

BÖLÜM 3

KÜRESEL ISINMA ve KEÇİ YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÖNEMİ

Turgay TAŞKIN¹
Çağrı KANDEMİR²

GİRİŞ

İklim değişikliği, dünya genelinde özellikle de kurak alanlarda yaşayan insan ve hayvanların yaşamlarını olumsuz yönde etkilemektedir (1,2). Anılan bölgeler, dünya yüzeyinin yaklaşık yarısına yakın bir kısmını oluşturmakta ve bu bölgelerde hayvanların beslenmesi genellikle giderek yok olan mera ve otlaklara dayanmaktadır (3,4). Tüm bu üretim sürecinde hayvancılıktan elde edilen ürünler, doğrudan ya da dolaylı olarak çok sayıda insan tarafından da tüketilmektedir (5-7). Bu bağlamda iklim değişikliğinin hayvansal üretim üzerinde gelişme, döl, süt ve et verimindeki azalmanın yanı sıra hastalıklara karşı direncin azalması gibi birçok olumsuz etkileri de söz konusudur (8). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak sınırlı su ve yem kaynaklarındaki azalma, bir anlamda sürdürülebilirlik ve verimliliğin azalmasının yanı sıra bakteri-viral hastalıklarda bir artışa da neden olabilmektedir (9). İklim değişikliği, aynı zamanda toprak ve bitkisel üretimde kaliteli kaba yem üretimi ve buna bağlı besin madde gereksinimini de olumsuz yönde etkileyerek hayvanlarda verimin azalmasına neden olmaktadır (10). Hayvansal üretimde durum genotip bazında ele alındığında, yerli koyun, keçi ve sığır ırkları, kültür ırklarına göre otlatma kapasitesi düşük olan köy orta malı mera ve otlakları daha etkin kullanarak sıcaklık stresinin etkisini en aza indirebilme yeteneğine sahiptir (Şekil 1). Türler içinde özellikle keçilerin, olumsuz çevre koşullarında bile, sıcaklık stresine karşı olabildiğince iyi bir performans gösterdiği belirtilmektedir (11,12,13).

1 Prof. Dr. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, turgay.taskin@ege.edu.tr

2 Dr. Arş. Gör. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, cagri.kandemir@ege.edu.tr

lamak için yeterli bilimsel kanıtın olup olmadığı sorusu gündeme gelmektedir (Şekil 2). Son yirmi yılda yapılan araştırmalar, keçilerin çevresel zorluklarla başa çıkmada önemli bir avantaja sahip olduğu belirlenmiştir (14). Ancak, yapılan bu araştırmalar, keçi ve diğer hayvan türleri arasında yapılan eş zamanlı karşılaştırmalarda, gerçek deneysel bulguları yeterince ortaya koymaktan oldukça uzaktır (15). İklim değişikliğiyle ilişkili olarak sıcaklık stresinin iki binli yılların sonuna kadar öngörülen olumsuz etkilerine oranla Doğu Afrika'da keçilerin bu değişiklikten en az etkilenen tür olduğunu açıkça belirtilmiştir (16). Yüzyılın sonuna kadar keçi yetiştirmenin diğer türlere göre avantajlı olduğu görülmekle birlikte işletme bazında yapılan yatırımın net bir göstergesini sağlayan çok değerli bilgiler de söz konusudur.

UYUM YETENEĞİNİN GENETİK ESASLARI

Hayvanların içinde buldukları çevre koşullarına olan uyum yeteneğinin kalıtsallığı, sürülerin hayatta kalmasını destekleyen hayvana ait özelliklerin bir anlamda kalıtsal özelliklerini ifade eder (17). Adaptasyon ya da uyum özellikleri, genellikle düşük kalıtım derecesi ile tanımlanır. Belirli bir yaşam ortamına iyi uyum sağlayan her hayvan, davranışsal, morfolojik, fizyolojik ve genetik temellerden kaynaklanabilecek bazı benzersiz uyum yeteneğine sahiptir denilebilir (18). Bu bağlamda sürüdeki genetik çeşitlilik, değişen çevreye uyum sağlama esnekliği sağlamlasının yanı sıra sürünün zaman içinde hayatta kalması açısından da oldukça önemlidir. İşletmelerde yapılan besleme ve barındırma ile ilişkili düzenlemelerin yanı sıra, seleksiyon, sıcaklık stresinin etkisini azaltma çabaları da bu konuda önemli rol oynar. Ancak bunu gerçekleştirebilmek için işletme bazında iklim değişikliğine uygun ve uzun vadeli stratejiler geliştirilmelidir. Bir başka deyişle sıcaklık stresine dayanıklı ırk ya da keçi genotipleri, genetik ıslah yöntemleri kullanılarak sıcağa dayanıklı ırkların belirlenmesi/seçilmesi konusundaki bazı ipuçları bize önemli bilgiler sağlar. Eşzamanlı heterosis ve melezleme yoluyla uyum yeteneğinin geliştirilmesi, keçi yetiştiricilerinin elinde, sıcaklık stresine dayanabilen daha iyi yavruların elde edilebilmesi amacıyla doğru bir yaklaşımdır (Şekil 3). İklim değişikliğine karşı gösterilen yanıtlar için genetik değişkenlik, gelecekteki iklim değişiklikleriyle başa çıkmak için en toleranslı ve sağlam hayvanı seçmek amacıyla kullanılabilir (19). Sıcaklık stresine dirençle ilişkili genlerin tanımlanması ve bu genlerin ıslah programlarında bir belirteç olarak kullanılması veya belirteç destekli seleksiyon (MAS), daha yüksek verimliliğin yanı sıra genotip-çevre etkileşimleri dikkate alınarak sıcaklık stresine uyum göstermiş hayvanları belirlemek amacıyla sürülerde uygulanmalıdır.



Şekil 3. İklim değişikliğinin çiftlik hayvanları üzerindeki etkileri.
Kaynak: Koluman Darcan ve ark. 2018.

Sonuç olarak, hücrel enerjide mitokondri, enerji metabolizmasının kolaylaştırıcısı olarak merkezi bir rol oynar (20). Mitokondriyal genler, uyarlanabilirlikte yüksek oranda ilişkili genlerdir. Organeller, değiştirilmiş genetik kodla kendi genomlarını içerir. Bu konuda yapılan bazı çalışmalar, hayvanlarda mitokondriyal genomun yaklaşık 15-17 kb uzunluğunda dairesel, çift sarmallı bir molekül olduğunu, tüm ökaryotik hücrelerde bulunduğunu ve enerji sağlama işleviyle bulunduğunu öne sürmektedir (21). Evrim hızı, görece olarak korunmuş gen içeriği ve organizasyonu, küçük boyut, anneden kalıtım ve sınırlı rekombinasyon, mitokondriyal DNA'nın (mtDNA) özellikleri arasında yer almaktadır (22).

Sıcaklık Stresine Karşılık Hücrel ve Moleküler Yanıtlar

Sıcaklık stresinin DNA sentezi, replikasyon ve onarım, hücrel bölünme ile nükleer enzimler ve DNA polimeraz fonksiyonları gibi çeşitli moleküler fonksiyonları değiştirmektedir (23). Bu değişimin yanı sıra, sıcaklık stresinin hücre zarlarının hem akışkanlığını hem de stabilitesini olumsuz yönde etkilediği ve reseptörlerin yanı sıra transmembran taşıma proteinlerinin işlevini engellediği saptanmıştır (24). Sıcaklık stresi, ayrıca hücre formu ve zarlar da dahil olmak üzere hücre yapısında çok sayıda değişime de neden olmaktadır. Bir başka deyişle sıcaklık stresi, çiftlik hayvanlarında karmaşık bir dizi hücrel ve moleküler yanıtın oluşmasını sağlar (25). Moleküler gen teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, gen ekspresyonunu tanımlamak ve sıcaklık stresine karşı temel hücrel yanıtları belirlemek için yeni gelişmeler söz konusudur (26). Hayvanlarda hücrel adaptasyon işlevine sahip bu tür genler, stres sırasında uyum mekanizmalarını anlamak için potansiyel bi-

yobelirteçler olarak kabul edilmektedir. Isı şok proteini (HSP) genleri, apoptotik gen ve diğer sitokinler ile buna benzer reseptörler, sıcaklık stresine maruz kalındığında olumlu yönde düzenleme yapıldığı belirtilmektedir. Geviş getiren hayvanlarda sıcaklık stresine maruz kalma sırasında HSP70'in rolü yapılan çalışmalarla ortaya konmuş ve bunun belirlenmesi için ideal bir moleküler belirteç olduğu saptanmıştır (16). Bunun dışında, süperoksit dismutaz (SOD), nitrik oksit sentaz (NOS), tiroid hormon reseptörü (THR) ve prolaktin reseptör (PRLR) gibi diğer bazı genlerin de geviş getiren hayvanlarda sıcaklık toleransıya ilişkili olduğu da saptanmıştır (4). Ayrıca, Shija ve ark. (27), Osmanabadi keçilerinin adaptif mekanizmasına atfedilebilecek çoklu stres gruplarının adrenal bezinde HSP70 mRNA'nın daha yüksek ekspresyona sahip olduğunu belirlemişlerdir. Sadece sıcaklık stresine maruz kalan hayvanlarla karşılaştırıldığında, çoklu stres altındaki hayvanlarda adrenal HSP70'in önemli ölçüde daha yüksek ekspresyonu, çoklu stres grubundaki ek beslenme stresine atfedilebilir. Adrenal bezdeki yüksek HSP70 ekspresyonu, adrenal korteksin daha fazla kortizol sentezlemek için hiperaktivitesine atfedilebilir (28). Benzer şekilde, plazma HSP70 ve periferik kan mononükleer hücre HSP70'in ekspresyon şekli de, kontrol ve bireysel stres grupları ile karşılaştırıldığında, çoklu stres etkenine sahip hayvanlarda önemli ölçüde daha yüksek değerlerde benzer eğilimler göstermiştir. Gen ekspresyonunun epigenetik düzenlenmesi ve genomun sıcaklığa bağlı olarak değişim göstermesi, çiftlik hayvanlarında sıcaklık toleransı geliştirmek için etkili bir yöntem olabilir (29). Moleküler düzeyde, epigenetik değişikliklere, DNA metilasyonu, histon varyantları, histonların transkripsiyon sonrası modifikasyonları ve histon inaktivasyonu, histon olmayan kromatin proteinleri, kodlayıcı olmayan RNA ve RNA etkileşimi tarafından başlatılan kromatin konformasyonundaki değişiklikler aracılık eder (30). DNA metilasyonu, gen ekspresyonunun düzenlenmesinde önemli bir rol oynayan, iyi çalışılmış bir epigenetik düzenleyici mekanizmadır. Sıcaklık stresinin domuzlarda DNA metilasyon modelini etkilediği belirlenmiştir (31). Ayrıca, araştırmacılar, HSP70'lerin ve bunlarla ilişkili kokaperonların, stresli koşullar altında hücrenin hayatta kalması için gerekli olan sayısız sürece katıldığını da ortaya koymuştur. Membranlar boyunca protein katlanması ve translokasyonuna, protein komplekslerinin birleştirilmesine ve sökülmesine, bozulma için substratların sunulması ve protein agregasyonunun baskılanmasına yardımcı olurlar (32).

