

Review
(Derleme)



J. Anim. Prod., 2020, 61 (1): 49-54

DOI: 10.29185/hayuretim.546607

Onur ERZURUM¹,  0000-0001-7074-8573
Ayşe Binnur UYSAL ERZURUM²  0000-0002-0297-1703

¹Selçuk Üniversitesi Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Karapınar-Konya
²Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, SARGEM Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı, Meram-Konya

Corresponding author: onurerzurum@selcuk.edu.tr

Sıcaklık Stresinin Süt Sığırlarının Refahı Üzerine Etkileri

The Effects of Heat Stress on the Welfare of Dairy Cattle

Alınış (Received): 29.03.2019

Kabul tarihi (Accepted): 06.08.2019

Anahtar Kelimeler:

Süt sığırları, hayvan refahı, sıcaklık stresi, süt endüstrisi.

Keywords:

Dairy cattle, animal welfare, heat stress, dairy industry.

ÖZ

Süt sığırı sayısının giderek artması ve üretimin yoğunlaşması ile sıcaklık stresi, günümüzde süt endüstrisinin karşılaştığı en önemli zorluklardan biri haline gelmiştir. Bu derlemenin amacı, sıcaklık stresinin süt sığırlarının refahı üzerindeki etkilerinin incelenmesi, mevcut ısı azaltma stratejilerinin yanı sıra gelecekteki sıcaklık stresi yönetiminin sürdürülebilirliği hakkında bilgilendirme yapmaktır. Sıcaklık stresi süt sığırlarının sağlığını, biyolojik işleyişini, süt üretimini ve üreme performansını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca açlık ve susuzluk duygularını azaltarak süt sığırlarının duygusal durumunu tehlikeye atabilir. Bazı çalışmalarda sıcaklık stresinin hayvanın davranışlarını nasıl etkilediğinin yanı sıra, modern işletmelerde hayvanın termoregülasyonu sağlamak için evrimsel adaptasyonlarının nasıl yönetildiği incelenmiştir. Yüksek ortam sıcaklıklarına karşı gerçek zamanlı tepkileri gösterebilen ve ısı azaltma yönetimi uygulamalarına dâhil edilebilecek gelişmiş kapsamlı inek yanlısı ölçümleri belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

ABSTRACT

With the increasing number of dairy cattle and the intensification of production, heat stress has become one of the most important challenges facing the dairy industry today. The aim of this review is to examine the effects of heat stress on the well-being of dairy cattle, current heat reduction strategies as well as to inform about the sustainability of future heat stress management. Heat stress negatively affects the health, biological functioning, milk production and reproductive performance of dairy cattle. It can also jeopardize the emotional state of dairy cattle by reducing feelings of hunger and thirst. Some studies have examined how temperature stress affects animal behavior, as well as how to manage the evolutionary adaptations of the animal to achieve thermoregulation in modern farms. Further research is needed to determine advanced comprehensive pro-cow measurements that can show real-time responses to high ambient temperatures and be incorporated into heat reduction management practices.

GİRİŞ

Küresel ısınma, süt üretiminde kullanılan hayvanların sayıca artması ve tarımın yoğunlaşması gibi faktörler, sıcaklık stresi ile süt endüstrisini karşı karşıya getiren önemli bir sorun haline gelmiştir (Schär ve ark., 2004; Renaudeau ve ark., 2012)

Laktasyon dönemindeki ineklerin süt üretiminden dolayı iç ısıları yükselir. Bu duruma ek olarak, çevre sıcaklığının ve nem değerlerinin artması hayvana yansıyan ısı yükünün etkilerini daha da

fazlaştırmaktadır (West, 2003; Chebel ve ark., 2004). Bu etkiler, yaz mevsiminin uzun olduğu coğrafi bölgelerde en yüksek seviyelere ulaşır. Bununla birlikte, yaz mevsiminin kısmen kısa, ancak ılık olduğu ve gece sıcaklıklarında düşüşün minimum olduğu yerlerde de sıcaklık stresi yaşanabilir (von Keyserlingk ve ark., 2009).

