

EvrimiAnlamak.org

EVİRİME GİRİŞ

İÇİNDEKİLER

1. Evrime giriş	3
2. Yaşamın tarihi: Örüntülere bir bakış	4
o Soyağacı	4
o Soyoluşu anlamak	6
o Evrim ağacı oluşturmak	10
o Kökendez ve görevdeş yapılar	11
o Sınıflandırma için evrim ağacını kullanmak	12
o Evrim ağacına zamanı yerleştirmek	14
o “Ne, ne zaman oldu?” nasıl bilebiliriz?	15
o Yaşamın tarihinden önemli olaylar	17
3. Mekanizmalar	19
o Değişerek türeme	20
o Değişimin mekanizmaları	21
o Genetik çeşitlilik	22
o Mutasyonlar	23
o Mutasyonların nedenleri	24
o Gen akışı	25
o Eşey ve genetik karılma	26
o Gelişim	26
o Genetik Sürüklenme	28
o Doğal Seçilim	29
o Doğal seçilim iş başında	30
o Peki ya seçilim değeri?	31
o Eşeyssel seçilim	32
o Eşeyssel seçilim 2	32

o	Yapay seçim	33
o	Uyarlanım	34
o	Doğal seçim hakkındaki yanlış anlamalar	35
o	Birlikte evrim	36
4.	Mikroevrim	39
o	Mikroevrimin Tanımı	40
o	Mikroevrimsel değişimi ortaya çıkarmak	41
o	Mikroevrimin Mekanizmaları	42
5.	Türleşme	43
o	Türün Tanımı	44
o	Türleşmenin tanımı	45
o	Türleşmenin nedenleri	47
o	Üreme yalıtımı	48
o	Türleşmeye kanıt	51
o	Birlikte türleşme	53
6.	Makroevrim	55
o	Makroevrim nedir?	55
o	Makroevrim örüntüleri	57
7.	Önemli meseleler	59
o	Evrimin adımları	60
o	Soyların çeşitliliği	62
o	Karmaşık yapılara bakış	66
o	Evrimsel eğilimler	68
8.	Daha Fazlasını Keşfet	70

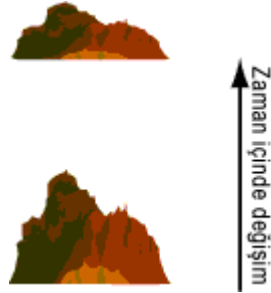
1.Evrime Giriş

Tanımı

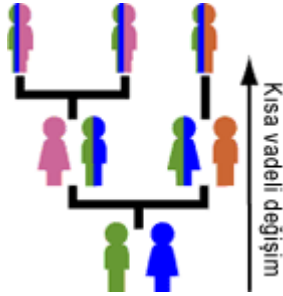
Biyolojik evrimin en basit tanımı, değişerek türemedir. Bu tanım hem küçük ölçekte evrimi (yani bir popülasyonun içinde gen sıklıklarının nesilden nesile değişmesini) hem de büyük ölçekte evrimi (yani aradan bir çok nesilin geçmesiyle ortak bir atadan farklı türlerin türemesini) kapsar. Evrim yaşamın tarihini anlamamızı sağlar.



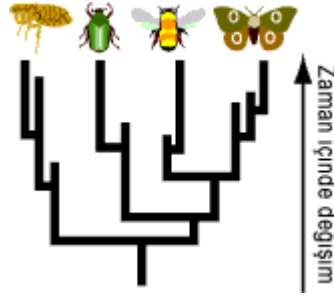
Ağaç yaprakları birkaç hafta içinde renk değiştirip dökülürler.



Sıradağlar milyonlarca yıl içinde erozyonla aşınırlar.



Bir soy ağacı sayılı yıl içinde nesiller arasında kalıtım yoluyla değişimi resmeder.



Uzun yıllar boyunca süren evrim muhteşem çeşitlilikte canlı türleri ortaya çıkarabilir.

oluşturdu: İnsanlar ve meşe ağaçları, serçeler ve balinalar... Evrim hepimizin uzaktan akraba olduğu anlamına geliyor.

Açıklaması

Etrafımızdaki birçok şey zamanla değişir. Ancak bunların hepsine biyolojik evrim denemez. Örneğin ağaçlar yapraklarını döker, sıradağlar yükselip erozyona uğrar, fakat bunlar biyolojik evrime örnek oluşturmazlar, çünkü bu değişimlerde genetik kalıtım ile türeme yoktur.

Biyolojik evrimde temel fikir, Dünya üzerindeki bütün yaşamın ortak bir atası olduğudur. Tıpkı sizin büyükannenizin kuzenlerinizin de büyükannesi olması gibi...

Değişerek türeme sürecinin sonunda Dünya'daki yaşamın ortak atasından bugün fosillerde ve etrafımızdaki canlılarda gördüğümüz inanılmaz çeşitlilik

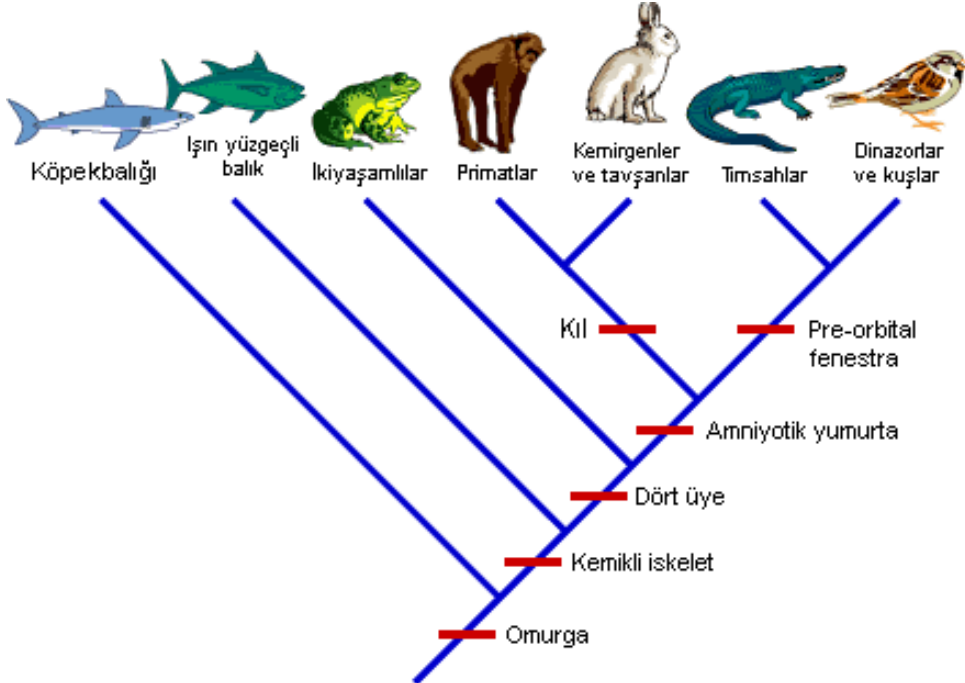
2.Yaşamın tarihi: Örüntülere bir bakış

Evrimin ana fikri, yaşamın bir tarihi olduğu yani zaman içinde değiştiği ve farklı türlerin ortak bir ataya sahip olduğudur. Bu sayfalarda, evrimsel değişimin ve türler arası ilişkilerin "soyağaçları" ile nasıl gösterildiklerini, bu soyağaçlarının nasıl oluşturulduğunu ve bu bilginin canlıların sınıflandırılmasına nasıl etki ettiğini keşfedebilirsiniz. Burada hem evrimsel tarihin bir kronolojisini, hem de yaşamın tarihindeki belli başlı bazı olayların, örneğin yaşamın ilk ortaya çıkışı ve insanın evriminin ayrıntılarını bulacaksınız.

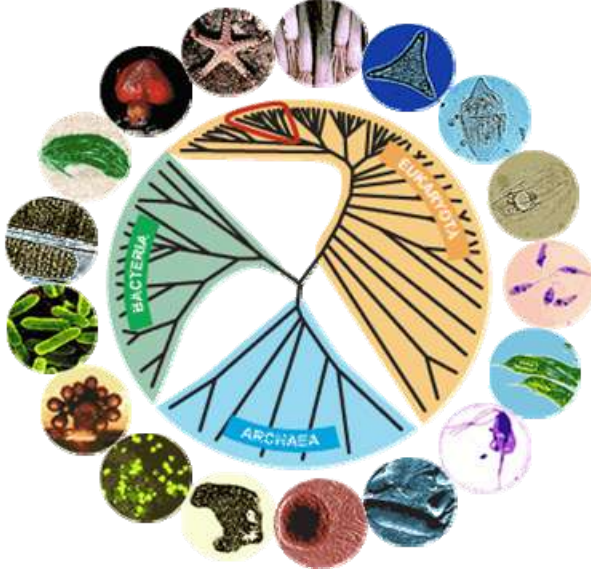
Soyağacı

Evrim süreci, türler arasında bir ilişkiler örüntüsü oluşturur. Soylar evrilip bölündükçe ve değişiklikler yeni nesillere kalıtım yoluyla aktarıldıkça, soyların evrimsel yolları birbirinden ayrılır. Bu, evrimsel ilişkilerin dallanmış bir örüntüsünü oluşturur.

Türlerin kalıtsal özelliklerini ve başka tarihsel verileri inceleyerek, evrimsel ilişkileri ortaya çıkarabilir ve bu ilişkileri bir soyağacında gösterebiliriz. Bu soyağaçlarına soyoluş adı verilir. Aşağıda gördüğümüz soyoluş, dünyadaki bütün yaşamı birbirine bağlayan temel akrabalıkları gösteriyor.



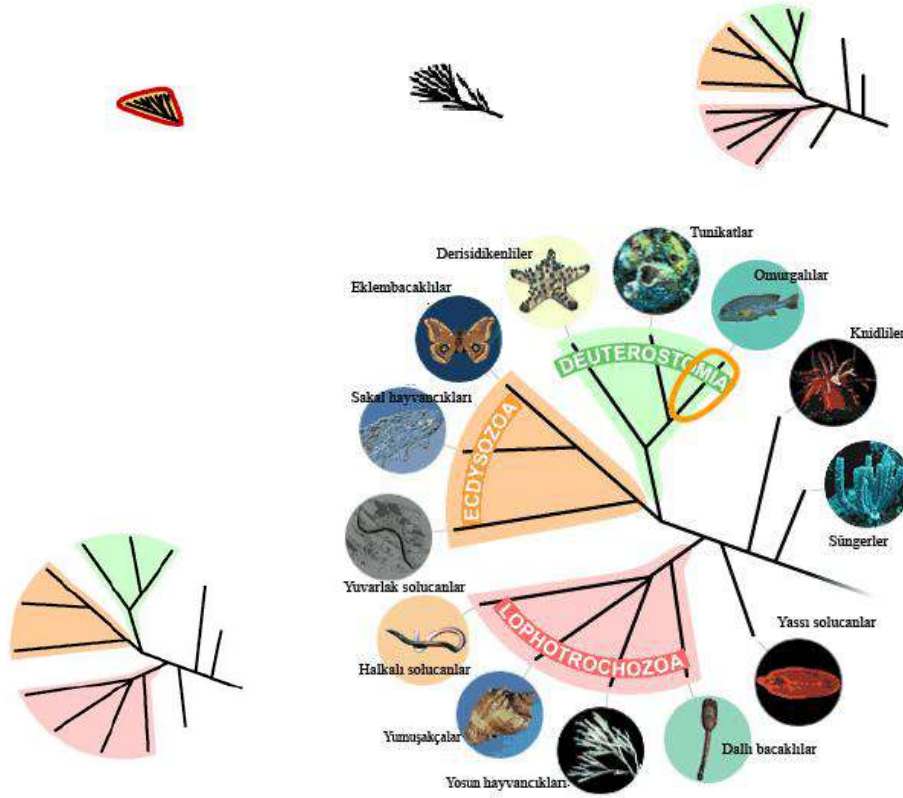
Üç küme



Bütün soyuluş ağaçları gibi bu gördüğünüz ağaç da canlılar arasındaki ilişkilere dair bir hipotezdir. Bu ağaç, bütün yaşam türlerinin akraba olduğunu ve üç ana dalda toplanabileceğini tasvir eder. Bu üç ana dal, genelde üç küme olarak dile getirilir: *Archaea*, *Bacteria* ve *Eukaryota*. Ağacın bir dalına, mesela *Animalia*'ya (kırmızı daire içinde) odaklanarak o dalın soyuluşunu daha detaylı inceleyebiliriz. İsterseniz daha da yakınlaşarak, omurgalıların bazı ana soylarını [inceleyebilirsiniz](#).

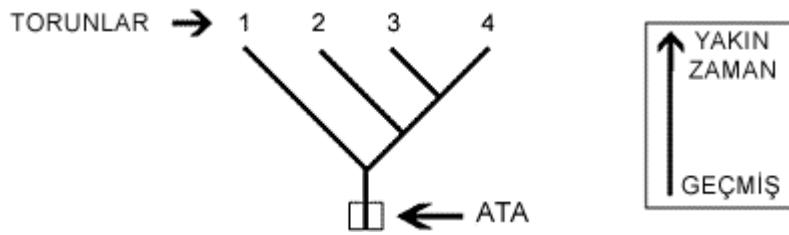
Birçok farklı kanıtla destekleniyor olmasına rağmen, bu ağaç muhtemelen hatasız değil. Bilim insanları soyuluş ağaçlarını yeni verilerin ışığında tekrar tekrar gözden geçirip düzeltiyorlar. Veriler toplandıkça zaman zaman hipotezlerin kimisi değiştiriliyor ve ağacın bazı dallarında değişiklikler yapılıyor. Örneğin son 50 sene içinde toplanan birçok veri, kuşların aslında dinazorlarla aynı soydan geldiğini ortaya koydu. Bunun sonucunda ağaçtaki bazı dalların yeniden düzenlenmesi gerekti.

ANIMALIA



Soyoluşu anlamak

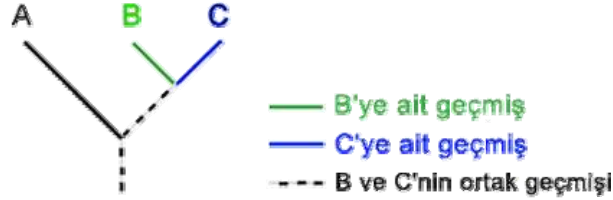
Bir soyoluşu anlamak, tıpkı bir ailenin soyağacını okumak gibidir. Ağacın kökleri atasal soyları, dalları da o atanın neslinden gelenleri simgeler. Köklerden dallara doğru yol aldığımızda, zamanda ileri doğru gitmiş olursunuz.



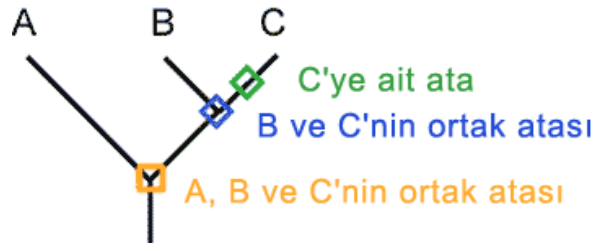
Bir soy bölündüğünde – ki buna türleşme diyoruz – bu olay soyoluşta bir dallanma şeklinde gösterilir. Bir türleşme olayı meydana geldiğinde, tek bir atasal soy, iki veya daha çok yavru soy ortaya çıkarır.



Soyoluşlar, soyların birbiriyle paylaştıkları akrabalık örüntülerini resmetmeye çalışırlar. Her bir soyun geçmişinin bir kısmı sadece kendine özgüdür ve yine bu soy, geçmişinin diğer bazı bölümlerini başka soylarla paylaşır.



Benzer şekilde, her bir soy kendisine özgü atalara ve aynı zamanda diğer soylarla paylaştığı ortak atalara sahiptir.

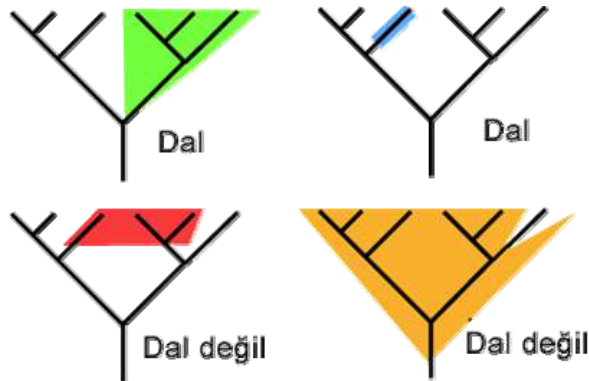


Daha fazlasını keşfet:

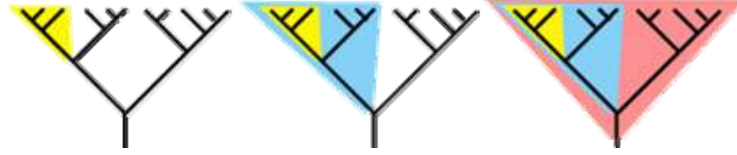
Bir atadan ikiden fazla oğul soy türleştiğinde sonuç [soyoluş patlamalarıdır](#).

Soyoluşu anlamak (2)

Bir dal, ortak bir ata ve o atadan gelen (halen yaşamakta veya yok olmuş) tüm nesilleri kapsayan bir gruplandırma. Çeşitli soylardan oluşan bir grubun bir dal oluşturup oluşturmadığı soyoluş kullanılarak kolayca söylenebilir. Bir kolun soyoluştan budandığını düşünün - o kolun ucundaki tüm canlılar bir dal oluşturmaktadır.



Soyoluşun dalları iç içedir, yani birbiri içinde yuvalanmış bir hiyerarşi oluştururlar. Bir dal, binlerce tür veya sadece birkaç tane tür içerebilir. Farklı seviyelerde bazı dal örnekleri aşağıda verilmiştir. Kimi dalların daha geniş dallar içinde nasıl yuvalandığına dikkat edin.



Buraya kadar, bir soyoluşun en uçtaki dallarını ortak atalardan türemiş soylar olarak kabul ettik. Bu “uçlar”, ağacın ne kadar detaylı çizildiğine bağlı olarak bir türün farklı popülasyonlarını, farklı türleri veya her biri birçok türden oluşan farklı dalları temsil ediyor olabilirler.

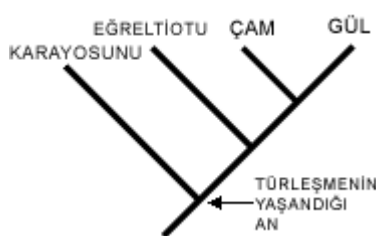
Merdiven değil, ağaç

Biyologlar geçmişte pek çok kez, yaşamın ilkel canlılardan gelişmiş canlılara doğru bir merdiven şeklinde düzenlenebileceği gibi bir fikre kapıldılar, ama bu yanlış bir fikirdi. Aristo'nun “Büyük Varlık Zinciri” (sağdaki şekil) görüşünün merkezinde de bu düşünce vardır.



Aristo'nun Büyük Varlık Zinciri (yukarıda). Bu görüşün yanlış olduğunu artık biliyoruz.

Benzer şekilde, bazı canlıların diğerlerine göre daha “gelişmiş” olduğunu ifade ederek soyoluşları yanlış yorumlamak mümkündür; fakat soyoluşlar kesinlikle bunu anlatmazlar.

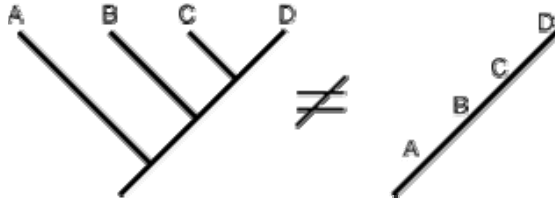


Yanda görülen oldukça basitleştirilmiş soyoluş örneğinde, iki soyun oluşmasıyla sonuçlanan bir türleşme olayı meydana gelmiştir. Bir kol bugünkü karayosunlarına giderken, diğeri eğreltiotu, çam ve güle doğru devam etmiştir. Bu türleşme olayının ardından her iki soyun evrilmek için eşit zamanı olmuştur. Karayosunları yaşam ağacında erken dallandıkları ve tüm kara bitkilerinin atasıyla birçok ortak özelliği paylaştıkları

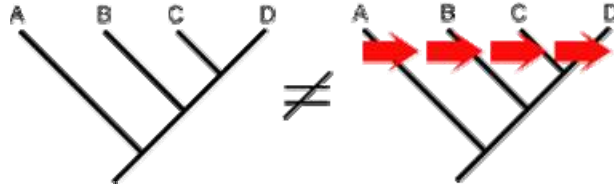
halde, günümüzde yaşayan karayosunu türleri diğer kara bitkilerinin atası değildir. Üstelik günümüz bitkilerinden daha ilkel de değildirler. Karayosunları diğer kara bitkilerinin kuzenleridir.

O yüzden, bir soyoluşu okurken üç şeyi akılda tutmak önemlidir:

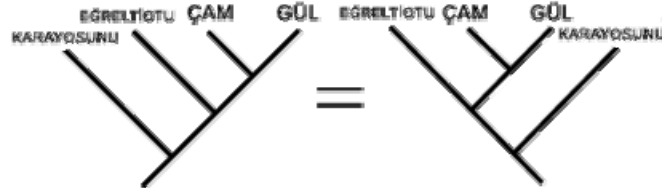
1. Evrim, soylar arasında A B C D şeklinde ilişki örüntüleri ortaya çıkarmaktadır ve bu örüntü merdiven değil ağaç şeklindedir.



2. Soyoluşları soldan sağa doğru okumaya meyilli olsak da bunun soyların “gelişmişlik” seviyeleri ile bir ilgisi yoktur.



3. Bir soyoluştaki herhangi bir türleşme olayı için, hangi neslin sağa ve hangi neslin sola gideceği isteğe bağlıdır. Mesela, aşağıdaki soyoluşlar birbirine denktir:



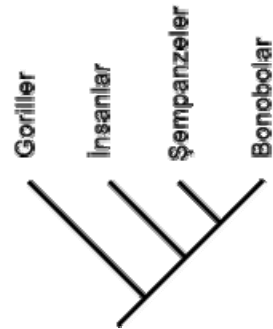
Biyologlar genelde en çok ilgilendikleri dalı (ister yarasa, ister tahtakurusu, ister bakteri olsun) soyoluşun sağına koyarlar.

İnsanlarla ilgili yanlış kanılar

Yukarıda açıklanan noktalar en çok da insanın evrimi söz konusu olduğunda sorun olmaktadır. Bizimle en yakın akraba olan yaşayan türlerin soyoluşları yandaki şekilde görülmektedir:

Şunları hatırlamak önemlidir:

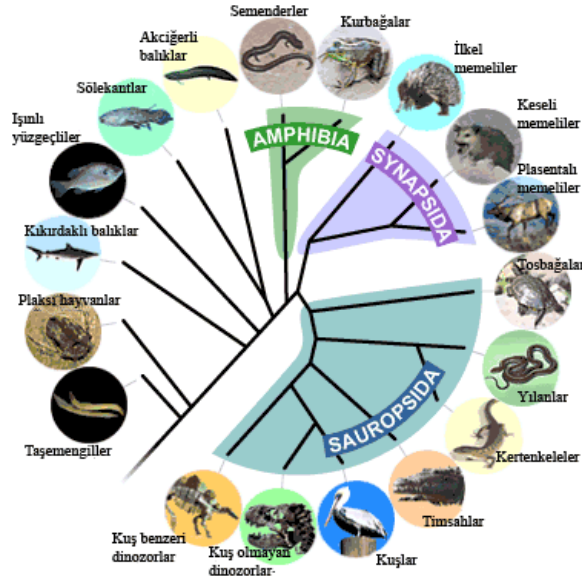
1. İnsanlar şempanzelerden evrilmemiştir. İnsanlar ve şempanzeler evrimsel kuzenlerdir. İkisi de, ne şempanze ne de insan olan ortak bir ataya sahiptir.
2. İnsanlar, yaşayan diğer soylardan “daha gelişmiş” veya “daha çok evrilmiş” değildir. İnsanların ve şempanzelerin soyları bir noktada birbirinden ayrılmıştı ve o zamandan beri her iki tür de evrim sonucu kendi soylarına özgü olarak ortaya çıkmış özelliklere sahiptir.



Evrim ağacı oluşturmak

Soyluş ağaçları, ailelerin soyağaçları gibi atasal örüntüleri gösterir. Ancak, ailelerin kendi tarihlerini kaydetme olanağı varken evrimsel soyların böyle bir olanağı yoktur – ne yazık ki doğadaki türler kendi geçmişlerini gösteren yazılı belgelere ve nüfus cüzdanlarına sahip değiller! Bu nedenle biyologlar, topladıkları veriler ve bu verilerin analizi yardımıyla geçmişte yaşananların tarihini yazmak zorundadırlar. Bu tarihçeyi daha sonra, canlıların birbiriyle akrabalık ilişkilerini açıklayan hipotezleri geliştirmek, yani soyoluşları oluşturmak için kullanırlar.

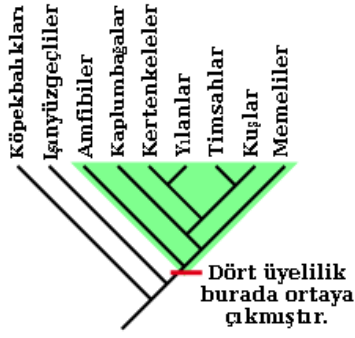
Aşağıdaki gibi bir soyoluşu ortaya çıkarmak için, biyologlar ilgilendikleri canlıların her birinin karakterleriyle ilgili veri toplarlar. Bu karakterlerin kalıtsal olması ve canlılar arasında karşılaştırılabilir olması gerekir: fiziksel karakterler (morfoloji), genetik dizilimler veya davranışsal özellikler gibi.



Örneğin, omurgalı soyoluşunu oluşturmaya çalıştığımızı düşünelim. İşe, her soyun temel morfolojik özelliklerini anlamak için bu soyların temsilcilerini inceleyerek başlarız. Bunu yaparken ele aldığımız soyun omurgası, iskeleti, dört kolu, amniyotik yumurtası ve benzeri özellikleri olup olmadığını kaydederiz.

Ortak türemiş karakterlerin kullanımı

Amacımız, canlıları giderek daha az dal içerecek şekilde gruplandırmamızı sağlayacak kanıtlar bulmak. Burada bizi özellikle ilgilendiren şey ise ortak türemiş karakterler. Ortak karakter, iki farklı soy tarafından paylaşılan karakter demektir. Türemiş karakter ise, soy boyunca yeni bir dala sebep olacak şekilde evrilmiş ve o dalın üyelerini diğer dallardan ayrı kılan bir karakter anlamına gelir.

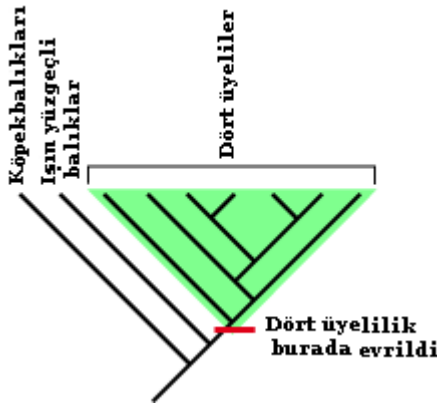


Ortak türemiş karakterler, canlıları soyoluşun dalları halinde gruplandırmak için kullanılabilir. Örneğin ikiyaşamlılar, kaplumbağalar, sürüngenler, yılanlar, timsahlar, kuşlar ve memelilerin hepsinin dört üyesi (2 kolu ve 2 bacağı) vardır, ya da geçmişte yaşadıkları zaman vardı. Günümüzde yaşayan bir yılanı baktığımızda, belirgin üyeler göremezsiniz, ancak fosiller yılanların eskiden üyeleri olduğunu göstermektedir. Üstelik günümüzde yaşayan bazı yılanlar hala körelmiş üyelere sahiptir! Dört üyenin varlığı, omurgalıların hepsine ortak atalarından kalmış olan ve omurgalı dalını diğerlerinden ayırmaya yarayan ortak türemiş bir karakterdir.

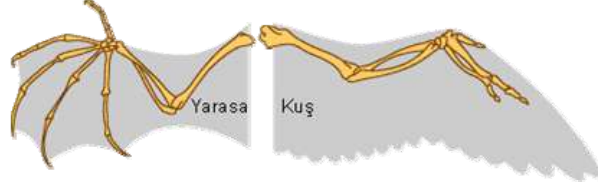
Ancak, dört üyeye sahip olma özelliğini yukarıda yeşille işaretli dal içindeki ilişkileri belirlemek için kullanamayız, çünkü dal içindeki tüm soylar bu karaktere sahiptir. Söz konusu dal içindeki ilişkileri belirleyebilmek için, bu dal içindeki soylar arasında değişim gösteren diğer karakterlere bakmalıyız.

Kökendeş ve görevdeş yapılar

Soyoluş ağacı evrimsel ilişkilerle ilgili bir hipotez olduğundan, bu ağacı oluştururken ortak atayı tanımlayan güvenilir karakterler kullanmak isteriz. Bu amaçla kökendeş karakterleri kullanıyoruz. Kökendeş karakterler farklı canlılarda birbirine benzer çünkü onlara bu karakteri aktaran ortak ata da karakterin bir benzerine sahiptir. Kökendeş karaktere bir örnek dörtayaklılarda bulunan dört üyedir. Kuşların, yarasaların, farelerin ve timsahların tamamının dört üyesi vardır. Köpekbalıkları ve kemikli balıkların ise yoktur. Bu dört üye, dörtayaklıların ortak atasında evrilmiş ve onların torunlarına bu özellik aktarılmıştır. Yani dört üyenin varlığı bir kökendeşliktir.



Bununla birlikte, tüm karakterler kökendeş değildir. Örneğin fareler ve timsahların kanatları yokken hem kuşların hem de yarasaların kanatları vardır. Peki bu durum, kuşlar ve yarasaların, fareler ve timsahlara göre birbirleriyle daha yakın akraba olduğunu mu gösterir? Hayır. Kuşların ve yarasaların kanatlarını daha yakından incelediğimizde, görürüz ki bu organların aralarında önemli bazı temel farklılıklar var.



Yarasa kanadı, kol ve parmak kemikleri arasına gerilmiş bir deriden meydana gelir . Kuş kanadı ise, kol boyunca yanyana dizilmiş tüylerden oluşmuştur. Bu yapılar temelde farklıdır. Bu farklılık da, yarasa ve kuşun, kanatları olan ortak bir atadan gelmediğine işaret etmektedir. Aşağıda, pek çok diğer karakterin de göz önünde bulundurulmasıyla hazırlanmış olan soyoluş bu fikri örneklendiriyor.



Kuş ve yarasa kanatları görevdeştir - yani farklı evrimsel kökenlere sahip olmalarına karşın, aynı işlevi gördükleri için görünüş olarak birbirine benzemektedir. Görevdeşlik yakınsayan evrimin bir sonucudur.

Buradaki ilginç bir nokta şu: kuş ve yarasa kanatları, uçmayı sağlamaları açısından görevdeş olsalar da, ön kol olmaları açısından kökendenler. Kuşlar ve yarasalar kanatlarını, kanadı olan ortak bir atadan almamışlardır. Fakat aynı zamanda ikisi de kanatlarını oluşturan ön üyelerini (kollarını), ön üyeleri olan ortak bir atadan almışlardır.

Daha fazlasını keşfet:

Kökendeşliği tanımlamada kullanılan kıstaslar ve soyoluşların **en yalını yeğleme** ilkesini kullanarak nasıl oluşturulduğu hakkında daha fazla bilgi edinin.

Sınıflandırma için evrim ağacını kullanmak

Biyologlar soyoluş ağaçlarını birçok amaçla kullanırlar. Bunlardan bazıları,

- *Evrime ilgili hipotezleri sınamak,
- *Nesli tükenmiş türler ve atasal soylar hakkında bilgi edinmek,
- *Canlıları sınıflandırmak,

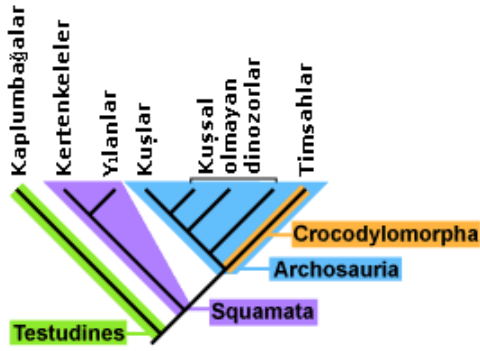
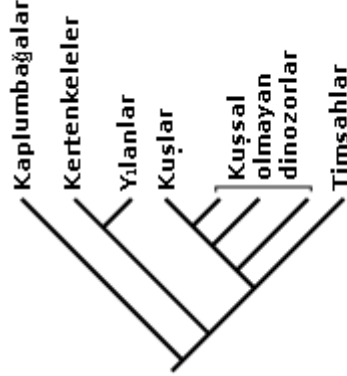
şeklinde sıralanabilir.

Soyoluşların sınıflandırma için temel alınması biyolojide görece yeni bir gelişmedir.

Birçoğumuz Linneaus'un Sınıflandırma Sistemi ile bir şekilde karşılaşmıştır. Bu düzen her canlıyı Alem, Şube, Sınıf, Takım, Aile, Cins ve Tür adı verilen temel sınıflandırma birimleri bakımından ayrıştırıp, sınıflandırır (bu düzeni hatırlamak için "A.Ş.Sın. T.A.Ci Türü engelleri" gibi tekerlemeler kullanılabilir). Ancak bu sınıflandırma sistemi, bilim insanları canlıların ortak atalardan türediğini fark etmeden çok önce oluşturulmuştur. Bu nedenle günümüzde çoğu bilim insanı Linneaus'un evrimsel temele dayanmayan bu sınıflandırma

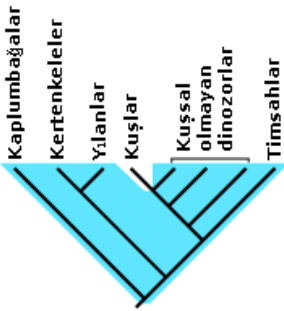
sistemi yerine canlıların evrimsel tarihçesini yansıtan soyoluşsal sınıflandırma sistemini benimsemektedir.

Bu soyoluşsal sınıflandırma sistemi yalnızca soyoluş ağacındaki dalları isimlendirir. Örnek olarak kuş ve sürüngenleri daha ayrıntılı olarak inceleyelim.

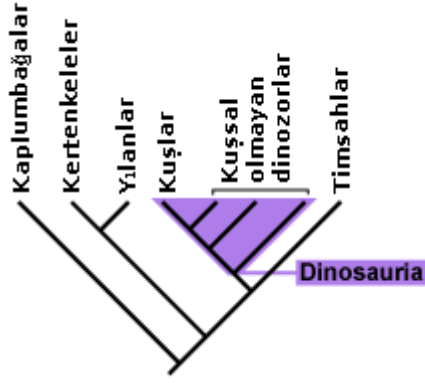


Soyoluşsal bir sınıflandırma sisteminde, bu ağaç üzerindeki her bir dala ayrı bir isim verebiliriz. Örneğin, Testudines (Kaplumbağaların içinde bulunduğu takım), Squamata (pullu sürüngenler takımı), Archosauria (kuşlar ve timsahlar) ve Crocodylomorpha (timsahlar) gruplarının her biri ayrı bir dal oluşturuyor.

Fakat dallanma grafiğinde görüldüğü üzere, “sürüngenler” bir dal oluşturmuyor. Buradan iki sonuç çıkarabiliriz: Ya “sürüngenler” geçerli soyoluşsal bir dal değildir ya da kuşları da sürüngen olarak düşünmeye başlamalıyız.



Soyoluşsal sınıflandırmadaki ilginç bir başka şey ise, dinozorların nesillerinin aslında tükenmediğidir! Kuşlar aslında dinozordur (yani Dinosauria dalının bir parçasıdır). Gerçekten çok etkileyici olan şu ki, kuşları inceleyerek meşhur T. rex hakkında bir şeyler öğrenebiliriz!



Daha fazlasını keşfet:

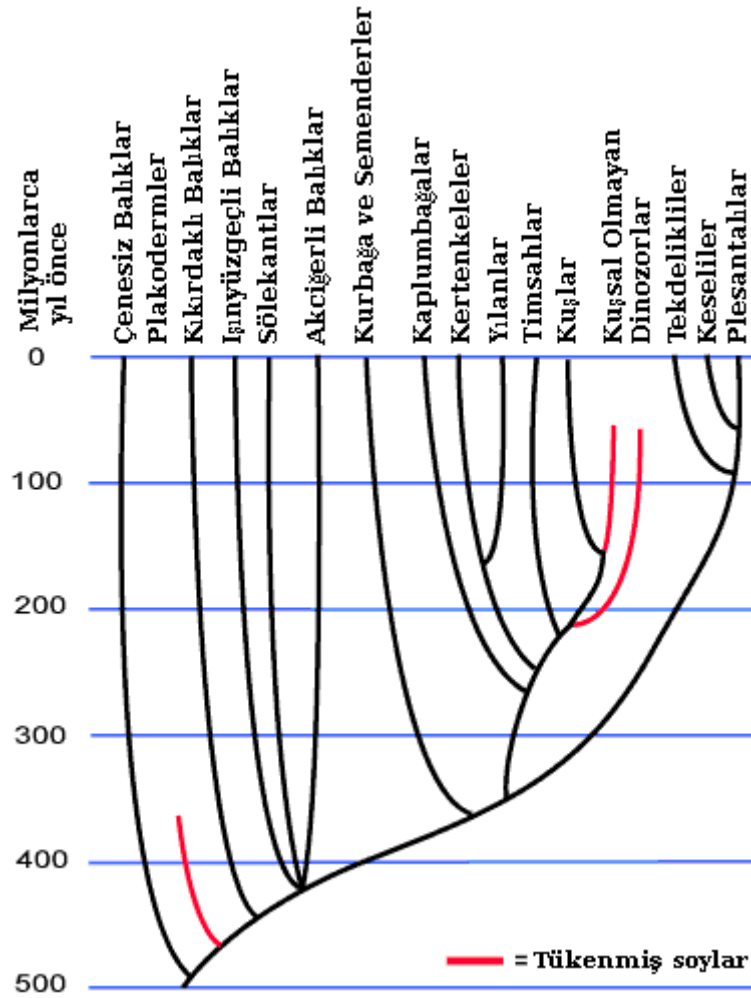
Soyoluşsal sınıflandırma sistemine geçmek ve tarihi anlamak için yaşam ağacını kullanmak hakkında daha fazla bilgi edinin.

Evrim ağacına zamanı yerleştirmek

Eğer yeryüzündeki yaşamın 3,5 milyar yıllık tarihini bir tek dakika içerisine sıkıştırmak isteseydik, çok hücreli yaşamın evrimleşmesi için 50 saniye, omurgalıların karayı işgal etmesi için 4 saniye, çiçekli bitkilerin evrimi için ise bir 4 saniye daha beklememiz gerekirdi. Dahası bu 1 dakikalık tarihte içerisinde “modern” insanın doğuşunun yalnızca son 0,002 saniyede gerçekleştiğini görürdük.

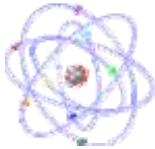
Biyologlar evrim ağaçları oluştururken, zamanı temsil etmek için ağacın dallarının uzunluklarını kullanırlar. Bu gösterimde bir dalın uzunluğu, o soyun ortak atadan ne kadar zaman önce ayrıldığıyla orantılıdır. Eğer yeryüzündeki tüm canlıları içeren bir soyoluş ağacını bu şekilde resmetseydik, ilk bitki ve hayvan türlerini gösteren dallara ulaşana kadar oldukça uzun bir gövde çizmemiz gerekirdi.

Aşağıdaki soyoluş ağacı yeryüzündeki yaşamın oldukça küçük bir kısmını, omurgalı canlıların evrimini göstermektedir. Dalların uzunlukları, ilgili soyların birbirlerinden ayrılma ve yok olma zamanlarını ifade ediyor.

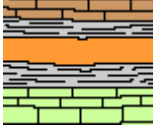


“Ne, ne zaman oldu?” nasıl bilebiliriz?

Yaşam 3,8 milyar yıl önce başladı, böcekler 290 milyon yıl önce çeşitlendi, insan ve şempanze soyları ise birbirlerinden yalnızca 5 milyon yıl önce ayrıldılar. Peki bilim insanları bütün bu olayların ne zaman olduğunu nasıl ortaya çıkardı? Böyle önemli evrimsel olayların tarihlerini belirlemek için bilim insanlarının kullandığı birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden bazıını aşağıda görebilirsiniz.



1. Radyometrik tarihlendirme: Bilim insanları kayalar ve diğer maddeleri, içerdikleri doğal radyoaktif maddelerin zamanla bozunmalarından yola çıkarak tarihlendirirler.



2. Katman bilim: Bu bilim dalı, yeryüzündeki katmanların üst üste dizilişlerinden yola çıkılarak olayların kronolojik bir sıraya koyulmasına yardımcı olur.



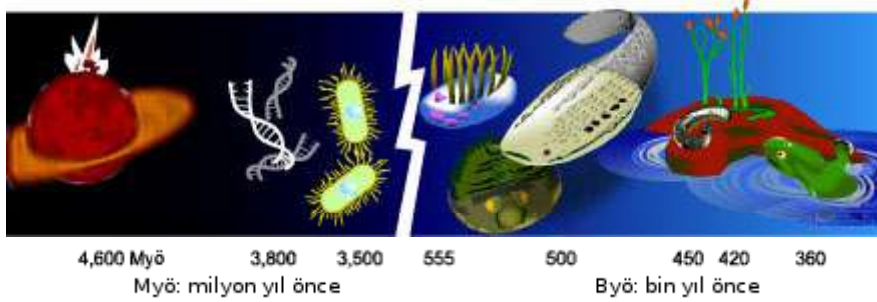
3. Moleküler saatler: Bilim insanları canlıların günümüzdeki genetik farklılıklarından yola çıkarak iki soyun birbirinden ne zaman ayrıldığına ilişkin tahminlerde bulunabilirler.

Daha fazlasını keşfet:

[Radyometrik tarihlleme](#), [katmanbilim](#) ve [moleküler saatler](#) hakkında daha fazla bilgi edinin.

Yaşamın tarihinden önemli olaylar

Zaman çizelgeleri yaşamın tarihi hakkında evrimsel ağaçta göremeyeceğimiz olaylarla ilgili ek bilgiler verebilir. Bunlar arasında önemli jeolojik olayları, kıta hareketlerini, iklim ve ekosistemlerdeki değişimleri, canlıların yeni yaşam alanlarına yayılmasını ve önemli yok oluşları sayabiliriz. Canlılığın tarihindeki bazı önemli olayları görmek için aşağıdaki zaman çizelgesini inceleyin.



Canlılığın tarihindeki bazı önemli olayları keşfetmek için fare imlecini farklı tarihler üzerinde dolaştırın.

250 Myö 248 225 130 65 4 130 Byö



Zaman	Olay
130.000 yıl önce:	Anatomik olarak ilk modern insan evrilir. Onun torunları 70 000 yıl sonra insan bilincinin ilk dışavurumlarından biri olan mağara resimlerini yapmaya başlayacaktır.
4 milyon yıl önce:	Afrika'da, bilim insanlarının "Lucy" diye adlandırdıkları erken insanıslar yaşamaktadır. Buzul çağı başlamış ve bir çok büyük memelinin nesli tükenmiştir.
65 milyon yıl önce:	Yucatan Yarımadası'na dev bir meteor düşmüştür. Ammonitlerle kuşlar dışındaki dinozorların nesli tükenmiş, kuşlar ve memeliler ise hayatta kalmayı başarmışlardır.
130 milyon yıl önce:	Kıtalar bugünkü konumlarına doğru sürüklenirken, ilk çiçekli bitkiler evrilir. Karalarda dinozorlar hakimiyet kurar, denizlerde kemikli balıklar çeşitlenir.
225 milyon yıl önce:	Dinozorlar ve memeliler evrilir. Pangea parçalanmaya başlar.
248 milyon yıl önce:	Yeryüzünün bu en büyük kitlesel yok oluşunda denizlerdeki canlıların % 90'ının, karalardaki canlıların ise % 70'inin soyu tükenmiştir. Ammonitler, hayatta kalabilenler arasındadır.
250 milyon yıl önce:	Pangea adlı süper kıta oluşur. Kozalaklı bitki ormanları, sürüngenler ve memelilerin ataları olan sinapsitler yaygındır.
360 milyon yıl önce:	Tohumlu bitkiler ve geniş ormanlar ilk kez belirmeye başlarken, dört üyeli omurgalılar karaya çıkarlar. Okyanuslarda muazzam mercan kayalıkları oluşur.
420 milyon yıl önce:	Kara bitkileri evrilir. Bu olay, dünyanın yüzeyini önemli ölçüde değiştirir ve yeni habitatlar yaratır.
450 milyon yıl önce:	Eklembacaklılar karaya ayak basar, bunların torunları akrepler, örümcekler, akar ve kırkayaklara evrilir.
500 milyon yıl önce:	Balık-benzeri omurgalılar evrilir. Okyanuslarda üçloblular (Trilobita), denizlaleleri (Crinoidea), dallıbacaklılar (Brachiopoda), ve kafadanbacaklılar (Cephalopoda) gibi canlılar yaygındır.
555 milyon yıl önce:	Çokhücreli deniz canlıları yaygındır. Yaşamın çeşitliliği Wiwaxia gibi tuhaf görünümlü hayvanları da içermektedir.
3.5 milyar yıl önce:	Tekhücreli yaşam evrilir. Fotosentetik bakteriler atmosfere oksijen salmaya başlar.
3.8 milyar yıl önce:	Kendini eşleyebilen moleküller oluşur (DNA molekülünün öncüleri).
4.6 milyar yıl önce:	Yerküre oluşur. Meteor ve kuyruklu yıldızların bombardımanına uğrar.

Daha fazlasını keşfet:

Yeryüzünde yaşamın kökeni, insanın evrimi hakkında daha fazla bilgi edinin.

3.Mekanizmalar: Evrimin işleyişi

Günümüz organizmaları, geçmişte yaşamış atalarından evrim süreci sonucunda türemişlerdir. Evrim, hem tüm organizmalar tarafından paylaşılan dikkat çekici benzerliklerden hem de yaşamın o inanılmaz çeşitliliğinden sorumludur. Peki bu süreç tam olarak nasıl işler?

Evrin sürecinin temelinde genetik çeşitlilik yatar. Seçici kuvvetler genetik çeşitliliğe etki edip evrimin gerçekleşmesini sağlarlar. Bu bölümde evrimin mekanizmalarını incelerken şunlar üzerine yoğunlaşacağız:

- Türeme ve bir sonraki nesle aktarılan kalıtsal genetik farklılıklar;
- Değişim mekanizmaları olarak mutasyon, göç (gen akışı), genetik sürüklenme ve doğal seçim;
- Genetik çeşitliliğin önemi;
- Genetik sürüklenmenin rastlantısal doğası ve genetik çeşitliliğin azalmasının etkileri;
- Çeşitlilik, ayrımlı üreme ve kalıtımın, doğal seçim yoluyla evrime nasıl yol açtığı; ve
- Farklı türlerin birlikte evrim yoluyla birbirlerinin evrimini nasıl etkilediği.



Değişerek türeme

Evrimi, ortak bir atadan değişerek türeme olarak tanımlamıştık. Peki değişen tam olarak nedir? Evrim ancak bir popülasyonun gen sıklığında zamanla bir değişim olduğunda gerçekleşir. Bu genetik farklılıklar kalıtsaldır ve bir sonraki nesle aktarılabilir – ki bu da evrim için asıl önemli olan “uzun vadeli değişim”ler demektir.

Böcek popülasyonlarındaki değişimle ilgili verilen şu iki örneği karşılaştırın. Sizce bunlardan hangisi bir evrim örneğidir?

1. Böcekler rejimde

Böceklerin yiyebileceği bitkilerin az olduğu bir ya da iki yıl süren bir kuraklık dönemi düşünün.

Tüm böcekler üreme ve sağkalım açısından eşit şansa sahipler. Ancak yiyecek miktarının azalması, bu nesildeki bireylerin bir önceki nesile göre biraz daha küçük olmasına yol açmış.

2. Başka bir renkten böcekler

Popülasyondaki bireylerin büyük kısmında, örneğin %90'ında, parlak yeşil renk genleri bulunurken, küçük bir kısmında (%10) onları daha kahverengi yapan bir gen bulunmaktadır.

Birkaç nesil sonra, durum değişir: Popülasyonda kahverengi böcekler eskiden olduklarından daha yaygınlaşıp, popülasyonun %70'ini oluşturur hale gelmişlerdir.

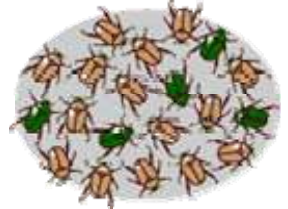
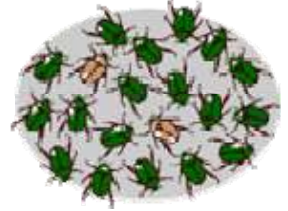
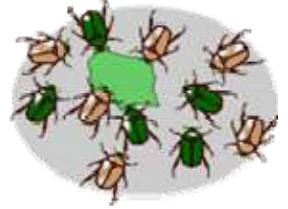
Hangi örnekte değişerek türeme, yani gen sıklıklarındaki bir değişim anlatılıyor?

Birinci örnekte, böcek popülasyonunun vücut ağırlığı, genlerin sıklığındaki değişimden dolayı değil, çevresel etkiler (besin miktarındaki azalma) nedeniyle değişmiştir. Bu yüzden birinci örnek evrim değildir. Popülasyonun vücut büyüklüğü genetik olarak belirlenmediği için, küçük vücutlu böcek nesli normal miktarda besin kaynağına sahip olduğunda normal boyutlara ulaşacak nesiller üretecektir.

İkinci örnekteki renk değişimi ise açıkça evrimdir: Aynı popülasyonun iki nesli genetik olarak farklıdır. Peki ama, bu nasıl oldu?

Daha fazlasını keşfet:

Genlerin gözlenebilir karakterleri nasıl etkilediğini görmek için [genotip fenotipe karşı](#) makalesini okuyun.

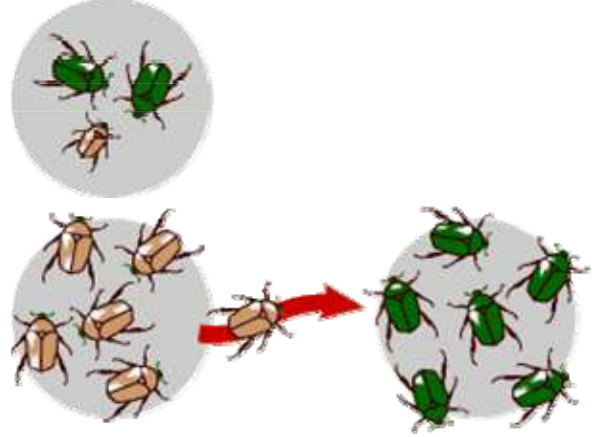


Değişimin mekanizmaları

Buradaki dört sürecin her biri evrimsel değişimin temel mekanizmalarından biridir.

Mutasyon

Bir mutasyon, parlak yeşil genine sahip ebeveynlerin kahverengi genine sahip olan dölleri vermesine neden olabilir. Böyle bir durum ise, kahverengi böcek genlerinin popülasyonda daha sık rastlanır hale gelmelerine neden olacaktır.



Göç

Bir kahverengi böcek popülasyonundaki bazı bireyler başka bir yeşil böcek popülasyonuna katılabilir. Bu durum kahverengi böcek genlerinin yeşil böcek popülasyonunda daha sıklaşmasına neden olacaktır.



Genetik sürüklenme

Bir nesilde iki kahverengi böceğin, hayatta kalıp üreyebilen dört kahverengi birey oluşturduğunu düşünün. Birkaç yeşil böcekse henüz döl vermeden biri tarafından ezilerek öldürülmüş olsun. Bir sonraki nesilde, bir önceki kuşağa göre biraz daha fazla kahverengi böcek olacaktır – ama bu tümüyle rastlantısaldır. Bu şekilde bir nesilden diğerine ortaya çıkan rastlantısal değişiklikler genetik sürüklenme olarak tanımlanır.

Doğal seçilim

Yeşil renkli böceklerin kuşlar tarafından fark edilmesinin ve dolayısıyla yenmesinin kahverengi böcekler göre daha kolay olduğunu düşünün. Kahverengi böceklerin hayatta kalıp döl verme şansları biraz daha fazla olacaktır. Böylece, sahip oldukları kahverengi olma genlerini yavrularına aktaracak ve yeni nesilde, kahverengi böcekler bir önceki nesle göre daha yaygın olacaktır.

Bu mekanizmaların hepsi genlerin bir popülasyon içindeki sıklığında değişime neden olabilir, dolayısıyla hepsi evrimsel değişimin mekanizmalarıdır. Ancak doğal seçilim ve genetik sürüklenme, popülasyonda genetik çeşitlilik olmadığı, yani popülasyondaki bazı bireyler genetik olarak diğerlerinden farklı olmadığı sürece işlemezler. Eğer böcek popülasyonundaki bireylerin tamamı (%100'ü) yeşil olsaydı, seçilim ve sürüklenmenin hiçbir etkisi olmayacaktı çünkü genetik bileşim değişmeyecekti.

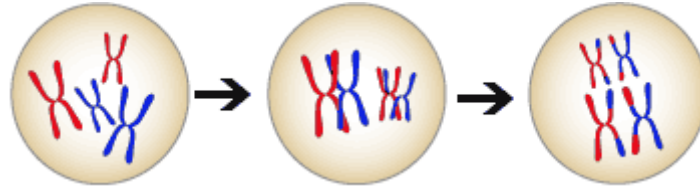
Öyleyse, genetik çeşitliliğin kaynakları nelerdir?

Genetik çeşitlilik

Evrimsel değişimi sağlayan bazı temel mekanizmalar genetik çeşitlilik olmadan çalışamaz.

Genetik çeşitliliğin, ileride hakkında daha fazla şey öğreneceğimiz üç temel kaynağı vardır:

- 1. Mutasyonlar**, DNA'da meydana gelen değişikliklerdir. Tek bir mutasyonun büyük etkileri olabilir, fakat çoğu durumda, evrimsel değişim çok sayıda mutasyonun birikimine dayanır.
- 2. Gen akışı**, genlerin bir popülasyondan diğerine her türlü hareketidir ve evrimsel çeşitliliğin önemli bir kaynağıdır.
- 3. Eşey**, bir popülasyona yeni gen kombinasyonları kazandırabilir. Bu genetik karılma genetik çeşitliliğin bir diğer önemli kaynağıdır.



Genetik karılma bir çeşitlilik kaynağıdır

Mutasyonlar

Mutasyon, yaşamın kalıtsal malzemesi olan DNA'da meydana gelen bir değişimdir. Bir organizmanın DNA'sı, onun nasıl görüldüğünü, nasıl davrandığını, fizyolojik özelliklerini – kısacası yaşamının tüm yönlerini etkiler. Dolayısıyla organizmanın DNA'sında meydana gelecek bir değişim, o organizmanın yaşamında herhangi bir yönden değişime yol açabilir.

Mutasyonlar rasgeledir

Mutasyonlar, organizma için yararlı, etkisiz ya da zararlı olabilir, ancak mutasyonlar organizmanın "ihtiyaçlarını" karşılamaya "çalışmazlar". Bu açıdan mutasyonlar rastlantısaldır – bir mutasyonun gerçekleşip gerçekleşmemesi, o mutasyonun organizma için yararlı olup olmamasına bağlı değildir.

Her mutasyon evrime yol açmaz

Vücudumuzdaki her hücrede DNA bulunduğuna göre, mutasyonların gerçekleşmesi için de pek çok yer vardır; fakat her mutasyon evrim için önemli değildir. Vücut hücrelerinde gerçekleşen bedensel mutasyonlar sonraki nesillere aktarılmaz.

Örneğin bu lezzetli kırmızı elmanın yarısının altın renkli olmasına, bedensel bir mutasyon neden olmuş. Bu elmanın tohumları bu mutasyonu taşımayacak.



Mutasyonlar (2)

Geniş ölçekli evrim açısından önemli olan mutasyonlar, sadece bir sonraki nesle aktarılabilen mutasyonlardır. Bu mutasyonlar yumurta ve sperm gibi eşey hücrelerinde gerçekleşirler ve dolayısıyla da bunlara eşey hattı mutasyonları denir.

Tek bir eşey hattı mutasyonunun bir dizi farklı sonucu olabilir:

1. Fenotipte değişim olmaz

Bazı mutasyonlar organizmanın fenotipinde gözlemlenebilir bir etki yaratmaz. Bu pek çok koşulda söz konusu olabilir: Örneğin, mutasyon, işlevi olmayan bir DNA bölgesinde gerçekleşebilir ya da protein kodlayan bir DNA bölgesinde gerçekleştiği halde, ilgili proteinin amino asit dizilimini değiştirmeyebilir.

2. Fenotipte küçük bir değişim olur

Örneğin yandaki resimdeki kedinin kulaklarının hafifçe geriye kıvrılmasının sebebi tek bir mutasyondur.

3. Fenotipte büyük bir değişim olur

Böceklerin DDT adlı böcek ilacına direnç kazanması buna bir örnektir. Bunun gibi, organizma için yaşamsal olan fenotipik değişimler de tek bir mutasyon sonucu ortaya çıkabilir. Tek bir mutasyon, organizma üzerinde çok kuvvetli olumsuz bir etkide de bulunabilir. Ölümcül mutasyonlar, yani organizmanın ölümüne yol açan mutasyonlar bunlar arasındadır – eh, zaten bundan daha kötüsü de olmaz.

Öte yandan öyle değişimler vardır ki, bu değişimlere hiçbir mutasyonun sebep olmaya gücü yetmez, hatta pek çok mutasyonun bir araya gelmesi de işe yaramaz. Örneğin, ne mutasyonlar ne de hayaller, gerçek hayatta domuzlara kanat takıp uçuramaz. Mutasyon geçirip ninja olan kaplumbağalar da ancak çizgi filmlere özgüdür – mutasyonlar böyle şeyler yapmaz.



Daha fazlasını keşfet:

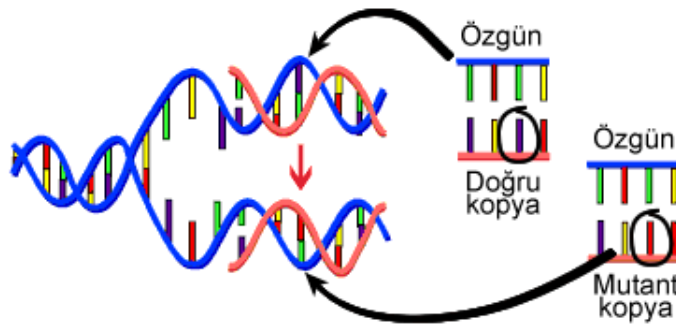
Mutasyonların nasıl raslantısal olduklarını ve bunu kanıtlayan Lederberg deneyi hakkında daha fazlasını okuyun.

Mutasyonların nedenleri

Mutasyonlar birkaç nedenden dolayı gerçekleşebilir.

1. DNA doğru kopyalanamayabilir.

Evrin için önemli olduğunu düşündüğümüz mutasyonların çoğu doğal yollarla gerçekleşir. Örneğin bir hücre bölünürken DNA'sının bir kopyasını yapar ve zaman zaman bu kopya olması gerektiği kadar mükemmel yapılmaz. Özgün DNA dizilimindeki bu küçük değişim bir mutasyondur.