İklim Değişikliğine Karşı Hangi Hayvan Türü İşletmeler İçin Doğru Bir Seçim Olur?

Bilindiği gibi sağmal ineklerde su tüketimi, birçok faktör tarafından etkilenmektedir. Bunlar arasında vücut büyüklüğü, hava sıcaklığı, su sıcaklığı, hava nemi,

yem tüketimi ve süt üretim miktarı sayılabilir (33). Genel olarak süt inekleri tükettikleri kuru maddenin her kilogramı başına 2-4 kg, ürettikleri sütün her kilogramı için de 3-4 kg su tüketirler. Genellikle sıcak havalarda kuru madde tüketimi ve süt verimi azalırken su tüketimi artar. Sıcaklık stresinde olan ineklerin su tüketimleri artmaktadır. Bu artış, günde 200 litre kadar çıkabilmektedir. Genel bir yaklaşım olarak inekler günlük verdiği süt miktarının 4 katı kadar su tüketmektedir. Bunun yanı sıra sürünün en az %10'unun aynı anda rahatlıkla ulaşabilecekleri ve su içebilecekleri bir kaynak olmalıdır (34). Süt ineklerinin aksine küresel ısınma ve özellikle tropik bölgelerde yaygın olarak yetiştirilen keçinin durumuna karar vermek için bilinen bazı temel özelliklerini incelemekte yarar vardır (Şekil 4). Keçilerin farklı ortam koşullarına kısa sürede uyum sağlama gibi bir özelliği vardır. Ancak bu durum, halen bir tartışma konusudur. Keçilerin yaşama gücü ve üremesine yardımcı olan bu özellikler ile bunların sağladığı bazı avantajlar Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 4. Keçinin bilinen bazı temel özellikleri
Kaynak: Fuller ve ark. 2021; Gupta ve Mondal, 2021

Çizelge 1. Keçilerin yaşama gücü ve üremesine yardımcı olan bazı özellikler

Çevresel değişim	İncelenen özellik	Alt başlık	Diğer hayvan türlerine göre avantajı
	Canlı ağırlıkta azalma	Düşük enerji gereksinimi	Keçi ve koyunların günlük enerji gereksinimleri büyükbaş hayvan türlerine göre daha düşüktür
Yem yetersizliği durumunda	Besleme davranışı ve yapısal uyum	İki ayağı üzerinde duruş davranışı	Keçilerin iki ayağı üzerinde durma davranışı bazı ağaçlı alanlarda 1.5 den daha fazla olabilmektedir.
		Hareketli dudaklar	Hareketli dudaklar, keçilerin büyük sivri uçlara sahip yem kaktüs türlerinden çözünür karbonhidratlara erişmesini sağlar. Bu durum, yemin az olduğu bölgelerde son derece önemlidir.

Veteriner Hekimlikte Güncel Yaklaşımlar II

	Enerji tüketimi	Azot metabolizması ve selüloz sindirimi	Keçilerin özellikle düşük kaliteli kaba yem tükettiklerinde, selüloz sindirim kapasitelerini artırmak suretiyle daha fazla rumen NH_3 'ü üretmektedirler
		Günlük su gereksinimi	Keçiler benzer canlı ağırlıkta koyuna göre daha az su tüketirler. Bu durum, vücutta suyun dolaşımı ve dışkılama, özellikle sıcaklığın arması ve su sınırlamasıyla karşı karşıya kaldıklarında eşzamanlı olarak bu olumsuzları azaltmaya yönelik yetenekleri vardır.
Su yetersizliği	Suyun vücutta dolaşımı	Seçici beyin soğutması (SBC) ve nefes nefese ve terlemek	Suya sınırlı erişimi olan sıcaklık stresi altındaki hayvanlarda, seçici beyin soğutulması sağlanarak beyin sıcaklığının vücut sıcaklığından daha düşük olması sağlanmaktadır. Beyinden hipotalamusa giden iletilen uyarılar, nefes nefese kalma ve terleme gibi buharlaşmalı soğutma mekanizmalarını baskılayarak azalır. Bu mekanizma, keçi ve diğer kurak bölgelerde yaşayan memeli hayvanlarda önemli ölçüde su kaybını azaltır.
		Gübredeki katı ve sıvı kısmı ayırma yeteneği	Sıcağa duyarlı keçiler, koyun ve sığırlara göre %40 daha fazla dışkıyı kurutabilir.
		İdrar azaltma yeteneği	Yaz mevsiminde keçilerdeki idrar hacmi, vücut suyunu korumak amacıyla yaklaşık %71 oranında azaltılır.
		Davranışsal yetenekler	Su içeriği yüksek bir yem olan kaktüsler, keçi ve koyunlar için önemli bir su kaynağıdır. Keçilerde dudaklar hareketli dudakları olduğunda, büyük sivri uçlara sahip kaktüs türleri, suya erişmek için benzersiz becerilere sahip olurlar. Bu özellik, kurak alanlarda ya da suyun sınırlı olduğu mevsimlerde son derece önemlidir.
Hastalık	Davranış	Tripanozoma karşı direnç ve bağırsak solucanı enfeksiyonları	Otlatma düzenleri ile koyun ve sığır arasındaki davranış farklılıklarının bir sonucu olarak protozoal hastalığı bulaştıran ve taşıyıcı olan çeçe sineklerine daha az maruz kalır.
	Kan-biyokimyasal uyum	Bağıışıklık sistemi	Örneğin Batı Afrika Cüce keçilerinde lenfosit sayısı, nötrofillerden daha fazladır.

Kaynak: Gienapp ve ark. (2008), Thornton ve ark. (2009), Sejian ve ark.(2015), Zhang ve ark. (2017), Escarcha ve ark. (2018).

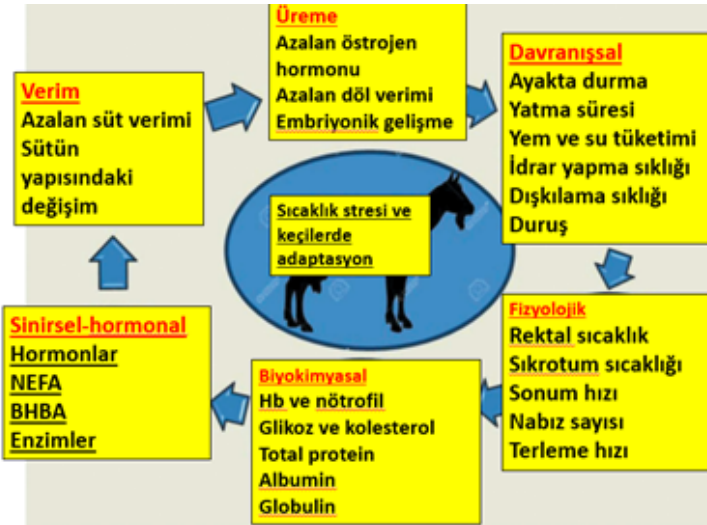
Hayvancılıkta Sıcaklık Stresini Belirlemede Kullanılan Özellikler

Çiftlik hayvanlarında sıcaklık stresi tepkilerini ölçmek için hem fenotipik hem de genotipik özellik belirteçleri mevcuttur. Geleneksel olarak, biyoteknolojik araçların gelişmediği yerlerde, çiftlik hayvanlarının sıcaklık stresi tepkileri öncelikle fenotipik belirteçler aracılığıyla ölçülür (35). Bunlar; solunum hızı(SH), rektal sıcaklık(RS), Hb, PCV, kortizol, T3 ve T4'tür (Şekil 5). Hayvancılıkta sıcaklık toleransı, hedef genlerdeki genomik bölgeler tarafından etkin bir şekilde kontrol edilen nicel bir özellik olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık toleransı ile ilgili spesifik gen ve markörlerinin tanımlanması, sıcaklık stresi olumsuzluklarına etkili bir şekilde dayanabilen iyi uyarlanmış ırkların seçiminde yardımcı olabilir. Bu bağlamda sıcaklığa direnç ya da dayanıklılıkla ilgili birçok gen tanımlanmış ve bunların en önemlilerinden biri sığırlarda kaygan kıl genidir (36). Kaygan kıl geni, çiftlik hayvanlarında çok kısa ve pürüzsüz bir tüy tabakasının gelişimini kontrol eden tek bir baskın gendir Kaygan kıl genine sahip Siyah-Alaca sığırları, normal tüylü hayvanlara göre daha düşük solunum hızı, terleme oranı, vajinal ve rektal sıcaklık muhafaza edebilmiştir (37). Ayrıca, yakın zamanda yapılan bir araştırma, kaygan tüylü Bos toros sığırlarından daha yüksek süt üretimi olduğunu ortaya koymuştur. Hem SOD hem de CAT genlerinin yüksek hepatik mRNA ekspresyonu, hipertermik koşullar sırasında da saptanmıştır. Hayvanlarda hem Süperoksit Dismutaz (SOD), Katalaz (CAT) enzimlerinin birincil rolü, sıcaklık stresi sırasında üretilen reaktif oksijen türlerinden koruma sağlamak olduğundan, bu genlerin her ikisinin de transkripsiyon seviyelerindeki bu tür artan ekspresyon, muhtemelen aktifleştirilmiş bir antioksidan savunma sistemi anlamına gelir (38). Bu nedenle, SOD ve CAT genlerinin artan ekspresyonları, hayvanlarda oksidatif strese karşı koruyucu bir yanıt olarak tanımlanır (39).

