



Hayvanlar ve Zaman

Hayvanlar kış uykusuna ne zaman yatacaklarını nasıl bilirler? Bazı çiçekler, nasıl olup da günün belirli saatlerinde yapraklarını açar ya da kapar? Bu olaylar, canlılarda bulunan özel bir zamanlama mekanizmasıyla açıklanabiliyor. Bu içsel mekanizmaya "biyolojik saat" deniyor. İnsanlar da dahil tüm canlılarda biyolojik saat bulunur. Bu "saat", canlılara uyanmanın, uyumanın, yemek yemenin, göç etmenin ya da çiftleşmenin zamanını bildirir.

Biyolojik saat, bitkilerin ve hayvanların yaşamında çok önemli bir yere sahip. Çünkü onları, karşılaştıkları olaylara hazırlar. Her yıl kış uykusuna yatan bir ayı düşünün. Kış gelmeden önce, bu ayının vücudunda yağ depolaması gerekir. Böylece, kış boyunca depoladığı yağı enerji kaynağı olarak kullanır. Bu nedenle, yaz sonunda metabolizmaları yavaşlar ve vücutları fazla yağı depolamaya başlar. Eğer, bu işlem için havaların soğumasını beklerse, uyku vakti gelene kadar vücudunda yeterince yağ depolayamaz. İşte, kış uykusuna hazırlanan ayıya zamanın geldiğini bildiren, biyolojik saattir. Benzer biçimde, kuşlar kış mevsimini geçirmek için göç etmeleri gereken, somon balıkları da çiftleşmek için ne zaman ırmaktan yu-

karı doğru yüzmeleri gereken zamanı bu saat sayesinde bilirler. Tüm bu olaylar, belirli aralıklarla düzenli olarak tekrarlanır. Buna, biyolojik ritim denir. Ritim, canlılara bağlı olarak farklılık gösterir. Kimi döngü daha kısa, kimi daha uzun aralıklarla tekrar eder. Ancak, hepsinin zamanı bellidir. Yalnızca doğadaki bitki ve hayvanlarda değil, bakterilerden mantarlara ve insanlara, tüm canlılarda biyolojik saatin çalıştığını gözlemleyebiliriz.

Tik Tak! Kafamın İçindeki Saat!

Canlıların, biyolojik saatleri tarafından kontrol edilen pek çok davranışı var. Bu davranışlar, belirli ritimlerle tekrarlar. İnsanlar dahil pek çok canlı, 24

saatte bir tekrarlayan “günlük ritme” uyar. Her 29 – 30 günde bir tekrarlayan ve Ay’ın hareketine bağlı olansa “aylık ritim”dir. Deniz kıyısında yaşayan pek çok canlı, 12,4 saatte bir tekrarlayan “gelgit ritmini” izler. Göç ve kış uykusu gibi, mevsimsel davranış tekrarlarıysa “yıllık ritme” bağlı olarak gerçekleşir.

Canlıların davranışlarında görülen günlük ritimler, dört farklı ritim içinde en iyi bilineni. Hem insanlarda hem de diğer canlılarda kolayca gözlemlenebildiği için günlük ritimler konusunda pek çok çalışma yapılmış. Dünyanın kendi çevresindeki dönme hareketi nedeniyle ortaya çıkan aydınlık-karanlık döngüsüne göre ayarlanmış bu ritmi, yaşamımızın pek çok anında gözlemleyebiliriz. Uyuma ve uyanma saatlerimiz, vücudumuz tarafından kontrol edilen bu saate en güzel örnek. Elbette, yalnızca bu değil. Günün 24 saati boyunca, vücudumuzda bir sürü fizyolojik değişiklik oluyor. Örneğin, yemek saatini bilmek için saatimize bakmamıza gerek yok. Çünkü, karnımız günün belirli saatlerinde zaten acıktır. Ya da, gecelere göre gündüz daha çok tuvalete gitme gereksinimi duyarız. Diğer hayvanların da biyolojik saatleri günlük yaşam etkinlikleri sırasında devreye girer. Karınlarını doyurmak için ne zaman yemek aramaları gerektiğini, ne zaman uyuyacaklarını ve ne zaman uyanacaklarını bu saat sayesinde bilirler. Bitkiler de günün belirli saatlerinde açılıp kapanırlar.

