

# EŞEYLİ ÜREME, HATALAR VE GEN DİZİLİMİ



**İnsanoğlu evrimsel gelişimini sürdürebilecek mi? Ya da hataları azaltan üreme süreçleri, bizim şimdikinden daha karmaşık canlılar haline gelmemizi önleyecek mi?**

**D**ünyadışı ziyaretçiler uçan daireleriyle Dünya'ya indiklerinde buranın, karmaşık yaşamın geliştiği ender gezegenlerden biri olduğunu görerek şaşıracaktı. Onlar o sırada, üzerinde yaşam olan öteki gezegenlerde, bizdeki virüs ya da bakterilere eşdeğer mikropları zaten bulmuş olacaktı. Onlar için asıl eğlenceyse, Dünya'daki yaşamın kendisinden çok; insanlar, kelebekler, midyeler, balinalar ve ağaçlar gibi karmaşık canlı formlarının nasıl oluştuğunu anlamak olacak. Bu arada kesinlikle soracakları bir soru da şu olacak: "Dünyasal yaşam, DNA şifresindeki kalıtsal molekülleri çoğaltırken kaç kopyalama hatası yapar?"

Bizler (ve başka canlı formları) yavru ürettiğimizde, gen dizilimimiz (bireysel DNA'mızın toplamı) kopyalanır. Ancak, gebelik öncesinde üreme hücrelerimizin defalarca bölünmeleri sırasında tekrarlanan kopyalama işlemi, gen dizilimimizdeki mesajları değiştirebilir. Tıpkı kulaktan kulağa oyununda bir kişiden ötekine tekrarlanan sözel bir mesajın değişmesi gibi. Mesaj, oyunun sonunda gülünç olacak kadar değişmiştir.

3,5 milyar yıllık evrim boyunca, canlı formları, varlıklarını sürdürmeyi ve atalarından daha karmaşık hale gelmeyi bir dereceye kadar başarmışlardır; çünkü kopyalanan bu hatalarla başedebilme yolları geliştirmişlerdir. Çift sarmal DNA (canlılık tarihinin çok başın-

da beliren) ve belirli enzimler, hücre çekirdeği içinde daha en baştan hataların oluşmasını önlemeye çalışırlar. Başka enzimlerse buna rağmen oluşan hataları düzeltirler: Yanlışları düzelten ve onarım yapan enzimler şifredeki hataları, gelişimsel bozuklukları düzelten enzimlerse şifrenin kendisini değil de, hatalı şifrenin ifadesini düzeltirler. Ancak, çok sayıda gen içeren (yani çok sayıda hata yapma olasılığı olan) karmaşık formların evrimindeki en önemli etken, cinsiyetin, başka bir deyişle eşeyli üremenin evrimi olmuştur. Eşeyli üreme söz konusu olduğunda, ana-babanın her birinden gelen birer gen grubu yeni bir düzenlemeyle birleşir. Bu sırada tüm savunma mekanizmalarını atla-

tarak geçebilmeyi başarmış hatalar da yer değiştireceğinden, en azından birkaç sağlıklı, "hatasız" yavrunun gelişme olasılığı da artar. Bu önemli yenilik, bundan yaklaşık 2 milyar yıl önce, ökaryot hücre denilen daha karmaşık bir hücre tipinin geliştiği dönemlerde gerçekleşmişti.

İnsanoğlu, yine de hataya çok yakındır. DNA'mızı kopyalarken, dünyadaki öteki canlı formlarından daha fazla hata yaparız. Gerçekte her insanın 200 kat kopyalama hatası yapabileceği düşünülebilir. Bu 200 mutasyonun kaçının zararlı olduğu bilinmiyor. Hataların çoğu etkisiz görünür; bunların çok az bir kısmı canlıya yarar bile sağlayabilir. Ancak titiz bir hesaplama bile zararlı hata sayısını her gebelikte 2'nin altına düşüremez. Gebelik başına 5-10, hatta 20 zararlı mutasyon sayısı daha olası. Bu yüksek sayılar, bizim karmaşık yapımızın bir sonucu. Bir insan, toplam 6,6 milyar ya da daha fazla DNA birimi olan 30 000 gen taşır. Bir bakterininse 2 milyon DNA birimi ve 2000 gen dizisi olabilir. Her nasılsa birim hata oranı, insanlarda ve bakterilerde birbirine benzer. Bu nedenle insanlar bakterilerden daha çok hata yapar.

