

Küçük Bir Memeli Türünün Ekofizyolojisi ve Evrimsel Coğrafyası: Anadolu Yer Sincabı

Mutlu KART GÜR*
Hakan GÜR**

I. Küçük Memelilerin Enerji Bütçesi: Neden Hibernasyona Girerler?

İnsanı da kapsayan memeliler, *endoterm* (iç ısı) canlılardır. Vücut sıcaklıklarını, çevresel sıcaklıktaki büyük dalgalanmalara rağmen, sahip oldukları yüksek metabolik etkinlik ve çevre ile ısı alışverişini kontrol eden fizyolojik düzenlemeler sayesinde, yüksek ve belirli bir aralıkta sabit tutabilirler (Vaughan ve diğ. 2011). Memelilerin tamamen dinlenme halindeyken ve vücut sıcaklıklarını korumak için fazladan enerji harcamadıkları termonötral sıcaklık aralığında ölçülen metabolizma hızı (bazal metabolizma hızı), aynı büyüklükteki *ektoterm* (dış ısı) canlıların (sürüngenler gibi) dinlenme halindeyken ölçülen metabolizma hızınının 10 katına ulaşabilir (Hulbert ve Else 1989, Hayes ve Garland 1995). Yüksek metabolik etkinlik ve ona eşlik eden yüksek vücut sıcaklığı, şüphesiz endoterm canlılara pek çok avantaj sağlar. Bu sayede, ektoterm canlılar için uygun olmayan soğuk habitatlara ve/veya nokturnal (gececi) nişlere yerleşebilir; artan aerobik kapasite sayesinde, uzun mesafeli göçler yapabilir ve büyük teritoryumlar veya dolanma alanları oluşturabilirler (McNab 2002).

* Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

** Ahi Evran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

hakangur.ecology@gmail.com



Şekil 1 - Anadolu yer sincabı (*Spermophilus xanthoprimum*) [Fotoğraf: Hakan Gür]

Endotermi, bununla birlikte, enerji açısından maliyetlidir ve bu maliyet, küçük memeliler için oldukça yüksektir. Nedenlerine gelirsek: Yüzey alanı, benzer biçimli hayvanlar arasında vücut büyüklüğünün 0,67. kuvvetiyle değişir (Calder 1996). Böylece, küçük memelilerde birim kütle başına yüzey alanı, büyük memelilerde olduğundan daha fazladır. Vücuttan ısı kaybı yüzey alanının büyüklüğü ile ilişkili olduğundan, ısı alışverişini etkileyen diğer tüm faktörlerin sabit kalması koşuluyla, küçük memelilerde birim kütle başına ısı kaybetme hızı, büyük memelilerde olduğundan daha fazladır (Jessen 2001). Newton'un soğuma kuralına göre, ısı kaybetme hızı, vücut sıcaklığının sabit kalabilmesi için, ısı üretme hızına eşit olmalıdır. Isı üretme hızı, termonötral sıcaklık aralığında ve dinlenme halinde ölçülmesi koşuluyla, bazal metabolizma hızına eşittir ve vücut büyüklüğünün 0,75. kuvvetiyle değişir (Jessen 2001). Böylece, küçük memelilerde birim kütle başına ısı üretme hızı, büyük memelilerde olduğundan daha fazladır. Diğer bir deyişle, örneğin, 250 g'lık bir yer sincabının (cins *Spermophilus sensu lato*) 1 g'lık kütlesi, 350 kg'lık bir boz ayının (*Ursus arctos*) 1 g'lık kütlesinden daha hızlı ısı kaybeder ve üretir.

Isı kaybetme ve üretme hızının vücut büyüklüğü ile ilişkisi bir arada incelendiğinde, küçük memeliler ile ilgili şöyle bir tablo ortaya çıkar: Küçük memeliler, görece daha hızlı ısı kaybetmeleri nedeniyle, termonötral sıcaklık aralığında olsalar bile, vücut sıcaklıklarını sabit tutabilmek için, görece daha hızlı ısı üretmeli ve yüksek metabolik etkinliği destekleyecek şekilde görece daha fazla besin tüketmelidir. Oysa hiçbir küçük memeli, bu enerji gereksinimini karşılayacak şekilde sürekli bir besin kaynağına sahip değildir (Millar ve Hickling 1990). Kaldı ki, özellikle Kuzey ılıman kuşakta yaşayan ve Anadolu yer sincabı (*Spermophilus xanthoprimum*; Şekil 1) gibi enerji kaynağı olarak step bitkilerine bağımlı olan pek çok küçük memeli, uzun dönemler (kış ayları) boyunca soğuk ve/veya ona eşlik eden (niteliksel ve/veya niceliksel) besin yokluğu ile karşı karşıya kalır (Robbins 1993, Kart Gür ve Gür 2010). Bir yandan soğuk, vücut sıcaklığının sabit tutula-

