



Dört milyar yıl önceki koşullar, bir sürü basit molekülün yanı sıra büyük bir olasılıkla ilk olarak 16; daha sonra 20 amino asitle, sitozin (S), guanin (G), adenin (A) ve urasil (U) adı verilen bazların sentezlenmesini gerçekleştirmiş olabilir. İlkel atmosfer taklit edilerek gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinin çoğunda, bu amino asitler ve bazlar, inorganik maddelerden kendiliğinden sentezlenerek elde edilebilmiştir. Koşulların değişimiyle ortaya çıkan ürünler de değiştiğinden, farklı birçok amino asitin sentezi aynı yolla gerçekleşmiştir. Aslında 20'den fazla amino asit sentezlenebilir. Ancak bugün sadece 20 amino asit ve 4 baz (kalıtsal materyalin şifrelenmesini sağlayan maddeler) bulunması, Dünya'nın o günkü koşullarının, sadece bu maddelerin bol miktarda sentezlenmesine elvermesindedir. Bir başka nedenden de, olasılıkla sentezlenmiş bulunan, ancak bugün canlıların kullanmadığı diğer amino asitlerin doğal seçimle ayıklanmasıdır.

Bugünkü canlıların yapısını ana hatlarıyla oluşturan birçok koşul, ilkel yeryüzünün ilk zamanlarında etkindi. Bu faktörler sırasıyla fazla bir engele takılmadan yeryüzüne ulaşan Güneş ışınlarının bileşimi (özellikle morötesi ışığın yapısı), Dünya'nın çevresini saran manyetik koşullar (Van Allen kuşakları) ve atmosferin ilk zamanlarında var olmayan ozon tabakasının oluşması ve giderek etkisini artırmasıdır. 1,5-2 milyar yıl önce Güneş ışınlarının okyanusların yüzeyine vurarak, suyu elementlerine ayrıştırmasıyla (fotodisosiyasyon), serbest oksijen (O<sub>2</sub>) oluşmuştur. Serbest oksijenin belirli bir yükseklikte, yüksek enerjili Güneş ışınlarıyla bombardımanı sonucu ozon (O<sub>3</sub>) meydana gelmiş, canlıların yapısını oluşturan ve onları yıkıcı morötesi ışınların etkilerinden koruyan ozon tabakası da böylece devreye girmiştir. Bu dönemde hidrojen gazı, Dünya'nın kütesinin yeterli olmaması nedeniyle, tutulamayarak uzaya kaçmıştır. Bugün de aynı süreç devam etmektedir. Bu nedenle atmosferdeki hidrojen oranı hep düş-



*İnsanoğlu başlangıcından beri, Dünya'nın, yaşamın ve kendisinin kökeniyle ilgili sorulara yanıt aramıştır...*

mektedir. Ozon tabakası ancak belli dalga boylarındaki morötesi ışınların yeryüzüne ulaşmasına izin verir. Bu ışınların belirli bir dalga boyunda bazı canlılarda, örneğin, D vitaminleri sentezlenir. Bugün canlıların sahip olduğu birçok özellik, günümüzden 4,5 milyar yıl önce oluşan ozon tabakasının seçici özelliğini yansıtır. 1,5-2 milyar yıl önceki ozon tabakasında, oksijen yalnız fotodisosiyasyon sonucu ortaya çıktığından, etkisi zayıftı (günümüzdekinin 1/1000'i). Dolayısıyla canlılık yine başka bir süzgeç olan okyanusların tabanında yaşamını sürdürmek zorundaydı. Su, tepkimelere zemin oluşturabilme ve ısıyı yüksek oranda tamponla-

yabilme özelliğinden dolayı, yaşam için önemli bir ortam oluşturur. Ozon tabakasının işlevinin görece zayıf olduğu bu dönemde, canlılar denizlerin altında yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Bu canlıların yüzeye çıkmaları, kuvvetli morötesi ışınların üzerlerinde yıkıcı etki yapmasından ötürü olanaksızdı.

Fotosentetik bakterilerin ortaya çıkışıyla, atmosferdeki oksijen salt fotodisosiyasyon yoluyla değil, fotosentez yoluyla da oluşmaya başladı. O dönemden bu yana, dünyadaki oksijen miktarı bugünkü % 21'lik orana yaklaştı. Ozon tabakasının güçlenmesiyle, yıkıcı morötesi ışınları önemli ölçüde engellendi. Ancak bu aşamadan sonra, canlılar yavaş yavaş, önce suyun yüzeyine, daha sonra da karaya çıkma şansını elde ettiler.

Polimerlerin en büyük düşmanı serbest oksijendir; oksijen onları ok-





sitleyerek parçalar. Bu nedenle, Dünya'nın başlangıcında oksijen ortaya çıksaydı yaşamı önleyecekti. Dünya'nın ilk zamanlarında serbest oksijen olmaması nedeniyle polimerler oksitlenmeden uzun süre varlıklarını koruma şansına kavuşmuşlardı. Bugün canlılığın tekrar oluşmamasının temel nedeni, serbest oksijenin polimerleri anında oksitlemesindedir.

