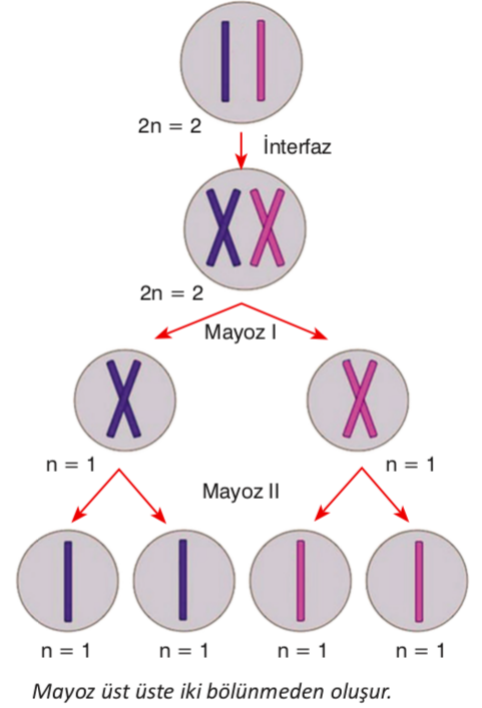


MAYOZ BÖLÜNME

Diploit ($2n$) kromozomlu **üreme ana hücrelerinden**, haploit (n) kromozomlu **üreme hücrelerinin** oluşumunu sağlayan hücre bölünmesidir.

Mayoz hücre bölünmesi;

- 1- Sadece diploit kromozomlu hücrelerde görülür.
- 2- Sadece üreme ana hücrelerinde gerçekleşir.
- 3- Sonuçta dört yeni hücre oluşur.
- 4- Kromozom ve DNA sayısı yarıya iner.
- 5- Kalıtsal çeşitliliğe neden olur.
- 6- Kromozomların niteliği ve niceliği değişir.



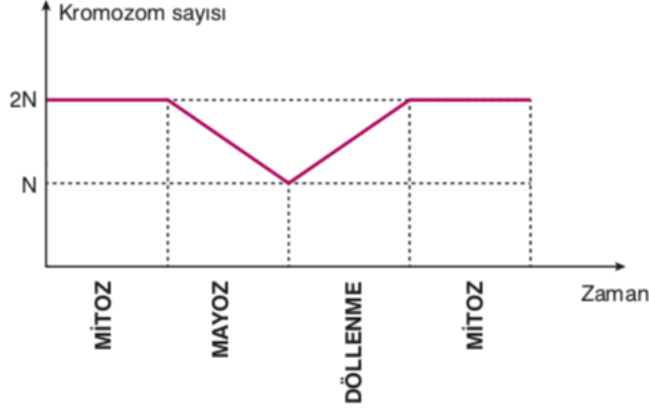
Örnek

Farklı canlılarda gerçekleşen bölünme olayları ile ilgili;

- I. Mitoz sonucu oluşan hücre mitoz geçirebilir.
- II. Mitoz sonucu oluşan hücre mayoz geçirebilir.
- III. Mayoz sonucu oluşan hücre mitoz geçirebilir.
- IV. Mayoz sonucu oluşan hücre mayoz geçirebilir.

yargılarını doğru ve yanlış şeklinde gruplandırınız.

- Mayoz sonucu oluşan gamet çekirdeklerinin kaynaşmasına “**döllenme**” denir.
- Mayoz ve döllenme olayı ile yeni yavru oluşumuna “**eşeyli üreme**” denir.
- Eşeyli üreyen canlılarda nesiller boyunca kromozom sayısının sabit kalmasını mayoz bölünme ve döllenme olayları sağlar.



- Eşey ana hücreleri, mayozla başlamadan önce mitozda olduğu gibi bir interfaz geçirir.

Örnek

Bir insan vücudunda bulunabilen;

- testislerde bulunan sperm ana hücresi,
- deride bulunan epitel hücre,
- yumurta kanalında bulunan yumurta hücresi,
- yumurta kanalında bulunan epitel hücresi

yapılarından hangileri mayoz bölünme geçirebilir?

- A) Yalnız I B) I ve III C) II ve IV
D) I, II ve III E) I, III ve IV

İNTERFAZ

Hücrenin hayatsal faaliyetlerini gerçekleştirdiği bölünmeye hazırlık evresidir.