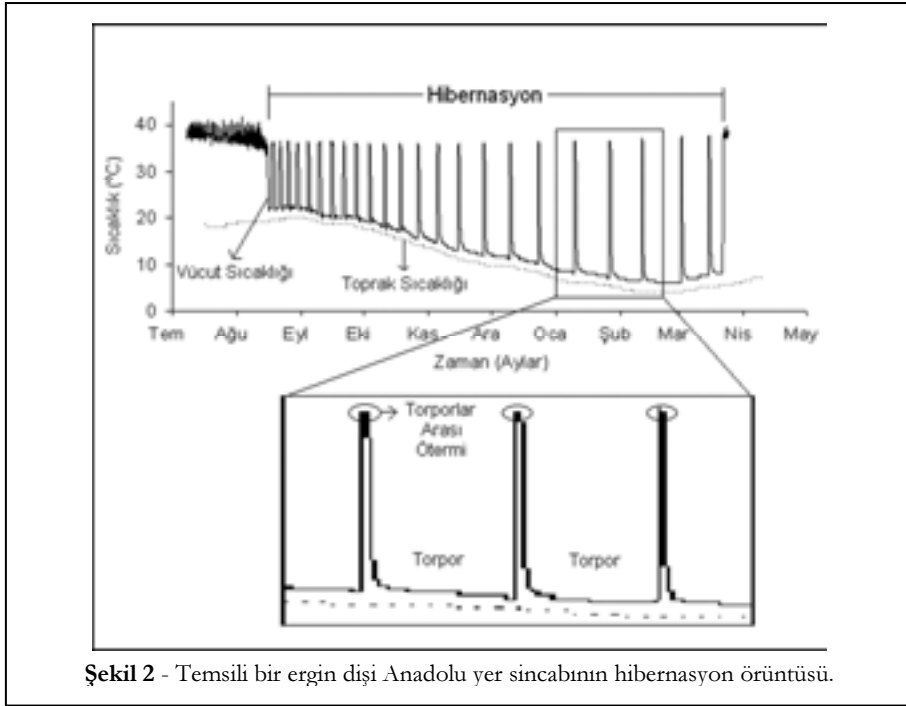


bilmesi için gereken enerji gereksinimini arttırırken, diğer yandan besin yokluğu enerji kısıtlamasına sebep olur. Bu enerji darboğazından geçebilmek için, besinin bol olduğu dönemlerde (yaz ayları) sonradan kullanmak üzere enerji rezervleri oluşturmak iyi bir stratejidir.

Enerji rezervlerinin oluşturulması, besin depolama (Vander Wall 1990, Humphries ve diğ. 2002, 2003) veya çoğunlukla vücutta yağ depolama şeklindedir (Humphries ve diğ. 2003). Yağ rezervlerinin enerji darboğazı sırasında kullanılma hızı, bazal metabolizma hızı, termoregülasyonun ek maliyeti ve metabolizmanın baskılanma kapasitesine bağlıdır (Humphries ve diğ. 2004). Bazal metabolizma hızı, daha önce değinildiği gibi, vücut büyüklüğünün 0,75. kuvvetiyle değişir. Böylece, büyük memeliler, birim kütle başına küçük memelilerden daha az enerji harcar. Diğer yandan, yağ depolama kapasitesi ile vücut büyüklüğü arasında pozitif bir ilişki olduğundan, memelilerin açlığa dayanıklılığı (aç kalabilecekleri süre) genellikle vücut büyüklüğünün 0,25. kuvvetiyle değişir. Bu nedenle, büyük memeliler, sadece vücutlarında depoladıkları yağ rezervlerini kullanarak, kış boyunca bazal metabolik gereksinimlerini potansiyel olarak karşılayabilir. Oysa küçük memeliler, sadece vücutlarında depoladıkları yağ rezervlerini kullanarak, ancak bir aydan daha kısa bir süre hayatta kalabilir. Vücut sıcaklığının soğuk ve besin yokluğunun hüküm sürdüğü dönemlerde sabit ve yüksek düzeyde tutulabilmesi, pek çok küçük memeli için metabolik etkinliğin dinlenme halindeki daha fazla olmasını gerektirir. Küçük memelilerin açlığa dayanıklılığı, termoregülasyonun bu ek maliyeti de göz önüne alındığında, sadece birkaç günle sınırlıdır. Bu nedenle, kuzey enlemlerinde ya da yüksek rakımlarda yaşayan küçük memelilerin çoğu, hava koşullarının sert ve/veya besin kaynaklarının öngörülebilir şekilde sınırlı olduğu uzun kış aylarında metabolizma hızı ve vücut sıcaklığını, kontrollü ve geçici olarak düşürüp, eşlik eden yaşamsal işlevleri (solunum hızı, kalp atım hızı gibi) yavaşlatarak sahip oldukları enerjiyi tasarruflu kullanmaya çalışır (Fishman ve Lyman 1961, Lyman ve O'Brien 1961, Wang 1973, 1989, Geiser 1988, Carey ve diğ. 2003). Bu uyumsal davranış, hibernasyon olarak bilinir.

