

Evrimi Yönlendiren Mekanizmalar

Evrimin önemli ham malzemelerinden biri mutasyonlardır. Mutasyonu açıklamadan önce modifikasyon (ya da diğer adıyla varyasyon) tanımını doğru yapmak gerekir. Modifikasyon, çevre koşullarının etkisiyle canlının genetik yapısındaki şu ya da bu genin zorunlu veya tercihli olarak uyarılması ya da işlevlerin teşvik edilmesi-güçlendirilmesi sonucunda dış görünüşünde (fenotip) ortaya çıkan kalıtsal olmayan değişikliklerdir. Çoğu yayında bunlara kalıtsal olmayan varyasyonlar denir. Evrimsel önemi pek yoktur. Bir çiçeğin farklı sıcaklıklarda farklı renkli çiçek açması, iyi ya da kötü beslenen bir in-

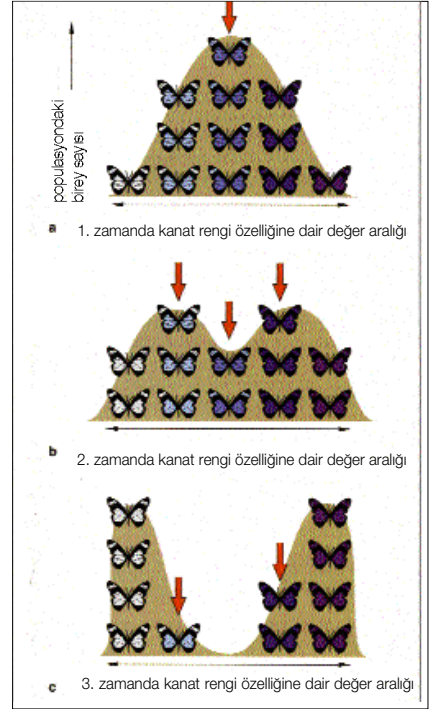
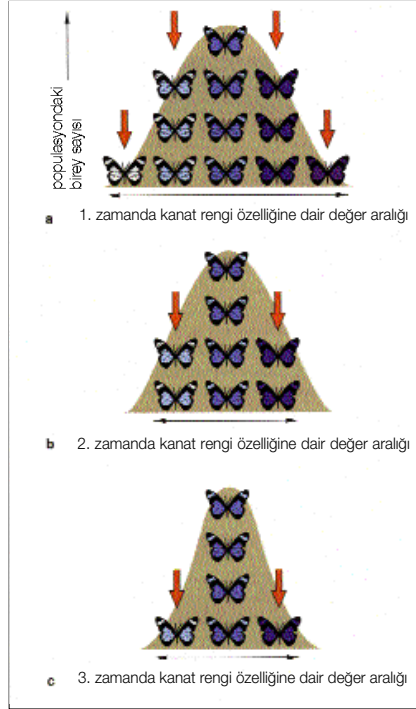
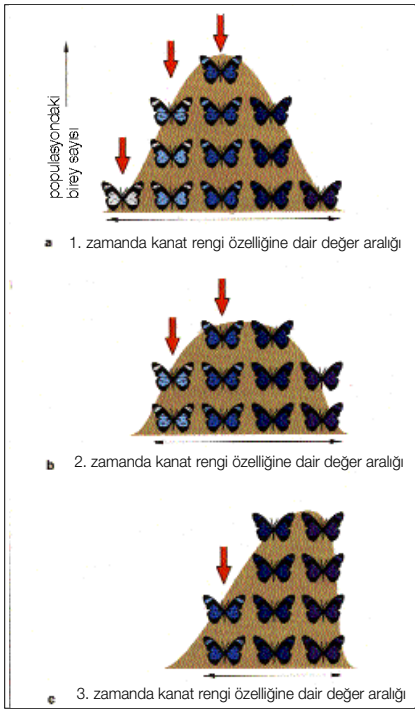
sanın kilosunun fazla ya da eksik olması, değişik sıcaklıklarda yetiştirilen böceklerin farklı renkli olması gibi durumlar, kalıtsal olmayan modifikasyon örnekleridir. Kalıtsal olarak aktarılabilen değişiklikler ise iki ana grupta toplanır