Biz insanların hataya daha eğilimli olmamızın bir başka, belki daha önemli nedeni, uzun yaşamamız ve bir kuşakla öteki arasında ortalama otuz yıl olması. İnsanlar gibi uzun yaşayan canlılarda mutasyon hızı daha yüksektir; çünkü doğduğumuz andan doğduğumuz ana kadar geçen sürede üretken DNA'mızı birçok kez kopyalarız. İnsan embriyonlarının çoğunun, bireysel DNA mesajlarında yaklaşık 200 kopyalama ya da "dizgi" hatası bulunur. Bir kuşağın uzunluğu da olasılıkla bir etken olabilir burada; çünkü tavşanlarda ya da kobaylarda (yeni kuşakların birkaç hafta ya da ay içinde ortaya çıktığı) böyle hataların yüzdesi gözardı edilebilir. Tüm embriyonların yarısında kromozom hataları bulunsa bile, kalan yüzde elli, insan türünü yine de ileri taşıyabilir. Tabii kalanlarda ortalama 2-20 zararlı dizgi hatası da olur.

Herhangi bir birey bazı hatalı yavrular üretebilir; ancak insanların ya da eşeyli üreyen herhangi bir canlı formunun sürebilmesi için, ortalama bir anne babanın en azından bir hatasız yavru üretmeleri gerekir. Neyse ki hataların



oluşumunu önleyen ya da hataları düzelten enzimlere sahip olmaktan başka, her yavruya gereğinden fazla gen sağlayan eşeyli üreme özelliğimiz de var. Gerçekte hücrelerimiz her bir kalıtsal komut için biri anneden, diğeri babadan gelen çift sarmalların oluşturduğu dört kopya bilgi içerir. Bu gruplardan birindeki "doğru" bir kopya, genellikle ötekiindeki bir kopyalama hatasına baskın gelir, böylece ortalama bir anne babanın, yaşamını sürdürebilecek ve üreyebilecek bir bebek üretmek için yeterli şansı vardır. Ne yazık ki eşeyli üreme, bir embriyonun fazladan bir ya da iki kromozomun tümünü almasını önlemez. Bu durumda, döllenmeden sonra sahneye doğal seçim gelecektir. Yanlış sayıda kromozomu olan embriyonlar, hemen her zaman dölyatağındaki varlıklarının ilk dönemlerinde ölürlür. Ancak, fazla kromozomu olup da yaşamını sürdürebilenlerin de (örneğin Down sendromluların) önemli sağlık sorunları olur.

Bizdeki bu yüksek hata oranı, insan evrimi açısından ne sonuçlar doğurur? Evrimsel gelişimimizi sürdürebilir miyiz ve daha çok işlev için daha çok gen sahibi olabilir miyiz? Eşeyli üreyen bir canlı formu, hata oranını hangi dereceye kadar kaldırabilir? Bu soruyu yanıtlamak için denklemler kurulabilir; ancak gerçek yanıt bilinmiyor.

Eşeyli üremenin hataları dengeleme yeteneğini gözönünde bulundurarak, kopyalama hatalarının üst sınırını belirgin bir biçimde artırdığı varsayımıyla ra-

hatlatıcı bir sonuca varabiliriz. Durum gerçekten buysa doğal seçim tüm zararlı mutasyonların üstesinden rahatlıkla gelebilir ve Homo sapiens, mutasyona bağlı hatalardan daha önemli kaygılarla evrimsel yolunu sürdürebilir.

