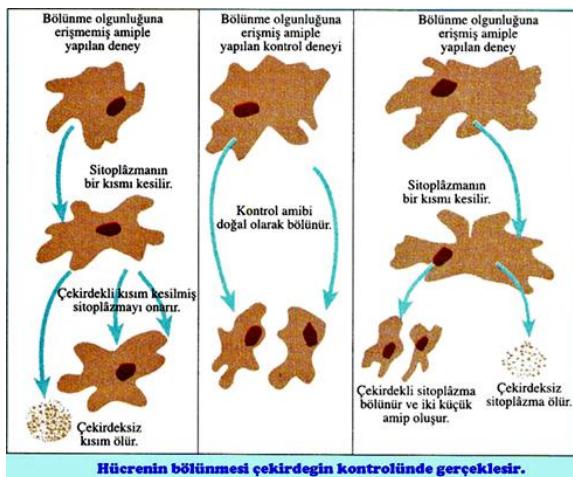


HÜCRE BÖLÜNMELERİ

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

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



Bir hücrenin bölünmesine neden olan etkenler:

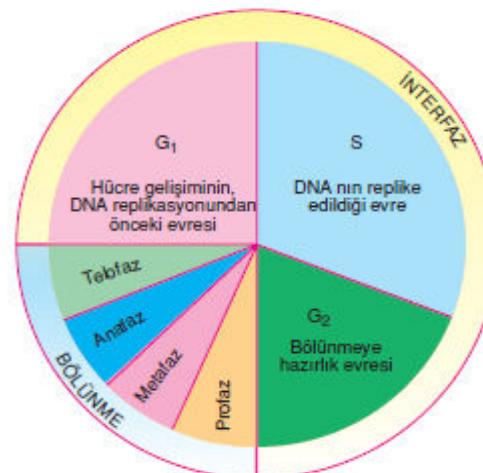
1. Sitoplazma miktarında artışın olması: Hücre büyündükçe yüzey/hacim oranı azalır. (r^2 / r^3)
2. Sitoplazma miktarı arttıkça çekirdek hücre kontrolünü kaybeder. Hücre içinde madde alış-verisi vb. olaylarda aksamalar başlamaktadır.
3. Çekirdek hücreyi yönetemez hale geldiği için hücreye bölünme emrini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

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.

Interfaz

Interfaz 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 fazlalaştığı için ATP üretimi de hızlanır. Bu olayların gerçekleşmesi sonucunda hücrenin sitoplazma miktarı artar ve hücrenin büyüğü gözlenir. Sitoplazma miktarının bu kadar artması sonucunda



hücre zarı sitoplazmanın ihtiyaçlarını karşılayamaz hâle gelir. (G₁ evresi) Yani hücrede hacim/yüzey oranı artar. Bu sorunu hücre, mitotik evresini tamamlayıp sitoplazmayı iki yavru hücreye dağıtarak çözümler.

Hücre bölünme büyülüğüne ulaşlığı 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 bulunur.

Hücre bölünmesi için gerekli protein, enzim ve ATP üretimi gerçekleşir. (G₂ 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^n 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.

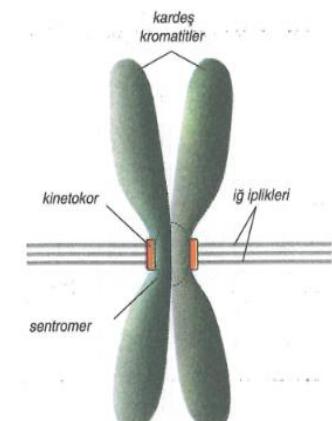
Çekirdek Bölünmesi (Karyokinez)

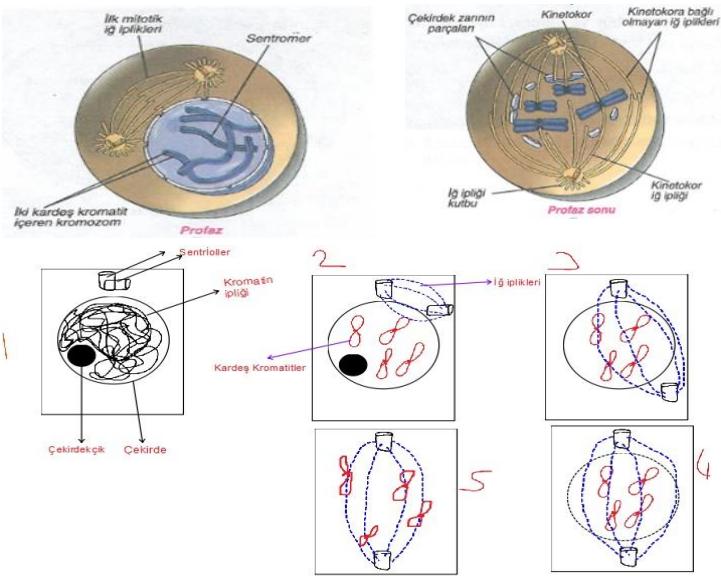
Çekirdek bölünmesi : Profaz- Metafaz- Anafaz- Telofaz evrelerinden oluşur.

I. PROFAZ EVRESİ:

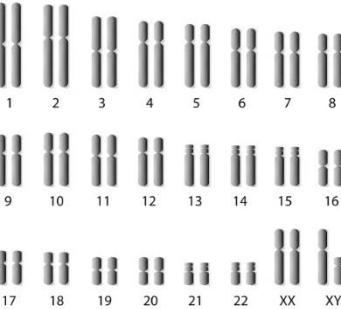
Mitozun ilk evresidir. Bu evrede kromatin iplikleri kısalıp kalınlaşarak kromozomları (**kardeş kromatitleri**) oluştururlar.

Interfaz evresinde eşleşmiş olan sentrozom profaz evresinde iğ ipliklerinin (mikrotübülerin) olmasını sağlar. Bu evrede sentrozomlar birbirlerinden uzaklaşmaya ve hücrenin kutuplarına doğru hareket



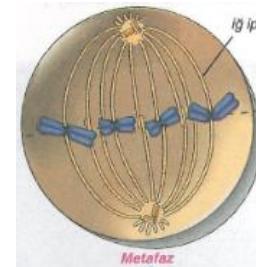
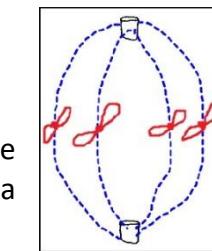


II. METAFAZ EVRESİ:



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

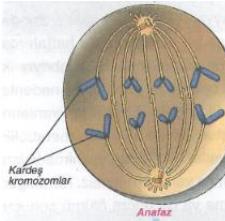
Kardeş kromatitler hücre ekvatoruna dizildiği için ışık mikroskopu ile görürlürler ve sayılabilirler.



