

Süt Sığırlarında Sıcak Stresinin Tespiti, Verim Özellikleri Üzerine Etkileri ve Korunma Yöntemleri

Deniz DİNÇEL* Serdal DİKMEN**

Geliş Tarihi: 03.06.2013
Kabul Tarihi: 10.09.2013

Özet: Son yıllarda, süt sığırı yetiştiriciliğinde hem verim özellikleri hem de fonksiyonel özellikler sıcak stresinden artan oranda ve olumsuz yönde etkilendiği görülmektedir. Son yıllarda artan küresel sıcaklıklar ile birlikte tüm dünyadaki oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Ülkemizde de, süt sığırı yetiştiriciliğinin sıklıkla yapıldığı (Marmara, Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu) bölgelerde sıcak stresinin etkisi yoğun bir şekilde hissedilmektedir. Sıcak stresinin temel etkisi; yem tüketiminin azalması, verim özelliklerindeki düşüş ve bazı yetiştiricilik hastalıklarının görülme sıklığının artması şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Ayak hastalıkları ve mastitis gibi hastalıkların daha sık görülmesi ve süt kalitesini belirleyen faktörlerden biri olan somatik hücre sayısındaki artış ile buna bağlı olarak süt kalitesinin bozulması gibi yetiştiriciye doğrudan ve dolaylı birçok zararı olmaktadır. Çevre sıcaklıkları ve nem oranının yıl boyunca yüksek olduğu bölgelerde (Marmara, Ege ve Akdeniz) sıcak stresi etkileri daha sık ve yoğun bir şekilde görülür. Yüksek sıcaklıklara, yüksek nem oranının da eşlik ettiği bölgelerde yetiştirilen ineklerde terleme yolu ile ısı kaybı mekanizmasının da etkinliğini kaybetmesi sonucu sıcak stresinin etkisi daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Gündüzleri yüksek düzeyde sıcak stresine maruz kalan inekler gece boyunca sıcaklıkların uygun düzeye düştüğü durumlarda sıcak stresinin etkilerini tolere edebilirler. Ancak, gece sıcaklıklarının da yüksek olduğu durumlarda inekler sıcak stresinden daha fazla etkilenirler. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, sıcak stresinin etkilerinin azaltılmasında etkili olabilecek genler araştırılmaktadır. Bu derlemede, süt sığırlarında sıcak stresinin tespitinde kullanılan yöntemler, verim özellikleri ile ilişkisi ve etkilerini azaltma yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sıcak Stresi, Süt Sığırı, Sıcaklık-Nem İndeksi.

Assessment of Heat Stress, Effects on Production Traits and Protection Methods in Dairy Cows

Abstract: Heat stress is effecting both production and functional traits in dairy cattle. Heat stress became a major concern for dairy cattle breeders, as a result of global warming. Effects of heat stress is being felt more especially at intensive cattle farms in Turkey. Dry matter intake decreases under heat stress conditions which is a major factor of decline in milk yield. And also, under the effect of heat stress somatic cell count of milk increases, several diseases becomes more common (mastitis and lameness) and milk quality becomes worse thus it causes direct and indirect costs to breeders. The effects of heat stress becomes more prominent under the conditions of high humidity and ambient temperature because of the less effective evaporative heat loss. Cows are being affected more from heat stress when the night time ambient temperature is high. As a result of current selection programmes, dairy cattle will have more milk production, consume more feed and more heavier than today which will result a decrease in heat tolerance. In this review, it is aimed to give knowledge on heat stress and its relationship with production traits and methods to decrease its effects on dairy cattle.

Key Words: Heat stress, Dairy cows, Temperature-moisture Index.

* Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

** Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni Anabilim Dalı, serdal@uludag.edu.tr

Giriş

Süt sığırlarda normal vücut sıcaklığının yükselmesine neden olan etkenlerin bileşkesine ‘Sıcak stresi’ denir. Sıcak stresi olumsuz etkilerini temel olarak döl verimi, süt verimi ve fonksiyonel özellikler üzerinde göstermektedir (Hansen, 2007; Rhodas ve ark., 2009; Smith ve ark., 2013). Sıcak stresinden etkilenen bir inekten hiçbir zaman uygun düzeyde süt ve döl verimi alınmaz. Bir laktasyon boyunca sadece yaz aylarında sıcak stresine maruz kalan ineklerin toplam süt verimleri %10 ile %25 oranında azalabilir (Collier ve ark., 2006; Vermunt ve ark., 2010). Süt verimindeki bu düşüşün yanı sıra bağımsızlık sisteminin baskılanması da farklı hastalıkların (Mastitis gibi) ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Tao ve ark., 2011). Süt verimindeki azalma %35 oranında yem tüketiminin azalmasından kaynaklanırken, %65 oranında diğer faktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir (Rhoads ve ark., 2009; Wheelock ve ark., 2010). Diğer bir ifadeyle, süt sığırlarında sıcak stresinin etkilerinin azaltılması amacıyla genetik ve çevresel faktörlerin düzenlenmesi %65 oranında sorunun çözümü konusunda katkı sağlayacaktır. Döl verimindeki olumsuz etkiler ise vücut sıcaklığının normal değerlerin üstüne çıkmasından kaynaklanmaktadır (39°C) (Vermunt ve ark., 2010). Süt kalitesinin temel belirteçlerinden biri olan somatik hücre sayısı da sıcak stresine maruz kalan ineklerde daha yüksektir (Vermunt ve ark., 2010; Tao ve ark., 2011; Smith ve ark., 2013).

Son 50 yıl boyunca uygulanan seleksiyon indeksleri incelendiğinde sıcak stresine dayanıklılığın göz ardı edildiği dikkati çekmektedir (Dikmen ve ark., 2012). Küresel ısınmanın etkileri önümüzdeki yıllarda daha da artacağı göz önüne alınacak olursa (NASA, 2013) süt sığırlarında sıcak stresinin etkilerinin tespitinde kullanılacak yöntemlerin bilinmesi, bu etkileri azaltacak azaltacak uygulamaların ve kalıcı dayanıklılık sağlayacak mekanizmaların geliştirilmesine gerek vardır.