Hayvancılıkta yüksek sıcaklığa bağlı olarak oluşan sıcaklık stresi, vücut ısısı üretimini azaltmak için çeşitli karşı düzenleyici mekanizmalar başlatır. Tiroid Salgılayıcı Hormon (THR) geni, hayvanlarda tiroid hormonlarının genomik etkilerini düzenler. Stresli hayvanların iç metabolik ısı üretimi, hipotiroid aktivitesi ile azaltılır (40). Çalışmalar, sığır kanı ATP1A1 geninin (bir Na⁺/K⁺ ATP) olarak bilinen bir protein pompasının bir bölümünü (alfa-1 alt birimi) sıcaklık stresinin etkilerini ve sığır ATP1A1 içindeki P14 lokusunu iyileştirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu gen, markör destekli seçimde sığır sıcaklık toleransı için bir DNA markörü olarak kabul edilmiştir (41). Sıcaklık stresinde, HSP'lerin mRNA ekspresyonunun hızlı indüksiyonunun çiftlik hayvanlarında meydana geldiği saptanmıştır (42). HSP'ler, çevresel stres faktörlerine yanıt olarak sentezlenen bir protein ailesidir. HSP'lerin gelişmiş üretimleri, HSF genlerinin indüklenebi-

lir ekspresyonu tarafından kontrol edilen sıcaklık şoku transkripsiyon faktörleri (HSF'ler) tarafından düzenlenir (Şekil 5). Çeşitli sığır ırkları (Tharparkar ve Sahiwal) ve Murrah mandaları kullanılarak yapılan deneyler, yaz boyunca her üç grupta da daha yüksek HSF1 mRNA fazlalığını göstermiştir. Sıcaklık stresi sırasında, izoform HSF1 aktive edilir ve ısı şoku elemanları ile bağlanır. HSP'lerin gelişmiş sentezine yol açan genin promotör bölgelerinde (43). Hücreler stresli olduğunda, HSP'ler denatüre proteinlerle etkileşime girer ve protein agregatlarının birikmesini önler, böylece hücresel bütünlüğün korunmasına yardımcı olur.

Normal hücre döngüsünü etkileyen genler, sıcaklık stresine maruz kalan hayvanlarda da değiştirilir. Hücre döngüsü durmasının düzenlenmesinde yer alan p21 ve p53 genlerinin mRNA ekspresyonlarının, aşırı sıcaklık stresi koşulları sırasında yukarı regüle edildiği bildirilmiştir. Toll-like reseptör (TLR) TLR2/4 ve IL (Interleukins) IL2/6 gibi bağışıklık tepkisi genlerinin daha yüksek ekspresyonu, sıcaklık stresi altındaki Tharparkar sığırlarında da rapor edilmiş olup bu da anılan ırklarda sıcaklık stresine karşı aktif bağışıklık fonksiyonlarını etkilemektedir (44). Artan TLR1, TLR4 ve TLR5 ekspresyonunun benzer sonuçları, örneğin sıcaklık, besleme stresi ile sıcaklık-besleme stresi gibi çevresel faktörlerine maruz kalan yerli Osmanabadi keçilerinde de saptanmıştır (45). Sıcaklık stresi koşullarında bile uyum gösterme yetenekleri sayesinde üreme gerçekleşir. Şekil 4, çiftlik hayvanlarının sıcaklık stresi yanıtlarını değerlendirmek için geleneksel fenotipik ve genotipik biyobelirteçleri açıklamaktadır.



Şekil 5. Sıcaklık stresinde karşı hayvanların gösterdikleri yanıtlar (Kaynak:Gupta ve Mondal, 2021)

İklim Değişikliğine Karşı Yapısal Adaptasyon

Keçiler, çöl, dağlık bölge, yüksek rakımlı dağlık alanlar, kutup ve ılıman bölge gibi çeşitli coğrafyalarda yaşayabilir. Yapısal özelliklerdeki varyasyonlar, çok çeşitli coğrafya ve çevreye uyum sağlayan değişikliklerin bir sonucudur. Bu değişimler, oluştukları ekolojik özelliklere bağlı olarak değişim gösterir. Hayvanlarda gözlenen ve daha yaygın olan dış yapı ya da morfolojik değişiklikler cüsse ve vücut şekli ile deri rengi ve pigmentasyonudur (46).

Cüsse ve Vücut Yapısı

Hayvanlarda yapısal uyum değişiklikleri içinde en çok öne çıkanı sıcaklık stresidir. Kumar ve ark (47), belirli bir türün sıcak bölgelerde daha küçük cüsseli, serin bölgelerde ise daha büyük yapılu ırkların bulunduğunu belirtmiştir. Ayrıca, ekolojik aralığın daha soğuk kısmında yaşayan türlerde organların, daha sıcak kısımlara göre oransal olarak daha küçük yapıdadır. Tüm bu morfolojik özellikler, keçiler ve içinde yaşadıkları çevre arasındaki konveksiyon, radyasyon ve buharlaşma yoluyla meydana gelen sıcaklık değişim mekanizmalarını doğrudan etkiledikleri için bu durum adaptasyon açısından çok önemlidir (48). Örneğin, Sudan ve Mısırdaki yetiştirilen çöl keçileri, nispeten orta ila büyük vücut ölçülerine sahiptir. Bu durum, buharlaşmayla oluşan ısı kaybına yardımcı olduğu için hayvanların kazandıkları uyum yeteneğinin bir parçasıdır. Buna en tipik örnek; Afrika'nın çöl ve savana bölgelerindeki bodur olmayan keçi ırkları, tipik Avrupa keçi ırklarından çok daha küçük yapıdadır (49).

Deri rengi ve renk oluşumu

Morfolojik adaptasyon dediğimizde, kısa ve ince kıl, açık kıl rengi, hafif pigmentli deri, daha yüksek ter bezleri yoğunluğu, ince ayaklar ile daha az deri altı yağı anlaşılır. Hayvanlarda deri, güneş radyasyonunun doğrudan etkilerine karşı en öncelikli koruyucu tabakadır. Keçilerin fizyolojik özellikleri, onlara olumsuz koşullarda diğer hayvan türlerine göre bazı avantajlar sağlar (50). Sert çevre koşullarında geviş getiren türler, küçük cüsseleri, kıl/yapağı örtüsü ve yüksek sindirim etkinliği, zorlu iklim koşullarında hayatta kalmalarına yardımcı olur. Ayrıca cüce keçiler, kısmen kulaklarının kısa, dik ve öne doğru sivri ve kıl örtüsünün açık renkli olması nedeniyle kurak bölgelerde diğer türlere göre daha iyi uyum gösterir. Kurak bölgelerde yaşayan keçiler, kendilerini gündüzleri sıcak, geceleri ise soğuktan korumak için uzun tüylü, kaba lifli yapağılara, ılıman bölgelerdeki keçiler ise, aşırı soğuğa karşı koruma sağlamak için daha uzun kaba lifler ile kısa ve ince bir lif tabakasına sahiptir (51).

Deri, keçileri güneş ışınlarından koruyan ilk savunma tabakasıdır. Güneş ışınlarının emiliminin yanı sıra yansıma oranı, deri rengi, kıl uzunluğu ve folikül sayısı gibi morfolojik bazı özellikler, hayvanlarda sıcaklık stresi üzerinde oldukça etkili olabilmektedir. Bir başka deyişle, daha açık kıl rengine sahip hayvanlar, vücut sıcaklıklarını termal konfor bölgesi aralıklarında tutmalarına yardımcı olma adına daha fazla radyasyon yayarlar (52). Balady ve Şam keçileri üzerinde yapılan bir araştırmada, koyu renkli kıl örtüsüne sahip keçilerin güneş ışınlarını daha fazla emdiği ve dolayısıyla aynı sıcaklığa maruz kalan beyaz renkli kıl örtüsüne sahip keçilere göre sıcaklık stresine karşı daha duyarlı olduğu saptanmıştır (53). Benzer şekilde, koyu renkli kıllara sahip hayvanların güneş ışınlarına maruz kaldıklarında daha yüksek solunum hızı, nabız sayısı ile deri ve rektal sıcaklığa sahiptir. Sirohi keçilerinin sıcaklık stresine maruz bırakılmasıyla yürütülen bir çalışmada, siyah kıl örtüsüne sahip keçilerde solunum hızı, nabız sayısı ve rektal sıcaklığının daha yüksek olduğu, bunu sırasıyla; koyu ve açık kahverengi ile beyaz kıl örtüsüne sahip keçiler izlemiştir (54). Bu nedenle, siyah kıl örtüsüne sahip keçiler, özellikle güneş ışınlarına maruz kaldıklarında, açık renkli keçilerden daha yüksek bir ısı yükü ile karşı karşıya kalmakta bu da sıcak koşullarda yaşayan keçiler için bir dezavantaj gibi görünmektedir. Bununla birlikte, Brezilya, İsrail ve Hindistan'ın kurak ve yarı kurak bölgelerinde, siyah kıl örtüsüne sahip hayvanlar, bölgedeki keçi varlığının önemli bir kısmını oluştururken bu durum evrimin neden kıl keçileri seçtiğine dair bir soruyu da gündeme getirmiştir. Bu konuda bazı hipotezler ileri sürülse de, konu halen somut bir yanıtı olmadan gündemde yer almaktadır (9). Diğer bir durum saptaması ise güneş radyasyonundaki mevsimsel dalgalanmalara karşı uyumsuz bir özellik olarak, birkaç keçi ırkı, aşırı sıcak iklim koşullarında vücut sıcaklıklarını görünüşte konfor bölgesi sıcaklığına yakın tutmak için çok katlı renklere sahiptir. Gerek siyah gerekse beyaz kıl örtüsüne sahip keçiler, güneş ışınlarına maruz kaldığında, siyah kıl rengine sahip keçi ırklarının, beyaz renkli olanlarına göre deride oluşan buharlaşma nedeniyle benzer ısı kaybına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Maia ve ark. (55), İsrail ve Brezilya'nın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yetiştirilen, güneşe maruz kalan veya gölgede tutulan koyu ve açık renkli keçiler arasındaki termal dengenin neden olduğunu incelenmiştir. Yapılan çalışmada, keçilerde vücutta oluşan ısı kaybının %80'ini deri, %20 ise solunum yoluyla oluştuğu belirlenmiştir.