İlkel atmosfer koşullarında oluşan birçok molekül arasında S, G, A, U bazları da yer alıyordu. Bunların birbirlerine bağlanma özellikleri vardır. Bu, değişik fiziksel koşullarla olabildiği gibi, yüzey tepkimelerine uygunluk gösteren kil partikülleri aracılığıyla da olabilir. S, G, A, U bazları bir araya geldiklerinde, zincir halindeki RNA'yı (ribonükleik asit) oluştururlar. Bu zincirler başlangıçta yaklaşık 10-15 baz uzunluğundadır. Dolayısıyla büyük bir olasılıkla, yaşam RNA ile başlamıştır. Daha sonraki bir aşama-



da urasil, dönüşme ya da eklenme yoluyla yerini timine (T) bırakmıştır. Bu noktadan sonra daha kararlı bir molekül olan DNA ortaya çıkmış ve hayranlık verici serüvenine başlamıştır.

Başlangıçtaki canlılar daha önce inorganik yoldan oluşmuş olan molekülleri kullanarak yaşamlarını sürdürüyorlardı. Ancak zaman içerisinde biriken tüm molekülleri ortadan kaldırdılar. Bunların içinden bir ya da birkaçı dünyada en çok bulunan maddeden –sudan– hidrojen elde etme yolunu geliştirince, hem kendisini hem de diğer hayvansal canlıları kurtarmış oldu.

## Fotosentez Mekanizması

RNA ve DNA zincirlerini taşıyan moleküller büyük bir olasılıkla, zamanla, yanardağ işlevleri ya da derin denizlerin altındaki tektonik işlevlerle, amino asitlerin yüksek sıcaklıklarda kaynatılması ile oluşan,



bugünkü hücre zarına benzeyen polimerlerin içerisine girmiş olmalıdır. Bu ilkel hücre zarı yapısının, zaman içerisinde çeşitli elementlerin, moleküllerin katılımıyla daha organize bir hücre zarına dönüştüğü varsayılır.

Sözkonusu ilkel hücre zarı yapısını bugün laboratuvar ortamında taklit etmek mümkündür.

Bakteri benzeri ilk yapılar o dönemde inorganik yollarla sentezlenen glukozu (başka basit şekerleri de) ve ATP'yi (adenin trifosfat) enerji kaynağı olarak kullanmaya başladılar.

İlkin hücreler çevrede daha önce yığılmış bulunan glukozu tüketince, belki de Dünya'da ilk besin krizi ortaya çıkmış, o günkü canlıların büyük bir kısmı ortadan kalkmıştır. İlkin hücrelerden bir ya da birkaç tanesi, daha küçük moleküllerden glukozu sentezleyen bir enzime sahip

## Darwin ve Evrim Kuramı

Darwin'in evrim kuramı, son yüzelli yıl boyunca en çok tartışılan, özellikle bağnaz çevrelerin tepki ve karalama kampanyasına hedef olan bir konudur. Bunun bir nedeni kuramın teokratik dogmalarla bağdaşmazlığı ise, bir diğer nedeni de kimi bilim adamlarınca bile, insancıl değerler açısından yadırganmasıdır. Kısa bir yazı çerçevesinde bu tepki ve eleştirileri ayrıntılara girmek ele almaya olanak yoktur. Biz burada önemli gördüğümüz birkaç noktaya değinmekle yetineceğiz. Ama önce evrim kuramından ne anladığımızı kısaca belirtelim.

Değineceğimiz ilk nokta, evrim olgusuyla evrim kuramının karıştırılmamasıdır. Evrim zaman içinde nesnel bir süreç, doğal bir oluşumdur. Evrim kuramı ise bu oluşumu nedenlerine inerek açıklamaya yönelik kavramsal bir dizgedir. Biri olgusal, diğeri düşünsel niteliktedir. Değineceğimiz ikinci nokta, ortaya atılan bir kuramın açıklama kapsam ve gücü ne olursa olsun, başka kuram seçeneklerini olanaksız kılmadığıdır. Başka bir deyişle, bilimde kesin doğruluk yoktur, ulaşılan her sonuç eleştiriye açıktır. Örneğin, Darwin kendi çalışmasını önceleyen Lamarck kuramını kimi yönlerden yetersiz bulduğu için, yıllarca süren daha doyurucu bir kuram arayışına girmişti.

Lamarck'a göre evrimde asıl belirleyici etken çevre koşulları değil, bireyin kendisinden

kaynaklanan "sürekliliğe daha karmaşık ve düzenli bir yetkinliğe yönelik itici güç"tü. Bu doğrultuda, bireyin yaşam süresi boyunca edindiği yeni özellikler yavrularına kalıtsal olarak geçmekte, böylece daha yetkin birey ve türlerin oluşumu gerçekleşmekteydi. Ne var ki, ilk bakışta akla oldukça yakın gelen bir hipotezin bilim adamlarınca benimsenmesi en azından iki yönden kolay değildi: (a) Hipotezin türlerin değişmezliğine ilişkin yerleşik önyargıya ters düşmesi; (b) Bireyin yaşam süresince edindiği özelliklerin kalıtsallık varsayımının olgusal dayanakları yoksunluğu.

Türlerin değişmezliği önyargısı bugün de etkisini sürdürmektedir. Darwin'in bu engelli aşip kuramını açıklaması uzun yıllarını almıştır.

