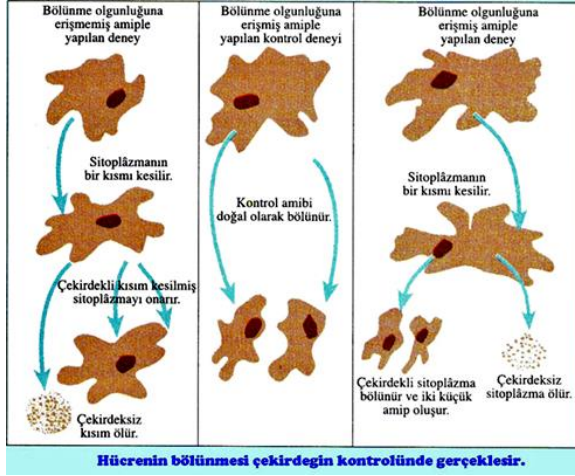


## HÜCRE BÖLÜNMELEİ

Bir hücrenin kendine benzer yeni hücre oluşturmaları olayına hücre bölünmesi denir.

Hücre bölünmeleri canlılarda büyüme, gelişme, yıpranan dokuların onarımı, ölen hücrelerin yerine yenilerinin yapılması, çoğalma ve üreme amaçlı olarak gerçekleşir.



## HÜCRE DÖNGÜSÜ:

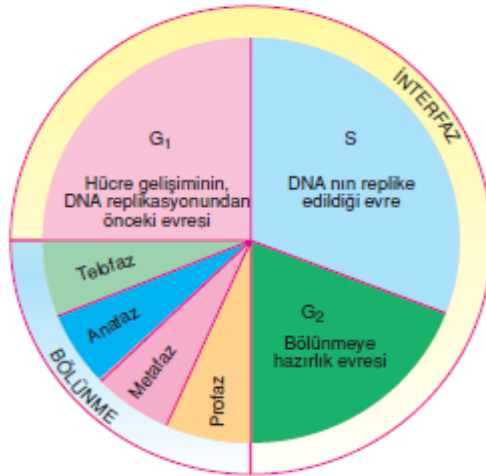
Bir hücrenin bölünmeye başlamasından itibaren onu takip eden diğer hücre bölünmesine kadar geçen zaman aralığına hücre döngüsü denir. Hücre döngüsü, çok uzun süren interfaz evresi ile kısa bir bölünme evresinden oluşur. Bölünme evresi (mitotik evre), çekirdek bölünmesi (mitoz) ve sitoplazma bölünmesinden (sitokinez) oluşur.

### İnterfaz

İnterfaz evresinde ribozom, mitokondri, kloroplast ve Golgi aygıtı organellerinin sayıları artar. Ayrıca bitki dışındaki çeşitli canlılarda sentriollerin eşlenmesi gerçekleşir. Bu evrede RNA ile protein sentezi de hızlanır ve üretilen proteinlerden, hızlanan metabolizmayı kontrol etmesi için enzimler oluşturulur. Enerji ihtiyacı bu evrede fazlaştığı için ATP üretimi de hızlanır. Bu olayların gerçekleşmesi sonucunda hücrenin sitoplazma miktarı artar ve hücrenin büyüdüğü gözlenir. Sitoplazma miktarının bu kadar artması sonucunda

Bir hücrenin bölünmesine neden olan etkenler:

1. Sitoplazma miktarında artışın olması: Hücre büyüdükçe yüzey/hacim oranı azalır. ( $r^2/r^3$ )
2. Sitoplazma miktarı arttıkça çekirdek hücre kontrolünü kaybeder. Hücre içinde madde alış-verişi vb. olaylarda aksamalar başlamaktadır.
3. Çekirdek hücreyi yönetemez hale geldiği için hücreye bölünme emrini vermesidir.



hücre zarı sitoplazmanın ihtiyaçlarını karşılayamaz hâle gelir.(G<sub>1</sub> evresi) Yani hücrede hacim/yüzey oranı artar. Bu sorunu hücre, mitotik evresini tamamlayıp sitoplazmayı iki yavru hücreye dağıtarak çözümler.

Hücre bölünme büyüklüğüne ulaştığı zaman DNA (kromatin ipliği) kendini eşleyerek miktarı iki katına çıkar. (S evresi)DNA'nın kendini eşlemesi olayına **replikasyon** denir. Replikasyon olayı yarı korunumlu gerçekleşir. Yani oluşan yeni DNA'larda ata DNA'dan birer zincir bulundurulur.

Hücre bölünmesi için gerekli protein, enzim ve ATP üretimi gerçekleşir. (G<sub>2</sub> evresi)

## 1. MITOZ BÖLÜNME

Mitoz bölünmenin genel özellikleri:

- n, 2n, 3n kromozomlu canlılarda görülür.
- Tüm canlılarda görülür.
- Döllenmiş yumurta (zigot) ile başlar canlı ölene kadar devam eder.
- Mitoz bölünme sonucu 2 yavru hücre oluşur. Bölünme sonucu oluşan toplam hücre sayısı 2<sup>n</sup> formülü ile bulunur. Buradaki n sayısı geçirdiği mitoz bölünme sayısıdır.
- Bir hücre peşi sıra, birden fazla sayıda mitoz bölünme geçirebilir.
- Oluşan yavru hücreler kalıtsal olarak ana hücre ile aynıdır.
- Mitoz bölünme sonucunda oluşan yavru hücreler, yaklaşık olarak ana hücrenin yarısı kadardır.
- Mitoz bölünme sonucu tür içi çeşitlilik (varyasyon) ve çevreye uyum gösterme (adaptasyon) olayları görülmez.
- Çekirdeği bulunmayan ökaryot hücrelerde, sinir hücrelerinde, gözde retina hücrelerinde ve memeli olgun alyuvar hücrelerinde mitoz bölünme görülmez.
- Mitoz bölünme; çekirdek bölünmesi (Karyokinez) ve sitoplazma bölünmesi (sitokinez) olmak üzere iki aşamada gerçekleşir.

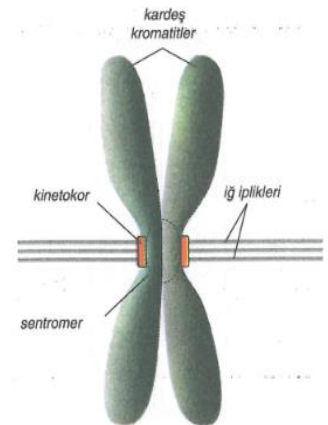
### Çekirdek Bölünmesi (Karyokinez)

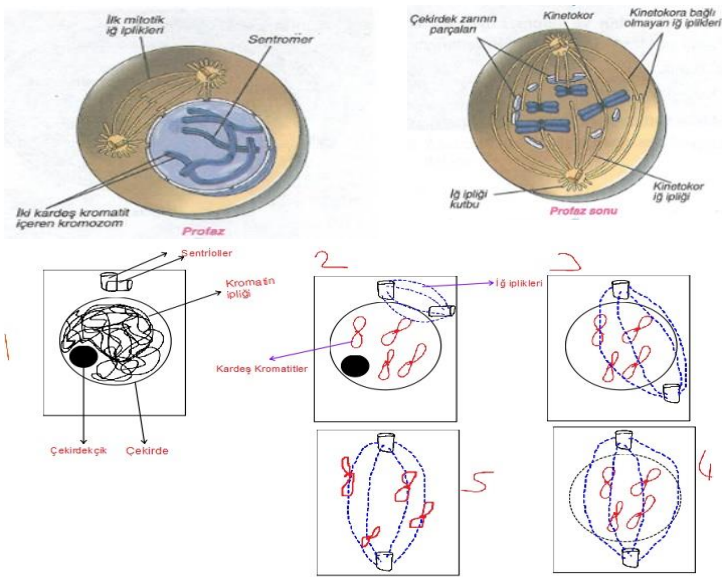
Çekirdek bölünmesi : Profaz- Metafaz- Anafaz- Telofaz evrelerinden oluşur.

### I. PROFAZ EVRESİ:

Mitozun ilk evresidir. Bu evrede kromatin iplikleri kısalıp kalınlaşarak kromozomları (**kardeş kromatitleri**) oluştururlar.

İnterfaz evresinde eşleşmiş olan sentrozom profaz evresinde iğ ipliklerinin (mikrotübüllerin) oluşmasını sağlar. Bu evrede sentrozomlar birbirlerinden uzaklaşmaya ve hücrenin kutuplarına doğru hareket

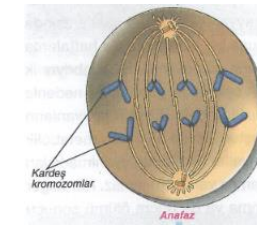
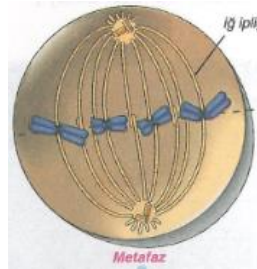
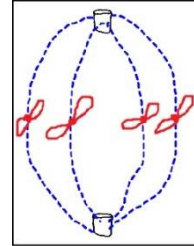




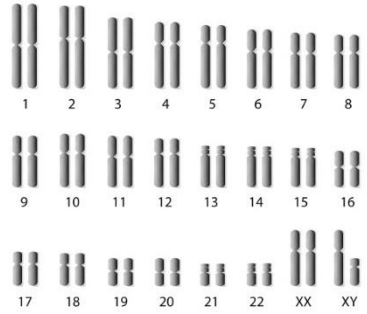
etmeye başlar. Profaz evresinde ayrıca çekirdekçik kaybolur, çekirdek zarı da parçalanmaya başlar.

