

‘Bitki Islahı’nın Genetik ve Sitogenetik İlkeleri

Ders Notları

Doç. Dr. Yüksel KAYA

Siirt Üniversitesi

Ziraat Fakültesi

Tarla Bitkileri Bölümü

2019

Kitap tavsiyesi

Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Metin TOSUN tarafından hazırlanan ve 2015 yılında basılan

BİTKİ ISLAHI kitabı,

güncel ve doyurucu bilgiler ışığında ve sade anlatımıyla son yıllarda bitki ıslahı konusunda yazılmış en iyi kitap...

Diğer kaynaklar

Breeding field crops, 2006

Fourth Edition, Poehlman and Sleper

Bitki Islahı, 1994

İbrahim Genç ve Tacettin Yağbasanlar

Genetik, 2008

Ahmet Yıldırım, Yaşar Karadağ, Nejdet Kandemir, Mehmet Ali Sakin

Sitogenetik Laboratuvar Rehberi, 1997

Sevim Sağsöz, İlknur Akgün, Metin Tosun

Bitki Islahı, 2010

Sezen Şehirali, A. Murat Özgen

Principles of plant genetics and breeding, 2012

George Acquaah

Bitki Islahı

Tarımı yapılan bitkilerin cins, tür ve çeşitlerinin özelliklerini, yapısını ve kompozisyonunu yetiştirici ve tüketicinin (ve/veya hayvanın) istekleri doğrultusunda, genetik ve sitogenetik ilkelerden yararlanarak, planlı bir şekilde, kalıtsal (kalıcı ve sürekli) olarak değiştirme ve geliştirmedir.

Örnek

Özelliği değiştirme: Buğdayda bitki boyunda kısalma (Rht genleri)

Yapıyı değiştirme: Transgenik mısır (koçan kurduna dayanıklılık)

Kompozisyonu değiştirme: Erusik asidi düşük kanola (kolza)

Genetik

Canlıların karakterlerinin (özelliklerinin) kalıtımını ve varyasyonunu (benzerlik ve farklılık) inceleyen bilim dalıdır.

Genetiğin konuları

Canlılar karakterlerini nesilden nesile genler vasıtasıyla aktarır. Yavruların bazı karakterleri ebeveynlere benzer, bazıları ise farklılık gösterir.

Örneğin Darwin genetik farklılığı, Mendel ise genetik benzerliği esas almıştır.