Evrim kuramının bilimsel konumunu değerlendirirken, kuramın temel taşları sayabileceğimiz üç öğretiyi gözönünde tutmamız gerekir:

(1) Evrimin yavaş ilerleyen bir süreç olduğu. Organizmaların tümünün basit veya ilkel formlardan evrildiği.

(2) Evrim sürecinin bireyler üzerinden gerçekleşerek, popülasyonları yönlendirdiği.

(3) Doğal seleksiyon düzeneği. Varolma savaşında, çevre koşullarına uyum sağlama da yetersiz kalan bireyler ayıklanır, üstünlük kuranlar çoğalmayı sürdürür; böylece daha karmaşık ve yetkin türlere yol açılmış olur.

Evrimi fiziksel olarak veya doğaüstü bir güce başvurmaksızın, açıklayan doğal seçim ilkesi, mutasyon veya rastlantısal varyasyonlar üzerinde çalışan, kalıtsal özellikleri bir tür denetim altında tutan, salt mekanik bir düzeneğdir.

19. yüzyıl bilimcilerinin çoğuyla kucakladıkları Darwin kuramı, başta bağnaz kesimler olmak üzere, kimi bilim adamlarıyla entellektüellerin de içlerine sindiremedikleri bir görüştü. Beklenen tepkiyi yumuşatmak için evrim kuramının öncülerinden Wallace şöyle bir açıklama yapma gereğini duymuştu: "Darwincilik dayandığı mantığın en aşırı yorumunda bile, insanın ruhsal doğasını yadsımayı değil, tam tersine, doğrulamayı içermektedir." Ancak bu türden sözler inandırıcı olmanın uzaktı. Darwin'in öğretisi yorum gerektirmeyecek kadar açıktı: Tüm canlılar gibi insan da salt mekanik bir sürecin ürünüydü; tansıral yaratılış değil, doğal seleksiyon söz konusuydu. Nitekim değişik çevreler çok geçmeden tepkilerini ortaya koydular. Bağnazların tepkileri şu sözlerle özetlenebilir: Tanrı tanımaz Darwin bilim adamı değil, bir şarlatanıdır. Yazın dünyasının ünlülerinden Chesterton'un yargısı daha az kırıcı değildi: "Darwin kuramı bir zehirdir; dünyanın bugün içine düştüğü bunalımın başlıca nedeni bu zehirdir." Dönemin Dublin Üniversitesi biyoloji profesörü Houghton da Darwin'i ne dediğini bilmeyen bir ukala sayıyordu: "Darwin'in kuramında yeni olan her şey yanlıştır; doğru olan da zaten bildiğimiz şeyler!"



Dünya'nın oluşumundan bu yana geçen jeolojik devirler. Jeolojik devirler tortul kayaların zaman içindeki yavaş oluşumlarıyla saptanır. Bu kayalar kum ve toz gibi parçacıkların yavaş ancak sürekli yığılmasıyla oluşur. Dünya'nın kabuğu bu kayalardan oluşan kalın katmanlar tarafından oluşur. Genelde en eski en altta, en yeni de en üstte bulunur. (myö, milyon yıl önce)

Ordovisyen (505-438 myö)

Kambriyen öncesi (4600-550 myö)

Dünya'nın oluşumu

Kambriyen (438-408 myö)

Silüryen (438-408 myö)

Devonyen (408-360 myö)

Karbonifer (360-286 myö)

Kuvaterner (2 myö günümüz)

Permiyen (286-248 myö)

Tersiyer (65-2 myö)

Jura (208-144 myö)

Tebeşir (144-65 myö)

Triyas (248-208 myö)

de atık madde olarak ortama verildi. Böylece fotosentez mekanizması bulunmuş oldu. Bu aşamada yeryüzündeki canlılık heterotrofik bakteriler benzeri formlar ve fotosentetik bakteriler şeklindeydi. Fotosentez nedeniyle Dünya'daki oksijen miktarı yükselince, ozon tabakası güçlendi. Morötesi ışınların etkilerinin azalmasıyla, denizlerin dibinde bulunan canlılık su yüzeyine çıkmaya başladı. Ancak bu durumun bir olumsuz etkisi oldu: Oksijen miktarı yükseldikçe canlılar oksijenin yıkıcı etkisinden dolayı yok olmaya başladılar. Belki tek bir canlı ya da Dünya'daki birkaç bakteri benzeri canlı, edindiği birkaç enzim ile, oksijeni aşamalı oksitleme işlemi için kullanmaya başlayınca, bazı bakteriler bugünkü canlıların hücrelerinde bulunan ve hücrenin enerji çevrimini sağlayan mitokondrilerin atasına dönüştü. Bu aşamaya kadar Dünya'daki tüm biyolojik işlemler, oksijensiz solunumla gerçekleşmiştir. Mitokondri bulununca ilk defa glukoz başına ortaya çıkan enerji miktarında patlama yaşandı (36-38 ATP). Canlılık birden bire bu merdivenlerde önemli bir sıçrama gerçekleştirdi. Heterotrof canlıların bir kısmı, mitokondri özelliği kazanmış bakterileri ve bunun yanı sıra fotosentez yetenekli başka bakterileri bir çeşit fagositozla hücre içine aldı. Her ikisini birden alanlar bitki hücresine, sadece mitokondri özelliği kazanmış bakterileri alanlar hayvan hücresine dönüştü.

