

MAYOZ VE EŞEYLİ YAŞAM DÖNGÜLERİ



1. Çift

2. Çift



Kalıtıma giriş

- Ebeveynler yavrularına gen adı verilen kodlanmış bilgileri verirler.
- Genler DNA parçalarıdır.
- Çoğu gen, hücreyi özgün enzimler ve diğer proteinleri sentezlemesi için programlar.
- Bu proteinlerin birlikte etkisi, organizmanın kalıtılan özelliklerini oluşturur.

Kalıtıma giriş

- DNA, ebeveynlerden yavrulara geçirilebilen genlerin kopyalarını meydana getirir.
- Bir sperm hücresi ile bir yumurta hücresi birleştikten sonra ebeveynlerden gelen genler, döllenmiş yumurtanın çekirdeğinde yer alır.
- Mitokondri ve kloroplastlardaki az miktarda DNA'yı saymayacak olursak, bir ökaryotik hücrenin DNA'sı, çekirdek içinde yer alan kromozom sayısına sahiptir.

Kalıtıma giriş

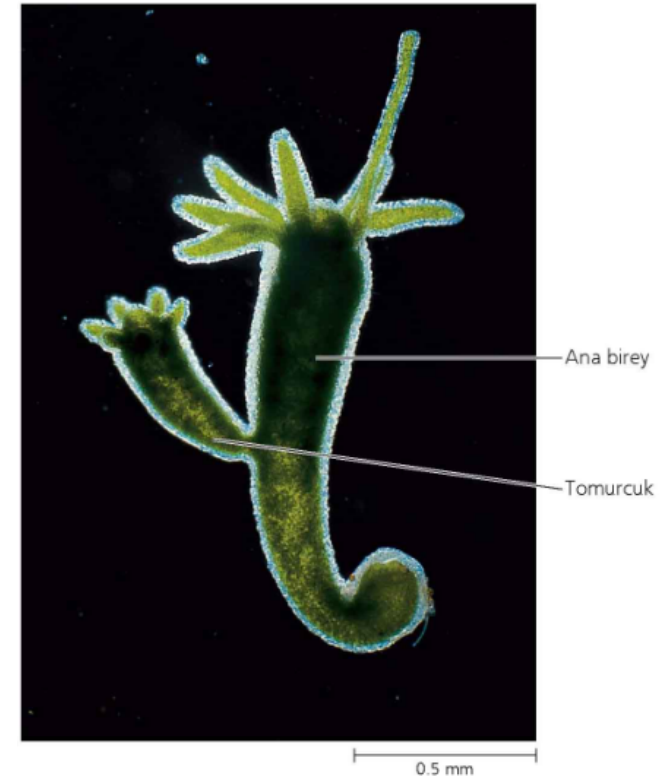
- İnsan hücreleri 46 kromozoma sahiptir.
- Her kromozom, proteinlerle bağlantı kurmuş ve muntazam bir şekilde katlanmış uzun ve tek bir DNA molekülünden oluşur.
- Kromozom üzerinde yüzlerce hatta binlerce gen bulunur.
- Bir genin kromozom içinde yerleřtiđi özgün yere, o genin lokusu adı verilir.

Eşeysiz üreme

- Bu tip üremede yegane ebeveyn sadece tek bir bireydir ve genlerinin hepsinin kopyasını yavrusuna aktarır.
- Bu üreme çeşidinde mitoz bölünme yoluyla DNA kopyalanır ve iki kardeş hücreye eşit olarak aktarılır.
- Bazı çok hücreli organizmalarda da eşeysiz üreme görülür.

Hydra'da eşeysiz üreme

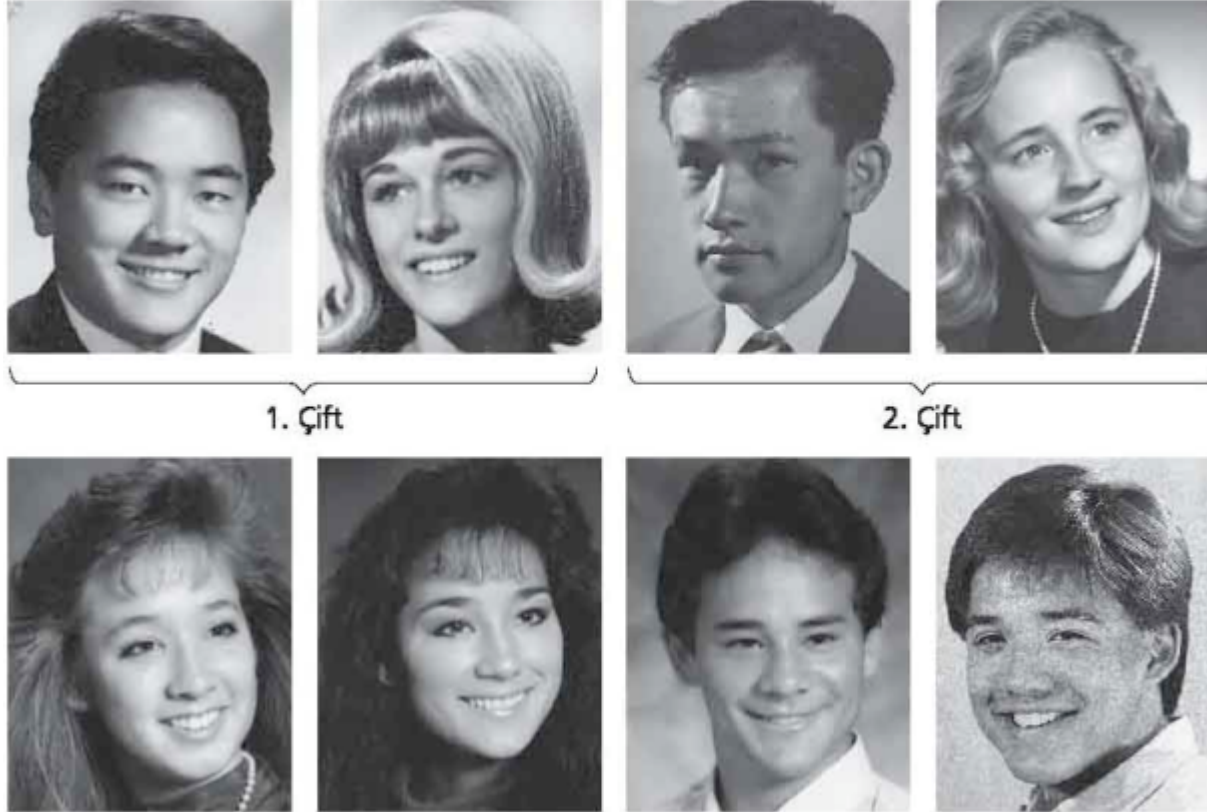
- Hydra, tomurcuklanma yoluyla eşeysiz ürer.
- Tomurcuğun hücreleri mitoz bölünme ile meydana gelmiştir.
- Eşeysiz üreyen bir birey, genetik olarak birbirinin aynısı bireylerden oluşan klon'ları meydana getirir.



