

# EVİRİM DURDURULABİLİR Mİ?

**M**odern evrim kuramına göre, bugün bilinen her biri ayrı birer görünüm ve yaşam biçimine sahip iki milyona yakın canlı türü, ortak bir atadan gelmişlerdir. Bilim, Darwin'in 1859 yılında yayınladığı "Türlerin Kökeni" adlı yapıtında özenle topladığı sunduğu kanıtlar dizisine, her geçen gün yenilerini ekleyerek canlı türlerinin yeryüzünün milyonlarca yıllık geçmişinde evrimleşerek, bu günkü durumlarına geldikleri yargısına kesinlik kazandırmıştır. Darwin, evrimin gerçekten olduğunu kanıtlama çabalarının yanı sıra, evrimin nasıl olduğunu, canlıların nasıl bu düzeyde bir çeşitliliğe ulaşabildiklerini açıklayan bir mekanizma da ortaya atmıştır: DOĞAL SEÇİLİM. Doğal seçim yolu ile evrim kuramını geliştirirken Darwin, o güne kadar kimse'nin üzerinde durmadığı, kolaylıkla gözlenebilecek basit bir biyolojik olgudan hareket etmiştir: **bir canlı toplumunda bireyler çeşitlilik gösterirler, birbirlerinden farklıdır.** Çevremize baktığımızda insanlardaki bireysel çeşitliliği kolaylıkla fark ederiz ama bir parkta uçan serçelerin hepsi bize aynı görünür. Biraz daha yakından incelediğimizde onlarda da farklılıkların olduğunu, her birinin ayrı bir özelliği, ayrı bir tavır olduğunu görebiliriz. İşte bu biyolojik gerçek doğal seçim yolu ile evrim kuramının özünü oluşturur.

Canlıların içinde buldukları çevre koşulları da hem zaman, hem de uzay boyutlarında değişirler. Evrim, canlıların gösterdiği biyolojik çeşitlilik ile çevre koşullarındaki çeşitliliğin karşılıklı etkileşimleri sonucunda oluşur. Darwin'in kuramına göre, değişen çevre koşullarında bazı özellikler, bireylerin ortamlarına daha iyi uymalarını sağlıyorsa, bu özellikleri taşıyan bireylerin yaşama ve döl bırakma şansları diğerlerinininkinden daha yüksek olacaktır. Belirli özelliklerin sonraki kuşaklara diğerlerinden daha büyük bir oranda aktarılması, toplumların zamanla değişmesine ve yeni türlerin doğmasına neden olacaktır. Biyolojik çeşitlilik, doğal seçilimin hammaddesidir. Doğal seçim, bireysel çeşitliliği giderek bir tür çeşitliliğine dönüştürür. Ne var ki, doğal seçilimin canlı toplumlarındaki biyolojik çeşitliliği işleyerek, yoğunlaşarak yeni uyumlara sahip türleri oluşturabilmesi için, çe-

Doç. Dr. Aykut KENCE \*

şitlilik kalıtsal olmalıdır; bireyleri birbirinden ayıran ve çevreye uyum bakımından önemli olan özellikler, dölden döle aktarılabilir nitelikte olmalıdırlar. Doğal seçim, ancak genetik çeşitlilik üzerinde etkili olabilir.

Darwin, toplumlarda genetik çeşitliliği evrim için zorunlu görmekle birlikte, daha sonra Mendel'in bulduğu kalıtım kurallarından habersizdi. Dahası, geçerli olduğuna inandığı kalıtım ilkeleri, genetik çeşitliliğin bir kaç kuşak içinde ortadan kalkmasını gerektiriyordu. Toplumlarda genetik çeşitliliğin kuşaktan kuşağa değişmeyeceğini, kaybolmayacağını gösteren Mendel kalıtım ilkeleri, ancak yıllar sonra evrim kuramı ile bütünleştirilebildi. Mendel kuralları, farklı kalıtsal yapıdaki bireyler arası çaprazların vereceği genotip ve fenotip oranlarını belirler.

