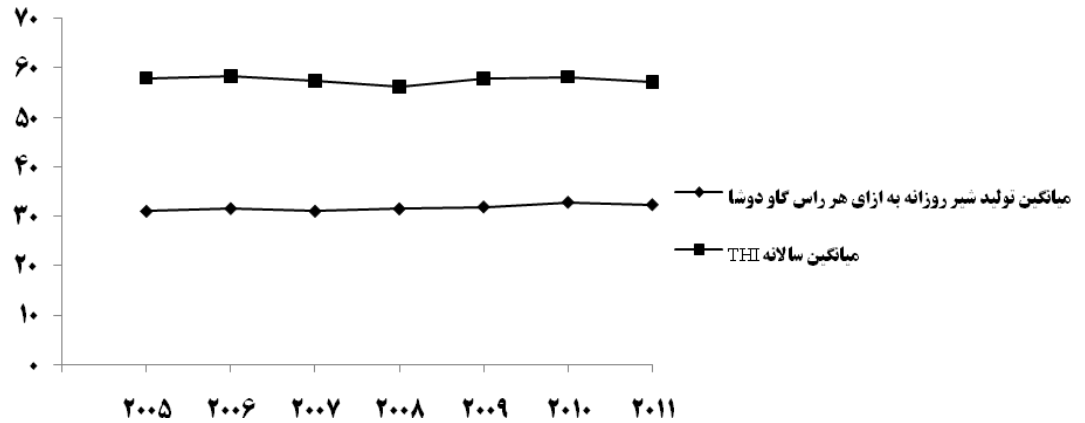
[1]سطح A: THI< ۷۲ ، عدم ایجاد تنش گرمایی؛ سطح B: ۷۸-۷۲ = THI ، تنش متوسط؛ سطح C: ۸۹-۷۸ = THI ،تنش شدید؛ سطح D: ۹۸-۸۹ = THI ، تنش خیلی شدید؛ سطح E: THI≥۹۸ ، مرگ حیوان.

جدول ۵- میانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر راس گاو دوشا (برحسب کیلوگرم در روز) در ماه های مختلف طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵

سال میلادی(شمسی)	ماه میلادی(شمسی)												میانگین سالانه[1]
	ژانویه (دی-بهمن)	فوریه (بهمن-اسفند)	مارس (اسفند-فروردین)	آوریل (فروردین-اردیبهشت)	می (اردیبهشت-خرداد)	جون (خرداد-تیر)	جولای (تیر-مرداد)	اگوست (مرداد-شهریور)	سپتامبر (شهریور-مهر)	اکتبر (مهر-آبان)	نوامبر (آبان-آذر)	دسامبر (آذر-دی)	
۲۰۰۵(۱۳۸۴-۱۳۸۳)	۲۹/۰۷	۳۰/۲۸	۳۰/۷۲	۳۰/۷۳	۳۰/۸۷	۳۰/۷۲	۳۰/۴۹	۳۰/۷۹	۳۰/۸۴	۳۱/۸۷	۳۱/۷۴	۳۱/۶۵	۳۰/۹۷[e]
۲۰۰۶(۱۳۸۵-۱۳۸۴)	۳۱/۱۷	۳۱/۷۶	۳۱/۱۱	۳۱/۷۹	۳۱/۹۸	۳۱/۴۲	۳۱/۰۷	۳۱/۸۳	۳۲/۶۴	۳۲/۹۴	۳۱/۸۹	۳۱/۴۷	۳۱/۵۱[d]
۲۰۰۷(۱۳۸۶-۱۳۸۵)	۳۰/۵۱	۳۱/۱۲	۳۱/۰۲	۳۱/۶۵	۳۱/۷۵	۳۱/۱۳	۳۰/۴۱	۳۱/۷۳	۳۱/۸۳	۳۱/۸۷	۳۰/۷۹	۳۰/۲۹	۳۰/۹۸[e]
۲۰۰۸(۱۳۸۷-۱۳۸۶)	۲۹/۸۰	۳۱/۹۳	۳۱/۵۴	۳۲/۶۹	۳۱/۸۱	۳۱/۱۰	۳۰/۲۵	۳۱/۴۵	۳۱/۶۸	۳۲/۲۹	۳۱/۱۷	۳۱/۱۱	۳۱/۴۵[d]
۲۰۰۹(۱۳۸۸-۱۳۸۷)	۳۱/۰۰	۳۱/۹۵	۳۱/۲۴	۳۱/۶۹	۳۱/۷۲	۳۱/۲۴	۳۰/۳۳	۳۱/۷۷	۳۲/۱۳	۳۲/۸۷	۳۲/۶۹	۳۲/۵۹	۳۱/۸۴[c]
۲۰۱۰(۱۳۸۹-۱۳۸۸)	۳۲/۵۳	۳۳/۶۷	۳۱/۸۶	۳۲/۷۸	۳۲/۹۸	۳۲/۴۳	۳۱/۶۹	۳۲/۰۸	۳۲/۷۳	۳۳/۶۲	۳۲/۳۳	۳۱/۷۸	۳۲/۷۹[a]
۲۰۱۱(۱۳۹۰-۱۳۸۹)	۳۱/۶۷	۳۱/۲۸	۳۱/۱۲	۳۱/۸۶	۳۲/۵۰	۳۱/۲۴	۳۰/۷۱	۳۰/۲۶	۳۱/۱۱	۳۲/۰۹	۳۱/۲۲	۳۱/۰۴	۳۲/۳۱[b]
میانگین ۲۰۱۱-۲۰۰۵[2]	۳۱/۰۷[f]	۳۱/۷۸[c]	۳۱/۳۵[e]	۳۱/۸۳[c]	۳۱/۹۹[b]	۳۱/۴۹[de]	۳۰/۹۲[f]	۳۱/۵۴[d]	۳۱/۸۲[c]	۳۲/۴۴[a]	۳۱/۷۵[c]	۳۱/۵۴[cd]	۳۱/۷۶

[1]برای اثر سال مقدار P value برابر ۰/۰۰۰۱> و مقدار اشتباه استاندارد میانگین (SEM) برابر ۰/۰۶۱ می باشد.