Eşeyli üreme

- Bu tip üremede, iki ebeveynin meydana getirdiği yavrular, bu iki ebeveynden kalıtılan genlerin eşsiz kombinasyonlarına sahiptir.
- Bu şekilde oluşan yavrular, hem kardeşlerinden hem de ebeveynlerinden kalıtsal olarak farklıdırlar.
- Bir sonraki slaytta yer alan şekilde de görüldüğü gibi kalıtsal varyasyonlar, eşeyli üremenin önemli bir sonucudur.

Eşeyli üreme

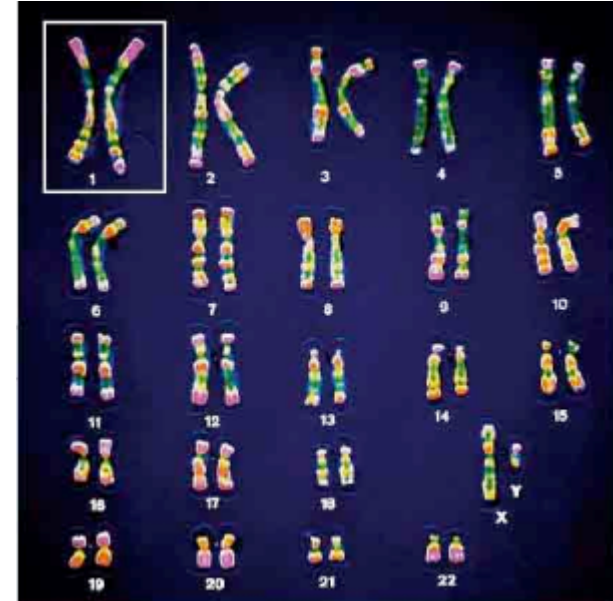


Homolog kromozom

- İnsanda her bir somatik hücre 46 kromozoma sahiptir.
- 46 kromozom mikroskop altında dikkatle incelendiğinde her bir tip kromozomdan iki tane bulunduğu ortaya çıkar.
- Bu şekilde çift oluşturan kromozomlara homolog kromozomlar adı verilir.
- Homolog kromozomların her biri, aynı kalıtsal özellikleri kontrol eden genler içerirler.

Karyotip

- Kromozomlar, en uzun olandan başlanarak görüntülerine göre çift halde dizildiklerinde, homolog kromozomlar belirgin olarak açığa çıkar.
- Kromozomların bu şekilde dizilmelerine karyotip adı verilir.



Homolog kromozom kuralına bir istisna !!!

- X ve Y kromozomu birbirinin homologu değildir.
- Bayanlarda bir çift X kromozomu bulunurken (XX), erkeklerde bir X bir de Y kromozomu bulunur (XY).
- X ve Y'nin sadece küçük bir parçası homologdur.
- X kromozomu üzerinde bulunan genlerin çoğunun, daha küçük olan Y kromozomu üzerinde karşılığı yoktur.
- X ve Y kromozomlarına eşey kromozomları (gonozom), diğer kromozomlara da otozomlar adı verilir.

Homolog kromozomlar nasıl bir araya gelir?

- Kromozomların homolog çiftler halinde bulunması eşeyli üremenin bir sonucudur.
- Her bir ebeveynden homolog kromozom çiftindeki bir kromozomu alırız.
- Böylece vücut hücrelerimizde 23 kromozomlu iki takım halinde 46 kromozom bulunur.

Sperm ve yumurta hücrelerinin kromozomal durumu

- Bu hücreler üreme hücreleridir ve 23 kromozomdan oluşurlar.
- 23 kromozomun 22'si otozom, 1'i ise gonozomdur.
- Üreme hücrelerindeki otozomlar ya X ya da Y kromozomudur.

Döllenme (Singami)

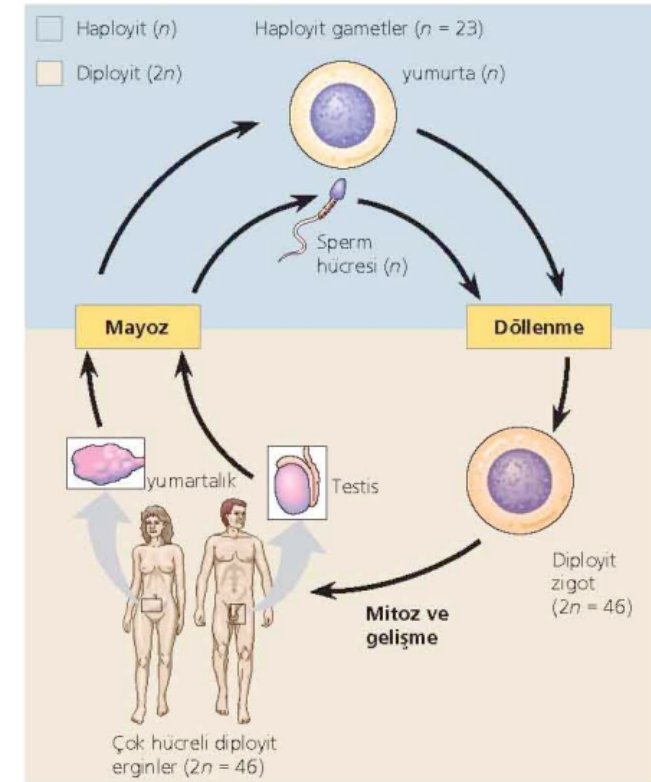
- Babadan gelen haploit sperm hücresi ile anadan gelen haploit yumurta hücresinin birleşmesine döllenme ya da singami adı verilir.
- Oluşan zigot, ana ve baba soy hatlarını temsil eden genleri taşıyan iki haploit kromozom takımını içerir.

Mayozun önemi

- İnsan vücudunda mitoz yoluyla üretilmemiş yegane hücreler, gametlerdir.
- Eğer insan gametleri mitozla meydana getirilseydi, 46 olan normal kromozom sayısı zigotta 92'ye ulaşacaktı.
- Eşeyli üreyen organizmalar, gametlerdeki kromozom sayısını yarıya indiren mayoz işlemini gerçekleştirerek kromozomların iki katı artması durumunu telafi ederler.