Kardeş kromatitler kinetokorlarından iğ ipliklerine bağlanırlar.

**NOT:** Bitkilerde sentrozom olmadığı için bitkilerde iğ ipliği benzeri iplikleri sitoplazmadaki özel proteinler oluşturur.



## II. METAFAZ EVRESİ:

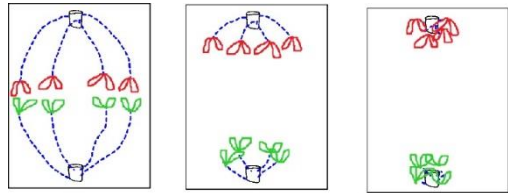


Bu evrede kardeş kromatitler hücre ekvatoruna dizilir. Mitozun en kısa evrelerindendir.

Kardeş kromatitler hücre ekvatoruna dizildiği için ışık mikroskobu ile görülürler ve sayılabilirler.

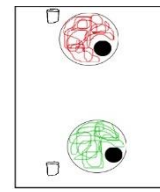
## III. ANAFAZ EVRESİ:

Kardeş kromatitler iğ iplikleri tarafından zıt kutuplara çekilerek birbirlerinden ayrılırlar. Anafaz evresi sonunda her iki kutupta eşit sayıda kromozom bulunur.



## IV. TELOFAZ EVRESİ:

Kromozomlar açılıp karomatin ipliklerini oluştururlar. Golgi tarafından kromatin ipliklerinin etrafına çekirdek zarları oluşturulur. Çekirdeklerde çekirdekçikler

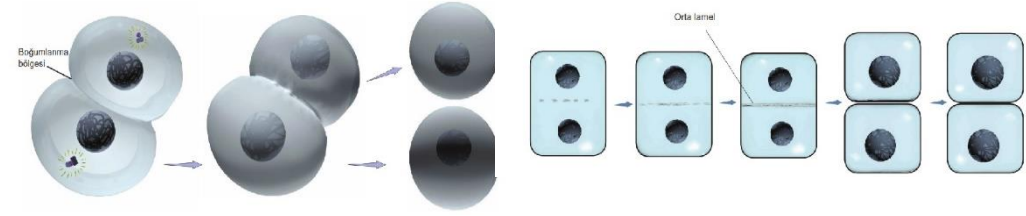


yeniden belirginleşir. Hücre sitoplazmasında iğ iplikleri kaybolur. Telofaz evresi sonucunda bir hücre içinde iki çekirdek gözlenir.

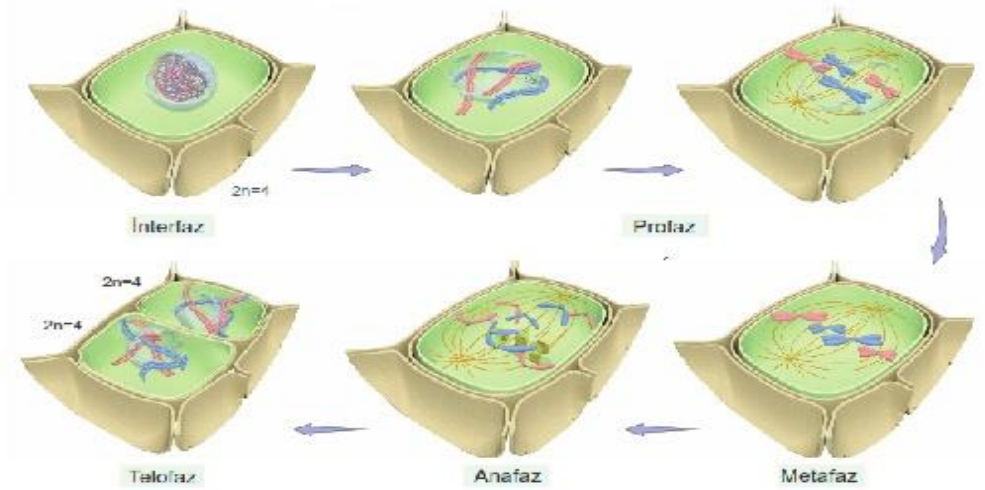
## Sitoplazma bölünmesi (Sitokinez):

Sitoplazma bölünmesi bitki ve hayvan hücrelerinde farklı gerçekleşir.

Hayvan hücrelerinde sitokinez ortadan boğumlanma ile, bitki hücrelerinde ise ara plak (orta lamel) ile gerçekleşir. Bitkilerde ara plak Golgi tarafından oluşturulur.



Sitoplazma bölünmesi sonucunda DNA miktarı aynı olan, kromozom sayıları ve yapısı aynı olan iki yeni hücre oluşur.



**AMİTOZ BÖLÜNME:** Amip ve benzeri bir hücreli canlıların bazılarında mitoz bölünmenin evreleri görülmeksizin, çekirdekten ve sitoplazmadan bir parça kopması sonucu yeni bir hücre oluşur. Bu olaya amitoz denir.

**ENDOMİTOZ BÖLÜNME:** Bu bölünmede, çekirdek bölünmesinden sonra sitoplazma bölünmesi gerçekleşmez. Hücre çok çekirdekli olarak kalır. Örnek olarak karaciğer hücrelerinde, çizgili kas hücrelerinde, mantarlarda, Paramesyumda, bitkilerdeki polen ve embriyo kesesi oluşumu sırasında görülür.



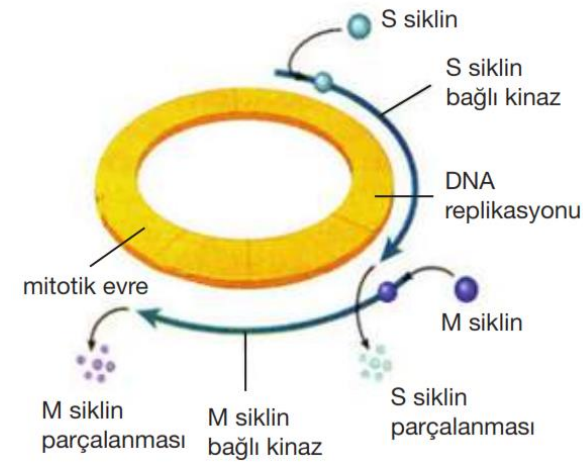
## HÜCRE DÖNGÜSÜNÜN KONTROLÜ

Bir çok hücrede hücre döngüsü evreleri arasındaki düzeni sağlayan G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve M adı verilen kontrol noktaları vardır. Bu noktalardaki "dur" ve "devam et" sinyalleri hücre döngüsünü düzenler. Kontrol noktaları hücre döngüsünde bir önceki evrede olaylar tamamlanmadan sonraki evrenin başlamasını engeller.

**G<sub>1</sub> kontrol noktasında** hücre yeterli büyüklüğe ulaşmışsa, ortamda yeterli besin ve büyüme faktörü varsa ve DNA'da hasar yoksa "devam et" sinyali verilir.

**G<sub>2</sub> kontrol noktasında** DNA hasarı ve hücrenin büyüklüğü kontrol edilir. DNA kendini eşlerken hasar veya hata meydana gelmişse, onarım gerçekleşinceye kadar hücre döngüsü durdurulur.

**M kontrol noktasında** iğ ipliklerinin sentromerdeki kinetokorlara bağlanması kontrol edilir. Kinetokorlar iğ ipliklerine tutunmazsa "dur" sinyali verilir ve anafaz evresi başlamaz. Bütün kinetokorların iğ ipliklerine tutunmasıyla dur sinyali ortadan kalkar ve anafaz evresi başlar. Bu kontrol sayesinde, oluşacak yavru hücrelerdeki kromozom sayısının eşit olması sağlanır.