Sıcak Stresinin Tespit Yöntemleri

Süt sığırlarında sıcak stresinin temel etkisi vücut sıcaklıklarını normal değerlerin üzerine çıkararak gösterir. Bu etkiyi yaratan çevresel faktörler ise; kuru termometre sıcaklığı (°C), ıslak termometre sıcaklığı (°C), çığ noktası (°C), nem oranı (%), güneş ışınları (solar radyasyon) ve rüzgar hızı gibi birçok barınak içindeki değişkenlerdir (Dikmen ve ark., 2009). Bu çevre-

sel faktörleri kullanarak, süt sığırlarında sıcak stresi düzeyinin tespit edilmesi amacıyla farklı indeksler bulunmaktadır. Bu indekslere genel olarak ‘Sıcaklık-nem indeksi’ adı verilir (SNİ veya THI). Bu indekslerde, kuru-ıslak termometre sıcaklığı, çığ noktası ve nem oranı gibi bazı çevresel faktörler göz önüne alınarak hesaplamalar yapılır ve bu yapılan hesaplamadan elde edilen değere göre sıcak stresinin düzeyi hakkında fikir edinilmeye çalışılmaktadır. Ancak, hesaplanan bu değerler her zaman ineklerin gerçekte maruz kaldıkları sıcak stresi düzeyi hakkında net olarak bilgi vermeyebilir (Dikmen ve ark., 2009).

Son yıllarda sıklıkla kullanılmakta olan serinletme sistemleri de sıcak stresinin etkilerini azalmada yardımcı olmaktadır. Ancak ne oranda etkin oldukları ve hangi sıklıkla çalıştırılması gerektiği konusu iyi kontrol edilmelidir. Hesaplanan indeks (SNİ) değerlerine bakarak ineklerin maruz kaldıkları sıcak stresi düzeyi ve verimlerde ne oranda bir düşüş olabileceği konusunda tahmin yapılabilir. Sürüdeki ineklerin sıcak stresinden ne kadar etkilendikleri ve kullanılan serinletme sisteminin etkinliğini tespit etmek amacıyla, aşağıdaki sıcaklık-nem indeksleri yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Son yıllarda elde edilen sonuçlara göre süt verim düzeyindeki düşüş SNİ değerinin 65 ve üzerine çıkması ile başladığı bildirilmektedir (Zimbelman ve ark., 2009). Bu sebeple süt sığırlarında sıcak stresinden kaynaklanan süt verimi kaybının engellenmesi amacıyla SNİ değerinin 65’e ulaştığı andan itibaren serinletme sistemlerinin aktif hale getirilmesi önerilebilir. Bazı çalışmalarda ise SNİ değerinin 72 ve üzerine çıktığı durumlarda sıcak stresinin başladığı tespit edilmiştir (Gaughan ve ark., 2008). Tespit edilen bu değerler o sürülerde ki ortalama verim düzeyine sahip bir ineğin etkilendiği noktayı göstermektedir.

$$THI1 = (1.8 \times T_{db} + 32) - [(0.55 - 0.0055 \times RH) \times (1.8 \times T_{db} - 26.8)] \text{ (NRC, 1971)}$$

$$THI2 = T_{db} + 0.36 \times T_{dp} + 41.2 \text{ (Yousef, 1985)}$$

$$THI3 = (0.35 \times T_{db} + 0.65 \times T_{wb}) \times 1.8 + 32 \text{ (Bianca, 1962)}$$

$$THI4 = (0.55 \times T_{db} + 0.2 \times T_{dp}) \times 1.8 + 32 + 17.5 \text{ (NRC, 1971)}$$

$$THI5 = (0.15 \times T_{db} + 0.85 \times T_{wb}) \times 1.8 + 32 \text{ (Bianca, 1962)}$$

$$THI6 = [0.4 \times (T_{db} + T_{wb})] \times 1.8 + 32 + 15 \text{ (Thom, 1959)}$$

$$THI7 = (T_{db} + T_{wb}) \times 0.72 + 40.6 \text{ (NRC, 1971)}$$

$$THI8 = (0.8 \times T_{db}) + [(RH/100) \times (T_{db} - 14.4)] + 46.4 \text{ (Mader ve ark., 2006)}$$

T_{db} = kuru termometre sıcaklığı (°C), RH= nem oranı,

T_{wb} = ıslak termometre sıcaklığı (°C), T_{dp} = çiğ noktası (°C),

Vücut sıcaklığı, sıcak stresinin etkilerinin ölçülebileceği en temel göstergedir (Dikmen ve ark., 2009). İneklerin normal vücut sıcaklığı 38.5°C düzeyindedir ve bu sıcaklık 39°C üzerine çıktığı durumlarda verim özelliklerinde önemli düzeylerde düşüşler görülür (Tratcher ve ark., 2010). Süt sığırlarında, çevre sıcaklığı, SNİ değerleri ve vücut sıcaklık düzeylerindeki değişim üzerine yapılan bir çalışmada (Dikmen ve ark., 2009), SNİ değeri 78.2 ve çevre sıcaklığının 28.4°C olduğu durumda ineklerin vücut sıcaklıklarının normal düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Kritik vücut sıcaklığı sınırı olarak gösterilen 39°C düzeyine ise SNİ değerinin 79.6 ve çevre sıcaklığının 29.7°C olduğu koşullarda ulaşıldığı bildirilmektedir. Ayrıca, karmaşık bir hesaplama sonucu elde edilen SNİ değerini hesaplamaya gerek kalmadan sadece çevre sıcaklığını göz önüne alınması ile de sıcak stresi düzeyi hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür (Dikmen ve ark., 2009). Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre; kapalı serbest dolaşimli barınaklarda yetiştirilen ve serinletme sistemleri bulunan barınaklardaki Holstein ırkı inekler için kritik çevre sıcaklığı düzeyinin 29.7°C olduğu görülmektedir. Ancak bu sıcaklık düzeyi, ineklerin yetiştirildiği çiftlik koşullarına ve çiftlikte serinletme sistemlerinin kullanılıp kullanılmadığına ya da bu serinletme sistemlerinin etkinliğine göre değişir (Berman, 2009).

Sıcak Stresi ve Verim Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Süt verimi: Sıcak stresinin süt verimini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Tao ve ark., 2011). Kuru dönemde ve gebe olmayan bir ineğin vücudundaki metabolik ısı üretimi 9 adet 100 watt ampülün ürettiği kadar ısı üretmektedir. Ayrıca, her 5 lt süt üretimi 1 adet 100 watt ampülün ürettiği ısı yükü kadar ek vücut ısı üretimi anlamına gelir. Bu sebeple, laktasyondaki inekler, yüksek metabolik ısı yüküne sahip olmalarından dolayı çevre sıcaklığındaki artıştan oldukça önemli düzeyde etkilenirler. Sıcak stresine orta ve yüksek düzeyde maruz kalan ineklerde (SNİ > 65) süt verimlerinde belirgin düzeylerde düşüşler görülür (Bohmanova ve ark., 2008; Wheelock ve ark., 2010). Sıcak stresinin inek üzerindeki gerçekleştirdiği etkiler; vücut sıcaklığının yükselmesi, solunum sayısının artması ve kuru madde tüketiminin azalması şeklinde görülmektedir (Smith ve ark., 2006;