İlkel hücreler, hayvan ve bitki hücreleri niteliği kazanana dek, DNA tek zincirli çember formundaydı. Ancak daha fazla kalıtsal bilgi zincire eklenince DNA kendini eşleyemeyecek uzunluğa ulaştı. Bir rastlandı sonucu TTGGGG (memelilerde TTAGGG) baz dizilimleri bu kromozomların içerisine girince, o güne kadar çember biçimindeki kromozomların ucunda telomer adı verilen bölümler oluştu. Bu dizilimler, kromozomların uçlarının birbirlerine yapışmasını önleyerek, bir çeşit bağımsız kimlik kazanmalarını sağladı. Böylece çember DNA, bugünkü çubuk ya da V şeklindeki kromozomlara dönüştü.

Yine bu aşamada DNA tek (haploid) değil, iki zincir (diploid) halinde bulunmaya başladı. Telomerlerin DNA zincirinin başını ve sonunu

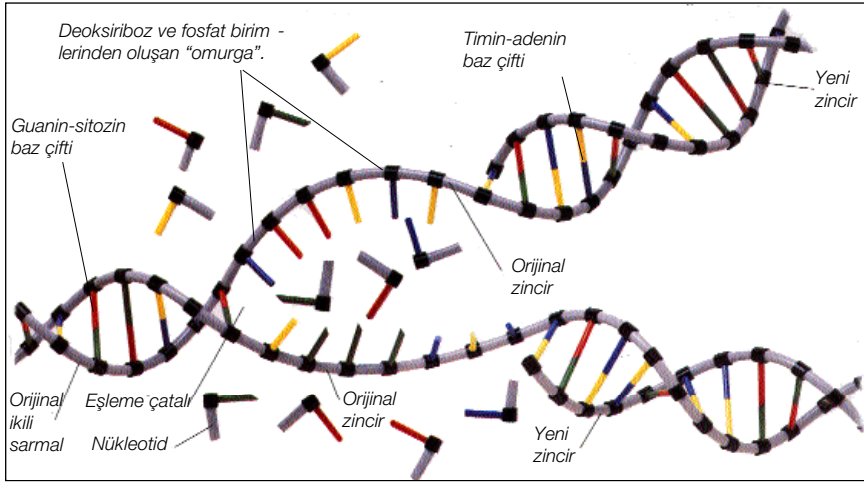
ayırması dışında en önemli özellikleri, canlının ömrünü belirlemesidir. Telomerin belli bir parçasının kendini yineleyememesinden dolayı, hücre bölünmesi sırasında kopup kaybolması, canlılar için önemli bir sorun oluşturdu. Bu şekilde, kaçınılmaz ölüm canlıların dünyasına girdi.

Daha sonra gerçekleşen bir sürü olayla hücre içerisine yeni bir kesecik girebilir ya da hücre içindeki bir organizasyonla yeni bir kesecik oluşarak, kromozomlar bu keseciğin içine girebilir. Böylece çekirdekli canlılar (ökaryotlar) oluşur.

Canlıların tür olarak yaşam süreleri uzun olursa, oluşturacakları rekombinasyon ve çeşitlenme şansı o kadar azalır. Bu, evrimsel olarak canlıların uyum yeteneğinin azalması anlamına gelir. İşte bu nedenle kısa yaşayan türler, evrimsel olarak daha başarılı türleri meydana getirirler. Aynı mekanizmaya sahip olmalarına karşın, kartalların 100, tavukların 6 sene yaşamaları, tavukgilleri dünyada baskın, kartalları soyu tükenecek duruma getirmiştir. Bu nedenlerden dolayı bakteriler uyum yetenekleri en yüksek canlılardır. Kısa yaşayıp çok döl veren canlı evrimsel olarak en başarılıdır.

## Evrimin Ham Malzemeleri

Telomer olmadığı zaman kromatidlerin uçları yapışkandır. Bu nedenle başlangıçta rastgele kromatidler birbirlerinin uçlarına eklenebilirdi. Büyük olasılıkla bu rastgele eklenmeyi ortadan kaldırma ve daha kararlı bir yapı kazanabilmek için il-



**Birçok DNA'da nükleotidler bu resimdeki gibi bir "ikili sarmal" oluştururlar. Baz çiftlerinin dizilişleri, DNA kodunu oluşturur. DNA zincirindeki her nükleotid adenin (A), timin (T), sitozin (S) ve guanin (G) bazlarından birini taşır. Adenin her zaman timinle, guanin de sitozinle eşleşir. DNA kendisi kopyalayacağı zaman, 20'yi aşkın farklı enzim zincirlerin birbirlerinden ayrılmasına ve yeni zincirlerin meydana getirecek olan bazların doğru nükleotidlere bağlanmasına yardımcı olurlar. Baz çifti eşleşmesinde, ortalama olarak, bir milyarda bir hata olur. Eşleme orijinal DNA molekülünün farklı yerlerinde, ters yönlere doğru, eş zamanlı olarak başlar.**

kel canlılarda DNA çember şeklindeydi. Çember biçimli DNA çoğalacağı zaman çizgisel şekle dönüşüyordu. İlkel de olsa bu organizmalarda rekombinasyonu sağlamak için 3 yol kullanılmaya başlandı. Bu noktadan sonra, evrimin ham malzemeleri diye adlandırdığımız mekanizmalar, canlılar dünyasına girmiş oldu. Bunlardan en yaygın olanları



1) Mutasyonlar: Bir ya da birden fazla bazın, yani genetik kodların değişmesi şeklinde ortaya çıkar.