Sıcaklık stresi, vücut ısısında artışa neden olarak fizyolojik bir tepki uyandıran ve hayvana etki eden dış kuvvetlerin toplamı olarak tanımlanabilir (Dikmen ve



Hansen, 2009). Laktasyon ve büyüme için gereken enerjinin yetersiz kalması kötüleşen yaşam koşullarına, yaşam kalitesinin düşmesine ve ölümlere yol açabilir (Mader ve ark., 2006). Süt ineklerinin sıcaklıkla fizyolojik olarak başa çıkma stratejileri arasında solunum hızının artması, terleme, süt veriminin ve üreme performansının düşmesi bulunmaktadır. Davranışsal olarak başa çıkma stratejileri ise su tüketiminin artması, yem tüketiminin gün içindeki daha serin zamanlara kaydırılması, bekleme süresinin ve gölge aramanın artması ile aktivitelerin azalmasını içerir (De Rensis ve Scaramuzzi, 2003; West, 2003). İneklerin stres ile başa çıkma girişimlerinin olumsuz sonuçlanması refah düzeyini negatif yönde etkileyerek verim düzeyini ve kalitesini de düşürmektedir (Pehlivan ve Dellal 2014).

Sıcaklık stresine neden olan çevresel koşullar ortam sıcaklığının etkilerinin bağıl nem ile birleşmesinden hesaplanan bir endeks olan sıcaklık-nem endeksi (THI) kullanılarak belirlenir. Bu endeks ilk kez ortam sıcaklığının insanlardaki etkisini tanımlamak için kullanılmış, daha sonra ise süt sığırlarında sıcaklık stresi oluşturan termal koşullara göre uyarlanmıştır (De Rensis ve ark., 2015). Wiersma ve Armstrong (1983) çizelge 1'de verildiği gibi ısı stresini belirlemiştir.

Çizelge 1. Isı stresinin belirlenmesi (Wiersma ve Armstrong 1983).

Table 1. Determination of heat stress

THI	Stres Düzeyi
< 72	Stres yok
72-78	Hafif stres
78-88	Orta derecede stres
> 88	Şiddetli stres ve ölüm

Sıcak stresinin süt sığırlarındaki etkileri hakkında yapılan araştırmaların çoğu hayvanın plazma kortizol seviyesi, kalp atım hızı ve solunum hızı gibi fizyolojik ölçümlerine odaklanmıştır (Kadzere ve ark., 2002). Fizyolojik ölçümler hayvan refahının sağlık ve biyolojik işleyişini tanımlamaktadır ancak, mental durumları (acı ve hayal kırıklığı gibi) da dikkate alan hayvan refahı kavramı ile canlının yeterli derecede doğal yaşamını sürdürme yeteneğini ele almamıştır (Fraser ve ark., 1997; Boissy ve ark., 2007).

Acı veya hayal kırıklığı gibi olumsuz duygular, devamlı bir şekilde acı çekmek olarak tanımlanmaktadır (Duncan, 2004). Hayvanlar çevrelerini kontrol etme yeteneğini kaybettiğinde (su kaybını hafifletmek için suya, vücut sıcaklığını azaltmak için gölgeye ihtiyaç duymak gibi), hayvan refahı için doğrudan biyolojik fonksiyonlarla ilişkili olmayan riskler meydana gelmektedir. Hayvanlardaki

duyguların öznelliğini ölçmek ve tarif etmek zor olmasına rağmen araştırmacılar onları tercih yapabilmek ve motivasyon testi gibi deneysel yaklaşımlar kullanarak değerlendirmişlerdir (Charlton ve ark., 2013; von Keyserlingk ve ark., 2017).

Sıcaklık Stresi - Süt Üretimi İlişkisi

Sağmal sığırların kurudakilere kıyasla sıcaklık stresine olan duyarlılığı daha fazladır (Purwanto ve ark., 1990). Süt verimi ve ısı üretimi arasındaki pozitif ilişki nedeniyle, yüksek verimli inekler, düşük verimli ineklere göre sıcaklık stresi ile daha çok karşı karşıya gelirler (Spiers ve ark., 2004).

İnek sıcaklık stresine girdiği zaman, vücutta süt sentezi için kullanılan besinlerin varlığında bir azalma gerçekleşir (West, 2003; Rhoads ve ark., 2009). Aynı zamanda, termoregülatör sisteminin aktivasyonundan kaynaklanan bazal metabolizmada bir artış şekillenir. Hayvanların düşük ve şiddetli sıcaklık stresi etkisi altında olması metabolik gereksinimlerini %7-25 oranında artırabilir (NRC, 2001).

Süt verimindeki azalma hayvanlarda refah düzeyinin azaldığının göstergesi olarak kullanılabilir. Rushen ve ark., (2001), inekler stresli ve yabancı ortamlara maruz kaldıklarında süt veriminin düştüğünü bildirmişlerdir. Sonuç olarak süt verimi, hayvanın olaylara karşı bireysel mücadelesini izleme olanağını sunabildiği için doğrudan bir refah göstergesi olarak yorumlanabilir (Polsky ve von Keyserlingk, 2017).