Amaral ve ark., 2009). Bu özelliklerden ilk değişen özellik solunum oranıdır (Gaughan ve ark., 2000; Eigenberg ve ark., 2005). Özellikle solunum oranı, çevresel sıcaklıkların 21-22 °C olduğu durumlarda vücut sıcaklığına göre daha fazla bilgi verme özelliğinde olmasına rağmen çevre sıcaklıklarının 25 °C ve üzerine çıktığı koşullarda sürü hakkında yeterli bir tanımlayıcı özellik taşımaz. Laktasyon döneminde sadece yaz ayları boyunca sıcak stresine maruz kalan ineklerin laktasyon süt verimleri %25'e varan oranlarda daha düşük düzeyde kaldığı tespit edilmiştir (Collier ve ark., 2006; Amaral ve ark., 2009). Bir süt sığırı işletmesinde SNİ ve çevre sıcaklıklarındaki düzeylerinin tespit edilmesi ile süt veriminde ne kadar bir düşüş olacağını hesaplamak mümkündür. Sıcak stresi düzeyinin belirlenmesi amacıyla hesaplanan günlük ortalama SNİ değerinin her bir birimlik artışına karşılık ineklerin süt verimlerinin 0.3 kg/inek düştüğü tespit edilmiştir (Gantner ve ark., 2011; Salem ve ark., 2009; Smith ve ark., 2012). Benzer şekilde ortalama çevre sıcaklığının (°C) her bir birimlik artışında, ineklerin süt verimlerinin 1.8 kg düştüğü tespit edilmiştir (Johnson ve ark., 1963; Smith ve ark., 2012). Yüksek çevre sıcaklıklarının görüldüğü dönemlerde barınaklarda serinletme sistemlerinin kullanılması, işletme karlılığı açısından vazgeçilmez bir unsurdur. Çevre sıcaklığının kritik sınırların üzerine çıktığı (25-26°C) durumlarda serinletme sistemlerinin kullanılması ile ineklerden 2 kg daha fazla süt elde etmek mümkündür (Chaiyabutr ve ark., 2008). Yapılacak bu uygulama ile elde edilen fazla süt için harcanan giderler göz önüne alındığında; inek başına 0.22 \$ bir kar elde edileceği tespit edilmiştir. Elde edilecek olan bu gelirin içinde döl verimi performansında görülecek olan iyileşmenin etkisi dikkate alınmamıştır. Serinletme sistemleri sayesinde daha fazla süt elde etmek mümkün olmasının yanı sıra ineklerin tükettikleri her birim yemden de daha fazla süt ürettikleri yani süt verimi bakımından yemden yararlanma değerinin iyileştiği de bilinmektedir (Adin ve ark., 2009). Dolayısıyla, laktasyondaki ineklerde sıcak yaz ayları boyunca serinletme sistemlerinin kullanılması ile işletme karlılığına önemli düzeyde katkı sağlamak mümkündür.

Son yıllarda, sıcak stresinin laktasyondaki inekler üzerinde etkilerini incelemek amacıyla oldukça fazla sayıda araştırma yapılmaktadır (Wheelock ve ark., 2010; Silanikove ve ark., 2009; Rhodas ve ark., 2009). Ancak süt sığırı yetiştiriciliğinde sürdürülebilirliğin sağlanması ve yıl boyunca etkin şekilde üretim yapılabilme-

si amacıyla bazı yönetsel uygulamaların kaçınılmaz bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla, sıcak yaz aylarında sadece laktasyondaki ineklerin serinletmeye ihtiyacı yoktur. İşletmedeki kuru dönemdeki ineklerin de serinletme sistemlerine ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir (Chaiyabutr ve ark., 2008; Tao ve ark., 2011). Özellikle Son yıllarda, kuru dönem ve sıcak stresi konusunda araştırmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Kuru dönemde yüksek çevre sıcaklığına maruz kalan ve bu etkileri en aza indirecek şekilde önlem alınmayan ineklerde; meme gelişiminin olumsuz etkilenmesinden dolayı, erken ve orta laktasyonda süt verim düzeylerinin önemli düzeyde etkilendiği/düşüğü görülmektedir (Tao ve ark., 2011). Kuru dönemde yüksek çevre sıcaklığına maruz kalan ve laktasyon döneminde serinletme sistemine sahip bir barınak koşulunda yetiştirilen ineklerin, sürekli serinletme sisteminde barındırılan ineklere göre %13.6 daha az laktasyon süt verimine sahiptirler. Ayrıca, kuru dönemde sıcak streine maruz kalan ineklerin buzağlarının doğum ağırlıkları da 3 kg daha azdır (Adin ve ark., 2009). Dolayısıyla, bir süt sığırları işletmesinde sıcak stresinden kaynaklanan kayıpların azaltılması amaçlanıyorsa, kuru döneme de gereken önem verilmelidir. Kuru dönemde uygun düzeyde sıcak stresinin etkilerinden uzak tutulan ineklerden yaşama gücü daha yüksek buzağlar, daha fazla süt dolayısıyla daha fazla gelir elde etmek mümkündür.