1) Nokta mutasyonları: Başta morötesi, yüksek enerjili X, gama, alfa ve beta ışınları olmak üzere; kimyasal maddeler ve fiziksel etmenler DNA'nın yapısını doğrudan etkileyebilir. En azından DNA'nın yapısındaki tek bir bazın farklılaşmasını sağlayabilir. Bir bazın değişmesi, bazın kromozom üzerindeki yerine göre, canlıya yeni bir özellik, üstünlük

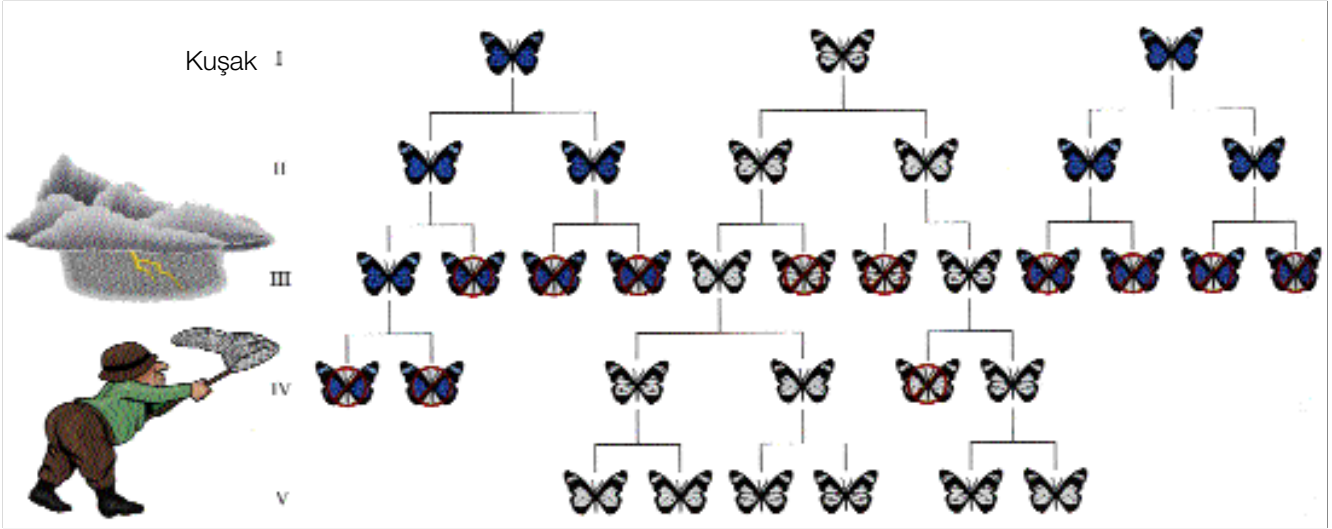
sağlayabilir. Bunlara yararlı mutasyonlar denir. Buna karşılık, enzimlerin aktif merkezlerine isabet eden bir değişiklik, canlının üzerinde öldürücü ya da yaşamsal işlevleri azaltıcı etkiye sahip olabilir.

Canlılığın evriminde lokomotif görevi üstlenen mutasyonlar "nötr" olanlardır. Bunlar proteinlerin belirli amino asitlerini değiştirirler. Bunlar canlının yaşamı üzerinde belirgin yararı ya da zararı olmayan değişikliklerdir. Ortam değiştiğinde o güne kadar etkisiz olan bu mutasyonlar, yeni ortamda canlının ayakta kalabilmesini sağlayabilir. Örneğin hiç antibiyotikle karşılaşmamış bir bakteri kolonisinden bazı bireyler antibiyotikli bir ortamda yaşamaya devam edebilirler. Bu bakterilerde meydana gelmiş nötr mutasyonlar, daha önceleri kendilerini belli etmeseler dahi, bakterileri antibiyotiklere karşı dirençli hale getirmiştir.