Hücre döngüsünün doğru işleyebilmesi G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> ve M kontrol noktalarında siklinler ve siklin bağımlı kinaz molekülleri bulunur. Bu moleküllerin miktarında ve aktivitelerindeki değişimler döngüdeki ardışık olayların hızını belirler. Hücre döngüsünü yürüten ve kontrol eden siklin bağımlı kinazlar çoğunlukla inaktif durumda olup, sabit bir derişimde bulunur. Bu molekülün aktifleşebilmesi ancak siklin molekülüne bağlanmasıyla

mümkündür. Siklin bağımlı kinazların aktifleşmesiyle oluşan sinyaller döngünün başlamasını ve sürdürülmesini sağlar

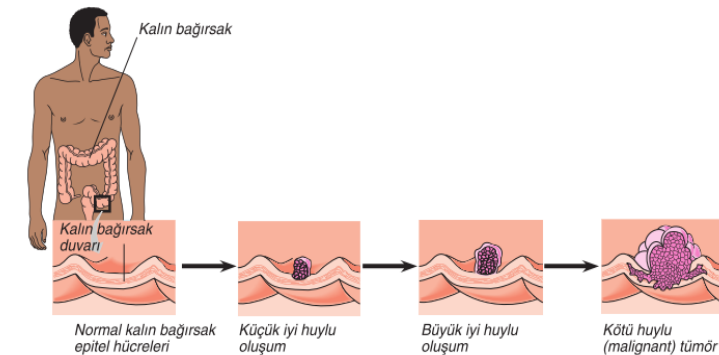
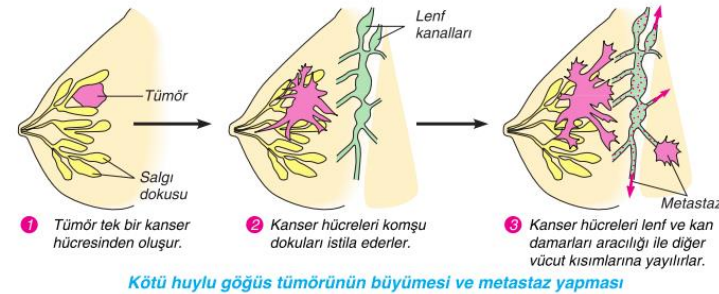
İnterfaz evresinin başında, siklin proteininin miktarı artar. Bu durum DNA'nın eşlenmeye başlama sürecini hızlandırır. Belli bir sınır değerine ulaşan hücre döngüsü proteinleri (siklin bağlı kinazlar) siklin ile bağlanır ve aktifleşirler. Bölünmeyi tamamlamış bir hücre tekrar bölünmeye devam etme sinyalini bu şekilde almış olur. Siklin proteinlerinin farklı çeşitleri bölünme sürecinde görev alırlar. Örneğin, S siklin, DNA replikasyonunun başlamasını sağlarken M siklin mitozun başlamasını kontrol eden noktadır. M siklinin miktarı interfazın sonlarına doğru fazlalaşır ve mitoz bölünmenin evrelerini başlatır.

## KONTROLSÜZ HÜCRE BÖLÜNMESİ (KANSER)

Normal bir vücut hücresinde hücre döngüsü belirli genler tarafından düzenlenir. Bazı mutasyonlarbu genlerin etkinliğini değiştirerek kansere yol açabilir. Bu mutasyonlar kendiliğinden rastgele oluşabileceği gibi virüsler, bazı kimyasal maddeler, X ışını, radyasyon gibi bir takım faktörler yoluyla da meydana gelebilir.

Normal bir hücrenin bölünme programının bozulması ile anormal bölünen kanser hücreleri meydana gelir. Kanserli hücrelerin normal hücrelere göre yapı ve fonksiyonlarında değişimler gözlenir. Bu hücrelerin çekirdekleri büyüktür, kromozomlarında sayıca farklılıklar ve bozulmalar görülür. Ayrıca DNA-RNA oranlarında da düzensizlikler meydana gelir. Sonuçta hücrelerde anormal bölünme, beslenme ve fonksiyon bozuklukları ortaya çıkar.

Vücudun bağışıklık sistemi kanserli bir hücreyi genelde ortadan kaldırır. Ancak vücut bağışıklık sistemi ile yok edilemeyen kanser hücrelerinin bölünerek oluşturduğu hücre kitlesine **tümör (=ur)** denir. Sürekli olduğu dokuda kalan ve etrafa yayılmayan tümörlere **iyi huylu (=selim ur, benign)** adı verilir. İyi huylu tümörlerin çoğu önemli sorunlara neden olmazlar ve ameliyatla vücuttan tamamen alınabilirler. Oluştığı dokudan kan ve lenf yoluyla vücuttaki farklı bölgelere yayılan



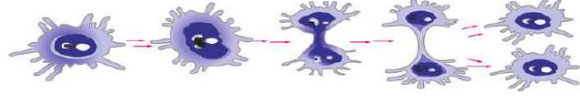
**Kalın bağırsak - rektum kanserinin gelişmesi:** Yaygın görülen kalın bağırsak kanserinde ilk belirti polip denilen iyi huylu bir oluşumdur. Polip hücreleri alışılmadık bir sıklıkla bölünmesine rağmen normal görünürler. Tümör büyür ve sonunda kötü huylu hale geçerek kanserli hücrelere dönüşür.

ve gelişen tümörlere ise **kötü huylu (=habis ur, malignant)** tümör adı verilir. Kötü huylu tümörlerin başlangıç bölgesinden ayrılarak farklı doku ve organlara yayılmasına **metastaz** denir. Eğer bir tümör metastaz yaparsa, yüksek enerjili radyasyon ve toksit ilaçların kullanıldığı kemoterapi uygulaması yapılır.

## EŞEYSİZ ÜREME

Ana canlının döllenme olmadan, çeşitli yollarla kendisiyle aynı genetik bilgiye sahip canlılar oluşturmaya eşeysiz üreme denir. Eşeysiz üremede, eşeyli üremenin temel olayları olan mayoz bölünme, gamet oluşturma, döllenme ve zigot oluşumu görülmez. Eşeysiz üremenin temeli mitotik hücre bölünmesine dayanır. Bu yüzden eşeysiz üreme sonucu oluşan bireyler, birbirleriyle ve ana canlıyla aynı özellikleri taşırlar. Yani eşeysiz üremeyle kalıtsal çeşitlilik sağlanmaz.

Canlılarda eşeysiz üremenin, bölünme, tomurcuklanma, sporla üreme, vejetatif üreme, partenogenez ve rejenerasyon gibi çeşitleri vardır.



AMİPTE BÖLÜNME

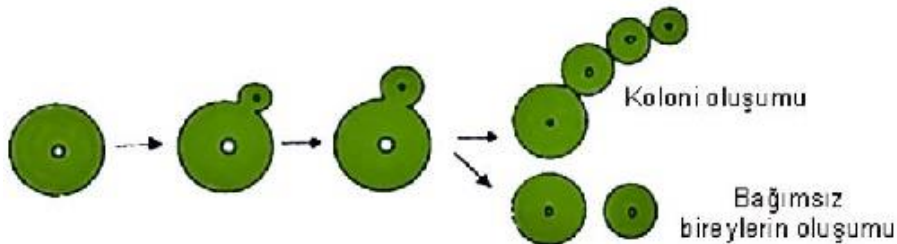


ÖĞLENADA BÖLÜNME



TERLİKİ HAYVANDA (PARAMEZYUM) BÖLÜNME

**2. TOMURCUKLANMA:** Bu tip üreme bira mayalarında, hidra, mercan gibi bazı omurgasız hayvanlarda görülür. Tomurcuklanma ile üremede ana canlı üzerinde mitotik bölünme ile tomurcuk şeklinde bir veya daha fazla çıkıntı oluşur. Bu çıkıntılar olgunlaşıp ana canlıdan ayrılır ya da ana canlıya bağlı olarak koloni oluşturur.



## 3. SPORLA ÜREME:

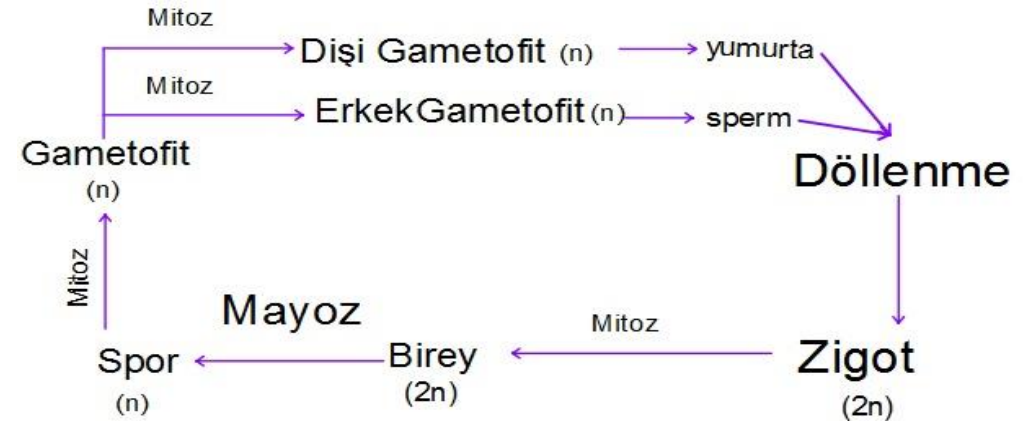
Bu tip üreme, tek hücrelilerden plazmodyumda (sıtma mikrobi), mantarlarda, bazı omurgasız hayvanlarda, karayosunları ve eğrelti otları gibi çiçeksiz bitkilerde görülür.

Sporla üreme, **spor** olarak adlandırılan özelleşmiş hücrelerle olur. Sporlar, etrafı kalın bir örtü ile çevrili olan, olumsuz ortam koşullarına dayanıklı hücrelerdir. Sporlar, uygun ortam koşullarında çimlenerek gelişir ve yeni canlıyı oluşturur.

Diploit ( $2n$ ) kromozomlu canlılarda (örneğin, eğrelti otları) sporlar, mayoz bölünmeyle oluşur. Böyle sporlara '**eşeyli spor**' denir. Eşeyli sporların üreme hücrelerinden farklı döllenme olmaksızın birey oluşturmalarıdır. Haploit ( $n$ ) kromozomlu canlılarda (bazı mantarlar ve yeşil alg) ise sporlar, mitotik bölünmeyle oluşur. Böyle sporlara '**eşesiz spor**' denir.