2. Dış etkiler mutasyonlara neden olabilir.

Radyasyona ya da belli bazı kimyasallara maruz kalmak da mutasyonlara neden olabilir. Bu etkenler DNA'da bozulmalara neden olur. Bu durumun illa ki doğal olmayan yollarla gerçekleşmesi şart değildir, tümüyle yalıtılmış ya da el değmemiş bir ortamda dahi DNA bozulabilir. Hücre bu bozulmuş DNA'ları tamir ederken, bunu kusursuz bir şekilde yapamayabilir. Böylece hücrenin en son elde edeceği DNA, özgün DNA'dan hafifçe farklı olacaktır ki bu da mutasyon demektir.

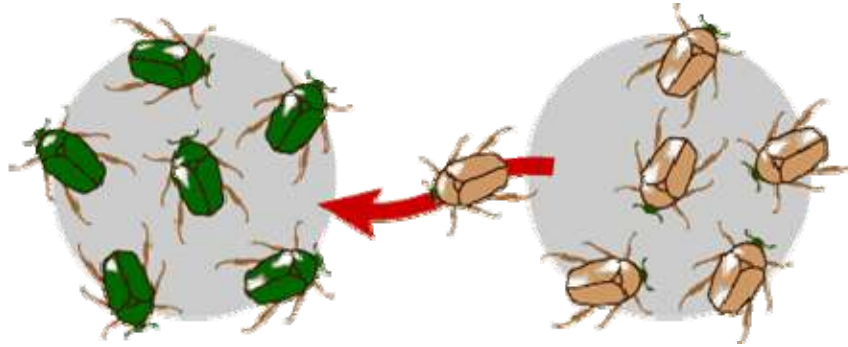


Daha fazlasını keşfet:

Mutasyonları daha iyi anlamak için [DNA'ya bir göz atabilirsiniz](#). Farklı mutasyon tipleri ve [orak hücreli anemi](#) hakkında daha fazla bilgi edinin.

Gen akışı

Genlerin bir popülasyondan diğerine her türlü hareketi gen akışı ya da göç olarak adlandırılır. Gen akışı birçok farklı olayı içerebilir: Örneğin yeni bir alana savrulan polenler veya yeni şehirlere ya da ülkelere taşınan insanlar gibi. Eğer genler yeni ulaştıkları popülasyonda daha önceden mevcut değillerse, gen akışı çok önemli bir genetik çeşitlilik kaynağı olabilir. Aşağıdaki grafikte, kahverengi geninin bir popülasyondan diğerine geçişi gösterilmektedir.



Daha fazlasını keşfet:

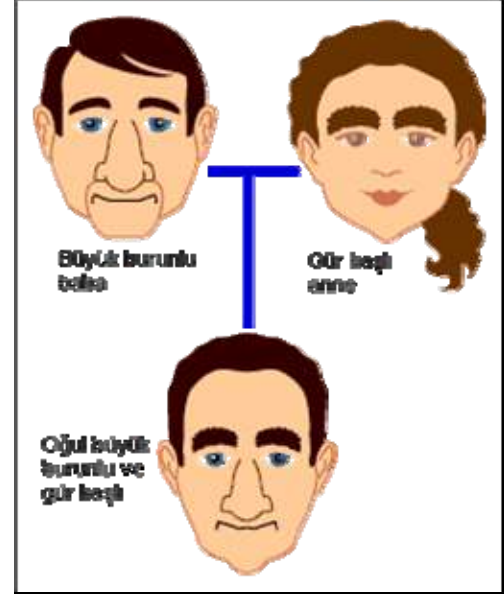
[Gen akışının ayrıntıları](#) hakkında daha fazlasını okuyun.

Eşey ve genetik karılma

Eşeyli üreme, popülasyon içinde yeni gen kombinasyonları ortaya çıkarabilir ve bu durum genetik çeşitliliğe önemli bir kaynak oluşturur.

Bildiğiniz gibi, kardeşler ebeveynleriyle ya da birbirleriyle tıpatıp benzerlik göstermezler (elbette tek yumurta ikizleri olmadıkları sürece). Bunun nedeni, eşeyli üreme sırasında yeni gen kombinasyonlarını bir araya getiren bir çeşit genetik “karılmanın” gerçekleşmesidir. Örneğin, annenizin gür kaşlarla ilintili genleri ve babanızın büyük burunla ilintili genleri olduğu için siz gür kaşlı ve büyük burunlu olmuş olabilirsiniz. Bu kombinasyonlar iyi, kötü ya da etkisiz olabilir. Eğer eşiniz gür kaş/büyük burun kombinasyonunu çekici buluyorsa şanslısınız, kazanan kombinasyonu tutturmuşsunuz!

Bu karılma evrim için önemlidir çünkü her nesilde yeni gen kombinasyonları ortaya çıkarabilir. Bununla birlikte, mevcut olan ‘iyi’ gen kombinasyonları da karılma yüzünden bozulabilir.



Daha fazlasını keşfet:

[Genlerin üreme sırasında rekombinasyonu](#) hakkında daha fazla bilgi edinin.

Gelişim

Gelişim, bir embriyonun ergin bir organizmaya dönüşüp, sonunda da ölmesi sürecidir. Gelişim süreci boyunca organizmanın genotipi, fenotip olarak ifade edilir ve bu da genleri doğal seçilimin etkisine maruz bırakır.

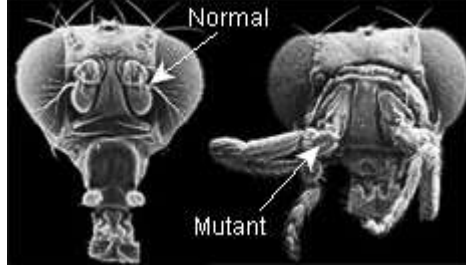
Gelişim biyolojisi alanındaki çalışmalar evrim biyolojisi için birkaç nedenden dolayı önemlidir:

Büyük evrimsel değişimlerin açıklanması

Gelişimi kontrol eden genlerdeki değişimlerin ergin organizmanın morfolojisine büyük etkileri olabilir. Bu etkiler öyle önemlidir ki, bilim insanları gelişimle ilgili genlerdeki değişimlerin, büyük ölçekli evrimsel dönüşümlerin gerçekleşmesine yardımcı olduğunu düşünüyorlar. Örneğin bazı toynaklı memelilerin nasıl okyanus canlılarına evrildiğini, sucul bitkilerin karaya nasıl yayıldığını ve küçük, zırlı omurgasızların nasıl kanatlara sahip olduğunu gelişimle ilgili değişimlerle açıklamak mümkün.



Meyve sineğinin gelişimini kontrol eden genlerdeki mutasyonlar, bir çift yerine iki çift kanat gibi önemli morfolojik değişimlere neden olabilir.



Gelişimle ilgili bir diğer gen mutasyonu, üstteki sinekte olduğu gibi, meyve sineklerinin duyarlarının bulunması gereken yerde bacakların gelişimine yol açabilir.

Evrimsel tarihi öğrenme

Bir organizmanın gelişimi onun geçmişi ile ilgili ipuçları verebilir, biyologlar da bunları evrimsel ağaçları oluştururken kullanabilirler.



Embriyolarda görülen bu gibi karakterler, soylar arasındaki ilişkilerin çözümlenmesine yardımcı olabilir.

Evrimsel değişimi sınırlama

Gelişim süreçleri, belirli soylardaki belirli karakterlerin evrilmesine ket vurarak evrimi sınırlayabilir. Örneğin, gelişim, altı parmaklı bir dörtayaklının neden var olmadığını açıklamaya yardım edebilir.

Daha fazlasını keşfet:

Gelişimsel değişim biçimleri, bireyoluş ve soyoluş, evrimi etkileyen gelişimsel kısıtlamalar, karmaşıklık ve Hox genlerinin gövde yapısını nasıl etkilediği hakkında daha fazla bilgi edinin.

Genetik Sürüklenme

Genetik sürüklenme; doğal seçim, mutasyon ve göçle birlikte evrimin temel mekanizmalarından biridir. Her nesilde bazı bireyler, tümüyle rastlantısal olarak, geriye diğer bireylerden biraz daha fazla sayıda torun (ve elbette gen!) bırakabilirler. Bir sonraki neslin genleri “şanslı” bireylerin genleri olacaktır; ancak, bu bireyler daha sağlıklı ya da daha “iyi” bireyler olmak zorunda değildir. Bu olay, kısaca, genetik sürüklenmedir. Bu, TÜM popülasyonlarda gerçekleşen bir olaydır – talihin oyunlarından kaçış yok.



Daha önceki örneklerde, bu kurgusal çizimi kullanmıştık. Genetik sürüklenme, popülasyonun genetik yapısını etkilemektedir, ancak bu durum doğal seçimden farklı olarak tümüyle rastlantısal bir biçimde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, genetik sürüklenme her ne kadar evrimsel bir mekanizma olsa da, uyarlanımların oluşmasında işlev görmez.

Daha fazlasını keşfet:

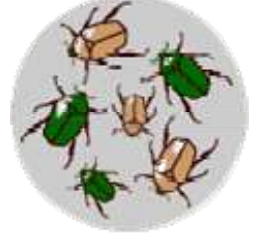
Genetik sürüklenme hakkında daha fazla bilgi edinin: [Örnekleme hatası ve evrim](#), [genetik sürüklenmenin etkileri](#), [darboğazlar ve kurucu etkiler](#)

Doğal seçilim

Doğal seçilim; mutasyon, göç ve genetik sürüklenmeyle birlikte, evrimin temel mekanizmalarından biridir. Darwin'in çok önemli olan "doğal seçilim yoluyla evrim" görüşü, görece basit olmasına karşın sıklıkla yanlış anlaşılmıştır. Nasıl işlediğini görmek için, bir böcek popülasyonunu gözümüzün önüne getirelim.

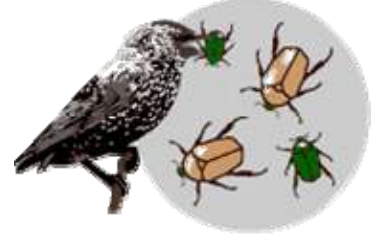
1. Özelliklerde çeşitlilik vardır

Örneğin, bazı böcekler yeşil, bazıları ise kahverengidir.



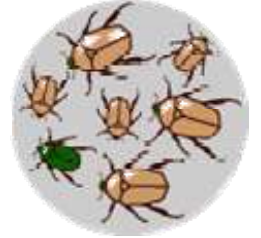
2. Ayrımlı üreme vardır

Çevre, popülasyonların sınırsız gelişimini destekleyemez. Bu yüzden popülasyondaki bireylerin tümü üreme potansiyellerinin tamamını kullanamaz. Bu örnekte, yeşil böceklerin kuşlar tarafından yenme olasılıkları daha yüksek olduğundan, yeşil böceklerin üremek için sağkalım olasılıkları kahverengi böceklerle göre daha düşüktür.



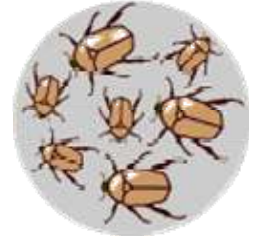
3. Kalıtım vardır

Hayatta kalan kahverengi böceklerin kahverengi yavru böcekleri olur, çünkü bu özelliğin genetik bir temeli vardır.



4. Nihai sonuç

Böceğin daha fazla yavru oluşturmasına olanak sağlayan kahverengi renk, daha avantajlı bir özelliktir ve popülasyon içinde giderek yaygınlık kazanacaktır. Eğer bu süreç böyle devam ederse, popülasyondaki tüm bireyler sonunda kahverengi olacaktır.



Eğer elinizde çeşitlilik, ayrımlı üreme ve kalıtım varsa bunun sonucunda doğal seçilim yoluyla evrim elde edersiniz. İşte bu kadar basit.

Daha fazlasını keşfet: Doğal seçilim içindeki basit mekanizmaların karmaşık yapıları nasıl şekillendirdiğini okuyun.

Doğal seçim iş başında

Bilim insanları, evrimin temel mekanizmalarından biri olan doğal seçilimin pek çok örneğini açıklığa kavuşturmuştur.

Doğa tarihi hakkında bol fotoğraflı bir kitap sizi doğal seçim tarafından üretilmiş hayret verici uyarlanım örneklerinin tam sayfa, parlak resimleriyle şaşkına çevirecektir. Aşağıdakiler gibi:



Eşek arılarını kendileriyle "çiftleşmeleri" için kandıran orkideler.



Yaprağa benzeyerek kamufle olan çekirgeler.



Zehirli mercan yılanlarını taklit eden, zehirsiz kral yılanlar.

Davranışlar da doğal seçim tarafından şekillendirilebilir. Kuşların çiftleşme törenleri, arıların dansları ve insanların dil öğrenme becerisi gibi davranışların da genetik temelleri vardır ve doğal seçilime tabidirler. Resmin sağında görülen mavi ayaklı erkek sümsük kuşu karşı cinsi kendine çekmek için abartılı ayak hareketleri yapar.

Bazı durumlarda, doğal seçilimi doğrudan gözlemleyebiliriz. Son derece ikna edici olan verilere göre, Galapagos Adaları'ndaki ispinozların gaga şekillerinde iklimsel örüntünün izleri vardır: Kuraklık sonrasında, ispinoz popülasyonu daha sert tohumları yemelerine olanak sağlayan daha derin ve güçlü gagalara sahip olmuştur.

Başka örneklerde, insan etkinliklerinin neden olduğu çevresel değişimler organizma popülasyonlarının doğal seçim yoluyla evrilmesine neden olmuştur. Bunun en belirgin örneklerinden biri, 19. yüzyıl İngiltere'sindeki koyu renkli güve popülasyonlarıdır; endüstriyel kirlenmeye paralel olarak bu popülasyonların sayısında artma ya da azalma gözlenmiştir. Bu gibi değişimler sık sık gözlenebilmekte ve belgelenebilmektedir.





Daha fazlasını keşfet:

Doğal seçilimin meşhur örnekleri için [Tegula vakasını](#) okuyabilirsiniz.

Peki ya seçim değeri?

Biyologlar seçim değeri (fitness) kavramını, belirli bir genotipin diğer genotiplere kıyasla bir sonraki kuşağa yavru bırakmada ne kadar başarılı olduğunu anlatmak için kullanırlar. Dolayısıyla, eğer kahverengi böcekler yeşil olanlara göre renkleri nedeniyle hep daha fazla yavru bırakıyorsa, kahverengi böceklerin seçim değerinin daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

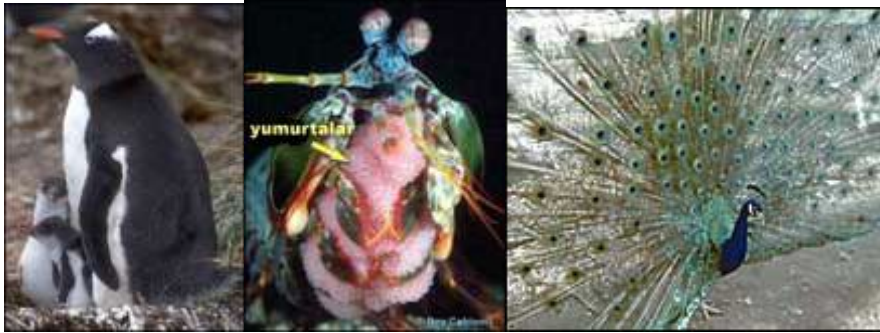
		
Toplam içerisinde hayatta kalanların sayısı	% 95	% 33



Kahverengi böceklerin seçim değeri yeşil böceklere oranla daha fazladır.

Elbette, seçim değeri göreceli bir şeydir. Bir genotipin seçim değeri organizmanın içinde yaşadığı çevreye bağlıdır. Buzul çağındaki en uygun genotip, buzul çağı geçtikten sonra muhtemelen en uygun genotip olmayacaktır.

Seçim değeri kullanışlı bir kavramdır, çünkü doğal seçimle ilgili her şeyi (sağkalım, eş bulma, üreme) tek bir düşüncede toplamaktadır. Seçim değeri en yüksek olan birey en güçlü, en hızlı ya da en büyük olmak zorunda değildir. Bir genotipin seçim değeri, onun sağkalım, eş bulabilme, yavru üretme – ve sonuç olarak genlerini bir sonraki kuşağa aktarabilme becerisini içerir.



Yavrulara bakmak (yukarıda solda) ve birçoğu hayatta kalamayacak binlerce yavru üretmek (yukarıda ortada), ebeveynin sağlığı ve sağkalması için bir zorluk oluştursa da dişileri kendine çekmek için süslü tüylerle gösterişe bulunmak (yukarıda sağda). Bu stratejiler, herşeye rağmen, seçim değerini arttırmaktadır, çünkü ebeveynlerin bir sonraki kuşağa daha fazla sayıda yavru bırakmasına yardımcı olur.

Doğal seçilimin yalnızca sağkalım becerisi üzerinde etkili olduğunu düşünmek çekici bir yaklaşım. Ancak, seçim değeri kavramının gösterdiği gibi bu hikayenin sadece yarısı. Doğal

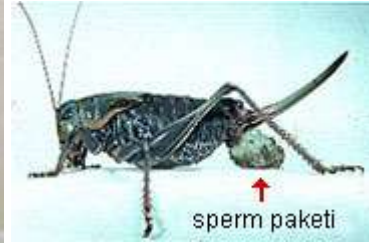
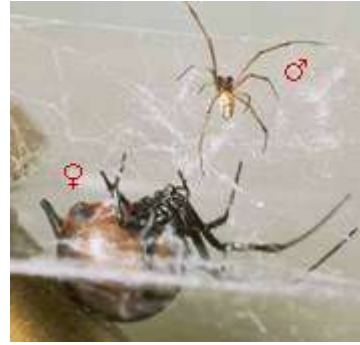
seçilim; eş bulma ve üreme davranışı üzerinde etkili olduğunda, biyologlar bunu eşeyssel seçilim olarak adlandırır.

Eşeyssel seçilim

Eşeyssel seçilim, doğal seçilimin özel bir durumudur. Organizmanın (her ne şekilde olursa olsun!) bir eş elde etme ya da onunla başarılı bir biçimde çiftleşebilme yeteneği üzerinden işler.

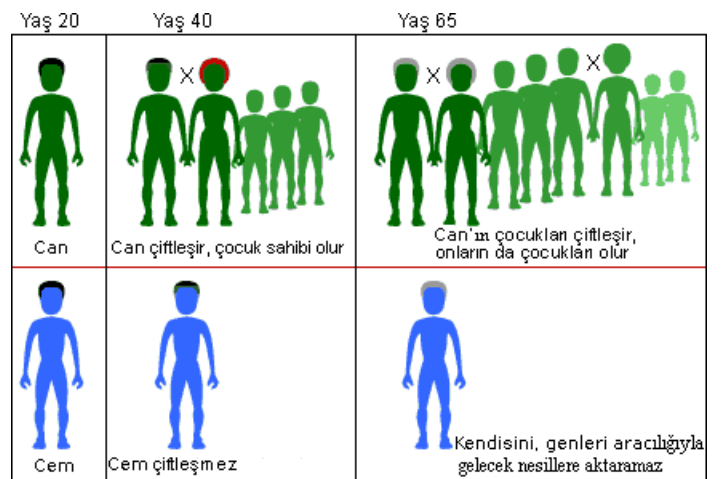
Seçilim, pek çok organizmanın cinsellik uğruna aşırılıklara kapılmasına neden olur: Tavuskuşları zarif kuyruklar taşır (sol üstte), deniz filleri alanları için dövüşür (sağ üstte), meyve sinekleri dans gösterileri yapar, bazı türlerse baştan çıkarıcı hediyeler sunar. Hangi dişi mormon çekirgesi iştah açıcı bir sperm paketinden oluşan bu hediyeye (sağ altta) karşı koyabilir ki? Daha da aşırı uçlara gidersek, erkek kırmızı sırtlı örümcek (sol altta) başarılı bir çiftleşme uğruna kendini, kelimenin tam anlamıyla ölümün kucağına atar.

Eşeyssel seçilim, çoğu kez bireylerin sağkalm mücadelesine zarar verecek özellikleri üretebilecek kadar güçlüdür. Örneğin, aşırı uzun ve renkli kuyruk telekleri ya da kuyruklar karşı cinsten bireylerin yanı sıra yırtıcıların da ilgisini çekecektir.



Eşeyssel seçilim (2/2)

Eşeyssel seçilimin neden bu kadar güçlü olduğunu anlamak için uzun yıllar yaşamış ancak hiç çiftleşmemiş bir bireyin genlerine ne olacağını düşünmek yeterli: Eğer yavru yoksa, bir sonraki kuşağa aktarılan gen de yok demektir. Bu da uzun yıllar yaşamayı sağlayan tüm o genlerin hiçbirinin kimseye aktarılamadığı anlamına gelir ki bu durumda söz konusu bireyin seçilim değeri sıfırdır!



Seçilim iki yönlü bir yoldur:

Eşeyssel seçilim, her ne kadar arada sırada cinsler arasında rol değişimleri görsük de genellikle iki yönde işler:

- **Erkekler arası rekabet**

Erkekler dişilere ulaşmak, dişiyile çiftleşirken harcanan zaman ve hatta kimin sperminin yumurtayı dölleyeceği konusunda birbirleriyle rekabet içindedirler. Örneğin kızböceklerinin (Zygoptera) bazı erkek bireyleri çiftleşme sırasında dişinin üreme kanalını temizleyerek rakibinin spermlerini dışarı atar.

- **Dişilerin tercihi**

Dişiler hangi erkekle çiftleşeceklerini, ne kadar süreyle çiftleşeceklerini ve hatta hangisinin spermlerinin yumurtalarını dölleyeceğini bile seçerler. Bazı dişiler istenmeyen bir erkeğin spermini gerisin geri dışarı püskürtebilirler.

Daha fazlasını keşfet: Bir popülasyonda avantajlı olmayan genler **eşysel seçim alıp başını giderse** yayılma eğilimi gösterebilir.

Yapay seçim

Darwin ve Wallace'tan uzun zaman önce çiftçi ve yetiştiriciler, bitki ve hayvanlarının özelliklerinde yıllar içinde önemli değişiklikler yapmak için seçim fikrini kullanıyorlardı. Çiftçi ve yetiştiriciler sadece istenen karakterlere sahip bitki ve hayvanların üremesine izin vererek çiftlik hayvanlarının ve tarım bitkilerinin evrimine neden oldular. Bu sürece yapay seçim denir çünkü hangi organizmanın üreyeceğine doğa yerine insanlar karar verir.

Aşağıda görüldüğü gibi çiftçiler, yaban hardalının belirli özelliklerini yapay olarak (kendileri) seçerek bugün bildiğimiz birçok tarım ürününü geliştirmişlerdir.



Hepimizin bildiği bu tarım ürünleri yaban hardalının çeşitlerinden üretilmiştir. Bu, yapay seçim yoluyla evrimdir.

Uyarlanım

Uyarlanım popülasyonlarda sık rastlanan bir özelliktir çünkü canlılara gelişmiş işlevler sağlar. Uyarlanımlar işlevlerine tam bir uygunluk gösterecek şekilde, doğal seçim tarafından oluşturulur.

Uyarlanımlar pek çok farklı biçimde görülebilir: yırtıcılardan daha iyi saklanmayı sağlayan bir davranış, vücut sıcaklığında daha iyi çalışan bir protein ya da organizmanın yeni bir değerli kaynağa ulaşmasını sağlayan anatomik bir özellik, bunların her biri uyarlanım olabilir. Doğada bizi kendisine en çok hayran bırakan şeylerin çoğu uyarlanımdır.

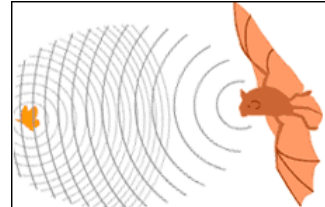
Yaprakların böcekler tarafından taklit edilmesi yırtıcılardan gizlenmeye yönelik bir uyarlanımdır. Bu örnekte Costa Rica'da yaşayan bir çalı çekirgesi görülüyor.



Bu çöl çalısı çevresinde diğer bitkilerin gelişmesini engelleyen toksinler üretir, böylece su ve besin için rekabeti azaltır.



Yarasalardaki yankıkonumlama böcek yakalama için bir uyarlanımdır.



Öyleyse uyarlanım olmayan nedir? Cevap: birçok şey. Körelmiş yapılar buna bir örnek olabilir. Körelmiş bir yapı, organizmanın ataları için uyarlanım olan bir özellikken, organizmanın yaşadığı çevrenin koşullarının değişmesiyle evrim sürecinin bir sonucu olarak işlevsizliğe doğru evrilmiş bir yapıdır.



Tamamen karanlık mağaralarda yaşayan balık türleri, körelmiş ve işlevsiz gözlere sahiptir. Bu balıkların görebilen ataları mağaralarda yaşamaya başlayınca gözlerin işlevini korumaya yönelik hiçbir doğal seçim baskısı kalmamıştır. Bu yüzden, iyi görüğe sahip balıklar daha kötü görüğe sahip balıklarla rekabetteki üstünlüklerini kaybetmiştir. Günümüzde bu balıklar hala gözlere sahiptir – ancak gözlerin artık işlevleri yoktur ve bu bir uyarlanım değildir – yalnızca bu balık türünün evrimsel tarihinin bir yan ürünüdür.

Aslında neyin uyarlanım olup neyin olmadığı hakkında biyologların söyleyecekleri çok şey var.

Daha fazlasını keşfet:

Daha fazla bilgi edinmek için: [Her şey bir uyarlanım değildir, nötral kuram, ardılıuyarlanım ve uyarlanım sayılmak için ne gerekir?](#) yazılarımı okuyun.

Doğal seçim hakkındaki yanlış anlamalar

İnsanı hayrete düşüren uyarlanımlar üretebildiği için, organizmaları teşvik eden, onları sürekli ilerleme doğrultusunda iten doğal seçilimin, gücü her şeye yeten bir kuvvet olduğunu düşünmek cazip olabilir — ama doğal seçim aslında böyle bir şey değildir.

Öncelikle doğal seçim, gücü her şeye yeten bir kuvvet değildir ve mükemmellik üretmez. Eğer genleriniz “yeterince iyiye”, gelecek kuşağa birkaç yavru bırakabilirsiniz — kusursuz olmak zorunda değilsiniz. Etrafımızdaki popülasyonlara biraz göz atmak bunu açıkça anlamamızı sağlayacaktır. Örneğin; insanlar genetik hastalıklara yol açan genlere sahip olabilir, bitkilerin kuraklıkta hayatta kalmaya yarayan genleri olmayabilir, aç bir avcı avını her seferinde yakalayabilmesini sağlayacak kadar hızlı olmayabilir. Hiçbir popülasyon ya da organizma kusursuz uyarlanmış değildir.

İkincisi, doğal seçilimi bir yol göstericiden çok, bir süreç olarak düşünmek daha doğru olur. Doğal seçim, çeşitliliğin, ayrımlı üremenin ve kalıtımın basit bir sonucudur — bilinçsiz ve mekaniktir. Amacı yoktur; gelişme sağlamak ya da dengeli sistemler kurmak için uğraşmaz.

$$\text{çeşitlilik} + \text{ayrımsal üreme} + \text{kalıtım} = \text{doğal seçim}$$

İşte bu yüzden, iş evrimi açıklamaya geldiğinde “gereksinmek”, “uğraşmak” ve “istemek” gibi kelimeleri kullanmak çok doğru değildir. Popülasyon ya da birey evrilmek “istememez” veya evrilmek için “uğraşmaz” ve doğal seçim bir organizmanın “gereksinimlerini” karşılamaya çalışamaz. Doğal seçim sadece popülasyonda varolan çeşitlilikler içinden seçer. Sonuç evrimdir.



Zıt kutupta ise, doğal seçim bazen rastlantısal işleyen bir süreç olarak yorumlanır. Bu da bir yanlış anlamadır. Bir popülasyonda mutasyonlar yüzünden oluşan genetik çeşitlilik rastlantısaldır, fakat seçim o çeşitliliğin üzerinde hiç de rasgele olmayan bir şekilde çalışır. Şöyle ki: hayatta kalmaya ve üremeye yardımcı olan gen çeşitlerinin yaygınlaşması, yardımcı olmayanlara kıyasla çok daha olasıdır. Doğal seçim rastgele DEĞİLDİR!

Tek ihtiyacım güzel tüylü bir kürk! Evrim bu şekilde işlemez.

Daha fazlasını keşfet:

“Yeterince uygun” olanın sağkalımı ve zararlı genler hakkında daha fazla bilgi edinin.

Birlikte evrim

Birlikte evrim terimi iki ya da daha fazla türün karşılıklı olarak birbirinin evrimini etkilediği durumları anlatmak için kullanılır. Örneğin, bir bitkinin morfolojisindeki evrimsel bir değişim, bu bitkiyle beslenen bir otçulun morfolojisini de etkileyebilir. Aynı şekilde, otçuldaki bu değişim de bitkinin evrimini değiştirebilir ve bu döngü böylece devam eder.

Farklı türler birbirleriyle yakın ekolojik ilişkiler içinde olduğunda birlikte evrimin gerçekleşmesi olasıdır. Bu ekolojik ilişkilerin bazı örnekleri şöyledir:

1. Av/avcı ve parazit/konak
2. Rakip türler
3. Mutualist türler

Bitkiler ve böcekler, birlikte evrimin klasik bir örneğini sunarlar; bu örnekler çoğu zaman mutualist bitki ve böceklerden çıkar. Birçok bitki ve bunların tozlaştırıcıları birbirlerine o kadar sıkı bağımlıdır ve ilişkileri o kadar özeldir ki, bu ikililer arasındaki uyumun birlikte evrimin bir sonucu olduğunu düşünmek için biyologların yeterli nedeni vardır. Ama konu tozlaşma olmasa bile bitkiler ve böcekler arasındaki eşsiz uyumun örneklerini görebiliriz. Orta Amerika’da yaşayan bazı akasya türlerinin yapraklarının altında, nektar salgılayan içi boş dikenler ve gözenekler vardır (bkz: sağdaki resim). Bu içi boş dikenler, nektar içen bazı karınca türlerinin



yuva yaptığı tek alandır. Ancak, bu karıncalar sadece bitkiden faydalanmakla kalmazlar, aynı zamanda akasyaları otçullara karşı korurlar.

Bu sistem muhtemelen birlikte evrimin bir ürünüdür: evrimleri karıncalardan etkilenmeseydi, bitkiler içi boş dikenler ya da nektar gözenekleri geliştirmezlerdi, karıncalarsa evrimleri bitkilerden etkilenmeseydi otçullara karşı savunma davranışları geliştirmezlerdi.

Birlikte evrime bir örnek: sincaplar, kuşlar ve çok sevdikleri çam kozalakları (1/2)

Sahne: Rocky Dağları

Oyuncular:



Contorto Çamı



Sincaplar



Çapraz gagalı kuşlar

Olay örgüsü

Rocky Dağları'nın büyük bölümünde, sincaplar Contorto çamı tohumlarının önemli bir avcısıdır. Çam kozalaklarını ağaçlardan toplar ve kış boyunca depolarlar. Ancak, çam ağaçları savunmasız değildir: sincaplar, ağır ama daha az tohum barındıran büyük çam kozalaklarıyla epeyce uğraşmak zorunda kalırlar. Bu bölgelerde yaşayan çapraz gagalı kuşlar da çam tohumu ile beslenirler, ama tohumları ilk ele geçiren sincaplardır ve bu yüzden kuşlar yeterince tohum bulamazlar.

Yine de, sincapların olmadığı birkaç yalıtılmış bölgede, çapraz gagalar en önemli Contorto çamı kozalağı avcılarıdır. Ağaçlar yine savunmasız değildir: çapraz gagalar büyük ve kalın pullu kozalıklardan tohumu çıkarmakta epeyce zorlanırlar. Ama kuşların bir karşı saldırı yolu vardır: kimi çapraz gaga kuşları daha derin, kısa ve daha az kıvrılmış gagalara sahiptir ve bu çetin kozalıklardan tohum çıkarmakta çok daha iyidirler.

Sahne kuruldu ama soru hala yanıt bekliyor: birlikte evrim gerçekleşti mi? Birlikte evrimin varlığını kanıtlamak için avın (ağaçlar) avcıya (sincaplar ya da kuşlar) karşılık vermek üzere evrildiğini ve avcının da ava karşılık olarak evrildiğini gösteren delillere ihtiyacımız var. Araştırmacılar Craig Benkman, William Holiman ve Julie Smith, gözlemlerinin birlikte evrim varsayımını destekleyip desteklemeyeceğini görmek için işe koyuldular.

Birlikte evrime bir örnek: sincaplar, kuşlar ve çok sevdikleri çam kozalakları (2/2)

Bu araştırmayı yapan bilim insanları, varsayımlarına dayanarak bazı tahminlerde bulundular:

1. Çam kozalaklarının arasında coğrafi farklılıklar olmalı.

Eğer ağaçlar tohumlarıyla beslenen avcılara yanıt olarak evrildilerse, kozalaklarda coğrafi farklılıklar gözlememiz gerekir: Sincapların birincil tohum avcısı olduğu bölgelerde, ağaçların sincaplara karşı daha güçlü savunmaları olmalı ve kuşların birincil avcı olduğu yerlerde ise ağaçların kuşlara karşı daha güçlü savunmaları olmalı. Gerçekten de böyle olduğunu görmekteyiz. Sincapların baskın olduğu bölgelerde, kozalaklar daha ağır ve daha az tohumluyken daha ince pula sahip (Bkz: Soldaki kozalak). Sadece çapraz-gagaların olduğu yerlerde ise, kozalaklar daha hafif, daha çok tohumlu ve kalın pullara sahiptir (Bkz: Sağdaki kozalak).



Sincaplara uyarlanmış Contorto çamı kozalakları – çapraz gagalar için daha kolay bir av



Çapraz gagalara uyarlanmış Contorto çamı kozalakları – sincaplar için daha kolay bir av

2. Avcıların coğrafi farklılıkları, avdaki farklılıklarla uyum sağlamalı.

Eğer çapraz gagalar çamlara yanıt olarak evrildilerse, kuşlarda da coğrafi farklılıklar gözlememiz gerekir: kozalak pullarının ince olduğu yerlere (aşağıda sağda) kıyasla kozalak pullarının kalın olduğu bölgelerde yaşayan kuşların daha derin ve daha az kıvrık gagalarının olması gerekir (aşağıda solda). Bunun gerçek hayatta da doğru olduğu görülüyor.



Resimdeki kırmızı renkli çapraz gaga dişisinin daha az kıvrık bir gagası var.



Bu kırmızı renkli erkek çapraz gaganın daha çok kıvrılmış bir gagası var.

Böylece ağaçların kuşlara (ve de sincaplara), kuşların da ağaçlara uyarlandığına dair kanıt sağladık. (Ancak sincapların ağaçlara uyum sağladığını gösteren herhangi bir delilimizin olmadığına da dikkat etmekte fayda var.) Bu duruma niçin “birlikte evrim aracılığıyla silahlanma yarışı” dendiğini anlamak oldukça kolay: evrimde yükselen bir değer bu eğilimi sürdürerek daha da yükselmesi olası görülüyor. Doğal seçim daha kalın pullu çam kozalaklarını tercih ediyor. Bu da daha derin gagalı kuşların tercih edilmesine neden oluyor. Daha derin gagalı kuşlar, daha da kalın pullu kozalakların seçilmesine neden oluyor... ve bu süreç böyle devam edip gidiyor...

Daha fazlasını keşfet:

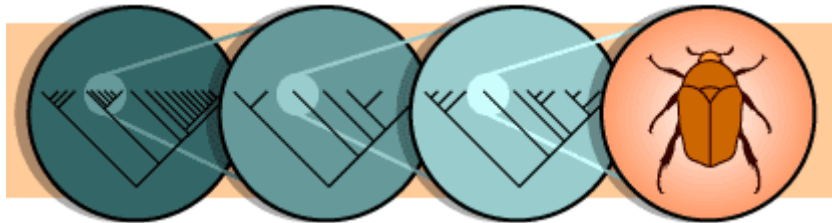
[Silahlanma yarışı](#) hakkında daha fazlasını okuyun

4.Mikroevrim

Bir zamanlar Eski Dünya'dan Kuzey Amerika'ya getirilen serçeler zamanla buranın iklimine uyarlandılar, sivrisinekler küresel ısınmaya tepki olarak evrildiler ve böcekler böcek ilaçlarımıza karşı direnç geliştirdiler... Bunların hepsi mikroevrimin, yani küçük ölçekteki evrimin örnekleridir.

Burada etkisini doğrudan gözlemlediğimiz birkaç örneği inceleyerek mikroevrimi keşfedeceksiniz.

İşe kesin bir tanım yapmakla başlayabiliriz.



Mikroevrimin tanımı

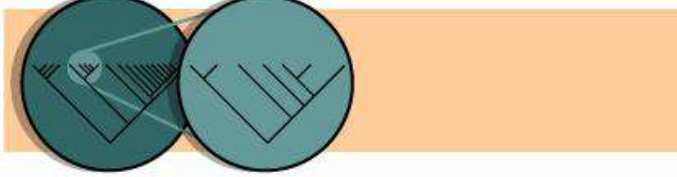
Mikroevrim küçük ölçekte, tek bir popülasyon içinde gerçekleşen evrimdir. Bu, görüş alanımızı daraltıp yaşam ağacının tek bir dalına odaklanmamız anlamına gelir.

Yaşam ağacının bir dalına, örneğin böceklere, yakından bakarsak, birbirinden farklı tüm böcek soylarını birbirine bağlayan başka bir soyoluş görebiliriz. Kınkanatlıları temsil eden dalı seçip yaklaşmayı sürdürürsek, bu kez de farklı kınkanatlı türlerini birbirleriyle ilişkilendiren bir soy ağacı ile karşılaşırız. Kınkanatlı popülasyonları arasındaki ilişkiyi görene dek yaklaşmayı sürdürebiliriz. Bu olay şu şekildedir.

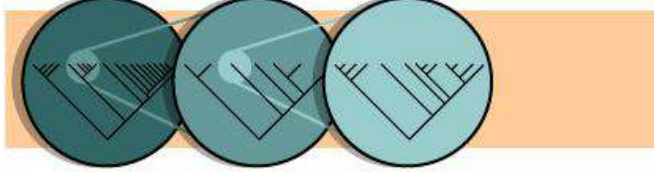
Yaşam Ağacı



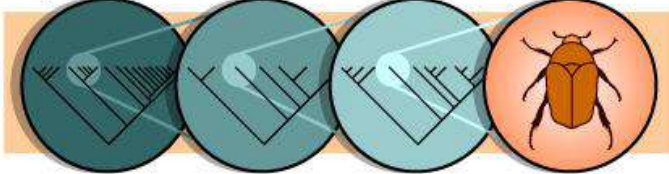
Yaşam Ağacı Böcekler



Yaşam Ağacı Böcekler Kınkanatlılar



Yaşam Ağacı Böcekler Kınkanatlılar Türler



Peki ama popülasyon seviyesine ulaştığımızı nasıl anlarız?

Popülasyonun tanımı

Hayvanlar söz konusu olduğunda popülasyonun ne olduğuna karar vermek gayet basittir. Popülasyon, birbiriyle eşleşebilen, yani aynı gen havuzunu paylaşan organizmalar grubudur. O zaman bizim örneğimizdeki kınkanatlılar için popülasyon, belli bir dağın tepesinde yaşayan ve birbirine eş olma potansiyeline sahip bir grup bireydir.

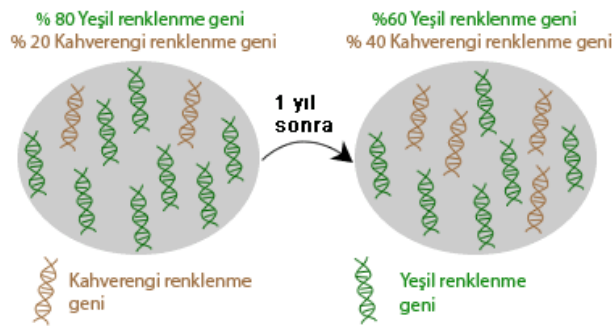


Evrimin bu bölümünü araştıran biyologlar, evrimi bir popülasyonun gen sıklığındaki değişim olarak tanımlar.

Mikroevrimsel değişimi ortaya çıkarmak

Mikroevrimi, bir popülasyonun gen sıklığındaki değişim olarak tarif etmiştik. Popülasyonu da ortak bir gen havuzunu paylaşan bir canlılar grubu, örneğin belirli bir dağın tepesinde yaşayan bir kınkanatlı türüne ait bireylerin tümü, olarak tanımlamıştık.

Varsayalım bu yıl dağın tepesine gidip kınkanatlı örnekleri topladınız ve bu popülasyondaki genlerin %20'sinin kahverengi, %80'inin de yeşil renk sağladığını belirlediniz. Sonraki yıl dağın tepesine geri dönüp işlemi yinelediniz ve bu sefer yeni bir oran buldunuz: %40 kahverengi geni ve %60 yeşil geni.



Mikroevrimsel bir örüntü ortaya çıkardınız: yani gen sıklığında bir değişim. Gen havuzunda zaman içinde bir değişim olması o popülasyonun evrildiği anlamına gelir.

Asıl önemli soru ise bunun nasıl meydana geldiğidir.

Mikroevrimin mekanizmaları

Mikroevrimsel değişime neden olan birkaç temel yol vardır: mutasyon, göç, genetik sürüklenme ve doğal seçim. Bunların hepsi bir popülasyondaki gen havuzunu doğrudan etkileyen süreçlerdir.

Bir böcek popülasyonunda kahverengi genlerinin sıklığında bir artış, yeşil renk genlerinin sıklığında ise bir azalma gözlemlediğinizi düşünün. Mikroevrim mekanizmalarından birkaç tanesi bir araya gelip bu örüntüye yol açmış olabilir ve bilim insanının görevlerinden biri de bu mekanizmalardan hangilerinin bu değişime yol açtığını ortaya çıkarmaktır.

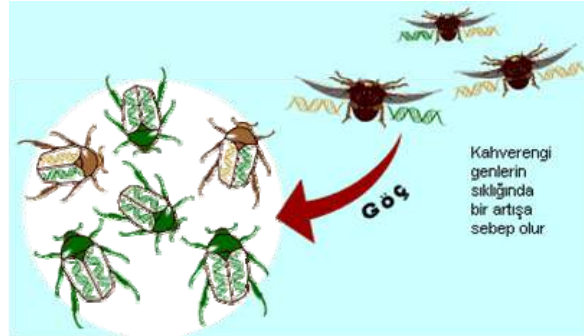
Mutasyon

Bazı “yeşil genler” gelişigüzel bir şekilde “kahverengi genlere” dönüştüler. Mutasyonlar genellikle çok ender görüldüğü için, bir kuşakta ciddi boyutlarda meydana gelen alel sıklığı değişimlerinin nedeni tek başına bu süreç, yani mutasyon olamaz.)



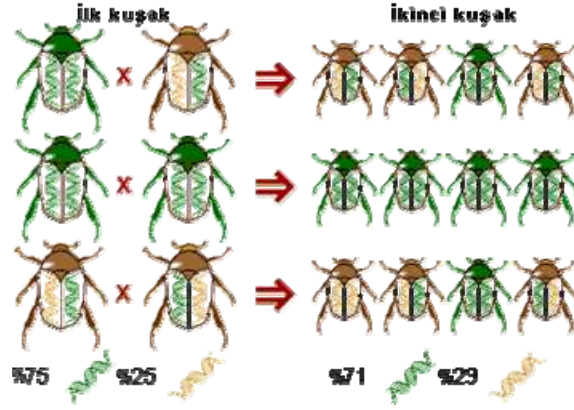
Göç (ya da gen akışı)

Kahverengi genlere sahip bazı böcekler başka bir popülasyondan bu popülasyona göç ettiler, ya da yeşil renk geni taşıyan bazı böcekler, bu popülasyondan dışarı göç ettiler.



Genetik sürüklenme

Böcekler ürediklerinde şans eseri, yeşil gene sahip yavruların sayısı kahverengi gene sahip yavrularinkinden daha fazla oldu. Aşağıdaki şekilde, kahverengi gen yavrularda (%29) ebeveynlere (%25) göre biraz daha yüksek sıklıkta ortaya çıkıyor.



Doğal seçim

Kahverengi genlere sahip böcekler avcılardan daha iyi kaçmış ve hayatta kalıp yeşil genli böceklerle göre daha sık üremişler, böylece bir sonraki kuşağa daha fazla kahverengi gen aktarmışlar.



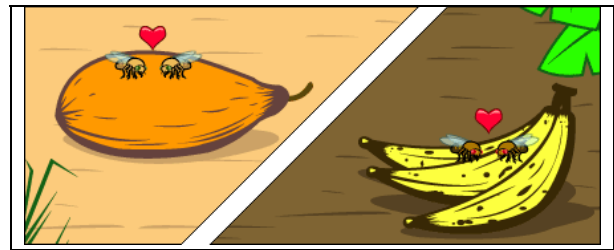
Daha fazlasını keşfet:

[Mikroevrimin örnekleri](#) ve [laboratuarda yapay seçim](#) daha fazla bilgi edinin.

5. Türleşme

Her şey bir yana, tür nedir ve yeni türler nasıl evrilir?

Burada, bir türü tanımlamak için kullanılan farklı yolları keşfedebilir ve türleşmenin ortaya çıktığı çeşitli süreçler hakkında bilgi edinebilirsiniz. Bu bölümde ayrıca birlikte türleşme –iki soyun birbiriyle uyum içinde türlere ayrılması- ve bitkilere özgü türleşme biçimleri gibi konulara da değineceğiz.



İsterseniz türü tanımlayarak başlayalım:

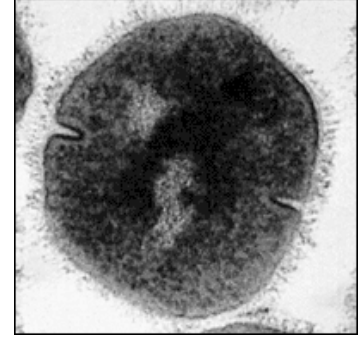
Türün tanımı

Tür genellikle, doğada birbiri ile üreyebilen ya da üreme imkanı olan bir grup birey olarak tanımlanır. Bu anlamda tür, doğal koşullarda mümkün olan en büyük gen havuzudur.

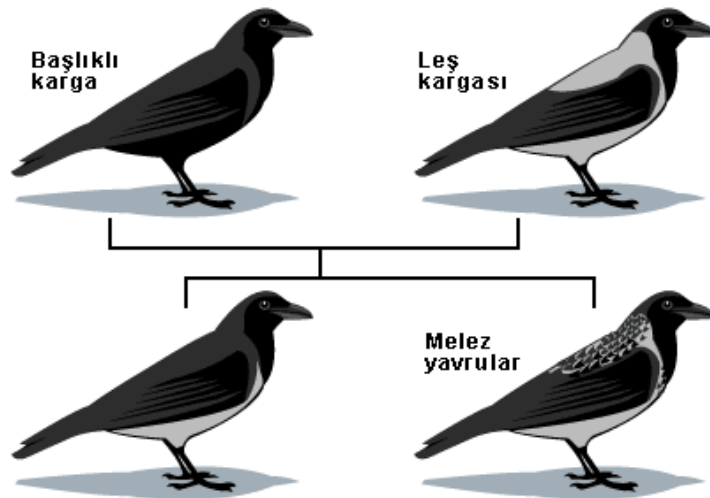
Örneğin, aşağıdaki gülen yüz örümcekleri birbirlerinden farklı görünüyorlar, fakat birbirleriyle çiftleşebildikleri için aynı tür - *Theridion grallator*- olarak kabul ediliyorlar.



Türün bu tanımı kesin ve tam gibi görünmekle birlikte, aslında doğada bu tanımı uygulamanın zor olduğu pek çok durumla karşılaşılıyor. Örneğin, çoğu bakterinin başlıca üreme şekli eşeysiz üremedir. Sağdaki bakteri, ikiye bölünme yöntemiyle eşeysiz ürerken görülüyor. Türün bu "birbirleri ile çiftleşerek üreyen bireyler" tanımını, sadece (ya da çoğu zaman) eşeysiz üreme ile çoğalan organizmalara uygulamak her zaman kolay olmayabilir.



Aynı zamanda, doğadaki pek çok bitki ve bazı hayvanlar melez yavrular oluşturabilir. Leş kargası ve Avrupa leş kargası birbirinden farklı görünür ve çoğunlukla kendi grupları içinde çiftleşirler, ancak bazı bölgelerde melezleşir yani birbirleri ile de çiftleşirler. Bu durumda ayrı türler olarak mı ele alınmalılar yoksa aynı tür olarak mı?



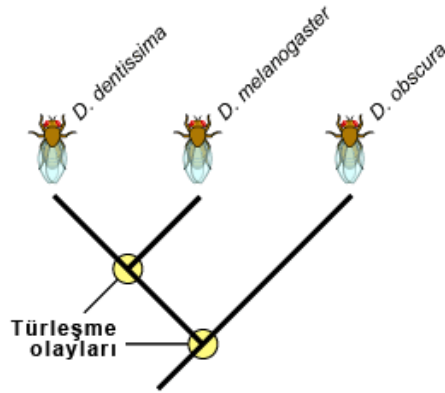
Eğer iki meşe soyu birbirinden çok farklı görünüyor fakat zaman zaman melezleşiyorlarsa, onları iki ayrı tür olarak mı ele almalıyız? Tür tanımının sınırlarının bulanıklaştığı daha pek çok durum var. Sonuçta tür, kendi amaçlarımız için biz insanlar tarafından icat edilmiş bir kavram olduğuna göre, böyle bazı bulanıklıkların olması da şaşırtıcı değil!

Daha fazlasını keşfet:

[Biyolojik tür kavramı](#) ve [diğer tür kavramları](#) hakkında daha fazlasını okuyun.

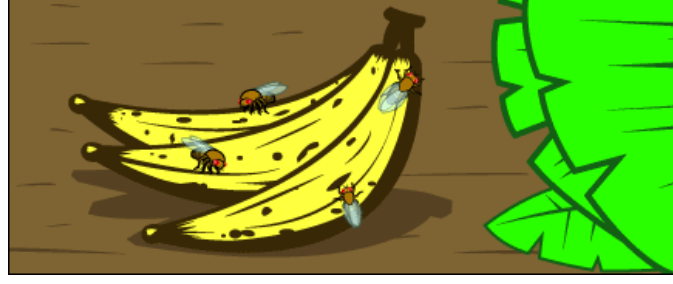
Türleşmenin tanımı

Türleşme, soyun bölünmesi sonucunda iki ya da daha fazla farklı türün oluşmasıdır. Yaşam ağacında, bir meyve sineği türünden oluşan bir dalın ucuna baktığınızı düşünün. Meyve sineğinin bulunduğu dalcıktan soyoluş boyunca aşağı doğru inin ve dalcığın ağacın geri kalanına bağlandığı çatala ulaşın. Bu dallanma noktası ve ağaç üzerindeki tüm diğer dallanma noktalarının hepsi birer türleşme olayıdır. Öncesinde sadece bir soyun bulunduğu bu noktada meydana gelen genetik değişiklikler iki ayrı meyve sineği soyunun ortaya çıkmasına neden oldu. Peki bu neden ve nasıl oldu?

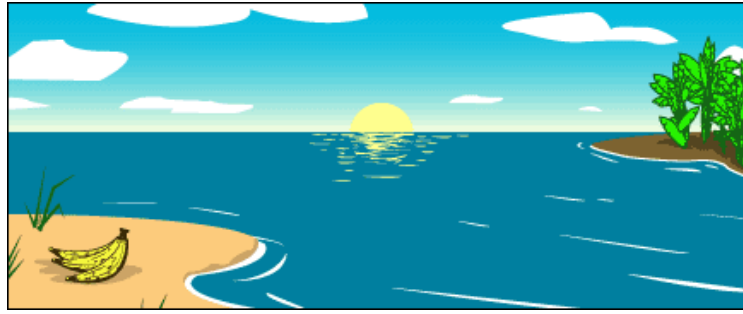


Burada sadece bir bölümü görülen Drosophila soyoluşunun bu dallanma noktaları, uzak geçmişteki türleşme olaylarını gösteriyor. İşte size türlere ayrılmanın nasıl gerçekleşebileceğini örnekleyen bir senaryo:

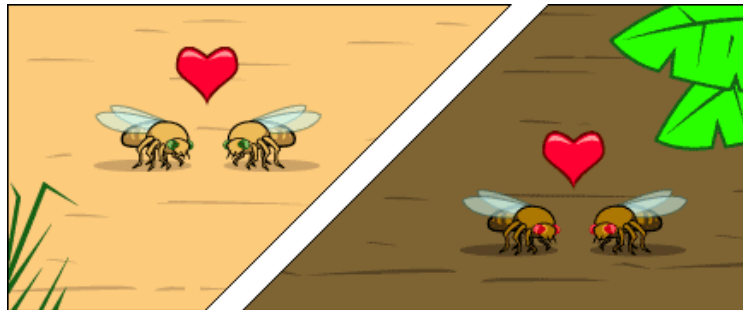
- **Sahne:** Bir yabancı meyve sineği popülasyonu çürümekte olan bir hevenk muzun üzerinde kendi halinde uçuyor, mutlu ve huzurlu, yumuşamış meyvenin üzerine yumurtalarını bırakıyorlar.



- **Bir felaket gerçekleşiyor:** Bir kasırga muzları ve üzerinde bulunan henüz olgunlaşmamış meyve sineklerini denize sürüklüyor. Muz hevengi sonunda anakaranın yakınlarındaki bir adada karaya vuruyor. Meyve sinekleri olgunlaşıyor ve yapışkan yuvalarından ıssız adaya çıkıyorlar. Popülasyonun anakaradaki ve adadaki iki parçası artık gen akışının onları birleştirebilmesine imkan vermeyecek kadar birbirlerinden uzaktalar. Bu noktada türleşme henüz gerçekleşmiş değil; anakaraya geri dönebilen herhangi bir meyve sineği oradaki meyve sinekleriyle çiftleşip sağlıklı döller meydana getirebilir.

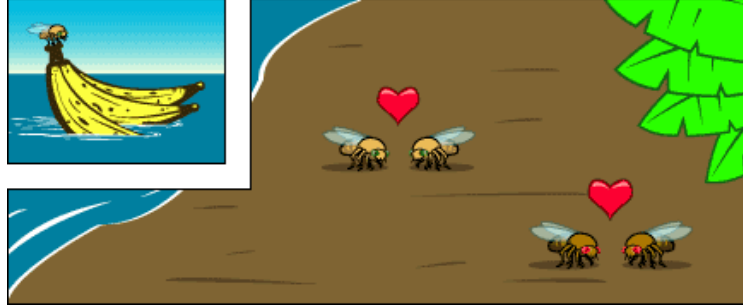


- **Popülasyonlar birbirinden farklılaşıyor:** Ada üzerinde ekolojik koşullar biraz daha farklı. Bu yüzden ada popülasyonu, anakaradakinden farklı bir seçici baskı altında evriliyor ve onlardan farklı rastlantısal olaylara maruz kalıyorlar. Vücut yapıları, besin tercihleri ve kur yapma davranışları nesiller boyunca doğal seçimle değişiyor.



- **İşte yeniden karşılaştık:** Başka bir fırtına ada sineklerini anakaraya geri taşırsa, bu sinekler geçen zaman içinde farklı kur yapma davranışları geliştirdikleri için, anakara

sinekleriyle kolayca çiftleşmeyecek. Anakara sinekleriyle çiftleşen birkaç sinek olsa dahi, bu sineklerin yumurtaları iki popülasyon arasındaki genetik farklılıklardan dolayı yaşayamayacak. Soy artık ikiye bölündü çünkü artık iki popülasyon arasındaki gen akışı durdu.

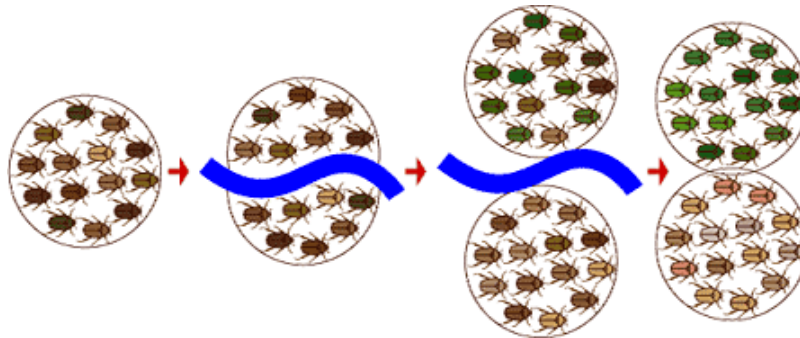


Bu örnek, coğrafi yalıtım aracılığıyla gerçekleşen türleşmenin oldukça basitleştirilmiş bir modeli olsa da, türleşmenin gerçekleşmesi sırasında işleyebilecek bazı süreçler hakkında bize bir fikir veriyor. Gerçek hayatta meydana gelen çoğu durumda ulaşabildiğimiz kanıtlar hikayenin ancak belli bir bölümünü bir araya getirebilmemize olanak veriyor. Yine de, bu tip süreçlerin meydana geldiğine ilişkin kanıtlar çok güçlü.

Türleşmenin nedenleri

Coğrafi yalıtım

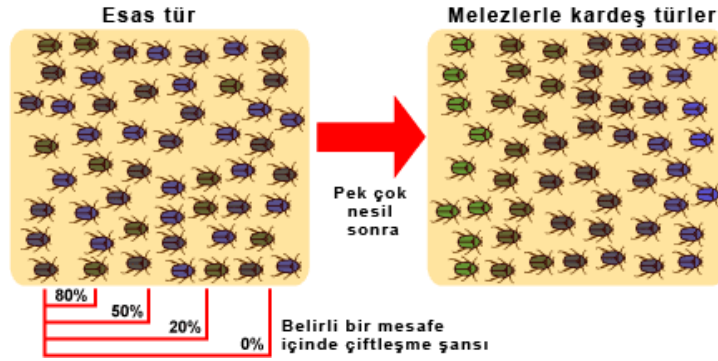
Meyve sineği örneğimizde, bazı meyve sineği larvaları bir adaya düşmüştü. Ayrı düşen bu popülasyonların birbirleri ile çiftleşmeleri coğrafi yalıtım yüzünden engellendiği için türleşme başlamıştı. Bilim insanları coğrafi yalıtımın türleşme sürecini başlatan yaygın bir yol olduğunu düşünüyor: Akarsuların yataklarını değiştirmesi, dağların yükselmesi, kıtaların kayması veya canlıların göçü, önceleri sürekli ve bütün olan bir popülasyonun ikiye ya da daha küçük popülasyonlara bölünmesi ile sonuçlanıyor.



İki ya da daha fazla canlı grubunu ayıran etkenin bir nehir gibi fiziksel bir engel olması bile gerekmiyor; iki popülasyonun birbirleri ile çiftleşmesini engelleyen şey sadece elverişsiz bir yaşam alanı da olabilir.

Gen akışında azalma

Ne var ki türleşme, gen akışına engel olan belirgin bir engel olmadan da gerçekleşebilir. Bir popülasyonun çok geniş bir coğrafi alana yayıldığı ve çiftleşmenin rasgele olmadığı bir durum düşünün. Bölgenin en batısında bulunan bireylerin, en doğuda bulunan bireylerle çiftleşme olasılığı neredeyse sıfır olur. Böylece gen akışı, tam bir yalıtım olmadığı halde, azalır. Bu durum, türleşme için yeterli bir sebep olabilir de olmayabilir de. Türleşme için büyük olasılıkla, bölgenin iki ucundaki gruplarda farklı seçici baskıların bulunması gerekecektir; bu farklı seçici baskılar, gen sıklıklarını büyük ölçüde değiştirmelidir, öyle ki, uçlardaki gruplar yeniden bir araya gelseler bile birbirleri ile çiftleşmesinler.



Sonuç olarak, coğrafi bir engelin bulunmadığı durumlarda bile, tür içindeki gen akışının azalması türleşmeyi tetikleyebilir.

Daha fazlasını keşfet:

Çeşitli türleşme biçimlerine ve bitkilerde türleşme konusuna göz atın.