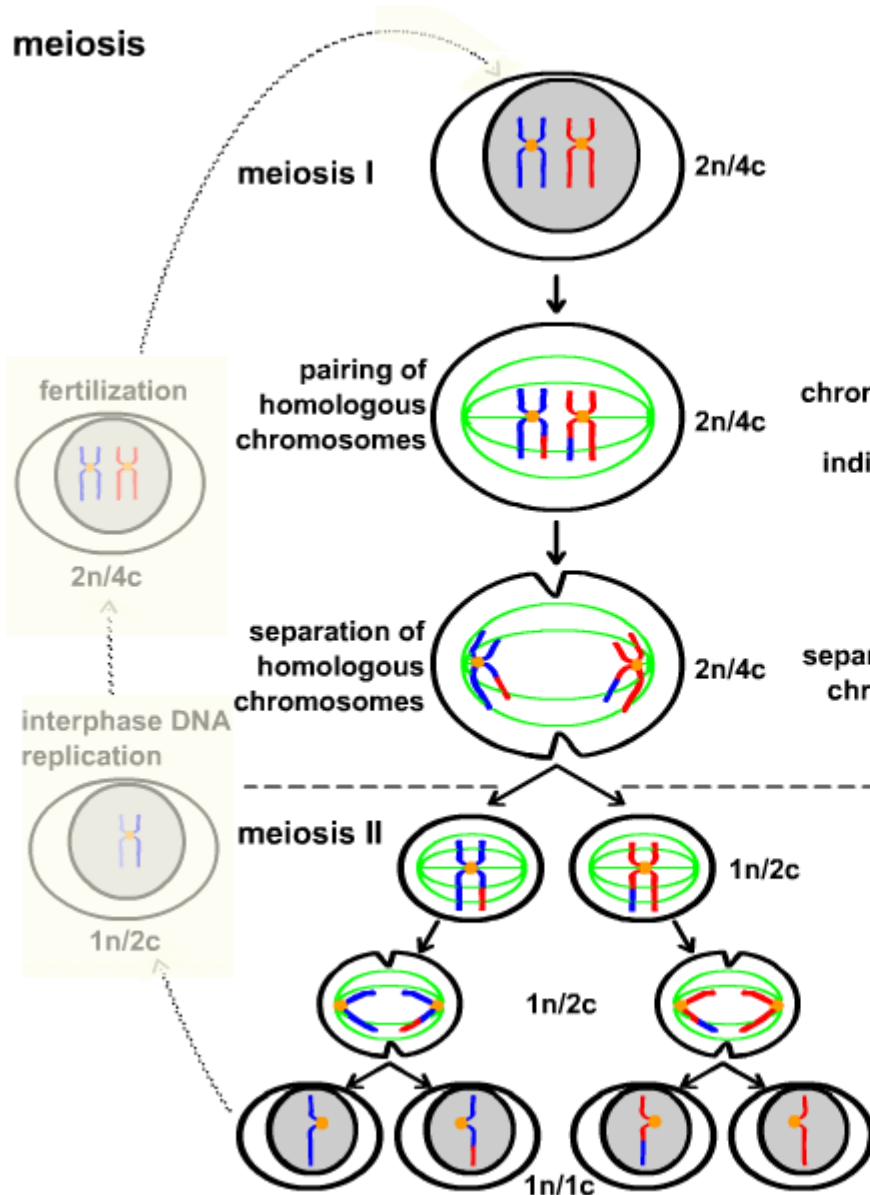
Sitogenetik

Genetik ve çekirdek (nukleus) sitolojisinin bir kombinasyonundan orijinini alan kromozomların mitoz ve mayoz bölünmeler sırasındaki davranışları ile bu fonksiyonların genlerin transmisyonu (geçiş ve aktarılması) ve rekombinasyonları (yeniden meydana geliş) arasındaki ilişkileri araştıran bilim dalıdır.