II. Küçük Memelilerin Hibernasyon Örüntüsü

Fizyolojik değişkenlerin (örneğin, metabolizma hızı, vücut sıcaklığı) uzun süreli ve kesintisiz olarak izlenmesine olanak tanıyan teknolojik cihazların keşfiyle, hibernasyona giren küçük memelilerde ilgili değişkenlerin hibernasyon sırasında sürekli olarak düşük seviyede tutulmayıp, belirli aralıklar ile eski seviyesine yükseltildiği anlaşılmıştır. Diğer bir deyişle, hibernasyon, “devirlerden oluşan” dönemsel bir davranıştır. Bu devirler, metabolizma hızı, vücut sıcaklığı ve eşlik eden yaşamsal işlevlerin düşük seviyede tutulduğu *torpor* ve yeniden eski seviyesine yükseltildiği (ve bildiğimiz anlamda gecesel uykunun görüldüğü) *torporlar arası ötermi* devirleridir (Şekil 2; Strijkstra 1999, Young 1990). Torpor devrinde olan küçük bir memelinin canlı olup olmadığına karar vermek oldukça zordur. Vücut, top gibi kıvrılır ve hareketsizleşir. En derin torpor devrinde (vücut sıcaklığının en çok düşürüldüğü torpor devri) metabolizma hızı, dinlenme halindeki



metabolizma hızının %90'ı oranında azalır. Vücut kor sıcaklığı normal seviyesinden 4-5°C'ye, kalp atım hızı dakikada yaklaşık 250'den 4'e ve solunum hızı dakikada yaklaşık 150'den 5'e düşer. Bazen kış aylarının en soğuk zamanlarına denk gelen en uzun torpor devrinde olan küçük bir memeli, doğal bir hipometabolik (düşük metabolizma hızı) ve hipotermik (düşük vücut sıcaklığı) durumdadır. Yaşamsal aktiviteleri o kadar yavaşlamıştır ki, 15-20 gün boyunca ürinasyon (idrar çıkarma) ve defakasyon (dışkılama) görülmez. Henüz kesin olarak bilinmeyen tetikleyici bir unsur (veya unsurlar), torpor devrini sonlandırır ve metabolizma hızı, vücut kor sıcaklığı ve kalp atım ve solunum hızlarının eski seviyesine yükseltildiği torporlar arası ötermi devrini başlatır. Bu devir, bir sonraki torpor devrine kadar bir günden az sürer (Carey ve diğ. 2003).

Hibernasyonu karakterize eden torpor ve torporlar arası ötermi devirleri, görece en kolay ve net şekilde vücut kor sıcaklığının toplanması ile elde edilir. Vücut içine cerrahi işlem ile yerleştirilen sıcaklık üniteleri, vücut kor sıcaklığını tarih ve saat etiketli şekilde ve uzun süreli olarak kaydettiği için, torpor ve torporlar arası ötermi devirlerinin oluşturduğu hibernasyon örüntüsünü ortaya koyar. Bu örüntü, hibernasyon ile ilgili pek çok medikal ve biyolojik çalışma (biyokimyasal, fizyolojik gibi) açısından önsel olarak önemli bilgiler sunar. Diğer taraftan, Anadolu Diagonali'nin her iki yakasında Anadolu yer sincabının hibernasyonu ve hibernasyon ile ilişkili coğrafi vücut büyüklüğü varyasyonu üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda olduğu gibi, çevresel farklılıkların küçük me-