İnsan yaşam döngüsü

- Her kuşakta döllenme nedeniyle iki katına çıkan kromozom sayısı, mayoz sonucunda yarıya indirgenerek dengelenir.
- Eşeyli yaşam döngülerinde döllenme ve mayoz birbirlerini takip ederek, birbirlerinin kromozom sayısı üzerinde etkilerini dengelerler.
- Böylece bir türün kromozom sayısının değişmeden sürekli kalması sağlanır.

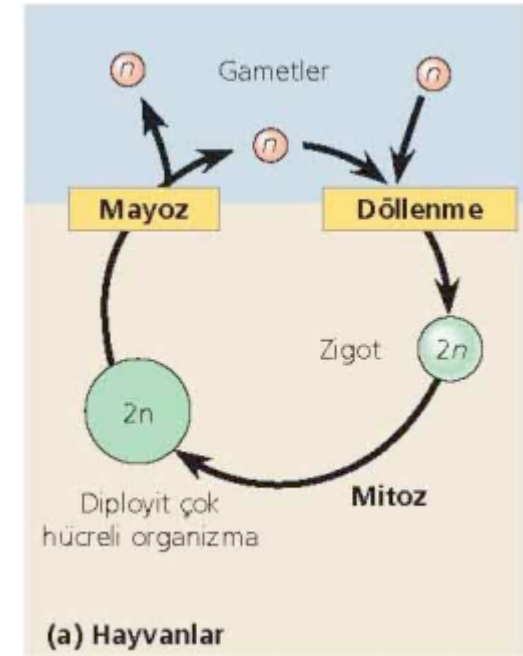


Eşeyli yaşam döngüsü çeşitleri

- Mayoz ve döllenmenin birbirini izlemesi eşeyli üreyen organizmalar için ortak bir özellik olmasına karşılık, bu iki olayın zamanlaması türlere bağlı olarak değişkenlik gösterir.
- Bu varyasyonlar üç temel yaşam döngüsü tipi şeklinde gruplandırılabilir.
 - Hayvanlar
 - Çoğu mantar ve bazı algler
 - Bitkiler ve bazı algler

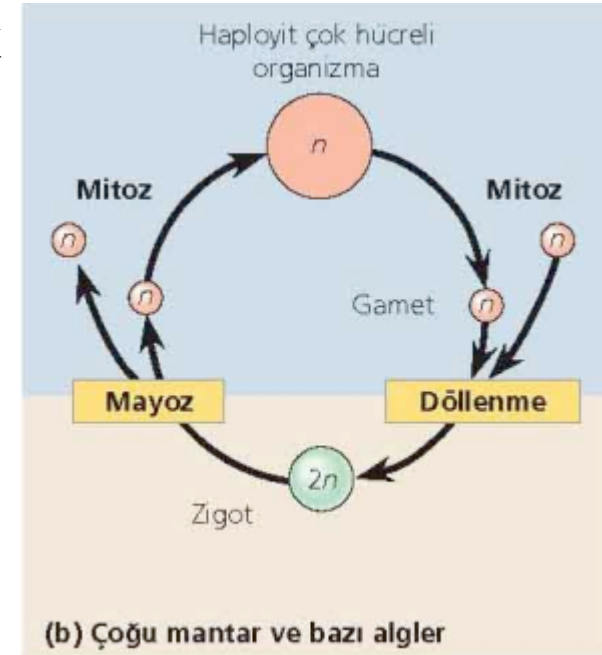
Hayvanlarda yaşam döngüsü

- Döngüde haploit hücreler sadece gametlerdir.
- Mayoz, gametlerin üretilmesi sırasında gerçekleşir ve gametler, döllenmeden önce hiçbir hücre bölünmesi geçirmez.
- Diploit zigot, mitozla bölünerek diploit bir çok hücreli organizmayı oluşturur.



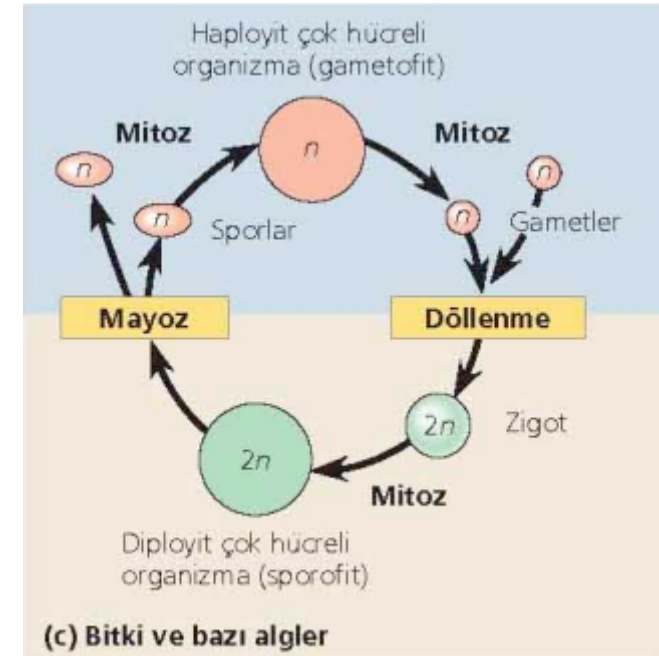
Çoğu mantar ve bazı alglerde yaşam döngüsü

- Gametler bir diploit zigot oluşturmak üzere kaynaştıktan sonra, döller gelişmeden önce mayoz bölünme olur.
- Bu mayoz sonucunda gametler meydana gelmez, ama oluşan haploit hücreler daha sonra mitozla bölünerek haploit çok hücreli ergin organizmaları oluştururlar.
- Yegane diploit evre zigottur.



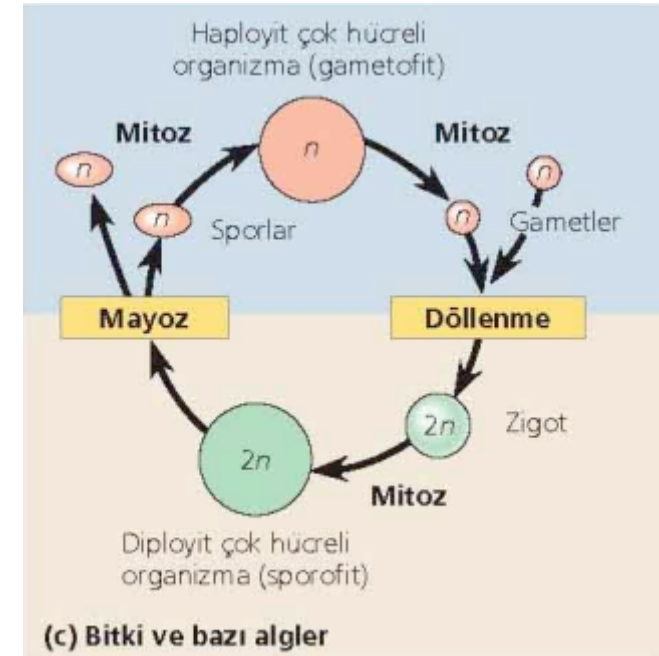
Bitkiler ve bazı alglerde yaşam döngüsü

- Dölalmaşı adı da verilen bu tipte hem diploit hem de haploit çok hücreli evreler vardır.
- Çok hücreli diploit evreye sporofit denir.
- Sporofit mayoz geçirerek spor adı verilen haploit hücreleri oluşturur.



