

Antalya koşullarında sıcaklık-nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi

Evaluation of temperature-humidity index values on dairy cattle in Antalya conditions

Mesut IŞIK¹, Köksal AYDINŞAKİR¹, Nazmi DİNÇ¹, Kenan BÜYÜKTAŞ², Ahmet TEZCAN²

¹Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

Sorumlu yazar (Corresponding author): M. Işık, e-posta (e-mail): mesutisik@hotmail.com

MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 02 Mart 2015
Düzeltilme tarihi 21 Ağustos 2015
Kabul tarihi 25 Aralık 2015

Anahtar Kelimeler:

Sıcaklık
Sıcaklık-Nem İndeksi (THI)
Süt Sığırcılığı

ÖZ

Çevre koşullarının etkisi tüm canlılarda olduğu gibi süt sığırlarında da çeşitlilik göstermektedir. Özellikle, beslenme ve iklim parametrelerinin (sıcaklık, nem, hava hızı vb.) yüksek verimli süt sığırları üzerine etkisi önemlidir. Süt sığırları belirli derecelerin üzerindeki sıcaklık ve nem etkileşiminden ortaya çıkan ısı stresine hassasiyet göstermektedirler. Yüksek sıcaklık ve nemle birlikte oluşan ısı stresini kantitatif olarak ifade etmekte kullanılan yöntemlerden biride "Sıcaklık-Nem İndeksi" (THI)'dir. Farklı sıcaklık ve nisbi nem kombinasyonlarından kaynaklanan THI değerlerini tespit etmek ve bu değerlere göre bakım ve beslenme rejimleri uygulamak günümüzde başlıca yetiştirme kriterleri arasındadır. Bu çalışmada, Antalya ili meteoroloji istasyonlarından alınan uzun yıllık veriler kullanılarak THI değerleri hesaplanmış; ısı stresinin oluştuğu dönemler belirlenmiş ve bu dönemler için bakım-besleme ve diğer koşullar için öneriler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda Elmalı, Korkuteli, Akseki ve İbradı ilçelerinin tüm yıl boyunca süt sığırcılığı için uygun yerler olduğu belirlenmiştir.

ARTICLE INFO

Received 02 March 2015
Received in revised form 21 August 2015
Accepted 25 December 2015

Keywords:

Temperature
Temperature-Humidity Index (THI)
Dairy Cattle

ABSTRACT

Environmental conditions affect living organism as well as dairy cattle in different ways. Especially, nutrition and climatic parameters such as temperature and humidity have impact on high yielding dairy cattle. Dairy cattle are sensitive to temperature-humidity interaction that is threshold value. Temperature-Humidity Index (THI) is one of the methods to express the combined effects of temperature and humidity together on dairy cattle. In this study, the long term climatic parameters obtained from different location in Antalya were used to compute THI values that show the suitable locations to breed dairy cattle. It was determined that Elmalı-Korkuteli and Akseki-İbradı counties are the suitable places to breed dairy cattle.

1. Giriş

Isı stresi, süt sığırlarında bir dizi fizyolojik reaksiyon sonucunu oluşturur ve ısısal düzenlemeye yönelik gerginliğe sebep olmaktadır. Bu reaksiyonlar sığırların normal ısı ve homeostasi kazanmasını sağlayan mekanizmalardır. Sıcaklık ve nemin artması ile birlikte solunum sayısı artar, buharlaşma ve terleme başlar. Bu durumda hayvan tarafından alınan önlemler yeterli olmaz ve gerekli diğer önlemler alınmaz ise vücut sıcaklığında artış meydana gelir. Yüksek vücut sıcaklığı ise, azalan besin maddesi alımı, artan bakım gereksinimleri, düşük doğurganlık ve canlı ağırlık artışında azalma, zayıflamış bağışıklık sistemi, düşük süt üretimi ve süt içeriğinde olumsuzluklara neden olmaktadır (Mutaf ve Sönmez 1984; Johnson 1987; Collier ve ark. 2006; Vermunt ve Tranter 2010; Tao ve ark. 2011).