İklim Değişikliğine Karşı Davranışsal Adaptasyon

Hayvanlar, sıcaklık stresinde farklı davranış modelleri gösterebilirler. Bu durum, onların stres etmenine karşı nasıl ve ne zaman bir yanıt verebileceği konusunda ya da bu durumun üstesinden geleceklere konusunda bizlere bir fikir verir. Örneğin

geviş getiren hayvanlar, gündüz saatlerinde aktif olup ve geceleri dinlenir. Bazı vücut bölgelerinin kılsız olması ya da o bölgedeki kılların dökülmesi, su kısıtlaması ve yem tüketiminden yararlanarak vücut ısısını dağıtma gibi olumsuz çevresel faktörlere karşı bir davranışsal yanıt oluşturabilir. Hayvanlar yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında öncelikle yem tüketiminde bir azalma gözlenir. Yem tüketimini azaltarak vücutta tüketim sırasında harcanan enerji ve bunun sonucunda açığa çıkan sıcaklığı azaltmaya çalışırlar. Bu şekilde besleme sırasında açığa çıkan ısıyı azaltmak, hayvanlar tarafından geliştirilen bir adaptasyon yöntemidir. Keçiler, sıcaklık stresine inek ve koyunlardan daha iyi uyum gösterirler. Sıcak hava koşullarında dinamik bir yem tüketim davranışına sahiptir. Örneğin, açık kahve renkli keçiler, yüksek sıcaklık stresi ve kötü beslenme koşullarına maruz kalan Saanen x Kıl melezi keçilerine oranla farklı bir yem tüketim davranışı geliştirmişlerdir (56). İncelenen davranış kalıbında, Saanen keçilerinin, Alaca Renkli Asil Alman keçilerine oranla daha yüksek öğün boyutu ile öğün uzunluğu ve arasına, saatine ve her öğünde yem tüketim hızına sahip olduğunu, ancak öğün sayısının daha az olduğunu saptanmıştır. Bir diğer önemli parametre ise Sıcaklık Nem İndeksi, (SNI), olup bu ölçüt, stres durumunun iyi bir göstergesidir (57). SNI 70 veya daha düşük değerler rahat, 75-78 stresli ve 78'den yüksek değerler ise hayvanın stresli olduğu gösterir. Bir başka deyişle hayvanlar vücut ısılarını düzenleme mekanizmalarını veya normal vücut ısısını koruyacak yapıda değildir denilebilir.

İklim Değişikliğine Karşı Fizyolojik Adaptasyon

Fizyolojik adaptasyonlar, çoğunlukla akut stres faktörlerinden kaynaklanır. Bu değişiklikler solunum hızı, terleme hızı, vücut ısısı, deri sıcaklığı, nabız sayısı vb. olarak kendini gösterir.

Solunum hızı

Solunum hızı, keçilerde sıcaklık stres faktörlerine karşı gösterilen en önemli bir fizyolojik yanıttır. Solunum, oksijenin (O_2) solunması, ardından hücreler tarafından hücresel metabolizmaların bir sonucu olarak üretilen karbondioksitin (CO_2) ortadan kaldırılması işlemi olup bu da hayvanların termal dengesini korumak için solunum yolundan buharlaşarak nem kaybına neden olur. Bu mekanizma, aksi takdirde sıcaklık stresi altında meydana gelen hipotermiyi önlemek için çok önemlidir (58). Keçiler, sıcaklık açısından konfor bölgesinin üzerine çıktığında, solunum hızının normal seviyeden belirgin bir şekilde artması, keçilerin vücuttan ısı yükünü bir soğutma mekanizması yoluyla daha fazla nemi buharlaştırarak vücuttan uzaklaştırarak homeostazı korumaya çalıştıklarını göstermiştir. Normalde yaz aylarında solunum hızı artmakla birlikte ortam sıcaklığında meydana bir düş-

me nedeniyle kış aylarında azalır. Yaz aylarında terleme ve solunum yoluyla ısı kaybını artırmak için solunum hızı da artar. Bu fizyolojik uyum yeteneği, soğutma mekanizması tarafından ısı yükünün etkisini hafifletmede başarısız olduğunda, vücut ısısı, esas olarak yem alımının azaltılması ve ekstra enerji kaybı nedeniyle keçinin refahı ile üretken performanslarının tehlikeye girdiği bir noktaya kadar yükselebilir. Yaz mevsiminde solunum hızının artması, keçilerin stresli olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, sıcaklık stresine bir yanıt olarak solunum hızındaki hızlı bir artış, keçilerin sıcaklık stresine daha fazla duyarlılığı olduğunu gösterir. Bu fizyolojik tepkinin ırktan ırka farklılık gösterdiği saptanmıştır. Oluşan uyumsal davranış yanıtı, ırka ve farklı sıcaklık düzeyine bağlanabilir (59).

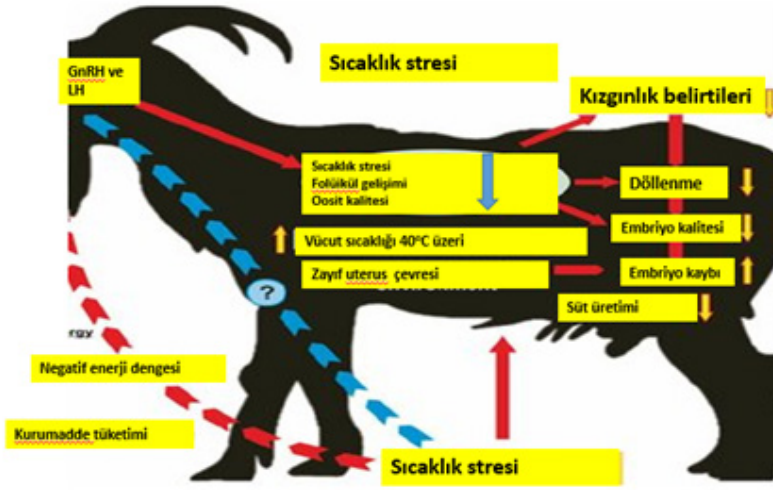
Rektal sıcaklık

Rektal sıcaklık, vücudun tüm ısı kazancı ve kaybının bir sonucunu gösterir. Hayvanların çekirdek vücut sıcaklığını ölçmek için kullanılır. Ayrıca, fizyolojik homeostazi ve vücut ısısını korumak için ekstra sıcaklığın dağıtılması için doğal bir geçiş yolu görevi görür (60). Bu nedenle, sıcaklık stresinin önemli bir göstergesi olup keçilerin sıcaklık stresi ve uyum kapasitesini değerlendirmek için de kullanılabilir. Keçilerin normal rektal ısısı 38.3 ile 40 °C arasında değişmektedir. Rektal sıcaklıkta bir yükselme, yalnızca terleme ve solunum buharlaşma mekanizmaları keçilerde homeotermiyi sağlayamadığında meydana gelir (29-31). Bu fizyolojik yanıt ırktan ırka ve iklim koşulları altında değişiklik gösterir. Örneğin, soğuğa uyum gösteren keçilerde (Gaddi ve Chegu), sıcağa adapte olmuş keçilere (Sirohi ve Barbari) oranla, yaz aylarında farklı sıcaklık stresine atfedilebilecek daha yüksek bir rektal sıcaklık kaydedilmiştir (61).

Deri Sıcaklığı

Deri, hayvanın vücudu ile çevredeki ortam arasındaki ısı alış-verişi için önemli bir geçittir. Deri sıcaklığı, vücut çekirdeği ile deri arasındaki ısı alışverişinin düzenlenmesi ile biten deride kan akışının bir sonucudur (4). Hayvan vücudundan çevreye ısı yayılımını sağlamak için kan akışının deri yüzeylerine yeniden dağıtılması amacıyla stresli koşullar altında deri sıcaklığı artar. Böylece ortam sıcaklığı, deri sıcaklığından daha yüksek olduğunda, vücut yüzeyi ile çevre arasındaki sıcaklık artışı azalır ve bu durumda buharlaşma mekanizması ile ısı dağılımını engellenir (62). Ancak, bu durum, besleme kaynaklı stres de dahil olmak üzere sıcaklık stres faktörlerine de bağlıdır. Örneğin, sıcaklık ve besleme gibi kombineli stres faktörlerine maruz kalan Osmanabadi keçilerinde gün içinde özellikle öğleden sonraki saatlerde baş, yan ve skrotumdaki en yüksek deri sıcaklığı kaydedilmiştir. Bu durum, deri kılcal yatağının vazodilatasyonu için deri sıcaklığını

artırır ve sonuç olarak ısı dağılımını kolaylaştırmak için deri yüzeyine kan akışını artar (50). Fizyolojik adaptasyon, yüksek sıcaklığa maruz kalan hayvanların hayatta kalmasına yardımcı olan birincil yanıt mekanizmalarından biridir. Anılan mekanizma vücutlarındaki ısı yükünü azaltmak için fazla vücut ısısının çevreye dağılmasında bir artışa neden olur. Ayrıca, aşırı vücut ısısının dağılması, artan solunum hızı, rektal sıcaklık, nabız hızı, deri sıcaklığı ve terleme hızı dahil olmak üzere fizyolojik olaylar tarafından sağlanır. Fizyolojik yanıtlar sırasında hayvanlar gün içinde önemli varyasyonlar gösterebilir. Gündüz saatlerindeki fizyolojik değerler, gece süresince de sabit kalırken geceleri vücut sıcaklığını azaltmak, hayvanların gündüzleri daha yüksek sıcaklıklarla başa çıkmasına yardımcı olur (63). Özetlemek gerekirse, solunum hızı ve rektal sıcaklık gibi ölçütler, çeşitli geviş getiren hayvan türlerinde sıcaklık stresinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıcaklık stresi, hayvanlarda kandaki bazı biyokimyasal parametrelerde de değişikliğe neden olur. Bir başka deyişle hemoglobin ve nötrofil sayısında bir artışa neden olur. Sığırlarda uyumsal özelliklerin geliştirilmesi aşamalı olarak kabul edilir (64). Ayrıca, geviş getiren hayvanlarda homeotermi mekanizmasının kontrolünde rol oynayan birkaç hormon vardır. Hayvanlar, daha yüksek ortam sıcaklıklarına uyum sağlamak amacıyla metabolik aktiviteleri ve dolayısıyla vücut ısısının üretimini kontrol etmek için tiroid hormonlarının salgılanmasını azaltır (Şekil 6). Bunun yanı sıra, kortizol hormonu, geviş getiren hayvanlarda sıcaklık stresi için birincil biyokimyasal belirteçtir. Sıcaklık stresi sırasında kortizol seviyelerindeki önemli artışlar, geviş getiren hayvanların stres düzeyini gösterir. Süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz, özellikle aşırı sıcaklığa maruz kalma sırasında koyun ve sığırlarda oksidatif stresin göstergeleridir. Koyunlarda bu antioksidanların konsantrasyonunda da bir artış olabilir. Yüksek ortam sıcaklığının ve bağıl nemin üreme performansı üzerindeki olumsuz etkileri de iyi bilinmektedir. Sıcaklık etkisi, artan vücut ısısı veya kan dolaşımındaki telafi edici değişikliklerin doğrudan bir sonucudur (65). İştah veya yem tüketimi ile vücut metabolizmasındaki değişiklikler, hipotalamusta dolaylı bir etkiye neden olabilir. Sıcaklık stresinin keçi üreme süreçleri üzerindeki etkisi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 Keçilerde üreme üzerinde sıcaklık stresinin etkisi
Kaynak: Chandra ve ark. (66).