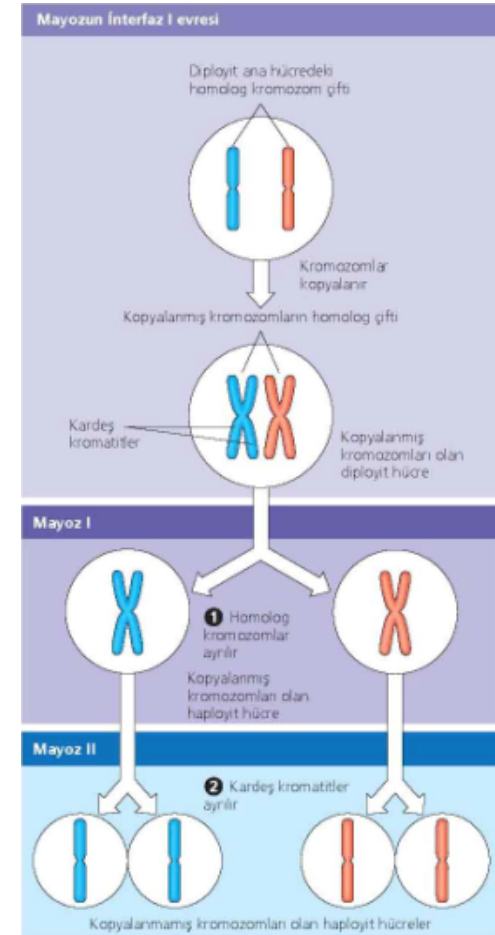
Bitkiler ve bazı alglerde yaşam döngüsü

- Sporlar, başka bir hücre ile kaynamaksızın çok hücreli haploit bireyleri oluşturur (gametofit).
- Gametofit mitoz bölünme ile gametleri yapar.
- Döllenme ile diploit zigot oluşur.
- Zigot, bir sonraki sporofit döle gelişir.



Mayoz bölünmeye genel bakış

- Bir homolog çifti oluşturan iki kromozom, farklı ebeveynlerden kalıtılmış olan bireysel kromozomlardır.
- Kromozomlar kendilerini kopyaladıktan sonra diploit hücre iki kere bölünerek dört tane haploit kardeş hücre verir.

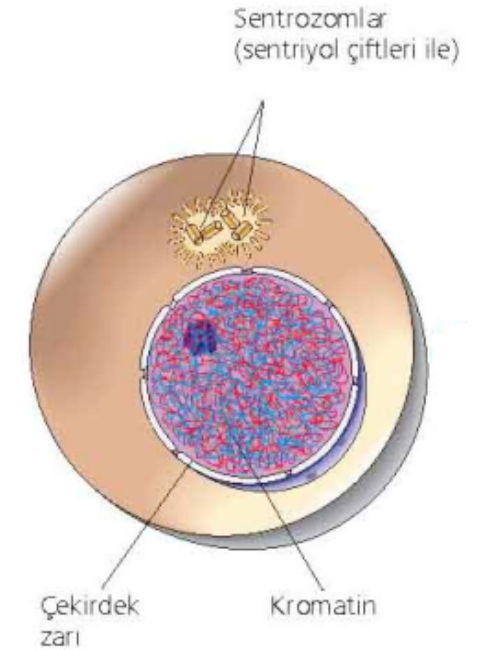


Mayozun evreleri

- Mitoz gibi mayoz da kromozomların replikasyonunun ardından ilerler.
- Fakat buradaki tek bir replikasyonu, mayoz-I ve mayoz-II denen iki hücre bölünmesi takip eder.

İnterfaz

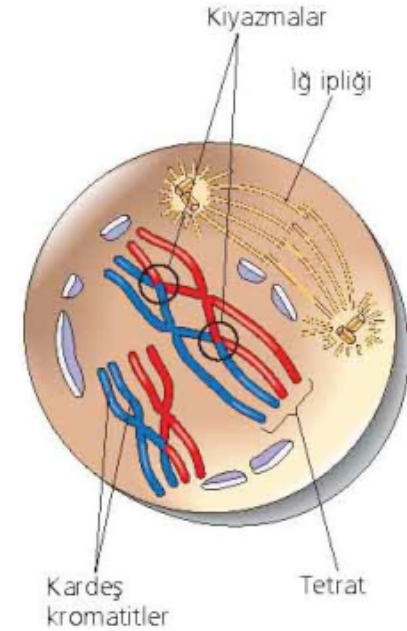
- Bu evrede kromozomların her biri replikasyon geçirir.
- Her bir kromozom için genetik olarak birbirinin aynı özdeş iki kromatid meydana gelir.
- Bu kromatidler sentromerlerinden bağlıdır.
- Sentrozomlar da replikasyon geçirerek iki tane olur.



Kromozomlar iki katına çıkar

Profaz-I

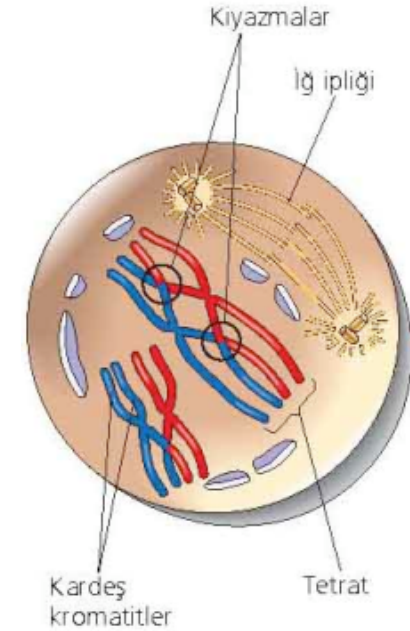
- Mayozun en uzun evresidir.
- Mayoz için geçirilen sürenin % 90'ından fazlasını kullanır.
- Kromozomlar yoğunlaşmaya başlar ve her biri iki kardeş kromatitten oluşmuş olan homolog çiftler oluştururlar.