Üreme yalıtımı

Çevre, üremenin önüne kimi dış engeller koyabilir. Örneğin, ayrışan iki tür arasındaki akarsu ya da vadi gibi engeller, onların tam anlamıyla birbirlerinden ayrılmasına neden olmaz. Farklıyurtluluk, türleşme sürecinin başlamasını sağlar. Ancak, gen akışına karşı oluşturulacak popülasyon içi (yani, genetik temelli) engellerin evrimi gerçekleşmeden türleşme tamamlanmaz. Eğer gen akışına karşı iç engeller evrimleşmezse, popülasyonun iki ucundaki bireyler bir araya geldiklerinde yeniden serbestçe çiftleşerek üreyebilirler. Bunun sonucunda genler tekrar karışır ve o ana kadar evrilerek gelen, genetik farklılık yaratan ne varsa kaybolur gider. Türleşme, bu iki popülasyonun çiftleşerek hayatta kalabilen yavrular meydana getirememelerini ya da diğer grubun üyeleriyle çiftleşmekten kaçınmalarını gerektirir.

Aşağıda, gen akışını engelleyerek türleşmeye katkı sağlayabilecek bazı örnekler yer alıyor. Bunlar doğal seçim, eşeysel seçim ve hatta genetik sürüklenme sonucu oluşabilir:

- **Farklı çiftleşme yerlerinin, çiftleşme zamanının ya da çiftleşme törenlerinin evrimi:**

Çiftleşmenin nerede, ne zaman ve nasıl gerçekleştiğine yönelik genetik temelli değişimler, üreme yalıtımı sürecinin ve türleşmenin tamamlanmasını sağlayabilirler.

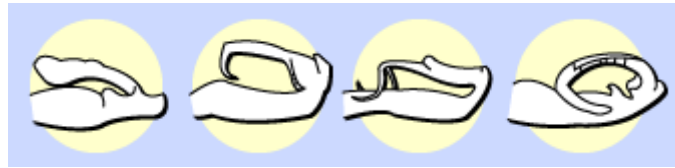
Örneğin, (aşağıda görülen) erkek çardak kuşu, özenle hazırladıkları çardakları farklı renklerle dekore ederek dişileri kendilerine çekmeye çalışırlar. Eğer türleşmeye yeni başlamış iki popülasyonun çiftleşme töreninde değişiklikler evrilirse, bu durum iki grubu birbirlerinden temelli ayırır ve türleşme sürecinin tamamlanmasına neden olur.



Farklı çardak kuşu türleri, dişilerine kur yapmak için özenle hazırlanmış çardaklar kurar ve bunları farklı renklerle süsler. İpekli çardak kuşu (solda), yukarıya doğru dizdiği çöplerin arasından bir geçit yapar ve onu parlak mavi renkli nesnelere süsler. Buna karşın, MacGregor çardak kuşu (sağda), çöplerden yüksek bir kule inşa eder ve onu odun kömürü parçalarıyla süsler. Çardak yapımı gibi, çiftleşme törenlerindeki evrimsel değişimler de türleşmeye katkıda bulunabilir.

- **Üreme organları arasındaki uyumsuzluk:**

Bizim için hayalimizde canlandırmak zor olsa da, böcekler için farklı şekillenmiş cinsel organlar tam bir derttir.



Buradaki kızböceklerinin penisleri, böceklerin cinsel organlarının ne denli karmaşık olabileceğini gösteriyor.

- **Yavrularda ölüm ya da kısırlık:**

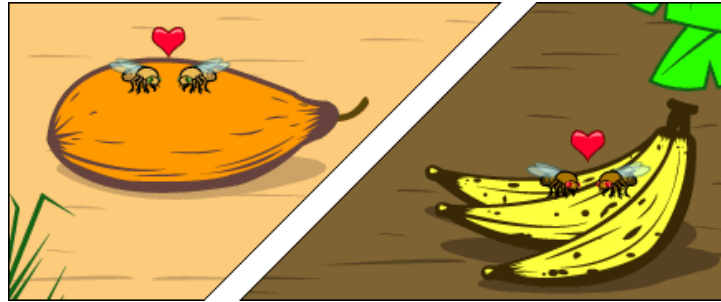
Eğer iki grubun çiftleşmesiyle dünyaya gelen yavrular hayatta kalmaz ya da kısır olurlarsa çiftlerin birbirlerine yaptıkları kurların ya da çiftleşmelerin hepsi boşa gidecektir.

Çürümüş muzların üzerindeki meyve sinekleri örneğinde de görüldüğü gibi, farklıyurtluluk türleşme sürecini başlatmıştır. Bununla birlikte, ada üzerindeki farklı seçici baskılar, ada popülasyonunun anakara popülasyonundan genetik olarak farklılaşmasını sağlamıştır.



Coğrafi yalıtım bir türleşme olayını tetikleyebilir ancak sürecin tamamlanması için genetik değişim zorunludur.

Buna neden olan şey ne olabilir? Belki de, adada başka meyve türleri yaygındı. Ada popülasyonu belirli bir meyve tipine özelleşme yönünde seçilmiş ve ana kıtadaki sineklerden farklı bir besin tercihinin doğru evrilmiştir.



İki ada üzerindeki farklı seçici baskılar iki türün ayrılışının tamamlanmasını sağlayabilir.

Böylesine küçük bir fark, anakaradaki sineklerle gen akışının gerçekleşmesine bir engel oluşturabilir mi? Evet, eğer sinekler tercih ettikleri yiyeceklerin etrafında dolaşırken kendilerine eş buluyorlarsa, anakaraya döndüklerinde, bu farklı besin tercihinin dolayı anakara sinekleri ile çiftleşmeyeceklerdir. Gen akışı büyük oranda azalacaktır. İki tür arasındaki gen akışı bir kere azalınca ya da durunca, türler arasında daha büyük genetik farklılıklar birikebilir.



Türleşme sürüyor mu?

1995 yazında, köklerinden sökülmüş ağaçları sal olarak kullanan en az 15 iguana, Marilyn Kasırgası'ndan sağ çıktı. Karayip Adası Anguilla'ya yerleşmeden önce bir ay kadar deniz yolculuğu yaptılar. Bu az sayıdaki birey muhtemelen kendi türleri olan Iguana iguana'nın bu adaya çıkan ilk örnekleriydi. Iguana iguana'nın Anguilla'ya yerleşen başka gözü pek bireyleri vardıysa da, bunlar insanlar tarafından gözlenmeden önce ölmüş olmalı.



Evrim biyologları daha sonra ne olduğunu bilmek için can atıyorlar: Yeni gelen iguanalar ölüp gidecekler mi, hayatta kalıp biraz değişecekler mi, yoksa diğer Iguana iguana bireyleri ile üreme yalıtımı ile ayrılacak ve yeni bir türe mi dönüşecekler? Yeni bir farklıyurtlu türleşme olayının ilk aşamalarına tanıklık ediyor olabiliriz, ancak bu kadar kısa bir sürede bundan emin olamayız.

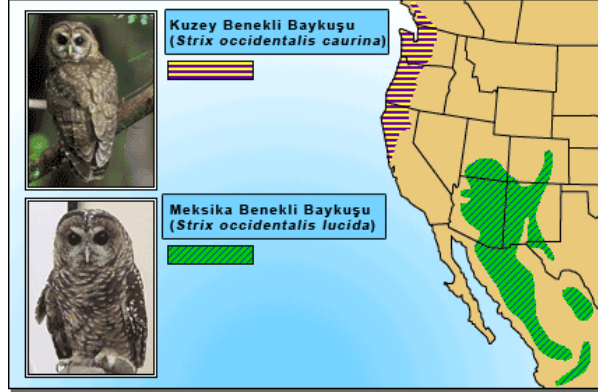
İnandırıcı bir model

Türleşmenin nasıl gerçekleştiğine dair çok sayıda inandırıcı model var ama elbette, bu olayların büyük bir kısmı uzak geçmişte ya da bir insan ömründen çok daha uzun sürelerde gerçekleştiği için bizim doğal bir türleşme olayına tanıklık etmemiz çok zor. Türleşme olaylarının gerçekleşip gerçekleşmediğini ve çoğu kez de, ne zaman gerçekleştiğini bulabiliriz. Fakat türleşmenin nasıl gerçekleştiğini bulmak çok daha zordur. Bununla birlikte, türleşme modellerimizi tahminler yapmak için kullanabilir ve sonra, bu tahminleri doğada yaptığımız gözlemlerle ve deneylerimizin sonuçları ile karşılaştırabiliriz. Örnek olarak, farklıyurtlu türleşme modeli ile ilgili kanıtları inceleyeceğiz.

Bilim insanları yeni türlerin oluşmasında yaygın bir yol olan farklıyurtlu türleşme ile tutarlı birçok kanıt buldular:

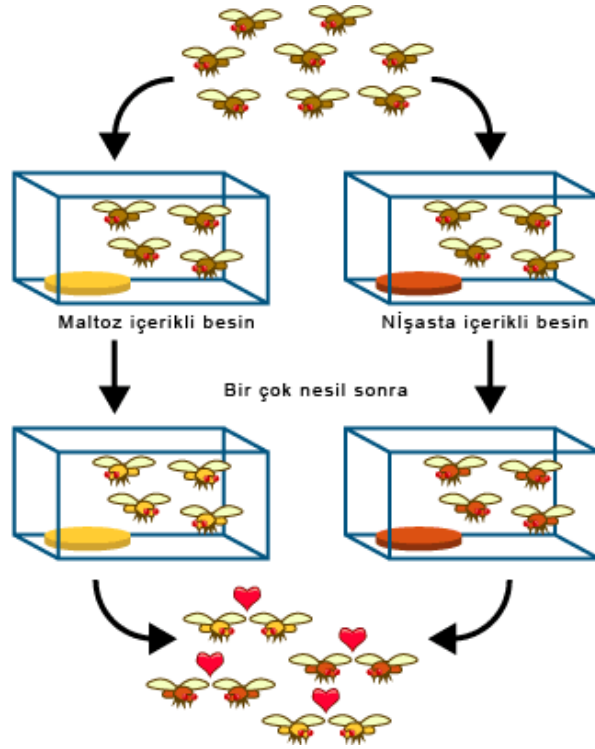
- **Coğrafi örüntüler:** Eğer farklıyurtlu türleşme gerçekleşiyorsa, aynı türün farklı coğrafi bölgelerdeki popülasyonlarının genetik olarak farklılaşmasını bekleriz. Bunun genellikle doğru olduğunu gösteren çok sayıda gözlem vardır. Örneğin, Benekli Kuzey Baykuşu ve Benekli Meksika Baykuşu durumunda olduğu gibi, pek çok tür genetik ve

görünüş olarak hafif farklılıklar gösteren bölgesel “çeşit”lere sahiptir. Ayrıca, genetik farklılıkların, azalan gen akışı ve coğrafi mesafe nedeniyle nasıl arttığına dair ikna edici bir diğer örnek de halka türleridir.



Farklı coğrafi bölgelerde yaşayan benekli baykuş alttürleri bir takım genetik ve morfolojik farklılıklar göstermektedir. Bu gözlem coğrafi yalıtımla yeni türlerin oluşması düşüncesine uygundur.

- **Deneysel sonuçlar:** Coğrafi yalıtım da dahil olmak üzere, türleşmenin ilk adımları laboratuvar ortamında gerçekleştirildi. Örneğin, Diane Dodd tek bir meyve sineği popülasyonunu alıp coğrafi yalıtımı taklit etmek amacıyla farklı kafeslere böldü. Yeni oluşturulan popülasyonların yarısı maltoz kökenli besinle, diğer yarısı ise nişasta kökenli besinle beslendi. Birçok nesil sonra, sineklerin çiftleşme tercihleri gözlemlendi. Testler sonucunda Dodd, coğrafi yalıtımın ve farklı ortamlarda seçilime uğramanın sonucu olarak belli bir düzeyde üreme yalıtımı oluştuğunu buldu: “Maltoz sinekleri” diğer “maltoz sinekleri”yle, “nişasta sinekleri” ise diğer “nişasta sinekleri”yle çiftleşmeyi tercih etmişti. Her ne kadar emin olamasak da muhtemelen tercihteki bu fark, ayrı besin kaynaklarını kullanmakla ilgili seçilimin, çiftleşme davranışı ile ilgili genleri de etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Eğer farklıyurtlu türleşme tipik bir türleşme şekliyse, bu da tam beklediğimiz gibi bir sonuçtur.



☐ Diane Dodd'un meyve sineği deneyi, farklı ortamlarda (örn. farklı besin kaynakları ile) yalıtılmış popülasyonlarda üreme yalıtımının geliştiğini düşündürmektedir. Bu sonuçlar, coğrafi yalıtımın bazı türleşme olaylarının önemli bir basamağı olduğu düşüncesi ile uyumludur.

Daha fazlasını keşfet:

[Halka türlere](#) daha yakından bakın.

Birlikte türleşme

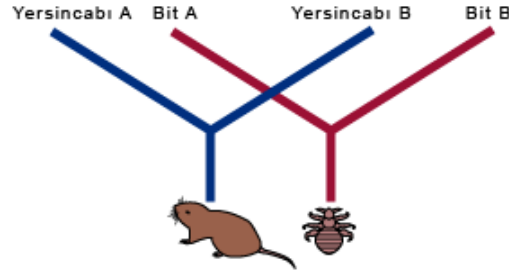
Eğer iki tür arasında çok yakın bir birliktelik varsa, bu türler birbirlerine paralel olarak türleşebilirler. Buna eştürleşme (birlikte türleşme) denir. Bunun özellikle parazitler ve konakları arasında gerçekleşme olasılığı yüksektir.

Birlikte türleşmenin nasıl işlediğini anlamak için bir yersincabı türünün üzerinde yaşayan bir bit türünü düşünün. Sincaplar çiftleşmek için bir araya geldiklerinde bitler, üzerinde yaşadıkları sincapları değiştirmek için bir fırsat yakalar ve başka bir sincabın üzerinde yaşayan bir bit ile çiftleşebilirler. Bitlerin üzerinde yaşadıkları yersincabını değiştirmeleri bit türleri arasında gen akışına olanak sağlar.

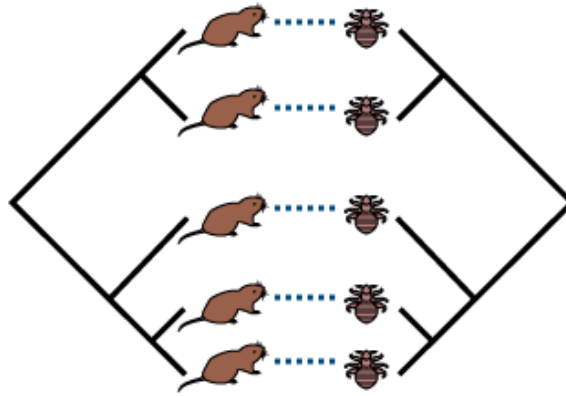


Yersincabı soyu A ve B soylarına ayrıldığında, bitlere ne olacağını düşünelim:

1. Bitlerin yersincabı değişimi için daha az fırsatları olur ve A soyu üzerinde yaşayan bir bit B soyu üzerinde yaşayan başka bir bit ile çiftleşemez.
2. Bit soylarının bu 'coğrafik' yalıtımı, onların aynı zamanda üreme yalıtımına ve dolayısıyla farklı türlere ayrılmalarına neden olur.



Parazitin soyluğu konağın soyluğunu yansıtacağından, evrimsel biyologlar soyların ne zaman eştürleştiklerini söyleyebilirler.

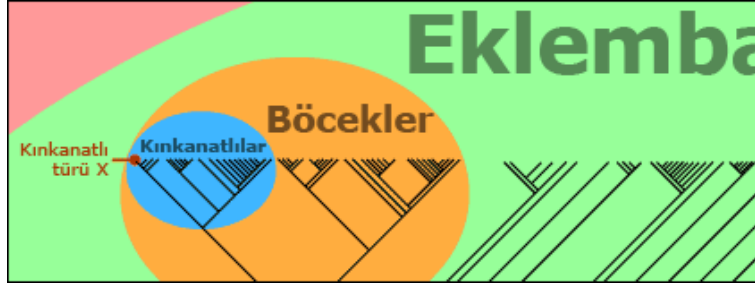


Parazitin ve konağın soyluğlarının paralel olduğunu görmek birlikte türleşme için bir kanıttır.

Bu örnek bir şekilde idealleştirilmiştir – bilim insanları nadiren birbirleriyle tamamen eşleşen parazit ve konak soyluğları bulurlar. Ancak, bazen soyluğlar birlikte türleşmenin konak değişimiyle beraber olduğunu gösterir.

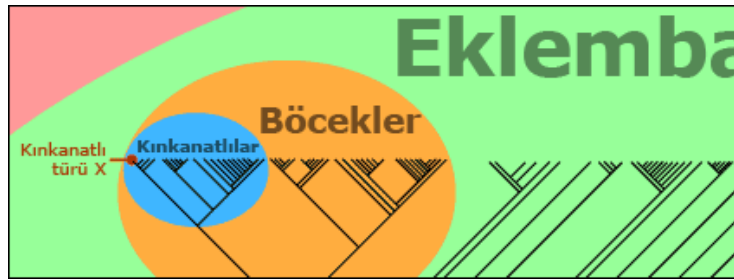
6.Makroevrim

Makroevrim, canlılık tarihinin geneline baktığımızda gördüğümüz evrimdir; şunları gözleriz: kararlılık, değişim, soyların ortaya çıkışı ve yok oluşu. Bu bölümde, evrimsel tarihteki makroevrim örüntülerini inceleyebilir, bilim insanlarının tarihin derinliklerini nasıl araştırdıklarını öğrenebilirsiniz.



6.Makroevrim nedir?

Makroevrim dendiğinde genelde kastedilen, tür seviyesinin üzerindeki evrimsel değişimlerdir. Örneğin kıncanatlılara makroevrimin merceğinden bakacak olursak, tek bir kıncanatlı türüne odaklanmayız. Bunun yerine yaşam ağacına uzaktan bakar, kıncanatlılar dalının yaşam ağacındaki konumu ve bu dalın genel çeşitliliği gibi soruları inceleriz.



Makroevrim, tek bir canlı türünden daha büyük ölçekteki canlı gruplarının geçirdiği evrimi ifade eder.

Makroevrim, evrimdeki en geniş çaplı eğilimleri ve dönüşümleri kapsar; memelilerin kökeni ve çiçekli bitkilerin ışınımı gibi. Makroevrimsel örüntüler, yaşamın tarihine geniş ölçekte baktığımızda karşımıza çıkan örüntülerdir.

Ancak kimse bize birinci ağızdan doğa tarihi kayıtları bırakmadı. Dolayısıyla makroevrimsel tarihçeyi 'görmek' o kadar da kolay olmayabilir. Bu durumda yaşamın tarihini yer biliminden, fosillerden ve yaşamakta olan organizmalardan edindiğimiz tüm verileri kullanarak yeniden oluştururuz.

Önce 'hangi' evrimsel olayların gerçekleştiğini anlar, daha sonra onların nasıl gerçekleştiklerini çözümlenmeye çalışırız. Aynı mikroevrimde olduğu gibi, mutasyon, göç, genetik sürüklenme ve doğal seçim gibi temel evrimsel mekanizmalar yaşamın tarihindeki büyük ölçekli örüntüleri açıklamamıza yardımcı olur.



Yaşamın tarihi, ana hatlarıyla...

Yeterli zaman tanındığı takdirde temel evrimsel mekanizmalar -yani mutasyon, göç (gen akışı), genetik sürüklenme ve doğal seçim- büyük evrimsel değişimler yaratabilirler.

Mutasyon
Gen akışı
Genetik sürüklenme
Doğal seçim

+ 3.8 milyar yıl = Makroevrim

Mutasyon gibi bir sürecin, böceklerin hayret verici çeşitliliğini ortaya çıkarmada etkili olmaya yetmeyecek kadar küçük ölçekli olduğu ya da bir köpek ile çam ağacı arasındaki büyük farkı yaratabilecek denli geniş ölçekli bir etkiye sahip olmadığı düşünülebilir, ama aslında öyle değildir. Dünya üzerindeki yaşam 3,8 milyar yıldır mutasyonları biriktirmekte ve onları doğal seçilimin süzgecinden geçirmektedir. Bu kadar zaman, evrimin görkemli tarihini yazmaya yeter de artar bile.

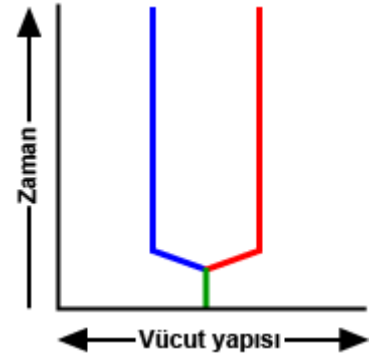
Daha fazlasını keşfet:

Kanıtları nasıl yorumlarız?

Makroevrimsel örüntüler

Örüntüler 'ne, ne zaman oldu' sorusunun yanıtlarıdır. Yaşamın tarihi boyunca gerçekleşen tüm değişimler, çeşitlenmeler, yokoluşlar makroevrimsel örüntülerdir.

Yaşamın tarihini araştıran biyologlar, 'böceklerin yayılımı ne zaman başladı?' veya 'ilk çiçekler neye benziyorlardı?' gibi, geçmiş olayların ayrıntılarına dair soruların yanısıra, yaşam ağacında zaman içinde tekrarlanan genel örüntülerle de ilgilenirler.



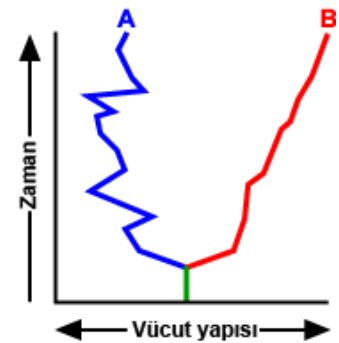
1. Durağanlık: Yaşam ağacındaki birçok soy 'durağanlık' gösterir. Yani sağdaki şekilde resmedildiği gibi, uzun zaman boyunca çok sınırlı değişim sergilerler.

Hatta bazı soylar zaman içinde o kadar az değişmişlerdir ki bunlara 'yaşayan fosil' diye ad takılmıştır. Örneğin sölekantlar... Bunlar omurgalı dalının başlangıcına yakın bir noktada bu daldan ayrılmış bir balık soyudur. 1938 yılına dek bilim insanları, sölekantların soylarının 80 milyon yıl önce tükendiğini düşünüyorlardı. Ancak 1938 yılında Hint Okyanusu'nda yaşayan, fosil atalarına benzeyen bir sölekant popülasyonu keşfedildi. Anlaşıldı ki, sölekant türü 80 milyon yıllık bir morfolojik durağanlık yaşamaktadır.



Endonezya'nın Sulawesi adası yakınlarında yüzen bir sölekant.

2. Karakter değişimi: Soyların değişimi yavaş ya da hızlı olabilir. Karakterlerin değişimi, vücuda yeni bölümler eklenmesi şeklinde tek bir doğrultuda olabileceği gibi, önce yeni bölümler kazanıp daha sonra onları kaybetme şeklinde, geri dönüşlü biçimde de yaşanabilir. Değişimler tek bir soy içinde ya da birkaç soyu kapsayacak şekilde gerçekleşebilir. Sağ taraftaki şekilde, A soyunun hızla değiştiğini ama bu değişimin belli bir yönü olmadığını görüyoruz. B soyu ise yavaş ama belirli bir yönde değişim göstermekte.

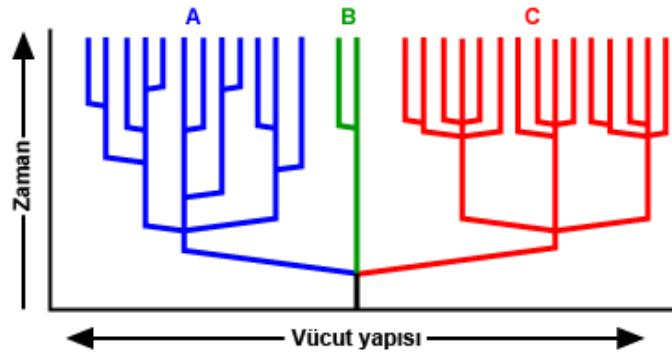


Üçloblular (trilobitler) günümüz böcekleri ve kabuklularla aynı dalda yer alırlar ve 300 milyon yıl önce yaşamışlardır. Aşağıdaki şekil, üçlobluların fosil kayıtlarından yola çıkarak hazırlanmıştır. Çeşitli üçloblu soylarının kaburga sayılarının zaman

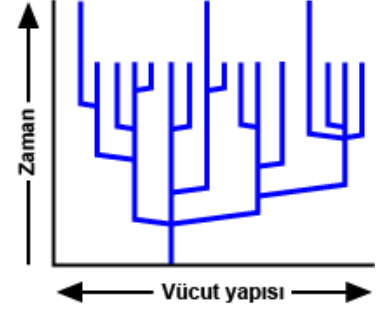
içindeki değişimini göstermektedir. Şekilden, milyonlarca yıl boyunca bazı soyların kaburga sayılarında benzer artışlar olduğu anlaşılmaktadır.



3. Soy bölünmesi (ya da türleşme): Soy bölünmesine dair örüntüleri bir soyoluş inşa ederek ve bunu inceleyerek belirleyebiliriz. Ele aldığımız soyoluşta, belli bir soyun olağandışı bir sıklıkla yeni soylara ayrıldığını ve ağaçta ‘çalılık’ benzeri bir dal öbeği yarattığını görebiliriz (aşağıda, A dalı). Tersine, söz konusu soyoluşa bakarak, bir soyun bölünme sıklığının olağandışı şekilde düşük olduğunu da görebiliriz; az sayıda kolu olan uzun bir dal, soy bölünmesinin çok az olduğunu anlatır (aşağıda, B dalı). Ya da bir soyoluşta, birkaç soyun aynı anda, patlar gibi soylara bölündüğünü de görebiliriz (aşağıda, C dalı).



4. Yokoluş: Soyların yokoluşunun yaşamın tarihinde çok önemli bir yeri vardır. Bu olay bazı soylarda çok sık, bazılarında ise çok nadir gerçekleşebildiği gibi, aynı anda birçok soyda birden de yaşanabilir, ki buna ‘kitlesel yokoluş’ denir. Her soyun belli bir yok olma şansı vardır ve karşı konulamaz bir şekilde, gelmiş geçmiş türlerin büyük çoğunluğu tarihin ruletinde sonunda kaybetmişlerdir: Dünya üzerinde bugüne kadar yaşamış türlerin %99’undan fazlası yok olmuştur. Şekildeki örnekte kitlesel yokoluş nedeniyle çoğu tür sonlanmakta ve türlerden sadece üçü varlığını sürdürebilmektedir.



Daha fazlasını keşfet:

Durağanlık ve karakter değişimi ve soy bölünmesi ve türlerin yokoluşu hakkında daha fazlasını keşfedin.

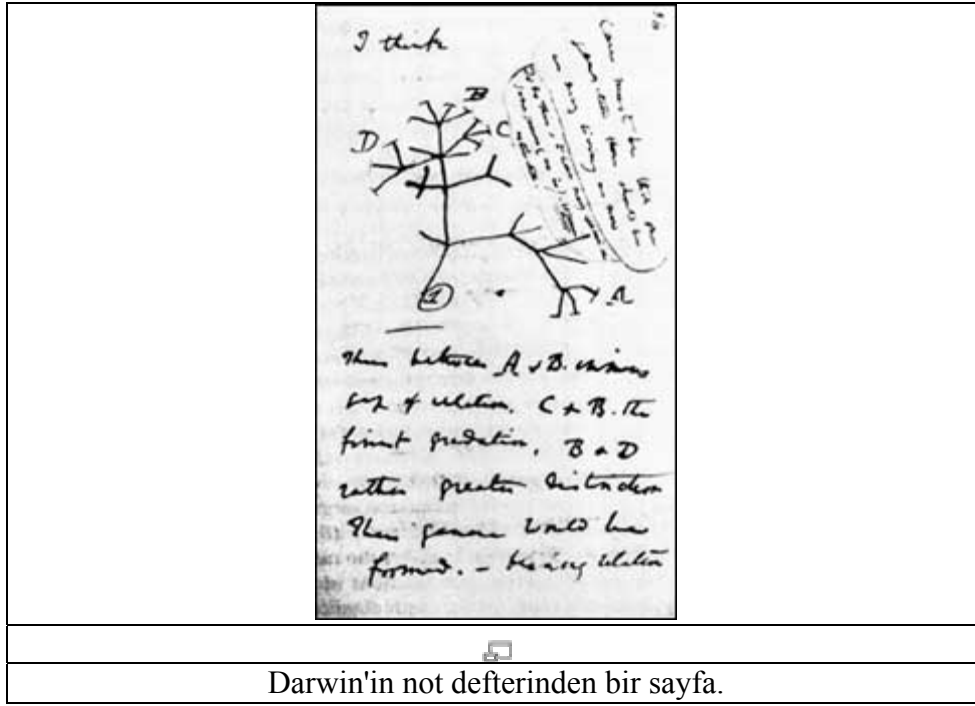
7.Önemli meseleler

Evrim kuramı yeryüzündeki canlı hayatın evrildiğini ve ortak bir ataya sahip olduğunu söyler. Elimizdeki tüm kanıtlar evrimin ortaya koyduğu bu temel yargıları desteklemektedir. Biyologlar bu temel yargıları tartışmamaktadır. Onlar daha çok evrimin nasıl gerçekleştiğini ortaya koymaya çalışmaktadırlar - ki bu da kolay bir iş değildir. Böyle bir süreç veri toplamayı, hipotezler kurmayı, modeller oluşturmayı ve diğer bilim insanlarının çalışmalarını değerlendirmeyi içerir. Bunların hepsi “yapılacaklar” listesinde bulunması gereken eylemlerdir. Bir kişi ya da grubun yaptığı çalışmaları değerlendirmek ve “bu kişiler bilim mi yapıyor” sorusunu cevaplayabilmek için bu listeyi kullanabiliriz.

Bütün bilimler doğal dünya hakkında sorular sorar ve bu soruları doğal süreçlerle açıklamaya çalışır. Daha sonra, doğadan elde edilen kanıtlarla bu açıklamaları değerlendirir. Evrimsel biyoloji buna bir istisna değildir. Darwin’in temel evrimsel değişim ve çeşitlenme kavramı yan tarafta kendi not defterinden bir sayfa ile gösterilmiştir. Doğadan kanıtlarla desteklenmiş olan bu kavramlar, birçok gözlemi doğal süreçler çerçevesinde açıklar.

Evrimsel biyologların cevaplamaya çalıştıkları bazı sorular şunlardır:

1. Evrim yavaş ve kararlı bir halde mi yoksa ani sıçramalar şeklinde mi gelişme eğilimindedir?
2. Yaşam ağacının neden bazı dalları çok çeşitlidir fakat diğer dalları alışılmadık şekilde seyrekler ?
3. Evrim, yeni ve karmaşık özelliklerin kazanılmasını nasıl sağlar?
4. Evrimde eğilimler var mıdır, eğer öyle ise, bunları hangi süreçler ortaya çıkarır?

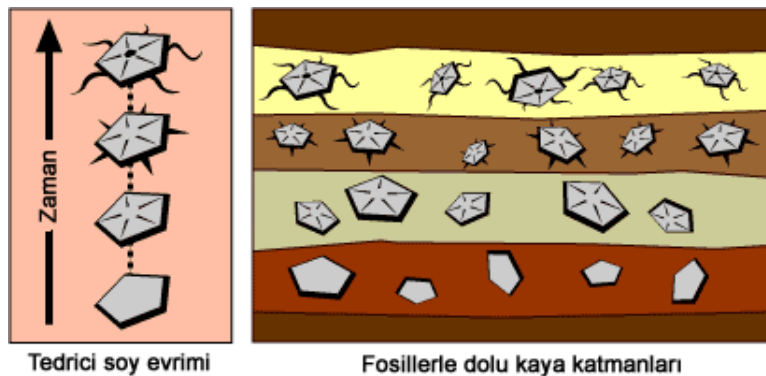


Evrimin adımları

Evrin ani patlamalar şeklinde mi, yoksa tedrici olarak mı gerçekleşir? Bu cevaplanması zor bir sorudur, ne de olsa elimize bir kronometre alıp geçmişini yeniden yaşayamayız. En azından, evrimin ani patlamalarla ya da tedrici olarak ilerlediği durumlarda, fosil kalıntılarının nasıl farklılaşması gerektiği hakkında tahminlerde bulunabiliriz. Daha sonra bu tahminlerimizin doğru olup olmadığını yaptığımız gözlemlere bakarak denetleriz.

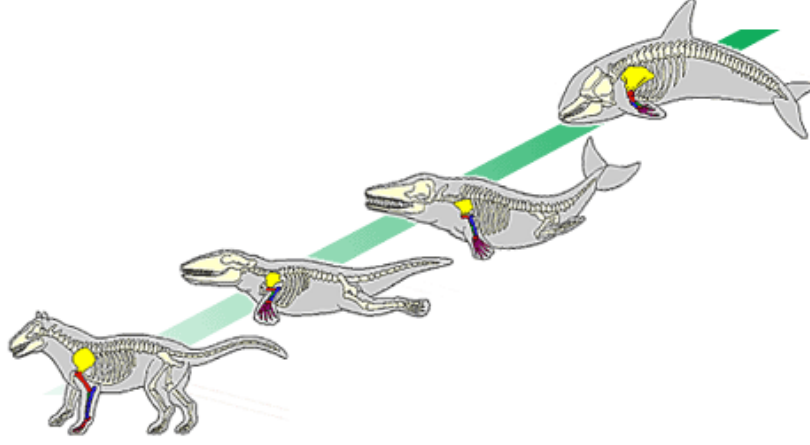
Evrin yavaş ve kararlı bir şekilde gerçekleşmişse fosil kalıntılarında neler gözlemlemeliyiz?

Evrin yavaş ve kararlı bir şekilde gerçekleşmiş olduğunu varsayalım. Bu durumda uzun bir zaman aralığını kapsayan fosil kayıtlarına baktığımızda, bir nesilden diğerine – yani atadan oğul dönlere – geçişlerde, canlıların geçiş biçimlerine sahip olduğunu gözlemlemeyi bekleriz.



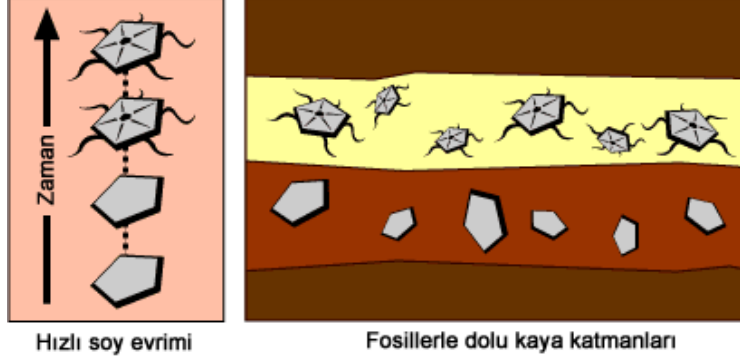
Yukarıdaki örneğe göre, birçok ara geçiş biçimi, geçen zamanı simgeler şeklinde yeryüzü katmanlarında korunmuş. Bu da, kararlı ve tedrici gerçekleşen bir evrimin tüm kayıtlarını ortaya koymaktadır.

Aslında, fosil kayıtlarında birçok geçiş biçimi örneğini görmekteyiz. Örneğin aşağıdaki resimde sağa doğru ilerledikçe, balinaların karada yürüyen canlılardan evriminin sadece bir iki adımını, özellikle yürüme amaçlı ön üyelerin yüzgece dönüşümünü görebilirsiniz.



Evrimin “ani” sıçrayışlar şeklinde gerçekleşmesi durumunda fosil kayıtlarında neler gözlemlemeliyiz? (Kayda değer değişiklikler için bu sıçramaların 100,000 yıldan daha az bir süre olduğunu düşünebiliriz)

Eğer evrim ani sıçramalar şeklinde oluyorsa, fosil kayıtlarında hızla gerçekleşen büyük değişikliklerin olduğunu, ama nesilden nesile geçişin az sayıda örnekle temsil edildiğini görmeyi bekleriz.

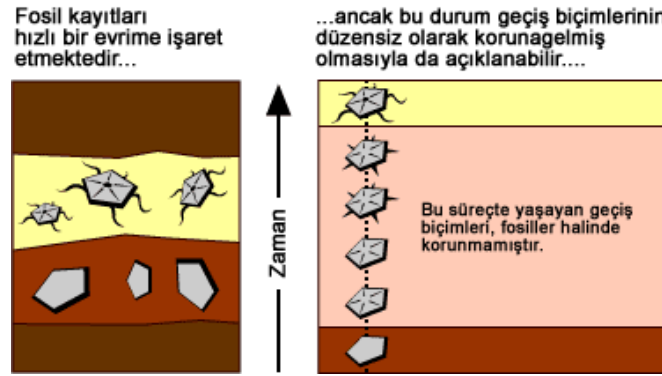


Yukarıdaki örnekte, yeni neslin atasından hemen sonraki bir yer katmanında korunduğu görüyoruz. Bu kısa zaman aralığında herhangi bir geçiş biçimi olmaksızın büyük bir değişimin yaşandığı görülüyor.

Evrim hızlı gerçekleştiğinde, fosil kayıtları düzenli katmanlar halinde sıralanmış olsa dahi ara biçimler korunmamış olabilir. Fosil kayıtlarında bu "ani" sıçramaların birçok örneğine rastlayabiliriz.

Fosil kayıtlarındaki bir sıçrama evrimin ani bir sıçrayış şeklinde gerçekleşmiş olduğu anlamına mı gelir?

Evrim ani bir sıçrama şeklinde gerçekleştiyse, fosil kayıtlarında da "ani" bir sıçrama gözlemlemeyi bekleriz, ancak fosil kaydındaki bir sıçrama fosillerin yeterince korunmamış olabileceği ya da düzenli korunmadığı şeklinde de açıklanabilir.



Bu olasılık, evrimin hızlı gerçekleştiği sonucuna varmayı zorlaştırabilir.

Fosil kayıtlarında hem yavaş ve kararlı, hem de hızlı ve periyodik değişiklikleri gözlemlemekteyiz. Nitekim, bunların her ikisi de gerçekleşmektedir. Ancak bilim insanları bunlardan hangisinin evrimin tipik hızı olduğunu ve her birinin nasıl gerçekleştiğini saptamaya çalışmaktadır.

Daha fazlasını keşfet:

[Evrimin ilerleme hızı konusunda rakip hipotezler](#) hakkında daha fazlasını okuyun ya da [kesintili denge](#) konusuna kısaca göz atın.

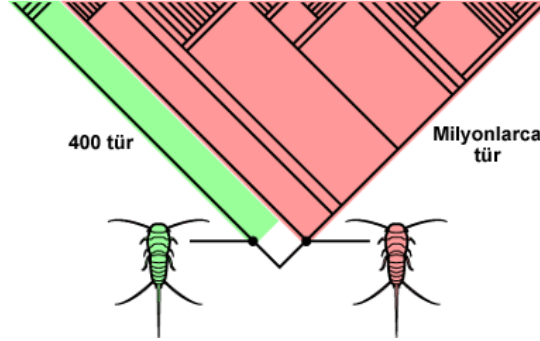
Soyların çeşitliliği

Zaman içinde bir yolculuğa çıktığınızı hayal edin. 300 ila 400 milyon yıl öncesi bir döneme vardınız. Amacınız bu dönemde yaşamış olan ilginç böcekleri keşfetmek. Karşınıza çıkan böcekler, günümüzde evlerde sıkça görülen gümüş böceğine benziyorlar – bu pek beklediğiniz gibi müthiş bir keşfe benzemiyor.



Ancak siz farkına varmadan çarpıcı ve önemli bir gelişme yaşanmakta: Bu böcek soyu ikiye ayrılıyor. Birbirinden kopan bu iki soydan biri, en nihayetinde günümüzde hala soyları mevcut 400 böcek türüne dönüşecek. Bu türler hala o eski zaman böceğini andıracaklar. Öte

yandan diğeri soy, yepyeni biçimlere sahip milyonlarca böcek türüne evrilecek ve bu böcekler günümüzde Dünya üzerindeki hayvan kütesinin çoğunluğunu oluşturacaklar. Peki nasıl oluyor da bir soy diğeriinden bu kadar fazla çeşitlenebiliyor? Daha 350 milyon yıl önce aynı ataya sahip diğeri miydiler?



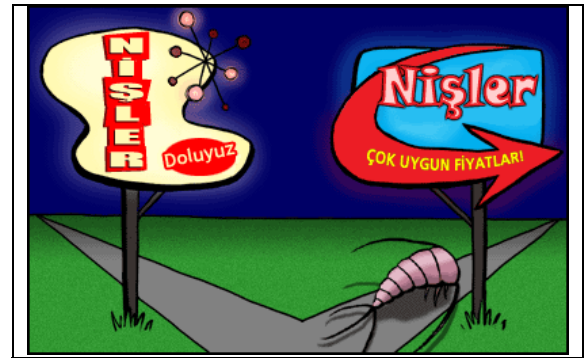
Niye bir soy milyonlarca türe dönüşken diğeri yalnızca 400 türe kaynaklık ediyor?

Fırsat ayağa geliyor

Olasılıklardan biri, daha çok çeşitlenen soyun uygun yerde uygun zamanda bulunmuş olmasıdır. Başka bir deyişle, çevre koşulları bu soya belli olanaklar sunmuş, söz konusu soy da bunlardan yararlanmayı başarmış olabilir. O halde, çevre koşullarının ne gibi özellikleri çeşitlenmeyi teşvik eder?

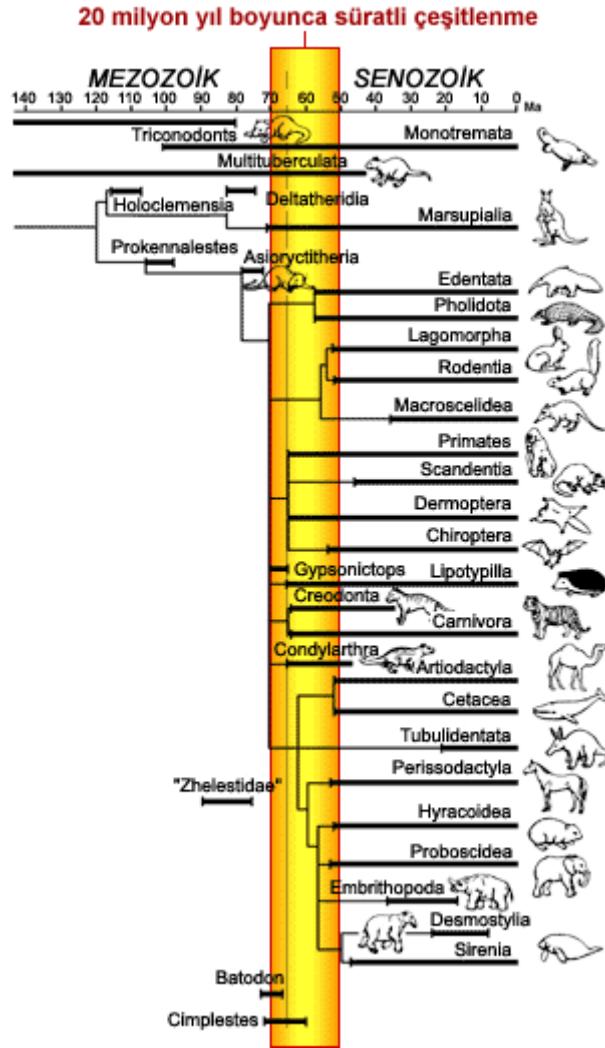
- Çevre koşulları uzmanlaşmaya olanak sağlayabilir.
- Çeşitli bölümlere ayrılmış bir çevre üreme yalıtımını kolaylaştırabilir.
- Çevre koşulları, söz konusu soya ait bazı böcekleri diğeri böceklerle rekabetten muaf tutabilir?

Tüm bu etkenler belli durumlarda işleyebilir. Otobur bir böceği ele alalım. Bu böceğin, başka otobur böcekler barındırmayan bir tropikal adayı işgal ettiğini farzedelim. Bu böceğim hem popülasyon büyüklüğü hem de faydalandığı kaynaklar geldiği ana karada sınırlıydı çünkü orada başka otobur böceklerle rekabet etmek zorundaydı. Bunun aksine yeni işgal ettiği adada, kendisine benzer otobur böcek türlerinin yokluğu, işgalci böcek için hem açık ve yeni bir niş hem de diğeri böceklerle rekabetten kurtuluş anlamına gelecektir. Dahası bu adanın, işgalci böceğin ana karada rastlamadığı türden bitkileri barındırdığını düşünelim. Doğal seçim, işgalci böceklerin bazılarının bu yeni bitkilerden beslenme konusunda uzmanlaşmalarını sağlayabilir. Buna paralel olarak, eğer belirli bir bitkiyle beslenen böcekler vakitlerinin çoğunu bu bitki civarında geçiriyorlarsa, diğeri bitkilerle beslenen böceklerle giderek daha az karşılaşmalarını ve üreme yalıtımının zamanla ortaya çıkmasını bekleriz. Tüm bu etkenler çeşitlenmeyi hızlandırabilir. Bunun tek koşulu, böcek popülasyonunun, yeni ortamın sunduğu olanaklardan yararlanmasını mümkün kılacak kalıtsal çeşitliliği barındırmasıdır.



Uyarlı ışınım

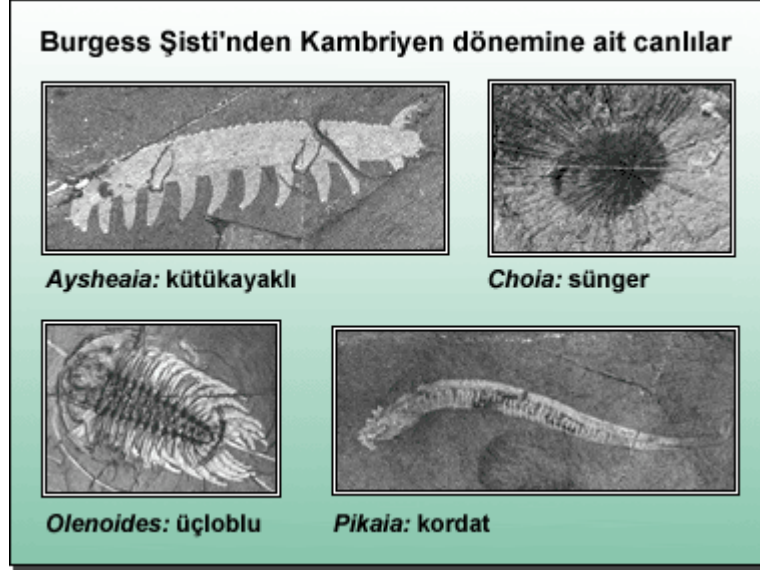
Örnek verdiğimiz türden bir çeşitlenme eğer kısa bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşiyorsa, buna uyarlı ışınım denir. Her ne kadar biyologlar uyarlı ışınım için kısmen farklı tanımlar kullanabiliyorlarsa da, bu kavram genel olarak bir soyun hızla çeşitlendiği ve yeni oluşan soyların farklı uyarlanmalar geliştirdikleri bir süreci ifade eder. Aşağıda buna bir örnek olarak memelilerin hızlı çeşitlenme süreci betimleniyor.



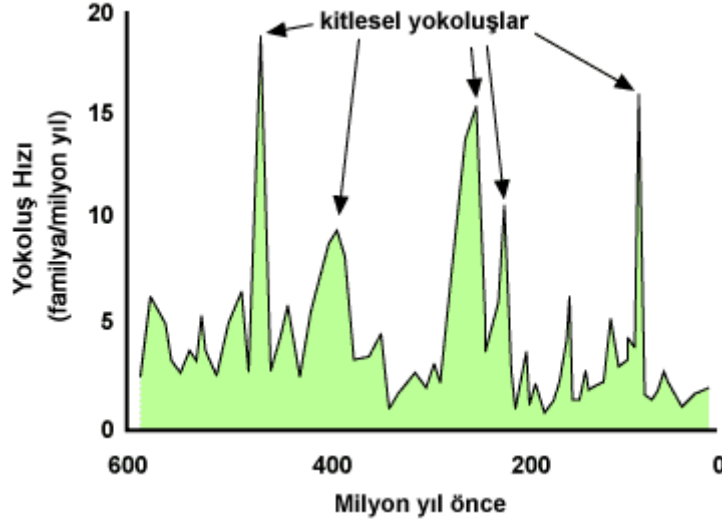
Canlı çeşitliliğinde tarihsel dönemler

Pekçok doğa olayı yeryüzündeki canlı çeşitliliğini etkilemiş, yaşam ağacını budamış veya ona taze dallar eklenmesine yol açmıştır. Ancak bu olayların bazılarının olağanüstü etkileri olmuştur.

1. **Patlama:** Yaklaşık 530 milyon yıl önce çok büyük sayıda deniz hayvanı bir anda evrim sahnesine çıkıverdi. (Tabii jeolojik zaman içinde "bir an" örneğin 10 milyon yılı ifade eder). Bu hayvanlar daha önce görülmemiş bir dizi vücut biçimine sahiptiler ve o zaman bu zamandır bu vücut biçimleri yepyeni biçimlerin evrimine kaynaklık etmiştir. Burgess Kil Taşı Yatağı'nda bulunan fosiller bu patlamanın sonuçlarının örnekleridir.



2. **Kitlesel yokoluş:** Yaklaşık 225 milyon yıl önce, o dönem yaşayan türlerin yüzde doksanı on milyon yıldan kısa süre içerisinde yok oldu. Bu yokoluş öncesinde canlılar aleminde baskın olan canlı topluluklarının kimileri eski konumlarını bir daha asla geri kazanamadılar. Bu olayın nedenleri tartışılmalıysa da, sonuçları bariz bir önem taşır: Yokoluş nedeniyle boşalan yaşam alanlarını yeni türlerin doldurmasıyla muazzam bir çeşitlenme gerçekleşmiştir.

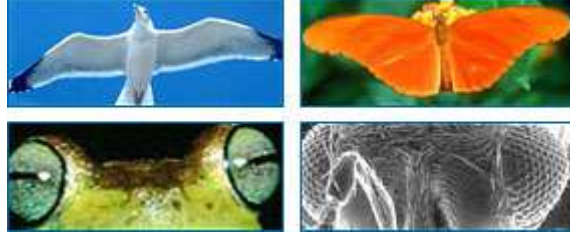


Daha fazlasını keşfet:

Uyarlı ışınım nasıl tetiklenir? Neden bu kadar çok kınkanatlı var? Kambriyen patlaması, kitlesel yokoluşlar, ve farklı yurtlu türleşme hakkında daha fazlasını okuyun.

Karmaşık yapılara bakış

Canlı yaşamını incelediğimizde müthiş karmaşık yapılarla karşılaşırız: Aerodinamik kanatlar, göz gibi çoklu parçadan oluşan organlar, dolambaçlı kimyasal patikalar... Bu karmaşıklık karşısında, Darwin dahil hem evrim kuramı yandaşları hem de evrim kuramı karşıtları şu soruyu sormuşlardır: Böylesi bir karmaşıklık nasıl evrilebilir?



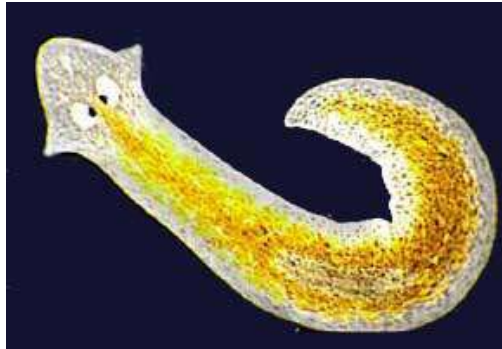
Karmaşık uyarlanımlar: Kuş kanatları, böcek kanatları, omurgalı gözleri, böcek gözleri.

Bilim bu gibi soruları hasır altı etmez, aksine, bunları heyecan verici, araştırmaya değer sorunlar olarak ele alıp üzerlerine özel olarak eğilir. Buradaki zorluk ise şurada:

Uyarlı organlar bu kadar karmaşık göründüklerine göre, bir anda ortaya çıkmış olamazlar. Aksine ufak değişikliklerin doğal seçilim yoluyla birikmesi sonucu oluşmuş olmalıdır. Örneğin kanatlar, kimyasal patikalar veya gözler bugün bildiğimiz biçimlerine sahip olmadan önce, kimi ara biçimlere sahip olmuş olmalıdır. Öte yandan, yarı gelişmiş bir kanat veya bugünkü öğelerinin ancak bir kısmına sahip bir gözün kime ne yararı dokunabilir? Eğer bu ara biçimler uyarlı –canlının çevresine uyarlanmasını sağlayıcı- değilse, doğal seçilim sonucu nasıl oluşabilirler?

Bu gibi karmaşık yapıların evrimi birkaç yoldan gerçekleşebilir:

- **Üstün ara biçimler:** Olasılıklardan biri, bahsi geçen ara biçimlerin canlıya ilk bakışta anlaşılabilir olacak kimi yararlar sağlamasıdır. “Yarım bir gözden ne çıkar?” Açıkçası, karmaşık bir gözün öğelerinin yalnızca birkaçına sahip, yassı solucanlarındaki gibi çok ilkel bir göz dahi, aydınlık ve karanlığı ayırt edebilir. Hiç görme duyusu olmayan bir canlıya böylesi basit bir gözün sağlayacağı faydaları ve bu özelliğin doğal seçilim yoluyla nasıl evrileceğini rahatlıkla tahmin edebiliriz.

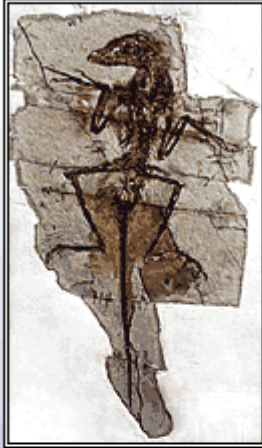


Yassısolucan Planaria'nın ışığa duyarlı ilkel gözleri

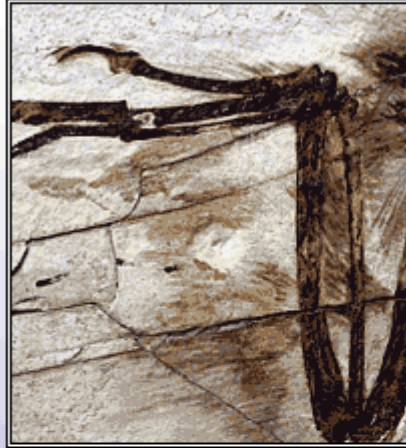
- **Yeni işlev yükleme (co-opting):** Karmaşık bir organın evrimi sırasında ortaya çıkan ara biçimler bugünkü organın gördüğü işlevlerden farklı işlevler görmüş olabilirler. “Yarı gelişmiş bir kanattan ne fayda gelir?” Belki uçmaya değil de başka işlere yarayabilir. Örneğin ilk başlarda kuş tüyleri uçmakta değil ısı yalıtımında veya cinsel gösterilerde kullanılmış olabilir. Doğal seçim, bir koşul altında evrilmiş olan özellikleri aşırıp bambaşka işler için kullanmada son derece ustadır.

İlk Tüyer

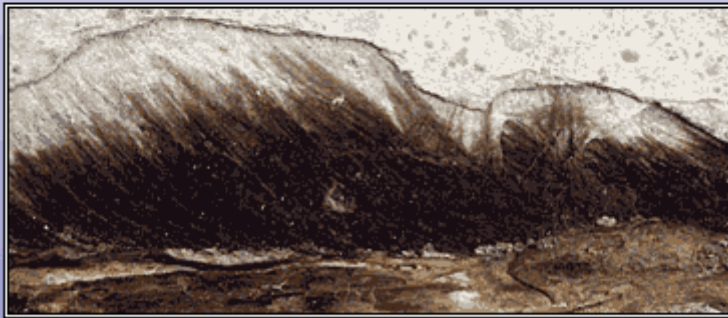
Fosil kaydı, kuşların dinazorların yaşayan bir kolu olduğunu ve dinazorların, daha uçuş yeteneği ortaya çıkmadan önce tüylere sahip olduklarını göstermektedir.



Dromaeosaur ailesinden küçük bir dinazor.



Bu dinazorun kemikleri boyunca tüy izleri korunmuştur. Burada önkol üzerindeki tüyleri görebiliriz.



Fosilin kafa tüyelerine yakından bir bakış.

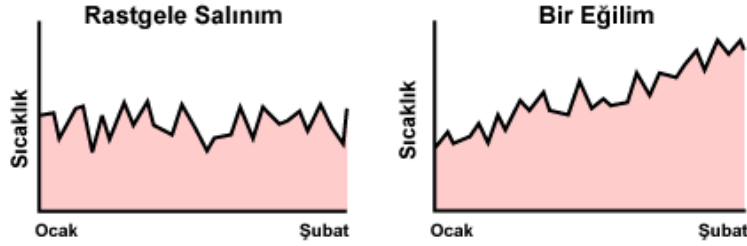
Bu dinazor uçmazdı, dolayısıyla tüylerin evriminin başlangıçta uçmayla alakasız olması muhtemeldir.

Daha fazlasını keşfet:

[Karmaşık yenilikler](#) hakkında daha fazlasını okuyun.

Evrimsel Eğilimler

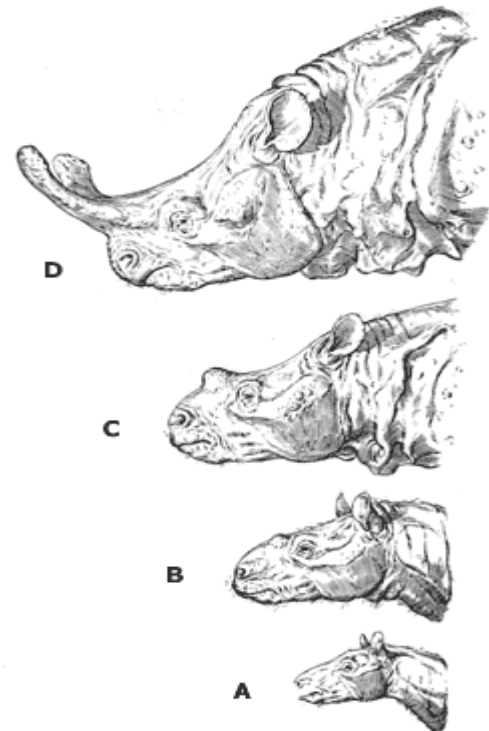
Evrimsel eğilimden kasıt ya bir soy içinde yönlü -yani belli bir doğrultudaki- değişimlerdir, ya da birçok soyun geçirdiği paralel -yani aynı yöndeki- değişimlerdir. Ancak her değişim bir eğilim değildir. Ne de olsa, yaşadığınız şehirde bir gün sıcak geçse bunu bir “ısınma eğilimi” saymazsınız; bir eğilimden bahsetmek için hava sıcaklığının bir süre boyunca artmasını bekleriz. Biyologlar da evrimsel eğilimleri aynı şekilde ele alırlar – bir değişimin “eğilim” sayılması için rasgele bir salınımın ötesinde bir sürekli bir niteliğe sahip olması gerekir.