Sıcaklık Nem İndeksi(SNI)

Sıcaklık stresi, çoğu hayvan türünde yaygın olarak görülen bir durumdur. Ancak özellikle büyük miktarlarda enerjinin gerekli olduğu sağlam hayvanlarda süt üretimini sürdürmek kimi zaman bir sorun olabilmektedir. Benzer durum hem laktasyondaki süt keçileri hem de büyüme için beslenen oğlaklar için de geçerli olup sıcaklık stresine karşı duyarlılık gösterebilirler. Bu nedenle hayvanlarda stres kaynaklı bazı fizyolojik belirtileri bilmek (soluk soluğa kalma veya aşırı içme gibi) sıcaklık stresinin etkisinin daha anlaşılır hale gelmesine katkıda bulunabilir. Sıcaklık stresinin ekonomik etkileri, en açık şekilde, süt sığırlarında azalan kuru madde alımı, azalan süt üretimi ve düşük katı (yağsız) seviyeleri ile ortaya çıkar (67). Bununla birlikte, döl verim özellikleri de olumsuz yönde etkilenebilir. Sıcaklık Nem İndeksi (SNI), kuru termometre sıcaklığına, bir termometreden okunan sıcaklığa ve sıcaklık ile nem arasındaki etkileşime dayalı olarak Fahrenheit derecesiyle ilişkilendirilebilen bir değer hesaplar (Şekil 8). Nem ve sıcaklığın bu etkileşimi, büyük ölçüde terlemeye ve nefes nefese kalmaya bağlı türlerde özellikle önemlidir, çünkü daha yüksek nem, bu soğutma yolunu kullanma yeteneklerini azaltır; sonuç olarak, daha doğru bir şekilde tahmin etmek için farklı bir SNI gereklidir (68). Farklı türlerde sıcaklık stresi, süt sığırlarında keçilere oranla SNI ve üretim kayıplarının kesin değerleri farklı olmakla birlikte, tüm çiftlik hayvanları arasında yüksek SNI ile düşük performans eğilimi tutarlıdır.

Tdb °C	Tdb °F	Relative Humidity																	
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
5	41	49.8	49.3	48.8	48.3	47.9	47.4	46.9	46.4	45.9	45.4	44.9	44.4	43.9	43.4	43.0	42.5	42.0	41.5
6	43	50.7	50.3	49.8	49.4	49.0	48.5	48.1	47.6	47.2	46.8	46.3	45.9	45.4	45.0	44.6	44.1	43.7	43.2
7	45	51.6	51.2	50.8	50.5	50.1	49.7	49.3	48.9	48.5	48.1	47.7	47.3	46.9	46.6	46.2	45.8	45.4	45.0
8	46	52.5	52.2	51.9	51.5	51.2	50.8	50.5	50.2	49.8	49.5	49.1	48.8	48.4	48.1	47.8	47.4	47.1	46.7
9	48	53.4	53.2	52.9	52.6	52.3	52.0	51.7	51.4	51.1	50.8	50.5	50.2	49.9	49.7	49.4	49.1	48.8	48.5
10	50	54.4	54.1	53.9	53.6	53.4	53.1	52.9	52.7	52.4	52.2	51.9	51.7	51.5	51.2	51.0	50.7	50.5	50.2
11	52	55.3	55.1	54.9	54.7	54.5	54.3	54.1	53.9	53.7	53.5	53.3	53.1	53.0	52.8	52.6	52.4	52.2	52.0
12	54	56.2	56.0	55.9	55.7	55.6	55.5	55.3	55.2	55.0	54.9	54.7	54.6	54.5	54.3	54.2	54.0	53.9	53.7
13	55	57.1	57.0	56.9	56.8	56.7	56.6	56.5	56.4	56.3	56.2	56.1	56.0	55.9	55.8	55.7	55.6	55.5	55.5
14	57	58.0	57.9	57.9	57.9	57.8	57.8	57.7	57.7	57.6	57.6	57.6	57.5	57.5	57.4	57.4	57.3	57.3	57.2
15	59	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	58.9	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	59.0
16	61	59.8	59.9	59.9	60.0	60.0	60.1	60.1	60.2	60.3	60.3	60.4	60.4	60.5	60.5	60.6	60.6	60.7	60.7
17	63	60.7	60.8	60.9	61.0	61.1	61.2	61.3	61.5	61.6	61.7	61.8	61.9	62.0	62.1	62.2	62.3	62.4	62.5
18	64	61.6	61.8	61.9	62.1	62.2	62.4	62.6	62.7	62.9	63.0	63.2	63.3	63.5	63.6	63.8	63.9	64.1	64.2
19	66	62.5	62.7	62.9	63.1	63.4	63.6	63.8	64.0	64.2	64.4	64.6	64.8	65.0	65.2	65.4	65.6	65.8	66.0
20	68	63.4	63.7	64.0	64.2	64.5	64.7	65.0	65.2	65.5	65.7	66.0	66.2	66.5	66.7	67.0	67.2	67.5	67.7
21	70	64.4	64.7	65.0	65.3	65.6	65.9	66.2	66.5	66.8	67.1	67.4	67.7	68.0	68.3	68.6	68.9	69.2	69.5
22	72	65.3	65.6	66.0	66.3	66.7	67.0	67.4	67.7	68.1	68.4	68.8	69.1	69.5	69.8	70.2	70.5	70.9	71.2
23	73	66.2	66.6	67.0	67.4	67.8	68.2	68.6	69.0	69.4	69.8	70.2	70.6	71.0	71.4	71.8	72.2	72.6	73.0
24	75	67.1	67.5	68.0	68.4	68.9	69.3	69.8	70.2	70.7	71.1	71.6	72.0	72.5	72.9	73.4	73.8	74.3	74.7
25	77	68.0	68.5	69.0	69.5	70.0	70.5	71.0	71.5	72.0	72.5	73.0	73.5	74.0	74.5	75.0	75.5	76.0	76.5
26	79	68.9	69.5	70.0	70.6	71.1	71.7	72.2	72.8	73.3	73.9	74.4	75.0	75.5	76.1	76.6	77.2	77.7	78.3
27	81	69.8	70.4	71.0	71.6	72.2	72.8	73.4	74.0	74.6	75.2	75.8	76.4	77.0	77.6	78.2	78.8	79.4	80.0
28	82	70.7	71.4	72.0	72.7	73.3	74.0	74.6	75.3	75.9	76.6	77.2	77.9	78.5	79.2	79.8	80.5	81.1	81.8
29	84	71.6	72.3	73.0	73.7	74.4	75.1	75.8	76.5	77.2	77.9	78.6	79.3	80.0	80.7	81.4	82.1	82.8	83.5
30	86	72.5	73.3	74.0	74.8	75.5	76.3	77.0	77.8	78.5	79.3	80.0	80.8	81.5	82.3	83.0	83.8	84.5	85.3

Şekil 8. Keçilerde sıcaklık-nem indeksi

Mavi: Soğuk stresini; Kırmızı: Sıcaklık stresini, Yeşil: İdeal değerleri (termal zon)

Kaynak: Salama ve ark. (69)

İklim Değişikliğine Karşı Metabolik Uyum

Keçiler yüksek sıcaklık stresine maruz kaldığında leptin ve adiponektin salgısında bir artış şeklinde düzenleme yapar. Burada leptin hipotalamik eksenini uyarır ve yem tüketiminde azalmaya neden olur, adiponektin ise periferik ve merkezi besleme davranışını değiştirir. Thornton ve ark (70), bu azalan beslemeyi artan sıcaklığın tokluk üzerindeki doğrudan etkisine alım hipotalamusun merkezi ile sağlar. Kandaki tiroid hormon konsantrasyonundaki değişiklikler, hayvanın metabolik ve besleme durumunu yansıtır. Bir başka deyişle tiroid hormonların etkinliklerindeki farklılık, stresli koşullar altında, özellikle otlayan hayvanlarda, değişken çevresel değişikliklere karşı savunmasız olduklarından, metabolik dengenin korunmasına yardımcı olur (71). Koyunlarda, yüksek ısı yüküne maruz kalma sırasında tiroid bezinin işlevinin azalmasının, metabolik ısı üretimini azaltmak için metabolik bir adaptasyon olduğu belirlenmiştir.