**Homolog kromozom çifti
ve parça alış verişi**

Profaz-I

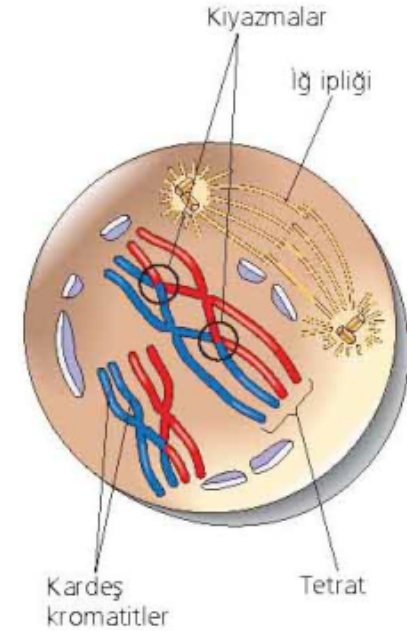
- Sinapsis adı verilen süreçte sinaptonemal kompleks adlı protein yapı homolog kromozomları sıkıca bir arada tutar.
- Profazın sonlarına doğru sinaptonemal kompleks gözden kaybolunca, her bir kromozom çift, tetrad adı verilen dört kromatid demeti şeklinde görülür.



**Homolog kromozom çifti
ve parça alış verışı**

Profaz-I

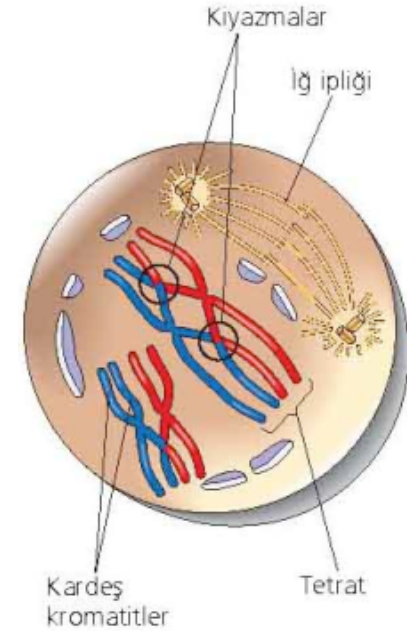
- Homolog kromozomların kromatidleri değişik noktalarından birbirini kesecek şekilde çaprazlanır.
- Bu kesişme yerlerine kiazmata (tekili kiazma) adı verilir.



**Homolog kromozom çifti
ve parça alış verışı**

Profaz-I

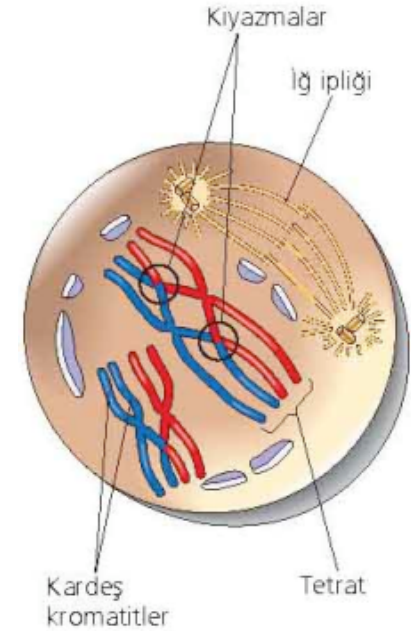
- Kiazmalar, anafaz I'e kadar kromozom çiftlerini bir arada tutar.
- Kromozomlar kiazma bölgelerinden parça alışverişi yaparlar (krossing over).



**Homolog kromozom çifti
ve parça alış verişi**

Profaz-I

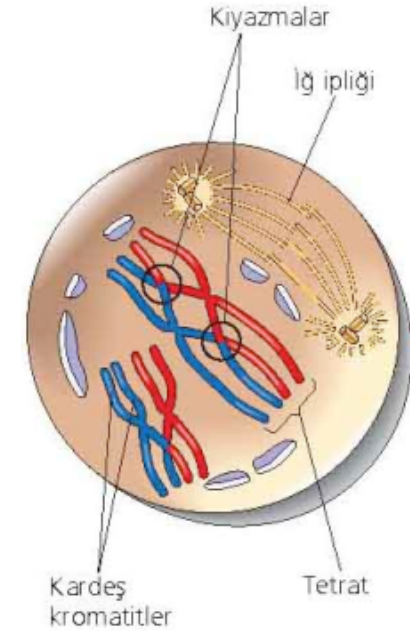
- Bu evrede ayrıca mitozda olduğu gibi diğer hücresel elemanlar çekirdek bölünmesi için hazırlanır.
- Sentrozomlar birbirinden uzaklaşır ve ış iplikleri oluşur.



**Homolog kromozom çifti
ve parça alış verişi**

Profaz-I

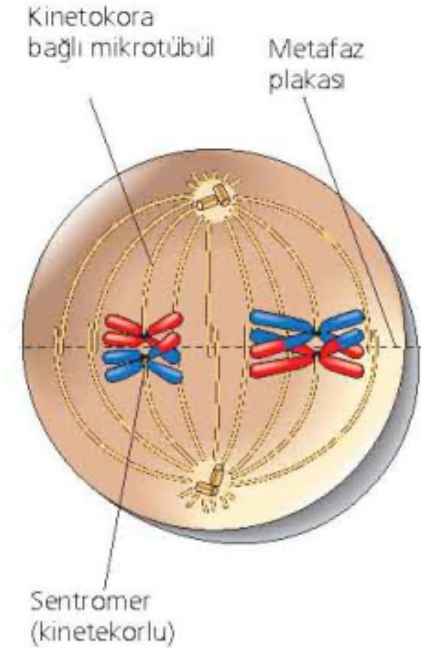
- Çekirdek zarı ve çekirdekçikler kaybolur.
- İğ iplikleri kinetokorlara tutunur ve kromozomlar metafaz plakasına göç etmeye başlar.



**Homolog kromozom çifti
ve parça alış veriş**

Metafaz-I

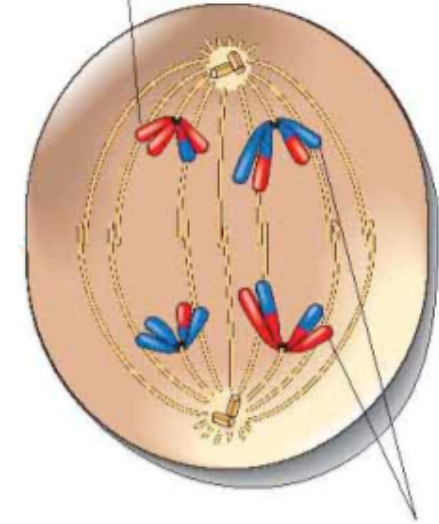
- Homolog çiftler halinde bulunan kromozomlar metafaz plakası üzerinde dizilirler.
- Hücrenin bir kutbundan çıkan kinetokor mikrotübülleri, her çiftin bir kromozomuna bağlanırken, karşı kutuptan çıkan mikrotübüller bunun homologu olan kromozoma bağlanır.