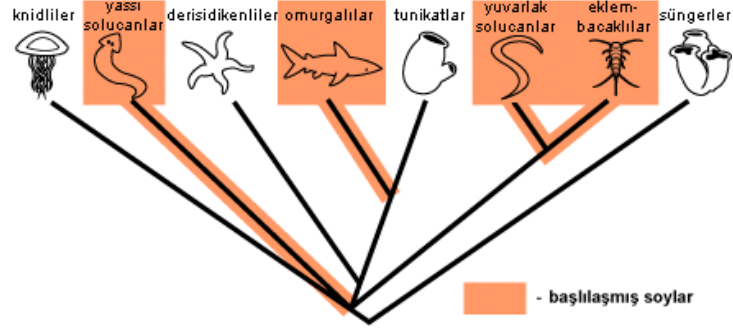


Örneğin, atlar ve gergedanlarla akraba olan ama bugün nesli tükenmiş ilginç bir soyun, Titanotheres'in fosillerine baktığımızda evrimsel bir eğilim görürüz. Titanotheres'in burnunda kemikli, boynuzumsu bir çıkıntı bulunur. Bu hayvanlara ait fosil kafataslarını zamana göre sıraladığımızda, bu kemikli boynuzun uzunluğundaki evrimsel değişimin rasgele olmadığını, aksine kemikli boynuzların zamanla uzadıkları gözümüze çarpar. Dahası, birkaç farklı Titanotheres soyu aynı boynuz uzaması eğilimini sergiler.

Burada görülen Titanotheres tasvirleri 55 ila 35 milyon yıl öncesine aittir. Bu kemikli boynuzun uzama eğiliminin nedeni tam olarak bilinmiyor. Bu durum, daha iri vücutlara yönelik bir seçilimin sonucu olabileceği gibi doğrudan daha büyük boynuzlara yönelik bir seçimin ürünü de olabilir. Mesela keçi ve koyunlarda olduğu gibi, erkekler dişiler için birbirleriyle mücadele ederken uzun boynuzlu olanlar daha üstün gelmiş olabilirler.

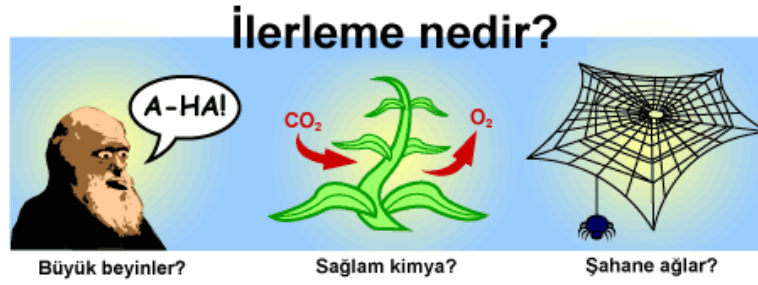
Her evrimsel eğilim bu derece tutarlı olmayabilir. Çok sayıda hayvan soyunun sergilediği başlılaşma (cephalization) -yani bir kafanın evrimi- eğilimi buna bir örnektir. Bu eğilim, sinir hücrelerinin hayvanın vücudunun bir ucunda beyin şeklinde yoğunlaşması ve duyu organlarının da aynı uçta toplanmasıdır. Eklembacaklılar (kabuklular, böcekler ve diğerleri), halkalı solucanlar ve omurgalılar dahil kordalılar giderek artan ölçüde başlılaşmışlardır. Buna karşın birçok hayvan soyu fazla başlılaşma sergilemez (denizyıldızının başı nerededir sizce?) veya iç parazitler gibi başka soylar tam tersi yönde gelişerek başlangıçta sahip oldukları başlarını da kaybetmişlerdir.



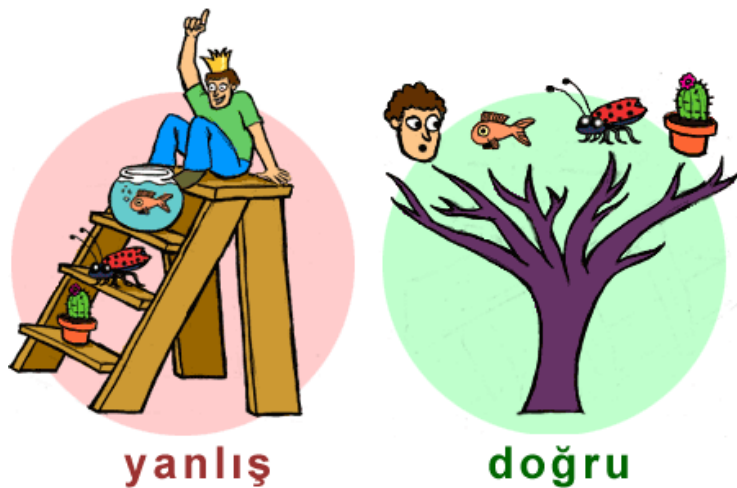


Evrim ilerleme mi demektir?

Bu, cevabı kolay bir soru değil. Bir bitkinin bakış açısından ilerlemenin ölçüsü fotosentez yeteneği, bir örümcek açısından zehir zerk etme becerisi olabilir.



Sorun şu ki biz insanlar kafayı kendimize takmışız. Genellikle ilerlemeyi kendi açımızdan, zeka, kültür veya duygusallık gibi ölçütlerle tanımlarız. Ama bu tanım nesnel değil, insan merkezidir. Şüphe yok ki evrimi, Homo sapiens'in tepesine tünediği bir merdiven gibi görmek çekicidir. Ama gerçek şu ki evrimden bir merdiven değil, bir ağaç doğar ve biz bu ağacın milyonlarca yaprağından yalnızca bir tanesiyiz...



Daha fazlasını keşfet:

Evrimsel eğilimler nereden kaynaklanır? Karmaşıklığa doğru bir eğilim mi var?

Daha Fazlasını Keşfet

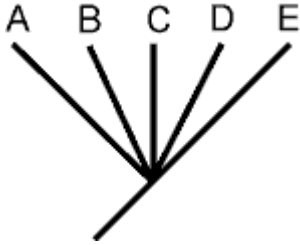
Soyoluş patlamaları

Soyoluşların dallanan örüntüsü canlılar arasındaki ilişkileri anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Bir boğumda ikiden fazla oğul soy taşınmasına saçaklanma denir. Saçaklanma içeren ve “patlar” gibi örüntüler oluşturan soyoluşlarla sıkça karşılaşırız.

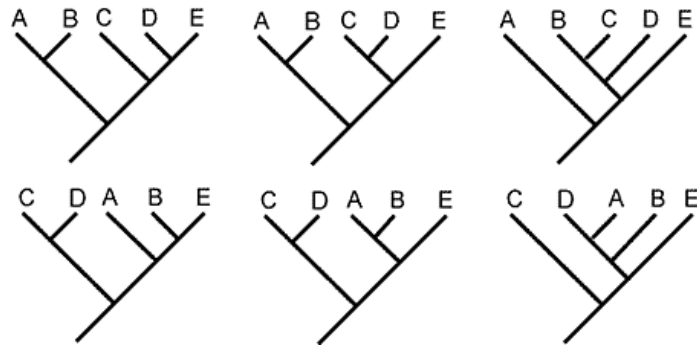
Bu iki anlama gelebilir:

Bilgi Eksikliği



Birincisi, bu durum çoğunlukla söz konusu soyların birbirleriyle olan ilişkilerini anlayacak yeterli veriye sahip olmadığımız anlamına gelir. Soyoluşla ilgilenen bilim insanları boğumu çözmeden bırakarak bize, kesin bir sonuca varmamamızı – ve aynı zamanda yeni gelişmeleri takipte olmamızı önerirler. Çünkü genellikle, toplanan daha fazla veri saçaklanmanın çözülmesini sağlar.

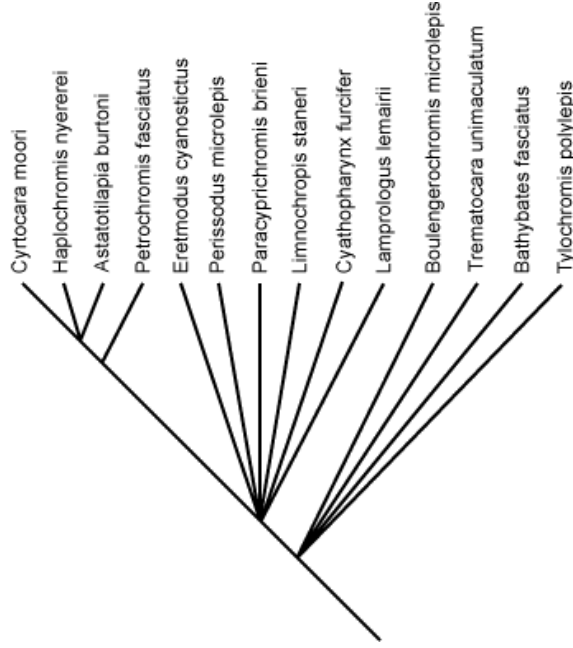
Bu saçaklanmanın bir çok çözümü vardır; olası çözümlerden altı tanesi aşağıda gösterilmiştir:



Hızlı türleşme

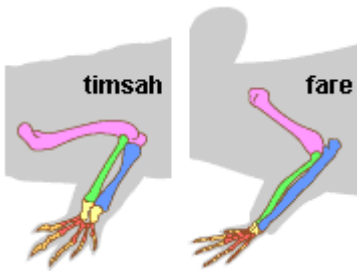
İkincisi, patlar gibi örüntüler bazen de çok sayıda türleşme olayının aynı anda gerçekleştiği anlamına gelebilir. Bu durumda tüm oğul soylar birbirleriyle eşit dereceden akrabadır. Elde edilen kanıtların bu duruma işaret ettiğini düşünüyorlarsa, araştırmacıların bunu size belirtmeleri gerekir.

Aşağıdaki dallanma grafiği, çiklitler olarak adlandırılan bir balık grubunun üyeleri arasındaki soyuluş ilişkisini göstermektedir. Çiklit balığı, Afrika'da, yaşadığı göllerin oluşumundan sonra hızlı bir şekilde türleşti ve bu durum birçok soyuluş saçaklanmasıyla sonuçlandı.



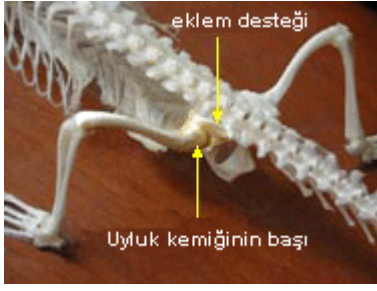
Kökendeşliği tanımlamak

Biyologlar, dört üyeye (kollar ve bacaklar) sahip olma gibi, kimi canlılarda ortak olan morfolojik bir karakterin kökendeş olup olmadığına karar verirken birkaç ölçütten yararlanırlar.



Temel yapının aynı olması

Timsahların da farelerin de üyeleri, aynı kemikler tarafından desteklenir; bu kemikler her ne kadar farklı biçimlere sahip olsalar da. Soldaki kol çizimlerinde kökendeş kemikler aynı renklerle boyanmıştır.

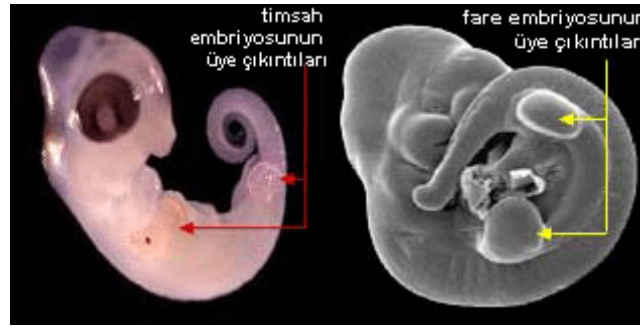


Diğer özelliklerle ilişkilerin aynı olması

Farklı dörtayaklılarda üye kemiklerinin iskelete bağlanma biçimleri aynıdır. Uyluk ve leğen kemikleri arasındaki eklem top-yuva eklem yapısında oluşu dörtayaklılara özğüdür. Bu eklem çeşidinin bir örneği soldaki resimdeki timsah iskeletinde görölüyor.

Gelişimin aynı olması

Tüm dörtayaklıların üyeleri, üye çıkıntılarında benzer biçimlerde gelişir (şekli inceleyiniz).



Bu ölçütler biyologların, iki ya da daha fazla canlının ortak ataya sahip olduğunun güvenilir bir göstergesi olan kökendeş morfolojik karakterleri –daha sonra derinlemesine araştırmak üzere- üstünkörü belirlemelerine olanak sağlar.

En yalını yeğleme ilkesini kullanmak (1/2)

Bazı büyük omurgalı soylarını incelersek ve elde ettiğimiz bulguları kökündeş olması olası özelliklerle sınırlandırırsak, aşağıdaki kanıtları elde edebiliriz (aslında burada listelenenden çok sayıda omurgalı soyu olduğuna ve örneğin kolay anlaşılır olabilmesi için pek çok özelliğin burada listelenmediğine dikkat edelim):

	Omurga?	Kemikli iskelet?	Dört üyellik?	Amniyotik yumurta?	Kıl veya kürk?	Orbital sonrası iki pencere?
Köpekbakları ve akrabaları	var	yok	yok	yok	yok	yok
Işin yüzgeçli balıklar	var	var	yok	yok	yok	yok
İkiyaşamlılar	var	var	var	yok	yok	yok
Primatlar	var	var	var	var	var	yok
Kemirgenler ve tavşanlar	var	var	var	var	var	yok
Timsahlar ve akrabaları	var	var	var	var	yok	var
Dinozorlar ve kuşlar	var	var	var	var	yok	var

* **amniyotik yumurta:**
embriyonun, amniyon adı verilen ve ortamın nemini koruyan bir zar içinde bulunduğu yumurta çeşidi



** **orbital sonrası pencere:**
kafatasında, göz çukuruğunun hemen arkasındaki delikler



Omurgalı dalıyla yakından akraba olan fosilleri ve soyları inceleyerek, omurgalıların atalarının şu özelliklerden hiçbirine sahip olmadığı hipotezini ortaya atalım:

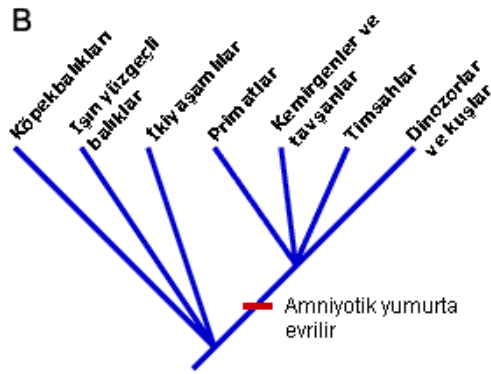
	Omurga?	Kemikli iskelet?	Dört üyellik?	Amniyotik yumurta?	Kıl veya kürk?	iki orbital sonrası pencere?
Atalar	yok	yok	yok	yok	yok	yok

Bu verilerden bir soyoluş ağacı inşa etmek için dallarımızı, paylaşılan türemiş karakterlere dayandırmalıyız – paylaşılan atasal karakterlere değil. Atasal karakterlerin neler olduğuna dair iyi bir fikrimiz olduğu için (yukarıda), bunu yapmak o kadar da zor değil. İşe yumurta karakteristiğini inceleyerek başlayabiliriz. Bu özelliğin türemiş bir biçimini paylaşan soy

gruplarına, yani amniyotik bir yumurtaya (aşağıdaki A) sahip olan gruplara odaklanıyoruz ve bunların bir dal (B) oluşturdukları hipotezini kuruyoruz.

A

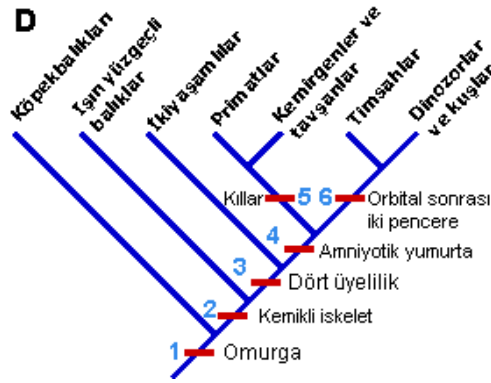
	Omurga?	Kemiklit iskelet?	Dört üyelilik?	Amniyotik yumurta?	Kil veya kürk?	İki orbital somrası?
Köpekbalıkları ve akrabaları	var	yok	yok	yok	yok	yok
Işın yüzgeçli balıklar	var	var	yok	yok	yok	yok
İkiyaşamlılar	var	var	var	yok	yok	yok
Primatlar	var	var	var	var	var	yok
Kemirgenler ve tavşanlar	var	var	var	var	var	yok
Timsahlar ve akrabaları	var	var	var	var	yok	var
Dinozorlar ve kuşlar	var	var	var	var	yok	var



Eğer tüm tabloda bu şekilde, paylaşılan türetilmiş özelliklere göre dalları gruplandırarak ilerlersek (aşağıda C'de), şu hipotezi (D) elde ederiz:

C

	Omurga?	Kemiklit iskelet?	Dört üyelilik?	Amniyotik yumurta?	Kil veya kürk?	İki orbital somrası?
Köpekbalıkları ve akrabaları	var	yok	yok	yok	yok	yok
Işın yüzgeçli balıklar	var	var	yok	yok	yok	yok
İkiyaşamlılar	var	var	var	yok	yok	yok
Primatlar	var	var	var	var	var	yok
Kemirgenler ve tavşanlar	var	var	var	var	var	yok
Timsahlar ve akrabaları	var	var	var	var	yok	var
Dinozorlar ve kuşlar	var	var	var	var	yok	var
	1	2	3	4	5	6



Elbette bu, ağaç oluşturma sürecine sadece bir örnektir. Soyoluş ağaçları genelde çok daha fazla özelliğe dayanarak oluşturulur ve genellikle de daha çok soyu içerir. Örneğin, 499 farklı “tohumlu bitki” soyu arasındaki ilişkiyi yeniden canlandıran biyologlar, işe 1400’den fazla moleküler özellikle başlamıştır.

En yalını yeğleme ilkesini kullanmak (2/2)

En yalını yeğleme ilkesi nedir?

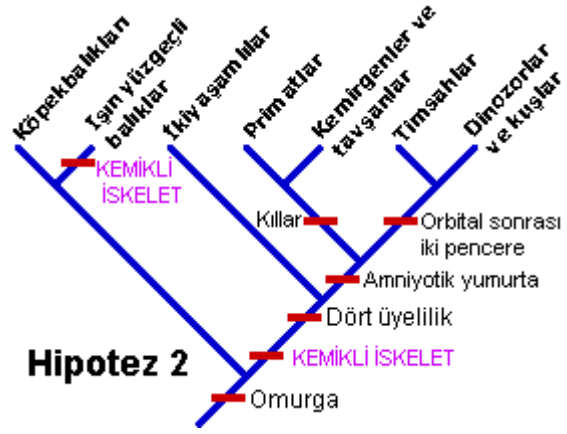


Yukarıda açıklanan ağaç oluşturma süreci en yalını yeğleme ilkesine dayanmaktadır. Bu ilke bütün bilimler için temeldir ve bize, elimizdeki kanıtlara uyan en basit bilimsel açıklamayı tercih etmemizi söyler. Ağaç oluşturma örneğinde bu, en iyi hipotezin, en az evrimsel değişimi gerektiren olduğu anlamına gelir.

Örneğin omurgalı ilişkileri hakkındaki şu iki hipotezi (sağda) en yalını yeğleme ilkesini kullanarak karşılaştırabiliriz:

Hipotez 1 için altı, hipotez iki için ise - kemikli iskeletin birbirinden bağımsız iki kere

evrilmesiyle birlikte - yedi evrimsel değişim gerekiyor. Her ikisi de eldeki verilere uysalar dahi, en yalını yeğleme ilkesi Hipotez 1'in daha iyi olduğunu söylüyor – çünkü o, gereği olmayan karmaşıklıktaki değişimleri hipoteze dahil etmiyor.



Bu ilke, daha önce gerçekleştirdiğimiz ağaç oluşturma sürecinde gayet açıktı. Ne var ki çoğu vakada veriler, bizim örneğimizde kullanılanlardan daha karmaşıktır ve pek çok farklı soyoluş hipotezine işaret edebilirler. Böyle vakalarda en yalını yeğleme ilkesi, bunların arasından seçim yapmamıza yardımcı olur.

Soyoluşsal sınıflandırma sistemine geçmek (1/2)

Soyoluşsal sınıflandırma sistemi geleneksel sistemden farklı çalışır.

1. Rütbeye bakmak

Soyoluşsal sınıflandırma sisteminin Linneaus'un Sınıflandırma Sistemi'ne kıyasla iki temel avantajı vardır. İlk olarak, soyoluşsal sınıflandırma bize organizma hakkında çok önemli bir şeyi, onun evrimsel geçmişini anlatır. İkinci olarak, soyoluşsal sınıflandırma organizmaları "rütbelendirmeye" kalkışmaz. Diğer yandan Linneci sınıflandırma, organizma gruplarını yapay bir şekilde âlem, sınıf, takım vs. olarak "rütbelendirir". Bu da, örneğin, bir kedi ailesinin orkide ailesiyle bir şekilde karşılaştırılabileceğini öne sürüyor gibi gözükmesinden dolayı yanıltıcı olabilir. Fakat bunlar karşılaştırılabilecek kavramlar değildir:

- Gruplardan biri diğerinden daha uzun bir geçmişe sahip olabilir. Kedi ailesi olan Felidae'nin ilk temsilcileri muhtemelen 30 milyon yıl önce yaşadılar, buna karşılık ilk orkideler 100 milyon yıldan daha önce yaşamış olabilirler.
- Bu gruplar farklı çeşitlilik seviyelerine sahip olabilirler. Yaklaşık 35 kedi türüne karşılık 20,000 orkide türü vardır.
- Farklı biyolojik farklılaşma seviyelerine sahip olabilirler. Farklı cinslere ait pek çok orkide melezleşme yeteneğine sahiptir. Ama aynı kedi için geçerli değildir – (Felis cinsine ait) ev kedileri ve (Panthera cinsine ait) aslanlar melez oluşturamazlar..



Laelia



Cattleya



Felis



Panthera



Farklı cinsten bu iki orkide melezleşebilir... ..ama farklı cinsten bu iki kedi melezleşemez.



Yani, rütbelendirilmiş grupların karşılaştırılabilir olduğunu düşünmek için hiçbir sebep yoktur ve karşılaştırılabilir olduklarını öne sürdüğü için Linneci sistem yanıltıcıdır.

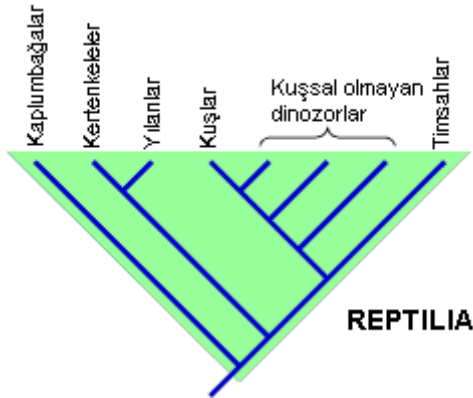
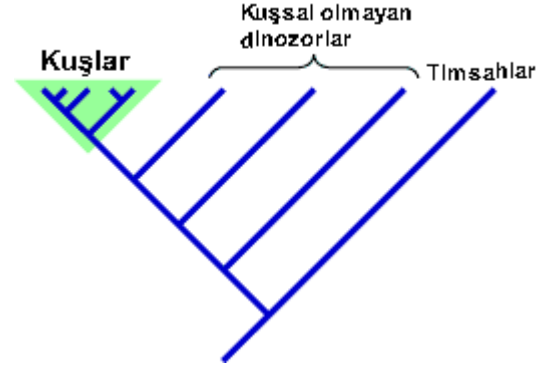
Soyoluşsal sınıflandırma sistemine geçmek (2/2)

Soyoluşsal sınıflandırma sistemi geleneksel sistemden farklı çalışır.

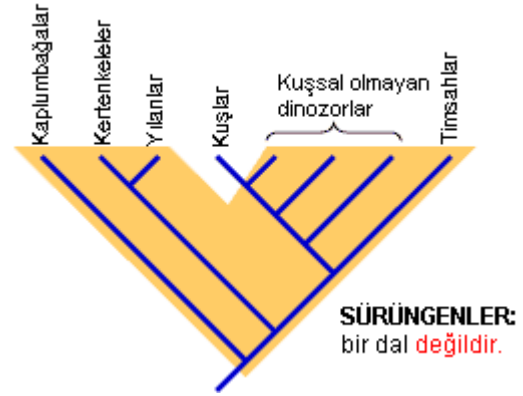
2. İsimlere bakmak

Biyologlar, rütbelere yapılan vurguyu kaldırarak ve sadece dallara uygulanabilen yeni isimler tayin ederek soyoluşsal sınıflandırma kapsamındaki çalışmalarını sürdürüyorlar. Bu da, biyolojik isimleri kullanım şeklimizin fazla değişmek zorunda olmadığı anlamına geliyor. Pek çok durumda Linneci isimler soyoluşsal sisteme gayet iyi uyuyor. Örneğin Linneci sistemde kuşlar sınıfı olan Aves, kuşlar bir dal oluşturduğu için (sağda), aynı zamanda bir soyoluşsal isim olarak da kullanılabilir. Yine, kullanımına alışkın olduğunuz pek çok isim (*Homo sapiens*, *Drosophila melanogaster* gibi) soyoluşsal sınıflandırmanın doğmasıyla hiçbir değişikliğe uğramamıştır.

Bunlar beraber, soyoluşsal sınıflandırmada işe yaramayan, Linneci sınıflandırmaya ait bazı isimler de vardır. Örneğin sürüngenler – kuşları da saymazsanız – bir dal oluşturmazlar.



Ama eğer kuşlar da dahil edilirse, Reptilia geçerli bir soyoluşsal isimdir.



Genel kabul gördüğü haliyle sürüngenler grubu bir dal oluşturmazlar, dolayısıyla bu geçerli bir soyoluşsal isim değildir.

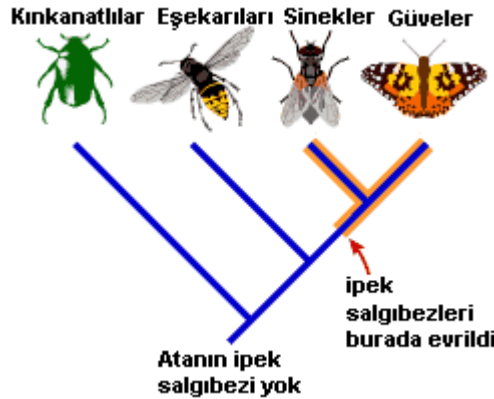
Tarihi anlamak için yaşam ağacını kullanmak

Atasal özellikleri tahmin etmek

Soyoluşun uç dallarındaki canlıların özelliklerini bilmek, atasal özelliklerin neler olabileceği konusunda bizlere daha fazla fikir verebilir. Örneğin, günümüzde yaşayan sinekler ve güvelerin ipek salgıbezleri vardır ama kınkanatlıların ve eşekarlılarının yoktur.



Bunun en basit açıklaması ipek salgıbezlerinin, sadece bir kez sinek ve güvelerin atalarında evrilmiş olmasıdır.



Buna göre, sineklerin ve güvelerin en yakın zamandaki ortak atasını (yani ikisinin arasında bulunan boğumdaki atayı) düşündüğümüzde, ipek salgıbezlerine sahip bir böcek aklımıza getirmeliyiz.

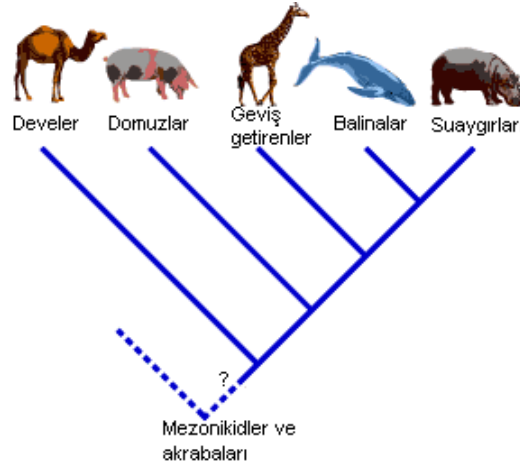
Tarihi anlamak için yaşam ağacını kullanmak (2/3)

Yaşam ağacını kullanarak tarihi anlamanın bir başka örneğini, balinalardaki atasal özelliklerde görebiliriz.

Hipotez

Ataların özelliklerini elimizdeki bulgular doğrultusunda görsel olarak modellemek ve sınıflandırmak kullanışlı bir araç olabilir. Örneğin, bilim insanları balinaların atalarının, günümüzde soyu tükenmiş mezonikid adı verilen etoburlar olduğunu düşünüyorlardı. Fakat

yeni bulgular doğrultusunda, balinaların aslında suaygırısı gibi toynaklı memeliler ve inek, zürafa gibi gevişgetirenlerle daha yakından akraba olduklarına ilişkin hipotezler geliştirdiler.



Tahmin yürütme

Hipotezimiz bizi, kadim balinaların yakın akrabalarıyla bazı ortak özellikleri olması gerektiği yönünde bir tahmin yürütmeye itiyor.



Kanıt

Nitekim, yakın zamandaki fosil bulguları bu tahmini doğruluyor. Bilim insanları arka ayakları ve kalça kemikleri olan kadim balinalar buldular: bu balinalar günümüzde yaşayan Amerikan antilopu, develer, inekler ve suaygırları ile aynı türden bilek kemiğine sahipti (sağda).

Solda ve sağda iki kadim balinanın (bu numunenin bazı kemikleri eksik) ve günümüzde yaşayan bir Amerikan antilopunun (ortada) bilek kemiklerini karşılaştırın. Her üçünde de mevcut olan iki kasnaklı yapıya dikkat edin.



Tarihi anlamak için yaşam ağacını kullanmak (3/3)

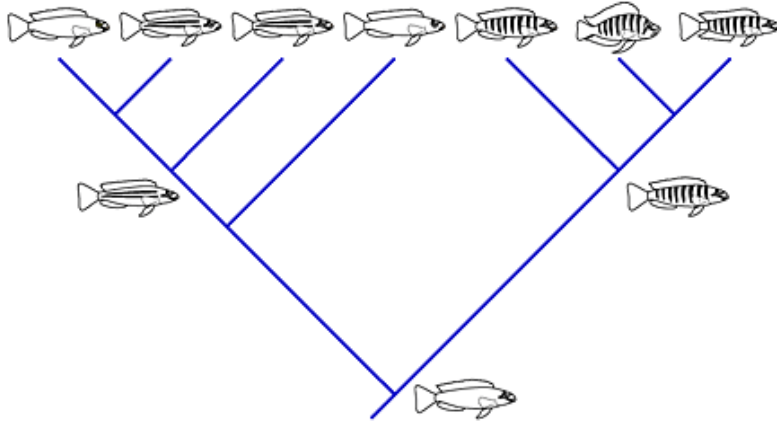
Çiklitlerde atasal karakterleri



Atasal karakterleri yeniden canlandırmak, karmaşık bir özelliğin nasıl evrimleştiğini anlamamıza yardımcı olabilir. Örneğin, yukarıda ve aşağıda resimleri bulunan çiklit balığı şekil, renk ve çizgi desenleri bakımından çeşitlilik gösterir.



Araştırmacılar bu balıkların soyuluşunu moleküler bulgulara dayanarak yeniden oluşturdular. Daha sonra bu soyuluş üzerinde, sadece çizgilenme desenlerinin bulunduğu bir harita çıkardılar. Atasal balıkların olası çizgi desenlerini çıkarmak için ise en yalını yeğleme ilkesini kullandılar. Sonuçta ortaya çıkan soyuluş, bu karmaşık desenlerin farklı soylarda nasıl evrildiğini gösteriyor.



Atasal karakterleri tahmin yönteminin uygulamaları

Bu yöntem sayesinde biyologlar, çiklitteki çizgilenme desenindeki evrimsel değişimin, eşeysel değişimden çok ekolojik ötelenmelere bağlı gerçekleştiğini ortaya koydular. Benzer yöntemler, örneğin kuşlarda uçma yeteneğinin nasıl evrildiğini ya da dörtayaklıların karada yaşamak üzere nasıl evrildiklerini anlamak için de kullanıldı.

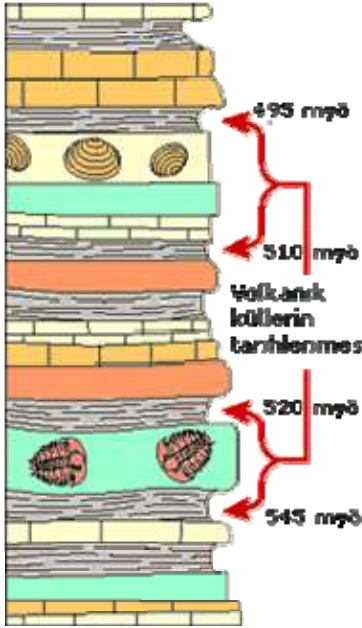
Radyoaktif tarihleme

Yer bilimciler kayaların ne kadar zaman önce oluştuğunu ve bu kayaların içinde bulunan fosillerin yaşlarını tahmin etmek için radyometrik tarihleme yaparlar.

Radyoaktif elementler bozunurlar

Evrende birçok radyoaktif element vardır. Radyoaktif atomlar yapı olarak dengesizdir; zamanla radyoaktif "ana atomlar" kendilerinden daha küçük ve dengeli "yavru atomları" meydana getirecek şekilde bozunurlar.

Eriyik halindeki bir kaya soğuyup volkanik kaya denen şeyi oluşturduğunda, radyoaktif atomları da içinde tutar. Bu atomlar kayanın içinde bilinen bir hızla bozunurlar. Bilim insanları, kayanın içindeki ana atomların miktarını yavru atomların miktarıyla karşılaştırarak kayanın oluşumundan bu yana geçen zamanı belirleyebilirler.



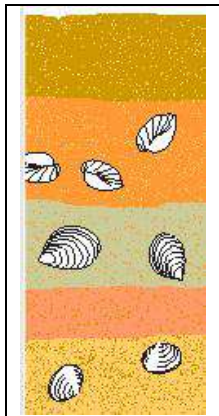
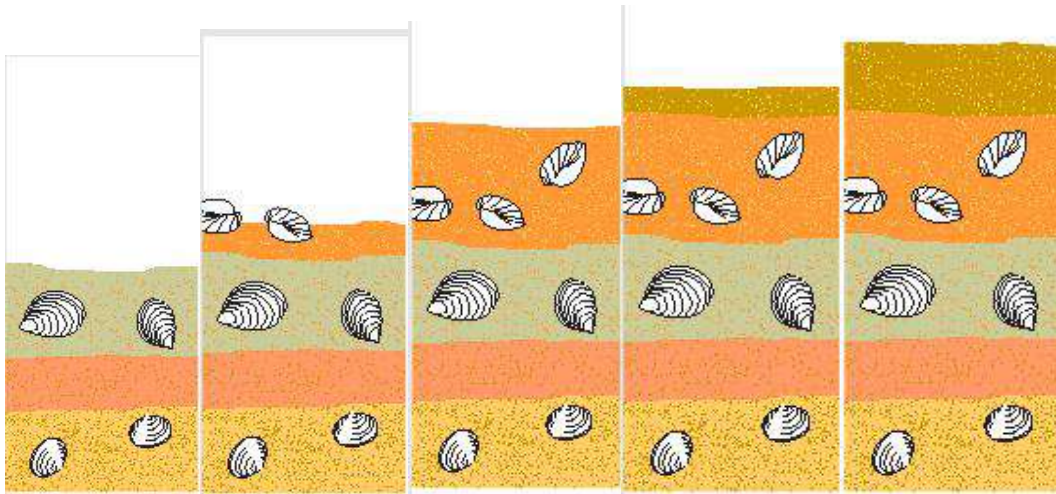
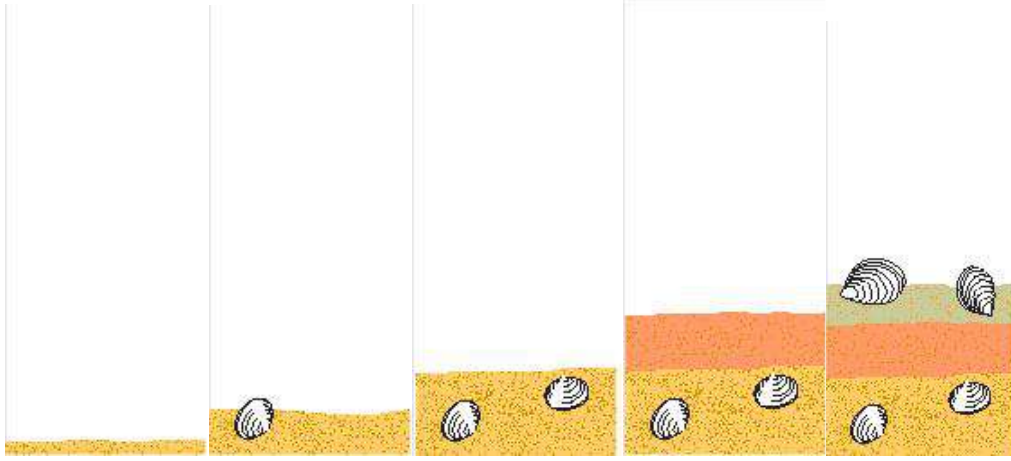
Fosilleri ayraçlamak

Fosiller genelde volkanik değil, tortul kayalarda bulunur. Tortul kayaları tarihlemek için radyoaktif karbon kullanılabilir ama karbon göreceli olarak hızlı bozunduğu için bu yöntemle yalnızca 50 bin yıldan genç kayalarda çalışır.

Bu yüzden, bundan daha eski fosilleri tarihlemek için bilim insanları fosilin bulunduğu kayanın üst ve altında volkanik kaya ve kül tortuları ararlar. Volkanik kayalar daha yavaş bozunan elementler kullanılarak tarihlenebilir. Bu şekilde üst ve alttaki tabakaları tarihleyen bilim insanları fosilin hangi yaş aralığında olabileceğini bulurlar; böylece fosilin bulunduğu tabakanın yaşını "ayraçlamış" olurlar.

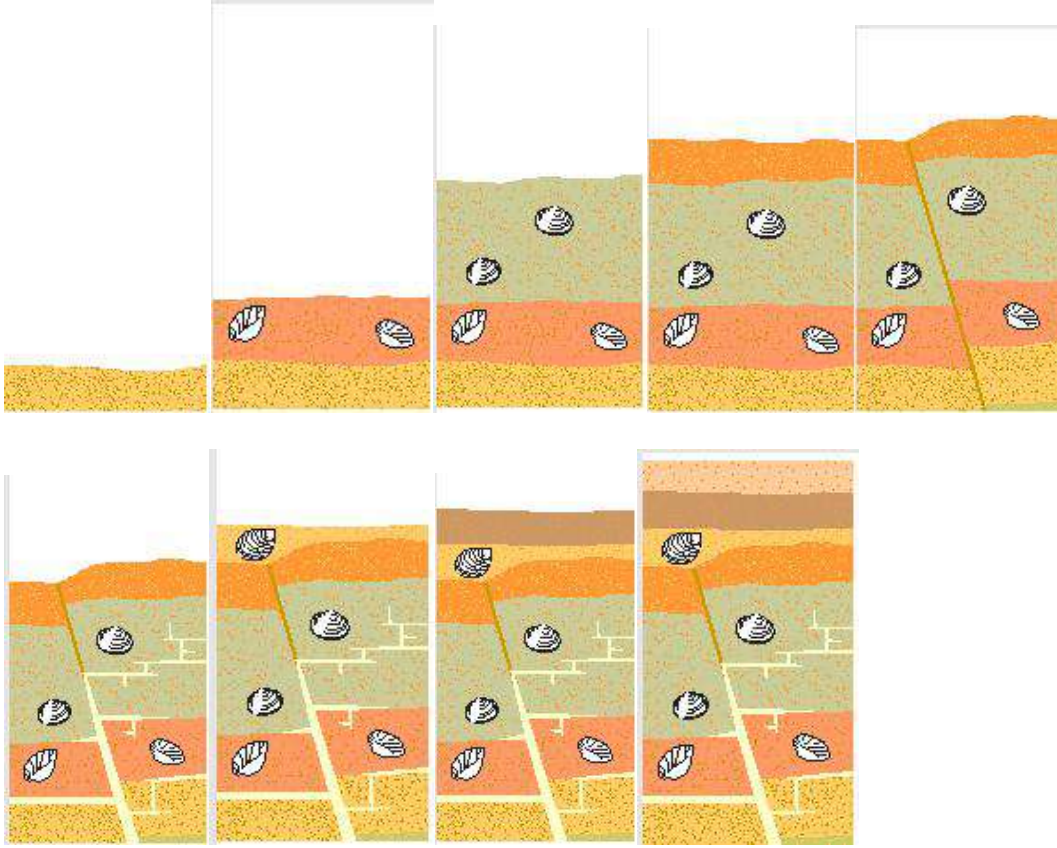
Katmanbilim (Stratigrafi)

Fosiller, katman olarak adlandırılan kaya katmanlarındaki pozisyonlarına bakılıp birbirlerine kıyasla tarihlendirilebilirler. Aşağıda da görüldüğü gibi, aşağı katmanlarda bulunan fosiller genellikle daha önceden tortulanmıştır ve daha eskidir.



Bazen jeolojik süreçler bu tekdüze, dikey kalıbı kesintiye uğratırlar (aşağıda). Örneğin, bir kaya yığını diğer katmanları ortadan kesebilir, erozyon düzenli tortulanma örgüsünü sekteye uğratabilir veya kaya katmanları bükülebilir, hatta baş aşağı bile dönebilirler.

Aşağı da örnekte, diğer kayalar tarafından ortadan kesilmiş olanların en eski kayalar olduğunu çıkarabiliriz. Bunlardan bir aşama genç olan kayalar, ortadan kesme işini yapan kayalar olacaktır. En gençler kayalar ise bu katmanların üzerinde yer alır ve ortadan kesilmemişlerdir. Dikkatli incelemelerle, dikey kalıplardaki bu kesintileri belirleyebilir ve elde ettiğimiz bulguları farklı katmanların görece yaşları hakkında daha fazla bilgi edinmek için kullanabiliriz.



Tüm dünyadaki katmanları inceleyip kıyaslayarak, kayaları birbirlerine göreceli olarak tarihlendirebiliriz. Örneğin atomların radyoaktif bozunmasını temel alan yöntemler gibi sayısal tarihlendirme yöntemlerini kullanarak, katmanların ve katmanların içinde bulunan fosillerin olası yaşlarını tayin edebiliriz.

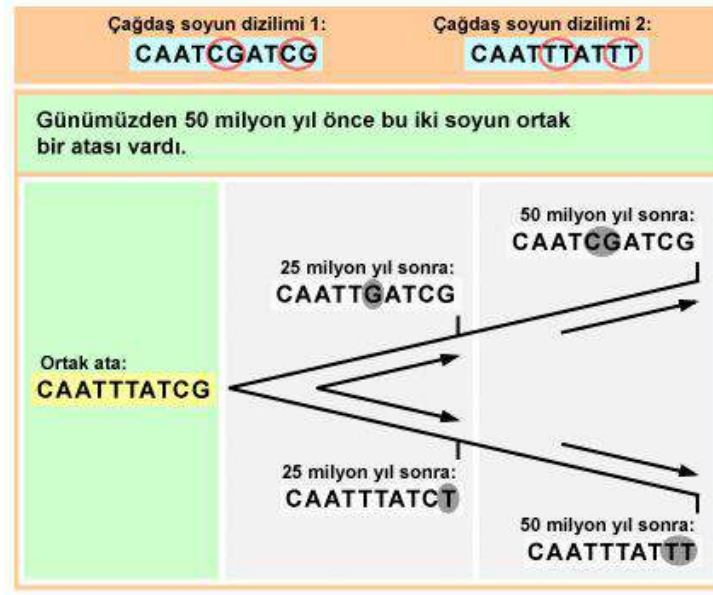


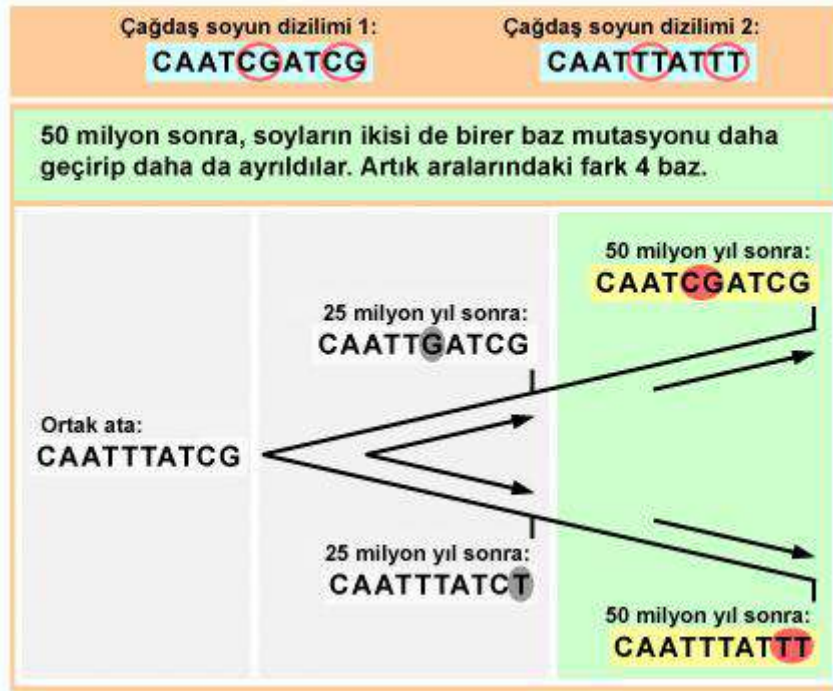
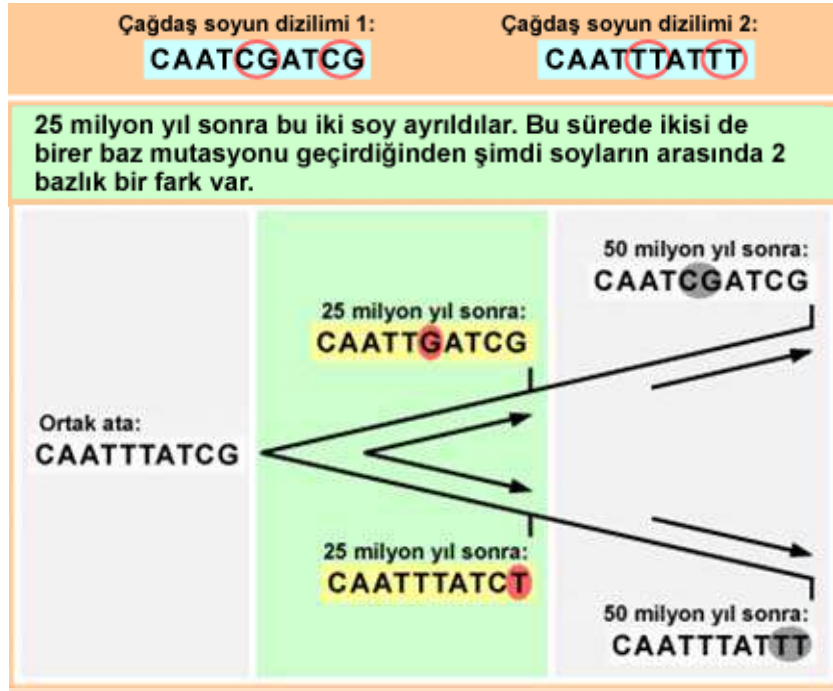
 *Venericardia planicosta*, Eosen döneminden bir çift kabuklu

Moleküler saatler

Moleküler saatler Geçtiğimiz kırk yılda evrimsel biyologlar, bazı evrimsel olayların saatin işleyişine benzer bir mantıkla gerçekleşip gerçekleşmediği üzerine çeşitli çalışmalar yürüttüler. Mutasyonlar bir DNA parçasında belirli bir hızla birikebilirler, üstelik bu birikme milyonlarca yıl gibi uzun bir süre devam edebilir. Örneğin bir hemoglobin bileşeni olan alfa-globin proteinini kodlayan gende, milyar yıl başına ortalama 0.56 baz çifti değişim olduğunu biliyoruz*. Eğer bu oran güvenilirse, ondan moleküler bir saat olarak faydalanabiliriz.

Moleküler bir saat gibi davrandığı böyle durumlarda DNA'nın bir parçası, soyların birbirinden ayrıldıkları zamanı tahmin etmek için çok güçlü bir araç haline gelir. Örneğin, iki türün DNA'sına baktığımızda bu DNA iplerinin sadece bir bölgede birbirlerinden farklı olduğunu ve bu farkın (aşağıdaki gösterildiği gibi) 4 baz olduğunu varsayalım. Yine bu varsayıma göre bu DNA'nın tamamı, yaklaşık olarak her 25 milyon yılda 1 baz değişme hızına sahip olsun. Buradan, bu iki DNA diziliminin birbirlerinden 100 milyon senelik evrimle ayrılmış olduğunu ve ortak atanın da bundan 50 milyon yıl önce yaşamış olduğunu hesaplayabiliriz. Her iki tür de kendi evrimlerini geçirdikleri için, bu iki türün 50 milyon yıl önce yaşamış olan ortak bir atadan türemiş olmaları gerekir.





Bu yöntem, modern insanın ortaya çıkışı, insanlarla şempanzelerin birbirinden ayrılması ve Kambriyan "patlaması"ı olaylarının da dahil olmak üzere birçok önemli evrimsel olayın tarihini araştırmakta kullanılmıştır.

Moleküler saatleri kullanarak türlere ayrılma tarihlerini belirleme işi de başka tarihlendirme yöntemlerine dayanır. Biyologların, bir DNA bölgesinin hangi hızda değiştiğini bulmak için diğer görelî ya da mutlak tarihlendirme yöntemlerinden elde edilen tarihleri kullanmaları gerekir.

*Bu sayı proteinin yapısını etkileyen değişimlerin sayısıdır.

Çorbadan hücrelere - Yaşamın kökeni



3,465 milyar yaşındaki bir kayada bulunmuş mikropsu hücresel bir lif.

Evrim, ana soyların ortaya çıkmalarından toplu yokoluşlara ve hastanelerdeki antibiyotiğe dayanıklı bakterilerin evrimine kadar, geniş bir yelpazede pek çok olguyu kapsar. Fakat evrimsel biyoloji alanı içinde yaşamın kökeni özel bir ilgi görür, çünkü bu konu temel bir soruyu inceler: biz (ve diğer bütün canlılar) nereden geliyoruz?

Elimizdeki pek çok kanıt, yaşamın kökenini aydınlatmamıza yardımcı olmaktadır. Bu kanıtları eski zamanlardan kalma fosillerden, radyometrik tarihlendirme yönteminden, günümüzde yaşayan canlıların soyoluşlarının ve kimyasal yapılarının incelenmesinden ve hatta yapılan bilimsel deneylerden elde ediyoruz . Bununla birlikte, düzenli olarak yeni kanıtlar bulunduğu için, yaşamın nasıl ortaya çıktığına ilişkin hipotezler değişebilir veya yeniden düzenlenebilirler. Bu aşamada şu nokta mutlaka akılda tutulmalıdır: Bu hipotezlerdeki değişiklikler, bilimsel sürecin normal bir parçasıdır ve evrim kuramının temelindeki bir değişime işaret etmemektedir.

Burada yaşamın ne zaman, nerede ve nasıl ortaya çıktığına ilişkin önemli hipotezleri ve bilim insanlarının, böylesine uzak bir geçmişte gerçekleşmiş olayları nasıl incelediklerini öğrenebilirsiniz.

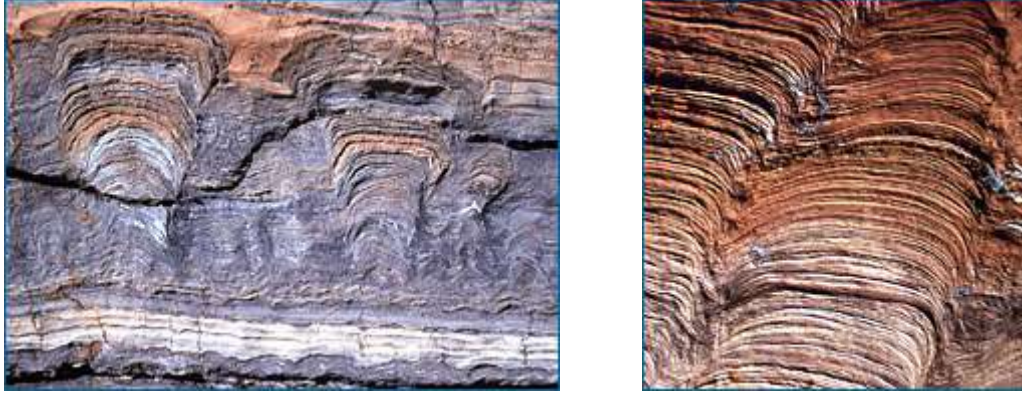
Yaşam ne zaman ortaya çıktı?

Bilimsel bulgular yaşamın ilk kez yaklaşık 3.5 milyar yıl önce evrilmiş olduğuna işaret ediyor. Söz konusu bulgular, mikrofosillerle (mikroskop yardımı olmadan görülemeyecek kadar küçük fosiller), Güney Afrika ve Avustralya'da bulunan kayalarındaki stromatolitlerden geliyor. Stromatolitler, başta fotosentez yapabilen siyanobakteriler olmak üzere kimi mikroorganizmalar tarafından oluşturulan yapılardır. Bu mikroorganizmalar, çamuru tutan ince bir tabaka oluşturur, zaman içinde bu çamur/mikrop örtüleri katmanlı bir kayaya dönüşür – ve buna da stromatolit denir.

Mikroplar günümüzde de stromatolit oluşturulmaya devam etmektedir. Günümüz stromatolitleri eski çağlardakilere şaşırtıcı derecede benzemektedir, bu da Dünya üzerindeki bazı en eski yaşam formlarına ilişkin bir kanıt sağlamaktadır. Günümüzde ve eski çağlarda ortaya çıkmış stromatolitler, benzer şekillere sahiptir ve kesitlerine bakıldığında her ikisi de ince bakteri tabakalarının oluşturduğu aynı katmanlı yapıdan meydana gelir. Kimi zaman bu katmanlar arasında eski çağlarda yaşamış siyanobakterilerin mikrofosillerine de rastlamak mümkündür.



Avustralya'daki Shark Bay bölgesinde bulunan günümüz stromatolitleri.



Kanada'da Great Slave Gölü'nde bulunan 1.8 milyar yıllık stromatolitlerin kesitleri.

** Bilim insanlarının kayaçlar üzerinde belli belirsiz bir kıvrımın önemli bir mikrofosil mi yoksa sadece belli belirsiz bir kıvrım mı olduğunu nasıl anladıkları öğrenmek için:*

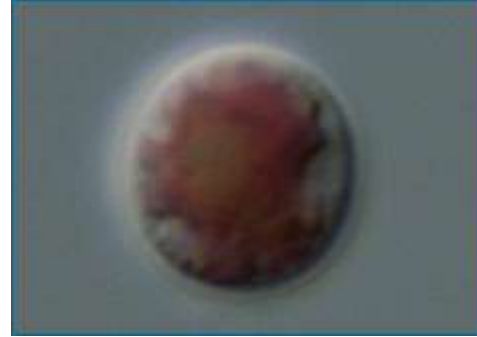
Bir fosili görünce tanımak

Çoğu fosil kendini hemen ele verir: T. Rex'in uyluk kemiğini garip şekilli bir kaya sanmak, ya da detaylı bir Archaeopteryx fosilini kireçtaşı üzerindeki rastgele çatlaklarla karıştırmak biraz zordur. Fakat kimi zaman işler bu kadar açık olmayabilir. Örneğin yandaki fotoğrafı inceleyelim. Bu, tarih öncesi çağlarda yaşamış bir eğreltiotunun izleri mi? Öyle görünüyor olabilir, ama dendrit adı verilen bu yapı aslında bir fosil değil ve bir mineralin başka bir mineral üzerinde kristalleşip dallara ayrılan örüntüler oluşturmasıyla meydana gelmiş.

Bir şeyin fosil olup olmadığını saptamak, iş özellikle çok eski zamanlardan kalma mikrofossilere gelince iyice zorlaşır. Çünkü bu fosiller, bakteri ve tek hücreli alg gibi, görece daha basit canlılardır ve örneğin yapraklar ya da boynuzlar gibi kendilerini kolayca tanımlamaya olanak veren özellikleri çok kısıtlı sayıdadır. Bu canlıların ne olduğuna dair sır perdesini aralamak – ne tür bir canlı grubuna dahil olduklarını, hatta kimi zaman canlı olup olmadıklarını anlamak - oldukça zor olabilir. Örneğin, aşağıdaki resimlerden soldaki mikroskopik fosil 2 milyar yaşındaki bir kayadan çıkarılmış. Sadece 20 mikron uzunluğunda; bu, bir insanın saç telinin kalınlığından bile az! Bu fosil günümüzde yaşayan tek hücreli kırmızı alglere (aşağıdaki resimlerden sağdaki) Porphyridium'a benziyor ama sadece dış görünüşe bakarak bir fosilin hangi canlıyı temsil ettiğini söylemek zor.

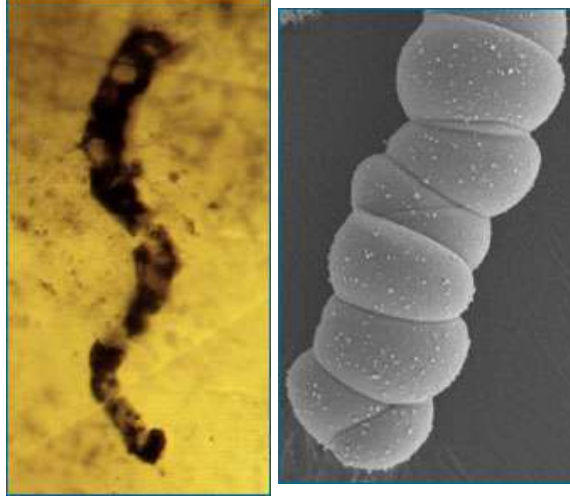


Bu dendritler fosil gibi görünüyorlar ama aslında fosil değiller.



Solda 2 milyar yaşındaki mikrofossil Eosphaera, sağda da modern bir tek hücreli kırmızı alg olan ve mikrofossile benzeyen Porphyridium görülüyor.

Problemi daha da zorlaştırırsa günümüzde yaşayan mikroorganizmaların bazen yaşlı kayalardaki küçük deliklere sızabilmeleri ve gerçek fosillerin tanımlanmasını ciddi şekilde aldatici hale getirmeleri. Daha da kötüsü, jeolojik kimyasal tepkimeler bazen bakteri ve alglere benzeyen minicik yapılar üretebilirler. Mesela aşağıda laboratuvar ortamında jeologlar tarafından “pişirilmiş” bir örnek görülüyor. Eğer buna benzer tepkimeler eski Dünya’da gerçekleştilerse, geride kendilerini yanlışlıkla fosil sanabileceğimiz böyle izler bırakmış olabilirler. Önüne çıkan tüm bu sahtekarlıklara rağmen bir paleontolog gerçek fosilleri nasıl ayırt edebiliyor?



Solda, 3.465 milyar yaşındaki bir kayanın içinde bulunan bir mikropsu hücresel lif, ve sağda, laboratuvar ortamında inorganik işlemlerle sentezlenmiş bir silika-karbonat lifi.

Neyse ki modern teknoloji ve bilimsel gelişmeler paleontologların imdadına yetişti:

- Mikroskopla görüntüleme tekniklerinin gelişmesi kimi zaman bilim insanlarının bu fosillere çok daha yakından bakabilmelerini ve örneğin hücre duvarı gibi yaşamsal izleri görebilmelerini sağlıyor.
- Gelişmiş kimyasal analiz araçları sayesinde bir fosilin kimyasal yapısı ile onu çevreleyen kayanın yapısını karşılaştırabilir ve bu yapının bir zamanlar canlı olup olmadığına dair bilgiler edinebiliriz. Bu teknikler, mesela, canlı yapıların çürüyünce dönüştükleri organik bir madde olan küçük kerojen örneklerini saptamamızı sağlayabilir.
- Elementler, izotop adı verilen farklı ağırlıklara sahip biçimlerde bulunurlar. Hem karbon-12, hem de karbon-13 (karbon-12'den daha ağırdır) Dünya üzerinde yaygın şekilde bulunur. Ama canlılar karbon-12'yi kullanmayı tercih ederler. Çok hassas teknikler, bir kayanın veya fosil olma olasılığı taşıyan yapının beklenenden daha çok karbon-12 içerdiğini belirleyebilir, bu da o maddenin bir zamanlar canlı olup olmadığına dair bize bir ipucu sağlar.