2) Transdüksiyon: Bir virüs aracılığıyla bir başka bireyden konakçı hücreye gen ya da nükleotid sokulması. Özellikle bakteriyofajlarda çok işleyen bir mekanizmadır.

3) Transformasyon: Herhangi bir bakterinin rastgele, ortamda bulu-

nan bir DNA parçasını fagositozla genomuna katmasıdır.

4) Eşeyli üreme: Yukarıdaki mekanizmalar sayesinde çekirdeksiz canlılarda genetik çeşitlenme oluşur. Ancak çekirdekli canlılarda, bu mekanizmaların bir kısmı etkin olarak kullanılmadığından, evrimsel seçim için yeterli ham materyal oluşmaz. Canlıların çeşitliliğinde bugün her taraf-

ta izlerini gördüğümüz, büyük olasılıkla Kambriyen öncesi dönemde meydana gelen patlamayı doğuran şey, eşeyli üremenin meydana gelişidir. Eşeyli üreme nasıl ortaya çıktı? Anlamlı bir proteini meydana getiren bir gen, ilk atadan bölünme sırasında parçalanarak bir parçası



bir yavruya, diğeri de öbür yavruya verilmiş olabilir. Bu protein yaşamsal öneme sahipse, ancak iki birey bir araya gelerek işlevsel döllerin oluşmasını sağlayabilir. Bu, bireylerden belirli bir genomu alana (+), verene de (-) diyerek ilk dişi ve erkeğin ayrımının temelini oluşturulmuş olabilir. Daha sonra eşeyssel seçilimle, özellikle çok hücreli canlılarda, ikincil eşeyssel özellikler ortaya çıkmıştır. Böylesine zahmetli bir mekanizmanın getireceği yararlar çok büyük olmalıdır ki, bu şekilde oluşan bir değişiklik korunabilsin. Bu avantaj, evrilme hızının yükselmesidir. Eşeyli üreme ortaya çıkmasaydı, canlılar atasal bireyden sürekli olarak klonlar oluşturulacaktı. Evrimin gidişi sadece dış çevre nedeniyle oluşan mutasyonlara bağlı kalacaktı.

Yeni bir özelliğin ortaya çıkması çok daha ender gerçekleşecekti. Zaten 3,8 milyar yıl önceyle bir milyar yıl önce arasında yavaş, bir milyar yıldan bugüne dek hızlı bir değişimin yaşanmasının "sırrı" da budur. Rekombinasyon hem kromozom düzeyinde, hem de parça değişimi düzeyinde yeni seçeneklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Eşeyli üremenin sağlayacağı çeşitliliği şöyle örnekle-

yalabiliriz: İnsanda 23 çift kromozom olduğuna göre eşeyssiz üremede (mitoz) anadan ve babadan gelen kromozomlar bölünme sırasında ekvatoriyal düzlemin kuzey ve güney kutbuna birbirinin tıpa tıp aynı yerleşeceği için, oluşturulacak gametler

## Termodinamiğin ikinci yasası

Evrim kuramına karşı yöneltilen görüşlerden birisi de, düzensizlikten düzen oluşturulamayacağıdır. Termodinamiğin ikinci yasasına göre, termodinamik dengeye yakın, kapalı sistemlerin iş yapabilme kapasiteleri giderek azalır ve sistem iş yapamaz düşük enerjili bir duruma doğru değişir. Buna göre kapalı bir sistemin zaman içinde daha düzensiz (daha yüksek entropili) hale geçmesi gerekirdi; yani düzensizlikten düzen, küçük moleküllerden büyük moleküller oluşup, yaşamı meydana getiremezdi.