Anafaz-I

- İğ iplikleri, kromozomları kutuplara doğru hareket ettirirler.
- Kardeş kromatidler sentromerlerinden birbirine bağlı kalırlar ve tek bir birim olarak aynı kutba göç ederler.
- Bunun homologu olan diğer kromozom da zıt kutba doğru hareket eder.

Kardeş kromatitler
bağlı kalır



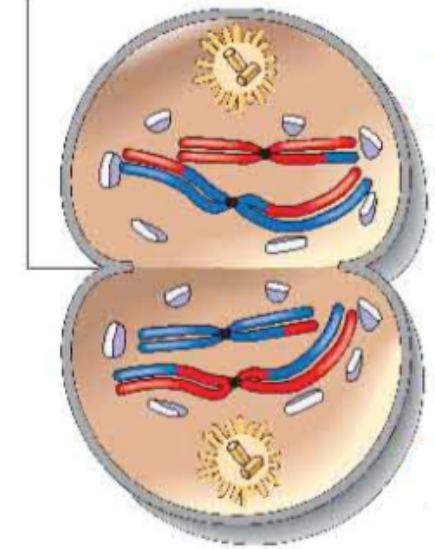
Homolog kromozomlar ayrılır

Homolog kromozom çiftleri ayrılır

Telofaz-I ve Sitokinez

- Kromozom hareketleri sonucunda her kutupta haploit kromozom takımı meydana gelir.
- Ancak her kromozom halen iki kardeş kromatide sahiptir.
- Bu sırada sitoplazma bölünmesi de gerçekleşir.

Boğumlanma
izi

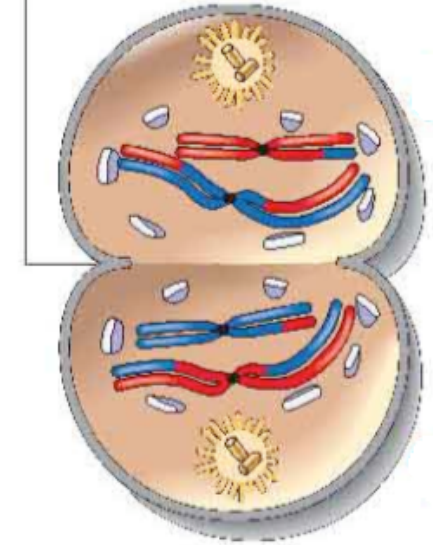


**İki haploit hücre oluşur;
kromozomlar halen daha iki
kromatitlidir**

Telofaz-I ve Sitokinez

- Bazı türlerde kromozomların yoğunlaşmış durumu ortadan kalkar, çekirdek zarı ve çekirdekçikler yeniden oluşur.
- Ancak mayoz-II'ye girmeden önce, kesinlikle kalıtsal madde tekrar replikasyon geçirmez.

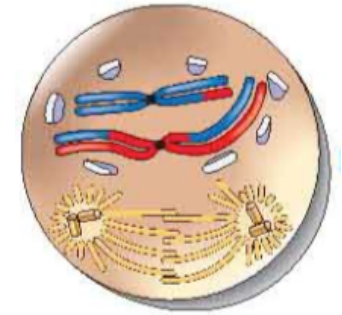
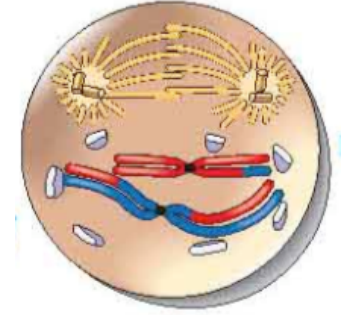
Boğumlanma
izi



**İki haploit hücre oluşur;
kromozomlar halen daha iki
kromatitlidir**

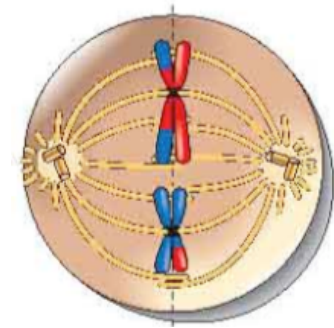
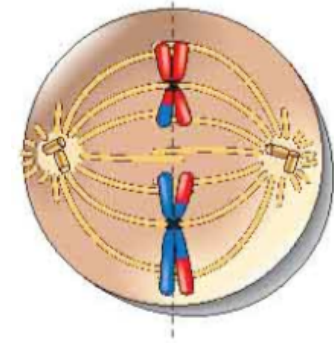
Profaz-II

- İğ iplikleri oluşur ve kromozomlar metafaz-II plakasına doğru ilerler.



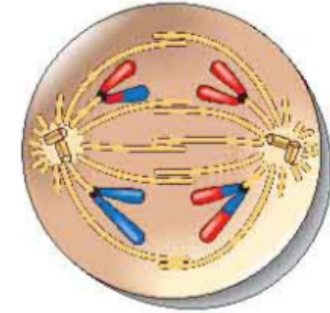
Metafaz-II

- Kromozomlar metafaz plakası üzerinde konumlanır.
- Her kromozomun kardeş kromatidlerinin kinetokorları, zıt kutuplara doğru yönelmiştir.

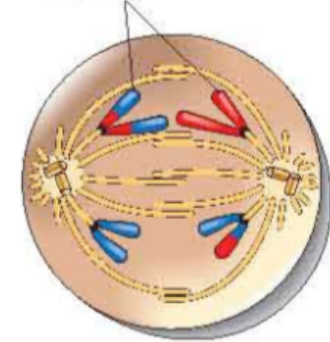


Anafaz-II

- Kardeş kromatidlerin sentromerleri birbirinden ayrılır.
- Her bir çiftin kardeş kromatidleri artık bireysel kromozomdur ve hücrenin zıt kutuplarına hareket ederler.