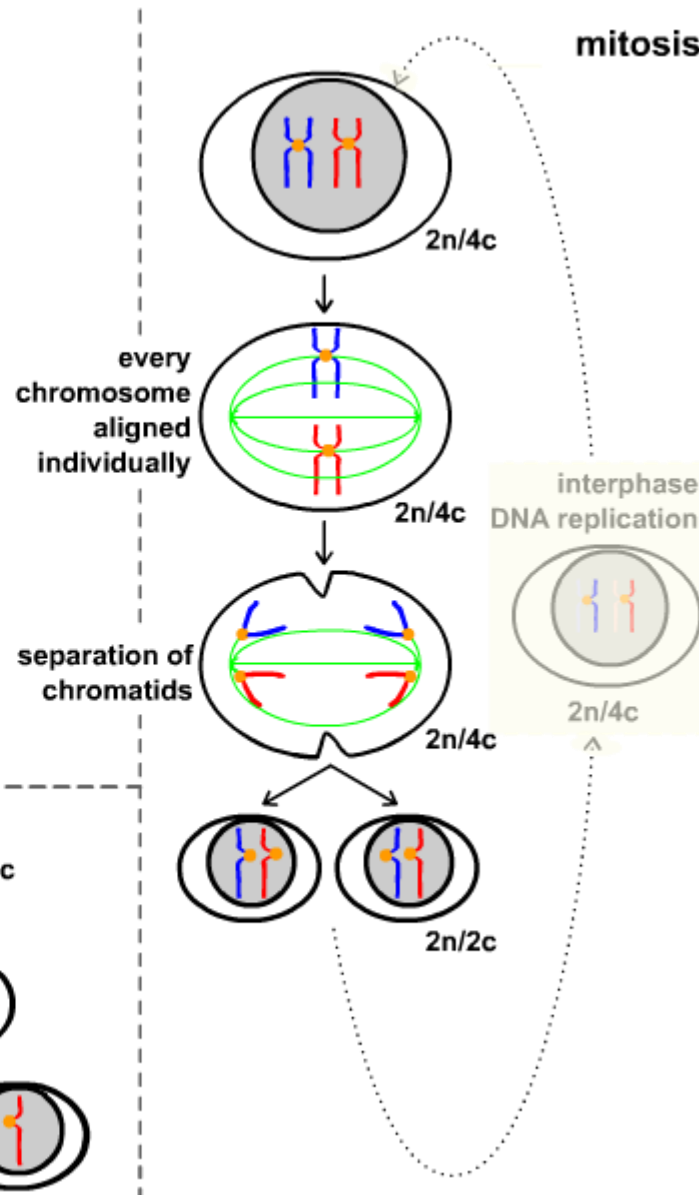
Sitogenetiğin konuları

- 1-Mitoz ve mayoz bölünmeler (crossing-over vb.)
- 2-Kromozom morfolojileri (uzunluk, sentromer sayısı ve yeri vb.)
- 3-Poliploidi (kromozom setinin artışı veya genom ilavesi vb.)
- 4-Aneuploidi (homolog kromozom sayısında azalma veya artış yada başka tür veya cinsten kromozom ikamesi vb.)

meiosis



mitosis

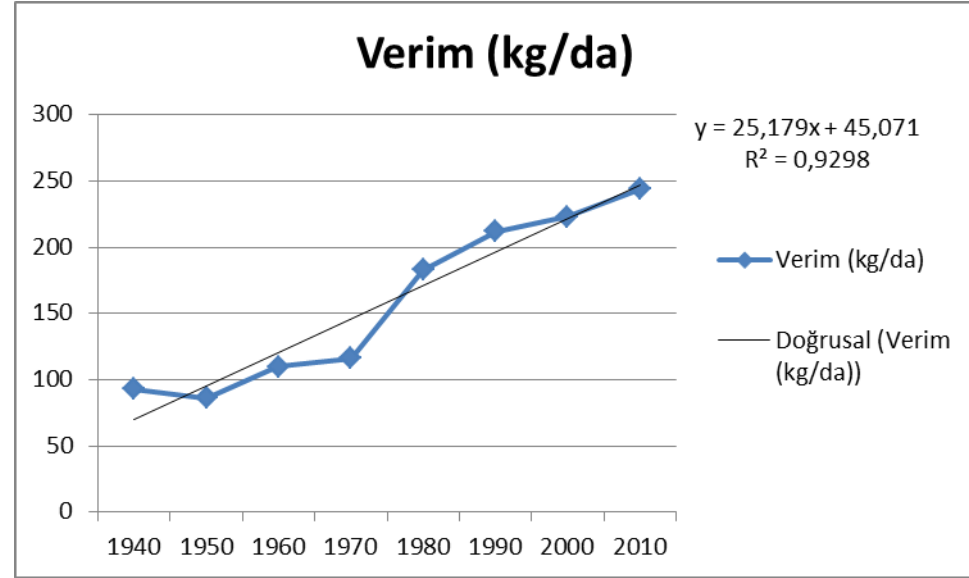


Bitki ıslahının amaçları

1- Verimi artırmak

Örnek

1940 ile 2010 yılları arasında
Ülkemizde buğday veriminin
(kg/da) artışı



2-Kaliteyi artırmak

Örnek

Makarnalık kalitesi yüksek yeni buğday çeşitleri geliştirmek,
pamukta lif kalitesi yüksek çeşit geliştirmek vb.

3- Hastalıklara dayanıklı çeşit geliştirmek

Örnek

Paslara (kara, kahverengi ve/veya sarı) dayanıklılığı artırmak

4-Böceklere dayanıklı çeşit geliştirmek

Örnek

Coleoptera takımından böceklere dayanıklılığı sağlayan cry3Bb1 genini taşıyan mısır çeşidi (Resmi Gazate 5 Kasım 2015, Biyogüvenlik Kurulu Kararı)

5-Kurağa, soğuğa, yüksek sıcaklığa dayanıklı çeşit geliştirmek

Örnek

Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yüksek ısıya dayanıklı çeşit geliştirmek

Doğu Anadolu Bölgesi için soğuğa dayanıklı çeşit geliştirmek

Orta Anadolu Bölgesi için kurağa dayanıklı çeşit geliştirmek

6-Yetiştirme tekniklerine tepkisi yüksek çeşitler geliştirmek

Örnek

Su ve gübre (azot ve fosfor vb.) kullanım etkinliği yüksek eşitler

Sonuç

Geliştirilen çeşitlerin özelliklerinde meydana gelen olumlu değişimlerin nedenleri, genetik ilerleme ve çevreler faktörlerindeki (toprak, iklim ve yetiştirme teknikleri) iyileşmelerden kaynaklanmaktadır.

‘Bitki Islahı’nın Tarihi

Bitki ıslahı nasıl başladı?