Sıcak ortamların ardından süt veriminin düşmesi genellikle gecikmeli olarak meydana gelir. Collier ve ark., (1981) yüksek çevre sıcaklıkları ve azalan süt üretimi arasında 24-48 saat gecikme olduğunu bildirmiştir. Linvill ve Pardue (1992) ise, süt üretiminin yalnızca THI'nin önceki 4 gün boyunca sürekli olarak 74'ü aştığı zaman azalmaya başladığını bildirmiştir. Eğer süt üretimindeki değişiklikler sadece sıcaklık stresini izleyen günlerde belirleniyorsa sadece, hayvanın sıcaklık stresinde olduğu ve refah düzeyinin kötü olduğu söylenebilir. Ancak gecikme düşünüldüğü zaman bu dolaylı bir refah ölçüsü olarak kabul edilebilir (von Keyserlingk ve ark., 2009).

Süt verimi laktasyondaki ineklerde refah göstergesi olarak kullanılabilir, son çalışmalar süt bileşimindeki değişikliklerin sıcaklık stresindeki ineklerin değerlendirilmesinde daha yararlı olabileceğini göstermektedir (Hu ve ark., 2016).

Summer ve ark., (1999) yaz aylarında elde edilen süt yağını sonbahar ile karşılaştırdığında, Haziran-Ağustos aylarında en az, Kasım ayında ise en yüksek oranda bir düşüş gözlemlenmiştir.



Sıcaklık Stresi - Üreme Performansı İlişkisi

Yaz mevsimindeki gebelik oranlarında görülen %20-30'luk bir azalma mevsimsel östrusun belirlenmesi için yapılan çalışmalarda ortaya çıkar (De Rensis ve Scaramuzzi, 2003). Yüksek çevre sıcaklıkları östrus süresini kısaltarak ve östrusun yoğunluğunu azaltarak ineğin doğal çiftleşme davranışını göstermesini olumsuz etkiler (Orihuela, 2000). Süt ineklerinde sıcaklık stresi östrus davranışlarını azaltıcı etkiye sahiptir.

Üreme değerleri, gebe kalma oranlarının ve yavru kaybının yüksek sıcaklıklardan etkilendiği fikrine dayanarak, sıcaklık stresindeki inekler için refah göstergesi olarak kullanılmıştır (De Rensis ve Scaramuzzi, 2003). Bu özellikler geriye dönük olarak belirlendiği için sadece, hayvanın üreme zamanında sıcaklık stresi altında olduğunu gösterir. Bu nedenle, bu özelliklerin gelecekteki hayvanlarda artan çevresel sıcaklıkların etkilerini azaltmak için çevrenin iyileştirilmesi gerektiğinin bilgisini verir. Daha duyarlı bir refah göstergesi ise, normal bir gündeki rektal sıcaklıktır. Araştırmacılar ineklerin gebe kalma oranının rektal sıcaklığın 39.1°C'den yüksek olması durumunda % 21'den % 15'e düştüğünü belirtmiştir (Pereira ve ark., 2013). Süt üretiminin ve üreme başarısının azalması süt ineklerinin biyolojik işleyişlerinin en sık incelenen bileşenleridir. Bu değerlerin sürü düzeyindeki ölçümleri kolaydır ve işletme kârlılığını doğrudan etkiler. Üreme performansında görülen düşüş sadece sıcaklık stresine bağlı değildir. Bununla birlikte işletme yönetimi, hayvan yoğunluğu, beslenme ve kullanılan yataklık malzemesi gibi faktörlerde üreme performansını etkileyebilir.

Sıcaklık Stresinin Etkilediği Bazı Diğer Durumlar

Hayvanın çevresini deneyimleyerek algılaması sonucunda nasıl hissettiği hayvan refahı için önemlidir. Acı ve ıstırap gibi olumsuz duygusal olayları araştıran çalışmalar yapılmıştır (Weary ve ark., 2006; von Keyserlingk ve ark., 2009). Collins ve Weiner (1968), süt ineklerinin akut sıcaklık stresine verdiği ilk tepkilerin, ısı düzenleyici bir tepkiden daha çok duygusal ifadeyi temsil edebileceğini öne sürmüştür.