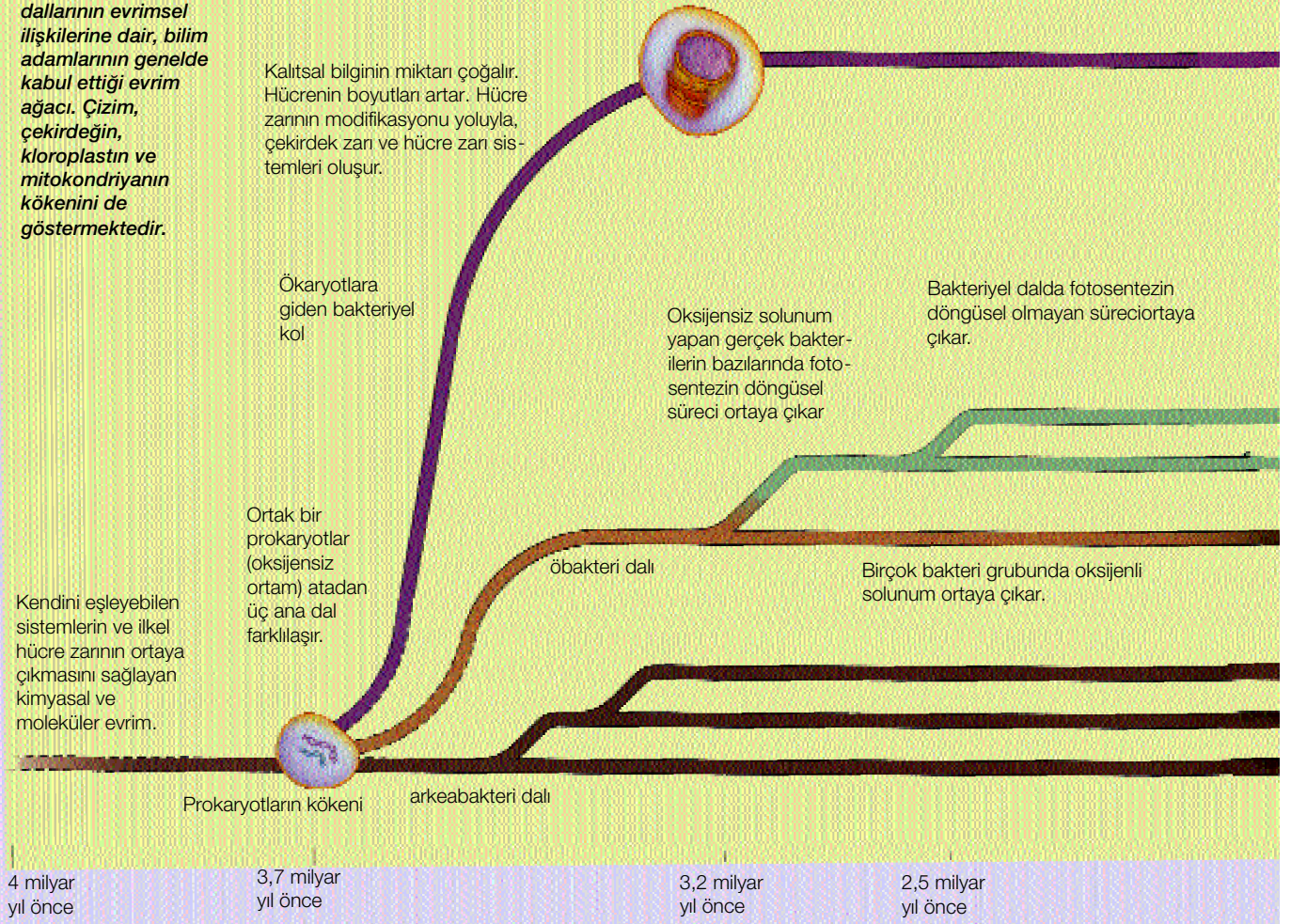
Burada göz ardı edilen noktalardan biri, Dünya'nın kapalı değil, açık bir sistem oluşudur. Dünya'ya Güneş'ten sürekli gelen, yoğun bir enerji girdisi ve Dünya'yla uzay arasında, bir madde ve enerji alışverişi vardır. İkincisi daha kompleks moleküllerin ortaya çıkmasında da gözönüne alınacak sistemler, açık termodinamik dengede olmayan sistemlerdir. Bu yüzden

termodinamiğin ikinci yasası bu sistemlerde geçerli değildir.

Açık bir sistemin enerji girdisiyle nasıl düzenli hale getirilebileceğine şöyle bir örnek verebiliriz: Eviniz sürekli dağılma eğilimindedir, ancak bir miktar enerji girdisi sağlayıp temizler ve toplarsanız ortalık daha düzenli olur. Çabalarınız sonunda ortamdaki entropi biraz azalmıştır; ancak bu ortalığı temizlemek için harcadığınız oldukça büyük miktardaki enerjinin karşılığında elde edilmiştir. Dünya'ya Güneş'ten inanılmaz miktarda enerji girdisi olmakta ve bunun çok çok küçük bir bölümü biyolojik düzenliliği sağlamak için yetmektedir.

Ilya Prigogine, enerji alan ve dengeden uzak bir termodinamik sistemin, salt düzenli yapılar üretme olasılığının bulunduğunu değil, genellikle böyle yapılar üretmek zorunda olduğunu gösterdiği için, 1977'de Nobel ödülü aldı.

**Canlılığın ana dallarının evrimsel ilişkilerine dair, bilim adamlarının genelde kabul ettiği evrim ağacı. Çizim, çekirdeğin, kloroplastın ve mitokondriyanın kökenini de göstermektedir.**



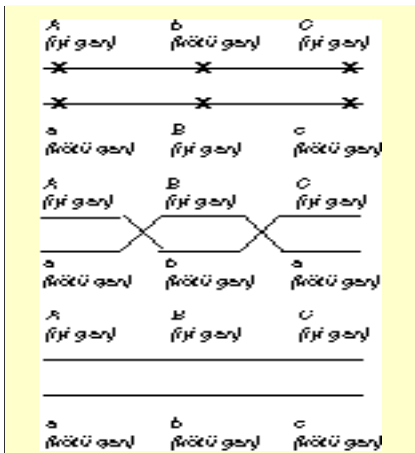
birbirinin aynısı olacaktır, yani gamet düzeyinde çeşitlenme yoktur. Eşeyli üreme (mayoz) ortaya çıkınca, bu sefer babadan ya da anadan gelen homolog kromozomlar seçkimsiz (rastgele) olarak, her biri ayrı ayrı, ya güneye ya da kuzeye toplanacaklardır. Bunlar eşeyli üremenin ikinci evresinde bir mitoz bölünmesi geçirince, anadan ve babadan ge-

len (ve farklı özellikleri taşıyabilen) kromozomlarda yeni organizasyonlar ortaya çıkar.