Süt sığırcılığında esas amaç, sığır başına en yüksek süt verimini elde etmektir. Verim ise hayvanın yaşadığı çevre ve genotipin etkisi altındadır. Hayvanın genotip özellikleri ne kadar iyi olursa olsun çevre şartları uygun olmadıkça istenilen verim alınamamaktadır (Özer ve ark. 2001). Sıcaklık, sağmal sığırların performansını etkileyen olumsuz bir iklim koşulu olmakla beraber, ısı stresi; güneş etkisi ile meydana gelen radyasyon, yüksek hava sıcaklığı ve nispi nem gibi çevresel kaynaklardan meydana gelmektedir. Genel olarak süt üretimi ne kadar fazla olursa, besinlerin sindirimi ve metabolizma faaliyetleri sonrası açığa çıkan ısı da o kadar fazla olur. Bu sebepten yüksek süt veren hayvanlar, daha fazla ısı üretirler ve bu nedenle de ısı stresi yaratan çevresel faktörlerden verim

seviyesi düşük hayvanlara göre daha fazla etkilenirler. Bir başka deyişle daha fazla risk altındadırlar (West 2003).

Isı stresinden etkilenen sığırlarda en önemli problem, vücutta oluşan ısı ile bu ısının yayılması arasındaki dengenin korunabilmesidir. Bazal ısı üretimi olarak adlandırılan vücudun temel ısı üretimi, türe, ırka, canlı ağırlığına, renge, verim durumuna, beslenme şekline, hava sıcaklığına ve neme bağlıdır. Sığırların normal vücut sıcaklığını koruyabilecekleri sıcaklık aralığı 4.5-26.5°C olarak belirlenmiştir. Bu aralıkta bazal ısı üretimi saatte 825 kcal'dır. Hava sıcaklığı 26.5°C'in üzerine çıktığında vücuttaki ısı üretimi 1/3 oranında azalır. Bunun nedeni hayvanların daha az hareket etmesi ve daha az yem tüketmesidir. Az yem tüketimi de verim düşmelerinin ana nedenlerindedir (Anonim 1987; Chase ve Sniffen 1988; West 2003).

Süt sığırlarında ısı stresi temel etkisini, vücut sıcaklıklarını normal değerlerin üzerine çıkararak göstermektedir. Bu etkiyi yaratan çevresel faktörler ise; kuru termometre sıcaklığı (°C), nem oranı (%), güneş ışınları (solar radyasyon), rüzgar hızı ve barınak içindeki değişkenlerdir. Bu çevresel faktörleri kullanarak, süt sığırlarında ısı stresi düzeyinin tespit edilmesi amacıyla farklı indeksler geliştirilmiştir. Bu indekslere genel olarak Sıcaklık-Nem İndeksi adı verilir. Bu indekslerde, kuru-ıslak termometre sıcaklığı, çığ noktası ve nem oranı gibi bazı çevresel faktörler göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmakta ve bu yapılan hesaplamadan elde edilen değere göre ısı stresinin düzeyi hakkında fikir edinilmeye çalışılmaktadır (Dikmen ve Hansen 2009).

Günümüze kadar dünyada ve ülkemizde sıcaklık ve oransal neme dayalı ısı stresinin süt sığırları üzerine etkilerini içeren birçok araştırma yapılmıştır. Igono ve ark. (1985), Moran (1989), Igono ve Johnson (1990), Ravagnolo ve Misztal (2000), Özer ve ark. (2001), Bouraoui ve ark. (2002), St-Pierre ve ark. (2003), Işık ve Özen (2003), West (2003), Correa-Calderon ve ark. (2004), Bohmanova ve ark. (2007), Akyuz ve ark. (2010) ve Dinçel ve Dikmen (2013), yaptıkları hesaplamalar sonucunda; süt sığırlarında 72'yi aşan sıcaklık-nem indeksi değerlerini ısı stresinin başlangıcı olarak belirlemişler, 77'nin üzerindeki değerlerin ise yem tüketiminde ani ve keskin düşümlere neden olduğunu bildirmişlerdir. Johnson (1985) ve du Preez ve ark. (1990), sıcaklık-nem indeksi değerinin 35-72 arasında olduğunda süt üretiminin ısı stresinden etkilenmediğini, buna karşın Johnson (1980), değer 72'ye ulaştığı durumda yem alımı ve süt üretiminin azaldığını, 76 değerini aştığı durumda ise keskin bir şekilde düştüğünü ifade etmiştir.