Bir başka olasılık da zararlı hata oranının şimdiden en üst düzeye çıkmış olması ve mutasyona bağlı bir kayboluş süreci içinde olmamız. Ancak, bu senaryonun gerçekleşmesi pek de olası değil. Bir hominid kuşağının yaşam süresi otuz yıla çıktığından beri, atalarımız, olasılıkla her yavruya 200 kopyalama hatası yaparak yavruların yarısına yanlış sayıda kromozom aktardılar. Uzmanlar, bunun hangi dönemde gerçekleştiği konusunda hemfikir değiller. Bazıları, şempanzelerin ve gorillerin kabaca bizimkine benzeyen bir kuşak süresi (yirmi-otuz yıl) olduğunu, ki bu durumun da, bu eğilimin kökenini büyük maymunların geliştiği, yaklaşık 15 milyon yıl öncesine çektiğini ileri sürüyorlar. Bazıları da 5 milyon yıl öncesine, insanın öteki büyük maymunlardan ayrıldığı zamana daha yakın bir tarihten söz ediyorlar. Günümüzdeki kuşak süresi ancak Homo cinsinin kökenine dek uzanıyorsa, 2 milyon yıl daha uygun bir zaman olabilir. Eğer biz 15 milyon yıldır böyleyse, mutasyon oranımızın gerçekten de sabit kaldığı sonucuna varabiliriz.

Kalıtsal dizilimdeki hataların anlaşılması, insanın üremesi ve kalıtımıyla ilgili yeni teknolojilerden ne bekleyebileceğimize ilişkin bize hangi bilgileri verecek? Böyle bir tartışma falcılığa girer; ister istemez belirsiz ve koşulludur; ancak evrime, hatalara ve karmaşıklığa bakış açımız da bu tartışmadan çıkacak sonuçlara bağlıdır.

Artan bir ilgi gören üreme teknolojilerinden biri, klonlamadır. Üreme sırasında tümüyle klonlama



## Mutasyonlar: Anneyle Baba Karşı Karşıya

Yaşam süreleri uzadıkça, kadın ve erkek farklı evrimsel yollarda ilerliyorlar ve üreme hücrelerinde kopyalanan DNA miktarı, gen dizilimlerinde hata düzeyini farklı yollardan belirliyor. Erkekler, yaşamları boyunca sperm üretirler. İnsanlarda bir erkek erginleşene değin, üreme hücrelerinde yaklaşık 40 hücre bölünmesi gerçekleşir. Bundan sonra, bir spermdeki DNA her 16 günde (ya da yılda 23 kere) yeniden kopyalanır. Yirmi yaşında bir erkeğin gen dizilimi 200'den fazla, kırk yaşında bir erkeğinkiyse 600 kez kopyalanmıştır. Bu rakamları yetişkin bir erkek sıçaninkiyile karşılaştıralım: Sıçanın kısa yaşamında DNA'sı yalnızca 58 kez kopyalanır ve sperm ana hücrelerindeki DNA görece hatasız olur.

Öte yandan insanda dişi, fetüs döneminin sonuna gelirken, kendisine yaşamı boyunca gerekecek yumurtalara (yaklaşık 33 hücre bölünme-

sinden sonra) sahip durumdadır. Otuz yaşında bir erkek, otuz yaşında bir kadınlı çiftleştiğinde, onun DNA'sı 430, kadınlık 33 kez kopyalanmış durumdadır. DNA'sında kadınlarınkinden yaklaşık 13 kat daha fazla hata olmak üzere, her bir gebelikte 200 kopyalama hatasının yaklaşık 185'i spermde gelir. Ancak, bir kadının yumurtaları, kromozom sayısı bakımından daha tehlikeli hatalar taşır ve bu hatalar yaş ilerledikçe artar. Down sendromu gibi bazı bozukluklar, döllenme sırasında yanlış sayıda kromozom veren yumurtalar nedeniyle oluşur.