Biyolojik saatlerle ilgili araştırmaların geçmiş çok eski tarihlere kadar uzanıyor. Bazı bitkilerin, çiçeklerini gündüz açıp gece kapadıkları biliniyordu. Ancak 1729 yılında Fransız bilimadamı Jean Jacques D’Ortous de Marian, dallarını ve çiçeklerini güneşe çeviren bitkilerin bile, karanlık bir ortamda tutulduklarında yine aynı şekilde açılıp kapandıklarını bulmuş. Bu, canlıların güneş olmadan da zamanı izleyebildiklerini göstermiş. Uyuma, uyanma ya da yiyecek arama gibi davranışların günlük ritimleri, her canlının kendi içsel saatine göre hareket ettiğinin bir göstergesi olarak kabul ediliyor. Bilimadamları, yalnızca canlıların kolaylıkla gözlenebilen davranışları üzerinde çalışmıyorlar. Ayrıntılı ölçümlere dayanan çalışmaları da var. Bu çalışmalardan biri,

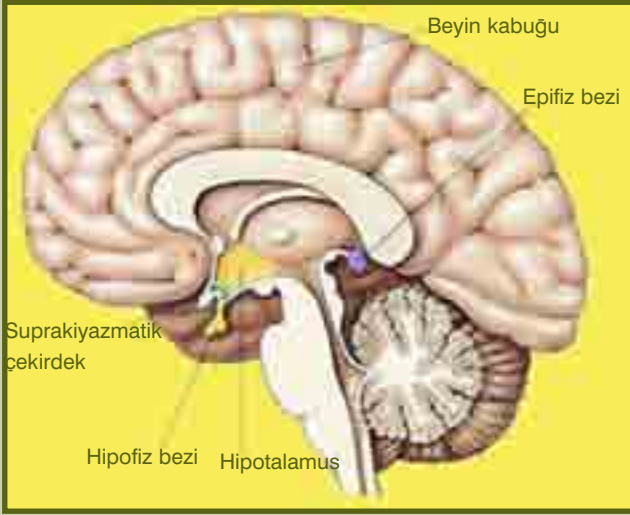


Günlük biyolojik saat, canlılara yemek yeme, uyuma, uyanma gibi her gün tekrarlayan davranışların zamanını bildiriyor.

memelilerde vücut sıcaklığının gece düştüğünü, gündüz en yüksek olduğunu gösteren bulgular ortaya koyuyor. Bu bulgular da, zamanla ilişkili bir döngünün varlığını açığa çıkarıyor.

Araştırmacılar bugün, bu saatin tüm canlılarda olduğunu biliyorlar. Yapılan deneyler, karanlık bir ortamda tutulan hayvanların da, doğada sürdürdüklerine benzer günlük davranışlar sergilediklerini gösteriyor. Ancak, normal doğa koşullarında biyolojik saat güneşe her gün yeniden ayak uyduruyor. İster bakteriler isterse de hayvanlar söz konusu olsun, bu durum hepsinde aynı. Bu özellik, canlıların yaşamında çok önemli. Çünkü, canlılar mevsimlerle birlikte uzayıp kısalan günlere bu özellikleri sayesinde uyum sağlıyorlar.

Peki, canlıların doğuştan sahip oldukları bu saat nasıl çalışıyor? Son 30 - 40 yıl içinde yapılan bazı araştırmalar bu konuya açıklık getirmeye başladı. Bu gün artık, beyinde “hipotalamus” denilen yapının içinde yer alan yaklaşık 10.000 sinir hücresinin bulunduğu bir bölge, bu saatin merkezi olarak kabul ediliyor. Bu bölgeye “Suprakiazmatik



Memeli hayvanlarda, biyolojik saatin merkezi suprakiazmatik çekirdektir. Bazı böceklerde ve salyangozlarda saatin merkezi gözdeki ağtabakada bulunur. Kuşlardaysa yine memelilerdekine benzer şekilde beyindeki epifiz bezinde ya da hipotalamustur.