Sıcaklık Stresi - Açlık İlişkisi

İştah hayvanların beslenmedeki öznel arzuyu ifade ederken, açlık ise doymuş hale gelemeyen hayvanın yaşadığı olumsuz duygusal bir durumu ifade eder (D'Eath ve ark., 2009). Yetersiz beslenme kavramı, hayvanın yem alımının istenen seviyeden daha az olmasıdır. Sıcaklık stresi sonucu iştahta bir azalma meydana gelir. Bu azalma canlı ağırlık kaybına ve hayvanın vücut kondüsyon skorundaki azalma sonucu

canlının negatif enerji dengesine girmesine neden olabilir (Rhoads ve ark., 2009). Verbeek ve ark., (2012), düşük vücut kondüsyon skorlu (2) olanların, vücut kondüsyon skoru 3 veya 4 olanlara göre besine ulaşmak için daha fazla çaba harcamaya hazır olduğuna dair bilgiler vermiştir. Sıcaklık stresinde olanların dengesiz beslenmeleri ile oluşan açlığın yanı sıra düşük yem tüketiminden kaynaklanan rahatsızlıklar sonucu ineklerin daha fazla davranışsal tepkiler vermesine yol açabilir (Roche ve ark., 2009).

Sıcaklık Stresi - Susuzluk İlişkisi

Memelilerde su kaybının dört ana yolu vardır. Bunlar deri ve solunum yolu ile buharlaşma, dışkı ve idrardır. Sıcaklık stresi bulunan bir ineğin en isteği kaynağı suya ulaşmaktır. Hayvanların istedikleri anda kaliteli ve yeterli miktarda içme suyuna ulaşması hayvan refahı açısından şarttır (Yaylak ve Yavuz 2016). Hayvanlara soğutulmuş içme suyu (10°C) sağlanması vücut ısısını ve solunum hızını düşürebilir. Ayrıca sıcaklık stresinin aşırı olması susuzluğu azaltabilir veya baskılayabilir (Ganong, 2005).

Sıcaklık stresinin oluşturduğu davranışsal tepki, algılanan sıcaklık tehdidine göre değişiklik gösterir. Klasik bir dehidrasyon belirtisi olan deri elastikiyetinin artması hayvan refahını değerlendirmek için kullanılabilir (Ettinger ve Feldman, 2009). Pritchard ve ark., (2005) yaklaşık 5.000 başlık sürüyü ve çalışma hayvanını incelemiş, eşeklerin %37'sinin, atların ise %50'sinin deri çadırlarında artış olduğunu belirlemiştir. Bu hayvanların %4'ünden azı davranışsal sıcaklık stresi belirtileri (solunumun sayısının artması ve apati gibi) göstermiştir. Atlar sığırlara göre terleme ile ısı alışverişinde daha fazla kapasiteye sahip olduğu için süt ineklerinde bu ilişkinin belirlenmesinde daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Sıcaklık Stresi - Topallık ve Ağrı İlişkisi

Hayvan refahını olumsuz etkileyen ağrı ve rahatsızlık en çok çalışılan konulardandır (Weary ve ark., 2006). Rahatsızlığın tam bir tanımı olmamakla birlikte, Uluslararası Ağrı İnceleme Derneği, ağrıyı gerçek ya da potansiyel doku hasarına bağlı hoş olmayan duygusal bir deneyim olarak tanımlamıştır (IASP, 1994). Hayvan ağrısını değerlendirmeyi amaçlayan araştırmalarda 3 yaklaşımdan biri kullanılır. Bunlar; vücut fonksiyonlarının ölçülmesi, fizyolojik tepkiler ve davranış ölçümleridir (Weary ve ark., 2006).

Artan ısı yükü altındaki inekler bu durumu iyileştirmek için davranışlarını değiştirir. Özellikle, sıcak stresli ineklerin bekleme sürelerini arttırdığı, yatma süresini ve yürüme aktivitesini azalttığı ve konveksiyon yoluyla hava hareketi için daha fazla yüzey alanı ortaya çıkardığı bildirilmiştir (Cook ve ark.,



2007; Allen ve ark., 2015). Serbest duraktaki ineklerin yatma sürelerinde sıcaklık stresinin olduğu koşullarda, sıcaklık stresinin olmadığı koşullara göre %30'luk bir azalma gösterdiği bildirilmiştir (Jensen ve ark., 2005; Cook ve ark., 2007, Ito ve ark., 2010).