Akdeniz Bölgesinde yüksek sıcaklık ve nem değerleri Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yaşanmaktadır. Bu nedenle, bölgedeki süt sığırcılığı işletmeleri hayvanlarını sıcaklık ve nemin ortak etkisi olan ısı stresine karşı korumada zorluklar yaşamaktadır. Antalya ilinde sıcaklık-nem indeksi değerleri ile ilgili yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Bu çalışmada, Antalya ili için hesaplanarak belirlenen sıcaklık-nem indeksi değerleri dağılımı saptanmış ve sıcaklık stresi ile mücadelesi için öneriler getirilmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada; Antalya ilinde bulunan 9 adet meteoroloji istasyonundan (Alanya, Demre, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Kaş,

Korkuteli, Manavgat ve Merkez) alınan 42 yıllık günlük ortalama sıcaklık ve çığlenme sıcaklığı değerleri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonu bulunmayan Akseki, Gündoğmuş ve İbradı ilçelerine ait veriler ise NASA Atmospheric Science Data Center veri tabanından söz konusu ilçelerin enlem ve boylamları dikkate alınarak elde edilmiştir (NASA 2015).

2.2. Yöntem

Meteoroloji istasyonlarından alınan, günlük ortalama sıcaklık ve çığlenme sıcaklığı değerleri kullanarak aşağıdaki eşitlikle sıcaklık-nem indeksi değerleri hesaplanmıştır (Yousef 1985).

$$THI = t_{db} + 0.36 t_{dp} + 41.2$$

Burada,

THI: sıcaklık-nem indeksi,

t_{db} : kuru termometre sıcaklığı (°C),

t_{dp} : çığlenme noktası sıcaklığı (°C)'dir.

Sıcaklık-Nem İndeksinin alansal dağılımının belirlenmesinde ise Arc GIS 10.1 paket programının Spatial Analyst Tools sekmesinde bulunan Interpolation seçeneğinin Kriging modülü kullanılmıştır. Kriging modülü, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir enterpolasyon metodudur (İnal ve ark. 2002). Kriging, yarıvariogram yapısal özellikleri kullanılarak örneklememiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahmininin optimal şekilde yapıldığı bir tekniktir. Kriging yöntemini diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin edilen değer için güven derecesinin bir ölçüsüdür (Başkan 2004).

3. Bulgular ve Tartışma

Süt sığırlarında ısı stresinin şiddetini ortaya koymada belirleyici bir kriter olan THI değerleri; 72'yi aştığı noktada; "ısı stresinin başlangıcı", 77 ve üzeri değerler için ise yem alımında ani ve keskin düşümlere hatta ölümlerin başladığı eşik değeri (hat) olarak kabul edilmesi bir çok araştırma tarafından desteklenmektedir (Bouraoui ve ark. 2002; Mutaf ve ark. 2002; Bohmanova ve ark. 2007). Bu çalışmada, meteoroloji istasyonlarından alınan 42 yıllık veriler kullanılarak hesaplanan THI değerleri Çizelge 1'de, bölge bazında dağılımları ise Şekil 1'de verilmiştir. Antalya ili merkez ve ilçeler için hesaplanan uzun yıllar ortalaması THI değerleri ele alındığında (Çizelge 1, Şekil 1) bölgenin büyük bir kısmında süt sığırcılığının yapılmasının risk altında olduğu görülmektedir.