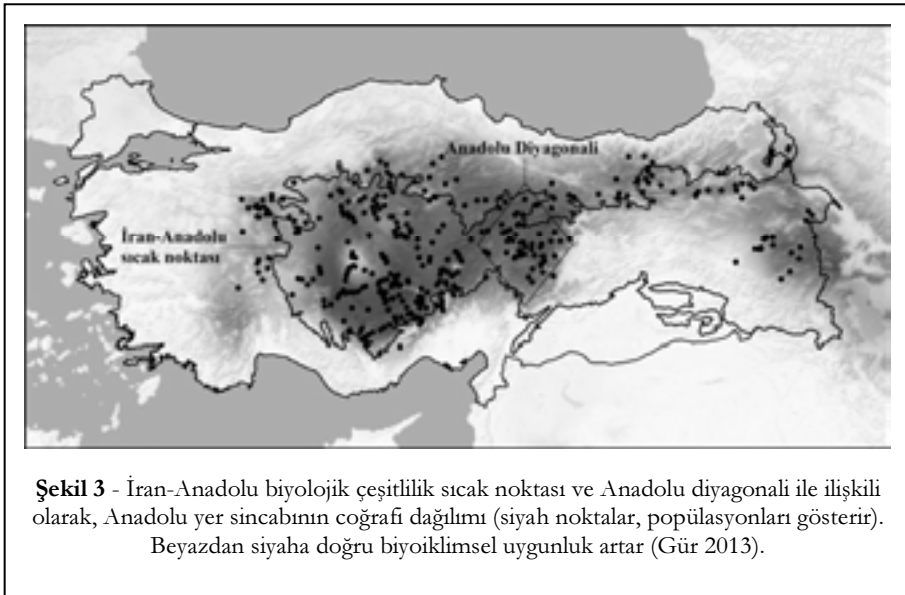


melilerin uyumlarını/uyarlanmalarını (bkz. Gür 2016a) nasıl şekillendirdiğini anlamamızı sağlar.

III. Hibernasyona Giren Küçük Bir Memeli: Anadolu Yer Sincabı

Anadolu yer sincabı, İç ve Doğu Anadolu, komşu Ermenistan ve kuzeybatı İran'ın bozkır ve alpin çayırlarında yaşayan (toprak altında uyuyan ve kışı geçiren, toprak üstünde ise beslenen) diurnal (gündüzcül) ve hibernasyona giren bir sincap türüdür. Yıllık yaşam döngüsü, hibernasyondan çıkış, çiftleşme, gebelik, emzirme, yavruların toprak üzerinde aktiviteye başlaması ve büyümesi, hibernasyon öncesi yağlanma, hibernasyona giriş ve hibernasyon olmak üzere birbirini izleyen bir seri biyolojik olaydan oluşur. Özetle, yıllık yaşam döngüsü, hibernasyon ve aktif sezon olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Aktif sezon, bireylerin ilkbaharda hibernasyondan çıkması ile başlar ve sonbaharda hibernasyona girmesi ile biter (Kart Gür ve Gür 2010).

Anadolu yer sincabının coğrafi dağılımı, çok büyük oranda İran-Anadolu biyolojik çeşitlilik sıcak noktasının Anadolu bölümü ile sınırlıdır (Şekil 3; Gür 2016b). Anadolu yer sincabı için biyoiklimsel olarak uygun alanların coğrafi dağılım alanı ile hemen hemen örtüşmesi, coğrafi dağılımının temel olarak iklim tarafından şekillendirildiğini ileri sürer (Şekil 3; Gür 2013). Coğrafi dağılım alanı, Unal ve diğ. (2003) tarafından yeniden tanımlanan iklim bölgelerinden İç ve Doğu Anadolu iklim bölgeleri ile büyük oranda örtüşür. Ancak İran-Anadolu biyolojik çeşitlilik sıcak noktasının Güneydoğu Anadolu iklim bölgesi içinde kalan kısımlarını (örneğin, Elazığ, Tunceli, Bingöl) kapsamaz. Bu (İç Anadolu ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu) iklim bölgeleri arasındaki sınırı, kabaca Anadolu