Bazı çalışmalar uzun süreli ayakta durmanın laminitis için önemli bir risk faktörü olduğunu bildirmiş ve bunu ağrı ile ilişkilendirmişlerdir (Flower ve ark., 2008; Allen ve ark., 2015). Sıcaklık stresinin, laminitis için önemli bir risk faktörü olması muhtemeldir ancak, bu ilişkinin artan bekleme sürelerinin bir sonucu mu yoksa besin metabolizmasındaki değişiklikler nedeniyle mi olduğu tam olarak bilinmemektedir (Cook ve ark., 2007). Bekleme sürelerinin artmasına neden olan sıcaklık stresinin davranış, biyolojik işlevsellik ve duygusal durumlar üzerinde etkisi olabileceği tahmin edilmektedir.

Hatalı Soğutma Sonucu Hayal Kırıklığı ve Saldırganlık

Hayvanlardaki hayal kırıklığı göstergeleri acıya benzer şekilde işlevsellik ve davranışsal değişikliklere dayanmaktadır. Hayal kırıklığı, hayvanın beklentilerinin karşılanmadığı ortamlarda yaşadığı duygusal durum olarak tanımlanır (LeDoux, 1995).

Sıcaklık stresi koşulları altındaki ineklere gölgelik sağlanması ısı yönetiminin temel bir bileşenidir ve gölgelik sunulmayanlara göre ruminasyonları (% 19-24) ve süt verimi artar, vücut sıcaklıkları düşer (Blackshaw ve Blackshaw, 1994; West, 2003; Kendall ve ark., 2006).

Süt sığırlarının güneşe doğrudan maruz kaldıklarında gölgeye ulaşmak için harcadığı zamanın agresifliği arttırdığı bildirilmiştir (Vizzotto ve ark., 2015). Gölge, sıcaklık stresindeki sığırlar için çok değerlidir. Bu nedenle agresifliğin olumsuz etkileri olmadan soğutmanın sağlanması için ne kadarlık bir gölgeliğin gerekli olduğunu belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Sıcak günlerde suyun konumuna bağlı olarak baskın inekler, diğerlerinden daha fazla içme davranışına ve zamanına sahiptir (Coimbra ve ark., 2012).

Süt İneklerinin Barınak ve Isı Yönetimi

Süt sığırcılığında, sıcak ortamlarda barındırılan hayvanlar sıcaklık stresi ile karşı karşıya kalırlar. İşletmeler yönetim stratejilerinde sıcaklık stresinden kaynaklanan olumsuzlukları azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Fanlar ve duşlar gibi teknolojilerin kullanımını hayvanlara anında termal rahatlatma sağlarken, diğer yönetim stratejileri

(barınak malzemeleri, yatak takımları gibi) çevresel ısı yüküne karşı anında rahatlatma sağlayamaz.

Süt inekleri için çeşitli soğutma seçenekleri vardır. Bunlar; konveksiyon, taşıma ve buharlaşmadır. Hava hareketini kolaylaştıran ve konveksiyonu artıran fanlar solunum hızını ve rektal sıcaklığı düşürdüğü, çevre sıcaklığını azalttığı için sıcaklık stresini azaltmak amacıyla kullanılır (Armstrong, 1994). Diğer soğutma biçimleri ineksi ıslatan düşük basınçlı fiske sistemleri (Şekil 1) veya fanlardır (Şekil 2). Bunların rektal sıcaklığı azalttığı, gebelik oranlarını ve canlı doğum oranını arttırdığı bildirilmiştir (West, 2003). Ağaç, çatı veya kumaşlar gibi gölge sağlayan fiziksel yapılar, güneş ışığı etkisini azaltır ve ortam sıcaklığında düşüş sağlayarak daha elverişli ortamlar oluşturabilir. İşletmelerde sıcaklığı azaltma yöntemleri planlanırken çevresel koşullar düşünülerek gölgelik için farklı tercihler incelenmelidir (Schütz ve ark., 2009). Barınak yönü (coğrafi bölgeye bağlı), güneş çarpmasını ve zemin sıcaklığını azaltarak sıcaklık stresini azaltmaya yardımcı olabilir (Angrecka ve Herbut, 2016).