Bir spermdeki ve bir yumurtadaki tüm DNA mesajları iki ansiklopedi setindeki yazılara benzer. Yayıncılar, kitapları üretirken, anne babaların DNA'larını çoğaltırken yaptıkları kadar hata yaparlarsa, ansiklopedilerde ortalama 200 basım hatası olur.

yapma (yumurta ya da sperm hücrelerindeki DNA'nın tam bir kopyasından bir yavrunun çoğaltılması), başka herhangi bir üreme seçeneği olmayan, az sayıda insana uygulanabilir. Üstelik bu uygulamanın yaygınlaşma olasılığı çok düşük; bunun nedeni klonlamanın yarattığı bir güçlük: Eşeyli üremenin hatalarından etkilenmesi, ancak hataları düzeltmeye yarayan önemli bir mekanizmadan (eşeyliliğin kendisinden de) yoksun olması. Gelecekte bir grup insan yalnızca klonlamayla ürerse, bu insanlar kendi yavrularına hızlı bir kalıt-

sal çürümeyi de yazgı olarak sunmuş olurlar. Mutasyonlar, elenecekleri yerde, daha hızlı artar. Birkaç kuşak sonra da tüm klonlar, yaşamlarını sürdürürebilmelerini engelleyecek derecede kalıtsal bozukluklarla yüklenmiş olur.

Bugün gelinen noktada, klonlamaya üremeye kalkışmak, bağışıklık sisteminin henüz bilinmediği zamanlarda kalp nakli için gönüllü olmaya benzer. Sorun, tasarım ilkelerini bilmeden, bedenlerimizin tasarımını kurcalamaktan kaynaklanıyor. Eşeyli üremenin gelişmesine neden olan etkenler her neyse,

## Eşeyli Üreme Neden Klonlamadan Daha İyi?

Üreme, DNA mesajlarının kopyalanması sırasında bazı mutasyonlara ya da hatalara neden olur. Mendel'in kalıtım ilkelerine göre gerçekleşen eşeyli üremenin, anne babanın mutasyonlarını yavrulara dağıtma avantajları vardır. Embriyona belirli bir genin gidip gitmeyeceği, bir anlamda "yazı-tura" ilkesiyle belirlenir. Mayoz bölünme, mutasyon geçirmiş ya da geçirmemiş her bir gen için, bir gamete (belirli bir sperm ya da yumurta) gitme olasılığının yüzde elli olduğu bir bölünme biçimidir. Zararlı birer DNA mutasyonu olan bir kadın ve erkek ortalama sekiz gamet üretirse; bunların dördü hatalı, dördü hatasız olur. Anne ya da babanın (her ikisi de zararlı bir mutasyonu taşıyan) sperm ve yumurtaları sekiz yeni canlı oluşturmak üzere birleşirse ortalama dört yavru bir, iki yavruya ikişer mutasyon taşır; kalanlarsa mutasyonsuz olur. Bu canlı formu böylece sürer.

Şimdi de klonlanmış bir canlı formu düşünelim. Bir zararlı mutasyonu olan bir anne ya da baba sekiz yavru sahibi olmak isterse, bunların sekizi de hatayı taşırlar. Bu biçimde çoğalan bir canlı formu, DNA'sı her kopyalandığında hatalarını artırmayı sürdürür; birkaç kuşak sonra bu form yaşamını sürdürmez ve kendi mutasyonla-

rı tarafından yokedilmiş olur. Bazı canlı formları, örneğin bazı bitkiler klonlamayla çoğalırlar; ayrıca zaman zaman da eşeyli olarak ürerler. Karmaşık yaşamın soyağacında yalnızca birkaç ince dal tümüyle klon halindedir.