Bir toplumun genetik yapısını tanımlamak istediğimiz zaman ise, genotipler arasında meydana gelebilecek olan eşleşmelerin tümünü göz önünde bulundurmamız gerekir. Örneğin, insanlarda kahve göz rengi, mavi göz rengine baskındır. **A** alelinin gözleri kahverengi, **a** alelinin ise mavi yaptığını varsayalım. Bu durumda **AA**, ve **Aa** genotiplerinin gözleri kahverengi, **aa** genotipin gözleri ise mavi olacaktır. Mendel kurallarına göre, **Aa** genotipindeki bireyin eşleşmesinden 3 kahverengi gözlü çocuğa karşılık, bir mavi gözlü çocuk beklenir. Öyle ise bazı toplumlarda mavi gözlü bireylerin çoğunlukta olmasını nasıl açıklayabiliriz? Bir toplumdaki genotiplerin oranlarını, gen oranları belirler. Bir an için bireyleri unutarak, toplumu bir genler topluluğu olarak düşünelim. Her birey için bir çift gen söz konusu olduğuna göre, herhangi bir karakteri denetleyen genlerin sayısı, toplumdaki bireylerin sayısının iki katıdır. Bin kişilik bir toplumda 640 kişinin mavi gözlü (**aa**), kahverengi gözlü 360 kişiden 320 sinin de heterozigot (**Aa**), 40 ininde homozigot (**AA**), olduğunu varsayalım. Bu durumda, **a** geninin toplumdaki frekansı,

$$q = \frac{320 + 2 \times 640}{2 \times 1000} = 0.80 \text{ olacaktır.}$$

\* ODTÜ Biyolojik Bilimler Bölümü, Ankara.



A geninin frekansı da,

$$\frac{320+2x40}{2x1000} = 0.20 \text{ dir.}$$

$$p = \frac{320+2x40}{2x1000} = 0.20 \text{ dir.}$$

$$2x1000$$

Böylece, toplumun genetik yapısını, gen frekansları ile tanımlayabiliriz.

Bir toplumda A, ve a genlerinin frekansları sırasıyla p ve q olarak verilirse, genotip frekanslarını binom açılımından bulabiliriz.

genler		genotipler	
A a		AA Aa aa	

$$(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$$

Buna göre, örneğin aa genotipindeki mavi gözlü bireylerin oranı  $q^2 = (0.80)^2 = 0.640$  olacaktır. Bu da 1000 kişilik bir toplumda, 640 kişinin mavi gözlü olacağı anlamına gelir.

Bir genin, ABO kan guruplarında olduğu gibi, ikiden fazla aleli de bulunabilir. Örneğin, A, B, ve O alellerinin toplumdaki frekansları sırasıyla p, q ve r ise, genotip frekansları yine binom açılımından bulunacaktır.

genler		genotipler	
A B O		AA BB OO AB AO BO	

$$(p + q + r)^2 = p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr$$

Buna göre, A kan gurubundan olan bireylerin (AA ve AO genotipleri) frekansı,  $p^2 + 2pr$ , B kan gurubundan olan bireylerin (BB ve BO genotipleri) frekansı,  $q^2 + 2qr$ , O ve AB kan gurubundan bireylerin frekansı, sırasıyla,  $r^2$  ve  $2pq$  olacaktır.

Gen ve genotip frekansları arasındaki bu matematiksel ilişki, 1908 yılında İngiliz matematikçisi G.H. Hardy ve Alman biyoloğu W. Weinberg tarafından bulunmuştur ve Hardy-Weinberg ilkesi olarak bilinmektedir. Evrimsel biyolojinin temel ilkelerinden biri olan Hardy-Weinberg ilkesine göre, bir toplumdaki genotiplerin ve genlerin frekansları kuşaktan kuşağa değişmezler. Diğer bir deyişle, **Mendel kalıtım ilkesinin geçerli olduğu bir toplumda, genetik çeşitlilik korunacaktır.** Evrim ise sonuçta toplumun genetik yapısında, daha doğrusu gen frekanslarındaki değişimler olarak tanımlanabileceğine göre, Hardy-Weinberg ilkesi evrim olgusuna ters düşmüyor mu Hardy-Weinberg ilkesi sadece bir toplumda evrimin durduğu zamanı tanımlar. Öyle ise evrim, yani bir toplumun genetik yapısındaki değişme olayları, durabilir mi? Evrimin durması, bir toplumun sahip olduğu tüm genlerin bir sonraki kuşağa tam taminle aynı oranlarda geçmesi demektir ki, bu da gerçekleşmesi hemen hemen olanaksız bir olaydır.

