

Derleme

Küresel İklim Değişiklikleri ve Süt Sığırı Yetiştiriciliği

Onur ERZURUM *¹¹ Veterinerlik Bölümü, Karapınar Aydoğanlar Meslek Yüksekokulu, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye*Corresponding author e-mail: onurerzurum@selcuk.edu.tr

ÖZET

MAKALE BİLGİSİ

Küresel iklim değişiklikleri atmosfere salınan gazların sera etkisi oluşturması ile son zamanlarda tüm üretim sistemlerini yakından ilgilendiren bir konudur. Küresel ısınmanın önlenememesi bitki ve hayvan çeşitliliği, üretim sistemleri, ekosistemler ve gıda güvenliği üzerinde risk oluşturmaktadır. Bu ısınmanın etkileri (mevsime bağlı mera kullanımları, yem miktarı ve kalitesi, besleme yöntemleri, vb.) doğrudan ya da dolaylı olarak görülmektedir. Aşırı sıcak dönemlerin uzunluğu tüm dünyada etkisini göstermekte olup hayvancılık üretim sistemlerinde çeşitli zorluklara neden olmaktadır. Bu derlemede iklim değişikliğinden kaynaklanan süt sığırcılığı üretim sistemlerine yönelik gereksinimler ele alınmıştır. İklim değişikliklerinin süt sığırcılığı üzerine olan potansiyel etkilerinin hayvan refahı, beslenmesi, sağlığı ve üretim performansı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Doğrudan veya dolaylı olarak görülebilecek tüm etkiler hayvanın performansı ile ilişkili olmaktadır. Yüksek verimli süt inekleri bu etkilere karşı daha savunmasız bir durumda yer almaktadır. Bu etkilerle başa çıkılması için farklı düzeylerde faaliyete geçirilmesi gereken çeşitli adaptasyon yöntemleri ve ısı yükünü azaltma stratejileri planlanmalıdır. Yapılacak olan tüm değişiklikler üretim sistemlerindeki değişiklikleri, farklı yönetim seçeneklerini ve sağlık yönetimlerini içermektedir.

Geliş:
12.01.2024Kabul:
27.02.2024**Anahtar kelimeler:** *Küresel ısınma, Süt sığırı, Sıcaklık stresi, Adaptasyon*

Global Climate Change and Dairy Cattle Breeding

ABSTRACT

ARTICLE INFO

Global climate change is an issue that has recently been of great concern to all production systems due to the greenhouse effect of gases released into the atmosphere. Failure to prevent global warming poses a risk to the diversity of plants and animals, to production systems, to ecosystems and to food security. The effects of this warming are seen directly or indirectly (seasonal pasture utilization, feed quantity and quality, feeding methods, etc.). The length of extreme hot periods is affecting all over the world and causing difficulties in livestock production systems. This review addresses the requirements for dairy cattle production systems resulting from climate change. It is aimed to examine the potential impacts of climate change on dairy cattle in terms of animal welfare, nutrition, health and production performance. All effects that can be seen directly or indirectly are related to the performance of the animal. High yielding dairy cows are more vulnerable to these impacts. In order to cope with these effects, various adaptation methods and heat load reduction strategies should be planned to be activated at different levels. All changes include changes in production systems, different management options and health management.

Received:
12.01.2024Accepted:
27.02.2024**Keywords:** *Global warming, Dairy cattle, Heat stress, Adaptation*

Cite this article as: Erzurum, O. (2024). Küresel İklim Değişiklikleri ve Süt Sığırı Yetiştiriciliği. Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences, 14(1), 92-100. <https://doi.org/10.53518/mjavl.1418769>

GİRİŞ

Gelecekteki iklim koşulları için Orta Avrupa gibi ılıman iklim bölgelerinde bile özellikle yaz aylarında sıcak dönemlerin ve kuraklıkların artacağı tahmin edilmektedir. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) Beşinci Değerlendirme Raporuna göre, küresel ortalama yüzey sıcaklığı 2100 yılına kadar 0,3°C ila 4,8°C aralığında artacaktır (IPCC, 2014). Sıcaklık stresine yol açan günlerin sıklığı son yıllarda artmıştır (Solymosi ve ark., 2010). Bununla birlikte iklim değişikliğinin etkileri bölge, süre ve dağılım açısından farklıdır. Ayrıca hayvan türleri, ırklar ve bireyler arasındaki etkiler de farklıdır. Bu nedenle her bölgenin ilgi alanı, tür ve sistem yoğunluğu için temel faktörler tanımlanmalıdır.

İklim değişikliği hayvan refahı, fizyolojisi, sağlığı ve üremesi üzerine etkilidir. Bu etkilerin görülmesinde sıcak hava dalgalarının sıklığı, sıcak dönemlerin fazlalığı ve aşırı iklim koşullarının görülmesi gibi faktörler rol oynamaktadır (Zampieri ve ark., 2016). Bu faktörler süt veriminin yanında sütün bileşimini ve peynir, yoğurt gibi elde edilebilecek işlenmiş süt ürünlerinin miktarı ile kalitesini de etkileyerek önemli oranda ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Cowley ve ark., 2015). Bu etkilerin önlenmesi için ısı toleransına sahip olan hayvanların yetiştirilmesi, beslenme adaptasyonlarını ve sağlık bakım faktörlerini içeren yetiştirme yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Geliştirilecek olan yöntemlerin iklim değişikliği ile ilgili olan etkileri azaltabileceği ifade edilmektedir (Fitzgerald ve ark., 2009; Gauly ve Amber, 2020).