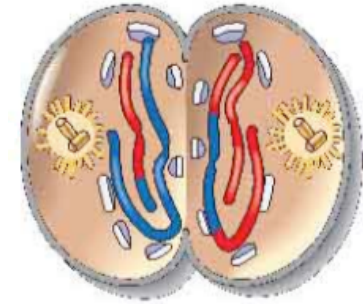


Kardeş kromatitler ayrılır

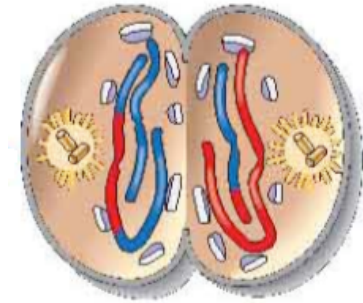


Telofaz-II ve Sitokinez

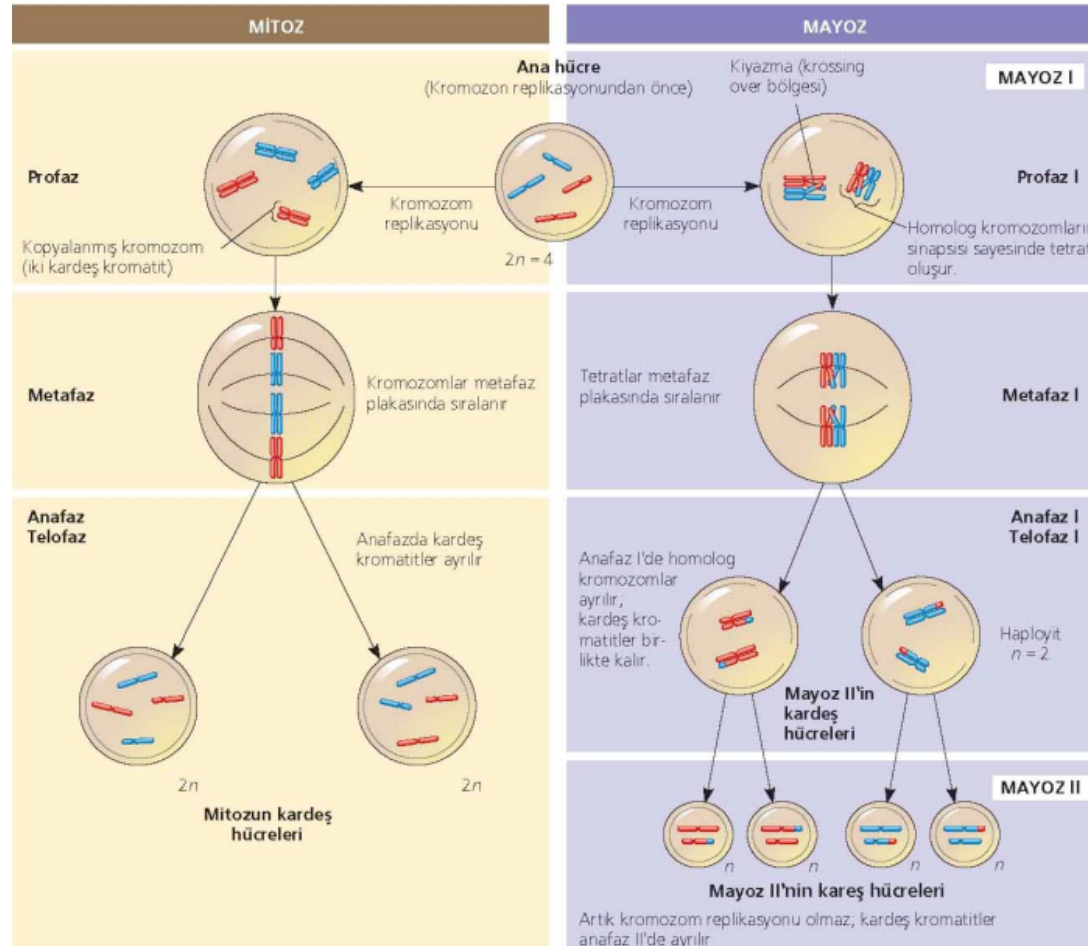
- Hücrenin zıt kutuplarında çekirdekler oluşur ve sitokinez gerçekleşir.
- Sitokinez tamamlandığında, her biri, replike olmamış haploit sayıda kromozom içeren dört kardeş hücre meydana gelir.



Haploit kardeş hücrelerin oluşması



Mitoz ve mayozun karşılaştırılması



Mitoz ve mayozun karşılaştırmalı özeti

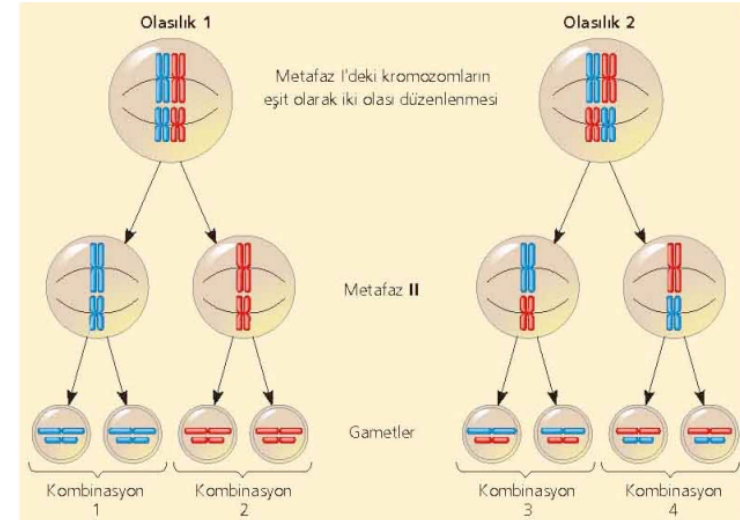
Olay	Mitoz	Mayoz
DNA replikasyonu	Çekirdek bölünmesi başlamadan önce, interfazda olur	Mayoz I başlamadan önce sadece bir defa interfazda olur
Bölünme sayısı	Bölünme sayısı bir olup, profaz, metafaz, anafaz ve telofazi içerir	Bölünme sayısı iki olup her biri profaz, metafaz, anafaz ve telofazi içerir
Homolog kromozomların sinapsisi	Olmaz	Sinapsis mayozla özgüdür; Profaz I'de homolog kromozomlar uzunlukları boyunca birleşerek tetratlar (dörtlü kromatit grubu) oluşturur; sinapsis, kardeş olmayan kromatitler arasındaki crossing over ile yakından ilişkilidir
Genetik kompozisyon ve kardeş hücre sayısı	İki, her biri diploittir ($2n$) ve genetik olarak ana hücreyle özdeşler	Dört; her biri haploittir (n), ana hücrenin sahip olduğu kromozom sayısının yarısı kadar kromozom içerirler; genetik olarak birbirleriyle ve ana hücre ile özdeş değildir
Hayvan vücudundaki rolü	Zigottan, çok hücreli bir ergin birey oluşmasını sağlar; doku onarımı ve büyüme için hücre üretimi sağlar	Gamet üretir; kromozom sayısını yarıya indirir ve gametler arasında kalıtsal çeşitliliğin olmasını sağlar