Klonlama konusunu düşünmemizi gerektiren bir başka neden de, eşeyli üremenin karmaşık yaşam için zorunlu bir durum olması. Bu sonuç, eşeyli üremenin öncelikle kötü genlerden kurtulmak için geliştiğini ileri süren ve Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi'nden Alex Kondrashov'un ileri sürmüş olduğu kuramdan temel alır. Desteklenebilecek bir başka kuram da eşeyli üremenin, bizi asalaklardan ve hastalık yapan mikroorganizmalardan korumak için var olduğunu. Virüsler ve asalak bir-hücreliler kadar, hastalık yapıcı bakteriler de bedenlerimizi yaşam alanı olarak kullanıp hızla geliştikçe, onlarla başedebilmek için bizim her kuşakta kalıtsal değişiklikler yapmamız gerekiyor. Klonlanmış yavrularsa, kalıtsal bozukluklardan çok bulaşıcı hastalıklar nedeniyle ölebilir. Kendinizi klonlamanız, bu durumda çocuklarınızı vebadan ölmeye olasılığının iki kat olduğu, veba salgını olan bir kente götürmekle eşdeğer.

bunların yararları çok büyük olmalı. Ters durumda, canlılığın, her canlının kendi genlerinin yalnızca yarısını yavrularına aktarabildiği, eşeyli formu hiçbir zaman geliştiremezdi. Olasılıkla, düşük üreme hızı, nitelikte bir fark yaratmak üzere gelişmişti ve eşeyli üreme sonucunda oluşmuş ortalama bir yavru, eşdeğer klonlama sonucunda oluşmuş bir yavrudan iki kat daha nitelikliydi. Başka bir deyişle, cinsiyet, henüz bilmediğimiz nedenlerden ötürü gelişmiş olabilir ve yokluğu durumunda belki türümüz zarar görmeyecekti. Ancak, bunu sorgulamakta yarar var.

Gen tedavisi de başka bir hikaye. Gen tedavisi, bozuk bir geni normal bir genle değiştirerek, etkisini azaltarak ya da henüz geliştirilmemiş başka bir teknolojiyle tıbbi olarak iyileştirmek anlamına gelir. Böyle bir teknolojinin, şimdilerde ticari olarak kullanılan ilaçlar kadar kabul edilebilir olduğunun kanıtlanması gerekir (fiziksel görünüşün, atletik yapının, zihnin ya da başka becerilerin geliştirilmesi amacıyla bir bireyin genlerinin değiştirilmesi, yani genleri iyileştirme düşüncesi, tartışmalı kalmak koşuluyla). Bir kişi, Tay-Sachs benzeri bir hastalığa neden olan bir gen taşıyorsa, gen tedavisi olmaya karar vermesi; hiç çocuk sahibi olmamak, bozukluğu taşıyan fetüsü aldırmak ya da tedavisi olmayan bu hastalığı taşıyan bir bebeği doğurmaya karar vermesinden daha kolay olabilir. Bu uygulamaların insanlar için güvenli olduğu henüz kanıtlanmadı. Ayrıca, şimdilerde, potansiyeline rağmen gen tedavisıyla fazla bir şey yapamayacağımız ortada. Kesin ifadelerle söylemek gerekirse, kalıtbilimciler çok büyük sayıda (yüzlerce ya da belki birkaç bin) bozuk gen tanımladılar; ancak bu, buzdağının yalnızca görünen kısmı. Bir insanın, 30 000 geninin her birinin birkaç mutant ve bozuk çeşidi olacaktır. Üstelik gen şifresi taşımayan DNA parçalarında da bozukluklar olacaktır.

Gen tedavisinin yararı ne olursa olsun gelecek, kopyalama hatalarını baştan önleyen ve böylece onarım gerektirmeyen teknolojileri de beraberinde getirecek. Gametlerin dondurulması ya da başka bir yöntemle korunması durumunu düşünün. Kadınlarda, yumurta hücrelerinin kalitesi zamanla düşme eğilimi gösterir. Yirmi yaşında bir annenin normalden fazla sayıda kromozom-