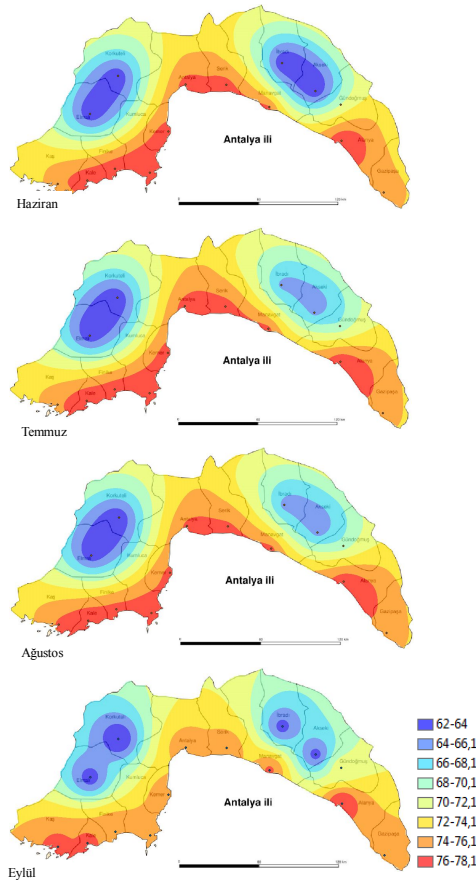
Sıcaklık-nem indeksi değerleri; Alanya, Demre, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Kaş, Korkuteli, Manavgat ve Merkez ilçeleri Haziran ayı için sırasıyla ele alındığında 72.4, 72.1, 73.0, 72.7, 71.7, 71.7, 72.8, 65.1 ve 65.1, Temmuz ayı için yine sırası ile: 76.2, 76, 76.7, 76.7, 75.5, 75.3, 76.4, 68.9 ve 68.8, Ağustos ayı için: 76.0, 76.1, 76.8, 76.8, 75.9, 75.4, 76.2, 68.5, Eylül ayı için ise: 71.5, 72.0, 73.1, 72.2, 72.3, 71.4, 71.8, 63.8 ve 63.1 olarak hesaplanmıştır. Her ne kadar elde edilen rakamlar ısı stresin başladığı hat ve üretimdeki ani düşüşlerin başladığı hat olarak belirtile de; THI rakamlarının elde edildiği kuru termometre sıcaklıkları günlük ortalama rakamlardan yola çıkarak hesaplanmıştır.

Sıcaklık-Nem indeksi değerlerine bakıldığında Haziran-Eylül ayları arasındaki periyotta Alanya, Demre, Finike, Gazipaşa Kaş, Manavgat ve Merkez ilçelerinde ısı stresinin

Çizelge 1. Antalya ve İlçeleri 1970-2012 yılları arası, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları; sıcaklık (t_{db} , °C), çiğlenme noktası sıcaklığı (t_{dp} , °C) ve sıcaklık-nem indeksi değerleri.

Table 1. Temperature (t_{db} , °C), dew point temperature (t_{dp} , °C) and the temperature-humidity index values of Antalya and districts between 1970-2012 years of June, July, August and September.

Bölge	Haziran			Temmuz			Ağustos			Eylül		
	t_{db}	t_{dp}	THI	t_{db}	t_{dp}	THI	t_{db}	t_{dp}	THI	t_{db}	t_{dp}	THI
Akseki	21.5	6.6	65.0	24.9	12.0	70.5	24.4	12.4	70.0	20.6	6.1	64.0
Alanya	25.1	18.6	73.0	27.8	21.2	76.7	28.0	21.1	76.8	25.5	17.9	73.1
Demre	25.3	17.0	72.7	28.5	19.5	76.7	28.3	20.0	76.8	24.6	17.6	72.2
Elmalı	21.0	8.0	65.1	24.4	9.1	68.9	23.9	9.3	68.5	20.0	7.2	63.8
Finike	25.3	17.4	72.8	28.1	19.6	76.4	27.9	19.7	76.2	24.5	17.0	71.8
Gazipaşa	24.3	20.0	71.7	27.2	19.2	75.3	27.1	19.6	75.4	24.2	16.6	71.4
Gündoğmuş	21.6	17.0	69.0	25.1	15.0	72.0	25.1	16.0	72.0	22.3	14.0	68.5
İbradı	21.3	6.6	65.0	24.7	12.5	70.5	24.2	12.6	70.0	20.3	7.0	64.0
Kaş	25.9	15.0	71.7	28.0	17.5	75.5	28.3	17.8	75.9	27.7	14.7	72.3
Korkuteli	20.6	9.0	65.1	23.8	10.3	68.8	23.3	10.4	68.3	19.0	7.8	63.1
Manavgat	24.9	16.4	72.1	28.0	18.9	76.0	27.9	19.1	76.1	24.9	16.1	72.0
Merkez	25.5	15.9	72.4	28.4	18.1	76.2	28.2	18.4	76.0	24.7	15.5	71.5



Şekil 1. Antalya ili, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları Sıcaklık-Nem İndeksi (THI) Değerleri Dağılımı.

Figure 1. The values of Temperature Humidity Index on June, July, August, and September in Antalya.

oluştugu gözlenmiştir. Bununla birlikte Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sahil hattında THI değerlerinin tehlikeli sınıra ulaştığı, Eylül ayında ise yalnızca Alanya, Demre, Kaş ve Manavgat ilçelerinin sahil hattında üretimde ani düşüşlerin başlayabileceği sınıra ulaştığı belirlenmiştir. Bu nedenle, bu aylar Antalya ili sahil bandı için süt sığırcılığı işletmeciliğinin yapılmasına uygun değildir.