Döl verimi ile ilişkisi: Süt sığırlarında sıcak stresinin etkilediği diğer bir verim özelliği de döl verimidir. Yüksek süt verimine sahip ineklerin sıcak stresine daha duyarlı oldukları ve döl verimi yeteneklerindeki düşüşün daha hızlı ve belirgin olduğu bilinmektedir (Slanikove ve ark., 2009). Sıcak stresine maruz kalan ineklerin kızgınlık süreleri kısalmıştır (Leonel ve ark., 2010), gebelik oranı düşer ve erken embriyonik ölümler daha fazla görülür (Leonel ve ark., 2010). Ayrıca, hormonal mekanizmadaki değişikliklere bağlı olarak ovaryum aktivitesi ve uterus fonksiyonları da olumsuz yönde etkilenir (Hansen, 2009; J.R.S. ve ark., 2008; Roth, 2008). Süt sığırlarında döl verimi performansına ilişkin önemli göstergelerden biri olan gebelik oranı ile sıcak stresi düzeyi arasında çok önemli bir ilişki vardır. Vücut sıcaklığı da sıcak stresinden etkilenme düzeyi hakkında önemli bir bilgi kaynağıdır (Dikmen ve ark., 2009). Sıcak stresinden etkilenen ineklerin vücut sıcaklıklarının arttığı bilinen bir durumdur (Tucker ve ark., 2008). 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 oranı %0 kadar düştüğü tespit edilmiştir (Altınçekiç, 2012). Sıcak stresinin etkisi altındaki ineklerde gebelik oranında düşüşün net bir şekilde görülmesinin yanı sıra, ovaryum aktivitesinin değişmesi, embriyonik gelişimin olumsuz yönde etkilenmesi, uterus fonksiyonları ve ortamının değişmesi gibi birçok ikincil değişikliklerinde olduğu bilinmektedir (Hansen, 2009; Roth, 2008). Sıcak stresi altındaki ineklerde döl verimi performansının geliştirilmesi amacıyla embriyo transferi uygulaması yapmak alternatif bir çözüm olabilir. Kış aylarında ineklerden elde edilen embriyoların dondurularak saklanıp, yaz aylarında ineklere aktarılması ya da sıcak stresine maruz kalmamış ineklerden elde edilen embriyoların diğer ineklere aktarılması döl verimi performansını iyileştirici etkileri olduğu tespit edilmiştir (Jordan 2003). Ancak, bu yöntemde bile bazı olumsuzluklarla karşılaşmaktadır. Sıcak stresi altındaki ineklere yapılan embriyo transferlerin yeterli düzeyde başarı sağlayamaması, döl verimindeki düşüşün sadece embriyo kalitesindeki değişimden kaynaklanmadığını da göstermektedir (Hansen, 2009). Düşük düzeyde kaliteye sahip embriyoların aktarılması da gebelik oranının düşmesine neden olmaktadır. Bu durum, besi sığırları ile karşılaştırıldığında süt sığırlarında daha önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sağlık ile ilişkisi: Sıcak stresi, süt sığırlarında sağlık ve refah özelliklerini önemli düzeyde etkiler (Wheelock ve ark., 2010). Bir süt sığırları işletmesinde ekonomik parametreler üzerinde doğrudan etkiye sahip süt ve döl verimi özelliklerindeki sıcak stresi etkisiyle oluşan değişim daha çok ön plana çıkmaktadır. Bir süt sığırları işletmesindeki ineklerde görülen her bir ayak hastalığının işletmeye maliyeti 478 dolar civarında olduğu belirtilmektedir (Shearer, 2011). Bu sebepten dolayı, ineklerin daha az hastalanmaları da en az verim düzeylerindeki düşüş kadar önemlidir. Solunum alkolozu, sıcak stresine yüksek düzeyde maruz kalan ineklerde sıklıkla görülmektedir. Ayrıca, immün sistemdeki aksaklıklar sonucunda sıcak yaz aylarında mastitis görülme sıklığı artar. Yapılan çalışmalarda, mastitise yeni yakalanan ineklerin sayısının artmasının temel nedeni, Sıcak stresinin immün sistem üzerindeki olumsuzluklardan ileri geldiği bilinmektedir (Amaral ve ark., 2010). Ayrıca, sıcak stresinin yoğun olduğu dönemlerde ölüm oranları da artmaktadır (Vitali

ve ark., 2009). Bunun yanda süt sığırı yetiştiriciliğinde önemli yetiştiricilik hastalıklarından biri olan ‘Ayak Hastalıkları’nın da sıcak stresi ile doğrudan ve dolaylı olumsuz etkisi bulunmaktadır (Sanders ve ark., 2009). Süt sığırları sıcak stresi etkisinde oldukları süre boyunca bazı davranış değişiklikleri ile kendilerini olumsuz etkilerden korumaya çalışırlar. Bu davranış değişikliklerinin başında ‘ayakta durma’ süresinin uzaması şeklinde görülür. İnekler sıcak stresinin etkilerini tolere edebilmek için daha fazla süre ayakta kalarak (ortalama 3 saat/gün) konveksiyon yolu ile ısı kaybı mekanizmasını daha etkin kullanmaya çalışırlar (Dikmen ve ark., 2012). Ancak, bu davranış değişikliği sonucunda genellikle yaz aylarının sonlarına doğru da ayak problemlerinde ve hareketlilik skoru değerlerinde bir artış görülür. Bu artış sonucunda da verim (süt ve döl verimi) özelliklerinde düşüşler görülmekte, sağlık giderleri artmakta ve işletmenin ekonomik parametrelerinde olumsuzluklara rastlanılmaktadır.

Davranış ile ilişkisi: Süt sığırları sıcak stresinden etkilendikleri durumlarda normal davranışları da değişmektedir. Özellikle, ayakta durma davranışı sıcak çevre koşullarında bulunan sığırlarda dikkatle takip edilmesi gereken bir davranıştır (Cook ve ark., 2007; Legrant ve ark., 2011). İneklerin barındırıldıkları barınaklardaki sıcaklığın artmasıyla birlikte ineklerin yatarak geçirdikleri zaman azalır (Legrant ve ark., 2011; Honig ve ark., 2012). İneklerin barınak içindeki davranışlarının özellikle yaz aylarında iyi gözlemlenmesi gerekmektedir. Eğer inekler, yataklıklarda veya yürüme alanlarında hareketsiz ayakta duruyor ise ya da sulukların önünde gruplar halinde oldukları gözlemleniyor ise o sürülerde sıcak stresi etkisini göstermeye başlamıştır.

Korunma Yöntemleri

Gölgelik: Sıcak stresinin etkilerini azaltmak amacıyla uygulanabilecek en kolay ve ekonomik yöntemlerden birisidir. Gölgelik kullanımı ile ineklere doğrudan ulaşan güneş ışınlarının azaltılması sonucu vücut yüzeyindeki ısının daha düşük düzeyde kalması ve inek düzeyindeki çevre sıcaklığının (mikro-klima) göreceli olarak düşük düzeyde kalması hedeflenmektedir. Ayrıca bu yöntem, çevre sıcaklığının düşürülmesini sağlamaz, bu nedenle pasif etkiye sahip bir yöntemdir. Çok yüksek çevre sıcaklıklarında etkinliği azalır. Özellikle çevre sıcaklığının 32°C üzerine çıktığı koşullarda gölgelik kullanımını faydalı bir etkisinden bahsedilemez (Sılanikove ve ark., 2009). Ayrıca meraya dayalı

lı ya da meraya çıkan inekler için gölgelik sağlanması gerekmektedir ancak bu durum ya çok maliyetli yada oldukça zor olduğundan bu bölgelerde ağaçlandırma yapılması daha ucuz bir çözüm olarak önerilebilir (Schütz ve ark., 2010). Çevre sıcaklıklarının yüksek olduğu durumlarda, meraya çıkan ineklere gezinti bölgelerinde gölgelik sağlanması ile %3 yüksek miktarda süt elde edilmektedir (Fisher, 2008).