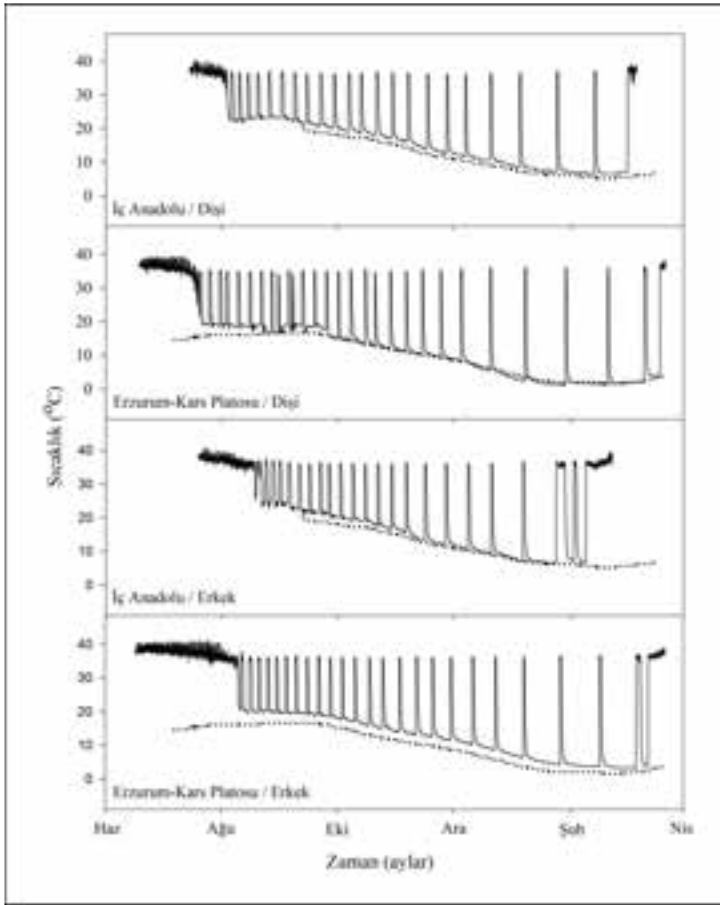


Şekil 3 - İran-Anadolu biyolojik çeşitlilik sıcak noktası ve Anadolu diyagonali ile ilişkili olarak, Anadolu yer sincabının coğrafi dağılımı (siyah noktalar, popülasyonları gösterir). Beyazdan siyaha doğru biyoiklimsel uygunluk artar (Gür 2013).

Diyagonalı oluşturur (bkz. iklim bölgeleri için, Unal ve diğ. 2003'teki Şekil 5). Böylece, Anadolu yer sincabının İç Anadolu'nun doğusundaki coğrafi dağılımı, ayrıca İç ve Doğu Anadolu soy hatlarını (bkz. soy hatlarının coğrafi dağılımı için, Gür 2016b'daki Şekil 7) birbirinden ayıran Anadolu Diyagonalı ile şekillendirilir (Şekil 3). Anadolu Diyagonalı, Türkiye'nin kuzeydoğusundan (Bayburt-Gümüşhane yakınından) güneybatıya doğru uzanır ve Akdeniz'e doğru iki kola ayrılır: Orta Toros Dağları ve Nur Dağları. Çevresel bir bariyer olarak davranarak, İran-Anadolu biyolojik çeşitlilik sıcak noktasının İç ve Doğu Anadolu flora ve faunaları arasında biyocoğrafi bir sınır oluşturur (Şekil 3). Böylece, bekleneceği gibi, Anadolu Diyagonalı'nın batısı (İç Anadolu), doğusundan (özellikle kuzeydoğu Anadolu) birçok açıdan farklıdır: doğusu, genel olarak daha yüksektir; topoğrafik ve iklimsel olarak daha heterojendir; daha soğuk, mevsimsel ve yağışlıdır (WorldClim veri tabanına -www.worldclim.org- göre hesaplanmıştır) ve doğal olarak farklı ekolojik bölgelere ev sahipliği yapar (bkz. Anadolu Diyagonalı hakkında detaylı bilgi ve kaynakça için, Gür 2016b). Bu farklılıkların (özellikle Anadolu Diyagonalı'nın her iki yakasında dağılım gösteren) organizmaların uyumlarını nasıl şekillendirdiği, bilebildiğimiz kadarıyla, Anadolu yer sincabının hibernasyonu (Kart 2000, Kart Gür 2008, Kart Gür ve diğ. 2009, 2015, Kart Gür ve Gür 2015) ve vücut büyüklüğü (Gür 2007, 2010, Gür ve diğ. 2016) üzerine olan çalışmalar dışında hemen hemen hiçbir çalışmaya konu olmamıştır.