İKLİM KOŞULLARININ HAYVANLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Sığırlar üzerindeki iklim koşullarının potansiyel etkileri; çevre koşullarının, hayvana ait özelliklerin ve her ikisinin kombinasyonunun kullanılmasıyla değerlendirilebilir. Çevre koşullarına ait faktörler bağıl nem, sıcaklık, güneş ışınları, yağış ve rüzgardır. Bunların kombinasyonunu içeren endeksler termal konfor bölgelerinin tahmin edilmesi ve ısı yükünün hayvanlar üzerindeki etkilerinin ölçülmesi için kullanılmaktadır. Bazı parametrelerin geçerliliği ve kullanılabilirliği sınırlı olduğundan daha çok hava sıcaklığı ve bağıl nem gibi kolay ulaşılabilir olan veriler tercih edilmektedir. En sık kullanılan endeks sıcaklık ve bağıl nemi birleştiren Sıcaklık Nem Endeksi'dir (Temperature-Humidity-İndeks (THI)) (Gauly ve Amber, 2020).

Süt sığırlarında termal konfor veya rahatsızlık değerlendirmesi için THI yaygın olarak kullanılmasına rağmen, bu endeksin geçerlilik, duyarlılık ve güvenilirlik açısından kullanımına ilişkin bazı sınırlamalar vardır. Bölgenin ve çiftliklerin içinde bulunduğu çevre şartlarının çeşitliliği, hayvana ait bireysel özellikler (verim, gebelik...), hayvanın sıcaklık stresine karşı savunma düzeyi gibi faktörler ısı stresinin oluşumunu değerlendirmek için yalnızca THI'nin güvenilir bir şekilde ölçülmesinin yeterli olmadığını göstermektedir (Renaudeau ve ark., 2012). Bu nedenle, süt sığırlarında sıcaklık stresi değerlendirilirken, hayvana ait özellikler de dikkate alınmalıdır. Fizyolojik değerlerdeki değişiklikler (vücut ısısının ve solunum hızının artması gibi) kısa süreli sıcak dönemlere verilen tepkiler hakkında bilgi verirken, uzun süreli sıcak dönemlerin etkileri hayvan davranışı ve performansı (günlük aktivitelerin azalması, dinlenme davranışının artması, günlük süt veriminin düşmesi, içme davranışının ve süresinin artması, gölge arama gibi) üzerinde görülen değişikliklerle ortaya çıkmaktadır (Cook ve ark., 2007; Lambert ve ark., 2014; Ammer ve ark., 2017).

Sığırlarda vücut sıcaklığının ölçülmesinde en yaygın olarak kullanılan rektal sıcaklığı vajinal sıcaklık ve süt sıcaklığı takip etmektedir (Liang ve ark., 2013; Galán ve ark., 2018). Vücut sıcaklığının ölçüldüğü diğer yerler arasında meme, iştak, periton veya kulak zarı yer almaktadır. Vücut ısısı ölçümü mevsim, saat, iklim koşulları, cins, süt verimi, su ve yem alımı ve hatta ölçüm yöntemi gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (Liang ve ark., 2013; Ammer ve ark., 2016).

PERFORMANS, ÜRÜN KALİTESİ VE ÜREME

İklim koşullarının bireysel termonötr seviyesini aştığı durumlarda organizmanın ısı dağılımı ve vücut sıcaklığı artmaktadır. Bu etki performansı da etkilemektedir. Hiperterminin seviyesi süt üretimi ile oldukça ilişkilidir. Genel olarak süt sığırları için termonötr bölgenin alt ve üst sınırlarının ölçülmesi mümkün olmamaktadır. Ortam ısısı ile yem tüketimi arasındaki negatif ilişki yüksek süt verimini etkilediği için önemlidir. Ortam ısısının yüksek olması yem tüketimini azaltır, sığırın ısı üretiminde bir azalma yaratır ve bu azalma termal yükün dengelenmesi için gereklidir. Dolayısıyla yüksek verimli süt sığırları sıcaklık stresine karşı diğerlerine göre daha savunmasız bir haldedir (Zimbelman ve ark., 2010). İklim değişikliklerinin süt

verimine etkisinin ortaya çıkması için zamana ihtiyaç vardır. Kuru madde alımında ve süt veriminde görülen düşüşün, ölçümden 2 gün önceki sıcak koşullardan kaynaklandığı tahmin edilmektedir (West ve ark., 2003). Bouraoui ve ark. (2002), gün içindeki sıcaklık nem endeksinin süt verimine ilişkisinin -0.76 oranında, yem alımına ilişkisinin -0.24 oranında olduğunu belirtmiştir. Endeksin 69'u aştığı durumlarda ise endeks birimindeki her bir birimlik artışın inek başına alınacak olan günlük süt verimini 0.41 kg azalttığı da ifade edilmiştir. Süt sığırı işletmelerinin yaklaşık %60'lık kısmının sıcaklık stresinden etkilendiği ve meydana gelen verim ve performans düşüklüğüne bağlı olarak önemli ekonomik kayıplara yol açtığı düşünülmektedir (Koyuncu ve Akgün, 2018).

Süt verimine ek olarak inorganik ve organik süt bileşenlerine de iklim etkilerinin sonuçları incelenmiş ve süt laktozunda herhangi bir etkinin tespit edilmediği belirtilmiştir (Cowley ve ark., 2015). Sıcaklık stresinin süt yağ içeriği üzerine etkisi için; Liu ve ark. (2017), fosfolipid seviyelerinin düştüğü sonucuna, Cowley ve ark. (2015) ise süt yağ oranında herhangi bir değişiklik oluşmadığı ancak süt proteini ile kazein içeriğinin azalma eğiliminde olduğu sonucuna varmışlardır. Bu etkiler özellikle çiğ süt kullanımında sütün pıhtılaşma özelliklerini ve peynir üretim süreçlerinin verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Mariani ve ark. (1993), rasyon içeriğinde bulunan yem maddelerinin çeşitli mevsimsel faktörlerden etkilenerek sütün mineral içeriğinde değişiklikler oluşturabileceğini belirtmişlerdir. Sıcaklık stresi yaşayan ineklerden elde edilen süt aynı zamanda daha düşük kalsiyum, fosfor ve magnezyum ile daha yüksek pH, klorür, donma noktası ve plazmin aktivitesine sahiptir.