Fan ve Islatma: İneklerde vücut sıcaklığının atılması amacıyla dört temel ısı düzenleme mekanizması bulunur. Bunlar; radyasyon, konveksiyon, konveksiyon ve terleme mekanizmalarıdır. Bu mekanizmalardan ilk üçü vücuttan ısı kaybının ancak %15’ini sağlarken, dördüncü mekanizma olan ‘terleme’ mekanizması yolu ile vücutta oluşan ısının %85’inin atılımını sağlanması mümkündür (Dikmen ve ark., 2008). Bu sebeple, serinletme sistemlerinde bu mekanizmayı göz önüne alan her yöntem etkin bir yöntem olarak tanımlanabilir (Dikmen ve ark., 2008). Bu sebepten dolayı, sıcak koşullarda yetiştirilmek zorunda kalan işletmelerde fan ve ıslatma yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır (Resim 1). Islatma yönteminin yanı sıra fan ile de oluşturulan hava akımı sayesinde vücuttaki ısı yükünün daha hızlı bir şekilde uzaklaştırılması sağlanmaktadır.



Resim 1. Sık kullanılan fan ve ıslatma yöntemi ile serinletme sistemi

Figure 1. Most preferred cooling systems with fan and sprinklers

Fan ve Islatma yöntemini kullanan serinletme sistemleri, çevre sıcaklığı ile ineğin vücut sıcaklığı arasındaki farkın az olduğu durumlarda yani 30°C ve üzerindeki çevre sıcaklıklarında oldukça etkindir. Diğer bir ifadeyle, çevre sıcaklığı düzeyi arttıkça fan ve ıslatma yönteminin etkinliği de artmaktadır. Sıcak yaz aylarında bu tip serinletme sistemi kullanan işletmelerde süt üretimi bakımından yemden yararlanma oranında önemli düzeyde iyileşme görülmektedir (Suadsong, 2012). Yapılan bir çalışmada, kapalı serbest dolaşimli bir barınak içinde fan ve ıslatma yöntemi kullanılarak serinletilen ineklerde yem tüketiminin (kuru madde esasına göre) %2 arttığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, süt veriminde %8.7 artış olduğu tespit edilmiş olup yemden yararlanma değerinin daha iyi olduğu belirtilmiştir (Suadsong, 2012).

Tünel Havalandırma: Son yıllarda ‘Tünel Havalandırma Sistemleri’ süt sığırı yetiştiriciliğinde alternatif bir serinletme modeli olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerin süt sığırı yetiştiriciliğinde kullanımı oldukça yeni olmakla birlikte özellikle yüksek genetik kapasiteye sahip damızlık işletmelerinde önerilen bir yöntem olma özelliği taşımaktadır. İlk olarak domuz ve kanatlı yetiştiriciliğinde kullanılmakta olan bu sistem, süt sığırı yetiştiriciliğinde birkaç farklı model de uygulanmaktadır (Smith ve ark., 2006). Bu sistem temel olarak; yan duvarları olan, barınağın bir ucundaki fanlar yardımı ile oluşturulan negatif basınç yardımı ile barınağın açık ucundan giren serinletilmiş havanın oluşturduğu serinletme etkisi prensibine dayalı olarak çalışmaktadır. Bu sistemde konveksiyon yolu ile serinletme esasına dayalı bir etki kullanılmaktadır. Ancak bilindiği üzere konveksiyon yolu ile vücuttaki ısının ancak %15 kadarı atılabilmektedir. Bu nedenden dolayı, tünel havalandırma sistemlerine ıslatma sistemlerinin eklenmesi ile bu sistemin etkinliğini artırılmaktadır (Shiao ve ark., 2011). Tünel havalandırma sistemlerinin yüksek maliyetlerinden dolayı bu tip barınaklara sadece sürünün en iyi inekleri yaz ayları boyunca konulabilmektedir (Resim 2)

En etkin serinletme sistemi olarak önerilen ve yüksek maliyeti sebebiyle sıklıkla üstün verim kabiliyetindeki inekler için önerilen bu yöntemde vücut sıcaklıkları düşük düzeyde tutmak mümkündür. Ayrıca bu sistemde yetiştirilen süt sığırlarında yem tüketimi %12 ve günlük süt verimi 2.8 kg artar (Shiao ve ark., 2011). Buna ek olarak, süt kalitesini belirleyen önemli unsurlardan biri olan somatik hücre skoru değeri ise %48’e varan oranda azalma yani iyileşme görüldüğü de bildirilmiştir. (Tao ve ark., 2011).



Resim 2. Süt sığırı yetiştiriciliğinde kullanılmaya başlanan Tünel Havalandırma Sistemleri (Florida, ABD).

Figure 2. Tunnel ventilation system used in dairy cattle housing (Florida, USA)

Islah: Süt sığırlarında sıcak stresine dayanıklılık veya duyarlı olma durumu bakımından ‘ırk’ın etkisi oldukça önemlidir. Tüm dünyada süt verimi yönünden üstün özelliklere sahip olduğu bilinen Holstein’larda sıcak stresine dayanıklılık en düşük düzeydedir. Ancak, bu ırk içinde bile bir varyasyon olduğu ve seleksiyon ile bir genetik ilerleme sağlanabileceği tespit edilmiştir (Dikmen ve ark., 2012). Holstein ırkı ineklerin sıcak stresine daha duyarlı olmalarının temel sebebi; yıllar boyunca yüksek verim elde etmek amacıyla yetiştirilmesi ve bu yönde seleksiyona tabi tutulmuş olmalarından ileri gelmektedir. Sıcak stresi ile başa çıkmak amacıyla süt sığırı yetiştiriciliğinde melezleme de uygulanabilir. Melezleme sonucunda ineklerde sıcak stresine dayanıklılığı %10’a kadar artırmak mümkündür. Ancak, sıcak stresine dayanıklılığın artırılmasına dönük yapılacak olan böyle bir melezleme sonucunda üzerinde durulan verim kabiliyetinde belirli bir düzeyde de gerileme olması beklenmelidir. Bu sebepten dolayı süt sığırlarında sıcak stresine dayanıklılığı artırmak amacıyla seleksiyon programlarının yeniden düzenlenmesi, verim özelliklerinde mevcut durum korunarak sıcağa dayanıklılığın geliştirilmesi açısından önemli bir yaklaşımdır.