III. ANAFAZ EVRESİ:

Kardeş kromatitler iğ iplikleri tarafından zıt kutuplara çekilerek birbirlerinden ayrılırlar.

Anafaz evresi sonunda her iki kutupta eşit sayıda kromozom bulunur.



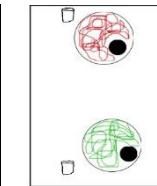
IV. TELOFAZ EVRESİ:

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

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

Kardeş kromatitler kinetokorlarından iğ ipliklerine bağlanırlar.

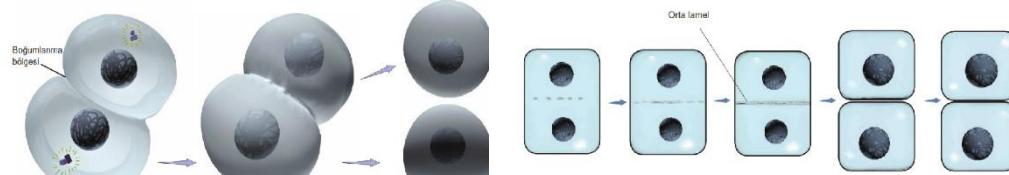
NOT: Bitkilerde sentrozom olmadığı için bitkilerde iğ ipliği benzeri iplikleri sitoplazmadaki özel proteinler oluşturur.



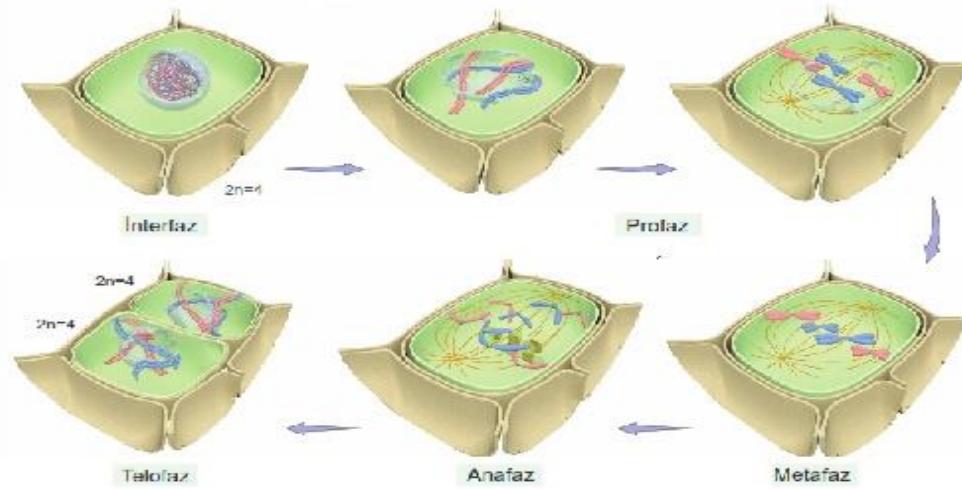
yeniden belirlenir. Hücre sitoplazmasında iğ iplikleri kaybolur. Telofaz evresi sonucunda bir hücre içinde iki çekirdek gözlenir.

Sitoplazma bölünmesi (Sitokinez):

Sitoplazma bölünmesi bitki ve hayvan hücrelerinde farklılaşır. 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 bazlarında mitoz bölünmenin evreleri görülmeksızın, çekirdekten ve sitoplazmadan bir parça kopması sonucu yeni bir hücre oluşur. Bu olaya amitoz denir.

ENDOMİTOZ BÖLÜNME: Bu bölümde, 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.

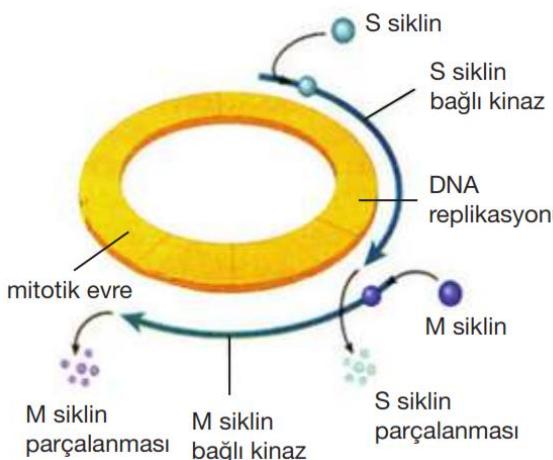
HÜCRE DÖNGÜSÜNÜN KONTROLÜ

Bir çok hücrede hücre döngüsü evreleri arasındaki düzeni sağlayan G₁, G₂ 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.

G₁ kontrol noktasında hücre yeterli büyülüğe uğramışsa, ortamda yeterli besin ve büyümeye faktörü varsa ve DNA'da hasar yoksa "devam et" sinyali verilir.

G₂ kontrol noktasında DNA hasarı ve hücrenin büyülüğü 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.



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

Inter faz evresinin başında, siklin proteininin miktarı artar. Bu durum DNA'nın eşlenmeye başlama sürecini hızlandırır. Belli bir sınır değerine ulaşan hücre döngüsü proteinleri (siklin bağımlı 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.