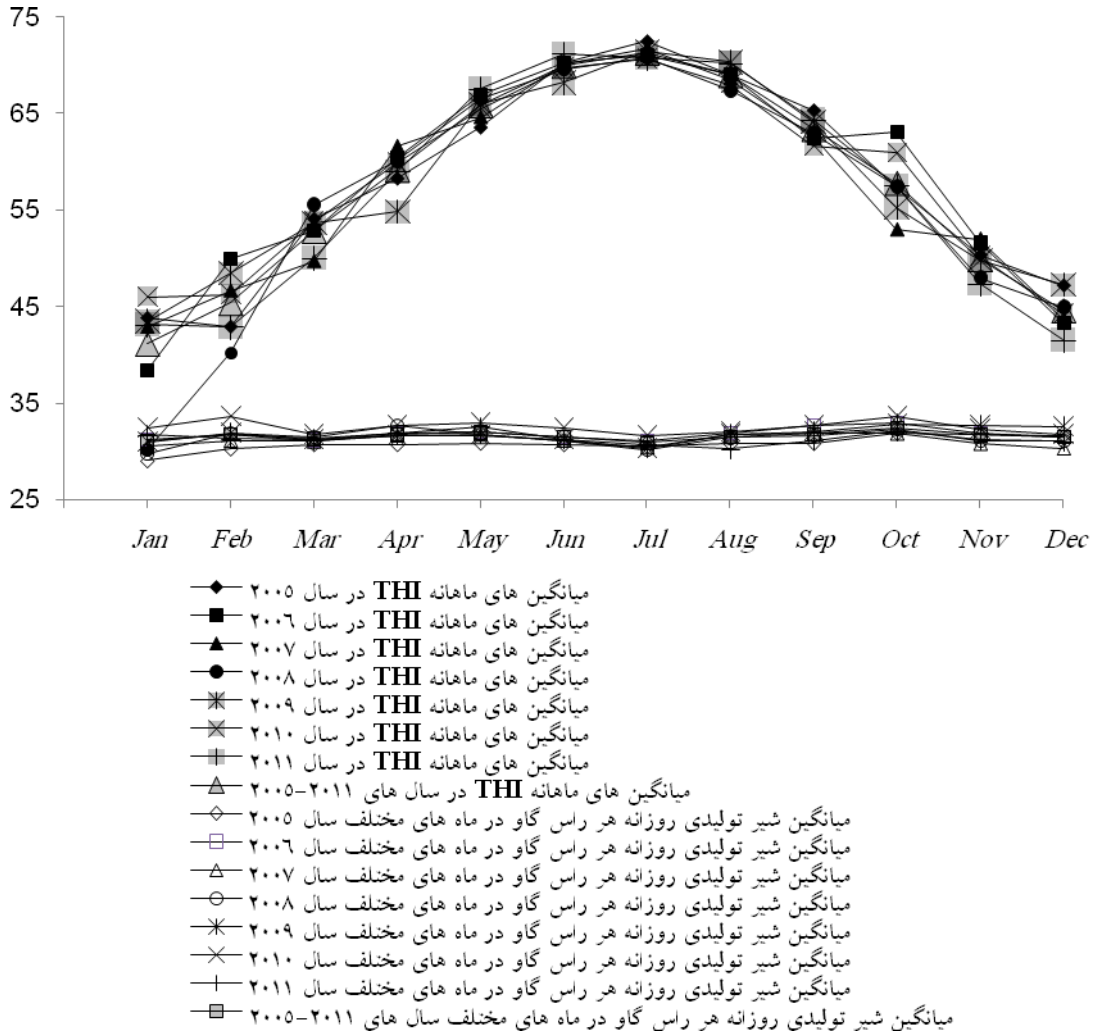
[2]برای اثر ماه مقدار P value برابر ۰/۰۰۰۱> و مقدار اشتباه استاندارد میانگین (SEM) برابر ۰/۰۷۸ می باشد.



شکل ۱- روند تغییرات میانگین سالانهTHIو میانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر رأس گاو دوشا در سال طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵میلادی

به منظور بررسی صحت اطلاعات حاصل از شاخص THI و تطبیق آن با داده‌های تولید شیر، روند تغییرات ماهانه THI و میانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر راس گاو دوشادر ماه‌های مختلف سال، طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی در شکل ۲ ارائه گردیده است.

با بررسی شکل ۲ و جداول ۱ و۵ مشاهده می گردد که از ماه ژانونه (۱۲ دی ماه تا ۱۲ بهمن ماه) با افزایش میزان THI و گذر از سرمای زمستانی میزان تولید شیر افزایش می یابد که به نظر می رسد به علت تأثیر تنش سرمایی در اتلاف انرژی جهت گرم شدن حیوان است که با افزایش THI این انرژی به مسیر تولید شیر هدایت می شود. با رسیدن به ماه مارس (۱۱ اسفندماه تا ۱۲ فروردین ماه) علی رغم افزایش THI میزان تولید شیر کاهش می یابد که به علت تغییر فصل و در نتیجه تغییر جیره غذایی و کاهش مصرف برخی از منابع خوراکی ممکن است این پدیده اتفاق افتد. با عبور از ماه مارس با افزایش THI تولید شیر دوباره افزایش یافته و تا ماه می (۱۲ اردیبهشت تا ۱۱ خرداد) ادامه می یابد. از ماه می به بعد، افزایش بیشتر THI به مقادیر بحرانی بالای ۷۲ به علت ایجاد شرایط تنش گرمایی در حیوان سبب کاهش تولید شیر می شود به نحوی که در ماه جولای (۱۱تیر تا ۱۱ مرداد) میزان تولید شیر به حداقل می رسد. با گذر از ماه جولای با کاهش THI از مقادیر بحرانی ایجاد کننده تنش گرمایی، تولید شیر مجدداً افزایش یافته و تا ماه اکتبر (۱۰ مهر تا ۱۰ آبان) ادامه می یابد. از ماه اکتبر به بعد با کاهش بیشتر THI به علت ایجاد شرایط تنش سرمایی در حیوان تولید شیر کاهش یافته تا اینکه در ماه ژانویه به حداقل خود می رسد.