Anadolu'da ilk bitki ıslahının yaklaşık 12000 yıl önce Karacadağ eteklerinde başladığı kabul edilir. Göbeklitepe'de yapılan kazılar buğdayın bu coğrafya kültüre alındığı göstermektedir. Dolayısıyla ilk bitki ıslahçıları çiftçilerdir. Bu durum mısır ve patates gibi diğ r önemli tarımsal bitkiler içinde geçerlidir. Güney ve Orta Amerika'daki bulgular bu ger eğ  işaret etmektedir.

Gregor Mendel  ncesi bitki ıslahında gelişmeler

Genetiğ n kurucu kabul edilen Mendel'in 1865 yılında yayınladığı bezelye çalışmalarından önce yapılmış bilimsel çalışmalar yok denecek kadar azdır. 1856 yılında Fransız Vilmorin yabancı  eker Pancarında  eker oranını artırmak için d l kontrolü (progeny test) yöntemini kullanmıştır. 1694'de Alman Botanikçi Camerarius'un bitkilerde melezleme kavramını ortaya koymuştur.

Mendel'in bitki ıslahına katkısı

Mendel, karakterlerin ebeveynlerden yavrularına aktarıldığı bildirmiştir.

1865 yılında yayınladığı bezelyelerle ilgili melezleme çalışmasında kalıtım (transmisyon) genetiğinin ilkeleri duyurmuştur.

Mendel gen sözcüğünü kullanmamış olsa da kavram olarak tamamen geni işaret etmiştir. Karakterler generasyonlar boyunca Bozulmadan transfer olunan farklı üniteler (parça kalıtım teorisi- Particulate inheritance) tarafından belirlenmektedir.

Bugün dahi kalıtımın ilkelerini anlamak için Mendel'in çalışmalarını incelemek gerekir.

Mendel'in çalışmaları dersimizin uygulama kısmında ele alınacaktır.

Mendel'den sonra bitki ıslahı

Modern bitki ıslahının ilkelerini Mendel'in çalışmaları belirlemiştir. Çünkü

1-Kendileşmiş yada saf hatlar melezlemede ebeveyn olarak kullanılmıştır. Böylece karakterleri belli ebeveynler kullanılarak melezleme ile yeni çeşitlerin geliştirilebileceği keşif edilmiştir. İlk çalışmalar mısır bitkisinde yapılmış ve melez azmanlığı (hybrid vigor) ile yeni mısır çeşitleri geliştirilmiştir (Shull, 1904, ABD).

2-Buğday'da yeşil devrimin önü açılmıştır. Kısa boylu Norin 10 Japon buğday çeşidinin CIMMYT-Meksika'da melezlemede kullanılmasıyla kısa boylu sağlam saplı, verimli yeni çeşitler geliştirilmiştir. Hindistan, Pakistan başta olmak üzere dünyanın pek çok ülkesinde tane verimi katlanarak artmıştır.

3-Buğdaydaki durumun bir benzeri çeltikte de yaşanmıştır.

Ülkemizde bitki ıslahı çalışmaları

1-Üniversiteler

2-Araştırma Enstitüleri

3-Özel sektör tarafından yapılmaktadır.

Ödev

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde tarla bitkileri konusunda çeşit geliştiren kuruluşların isimleri, hangi illerde bulundukları, hangi bitkilerde çeşit geliştirme çalışmaları yaptıkları, geliştirdikleri çeşitlerin isimleri ayrıntılı şekilde hazırlanacak (Tarih 15 Ekim 2018)

TARLA BİTKİLERİNDE ÜREME

Üreme yeri çiçeklerdir.

Üreme şekli: A-Eşeyli üreme ve B-Eşeysiz üreme

Çiçeklerin şekli ve yapısı üreme şeklini belirler.