G_1 , S ve G_2 olmak üzere 3 temel evreden oluşur.

G_1 Evresi: Hücrenin büyüyerek normal hayatsal faaliyetlerini geçirdiği evredir.

ATP, RNA, protein, enzim ve organel sentezi yoğun bir şekilde gerçekleşir.

S Evresi: Bölünme olgunluğuna eriştikten sonra sinyal molekülleri tarafından hücreye bölünme emri gelir. Replikasyon gerçekleşir.

G_2 Evresi: Replikasyon kontrolü yapılır. ATP, RNA, protein, enzim ve organel sentezi devam eder.

Hayvan hücrelerinde sentrozom interfaz evresinde eşlenir.

MAYOZ EVRELERİ

MAYOZ I

1. Karyokinez I
 - ☐ Profaz I
 - ☐ Metafaz I
 - ☐ Anafaz I
 - ☐ Telofaz I
2. Sitokinez I

MAYOZ II

1. Karyokinez II
 - ☐ Profaz II
 - ☐ Metafaz II
 - ☐ Anafaz II
 - ☐ Telofaz II
2. Sitokinez II

Mayoz I başlangıcında interfaz olurken Mayoz II başlangıcında interfaz olmaz.

A. MAYOZ I

☐ Mayoz I evrelerinde gerçekleşen olaylar şu şekilde özetlenebilir:

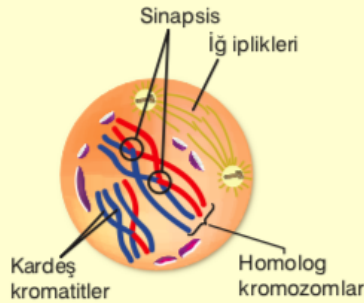
PROFAZ I

ÖZELLİKLERİ

- ☐ Çekirdek zarı ve çekirdekçik eriyerek kaybolur.
- ☐ Kromatin iplikler kısalıp kalınlaşarak kromozom hâline gelir.
- ☐ Kromozomlar iki kromatit hâlinindedir.
- ☐ Kendini eşlemiş olan sentriyoller zıt kutuplara çekilerek iğ ipliklerini oluşturur.
- ☐ Kromozomlar kinetokorları ile iğ ipliklerine tutunur.

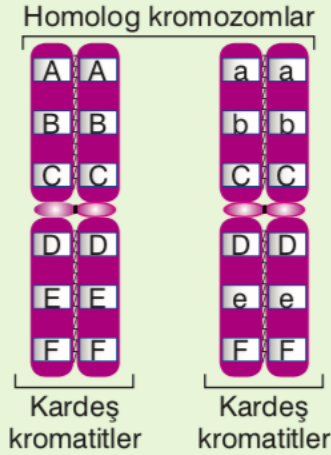
DİKKAT!

- ⚠ Kiyazma, sinapsis, tetrad ve krossing over olayları Profaz I'de gerçekleşir.

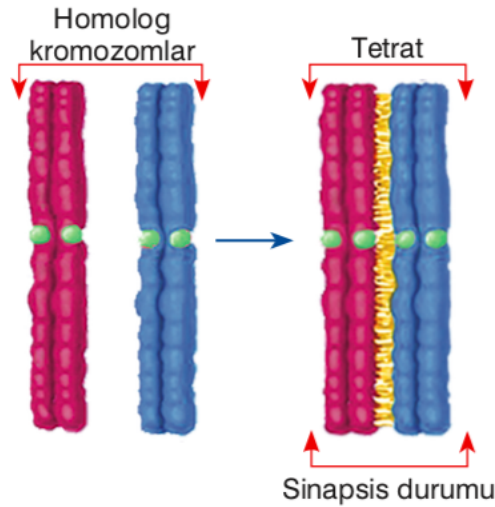


2n = 4 kromozomlu hücrede Profaz I

- Bir hücrede bulunan, biri anadan diğeri babadan gelen, uzunlukları, lokus sayısı, sentromer konumları ve boyanma desenleri aynı olan, karşılıklı lokuslarında aynı karakteri etkileyen genleri taşıyan kromozom çiftine **homolog kromozomlar** denir.