2) Birçok canlı, birçok kitapta mutasyon olarak adlandırılmasına karşın doğru adıyla, kromozom değişimleri ile farklı özellikler kazanır. Yani kromozomların yapısında ya da kromozom sayısında değişiklikler olabilir. Bu sayıda değişme ya aynı türün kromozomunun katları şeklin-



Bir kelebek popülasyonunda, dış görünüşte rastlanan çeşitliliği kullanan seçim çeşitleri. Çan eğrisi kanat rengindeki kesintisiz çeşitliliğin aralığını gösteriyor. Sol ve sağ uçlardaki aşırı formların arasında en çok rastlananlar yer alıyor. Turuncu oklar zaman içerisinde hangi türlerin seçildiğini gösteriyor. Birinci kutuda yönlendirilmiş, ikinci kutuda kararlı, üçüncü kutudaysa parçalayıcı seçim yer alıyor.



Küçük bir kelebek popülasyonunda rastlanabilecek genetik sürüklenmeye ilişkin kuramsal bir örnek. Her sembol mavi kanatlı (A alleli) ya da beyaz kanatlı (a alleli) döl vermek üzere çiftleşen iki kelebeği simgeliyor. İlk kuşakta 6 kelebekten 4'ü mavi kanatlı. İkinci kuşakta gen frekanslarında hiçbir değişiklik yaşanmaz, Üçüncü kuşakta meydana gelen bir fırtına ikisi hariç mavi kanatlıların hepsini, beyaz kanatlılarınsa yarısını öldürür. Sağ kalanlar tekrar ürer, ancak gen frekansları artık değişmiştir. Bir kelebek koleksiyoncusu mavi kanatlılardan (A alleli) geriye kalan dört taneyi ve beyaz kanatlılardan iki taneyi koleksiyonuna katar. Rastlantısal bazı nedenlerden ötürü başta az olan a alleli, dördüncü kuşakta hakim gen haline gelmiş, A alleliyse popülasyondan silinmiştir.

de ($n, 2n, 3n, 4n, 8n \dots$) artma ya da kromozomlarının tek tek bir veya iki artıp-azalması ($2n+1, 2n+2, 2n-1 \dots$) şeklinde, ya da farklı bir türle döllenmesiyle ortaya çıkar. Bu yeni kombinasyonların bazıları verimlidir; çünkü kromozom ayrışımı sağlar. Bazen de, katırda olduğu gibi, verimsizdir. Bu yolla çok değişik bitki formları elde edilmiştir.

Kararlı ve kararsız popülasyonlar dünyanın jeolojik, coğrafi ve iklimsel değişimine bağlı olarak, her dönemde vardı. Dünyadaki değişiklikler, bazı türlerin genetik kombinasyonunun kararlı kalmasını sağlar, bazen de onların darmadağın olmasına yol açar. Birçok tür uyum yapabilme yeteneğini artırabilmek için, herhangi bir özellik üzerinde birden fazla gen çiftinin etki göstermesini sağlayacak kalıtsal bileşime sahip olabilir. Bunların bir kısmı aynı özelliğin aşama aşama güçlendirilmesi şeklinde olabilir (boy uzunluğunu saptayan genler). Bazıları bir özelliğin değişik karakterleri şeklinde ortaya çıkmasını sağlayabilir (A, B, O kan grubu). Bazıları iki farklı özelliğin değişik kombinasyonları şeklinde etkiye sahip olabilir. Bir türe ait genlerin toplamına gen havuzu denir. Bir havuzda aynı özellik üzerine etki eden birden fazla gen bulursa da, kural olarak bir bireyde bunlardan yalnız bir çifti bulunur (kan gruplarında olduğu gibi). Yaşam ortamındaki koşullar eğer ka-