lu bir bebek doğurma olasılığı yok de-  
necek kadar düşüktür, kırk yaşında bir  
anne için bu olasılık biraz daha fazla-  
dır. Bu noktanın biraz ötesinde de ark-  
lık biyolojik saat geceyarısını vurur.  
Ama gelecekte birçok şey bizim elimiz-  
de olacak. Belki de genç kadınlar bazı  
üreme hücrelerini aldırıp saklayabile-  
cek ve daha sonra kendi seçeceği her-  
hangi bir zamanda onları yeniden kul-  
lanabilecek. Bunun sonuçlarından biri,  
bireylerin mutasyon oranında azalma  
olabilir. Bunun daha ileri bir aşaması  
da hücreleri olabildiğince erkenden al-  
dırmak olabilir. Erkekler de kendi gam-  
etlerini dondurtabilirler. Kalıtımbi-  
limci James F. Crow'un, insanın kalıtsal  
geleceği için en büyük tehlikenin yaşlı  
ve faal erkekler olduğu şakasına uygun  
olarak, yaşlı erkeklerin spermleri  
çok sayıda mutasyon içerir. Sperm dondurmanın uzun vadeli  
sonuçları belirsiz olsa da, yakın-  
larda ABD'de yapılan bir çalışma,  
elli yaşın üzerindeki babaların ço-  
cuklarında şizofreninin ortaya çık-  
ma riskinin, yirmi beş yaşın altın-  
dakilere göre üç kat daha fazla ol-  
duğunu ortaya çıkardı.

Evrimsel olarak daha karmaşık  
olacak şekilde gelişebilecek mi-  
yiz? Bunu söylemek zor. Yanıtla-  
ra araştırmaların, eşeyli üremenin  
daha uzun bir yaşam, daha uzun  
bir kuşak süresi ya da daha büyük  
bir gen dizilimi olan bir canlının  
oluşturduğu hataları ayıklama gö-  
revini yapabileceğini kanıtlaması-  
na bağlı. Mikroorganizma yaşamı-  
nın başlangıcında onarım enzimle-  
rinin evrimi, hata kopyalama hızı-  
nın yaklaşık on binde birden on mil-  
yarda bire düşmesini sağlamıştı. Gen  
tedavisi, insanın kalıtsal bozuklukları-  
nın büyük bir bölümünün düzeltilme-  
sinde kullanılabilseydi, bu onarım en-  
zimlerinin güncel eşdeğeri olabilirdi.  
Yeni gen ve üreme teknolojilerinin dev-  
reye girmesi, yalnızca bireysel üzüntü-  
leri önlemenin bir yolu değil, 2 milyar  
yıllık karmaşık canlılık tarihinin en  
önemli olaylarından biridir. Bu, güveni-  
li olarak kopyalanan moleküller, ona-  
rım enzimleri, Mendel'in kalıtım meka-  
nizması ve cinsiyetin evrimleşmesi gibi  
bir avuç önemli evrimsel gelişmeyle bi-  
le yarışabilir.

Hata miktarını azaltabilecek böyle  
bir atılım, formların tümüyle yeni bir

karmaşıklık düzeyiyle evrimleşmesine  
olanak sağlayabilir. Ancak, böyle bir  
canlı formu neye benzer? 30 000 gen-  
lik bir DNA şifresi, insan ya da fare ben-  
zeri karmaşık bir canlı olmanızı sağla-  
yabilir; ya 100 000 gen? Bilgiye dayalı  
toplumumuzda eğitim, insan yaşamının  
büyük bir bölümünü kaplıyorsa, daha  
uzun yaşayabilecek biçimde evrim geçi-  
rebilir ya da daha etkili öğrenme yete-  
nekleri geliştirebiliriz. Yaşamımızın ilk  
bir-iki yılında dil öğrenme becerimiz  
çok etkileyicidir; ancak erken öğrenme-  
nin kalıtsal programı büyük olasılıkla  
çok sayıda genle ilgilidir. Kendi deneti-  
mimiz altında olan fazladan genlerle  
başka beceriler de edinebiliriz. Böyle  
bir durumda her becerinin kendi DNA  
şifre kümesi olacaktır.