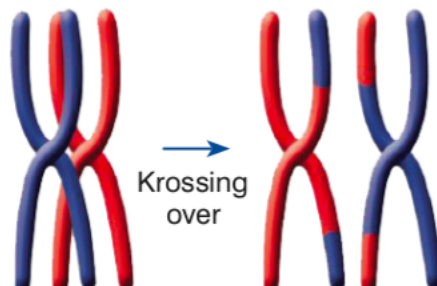
- Yoğunlaşmaya başlayan homolog kromozomlar yan yana gelerek çift oluştururlar. Çift oluşturan kromozomlarda bulunan tüm genler yan yana dizilir. Yan yana gelmiş bir homolog kromozom çiftinde toplamda dört kromatit bulunduğu için bu yapıya **tetrat** adı verilir. Tetrat sayısı, hücrenin kromozom sayısının yarısı kadardır.

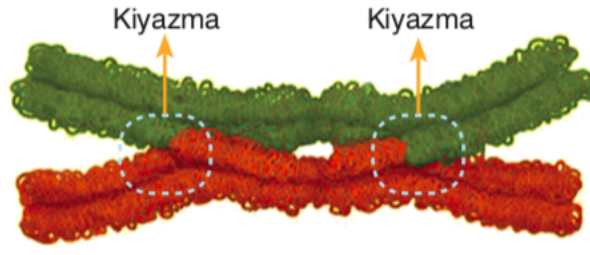


- Çift oluşturmuş homolog kromozomlar uzunlukları boyunca birbirine özel bir protein ile fiziksel olarak bağlanır. Homolog kromozomların birbirine bağlanmış olma durumlarına **sinapsis** denir.
- Tetratlarda bulunan kardeş olmayan kromatitler arasında karşılıklı parça değişimi olayına **krossing over** denir.

- Krossing over, homolog kromozomların çift oluşturma sürecinde başlar ve homologlar sinapsis durumundayken tamamlanır.

Şekilde de görüldüğü gibi krossing over homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında gerçekleşir





Kiyazma noktaları; krosing over olan kısımlarda kardeş olmayan kromatitlerin birbirine bağlı olmasının sonucudur.

- Sinapsis durumu sonlanınca tetratlarda krosing overin gerçekleştiği noktalarda X biçimli bölgeler oluşur. Bu bölgelere **kiyazma** denir.

📦 Crossing over olayı ile;

1. Kromozom sayısı değişmez.
2. Kromozomdaki gen sayısı değişmez.
3. Kromozomdaki nükleotit dizilimi değişir.
4. Kalıtsal çeşitlilik sağlanır.

Her mayozda kiyazma, sinapsis ve tetrat oluşumu gerçekleşir.

Kiyazma, sinapsis ve tetrat olaylarının çeşitliliğe etkisi yoktur.

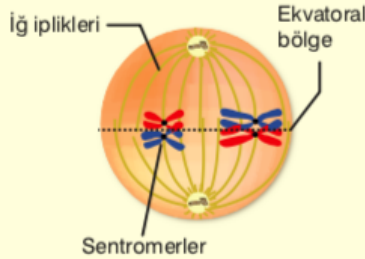
METAFAZ I

ÖZELLİKLERİ

📦 Homolog kromozomlar tetratlar hâlinde hücrenin ekvatorial düzleminde karşılıklı dizilir.

DİKKAT!

- ① Kromozomların ve tetratların en belirgin olduğu evre metafaz I'dir.
- ① Homolog kromozom çiftlerinin şansa bağlı olarak konumlanması ve ayrılması hücrede 2^n 'lik bir varyasyon oluşmasını sağlar. (n = haploit kromozom sayısı)



$2n = 4$ kromozomlu hücrede Metafaz I

Her bir homolog kromozom çifti, metafaz I evresinde diğer çiftlerden bağımsız olarak dizildiği için, mayoz bölünmede her homolog kromozom çiftindeki anadan ve babadan gelen kromozomlar birbirinden bağımsız olarak hareket ederek yavru hücrelere geçer. Buna **kromozomların bağımsız ayrılması** denir.