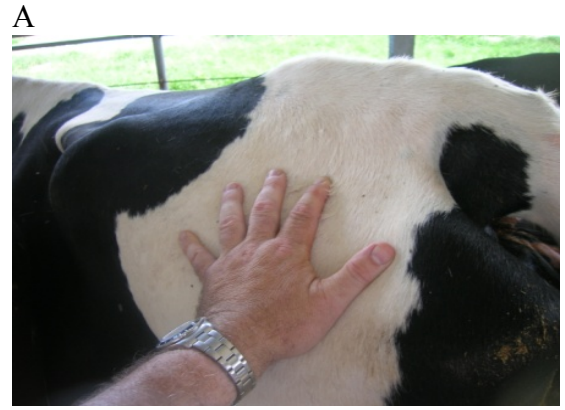
Sıcak stresinin etkilerinin azaltılması amacıyla sıklıkla barınak koşullarında yapılan değişiklikler öne çıkmaktadır. Bu değişikliklerin genellikle hem yapılış aşamasında hemde kullanım aşamasındaki maliyeti yüksektir ve geçici bir yaklaşım modelini oluşturmaktadır. Diğer taraftan, sıcak stresine dayanıklılığın kalıcı olarak artırılması amaçlandığında ise mutlak suretle seleksiyon yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir (Bohmanova ve ark., 2008). Bu çeşit bir yaklaşım sonucunda sıcak stresine dayanıklı inekler elde etmek mümkündür. Uzun zaman almasına karşın sonraki kuşaklara bu dayanıklılığın aktarılabilmesinden dolayı da kalıcı bir çözüm yoludur.

Hali hazırda uygulanmakta olan seleksiyon programlarında sıcak stresine dayanıklılık göz önüne alınmamaktadır. Sıcak stresi ile kalıcı bir şekilde başa çıkabilmek için kesinlikle ıslah yöntemlerinde bazı değişikliklere gitmek gerekmektedir. Bu amaçla bazı yöntemler uygulanabilir.

Bunlardan ilki; Kısa Tüylülük genine sahip ineklerin yetiştirilmesi önerilebilir (Dikmen ve ark., 2008). Kısa tüylülük geni, 2004 yılında Holstein ineklere aktarılan ve sıcak stresine karşı dayanıklılığı kalıcı bir şekilde artırdığı tespit edilen dominant etkiye sahip tek bir gen olma özelliğindedir. Bu gen dominant gen olmasından dolayı fenotipte rahatlıkla tespit edilebilmekte ve homozigot yapıdaki bir boğanın kızlarının tamamında kısa tüylülük ortaya çıkmakta ve sıcak stresine daha dayanıklı olmaktadır (Dikmen ve ark., 2008).

İkinci yöntemde olarak da; Holstein ineklerde sıcak stresine dayanıklılık bakımından bir varyasyon olduğu da tespit edilmiştir (Dikmen ve ark., 2012). Bu varyasyondan yola çıkılarak, sıcak stresine dayanıklılığı sağlayan diğer genler tespit edilebilir. Tespit edilecek olan bu genlere sahip boğaların yetiştiricilikte kullanılması ve seleksiyon programlarında bu genlere dayalı olarak damızlık değerlerinin sıcak bölgeler için yeniden değerlendirilmesi sonucunda sonraki kuşaklarda sıcak stresine dayanıklılığı artırmak mümkündür. Kalıcı olarak sıcak stresine dayanıklılığı artıracak olan bu yöntem sayesinde yakın gelecekte oluşacak olan küresel ısınmanın süt sığıru yetiştiriciliği üzerindeki etkilerini azaltmak mümkündür. İneklerin genetik olarak dayanıklılıklarının artırılması aynı zamanda serinletme sistemlerinin yüksek maliyetlerinin azaltılmasına katkı sağlaması, süt ve döl verimindeki düşüşün önüne geçilmesi, üretilen sütün kalitesinde iyileşmeye neden olması ve bazı

hastalıkların (ayak hastalıkları ve mastitis gibi) görülme sıklığının azaltılması bakımından oldukça büyük katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



Resim 3. Kısa tüylülük genine sahip (A) normal tüy yapısına sahip bir Holstein inek (B).

Figure 3. Holstein cow with slick hair gene(A) and wild-type(B)

Sonuç

Süt sığırlarında son 50 içinde yapılan ıslah çalışmaları sonucunda süt verim düzeyindeki 3 kat artış olduğu görülmektedir ancak bu durum süt sığırlarında sıcağa dayanıklılığı önemli düzeyde düşürmüştür. Ayrıca yapılan son çalışmalarda ineklerin vücut sıcaklıklarında genetik bir artış olduğu da görülmektedir (0.07°C/yıl) (Dikmen ve ark., 2012). Hem süt verimindeki artış hem de vücut sıcaklığı bakımından genetik eğilimin pozitif ve sürekli artış eğiliminde olması durumu küresel ısınmanın etkisi ile bir arada değerlendirilecek olursa süt sığıru yetiştiriciliğinde yakın gelecekte sıcak stresinin daha da artan bir etkiye sahip olacağını göstermektedir. Sıcak stresi, ineklerde verim özelliklerini, fonksiyonel özellikleri, bağışıklık sistemini etkileyerek doğrudan ve dolaylı birçok ekonomik kayba neden olmaktadır. Sıcak stresinin etkilerini azaltmak veya ortadan kaldırmak