Bir mikrofosilin gerçekten fosil olup olmadığını anlamak için paleontologlar yukarıdaki araçları kullanırlar, ayrıca gözlemler yapar ve şu kıstasları değerlendirirler:

1. Fosil adayı “yaşamsal” görünüyor mu? Bir başka deyişle, canlılarla ilgili görünen morfolojik özellikleri var mı?
2. Jeolojik bilgiler göz önünde bulundurulduğunda “fosil”, canlıların bulunabileceği ve daha sonra fosil olarak korunabilecekleri bir çevrede mi oluşmuş?
3. Fosilin, bir zamanlar canlı olduğuna işaret edebilecek biyojeokimyasal bir yapısı var mı? Örneğin yapısında bol miktarda karbon-12 bulunuyor mu?

Bütün bu kıstasları sağlayan olası mikrofosiller, gerçek fosil olmak için iyi adaylardır!

Yaşam nerede ortaya çıktı?



Okyanusun dibinde bir hidrotermal menfez

kimyasallar ve bu kimyasalların sağladığı enerji, yaşamın evrilmesi için, pek çok kimyasal tepkimeye gerekli olan yakıtı sağlamış olabilir. Üstelik, biyologlar günümüzdeki organizmaların DNA dizilimlerini kullanarak, yaşayan tüm canlıların en yakın zamanda yaşamış ortak atasının izini sürdüler ve bu canlının, hidrotermal menfezlerde yaşamış olması çok olası olan sucul, olağanüstü sıcaklıklarda yaşayan bir mikroorganizma olabileceğine dair bazı izlenimler edindiler. Her ne kadar yaşamın, denizlerin derinliklerindeki bu menfezlerde başladığı hipotezini destekleyen bir dizi kanıt olsa da, emin olmaktan hala çok uzaktayız, ama araştırmalar devam ediyor ve nihayetinde bu araştırmalar yaşamın kökeni için başka ortamları işaret edebilir.

Bilim insanları, yaşamın nerede ortaya çıktığı sorusuna cevap bulabilmek için olasılık barındıran (gelgit havuzlarından kaplıca ve sıcak su kaynaklarına) pek çok ortamı araştırıyorlar. Bununla birlikte yakın zamanda bazı bilim insanları, yaşamın ilk olarak okyanus derinliklerindeki hidrotermal menfezlerin yakınında ortaya çıktığı hipotezini güçlendiren çalışmalar yaptılar. Bu menfezlerde bulunan

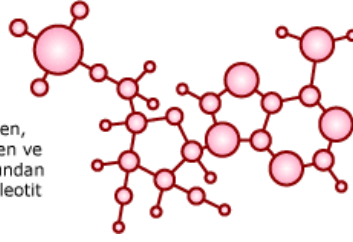
Yaşam nasıl ortaya çıktı?

Bakteriler gibi çok eski zamanlardan kalma organizmalar da dahil olmak üzere bütün canlılar son derece karmaşıktır. Fakat bu karmaşıklık, ilksel çorbadan her şeyiyle hazır olarak çıkıvermedi. Bunun aksine yaşam, neredeyse kesinlikle, daha önce evrilmiş olan karmaşıklığın üzerine eklenen bir dizi küçük adımla oluştu:

1. Basit organik moleküller ortaya çıktı.

Aşağıdaki nükleotidlere benzeyen basit organik moleküller yaşamın yapıtaşlarıdır ve onun ilk ortaya çıkışında da bir rolleri olmuş olmalıdır. Deneyler Dünya'nın o zamanki atmosferinde organik moleküllerin sentezlenip ve okyanuslara yağmış olabileceğine işaret ediyor. Bütün canlıların kalıtsal malzemesi olan RNA ve DNA molekülleri, aslında basit nükleotidlerin yanyana gelmesi ile oluşan uzun zincirlerdir.

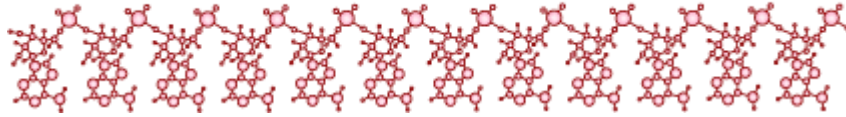
Karbon, hidrojen, nitrojen, oksijen ve fosfor atomlarından oluşan bir nükleotit



2. Kendini eşleyebilen moleküller ortaya çıktı ve doğal seçilime maruz kalmaya başladılar.

Bütün canlılar kalıtsal mazlemelerini kopyalayıp, yavrularına geçirerek ürerler. Bu yüzden, kalıtsal bilgiyi kodlayan molekülleri kopyalama yetisi yaşamın ortaya çıkışında anahtar bir adımdır, zira bu adım olmadan yaşam var olamaz. Bu yetenek büyük olasılıkla ilk kez kendini eşleyebilen bir RNA molekülü olarak ortaya çıktı.

Nükleotit zincirlerinden RNA molekülleri oluşur



Bu anahtar adımda RNA, kalıtsal bilginin saklanması, kendini kopyalama ve temel metabolik işlevleri gerçekleştirme gibi pek çok farklı işi görür. Biyologlar bu adımın bir “RNA dünyası”na sebep olduğu hipotezi üzerinde birleşiyor. Bugün bütün bu işler pek çok farklı molekül (çoğunlukla DNA, RNA ve proteinler) tarafından gerçekleştiriliyor ama RNA dünyasında bunların hepsini RNA yapıyordu. Kendini eşleme doğal seçilim için kapıyı açtı. Kendini eşleyebilen bir molekül bir kez ortaya çıktığında, bu ilk eşlemecilerin bazı çeşitleri diğerlerine göre kendini eşleme işini daha iyi yapabiliyor, böylece daha çok “yavru” üretebiliyordu. Bu sayede çok iyi eşlemeciler daha yaygın hale geldiler, ta ki içlerinden biri şans eseri çok çok daha iyi eşlemeci olmasını sağlayan yapısal bir özellik kazanana dek. Bundan sonra “o” eşlemeci çeşidi diğerlerine baskın hale geldi. Bu kesintisiz doğal seçilim süreciyle, kendini eşleyen moleküllerdeki küçük değişiklikler zamanla, kararlı ve verimli bir eşleme sistemi evrilene kadar birikti.

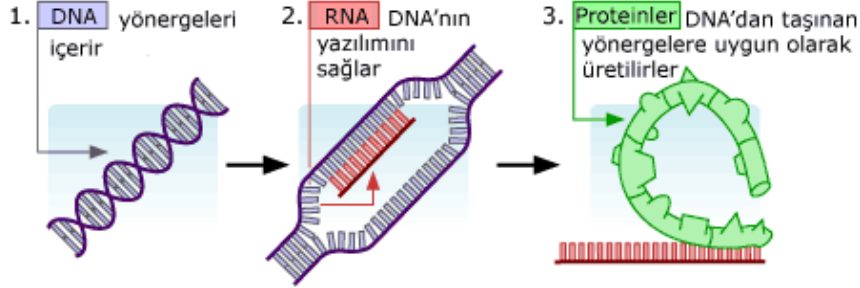
3. Kendini eşleyen moleküller bir hücre zarı ile çevrili hale geldiler.

Kalıtsal malzemeyi çevreleyen bir zarın evrilmesi iki dev avantaj sağladı: 1) kalıtsal malzemenin ürünleri birbirine yakın tutulabiliyordu; 2) bu ilkel hücrenin içi dışarıdaki çevreden farklı olabiliyordu. Hücre zarına sahip olmak öyle avantajlı olmalıydı ki, bu kapalı eşlemeciler “çıplak” eşlemecilerle olan rekabetlerini hızla kazandılar. Bu devrim günümüzdeki bakterilere oldukça benzeyen bir organizmanın ortaya çıkmasına sebep olmuş olabilir.



4. Bazı hücreler günümüzdeki metabolik süreçleri evrimleştirdiler ve daha eski metabolizma biçimlerini kullanan canlılara baskın hale geldiler.

Bu noktaya kadar yaşam gerekli bütün işler için büyük olasılıkla (yukarıdaki 2. adımda açıklandığı gibi) RNA'ya dayanıyordu. Fakat bir grup hücre, farklı işlevler için farklı moleküller kullanmaya başlayınca her şey değişti: (RNA'dan çok daha kararlı olan) DNA kalıtsal malzeme haline geldi, (kimyasal tepkimeleri çoğu zaman RNA'dan çok daha verimli şekilde yürüten) proteinler hücredeki temel metabolik tepkimelerden sorumlu hale geldiler. RNA'nın rütbesi düştü: hücrenin protein yapan merkezlerinden ayrılıp DNA'dan bilgi taşıyan elçi rolüyle sınırlandı. Bu yeniliklere sahip olan hücreler, RNA'ya dayalı metabolizması olan "eski moda" hücrelerin kolayca önüne geçip, RNA dünyasına son vermiş olabilirler.



5. Çok hücrelilik evrildi.

İki milyar yıl önce, bazı hücreler eşlendikten sonra kendi yollarına gitmekten vazgeçtiler ve uzmanlaşmış işlevler evrimleştirdiler. Bu hücreler, örneğin aşağıdaki fotoğrafta görülen 1.2 milyar yaşındaki fosilleşmiş kırmızı alg gibi, Dünya'nın çok hücreli organizmalarının ilk soylarının ortaya çıkmasına sebep oldular.



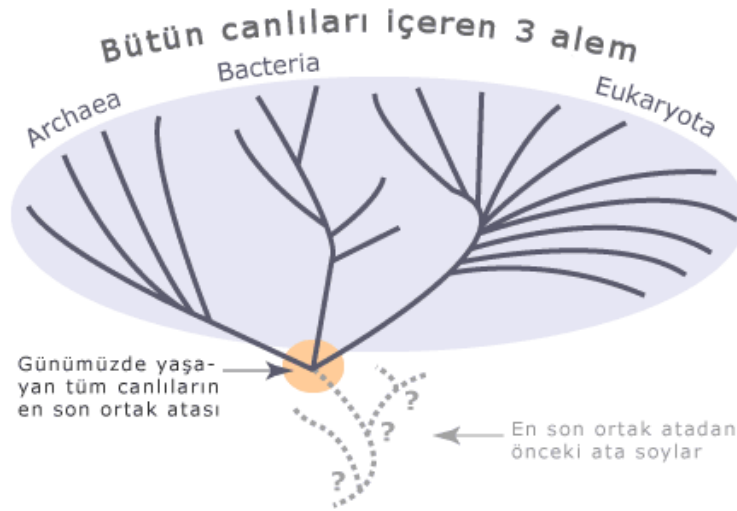
Yukarıdaki *Bangiomorpha pubescens* fosilleri 1.2 milyar yaşındadır. Soldaki fosilin alt tarafında tabana yapışmaya özelleşmiş hücreler bulunmaktadır. Eğer yakından bakarsanız sağdaki fosilin üst kısmında disk şeklindeki hücreleri üçgen dilimlere bölen dikey bir çizgiyi görebilirsiniz. Bu bölünme modern bangiofit kırmızı yosunların özelliklerinden birisidir.

Yaşamın kökenini araştırmak

Yaşamın kökeni tam anlamıyla bir “faili meçhul” vaka gibi görünüyor olabilir: olayı gözlemlemek için kimse orada değildi ve ilgili kanıtların çoğu aradan geçen 3.5 milyar yılda kayboldu. Buna rağmen, pek çok birbirinden ayrı kanıt dizisi bu olaya ışık tutuyor ve biyologlar bu verileri inceledikçe, yaşamın nasıl ortaya çıktığına dair parçaları yavaş yavaş bir araya getiriyorlar. En önemli kanıtlar DNA, biyokimya ve deneylerden geliyor.

Yaşamın kökeni ve DNA’dan gelen kanıtlar

Biyologlar günümüzde yaşayan organizmaların DNA dizimlerini, yaşam ağacını oluşturmak ve bütün canlıların en yakın gemişte yaşamış ortak atasının olası özelliklerini – yani yaşam ağacının “gövdesini” – bulmak için kullanıyorlar. Aslında, bazı hipotezlere göre bu “en son ortak ata”, aynı zamanda yaşamış ve birbiri ile kolaylıkla gen değiş-tokuşu yapabilmiş bir grup organizma olabilir. Her iki durumda da, yaşam ağacının en eski dallarının yeniden oluşturulması, bize bu ortak atanın (ya da ataların) kalıtsal malzeme olarak büyük olasılıkla DNA’yı kullandığını ve karmaşık kimyasal tepkimeler gerçekleştirebildiğini söylüyor. Fakat bundan önce ne vardı? Bu ortak atanın da kendine ait –yaşam ağacının köküne kadar uzanan bir dizi öncül- ataları olması gerektiğini biliyoruz, fakat onlar hakkında bilgi edinmek için başka kanıtlara bakmamız gerekiyor.

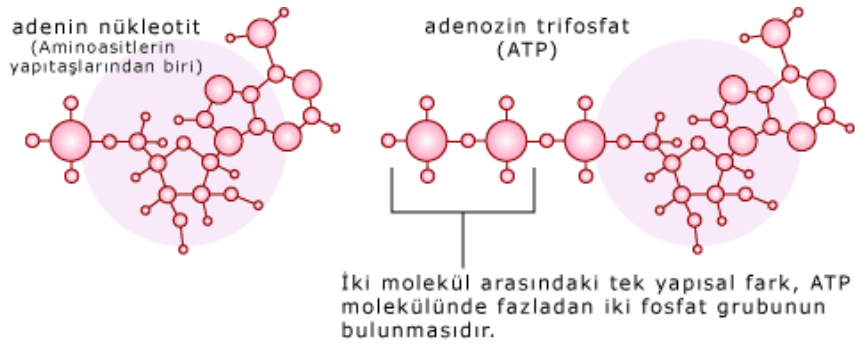


Kökenler ve biyokimyasal kanıt

Pek çok organizmanın paylaştığı temel biyokimyayı inceleyerek, yaşam ağacının köküne yakın yerlerdeki biyokimyasal sistemlerin nasıl evrildiklerine dair parçaları birleştirmeye başlayabiliriz. Bununla birlikte, biyologlar 1980'lere dek “yumurta mı tavuktan, tavuk mu yumurtadan çıkar?” türü bir problemde takılıp kalmışlardı: günümüzde yaşayan bütün canlılarda nükleik asitler (DNA ve RNA) proteinleri yapmak için gereklidir ve proteinler de nükleik asitleri yapmak için gereklidir. Bu durumda önce hangisi ortaya çıktı, nükleik asit mi

protein mi? Bu problem RNA'nın yeni bir özelliğinin keşfiyle çözüldü: bazı RNA çeşitleri kimyasal tepkimeleri katalizleyebiliyordu – bu da RNA'nın hem kalıtsal bilgiyi saklayabileceği hem de kendisini kopyalamasını sağlayacak kimyasal tepkimeleri gerçekleştirebileceği anlamına geliyordu. Yumurta ve tavuk problemi şimdilik bu yeni bilgiler sayesinde çözülmüş oldu: nükleik asitler (özellikle RNA) önce ortaya çıkmıştı, daha sonraları ise yaşam DNA tabanlı kalıtıma dönüşmüştü.

Önemli biyokimyasal kanıtlardan bir başkası da, şaşırtıcı derecede yaygın moleküllerdir. Tahmin edebileceğiniz gibi kendi vücudunuzdaki hücrelerde, bir mantarın hücrelerinde ve bir bakteri hücresinde gerçekleşen kimyasal tepkimelerin pek çoğu birbirinden oldukça farklıdır. Buna rağmen, farklı türde hücrelerde gerçekleşen bazı pek çok tepkime de, birbirinin tamamen aynısıdır ve tıpatıp aynı molekülleri kullanırlar. Örneğin hücresel süreçlere güç vermek için enerji açığa çıkaran tepkimeler gibi... Bu işleri yapan moleküller çok yaygın şekilde buldukları ve yaşam için ciddi bir öneme sahip oldukları için, onların yaşam tarihinin çok erken bir evresinde ortaya çıktıkları düşünülmektedir ve onlara “moleküler fosiller” takma ismi verilmiştir. Aşağıdaki resimde görülen ATP, yani adenzin trifosfat da böyle bir moleküldür. Hücresel süreçlere güç sağlamak için vazgeçilmez ve günümüzde her canlı tarafından kullanılıyor. ATP'nin ve diğer moleküler fosil incelenmesi şaşırtıcı bir benzerliği ortaya çıkardı: pek çok moleküler fosil, aşağıdaki resimde görülebileceği üzere, nükleik asitlerle yakından ilişkilidir.



Katalitik RNA'nın ve nükleik asitlerle yakından akraba olan moleküler fosillerin keşfi, nükleik asitlerin (özellikle de RNA'nın) Dünya'daki ilk yaşam için çok önemli olduğuna işaret ediyor. Bu gözlemler, başlangıçta canlıların temel hücresel süreçler için (günümüzdeki canlıların kullandığı proteinler, RNA ve DNA karışımı yerine) RNA'yı kullandıkları bir RNA dünyası hipotezini destekliyor.

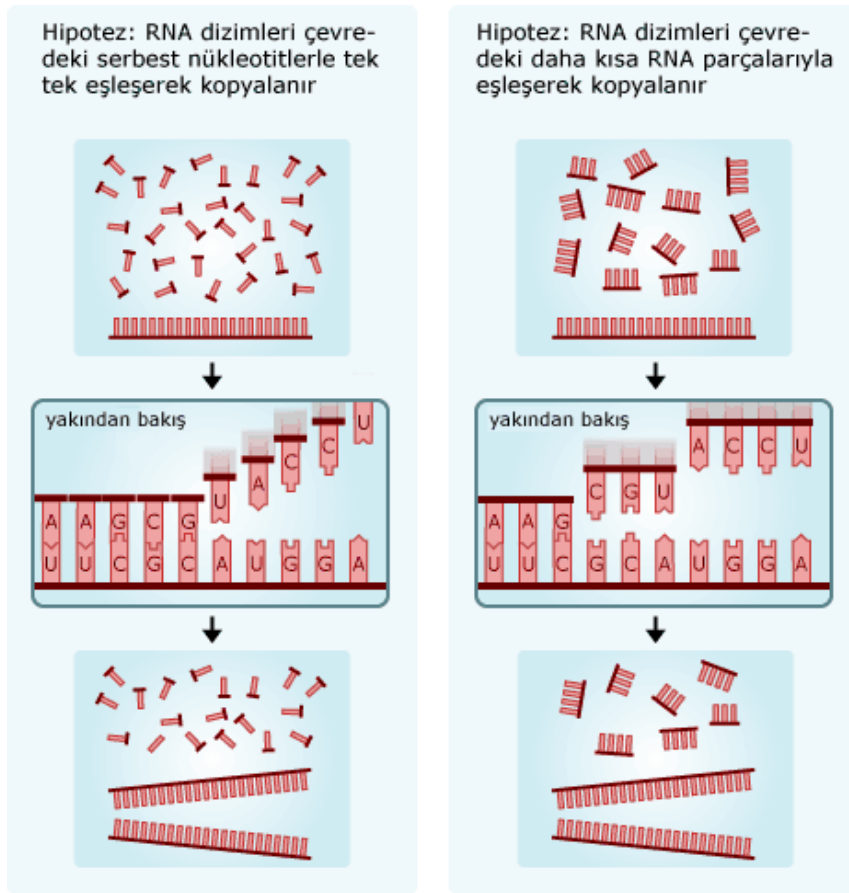
Kökenler ve deneysel kanıt

Bilim insanları, RNA dünyasında rol alan moleküllerin nasıl ortaya çıktıklarını anlamak için deneylerden yardım alırlar. Yaşamın kökenindeki adımlar hakkındaki hipotezler için bu deneyler “kavram kanıtları” olarak işlev görürler. Bir başka deyişle, eğer belli bir kimyasal tepkime günümüz laboratuvar ortamında, eski Dünya'dakine benzer koşullarda gerçekleşebiliyorsa, aynı tepkime eski Dünya'da da bu şekilde gerçekleşmiş ve yaşamın kökeninde bir rol oynamış olabilir. 1953 senesinde yapılan Miller-Urey deneyi buna bir örnektir. Bu deneyde sadece su, hidrojen, amonyak, metan ve şimşek etkisi yaratacak elektrik yükü kullanılarak eski Dünya'nın atmosferi taklit edilmişti ve amino asitler gibi karmaşık

organik karışımların ortaya çıkması sağlanmıştı. Bugün bilim insanları, eski Dünya'nın çevre ve atmosfer koşulları hakkında çok daha fazla bilgiye sahipler ve artık Miller ve Urey'in kullandıkları koşulların pek doğru olduğunu düşünmüyorlar. Bununla birlikte Miller ve Urey'den sonra pek çok bilim insanı daha hassas çevresel koşulları kullanarak deneyler yaptılar ve bu tepkimeler için alternatif senaryoları araştırdılar. Bu deneyler de benzer sonuçlar verdi: karmaşık moleküller eski Dünya koşullarında oluşabilirdi.

Bu deneysel yaklaşım, aynı zamanda bilim insanlarının RNA dünyasının işleyişini incelemelerine de yardımcı olabilir. Örneğin, bir köken biyokimyacı olan Andy Ellington'ın hipotezine göre, eski RNA dünyasında RNA kendini kopyalamak için (günümüz DNA'sında olduğu gibi) tek tek yapıtaşlarını eşleştirmek yerine, kısa yapıtaş zincirlerini eşleştiriyordu – bu durum bir evi inşa ederken tek tek tuğla kullanmak yerine prefabrik parçalar kullanmaya benzetilebilir. Ellington, kendisini bu şekilde kopyalayan moleküller aramak ve bunların nasıl evrildiklerini incelemek için deneyler yaparak bu hipotez üzerinde çalışıyor.

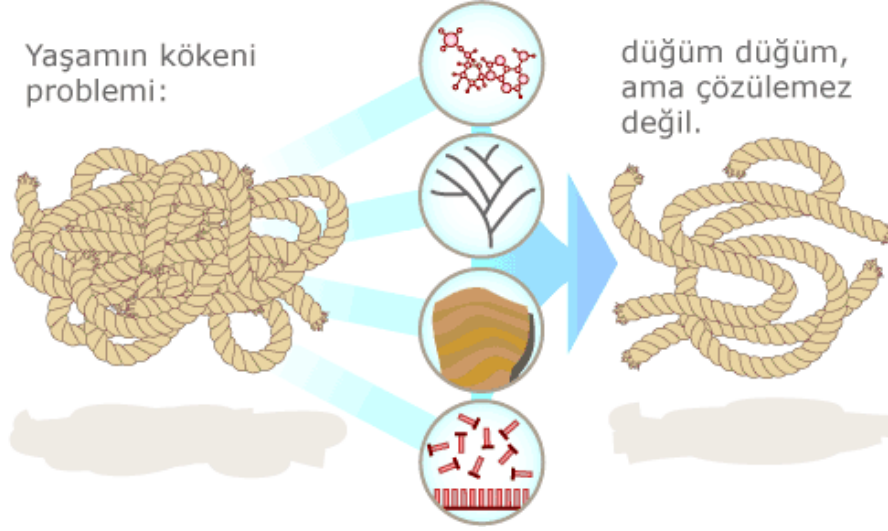
Erken RNA Dünyasında RNA Kopyalanmasına dair iki görüş



Düğüm düğüm bir problem...

Şimdiye kadar elde edilen kanıtların hepsi yaşamın kökenine ilişkin bir çok konuyu aydınlattı fakat hala öğreneceğimiz çok şey var. Söz konusu zaman diliminin son derece uzun olması ve o zamandan bugüne muazzam değişikliklerin gerçekleşmiş olması yüzünden, yaşamın

kökenlerine ilişkin kanıtların çoğu ortadan kaybolmuştur ve bu yüzden bazı detayları hiçbir zaman öğrenemeyebiliriz. Yine de, bilgi dağarcığımızdaki pek çok boşluk geçtiğimiz yıllarda dolduruldu – ki bunlar 20 yıl önce üzerinde köprü dahi kurulamaz gibi görünen büyük boşluklardı. Devam eden bilimsel araştırmalar ve gelişen yeni teknolojiler konu hakkında daha fazla aydınlanmayı vaat ediyor. Ellington'ın sözleriyle, “Yaşamın kökenleri kocaman düğümlü bir problem ama bu, çözülemez bir problem oldukları anlamına gelmiyor.”

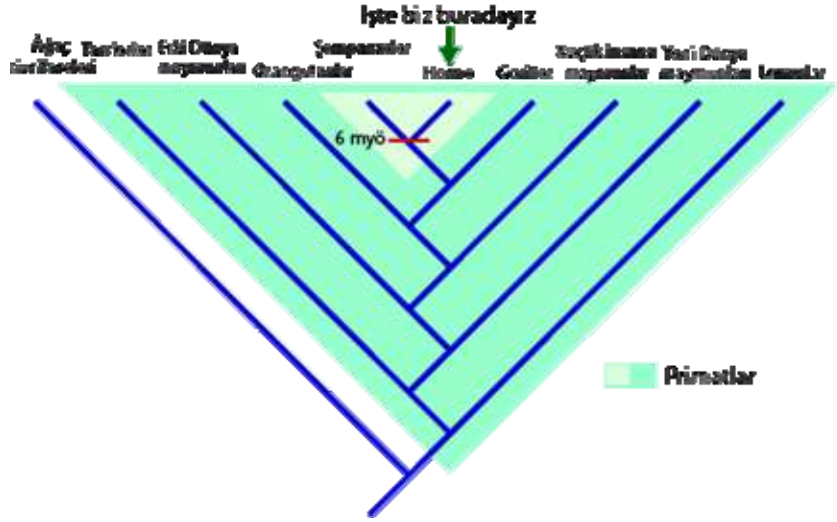


İnsanın evrimi

Evrimsel biyologlar biz insanoğlunun canlılık tarihinde kendimize nasıl yer açtığımızı ve evrimsel süreçlerin bizleri nasıl biçimlendirdiğini anlamakla ilgilenirler. İnsanın evrimi üzerine bilimsel anlamda yoğun bir çalışma yürütülmektedir. Bunun bir sonucu olarak, bu konuya dair kavrayışımız hızla ilerlemektedir. Yeni kanıtların ortaya çıkması, hipotezler kurulması, bu hipotezlerin test edilmesi, doğrulanması, yanlışlanması ya da alınan sonuçlar doğrultusunda yeniden düzenlenmesi bu hızlı ilerleyişi sağlayan temel olaylardır.

Bizim dalımızın yeri neresi? Yaşam ağacı üzerinde insan

Bu ağaç, morfolojik ve genetik verilere dayanarak oluşturulmuştur. Şempanzeler ve insanların oluşturduğu dal, DNA dizilimi bakımından sadece %1'lik bir farklılık taşımaktadır. Böylesi bir genetik benzerlik, bu iki primatın tam olarak nasıl ilişkilendirileceği sorusuna verilecek cevabı daha da zorlaştırmıştır. Ancak, yakın zamanda yapılan genetik çalışmalar, şempanze ve insanın, birbirinin yaşayan en yakın akrabası olduğunu güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır.

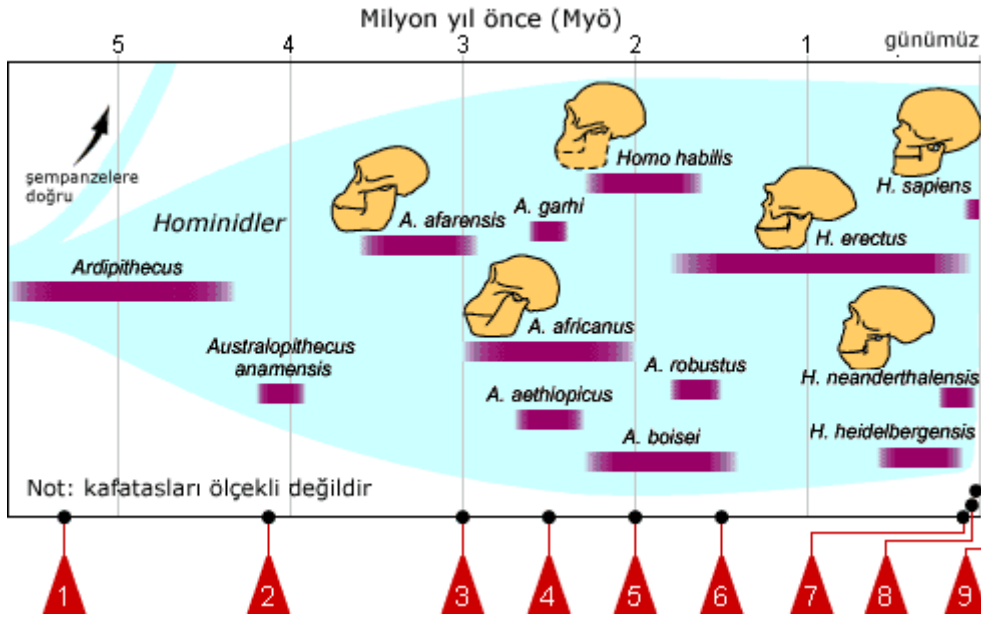


İnsanın evrimi (2/2)

İnsanlar nasıl evrilmiştir?

Bundan yaklaşık 6 milyon yıl önce Afrika'da, şempanze soyu ile bize ait olan soy birbirinden ayrıldı. Peki bu ayrılmadan sonra bize ne oldu? Hominid soyu, doğrudan Homo sapiens'e dönüştü. Bunun yerine, (soyu şimdi tükenmiş) bir çok hominidin oluşmasına kaynaklık etti. Bu akrabalarımızın fosillerini, el yapımı eşyalarını, hatta DNA'larını incelemek, bu karmaşık hominid ağacının nasıl evrildiğini ve günümüz insanının nasıl ortaya çıktığını anlamamızda bize yardımcı olmuştur.

Aşağıda, insanın tarihindeki bazı önemli olaylara yer verilmektedir. Yaklaşık bir tarihleme ile sunulan bu olaylar, insanın evrimi ile ilgili mevcut bulguları yansıtmaktadır:



- 1) **5 milyon yıl önce (myö):** Afrika'da, atamızın soyu ile şempanze soyu arasında bölünme yaşandı.
- 2) **4 myö:** Hominid *Australopithecus anamensis*, şimdi Kenya olarak bilinen bölgede arka ayakları üzerinde doğrularak yürüdü.
- 3) **3 myö:** *Australopithecus afarensis* ("Lucy") Afrika'da yaşadı.
- 4) **2.5 myö:** Bazı hominidler, taşları bileyerek keskin uçlu aletler yaptılar. Afrika'da yaşayan, tahminen dört ya da beş kadar hominid türü bulunuyordu.
- 5) **2 myö:** Homo dalının ilk üyeleri, nispeten iri sayılabilecek beyinlere sahiptiler ve Afrika'da yaşadılar.
- 6) **1.5 myö:** El baltaları kullanılmaya başlandı. Ayrıca, hominidler Afrika'nın dışına çıkarak, Asya ve Avrupa'nın büyük bir kısmına yayıldılar. Bu hominidlere Avrupa'daki Neandertal'lerin (*Homo neanderthalensis*) ve Asya'daki *Homo erectus*'un ataları da dahildi.
- 7) **100,000 yıl önce:** insan beyni aşağı yukarı bugünkü büyüklüğüne kavuştu. İlk *Homo sapiens* Afrika'da yaşadı. Onunla aynı zamanda, *Homo neanderthalensis* ve *Homo erectus*, Eski Dünya'nın başka bölgelerinde yaşadılar.
- 8) **50,000 yıl önce:** insan medeniyetleri mağara resimleri, takı ve süs eşyaları üretti, özenli cenaze törenleri düzenledi. Ayrıca, bazı insan grupları, coğrafi olarak Afrika'dan çıktılar.
- 9) **25,000 yıl önce:** : Diğer Homo türlerinin soyları tükendi, geriye sadece günümüz insanları olan *Homo sapiens* kaldı ve tüm Eski Dünya'ya yayıldı.

Genotip fenotipe karşı

Bir organizmanın genotipi sahip olduğu genlerin tümüdür. Bir organizmanın fenotipiye hem genotip hem de çevreden etkilenen gözlenebilir tüm özellikleridir. Bu yüzden evrimi tanımlarken, esas olarak bir popülasyonu oluşturan genotiplerdeki nesilden nesile değişikliklerle ilgileniriz. Fakat bir canlının genotipi genelde fenotipini de etkilediği için, popülasyonu oluşturan fenotipler de değişim gösterebilirler.

Örneğin, genotipteki değişimler farklı fenotipler üretirler. Buradaki ev kedilerinde kulak biçimiyle ilgili genlerin farklı olması, bu kedilerden birinin normal kulaklara, diğerininse kıvrılmış kulaklara sahip olmasına yol açmıştır.



Çevredeki bir değişim de fenotipi etkileyebilir. Genellikle flamingoların pembe olduklarını düşünmemize rağmen, pembelik derecesi onların genotipinde şifrenlenmemiştir. Yedikleri yiyeceklerdeki pigment miktarı, flamingoların ne kadar pembe olacağını (yani fenotiplerini) belirler.



Mutasyonlar rastlantısaldır

Evrimin, doğal seçim ve genetik sürüklenme gibi mekanizmaları, mutasyonların yol açtığı rastlantısal çeşitlilikler üzerinden ilerler.

Çevresel etmenlerin mutasyon hızını arttırdığı kanıtlanmış bir olgudur, ancak mutasyonun yönünü etkilediği genel olarak kabul gören bir düşünce değildir. Örneğin zararlı kimyasallara maruz kalmak, mutasyon hızını artırabilir ancak organizmanın o kimyasallara direnç kazanmasını sağlayacak daha fazla mutasyona neden olmaz. Bu şekilde düşününce mutasyonlar rasgeledir, belirli bir mutasyonun olması ya da olmaması genellikle bu mutasyonun ne ölçüde kullanışlı olacağından bağımsızdır.

ABD’de bitleri öldürmek için belirli kimyasalları içeren şampuanların kullanıldığı bölgelerde bu kimyasallara dirençli pek çok bit buluyoruz. Bunun iki olası açıklaması var:

Hipotez A



Dirençli bit nesilleri zaten orada bulunmaktaydı – sadece artık onlara biraz daha sık rastlanıyor, çünkü dirençsiz olan diğer bitler öldü.

Hipotez B



Bit şampuanına maruz kalan bitler, şampuana direnç geliştirecek şekilde mutasyon geçirdiler.

Bilim insanları genellikle ilk açıklamanın doğru olduğunu ve ikinci, yönelimli mutasyon açıklamasının doğru olmadığını kabul ederler.

Araştırmacılar bu alanda pek çok çalışma yapmışlardır. Sonuçlar pek çok şekilde yorumlanabilecek olsa da hiçbiri, kuşkuyla yer bırakmaksızın, yönelimli mutasyon hipotezini

desteklemiyor. Yine de, bilim insanları konuyla ilgili kanıt sağlayacak araştırmalar yapmaya devam ediyorlar.

Bunlara ek olarak, yapılan çalışmalar birçok mutasyonun “rastlantısal” olduğunu ve bir mutasyonun sırf organizma o mutasyonun yararlı olacağı bir ortamda bulunduğu için ortaya çıkmayacağını göstermiştir. Örneğin bakteriler antibiyotiğe maruz bırakıldıklarında, antibiyotik direncinin yaygınlığında bir artış gözleme olasılığımız yüksektir. 1952’de Esther ve Joshua Lederberg antibiyotik dirençliliğini sağlayan bu mutasyonların çoğunun, popülasyon o antibiyotikle karşılaşmadan önce de varolduğunu ve bu mutasyonlara popülasyonun o antibiyotiğe maruz bırakılmasının neden olmadığını belirlemişlerdi.

Lederberg deneyi

1952 yılında Esther ve Joshua Lederberg, mutasyonların yönelimli değil rasgele olduğunu gösteren bir deney yaptı.

Burada Lederberg deneyinin düzeneği görülüyor. Bu deneyi anlamak için şu temel bilgileri hatırlamanız yeterli: 1) bakteriler petri kaplarında koloniler halinde yetiştirilir; 2) her bir koloniyi oluşturan yüzlerce bakteri, tek bir bakteriden üremiştir, yani bir koloninin bakterileri genetik olarak birbirinin aynısıdır; 3) ilk petri kabının bir kopyası, bir bezi bu ilk petri kabına ardından da boş petri kabına damga gibi basarak üretilebilir (her koloniden bakteriler bezle alınıp yine aynı bezle yeni petri kaplarına yerleştirilmiş olur).

Bu deney, antibiyotik uygulamasında hayatta kalmayı başaran dirençli bakteri suşlarının, antibiyotiğe karşı gösterdikleri dirence antibiyotik uygulamasının sonucunda değil uygulamadan önce sahip oldukları hipotezine dayanır.



1) Bakteriler “ilk Petri kabı”na yayılır.



2) Birkaç farklı koloni oluşuncaya kadar büyütülür.



3) Bu koloniler ilk petri kabından, penisilin antibiyotiğini içeren yeni bir petri kabına, özgün dağılım düzenlerini aynen koruyacak şekilde yapıştırılır.



4) Antibiyotikli petri kabındaki X ve Y kolonileri hayatta kalmayı başarır. Bu koloniler penisilin direnci sağlayan bir mutasyon taşıyor olmalıdır.



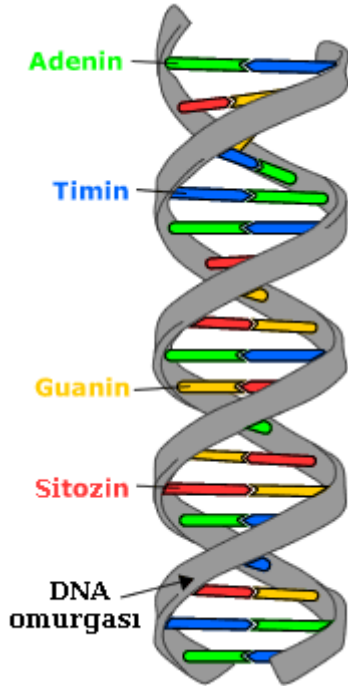
5) Lederberglar şu sorunun yanıtını bulmak amacıyla yola çıkmışlardı: yeni petri kabındaki koloniler antibiyotik direncini penisiline maruz kalınca mı geliştirdiler? Yanıt hayırdır.

Özgün petri penisilin ile yıkandığında, aynı koloniler (X ve Y konumundakiler) hayatta kalacaktır. Bu petrideki kolonilerin daha önce penisilinle hiç karşılaşmadıkları halde!

Öyleyse penisilin-dirençli bakteriler penisilinle karşılaşmadan önce popülasyonda mevcuttular. Antibiyotiğe maruz kalmaya bir yanıt olarak direnç geliştirmediler.

DNA'yı incelemek

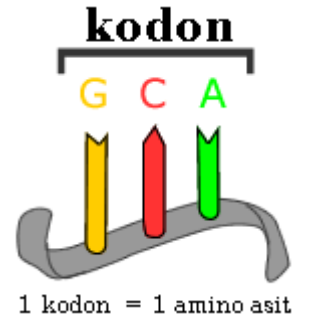
DNA'nız bir insanı inşa edecek talimatları içerir. Bu talimatlar genetik şifre yoluyla DNA molekülünün yapısında yazılıdır. Şu şekilde çalışır:



DNA, birçok küçük birimin bir araya gelmesiyle oluşmuş uzun bir dizidir. Bu birimlerin dört temel tipi vardır: A, T, G ve C. Bu harfler birimin hangi tip bazı taşıdığını gösterir: adenin, timin, guanin ve sitozin.

Bu bazlardan oluşan dizi, talimatları kodlar. DNA'nızın bazı bölümleri genlerin çalışıp çalışmamasını kontrol eden merkezlerdir; bazı kısımlarının bildiğimiz kadarıyla hiçbir işlevi yoktur, bazılarının işlevi ise henüz anlayamamıştır. DNA'nın geriye kalan bölümleri ise uzun amino asit zincirlerinden oluşan proteinlerin yapımını sağlayan talimatları taşır. Bu proteinler bir organizmanın inşasına yardımcı olurlar.

DNA'nın protein şifreleyen bölümü kodonlara (bir amino asidi ifade eden üçlü baz kümelerine ya da proteini sonlandıran sinyallere) bölünebilir. Kodonlar kendilerini yapan bazlara göre tanımlanırlar – yandaki örnekte guanin, sitozin ve adenin için GCA. Hücrel mekanizma, bu talimatları ilgili amino asit (her üç baz için bir amino asit) şeritlerini düzenlemek için kullanır. GCA baz dizisine kaşılık gelen amino asit alanin amino asitidir, insanlarda bu şekilde yirmi farklı amino asit sentezlenmektedir. “Dur” kodonu yeni sentezlenmiş bir proteinin sonlandığını belirtir.



Tamamlanan protein daha sonra işlevini yerine getirmek için hücrenin içine salıverilir.

Mutasyon çeşitleri

Birkaç temel mutasyon tipini bilmek, neden bazı mutasyonların çok büyük etkileri olurken bazılarının neredeyse hiç etkisi olmadığını anlamamıza yardımcı olabilir.

Yerine geçme

Yerine geçme mutasyonunda, bir baz diğzerinin yerine geçer (örneğin A'nın G'ye değışmesi gibi “kimyasal harf”te tek bir değışim olur). Böyle bir yerine geçme:

CTGGAG
CTGGGG

1. bir kodonu başka bir amino asit şifreleyecek şekilde değıştirerek üretilen proteinde küçük değışikliklere neden olabilir. Örneğın, orak hücreli anemide beta-hemoglobin geninde meydana gelen bir yerine geçme mutasyonu, üretilen proteinde tek bir amino asidin değışmesine yol açmıştır.
2. kodonda aynı amino asiti kodlayacak şekilde bir değışim meydana getirebilir ve bu durum üretilen proteinde hiçbir değışime neden olmaz. Bunlara sessiz mutasyonlar denir.
3. amino asit şifreleyen bir kodonu, “dur” kodonuyla değıştirebilir ve tamamlanmamış bir protein oluşumuna neden olabilir. Tamamlanmamış protein işlev göremeyeceğinden, bu değışimin ciddi sonuçları olabilir.

Eklenme

CTGGAG
CTGGTGGAG

Eklenmeler DNA diziliminin bir yerine, fazladan baz çiftlerinin eklenmesiyle gerçekleşen mutasyonlardır.

~~CTG~~GAG
CTAG

Silinme

Silinmeler DNA'nın bir parçasının yok olduğu ya da silindiği mutasyonlardır.

~~O~~ya ipi ver
Yai piv er

Çerçeve kayması

Proteinleri kodlayan DNA üç baz uzunluğundaki kodonlar halinde bulunduğundan, eklenmeler ve silinmeler geni değiştirerek artık doğru şekilde okunmamasına neden olur. Bu tür değişimlere çerçeve kayması denir.

Örneğin "Oya ipi tut." cümlesini düşünün. Üç harften oluşan her bir kelime bir kodonu temsil etsin. Eğer ilk harfi siler ve cümleyi baştan üç harfli kelimeler halinde okursak, cümle anlamsız olacaktır ("Yai pit ut.").

Çerçeve kaymalarında benzer bir durum DNA için geçerlidir ve kodonların yanlış okunmasına neden olur. Bu da genellikle, aynı "Yai pit ut."un anlamsız olması gibi, işe yaramayan proteinlerin oluşmasına yol açar.

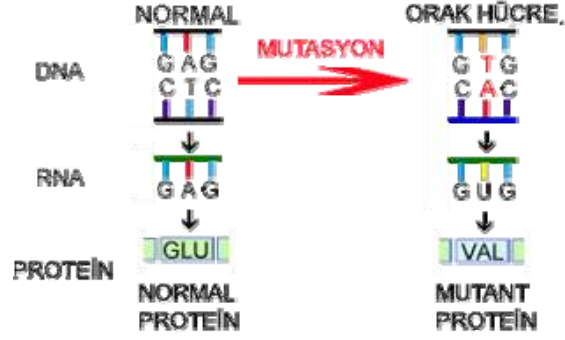
Mutasyonların başka tipleri de vardır fakat bu kısa liste size olasılıklar hakkında bir fikir verebilir.

Bir vaka incelemesi: orak hücreli anemi

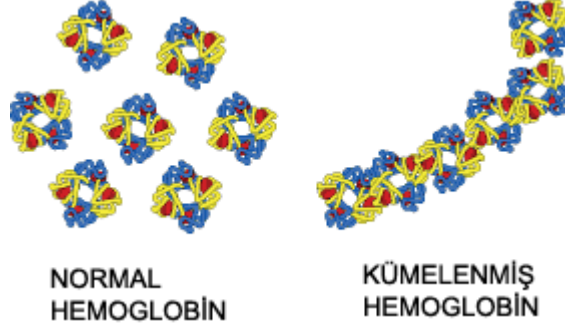
Orak hücreli anemi, acı ve kansızlık gibi ciddi belirtileri olan genetik bir hastalıktır. Hemoglobinin yapılmasına yardımcı olan bir gendeki mutasyon bu hastalığa neden olur (hemoglobin alyuvarlarda oksijen taşıyan bir proteindir). Orak hücreli anemi hastalığının bir insanda ortaya çıkması için o kişinin orak hücre geninin iki kopyasını da taşıması gerekir. Orak hücre geninin sadece bir kopyasını taşıyan kişiler hastalanmaz fakat çocuklarına bu geni geçirebilirler.

Orak hücreli anemiye sebep olan mutasyonlar etraflıca araştırılmış ve mutasyonların DNA seviyesinden başlayıp canlı seviyesine kadar nasıl etkide buldukları gösterilmiştir. Bu genin sadece bir kopyasını taşıyan birini ele alalım. Bu kişi hasta değil, ama taşıdığı gen yine de onu, hücrelerini ve proteinlerini etkiliyor:

1. DNA seviyesindeki etkiler



2. Protein seviyesindeki etkiler



Normal hemoglobin (solda) ve orak şekilli alyuvarlardaki hemoglobin (sağda) birbirinden farklı görünüyor; DNA'daki mutasyon hemoglobin molekülünün şekil değiştirmesine ve böylece moleküllerin birbirlerine yapışıp kümelenmelerine neden oluyor.

Bir vaka incelemesi: orak hücreli anemi (2/2)

3. Hücre seviyesindeki etkiler

Mutant hemoglobini taşıyan alyuvarlar oksijensiz kaldıkları zaman, normalde olmaları gereken yuvarlak şekil yerine orağa benzer bir biçim alırlar (resimde görüldüğü gibi). Bu şekil kimi zaman kan akışına engel olabilir. }

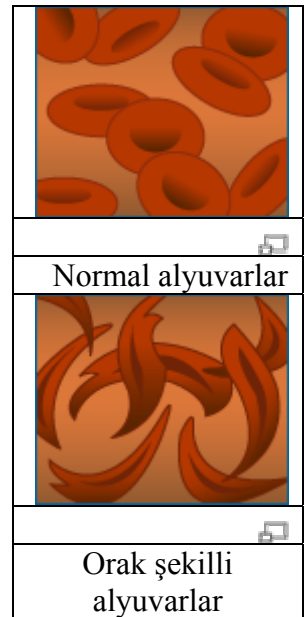
4. Canlı seviyesindeki olumsuz etkiler

Örneğin deniz seviyesinden çok yüksekteki yerlerde bulunma ya da yoğun egzersiz yapma gibi durumlarda, orak hücreli anemi taşıyıcısı zaman zaman hastalığın acı ve yorgunluk gibi belirtilerini gösterebilir.

5. Canlı seviyesindeki olumlu etkiler

Orak hücreli anemi taşıyıcıları sıtmaya karşı bağışıklığa sahiptir çünkü sıtmaya sebep olan parazitler orak şekilli kan hücrelerinin içinde hayatta kalamazlar.

Bu bir neden-sonuç zinciri. DNA seviyesinde olan her şey canlının bütününe etkir. Bu örnek, tek bir mutasyonun hem olumlu hem de olumsuz ne kadar geniş bir etkisi olabileceğini gösteriyor. Fakat genellikle evrimsel değişim, her biri küçük etkilere sahip pek çok mutasyonun birikmesi ile meydana gelir. Bununla birlikte mutasyonların küçük ya da büyük olmalarından bağımsız olarak, her zaman aynı



sebepler-sonuç ilişkisi geçerlidir: DNA seviyesindeki değişimlerin etkileri fenotip seviyesinde etkili olur ve gözlenir.

Gen akışı: ayrıntılar

Popülasyonlar arasında gerçekleşen gen akışının miktarı organizmanın türüne bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir.

Sizin de tahmin edeceğimiz gibi, görece daha hareketsiz organizmaların popülasyonları daha hareketli organizmaların popülasyonlarına göre birbirlerinden daha fazla yalıtılmıştır.



Daha düşük oranda gen akışı

Rüzgar yardımıyla döllen mısır, 15 metreden daha uzaktaki bireyleri dölleyemeyebilir.



Daha yüksek oranda gen akışı

Fakat, bazı organizmalar genlerini çok daha uzaklara dağıtabilirler. Örneğin, Ölüm Vadisi'nde serbest bırakılan meyve sinekleri, bırakıldıkları yerden yaklaşık olarak 15 kilometre ötede yeniden yakalandılar.

Gen akışının evrim üzerinde önemli etkileri vardır:

- **Popülasyon içi gen akışı**

Genleri bir popülasyona ilk kez ya da yeniden katabilir, böylece o popülasyonun genetik çeşitliliğini artırır.

- **Popülasyonlar arasında gen akışı**

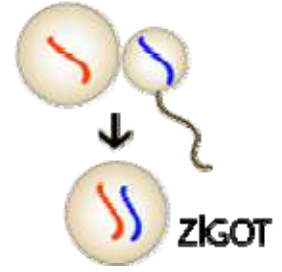
Genlerin yerini değiştirerek birbirinden uzak popülasyonların da genetik olarak birbirlerine benzemesini sağlayabilir, dolayısıyla bunu yaparken türleşme şansını azaltmış olur. İki popülasyon arasındaki gen akışı ne kadar az olursa bu iki popülasyonun iki farklı türe evrilme olasılığı o kadar yüksek olacaktır.

Ayrıntılarıyla eşey ve genetik karılma

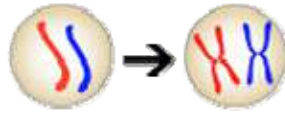
Rekombinasyon, popülasyonlarda yeni gen kombinasyonları yaratır.

Bu yazıda, eşeyli üremenin genetiği hakkında genel bilgiler bulacaksınız. Yazıda örnek olarak insanın üremesini kullanacağız çünkü bu, yakından tanıdığımız bir konu. Ama buradaki temel fikirlerin eşeyli üreyen diğer canlılar için de geçerli olduğunu unutmayın!

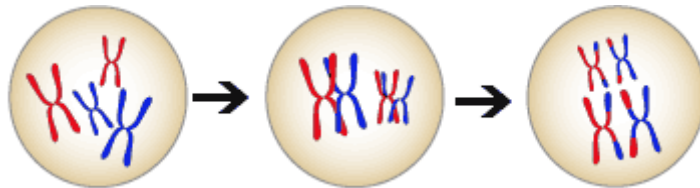
- Genler, kromozom adı verilen uzun DNA zincirleri üzerinde bulunur.
- İnsanda 23 çift kromozom bulunur: Her çiftin bir tanesi anneden bir tanesi de babadan gelir. Dolayısıyla her genin, biri anneden diğeri de babadan gelen, iki çeşidini taşıyız. Eğer insanlar hem anneden hem de babadan 23'er çift kromozom alarak üreselerdi, bebeklerin fazladan kromozomları olurdu (mesela, ilk nesilde 23 yerine 46 çift kromozom olurdu). Bu yüzden yumurta ve sperm normal kromozom sayısının yarısı kadar kromozom taşırlar – yani her genin yalnızca bir çeşidini taşıyan 23 tekil kromozom. Yumurta ve sperm birleştiğinde bebek, birbiri ile eşleşmiş 23 çift kromozoma sahip olur.



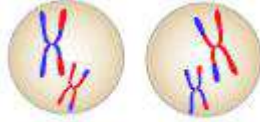
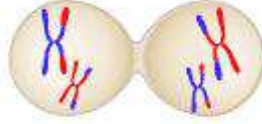
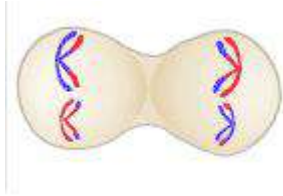
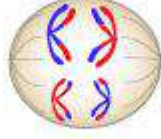
- Yumurta ve sperm üretirken, onları oluşturan hücre önce her kromozomun bir eşini yapar ve bu eşler bir arada kalır.



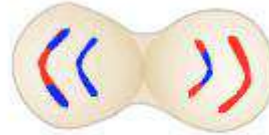
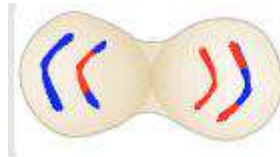
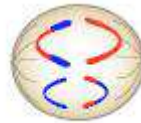
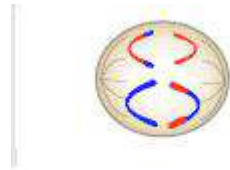
- Yumurta ve sperm üretmek genleri karıştırıp yeniden eşleştirmek için ilk fırsattır. Annenin her yumurta üretiminde, kromozomlar öncelikle eşlerini bulur ve birbiri ile DNA alış-verişinde bulunur. Buna rekombinasyon denir. Bu karılma sayesinde, annenin annesinden gelen genler ile annenin babasından gelen genler, birbiriyle karışıp aynı DNA ipliği üzerinde yer alabilir. (Bu işlemin aynısı babanın sperm hücrelerinde de gerçekleşir.)

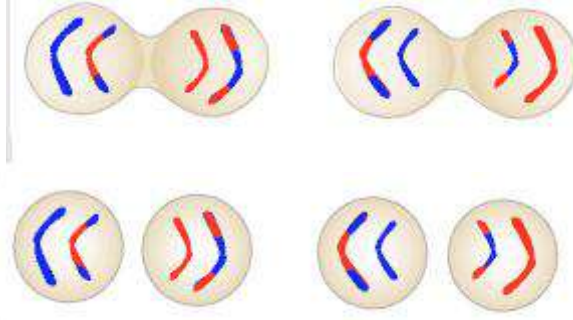


- Kromozomlar rekombinasyona uğradıktan sonra, farklı yumurta hücrelerine ayrışır, böylece her yumurta hücresi kromozom çiftlerinden yalnızca birine sahip olur.
 - Mayoz, ilk adım :

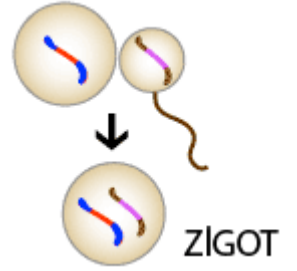


- Mayoz, ikinci adım :





- Yumurta ve sperm birleştiğinde, bebeğe, tamamen kendisine özgü bir gen kombinasyonu geçmiş olur: Bebek, 2 büyükanne ve 2 büyükbabadan gelen çeşitli genlere, buna ek olarak da anne ve baba yumurtayı ve spermi oluştururken meydana gelmiş her türlü mutasyona sahip olur.



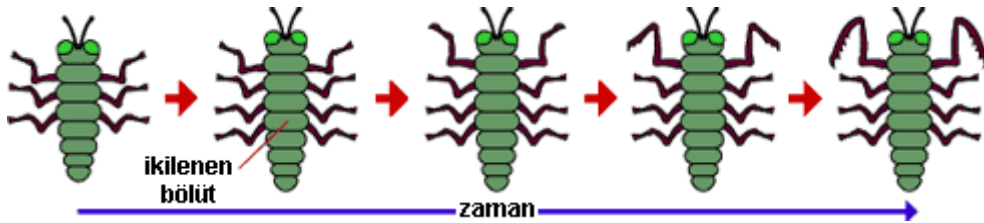
Gelişimsel değişim biçimleri (1/2)

Yeni ve karmaşık yapıların evrimi gibi önemli morfolojik değişiklikleri ele aldığımızda, genellikle bunların gerisinde gelişim ile ilgili değişikliklerin yattığını görürüz.

İşte başlıca birkaç gelişimsel değişim biçimi:

- **Modüllerin ikilenip uyarlanması**

Modül, bir canlının ikilenmeye ve uyarlanmaya yatkın bir birimdir. Eklembacaklılardaki vücut bölütleri buna güzel bir örnektir. Eklembacaklılar arasında vücut bölütleri çok değişken sayıdadır. Bölütlerin çoğalması veya kaybı, bu hayvan dalının evriminde muhtemelen çok kereler gerçekleşmiş gelişimsel bir değişimdir. Aşağıdaki grafikte modül ikilenmesi ve uyarlanımına dair farazi bir örnek yer almaktadır.



- **Özelleşme**

Belli bir modülde gerçekleşen değişimdir. Genellikle, özelleşmiş bir işlev için seçim olduğunda gerçekleşir.



Akreplerde bir çift uzun kısaç biçimine evrilmişken...



...aynı çift uzuv birçok örümcek grubunda çiftleşme törenlerinde kullanılan renkli ponponlara evrilmiştir.

Gelişimsel değişim biçimleri (2/2)

- **Farklı zamanlama**

Farklızamanlama gelişimsel olayların zamanlamasındaki değişimdir. Örneğin, zamanlamadaki bir değişim vücudun gelişimini yavaşlattığı halde, üreme sisteminin olgunlaşma hızını etkilemeyebilir. Böylesi bir değişimin sonucunda canlının ergin biçimi, atasının ergin değil genç haline –atasal genç biçime- benzer .



Semenderler, gelişimleri sırasında tüysü bir yapıya sahip, dış solungaçları olan bir larva evresinden geçerler (solda). Çoğu semender, ergin biçime başkalaştığı zaman solungaçlarını kaybeder (ortada). Meksika’da yaşayan bir tür köstebek semenderi (“axolotl”) ise farklızamanlama sayesinde, tamamen erginleştğinde dahi hâlâ gençlerdeki gibi solungaçlıdır (sağda).

- **Farklı ölçekli büyüme**

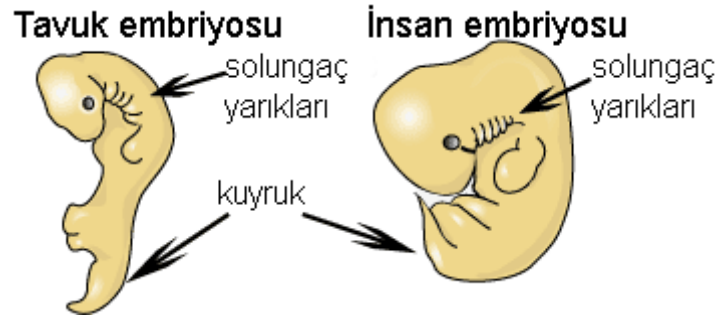
Farklıölçekli büyüme, canlının bir özelliğinin büyüme hızının, diğer özelliklerine kıyasla değişmesidir. Örneğin, yarasaları ortaya çıkaran evrimsel değişimlerden bazılarını farklıölçekli büyüme ile açıklayabiliriz. Yarasa kanatları, aslında çok uzun parmaklı, bu parmaklar arasında da deri gerilmiş pençelerdir. Böylesi kanatların evrilmesi için ya parmak kemiklerinin büyüme oranının yarasa vücudunun geri kalanına kıyasla artması, ya da vücudun kalan kısmının büyüme oranının parmaklara kıyasla azalması gerekir. Her iki durum da farklıölçekli büyümeye denk düşer.