rarlı haldeyse, bu havuzdaki genler belirli bir süre içerisinde o günkü çevre koşullarına en fazla uyum sağlayacak şekilde kararlı bir yapı oluşturur. Bunlara kararlı popülasyonlar adı verilir. Dünyada böyle bir popülasyon hiçbir zaman tam olarak oluşmamıştır. Böyle bir kararlı popülasyonda kuramsal olarak nokta mutasyonu ya da kromozom değişimi olmamalıdır. Doğal koşullar şu ya da bu özelliğin (genin) ortadan kalkmasına ya da yayılmasına neden olacak bir etki yaratmamalıdır. Popülasyona, farklı gen frekansına sahip bir başka popülasyondan göç olmamalıdır. Benzer şekilde, popülasyon içerisinden gen frekansını değiştirecek şekilde, dış ortama herhangi bir göç olmamalıdır. Üreme davranışında, özel bir karakteri daha yaygın duruma getirecek eşeyssel seçim olmamalıdır. Hiç bir özelliğin özel olarak seçilmediği ya da elenmediği, dölleri boyunca genlerin frekansının sabit kaldığı, yeterince büyük olan (eğer popülasyon küçük ise frekanslar hızla değişebilir) popülasyonlarda, genlerin frekansının toplamı 1'dir ve böylece, kuramsal olarak tüm frekansların sabit olduğu bir popülasyon elde edilir.

Daha önce evrimin ham malzemeleri olarak adlandırılan süreçler, her koşulda popülasyonun kararlılığını bozarlar. Ancak evrimsel ham malzeme hiç var olmamış olsaydı bi-

le, popülasyonun kararlı kalmasını sağlayan koşullardan birinin ya da birkaçının değişmesi evrime yol açabilirdi.

1) Koşulların değişmesi: Dünyanın başlangıcından bu yana, iklimde, coğrafi yapıda, hatta biyolojik yapıların diğer unsurlarında (örneğin, avı ilişkisi) meydana gelen (ve gelecek olan) değişiklikler, kararlı diye tanımladığımız popülasyonların üzerinde bazı genlerin daha çok seçilmesini sağlayabilir. Zaman içerisinde o genlerin frekansları başlangıç değerlerinden farklılık gösterir. Örneğin bir özellik % 1 oranında tercih ediliyorsa ve o tür senede bir defa döl veriyorsa, kaba bir hesaplama en geç 100.000 yıl içerisinde bu frekansın % 99'a ulaşması demektir. Bir tür, yaprakbitleri gibi, senede birden fazla döl veriyorsa, süre 10.000 yıla düşer. İşte kısa yaşayan, çok döl veren popülasyonların hızlı evriminin nedeni buna dayanır. Doğal koşullar, bazen bir popülasyondaki aşırı uçları eleyerek, orta kısımdakileri daha şanslı kılabilir. Bu genellikle kararlı popülasyonlardaki temel işleyiş şeklindedir. Bazen doğal koşullar o popülasyonlardaki özelliklerin iki aşırı ucunun seçilmesini, ortalamaların ayıklanmasını da sağlayabilir. Buna parçalayıcı değişim denir. Dünyadaki kıtaların kayması, ormanlaşma, çölleşme, stepleşme, tarım arazisine dönüşme gibi fiziksel ve kimyasal değişimler



Tropik Avustralya ormanlarında yaşayan bu çekirgeninki gibi olağanüstü kamuflaj yeteneği, organizmanın yaşama ve çoğalma şansını artırır (solda). Eşey seçimi birçok türün erkeklerinin gösterişli olmasına yol açmıştır.