için geçici iyileştirmeler yapılabileceği gibi kalıcı iyileştirmelerde yapılabilir. Bu amaçla, sonraki kuşaklarda sıcak stresine daha dayanıklı ineklerin elde edilmesi için sıcak stresine dayanıklılığı sağlayan genlerim tespiti ve ıslah programlarının şimdiden bu etkileri göz önüne alacak şekilde yeninde gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Adin, G., Gelman, A., Solomon, R., Flamenbaum, I., Nikbachat, M., Yosef, E., Zenou, A., Shamay, A., Feuermann, Y., Mabjeesh, S. J., Miron, J., 2009. Effects of cooling dry cows under heat load conditions on mammary gland enzymatic activity, intake of food and water, and performance during the dry period and after parturition. *Livestock Science* 124, 189–195.
- Altınçekiç, Ş.Ö., Koyuncu, M., 2012. Derleme: Çiftlik Hayvanları ve Stress. *Hayvansal Üretim*, 53:1, 27-37.
- Amaral, B.C., Connor, E.E., Tao, S., Hayen, J., Bubolz, J., Dahl, G.E., 2009. Heat-stress abatement during the dry period: Does cooling improve transition into lactation? *J. Dairy Sci.*, 92, 5988–5999.
- Amaral, B.C., Connor, E.E., Taea, S., Hayena, J., Bubolz, J., Dahl, G.E., 2010. Heat stress abatement during the dry period influences prolactin signaling in lymphocytes. *Domestic Animal Endocrinology*, 38, 38–45.
- Berman, A., 2009. Predicted limits for evaporative cooling in heat stress relief of cattle in warm conditions. *J. Anim. Sci.*, 87, 3413-3417.
- Berman, A., Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y., 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical climate. *J. Dairy Sci.*, 68, 1488-1495.
- Bianca, W. 1962. Relative importance of dry- and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature*, 195, 251–252.
- Bohmanova J., Misztal I., Tsuruta S., Norman H.D., Lawlor T.J., 2008. Short Communication: Genotype by environment interaction due to heat stress. *J. Dairy Sci.*, 91, 840-846.
- Bucklin, R.A., Turner, L.W., Beede, D.K., Bray, D.R., Hemken, R.W., 1991. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. *Appl. Eng. Agric.*, 7, 241–247.
- Chaiyabutr, N., Chanpongsang, S., Suadsong, S., 2008. Effects of evaporative cooling on the regulation of body water and milk production in crossbred Holstein cattle in a tropical environment. *Int J Biometeorol*, 52, 575–585.
- Collier, R. J., Beede, D.K., Thatcher, W.W., Israel, L.A., Wilcox, C. J., 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.*, 65,2213–2227.
- Collier, R. J., G. E. Dahl, and M. J. VanBaale. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89, 1244–1253.
- Cook, N.B., R.L. Mentink, T.B. Bennett, and K. Burgi. 2007. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 1674-1682.
- Cook, N.B., R.L. Mentink, T.B. Bennett, and K. Burgi. 2007. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90, 1674–1682.
- Dikmen S, Ustuner H, Orman A. 2012. The effect of body weight on some welfare indicators in feedlot cattle in a hot environment. *Int J Biometeorol.*, 56(2), 297-303.
- Dikmen, S., Alava, E., Pontes, E., Fear, J.M., Dikmen, B.Y., Olson, T.A., Hansen, P.J., 2008. Differences in thermoregulatory ability between slick-haired and wild-type lactating Holstein cows in response to acute heat stress. *J. Dairy Sci.*, 91, 1-8.
- Dikmen, S., Hansen, P.J., 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.
- Dikmen, S., Martins, L., Pontes, E., Hansen, P.J., 2009. Genotype effects on body temperature in dairy cows under grazing conditions in a hot climate including evidence for heterosis. *Int. J. Biometeorol.*, 53, 327-331.
- Dikmen, S., Null, D., Cole, J.J., Hansen, P.J., 2012. Heritability of body temperature and genetic correlations with production traits in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, (Basımda).
- Drost, M., Ambrose, J.D., Thatcher, M.J., Cantrell, C.K., Wolsdorf, K.E., Hasler, J.F., Thatcher, W.W., 1999. Conception rates after artificial insemination or embryo transfer in lactating dairy cows during summer in Florida. *Theriogenology*, 52, 1161-1167.
- Eigenberg, R.A., T.M. Brown-Brandl, J.A. Nienaber, and G.L. Hahn. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle, Part 2: Predictive relationships. *Biosys. Eng.*, 91, 111–118.
- Fisher, A.D., Roberts, N., Bluett S.J., Verkerk, G.A., Matthew, L. R., 2008. Effects of shade provision on the behaviour, body temperature and milk production of grazing dairy cows during a New Zealand summer. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 51:2, 99-105.

23. Fuquay, J.W., 1981. Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.*, 52, 164–174.
24. Gangwar, P.C., Branton, C.C., Evans, D.L., 1965. Reproductive and physiological responses of Holstein heifers to controlled and natural climatic conditions. *J. Dairy Sci.*, 48, 222–227.
25. Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D., Gantner, R., 2011. Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo*, 61:1, 56–63.
26. Gaughan, J.B., Holt, S.M., Hahn, G.L., Mader, T.L., Eigenberg, R.A., 2000. Respiration Rate - Is it a good measure of heat stress in cattle? *J. Anim. Sci.*, 13, 329–332.
27. Gaughan, J.B., Mader, T.L., Holt, S.M., Lisle, A., 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 86, 226–234.
28. Giesecke, W. H. 1985. The effect of stress on udder health of dairy cows. *Onderstepoort J. Vet. Res.*, 52, 175–193.
29. Gwazdauskas, F.C., 1985. Effects of climate on reproduction in cattle. *J. Dairy Sci.*, 68, 1568–1578.
30. 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*, 68, S242-S249.
31. Hansen, P.J., Are'chiga, C.F., 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *J. Dairy Sci.*, 82:2, 36–50.
32. Hansen, P.J., Drost, M., Rivera, R.M., Paula Lopes, F.F., AlKatanani, Y.M., Krininger, C.E., III, Chase, Jr. C.C., 2001. Adverse impact of heat stress on embryo production: Causes and strategies for mitigation. *Theriogenology*, 55, 91–103.
33. Hansen, Peter., J., 2009. Review: Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 364, 3341–3350.
34. Honig, H., Miron, J., Lehrer, H., Jackoby, S., Zachut, M., Zinou, A., Portnick, Y., Moallem U., 2012. Performance and welfare of high-yielding dairy cows subjected to 5 or 8 cooling sessions daily under hot and humid climate. *J. Dairy Sci.*, 95:7, 3736–3742.
35. Igono, M.O., Johnson, H.D., Steevens, B.J., Krause, G.F., Shanklin, M.D., 1987. Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. *J. Dairy Sci.*, 70, 1069–1079.
36. Ingraham, R.H., Stanley, R.W., Wagner, W.C., 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.
37. J.R.S. Torres-Ju'nior, M. F.A. Pires, W.F. Sa, A.M. Ferreira, J.H.M. Viana, L.S.A. Camargo, A.A. Ramos, I.M. Folhadella, J. Polissen, C. Freitas, C.A.A. Clemente, M.F. Sa' Filho, F.F. Paula-Lopes, P.S. Baruselli, 2008. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 69, 155–166.
38. Johnson, H.D., Ragsdale, A.C., Berry, I.L., Shanklin, M.D., 1963. Temperature-humidity effects including influence of acclimation in feed and water consumption of Holstein cattle. *Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bul.* 846.
39. Jordan, E.R. 2003. Effects of heat stress on reproduction. *J. Dairy Sci.* 86(E. Suppl.):E104–E114.
40. Kadzere, C.T., Murphy, M.R., Silanikove, N., Maltz, E., 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Prod. Sci.*, 77, 59–91.
41. Legrand, A., Schütz, K.E., Tucker, C.B., 2011. Using water to cool cattle: Behavioral and physiological changes associated with voluntary use of cow showers. *J. Dairy Sci.*, 94:7, 3376–3386.
42. Leonel Avendaño-Reyes, John W. Fuquay, Reuben B. Moore, Zhanglin Liu, Bruce L. Clark, C. Vierhout, 2010. Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. *Trop Anim Health Prod*, 42, 265–273.
43. Lough, D.S., Beede, D.L., Wilcox, C.J., 1990. Effects of feed intake and thermal stress on mammary blood flow and other physiological measurements in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 73, 325–332.
44. Mader, T. L., M. S. Davis, and T. Brown-Brandl. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 84, 712–719.
45. Maia, A.S.C., daSilva, R.G., Loureiro, C.M.B., 2005. Sensible and latent heat loss from the body surface of Holstein cows in a tropical environment. *Int. J. Biometeorol.*, 50, 17–22.
46. Moore, R.B., Fuquay, J.W., Drapala, W.J., 1992. Effects of late gestation heat stress on postpartum milk production and reproduction in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 75, 1877–1882.
47. NRC. 1971. A Guide to Environmental Research on Animals. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, DC.
48. Olson, T.A., Lucena, C., Chase, Jr, C.C., Hammond, A.C., 2003. Evidence of a major gene influencing hair length and heat tolerance in *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.*, 81, 80–90.
49. Overton, M.W., Sischo, W.M., Temple, G.D., Moore, D.A., 2002. Using time-lapse video photography to assess dairy cattle lying behavior in a free-stall barn. *J. Dairy Sci.*, 85, 2407–2413.