Bireyoluş ve soyoluş

Bireyoluştan soyoluşu öğrenmek

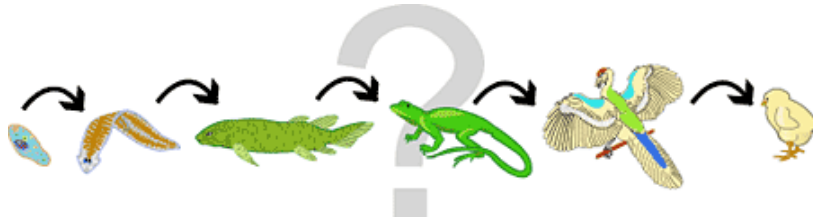
Atasal karakterler her zaman olmasa da sıklıkla organizmanın gelişimi sırasında korunurlar. Örneğin, hem civciv hem de insan embriyoları boyun kısımlarında, balıkların solungaç yarığı ve kapakları gibi yarık ve kapakların oluştuğu bir evreden geçerler. Bu gözlem tavukların ve insanların balıklarla ortak bir atayı paylaştıkları fikrini desteklemektedir. Bu nedenle gelişimsel karakterler, diğer kanıtların da ışığında, soyoluş oluşturulmasında kullanılabilir.



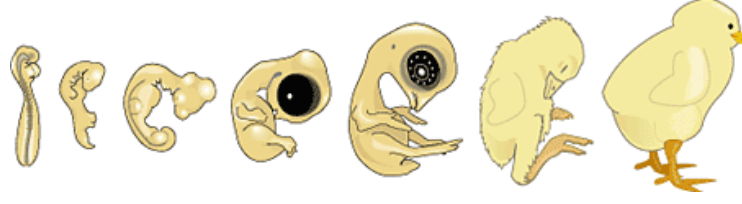
Yinelenme değil

1800'lerin sonunda bazı bilim insanları bireyoluşun, yani gelişimin, sadece evrimsel tarihe ilişkin bilgileri ortaya koymakla kalmayıp, bu tarihin adım adım kaydını tuttuğunu düşündüler. Bu bilim insanları bireyoluşun, soyoluşun bir yinelenmesi olduğunu öne sürdüler. Organizmanın gelişimi, organizmayı evrimsel tarihi boyunca geçtiği ergin safhalarından, yani soyoluşundan, geçirmektedir. O tarihlerde bazı bilim insanları evrimin, organizmanın gelişiminin sonuna yeni basamaklar ekleyerek işlediğini düşünüyorlardı. Böylece gelişim süreci, evrimsel tarihi adım adım gösteriyordu: soyoluşu yineleyen bireyoluş (SYB).

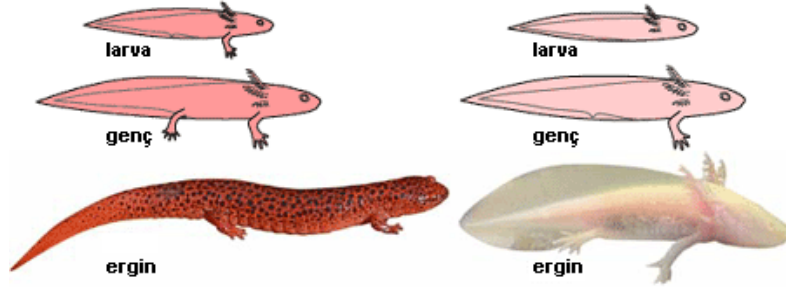
Bunun biraz sivri bir fikir olduğunu söylemeliyiz. Eğer bu tam anlamıyla doğru olsaydı, bir civciv gelişimi esnasında sırasıyla şu safhalardan geçmeliydi: bir tekhücreli organizma, bir çokhücreli omurgasız ata, bir balık, bir kertenkele benzeri sürüngen, bir atasal kuş, ve son olarak da bir bebek civciv.



Elbette bugün biliyoruz ki bu önerme doğru değil – ki bireyoluşun soyoluşu yinelediği fikrinin ortaya atıldığı tarihlerde bile bu fikrin doğru olmadığını düşünen pek çok bilim insanı vardı. Eğer bir civcivin gelişimini gözlemlerseniz, embriyonun gelişiminin bazı noktalarında sürüngen ve balık embriyosunu andırdığını görürsünüz, ancak ergin ataların biçimleri yinelemez.



Hatta daha küçük ölçeklerde düşünülüğünde SYB yaklaşımının doğru olmadığı da sıklıkla görülür. Örneğin, Meksika su semenderi (aksolotl), ergin evrede iç solungaçlara sahip bir semender atadan evrilmiştir. Fakat bu canlı gelişimi sırasında hiçbir zaman iç solungaçların olduğu bir evreden geçmez ve solungaçları soyoluşu yineleyen bireyoluş yaklaşımını açıkça ihlal edecek şekilde her zaman dışta kalır.



SYB bütünüyle doğru olsaydı soyoluş ağaçlarını oluşturmak şüphesiz çok daha kolay olacaktı. Bir organizmanın gelişimini inceleyerek doğrudan onun evrimsel geçmişini okuyabilecektik, ne yazık ki soyoluşbilimciler o kadar şanslı değiller.

Evrimi etkileyen gelişimsel kısıtlar

Bir soya ait canlıların gelişim biçimleri, o soyda bir takım fenotiplerin evrilmesine izin vermeyebilir. Bu tür sınırlamalara gelişimsel kısıt denir.



Kısıt fikri, bize avantajlı görünebilecek özelliklerin evrim sürecinde neden hiç ortaya çıkmadıkları sorununa ışık tutar: Neden hiçbir dörtayaklıda beşten fazla parmak evrilmemiştir, ya da neden hiçbir tırtıl, olgun bir kelebeğin karmaşık göz yapısına sahip olacak şekilde evrilmemiştir, veya neden domuzlarda kanat evrilmedi? Bu soruların kesin cevaplarını vermek kolay değil. Fakat bu yanıtların dörtayaklıların, böceklerin ve domuzların gelişimsel süreçleriyle ilgili olduklarını tahmin edebiliriz. Bir ihtimal bu saydığımız özellikler, organizmanın başka özelliklerinin gelişimini kesintiye uğratarak zararlı sonuçlara yolaçabilirler – ya da bu özellikler öylesine kapsamlı değişiklikler gerektirir ki olağan mutasyonlar sonucu ortaya çıkmaları imkansızdır.

Bir örneği yakından ele alalım. Atlar (tembel hayvandan semenderlere kadar tüm dörtayaklılar gibi), gelişimleri sırasında embriyonun beş parmaklı üyelere sahip olduğu bir evreden geçerler. Ancak atların bu embriyonik parmaklarının bazıları sonradan kaybolur ya da oldukça değişerek toynak halini alır. Bu halde atlar neden beş parmaklı evreden geçmeye devam ederler, neden doğrudan toynak geliştirmezler? Meselenin özü muhtemelen gelişimle ilgilidir – beş parmaklı üye evresini atlamak, dörtayaklıların gelişim süreçlerinde olasılık dışıdır.

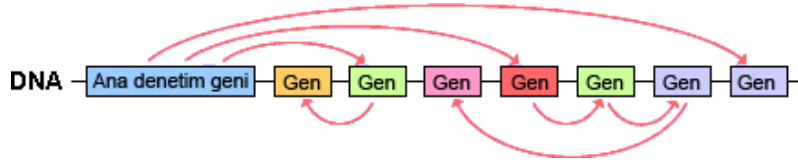


Karmaşıklığı anlamak

Birkaç hafta içerisinde döllenmiş bir yumurta hücresinden olgun bir sineğe geçiş hayret edilecek bir dönüşümdür. Bu dönüşüm sırasında birçok şeyin gerçekleşmesi gerekir: vücut yapısının belirgin karşıt uçlarının oluşması (baş/kuyruk, sırt/karın), farklılaşmış dokuların yapılanması ve organların gelişmesi bunlardan başlıcalarıdır. Ergin bir sinek pek çok farklı hücre çeşidinden oluşmuş çok sayıda parçadan oluşsa da her bir hücresi aynı kalıtsal bilgiyi taşır. Peki bu durumda aynı bilgiyi taşıyan hücreler gelişme sürecinde farklı davranacaklarını nasıl biliyorlar?

- **Belirli genler diğer genlerin nerede ve ne zaman ifade edileceğini düzenler**

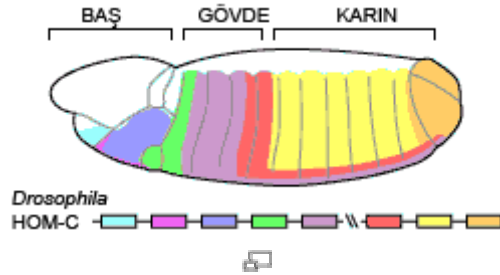
Tüm genler keratin (deride bulunan bir yapısal protein) ya da rodopsin (gözü ışığa karşı duyarlı kılan bir protein) gibi yapısal proteinler üretmez. Düzenleyici genler diğer genlerin ne zaman ve nerede etkin olacağını belirler. Örneğin, bu tür genler sineğin hücrelerine kanatların nerede ve ne zaman oluşturulmaya başlanacağını söyler: Kanatlar larva evresinde, göğsün ikinci ve üçüncü bölütlerinde oluşturulur. Düzenleyici genler, bazı genleri kapatıp açarak bir zincirleme tepkime başlatırlar, etkiledikleri genlerin ürünleri başka genleri etkileyen genleri etkiler ve onlar da başka genleri... Tek bir düzenleyici gen bacak ya da göz gibi karmaşık vücut parçalarının oluşumunu kontrol edebilir.



Yukarıdaki şekil bir ana denetim geninin diğer genleri düzenleyen genleri nasıl düzenlediğini gösteriyor.

- **Farklı hücrelerde farklı genler ifade edilir**

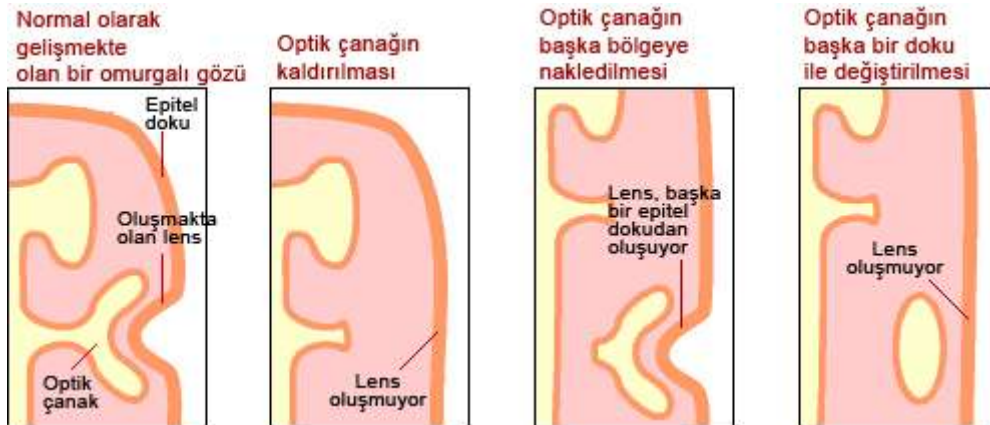
Örneğin, göz hücreleri görme için gerekli olan proteinleri kodlayan genleri etkinleştirir. Buna karşın sindirim yolunu oluşturan hücreler bu genleri etkinleştirmez, bunların yerine sindirim enzimlerini oluşturan genleri etkinleştirirler.



Gelişmekte olan sinek embriyosunun farklı bölümleri farklı genleri çalıştırır.

- **Kimyasal iletiler de hücrelerin kaderini belirler**

Çevreden ve diğer hücrelerden alınan kimyasal iletiler de belirli bir hücrede hangi tür genlerin etkinleşeceğini belirleyebilir. Örneğin, gelişmekte olan bir omurgalı gözünde retina bölgesinden yayılan kimyasal iletiler hemen bitişikte bulunan hücrelerin herhangi bir hücre çeşidi yerine lens hücresine dönüşmesine neden olur. Aşağıdaki şekil, retinanın da bir parçasını oluşturduğu optik çanağın normal gelişimini gösteriyor. Retina komşu hücrelere ulaştırdığı kimyasal iletilerle bu hücrelerin epitel dokudan bir lens oluşturmasını sağlar. Aşağıdaki resimler, optik çanağın bulunduğu bölgeden alınması, başka yere aktarılması ya da başka bir doku ile değiştirilmesi durumunda lens gelişiminin nasıl etkilendiğini gösteriyor.



Hox genleri

“Genel amaçlı” düzenleyici genler sinek gibi karmaşık canlıların inşa sürecinde önemli birimlerdir. Bazı “kontrol” genleri birçok canlıda ortaktır. Ortak atalarımızdan aktarılan bu genlere kökenden de denir.

Örneğin Hox genleri, insan, sinek, solucan gibi birçok canlının temel vücut yapısının oluşumunu yönlendirir, baş-kuyruk organizasyonunu sağlarlar. Bu genleri embriyonun gelişim sürecinde birer yönlendirme işareti olarak düşünebiliriz: “Başı bu tarafa doğru oluştur! Ayaklar ise şu tarafa doğru uzasın!”

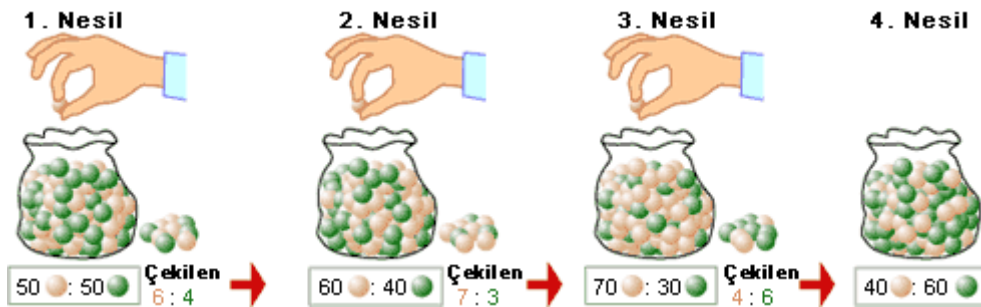


Bu genlerin genel amaçlı olması onların birçok canlıda benzer şekilde iş görebilmelerinden kaynaklanmaktadır. İnşa edilenin bir fare kafası ya da sinek kafası olması birşey değiştirmez, süreci aynı gen yönetir. Bu gibi güçlü düzenleyici genlerde, ya da bu genlerin düzenlediği diğer genlerde meydana gelen ufak değişimler evrimsel değişimin ana kaynaklarından birini oluşturabilir.

Örnekleme hatası ve evrim

Evrimin en temel mekanizmalarından biri olan genetik sürüklenme, aslında istatistikteki örnekleme hatasının evrimsel karşılığıdır.

İçinde 50'si kahverengi 50'si yeşil toplam 100 adet misket bulunan bir kese düşünün. Keseden yalnızca 10 tane misket çekebiliyorsunuz. Yeni bir keseye, yine toplamda 100 misket olacak şekilde, az önce çektiğiniz orana uygun olarak kahverengi ve yeşil misketler koyuyorsunuz. Oyun şöyle ilerleyebilir:



Burada açıkça görülüyor ki kahverengi ve yeşil misketlerin birbirine oranı “5:5, 6:4, 7:3, 4:6...” şeklinde değişiyor.

Bu sürüklenme canlılardan oluşan popülasyonlarda da gerçekleşir. Pek çok rasgele etken yüzünden bir nesildeki genlerin oranı diğer bir nesile geçerken sabit kalmıyor ve bu da evrime yol açıyor. Bir böcek popülasyonunda kahverengi genlerinin sıklığı, doğal seçilimin yardımı olmadan artabilir. Aslında bu da evrim; ancak bu kez, seçilime değil şansa dayalı bir evrim söz konusu.

Genetik sürüklenmenin evrim üzerinde pek çok önemli etkisi var:

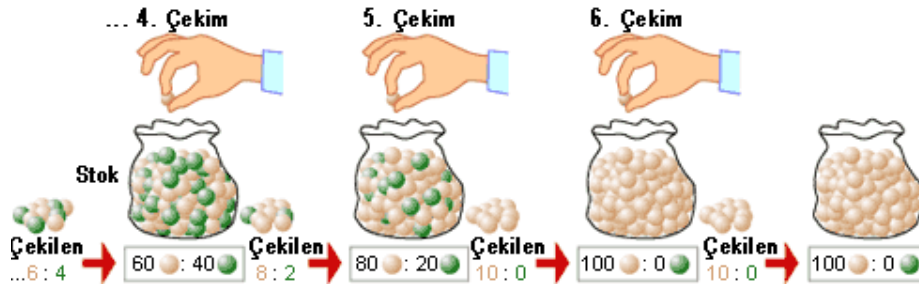
1. Sürüklenme, popülasyonlardaki genetik çeşitliliği azaltır, bu da popülasyonun yeni bir seçim baskısına cevap verme becerisini azaltabilir.
2. Genetik sürüklenme daha hızlı etki gösterir ve küçük popülasyonlarda etkisi daha büyüktür.
3. Genetik sürüklenme türleşmeye katkıda bulunabilir. Örneğin, yalıtılmış küçük bir popülasyon, genetik sürüklenme sayesinde daha büyük bir popülasyondan ayrılıp değişebilir.

Genetik sürüklenmenin etkileri (1/2)

Genetik sürüklenme, örnekleme hatası yoluyla popülasyonların genetik çeşitliliğini kaybetmesine yol açabilir.

Azalan Çeşitlilik

Bilye torbasından yaptığımız rasgele çekimlerin şöyle bir sonuca yol açtığını hayal edelim: 5:5, 6:4, 7:3, 4:6, 8:2, 10:0, 10:0, 10:0, 10:0, 10:0... Neden devamlı 10:0 çekmeye başladık? Çünkü eğer bu çekimlerden herhangi birinde hiç yeşil bilye olmazsa (yani yeşil bilyeler temsil edilmezse), bu aşamadan itibaren yeşil bilyeleri yeniden geri kazanmamız imkânsızdır – sadece kahverengi bilyelerle başbaşa kalmış oluruz. Aşağıdaki çizimlerde dördüncüden itibaren gösterilen bir dizi çekimi incerseniz, beşinci çekimden sonra yeşil bilyelerin artık temsil edilmediğini görebilirsiniz.



Aynı şey popülasyonlarda da olabilir. Eğer yeşil renklenme geni popülasyondan dışarıya sürüklenecek olursa, gen ortadan kaybolmuş olur – tabii ki, eğer bir mutasyon ya da gen akışı yeşil renklenme genini popülasyona yeniden kazandıracak olmazsa.

10:0 durumu genetik sürüklenmenin en önemli etkilerinden birini tasvir eder: genetik sürüklenme popülasyonun genetik çeşitliliğini azaltır. Daha az genetik çeşitlilik, doğal seçilimin üzerinde etkisini gösterebileceği daha az şey demektir. Eğer yeşil geni popülasyondan dışarıya sürüklenip gidecek olursa ve popülasyon yeşil olmanın yararlı olacağı bir durumla karşılaşır, popülasyon bir şans kaçırmış olacaktır. Seçilim, yeşil geninin sıklığını artıramaz çünkü orada seçilimin etkileyebileceği bu gen yoktur. Seçilim ancak ortamda var olan çeşitliliği etkileyebilir, onu yaratamaz.

Genetik sürüklenmenin etkileri (2/2)

Küçük popülasyonlar üzerindeki etkisi

Bilye çekme senaryosu sürüklenmenin, küçük popülasyonları neden daha fazla etkilediğini de betimler. Kesenizin yalnızca 20 adet bilyeyi alabilecek büyüklükte (küçük bir kese) olduğunu ve bir sonraki nesli temsil etmek için sadece dört tane bilye çekebileceğinizi hayal edin. Şunun gibi bir şey gerçekleşebilir:



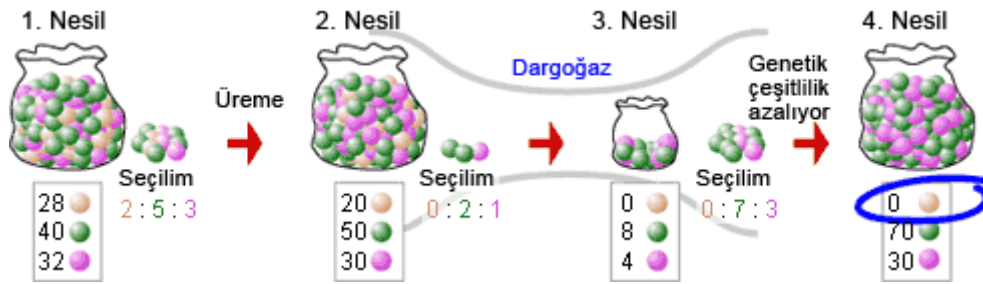
Ne kadar hızlı ve ani bir biçimde bilye oranlarının değiştiğine dikkat edin: 1:1, 1:3, 0:1.

Aynı olay küçük popülasyonlarda da gerçekleşir. Tüm popülasyonlar sürüklenmeye karşı karşıya kalır, fakat popülasyon ne kadar küçülürse sürüklenmenin etkisi de o kadar ani ve şiddetli olur. Bu durum küçük popülasyon büyüklüklerine sahip tehlike altındaki türler için çok büyük bir sorun olabilir.

Darboğazlar ve kurucu etkiler

Genetik sürüklenme sonucu küçük popülasyonlar, genetik çeşitliliklerini büyük çapta kaybedebilirler.

Eğer bir popülasyonda bir veya daha fazla nesil boyunca nüfus azalır, buna popülasyon darboğazı denir. Biliyoruz ki genetik sürüklenme, küçük popülasyonlarda genetik çeşitliliği hızla azaltabilir. Dolayısıyla, darboğazdan geçen bir popülasyon –darboğaz çok sayıda nesil boyunca sürmese bile- genetik çeşitliliğinin çoğunu yitirebilir. Aşağıda, bir torbadan rasgele seçilen bilyelerle bu durum canlandırılmıştır. Birinci ve üçüncü nesillerin sonunda onar bilye seçilirken, ikinci neslin sonunda yalnız üç bilye seçilmesiyle bir darboğaz ortaya çıkıyor ve bu aşamada sarı bilye türü şans eseri kayboluyor.



Genetik çeşitliliğin azalması sonucu bir popülasyon, (iklim ya da yaşam kaynaklarının değişimi gibi) yeni seçim baskıları karşısında uyarlanma yeteneğini yitirebilir. Çünkü doğal seçilimin malzemesi olan genetik çeşitlilik sürüklenme sonucu çoktan yokolmuştur.

Darboğaz etkisine bir örnek

Fok ailesinden olan kuzey deniz fillerinin genetik çeşitlilikleri çok düşüktür. Bunun nedeni de büyük olasılıkla 1890'larda insan etkisiyle bir darboğaz yaşamış olmalarıdır - nitekim avlanma sonucu nüfusları 19. yüzyıl sonlarında sadece 20 bireye kadar düşmüştü. O tarihten sonra nüfusları yeniden 30 bine kadar arttı – fakat genleri hâlâ daha bu darboğazın izlerini taşımaktadır: Kuzey deniz fillerinin genetik çeşitliliği, bu denli yoğun bir biçimde avlanmamış olan güney deniz fillerine nazaran çok daha azdır.

Kurucu etki

Bir ana popülasyonun az sayıda üyesi yeni bir koloni kurduklarında kurucu etkisi gerçekleşir. Kurucuların azlığı nedeniyle yeni kolonide:

- Genetik çeşitlilik ana popülasyondan daha düşük olabilir.
- Ana popülasyondan farklı gen sıklıkları görülebilir.

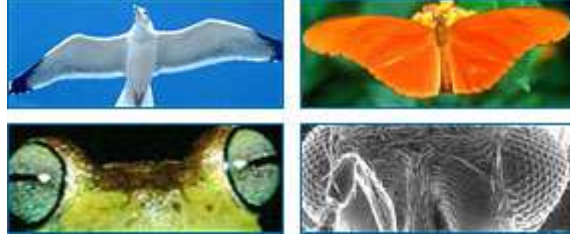


Bu sefer insanlardan bir örnek verelim: Güney Afrika'daki Hollanda kökenli Afrikaner topluluğunu az sayıda sömürgeci yerleşimci 17. yüzyılda başlatmıştır. Bugün Afrikanerler arasında Huntington hastalığına yol açan genetik özellik çok yaygındır. Bunun sebebi de ilk yerleşimciler arasında bu özelliğin şans eseri yüksek sıklıkta

olmasıdır. Kurucu etkisini bu gibi hastalığa yol açan genlerde fark etmek daha kolay olsa da, her türlü genin sıklığı, kurucu olaylardan etkilenmektedir.

Karmaşık yapılara bakış

Canlı yaşamını incelediğimizde müthiş karmaşık yapılarla karşılaşırız: Aerodinamik kanatlar, göz gibi çoklu parçadan oluşan organlar, dolambaçlı kimyasal patikalar... Bu karmaşıklık karşısında, Darwin dahil hem evrim kuramı yandaşları hem de evrim kuramı karşıtları şu soruyu sormuşlardır: Böylesi bir karmaşıklık nasıl evrilebilir?



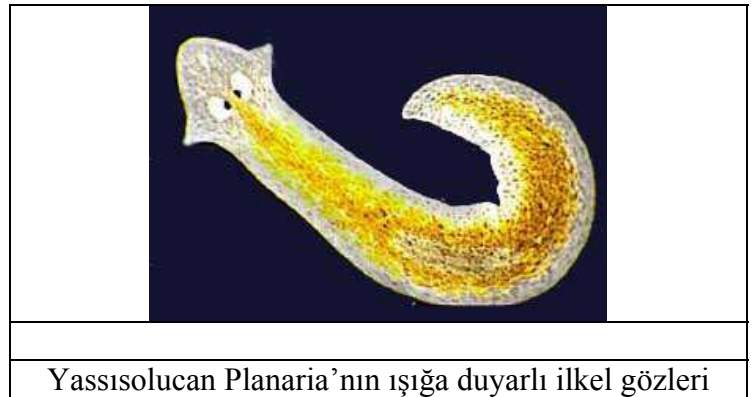
Karmaşık uyarlanımlar: Kuş kanatları, böcek kanatları, omurgalı gözleri, böcek gözleri.

Bilim bu gibi soruları hasır altı etmez, aksine, bunları heyecan verici, araştırmaya değer sorunlar olarak ele alıp üzerlerine özel olarak eğilir. Buradaki zorluk ise şurada:

Uyarlı organlar bu kadar karmaşık göründüklerine göre, bir anda ortaya çıkmış olamazlar. Aksine ufak değişikliklerin doğal seçim yoluyla birikmesi sonucu oluşmuş olmalıdır. Örneğin kanatlar, kimyasal patikalar veya gözler bugün bildiğimiz biçimlerine sahip olmadan önce, kimi ara biçimlere sahip olmuş olmalıdır. Öte yandan, yarı gelişmiş bir kanat veya bugünkü öğelerinin ancak bir kısmına sahip bir gözün kime ne yararı dokunabilir? Eğer bu ara biçimler uyarlı –canlının çevresine uyarlanmasını sağlayıcı- değilse, doğal seçim sonucu nasıl oluşabilirler?

Bu gibi karmaşık yapıların evrimi birkaç yoldan gerçekleşebilir:

- **Üstün ara biçimler:** Olasılıklardan biri, bahsi geçen ara biçimlerin canlıya ilk bakışta anlaşılabilir olacak kimi yararlar sağlamasıdır. “Yarım bir gözden ne çıkar?” Açıkçası, karmaşık bir gözün öğelerinin yalnızca birkaçına sahip, yassı solucanlarınki gibi çok ilkel bir göz dahi, aydınlık ve karanlığı ayırt edebilir. Hiç görme duyusu olmayan bir canlıya böylesi basit bir gözün sağlayacağı faydaları ve bu özelliğin doğal seçim yoluyla nasıl evrileceğini rahatlıkla tahmin edebiliriz.




Yassısolucan Planaria'nın ışığa duyarlı ilkel gözleri

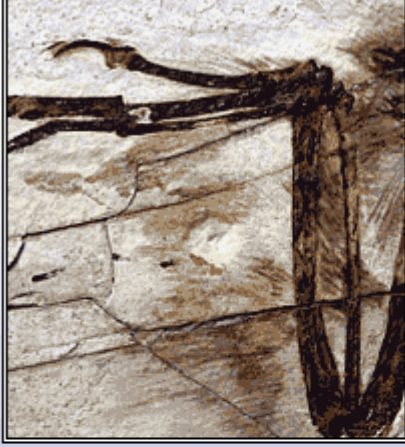
- **Yeni işlev yükleme (co-opting):** Karmaşık bir organın evrimi sırasında ortaya çıkan ara biçimler bugünkü organın gördüğü işlevlerden farklı işlevler görmüş olabilirler. “Yarı gelişmiş bir kanattan ne fayda gelir?” Belki uçmaya değil de başka işlere

yarayabilir. Örneğin ilk başlarda kuş tüyleri uçmakta değil ısı yalıtımında veya cinsel gösterilerde kullanılmış olabilir. Doğal seçim, bir koşul altında evrilmiş olan özellikleri aşırı bambaşka işler için kullanmada son derece ustadır.

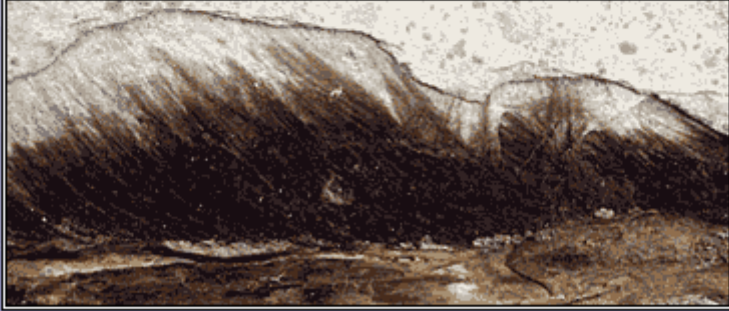
İlk Tüyler
Fosil kaydı, kuşların dinazorların yaşayan bir kolu olduğunu ve dinazorların, daha uçuş yeteneği ortaya çıkmadan önce tüylere sahip olduklarını göstermektedir.



Dromaeosaur ailesinden küçük bir dinazor.



Bu dinazorun kemikleri boyunca tüy izleri korunmuştur. Burada önkol üzerindeki tüyleri görebiliriz.



Fosilin kafa tüyelerine yakından bir bakış.
Bu dinazor uçamazdı, dolayısıyla tüylerin evriminin başlangıçta uçmayla alakasız olması muhtemeldir.

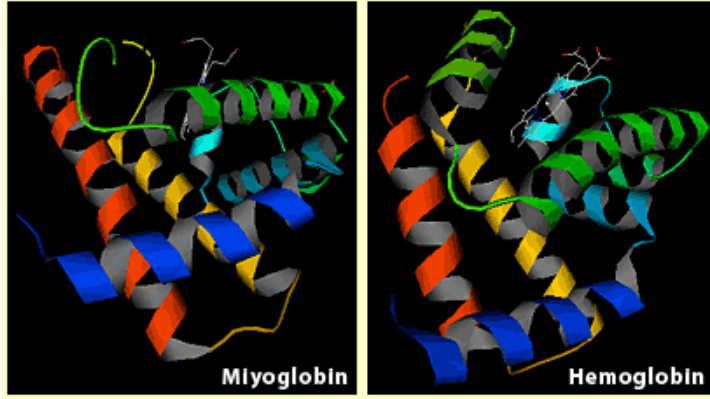
**Karmaşık yenilikler hakkında daha fazlası:*

Karmaşık yenilikler hakkında bir iki satır daha (1/2)

Bir karmaşık uyarlanımın ilk baştaki hali, canlı için faydalı gibi gözükmeyebilir. Peki ilk başta faydalı görünmeyen bir özellik nesiller boyu nasıl korunup karmaşıklaşabilir? Daha önce belirttiğimiz gibi, karmaşık uyarlanımlar başlangıçta açıkça uyarlı gözükmeyen, ama gerçekte uyarlı olan ara aşamalardan geçerek ortaya çıkabilirler. Dahası, belirli bir bağlamda evrilen uyarlanımlar başka bir bağlamda yeni işlevler yüklenebilirler. Ancak karmaşık uyarlanımları doğurabilecek başka olasılıklar da vardır:

İşlevsel engellerin eşlenme yolu ile aşılması

Canlının yaşamını sürdürmesi için mutlaka gerek duyulan, yani yaşamsal bir özellik bile, eşlenmesi (bir ikinci kopyasının ortaya çıkması) durumunda doğal seçim tarafından değiştirilebilir. Örneğin globin çok eski zamanlardan kalma (kadim) bir proteindir. Milyarlarca yıl yaşında olan bu protein, bakteri, bitki, hayvan ve mantarların ortak atasında da bulunuyordu. Globinin oksijene bağlanıp onu taşımak gibi yaşamsal bir işlev vardır. Bu durumda doğal seçilimin globini sadece bu işe sabitleyeceğini düşünebilirsiniz. Ancak eşlenme yoluyla globin molekülünün yeni biçimleri oluşmuş ve bunlar farklılaşmış, farklı görevlere uyarlanmıştır. Nitekim omurgalılar birçok farklı globin genine ihtiyaç duyarlar: hemoglobin oksijeni dokulara taşırken (fetüste ise bu işlevi bir başka globin proteini yerine getirir), miyogloblin kas hücrelerinin kullanması için oksijen depolar. Nörogloblin ve sitogloblin proteinlerinin işlevleri ise henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Yaşam ağacının hemen her bölümünde birden fazla globin geni bulunur. Hatta derin denizlerde yaşayan solucanlardaki bazı globinler hem oksijen hem de hidrojen sulfit taşımaya uyarlanmıştır.



Miyogloblin ve hemogloblin oldukça benzer proteinler olmakla beraber, yapılarındaki ufak farklar değişik işlevler görmelerini sağlar.

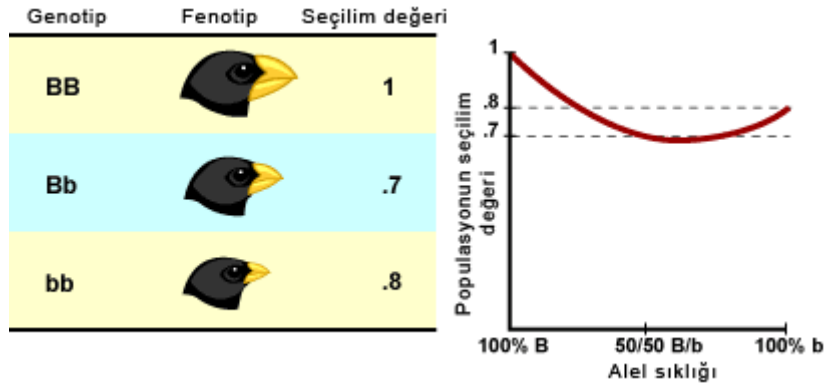
Karmaşık yenilikler hakkında bir iki satır daha 2/2

Genetik sürüklenmenin oynayabileceği rol

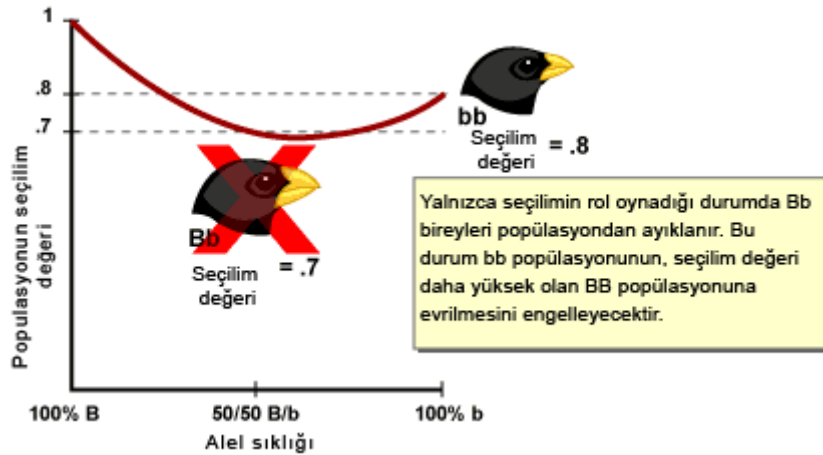
Etkisiz hatta hafifçe zararlı genler, genetik sürüklenme nedeniyle küçük popülasyonlarda yüksek sıklıklara ulaşabilir. Bununla bağlantılı olarak, bir popülasyonun seçim değerinin nasıl düşebileceğini ve seçim değeri düşük aşamalardan yüksek seçim değerlerine nasıl varabileceğini açıklayan modele “değişen denge kuramı” adı verilir.

Bu kuramı basit bir örnekle açıklamaya çalışalım. Darwin’in ispinozları gibi tohum ile beslenen bir kuş türü düşünelim. Bu canlıda gaga büyüklüğünün tek bir genin denetiminde olduğunu farzedelim; bu genin alellerini de B ve b harfleri ile gösterelim (gerçekte bu gibi

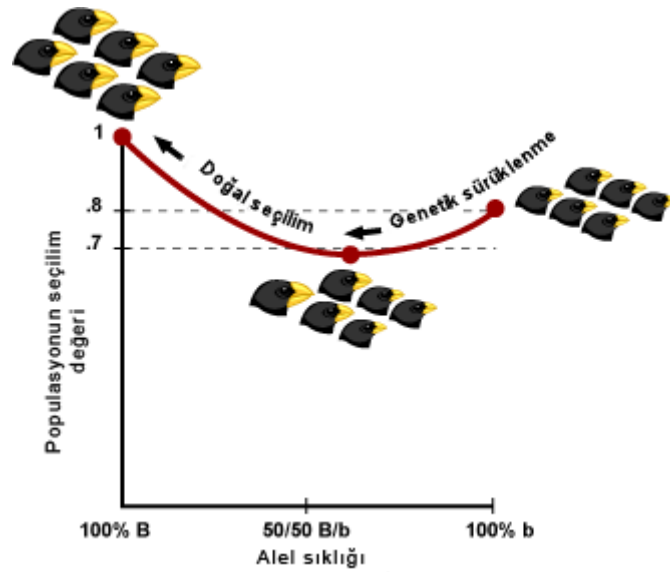
özellikler birden fazla genin denetiminde olsalar da, örneğimizin ana fikri bu varsayımdan etkilenmez.). Genotipi BB olan bireyler büyük gagalı, Bb bireyler orta boy gagalı ve bb bireyler de küçük gagalı olsun. Ayrıca diyelim ki bu kuşlar küçük ve büyük tohumların bolca bulunduğu, ancak orta büyüklükte tohumların bulunmadığı bir çevrede yaşıyorlar. Tümü büyük gagalı bireylerden oluşan popülasyonların bu çevrede ortalama seçilim değerleri, büyük tohumları rahatça çatlatıp açabildiklerinden dolayı çok yüksektir. Ufak gagalı bireylerin oluşturduğu popülasyonlar da ufak tohumlar ile geçinebildikleri için bu çevrede iyi durumdadırlar - ama büyük gagalı kadar değil. Gagası orta boylu bireylerin ise bu çevrede seçilim değerleri en düşüktür; nitekim bu kuşlar ne büyük ne de küçük tohumlardan diğerleri kadar rahat yararlanabilirler, çevrede de onlara uygun orta boy tohum bulunmamaktadır. Aşağıda (sağda) bu popülasyonun gen sıklığını ve buna bağlı olarak gösterdiği seçilim değerini özetleyen grafik bulunmaktadır. Bu gibi grafiklere "seçilim değeri yüzeyi" adı verilir.



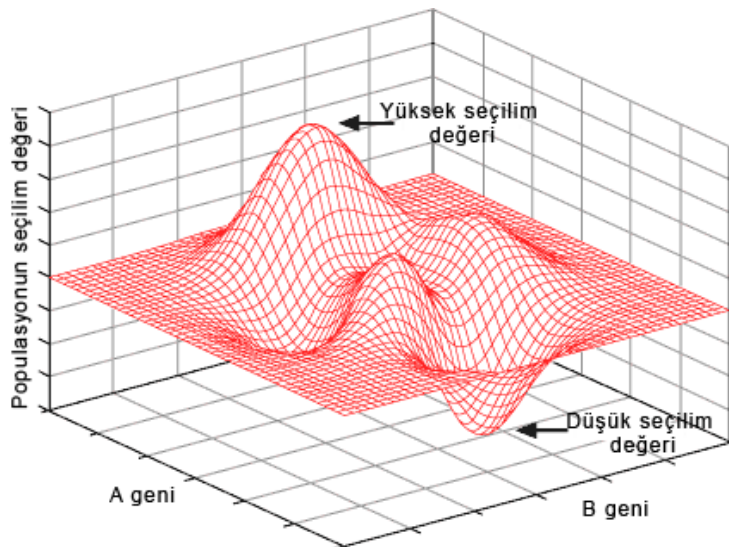
Şimdi, tamamen küçük gagalı bireylerden (yani bb genotipli bireylerden) oluşan, az nüfuslu bir popülasyon düşünelim. Bu grubun seçilim değeri görece yüksek (seçilim değeri yüzeyinde yerel bir dorukta) olmasına karşın, yine de büyük gagalı bireylerin oluşturduğu bir popülasyon kadar yüksek değildir. Bu noktada, gen akışı ile bu popülasyonun içerisine bir miktar B aleli sızdığını farzedelim. Eğer bu popülasyonun geleceğini tek başına seçilim belirliyorsaydı, bu B aleli popülasyonda kalmaz. Çünkü B aleli, seçilim değeri bb'den daha düşük olan Bb genotipli bireylerde ortaya çıkacak ve ayıklanacaktır. Dolayısıyla tek başına seçilim rol oynadığında, bu popülasyonda B aleli artmayacak, popülasyon da asla BB popülasyonlarının yüksek seçilim değerlerine ulaşamayacaktır.



Ancak popülasyonun nüfusu az ise, seçilimin yanısıra genetik sürüklenme de güçlü bir etkiye sahip olur. Mesela popülasyondaki B alelleri birkaç nesil boyunca, popülasyonun seçilim değerini azaltmak pahasına, tamamen tesadüf sonucu artabilir. Bu durumda popülasyon, seçilim değeri yüzeyinin ortasındaki çukura doğru kayacaktır. Bu süreçte eğer B alelleri şans eseri yeterli sıklığa erişirlerse, popülasyonda bu sefer yüksek seçilim değerine sahip BB bireyleri görülmeye başlayacaktır. Bu noktadaysa doğal seçim devreye girip, B aleli sıklığını daha da arttırmaya başlar. Böylece popülasyon seçilim değeri yüzeyinde bulunduğu çukurdan çıkarak, seçilimin etkisiyle tüm yüzeyin en yüksek seçilim değeri noktasına, yani genel doruğa doğru tırmanışa geçecektir. Özetle, genetik sürüklenme ve seçilimin ortak etkileri, popülasyonu bir düşük seçilim değeri çukurluğundan geçirerek, yerel bir doruktan genel seçilim değeri doruğuna taşımış olacaktır.



Tabii ki yukarıdaki örneğimiz seçilim değeri yüzeyinde tek bir lokus ve iki doruktan oluşan, basitleştirilmiş bir açıklamaydı. Gerçek hayatta bir popülasyonun seçilim değerini hem çok sayıda lokus etkiler, hem de seçilim değeri yüzeylerinde çok sayıda doruk ve çukur görülebilir. Sadece iki lokus içeren karmaşık bir seçilim değeri yüzeyi grafiği aşağıda gösterilmektedir.



Doğal seçim iş başında: bir vaka incelemesi

Doğal seçilimin işlediğine dair güçlü savlarda bulunabiliriz, her ne kadar buna dair ayrıntılar çevremizde hemen göze çarpmasa da.

Örneğin, deniz kıyısındaki kayalıklar üzerinde yaşayan hayvanlar, belirgin mekansal örüntüler oluşturan bölgelere ayrılmışlardır. Bazı türler sadece derin sularda yaşar, bazılarıysa deniz kıyısından oldukça

yüksekte. Kaliforniya sahillerinde yaygın olan bir salyangoz (sağda, *Tegula funebris*) her iki bölgede de bulunur: Kuzey Kaliforniya’da görülen Tegulalar derin sularda yaşarken, Güney Kaliforniya’dakiler kıyından epey yukarıda yaşar.

Doğal seçim bu örüntüyü açıklayabilir mi? Araştırmacı Michael Fawcett cevabın “evet” olduğunu düşünüp bunu sınamak üzere bir hipotez ileri sürdü. Fawcett ahtapot, denizyıldızı ve yengeç gibi avcılarının Güney Kaliforniya’da Kuzey Kaliforniya’dan daha yaygın olduğunu belirledi. Belki de güneydeki yoğun avlanma deniz seviyesinin üzerinde, pek çok yırtıcıdan korunaklı yaşayan salyangozları seçti. Kuzeyde seçim baskısı bu kadar güçlü değildi ve salyangozlar deniz seviyesinin üstünde yaşayacak şekilde seçilmediler.

Fawcett bu hipotezini sınamak için salyangozların yerlerini değiştirdi. Kuzeydeki ve güneydeki salyangozları alıp derin sulara bıraktı ve ne olacağını gözlemledi. Avcıların varlığında bütün salyangozlar daha yüksek seviyelere doğru hareket ettiler (büyük olasılıkla salyangozlar avcılardan yayılan kimyasalları algılayabiliyorlar). Fakat güney salyangozları kuzey salyangozlarına oranla daha hızlı bir şekilde sahilin daha yükseklerine tırmandılar. Kuzey salyangozları yavaş oldukları ve yeterli yüksekliğe tırmanamadıkları için avcılar tarafından yenme olasılıkları daha yüksekti.

Bu deney neyi göstermektedir?

1. Kuzeydeki ve güneydeki salyangozlar arasında doğuştan gelen bir farklılık var (yani, sırf kuzey ya da güney kıyısında bulunmaktan dolayı ortaya çıkmış olmayan bazı farklılıklar). Bu muhtemelen genetik bir farklılık (fakat bundan tümüyle emin olmak için daha fazla deneye ihtiyacımız var).
2. Bu farklılık sağkalım şansında bir farka neden olabilir. Yoğun avlanma durumunda, yükseklerle daha hızlı tırmanabilen salyangozların sağkalım şansı daha fazladır.

Bu sonuçlar doğal seçilimin avcılardan kaçış özelliklerini değiştirecek şekilde işlediğini göstermektedir. Unutmayın, tüm ihtiyacınız şunlar:

- **Çeşitlilik:** Belirli bir özellik için popülasyonun kendi içinde ve popülasyonlar arasında çeşitlilik vardır.
- **Kalıtım:** Bu çeşitliliğin muhtemelen genetik bir temeli vardır.
- **Ayrımlı üreme:** Özelliğin çeşitleri arasında sağkalım ve üreme olasılıkları açısından fark vardır.

Bu üç özellik doğal seçilimi tanımlar. Bunlar olmadan doğal seçim gerçekleşmez.



Eşeyssel seçilim alıp başını gittiğinde (1/2)

Kaçkın eşeyssel seçilim kavramı, eşeyssel seçilimin çalışacağı varsayılan yollardan birini örnekler.

Dişi seçiminin açmazı

Burada oldukça ilginç bir soru söz konusu: dişilerin uzun, renkli bir kuyruk gibi özellikleri tercih etmeleri nasıl evrilmiştir? Ne de olsa bir dişi uzun ve garip kuyruklu bir erkeği eş olarak seçerse, oğulları da büyük ihtimalle benzer bir kuyruğa sahip olacaktır – ve bu kuyruk avcılarının dikkatini çekerek oğulların sağkalım şansını azaltabilir. Doğal seçilim nasıl olur da zararlı bir özelliğin tercih edilmesini sağlayacak yönde hareket edebilir?

Bir dişinin, bir erkeğin sağkalımına yardım eden özelliklerini gözeterek eş seçmesi gayet mantıklı. Örneğin, dişi bir kuş, güçlü görünümlü, hastaliksız bir eş seçerse iyi eder. Bu erkek muhtemelen, hastalıklara direnmesini ve yeterli besini bulmasını sağlayan “iyi” genler taşıyordur – ve bu genlerini çocuklarına da aktaracaktır.

Yine de dişilerin daha az yararlı özellikleri (mesela karmaşık ötüş biçimleri) hatta sağkalmaya zararlı özellikleri (mesela tavuskuşu örneğinde olduğu gibi parlak renkli tüyler) gözeterek eş seçtiği pek çok örnek var. Bu vakalar evrimsel biyologlara bir bilmece sunmaktadır. Bu tercihler ilkin nasıl olup da ortaya çıkmıştır? Eğer bir dişi parlak tüylü bir erkek seçerse oğulları da parlak tüylü olacaktır, bu da muhtemelen avcılarını kendine çekecektir. Parlak renkli erkekleri tercih geni zararlı görünüyor. Böylesi genler bir popülasyonda nasıl yayılıyor?



Eşeyssel seçilim alıp başını gittiğinde (2/2)

Görünüşte zararlı böyle genlerin popülasyonda nasıl yayıldığına dair pek çok olası cevap var, bunlardan bazıları:

Kaçkın seçilim

Dişilerin eşlerini rasgele seçtikleri bir kuş popülasyonu düşünün. Hafifçe daha uzun kuyruklu erkekler biraz daha ustaca uçup av olmaktan kaçacaklar ve böylece daha kısa kuyruklu erkeklerle oranla sağkalım şansları biraz daha fazla olacaktır. Bu durumda dişi seçim yapmak için bir geni (daha uzun kuyruk = daha çekici) tercih edecektir çünkü – daha uzun kuyruklu bir erkek seçerek – daha uzun kuyruklu oğullara sahip olacaktır. Bu özellik popülasyonda, çoğu erkek uzun kuyruğa sahip olana ve çoğu dişi uzun kuyruklu eş tercih edene kadar yayılacaktır. Buraya kadar bir sorun yok.

Kuyruk uzunluğunun artma sebepleri



Ne var ki bu bir kez gerçekleştiğinde, süreç kontrolden çıkıp erkeklerin özellikleri zararlı hale gelinceye kadar abartılılaşabilir. Başka bir deyişle, dişi tercihi, sağkalmaya sağladığı fayda yerine, daha da uzun kuyrukların evrimini tetiklemeye başlayabilir, ta ki erkekler artık av olmaktan kurtulmalarını sağlamayan cafcıflı tüylerle yüklenene kadar.

İyi genler

Dişilerin eşlerini rasgele seçtikleri bir başka kuş popülasyonu düşünün. Popülasyondaki bazı erkeklerin sağkalm için daha iyi genleri vardır, ama bir erkeğin iyi genlere sahip olup olmadığını anlamak zordur. Bu senaryoda uzun kuyruklar – yapım ve bakımları masraflı olduğu için – sağkalmayı zorlaştırır. Bu kadar masraflı oldukları için de sadece iyi genlere sahip erkekler onları üretecek fazladan kaynaklara sahip olacaktır. Bu durumda uzun bir kuyruk iyi genlerin bir göstergesi olacaktır. Dişi seçiciliği için bir gen (daha uzun kuyruk = daha seksi) tercih edilecektir çünkü – uzun kuyruklu/iyi genli bir erkek seçerek – oğulları da iyi genlere sahip olacaktır. Bu özellik popülasyonda, çoğu dişi uzun kuyruklu eşler seçene kadar yayılacaktır ve uzun kuyruk üretebilen erkekler tercih edilecektir.

Erkek özellikleri	Genetik kalite	
	İyi	Kötü
Kısa kuyruk (Ucuz)	Canlı	Canlı
Uzun kuyruk (Masraflı)	Canlı	Ölü

Eğer dişiler “uzun ve masraflı” kuyruklu erkekleri seçerlerse, iyi genleri kapmaları garanti olacaktır! Eğer “kısa ve ucuz” kuyrukluları seçerlerse, iyi genleri de kapabilirler kötülerini de.

Her şey bir uyarlanım değildir

Her ne kadar canlılar şaşırtıcı uyarlanım örnekleri sergileseler de, türlerin sahip olduğu pek çok karakteristik aslında uyarlanım değildir.

Bir çiçeğin taç yaprağının şeklinden, köpeğinizin uyumadan önce kendi etrafında dönmesine, komşunuzun sarı-kızıl renkli saçlarına kadar her şeye uyarlanımcı açıklamalar aramak cezbedicidir. Bu şekilde açıklamalar uydurabiliriz, fakat dikkate alınması gereken başka açıklamalar da var:

Tarihsel sürecin sonucu

Neden GGC baz dizilimi bir proteinde glisin aminoasidini şifrelemektedir de bir başka amino asite karşılık gelmemektedir? Çünkü yolculuk bu şekilde başlamıştır – ve ortak atamızdan bizlere bu şekilde kalıtılmıştır. GGC ve glisin arasındaki ilişkide özel olan hiçbir şey yoktur. Bu sadece öylece kalmış tarihsel bir raslantıdan ibarettir.

Sadece bir yan ürün

Kan neden kırmızıdır? Bu, kanın kırmızı rengin yansıtılmasına neden olan kimyasının bir yan ürünüdür. Kanın kimyası bir uyarlanım sonucu oluşmuş olsa da, kanın kırmızı olması bir uyarlanım değildir.

Modası geçmiş bir uyarlanım

Belki de mevcut çevreye değil de geçmiş zamana ait bir uyarlanımdır. Örneğin, bilim insanları su kabağı bitkisinin sert kabuklu, büyük meyvelerinin aslında geçmiş dönemlerde yaşamış gomfoterler gibi büyük memelilerin tohumlarını dağıtmasına yönelik bir uyarlanım olabileceğini öne sürüyor. Ancak fillerin bu erken akrabalarının nesli 10,000 yıldan daha uzun bir süre önce tükendi! Eğer bu hipotez doğruysa, meyvenin bu özellikleri artık tohumun dağılmasına yönelik bir uyarlanım olarak düşünülemez.

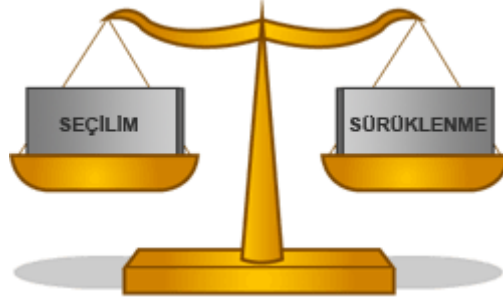


Genetik sürüklenmenin sonucu

Bazı biyologlar genetik çeşitliliğin ne kadarının doğal seçim tarafından sağlanan uyarlanımsal ve ne kadarının genetik sürüklenme tarafından sağlanan etkisiz çeşitlilik olduğu konusunda fazlaca tutkulu olabilmekte.

Nötral kuram: sürüklenme ve seçilimin görelî önemi

Baktığımız her yerde doğal seçilime bir kanıt görüyormuşuz gibi gelebilir: organizmalar buldukları çevrelere oldukça iyi uyarlanmış gibidir. Fakat moleküler evrimin nötral kuramı, popülasyon içindeki çoğu genetik çeşitliliğin doğal seçilimin değil, mutasyon ve sürüklenmenin bir sonucu olduğunu söyler.



Temel olarak bu kuram, eğer bir popülasyon bir genin farklı çeşitlerini barındırıyorsa, bu çeşitlerin her birinin kendi işini diğerleri kadar iyi gördüğünü söyler. Diğer bir deyişle çeşitlilik yansızdır, genin A versiyonunu ya da B versiyonunu taşıyor olmak seçim değerini değiştirmez.

Nötral kuram kolaylıkla yanlış yorumlanabilir. Kuram şunları SÖYLEMEZ:

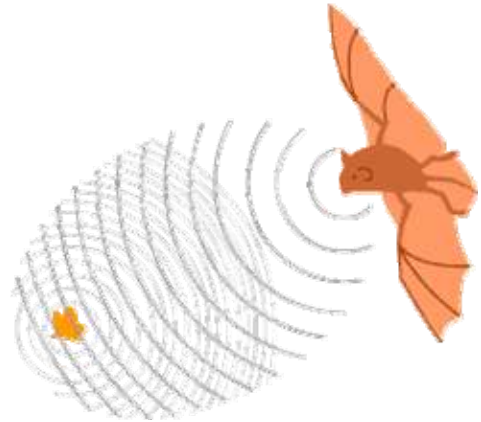
- Organizmalar çevrelerine uyarlanmamışlardır
- Tüm morfolojik çeşitlilikler etkisizdir
- TÜM genetik çeşitlilikler etkisizdir
- Doğal seçim genom düzenlenmesinde önemli rol oynamaz

Nötral kuramın temel noktası basitçe, bir popülasyonda bir genin birkaç çeşidini görüyorsak bunların sıklıklarının sadece rasgele sürükleniyor olabileceğidir. Nötral kuramı destekleyen ve yanlışlayan veriler çetrefillidir. Nötral kuramın ne derecede etkili olduğunun ortaya çıkarılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç var.

Ardıl uyarlanım

"Ardıl uyarlanım" evrilmiş ancak uyarlanım olarak düşünülemez karakteristیکlere bir örnektir. Biyologların uyarlanım olan ve olmayan özellikler hakkında konuşabilmeleri için, evrimsel biyologlar Stephen Gould ve Elizabeth Vrba yeni bir kavram önerdiler:

- **Uyarlanım** (İng. adaptation) — doğal seçim tarafından mevcut işlevi için üretilmiş bir özellik (yarasalardaki yankı konumlama gibi).
- **Ardıl uyarlanım** (İng. exaptation) — Belli bir işlevi olan fakat doğal seçim tarafından mevcut kullanımı için üretilmemiş olan bir özellik. Muhtemelen bu özellik, başlangıçta doğal seçim tarafından mevcut



işlevinden farklı bir iş için üretilmiştir, fakat daha sonra yeni bir işlev yüklenerek bugünkü işlevini göstermeye başlamıştır.

Örneğin kuşların tüyleri başlangıçta tamamen yalıtıma yönelik bir seçim doğrultusunda ortaya çıkmış, ancak daha sonradan uçuş işlevini yüklenmiş olabilir. Bu durumda tüylerin genel yapısı yalıtım için bir uyarlanımdır, ancak uçuş için bir ardıl uyarlanımdır.



Uyarlanım sayılmak için ne gerekir?

Doğal seçilimin, bir canlıda belli bir işlevi yerine getirmek doğrultusunda ortaya çıkarıp biçimlendirdiği özelliklere uyarlanım denir.

Bu tanıma dayanarak belirli kestirimlerde bulunabiliriz (“Eğer A belli bir işlev gerçekleştirmek için ortaya çıkmış bir uyarlanımsa, o halde A, şu ve şu niteliklere sahip olmalıdır” gibi) ve kestirimlerimizin gözlemlerimizle uyup uymadığına bakabiliriz. Örnek olarak “tüyler kuşların uçuşu için bir uyarlanımdır” hipotezini ele alalım. Acaba veriler bu hipotezle uyumlu mudur?



Bu uyarlanım ölçütlerinden her birini sınamak için deneyler yapabilir, bir özelliğin doğal seçim tarafından biçimlendirilmiş olup olmadığını bulabiliriz. İyi güzel, ama bu sonuç bize, söz konusu özelliğin ilk ortaya çıktığı dönemde tam olarak neler olup bittiğini söylemez - bu gibi tarihsel soruları ayrıca ele almamız gerekir. Örneğin tüyler, acaba uçuş işlemine yönelik doğal seçim bağlamında mı ortaya çıktılar, yoksa başka bir bağlamda mı?

Yani tüylerin bugün uçuşa hizmet ettiği kuşku götürmezse de, ilkel tüylerin uçmaya yönelik bir uyarlanım olmaması muhtemeldir. Belki de ilkel tüyler önce başka bir işlev için uyarlandılar, uçuş için ise sonradan, ardılları uyarlandılar. Biyologlar, bu soruları yanıtlayarak tüylerin ilk baştaki evrimi için alternatif senaryolara yöneldiler.



Bu sorunun çözümü açısından hem Archaeopteryx gibi fosillerin bulunması, hem de soyoluşların hazırlanması yoluyla canlıların tarihinin anlaşılması çok önemli olmuştur. Bir özelliğin şu anda belli bir işlevi olduğunu bilmek yetmez, ilk ortaya çıktığı sırada neler olup bittiğini de bilmek isteriz. Bu da ilgilendiğimiz canlıların soyoluşunu yeniden kurmayı ve ilgilendiğimiz karakterlerin soyun atasındaki hallerini belirlemeyi içerir.