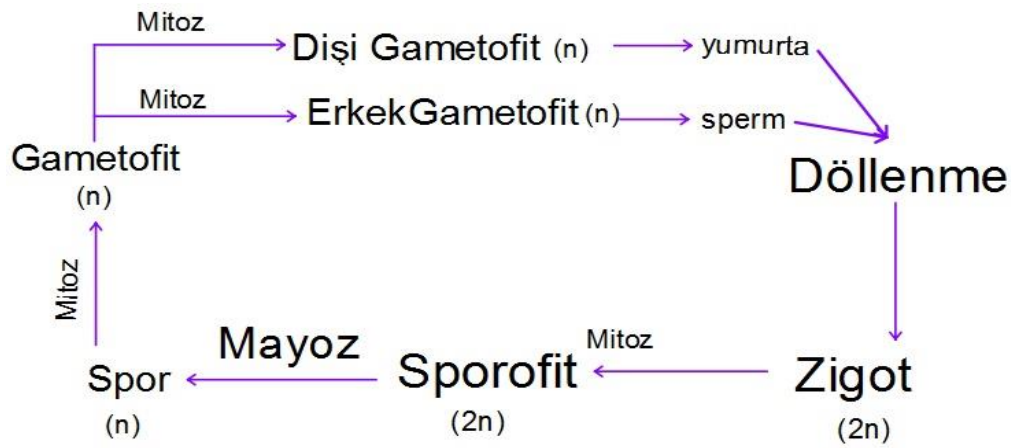
Mantarlar eşeysiz veya eşeyli üreme yoluyla oluşan sporlar ile çoğalır. Mantarların eşeysiz üremesi sırasında olgunlaşan her spor kesesinden binlerce haploit ( $n$ ) spor oluşur. Rüzgâr ya da su ile taşınan bu sporlar ılık ve nemli ortamda bulunan besinler üzerinde çimlenerek yeni bir hif kütlesi oluşur. Böylece mantarın eşeysiz üremesi tamamlanmış olur.

Sporla üreyen canlıların yaşam döngüsünde eşeyli ve eşeysiz üremenin birbirini takip etmesine **döl değişimi (metagenez=döl alması)** denir. Döl değişiminde genellikle sporlar mayoz bölünmeyle, gametler mitoz bölünmeyle meydana gelir.



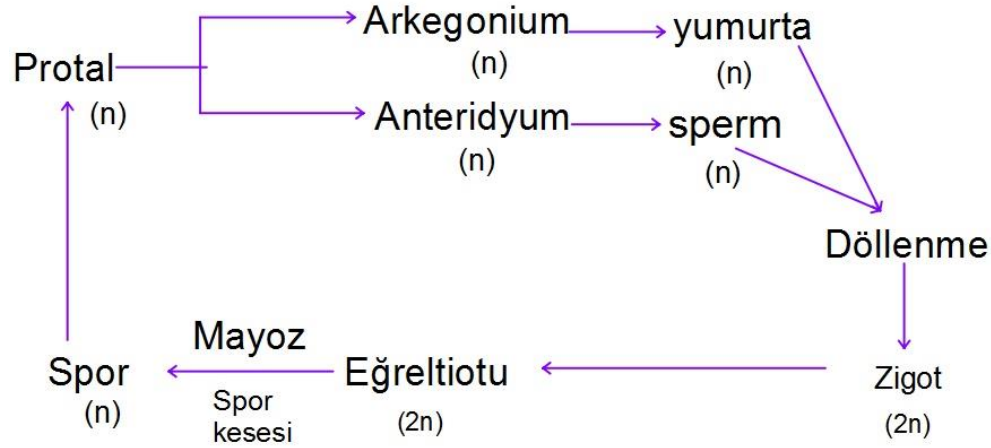
# METAGENEZ



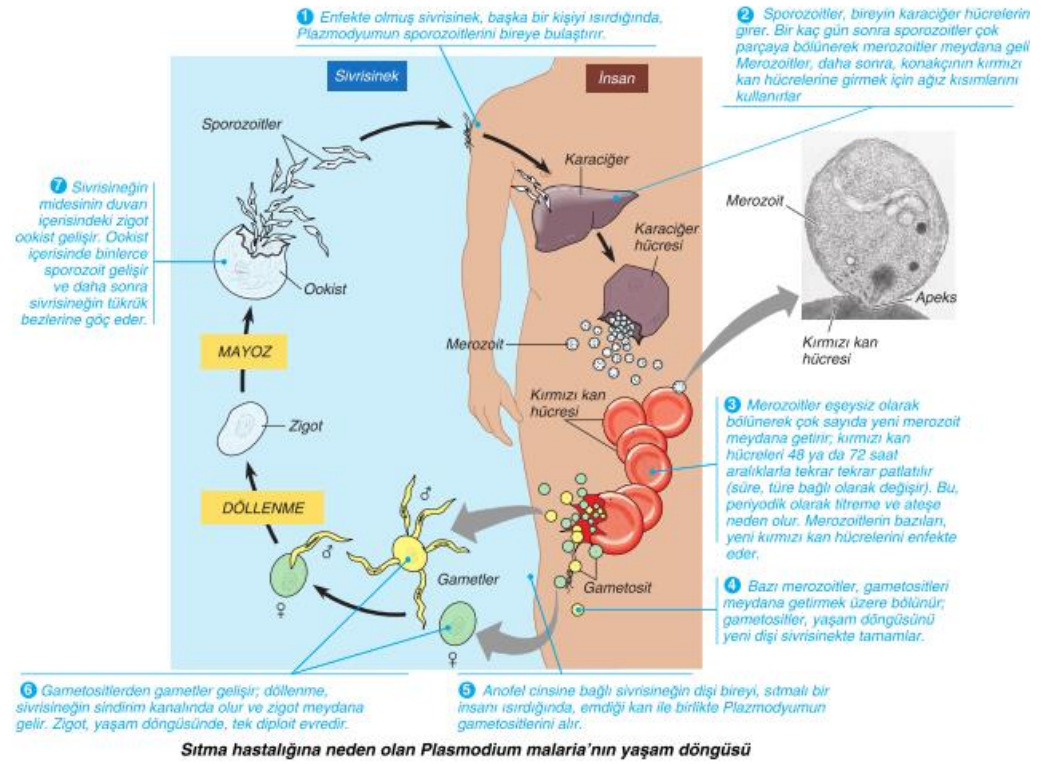


## KARAYOSUNUNDA

Karayosununda gametofit döl(n), sporofit döl(2n) baskındır. Yaşam evresi en uzun olan gametofittir.



Bir hücreli canlılarda döl değişimine Plazmodyum örnek verilebilir. Plazmodyum insanda sıtma hastalığına neden olur. *Hayat döngüsünün bir bölümünü insanda eşeysiz olarak bir bölümünü de Anofel cinsi dişi sivrisinekte eşeyli olarak geçirir.* Sivrisinek insanı ısırıp kanını emmeye başladığı zaman ağız kısmında yer alan sporozitler de insan kanına geçerek kan yolu ile karaciğere yerleşirler. Burada merozite dönüşür ve çoğalırlar. Daha sonra alyuvar



içine girerek burada çoğalırlar ve alyuvar sayısı azalmaya başlar. Alyuvar sayısı azaldığı için kişide yüksek ateş, titreme gibi sıtma hastalığının belirtileri ortaya çıkar. Merozitler farklılaşarak dişi ve erkek merozitlere (gametositlere) farklılaşırlar. Başka bir anofel tarafından kişi ısırılıp kanı emildiğinde gametositler sivrisineğin bağırsağına geçer ve yumurta ve sperm oluşur ve döllenme gerçekleşerek plazmodyumlar oluşur.

### 4. VEJETATİF ÜREME:

Yüksek yapılı bitkilerde görülen eşeysiz üreme şeklidir. Vejetatif üreme mitoz bölünme ve yenilenme esasına dayanır. Vejetatif üreme, ana bitkiden (anaç bitki) ayrılan bir doku parçasının veya tomurcuğun geçmesi ile meydana gelir. Vejetatif yolla oluşan yavru bireyler ana bitkiyle ve birbirleriyle aynı genetik yapıya sahiptir ancak bağımsız bireylerdir.

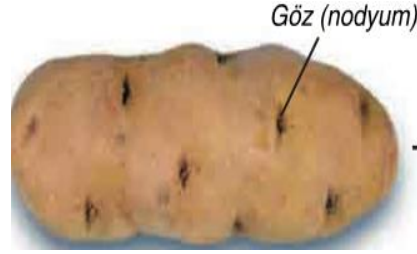
Vejetatif üreme, tarımsal üretimde büyük avantajlar sağlar. Tohum ile üretilmesi mümkün olmayan muz, çekirdeksiz üzüm, kavak, söğüt gibi bitkiler bu yolla üretilir. Bu tip üreme tohumla üremeye göre daha kısa sürede gerçekleşir. Ayrıca genetik yapısı nedeniyle belirli bir çevreye uyum sağlamış bireylerin, genetik yapılarında hiçbir değişim olmadan daha hızlı yayılmasını sağlar. Pek çok bitki türü yaprak, kök

ve gövde parçaları kullanarak seralarda ve fidanlıklarda vejetatif yolla üretilmektedir. Bitkilerde vejetatif üreme, sürünücü gövde, yumru gövde, rizom ve çelikle üreme gibi değişik şekillerde gerçekleşir.