çekirdek (SCN)” adı veriliyor. Güneş ışığının, gözün ağtabakasındaki ışık almaçlarına ulaşmasıyla alınan uyarılar, görme sinirleri aracılığıyla SCN’ye ulaşarak, bu bölgeyi harekete geçiriyor. SCN, sinir lifleri aracılığıyla yine beyinde bulunan “epifiz bezi” adı verilen organa uyarılar göndermeye başlıyor. Bu da hormonların ve diğer fizyolojik mekanizmaların harekete geçmesini sağlıyor. Sonuçta, SCN’de oluşan değişiklikler, vücut özelliklerinde de değişimlere neden oluyor. Bu anlattıklarımızdan sizin de anlayacağınız gibi, biyolojik saat aslında kimyasal olarak gerçekleşen olayları kapsıyor. İşte, bu kimyasal olayların yürütülmesi de genler tarafından kontrol ediliyor. Biyolojik saatle ilişkili olarak dört temel gen olduğu biliniyor. İlk saat geni, 1970’li yılların başlarında sirketeneğinde bulundu. Bu gene “period” (İngilizce süre anlamına gelir), kısaca “per” adı verildi. Bilimadamları, bu saati kontrol eden başka genlerin de olduğunu biliyorlardı, ancak ikinci geni bulmaları 10 yıl kadar sürdü. Bu gene de “timeless” (değişmeyen), kısaca “tim” adı verildi. 1998 yılındaysa “clock” (saat) ve “cycle” (döngü) adları verilen diğer iki gen daha bulundu. Bu genlerin işlevlerinin ne olduğuna gelince bunlar, hücrelere “saat proteini” üretme komutunu veriyor. Bu proteinler de tıpkı gerçek bir saatin içindeki dişliler gibi, biyolojik saatin çalışmasını sağlıyor. Saat proteinlerinin hücredeki



Biyolojik saatlerle ilgili ilk önemli araştırma, 1970’li yıllarda California Teknoloji Enstitüsü’nde yapıldı. Araştırmada, mutasyon geçirmiş sirketeneği üzerinde çalışıldı ve biyolojik saatle ilişkili genlerin izi sürüldü. Başka bir araştırmada da, ateşböceklerindeki “parlama” geni alınıp, sirketeneğinin “saat” genine aktarıldı. Sonunda, yeni sirketeneği ışıltı ışıltı parlamaya başladı. Çünkü, kanat, bacak, karın gibi bölgelerinde bulunan tüm hücrelerinde biyolojik saat vardı.

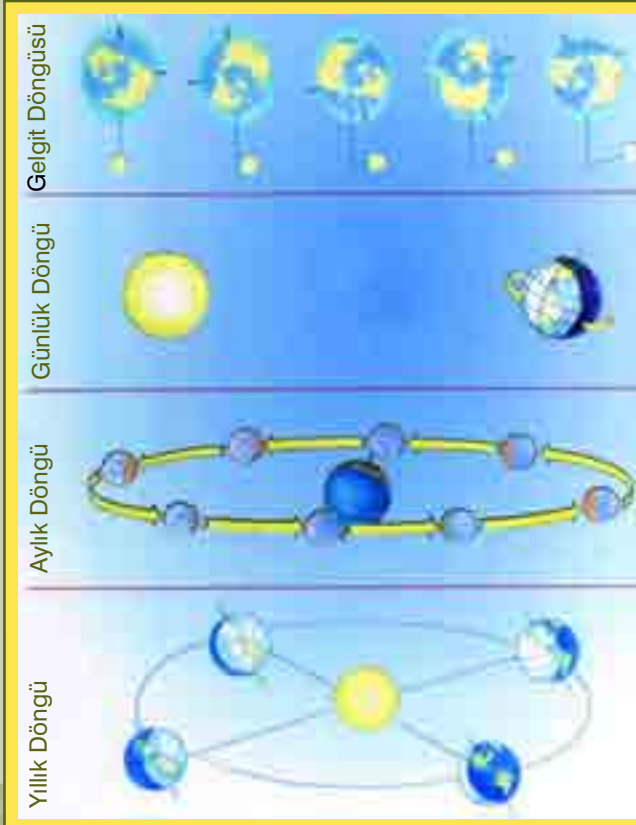
miktarı belli bir düzeye ulaşırsa, saat genleri duruyor; böylece yeni saat proteinlerinin üretimi de duruyor. Bir süre sonra, hücrede bulunan saat proteinleri parçalanarak ortadan kalkıyor. Bu da, genlerin yeniden çalışmaya başlamasını sağlıyor. Tıpkı gerçek bir saatte olduğu gibi, bizim hücrelerimizdeki bu döngü de tam 24 saat sürer.