Anadolu yer sincabının Anadolu Diyagonalı'nın doğusunda dağılım gösterdiği alanlar, batısında dağılım gösterdiği alanlardan daha yüksektir; daha soğuk (özellikle kış aylarında) ve mevsimseldir ve daha yağışlıdır (WorldClim veri tabanına -www.worldclim.org- göre hesaplanmıştır). Özellikle kuzeydoğu Anadolu'da (Erzurum-Kars Platosu'nda) kışlar daha soğuk geçer ve daha uzundur (daha erken başlar ve geç biter). Böylece, besin kaynakları, daha uzun bir süre sınırlıdır. Ancak yazlar, daha yüksek birincil üretime sahiptir (Gür 2007, 2010). Örneğin, bitki örtüsü, Erzurum-Kars Platosu'nda daha geç yeşillenmeye başlar ve yaz aylarında daha boldur (Yıldız ve diğ. 2012). Bekleneceği gibi, hava koşullarının sert ve besin kaynaklarının öngörülebilir şekilde sınırlı olduğu kış aylarında enerjisini korumak için her yıl zorunlu olarak hibernasyona giren Anadolu yer sincapları, Erzurum-Kars Platosu'nda İç Anadolu'ya göre daha erken (ortalama 19-32 gün) hibernasyona girer ve daha geç (ortalama 7-29 gün) hibernasyondan çıkar. Böylece, daha uzun bir süre (ortalama 36-61 gün) hibernasyonda kalırlar (Tablo 1; Şekil 4). Ayrıca, hibernasyonun daha büyük bir bölümünü metabolizma hızı, vücut sıcaklığı ve eşlik eden yaşamsal işlevlerin düşük seviyede tutulduğu torpor devirlerinde geçirirler. Böylece, sahip oldukları enerjiyi daha tasarruflu kullanmaya çalışırlar.

Anlaşılabileceği gibi, Anadolu yer sincapları, yılın yaklaşık olarak yarısını veya daha uzun bir süreyi (Erzurum-Kars Platosu'nda 7,1-8,4 ay, İç Anadolu'da ise 5,3-7,4 ay) hibernasyonda geçirir (Tablo 1; Şekil 4). Bu dönemdeki enerji gereksinimlerini, temel olarak hibernasyon öncesinde depoladıkları yağ rezervlerinden



Şekil 4 - İç Anadolu ve Erzurum-Kars Platosu'nda temsili ergin dişi ve erkeklerin hibernasyon örüntüsü. Düz çizgi = vücut sıcaklığı; noktali çizgi = 1 m toprak sıcaklığı. Ayrıca, bkz. Tablo 1.

karşılarlar. Sonuç olarak, kış boyu hayatta kalma başarıları, hibernasyon öncesinde depoladıkları yağ rezervlerinin büyüklüğü ile pozitif ilişkilidir. Bu nedenle, hibernasyonu ve hemen sonrasını içerecek şekilde kış boyu enerji gereksiniminin daha fazla ve besinin daha uzun bir süre sınırlı olduğu daha soğuk ve mevsimsel olan coğrafi yerlerde (örneğin, Erzurum-Kars Platosu'nda) açlığa dayanıklılıkları daha fazla olmalıdır. Böylece, hibernasyon öncesinde daha fazla yağ depolamalıdır (Gür 2007, 2010). Bununla birlikte, hibernasyona giren memelilerin hibernasyon öncesi depoladığı yağ rezervlerinin maksimum büyüklüğü, yağ depolama ile ilişkili morfolojik kısıtlamalar ve maliyetler yüzünden, tutarlı bir şekilde vücut ağırlığının %40-50'sidir. Böylece, yağ depolama kapasitesi, orantılı olarak vücut ağırlığı ile birlikte artar (Humphries ve diğ. 2003, 2004). Diğer bir deyişle, hibernasyon öncesinde daha fazla yağ depolamak için, yapısal olarak daha büyük olmak gerekir. Gerçekten de, Anadolu yer sincapları, Erzu-

rum-Kars Platosu'nda daha büyüktür. Daha soğuk ve mevsimsel olan Erzurum-Kars Platosu'nda daha uzun bir süre sınırlı olan besin, daha yüksek birincil üretime sahip yaz aylarında hem yapısal olarak daha büyük olmayı hem de buna eşlik eden yağ depolama kapasitesini destekleyecek şekilde daha fazladır (Gür 2007, 2010).

Tablo 1 - Anadolu yer sincaplarının Erzurum-Kars Platosu ve İç Anadolu'da hibernasyona giriş tarihi, hibernasyondan çıkış tarihi ve hibernasyon süresi (ortalama \pm dağılım aralığı).

Sonuçlar, Ankara, Gölbaşı, Bezirhane Mahallesi (İç Anadolu) ve Kars, Merkez, Karacaören Köyü (Erzurum-Kars Platosu)'nde vücut içine cerrahi işlem ile yerleştirilen sıcaklık üniteleri ile gerçekleştirilen şu çalışmalara dayanır: Kart Gür 2008, Kart Gür ve Gür 2015, Kart Gür ve diğ. 2015.