**Sürünücü gövde:** Bu tip vejetatif üremede, ana bitkiden oluşan ve gövde görevini üstlenen bazı yapılar (sürünücü gövde, stolon) görev alır. Örneğin çilek bitkisinin toprak üzerinde büyüyen sürünücü gövdesindeki gözlerden genç çilekler oluşur.

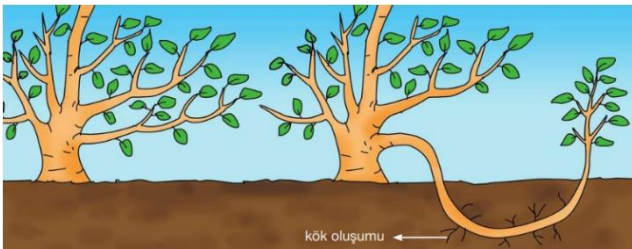
**Yumru gövde:** Patates, yer elması gibi bitkilerin, depo organları olan yumru gövdelerinde göz (nodyum) adı verilen kısımlardan birçok yeni bitki gelişir. Soğan, sümbül, lale, sarımsak gibi bitkilerin yassı gövdelerindeki gözler gelişerek genetik yapıları aynı olan yavru bitkileri oluşturur.



**Rizom ile üreme:** Ayrıkotu, zencefil gibi bazı bitkilerde görülür. Rizomlar, gövdenin en alt ucundan gelişmeye başlayan kalın, kök şeklindeki gövde uzantılarıdır. Toprak altında uzamaya başlayan rizom üzerindeki düğümlerden uygun ortamda yeni bitkiler oluşur.

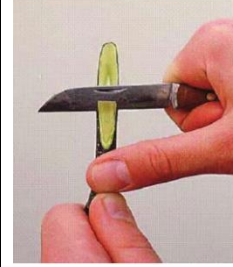


**Çelikle üreme:** Birçok bitkinin üretiminde çelik ve daldırma yöntemleriyle vejetatif üreme yapılır. Kavak, söğüt, erik, ayva, asma gibi bitkilerin dallarından kesilen ve "çelik" denilen çubuklar toprağa konulduğunda, su ihtiyacını karşılamak için önce yeni kökler oluşturur daha sonra gelişerek yeni bir bitkiyi meydana getirir. Dallardan çelik yapıldığı gibi ana bitkinin köklerinden de çelik yapılır. Özellikle elma ağaçlarının üretiminde kök çeliklelenmesi yaygındır.



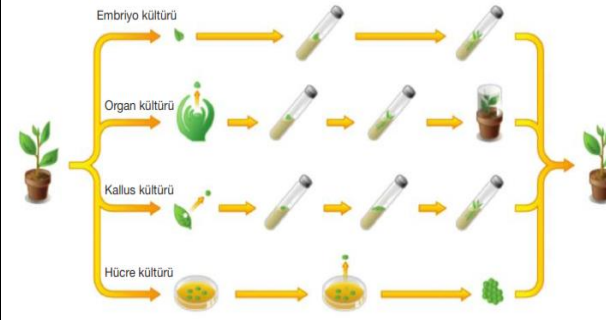
**Daldırma ile üretimde,** ana bitkinin genç bir dalı ana bitkiden ayrılmadan yalnız uçları hava ve ışık alacak şekilde bükülüp toprağa gömülür. Gömülen kısım köklendiğinde, ana bitkiden

ayrılarak yeni bir bitki elde edilir. Daldırma çelikleri güç köklenen ve tohumla üretimi zor olan bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılır. Portakal, mandalina, fındık, asma, böğürtlen, ahududu gibi bitkiler örnek olarak verilebilir.



**Aşılama,** çelikle üremenin bir başka biçimidir. Aşılama, çoğaltılması istenilen çeşitten, bir gözün (tomurcuk) ya da aşı (kalem) adı verilen bir dal parçasının anaç adı verilen diğer bitki üzerine kaynaştırılmasıdır.

Bu işlem genellikle bitki genç iken yapılır Aşılama ile farklı türlerin ya da aynı türün farklı bireylerindeki en iyi özelliklerin tek bir bitkide birleştirilmesi sağlanır. Örneğin, üstün kaliteli şaraplık üzüm üretiminde kullanılan Fransız üzüm çeşitlerinin aşıları, topraktaki hastalık etkenlerine karşı çok dayanıklıdır. Meyvenin kalitesi ise aşının genleri tarafından belirlenir ve anaç bitkinin kalıtsal özelliği tarafından azaltılamaz.



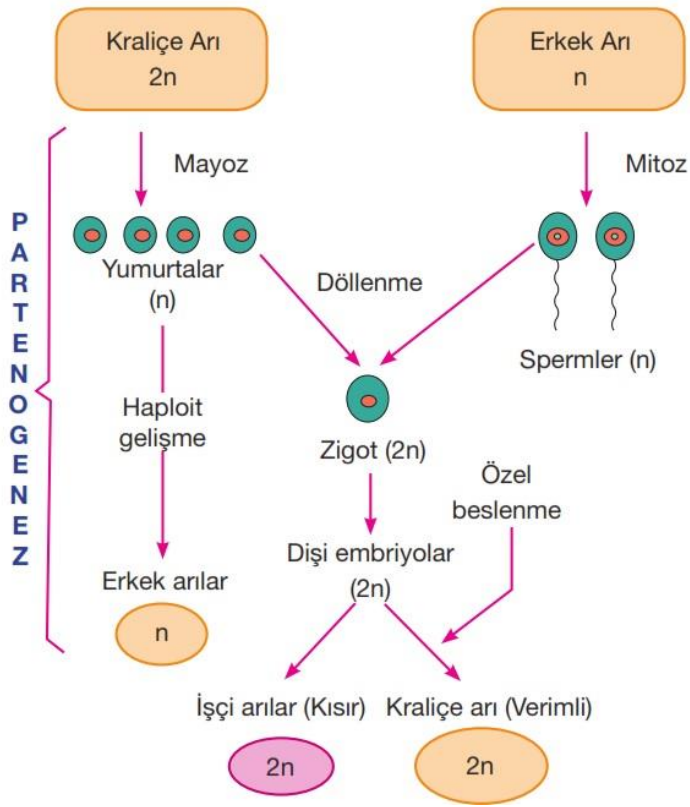
Günümüzde insanlar tarafından herhangi bir bitki dokusundan alınan parça, doku kültürü ortamında bekletilerek ana bitkinin genetik kopyalan olan yeni bitkilerin gelişmesi sağlanmaktadır. **Klonlama** (doku kültürü yöntemi) denilen bu yöntemle istenilen özelliği

taşıyan bir bitkiyi döllenme olmadan üretmek mümkündür.

## 5. PARTENOGENEZ:

- Eşeysiz üremenin değişikliğe uğramış şeklidir.
- Dişi bireyce oluşturulan gametin döllenmeden gelişerek yeni bireyi oluşturmasıdır.
- Bal arılarında, eşek arılarında, karıncalarda, bazı çekirge ve kelebeklerde, yaprak bitlerinde ve su pirelerinde görülür.
- Partenogenezde döllenmiş yumurtadan mutlaka dişi birey meydana gelir. Dişi bireyin vücut hücreleri 2n kromozomlu, erkek bireyin ise n kromozomludur.
- Dişi yumurtalarını mayoz bölünme ile, erkek spermlerini mitoz bölünme ile oluşturur.

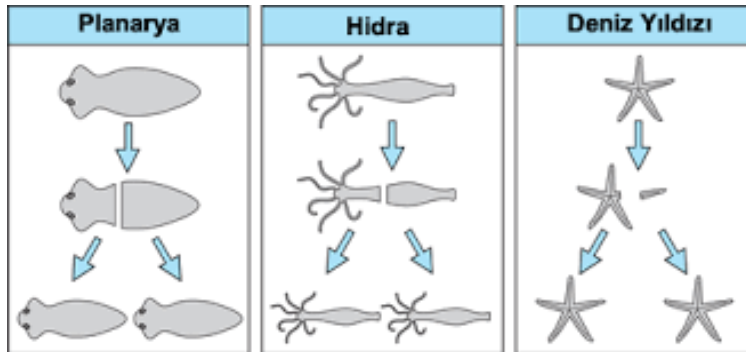




## 6. REJENERASYON:

Bazı canlılarda kopan vücut kısımlarının kendilerini tamamlayarak yeni bireylere dönüşmesi de eşeysiz üreme biçimidir. Ayrıca pek çok canlı, çeşitli nedenlerle kopan veya zarar gören organ ya da dokuların yeniden yapılandırma özelliğine sahiptir.

Buna **rejenerasyon** adı verilir. Rejenerasyon canlılarda az ya da çok yapılır. Bitkilerde rejenerasyon hayvanlara göre daha çok olur. Hayvanlarda ise canlının gelişmişlik derecesiyle ters orantılıdır. Yani ilkel canlılarda gelişmiş canlılara göre rejenerasyon daha fazladır.