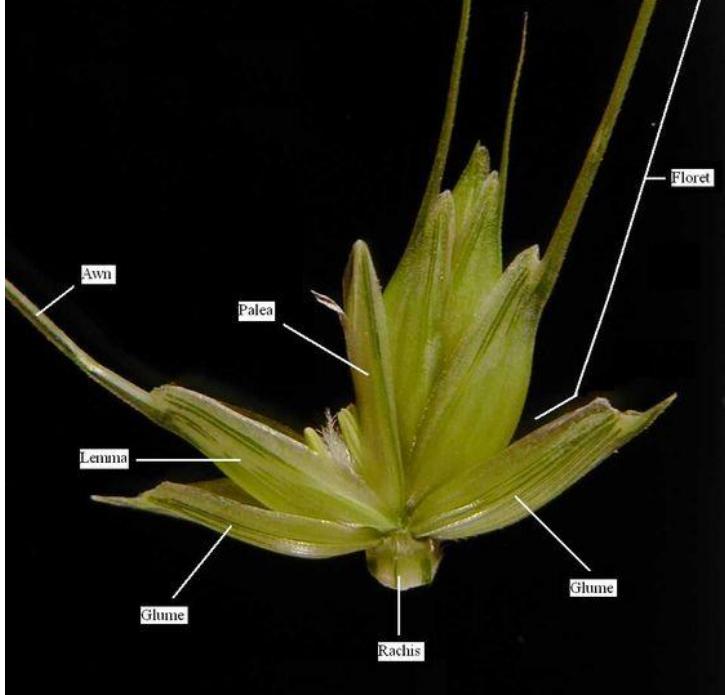
A-Eşeyli Üreme

1- Kendine döllen bitkiler (self-fertilization, self-pollination, autogamy)

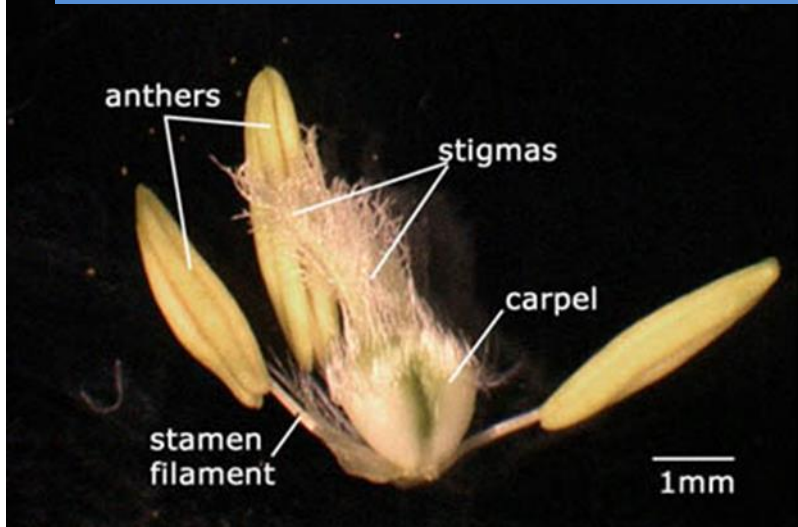
Erkek ve dişi organlar aynı çiçek üzerinde yer alır.
(erselik-hermaphrodite)

Kendine döllen bitkiler: buğday, arpa, yulaf, çeltik, nohut, mercimek, fasulye, patates, bezelye, fiğ, soya, susam, tütün, tritikale, yarfıstığı

Kendine döllen bitkilerde %2-3 yabancı döllenme olabilir.
(örnek buğdayda %2-3, arpada % 0.5)



Erkek ve dişi organlar aynı çiçek üzerinde
(erselik-hermaphrodite)



Kendine döllenen bitkiler (buğday)

Çiçek ve tozlanma şekli-melezleme



Kendine döllemenmenin nedenleri

a-Çiçekler açılmayabilir

b-Çiçekler açılmadan önce polenler dökülebilir

d-Çiçekler açıldıktan sonra stigma ve stamenler, çiçek organları tarafından gizlenebilir.

d-Antherler açılır açılmaz, stigma stamenlerin arasından uzar.

2- Yabancı döllen bitkiler(cross-fertilization, cross-pollination, allogamy, outbreeding)

Erkek ve dişi organların bitki üzerinde bulunma yerleri farklıdır.