Değişken	Coğrafi bölge	Ergin erkek	Ergin dişi
Hibernasyona giriş tarihi	Erzurum-Kars Platosu	04 Ağu 19 Tem-10 Ağu	27 Tem 21 Tem-04 Ağu
	İç Anadolu	31 Ağu 22 Ağu-13 Eyl	15 Ağu 04 Ağu-18 Eyl
		Erzurum-Kars Platosu	10 Mar 07-13 Mar
Hibernasyondan çıkış tarihi	İç Anadolu	14 Şub 08-20 Şub	10 Mar 02-22 Mar
	Erzurum-Kars Platosu	218 212-234	243 230-253
Hibernasyon süresi (gün)	İç Anadolu	168 160-172	207 169-223
	Erzurum-Kars Platosu	241 233-245	235 223-244
Hibernasyona giriş tarihi	Erzurum-Kars Platosu	09 Ağu 07-11 Ağu	11 Ağu 07-15 Ağu
	İç Anadolu	10 Eyl 03-17 Eyl	09 Eyl 02-16 Eyl
		Erzurum-Kars Platosu	07 Nis 29 Mar-11 Nis
Hibernasyondan çıkış tarihi	İç Anadolu	09 Mar 02-23 Mar	27 Mar 16 Mar-09 Nis
	Erzurum-Kars Platosu	180 166-196	199 185-209
Hibernasyon süresi (gün)	İç Anadolu	166-196	185-209

Özetle, Anadolu yer sincapları, coğrafi ve çevresel/iklimsel farklılıklara cevap olarak, Anadolu Diyagonalı'nın batısı (İç Anadolu) ile doğusu (özellikle kuzeydoğu Anadolu, Erzurum-Kars Platosu) arasında hibernasyon örüntüsünü ve vücut büyüklüğünü de içeren birçok uyumsal varyasyon evrimleştirmiştir.



Kaynakça

- Calder, W. A. *Size, Function, and Life History*. New York: Dover Publications, 1996.
- Carey, H. V., Andrews, M. T. ve Martin, S. L. "Mammalian hibernation: cellular and molecular responses to depressed metabolism and low temperature". *Physiological Review* 83 (2003): 1153-1181.
- Fishman, A. P. ve Lyman, C. P. "Hibernation in mammals". *Circulation* 24 (1961): 434-445.
- Geiser, F. "Evolution of daily torpor and hibernation in birds and mammals: importance of body size". *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology* 25 (1988): 736-740.
- Gür, H. *Anadolu Yer Sincabı (Spermophilus Xanthobrymnus)'nda Morfometrik Varyasyon ve Seçilen Çevresel Değişkenlerle İlişkisi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi, 2007.
- Gür, H. "Why do Anatolian ground squirrels exhibit a Bergmannian size pattern? A phylogenetic comparative analysis of geographic variation in body size". *Biological Journal of the Linnean Society* 100 (2010): 695-710.
- Gür, H. "The effects of the late Quaternary glacial-interglacial cycles on Anatolian ground squirrels: range expansion during the glacial periods"? *Biological Journal of the Linnean Society* 109 (2013): 19-32.
- Gür, H. "Doğal seçim yoluyla evrim. Güncel bir örnek: alaca baykuş". *Evrimin Işığında*, ed. Akış, I ve Altınışık, NE, 197-206. İstanbul: Yazılama Yayınevi, 2016a.
- Gür, H. "The Anatolian diagonal revisited: testing the ecological basis of a biogeographic boundary". *Zoology in the Middle East* 62 (2016b): 189-199.
- Gür, H., Kankılıç, T., Perktas, U. ve Kart Gür, M. *Anadolu Yer Sincabının (Spermophilus xanthobrymnus) Vücut Büyüklüğünde ve Nötral DNA Belirteçlerinde Populasyonlar Arası Farklılaşma Örnektüleri*. Ankara: TÜBİTAK, Proje Raporu, 2016.
- Hayes, J. P. ve Garland, T. "The evolution of endothermy: testing the aerobic capacity model". *Evolution* 49 (1995): 836-847.
- Hulbert, A. J. ve Else, P. L. "Evolution of mammalian endothermic metabolism". *American Journal of Physiology* 256 (1989): R63-R69.
- Humphries, M. M., Thomas, D. W., Hall, C. L., Speakman, J. R. ve Kramer, D. L. "The energetics of autumn mast hoarding in eastern chipmunks". *Oecologia* 133 (2002): 30-37.
- Humphries, M. M., Thomas, D. W. ve Kramer, D. L. "The role of energy availability in mammalian hibernation: a cost-benefit approach". *Physiological and Biochemical Zoology* 76 (2003): 165-179.
- Humphries, M. M., Umbanhowar, J. ve McCann, K. S. "Bioenergetic prediction of climate change impacts on northern mammals". *Integrative Comparative Biology* 44 (2004): 152-162.
- Jessen, C. *Temperature Regulation in Humans and Other Mammals*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2001.
- Kart, M. *Spermophilus xanthobrymnus'ta Hibernasyonun Davranışsal ve Biyokimyasal Açından Değerlendirilmesi*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Bilim Uzmanlığı Tezi, 2000.
- Kart Gür, M. *Anadolu Yer Sincabının (Spermophilus xanthobrymnus) Hibernasyon Modeli*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi, 2008.
- Kart Gür, M. ve Gür, H. "*Spermophilus xanthobrymnus* (Rodentia: Sciuridae)". *Mammalian Species* 42 (2010): 183-194.
- Kart Gür, M. ve Gür, H. "Age and sex differences in hibernation patterns in free-living Anatolian ground squirrels". *Mammalian Biology* 80 (2015): 265-272.