Mayoz sırasında kromozomlar yavru hücrelere geçerken birbirinden bağımsız olarak hareket ettiği için, oluşabilecek hücre çeşidi sayısı 2^n formülü ile hesaplanır. Formüldeki n organizmanın haploid kromozom sayısını ifade eder.

Örneğin bir insanda sadece bağımsız kromozom ayrılmasına bağlı olarak mayoz bölünmelerle oluşabilecek farklı genotipte hücre sayısı 2^{23} 'tür.

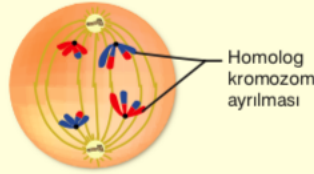
ANAFAZ I

ÖZELLİKLERİ

İğ ipliklerinin kısalmasıyla homolog kromozomlar birbirinden ayrılarak zıt kutuplara çekilir.

DİKKAT!

- ① Mayoz bölünmede kromozom sayısının yarıya inme nedeni anafaz I'de homolog kromozomların ayrılmasıdır.
- ① Mayoz bölünmede kalıtsal çeşitliliğe neden olan temel olay anafaz I'de homolog kromozomların rastgele ayrılmasıdır.



2n = 4 kromozumlu hücrede Anafaz I

Anafaz I evresinde mitozun anafazından farklı olarak hücredeki kromozom sayısı değişmez.

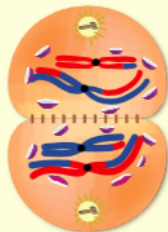
TELOFAZ I – SİTOKİNEZ I

ÖZELLİKLERİ

- Homolog kromozomlar artık kutuplardadır.
- Yeni çekirdek zarı oluşur.
- Hayvan hücrelerinde sitoplazmanın boğumlanması sonucu, bitki hücrelerinde ise ara plak oluşması sonucu sitoplazma bölünür ve haploit kromozumlu iki yeni hücre oluşur.

DİKKAT!

- ① Mayoz I sonucu oluşan her bir hücre ayrı ayrı Mayoz II geçirir.



2n = 4 kromozumlu hücrede Telofaz I ve Sitokinez I

B. MAYOZ II

- Mayoz II başlangıcında interfaz evresi olmaz. Yani DNA eşlenmesi (replikasyon) gerçekleşmez. Sadece sentrozom eşlenmesi olur.
- Mayoz II evrelerinde gerçekleşen olaylar şu şekilde özetlenebilir.

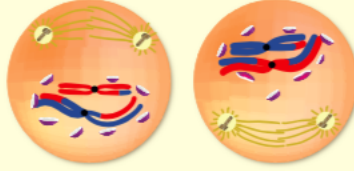
PROFAZ II

ÖZELLİKLERİ

- İki yavru hücrenin çekirdek zarı erir.
- İğ iplikleri oluşur.
- Kromozomlar kinetokorları ile iğ ipliklerine tutunur.

DİKKAT!

- Kiyazma, sinapsis, tetrat oluşumu ve crossing over Profaz II'de gerçekleşmez.



$n = 2$ kromozumlu hücrede Profaz II

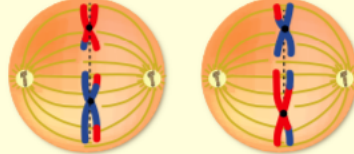
METAFAZ II

ÖZELLİKLERİ

- Kromozomlar hücrenin ekvatorial düzleminde yan yana dizilir.

DİKKAT!

- Mitotik bölünmesinin metafaz evresi ile Mayoz II'nin metafaz evresinde kromozomlar ekvatorial düzlemde yan yana dizilir.
- Mayoz I'de crossing over gerçekleşirse her kromozomun kardeş kromatitlerinin genetik yapısı aynı olmayacaktır.



$n = 2$ kromozumlu hücrede Metafaz II

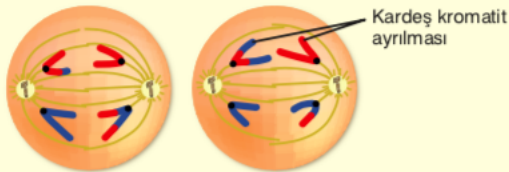
ANAFAZ II

ÖZELLİKLERİ

- Sentromerlerin ayrılması sonucu kardeş kromatitler birbirinden ayrılarak zıt kutuplara hareket eder.
- Ayrılan kromatitlere artık kromozom denir.