Yabancı döllen bitkiler: Çavdar, mısır, yonca, üçgül, şeker pancarı, ayçiçeği, kenevir

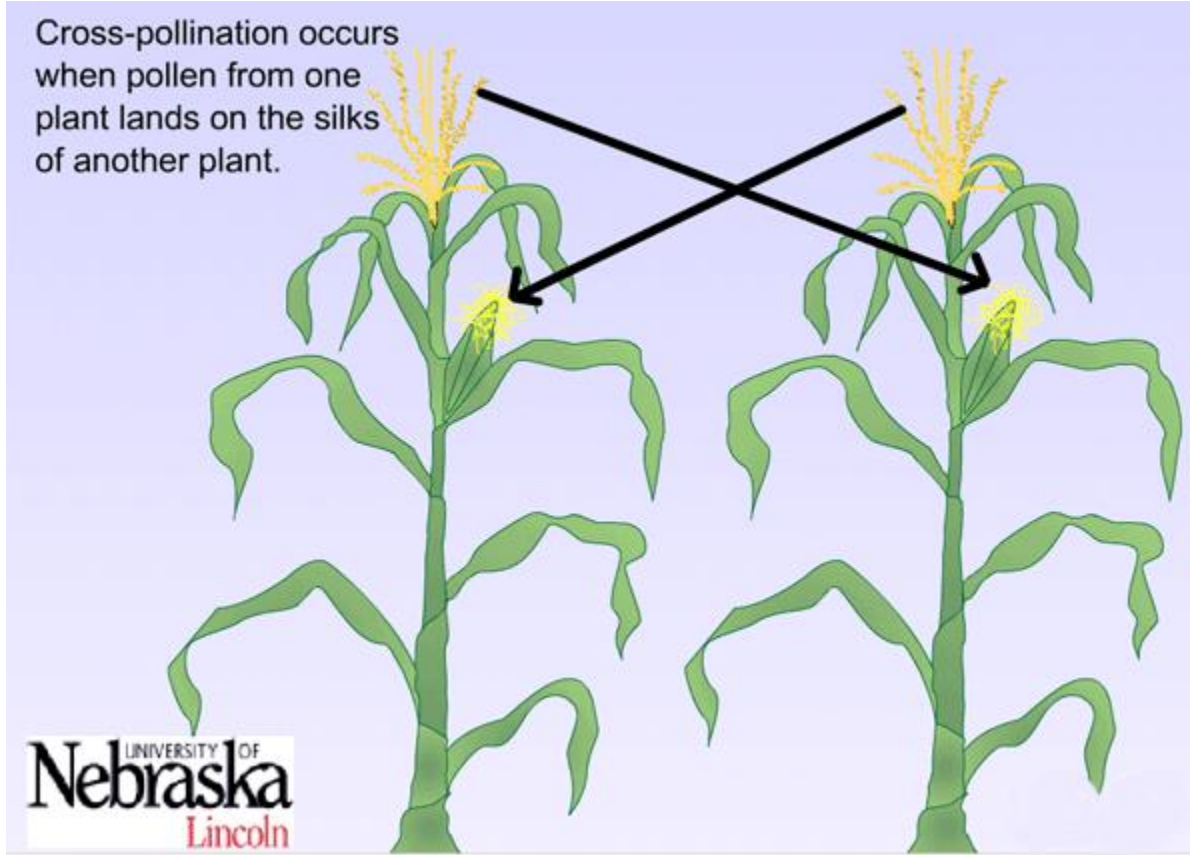
Çavdarda erkek ve dişi organlar aynı çiçekte bulunur (erselik-hermaphrodite)

Mısırda erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde fakat farklı yerlerde bulunur. Erkek organı taşıyan çiçekler bitki tepesinde (püskül), dişi organ taşıyan çiçekler ise bitki sapın ortasında (koçan) yer alır. (tek evcikli-monoecy)

Kenevirde ise dişi ve erkek organlar farklı bitkiler üzerinde yer alır (çift evcikli-dioecy)

Yabancı döllenen bitkiler

Mısır-erkek çiçek tepe püskülünde, dişi çiçek koçan üzerinde



Mısır
(*Zea mays*)



Çift evcikli

Kenevir

Erkek ve dişi çiçekler
farklı bitkiler üzerinde



Female: dişi
Male: erkek

Yabancı döllenmenin nedenleri

a-Kendine döllenmenin mekanik olarak engellenmesi

b-Polen ve stigmaların farklı zamanlarda olgunlaşmaları

Protandry-polenin stigmadan önce olgunlaşması-mısır

Protogyny-polenin stigmadan sonra olgunlaşması-sorgum

c-Kendine kısırlık (ayçiçeği) ve uyuşmazlık (çavdar)