Ay ve Biyolojik Saat

Ay, Dünya’ya yaklaşık 385.000 km uzaklıkta; üstelik Ay’dan Dünyamıza gelen ışık da, Güneş’le kıyaslandığında, 300.000 kat daha sönük. Buna karşın, pek çok hayvanın ritmik davranışlar göstermesine neden oluyor. Bunu, bazen gezegenimiz üzerinde çekim gücü sayesinde oluşturduğu gelgitler, bazen de, ışığı aracılığıyla gerçekleştiriyor. Bazı durumlardaysa aylık ritimlerin tümüyle biyolojik saat tarafından kontrol edildiği yönünde kanıtlar bulunmuş.

Sualtında Kar Fırtınası

Kayıp Balık Nemo filmini izleyenler Avustralya’daki Büyük Mercan Resifi’ni bilirler. Bu filmin en güzel yönlerinden biri, sualtındaki yaşamı ve oradaki canlıları büyüleyici bir biçimde anlatmasıydı. İşte, Nemo’nun yaşadığı bu yerde gerçekleşen büyüleyici bir başka olayı da biz anlatalım. Bü-



Zaman Döngüleri

Ay, Dünya üzerinde çekim kuvveti yaratır. Bu, Dünya'nın Ay'a bakan ve tam ters tarafındaki yüzeyinde suların kabarmasına neden olur. Bu da, günde iki kez gelgit oluşumuyla sonuçlanır.

Dünya'nın kendi çevresinde dönmesiyle gün ve gece oluşur. Ancak, bu gün-gece döngüsü, kimi zaman daha uzun, kimi zaman daha kısa olabilir. Bu, hangi yarımkürenin Güneş'e daha yakın olduğuna göre değişir. Böylece döngü, yaz mevsiminde daha uzun, kış mevsiminde daha kısa olur.

Ay'ın evreleri, Dünya'nın çevresindeki yörüngesinde bulunduğu yeri gösterir.

Dünya'nın Güneş çevresindeki hareketi göç, kış uykusu, tüy dökme gibi davranışlara yol açar. Dünya'nın kendi hareketiyle birlikte, mevsimler değişir ve günler uzar, kısalır.

yük Mercan Resifi'nde her yıl, Kasım sonu Aralık başında belirli bir gece aynı saatte, görülmeye değer bir üreme gösterisi meydana geliyor. Dolunaydan tam bir hafta sonra Ay'ın etkisiyle gerçekleştiği düşünülen bu olay sırasında, milyonlarca mercan polipi, sperm ve yumurtalarını aynı anda boşaltıyorlar. Bu, gerçek bir "sualtı kar fırtınası"na yol açıyor. Ancak, burada "kar" aşağı değil, yukarı doğru sürükleniyor. Yukarı sürüklenen yumurta ve spermiller buluşarak dölleniyorlar.



Dolunaydan tam bir hafta sonra milyonlarca mercan polipi, sperm ve yumurtalarını aynı anda boşaltıyorlar. Araştırmacılar, bu olayın Ay'ın etkisiyle gerçekleştiği düşünüyorlar.

Deniz Solucanlarının Çılgın Dansı

Ay'ın etkisiyle meydana gelen başka bir olay da solucanlarla ilgili. Büyük Okyanus'ta yaşayan bir tür solucan (*Eunice viridis*) ve onun Batı Hint Adaları'ndaki akrabası (*Eunice fucata*), Ay'ın döngüsüne bağlı olarak en ilginç üreme davranışları örneklerinden birini sergiliyorlar. Bu iki solucan türü, normalde mercanlara ya da kayaların altlarına açtıkları tüp biçimli oyuklara yerleşerek, başları tüpün açık ucunda güvenli şekilde yaşarlar. Ancak üreme zamanı geldiğinde durum biraz değişir. Üreme zamanı yaklaştığında, her bir solucanın arka yarısı değişim geçirir ve burada bulunan üreme organları hızla gelişmeye başlar. Değişim başladığında solucan, kendini tüpün içinde ters çevirir. Başını tüpün iç kısmına yerleştirir ve gelişmekte olan üreme organını tüpün açık kısmına getirir. Üreme organları tümüyle geliştiğinde, arka kısmı vücuttan ayrılır ve sanki farklı bir hayvanmış gibi yüzecek deniz yüzeyine ilerler. Bu yeni vücut parçasında, su yüzeyini kolaylıkla bulabilmesini sağlamak üzere ilkel bir çift göz gelişir. Yüzeye doğru yüzerken, solucanın bu yeni parçası değişimini sürdürür. Yüzeye ulaştığında, içi sperm ya da yumurta

Kendi Alarmınızı Kurun!