Susuzluğa Dayanma

Geviş getiren hayvanlar içinde özellikle keçiler, evrimle birlikte birçok üstünlüğe sahiptir. Evrimle birlikte kazanılan bu üstünlükler, kuraklığın olumsuz etkilerine karşı onlara önemli bir avantaj sağlamıştır (72). Bu bağlamda keçiler, kuraklık

sırasında hayatta kalmalarına yardımcı olacak olan bazı davranışsal yanıtlar geliştirmiştir. Örneğin suyun az olduğu zamanlarda, mevcut vücut suyu ile metabolik dengeyi sağlamak için keçilerin bilinçli olarak kuru madde tüketimini azalttığı belirlenmiştir (73). Bir diğer ifadeyle keçiler, su kaynaklarının sınırlı olduğu durumlarda, dışkılarını kurutma yeteneğine sahip olup vücuttan atılan idrar miktarını da azaltabilmektedir. Dışkı ve idrar yoluyla oluşan su kaybı da bu şekilde en aza inmiş olur. Keçilerin, sıcaklık stresinin neden olduğu su kaybıyla başa çıkmak için çeşitli fizyolojik yanıtlar geliştirdikleri, su stresi sırasında rektal sıcaklığını da artırdığı saptanmıştır (74). Belirtilen etmenlerin yanı sıra mevsim, keçilerde su yokluğunun etkisini de etkileyen bir diğer önemli faktördür. Özellikle sıcak yaz aylarında rektal sıcaklıkta artışın aksine, solunum hızında bir azalma görülmektedir. Ayrıca, suyun ortamda sınırlı olması durumunda keçiler, solunum sayısının yanı sıra vücuttaki suyu korumak ve yem tüketim sırasındaki oluşacak su azalmasını telafi etmek için metabolizma hızını da yavaşlatır. Keçiler, kazandıkları bazı fizyolojik özelliklerin yanı sıra, suyun olmamasıyla başa çıkmak için çeşitli anatomik avantajlarla donatılmıştır. Buna örnek olarak tükürük bezi, işkembe ve böbreklerin vücut ısısını düzenleme mekanizmalarında önemli rolleri vardır. Rumen, su kaybının olduğu zamanlarda yedek bir su deposu gibi görev yapar. Maltz ve Shkolnik (75), siyah Bedevi keçileri üzerinde yaptıkları bir çalışmada, keçilerin su yokluğuna en çok 4 ile 5 gün dayanma yeteneklerini, işkembenin anatomik avantajlarına bağlayarak göstermiştir. Çalışmalar, dokularda olası hemoliz ve ozmotik şoku önlemek için işkembenin saatlerce suyu depolayabildiğini göstermiştir (76). Rumen'in bu avantajı, suyun ortamda olmaması durumunda bile yem aramak için uzun mesafeler yürümelerine yardımcı olur Böylece su stresine maruz kalan keçiler, yaşamla uyumlu olarak bir vücut su seviyesi sağlamakta, kan ve vücut dokularında normal bir su dengesini bu şekilde koruyabilmektedir. Keçiler, ter ve solunum yolu yoluyla oluşan su kaybını dengelemek için su tüketimini artırabilir. Böylece keçiler, suya serbestçe ulaştıklarında yüksek düzeyde terlemeyi sürdürebilir (65). Bununla birlikte, keçiler, suyun olmaması durumunda su döngüsünü azaltarak, hem solunum yolu hem de deri yüzeyi yoluyla buharlaşan su kaybı yollarını kontrol altına almak için doğal bir potansiyele sahiptir. Bu durum, diğer çiftlik hayvanlarına göre keçinin bulunduğu ortama uyum yeteneğinin en önemli kısımlarından biri olarak kabul edilir.

Kötü Besleme Koşullarına Uyum

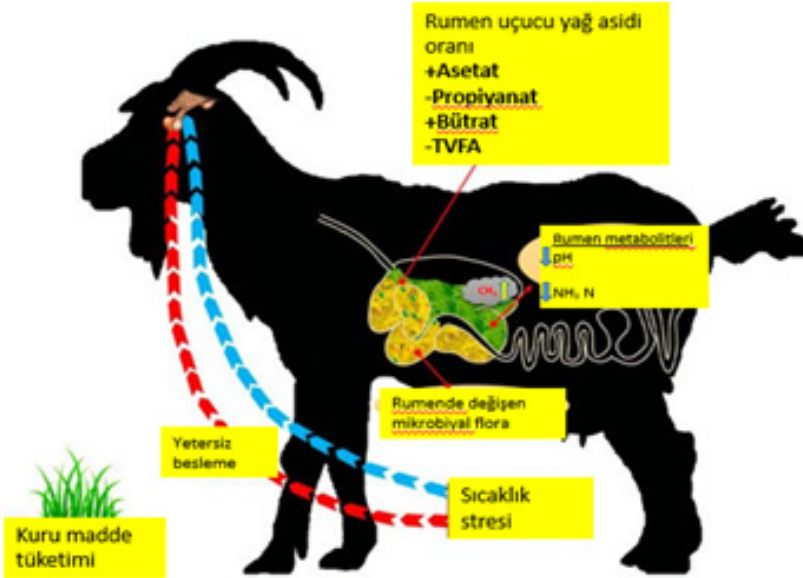
Yaz aylarında meralarda otlayan keçiler, günde yaklaşık 5.8 km yol yürürler. Bu etkinlik, sıcak yaz aylarında günde 56.9 kJ/kg'lık bir ısı üretimine yol açar ve bu da yaşama payı gereksiniminin %14.2 üzerinde olan ek enerji anlamına gelir. Ke-

çilerin sınırlı mera arayışı içinde yaz aylarında merada 12.8 km kadar yol yürüye-bildikleri belirlenmiştir. Bu durum günde 130.9 kJ/kg'lık bir artan ısı üretimine neden olur ve bu da %46.6'lık ek enerji gereksinimi anlamına gelir (77). Yem kaynaklarının hem nitelik hem de nicelik olarak azalması, iklim değişikliğinin hayvansal tarım üzerindeki kaçınılmaz olumsuz etkilerinden biri olarak görülmektedir. Gerçekten de, azalan mera alanları, besin kaynaklarını da azaltarak hayvansal üretimi önemli ölçüde sınırlamaktadır. Yapılan araştırmalar, keçilerin davranışsal ve anatomik özelliklerinin yanı sıra sindirim sistemindeki avantajları ile düşük mera koşullarında iyi gelişme yeteneklerini ortaya koymuştur (78). Diğer geviş getiren hayvanlardan farklı olarak keçiler, farklı agro-ekolojik bölgelerde geniş bir tarama yarıçapı ile bir davranışı sergiler. Keçilerin yem aramak için çok uzun mesafeler yürüme yetenekleriyle birlikte gezinme davranışları, yıl boyunca yem ihtiyaçlarını karşılamalarına da yardımcı olur. Keçiler için belirli bir yem gereksinimi yoktur, bu da onların besin taleplerini mevcut kaba yemlerle karşılamaları açısından yararlı bir durum oluşturmanın yanı sıra (79) keçiler, diğer geviş getirenlerin tüketmedikleri yemleri de kullanabilmektedir. Keçilerin genellikle diğer geviş getirenler tarafından en az tercih edilen diken ve dikensi bitkileri kolayca tüketebildiğine dair bulgular söz konusudur. Günlük rasyon tercihi üzerine yapılan araştırmalar, keçilerin mevcut yem kaynaklarına uyum sağlama yeteneklerini yansıtırken, çeşitli bitkilere, kuru yapraklara, meyvelere, çiçek ve ağaçlara karşı farklı bir ilgi gösterdikleri saptanmıştır. Araştırmacılar, kurak mevsimde keçilerin otsu bitkiler kuruduklarında düşük miktarda enerji ve protein içerdiğinden otsu bitkiler yerine odunsu bitkileri tüketmeyi tercih ettikleri gözlenmiştir (80) . Ancak ilkbaharda otsu bitkilerin fazlalığı nedeniyle ve sonbahar mevsimlerinde keçilerin rasyon tercihlerini otsu türlere göre değiştirdiği belirlenmiştir. Keçilerin türe özgü davranışsal ve anatomik avantajlarının yanı sıra sindirim sistemi özellikleri de, sınırlı mera ile hayatta kalmalarını sağlamak için çok önemli bir rol oynamaktadır. Keçinin sindirim sistemi, düşük kaliteli kaba yemleri bile kullanacak ve bunları süt, et ve yün, deri ve gübre gibi ikincil ürünlere dönüştürecek şekilde gelişmiştir Diğer geviş getiren hayvanlardan daha iyi sindirim sistemi etkinliğine sahiptirler, çünkü rumende sindirimin ortalama tutulma süresi diğer türlere göre daha fazladır. Bunun yanı sıra, El-Tarabany ve ark. (81), mikrofloranın rumende bulunması nedeniyle keçilerin diğer geviş getirenlere göre daha iyi yem dönüşüm özelliğine sahip olduğunu bildirmiştir. Düşük kaliteli kaba yemlerle beslenen keçilerde, ligninin gastrointestinal kanaldan modifikasyona, bozulmaya ve emilime uğradığı belirlenmiştir. Aslında bu durum, rumende artan mikrobiyal etkinliğin nedenlerinden biri olarak tanımlanmıştır Yem kaynaklarının son derece sınırlı

olduğu zamanlarda, enerjiyi korumak ve böylece en az düzeyde yem tüketerek metabolik süreçlerini azaltıkları bildirilmektedir (82) .

Sıcaklık Stresi ve Rumen Yapısı

Sıcaklık stresinin neden olduğu rumen fonksiyon bozukluğu, esas olarak Streptococcus cinsi bakterilerde bir artış ve Fibrobacter cinsinin bakterileri de bir yakından ilişkilidir (10). Yüksek sıcaklığa maruz kalma nedeniyle rumen mikrobiyal ekosistemindeki değişiklikler, rumen fermantasyon modelini değiştirerek yem sindirilebilirliğini ve son ürünlerin kompozisyonunu etkileyebilir. Sıcaklık stresi altındaki hayvanlarda azalan kuru madde alımı ve geçiş hızı, sonuçta bakteri çeşitliliğini azaltabilir ve bu da yemin sindirilebilirliği ile sonuçlanmaktadır (28). Yüksek ortam sıcaklığının seçici olarak mikrobiyal popülasyonu nasıl etkilediğine dair çok az araştırma raporu bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu etki, belirli rumen mikroplarının artan sıcaklığa maruz kalmaya duyarlılığına bağlanabilir. Yem alımı ve sindirilebilirliği ortam sıcaklığından farklı olduğundan, ortam sıcaklığı CH_4 üretimini belirleyen önemli bir faktördür. Yaz mevsimi sonunda otlayan meralarda artan CH_4 üretimi, yaz mevsiminde meraların kalite bozulmasına bağlanmaktadır. Şekil 9'da keçilerde sıcaklık stresinin çeşitli rumen fonksiyonları üzerindeki etkisine yer verilmiştir (83).