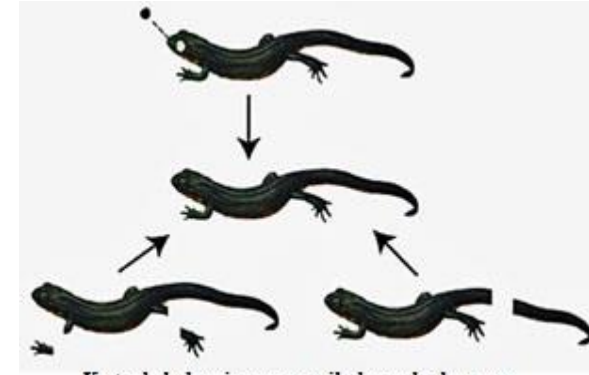


Planarya, denizyıldızı gibi canlılarda rejenerasyon sistem düzeyinde olduğu için aynı zamanda eşeysiz üreme olarak kabul edilir.

Örneğin, Planarya parçalara ayrılacak olursa, her bir parçadan yeni bir Planarya oluşur. Denizyıldızında kollardan biri ya da birkaçı kesilirse, bu kollar yenilenerek, kesilen her koldan yeni bir denizyıldızı oluşur.

Kertenkele gibi bazı hayvanlarda rejenerasyon organ düzeyinde gerçekleşir. Kopan kuyruğunun yerine yenisi oluşur.

Rejenerasyon yeteneği en az olan canlı ise insandır. İnsanda rejenerasyon doku düzeyinde gerçekleşir. Yıpranan ya da zarar gören bazı dokuların yenilenmesi olur. İnsanda rejenerasyonu en yüksek olan organı ise karaciğerdir.



Kertenkelede rejenerasyon ile kuyruk oluşumu

## 2. MAYOZ BÖLÜNME

Mayoz bölünmenin genel özellikleri:

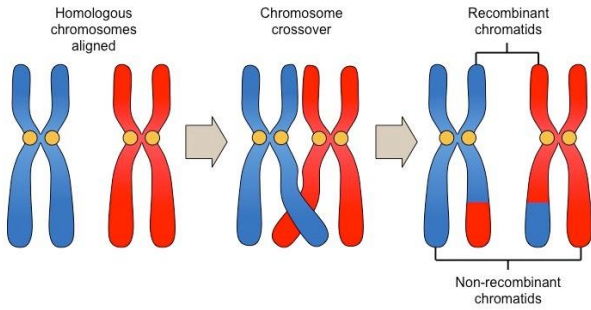
- 2n kromozomlu canlılarda görülür.
- Eşeyli üreyen canlılarda görülür.
- Ergenlik dönemi ile başlar, üreme yeteneği bitene kadar devam eder. (Kadınlarda menapoz, erkeklerde de andropoz)
- Mayoz bölünme yumurta ana hücresinde ve sperm ana hücresinde gerçekleşir.
- Dişilerde yumurtalıklarda, erkeklerde ise testislerde meydana gelir.
- Dişilerde meydana gelen mayoz bölünmeye oogeneze, erkeklerde meydana gelen mayoz bölünmeye ise spermatogeneze adı verilir.
- Mayoz bölünme sonucu kromozom sayısı yarıya iner. (2n ----> n)
- Mayoz bölünme canlıların nesiller boyunca kromozom sayılarının sabit kalmasını sağlar.
- Mayoz bölünme sonucu 4 yavru hücre oluşur.
- Dişilerde mayoz bölünme sonucunda 1 hücre oluşur. Oluşan hücreye yumurta adı verilir.
- Erkeklerde mayoz sonucunda 4 hücre oluşur. Oluşan hücrelere sperm adı verilir.
- Mayoz bölünmede sinapsis, tetrad ve crossing-over olayları görülür.
- Mayoz bölünme sayesinde tür içinde çeşitlilik meydana gelir. (varyasyon)
- Mayoz bölünme sayesinde canlılar, yaşadıkları çevre koşulları değişimine uyum sağlarlar. (adaptasyon)

- Mayoz bölünme; Mayoz I ve Mayoz II olmak üzere iki bölünmeden oluşur.

### MAYOZ I:

Mayoz I bölünmesi başlamadan önce interfazda DNA kendini eşleyerek miktarı 2 katına çıkar. Ayrıca sentrozomlar da kendilerini eşler.

1. **PROFAZ I:** kromatin iplikleri kısalıp kalınlaşarak **homolog kromozomları (kardeş kromozomları)** oluşturur. Homolog kromozomlar yan yana gelerek birbirleri üzerine kıvrılırlar. Kromozomların birbirlerine temas ettikleri bölgelere **sinapsis**, 4 lü görünümüne **tetrat** adı verilir. Sinapsis noktalarından parça alış-verişi olur. Bu olaya **crossing-over** denir. Parça alış-verişi sonrasında homolog kromozomlar birbirlerinden ayrılırlar.



Bu sırada sitoplazmada sentrozomlar açılarak iğ ipliklerini oluşturup zıt kutuplara giderler. Çekirdekçik dağılarak kaybolur. Çekirdek zarı dağılır ve serbest kalan homolog kromozomlar kinetokorlarından iğ ipliklerine bağlanırlar. Böylece Profaz1

tamamlanmış olur.

**NOT:** Her mayoz bölünmede crossing-over görülmeyebilir. Ne zaman olacağı belli değildir, fakat nasıl gerçekleşeceği bilinmektedir.

**NOT:** Crossing-over olayı sayesinde varyasyon ve adaptasyon olayları görülür.

**NOT:** Mayozda oluşan tetrat sayısı n kadardır. (kromozom sayısının yarısı kadardır)

2. **METAFAZ I:** Homolog kromozomlar hücrenin ekvatorial düzlemine dizilirler.

3. **ANAFAZ I:** Homolog kromozomlar iğ iplikleri tarafından zıt kutuplara çekilirler ve birbirlerinden ayrılırlar. Anafaz I sonunda her iki kutupta eşit sayıda kromozom bulunur.

**NOT:** Anafaz I de kromozomlar eşit olarak ayrılmadan zıt kutuplara çekilirlerse, otozomalarda ayrılmama olayı görülür ve bunun sonucu olarak da Down Sendromlu bireyler dünyaya gelir.

4. **TELOFAZ I:** Homolog kromozomlar açılarak kromatin ipliklerine dönüşür, çekirdekçikler yeniden belirir, Golgi tarafından çekirdek zarları oluşturulur ve sonuçta bir hücre içerisinde iki çekirdek görülür.

Sitoplazma bölünmesi ile n (haploit=monoploit) kromozomlu 2 hücre oluşur.

**NOT:** Mayoz I sonucu kromozom sayısı yarıya iner.

### MAYOZ II:

Mayoz II bölünmesi başlamadan önce DNA eşlenmesi **olmaz**. Sadece sentrozomlar kendilerini eşler ve Mayoz II başlar.

1. **PROFAZ II:** Kromatin iplikleri kısalıp kalınlaşarak kardeş kromatitleri oluşturur. Sitoplazmada iğ iplikleri oluşur ve kutuplara doğru açılırlar. Çekirdekçik ve çekirdek zarı dağılır. Kardeş kromatitler kinetokorlarından iğ ipliklerine bağlanırlar.

2. **METAFAZ II:** Kardeş kromatitler hücrenin ekvatorial düzlemine dizilirler.

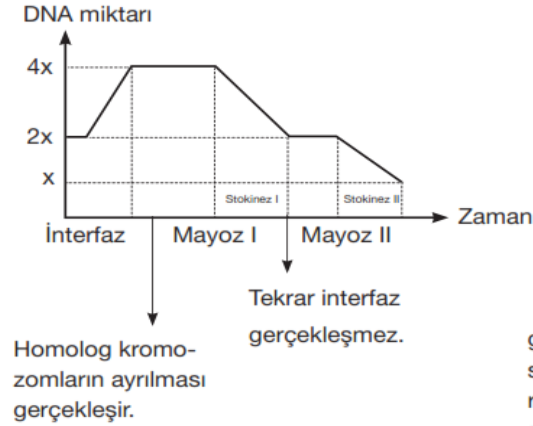
3. **ANAFAZ II:** Kardeş kromatitler iğ iplikleri tarafından zıt kutuplara çekilirler. Bu evre sonunda her iki kutupta eşit sayıda kromozom bulunur.

**NOT:** Anafaz II de kardeş kromatitler eşit olarak ayrılmazlar ise gonozomlarda (eşey kromozomlarında) ayrılmama olayı meydana gelir. Bunun sonucu olarak Turner dişi, Klinefelter erkek, Süper dişi, Süper erkek vb. hastalıklı bireyler meydana gelir.

4. **TELOFAZ II:** Kromozomlar açılarak kromatin ipliklerine dönüşürler. Çekirdekçik ve çekirdek zarı oluşur. Bir hücre içerisinde iki çekirdek görülür.

Sitoplazma bölünmesi meydana gelerek n kromozomlu 4 yavru hücre oluşur.