İnsanlarda biyolojik saatin varlığını anlamak zor değil. Bunu farketmenin en kolay yolu, uyandığınız saatleri kaydetmek. Sabah uyanabilmek için kurduğunuz saatiniz daha çalmadan birkaç dakika önce kaç kez uyanıyorsunuz? Aslında, biyolojik saatimiz sayesinde çalar saate gerek duymadan sabahları kolayca uyanabiliriz. Elbette bu biyolojik saatinizin ne kadar iyi çalıştığına da bağlı. Bu deneyi, okulunuzun tatil olduğu ve erken kalmanız gerekmeyen günlerde yapmanızda yarar var. Her ne kadar biyolojik saatinizin tıkr tıkr çalışması beklense de, okula geç kalma olasılığı olabilir. Uyumadan önce, hangi saatte kalkmak istediğinize karar verin ve çalar saatinizi kurmayın. Örneğin, çalar saatinizi her sabah 7'ye kuruyorsanız, uyumadan önce kendi kendinize "sabah 7'de uyanacağım" sözlerini tekrarlayın. Daha sonra rahatça uykunuza dalın ve sabah uyandığınızda saatin kaç olduğuna bakın. Eğer bu deneyi birkaç gün sürdürebilirsanız, her gün kaçta uyandığınıza ve bu saatin planladığınız saate ne kadar yakın olduğuna dikkat edin. İlk günlerde biraz geç kalsanız bile, ilerleyen günlerde uyanmanız gereken saate ne kadar yaklaştığınızı göreceksiniz.

dolu bir çanta biçimini almıştır. Burada çanta patlar, içindekiler dışarı yayılır. Düşünün, milyonlarca solucan bu davranışı aynı anda gerçekleştirir. Denizin yüzeyi birdenbire sperm ve yumurtalarla kaplanır ve döllenme gerçekleşir. Bu olayı daha da ilginç yaparsa zamanlaması. Büyük Okyanus'ta ekim ve kasımın son çeyrek Ay'ı sırasındaki gelgit dönemlerinde, yılda iki kez gerçekleşen bu olay,

Tüm Canlılarda Biyolojik Saat Var

İnsanlarda biyolojik saatin çalıştığını kolayca söyleyebiliyoruz. Peki ya öteki hayvanlar? Eğer okulunuzda ya da evinizde evcil bir hayvan besliyorsanız, bunu da anlamamız oldukça kolay. Tek yapmanız gereken, seçtiğiniz hayvanın davranışlarını birkaç gün boyunca belirlediğiniz aralıklarda gözlemlemek. Örneğin, eğer bir balığınız varsa her iki saatte bir 10 dakika boyunca ne yaptığını gözlemleyin. Ne zaman yemek yiyor, ne zaman uyuyor ve ne zaman hareket halinde? Bu deneyi, birkaç arkadaşınızla birlikte yapmanız da işinizi kolaylaştırır. Böylece daha fazla davranışı daha uzun süre izleyebilirsiniz. Yaptığınız gözlemleri düzenli olarak bir yere kaydetmeyi unutmayın. Böylece, belirli zamanlarda hangi hareketlerin yapıldığını kolayca anlayabilirsiniz.



Kıyı yengeçleri, deniz alçaldığı zaman güvenli bir şekilde taşların altına ya da yarıklara saklanırlar. Sular yükselmeye başladığındaysa buradan çıkarlar. Bu yengeçler, deniz kıyısında yaşayan ve gelgitlerde saklanma davranışı gösteren pek çok hayvandan yalnızca biri.

Batı Hint Adaları'nda haziran ve temmuzun üçüncü çeyrek Ay'ı sırasındaki gelgit dönemlerinde gerçekleşir.

Gelgitler, Mevsimler, Zaman...

Pek çok deniz hayvanı, yaşamlarını sürdürürken, gelgitlerin 12,4 saatlik yükselme ve alçalma ritmine uygun davranışlar sergilerler. Bu hayvanlar, bir süre denizin içinde gömülmüş şekilde saklanırken, suların çekilmesiyle güneşin kızgın sıcaklığına maruz kalabilirler. Örneğin, deniz kıyısında sıkça gördüğümüz yengeçler, deniz alçaldığı zaman güvenli bir şekilde taşların altına ya da yarık-



Pek çok hayvan her yıl belirli mevsimlerde tekrarlayan davranışlar gösterirler. Bunlardan biri de, ayıların kış uykusuna yatması.