Diyelim ki, nüfusu 50 olan bir köydeki tüm bireylerin kan guruplarını belirledik ve 20 kişi-

nin A, 9 kişinin B, 17 kişinin O ve 4 kişinin de AB kan gurubundan olduğunu gördük. Hardy-Weinberg ilkesine göre, O kan gurubundaki bireylerin oranı, O gen frekansının karesine eşittir.  $r^2 = 17/50 = 0.34$  olduğuna göre, O geninin frekansı  $r = \sqrt{0.34} = 0.58$  olacaktır. Hardy-Weinberg ilişkisini kullanarak, diğer genlerin frekanslarını da bulabiliriz. Buna göre, A ve B genlerinin frekansları sırasıyla, 0.28 ve 0.14 olacaktır. 100 yıl sonra bu köyde yine 50 kişinin yaşadığını varsayarsak farklı kan guruplarındaki kişiler yine aynı oranlarda mı olacaklardır

Hardy-Weinberg ilkesinin geçerli olması, gen ve genotip oranlarının kuşaktan kuşağa sabit kalması, bir çok koşula bağlıdır. Bireyler eş seçerken, eşlerinin kan gurubunun ne olduğuna hiç aldırılmazlar, yani kan gurupları açısından evlenmeler, tamamen rastgeledir (Hardy-Weinberg ilkesinin geçerli olması için gerekli birinci koşul). Şimdi, bu köyde annenin O, babanın AB olduğu bir aileyi ele alalım. Bu ailenin çocukları, annelerinden bir O geni, babalarından ise ya A ya da B geni alacaklardır. Bu durumda çocukların yarısının A, diğer yarısının da B gurubundan olmasını bekleriz. Beklentimize göre, iki çocuklu bir ailede çocukların biri A, diğer B gurubundan olacaktır. Ama iki çocuğun birden A gurubundan olması da doğal olasılıktır. Bu durumda A geninin şansı ağır basmış, B geni bir sonraki kuşağa geçmemiştir. Eşlerden birinin O, diğerinin AB olduğu başka bir ailede de B geni şanslı olabilir ve genelde, büyük bir toplumda A ve B genlerinin şansları dengelenebilir. Ne var ki, bunun için matematiksel olarak çok büyük hatta sınırsız büyüklükte bir toplum gerekir. (Hardy-Weinberg ilkesinin geçerli olması için gerekli ikinci koşul). Örnek olarak ele aldığımız köyde ise bireylerin sayısı sınırlıdır, ve salt şans eseri A ya da B geni, sonraki kuşaklarda eskisinden daha büyük bir orana erişebilirler. Genlerin kuşaktan kuşağa salt şans sonucu olarak farklı oranlarda geçmelerine, genetik sürüklenme denir. Genetik sürüklenme küçük toplumların evriminde, genetik değişiminde önemli bir etkenidir.

Bir gen bir durumdan diğerine dönüşebilir, yani mutasyona da uğrayabilir. Şimdi bir A geninin B genine dönüştüğünü varsayalım. Bu durumda, A geninin toplumdaki sayısı bir azalacak, B genininki ise bir artacaktır. Sonuç, yine genlerin oranlarında değişim. Hardy-Weinberg ilkesinin geçerli olabilmesi için üçüncü koşul da genlerin mutasyona uğramamalarıdır. Mutasyon, oldukça az rastlanır bir olaydır. Bu nedenle, genetik çeşitliliğine kaynak olmak dışında, mutas-



yonun, toplumun genetik değişimindeki etkisi pek fazla sayılmaz. Dördüncü bir koşul da toplumun kapalı olmasını gerektirir. Bireyler, köy dışındaki kişiler ile evlenirlerse, genetik deyimini ile gen alışverişi yaparsalar kan gurublarının oranları değişebilir. Örneğin, A gurubundaki bireylerin daha yüksek oranda bulunduğu bir köyden gelecek gelinler, A geninin frekansını arttırabilirler. Toplumlar arası gen alışverişleri, yani göçler, gen frekanslarının değişmesinde etkili olan önemli bir diğer etkidir.

Buraya kadar örnek olarak ele aldığımız köyedeki kan guruplarına ait gen ve genotip oranlarının değişmesinde, doğal seçilimin rolünden söz etmedik. Kan gurupları bakımından doğal seçilimin söz konusu olabilmesi için, farklı kan guruplarındaki bireylerin yaşama ve döl bırakma şanslarının farklı olması gerekir. Hardy-Weinberg ilkesinin geçerli olması için beşinci ve son koşul, genotipler arasında böylece farkların bulunmasını gerektirir.