Şekil 1. Düşük basınçlı fiske sistemi (Williams 2018).
Figure 1. Low pressure sprinkler system



Şekil 2. Ahırlarda sıcaklığın kontrolü için kullanılacak tavan fanı (Summer ve ark., 2019).
Figure 2. Ceiling fan that can be used for temperature control in stables



Isı Stresi Yönetiminin Sürdürülebilirliği

Evaporatif soğutma teknolojisindeki gelişmeler rağmen, sprinkler sistemlerinin kullanımıyla ilgili iki temel kaygı vardır. Birincisi, soğutma için sürü büyüklüğüne bağlı olarak çok miktarda suya ihtiyaç duyulur. İkincisi, fiskeyeler solunum hızını ve böcek kaçırma davranışını (kuyruk ve baş sallama, deri seğirmesi) büyük ölçüde azaltırken, baş pozisyonunu değiştirme, başın alçaltılması gibi davranışları artırır (Chen ve ark., 2016). İnekler doğal yaşamlarında sıcak ortamlarda kendilerini soğutmak için su arama girişiminde bulunmadıkları için hayvanları suya maruz bırakmak süt ineklerinin doğal yaşamına karşıdır. Süt ineği işletmeleri bu yöntemlerden daha ekonomik olanını belirlemek için "inek odaklı" ısı azaltma stratejilerini inceleyen araştırmalardan faydalanabilirler.

SONUÇ

Sıcaklık stresi süt üretimini düşürdüğünden ve büyük ekonomik kayıplara yol açtığından büyük bir

endişe haline gelmiştir. Bu derlemede, ineklerin sıcak ortamlarla başa çıkarken yaşadığı biyolojik ve fizyolojik değişikliklerle ilgili bilgiler verilmiştir. Sıcaklık stresiyle ilişkili ağrı, hayal kırıklığı, agresiflik, kısa vadede açlık-susuzluk, uzun vadede ise ayak hastalıkları konularında araştırmalara ihtiyaç vardır. Gelecekteki araştırmalar, sıcak ortamlar için daha dayanıklı sığır ırklarının benimsenmesi olasılığını incelemeli ve bu sayede riski en aza indirmeye çalışmalıdır.

İşletmelerin soğutma sistemlerinin maliyetini düşürmek için yatırım yapması her zaman mümkündür. Bunun için; su içme yerlerinin genişliğini 100 inek başına 600-900 cm'ye uyarlanması, taze ve kaliteli su sağlanması, bekleme alanına fiskeyeler veya fan takılması, grup yoğunluğunun azaltılması gibi uygulamalar yapılabilir.

Veteriner hekimler, üreticilere farklı alanlarda danışmanlık yapmak için iyi bir konumdadır. Böylece süt sığırlarında stresin ekonomik zararlarını ve sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini sınırlamada önemli bir rol oynayabilirler.

KAYNAKLAR

- Allen JD, Hall LW, Collier RJ, Smith JF. 2015. Effect of core body temperature, time of day, and climate conditions on behavioral patterns of lactating dairy cows experiencing mild to moderate heat stress. *Journal of Dairy Science* 98:118-127. DOI: 10.3168/jds.2013-7704
- Angrecka S, Herbut P. 2016. Impact of barn orientation on insolation and temperature of stalls surface. *Annals of Animal Science* 16:887-896. DOI: 10.1515/aoas-2015-0096
- Armstrong DV. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *Journal of Dairy Science* 77:2044-2050. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77149-6
- Blackshaw JK, Blackshaw AW. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behavior: A review. *Animal Production Science* 34:285-295. DOI: 10.1071/EA9940285
- Boissy A, Arnould C, Chailou E, Désiré L, Duvaux-Ponter C, Greiveldinger L, Letierrier C, Richard S, Roussel S, Saint-Dizier H, Meunier-Salaün MC. 2007. Emotions and cognition: A new approach to animal welfare. *Animal Welfare* 16:37-43.