Boz ötleğenlerin, eski tüylerini döküp yeni tüyler çıkarma zamanını biyolojik saatleri belirliyor.

lara saklanır. Sular yükselmeye başladığındaysa buradan çıkarlar. Bu yengeçler, deniz kıyısında yaşayan ve gelgitlerde saklanma davranışı gösteren pek çok hayvandan yalnızca biri.

Bazı hayvanlar, suyun yükselme ve alçalma hareketine bağlı davranışlarını, aslında başka değişiklikleri farkederek gerçekleştiriyorlar. Tuz miktarındaki değişiklik, deniz suyu hayvanın üzerinden geçerken hissedilen sıcaklık ve basınç değişikliği gibi. Ancak, çevre koşullarındaki değişikliklerin verdiği ipuçlarından başka, bazı davranışlar da içsel olarak gerçekleştiriliyor. Bu durumlarda, dışarıdan aldıkları ipuçları, biyolojik saati etkilemiyor, ancak gelgitlerle uyumlu davranmalarını sağlıyor.

Bir çalışmada, Kuzey Amerika'da bir tür yengeçle laboratuvar deneyleri yapılmış. Bu yengeç türünün özelliği, kıyı yengeçlerinin tersine, sular alçaldığında kendine eş bulmak için dışarı çıkıp, sular yükseldiğinde saklanması. Bu çalışmada, yengeçler 25 gün boyunca karanlıkta ve suyun alçalıp yükselmeden sabit olduğu bir ortamda tutul-

Linnaeus'un "Bahçe Saati"

1751 yılında İsveçli bitkibilimci Carl Linnaeus, yalnızca gündüz açan bazı çiçeklerden "bahçe saati" hazırlamış. Seçtiği belirli çiçekli bitkileri, açıp kapanma saatlerine göre daire şeklindeki bahçesine ekmiş. Bu sayede, hangi çiçeğin açıp kapandığını gözlemleyerek gün içinde saatin kaç olduğunu kolayca tahmin edebiliyormuş. Siz de, hangi çiçeklerin kaçta açıp kapandıklarını gözlemleyerek kendi çevrenizde böyle bir bahçe saati oluşturabilirsiniz.

muşlar. Ancak yengeçler, tıpkı gelgitlerde olduğu gibi, saklanma ve ortaya çıkma davranışlarını aynı düzende sergilemişler. Bu çalışma, bazı davranışların vücut saatiyle kontrol edildiğini gösteriyor.

Yıllık ritimlere gelince, kuşların ve diğer hayvanların göçü, ayıların kış uykusu ve kuşların tüy değiştirmeleri gibi yılın yalnızca belli mevsimlerinde meydana gelen olaylar, mevsimlerin biyolojik saat üzerindeki etkisini gösteriyor. Çok uzun bir zaman dilimi olduğu için, bu yıllık ritimlerin çevresel etkilere mi, yoksa tümüyle biyolojik saate mi bağlı olduğunu gösteren çalışmalar yapmak pek de kolay değil. Çünkü bunu yapmak için, hayvanların yıllarca sabit aydınlık-karanlık ya da sıcaklık ortamlarında gözlemlenmesi gerekiyor. Yine de, bu ritmin biyolojik saatle ilişkili olduğu, birkaç farklı türde ortaya konmuş durumda. Bu konuda yapılan çalışmalardan biri, boz ötleğenler ve karabaşlı ötleğenlerin yıllık tüy dökme davranışı. Her iki kuş türü de, iki yıl boyunca 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık olan sabit bir ortamda tutuldu. Böylece mevsimsel ışık değişikliklerinden uzak kaldılar. Ancak, yıllık tüy dökme davranışları her yıl olduğu gibi sürdü. Benzer şekilde, bir araştırma sırasında ışık etkisinden uzak tutulan bir geyik türü de, boy-nuzlarını yıllık döngüyle döküp yeniden büyütme-yi sürdürdü.

Banu Binbaşaran Tüysüzoğlu

Kaynaklar:
Shuker, K., P., N., Powers of Animals, Marshall, 2001
http://web.sfn.org/content/Publications/BrainBriefings/bio_clocks.html
<http://www.nimh.nih.gov/publicat/bioclock.cfm>
<http://www.nwf.org/nationalwildlife/article.cfm?articleid=243&issueid=27>