Süt sığırı yetiştiricileri için sıcaklık stresinin en önemli etkilerinden birisi de süt sığırlarının döl verim performansında görülebilecek bozukluklardır. Görülen bozukluğun temel sebebi sıcaklık stresine bağlı olarak vücut sıcaklığındaki artıştır. Sıcaklık stresinin döl verimi üzerindeki etkileri açık gün sayısındaki artış, anöstrusa bağlı olarak doğurganlığın azalması ve gebe kalma oranlarının azalmasını içermektedir (Kadokawa ve ark., 2012). İn vivo ortamda yapılan çalışmalar tohumlama gününde yaşanacak olan yüksek sıcaklıklar ile gebelik oranları arasında pozitif bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur (Nabenishi ve ark., 2011). Sakatani ve ark. (2015), sıcaklık stresinin inek oositlerinin döllenenmesi üzerindeki etkisini tahmin etmek için bir in vitro model kullanmış ve ortaya çıkan oksidatif stresin polispermiye yol açarak zigotun daha fazla gelişme kapasitesini azalttığı sonucuna varmıştır. İleri evredeki embriyoların (morula, blastosist) belirli bir termotolerans düzeyi kazandığı da belirtilmiştir (Paes ve ark., 2016). Östrus gösteren ineklerde yapılacak olan suni tohumlamada GnRH uygulaması ile gebe kalma oranlarında iyileştirmeler sağlanabileceği ifade edilmiştir (López-Gatiús ve ark., 2006; Gaulty ve Amber, 2020). Akbarabadi ve ark. (2014), ise bu tür hormon uygulamalarının etkisinin sıcaklık stresi altındaki inekler için tartışmalı olduğunu belirtmiştir. Artan ısı yükünün bir ineğin üreme fizyolojisi üzerine sadece kısa vadeli değil, aynı zamanda uzun vadeli etkilerinin de olabileceği unutulmamalıdır (Safa ve ark., 2019).

Boğalar için ise sıcaklık stresinin etkileri motilite oranlarında azalma ve morfolojik olarak anormal spermlerin sayıca artışı olarak ortaya çıkmaktadır (Malama ve ark., 2017). Sabés-Alsina ve ark. (2019), dondurulmuş çözülmüş spermanın sperm kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada, İsveç ve İspanya'da kış (Aralık-Ocak), ilkbahar (Mart-Nisan) ve yaz (Temmuz-Ağustos) aylarında sperm toplayarak, sperm kalite parametrelerinin, sperm toplama ayına göre sperm toplanmasından 1 veya 2 ay önceki iklimsel faktörlerle daha fazla ilişkili olduğunu göstermiştir.

HAYVAN SAĞLIĞI, DAVRANIŞ VE REFAH

İklim değişikliklerinin hayvan sağlığı, davranışı ve refahı üzerindeki etkileri doğrudan ya da dolaylı olarak görülmektedir. Etkiler hayvanların genetik materyali, maruz kalma düzeyi ve fiziksel durumu gibi faktörler tarafından değişmektedir. Hayvanın verimliliği arttıkça strese karşı duyarlılık ile kırılabilirliğin ve bununla birlikte sağlık, davranış ve refah üzerindeki etkinin arttığı öne sürülmektedir (Sanker ve ark., 2013). Yoğun üretim sistemlerindeki hayvanların, uyum stratejilerinin mevcut olmadığı, az gelişmiş ülkelerdeki kapsamlı sistemlere kıyasla daha az etkilenebileceği ifade edilmektedir (Rust, 2019).

Hayvan sağlığı, sıcaklığa bağlı görülebilecek hastalık ve ölüme yol açan iklim koşullarından doğrudan etkilenmektedir. Bu etkiler bağırsıklık ve hormonal sistemdeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır (Das ve ark., 2016). Yaz aylarında artan sıcaklık ve nem değerleriyle birlikte mevsimin sütteki somatik hücre sayısını etkilediği ve ayrıca meme içi enfeksiyon görülme riskini arttırdığı bildirilmektedir (Bertocchi ve ark., 2014; Testa ve ark., 2017).

Sıcaklık stresi yaşayan sığırlarda, konsantre yem tüketiminin artması gibi beslenme davranışında görülebilecek değişiklikler asidoz oluşumuna sebebiyet verebileceği gibi topallığın ortaya çıkmasına da neden olabilir (Enemark ve ark., 2002). Buna ek olarak, yüksek verimli süt sığırlarında yem alımındaki azalma ile bakım ve performans için gereken yüksek enerji ihtiyaçları yaz aylarında subklinik veya klinik ketozis yaşama riskini arttırmaktadır (Lacetera ve ark., 1996).

İklim değişikliklerinin hayvan davranışları ve refahı üzerindeki dolaylı etkileri karmaşık olduğundan ölçüm ve belirleme amacıyla daha az kullanılmaktadır. Bu etkiler yemin ve suyun varlığı, kalitesi, patojen ve vektörlerin miktarı gibi faktörlerden etkilenmektedir. Polsky ve von Keyserlingk (2017), sıcaklık stresiyle ilişkili ağrı, hayal kırıklığı, saldırganlık ve halsizliğin, özellikle kısa vadede artan açlık ve susuzluğun, uzun vadede ise ayak lezyonları ve topallığın iyi anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, gebeliğin son aşamasında yalnızca kısa süreli bir sıcaklık stresinin buzağların sağlığı, büyümesi ve performansı üzerinde yoğun etkileri olabileceği ve bu hayvanlar üzerinde uzun vadeli bir etki yaratabileceği belirtilmektedir (Laporta ve ark., 2017).