شکل ۲- روند تغییرات میانگین‌های ماهانه THI ومیانگین شیر تولیدی روزانه به ازای هر راس گاو دوشا در ماه‌های مختلف، طی سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۰۵ میلادی

ایـن نتـایج بـا نتـایج بدسـت آمـده توسـط جانسـون، دو پریـز و همکاران، و آکیوز و همکاران مطابقـت دارد (۴).آن هـا بیـان نمودنـد هنگامی که THI بین ۳۵ تـا ۷۲ بـود، تولیـد شـیرتحت تـأثیر تـنش گرمایی قرار نگرفت و با افزایش THI به ۷۲ و بالاتر از آن تولید شیر کاهش یافـت (۴). آکیـوز و همکـاران در سـال ۲۰۱۰ مـیلادی بیـان نمودند به علت افزایشTHI از اواسط ماه می تا سپتامبر کاهش تولید شیر، تغییر ترکیبات شیر، افزایش تعداد سلول‌هـای سـوماتیک شـیر و فراوانـی ورم پسـتان در گاوهـای شـیری اجتنـاب ناپـذیر مـی باشـد (۴).بوهمانووا و همکاران در سال ۲۰۰۷ میلادینشان دادند که استفاده از شاخص THIجهت برآورد میزان تولید شیر گاوهـای جنـوب شـرق ایالات متحده آمریکا مفید می باشد (۷).نیکرمون و همکاران نیز بیـان نمودنـد کـه در شـرایط آب و هـوایی مدیترانـه ای افـزایش THI در حدفاصل ۷۸-۶۸ سبب کاهش مصرف خوراک و کـاهش تولیـد شـیر گردیده است (۴).

به طور کلی این مطالعه نشان می دهد که شاخص THI یوسـف (۱۹۸۵) قادر به تعیین نواحی بحرانی آب و هوایی و پیش بینی احتمال وقوع تنش گرمایی در گاوهای شیری شمال شـرق ایـران مـی باشـد.

بنابراین با توجه به اثرات زیان آورتنش گرمایی بر تولید، تولید مثـل و سلامتی گاوهای شیری، استفاده از شاخص THI جهـت پـیش بینـی احتمال وقوع تنش گرمایی در گاوهای شیری در مناطق مختلف کشور در زمان‌های مختلف در طول سال مفید بـوده و مـی توانـد راهنمـای مناسبی برای پرورش دهندگان گاو شیری جهت مقابله با اثرات زیـان آورتنش گرمایی باشد.

بنابراین توصیه می گردد دامداران این منطقه جهت کاهش اثرات نامطلوب تـنش گرمـایی بـر گاوهـای شـیری و تولیداتشـان، مراقـب افزایشTHIدر ماه های جون، جـولای، اگوسـت و سـپتامبر باشـند و استراتژی های مدیریتی مناسبی جهت کاهش تنش گرمـایی و حفـظ عملکرد حیوان اعمال نمایند. پرورش دهندگان باید مراقـب باشـند تـا زمانی که THI به آستانه بحرانی ۷۲ نزدیک می شـود مقـدمات لازم جهت پیشگیری از تـنش گرمـایی را فـراهم آورنـد؛ نگهـداری دام در فضـای مسـقف و فـراهم نمـودن سـایه بـان جهـت کـاهش تـابش خورشیدی، استفاده از مه‌پاش به منظور افزایش تبخیر و خنـک شـدن حیوان و تغییر جیره می تواند جهـت کـاهش اثـرات نـامطلوب تـنش گرمایی تا اندازه‌ای مفید واقع شود.