- Kart Gür, M., Refinetti, R. ve Gür, H. “Daily rhythmicity and hibernation in the Anatolian ground squirrel under natural and laboratory conditions”. *Journal of Comparative Physiology B* 179 (2009): 155-164.
- Kart Gür, M., Gür, H. ve Kankılıç, K. *Doğada Serbest Yaşayan Anadolu Yer Sincaplarının (Spermophilus xanthopyrmnus) Hibernasyon Sırasındaki Vücut Sıcaklık Profilinin Değerlendirilmesi*. Kırşehir: Ahi Evran Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Birimi, Proje Raporu, 2015.
- Lyman, C. P. ve O'Brien, R. C. *Circulatory Changes in the 13-Lined Ground Squirrel During the Hibernating Cycle*. Cambridge, Massachusetts: Technical Report 60-24, 1961.
- McNab, B. K. *The Physiological Ecology of Vertebrates: A View from Energetics*. Ithaca, NewYork: Cornell University Press, 2002.
- Millar, J. S. ve Hickling, G. J. “Fasting endurance and evolution of mammalian body size”. *Functional Ecology* 4 (1990): 5-12.
- Robbins, C. T. *Wildlife Feeding and Nutrition*. San Diego, California: Academic Press, 1993.
- Strijkstra, A. “Periodic euthermy during hibernation in the European ground squirrel: causes and consequences”, Groningen: University of Groningen, PhD. Dissertation, 1999.
- Unal, Y., Kindap, T. ve Karaca, M. “Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis”. *International Journal of Climatology* 23 (2003): 1045-1055.
- Vander Wall, S. B. *Food Hoarding in Animals*. Chicago: The University of Chicago Press, 1990.
- Vaughan, T. A., Ryan, J. M. ve Czaplewski, N. J. *Mammalogy*. Massachusetts, Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 2011.
- Wang, L. C. H. “Radiotelemetric study of hibernation under natural and laboratory conditions”. *American Journal of Physiology* 224 (1973): 673-677.
- Wang, L. C. H. “Ecological, physiological and biochemical aspects of torpor in mammals and birds”. *Advances in Comparative and Environmental Physiology, Volume 4, Animal Adaptation to Cold*, ed. Wang, LCH, 361-401. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1989.
- Yıldız, H., Mermer, A., Ünal, E. ve Akbaş, F. “Türkiye bitki örtüsünün NDVI verileri ile zamansal ve mekansal analizi”. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 21 (2012): 50-56.
- Young, P. “Hibernating patterns of free-ranging Columbian ground squirrels”. *Oecologia* 83 (1990): 504-511.

Öz: Bu yazıda, Anadolu Diyagonalı ile ilişkili coğrafi ve çevresel/iklimsel farklılıklar ile ilgili olarak, Anadolu yer sincaplarının (*Spermophilus xanthopyrmnus*) hibernasyon örüntüsü ve vücut büyüklüğü açısından sergilediği uyumsal varyasyonlar açıklanmıştır.

Anahtar sözcükler: Anadolu yer sincabı, hibernasyon, *Spermophilus xanthopyrmnus*, vücut büyüklüğü

Ecophysiological and Evolutionary Geography of a Small Mammal Species: Anatolian Ground Squirrel

Abstract: In this article, with respect to geographic and environmental/climatic differences associated with the Anatolian Diagonal, adaptive variation of hibernation pattern and body size of Anatolian ground squirrels (*Spermophilus xanthopyrmnus*) was explained.

Keywords: Anatolian ground squirrel, body size, hibernation, *Spermophilus xanthopyrmnus*

Copyright of Kebikec: İnsan Bilimleri İcin Kaynak Araştırmalı Dergisi is the property of Kebikec, Resources for Human Sciences Research Journal and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.