İklim değişikliğinin neden olduğu potansiyel değişiklikler arasında patojenler ve vektörler de yer almaktadır. Mera kaynaklı nematod ve trematod enfeksiyonlarının yaygınlığı ve dağılımı buna örnek olarak verilmektedir. Bunlar, iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte epidemiyoloji, mevsimsellik ve coğrafi dağılımdaki değişiklikleri işaret etmektedir (Morgan ve ark., 2013). Parazit ve vektör epidemiyolojisinde oluşacak değişiklikler bölgeye ve mevsime bağlı yenilikçi çözümler gerektirmektedir. Daha iyi bir bölgesel uyum stratejisinin geliştirilmesi için Avrupa genelinde iklim kaynaklı değişikliklerin sistematik olarak izlenmesi önerilmektedir (Charlier ve ark., 2016). Bu tür stratejilerin iç veya dış mekân yetiştiriciliği, yeni teşhis araçlarının kullanımı, yenilikçi kontrol yaklaşımları, sürdürülebilir ilaç kullanımı ve kontrol uygulamalarının entegrasyonu gibi belirli yönetim stratejilerini içermesi gerekmektedir (Vercruyse ve ark., 2018).

İklim değişikliği, vektörün ve virüsün hem dağılımını hem de popülasyon dinamiklerini etkilemektedir. Patojenler ve vektörlerle başa çıkmak için iklim değişikliklerinin etkilerini hafifletmek amacıyla yetiştiricilik sistemine uygun stratejiler oluşturulmalı ve yönetsel önlemler alınmalıdır. Bu amaçlarla yetiştiricilik sistemine göre yeni teşhis araçlarının kullanımı, etkili ilaç kullanımı ve ilaçlama, iklim, bölge ve patojenlere ait bilgileri içeren veri tabanlarının geliştirilmesi, kontrol stratejilerinin oluşturulması gibi yöntemler kullanılabilir. Hayvancılık için hafifletme ve uyum önlemlerine odaklanılmasının iklim değişikliğiyle ilişkili hastalıkların etkilerini en aza indirilebileceği ifade edilmektedir (Bett ve ark., 2017; Vercruyse ve ark., 2018).

Sıcaklık stresi, gün içindeki aktivitelerde azalma veya değişiklikler, su alımının artması, yem alımının azalması veya günün daha soğuk zamanlarına kayması gibi davranışsal değişikliklerle tespit edilebilir (Cook ve ark., 2007; Ammer ve ark., 2017). Allen ve ark. (2015), sıcaklık stresi yaşayan süt sığırlarında ayakta durma ve yatma davranışında değişikliklerin ve östrus sinyallerinin azalması gibi etkilerin görülebileceğini belirtmiştir. Heinicke ve ark. (2019), sıcaklık stresinin süt sığırlarının aktivitesinde azalmaya yol açtığını, erken laktasyondaki hayvanların ise geç laktasyondaki ineklere göre daha az duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca inekle ilgili bireysel faktörler olabileceğini de eklemişlerdir. Allen ve ark. (2015), ayakta durmanın ineklerin vücutlarının soğumasına yardımcı olabileceğini ve bu nedenle sıcaklık stresi yaşayan ineklerde ayakta durmanın arttığını, bu durumda daha uzun yatma sürelerine ihtiyaç olan zamanlarda süt üretimini etkileyebileceğini öne sürmüşlerdir.

YEM VE SÜT İNEĞİ BESLENMESİ

İklim değişikliği senaryosu altında meraların verimliliği ve besin değeri tahmini için çeşitli modeller bulunduğu ifade edilmiştir (Ma ve ark., 2015). Otlatma mevsiminin süresi ile iklim değişikliği arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Phelan ve ark., 2016).

İklim değişikliğine bağlı olarak (özellikle kuzeyde) yem veriminin artacağı varsayılmaktadır; ancak suyun mevcudiyetine bağlı olarak yemin kalitesi değişiklik gösterecektir. Craine ve ark. (2010), iklim koşullarının yemdeki protein ve enerji mevcudiyeti üzerindeki etkilerini tahmin etmek için sığır dışkı örneklerini analiz etmişlerdir. Sıcaklıkların daha yüksek olduğu ve yağışların daha az yaşandığı bölgelerde yemlerde

sindirilebilir organik maddelerin azaldığını bulmuşlardır. Sıcaklık stresinin etkilerinin yanı sıra özellikle yüksek süt verimine sahip olan hayvanlarda yem tüketiminin fazla olması ek bir ısı yükü meydana getirmektedir. Yem tüketimi sonucu ortaya çıkacak olan etkilerin derecesi bölgenin iklimine ve yetiştiricilik sistemine göre değişiklik göstermektedir (Gauly ve Amber, 2020). Bu etkilerin azaltılması için meraların değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilecek dayanıklı türlere ihtiyacı bulunmaktadır (Gauly ve ark., 2013). Bu amaçla daha derine kök salan baklagillerin kullanılması ve diğer türler için mevcut olmayan suyun değerlendirilmesi sağlanarak otlakların su kullanımı geliştirebilir (Chen ve ark., 2007; Perring ve ark., 2010). Yetiştirme stratejilerinin yanı sıra, otlakların yönetimi (kesim zamanı, gübre türü, otlatma uzunluğu) yem üretimi üzerindeki iklimsel etkilerin üstesinden gelmek için gerekli seçenekleri sağlayabilir (Holden ve ark., 2008). Meraların sulanması da verimi artıracaktır ancak su mevcudiyetindeki kısıtlamalar nedeniyle bu seçenek sınırlı kalmaktadır (Gauly ve Amber, 2020).