50. Ravagnolo O., Misztal, I., 2002. Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: fixed-model analyses. *J. Dairy Sci.*, 85, 3101-3106.
51. Ravagnolo, O., Misztal, I., 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J. Dairy Sci.*, 83, 2126–2130.
52. Rhoads, M.L., R.P. Rhoads, M.J. Van Baale, R.J. Collier, S.R. Sanders, W.J. Shwartz, G., M.L. Rhoads, M.J. VanBaale, R.P. Rhoads, L.H. Baumgard. 2009. Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 935-942.
53. Rhodas, M. L., Rhodas, R. P., VanBaale, M. J. , Collier R. J. , Sanders S. R., Weber, W. J., Crooker B. A., 2009. Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 92, 1986–1997.
54. Roth, Z., 2008. Heat Stress, the Follicle, and Its Enclosed Oocyte: Mechanisms and Potential Strategies to Improve Fertility in Dairy Cows. *Reprod Dom Anim*, 43:2, 238–244.
55. Salem, M.B., Bouraoui, R., 2009. Heat Stress in Tunisia: Effects on dairy cows and potential means of alleviating it. *South African J. Anim. Sci.*, 39:1, 256-259.
56. Sanders, A.H., Shearer, J.K., Vries, A.D., 2009. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 92, 3165–3174.
57. Schütz, K.E., Rogers, A.R., Poulouin, Y., Cox, N.R., Tucker, C.B., 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *J Dairy Sci.*, 93, 125-133.
58. Shearer, J.K. 2011. Animal welfare issues and lameness. *Herd Health and Nutrition Conferences*, March 2011, Liverpool, NY, ABD.
59. Shiao, T.F., Chen, J.C., Yang, D.W., Lee, S.N., Lee, C.F., Cheng, W.T.K, 2011. Feasibility assessment of a tunnel-ventilated, water-padded barn on alleviation of heat stress for lactating Holstein cows in a humid area. *J. Dairy Sci.*, 94, 5393–5404.
60. Silanikove, N., Shapiro, F., Shinder, D., 2009. Acute heat stress brings down milk secretion in dairy cows by up-regulating the activity of the milk-borne negative feedback regulatory system. *BMC Physiology*, 2009, 9-13.
61. Smith, D.L., Smith, T., Rude, B. J., Ward, S. H., 2013. Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, in press.
62. Smith, J.F., Collier, R.J. Harner, J.P., Bradford, B.J., 2012. Strategies to Reduce Heat Stress in Dairy Cattle. *27th Annual Southwest Nutrition and Management Conference Book* , 65-84.
63. Smith, T. R., Chapa, A., Willard, S., Herndon, C., Williams, R. J., Crouch, J., Riley, T., Pogue, D., 2006. Evaporative Tunnel Cooling of Dairy Cows in the Southeast. I: Effect on Body Temperature and Respiration Rate. *J. Dairy Sci.*, 89, 3904–3914.
64. Strickland, J.T., Bucklin, R.A., Nordstedt, R.A., Beede, D.K, Bray, D.R., 1988. Sprinkling and fan evaporative cooling for dairy cattle in Florida. ASAE Paper 88-4042. *Amer. Soc. Agric. Engr.*, Rapid City, SD. 12 pages.
65. Suadsong, S., 2012. Chapter 15:Alleviating Heat Stress Leads to Improved Cow Reproductive Performance Book: Milk Production–An Up-to-Date Overview of Animal Nutrition, Management and Health. pp. 309-330.
66. Tao, S., Bubolz, J. W., Amaral, B. C., Thompson, M., Hayen, M. J., Johnson, S. E., Dahl, G. E., 2011. Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. *J. Dairy Sci.*, 94, 5976–5986.
67. Thatcher, W. W., Flamenbaum, I., Block, J., Bilby, T. R., 2010. Interrelationships of Heat Stress and Reproduction in Lactating Dairy Cows. *High Plains Dairy Conference Amarillo, Texas*.
68. Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57-59.
69. Tucker C. B., Rogers A. R., Schütz, K. E., 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Animal Behaviour Science*, 109, 141–154.
70. Ulberg, L.D., Burfening, P.J., 1967. Embryo death resulting from adverse environment on spermatozoa or ova. *J. Anim. Sci.*, 26, 571–577.
71. Vermunt, Jos J., Tranter Bill P., 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.
72. Vitali, A., Segnalini, M., Bertocchi, L., Bernabucci, U., Nardone, A., Lacetera, N., 2009. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92, 3781–3790.
73. West, J.W., 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86, 2131-2144.
74. Wheelock, J.B., R.P Rhoads, M.J. Vanbaale, S.R. Sanders, L.H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 93, 644-655.
75. Wheelock, J.B., Rhoads, R.P., VanBaale, M.J., Sanders, S.R., Baumgard, L.H., 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 93, 644–655.

76. Wise, M.E., Armstrong, D.V., Huber, J.T., Hunter, R., Wiersma, F., 1988a. Hormonal alterations in the lactating dairy cow in response to thermal stress. *J. Dairy Sci.*, 71, 2480-2485.
77. Wise, M.E., Rodriguez, R.E., Armstrong, D.V., Huber, J.T., Wiersma, F., Hunter, R., 1988b. Fertility and hormonal responses to temporary relief of heat stress in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 29, 1027-1035.
78. Wolfenson, D., I. Flamenbaum, and A. Berman. 1988. Dry period heat stress relief effects on prepartum progesterone, calf birth weight, and milk production. *J. Dairy Sci.*, 71, 809–818.
79. Yousef, M. K. 1985. *Stress Physiology in Livestock*. CRC Press, Boca Raton, FL.
80. Zahner, M., Schrader, L., Hauser, R., Keck, M., Langhans, W., Wechsler, B., 2004. The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameter in dairy cows kept in pen stables. *J. Anim. Sci.*, 78, 139–147.
81. Zimbelman, R.B., Rhoads, R.P., Rhoads, M.L., Duff, G.C., Baumgard, L.H., Collier, R.J., 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.