“Yeterince uygun” olanın sağkalımı

Doğal seçilimin “mükemmel biçimde tasarlanmış” özellikler üretmemesinin birçok nedeni vardır. Örneğin, çitalar sadece biraz daha hızlı koşabilirdi, daha çok av yakalayarak daha başarılı olabilirdi (daha çok sayıda yavru yapabiliirdi) diye düşünebilirsiniz. İşte doğal seçilimin neden mükemmeli ya da daha hızlı çitayı oluşturmadığının birkaç nedeni:

Gerekli genetik çeşitliliğin mevcut olmaması

Seçilim sadece mevcut genetik çeşitlilik üzerinde oynayabilir. Bir çita daha hızlı gitmesini sağlayacak genlere sahip olsaydı daha hızlı koşabilirdi — fakat, eğer hızlı koşmasını sağlayacak genler mutasyon ya da gen akışıyla popülasyonda mevcut hale gelmemişse bu yöne doğru bir evrim söz konusu olamaz. “Daha hızlı” bir çita ancak popülasyondaki en hızlı çitanın “daha hızlı” genlerini bir sonraki nesle aktarmasıyla evrilebilir.



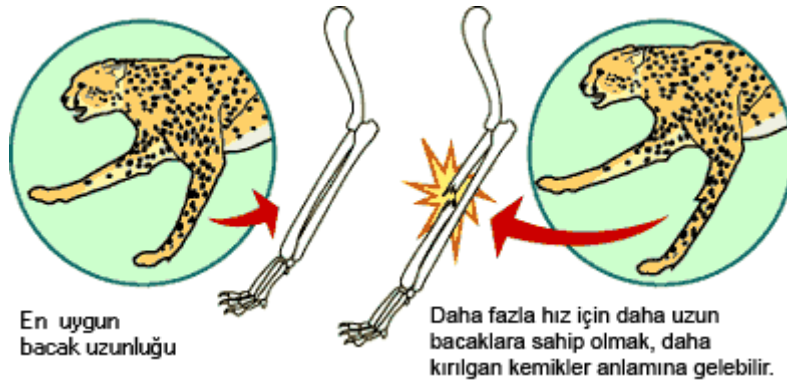
Geçmişe bağlı kısıtlamalar

Belki daha farklı bir bacak kası ve kemik yapısı daha hızlı çitaların meydana gelmesini sağlayabilir — fakat, memelilerin temel yapıları halihazırda genlerinde mevcuttur ve böylesi

karşılıklı sınırlanmış bir gelişimin değişmesi çok zordur. Gerçekten de, mevcut durumdan o duruma geçmenin hiçbir yolu olmayabilir.

Ödünleşim

Bir özelliği daha iyisiyle değiştirmek başka bir özelliği daha kötü hale getirebilir. Belki de daha hızlı gitmeyi sağlayan genler popülasyonda mevcuttur — fakat bir tür ödünleşim söz konusudur: kısa mesafelerde daha hızlı koşmak çita metabolizmasının daha fazla enerjiye ihtiyaç duyması ya da çitanın bacaklarının tehlikeli biçimde kırılabilir/hassas hale gelmesi anlamına gelir. Daha uzun bacak kemikleri atılan adımın büyüklüğünü artırmasına rağmen artan bükülme baskısına bağlı olarak kırılma risklerini de artırır. Bu durumda, daha hızlı gitmeyi sağlayacak gene sahip olmak seçim değerinde net bir artış sağlamıyor olabilir.



Doğal seçim mükemmel üretemeyebilir, fakat en azından belirgin şekilde zararlı genlerin çaresine bakacağını umuyor olabilirsiniz; değil mi? Belki de değildir...

Zararlı genler

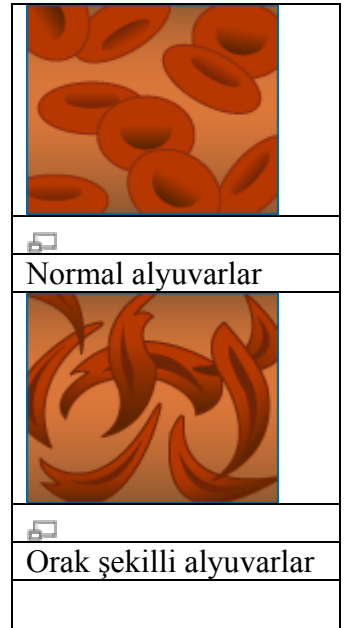
Mükemmel bir popülasyon hiçbir zararlı gen taşımamalı – fakat daha önce gördüğümüz gibi, doğal seçim mükemmel popülasyonlar üretmiyor.

Olumsuz etkisi olan genlerin, doğal seçim aracılığıyla popülasyondan uzaklaştırılması gerektiğini düşünürüz. Bu genleri taşıyan bireyler taşımayanlar kadar üreyemeyeceklerdir, böylece genler sonraki nesillere aktarılamayacaktır. Bununla birlikte zaman zaman bu beklentinin gerçekleşmediği durumlarla karşılaşırız. Örneğin insan popülasyonları genellikle, üremeyi etkileyen bazı hastalık yapıcı genler taşır.

Bir popülasyonda bu zararlı genlerin var olmasının sebebi nedir?

Bu genler heterozigot üstünlüğüyle sürekliliklerini koruyor olabilir

Bir genin iki kopyasını taşımanın zararlı ama tek kopyasını taşımanın yararlı olduğu durumlarda doğal seçim bu geni popülasyondan kaldırmayacaktır – genin heterozigot durumda yararlı oluşu, varlığını korumasını sağlar. Örneğin, orak hücreli anemiye sebep olan gen, eğer genin iki kopyasını da taşıyorsanız zararlı bir gen dir. Fakat bu genin



sadece bir kopyasını taşıyorsanız ve sıtmanın yaygın olduğu bir yerde yaşıyorsanız, bu gen sıtmaya karşı bağışıklık sağladığından sizin için yararlı olur.

Bu genler gerçekte seçilim değerini düşürmüyor olabilir

Bazı genetik hastalıklar etkilerini sadece ileri yaşlarda, canlı üredikten sonra gösterir. Örneğin Huntington hastalığına sebep olan gen zararlı etkilerini hastanın en verimli üreme yıllarından sonra gösterir. Canlının seçilim değeri, yaşamının uzunluğuna göre değil de bir sonraki nesile genlerini aktarıp aktaramadığına (yani üreyip üremediğine) göre ölçüldüğünden, bu tip genler üzerinde seçilim baskısı güçlü değildir.

Mutasyon sayesinde devamlılıkları sağlanıyor olabilir

Her ne kadar doğal seçilim onları ayıkla da, mutasyonlar popülasyonlarda her an ortaya çıkar. Örneğin nörofibromatoz, sinir sisteminde tümörlere yol açan bir hastalıktır. Doğal seçilim hastalığa sebep olan bu geni tamamen ortadan kaldıramıyor çünkü yeni mutasyonlar görece daha sıklıkla (muhtemelen her 4000 eşey hücresinde 1) ortaya çıkıyor.

Bu genlerin devamlılığı gen akışı tarafından sağlanıyor olabilir

Söz konusu gen yakındaki bir yaşam alanında yaygındır ama zararlı olmayabilir. Eğer yakındaki bu popülasyondan sıklıkla göç alıyorsa, incelediğimiz popülasyonda genin zararlı etkilerini gözlemleyebiliriz. Örneğin, ABD gibi sıtmanın sorun teşkil etmediği yerlerde orak hücreli anemiye sebep olan genler ciddi şekilde zararlıdır. Bununla birlikte, dünyanın pek çok yerinde orak hücreli anemi, genin tek kopyası sıtmaya karşı bağışıklık sağladığı için, çok daha yaygındır. İnsanların göç etmeleri bu genin dünyanın her yerindeki insan popülasyonlarında bulunmasına neden oluyor.

Doğal seçilimin zararlı geni ortadan kaldırmaya henüz yeterince vakti olmamış olabilir

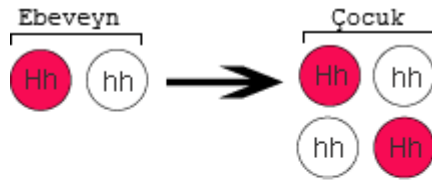
Seçilimin yönü çevre değiştikçe değişir – 10 nesil önce yararlı ya da etkisiz olan bir gen, günümüzde zararlı olabilir. Doğal popülasyonlarda gözlemlediğimiz bazı zararlı genler ayıklanıyor olabilir ancak doğal seçilimin onları henüz tam olarak ortadan kaldırmaya zamanı olmamış olabilir. Örneğin, her ne kadar bu konu biraz tartışmalı olsa da, bazı araştırmacılar Avrupa popülasyonlarında görece yüksek sıklıkta bulunan sistik fibroz geninin, bu popülasyonlarda koleranın kol gezdiği zamanlardan kalma tarihi bir iz olduğunu söylüyorlar. Sistik fibroz genini taşımanın koleraya karşı bir tür bağışıklık sağladığı, bu yüzden de eski Avrupa popülasyonlarında sıklığının arttığı iddia ediliyor. Günümüzde kolera bu gelişmiş ülkeler için bir tehlike arz etmediğinden ve seçici çevre değiştiğinden, doğal seçilim sistik fibroz genini bu popülasyonlardan yavaşça siliyor olabilir.

**Huntington hastalığı hakkında daha fazla bilgi edinin.*

Huntington'un Kore (Chorea) Hastalığı: Genetik Hastalıklar ve Evrim



Kolombiya Venezuela, Maracaibo, Maracaibo Gölü



- = hastalıklı birey
- = sağlıklı normal birey
- H = Huntington'ın aleli
- h = normal alel

görlür. Köylerin bazılarında insanların yarısından fazlasında bu hastalık vardır.¹

Bu kadar yıkıcı bir genetik hastalığın bazı popülasyonlarda bu kadar yaygın olması nasıl mümkün olabilir? Doğal seçilimin genetik bozuklukları insan popülasyonlarından ayıklaması gerekmez mi? Hastalığın evrimsel genetiği üzerine yapılan araştırmalar Huntington'un kore hastalığının insan popülasyonlarındaki devamlılığının iki ana nedeni olduğunu gösteriyor: Mutasyonla zayıf seçilimin birarada olması.

Soldaki şema Huntington hastalığının nasıl aktarıldığını gösteriyor. Hastalığa yol açan söz konusu alel baskın olduğu için, eğer bir bireyin ebeveynlerinden biri bu hastalığa sahip ise o bireyin bu hastalığı kapma olasılığı %50'dir.

Huntington'un kore (chorea) hastalığı insanlarda görülen yıpratıcı genetik bir hastalıktır. Popülasyon düzeyindeki bu sorunun genetik kökenine ve evrimsel tarihine yakından bir bakış, hastalığın insan popülasyonlarındaki hala gözlenmeye devam ediyor olmasının nedenlerine ve potansiyel çözüm yollarına ışık tutar.



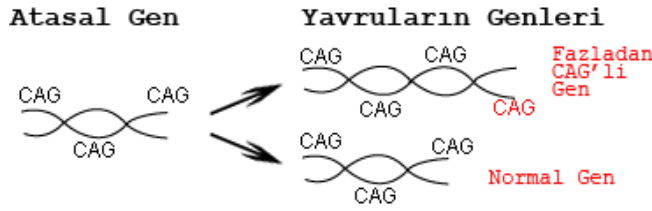
Maracaibo Gölü halkı

Bu genetik hastalığı miras alanlar, sinir hücrelerinin işlevini bozan, vücutları ve zihinleri üzerindeki kontrollerini yavaş yavaş tüketen ve nihayetinde ölüme yol açan baskın bir anormal alele sahiptirler. Venezuela'nın Maracaibo Gölü çevresinde (soldaki harita) bulunan balıkçı köylerinde yaşayan insanlarda Huntington'un kore hastalığı dünyanın başka yerlerine oranla çok daha sık görülür.

Mutasyon

1993 yılında birçok farklı laboratuvarın ortak çalışması sonucunda Huntington hastalığından sorumlu olan suçlu bulundu: kendini tekrar tekrar yineleyen bir DNA zinciri, CAGCAGCAGCAG..... Huntington geninde çok fazla CAG (35'ten fazla tekrar) taşıyanlar hastalığa sahip oluyordu. Pek çok durumda, hastalıktan etkilenenler hastalığa yol açan aleli ebeveynlerinin birinden alıyorlardı. Diğerlerinin aile geçmişinde hastalık yoktu fakat Huntington'a neden olan yeni mutasyonlar olabiliyordu.

Eğer bir mutasyon Huntington genine yeni CAG'ler eklenmesine yol açarsa yeni Huntington alelleri yaratılmış olur. Elbette CAG'leri eksiltecek mutasyonlar da mümkün, ancak araştırmalar gösteriyor ki Huntington söz konusu olduğunda mutasyonlar CAG'lerin eklenmesi yönünde gerçekleşmeye meyilli, yani CAG'lerin eklenmesi eksilmesinden çok daha olası.



Parent Gene: Atasal Gen Daughter Genes: Yavruların Genleri[7] Fazladan CAG'li Gen / Normal Gen / RESİM ÜSTÜNE GELİNCE: CAG'lerin kopyalanması

Seçilim

Sanki mutasyonların bu eğilimi yetmezmiş gibi, Huntington hastalığı doğal seçilimin elinden büyük oranda kurtulabilen genetik hastalıklar sınıfına dahildir. Huntington çoğunlukla çok basit bir nedenle doğal seçilime "görünmez"dir: Bu hastalık, genellikle insanları üremelerinden önce etkilemez. Alel, bu geç etkisi nedeniyle, doğal seçilimden sakınarak bütün kötü etkilerine rağmen bir sonraki nesile "sinsi" bir şekilde geçmeyi başarır. Huntington'un erken etki göstermesi ender görülen bir durumdur ve erken nükseden hastalık türleri popülasyondan hızlıca ayıklanır.

Devamlılık

Evrimin seçim ve mutasyon mekanizmaları Huntington'un popülasyonlardaki devamlılığını anlamamızı sağlayabilir. Genel olarak Huntington hastalığı enderdir, pek çok batı ülkesinde her bir milyon kişide 30 ile 70 arasında vaka görülür. Ancak seçim bu alelleri söküp atmada görece iyi çalışmadığından ve mutasyonla yeni aleller ortaya çıktığından hastalık tümüyle ortadan kalkmaz.

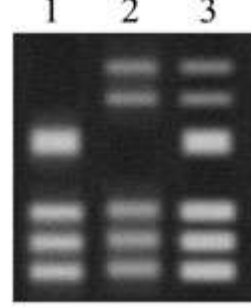
Dr. Nancy Wexler (sağda hastalığın genetik soybilim sonuçlarına bakarken görülüyor) 1970'lerden bu yana Maracaibo Gölü çevresinde sıklığı dikkat çekici düzeyde yüksek olan Huntington üzerine çalışıyor. Dr. Wexler, bölgede hastalığın yüksek oranlarda görülmesini kurucu etkisi denilen evrimsel bir olayla açıklanabileceğini buldu. Yaklaşık 200 yıl kadar önce Huntington aleli taşıyan tek bir kadın, 10 tane çocuk dünyaya getirdi. Bugün Maracaibo Gölü sakinlerinin pek çoğunun soyu (ve hastalığa yol açan genleri) bu aileye kadar izlenebiliyor. Tarihin küçük bir cilvesi, yüksek doğum oranları ve zayıf seçim bu popülasyonun sırtındaki genetik yükün sorumlusudur.

Çözümler?

Bugün hekimlerin elinde Huntington'un hastalığı için bir çare, hastalığın ilerlemesini durduracak sihirli bir hap yok. Fakat doğal seçilimin elinden sıklıkla kaçan ve sürekli yinelenen bir mutasyonla özetlenebilecek hastalığın evrimsel tarihinin anlaşılması, hastalığın sıklığının uzun vadede azaltılmasını sağlayacak bir noktaya işaret ediyor: İnsanların daha bilinçli üreme tercihleri yapmasını sağlamak.

Bugün genetik testler Huntington aleli taşıyan insanların çocuk sahibi olmadan ve hastalık etkisini göstermeden önce belirlenmesini sağlayabiliyor. Huntington alelini belirleyen genetik test bir çeşit DNA parmak izi gibi çalışıyor. Bir DNA örneği kopyalanır ve parçalara bölünür. Parçalar daha sonra bir jel üzerine yayılır (sağda). Bantların oluşturduğu desen araştırmacılara kişinin Huntington'a yol açabilecek aleli taşıyıp taşımadığını gösterebilir.

Bu bilgi ışığında insanlar daha bilinçli üreme tercihlerinde bulunabilirler. Örneğin Maracaibo Gölü'nde araştırmacılar ve sağlık çalışanları, yerel halka doğum kontrolü imkanları sunmaya çalışıyorlar. Böylece halk hastalıkla ilgili aile geçmişlerine dayanarak üreme tercihi yapabiliyor. Sonuç olarak insanlar bu bilgiyle ne yapmaya karar verirlerse versinler, hastalıkla ilgili bu kapsamlı anlayış evrimin sunduğu tarihi bakış açısı olmadan imkansızdı.



Genetik testlerdeki bantlaşma örgüsünü karşılaştırmak araştırmacılara kişinin Huntington'a yol açabilecek aleli taşıyıp taşımadığını gösterebilir.

Silahlanma yarışı

Av ve avcının birlikte evrimi, evrimsel silahlanma yarışı doğurabilir.

Örneğin bir bitki-yiyen böcekler sistemini düşünelim. Böcekleri kaçıran ya da onlar için zararlı bir kimyasal üretecek şekilde evrilen her bitki seçilecektir. Ancak bu genin yayılması böcek popülasyonları üzerinde baskı oluşturacak ve bu defa, savunmanın üstesinden gelme yeteneğine sahip her böcek seçilecektir. Bu da bitki popülasyonu üzerine bir baskı oluşturacak ve daha güçlü bir kimyasal savunmaya sahip olacak şekilde evrilen her bitki seçilecektir. Bu da tekrar böcek popülasyonu üzerinde bir baskı oluşturacak ve durum bu şekilde sürüp gidecektir. Savunma ve karşı-savunma düzeyleri, kazanan bir taraf olmadan yükselmeye devam edecektir. Bu nedenle buna silahlanma yarışı denir. Böyle evrimsel silahlanma yarışları muhtemelen bitki/otobur sistemlerinde görece daha yaygındır.

Başka av/avcı sistemleri de silahlanma yarışıyla meşguldür. Örneğin Murex salyangozları gibi pek çok yumuşakça, yengeç ve balık gibi hayvanlar tarafından yenmekten kurtulmak için kalın kabuk ve dikenlere sahip olacak şekilde evrilmiştir. Buna karşılık olarak da yırtıcılarda, salyangozların kalın kabuk ve dikenleriyle baş etmek için daha güçlü kısıkaç ve çeneler evrilmiştir.



Murex



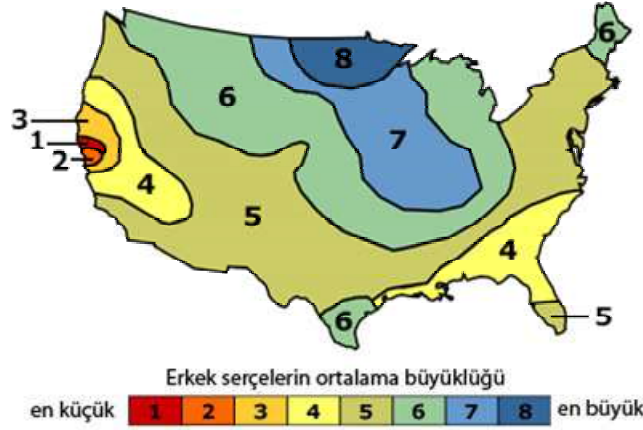
Yengeç

Mikroevrim örnekleri

Mikroevrim, bir popülasyonda gen sıklıklarının değişimidir. Bu tip evrimsel değişimler kısa zaman aralıklarında gerçekleşebildiklerinden, çoğunlukla, ortaya çıkan değişiklikleri gözlemlene şansımız olur. Bugüne dek yabani hayatta sayısız doğal seçim olayı gözlemlenmiştir; bunlar arasından üç örneği aşağıda sizler için ele aldık.

Büyük serçe - küçük serçe

Serçeler Kuzey Amerika'ya 1852 yılında getirildi. O günden bu yana kıtadaki serçeler, farklı yerlerde farklı özelliklere sahip olacak şekilde evrildiler. Bugün kuzeydeki serçe popülasyonları, güneydekilere göre yapıcı daha büyüktür. Popülasyonlar arasındaki bu farklılaşma muhtemelen doğal seçimin bir sonucudur: Ne de olsa büyük yapılı kuşlar küçük yapılılara göre daha düşük sıcaklıklarda yaşayabilirler. Kuzeydeki iklimin daha soğuk olması, büyük yapılı kuşları seçiyor olabilir.



Bu haritada gösterildiği gibi, kuzeyde, daha soğuk bölgelerde yaşayan serçeler, daha ılık bölgelerdeki serçelere göre daha büyükler. Bu farklılıklar büyük olasılıkla genetik temelli oldukları için, onların mikroevrimsel bir değişimi örneklediklerini neredeyse kesin olarak söyleyebiliriz: Ortak bir atadan gelen popülasyonların gen sıklıkları artık birbirinden farklı.

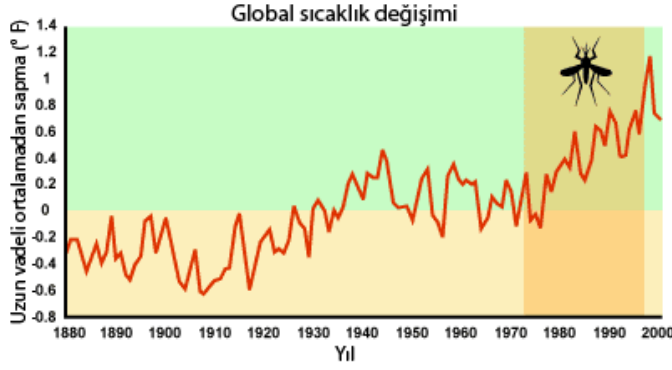
Küresel Isınmayla Başa Çıkma

Doğal seçilimi, doğada yaşanan insan kaynaklı değişimlerin pek çoğunun bir sonucu olarak da gözlemleyebiliriz. Sözgelimi, küresel ısınma kısmen daha yüksek sıcaklıklara ve daha uzun yazlara neden olmaya başladı. Bu çevresel değişimin evrimsel etkileri nelerdir? Yeni veriler toplandıkça bu sorunun cevabı da yavaş yavaş ortaya çıkıyor.



Küresel ısınmanın kış uykusuna yatan canlılar üzerindeki olası etkilerini düşünün. Bu canlılar kış esnasında büyümmez ve üremezler. Eğer zamanlarının daha büyük bir kısmını üremeye ve üremek için kaynak bulmaya ayırabilselerdi, seçim değerleri herhalde daha yüksek olurdu. Fakat düşük sıcaklıklar şimdiye dek onları kısıtlıyordu. Şimdi ise küresel ısınma onlara büyümeye ve üremeye daha çok zaman ayırma fırsatı veriyor – yine de bu fırsattan yararlanmaları muhtemelen evrimsel bir değişim gerektirecek.

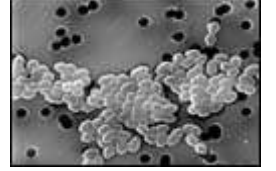
Wyeomyia smithii isimli sivrisinek (resimde bir ibrik bitkisinin içinde görülüyor), küresel ısınma karşısında evrilen türlerden biridir. Sivrisinekler, yılın hangi zamanında olduklarını ve ne zaman kış istirahatine çekileceklerini anlamak için ipucu olarak (sıcaklığı değil) gün uzunluğunu kullanırlar - bu “zaman bulma” yöntemi genlerin belirlenimi altındadır. Daha kısa kışları olan ılık iklimlerde, biraz daha uzun süre ortalıklarda olup istirahate daha geç çekilen sivrisineklerin daha yüksek bir seçim değerine sahip olacaklarını ve sonuçta yaygınlaşacaklarını tahmin edebiliriz. Nitekim, 30 yıldır bu sivrisineklerle ilgili veri toplayan bilim insanları da tam olarak bu türden bir değişim gözlediler. Geçen yıllar boyunca sivrisinek popülasyonları, istirahate çekilmeye başlamak için her seferinde biraz daha kısa günleri ipucu olarak kullanacak şekilde evrildiler.



Bu grafik 1880'den 2000 yılına dek küresel sıcaklıktaki değişimleri göstermektedir. 50 dereceli enleminde yaşayan sivrisinek popülasyonları, 1972 ve 1996 yılları arasında istirahate geçmek için 9 gün daha fazla bekleme yönünde evrildiler.

Direnç oluşturma

Zararlıkırın direnci, otkırın direnci ve antibiyotik direnci doğal seçim yoluyla gerçekleşen mikroevrim örnekleri arasındadır. Burada gösterilen enterokok bakterileri birkaç çeşit antibiyotiğe karşı direnç geliştirmişlerdir.



**Antibiyotik direnci hakkında daha fazlasını okuyun.*

Antibiyotik Direnci: Kaçınılmaz son nasıl ertelenir?

Daha 40-50 yıl önce antibiyotikler ölümcül hastalıkları tedavi etmekte o kadar etkiliydiler ki, insanlar antibiyotikleri mucize ilaçlar olarak görüyorlardı. Pek çok antibiyotik tam da bu yüzden, çok iyi işledikleri ve çok sık kullanıldıkları için, daha az etkili hale geldiler.

Bulaşıcı hastalıklara karşı akın

Antibiyotik çağı, 1929 yılında Alexander Flemming'in Penicillium küf kolonilerinin çevresinde bakterilerin üremediğini gözlemlemesiyle başladı. Bu büyük keşfi izleyen on yıllarda bakteri ve mantarlarca (fungi) üretilen çeşitli moleküller, bakterilerin yol açtığı verem ve zatürre gibi hastalıklarla savaşmak için başarıyla kullanıldı. Antibiyotikler sayesinde pek çok bulaşıcı hastalıktan kaynaklanan ölümler önemli ölçüde azaldı .

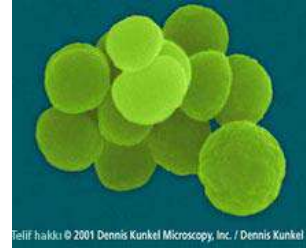
Bulaşıcı hastalıkların karşı atağı

Antibiyotiklerin altın çağı kısa sürdü. Son 20-30 yıl içinde pek çok bakteri soyunda antibiyotiklere karşı direnç evrildi. Bunun bir örneği, sağda görülen ve belsoğukluğuna neden olan *Neisseria gonorrhoeae* isimli bakteridir. 1960'larda penisilin ve ampisilin, pek çok belsoğukluğu vakasını karşı etkiliydi. Bugün ise ABD'de bu belsoğukluğu bakterilerinin %24'ünden fazlası bu antibiyotiklerden en az birine karşı, Güneydoğu Asya'dakilerin ise %98'i penisiline karşı dirençlidir¹. Yani bugün bulaşıcı hastalığa yol açan bakterileri kontrol etmek, bunların on ya da yirmi yıl önceki atalarını kontrol etmeye kıyasla çok daha zor.

Hekimler reçeteye yazdıkları antibiyotiğin hastalarını her seferinde iyileştirebildiği "o eski güzel günleri" özleyiyorlar. Beri yandan evrim kuramı, bakterilerin ilaçlarımıza direnç kazanma hızını yavaşlatmaya yardımcı olacak birkaç özel taktik öneriyor.

Evrime dair bilgilerimizi uygulamaya koyalım

Evrime kuramından yola çıkarak, bakterilerin direnç geliştireceği öngörülebilirdi. Bakteriler dahil her canlı, yeterli zaman ve kalıtsal çeşitliliğe sahipse, antibiyotik kullanımı gibi seçici bir baskı altında, eninde sonunda evrilecektir. Öte yandan, yine evrim kuramından yola çıkarak, hekim ve hastalara yaygın antibiyotik direnci evrimini yavaşlatacak kimi stratejiler geliştirilebilir. Bu stratejilerden bazıları şöyle:

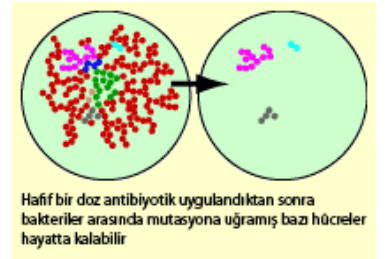


1. Virüslerin yol açtığı hastalıkları tedavi etmek için antibiyotik kullanmayın

Antibiyotikler bakterileri öldürür, virüsleri değil. Eğer soğuk algınlığı ya da grip gibi virüslerin neden olduğu bir hastalığa karşı antibiyotik alırsanız, virüsleri öldüremediğiniz gibi, vücudunuzdaki bakteriler üzerinde de seçici bir baskı oluşturarak, istemeden de olsa bakterileri antibiyotik direnci yönünde seçmiş olursunuz. Oysa ki savaştığımız bakterilerin antibiyotikleri hiç tatmamış "bakireler" olmalarını yeğleriz – böylece eğer bir gün kontrolden çıkar ve bağışıklık sisteminizin baş edemeyeceği bir enfeksiyona yol açarlarsa, yaygın bir antibiyotikle öldürülebilirler.

2. Hafif doz antibiyotikleri uzun dönemli kullanmaktan kaçının

Eğer bir enfeksiyonun kontrol edilmesi için antibiyotik gerekliyse, kısa dönemli ve yüksek dozlu bir reçete tercih edilmelidir. Böylece geride tek bir sağ bakteri bırakmadan, bütün hastalık yapan bakteriler öldürülür. Hafif dozda antibiyotik uygulandığında ise, kısmen dirençli bazı bakteriler sağ kalmayı başarabilir. Sözün özü, eğer antibiyotik gibi bir seçici baskı uygulayacaksanız, bunu öyle güçlü uygulamalısınız ki dirençli biçimlerin



Hafif bir doz antibiyotik uygulandıktan sonra bakteriler arasında mutasyona uğramış bazı hücreler hayatta kalabilir

evrilmesine izin vermeden, konakta hastalık yapan bakterilerin tümünün tükenmesine neden olsun.

3. Bakterilerin yol açtığı bir enfeksiyonu tedavi ederken ilacın tamamını bitirmelisiniz

Hafif dozların direnç üretmesi gibi, antibiyotiklerin eksik kullanımı da bakterilerin hayatta kalıp uyum sağlamasına yol açabilir. Eğer antibiyotik gibi seçici bir baskı uygulayacaksanız, bunu yeterince güçlü ve uzun uygulayın ki hastalık yapıcıları evriltmesin, yok etsin.

4. Bakterilerin yol açtığı enfeksiyonları tedavi etmek için ilaç kombinasyonları kullanın

Eğer belirli bir ilaç bakterilerin yol açtığı hastalığı tedavi etmekte işe yaramıyorsa, bakterilerin direnç kazandığı bir durumla karşı karşıya olabilirsiniz. Bu durumda aynı antibiyotiğin daha yüksek dozunu kullanmak, aynı seçici baskının gücünü arttırmaya ve belki de süper dirençli bir soyun evrilmesine neden olabilir. Bunun yerine bakterinin daha önce hiç karşılaşmadığı bir başka antibiyotiği kullanmak daha uygun olabilir. Bu yeni ve farklı seçici baskı daha iyi iş görüp bakterilerin evrilmesini değil, yok oluşlarını sağlayabilir.

5. Çiftlik hayvanlarında ve tarım ürünlerinde antibiyotiklerin önleyici amaçla kullanımını sınırlandırın ya da durdurun

Tarım ürünleri ve çiftlik hayvanlarında antibiyotiklerin gereksiz kullanımı dirençli soyların evrimine yol açabilir. Daha sonra gerçekten gerekli olduğunda bu soylar antibiyotikler tarafından kontrol altına alınamayabilir. Çiftlik hayvanları ve tarım ürünlerinde önleyici amaçlı kullanılan antibiyotikler, bu gıdaları tüketen insanların vücuduna da girebilir.

Sonuç olarak, bakterileri evrilen varlıklar olarak algılamamız ve evrimlerini anlamamız, onların evrimini kontrol etmemize yardımcı olacak ve antibiyotiklerin kullanım ömrünü uzatmamıza imkan sağlayacaktır.

Laboratuvarda yapay seçim

Biz insanlar, binlerce yıldır evrim sürecini etkilemekteyiz: Gerek doğal çevrede neden olduğumuz değişimler nedeniyle, gerekse hayvan ve bitkileri evcilleştirirken yürüttüğümüz yapay seçim yoluyla. Ancak yapay seçim çiftçilere mahsus değildir - pek çok araştırmacı da laboratuvarlarında yapay seçimle evrimi ayrıntılı biçimde belgelemiştir.



Lepisteslerin üzerlerindeki benekler yapay seçim yolu ile değiştirilebilir.

John Endler adlı araştırmacının düzenlediği mikroevrim deneyleri güzel bir örnektir: Endler, seçim yoluyla lepisteslerin üzerlerindeki beneklerin değişmesini sağlamıştır. Deneyleri anlamak için üç bilgi önemlidir: Birincisi, lepisteslerin benekleri büyük oranda genler tarafından belirlenir. İkincisi, lepisteslerin buldukları ortamın renklerine benzemelerini sağlayıp, daha az görünür kılan benekler, onları avcılarından korur. Üçüncüsü, lepistesleri

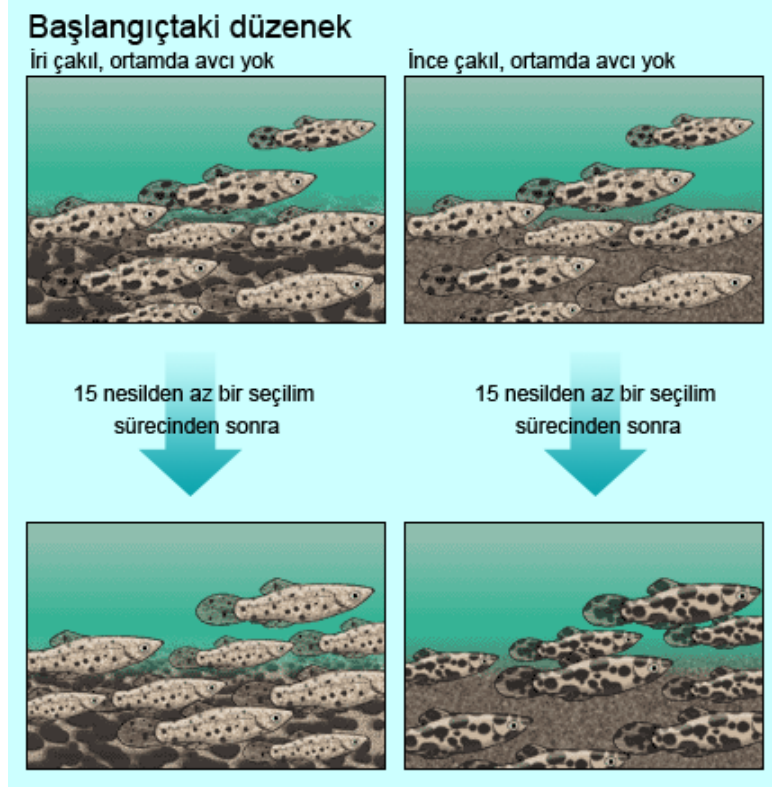
ortamdan farklı, daha görünür kılan benekler, onların eşlerinin ilgisini çekmelerini sağlar. Endler, laboratuvarındaki yapay havuzlara benzer lepistes popülasyonları yerleştirdi. Bütün havuzlara avcılar da koydu. Ancak bazı havuzların diplerindeki çakıllar küçük, bazılarındakiler büyüktü. Aşağıda Endler'in deneyi basitleştirilerek gösterilmiştir.



Lepisteslerin üzerlerindeki benekler yapay seçim yolu ile değiştirilebilir.

15 nesilden daha kısa süren seçilimin ardından, farklı havuzlarda bulunan lepisteslerin benek şekilleri seçilimin sonucu olarak oldukça farklılaştı. Etrafta avcılar olduğu için, lepistesler buldukları ortama benzeyecek şekilde evrildiler.

Daha sonra Endler, aynı havuz düzenekleri ile ama bu sefer avcı kullanmadan ikinci bir deney yaptı.



Lepisteslerin üzerlerindeki benekler yapay seçim yolu ile değiştirilebilir.

Avcı olmadığında sonuç ilk deneyin tersi yönündeydi: Buldukları ortamdan ayırt edilebilen ve böylece dişilerin ilgisini çekebilen erkek lepistesler lehine bir eşeyssel seçim yaşanmıştı.

Biyolojik tür kavramı

Biyolojik tür kavramına göre "tür", doğada birbiri ile çiftleşebilen, ya da çiftleşme potansiyeli olan popülasyonların üyeleridir. Dış görünüş her ne kadar türü belirlemede yardımcı bir etken olsa da, bir grup canlının tür olarak kabul edilmesinde görünüş açısından birbirlerine ne kadar benzediklerinin bir önemi yoktur.

Dış görünüş her şey değildir

Kimi canlılar birbirine benzer görünseler de farklı türler olabilirler. Örneğin, Batılı çayır toygarları (*Sturnella neglecta*) ve Doğulu çayır toygarları (*Sturnella magna*) neredeyse birbirinin aynı gibi görünür, bununla birlikte birbiriyle çiftleşmez; bu yüzden de buradaki tanıma göre farklı türler teşkil ederler.



Batılı çayır toygarı (solda) ve Doğulu çayır toygarı (sağda) tıpatıp aynı gibi görünürler, üstelik yaşadıkları alanlar da örtüşür fakat çok farklı ötüşlere sahip olmaları yüzünden birbirileri ile çiftleşmezler.

Bununla birlikte, kimi canlılar da birbirinden çok farklı görüldüğü halde aynı türden olabilirler. Örneğin yandaki karıncaları inceleyelim. Bu iki karıncanın birbirine çok uzak iki tür olduğunu düşünebilirsiniz. Aslında kızkardeş olan bu karıncalar Pheidole barbata türüne dahiller ve aynı kolonide farklı görevleri var.

Bir tek tür içinde bile dış görünüşe dair pek çok özellik birbirinden farklı olabilir. Örneğin, ortanca bitkisinin pembe ya da mavi “çiçekleri” vardır, ama bunlar aslında değişikliğe uğramış yapraklardır. Ancak bu durum iki biçimi farklı türler olarak sınıflandırmamız gerektiği anlamına gelmez. Aslına bakılırsa sadece toprağın pH'sini ve bitkinin topraktan aldığı alüminyum miktarını değiştirerek, mavi “çiçekli” bir bitkinin pembe “çiçekli” hale gelmesini sağlayabilirsiniz.



Problem bundan ibaret değil

Şimdiye dek biyolojik tür kavramı ile ilgili iki zorluğa değindik: eşeysiz üreyen canlıları ne yapacağız, ayrıca birbiri ile zaman zaman melezleşen canlılar ne olacak? Problemin diğer zorlukları da şunları içeriyor:

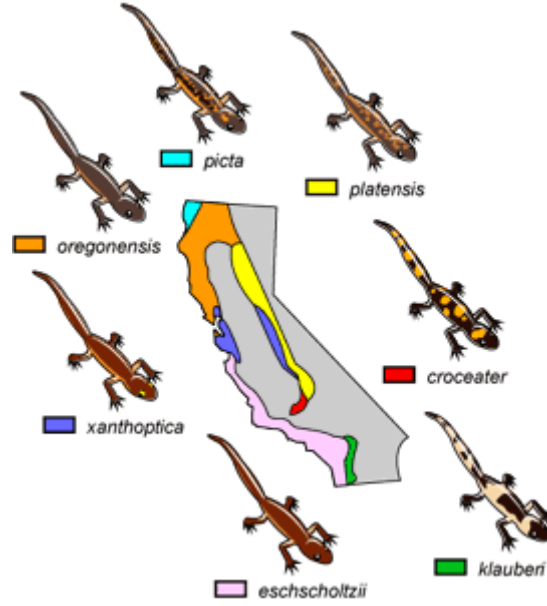
- “Üreme potansiyeline sahip”ten kasıt nedir? Eğer bir kurbağa nüfusu, aşağıda görüldüğü gibi bir otoban ile bölünmüş olsaydı, bu durum iki kurbağa grubunu birbiri ile çiftleşmekten alıkoyacaktı. O zaman onları ayrı türler olarak mı tanımlamalıyız? Büyük olasılıkla hayır, peki ama biz iki grup arasına bir çizgi çekmeden önce onların birbirinden ne derece ayrılmış olmaları gerekiyor?

Ayrı türler mi?



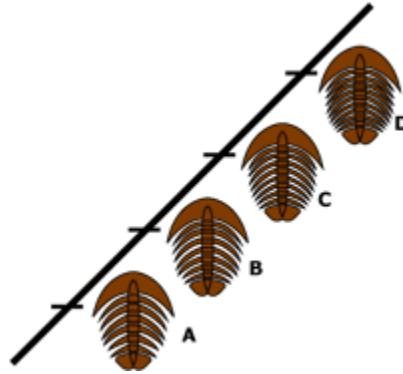
*Halka türler, coğrafi dağılımları bir halka şekli oluşturan ve her birinin dağılımlarının sınırlarda örtüştüğü türlerdir. Örneğin, Kaliforniya'daki *Ensatina* semenderlerinin pek çok alt türü hafif biçimsel ve kalıtsal farklılıklar gösterir. Bu alt türlerin, bir istisna dışında, her biri

hemen yakınlarındaki komşuları ile çiftleşirler: dağılımın iki uç noktasının birbiri ile örtüştüğü Güney Kaliforniya’da, E. klauberi ve E. eschscholtzii birbirleriyle çiftleşmez. Bu durumda türleşme noktası olarak nereyi işaretlemeliyiz?



- Ardıltürler, aynı evrilme soyunun farklı zamanlarda varolmuş evreleridir. Ardıltürler haliyle biyolojik tür kavramı açısından bir sorun teşkil etmektedir. Örneğin, 300 milyon yıl önce yaşamış bir trilobitin, 310 milyon yıl önce yaşamış olan atası ile üreyip üreyemeyeceğini ortaya çıkarmak pek mümkün değil (pek anlamlı da değil!).

Aşağıda görülen trilobit soyu zaman içinde adım adım evrildi:



A trilobitini D trilobitinden ayrı bir tür olarak mı ele almalıyız, eğer öyleyse bu soyu ayrı türlere nereden bölmeliyiz?

Diğer tür kavramları

Biyolojik tür kavramı çoğu canlı için geçerlidir, yani çoğu canlıyı sınıflandırmak için kullanışlıdır. Tür kavramı, evrim kuramının gelişiminde de oldukça etkili ve önemli olmuştur. Bununla birlikte biyolojik tür kavramının bazı kısıtları vardır. Bu kısıtların bazılarında yola çıkılarak başka birçok “tür kavramı” ortaya atılmıştır. Örneğin:

Tanımacı tür kavramı: Tür, birbirlerini muhtemel eş olarak tanıyan canlılar kümesidir.



Bu iki kurbağa, çiftleşmeler de, birbirlerini muhtemel eş olarak tanıdıklarından, tanımacı tür kavramına göre aynı türe ait sayılırlar.

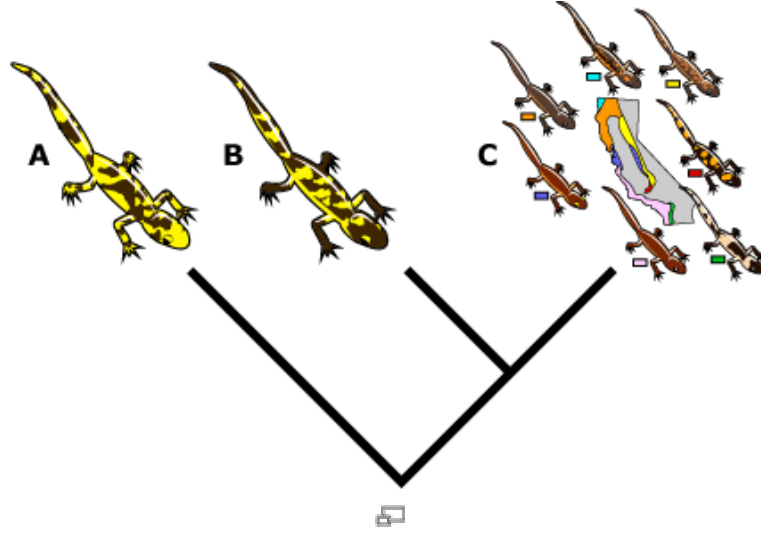
Fenotipe dayalı (fenetik) tür kavramı: Tür, birbirlerine fenotipik olarak benzeyen ve diğer türlerden farklı görünen canlılar kümesidir.



Bu kavrama göre, fenotipik benzerlik farklı türleri ayırt etmede en önemli kısıttır. Burada resmedilen kurbağalar, birbirleriyle çiftleşmeler de birbirlerine fenotipik olarak benzediklerinden bu kavrama göre aynı türden sayılırlar.

Soyoluşsal (kladistik) tür kavramı:

Tür, aynı ortak atayı paylaşan ve soyoluştaki diğer benzer kümelerden ayırt edilebilecek şekilde, dalın bir “ucunu” oluşturan en küçük canlı kümesidir. Bu tanıma göre, halka tür, yüksek miktarda fenotipik çeşitlilik taşıyan tek bir türdür.



Bu örnekte *Ensatina* semender nesillerinden A ve B soyları farklı türlerdir. A soyunun bireyleri ile B soyunun bireyleri ortak bir ataya sahip değildir. Her ne kadar oldukça farklılaşmış olsa da soyoluşsal tür kavramı bağlamında C grubu tek bir türdür. C soyunda farklı atalara sahip olan alt türler yoktur.

Bir araştırmacının hangi tür kavramını kullanmayı tercih ettiği, genellikle çalışma konusuna bağlıdır. Bir kere hangi kavramı kullanacağına karar verdikten sonra, bilim insanı bu tanıma bağlı kalmak durumundadır. Fakat bilim insanları çoğu zaman biyolojik tür kavramını kullanmayı tercih ederler; halkla iletişim söz konusu olduğunda da yine biyolojik tür kavramı kullanılır.





Türleşme Biçimleri

Türleşmenin anahtarı, ayrışan türler arasında genetik farklılıkların evrilmesidir. Bir soy bir kere ikiye ayrıldıktan sonra, bu ayrılığın daimi olabilmesi için, başlangıç türleri arasında çiftleşmeyi önleyen veya çiftleşmenin başarısız olmasına sebep olan genetik farklılıkların bulunması gerekir. Bunun için çok büyük genetik değişikliklere gerek yoktur. Çiftleşme zamanında, yerinde ya da merasimindeki ufak bir değişim, soyların ayrılığını daimi kılmaya yetebilir. Fakat ayrılık için, küçük dahi olsalar kimi genetik değişikliklerin gerçekleşmesi zorunludur. İşte bu değişiklikler doğal seçim ya da genetik sürüklenme yolu ile evrilebilirler.

Ayrılan soylar arasında azalan gen akışı, türleşme süreçlerinde çoğunlukla kritik bir rol oynar. Gen akışının azalmasına ise genellikle başlangıç türlerinin coğrafi olarak birbirinden ayrılmaları neden olabilir. Türleşme biçimleri, gen akışının bu coğrafi ayrılıktan etkilenme derecesine göre sınıflandırılır. Aşağıdaki tabloda söz konusu türleşme biçimlerinin bazıları karşılaştırılmaktadır.

Türleşme biçimi

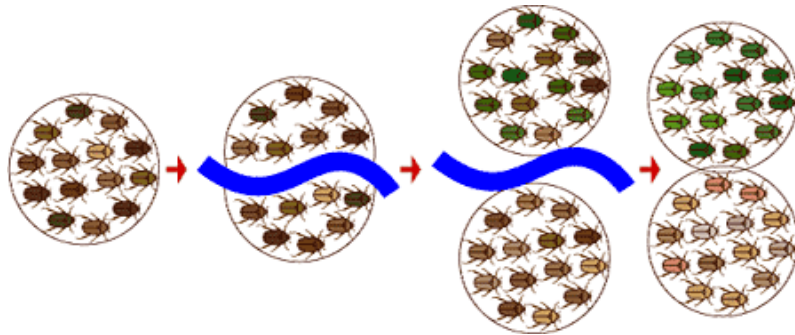
Yeni türlerin oluşma yolu

Farklıyurtlu türleşme	Yeni türler birbirinden coğrafi olarak ayrılmış popülasyonlardan oluşur.	
Çevreyurtlu türleşme	Yeni tür, büyük bir popülasyonun kenarında izole olmuş küçük bir popülasyondan oluşur.	
Komşuyurtlu türleşme	Yeni türler, sürekli dağılım gösteren bir popülasyondan oluşur.	
Aynıyurtlu türleşme	Yeni tür, ata türün yaşadığı alanın içinde oluşur.	

Farklıyurtlu türleşme: Büyük ayrılık



Daha önce de ele aldığımız farklıyurtlu türleşme, “coğrafi yalıtımla türleşme” sürecine verilmiş havalı bir addır. Bu türleşme çeşidinde, bazı dış etkenler iki ya da daha fazla grubun birbirleri ile düzenli çiftleşmelerini önler. Sonunda bu yalıtım, soyun bölünmesine, yani türleşmesine neden olur. Burada yalıtım, grupların aralarındaki büyük mesafelerden veya (aşağıda da gösterildiği gibi) çöl ya da nehir gibi fiziksel engellerden kaynaklanabilir.



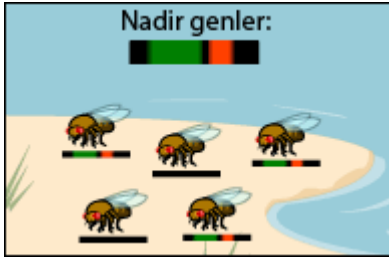
Engelin mutlak değil de, biraz geçirgen olduğu durumlarda - yani birkaç bireyin arada bir engeli aşmış diğer popülasyonun üyeleriyle çiftleşebildikleri durumlarda - bile türleşme gerçekleşebilir. Bir türleşmenin “farklıyurtlu” olabilmesi için, ileride farklı türlere dönüşecek popülasyonlar arasındaki gen akışının ciddi ölçüde azalması gerekir, ama hiç akış olmaması gibi

Çevreyurtlu türleşme

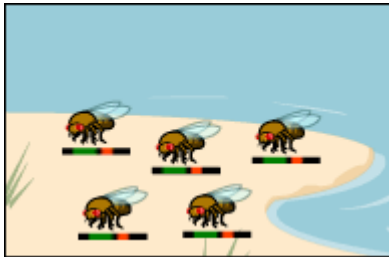
Çevreyurtlu türleşme, farklıyurtlu türleşme modelinin özel bir çeşididir. Bir türleşme sürecini başka süreçlerden ayırdeden özellik, birbirinden yalıtılan popülasyonlardan birinin az sayıda bireyden oluşmasıdır. Burada çevreyurtlu türleşme modelinin nasıl işlediğini hayali bir örnekle tanıtacağız. Kahramanlarımız bir grup gözüpek sirke sineği olacak. Hikayemiz, sineklerin çürüyen bir muz hevinginin üzerinde anakaradan ayrılıp uzaklarda bir adaya sürüklenmeleriyle başlıyor.



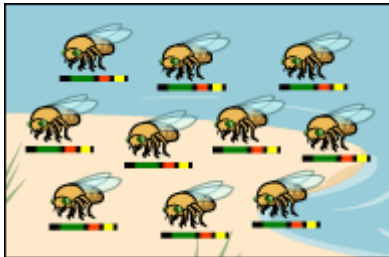
1. Çifte felaket: Adaya sürüklenen sirke sinekleri yalnızca anakaradaki akrabalarından coğrafi olarak kopmakla kalmıyorlar. Bu zorlu yolculuktan yalnızca birkaç larva sağ çıkabiliyor.



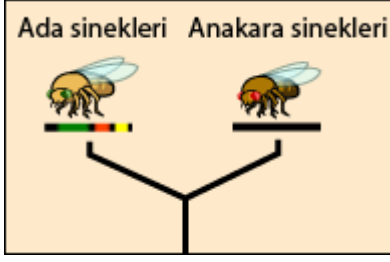
2. Kimi nadir genler sağ kalanlar arasında: Hayatta kalmayı başarmış bu birkaç bireyimiz, şans eseri anakaradaki popülasyonda nadir görülen bazı genler taşıyorlar. Bu nadir genlerden biri, onu taşıyan bireyin çiftleşme dansında ufak bir değişikliğe yol açıyor. Yine anakarada seyrek görülen bir başka gen ise erkek üreme organının biçiminde küçük bir farklılığa neden oluyor. Anakarada yaygın olmayan kimi genlerin, adaya düşen bireyler arasında tesadüfen sık olması, kurucu etkisine bir örnektir.



3. Genetik sürüklenme: Anakaradaki popülasyonda nadir görülen bu ufak özellikler, birkaç nesil geçtikten sonra genetik sürüklenme sayesinde küçük ada popülasyonumuzda sabitleniyorlar – yani adadaki tüm bireyler artık bu özellikleri taşıyor. Böylece adadakilerin, anakaradakilerden farklılaşmış oluyor.



4. Değişimler devam ediyor: Ada popülasyonumuz büyüdükçe, sürüklenmeyle sabitlenen yeni özellikler, eşeysel seçim sayesinde bir dizi başka genetik değişikliğin ortaya çıkmasına yol açıyorlar. Bu değişikliklerin kimisi, erkek ve dişi üreme organlarının birbirine uyumunu artırıyor. Başka değişiklikler ise dişileri erkeklerin çiftleşme dansındaki kimi ayrıntılara daha duyarlı kılıyor. Ayrıca sirke sinekleri, adaya has besinlere ve iklimsel koşullara daha iyi uyum sağlama yönünde de seçilime uğruyorlar.



5. Türleşme: Bu şekilde birkaç nesil geçtikten sonra, ada sinekleri anakaradaki akrabalarından eşeysel olarak yalıtılıyorlar – yani tekrar bir araya gelseler bile üreyemezler. İşte çevreyurtlu türleşme meydana böyle meydana gelir.

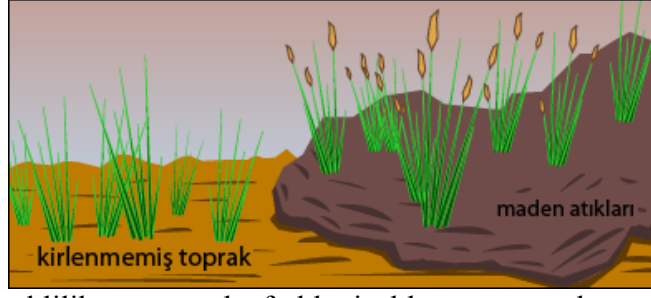
Çevreyurtlu türleşmede, yalıtılan popülasyonun küçük olması önemlidir - küçük popülasyon, coğrafi yalıtımın tam boy türleşmeye dönüşmesini kolaylaştırır. Bunun nedeni bu tip küçük popülasyonlarda genetik sürüklenmenin etkili olmasıdır. Genetik sürüklenme ve muhtemel yeni seçim baskıları, küçük popülasyonlarda genetik değişimleri hızlandırır. Bu gibi genetik değişimler de türleşmeyle sonuçlanabilir. Aynı minvalde, bu türleşme modelinin ayırıcı özelliği, genetik sürüklenmenin türleşmede oynadığı roldür. Aslında bir popülasyonun farklı büyüklükte iki popülasyona bölünmesi ve bunların da sonuçta iki ayrı tür haline gelmeleri, sık karşılaşılabilecek bir durumdur. Ancak türleşme gerçekleştikten sonra, bu süreçte genetik sürüklenmenin tam olarak nasıl bir rol oynadığını kestirmek kolay değildir. Dolayısıyla geçmişte yaşanmış bir türleşme sürecinin çevreyurtlu mu, farklıyurtlu mu olduğunu belirleyecek türde veriler elde etmek ciddi bir meseledir.

Komşuyurtlu Türleşme

Komşuyurtlu türleşmede, gen akışını engelleyen özel, dışsal bir engel bulunmaz. Popülasyon, kapladığı mekanda sürekli bir dağılım gösterir. Bununla birlikte, popülasyondaki bireyler rasgele çiftleşmezler – bireyler genelde coğrafi komşularıyla çiftleşirler, diğer bölgelerdeki bireylerle çiftleşme olasılıkları ise daha düşüktür. Bu tür süreçlerde, gen akışının popülasyon içerisinde sınırlı olması, ayrıca popülasyonun dağılım gösterdiği alanın farklı bölgelerinde farklı seçim baskılarının söz konusu olması, popülasyona ait bireylerin farklılaşmasıyla sonuçlanabilir. *Anthoxanthum odoratum* isimli ot türünde bugün gözlemlemekte olduğumuz değişimler, komşuyurtlu türleşmenin ilk basamaklarına örnek teşkil edebilir (sağ alttaki resim).



Bu bitkilerden bazıları, madenlerin çevresinde, toprağın ağır metallerle kirlenmiş olduğu bölgelerde yetişirler. Maden çevresinde yetişen bitkiler geçmişte doğal seçilime uğramış, ağır metallerle dirençli genotipler yaygınlaşmıştır. Öte yandan, toprağın temiz olduğu diğer bölgelerde yaşayan bitkiler bu tür bir seçim geçirmemişlerdir. Dirençli ve dirençsiz bitki tipleri fazla farklılaşmamışlardır, halen birbirlerini dölleyebilecek kadar yakındırlar. Yani popülasyon süreklilik göstermektedir - ki bu da komşuyurtlu türleşme modelinin ilk koşuludur. Fakat dirençli ve dirençsiz bitkilerde farklı çiçeklenme zamanları ortaya çıkmıştır. Bu farklılık da iki grup arasında gen akışının kesilmesinin ilk basamağı olabilir – sürecin nereye evrileceğini artık zaman gösterecektir .



Bitkilerin dağılımı süreklilik gösterse de, farklı çiçeklenme zamanlarının ortaya çıkmış olması, metallere dirençli ve dirençsiz bitkiler arasında gen akışının kısıtlanmaya başlatmıştır.

Aynıyurtlu Türleşme

Önceki modellerin aksine, aynıyurtlu türleşme süreçlerinde bir popülasyona ait gruplar arasında gen akışını sınırlamada coğrafi farklılıklar rol oynamaz. Peki öyleyse bireylerin rasgele eşleştiği bir popülasyonda gen akışı nasıl kısıtlanır, türleşme nasıl gerçekleşebilir? Yeni ortaya çıkan bir niş, bu nişten yararlanmaya başlayan bireyleri, diğer nişten yararlanan bireylerden ayırabilir. Zaman zaman görülebilen bu türleşme biçimine bir misal, otçul böceklerin yeni bir bitkiyi konak olarak seçmeleriyle yaşananlardır. Örneğin, 200 yıl önce Kuzey Amerika’da, elma kurdu sineğinin ataları, yalnızca o bölgeye has bir alıç bitkisinin meyvesine yumurtlardı. Fakat bugün, bu sinekler yumurtalarını hem alıçlara, hem de Kuzey Amerika’ya yerleşen Avrupalı göçmenlerin getirdikleri elma ağaçlarına bırakmaktadırlar.

Dişiler genellikle yumurtalarını, kendilerinin de yumurtadan çıkıp olgunlaştıkları tipteki meyveler üzerine bırakmayı tercih ederler. Keza erkekler de çiftleşmek için kendi olgunlaştıkları tipteki meyveler arasında gezinirler. Dolayısıyla alıçları tercih eden sinekler genellikle diğer alıç sinekleriyle çiftleşir, elmaları tercih eden sinekler de benzer şekilde diğer elma sinekleriyle çiftleşirler. Yani popülasyona ait gruplar arasındaki gen akışı, farklı tipteki meyveler üzerinde eşleşme tercihi nedeniyle kısıtlanmıştır. Alıç ile elma arasındaki bu konak tercihi, aynıyurtlu türleşmeye doğru giden yolun ilk basamağı olabilir – nitekim 200 yıldan daha kısa bir zaman içinde, bu iki grup sinek arasında bazı genetik farklılıklar evrilmiştir.