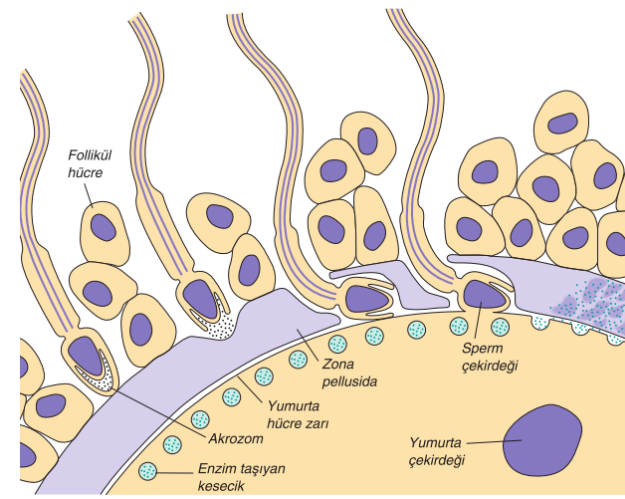
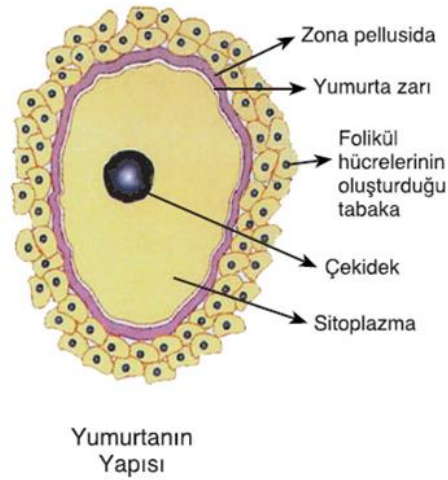
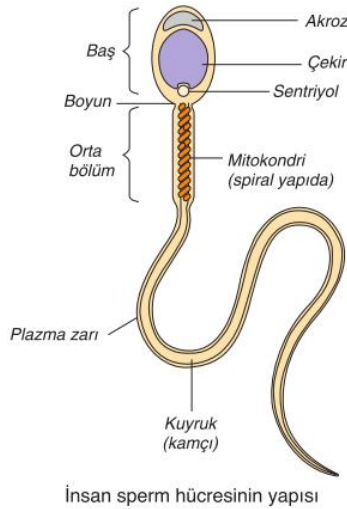
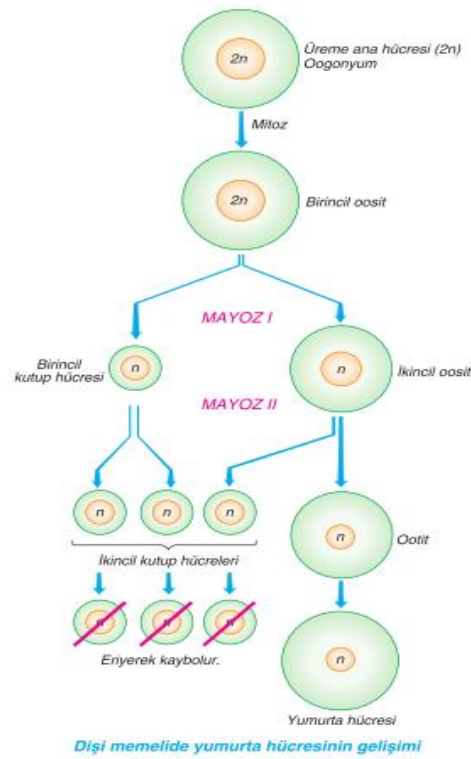
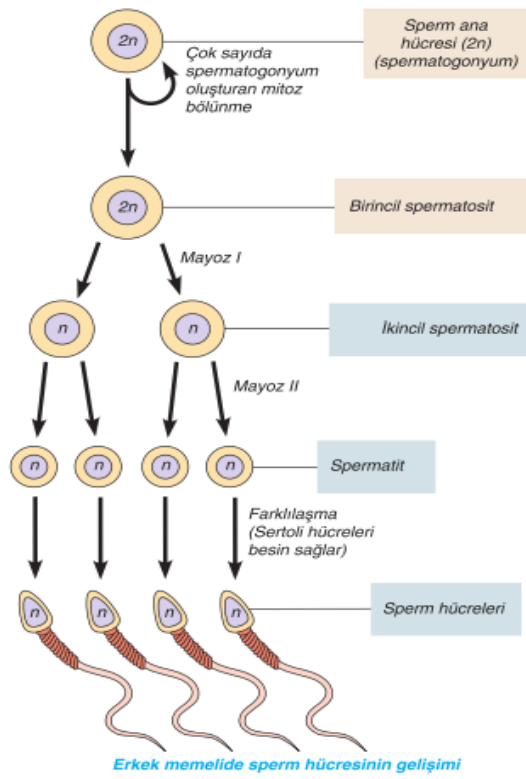
**NOT:** Mayoz II bölünmesi mitoz bölünmeye benzer. Mitozdan farklı olarak DNA eşlenmesi olmadan gerçekleşir.



Mayoz bölünme sırasında DNA miktarı grafikteki gibi değişmektedir. Kromozom sayısı, başlangıçta 2n iken Mayoz I'in sonunda yarıya iner ve Mayoz II'de sabit kalır. Kromozom sayısının yarıya inmesi Mayoz I'de, DNA miktarının yarıya inmesi Mayoz II'de olur.

Erkeklerde meydana gelen mayoz bölünmeye **spermatogenez**, dişilerdekine ise **oogenez** adı verilir. Spermatogenez testislerde meydana gelirken, oogenez yumurtalıklarda meydana gelir. Spermatogenez sonucu bir hücreden 4 sperm meydana gelirken oogenez sonucu bir hücreden bir yumurta hücresi oluşur.





**DÖLLENME:** Mayoz bölünme ile oluşan sperm ve yumurtanın birleşip, çekirdeklerinin kaynaşmasına döllenme denir.

Yumurta hücresinin salgıladığı kimyasal bir madde (fertilizin), spermin kuyruk hareketleri ile hareketsiz olan yumurtaya yaklaşmasına neden olur. Yumurta hücresi folikül denilen koruyucu hücrelerin oluşturduğu ince bir tabaka ile çevrilidir.

Yumurtalık dokusundan gelişen bu hücreler yumurtayı besler ayrıca zona pellusida'nın oluşumuna katılır. Sperm, yumurta hücresine yaklaştığı zaman akrozomundan salgılanan bir enzim ile folikül tabakasını eriterek zona pellusidaya (yumurtanın hücre dışı örtüsü) ulaşır. Spermin baş kısmında bulunan bir reseptörün zona pellusida da bulunan

glikoproteine (reseptör) bağlanması sonucu sperm akrozomundan enzimler salınır. Akrozomdan salınan bu enzimler spermin yumurta zarına ulaşmasını sağlar. Spermin zar proteinleri yumurta zarı üzerindeki reseptöre bağlanır, sperm ve yumurta zarları kaynaşır. Böylece sperm hücresinin içeriği yumurtaya girer. Bundan sonra sperm ve yumurtanın haploit çekirdekleri de kaynaşır. Bu kaynaşma yumurta zarının elektriksel yükünü değiştirir. Yumurta sitoplazmasında bir seri değişiklikler meydana gelerek zona pellusida örtüsü sertleşir ve kalınlaşır. Böylece diğer spermelerin yumurta zarına kaynaşması yani çok sayıda spermin yumurta içine girmesi engellenmiş olur. Döllenme olayında sadece bir sperm hücresinin çekirdeği, yumurta hücresinin çekirdeği ile kaynaşabilir. Döllenmiş yumurta hücresine **zigot** adı verilir. Mayoz bölünme ile gametlerde yarıya inen kromozom sayısı döllenme sonucunda yeniden iki katına çıkar. Döllenme ile yumurta hücresinin sitoplazması aktifleşir ve zigotun hücre döngüsü başlar.

Sperm hücresi hareketli bir yapıya sahiptir. Baş bölgesindeki akrozom sindirim enzimleri içerir. Yumurta zarını eritmekte görevlidir. Mitokondri enerji üretir. Kamçı hareketi sağlar. Yumurta hareketsiz ve bol sitoplazmalıdır.

## MİTOZ VE MAYOZ BÖLÜNME ARASINDAKİ FARKLAR

MİTOZ	MAYOZ
1. Eşeyssiz üremenin temel olayıdır.	1. Eşeyli üremenin temel olayıdır.
2. Çok hücreli canlıların vücut hücrelerinde görülür.	2. Çok hücreli canlıların sadece üreme ana hücrelerinde (gonat) görülür.
3. Bölünme sonucu oluşan hücreler birbirleriyle ve atasal hücreyle kalıtsal olarak aynıdır.	3. Bölünme sonucu oluşan hücreler birbirlerinden ve atasal hücreden kalıtsal olarak farklıdır.
4. Bölünme sonucu iki hücre oluşur.	4. Bölünme sonucu dört hücre oluşur.
5. Oluşan hücreler gelişme, büyüme ve doku onarımını sağlar.	5. Oluşan hücreler (gamet) üremeyi sağlar.
6. Krossing over olayı ve tetrad oluşumu görülmez.	6. Sinapsis sürecinde krossing over olayı ve tetrad oluşumu görülür.
7. Çekirdek ve sitoplazma bölünmesi bir defa olur.	7. Çekirdek ve sitoplazma bölünmesi ikişer defa olur (Mayoz I ve Mayoz II).
8. Bölünme sonucu oluşan hücrelerdeki kromozom sayısı sabit kalır.	8. Bölünme sonucu oluşan hücrelerdeki kromozom sayısı yarıya inmiştir.
9. Zigotun oluşumundan başlar canlının ölümüne kadar devam eder.	9. Ergenlik döneminde başlar üreme dönemi boyunca sürer.
10. Oluşan hücreler genelde uzun ömürlüdür.	10. Oluşan hücreler kısa ömürlüdür.
11. Oluşan hücreler tekrar mitoz geçirebilir.	11. Oluşan hücreler tekrar mayoz geçiremez.