Yem katkı maddelerinin sıcaklık stresiyle başa çıkma yeteneğini geliştirmeye yönelik araştırmalar yapılmıştır. Zimbelman ve ark. (2010), rumen korumalı niasin ile beslenen ineklerin orta derecede ısı yükü altında daha düşük rektal ve vajinal sıcaklıklara sahip olduğunu göstermiştir. Wang ve ark. (2010), sıcaklık stresi sırasında tamamlayıcı doymuş yağ asitleri (SFA) ile beslenmenin günün en sıcak saatlerinde vücut ısısını düşürdüğünü ve süt verimini arttırdığını belirtmiştir. Bu etkinin, fermente edilebilir karbonhidratların tamamlayıcı SFA ile değiştirilmesi sonucu metabolik ısı gelişiminin azalmasıyla gerçekleştiği kabul edilmektedir (Gauly ve Amber, 2020). Dolayısıyla sıcaklık stresi ile başa çıkmak için yem katkı maddelerinin de alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE SÜT HAYVANCILIĞI

Sıcak günlerin yoğun olduğu dönemlerde süt hayvanı işletmelerinde özellikle yüksek verimli sürülerin yönetilmesi oldukça zordur. Sürü yönetim yöntemlerinde, soğutma teknikleri gibi yapısal değişiklikleri içeren seçenekler de mevcuttur. Örneğin, sıcaklık stresini düşürmek için yeterli gölgenin sağlanması, beslenme zamanlarının yönetimi gibi seçenekler kullanılabilir (Kendall ve ark., 2007; Legrand ve ark., 2009). Beslenme zamanlarında yapılacak olan değişiklikler (akşam, gece veya sabahın erken saatlerine, daha serin dönemlere geçilmesi) yüksek ortam sıcaklıklarında ısı yükünü düşürebilir (Nikkhah ve ark., 2011). Ominski ve ark. (2002), bu durumun, sıcaklık stresine maruz kalan süt sığırlarının vajinal sıcaklığını, yem alımını ve performansını etkilemediğini ifade etmiştir.

Süt sığırcılığı işletmelerinde sıklıkla kullanılan soğutma sistemleri fanlar, misterler, sprinkler ve soğutulmuş su yataklarıdır. Bunlara ek olarak yapılabilecek değişiklikler arasında tünel havalandırması gibi yeni teknolojiler yer almaktadır (Calegari ve ark., 2012). Süt sığırlarında sıcaklık stresinin azaltılması için verimli soğutma sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılabilir diğer bir seçenek ise ahırdaki fanlar tarafından desteklenerek buharlaştırılan suyun kısa süreli püskürtülmesidir. Benzer sistemler dünya çapında özellikle sıcak bölgelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kendall ve ark. (2007), üç farklı soğutma sisteminin (gölge, sprinkler ve gölge+sprinkler kombinasyonu) verimliliğini karşılaştırmıştır. Gölge+sprinkler kombinasyonunun solunum hızını %67 oranında azalttığını, sadece sprinklerin kullanılmasının (%60) sadece gölge sağlanmasından (%30) daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Avendaño-Reyes ve ark. (2010), sıcak koşullarda soğutma süresini ve yoğunluğunu değiştirerek üç farklı yöntemi karşılaştırarak, daha iyi bir sonuca ulaşılması için soğutma süresinin uzatılması gerektiğini öne sürmüştür. Ayrıca, yağmurlama ve havalandırmanın birlikte kullanıldığı günlük soğutma periyotlarının daha sık olmasının soğutmanın etkisini arttırdığını da eklemiştir. Honig ve ark. (2016), sıcaklık stresi altındaki süt inekleri için soğutma yönetimlerinin kullanılmasının üreme performansı, yumurtalık fonksiyonları, östrus döngüsü uzunluğu ve genel doğurganlık üzerinde olumlu etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Yaz aylarında ineklerin merada ısı yüküne maruz kalmasından sonra soğutma kapasitesi açısından tek başına gölge sağlanması sprinkler kullanımına göre daha az verimlidir. Ancak ineklerin tercihi dikkate alındığında ineklerin çoğunun (%65) sprinkler yerine gölgeyi seçtiği ifade edilmiştir (Schütz ve ark., 2011). Gölge sağlanmasının sıcaklığı azaltmasının yanı sıra, ısı yükü üzerine olan asıl etkisi güneş ışınlarının hayvanlara daha az temas etmesidir. Van Laer ve ark. (2015), gölgenin hayvanların performansı üzerinde olumlu etkileri olduğunu belirtmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliğinin süt sığırları yetiştiriciliği üzerinde halihazırda önemli etkileri olmuştur ve bundan sonra da olmaya devam edecektir. Bu etkiler hem doğrudan hem de dolaylı olmaktadır. Süt sığırları yetiştiriciliği üzerindeki etkiler; yemin, suyun bulunabilirliği ve kalitesi, sağlık ve performans üzerindeki etkiler, hastalık ve vektörlerin yayılması üzerindeki etkiler olarak sınıflandırılabilir. Bu durum, üretim seviyesinde daha yüksek ölüm oranlarına, bağışıklık fonksiyonlarının bozulmasına, bulaşıcı hastalıkların daha fazla yayılmasına, üreme bozukluklarına, yem alımında ve büyümede değişikliklere, özellikle yüksek verimli süt sığırlarında veriminin azalmasına yol açar. Sonuç olarak belirtilen etmenlerin hepsi süt sığırları yetiştiriciliğinde ekonomik açıdan tamamıyla dezavantajlara neden olacaktır. Bu nedenle, uzun vadeli çözümler için hayvancılık sistemleri, yönetim, beslenme ve sağlığın yanı sıra bitki ve hayvan ıslahını da içeren iklim değişikliklerinin süt sığırları üzerindeki etkilerini azaltabilecek uyum stratejilerinin geliştirilmesine yönelik temel bir ihtiyaç bulunmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını tasdik ederler.