Daha akıllı olmak, her nasılsa daha  
karmaşık olmanın en iyi yolu değil.  
Son evrim kuramcılarının biri olan  
W. D. Hamilton'dan esinlenerek geli-  
ştirdiğim bir düşüncem daha var. Bir in-  
san ya da bir kuş için 30 000, bir meşe  
ağacı ya da istakoz için 20 000 gen ge-  
rekiyorsa, 100 000 gen bunların dördü  
için de yeter. Sonuçta oluşan canlı, bu  
dört canlının özelliklerini kendinde bir-  
leştiremez; böylesine büyük bir bed-  
enin bütün halinde davranması çok zor  
olur. Fazla genler, hangi canlı formuna  
dönüşüleceğini seçme olanağı sağla-  
yabilir. Embriyonun herhangi bir gelişim  
evresinde, bizim büyük gen dizilimli ya-  
ratığımız çevresini değerlendirebilir ve  
en uygun olanakların nerede olduğunu

görebilir. Bakar ki, meşe ağaçlarına uy-  
gun ve henüz doldurulmamıştır bu biç-  
çimi seçer ve o orada bir meşe ağacı  
olarak gelişerek meşe palamutları üre-  
tir. Eğer deniz tabanı henüz sömürül-  
memişse, kışkaçları, sekiz bacağı ve  
yaylı kuyruğuyla orda gelişir ve istakoz  
tencerelerine girmemeye bakar. Embri-  
yon, anne babasının hangi canlı formu  
olduğuna bağlı olmadan, kendine en  
iyi üreme koşullarını sunan yetişkin  
canlı formlarından hangisi olacağını se-  
çer. Tüm çevreleri ve olanakları değer-  
lendirmesi gereken embriyonun kendi-  
si karmaşık bir yaratık olabilir; değer-  
lendirici durumunda olduğu larva for-  
muyla işe başlayabilir ve sonra seçtiği  
yetişkin formuna dönüşebilmek için ge-  
reken önemli genleri "açarak" başkala-  
şım geçirir. Kullanılmayan genleri-  
nin tümü, belki bir sonraki kuşağa  
kadar "kapatılarak" işlevsiz kalır.  
Ancak böyle bir esnek formun geli-  
şmemiş olması, çok sayıda nede-  
ne bağlanabilir. Önemli bir neden,  
mutasyonlara bağlı çürümenin kalıtsal  
bilgiyi silmemesini sağlama  
almada devreye giren ve her ku-  
şakta büyük bir mutant katliamı  
gerçekleştiren doğal seçilimin ge-  
rekliliğidir. Genler ifade edilmese  
doğal seçim onların üzerinde çalış-  
maz. Başka bir deyişle bir gen  
kullanılmazsa evrim süreci içinde  
kaybolur.

Mutasyonun yıkıcı gücü, dünya  
canlılarını ara sıra ifade edilen gen-  
ler deposu olmaktan korumuştur.  
Ancak, bu güç gevşerse ya da di-  
renç görürse ne olur? Gelecekte  
geliştirilecek teknolojiler bunu ba-  
şarırsa ya da Mendel'in kalıtım yasala-  
rından daha etkili bir üreme yöntemi  
gelişirse, yaşam DNA depolarına daha  
çok şey ekleyebilir. Gelecek, insanlar-  
dan daha zeki olmaları gerekme de  
uygun kalıtsal alt-yollara sahip canlı  
formlarının olabilir. Böyle canlılar,  
yangından sonra ateşe uyum sağlayan çi-  
çekler gibi kendilerini yeniden bulabilir  
ve kavrulmuş toprağı taze çiçeklerle  
donatabilirler; şiddetli yağmurdan ya  
da selden sonra balık olarak büyüye-  
bilir ve dalgaların arasında güvenle yüze-  
bilirler.

M. Ridley  
"Sex, Errors, and the Genome",  
Natural History, Haziran 2001.

Çeviri: Zuhâl Özer