belirli bir doğal seçim baskısı ortaya çıkarır. Bir tarım arazisine uygulanan ilaçlamanın bile seçim baskısında etkisi vardır. Birçok gen pleiotropiktir, yani canlının birden fazla özelliği üzerinde etkilidir. Doğal seçim bu özelliklerden birinin yararına, diğerinin zararına da çalışabilir. Sonuçta evrimsel yönlendirilme pleiotropik genin kontrol ettiği özelliklerin seçilmesine ya da elenmesine, seçiliminin cebirsel toplamına eşit olur. Örneğin çok tipik olan orak hücreli anemide S geni, bir taraftan oksijen bağlanmasını kısıtlarken, diğer yandan sıtmaya karşı dayanıklılık sağlar. Sıtmanın yaygın olduğu ortamda, doğal seçim bu ikisinin cebirsel toplamına göre yönlendirilir. 100 bireyin 60'ı sıtmadan; bu gen olduğu zaman da 50'si oksijensizlikten ölüyorsa, o zaman % 10'luk bir kesim avantajlı olduğundan, bu gen o popülasyonda korunur. Ortamdan sıtma mikrobu yok edilirse (ya da tersine yaygınlaşırsa) frekans değişir. Bu genin frekansı sıtmalı bölgelerden sağlam bölgelere gidildikçe azalır. Doğal seçimin etkisinin artırılması, popülasyondaki gen çeşitliliğini de artırır. Dolayısıyla parça değişimi, mutasyon her ne kadar popülasyon kararlılığını karıştırırsa da, doğal seçim için uygun bir zemin oluşturması nede-

niyle evrimsel çeşitlenmede lokomotif görevi yapar. Mutasyonların ve rekombinasyonların fazla oluşması, popülasyonun kararlılığını bozacağı için negatif etki yapar. Az oluşması çeşitlilik bakımından seçeneği azaltacağı için etkisi olumsuzdur. Bu nedenle her tür için doğal koşullarda yeterince mutasyon meydana getirecek ve seçilime uğratacak bir düzenek kurulmuştur. Farklı yaşam ortamlarında doğal seçim baskısı farklı şekilde yürütüldüğünden, zaman içerisinde hem o ortama uygun canlı türleri oluşmuş hem de yaşam ortamları ortaya çıkmıştır.

Morötesi ışınlar bilinen mutasyona yol açan en etkili faktörlerden biridir. Yükseklerle doğru çıkıldıkça mor ötesi ışınların etkisinin artmasıyla birlikte mutasyon oranında da artmalar ortaya çıkar. Ayrıca dağların tepesine doğru çıkıldıkça, yaşam ortamındaki çeşitlilik de artar. Yani doğal seçim baskısı çeşitlenir. Yükseklerle doğru çıkıldıkça tür çeşitliliğinin artması bu nedenden ötürüdür. Bununla birlikte, yaşam koşullarının aşırıya doğru kayması, türlerin yaygınlaşmasına ya da sıklığının artmasına engel olur. Buna karşılık toprak altında yaşayan ya da çoğunlukla gececi olan (güneş ışınlarından kaçan) birçok hayvan türü ilkel özelliklerini koru-

muşlardır. Akreplerin uzun yıllardan beri değişmemelerinin nedeni budur.

2) Popülasyon içine ya da dışına göç: Göç, kararlı popülasyonların bozulma nedenlerinden biridir. Aynı türe ait, bazı özellikleri bakımından farklı gen frekansına sahip bir topluluk, herhangi bir yolla bir popülasyonun içerisine girerse, o popülasyonda bir dalgalanmaya ve frekans değişimine neden olur: Örneğin Türk toplumunda mavi göz frekansı % 16, Almanlar'da % 81'dir. Her döl başına (bu, insan soyunda 30-50 yıldır) ne oranda bir göçün gerçekleştiğini ve her iki popülasyonun ne miktarda çiftleştiğini biliyorsak, bu sayılardan yola çıkarak, gelecekte, bu popülasyonlardaki mavi göz geninin frekansının nasıl değişeceğini öngörebiliriz.

Eğer bir popülasyon içerisinde, deme, ırk gibi küçük grupların herhangi bir nedenle popülasyon dışına göçü sağlanırsa, toplam popülasyon frekansında yine önemli değişimler meydana gelebilir. Doğal popülasyonların hiçbirinin sabit kalması mümkün değildir. Çünkü dış ve iç göç engellenemez.