YAZAR KATKISI

Tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

ETİK BEYAN

“Küresel İklim Değişiklikleri ve Süt Sığırları Yetiştiriciliği” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel kurallara, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir. Bu araştırma doküman analizi ve betimsel incelemeye dayalı olarak yapıldığından etik kurul kararı zorunluluğu bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Akbarabadi, M.A., Shabankareh, H.K., Abdolmohammadi, A. & Shahsavari, M.H. (2014). Effect of PGF2 α and GnRH on the reproductive performance of postpartum dairy cows subjected to synchronization of ovulation and timed artificial insemination during the warm or cold periods of the year. *Theriogenology*, 82(3), 509–516. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.05.005>
- Allen, J.D., Hall, L.W., Collier, R.J. & Smith, J.F. (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(1), 118–127. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7704>
- Ammer, S., Lambertz, C. & Gauly, M. (2016). Comparison of different measuring methods for body temperature in lactating cows under different climatic conditions. *Journal of Dairy Research*, 83(2), 165–172. <https://doi.org/10.1017/S0022029916000182>
- Ammer, S., Lambertz, C., von Soosten, D., Zimmer, K., Meyer, U., Dänicke, S. & Gauly, M. (2017). Impact of diet composition and temperature–humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(1), 103–113. <https://doi.org/10.1111/jpn.12664>
- Atrian, P., ve Shahryar, H.A. (2012). Heat stress in dairy cows (a review). *Research in Zoology*, 2(4), 31-37.
- Avendaño-Reyes, L., Álvarez-Valenzuela, F.D., Correa-Calderón, A., Algándar Sandoval, A., Rodríguez-González, E., Pérez-Velázquez, R., Macías-Cruz, U., Díaz-Molina, R., Robinson, P.H. & Fadel, J.G. (2010). Comparison of three cooling management systems to reduce heat stress in lactating Holstein cows during hot and dry ambient conditions. *Livestock Science*, 132(1-3), 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.04.020>
- Bertocchi, L., Vitali, A., Lacetera, N., Nardone, A., Varisco, G., & Bernabucci, U. (2014). Seasonal variations in the composition of Holstein cow’s milk and temperature–humidity index relationship. *Animal*, 8(4), 667-674. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000032>
- Bett, B. Kiunga, P. Gachohi, J. Sindato, C. Mbotha, D. Robinson, T. Lindahl, J. & Grace, D. (2017). Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Preventive Veterinary Medicine*, 137, 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.11.019>
- 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(6), 479–491. <https://doi.org/10.1051/animres:2002036>