- Charlton GL, Rutter SM, East M, Sinclair LA. 2013. The motivation of dairy cows for access to pasture. *Journal of Dairy Science* 96:4387-4396. DOI: 10.3168/jds.2012-6421
- Chebel RC, Santos JEP, Reynolds JP, Cerri RLA, Juchem SO, Overton M. 2004. Factors affecting conception rate after artificial insemination and pregnancy loss in lactating dairy cows. *Animal Reproduction Science* 84:239-255. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2003.12.012
- Chen JM, Schütz KE, Tucker CB. 2016. Sprinkler flow rate affects dairy cattle preferences, heat load, and insect deterrence behavior. *Applied Animal Behaviour Science* 182:1-8. DOI: 10.1016/j.applanim.2016.05.023
- Coimbra PAD, Machado Filho LCP, Hötzel MJ. 2012. Effects of social dominance, water trough location and shade availability on drinking behavior of cows on pasture. *Applied Animal Behaviour Science* 139:175-182. DOI: 10.1016/j.applanim.2012.04.009
- Collier RJ, Eley RM, Sharma AK, Pereira RM, Buffington DE. 1981. Shade management in subtropical environment for milk yield and composition in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science* 64:844-849. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(81)82656-2
- Collins KJ, Weiner JS. 1968. Endocrinological aspects of exposure to high environmental temperatures. *Physiological Reviews* 48:785-839. DOI: 10.1152/physrev.1968.48.4.785
- Cook NB, Mentink RL, Bennett TB, Burgi K. 2007. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90:1674-1682. DOI: 10.3168/jds.2006-634
- D'Eath RB, Tolkamp BJ, Kyriazakis I, Lawrence AB. 2009. Freedom from hunger' and preventing obesity: The animal welfare implications of reducing food quantity or quality. *Animal Behaviour* 77:275-288. DOI: 10.1016/j.anbehav.2008.10.028
- De Rensis F, Scaramuzzi RJ. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow - A review. *Theriogenology* 60:1139-1151. DOI: 10.1016/S0093-691X(03)00126-2
- De Rensis F, Garcia-Ispuerto I, López-Gatiús F. 2015. Seasonal heat stress: Clinical implications and hormone treatments for the fertility of dairy cows. *Theriogenology* 84:659-666. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2015.04.021
- Dikmen S, Alava E, Pontes E, Fear JM, Dikmen BY, Olson TA, Hansen PJ. 2008. Differences in thermoregulatory ability between slick-haired and wild-type lactating Holstein cows in response to acute heat stress. *Journal of Dairy Science* 91:3395-3402. DOI: 10.3168/jds.2008-1072
- Duncan IJH. 2004. Concept of welfare based on feelings. Pg. 85-100 in *The Well-Being of Farm Animals*. G. J. Benson and B. E. Rollin, ed. Blackwell, Oxford, UK.
- Ettinger SJ, Feldman EC. 2009. *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. Elsevier Health Sciences, Philadelphia, PA.
- Flower FC, Sedlbauer M, Carter E, von Keyserlingk MAG, Sanderson DJ, Weary DM. 2008. Analgesics improve the gait of lame dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91:3010-3014. DOI: 10.3168/jds.2007-0968
- Fraser D, Weary DM, Pajor EA, Milligan BN. 1997. A scientific conception of animal welfare that reflects ethical concerns. *Animal Welfare* 6:187-205.
- Ganong WF. 2005. Central regulation of visceral function: Thirst. Pages 240-241 in *Review of Medical Physiology*. 22nd ed. Appleton and Lange, Stamford, CT.