DİKKAT!

- Kromozom sayısı anafaz II'de geçici olarak iki katına çıkar.
- Mitotik bölünmenin anafaz evresi ile mayoz II'nin anafaz evresinde kardeş kromatitler ayrılır.

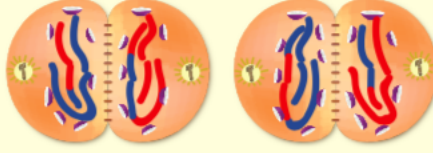


$n = 2$ kromozumlu hücrede Anafaz II

TELOFAZ II – SİTOKİNEZ II

ÖZELLİKLERİ

- Kromozomlar artık kutuplardadır.
- Yeni çekirdek zarı oluşur.
- Kromozomlar kromatin iplik hâline döner.
- Sitoplazma bölünmesi sonucu haploit kromozomlu dört yeni hücre oluşur.



$n = 2$ kromozomlu hücrede
Telofaz II ve Sitokinez II

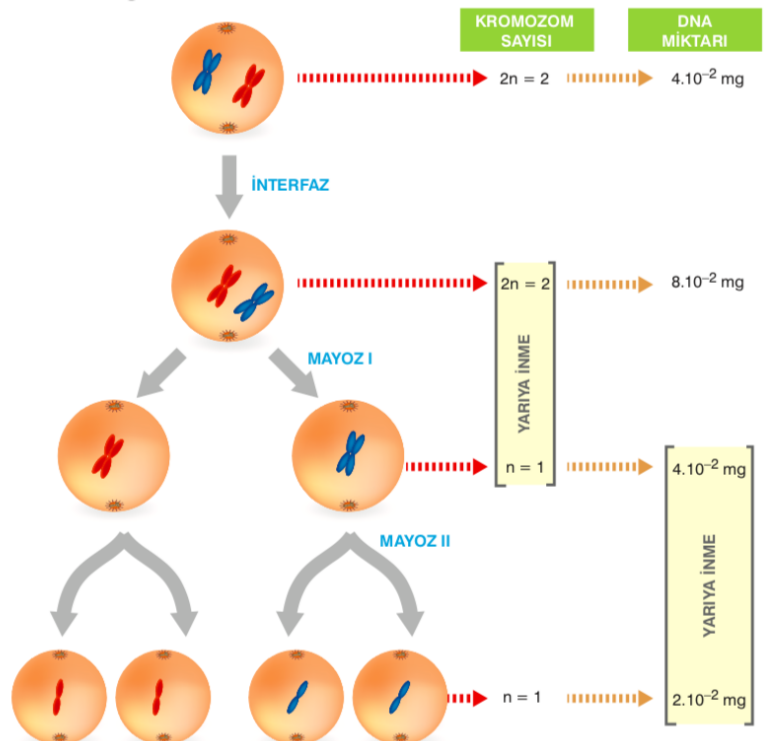
Mayoz hücre bölünmesi sonucu oluşan hücreler ile ana hücrenin;

- sitoplazma miktarı,
 - hücre büyüklüğü,
 - organel çeşidi
- farklılık gösterebilir.