Ancak, Akseki, Elmalı, İbradı ve Korkuteli ilçeleri gerek kaba yem ekiliş alanlarının gerekse mera varlığının fazla olması, bunun yanında THI değerlerinin kabul edilebilir

seviyelerde olması nedeniyle süt sığırcılığı için en uygun ilçeler olarak görülmektedir.

Antalya'nın sıcak ve nemli iklim kuşağında olması ve Haziran-Eylül ayları arasında sıcaklık ve nemin yüksek değerlere ulaşması nedeni ile özellikle sahil hattında süt sığırcılığı hayvanları için sıcaklık-nem indeksi değerleri tehlikeli sınırlara ulaşmaktadır. Bu aylarda en düşük THI değeri 71.7 iken, en yüksek değer 76.8 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerde daha önce yapılmış çalışmalarda belirtildiği gibi üretimde ve yem tüketiminde sorunlara yol açmaktadır.

Belirlenen bu değerler birçok araştırmaya göre ısı stresine neden olan ve inekler üzerinde olumsuz etki yaratan sınır değerleri olarak kabul edilmiştir. Mutaf ve ark. (2002) yaz mevsiminde ısı çevrenin süt sığırcılığında fizyolojik zorlanmalara neden olduğunu ve süt verimini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Collier ve ark. (2006) ve Vermunt ve ark. (2010)'a göre ısı stresinden etkilenen bir inekten hiçbir zaman uygun düzeyde süt ve döl verimi alınmaz ve bir laktasyon boyunca sadece yaz aylarında ısı stresine maruz kalan ineklerin toplam süt verimleri % 10 ile % 25 oranında azalabilir. Smith ve ark. (2006) ve Amaral ve ark. (2009), ısı stresinin inek üzerinde gerçekleştirdiği etkileri; vücut sıcaklığının yükselmesi, solunum sayısının artması ve kuru madde tüketiminin azalması şeklinde sıralamışlardır. Rhoads ve ark. (2009) ve Wheelock ve ark. (2010), süt sığırcılığında ısı stresinin etkilerinin azaltılması amacıyla genetik ve çevresel faktörlerin düzenlenmesinin % 65 oranında sorunun çözümüne katkı sağlayacağını bildirmişlerdir.

Zimbelman ve ark. (2009), son yıllarda elde edilen sonuçlara göre süt verim düzeyindeki düşüşün sıcaklık-nem indeksi değerinin 65 ve üzerine çıkması ile başladığını bildirmiştir. Bohmanova ve ark. (2008) ve Wheelock ve ark. (2010), ısı stresine orta ve yüksek düzeyde maruz kalan ineklerin (THI > 65) süt verimlerinde belirgin düzeylerde düşüşler olduğunu belirtmişlerdir. Leonel ve ark. (2010)'a göre, ısı stresine maruz kalan ineklerin kızgınlık süreleri kısalmış, gebelik oranı düşer ve erken embriyonik ölümler daha fazla görülür. Altınçekiç ve Koyuncu (2012), optimum koşullarda yetiştirilen inekler (vücut sıcaklığı= 38.5°C ve çevre sıcaklığı = 21°C) tohumlandıklarında % 48 gebelik oranı elde edilir iken; vücut sıcaklıkları 40°C ye ve çevre sıcaklığı 32.2°C çıktığı koşullarda yetiştirilen inekler tohumlandıklarında gebelik oranının % 0 kadar düştüğünü tespit etmiştir.

4. Sonuç

Elde edilen rakamlardan da anlaşılacağı gibi, Merkez ve sahil ilçelerinde süt sığırcılığı yapmak; yapısal ve sürü idaresi

bakımından son derece riskli görünmektedir. Ancak, bölgenin ana geçim kaynaklarından biri olan turizm taze ve kaliteli hayvansal proteine olan ihtiyacı artırdığı için hali hazırda üretim yapılan birçok süt sığırnı işletmesi bulunmaktadır.