- Calegari, F., Calamari, L. & Frazzi, E. (2012). Misting and fan cooling of the rest area in a dairy barn. *International Journal of Biometeorology*, 56(2), 287–295. <https://dx.doi.org/10.1007/s00484-011-0432-7>
- Charlier, J., Ghebretinsae, A.H., Levecke, B., Ducheyne, E., Claerebout, E. & Vercruyse, J. (2016). Climate-driven longitudinal trends in pasture-borne helminth infections of dairy cattle. *International Journal for Parasitology*, 46(13-14), 881–888. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.09.001>
- Chen, S., Bai, Y., Lin, G., Huang, J. & Han, X. (2007). Isotopic carbon composition and related characters of dominant species along an environmental gradient in Inner Mongolia, China. *Journal of Arid Environments*, 71(1), 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.02.006>
- Cook, N.B., Mentink, R.L., Bennett, T.B. & Burgi, K. (2007). The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90(4), 1674–1682. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-634>
- Cowley, F.C., Barber, D.G., Houlihan, A.V. & Poppi, D.P. (2015). Immediate and residual effects of heat stress and restricted intake on milk protein and casein composition and energy metabolism. *Journal of Dairy Science*, 98(4), 2356–2368. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8442>
- Craine, J.M., Elmore, A.J., Olson, K.C. & Tolleson, D. (2010). Climate change and cattle nutritional stress. *Global Change Biology*, 16(10), 2901–2911. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02060.x>
- Das, R., Sailo, L., Verma, N., Bharti, P., Saikia, J., Imtiwati, & Kumar, R. (2016). Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review. *Veterinary World*, 9(3), 260–268. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2016.260-268>
- Enemark, J.M.D., Jorgensen, R.J. & Enemark, P.S. (2002). Rumen acidosis with special emphasis on diagnostic aspects of subclinical rumen acidosis: a review. *Veterinarija ir zootechnika*, 20(42), 16-29.
- Fitzgerald, J.B., Brereton, A.J. & Holden, N.M. (2009). Assessment of the adaptation potential of grass-based dairy systems to climate change in Ireland – the maximised production scenario. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(2), 244–255. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.08.006>
- Galán, E., Llonch, P., Villagrà, A., Levit, H., Pinto, S. & Del Prado, A. (2018). A systematic review of non-productivity-related animal-based indicators of heat stress resilience in dairy cattle. *Plos One*, 13(11), 2562. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206520>
- Gauly, M., Bollwein, H., Breves, G., Brügemann, K., Dänicke, S., Daş, G., Demeler, J., Hansen, H., Isselstein J, König, S., Lohölter, M., Martinsohn, M., Meyer, U., Potthoff, M., Sanker, C., Schröder, B., Wrage, N., Meibaum, B., Samson-Himmelstjerna, G. Von, Stinshoff, H. & Wrenzycki, C. (2013). Future consequences and challenges for dairy cow production systems arising from climate change in Central Europe – a review. *Animal*, 7(5), 843–859. <https://doi.org/10.1017/S1751731112002352>
- Gauly, M. ve Ammer, S. (2020). Review: Challenges for dairy cow production systems arising from climate changes. *Animal*, 14(S1), S196–S203. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003239>
- Heinicke, J., Ibscher, S., Belik, V. & Amon, T. (2019). Cow individual activity response to the accumulation of heat load duration. *Journal of Thermal Biology*, 82, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.011>
- Holden, N.M., Brereton, A.J. & Fitzgerald, J.B. (2008). *Impact of climate change on Irish agricultural production systems. In Climate change – refining the impacts for Ireland* (ed. Environmental Protection Agency), (pp. 82–131). Wexford: Environmental Protection Agency.
- Honig, H., Ofer, L., Kaim, M., Jacobi, S., Shinder, D. & Gershon, E. (2016). The effect of cooling management on blood flow to the dominant follicle and estrous cycle length at heat stress. *Theriogenology*, 86(2), 626–634. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.02.017>
- IPCC. (2014). *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. In Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1–1132). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kadokawa, H., Sakatani, M. & Hansen, P.J. (2012). Perspectives on improvement of reproduction in cattle during heat stress in a future Japan. *Animal Science Journal*, 83(6), 439–445. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2012.01011.x>
- Kendall, P.E., Verkerk, G.A., Webster, J.R. & Tucker, C.B. (2007). Sprinklers and shade cool cows and reduce insect-avoidance behavior in pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 90(8), 3671–3680. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-766>
- Koyuncu, M. ve Akgün, H. (2018). Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 151-164.
- Lacetera, N., Bernabucci, U., Ronchi, B. & Nardone, A. (1996). Body condition score, metabolic status and milk production of early lactating dairy cows exposed to warm environment. *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale* 90(1), 43–55.
- Lambertz, C., Sanker, C. & Gauly, M. (2014). Climatic effects on milk production traits and somatic cell score in lactating Holstein-Friesian cows in different housing systems. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 319–329. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7217>
- Laporta, J., Fabris, T.F., Skibieli, A.L., Powell, J.L., Hayen, M.J., Horvath, K., Miller-Cushon, E.K. & Dahl, G.E. (2017). In utero exposure to heat stress during late gestation has prolonged effects on the activity patterns and growth of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2976–2984. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11993>