Kalitsal varyasyonun kökenleri

- Eşeyli üremede ortaya çıkan kalitsal varyasyonlara katkı yapan  temel mekanizma vardır.
 - Kromozomların bağımsız açılımlı
 - Crossing over
 - Rastgele döllenme

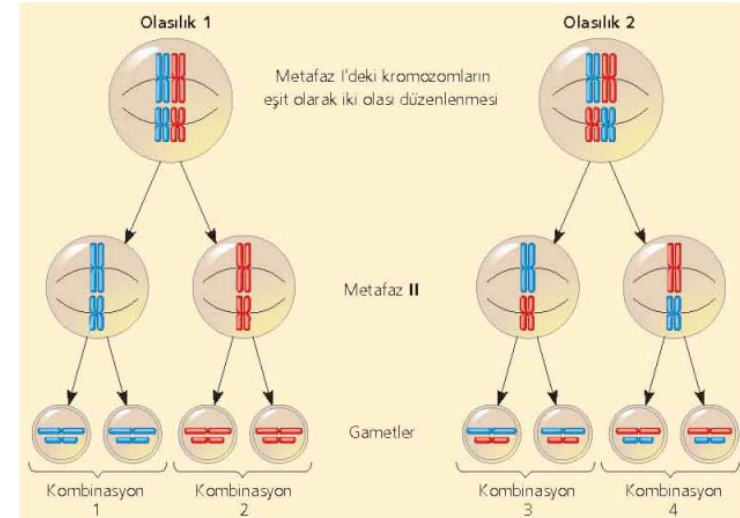
Kromozomların bağımsız açılımı

- Aşağıdaki şekilde, diploit kromozom sayısı 4 olan ($2n = 4$) hipotetik bir organizmadaki mayozun sonuçları verilmiştir.
- Kromozomların atasal kökenleri farklı renklerde gösterilmiştir.



Kromozomların bağımsız açılımı

- Metafaz-I'deki her bir homolog kromozom çiftinin konumlanması şansa bağlıdır.
- Bu şans, haploit olan kardeş hücrelerde, hangi kromozomların birlikte paketleneceğini belirler.



Kromozomların bağımsız açılımı

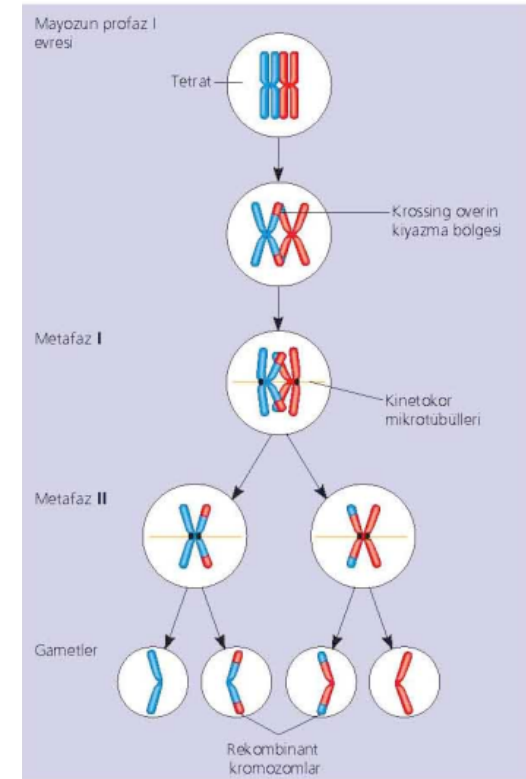
- Kromozomların her bir homolog çifti, metafaz-I'de diğer çiftlerden bağımsız olarak konumlandığından ilk mayotik bölünme, anadan ve babadan gelen kromozomların birbirinden bağımsız hareket ederek yavru hücrelere geçişi ile sonuçlanır.

Kromozomların bağımsız açılımı

- Meydana gelen gametlerde anadan ve babadan gelen kromozomların olası kombinasyonu 2^{23} ya da yaklaşık 8 milyon'dur.
- Yani bir insanın ürettiği her gametin, bu bireyin sadece anasından ya da sadece babasından gelen kromozomları içermeye olasılığı 8 milyonda 1'dir.

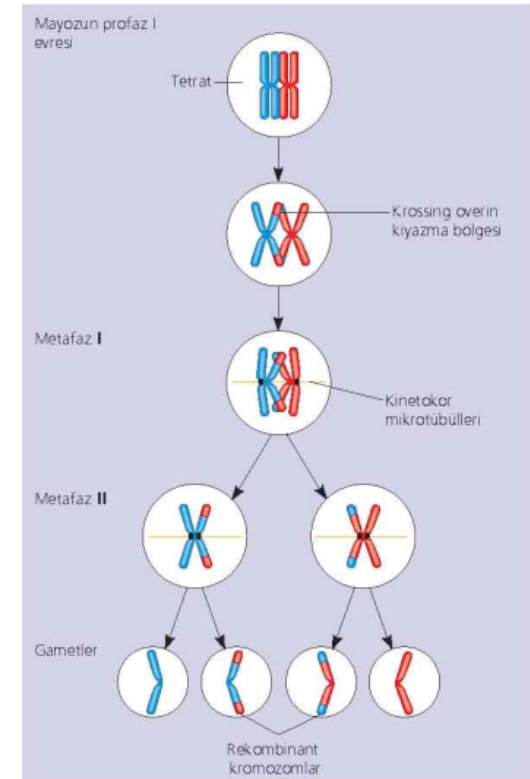
Krossing over

- Mayoz-I'in profaz evresinde, homolog kromozomların kardeş olmayan kromatidlerinin birbirine karşılık gelen kısımları arasında parça alışverişi olur.
- İnsanda her kromozom çifti başına ortalama 2 ya da 3 krossing over gerçekleşir.



Krossing over

- Bu olay sonucunda rekombinant (yeni bileşim) kromozomlar oluşur.
- Rekombinant kromozomların gametlere bağımsız dağılımı, meydana gelecek gametlerin genetik tip sayısını daha da artırır.



Rastgele dölleme

- Yaklaşık olarak 8 milyon olası kombinasyondan birini temsil eden bir yumurta ile, 8 milyon farklı olasılıktan birini temsil eden bir sperm hücrelerinin birleşmesini düşünün !
- Crossing over hesaba katılmasa bile 64 trilyon diploit kombinasyondan herhangi birine sahip bir zigot oluşur.
- Crossing overin meydana getirdiği varyasyon ilave edildiğinde, olasılıkların sayısı astronomik boyutlara ulaşır.

Siz teksiniz !!!

Doęal olarak kız ve erkek kardeşler böylesine çok farklı olabilirler.

SİZ GERÇEKTEN DE TEKSİNİZ !!!