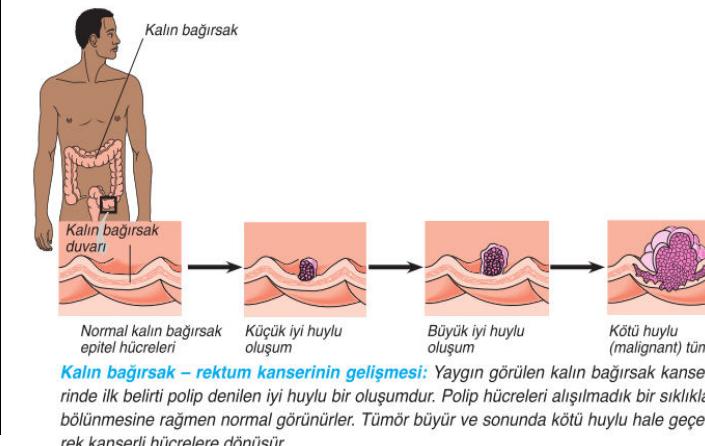
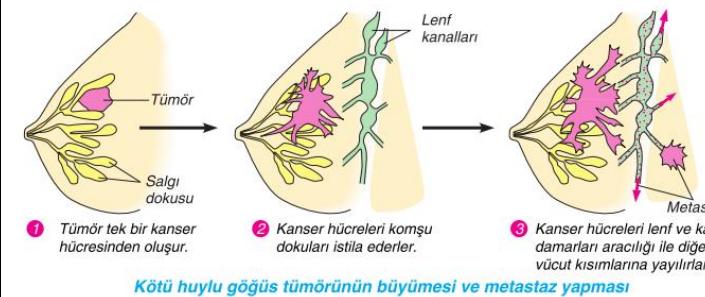
KONTROLSÜZ HÜCRE BÖLÜNMESİ (KANSER)

Normal bir vücut hücrende hücre döngüsü belirli genler tarafından düzenlenir. Bazı mutasyonlar bu genlerin etkinliğini değiştirerek kansere yol açabilir. Bu mutasyonlar kendiliğinden rastgele oluşabileceğ gibi virüsler, bazı kimyasal maddeler, X'şini, 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 büyktür, kromozomlarında sayıca farklılıklar ve bozulmalar görülür. Ayrıca DNA-RNA oranlarında da düzensizlikler meydana gelir. Sonuçla 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 **İyi huylu (=selim ur, benign)** adı verilir. İyi huylu tümörlerin çoğu önemli sorunlara neden olmazlar ve ameliyatla vücuttan tamamen alınabilirler. Oluştuğu dokudan kan ve lenf yoluyla vücuttaki farklı bölgelere yayılan

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.

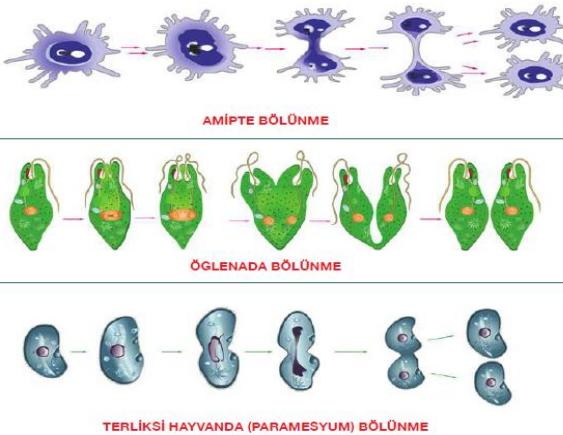


Kalın bağırsak – rektum kanserinin gelişimi: Yayınlı görülen kalın bağırsak kanserinde ilk belirti polip denilen iyi huylu bir oluşumdur. Polip hücreleri alıksımadık bir sıklıkla bölünmesine rağmen normal görünürler. Tümör büyür ve sonunda kötü huylu hale geçerek kanserli hücrelere dönüştür.

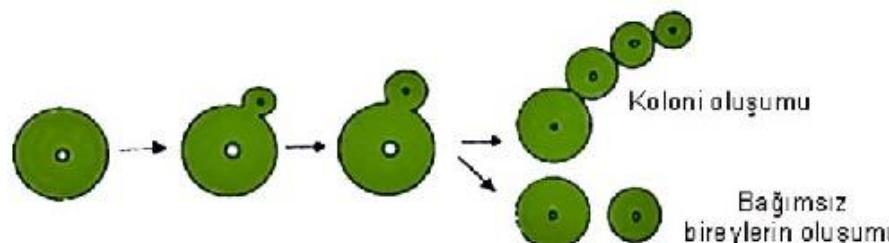
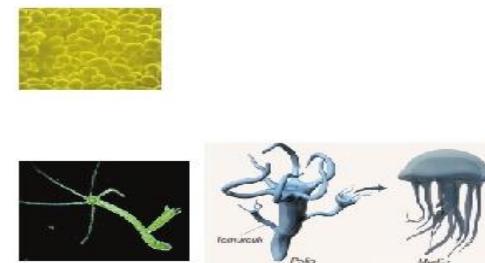
EŞEYSİZ ÜREME

Ana canlıının döllenme olmadan, çeşitli yollarla kendisiyle aynı genetik bilgiye sahip canlılar oluşturmaya eşeysız üreme denir. Eşeysız üremede, eşeyli üremenin temel olayları olan mayoz bölünme, gamet oluşturma, döllenme ve zigot oluşumu görülmez. Eşeysız üremenin temeli mitotik hücre bölünmesine dayanır. Bu yüzden eşeysız üreme sonucu oluşan bireyler, birbirleriyle ve ana canlıyla aynı özelliklerini taşırlar. Yani eşeysız üremeye kalitsal çeşitlilik sağlanmaz.

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



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 çıktı oluşturur. Bu çıktılar olgunlaşıp ana canlıdan ayrılır ya da ana canlıya bağlı kalarak koloni oluşturur.



3. SPORLA ÜREME:

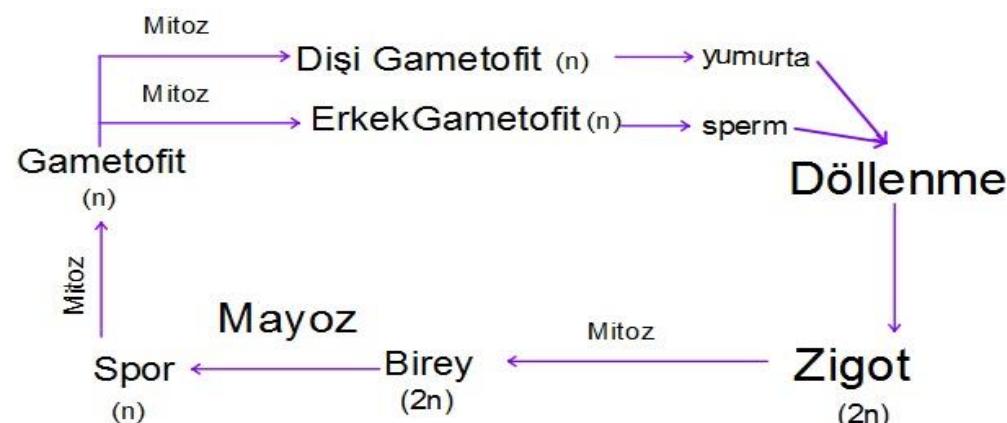
Bu tip üreme, tek hücrelerden plazmodyumda (sıtma mikrobu), mantarlarda, bazı omurgasız hayvanlarda, karayosunları ve eğrelti otlan gibi çiçeksiz bitkilerde görülür.