منابع

۱- اشرفی، ب.، ع. حسابی.، و ر. وکیلی. ۱۳۹۰. اثر سطح تعادل الکترولیتی جیره بر عملکرد تولیدی و پاسخ ایمنی جوجه های گوشتی تحت شرایط تنش حرارتی. نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران. جلد ۳، شماره ۴. ۳۷۶-۳۸۴.

۲- نژاد رزمجوی اخگر، ر.، و ر. حسامی راد. ۱۳۹۰. اثرات تغییر اقلیمی بر تولید و سلامتی گاوهای شیری. همایش ملی تغییـر اقلـیم و تـأثیر آن بـر کشاورزی و محیط زیست. ارومیه. ص ۲۰۳-۲۰۵.

۳- هاشم زاده، م.، س. خلج زاده.، ک. امینی.، و ج. یدی. ۱۳۹۰. اثر شاخص حرارت – رطوبت بر تغییرات درصد چربی، پروتئین و دانسـیته در یـک گاوداری صنعتی. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

4- Akyuz, A., S. Boyaci., and A. Cayli. 2010. Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. J. Anim. Vet. Adv. 9(13): 1824-1827.

5- Armstrong, D.V. 1994. Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. J. DairySci. 77: 2044-2050.

6- Berman, A. 2005. Estimate of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. J. Anim. Sci. 83: 1377-1384.

7- Bohmanova, J., I. Misztal., and J. B. Cole. 2007. Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. J. Dairy Sci. 90:1947–1956.

8- Brouček, J., P. Novák., J. Vokřálová., M. Šoch., P. Kišac., and M.Uhrinčat. 2009. Effectof high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation. Slovak J. Anim. Sci. 42(4): 167-173.

9- Buffington, D. E., A. Collazo-Arocho., G. H. Canton., D. Pitt., W. W. Thatcher., and R. J. Collier. 1981. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Trans. ASAE. 24: 711–714.

10- Cdela-Casa, A., and A. C.Ravelo. 2003. Assessing temperature and humidity conditions for dairy cattle in Córdoba, Argentina. Int. J. Biometeorol. 48: 6–9.

11- Dikmen, S., and P. J. Hansen. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment?. J. Dairy Sci. 92: 109–116.

12- Fox, D. G., and T. P. Tylutki. 1998. Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. J. Dairy Sci. 81: 3085-3095.

13- Gaughan, J. B., T. L. Mader., S. M. Holt., and A. Lisle. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. J. Anim. Sci. 86: 226–234.

14- Hahn, G. L. 1981. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. J. Anim. Sci. 52: 175–186.

15- Hansen, P. J. 2007. Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress.Theriogenology. 68S: S242–S249.

16- Ingraham, R. H., R. W. Stanley., and W. C. Wagner. 1979. Seasonal effects of tropical climate on shaded and nonshaded cows as measured by rectal temperature, adrenal cortex hormones, thyroid hormone, and milk production. Am. J. Vet. Res. 40: 1792–1797.
17- Jordan, E. R. 2003. Effects of heat stress on reproduction. J. Dairy Sci. 86: E104-E114.
18- Jóźwik A., J. Krzyżewski., N. Str załkowska., E. Poławska., E. Bagnicka.,A. Wier zbicka., K. Niemc zuk., P. Lipi ńska., and J. O. Horba ńczuk. 2012. Relations between the oxidative status, mastitis, milk quality and disorders in animal reproductive functions – a review. Anim. Sci. Pap. Rep. 30(4): 297-307.
19- Kazdere, C. T., M. R. Murphy., N. Silanikove., and E. Maltz. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. Livest. Prod. Sci. 77: 59–91.
20- Moran, J. 2005. Tropical dairy farming: feeding management for small holder dairy farmers in the humid tropics. Landlinks Press. 183-190.
21- Ravagnolo, O., I. Misztal., and G. Hoogenboom. 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. J. Dairy Sci. 83: 2120-2125.
22- SAS Institute Inc. 2003. SAS/STAT Users Guide: version 9.1 th edn. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.Thom, E. C. 1959. The discomfort index.Weatherwise. 12: 57–59.
23- West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86: 2131–2144.