3) Genetik Sürüklenme: Bir popülasyon yeterince büyükse, kararlı yapısını koruyabilir. Gen frekansları yönünden ait olduğu popülasyondan önemli ölçüde farklı olan, küçük bir birim, o popülasyondan ayrılıp, yeni bir popülasyonun kurucusu olarak görev yaparsa, zaman içerisinde yeni popülasyonların ortaya çıkmasına neden olur. Örneğin Anadolu'da % 80 mavi gözlü olan bir köy (normal frekans %16) bulunduğu yerden sürülüp herhangi başka bir yere yerleştirildiğinde, yeni popülasyon ana popülasyondan mavi göz geninin frekansı bakımından büyük ölçüde farklı olacaktır.

4) Eşey Seçimi: Kural olarak canlılarda, erginliğe ulaşmış bireylerin bir araya gelmeleri ve çiftleşmeleri aynıdır. Kuramsal olarak her bireyin çiftleşme şansı eşittir. Fakat gametlerde, kalıtsal yapıya bağlı olarak ya da olmayarak, hareket yeteneğinde ve çekici kimyasal maddelerin yapısında değişiklik olursa gamet seçimi olur. Ancak en önemli eşeysel seçim, ergenlik dönemindekindir. Bunun nedeni kalıplaşmış davranışlar-

dır (imprinting behaviour). Biyolojik çeşitliliğin korunabilmesi için erkek ve dişi geçişlerinin tam olarak ayrılması ve özelliklerin kesin olarak farklılaşması gerekir. Bunun için de özellikle yalnızca rekombinasyon meydana getiren, çoğunlukla bunun ötesinde başka önemi olmayan, yavru bakımıyla ilgilenmeyen erkeğin güçlendirilmesi daha iyi sonuçlar verir. Dişilerin zemine uygun, gösterişsiz, parlak renklerden arınmış, abartısız bireyler olarak kalması; buna karşılık erkeklerde göze çarpıcı, ancak doğal tehlikelere de açık ikincil eşey özelliklerinin ortaya çıkması sağlanmıştır. İkincil eşey özelliklerinin gösterimi ile erkeklik genlerinin diziliminin gücü arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur. Canlılar aleminde basitten gelişmişe doğru gidildikçe, sağlam genetik yapının bir ifadesi olarak sağlam fiziksel yapının seçilmesi için, aynı eşeyin bireyleri arasında (çoğunlukla da erkekler arasında); kavgalar, danslar gittikçe güçlenmiştir. Bu gösteri sırasında bugün biyolojik olarak çok defa anlam taşımayan renk-şekil-ses özellikleri, kalıplaşmış davranış şekliyle seçilmiştir. Günlük yaşamımızda da kalıplaşmış davranış hiçbir nedeni olmadan işlev görür. Herhangi bir erkeği/kızı sevmemiz ya da ilk defa karşılaşılan bir insanı itici görme davranışı tamamen kalıplaşmış davranıştır. Sonuç olarak bir populasyonda eşeyler, birbirini rastgele seçer desek de, insanlarda ve birçok populasyonda belirli özelliklere sahip bireylerin, belirli özelliklere sahip bireylerce seçildiğini görürüz. Bu da populasyonun bir anlamda dallanması demektir.