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

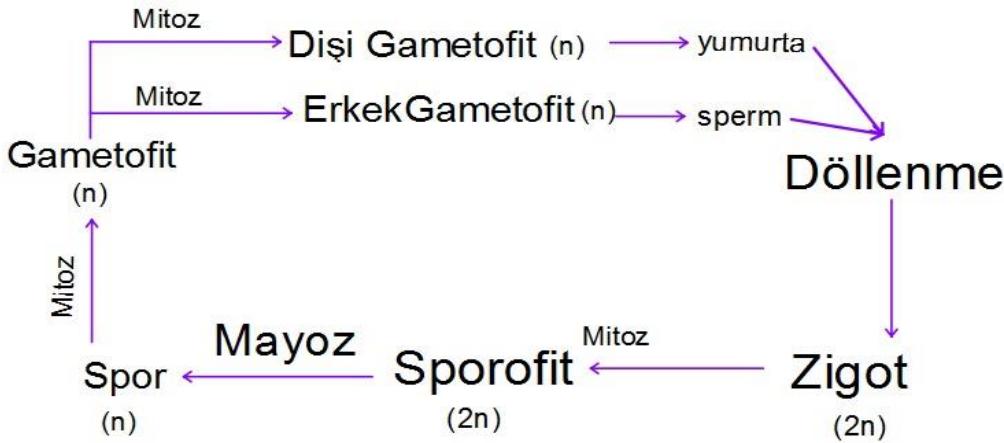
Diploit ($2n$) kromozomlu canlılarda (örneğin, eğrelti otları) sporlar, mayoz bölünmeyle oluşur. Böyle sporlara '**eşeyli spor**' denir. Eşeyli sporların üreme hücrelerinden farklı döllenme olmaksızın birey oluşturmalarıdır. Haploit (n) kromozomlu canlılarda (bazı mantarlar ve yeşil alg) ise sporlar,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

Mantarlar eşeysız veya eşeyli üreme yoluyla oluşan sporlar ile çoğalır. Mantarların eşeysız 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 eşeysız üremesi tamamlanmış olur.

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

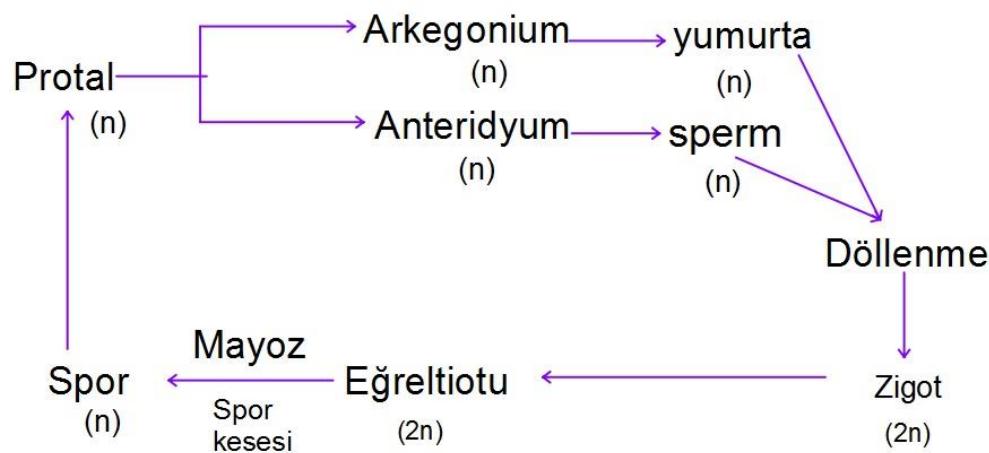


METAGENEZ

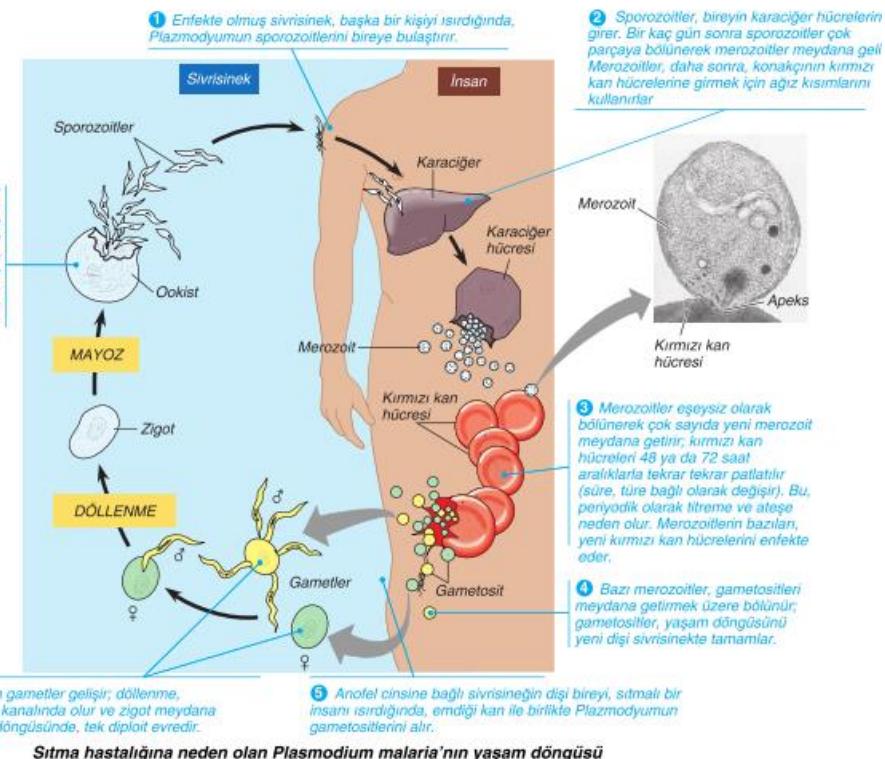


KARAYOSUNUNDA

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



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



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

4. VEJETATİF ÜREME:

Yüksek yapılı bitkilerde görülen eşeyiz 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 değişme olmadan daha hızlı yayılmasını sağlar. Pek çok bitki türü yaprak, kök

ve gövde parçalan kullanarak seralarda ve fidanlıklarda vejetatif yolla üretilmektektir. Bitkilerde vejetatif üreme, sürünen gövde, yumru gövde, rizom ve çelikle üreme gibi değişik şekillerde gerçekleşir.