Bölgede ve özellikle sahil bandında süt sığırcılığı yapan ve yapmak isteyen işletmeler, sıcaklık ve nemin hayvanlara olan etkilerini azaltmada birçok pratik yol izleyerek süt sığırcılığı yapabilirler. Söz konusu bölgelerde süt sığırcılığı yapılabilmek için bölge iklim koşullarına uygun barınak tipi planlanmalı ve barınak içerisinde hayvanlar için uygun olan iklim koşulları sağlanmalıdır. Antalya gibi sıcak iklim kuşağında yer alan bölgeler için en uygun barınak tipleri yüksek sıcaklığın ve nemin hayvanlar üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indireyen duraklı açık ya da duraksız açık barınak şeklinde planlanan barınaklardır. Bu tip barınaklarda duvarlar planlanmayıp hayvanları güneşten ve yağmurdan korumak için üstü kapalı dinlenme alanı planlanır. Böylece inekler sağım zamanı dışında kalan zamanlarını kapalı alan içerisinde veya gezinti avlusunda geçirirler. Bu nedenle barınak içerisindeki iklim koşulları ile barınak dışındaki iklim koşullarının birbirlerine yakın olması nedeni ile özellikle yaz aylarındaki sıcak dönemlerde ineklerin olumsuz yönde etkilenmemesi için aşağıdaki önlemlerin alınması gerekir.

1. Uygun gölgeleme yeri temin edilmelidir.
2. Sağım ve beslenme alanlarında düzenli hava hareketlerini oluşturacak serinletme sistemi planlanmalıdır.
3. Duş ve fan temini yapılmalıdır.
4. Yem tüketiminde oluşan sorunlardan dolayı kaliteli kaba yem, enerji ve protein ihtiyacını karşılayan dengeli rasyonlar verilmelidir.
5. Sık yemleme yapılmalıdır.
6. Yemleme günün serin saatlerinde yapılmalıdır.
7. Gerekirse yeme su katılmalıdır.
8. Hayvanlara soğuk ve kolay erişilebilir su temin edilmelidir.

Sonuç olarak; bu çalışma ile Akdeniz Bölgesi'nde üretim açısından sorun yaşamayacak süt sığırnı barınağı kurulabilecek ilçeler belirlenmiştir. Bu sonuçların ışığında THI değerleri 72'nin altında olan ilçeler verimli ve karlı bir üretim yapılabilirken, üretime sahil kuşağında devam eden işletmeler ise üretim yönünden sorun yaşamamak için yukarıda bahsedilen tedbirleri alarak sıcaklık ve nemin oluşturduğu stresi minimize etmelidirler. Sonuçta bu çalışma ile Akdeniz Bölgesinde süt sığırcılığına verilecek destekler uygun ilçelere verilmeli ve verimli üretim yapabilmek için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Kaynaklar

Akyuz A, Boyacı S, Caylı A (2010) Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9: 1824-1827.

Altınçekiç ŞÖ, Koyuncu M (2012) Derleme: Çiftlik Hayvanlar ve Stres. *Hayvansal Üretim* 53(1): 27-37.

Amaral BC, Connor EE, Tao S, Hayen J, Bubolz J, Dahl GE (2009) Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition in to lactation *Journal Dairy Science* 92: 5988-5999.

Anonim (1987) Süt sığırları üzerinde sıcaklığın yarattığı stresin incelenmesi. *U.S. Feed Grains Council News* 6: 10-12.

Başkan O (2004) Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Bohmanova J, Misztal I, Cole JB (2007) Temperature-humidity indices as indicators of milk production losses due to heat stress. *Journal of Dairy Science* 90: 1947-1956.

Bohmanova J, Misztal I, Tsuruta S, Norman HD, Lawlor TJ (2008) Short Communication: Genotype by environment interaction due to heat stress. *Journal Dairy Science* 91: 840-846.

Bouraoui R, Lahmar M, Majdoub A, Djemali M, Belyea R (2002) The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Animal Research* 51: 479-491.

Chase LE, Soiffen CJ (1988) Feeding and managing dairy cows during hot weather. *Tropical Animal Health Production* 17: 209-215.

Collier RJ, Dahl GE, Van Baale MJ (2006) Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal Dairy Science* 89: 1244-1253.

Correa-Calderon A, Armstrong D, Ray D, DeNise S, Enns M, Howison C (2004) Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems. *International Journal of Biometeorology* 48: 142-148.

Dikmen S, Hansen PJ (2009) 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.