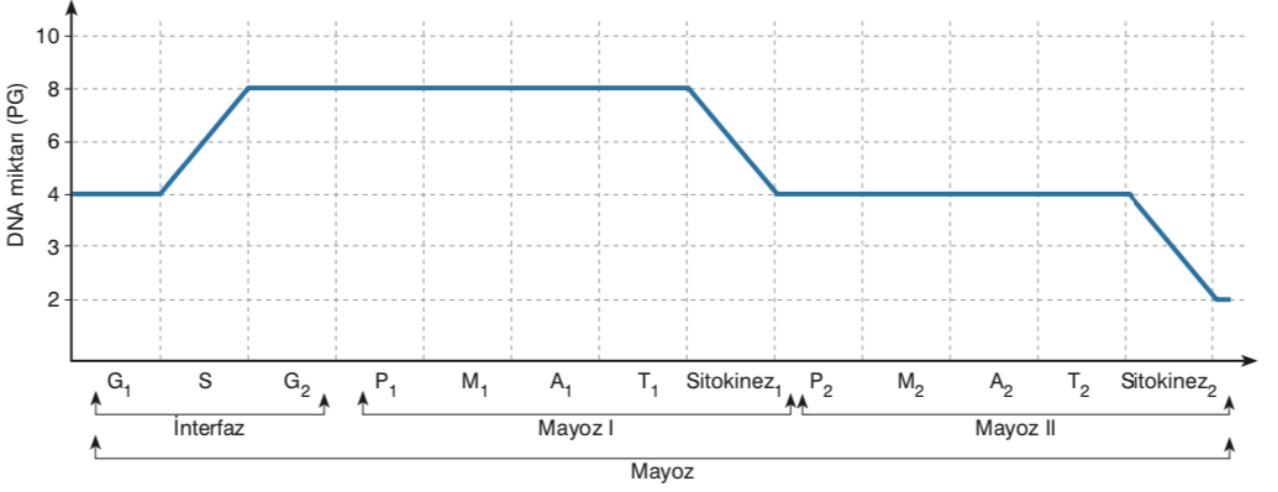
Mayoz I'de homolog kromozomların ayrılması, kromozom sayısının yarıya inmesine neden olur.

Mayoz II başlangıcında replikasyonun olmaması, DNA miktarının yarıya inmesine neden olur.

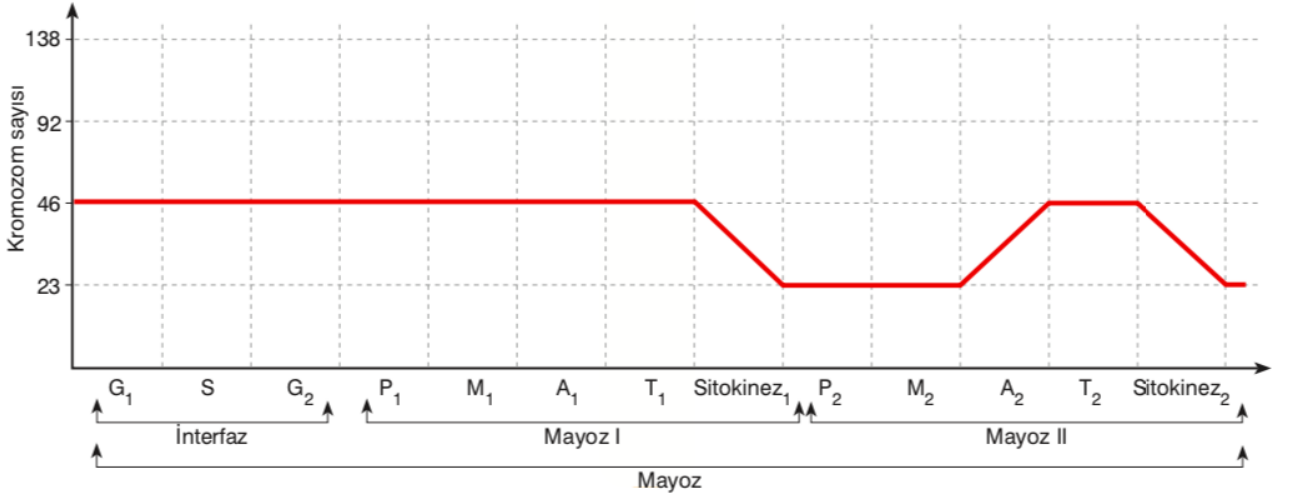
Mayoz bölünme sonucu hem kromozom sayısı hem de DNA miktarı ana hücrenin yarısı olan yeni hücreler oluşur.