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

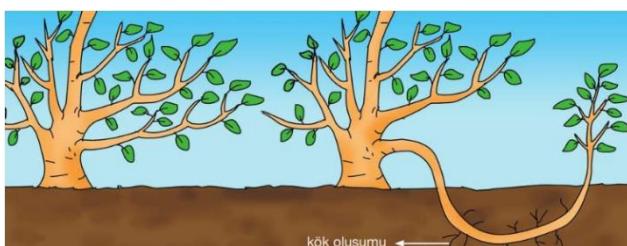
Yumru gövde: Patates, yer elması gibi bitkilerin, depo organları olan yumru gövdelerinde göz (nodyum) adı verilen kısımlardan birçok yeni bitki gelişir. Soğan, sümbül, lale, sarımsak gibi bitkilerin yassı gövdelerindeki gözler gelişerek genetik yapılan aynı olan yavru bitkileri oluşturur.



Rizom ile üreme: Ayrikotu, 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.

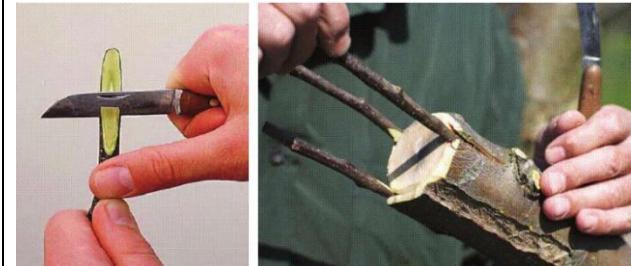


Çelikle üreme: Birçok bitkinin üretiminde çelik ve daldırma yöntemleriyle vejetatif üreme yapılır. Kavak, söğüt, erik, ayva, asma gibi bitkilerin dallarından kesilen ve "çelik" denilen çubuklar toprağa konulduğunda, su ihtiyacını karşılamak için önce yeni kökler oluşturur daha sonra gelişerek yeni bir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

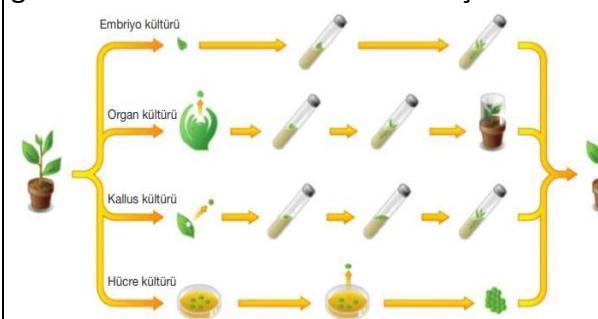


Daldırma ile üretimde, ana bitkinin genç bir dalı ana bitkiden ayrılmadan yalnız uçları hava ve ışık alacak şekilde büklüp toprağa gömülür. Gömülüen kısım köklendiğinde, ana bitkiden

ayırlarak 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.



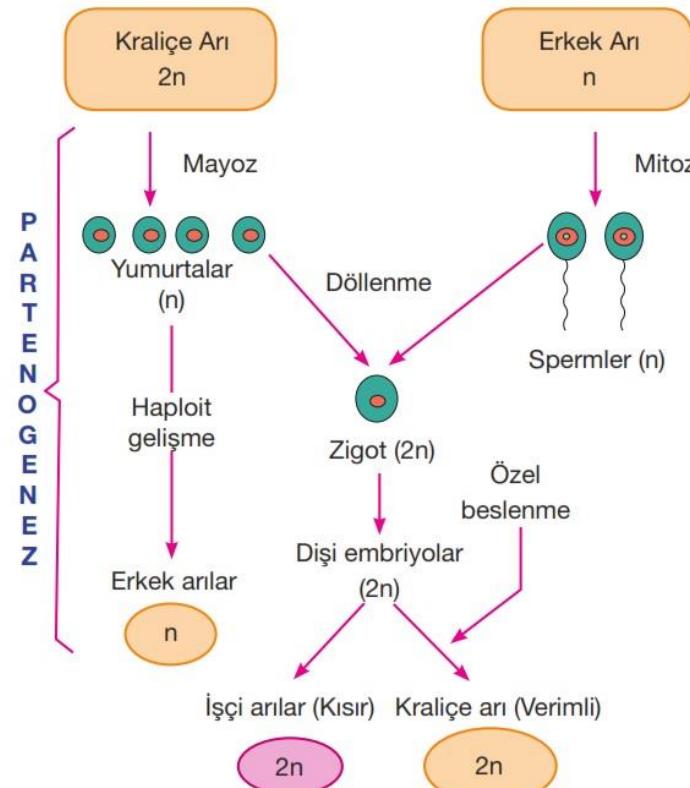
Aşılama, çelikle üremenin bir başka biçimidir. Aşılama, çoğaltılması istenilen çeşitli, bir gözün (tomurcuk) ya da aş (kalem) adı verilen bir dal parçasının anaç adı verilen diğer bitki üzerine kaynatırılmasıdır. Bu işlem genellikle bitki genç iken yapılır Aşılama ile farklı türlerin ya da aynı türün farklı bireylerindeki en iyi özelliklerin tek bir bitkide birleştirilmesi sağlanır. Örneğin, üstün kaliteli şaraplık üzüm üretiminde kullanılan Fransız üzüm çeşitlerinin aşları, topraktaki hastalık etkenlerine karşı çok dayanıklıdır. Meyvenin kalitesi ise aşının genleri tarafından belirlenir ve anaç bitkinin kalitsal özelliği tarafından azaltılamaz.



Günümüzde insanlar tarafından herhangi bir bitki dokusundan alınan parça, doku kültür ortamında bekletilerek ana bitkinin genetik kopyalan olan yeni bitkilerin gelişmesi sağlanmaktadır. **Klonlama** (doku kültür yöntemi) denilen bu yöntemle istenilen özelliğini taşıyan bir bitkiyi döllenme olmadan üretmek mümkündür.