Bir kan gurubundaki bireylerin, diğerlerinden daha fazla yaşama ve döl bırakma şansına sahip olduklarını söyleyebilir miyiz? Yapılan araştırmalara göre, 0 gurubundakilerin ülser olma riski A, B ve AB guruplarındakinden % 35 daha fazladır. A bireylerinin mide kanseri olma olasılığı da diğer guruplara göre yüksektir. Fakat bu farkların doğal seçim açısından önemli olup olmadığı henüz tartışma konusudur. Bu durumda, doğal seçilimin etkili olmadığını varsayalım. Ama yine de büyük bir olasılıkla, gen oranları saydığımız diğer etkenler nedeni ile değişecek ve yüz yıl sonra aynı köyde kan gurupları farklı bir dağılım gösterecektir. Kısacası, bir toplumun genetik bileşiminin değişmeden kalabilmesi için genetik sürüklenme, mutasyon, toplumlararası gen alışverişi, ve doğal seçilimin olmaması gerekir. Bu etkenlerden her hangi biri gen oranlarını etkileyeceğine göre, bir toplumda evrimin durması hemen hemen olanaksızdır.

Dikkat edilirse, evrimin mekanizmalarından söz ederken, tür yerine toplum sözcüğünü kullanıyoruz. Çünkü evrimde temel birim, ne birey, ne de türdür. Evrimsel uyum sağlama topluma özgü bir niteliktir. Bireyler geçici varlıklardır, ancak toplumlar zaman içinde sürekli-dirler ve toplumun farklı zaman kesitlerine ait durumları arasındaki biyolojik bağlantıyı, kuşaktan kuşağa aktarılan genler sağlarlar. Çevresel koşulların değişmesi halinde, bireyler genetik yapılarını değiştirerek uyum sağlayamazlar. Fakat toplum, adaptasyon süreci içinde genetik bileşimini değiştirebilir. Aynı türe ait toplumlar arasında biyolojik bağlantının, gen alışverişlerinin bir çok engellerle, örneğin, coğrafik engellerle kesilmesi ise sık sık rastlanan bir olgudur. Bu durumda, aynı türe ait olsalar bile birbirinden ayrı kalan toplumların her birinde evrim, çevresel koşullara göre farklı uyumlar yaratarak, kendi yoluna gidecek; sonuçta, yeni türler oluşacaktır.

Canlı toplumlarının evriminde, mutasyon, genetik sürüklenme, ve göçlerin etkileri Darwin'in öngörmediği olgulardır. Toplumların yeni çevre koşullarına uyum sağlamalarında, doğal seçim yine de en önemli etkidir. Doğal seçim, genellikle, güçlünün zayıfı yok ettiği, gözde göz dişde diş, kanlı bir yaşama savaşı olarak yorumlanır. Bu görüş oldukça yanıltıcıdır. Doğal seçim, sadece bazı genlerin taşıyıcılarının yaşama ve döl bırakma şanslarını arttırdıkları için, sonraki kuşaklara diğer genlerden daha büyük oranda geçmeleri olgusudur. Bir genin ise bu şans bakımından diğerlerine kesin üstünlüğü söz konusu değildir. Bir genin başarısı çevre koşullarına göre değişebilir. Bir ortamda başarısız olan bir gen, başka bir ortamda başarılı olabilir. Dahası, bir çok türde, örneğin bal arıları, karıncalar ve insanda olduğu gibi doğal seçim, işbirliği, özveride bulunma ve yardımlaşma eğilimlerinin lehinde işlemiştir.

Doğal seçilimin yanı sıra, mutasyon, gene-





# İNSANIN İLK İZLERİ

Afrika'nın harap, ıssız bir bölgesi fosil yönünden öylesine zengindir ki, fosiller ayaklar altında ezilirler. Bilim adamları burada insanın bilinen en eski atasının kalıntılarını buldular. Etyopya'nın Orta Awash Nehri Vadisinden alınan uyuk ve kafatası kemiklerinin radyoaktif yaşları 4 milyon yıl olarak saptandı ki, bu, şimdiye kadar bilinen en eski insan benzeri (hominid) fosili olan "Lucy" den 300.000 yıl daha eskidir.

1974 yılında Lucy'nin ortaya çıkarıldığı kazı yerinden 40 mil uzaklıkta bulunan kemikler şimdilik "Australopithecus afarencis" (Lucy ile aynı tür) olarak tanımlandı. Kalıntıların, dik yürüyen, yaklaşık 1.50 m. boyunda ve şempanzeden biraz daha ufak beyinleri olan yaratıklara ait olduğu açıldı.