Şekil 9.Keçilerde sıcaklık stresi ve rumen etkinliği

Hastalıklara Karşı Uyum

Evcil geviş getirenler arasında keçiler, hastalıklara karşı dirençleri ve aşırı iklim koşullarında hayatta kalma yetenekleri ile çok iyi bilinmektedir (84) . Keçi ve diğer geviş getiren hayvanlar arasındaki hastalıkların görülme sıklığını karşılaştıran az sayıda çalışma bildirilmiştir. Ancak keçilerde fizyolojik farklılıklar ve hastalıklara karşı toleransı gösteren birkaç bulgu vardır (85) . Diğer geviş getiren hayvanlarla karşılaştırıldığında, keçilerin dolaşımında nötrofillerden daha fazla lenfosit bulunur. Bu durum, anılan türde iyi gelişmiş bir bağışıklık sistemi olduğunu akla getirir. Yapılan bir çalışmada, Batı Afrika Cüce keçilerinin birkaç hastalığa daha az duyarlı ve/veya dirençli olmasını sağlayan fizyolojik mekanizmalarının olduğu saptanmıştır (86). Toplam eritrosit sayısının Nijerya'da keçi türleri ve ayrıca enfeksiyon sırasında nötrofilin hızlandırılmış üretimini telafi etme yeteneğine de sahiptirler. Bu mekanizma, hayvanların enfeksiyon sonrası normal toplam eritrosit sayısı seviyelerine dönmesine olanak vererek daha iyi üretkenlik ve refah sağlayacaktır (87). Nijerya'daki diğer geviş getiren hayvanlarla karşılaştırıldığında Batı Afrika Cüce Keçisi (WAD) keçilerinin daha yüksek beyaz kan hücresi değerlerine sahiptir Bu aynı zamanda anılan keçi ırkının bağışıklık gücünü de vurgular. Hayvanlarda hastalıkların tedavisi için aşırı ilaç kullanımı halk sağlığı açısından endişelere yol açmış ve bu nedenle hastalığa dirençli özelliklere sahip hayvanların seçilmesine önem verilmiştir. Bu tür hayvanları seçmek için hastalık direnci için uygun belirteçlerin tanımlanması bu nedenle gereklidir. McBean ve ark. (88), keçileri bazı gastrointestinal nematod türlerine karşı direnç açısından taramak için en güvenilir ve kullanışlı yöntem olarak dışkı yumurta sayımı önerilmektedir. Nötrofil sayısı, hemoglobulin ve eozinofil seviyeleri, toplam serum proteini, serum albümin ve plazma proteinleri gibi hematolojik ve biyokimyasal belirteçler, keçilerde sindirim kanalındaki nematodlara karşı direnç belirteçleri olarak bildirilmektedir (89). Majör histo-uyumluluk kompleksinin, sitokin ailesinin çeşitli diğer üyeleri ve immünoglobulinlerin keçilerde hastalık direnci ile ilişkili önemli belirteçler olduğu da ifade edilmektedir.

Öneriler

Keçiler, çeşitli tropik koşullarda, hayatta kalma potansiyeli sağlayan benzersiz morfolojik, davranışsal, kan biyokimyasal, hücresel ve moleküler özelliklere sahiptir. Bu özellikler, keçi yetiştiriciliğini tüm hayvan türleri arasında karlı bir konuma da getirmektedir. Dünyada gelecek yıllarda tahmin edilen sıcaklık artışı, giderek azalan mera ve otlaklar, su kaynaklarının daha sınırlı hale gelmesi iklim değişikliğinin önemli bir sonucudur. Bu sonuca bağlı olarak bakteri ya da viral

kaynaklı yeni hastalıkların ortaya çıkmasıyla birlikte bilimsel yetiştirici birlikleri, dernekler, üreticilerin işletme ekonomisini korumak için bölgesel bazda da olsa uygun hayvan türünün ne olabileceği konusunda çalışmalar yapmaktadır. Bir başka deyişle, diğer hayvan türlerine göre iklim değişikliğiyle ilişkili olarak yukarıda belirtilmeye çalışılan olumsuzlukların üstesinden gelme potansiyeli nedeniyle keçi, tropik ve subtropik bölgelerde uygun bir hayvan türü olarak önerilebilir. Keçi ve özellikle süt keçisi yetiştiriciliği, küresel ısınma ve buna bağlı sınırlamalar nedeniyle potansiyelinin altında performans göstermeye devam etmiştir. Keçilerde tüm genetik potansiyelden yararlanmasını sağlayacak uygun besleme ve iyi hayvancılık uygulamalarının olması için üretim ortamının iyileştirilmesi önemlidir. Sağlamlığa daha fazla önem veren düşük girdili sistemlerde keçi yetiştirme stratejileri, küresel çevresel değişiklikler nedeniyle artık her zamankinden daha fazla zorluk oluşturmaktadır. Keçi üretimini iyileştirmek için, üretim sistemi ile pazar arasında pazar odaklı hedeflerde daha fazla uzmanlaşmaya sahip iyi gelişmiş bir süt keçisi ürünleri pazarlarına ihtiyaç vardır. Sonuç olarak, tüketici taleplerinin belirliitlen sistemler üzerinde büyük bir etkisi olacağı unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

1. Abatzoglou JT, Dobrowski SZ, Parks SA, et al. TerraClimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015. *Scientific Data*. 2018;5:1-13.
2. Mitchell D, Snelling EP, Hetem RS, et al. Revisiting concepts of thermal physiology: Predicting responses of mammals to climate change. *Journal of Animal Ecology*. 2018;87(4):956-73.
3. Fuller A, Mitchell D, Maloney SK, et al. How dryland mammals will respond to climate change: The effects of body size, heat load and a lack of food and water. *Journal of Experimental Biology*. 2021;224:1-11.
4. Sejian V, Silpa M V, Nair MRR, et al. Production Considerations. 2021;1-24.
5. Cooke RF, Cardoso RC, Cerri RLA, et al. Cattle adapted to tropical and subtropical environments: Genetic and reproductive considerations. *Journal of Animal Science*. 2020;98(2):1-14.
6. Herrero M, Grace D, Njuki J, et al. The roles of livestock in developing countries. *Animal*. 2013;7:3-18.
7. Silanikove N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science*. 2000;67(1-2):1-18.
8. Sejian V, Gaughan J, Raghavendra B, et al. Impact of climate change on livestock productivity. *Feedipedia*. 2016;1-4.
9. Gaughan JB, Sejian V, Mader TL, et al. Adaptation strategies: Ruminants. *Animal Frontiers*. 2019;9(1):47-53.
10. Sejian V, Gaughan J, Baumgard L, et al. Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation. In: *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. 2015. p. 1-532.
11. Scherf B, Rischkowsky B, Hoffmann I, et al. Livestock Genetic Diversity in Dry Rangelands. *The Future of Drylands*. 2008;89-100.
12. FAOSTAT. Food and agriculture data The State of Food Security and Nutrition in the World [Internet]. FAOSTAT. Roma, Italy; 2022.
13. Mazinani M, Rude B. Population, world production and quality of sheep and goat products.

American Journal of Animal and Veterinary Sciences. 2020;15(4):291–9.

14. Berihulay H, Abied A, He X, et al. Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals*. 2019;9(3):1–9.
15. Rahimi J, Mutua JY, Notenbaert AMO, et al. Will dairy cattle production in West Africa be challenged by heat stress in the future? *Climatic Change*. 2020;161(4):665–85.
16. Pragna P, Chauhan SS, Sejian V, et al. Climate change and goat production: Enteric methane emission and its mitigation. *Animals*. 2018;8(12):1–17.
17. Xu S, Luosang J, Hua S, et al. High Altitude Adaptation and Phylogenetic Analysis of Tibetan Horse Based on the Mitochondrial Genome. *Journal of Genetics and Genomics*. 2007;34(8):720–9.
18. De La Salles AYE, Batista LF, De Souza BB, et al. Growth and reproduction hormones of ruminants subjected to heat stress. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2017;5(1):7–12.
19. Sarangi S, Subhashree Sarangi C. A41 -Adaptability of goats to heat stress -A review. ~ 1114 ~ *The Pharma Innovation Journal* [Internet]. 2018;7(4):1114–26.
20. Garner JB, Douglas ML, Williams SRO, et al. Genomic selection improves heat tolerance in dairy cattle. *Scientific Reports* [Internet]. 2016;6(September).
21. Midzak AS, Chen H, Aon MA, et al. ATP synthesis, mitochondrial function, and steroid biosynthesis in rodent primary and tumor leydig cells. *Biology of Reproduction*. 2011;84(5):976–85.
22. Wu X, Wang Y, Zhou K, et al. Complete mitochondrial DNA sequence of Chinese alligator, *Alligator sinensis*, and phylogeny of crocodiles. *Chinese Science Bulletin*. 2003;48(19):2050–4.
23. Serradilla JM, Carabano MJ, Ramano M, et al. Characterisation of Goats' Response to Heat Stress: Tools to Improve Heat Tolerance. In: Intech [Internet]. 2012. p. 13.
24. Joy A, Dunshea FR, Leury BJ, et al. Resilience of small ruminants to climate change and increased environmental temperature: A review. *Animals*. 2020;10(5).
25. Yang X, Sun G, Xia T, et al. Transcriptome analysis provides new insights into cold adaptation of corsac fox (*Vulpes Corsac*) . *Ecology and Evolution*. 2022;12(4):1–11.
26. Kim ES, Elbeltagy AR, Aboul-Naga AM, et al. Multiple genomic signatures of selection in goats and sheep indigenous to a hot arid environment. *Heredity*. 2016;116(3):255–64.
27. Shilja S, Sejian V, Bagath M, et al. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. *International Journal of Biometeorology*. 2015;60(9):1311–23.
28. Afsal A, Bagath M, Sejian V, et al. Effect of heat stress on HSP70 gene expression pattern in different vital organs of Malabari goats. *Biological Rhythm Research*. 2021;52(3):380–94.
29. Rashamol VP, Sejian V, Bagath M, et al. Physiological adaptability of livestock to heat stress: an updated review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2018;6(3):62–71.
30. Thornton P, Nelson G, Mayberry D, et al. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. *Global Change Biology*. 2021;27(22):5762–72.
31. Srikanth K, Park JE, Ji SY, et al. Genome-wide transcriptome and metabolome analyses provide novel insights and suggest a sex-specific response to heat stress in pigs. *Genes*. 2020;11(5):6–9.
32. Gupta M, Mondal T. Heat stress and thermoregulatory responses of goats: a review. *Biological Rhythm Research* [Internet]. 2021;52(3):407–33.
33. Murat DURMUŞ, Nazan KOLUMAN. Impacts of Stockbreeding on Global Warming. *Journal of Environmental Science and Engineering B*. 2019;8(6):223–9.
34. Alkoyak K, Çetin O. Süt Sığırlarında Sıcaklık Stresi ve Korunma Yolları. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*. 2016;5(1):40–55.
35. Archana P. Role of Heat Shock Proteins in Livestock Adaptation to Heat Stress. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*. 2017;5(1):13–9.
36. Huson HJ, Kim ES, Godfrey RW, et al. Genome-wide association study and ancestral origins of the slick-hair coat in tropically adapted cattle. *Frontiers in Genetics*. 2014;5(APR):1–12.
37. Dikmen S, Wang XZ, Ortega MS, et al. Single nucleotide polymorphisms associated with ther-