5. PARTENOGENEZ:

- Eşeysiz üremenin değişikliğe uğramış şeklidir.
- Dişi bireyce oluşturulan gametin döllenmeden gelişerek yeni bireyi oluşturmaktır.
- Bal aralarında, eşek aralarında, 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.

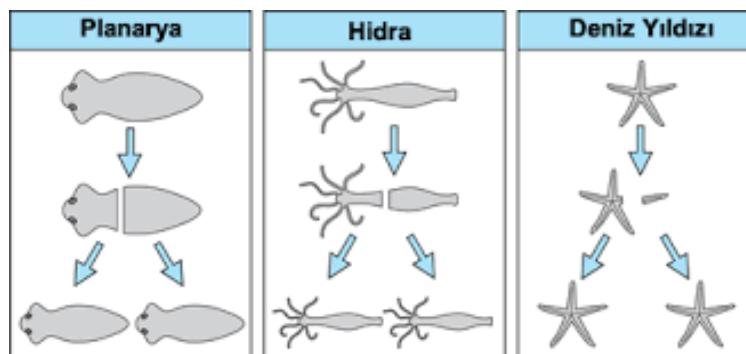


6. REJENERASYON:

Bazı canlılarda kopan vücut kısımlarının kendilerini tamamlayarak yeni bireylere dönüşmesi de eşeysız 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 canlinin gelişmişlik derecesiyle ters orantılıdır. Yani ilkel canlılarda gelişmiş canlılara göre rejenerasyon daha fazladır.

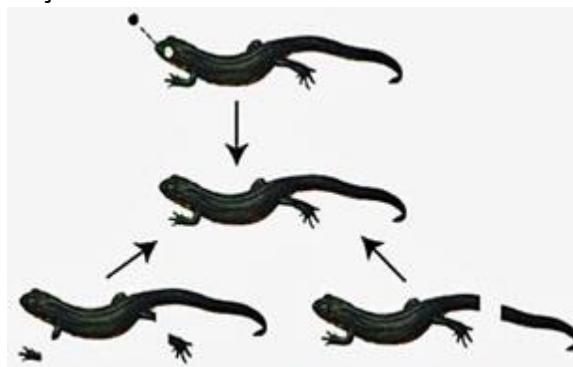


Planarya, denizyıldızı gibi canlılarda rejenerasyon sistem düzeyinde olduğu için aynı zamanda eşeysız üreme olarak kabul edilir.

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 yenişi 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:

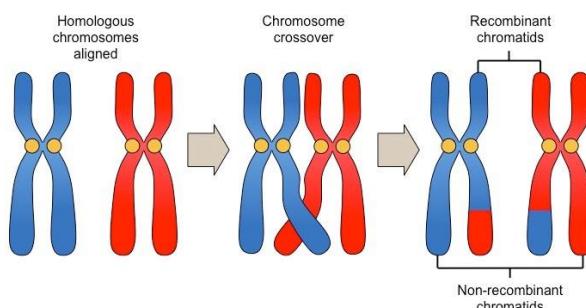
- 2n kromozomlu canlılarda görülür.
- Eşeyli üreyen canlılarda görülür.
- Ergenlik dönemi ile başlar, üreme yeteneği bitene kadar devam eder.
(Kadınlarda menapoz, erkeklerde de andropoz)
- Mayoz bölümne yumurta ana hücrende ve sperm ana hücrende gerçekleşir.
- Dişilerde yumurtalıklerde, erkeklerde ise testislerde meydana gelir.
- Dişilerde meydana gelen mayoz bölümneye oogenez, erkeklerde meydana gelen mayoz bölümne ise spermatogenez adı verilir.
- Mayoz bölümne sonucu kromozom sayısı yarıya iner.($2n \rightarrow n$)
- Mayoz bölümne canlıların nesiller boyunca kromozom sayılarının sabit kalmasını sağlar.
- Mayoz bölümne sonucu 4 yavru hücre oluşur.
- Dişilerde mayoz bölümne sonucunda 1 hücre oluşur. Oluşan hücreye yumurta adı verilir.
- Erkeklerde mayoz sonucunda 4 hücre oluşur. Oluşan hücrelere sperm adı verilir.
- Mayoz bölümmede sinapsis, tetrat ve crossing-over olayları görülür.
- Mayoz bölümne sayesinde tür içinde çeşitlilik meydana gelir. (varyasyon)
- Mayoz bölümne 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 görünümeye **tetrad** adı verilir. Sinapsis noktalarından parça alış-verışı olur. Bu olaya **crossing-over** denir. Parça alış-verışı sonrasında homolog kromozomlar birbirlerinden ayrırlırlar.



Bu sırada sitoplazmada sentrozomlar açılarak iğ ipliklerini oluşturup zıt kutuplara giderler. Çekirdekçik dağılarak kaybolur. Çekirdek zarı dağılır ve serbest kalan homolog kromozomlar kinetekorlarından iğ ipliklerine bağlanırlar. Böylece Profaz I tamamlanmış olur.

NOT: Her mayoz bölünmede crossing-over görülmeyebilir. Ne zaman olacağı belli değildir, fakat nasıl gerçekleşeceğini bilinmemektedir.

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

NOT: Mayozda oluşan tetrad 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 ayrırlırlar. 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 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.

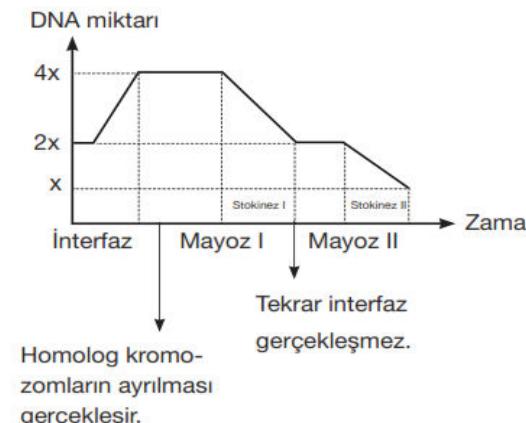
- PROFAZ II:** Kromatin iplikleri kısalıp kalınlaşarak kardeş kromatitleri oluşturur. Sitoplazmada iğ iplikleri oluşur ve kutuplara doğru açılırlar. Çekirdekçik ve çekirdek zarı dağılır. Kardeş kromatitler kinetekorlarından iğ ipliklerine bağlanırlar.
- METAFAZ II:** Kardeş kromatitler hücrenin ekvatorial düzlemine dizilirler.
- 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, Kleinfelter erkek, Süper dişi, Süper erkek vb. hastalıklı bireyler meydana gelir.