Geçtiğimiz Haziran ayında, buluşu açıklayan California Üniversitesi'nden J. Desmond Clark ve Tim White adlı antropologlar, insanın, dik duruşunu (ayaklar üzerinde), beyninin büyümesinden çok daha önce geliştirdiği ile ilgili kanıtların sağlandığını söylüyorlar. Daha önce, bu iki özelliğin, aynı evrelerde geliştiği sanılıyordu. Ancak Lucy ve aynı türün diğer fosilleri bu kanıyı alt üst ettiler.

Discover'dan

tik sürüklenme, ve göçler gibi evrimi yürüten güçlerin biyolojik evrime hangi düzeylerde katkıda bulduklarını, nasıl etkileşim gösterdiklerini araştırmak, evrimsel biyolojinin konusuna girer. Bakterilerden insana kadar bir çok canlı türü üzerinde yapılan çalışmalar, evrimin izlenilmesinin fosil kayıtları ile sınırlı olmadığını, biyolojik evrimin bu gün de sürüp gittiğini göstermiştir. Örneğin, ikinci dünya savaşından sonra zararlı böceklerle savaşım için yaygın olarak kullanılan böcek öldürücü kimyasallar böcekleri, daha önce hiç tanımadıkları yeni bir çevresel etkenle karşı karşıya bırakmıştır. Fakat bir çok böcek türü doğal seçilim sonucunda, bu kimyasallara kısa zamanda direnç kazanarak yeni

çevrelerine uyabilmişlerdir. 1946 yılında insektisitlere dirençli sadece birkaç böcek türü bilinirken, bu gün bu sayı dörtüzdün üzerindedir. Örneğin, Ankara'da karasineklerle savaşım amacı ile malathion denilen insektisit son yıllarda yoğun olarak kullanılması, karasineklerin bu insektisite direncinin 350 kat artmasına neden olmuştur.

Evrimin sürüp giderken izlenmesi, evrimsel mekanizmaların nasıl işlediklerini, nasıl etkileşim gösterdiklerini anlamamızı sağlayacaktır. Bunun için toplumlardaki bireylerin dağılımı, sayısı, gen ve genotip oranları, toplumlar arası gen alışverişlerinin (göçler) düzeyleri gibi, toplumların hem genetiğini hem de ekolojisini ilgilendiren bilgilerin toplanması gerekmektedir. Her bireyin, görevleri farklı binlerce gene sahip olduğunu (insanda yaklaşık 100.000 gen olduğu tahmin edilmektedir) ve her toplumun da binlerce bireyden oluştuğunu düşünürsek, evrimin dinamiğini inceleme işinin güçlüklerini görebiliriz. Bununla birlikte Darwin'den bu yana evrimsel biyoloji, genetik, moleküler biyoloji, ekoloji, matematik gibi bir çok disiplinin katkıları ile hiç de küçümsenmeyecek bir yol almıştır, ve gelişmesini hızla sürdürmektedir. Bu arada, devreye giren bilgisayarlar da evrimsel biyoloji problemlerinin çözümünde, giderek önem kazanmaktadır.

Görüldüğü gibi, dinamik bir ölçü olan biyolojik evrimi durdurmak hemen hemen olanaksızdır. Yalnız biyolojik değil, kültürel evrimi ile de insan, yeryüzündeki diğer canlı türlerinin evrimini büyük ölçüde etkilemektedir. Bir çok tür, yaşama alanlarının yok edilmesi ile yeryüzünden silinmiş, tarım bitkileri, evcil hayvanlar gibi bir çok tür de insan eli ile genetik olarak değiştirilmiştir. **Evrim, ancak ve ancak yaşamın yeryüzünden tümüyle silinmesi sonucunda durabilir.** Bu gün yaşayan canlı türleri, yok olup gitmiş olanların yüzde biri bile değildir. Bu da, bir türün evrimsel süreci içinde % 99 dan daha fazla bir olasılıkla yok olacağı anlamına gelir. Milyonlarca canlı türünden bunu bilen, kendi evriminin bilincinde olan tek varlık ise insandır.

Evriminin, diğer canlılarla ortak bir biyolojik geçmişe sahip olduğunun bilincine varması, insanın kendini evrenin merkezi sayan dünya görüşüne büyük bir darbe olmuştur, ama insanın omuzlarına da büyük bir sorumluluk yüklemiştir. Yeryüzündeki canlıların evrimini durdurmak olanaksız olduğuna göre, insan kendini evrimin akışına mı bırakacak, yoksa evrime yön vererek, yazgısına egemen olmaya mı çalışacaktır?