İnsanda 23 çift kromozom vardır. Her kromozomun güney ya da kuzey kutbuna gitme şansı bulunur. Bu durumda  $2^{23}$  çeşit sperm ya da yumurta meydana gelir. Zigot oluştuğunda, sperm-yumurta kombinasyonları göze alınırsa yaklaşık  $2^{46}$  çe-

şit kombinasyon ortaya çıkacaktır. Yani,  $2^{46}$  çeşit farklı ortama uyum yapabilecek  $2^{46}$  birey! Bu sayılar, eşeyli üremenin bir milyar yıl önce ortaya çıktığında, biyo-çeşitlilikte oluşan patlamanın nedenini de açıklamaktadır.

5) Parça değişimi (Krossing-over): DNA tamiri için kullanılan enzimler, büyük bir olasılıkla bir de-



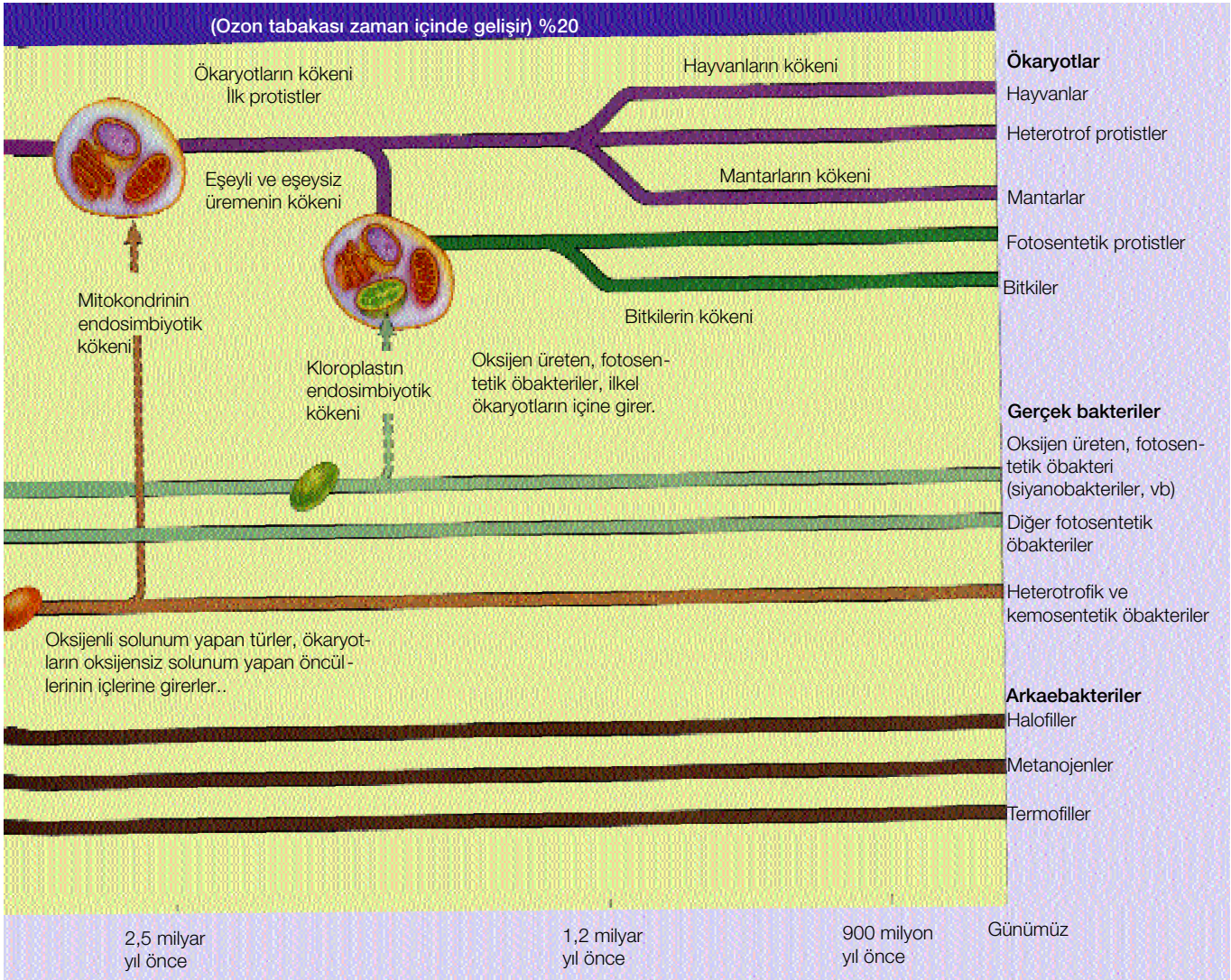
## Geçiş fosilleri bulunmamaktadır!