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

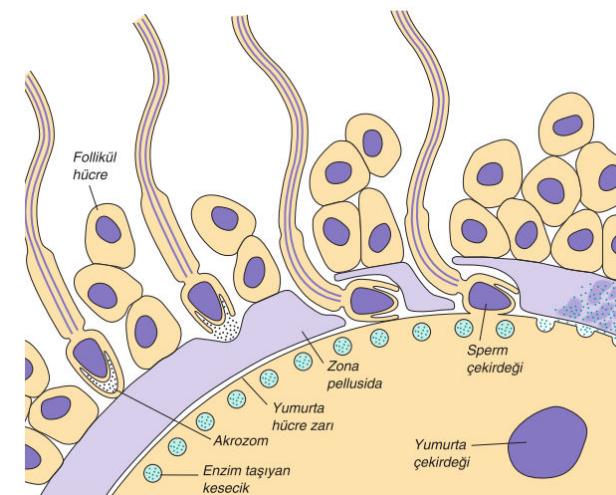
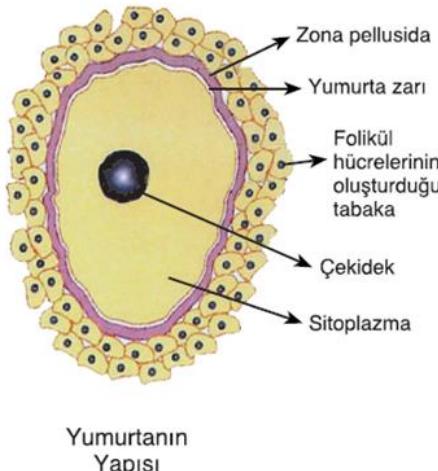
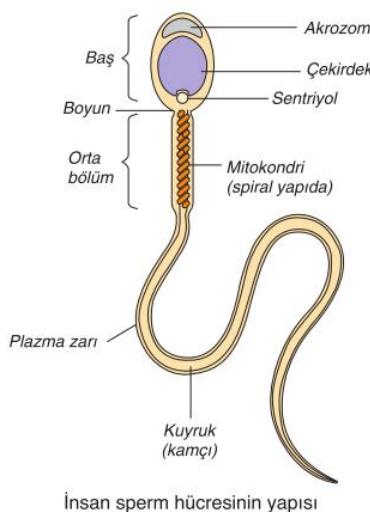
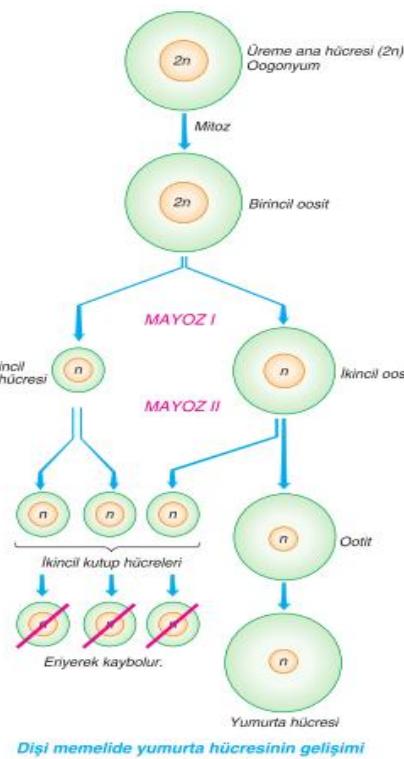
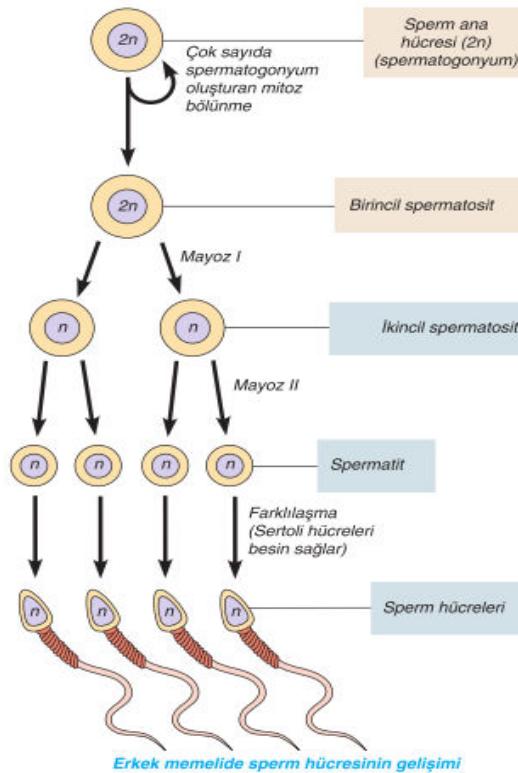
Sitoplazma bölünmesi meydana gelerek n kromozomlu 4 yavru hücre oluşur.

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



Mayoz bölümne 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 yaklaşığı zaman akrozomundan salılan bir enzim ile folikül tabakasını eriterek zona pellusida (yumurtanın hücre dışı örtüsü) ulaşır. Spermin baş kısmında bulunan bir reseptörün zona pellusida da bulunan glikoproteine (reseptör) bağlanması sonucu sperm akrozomundan enzimler salınır. Arkozumdan 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 spermlerin 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 dönüsü 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 BÖLÜNMENİN ORTAK ÖZELLİKLERİ

MİTOZ	MAYOZ
1. Eşeysiz 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 bir-birleriyle ve atasal hücreyle kalıtsal olarak aynıdır.	3. Bölünme sonucu oluşan hücreler bir-birlerinden ve atasal hücreden kalıtsal olarak farklıdır.
4. Bölünme sonucu iki hücre oluşur.	4. Bölünme sonucu dört hücre oluşur.
5. Oluşan hücreler gelişme, büyümeye ve doku onarımını sağlar.	5. Oluşan hücreler (gamet) üremeyi sağlar.
6. Krossing over olayı ve tetrat oluşumu görülmez.	6. Sinapsis sürecinde krossing over olayı ve tetrat 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. Zigtotun oluşumundan başlar canının 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. İnterfaç 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 görülmmez.)
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 canının oluşturulmasına eşeyli üreme denir.