Diñel D, Dikmen S (2013) Süt sığırlarında sıcak stresinin tespiti, verim özellikleri üzerine etkileri ve korunma yöntemleri. *Uludağ University Journal of Faculty Veterinary Medicine* 32(1): 19-29.

du Preez JH, Hatting PJ, Giesecke WH, Eisenberg BE (1990) Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. III. Monthly temperature-humidity index mean values and their significance in the performance of dairy cattle. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 57: 243-248.

Igono MO, Steevens BJ, Shanklin MD, Johnson HD (1985) Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperate summer season. *Journal of Dairy Science* 68: 979-985.

Igono MO, Johnson HD (1990) Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *Journal of Interdisciplinary Cycle Research* 21: 303-320.

Işık M, Özen N (2003) Yüksek Sıcaklıklarda Sodyum Bikarbonatın Süt Sığırlarında Süt Verimi ve Süt Yağı Oranına Etkisi. GAP III. Tarım Kongresi Cilt I, Şanlıurfa, s: 301-308.

İnal C, Turgut B, Yiğit CÖ (2002) Lokal alanlarda jeoit ondülasyonlarının belirlenmesinde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, 16-18 Ekim 2002, Konya.

Johnson HD (1980) Environmental management of cattle to minimize the stress of climate changes. *International Journal of Biometeorology* 24(2): 65-78.

Johnson HD (1985) Physiological responses and productivity of cattle, in: Yousef M.K. (Ed.), *Stress physiology in livestock. Basic principles*, Vol. 1, 4-19, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 4-19.

Johnson HD (1987) *Bioclimatology and the Adaptation of Livestock*. World Animal Science, Subseries B: Disciplinary Approach, Vol 5, 294 p.

Leonel Avendaño-Reyes, Fuquay JW, Moore RB, Liu Z, Clark BL, Vierhout C (2010) Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. *Tropical Animal Health and Production* 42: 265-273.

Moran JB (1989) The influence of season and management system on intake and productivity of confined dairy cows in a Mediterranean climate. *Journal of Animal Production* 49: 339-344.

Mutaf S, Sönmez R (1984) Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre ve Denetimi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* 438, İzmir.

- Mutaf S, Alkan S, Şeber N, Oluğ, HH (2002) Yaz koşullarındaki yüksek sıcaklık ve nemli siyah alaca süt sığırlarında süt verimi, vücut sıcaklığı, nabız ve solunum sayılarına etkileri. III. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Ankara, s.76-87.
- NASA (2015) Atmospheric science data center. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>. Erişim 15 Ocak 2015.
- Özer D, Demir H, Kodals, Yıldırım YE, Çelik MY (2001) GAP bölgesinde sıcaklık nem indeksinin (THI) süt sığırcılığı üzerine etkileri. GAP II. Tarım Kongresi Cilt 2, Şanlıurfa, s.1105-1112.
- Ravagnolo O, Misztal I (2000) Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of Dairy Science* 83: 2126-2130.
- Rhoads ML, Rhoads RP, Van Baale MJ, Collier RJ, Sanders SR, Shwartz WJ, Rhoads ML, Van Baale MJ, Rhoads RP, Baumgard LH (2009) Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 92: 935-942.
- Smith TR, Chapa A, Willard S, Herndon C, Williams RJ, Crouch J, Riley T, Pogue D (2006) Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the southeast. I: Effect on body temperature and respiration rate. *Journal of Dairy Science* 89: 3904-3914.
- St-Pierre NR, Cobanov B, Schmitkey G (2003) Economic losses from heat stress by US livestock industries. *Journal of Dairy Science* 86: 52-77.
- Tao S, Bubolz JW, Amaral BC, Thompson M, Hayen MJ, Johnson SE, Dahl GE (2011) Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. *Journal of Dairy Science* 94: 5976-5986.
- Vermunt JJ, Tranter BP (2010). Heat stress in dairy cattle. A review, and some of the potential risks associated with the nutritional management of this condition. *Large Animal Stream* 212-221.
- West JW (2003) Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86: 2131-2144.
- Wheelock JB, Rhoads RP, Van Baale MJ, Sanders SR, Baumgard LH (2010) Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 93: 644-655.
- Yousef MK (1985) *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Zimbelman RB, Rhoads RP, Rhoads ML, Duff GC, Baumgard LH, Collier RJ (2009) A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe temperature humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. Proc. 24th Southwest Nutrition and Management Conference, Tempe, AZ, 158-168.