Evrim ve doğa tarihiyle ilgili en önemli yanılgılardan birisi de budur. Geçiş fosilleri bulunmamaktadır. Ancak, her türün evrimsel sürecini baştan sona eksiksiz olarak, fosil kanıtlarla ortaya koymak mümkün değildir. Yine de dinazorların, atların ve insanların evrimi çok net olarak bilinmektedir. Ana yazıda bir bölüm olarak insanların evrimi anlatılmıştır. Atlar ilk ortaya çıktıkları 55 milyon yıl öncesinde bugünkünden çok daha farklıydılar. Bugün sahip oldukları tek toynak yerine, o zamanlar dört parmaklı bulunuyordu. 10 milyon yıl önceki atsa, ancak bugünkü çoban köpeği büyüklüğündeydi. Atların evrimine

ilişkin geçiş fosillerini ve evrim tarihlerini herhangi bir paleontoloji kitabında bulmak mümkündür.

Doğal seçim baskısı kimi türler üzerinde görece azdır. Örneğin sudaki ya da toprak altındaki koşullar, kara yüzeyine göre çok daha az değişir. Bu yüzden suda ve toprak altında yaşayan canlıların iskelet yapılarında ortaya çıkışlarından bu yana, çok küçük değişiklikler meydana gelmiştir.

Doğa tarihine ilişkin bulgularımızın sayısı gün geçtikçe artıyor. Gelecekte canlıların evrimsel ilişkileri ve geçirdikleri süreçleri bugünkünden daha eksiksiz tanımlayabileceğiz.



ğışime ya da yeni bir göreve başlayarak, rastgele bir parça değişimini gerçekleştirir. Bu değişimler anadan ve babadan gelen kromozomlar arasındadır; kardeş kromozomlar arasında gerçekleşmez. Daha önce kromozomal düzeyde oluşan rekombinasyon, bu sefer gen düzeyinde rekombinasyona dönüşmüştür. Bu mekanizmanın kazandırdığı en önemli iş-

lev, kural olarak iki genin arasında bir genin seçilerek genoma katılmasıdır. Örneğin bir bireyde babadan köken alan homolog bir kromozom üzerinde, üç farklı özelliği denetleyen üç genin birlikte olduğunu varsayalım. Bu genlerden A ve C birey yararlı, b ise olumsuz etki yapsın. Babadan gelen homolog kromozomdaysa, yine aynı yönde etki gösteren

üç genden ancak bir tanesi (B) yarar sağlasın, diğerleri olumsuz etki yapsın. Eğer crossing-over olmazsa, sonuçta ortaya çıkan gametlerde AbC dizilimi hep korunacaktır. Ancak parça değişimi olursa, A, B ve C genlerinin bir gamette (yumurta ve spermde) bir araya toplanması mümkün olacaktır. Bu da yararlı nitelikli genlerin bir araya toplanmasında yeni bir kombinasyon olacaktır. Dolayısıyla parça değişimi, gen düzeyinde başarılı bir araya toplanma sağladığından, canlılar dünyasına çok büyük bir katkı getirmiş, daha önce <sup>246</sup> olan olasılık, milyonlarca kat artmıştır. Bugüne kadar gen kombinasyonları bakımından hiçbir canlı birey bir diğerine tıpatıp benzememiştir.

Ali Demirsoy

Prof., Dr., H.Ü. Biyoloji Bölümü

Kaynaklar  
Demirsoy, A., *Kalıtım ve Evrim*, Ankara, 1996  
Demirsoy, A., *Yaşamın Temel Kuralları*, Ankara, 1998  
Demirsoy, A., *Evrenin Çocukları*, Ankara, 1997  
Hoagland, M., *Hayatın Kökleri*, Ankara, 1997  
Starr, C., Taggart, R., *Biology*, Belmont, 1995

## Olasılık

Yaşamın rastgele ortaya çıkmayacağını kanıtlamak için öne sürülen savlardan birisi de, işe yarayabilecek bir enzimin oluşma olasılığının inanılmaz düşüklüğüdür. Tipik bir enzim 100 amino asitten oluşur. 20 tane amino asit bulunduğuna göre,  $20^{100}$  kombinasyon söz konusudur. Bu kadar kombinasyon içinde bir seferde şans eseri belli bir enzimin oluşma olasılığı  $10^{130}$ 'da birdir.

Yine göz ardı edilen nokta, moleküler kineğin raslantısal (şans eseri) olmadığı, işlevsel enzimlerin sürekli oluştuğudur. Mikroorganizmalar, doğada eskiden hiçbir zaman var olmamış endüstriyel atıkları parçalayan yeni enzimler üretmişlerdir. Bu canlılar kirlilik kontrolünün

önemli bir parçasıdır. "Frame-shift" mutasyonları, proteinin tüm yapısını alt-üst ederler, bu yüzden enzim rastgele bir oluşumdur. Tahmin edilebileceği gibi, oluşan yeni enzim mükemmellikten uzaktır; tipik bir enzimin ancak %1 verimiyle çalışır. Ancak önemli olan oluşan enzimin çalışmasıdır. Başta da belirttiğimiz gibi hatalı nokta tüm işlevsel parçaların bir anda ve mükemmel olarak rastlantıyla ortaya çıkacağını ummaktır. Doğal seçim sayesinde, kullanılabilir ama mükemmellikten uzak enzimlerin yavaş yavaş geliştiği göz ardı edilmektedir. Birçok amino asit dizisinin aynı enzim işlevini göstermesi nedeniyle ara basamaklar da işlevsel olabilmektedir.