- Hu H, Zhang Y, Zheng N, Cheng J, Wang J. 2016. The effect of heat stress on gene expression and synthesis of heat-shock and milk proteins in bovine mammary epithelial cells. *Animal Science Journal* 87:84-91. DOI: 10.1111/asj.12375
- IASP (International Association for the Study of Pain). 1994. Part III: Pain terms, a current list with definitions and notes on usage. Pg. 209-214 in *Classification of Chronic Pain*. H. Merskey and N Bogduk, ed. IASP Press, Seattle WA.
- Ito K, von Keyserlingk MAG, LeBlanc SJ, Weary DM. 2010. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93:3553-3560. DOI: 10.3168/jds.2009-2951
- Jensen MB, Pedersen LJ, Munksgaard L. 2005. The effect of reward duration on demand functions for rest in dairy heifers and lying requirements as measured by demand functions. *Applied Animal Behaviour Science* 90:207-217. DOI: 10.1016/j.applanim.2004.08.006
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livestock Production Science* 77:59-91. DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
- Kendall PE, Nielsen PP, Webster JR, Verkerk GA, Littlejohn RP, Matthews LR. 2006. The effects of providing shade to lactating dairy cows in a temperate climate. *Livestock Science* 103:148-157. DOI: 10.1016/j.livsci.2006.02.004
- LeDoux JE. 1995. Emotion: Clues from the brain. *Annual Review of Psychology* 46:209-235. DOI: 10.1146/annurev.ps.46.020195.001233
- Linville DE, Pardue FR. 1992. Heat stress and milk production in the South Carolina coastal plains. *Journal of Dairy Science* 75:2598-2604. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78022-9
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandt T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal Animal Science*. 84:712-719 DOI: 10.2527/2006.843712x
- NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy of Sciences, Washington, DC.
- Orihuela A. 2000. Some factors affecting the behavioral manifestation of oestrus in cattle: A review. *Applied Animal Behaviour Science* 70:1-16. DOI: 10.1016/S0168-1591(00)00139-8
- Pehlivan E, Dellal G. 2014. Memeli Çiftlik Hayvanlarında Stres, Fizyoloji ve Üretim İlişkileri. *Hayvansal Üretim*, 55 (1), 25-34. DOI: 10.29185/hayuretim.363905. DOI: 10.29185/hayuretim.363905
- Pereira MHC, Rodrigues ADP, Martins T, Oliveira WVC, Silveira PSA, Wiltbank MC, Vasconcelos JLM. 2013. Timed artificial insemination programs during the summer in lactating dairy cows: Comparison of the 5-d Cosynch protocol with an estrogen/progesterone-based protocol. *Journal of Dairy Science* 96:6904-6914. DOI: 10.3168/jds.2012-6260
- Polsky L, von Keyserlingk MAG. 2017. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science* 100:8645-8657. DOI: 10.3168/jds.2017-12651
- Pritchard JC, Lindberg AC, Main DJC, Whay HR. 2005. Assessment of the welfare of working horses, mules and donkeys, using health and behavior parameters. *Preventive Veterinary Medicine* 69:265-283. DOI: 10.1016/j.prevetmed.2005.02.002
- Purwanto BP, Abo Y, Sakamoto R, Furumoto F, Yamamoto S. 1990. Diurnal patterns of heat production and heart rate under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *Journal of Agricultural Science* 114:139 DOI: 10.1017/S0021859600072117
- Renaudeau D, Collin A, Yahav S, de Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal* 6:707-728. DOI: 10.1017/S1751731111002448
- Rhoads ML, Rhoads RP, VanBaale MJ, Collier RJ, Sanders SR, Weber WJ, Crooker BA, Baumgard LH. 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *Journal of Dairy Science* 92:1986-1997. DOI: 10.3168/jds.2008-1641
- Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP. 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92:5769-5801. DOI: 10.3168/jds.2009-2431
- Rushen J, Munksgaard L, Marnet PG, de Passillé AM. 2001. Human contact and the effects of acute stress on cows at milking. *Applied Animal Behaviour Science* 73:1-14. DOI: 10.1016/S0168-1591(01)00105-8
- Schär C, Vidale PL, Lüthi D, Frei C, Häberli C, Liniger MA, Appenzeller C. 2004. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427:332-336.
- Schütz KE, Rogers AR, Cox NR, Tucker CB. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behavior, and body temperature. *Applied Animal Behaviour Science* 116:28-34. DOI: 10.1016/j.applanim.2008.07.005
- Spiers DE, Spain JN, Sampson JD, Rhoads RP. 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *Journal of Thermal Biology*. 29:759-764. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2004.08.051
- Summer A, Formaggioni P, Tosi F, Fossa E, Mariani P. 1999. Effects of the hot-humid climate on rennet-coagulation properties of milk produced during summer months of 1998 and relationships with the housing systems in the rearing of Italian Friesian cows. *Ann. Faculty of Medicine Veterinary, University Parma* 19:167-179.
- Summer A, Lora I, Formaggioni P, Gottardo F. 2019. Impact of heat stress on milk and meat production. *Animal Frontiers* Jan. 2019, Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1093/af/vfy026
- Verbeek E, Waas JR, Oliver MH, McLeay LM, Ferguson DM, Matthews LR. 2012. Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: Behavioral, metabolic and endocrine considerations. *Hormones and Behavior* 62:162-172. DOI: /10.1016/j.yhbeh.2012.06.006
- Vizzotto EF, Fischer V, Thaler Neto A, Abreu AS, Stumpf MT, Werncke D, Schmidt FA, McManus CM. 2015. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *Animal* 9:1559-1566. DOI: 10.1017/S1751731115000877
- von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM, Weary DM. 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle-Key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science* 92:4101-4111. DOI: 10.3168/jds.2009-2326
- von Keyserlingk MAG, Cestari AA, Franks B, Fregonesi JA, Weary DM. 2017. Dairy cows value access to pasture as highly as fresh feed. *Scientific Reports* 7:44953
- Weary DM, Niel L, Flower FC, Fraser D. 2006. Identifying and preventing pain in animals. *Applied Animal Behaviour Science* 100:64-76. DOI: 10.1016/j.applanim.2006.04.013
- West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86:2131-2144. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X
- Wiersma F, Armstrong DV. 1983. Cooling dairy cattle in holding pen. ASAE. Paper No: 83-4507, Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.
- Williams D. 2018. Dairy Cow Welfare Heat Stress and Climate Change. *Dairy and Vet Sci J* 8(5);, JDVS.MS.ID.555746.
- Yaylak E, Yavuz M. 2016. Sığırlarda İçme Suyu Kalitesi ve Suluk Yönetimi. *Hayvansal Üretim* 57(2): 57-67, 2016.