- moregulation in lactating dairy cows exposed to heat stress. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 2015;132(6):409–19.
38. Rimoldi S, Lasagna E, Sarti FM, et al. Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heat stress conditions. *Meta Gene* [Internet]. 2015;6:17–25.
 39. Akbarian A, Michiels J, Golian A, et al. Gene expression of heat shock protein 70 and antioxidant enzymes, oxidative status, and meat oxidative stability of cyclically heat-challenged finishing broilers fed Origanum compactum and Curcuma xanthorrhiza essential oils. *Poultry Science* [Internet]. 2014;93(8):1930–41.
 40. Weitzel JM, Viergutz T, Albrecht D, et al. Hepatic thyroid signaling of heat-stressed late pregnant and early lactating cows. *Journal of Endocrinology*. 2017;234(2):129–41.
 41. Kashyap N, Kumar P, Deshmukh B, et al. Association of ATP1A1 gene polymorphism with thermotolerance in Tharparkar and Vrindavani cattle. *Veterinary World*. 2015;8(7):892–7.
 42. Singh KM, Singh S, Ganguly I, et al. Association of heat stress protein 90 and 70 gene polymorphism with adaptability traits in Indian sheep (*Ovis aries*). *Cell Stress and Chaperones*. 2017;22(5):675–84.
 43. Gill JK, Arora JS, Sunil Kumar B V., et al. Cellular thermotolerance is independent of HSF 1 expression in zebu and crossbred non-lactating cattle. *International Journal of Biometeorology*. 2017;61(9):1687–93.
 44. Bharati J, Dangi SS, Mishra SR, et al. Expression analysis of Toll like receptors and interleukins in Tharparkar cattle during acclimation to heat stress exposure. *Journal of Thermal Biology* [Internet]. 2017;65(August 2016):48–56.
 45. Sophia I, Sejian V, Bagath M, et al. Quantitative expression of hepatic toll-like receptors 1–10 mRNA in Osmanabadi goats during different climatic stresses. *Small Ruminant Research* [Internet]. 2016;141:11–6.
 46. Chutia BM and T. We are IntechOpen , the world ' s leading publisher of Open Access books Built by scientists , for scientists TOP 1 % . In: Intech [Internet]. IntechOpen; 2020. p. 1–16.
 47. Kumar P, Giri A, Bharti VK, et al. Evaluation of various biochemical stress markers and morphological traits in different goat breeds at high-altitude environment. *Biological Rhythm Research* [Internet]. 2021;52(2):261–72.
 48. Al-Dawood A. Towards heat stress management in small Ruminan TS - A review. *Annals of Animal Science*. 2017;17(1):59–88.
 49. Bakheit SA, Ibrahim IE, Shafei IM El, et al. Effects of Water Deprivation and Environmental Temperature on Physiological Performance of Sudanese Desert Goats. 2017;4(4):8.
 50. Sejian V, Bhatta R, Gaughan JB, et al. Review: Adaptation of animals to heat stress. *Animal*. 2018;12(s2):S431–44.
 51. Saleh AA, Rashad AMA, Hassanine NNAM, et al. Evaluation of morphological traits and physiological variables of several Chinese goat breeds and their crosses. *Tropical Animal Health and Production*. 2021;53(1).
 52. Asres A, Amha N. Physiological Adaptation of Animals to the Change of Environment : A Review. 2014;4(25):146–52.
 53. Helal A, Hashem ALS, Abdel-Fattah MS, et al. Effect of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt [Internet]. Vol. 7, American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. 2010. p. 60–9.
 54. Kahi AK, Wasike CB. — Special Issue — Dairy goat production in sub-Saharan Africa: Current status, constraints and prospects for research and development. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2019;32(8):1266–74.
 55. Maia ASC, da Silva RG, Nascimento ST, et al. Thermoregulatory responses of goats in hot environments. *International Journal of Biometeorology*. 2015;59(8):1025–33.
 56. Koluman N, Boga M, Silanikove N, et al. Performance and eating behaviour of crossbred goats

- in Mediterranean climate of Turkey. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2016;45(12):768–72.
57. Mutindi E., Ogali I. *Journal of Agriculture Science & Technology*. 2019;21(1):4–17.
58. Shaji S, Sejian V, Bagath M, et al. Summer season related heat and nutritional stresses on the adaptive capability of goats based on blood biochemical response and hepatic HSP70 gene expression. *Biological Rhythm Research* [Internet]. 2017;48(1):65–83.
59. Panda R, Ghorpade PP, Chopade SS, et al. Effect of heat stress on behaviour and physiological parameters of Osmanabadi goats under katcha housing system in Mumbai. *Journal of Livestock Science*. 2016;7:196–9.
60. Hooda OK, Upadhyay RC. Physiological responses , growth rate and blood metabolites under feed restriction and thermal exposure in kids. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 2014;10(2):214–27.
61. Gupta M, Kumar S, Dangi S, et al. Physiological, Biochemical and Molecular Responses to Thermal Stress in Goats. *International Journal of Livestock Research*. 2013;3(2):27.
62. Shilja S, Sejian V, Bagath M, et al. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. *International Journal of Biometeorology*. 2016;
63. da Silva IRV, de Araujo CLP, Dorneles GP, et al. Exercise-modulated epigenetic markers and inflammatory response in COPD individuals: A pilot study. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 2017;242(March):89–95.
64. Abramowicz B, Kurek Ł, Lutnicki K. Haematology in the early diagnosis of cattle diseases - A review. *Veterinarski Arhiv*. 2019;89(4):579–90.
65. Samuel Derso DT. Prevalence of Major Skin Diseases in Ruminants and its Associated Risk Factors at University of Gondar Veterinary Clinic, North West Ethiopia. *Journal of Veterinary Science & Technology*. 2015;s13.
66. Chandra V, Sejian V, Sharma GT. Strategies to improve Livestock reproduction under the changing climate. *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. 2015;(January):1–532.
67. Ocak S, Darcan N, Çankaya S, et al. Serinletilen Alman Alaca o laklarının Akdeniz iklim koşullarındaki fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2009;33(6):455–61.
68. Slimen, Najar T, Ghram A, et al. Heat stress effects on livestock: Molecular, cellular and metabolic aspects, a review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2016;100(3):401–12.
69. Salama AAK, Caja G, Hamzaoui S, et al. Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Ruminant Research*. 2014;121(1):73–9.
70. Thornton PK, van de Steeg J, Notenbaert A, et al. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agricultural Systems* [Internet]. 2009;101(3):113–27.
71. Liotta L, Bionda A, Quartuccio M, et al. Thyroid and lipidic profiles in nicastrese goats (*Capra hircus*) during pregnancy and postpartum period. *Animals*. 2021;11(8):1–12.
72. Daramola JO, Adeloye AA. Physiological adaptation to the humid tropics with special reference to the West African Dwarf (WAD) goat. *Tropical Animal Health and Production*. 2009;41(7):1005–16.
73. Alamer M. Effect of water restriction on lactation performance of Aardi goats under heat stress conditions. *Small Ruminant Research*. 2009;84(1–3):76–81.
74. Kaliber M, Koluman N, Silanikove N. Physiological and behavioral basis for the successful adaptation of goats to severe water restriction under hot environmental conditions. *Animal* [Internet]. 2016;10(1):82–8.
75. Maltz E, Shkolnik A. Milk composition and yield of the black Bedouin goat during dehydration and rehydration. *Journal of Dairy Research*. 1984;51(1):23–7.
76. Simões J, Pires AFA. Reproductive disorders in portuguese serrana goats and its effects on milk

- production. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 2018;31(1):64–71.
77. Lachica M, Somlo R, Barroso FG, et al. Goats locomotion energy expenditure under range grazing conditions: Seasonal variation. *Journal of Range Management*. 1999;52(5):431–5.
 78. Aziz MA. Present status of the world goat populations and their productivity. *Lohmann Information*. 2010;45(2):42–52.
 79. Dzama K. Is the Livestock Sector in Southern Africa Prepared for Climate Change? SAIIA Policy Briefing 153, South African Institute of International Affairs. 2016;(November).
 80. CAPOTE. SUSTAINABLE GOAT BREEDING AND GOAT FARMING IN CENTRAL AND EASTERN EUROPEAN European Regional Conference on Goats GOAT FARMING IN CENTRAL AND EASTERN EUROPEAN Regional Conference on Goats. *European Regional Conference on Goats*. 2014;(April 2014):297.
 81. El-Tarabany MS, El-Tarabany AA, Atta MA. Physiological and lactation responses of Egyptian dairy Baladi goats to natural thermal stress under subtropical environmental conditions. *International Journal of Biometeorology* [Internet]. 2017;61(1):61–8.
 82. Hamzaoui S, Salama AAK, Albanell E, et al. Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. *Journal of Dairy Science*. 2013;96(10):6355–65.
 83. Kim SH, Ramos SC, Valencia RA, et al. Heat Stress: Effects on Rumen Microbes and Host Physiology, and Strategies to Alleviate the Negative Impacts on Lactating Dairy Cows. *Frontiers in Microbiology*. 2022;13(February):1–23.
 84. Chiejina SN, Behnke JM. The unique resistance and resilience of the Nigerian West African Dwarf goat to gastrointestinal nematode infections. *Parasites and Vectors*. 2011;4(1):1–10.
 85. Onzima RB, Mukiibi R, Ampaire A, et al. Between-breed variations in resistance/resilience to gastrointestinal nematodes among indigenous goat breeds in Uganda. *Tropical Animal Health and Production*. 2017;49(8):1763–9.
 86. Dossa LH, Sangaré M, Buerkert A, et al. Production objectives and breeding practices of urban goat and sheep keepers in West Africa: regional analysis and implications for the development of supportive breeding programs. *SpringerPlus*. 2015;4(1).
 87. Cecchi F, Russo C, Iamartino D, et al. Identification of candidate genes for paratuberculosis resistance in the native Italian Garfagnina goat breed. *Tropical Animal Health and Production*. 2017;49(6):1135–42.
 88. McBean D, Nath M, Kenyon F, et al. Faecal egg counts and immune markers in a line of Scottish Cashmere goats selected for resistance to gastrointestinal nematode parasite infection. *Veterinary Parasitology* [Internet]. 2016;229:1–8.
 89. Manaswini Mandal, Chinmoy Mishra, Sushant Kumar Dash, Priyanka Priyadarshini, Siddharth Sankar Sabat LS and MS. Genomic insight to the disease resistance in goat. *The Pharma Innovation* [Internet]. 2018;7(2):98–103.