Gamet: Üreme hücrelerine gamet denir.

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

Eşeyli üremenin eşeysız 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 büyülüklüğü, döllenme ortamı, gametleri oluşturan bireylerin özellikleri, gelişmenin biçimini vb. etkili olmaktadır. Eşeyli üremenin çeşitleri:

1-İzogami

3-Konjugasyon

2-Heterogami

4-Hermafroditizm

1- İZOGAMI

Şekil ve büyülüklük yönünden aynı olan gametlerin birleşmesine denir.

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

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

2-HETEROGAMI

Şekil ve büyülü yönünden farklı olan gametlerin birleşmesidir. Genellikle yumurta hareketsiz ve büyktür. Sperm ise küçük olup, aktif hareketlidir. İkiye ayrılır:

Anizogami

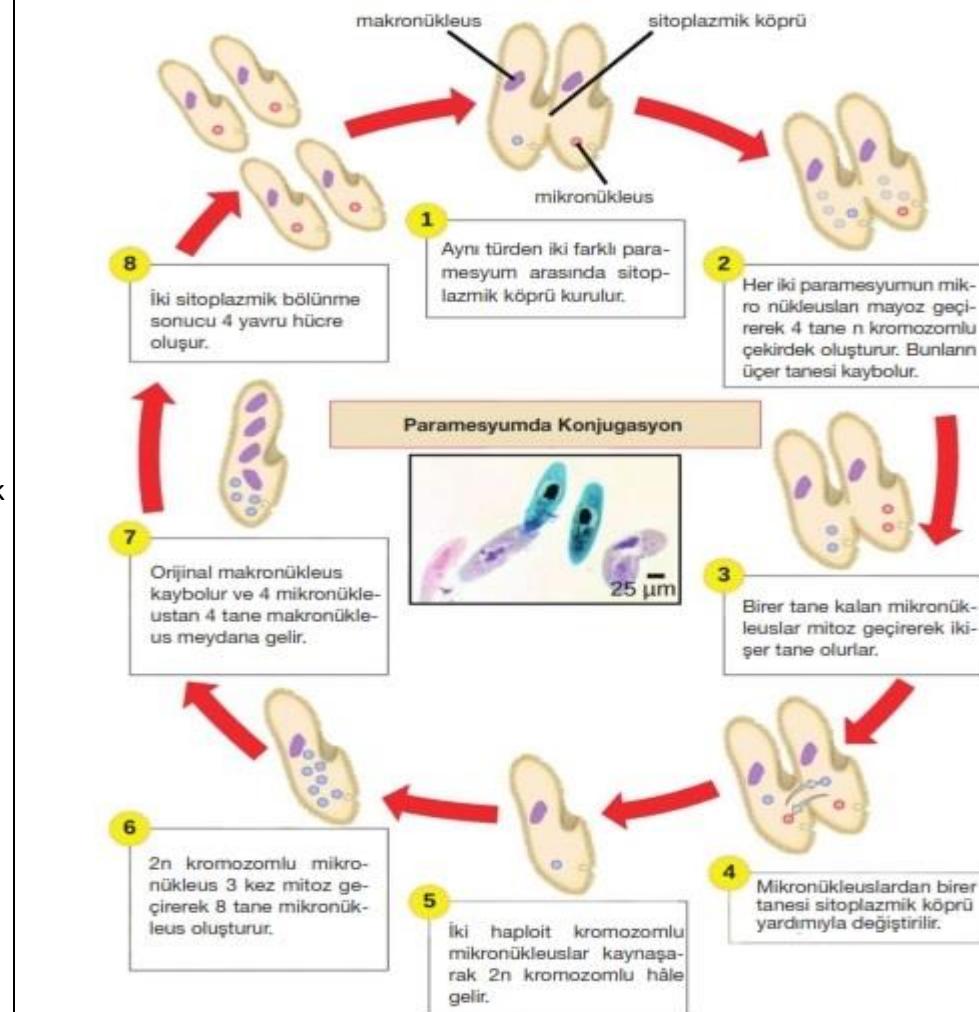
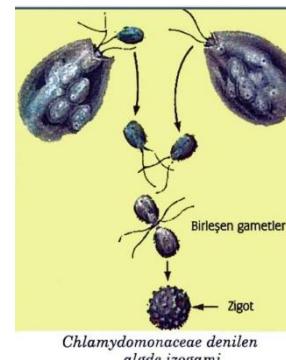
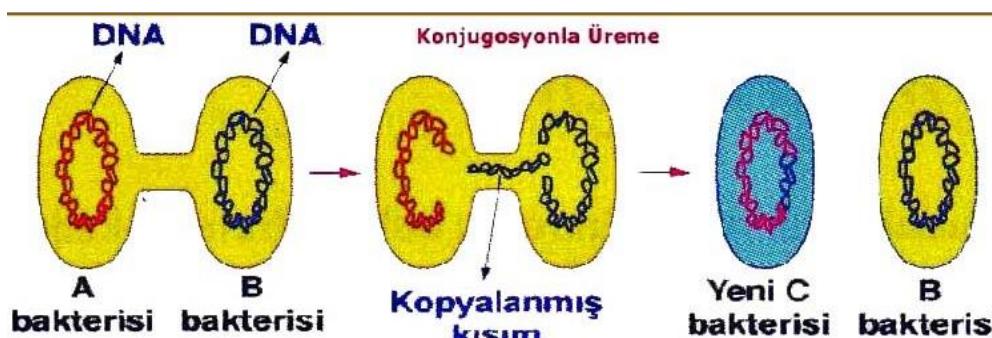
Yumurta ve spermin büyülü farkı fazla değilse buna anizogami denir. Su yosunlarından oedegonyum ve spirojira'da görülür.

Oogami

Sperm ve yumurtanın büyülü 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 arasında oluşturdukları sitoplazmik köprü aracılığıyla gen alışverişi yapmaları şeklinde gerçekleşir. Bakterilerde, tek hücrelerden 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.
- Süngetlerde üreme organı vücutundan belirli bir yerinde bulunmaz. Vücutundan bazı bölgelerindeki hücreler yumurta ya da sperm oluşumunu sağlar.