Bununla birlikte, biyologlar aynıyurtlu türleşmenin doğada ne kadar sık gerçekleştiği konusunda emin değiller. Popülasyon içindeki grupların farklılaşabilmesi için, özelleşme yönündeki seçim baskısı genelde çok güçlü olmak zorundadır. Çünkü rasgele eşleşebilen bir popülasyonda, gruplar arasında yaşanan gen akışı, gruplar arasındaki farklılıkları silecek ve ayırışmayı zorlaştıracaktır.



elma kurdu sinekleri



elmalar



alıçlar



Aynı coğrafi alanda yaşamalarına rağmen, farklı meyve tercihleri, iki sinek grubu arasında gen akışını kısıtlanmıştır.

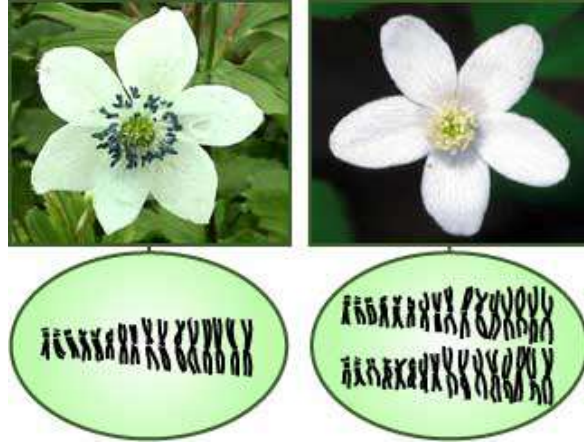
Bitkilerde Türleşme

Üreme sürecinde bitkiler hayvanlara göre çok daha fazla seçeneğe sahiptirler. Hayvanların büyük çoğunluğunda sadece eşeyli üreme görülürken, bir çok bitki, hem diğer bitkileri ve kendilerini dölleyerek eşeyli üreyebilir, hem de kendi kopyalarını oluşturarak eşeysiz üreme gerçekleştirebilir.

Benzer şekilde, türleşme sürecinde de bitkilerin hayvanlara göre daha fazla seçeneği vardır. Bitkilerde sıklıkla şu iki türleşme biçimi görülmektedir:



- **Melezleşme yoluyla türleşme:** Örneğin, Loren Rieseberg ve arkadaşları bazı ayçiçeği türlerinin soyuluşunu incelerken, türlerden bazılarının diğer türler arasındaki döllemeler sonucunda ortaya çıktığını buldular. Bu tip döllemeler sonucunda çoğu zaman üreyemeyen melez döllere meydana gelir, fakat bazen bu melez döllere üreyebilirler ve kendilerini meydana getiren “ebeveyn” türlerle üreme göstermezler. Böylece yeni bir tür meydana gelmiş olur.



Burada iki dağ lalesi türünü ve onlara ait kromozomlarını görmekteyiz. Bu türde görüldüğü üzere, kromozom sayısındaki değişiklikler türleşmeye neden olabilir.

- **Kromozomal değişiklikler yoluyla türleşme:** Bitki türleşmesi sürecinde takımlılık, genellikle bir türdeki kromozom sayısının iki veya daha fazla katına çıkması anlamına gelmektedir. Yani normalde 18 kromozomu olan bir tür 36 veya 54 kromozomu olan bir soy meydana getirebilmektedir. Bir türe ait kromozom sayısının birkaç katına çıkması durumu bitkilerde sık görülmektedir ve bu yolla meydana gelen türler genellikle kendini meydana getiren “ebeveyn” türe benzemezler ve onunla üreme göstermezler. Örneğin, dağ lalelerinde görülen bu tip bir türleşme kromozom sayısının iki katına çıkması sonucudur.

Ayçiçeği resimleri Jason Rick ve Loren Rieseberg’in izniyle; Anemone rivularis resmi Farmyard Üretim Çiftliği’nin izniyle; Anemone quinquefolia resmi Thomas G. Barnes @ USDA-NRCS BİTKİLERİ Veri bankası Barnes, T.G. & S.W. Francis. 2004. Kentucky Üniversitesi Yayınları izniyle alınmıştır.

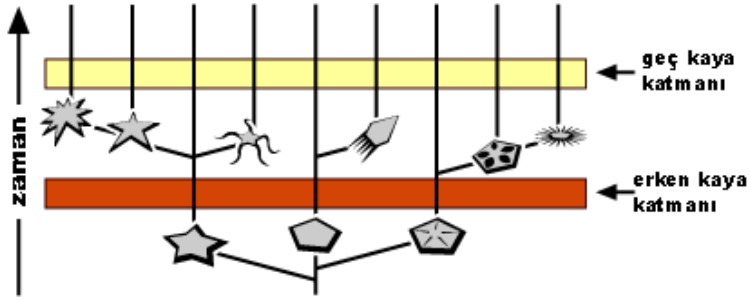
Kanıtları nasıl yorumlarız?

Büyük çaplı evrimsel değişimde “ne, ne zaman oldu” sorusunu cevaplamanın kolay olduğunu düşünebilirsiniz. Fakat bu pek de kolay değildir. Çünkü uzunca bir zaman önce gerçekleşmiş olaylar sözkonusudur, ayrıca ortada gözlemlenmesi ve tekrar edilmesi mümkün olmayan bir tarih vardır. Sözelimi, aşağıdaki şekildeki gibi yanyana iki kayada bulunan fosilleri inceleyen bir paleontolog düşünün. Daha erken döneme ait olan kaya tabakasında, bir miktar derisidikenli (deniz yıldızı ve deniz kestanesini içeren dal) vardır. Daha geç döneme ait olan kaya tabakasında ise oldukça farklı vücut şekillerine sahip olan pek çok derisidikenli bulunmaktadır. Bu kaya tabakaları zamanın içinden, yaşamla ilgili anlık bir görüntü sunuyorlar; bizim işimiz ise anlık görüntüler arasındaki boşluğu doldurmak.

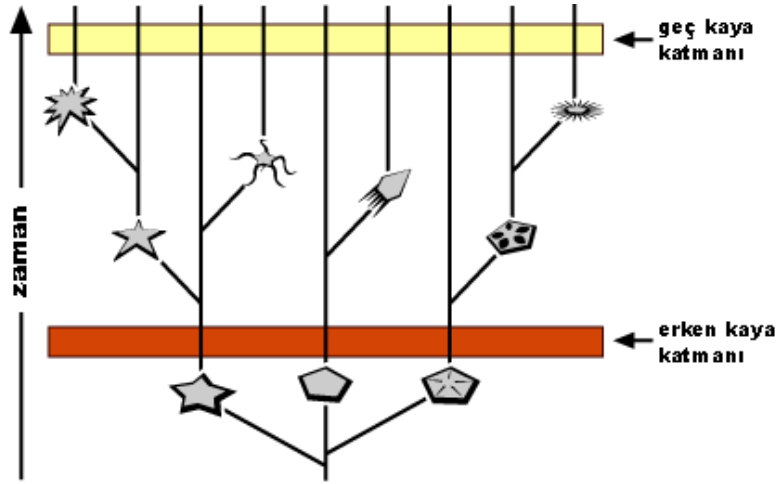


Aşağıdaki senaryoların herhangi biri anlık görüntüler dizisinin kanıtlarıyla tutarlılık gösterebilmektedir:

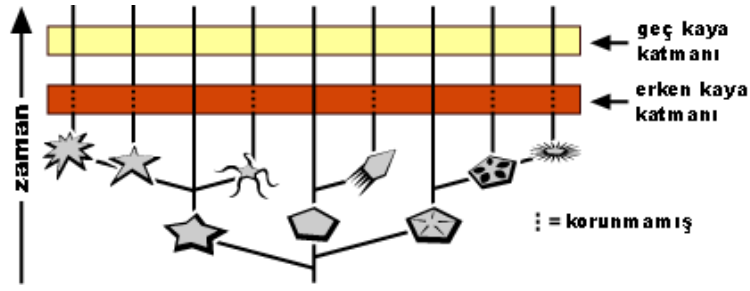
1. Soy ani bir türleşme patlaması ve morfolojik değişim yaşamıştır.



2. Soy yavaş ve istikrarlı bir türleşme ve dışgörünüş değişimi yaşamıştır.



3. Soy söz konusu zaman zarfında fazla bir türleşme ve dışgörünüşsel değişim yaşamamıştır. Son dönem derisidikenlilerin pek çoğu erken dönem kaya tabakasında da mevcuttu- fakat belki de korunamadılar. Belki, "yeni" derisidikenli türü başka bir coğrafi alanda yaşarken erken dönem kaya tabakası yatağı olduğu zaman o alana göç etti ve sadece geç dönem kaya tabakasında korundu.



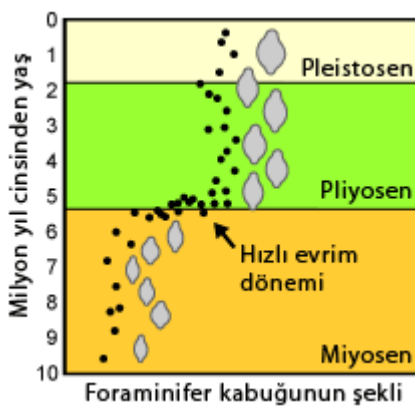
Fosil modelinin arkasındaki gerçek olayı ortaya koymak paleontologların uykusunu kaçıran problemlerdendir.

Durağanlık ve karakter değişimi

Organizmalar kimi zaman ardlarında yoğun fosil kayıtları bırakırlar. Yani bu canlıların fosilleri, hatırı sayılır uzunlukta bir zaman dilimi içinde sık aralıklarla (pek boşluk bulunmayacak şekilde) korunur. Böyle durumlarda bilim insanları evrimsel değişimin hızını doğrudan inceleyebilirler. Foraminiferler, tek hücreli, kabuklu, sıkça karşılaşılan su canlılarıdır. Bu özellikleri onların yoğun bir fosil kaydı bırakmalarını sağlamıştır.



Paleosen döneminden bir foraminifer



Yandaki bu grafik geçtiğimiz 10 milyon yıl boyunca bir foraminifer soyundaki kabuk şeklinin evrimini gösteriyor. Grafiğin bize anlattığı şey çoğu zaman kabuk şeklinin görece durağan olduğu; yani kabuk şekli kısmen değişse de, çoğu zaman belirli bir yönde ciddi şekilde değişiyormuş gibi görünmüyor. Yine de yaklaşık 5.5 milyon yıl önce, görece durağan olan Miyosen ve Pliyosen dönemleri arasında hızlı morfolojik değişimin yaşandığı kısa bir evre görülüyor. Bu gibi veriler, evrimsel değişimin hızına dair hipotezlerin değerlendirilmesi açısından çok önemlidir.

Soy bölünmesi ve türlerin yokoluşu

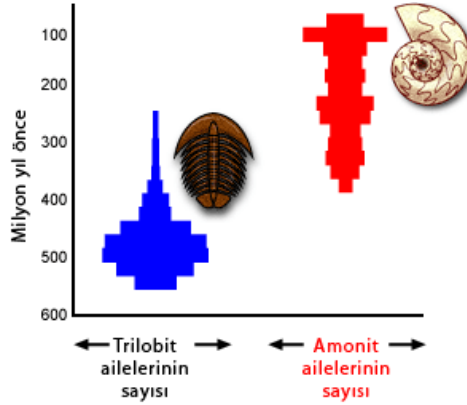
Soy bölünmesi (bir soyun zaman içinde birden fazla gruba ayrılması) ve türlerin yokoluşu canlılık tarihi boyunca seyrek gerçekleşen olaylar değildir; aksine, bu olaylara sık sık rastlarız. Dolayısıyla, eğer bilim insanları bir dal hakkında yeterince bilgiye sahiplerse, bu dala ait türlerin yokolma hızını ya da soyların bölünme hızını - bir başka deyişle, çeşitlenme hızını - da hesaplayabilirler.

Bir dalın çeşitlenme ve yokoluş hızları arasındaki denge, o dalın tamamıyla yokolup olmayacağını belirler. Söz gelimi, eğer okulunuzun folklor ekibi kazandığı üye oranından daha hızlı bir oranda üye kaybediyorsa, ekip bir süre sonra üyesiz kalacak ve dağılmak zorunda kalacaktır.



Eğer bu durum devam ederse folklor ekibi 15 ay içinde üyesiz kalır.

Aynı işlem bir dalın çeşitliliği için de geçerlidir: Eğer yokoluş soy bölünmesinden daha sık gerçekleşiyorsa, soyun tümü sonunda tamamen yokolacaktır. Mesela, trilobitlerin ve amonitlerin hem çeşitlenme ve hem de yokolma hızlarının yüksek olduğunu biliyoruz.

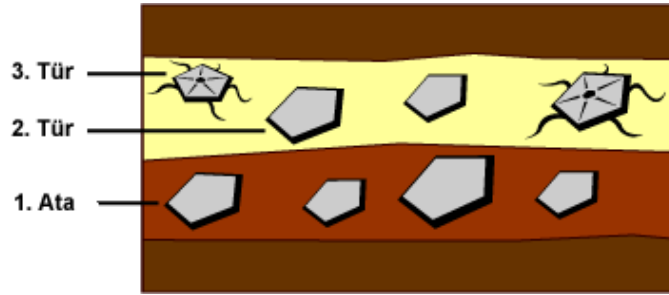


Bunu şu gözlemden çıkararsınız: Fosil kayıtlarında pek çok farklı trilobit ve amonit soyları görürüz, fakat bu soylar nadiren uzun süre boyunca varlıklarını sürdürebilmişlerdir. Ayrıca uzun vadede, bu dalların her ikisi için de yokoluş, soy bölünmesinden daha sık gerçekleşmiştir. Sonuç olarak bugün iki dal da tamamıyla ortadan kalkmıştır.

Yokoluş ve çeşitlenme hızlarını anlamak bize, çeşitliliği değerlendirmede de yeni bir bakış açısı sunar. Örneğin, bir dalın büyük ve kalabalık olmasının nedeni yeni üyeler kazanması (yani çeşitlenme hızının yüksek olması) ya da nadiren üye kaybetmesi (yani yokoluş hızının düşük olması) olabilir.

Evrimin ilerleme hızı hakkında rakip hipotezler

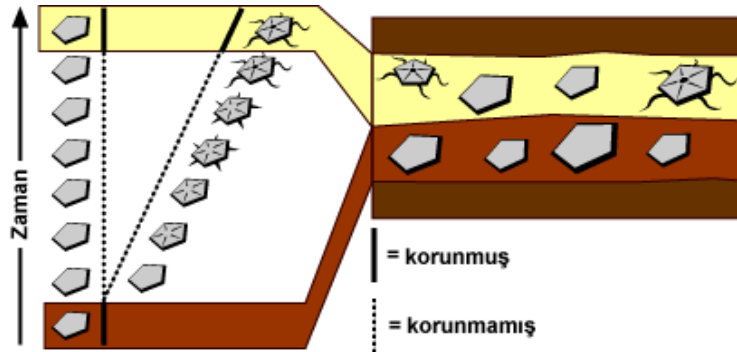
Fosil kayıtlarını incelerken, sık sık evrim “patlamaları” gözlemlediğimiz izlenimine kapılırız. Örneğin kaya katmanları arasında bir soyun fosillerini inceliyor olalım: Alt tabakadaki bir kayada, ata olan 1 numaralı türü bulursunuz. Bir sonraki kaya tabakasında ise 2 ve 3 numaralı türleri... 2 numaralı tür, ata olan 1 ile aynı görünüyor. Tür 3 ise morfolojik olarak farklı duruyor, fakat ata 1'in soyundan geldiği de gayet ortada. Burada ne olmuş olabilir?



Yaşam tarihinde neyin ne zaman olduğunu açıklamaya çalışan farklı hipotezler vardır. Bu hipotezleri, fosilleşmiş zaman kesitleriyle karşılaştırdığımızda, bazen birçok alışılagelmiş hipotez, aynı fosil verileri ile tutarlı görünürler (aralarından birini seçemeyiz). Dolayısıyla, aşağıdaki hipotezlerden hangisinin evrimin ilerleme hızını en doğru şekilde açıkladığını belirlemek için daha çok kanıt ihtiyacımız var.

Tedrici değişim - soyların yavaş yavaş ve devamlı çeşitlenmesi

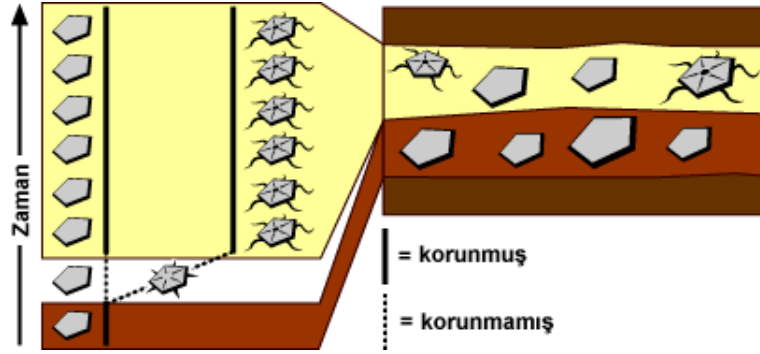
Evrimdeki “sıçrama” aslında jeolojik bir yanılsamadır. Sırf iki kaya tabakasının oluşumu arasında geçen zaman çok uzun (örneğin 5 milyon yıl) olduğu için, evrimsel değişim sıçrama gibi görünmektedir. Aradan geçen zaman içinde tür 3, bir dizi geçiş biçimiyle tedrici bir şekilde ata 1'den farklılaşmıştır, ama bu esnada geçiş biçimleri fosilleşip korunmamıştır.



Kesintili denge - bir türleşme olayına bağlı büyük miktarda değişimin kısa sürede gerçekleşmesi

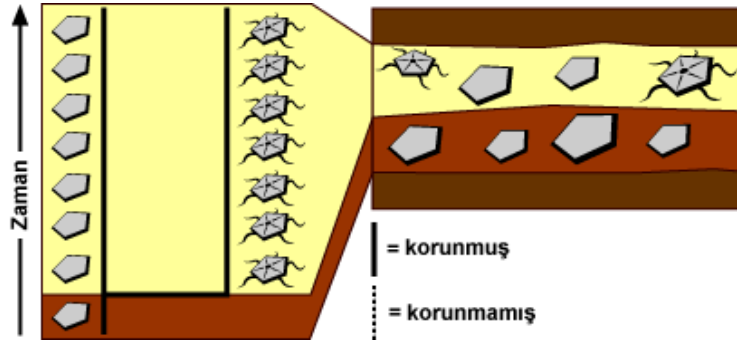
Tür 2 ve tür 3, ata 1'den sadece 10 bin yıl daha gençtir ve bu türleri birbirine bağlayan tüm evrimsel değişim kısa bir süre içinde gerçekleşmiştir. Burada, evrimdeki "sıçrama" gerçekten

de bir sıçramadır. Ata 1 ve tür 3 arasında elbette geçiş biçimleri bulunmaktadır, ama bunlar öylesine kısa bir süre varolmuşlardır ki fosil kayıtlarında korunamamışlardır.



Makromutasyon - geçiş biçimleri olmadan, büyük bir mutasyon ani evrimsel değişime yol açar

Burada da evrimdeki "sıçrama" gerçek bir sıçramadır - çok kısa bir süre içinde çok fazla evrimsel değişimin gerçekleşmesi söz konusudur. Radikal değişikliklere yol açan bir mutasyon, ata 1'in bazı torunlarının 3 numaralı türe dönüşmesine neden olmuştur. Böyle mutantlara zaman zaman "umut vaat eden canavar" denildiği de olur. Bu hipotez de fosil kayıtları ile tutarlıdır. Ancak başka alanlardaki gözlemler, bu tür hem aşırı hem uyarlı mutasyonların gerçekleştiğine dair bir kanıt sunmamaktadır. Yine de, canlıların gelişimini etkileyen mutasyonların çok etkili fenotipik sonuçları olabilir, bu gibi mutasyonların da yaşamın evriminde önemli roller oynamış olmaları ihtimal dahilindedir.



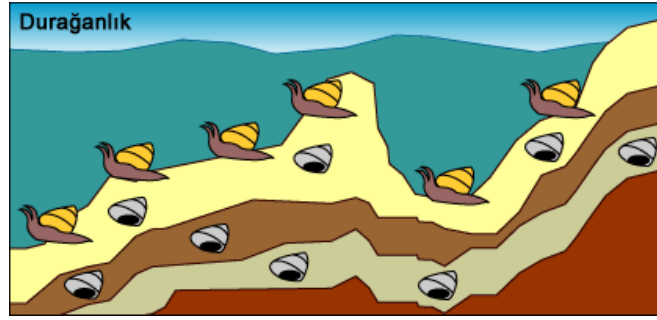
Kesintili dengeye dair bir iki satır daha

Kesintili denge, evrimsel değişimin nasıl gerçekleştiğine dair önemli ama sıkça yanlış yorumlanan bir modeldir. Kesintili denge,

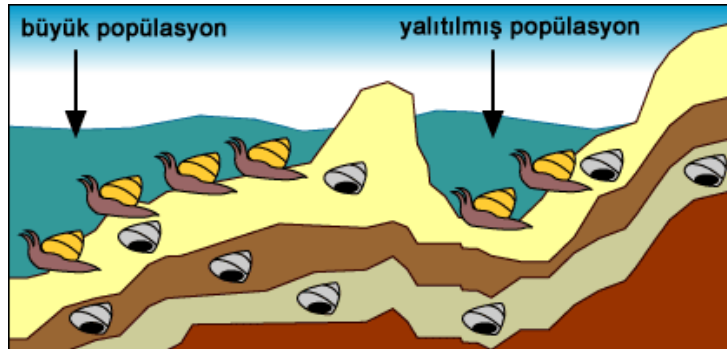
- Darwin'in "doğal seçilim yoluyla evrim" kuramının yanlış olduğunu ileri sürmez.
- Evrim kuramının ana vargısının –yaşamın geçmişinin çok eskiye dayandığı ve canlıların ortak bir atadan türedikleri vargısının– artık geçerli olmadığı anlamına gelmez.
- Doğal seçilimin nasıl işlediğini açıklayan daha önce yapılmış çalışmaları reddetmez.
- Evrimin sadece ani sıçramalar şeklinde gerçekleştiğini iddia etmez.

Kesintili denge modeli, evrimsel değişimin çoğunlukla kısa zaman dilimlerinde ve türleşme olaylarına bağlı olarak gerçekleştiğini öngörür. Modelin nasıl işlediğini, bir yumuşakça soyunun evrimsel hikayesiyle açıklamaya çalışalım:

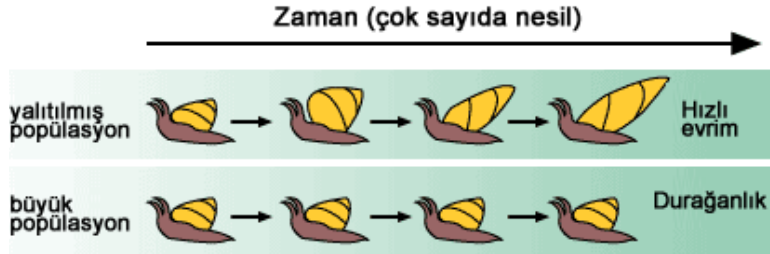
1. **Durağanlık:** Durağan haldeki bir yumuşakça popülasyonu düşünelim. Bireyler yaşamakta, ölmekte ve birkaç yüz bin yılda bir fosilleşerek korunmaktadır. Bu fosillere baktığımızda pek az evrim gerçekleşiyormuş gibi görünür.



2. **Yalıtım:** Bir gün deniz seviyesindeki bir düşüş, bir gölün oluşmasına neden olur ve böylece az sayıda yumuşakça, popülasyonun geri kalanından yalıtılmış olur.



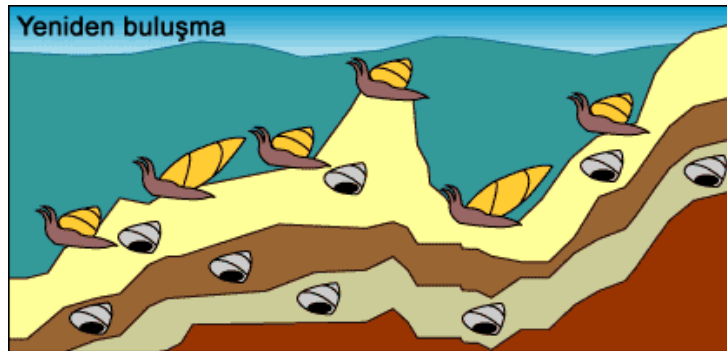
3. **Güçlü seçim ve ani değişim:** Küçük ve yalıtılmış olan popülasyonumuz, hem çevresinin kendisi için yeni oluşu ve hem de nüfusunun azlığı dolayısıyla hızlı bir değişim yaşar. Bir defa yeni oluşan gölün ortamı, yalıtılmış yumuşakçalar üzerinde daha önce karşılaşmadıkları türden seçim baskıları uygular. Buna ek olarak, nüfusunun azlığı nedeniyle genetik sürüklenme de grubun evrimini etkileyecektir. Sonuçta bu yalıtılmış popülasyon süratli bir evrimsel değişime maruz kalır. Yeri gelmişken, böylesi değişim süreçlerinin çevreyurtlu türleşme modeline denk düştüğünü ekleyebiliriz.



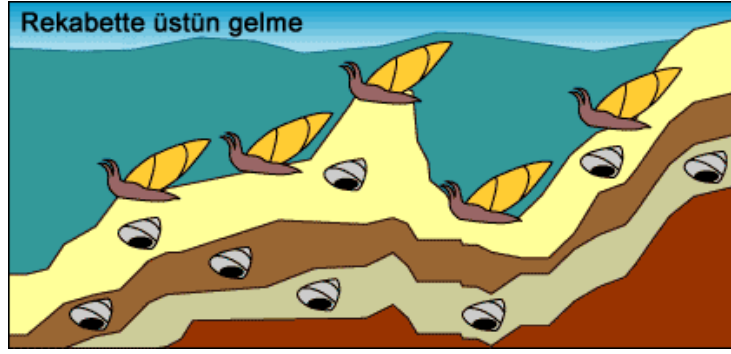
4. **Fosilleşme gerçekleşmez:** Grubun nüfusça azlığı, yalıtılmış konumu ve yaşanan değişimin çabuk gerçekleşmesi dolayısıyla, bu dönemde yaşayan canlılardan fosilleşen olmaz. Dolayısıyla geçiş biçimlerini temsil eden fosiller bulamayız.



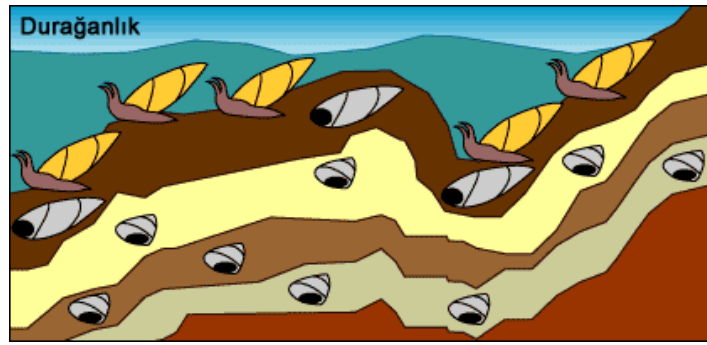
5. **Yeniden buluşma:** Bir zaman sonra deniz seviyesi yükselir ve yalıtılmış yumuşakçaları kardeş soylarıyla yeniden bir araya getirir.



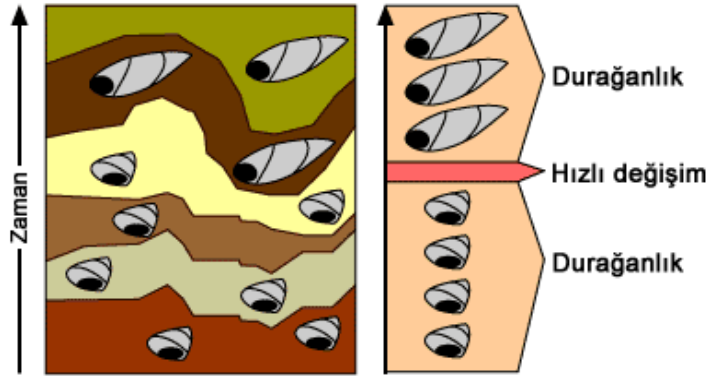
6. **Genişleme ve durağanlık:** Yalıtılmış popülasyon atalarının geçmişte kapladığı alanlara yeniden yayılır. Daha büyük nüfus ve kararlı bir çevre, evrimsel değişim imkanlarını eskiye kıyasla azaltır. Bu arada yumuşakça soyunun vaktiyle yalıtılmış olan kolu, kendi atası olan popülasyonla girdiği rekabette üstün gelip, eski tarzda yumuşakçaların soyunun tükenmesine yol açabilir.



7. **Fosilleşme:** Daha büyük bir nüfus ve daha geniş bir yaşam alanı, bizi tekrar ilk aşamaya götürür: Fosilleşmenin arada sırada gerçekleştiği durağanlık durumu.

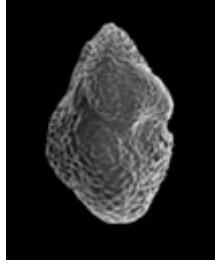


Bu süreç fosil kayıtlarında aşağıdaki örüntüyü doğuracaktır:

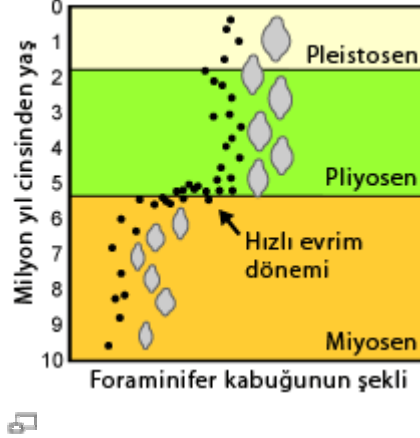


Evrim, türleşme olaylarıyla bağlantılı olan keskin sıçramalar şeklinde gerçekleşmiş gibi görünür.

Pek çok canlının fosil kayıtlarında benzer örüntüler farkediriz. Buna bir örnek, kimi foraminiferlerin (kabuklu tek hücreli protistleri) fosil kayıtlarının sergilediği kesintili örüntülerdir.



Bir foraminiferin elektron mikroskobu ile elde edilmiş görüntüsü



Bununla birlikte, fosil kayıtlarında tedrici, yani kesintisiz evrimin örneklerinin de gözlemlendiğini vurgulamalıyız. Halen yanıt bekleyen soru ise şudur: Yaşam tarihinde kesintili değişimler ile tedrici değişimler birbirlerine kıyasla ne kadar sık görülürler?

Uyarlı Işınım Nasıl Tetiklenir?

Bir neslin farklı uyarlanımlarla evrilerek yeni nesiller oluşturması ve hızla çeşitlenmesi sürecine uyarlı ışınım denir. Uyarlı ışınımları farklı etkenler tetikleyebilir, fakat tüm ışınımların ortak noktası, iyi bir fırsattan yararlanmış olmalarıdır.

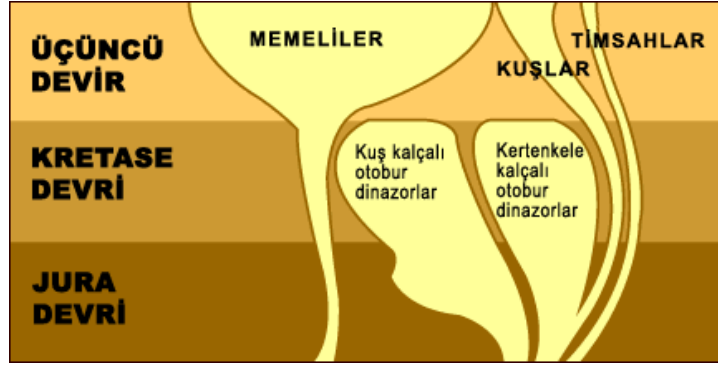
Bir anahtar uyarlanım ortaya çıkar

Anahtar tabir edilen uyarlanımlar, genellikle canlının yeni bir niş ya da kaynaktan faydalanmasını sağlarlar. Anahtar bir uyarlanım, canlıya birçok yeni niş açıp bir uyarlı ışınım fırsatı yaratabilir. Örneğin, kınkanatlı böcek ışınımları, çiçekli bitkilerden beslenmeyi sağlayan uyarlanımların sonucu ortaya çıkmış olabilir.



Canlı rekabetten kurtulur veya terkedilmiş bir niş bulur

Adaları istila eden soylar uyarlı ışınımlar geliştirebilir. Çünkü istilacıların vardıkları adalarda rakip türler varolmayabilir. Ana karada, diğer türler tüm mevcut ekolojik nişleri doldurmuş, böylece de bir soyun yeni biçimlere sahip yeni soylara bölünüp, çeşitlenmesine izin vermiyor olabilirler. Adada ise bu nişler boş olabilir. Keza bir soyun tükenmesi de ekolojik nişleri boşaltabilir ve böylece uyarlı ışınımı mümkün kılabilir. Örneğin bir olasılık, dinazorların neslinin tükenmesi sonucu boşalan nişler, memelilerin yerküre besin ağında bugünkü konumlarına yayılmasını sağlamıştır.



Canlı uzmanlaşır

Uzmanlaşma, tek bir nişi birçok yeni nişe bölebilir. Örneğin, çiklit balıkları Doğu Afrika göllerinde çeşitlenerek bugün 600'den fazla tür doğurmuştur. Bu çeşitlilik, farklı balık soylarının farklı besinlerden (böcekler, algler, yumuşakçalar, küçük balıklar, büyük balıklar, diğer balıkların pulları ve hatta diğer balıkların gözlerinden!) faydalanabilmesi sayesinde ortaya çıkmış olabilir.



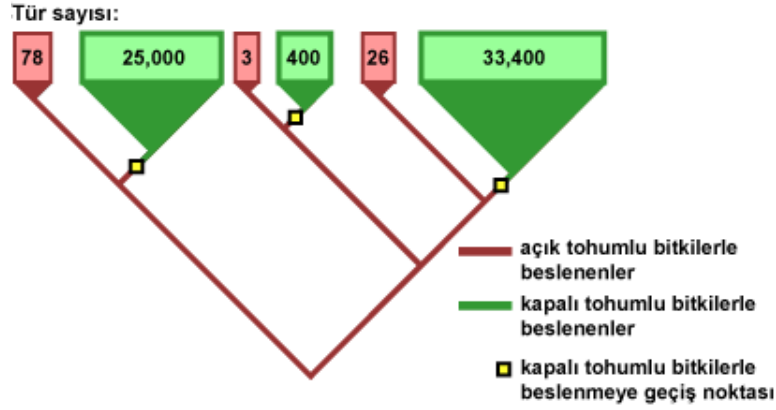
Örnek olay incelemesi: Neden bu kadar çok kınkanatlı var?

Günümüzde yaşayan hayvan türlerinden rasgele birini seçecek olsanız, büyük ihtimalle bir kınkanatlı türü çekersiniz. Dünya üzerinde tanımlanmış 250 bin bitki türü, 12 bin yuvarlak solucan türü ve sadece 4 bin memeli türü vardır. Buna karşın 350 bini aşkın kınkanatlı türü tanımlanmıştır ve daha bir çoğu tanımlanmayı beklemektedir.



Bu kadar çok kınkanatlı türünün olmasının sebebi ne? 1998 yılında Brian Farrell bu soruyu yanıtlamamıza yardımcı olacak bir çalışma yaptı ve kınkanatlıların tüm ana gruplarının soyoluşunu yeniden oluştururdu. Sonra bu soyoluşla kınkanatlıların beslenme özelliklerini yan yana koydu. Bu sayede Farrell, hem ata kınkanatlıların neyle beslenmiş olabileceklerini tahmin etti, hem de soyların ne zaman yeni bir yiyecek çeşidiyle beslenmeye başladıklarını çıkarsadı. Elde ettiği deliller, farklı kınkanatlı soylarının evrimsel geçmişleri boyunca birden fazla defa çiçekli (kapalı tohumlu) bitkilerle beslenmeye geçtiklerini gösteriyordu.

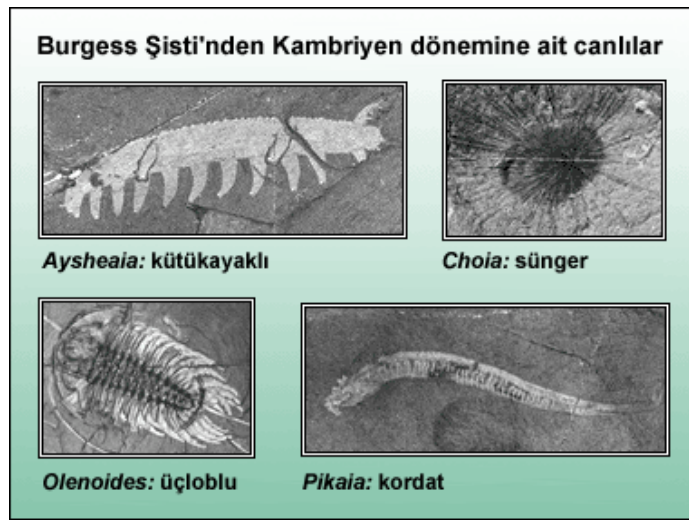
Beslenme tarzlarındaki bu geçişler soyların geleceğini nasıl etkileyebilir? Bunu anlayabilmek için Farrell, ortak atadan gelen ve birbirinin en yakın akrabası olan iki kardeş grubu karşılaştırdı. Paşirtıcı biçimde, karşısına (aşağıda şemalandırılmış olan) aynı örüntü tekrar tekrar çıkıyordu: Eski beslenme tarzını sürdüren nesil nadiren türleşir ve fazla çeşitlenmezken, kapalı tohumlu bitkilerle beslenmeye geçen nesil sıklıkla türleşiyordu. Yani kapalı tohumlu bitkilerle beslenmeye geçişe ya türleşmenin artışı eşlik etmiş olmalı ya da soyun tükenmesi ihtimalinin azalışı. Fakat bunlardan hangisinin geçerli olduğunu kesin olarak söylemek zor. Beslenme ile çeşitlilik arasındaki bağlantıyı özellikle inandırıcı kılan, bunun kınkanatlı evriminde pek çok kez ortaya çıkmış olmasıdır – görünüşe bakılırsa doğa aynı deneyi tekrarlayıp durmuş.



Halen keşfedilmeyi bekleyen şey ise neden kapalı tohumlu bitkilerle beslenmenin kınkanatlıların çeşitlenmesiyle ilişkili olduğudur. Olasılıklardan biri, kapalı tohumlu bitkilerle beslenmeye başlamanın kınkanatlılara yeni nişler açmış olmasıdır. Punu biliyoruz ki, kapalı tohumlu bitkilerle beslenmeye geçen kınkanatlı soyları, bir süre sonra, bitkilerin farklı bölgelerinden (kök, tohum, yaprak, v.b.) beslenecek şekilde özelleşen soylara ayrılarak çeşitlendiler. Bu da kınkanatlıların yeni nişlere girip türleştiği açıklamasıyla tutarlıdır. Böylesi bir çeşitlenme bir uyarılı ışınım) örneği olarak kabul edilecektir. Ancak, bu açıklama hala, daha çok veri ile sınanmayı beklemektedir.

Kambriyen Patlaması

Yaklaşık 530 milyon yıl önce geniş bir hayvan çeşitliliği, Kambriyen patlaması olarak anılan bir olayla evrimsel sahneye yayıldı. Belki de 10 milyon yıl gibi kısa bir sürede deniz hayvanları, günümüzdeki gruplarda da gözlemlediğimiz çoğu temel vücut biçimlerine sahip olacak şekilde evrildi. Bu zamandan günümüze fosil olarak saklanmış organizmalar arasında, kabukluların ve deniz yıldızının, süngerlerin, yumuşakçaların, solucanların, kordalıların ve alglerin akrabaları vardır. Aşağıdaki resimde bu grupların Burgess Şisti'nden örneklerini inceleyebilirsiniz:



“Patlama” mı?

“Patlama” aslında biraz yanlış bir tabir olabilir. Kambriyen yaşamı göz açıp kapayıncaya kadar kısa bir sürede evrildi. Kambriyen dönemi öncesinde de milyonlarca yıllık evrim yaşanmıştır ve hayvan şubelerinin çoğu aslında Kambriyen öncesi dönemde birbirinden ayrılmıştır.

Yani, Kambriyen dönemi hayvanları ansızın ortaya çıkmadılar. Kambriyen öncesine ait fosiller gösteriyor ki, kabaca 575 milyon yıl önce okyanuslarda Edyakaranlar olarak bilinen garip bir hayvan topluluğu yaşamıştır. Edyakaranlarla ilgili fazla bir şey bilmesek de, bu grup Kambriyen patlamasında tanımladığımız soyların atalarını içermiştir olabilir.

Kambriyen öncesi dönemde önemli ayrılmalar meydana gelmiştir.

Esrarengiz Edyakaranlar

Sınıflandırması zor Kambriyen öncesi fosiller



Tribrachidium:
bir denizanasının
veya deniz yıldızının
atası olabilir mi?



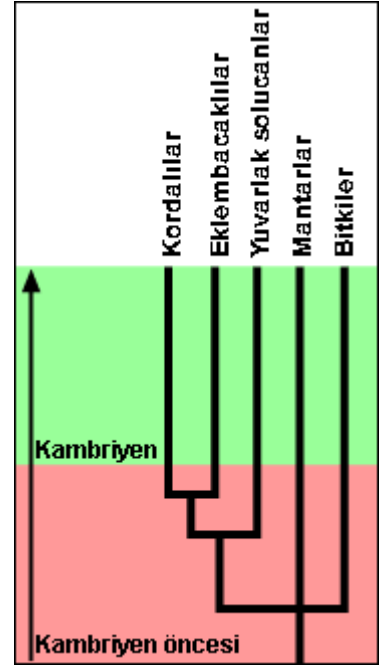
Spriggina: acaba bir eklembacaklı veya
solucan mı?



Kimberella:
acaba bir yumuşakça mı?



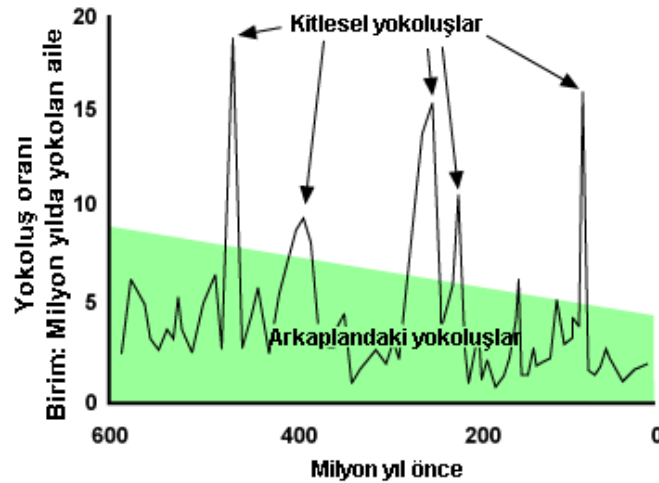
Dickinsonia:
bir solucan olabilir mi?



Kambriyen öncesi dönemde önemli ayrılmalar meydana gelmiştir.

Kitlesel yokoluşlar

Herhangi bir tür için neslinin tükenmesi o tür açısından korkunç bir olay gibi görünebilir. Fakat dünya üzerindeki yaşamın “silinip süpürülüşü” esnasında türlerin yokolması olağan bir işittir. Türlerin yokolması devamlı meydana gelir, bu da dünya üzerinde yaşayan türlerin “döngüsünü” sağlar. Bu normal işleyiş arkaplandaki yokolma olarak da adlandırılır. Öte yandan, bazen, nesil tükenme oranları kısa bir zaman zarfında yükselebilir- bu olay, kitlesel yokoluş olarak da bilinir. Kitlesel tür yokoluşları pek çok türü ortadan kaldırır, fakat boşalan nişler türlerin yeni rollere doğru yayılmalarına olanak sağlar. Bu da dünya üzerindeki çeşitliliği şekillendirir.



Günümüzde elde edilen veriler, yerküredeki canlı yaşamının pek çok kitlesel yokoluş geçirdiğini gösteriyor. Bu yokoluşların belki de en yıkıcısı 225 milyon yıl önceki Permiyen kitlesel yokoluşuydu. O zamanlar yaşamış ve aralarında baskın kara omurgalıları olan sinapsitlerin de bulunduğu türlerin %90'ının nesli tükendi. Bilim insanları bu olaya, iklim değişikliği, volkanik patlama, deniz seviyesi değişimi, kıtasal hareket, asteroidlerin dünyaya çarpması ya da bu faktörlerin birkaçının birden mi neden olduğunu ortaya çıkarmaya çalışıyorlar.

K-T yokoluşu

K-T yokoluşu (65 milyon yıl önceki Kretase-Tersiyer yokoluşu) dinazorların (kuşlar haricinde tabi!), yerküredeki türlerin üçte ikisiyle birlikte yokolmasıyla ünlenmiş olan yokoluştur. Fakat, küçük memeliler, kaplumbağalar, timsahlar, kuşlar, kızılağaçlar ve diğer pek çok hayvan grubu hayatta kalabilmişler.

K-T yokoluşuyla aynı zamanlarda dev bir asteroidin yerküreye çarptığını gösteren çok iyi bir kanıt var. Meksika kıyılarındaki yaklaşık 160 km genişliğinde bir krater, adeta asteroidin arkasında bıraktığı bir iz gibi; üstelik burada altüst olmuş coğrafi birikimler de (iridyum ve kuvars gibi) bir asteroid çarpmasının gerçekleşmiş olduğu önerisini



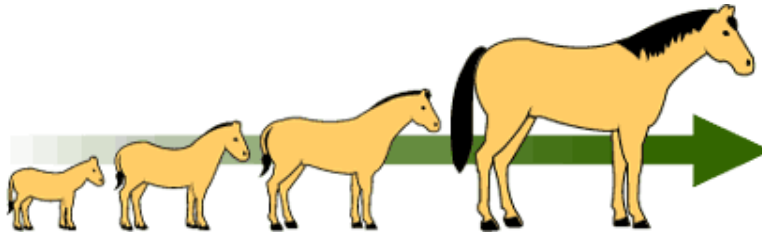
destekliyor. Bu çarpma gelgite bağlı dalgalara, depremlere ve aylarca güneşi engelleyen kalınlıkta toz bulutlarına neden olmuş olabilir. Fakat, asteroidin çarpmasından daha önce de yok olmaya başlayan pek çok tür bulunmaktaydı. Bu durumda çarpma öncesi yokoluşların başka nedenleri olmalı.

Evrimsel eğilimler nereden kaynaklanır? (1/2)

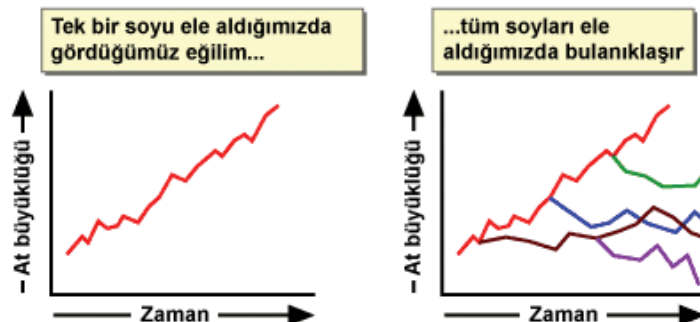
Bilim “ne oldu?” sorusu kadar “sebebi neydi?” sorusunu da sorar. Bir bilim insanı evrimsel bir eğilim gözlemlediğinde, örneğin belirli bir soya ait canlıların boyutlarının zaman içinde büyüdüğünü tespit ettiğinde, yine doğal olarak “burada neler olup bitiyor?” diye soracaktır. Ancak bu sorunun birçok olası cevabı olabilir.

Gerisin geriye bakınca

Günümüz atlarını doğuran soyun fosil kayıtlarına baktığımızda, boyutça büyüme yönünde bir eğilim göze çarpar. Atın evrimi, aşağıda olduğu gibi, genellikle istikrarlı bir eğilim olarak gösterilir.

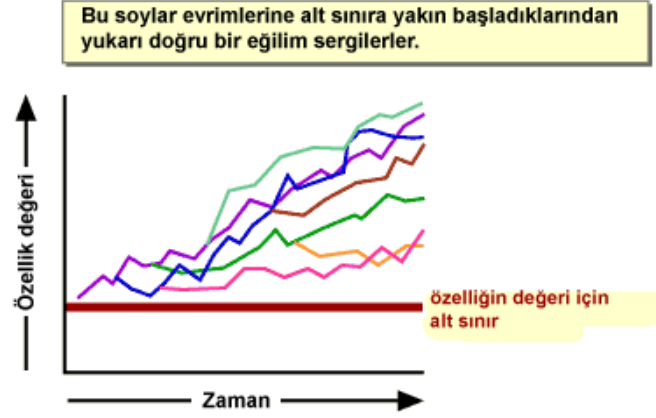


Buna karşın, günümüz atlarıyla akraba gelmiş geçmiş (yani soyu tükenmişler dahil) tüm at soylarını ele aldığımızda, bu “eğilim” bulanıklaşmaya başlar. Bazı at soyları büyürken bazıları küçülmüş, bazıları ise düzensiz değişimler göstermiştir. O halde atlara sık sık atfedilen büyüme yönündeki eğilim, aslında genel bir eğilim değildir. Daha ziyade insanların geçmişe bakarken yalnızca günümüz atlarının dayandığı soyu dikkate almalarının sonucudur.



İşlevsel veya fiziksel sınırlar

Bir soy farzedelim ki, söz gelimi boyut veya karmaşıklık bakımından bir alt veya üst sınırdan bulunuyor olsun - mesela kendisinden daha küçük bir canlının hayatta kalamayacağı kadar küçük olsun. Böylesi bir soyun evrimini zaman içinde takip edip, torunlar ile atayı kıyasladığımızda, başlangıçtaki alt veya üst sınırdan uzaklaşma yönünde kaçınılmaz bir eğilim gözlemleriz.



Örneğin foraminiferler, evrimsel tarihlerinde pek çok kez yokoluşlarla kırılmış, geriye birkaç, ufak soy bırakmışlardır. Hayatta kalan bu soylar zaman içinde yeniden çeşitlenirken, yeni evrilen foraminiferler çoğunlukla atalarından daha büyük boyutlara eriştiler. Burada eğilim vücut büyüklüğünün artışı yönündedir, fakat bu eğilimin temelinde, sadece, foraminiferlerin evrimlerine başlarkenki boyutlarından daha ufak olamayacakları gerçeği de yatıyor olabilir. Yani belki de büyümekten başka çareleri yoktu!



Evrimsel eğilimler nereden kaynaklanır (2/2)

Geri dönülmezlik

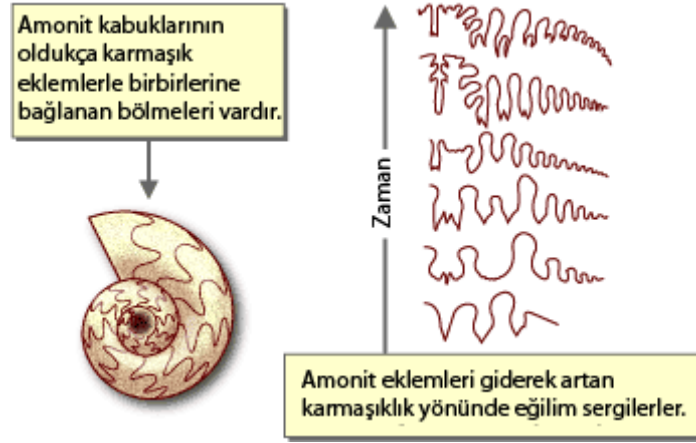
Bazı evrimsel değişimlerde karakter değişimi yalnız bir yöne doğrudur ve geri dönüşüzdür. Örneğin ataları suda yaşayan bir canlı karada yaşama geçtikten ve havadaki oksijeni solumak yönünde evrildikten sonra, yeniden sudaki oksijeni kullanacak şekilde geri evrilmesi çok zor olur. Örneğin karada yaşayan omurgalıların, böceklerin ve örümceklerin ataları, birbirlerinden bağımsız şekilde havaki oksijeni kullanabilecek şekilde evrilmişlerdir. Ancak ters yönde bir evrim, yani yeniden sudaki oksijeni kullanmalarını sağlayan bir gelişme, hiçbir zaman gözlenmemiştir. Her ne kadar bu canlı grupları arasından sucül yaşama geri dönenler olmuşsa da, bunların hepsi sudaki oksijeni değil havadaki oksijeni kullanmaktadır. Bu tek yönlü evrimsel çark, havadaki oksijeni kullanmaya yönelik bir eğilim yaratmıştır; bir kere o tarafa geçerseniz bir daha kolay kolay geri dönemezsiniz.



Doğal seçilim

Bazı karakterler doğal seçilimin etkisiyle evrimsel değişimlerini tek doğrultuda sürdürürler. Ammonitleri ele alalım. Nesli tükenmiş bir yumuşakça türü olan amonitlerin, koç boynuzuna benzer, içi çok bölmeli ve karmaşık yapıları vardı (günümüzde yaşayan akrabaları notilusa benzerlerdi). Fosil kayıtlarında kabuk mimarisinin zaman içinde daha da karmaşık bir yapı aldığı görülür. Her ne kadar aksi yönde değişim mümkün olsa da, değişim, kabukların daha dayanıklı olmasını sağlayan karmaşık kabuk yapısı yönünde, sürekli bir eğilim göstermiştir.





Türlerin seçilimi

Eğer bir karakter, bir soyun daha sık çeşitlenmesine sebep oluyor ya da yokoluş hızını düşürüyorsa, soylarda o karaktere sahip olmaya yönelik bir eğilim ortaya çıkar. Örneğin bazı deniz salyangozları bu türden bir evrimsel eğilim gösterirler: Eski zamanlardan günümüze yaklaştıkça, daha çok türün “doğrudan gelişim” gösterdiğini, yani gelişim sırasında larvanın suda serbestçe yüzdüğü aşamanın atlandığını görürüz. Bunun sebebi ne olabilir? Bir soy “doğrudan gelişim”e sahip olduğu zaman soyun larvaları uzağa dağılamazlar, birbirlerine yakın durur ve diğer popülasyonlardan yalıtılmış olurlar. Dolayısıyla, doğrudan gelişim gösteren bireyler şans eseri yeni bir ortama savrulurlarsa, büyük olasılıkla geldikleri popülasyondaki bireylerle artık çiftleşemezler. Yani, doğrudan gelişim özelliğine sahip olmak o soyun birbirinden yalıtılmış altgruplara bölünmesine sebep olabilir. Bu altgruplar da üreme yalıtımı gösterebilir –yani birbirleri ile çiftleşmemeye başlayabilirler. Sonuç olarak, eğer doğrudan gelişim ile türleşme hızının artışı arasında bir bağ var ise, zaman içinde doğrudan gelişim gösteren daha çok soy görmeyi bekleriz – ki bu da bir eğilimdir!



Kabul görmemiş açıklamalar

Evrimsel eğilimleri açıklamak için ortaya atılan pek çok açıklama, bu süreçlerin gerçekleştiğine dair yeterli kanıt bulunamaması nedeniyle bilim insanları tarafından kabul görmemiştir:

- **Karmaşıklığa doğru içsel itki:** Şu ana kadar elde ettiğimiz tüm bulgular, evrimin, canlının çevresiyle etkileşiminden doğduğu ve herhangi bir “güç” tarafından yönlendirilmediği düşüncesi ile tutarlıdır. Şimdiye dek elimize, evrimsel değişime yön veren bir “içsel güç” olduğuna dair herhangi bir hipotezi destekleyecek kanıt geçmemiştir.
- **Yönlendirilmiş mutasyon:** Mutasyonlar bir amaç doğrultusunda meydana gelmezler veya belirli bir bölgeyi hedef almazlar. Mutasyonlar rasgele olduklarından, herhangi bir eğilimi açıklamalarını bekleyemeyiz.

Karmaşıklığa doğru bir eğilim mi var?

Karmaşıklığı nasıl tanımlayabiliriz? Bunun için her bir türdeki farklı hücre çeşitlerinin sayısını veya genlerin sayısını ele alabilir, bu sayıları türler arasında karşılaştırabiliriz – yeni hücre çeşitleri ve yeni genler artan karmaşıklığı ima eder.

Bu yolla 3,5 milyar yıl önce hüküm süren yaşam ile günümüzdeki yaşamı karşılaştırırsak, günümüzde “ortalama” karmaşıklığın, yaşamın ilk başladığı zamanlara kıyasla daha fazla olduğu açıktır. Fakat bunun sebebi muhtemelen sadece, yaşamın ilk ortaya çıktığı zamanlarda, olabilecek en düşük karmaşıklık seviyesinde bulunmasıdır. Yani canlılar o zamanlar o denli basitteler ki, yaşamın daha karmaşık hale gelmekten başka şansı yoktu!

Peki evrim sürecine bakmaya, yaşamın ilk dönemlerini görmezden gelip, belli bir miktar karmaşık hale gelmiş olduğu aşamalarından başlarsak ne görürüz? Eğer yaşamın karmaşıklık seviyesinin hem artma hem de azalma şansı varsa, acaba karmaşıklık artma eğilimi mi gösterir?

Bu sorunun kesin bir yanıtı yok, zira yanıt, ele aldığınız konuya göre değişir. Bir yanda basitleşmenin birçok örneğine rastlamak mümkünken (söz gelimi bazı böcekler kanatlarını yitirmişlerdir), öte yanda kimi soyların son derecede karmaşıklaştığını gözlemleyebiliriz (örneğin bazı böceklerin kanatları, uçuş üzerindeki kontrolü arttıracak şekilde karmaşık organlara evrilmiştir).

1. Basitleşme ya da kaybetme

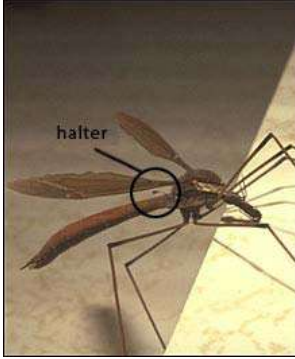


Bazı sopa çekirge soyları evrim sürecinde kanatlarını yitirmiştir.

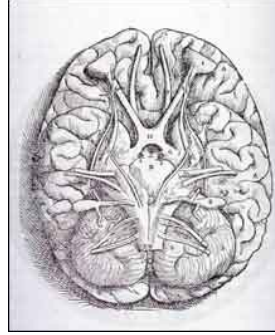


İndirgenip basitleşmiş bir yabancı yulaf çiçeği

2. Artan karmaşıklık:



Evrim bazı sineklerin arka kanatlarını halter (denge organı) adı verilen ve uçuşu düzenlemede yardımcı olan organlara dönüştürmüştür.



Görece karmaşık yapıdaki insan beyni.

Günümüzde canlılar aleminin tümü için geçerli bir karmaşıklaşma eğilimi olduğuna ilişkin hiçbir açık kanıt bulunmamaktadır. Ayrıca halen birçok “basit yapılı” canlı yaşamaya devam etmektedir! Aslında yaşamın tarihi toptan “Bakteriler Çağı” olarak nitelendirilebilir, ne de olsa bakteriler yerkürede yaşamın başlangıcında olduğu gibi, günümüzde de hala her türlü ortamda milyarca sayıda bulunmaktadır.



Oldukça “basit” yapıdaki bakteriler halen Dünya'nın hakimleri olarak kabul edilebilir.