## MAYOZ VE MİTOZ BÖLÜNMENİN ORTAK ÖZELLİKLERİ

1. İnterfaz evresinde replikasyon gerçekleşir.
2. Mitoz ve mayoz II nin anafaz evresinde kardeş kromatitler ayrılır.
3. Hücre sayısı artar.
4. Çekirdek zarı ve çekirdekçik kaybolur.
5. Sentrozomlar eşlenir ve iğ iplikleri oluşur.  
(Bitki hücrelerinde sentrozom eşlenmesi görülmez.)
6. Üreme olayında görev alırlar.
7. Sitoplazma bölünmesi (sitokinez) görülür.
8. Tür içi kromozom sayısının korunmasını sağlarlar.

### EŞEYLİ ÜREME

Eşeyli üreme: Erkek ve dişi üreme hücrelerinin birleştirilmesiyle yeni bir canlının oluşturulmasına eşeyli üreme denir.

**Gamet:** Üreme hücrelerine gamet denir.

**Döllenme:** Erkek ve dişi gametin sıvı bir ortamda birleşmesine döllenme denir.

Eşeyli üremenin eşeyssiz üremeye göre üstünlükleri:

1. Tür içi çeşitliliğe yol açar. (Varyasyon)
2. Değişen çevre koşullarına uyum sağlar. (Adaptasyon)
3. Türün kromozom sayısının nesiller boyu sabit kalmasını sağlar.

### Eşeyli Üremenin Çeşitleri

Canlılar dünyasında çok farklı eşeyli üreme şekilleri vardır. Bu çeşitliliğin oluşmasında, gametlerin oluşum şekli, gametlerin yapı ve büyüklüğü, döllenme ortamı, gametleri oluşturan bireylerin özellikleri, gelişmenin biçimi vb. etkili olmaktadır. Eşeyli üremenin çeşitleri:

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| 1-İzogami    | 3-Konjugasyon    |
| 2-Heterogami | 4-Hermafroditizm |

#### 1- İZOGAMİ

Şekil ve büyüklük yönünden aynı olan gametlerin birleşmesine denir.

- Hem erkek hem dişi gamet kamçılidir.
- Gametler aynı bireyden ya da farklı bireylerden oluşabilir.



- Alg çeşitlerinden pirogyra, ulothrix, chlamydomonaceae (klamidomonas) gibi canlılarda görülür.

## 2-HETEROGAMI

Şekil ve büyüklük yönünden farklı olan gametlerin birleşmesidir. Genellikle yumurta hareketsiz ve büyüktür.

Sperm ise küçük olup, aktif hareketlidir.

İkiye ayrılır:

### Anizogami

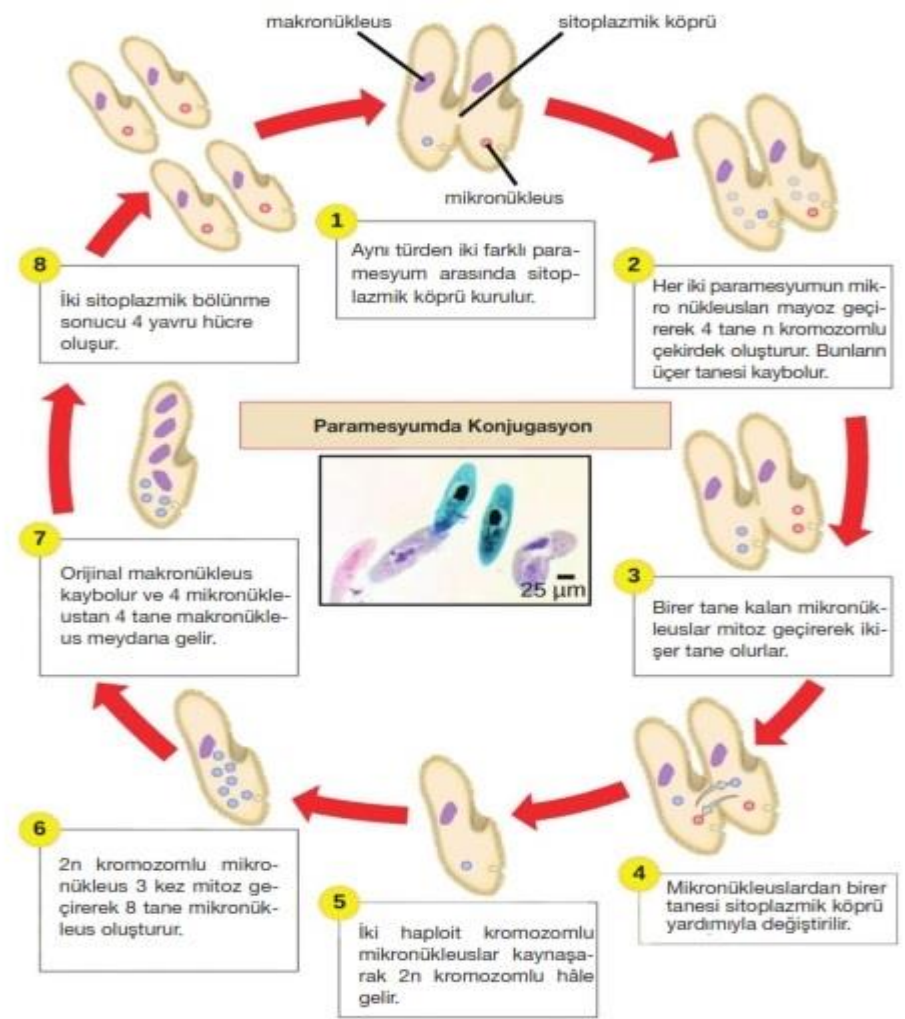
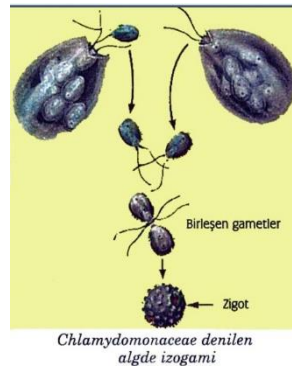
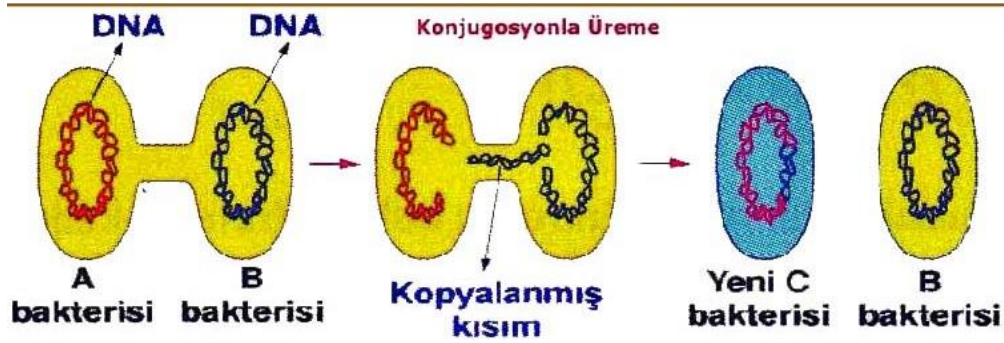
Yumurta ve spermin büyüklük farkı fazla değilse buna anizogami denir. Su yosunlarından oedogonyum ve spirojira'da görülür.

### Oogami

Sperm ve yumurtanın büyüklük farkı çok ise buna oogami denir. Hayvanların büyük çoğunluğu böyle ürer. En iyi örnek memeliler olup, sperm yumurtadan en az 200 defa küçüktür.

## 3-KONJUGASYON

Kalıtsal yapıları farklı olan iki hücrenin aralarında oluşturdukları sitoplazmik köprü aracılığıyla gen alışverişi yapmaları şeklinde gerçekleşir. Bakterilerde, tek hücrelilerden bazı algler ve paramesyumda görülen eşeyli üreme şeklidir.



## 4-HERMAFRODİTİZM (Erseliklik)

Bir organizmada hem erkek, hem dişi eşey organlarının varlığıdır.

- İç asalaklardan tenya, toprak solucanı ve bazı çiçekli bitkilerde görülür.
- Her iki eşey organı beraber bulunsa da çoğu zaman bir birey kendi kendini döllemez veya dölleyemez. Bunu, erkek ve dişi gametleri farklı zamanlarda olgunlaştırarak sağlarlar. Çünkü sürekli kendi kendini dölleme durumunda çeşitlilik azalır.
- Sadece bazı bitkilerde ve bazı yassı kurtlarda (tenyalar) bir birey kendi kendini dölleyerek tek başına üremeyi başarabilmektedir.
- Süngerlerde üreme organı vücudun belirli bir yerinde bulunmaz. Vücudun bazı bölgelerindeki hücreler yumurta ya da sperm oluşumunu sağlar.