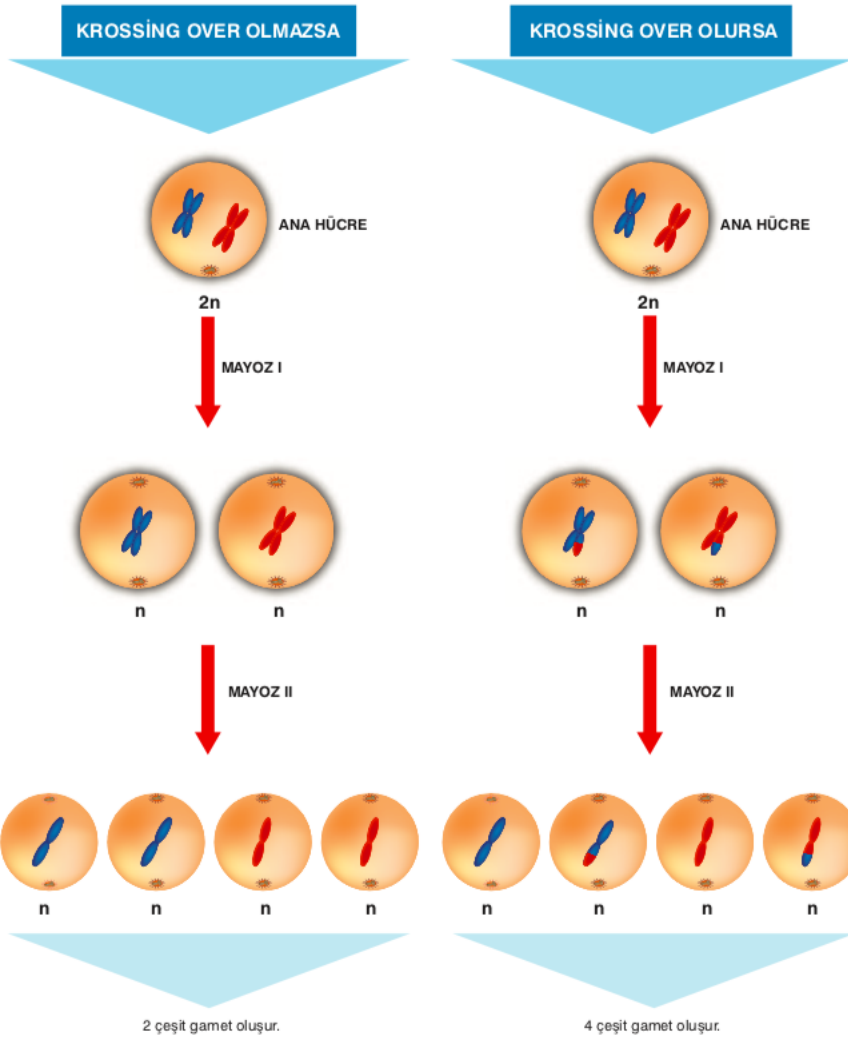


- İnterfazın S evresinde replikasyon sürecine bağlı olarak DNA miktarı iki katına çıkar. Birinci bölünmenin sitokinez evresinde hücre ikiye bölününce DNA miktarda yarıya iner, ikinci bölünmenin sitokinez evresinde ise her bir hücre ikiye bölününce DNA miktarı başlangıç durumuna göre yarıya inen dört hücre oluşur.



- Anafaz I evresinde kromozom sayısı değişmez. Birinci sitokinez ile hücre ikiye bölününce kromozom sayısında yarıya iner. Anafaz II evresinde her bir hücrede kardeş kromatit ayrılması olayına bağlı olarak kromozom sayısı geçici olarak iki katına çıkar. İkinci sitokinez ile her bir hücre ikiye bölününce kromozom sayısı yine iner. Sonuçta oluşan dört hücreden her biri başlangıç sayısına göre yarı sayıda kromozom taşır..





MAYOZDA ÇEŞİTLİLİK NEDENLERİ



MAYOZ BÖLÜNMENİN GENEL ÖZELLİKLERİ

- 1) Üreme ana hücrelerinde görülür. (Üreme hücreleri oluşur.)
- 2) Sadece diploit ($2n$) kromozomlu hücrelerde gerçekleşir.
- 3) n kromozomlu 4 yeni hücre oluşur.
- 4) Yeni oluşan hücrelerin kromozom sayısı ana hücrenin yarısı kadardır.
- 5) Oluşan hücrelerin genetik yapısı birbirinden farklıdır.
- 6) Genetik çeşitlilik sağlar.
- 7) Evrime katkı sağlar.
- 8) Amaç; üremedir. Eşeyli üremenin temelidir.
- 9) Hayat boyu devam etmez.
- 10) Eşeyli üreyen canlılarda tür içi kromozom sayısının sabit kalması sağlanır.