- Legrand, A.L., von Keyserlingk, M.A.G. & Weary, D.M. 2009. Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(8), 3651–3658. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1733>
- Liang, D., Wood, C.L., McQuerry, K.J., Ray, D.L., Clark, J.D. & Bewley, J.M. (2013). Influence of breed, milk production, season, and ambient temperature on dairy cow reticulorumen temperature. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5072–5081. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6537>
- Liu, Z., Ezernieks, V., Wang, J., Arachchillage, N.W., Garner, J.B., Wales, W.J., Cocks, B.G. & Rochfort, S. (2017). Heat stress in dairy cattle alters lipid composition of milk. *Scientific Reports*, 7, 961. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01120-9>
- López-Gatius, F., Santolaria, P., Martino, A., Delétang, F. & De Rensis, F. (2006). The effects of GnRH treatment at the time of AI and 12 days later on reproductive performance of high producing dairy cows during the warm season in northeastern Spain. *Theriogenology*, 65(4), 820–830. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.07.002>
- Ma, S., Lardy, B., Graux, A.I., Klumpp, K., Martin, R. & Bellocchi, G. (2015). Regionalsclae analysis of carbon and water cycles on managed grassland systems. *Environmental Modelling & Software*, 72, 356–371. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.03.007>
- Malama, E., Zeron, Y., Janett, F., Siuda, M., Roth, Z. & Bollwein, H. (2017). Use of computer-assisted sperm analysis and flow cytometry to detect seasonal variations of bovine semen quality. *Theriogenology*, 87, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.08.002>
- Mariani P, Zanzucchi G, Blanco P and Masoni M 1993. Variazioni stagionali del contenuto in fosforo del latte di massa di singoli allevamenti. *L'industria del Latte*, 29, 39–53.
- Morgan, E., Charlier, J., Hendrickx, G., Biggeri, A., Catalan, D., Samson-Himmelstjerna, G von., Demeler, J., Müller, E., van Dijk, J., Kenyon, F., Skuce, P., Höglund, J., O'Kiely, P., van Ranst, B., Waal, T de., Rinaldi, L., Cringoli, G., Hertzberg, H., Torgerson, P., Wolstenholme, A. & Vercruysse, J. (2013). Global change and helminth infections in grazing ruminants in Europe: impacts, trends and sustainable solutions. *Agriculture*, 3(3), 484–502. <https://doi.org/10.3390/agriculture3030484>
- Nabenishi, H., Ohta, H., Nishimoto, T., Morita, T., Ashizawa, K. & Tsuzuki, Y. (2011). Effect of the temperature-humidity index on body temperature and conception rate of lactating dairy cows in southwestern Japan. *Journal of Reproduction*, 57(4), 450–456. <https://doi.org/10.1262/jrd.10-135T>
- Nikkhah, A., Furedi, C.J., Kennedy, A.D., Scott, S.L., Wittenberg, K.M., Crow, G.H. & Plaizier, J.C. (2011). Morning vs. evening feed delivery for lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(1), 113–122. <https://doi.org/10.4141/CJAS10012>
- Ominski, K.H., Kennedy, A.D., Wittenberg, K.M. & Nia, S.A.M. (2002). Physiological and production responses to feeding schedule in lactating dairy cows exposed to short-term, moderate heat stress. *Journal of Dairy Science*, 85(4), 730–737. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74130-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74130-1)
- Paes, V.M., Vieira, L.A., Correia, H.H.V., Sa, N.A.R., Moura, A.A.A., Sales, A.D., Rodrigues, A.P.R., Magalhães-Padilha, D.M., Santos, F.W., Apgar, G.A., Campello, C.C., Camargo, L.S.A. & Figueiredo, J.R. (2016). Effect of heat stress on the survival and development of in vitro cultured bovine preantral follicles and on in vitro maturation of cumulusoocyte complex. *Theriogenology*, 86(4), 994–1003. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.03.027>
- Perring, M.P., Cullen, B.R., Johnson, I.R. & Hovenden, M.J. (2010). Modelled effects of rising CO2 concentration and climate change on native perennial grass and sown grass-legume pastures. *Climate Research*, 42(1), 65–78.
- Phelan, P., Morgan, E.R., Rose, H., Grant, J. & O'Kiely, P. (2016). Predictions of future grazing season length for European dairy, beef and sheep farms based on regression with bioclimatic variables. *Journal of Agricultural Science*, 154(5), 765–781. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000830>
- Polsky, L. ve von Keyserlingk, M.A.G. (2017). Invited review: effects of heat stress on dairy cattle welfare. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 8645–8657. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12651>
- Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J.L. & Collier, R.J. (2012). Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(5), 707–728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>
- Rust, J.M. (2019). The impact of climate change on extensive and intensive livestock production systems. *Animal Frontiers*, 9(1), 20–25. <https://doi.org/10.1093/af/vfy028>
- Sabés-Alsina, M., Lundeheim, N., Johannisson, A., López-Béjar, M. & Morrell, J.M. (2019). Relationships between climate and sperm quality in dairy bull semen: a retrospective analysis. *Journal of Dairy Science*, 102(6), 5623–5633. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15837>
- Safa, S., Kargar, S., Moghaddam, G.A., Ciliberti, M.G. & Caroprese, M. (2019). Heat stress abatement during the postpartum period: effects on whole lactation milk yield, indicators of metabolic status, inflammatory cytokines, and biomarkers of the oxidative stress. *Journal of Animal Science*, 97(1), 122–132. <https://doi.org/10.1093/jas/sky408>
- Sakatani, M., Yamanaka, K., Balboula, A.Z., Takenouchi, N. & Takahashi, M. (2015). Heat stress during in vitro fertilization decreases fertilization success by disrupting anti-polyspermy systems of the oocytes. *Molecular Reproduction and Development*, 82(1), 36–47. <https://doi.org/10.1002/mrd.22441>
- Sanker, C., Lambertz, C. & Gauly, M. (2013). Climatic effects in Central Europe on the frequency of medical treatments of dairy cows. *Animal*, 7(2), 316–321. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001668>



- Schütz, K.E., Rogers, A.R., Cox, N.R., Webster, J.R. & Tucker, C.B. (2011). Dairy cattle prefer shade over sprinklers: effects on behaviour and physiology. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 273–283. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3608>
- Solymosi, N., Torma, C., Kern, A., Maróti-Agóts, Á., Barcza, Z., Könyves, L., Berke, O. & Reiczigel, J. (2010). Changing climate in Hungary and trends in the annual number of heat stress days. *International Journal of Biometeorology*, 54, 423–431. <https://doi.org/10.1007/s00484-009-0293-5>
- Testa, F., Marano, G., Ambrogi, F., Boracchi, P., Casula, A., Biganzoli, E. & Moroni, P. (2017). Study of the association of atmospheric temperature and relative humidity with bulk tank milk somatic cell count in dairy herds using generalized additive mixed models. *Research in Veterinary Science*, 114, 511–517. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.09.027>
- Van Laer, E., Moons, C.P., Ampe, B., Sonck, B., Vandaele, L., De Campeneere, S. & Tuytens, F.A. (2015). Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. *Animal*, 9(9), 1536–1546. <https://doi.org/10.1017/S1751731115000804>
- Vercruysse, J., Charlier, J., van Dijk, J., Morgan, E.R., Geary, T., Samson-Himmelstjerna, G von. & Claerebout, E. (2018). Control of helminth ruminant infections by 2030. *Parasitology*, 145(13), 1655–1664. <https://doi.org/10.1017/S003118201700227X>
- Wang, J.P., Bu, D.P., Wang, J.Q., Huo, X.K., Guo, T.J., Wei, H.Y., Zhou, L.Y., Rastani, R.R., Baumgard, L.H. & Li, F.D. (2010). Effect of saturated fatty acid supplementation on production and metabolism indices in heat-stressed mid-lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 4121–4127. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2635>
- West, J.W., Mullinix, B.G. & Bernard, J.K. (2003). Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 232–242. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73602-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73602-9)
- Zampieri, M., Russo, S., di Sabatino, S., Michetti, M., Scoccimarro, E. & Gualdi, S. (2016). Global assessment of heat wave magnitudes from 1901 to 2010 and implications for the river discharge of the Alps. *Science of the Total Environment*, 571, 1330–1339. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.008>
- Zimelman, R.B., Baumgard, L.H. & Collier, R.J. (2010). Effects of encapsulated niacin on evaporative heat loss and body temperature in moderately heat-stressed lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2387–2394. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2557>