5) Aşırı uçların ayıklanması: Tüm canlılarda, her ne yolla olursa olsun yeni özellikler o türün geleceğini tehlikeye atmayacak kadar teşvik edilir. Fakat doğal seçimle aşırı uçlar çoğunlukla ayıklandığı için sonuçta dengelenmiş polimorfizm dediğimiz, o ortam için en uygun boyutlar elde edilir. Örneğin, insan beyninin büyümesi, başarısı için koşuldur. Fakat sürekli büyümesi teşvik edilen kafanın, ananın çatı kemiğinden geçememesi de söz konusudur. Bu nedenle ananın simfis açıklığı, kafa büyüklüğünün optimum olmasını sağlamıştır. Başka bir örnek



Karayip adalarında bulunan salyangozların yalnızca bir türünde gözlenen, kabuk rengi ve desenlerindeki çeşitlilik.

ise, kavakların güneşe ulaşmak için boylarını sürekli uzatmalarının, uzun boylu kavakların rüzgârla devrilme seçilimiyle dengelenmesidir. Bu nedenle her bölge için optimum (rüzgâr-güneş ilişkisi) boy belirlenir. Biz geniş bir populasyonda en uzun kavağı elde etmek istiyorsak derelere, en kısa olanı istersek dağlara gitmeliyiz.

6) Coğrafi izolasyon: Populasyonlarda genetik çeşitlenme, eşey seçimi, doğal seçim olsa da, zaman içerisinde kalıtsal yapının alt tür, tür düzeyinde farklılaşması için, belirli bir süre etkin bir şekilde işlev yapan yalıtım sistemine gereksinim vardır (kara canlıları için su, suda yaşayan canlılar için kara, sıcaklık, kimyasal feromonlar, ses vs.). Bunun en etkin yolu coğrafi yalıtımdır. Coğrafi yalıtım yeterli süre etkili olamamışsa, farklı populasyonlar tekrar bir araya gelebilir. Yalıtılmış populasyonlar arasında sınırlı da olsa gen akışı meydana gelirse alt türler oluşur.

Dünyada çoğunlukla doğal koşulların değişimiyle ve buna bağlı olarak doğal seçimle, ortaya çıkan fenotipler arasında belirli bir denge söz konusudur. Ancak koşullar sürekli şiddetini artıracak şekildeyse ve o koşulların etkisi altında kalan canlıların kalıtsal yapısı bu değişimi karşılayacak kalıtsal çeşitlilikten yoksunsa, o tür ortadan kalkar. Kalıtsal varyasyonlar bu değişimi karşıla-

yacak yeterlilikte değilse, bu canlıların izleyeceği iki ana yol vardır:

Canlı bu koşullardan uzaklaşmak için göç edebilir; küçük ve uygun koşulları barındıran sığınaklara kaçabilir. Populasyonun bir kısmı göç olanağını bulurken, diğer kısmı doğal seçimle başka bir türe (türlere) dönüşmek suretiyle varlığını sürdürebilir. Biri tükenme, diğeri ise evrimdir.

Buzul dönemlerinde birçok canlı güneye göç etmek suretiyle, daha ılık iklimin egemen olduğu İspanya ve Türkiye'ye sığınmışlardır. Anadolu'ya sığınan bu canlılar buzul dönemlerinden sonra, bir kısmı kuzeye (ılıman iklimlere) çekilirken, bir kısmı da daha serin olan yüksek dağlara doğru çekilerek, orada yüksek enerjili ışınlarla kalıtsal çeşitliliğini artırmış ve doğal seçimle, çok farklı tür ve alt türlere dönüşmüşlerdir. Anadolu'nun dağ ve vadilerle (coğrafi bariyerler) derin olarak birçok bölmeye ayrılması, yalıtımı ve dolayısıyla alt-türleşme ve türleşmeyi olanaklı hale getirmiştir.

Anadolu bu nedenle tür, alt-tür ve ekotip bakımından bir cennet durumuna ulaşmıştır. Dileriz ki yetkililer ve kamu, bu hazineyi yeterince koruyabilir ve değerlendirebilir.

Ali Demirsoy
Prof. Dr. H.Ü. Biyoloji Bölümü

Kaynaklar
Demirsoy, A., *Kalıtım ve Evrim*, Ankara, 1996
Demirsoy, A., *Yaşamın Temel Kuralları*, Ankara, 1998
Starr, C., Taggart, R., *Biology*, Belmont, 1995