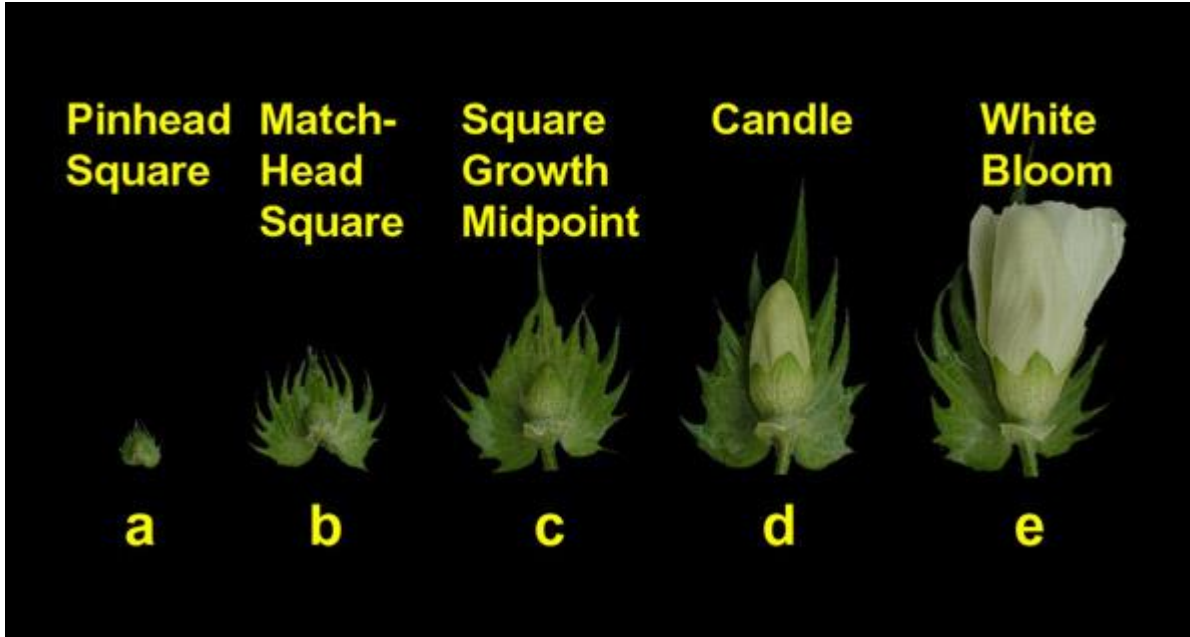
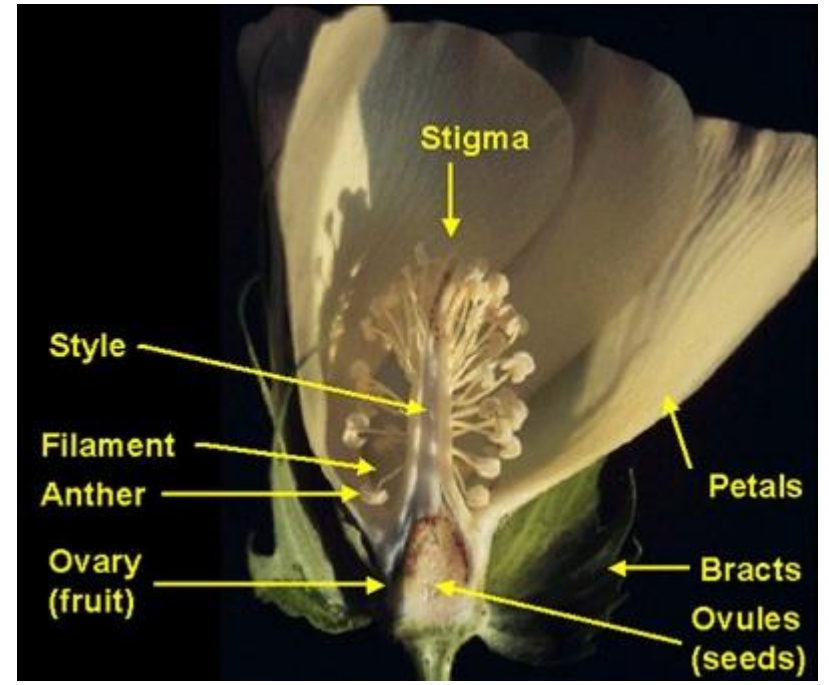
d-Tek (mısır) veya çift (kenevir) evciklilik

Monoecy-monoik-tek evcikli çiçek

Dioecy-dioik-çift evcikli çiçek

3- Hem yabancı ve hem de kendine döllenen bitkiler

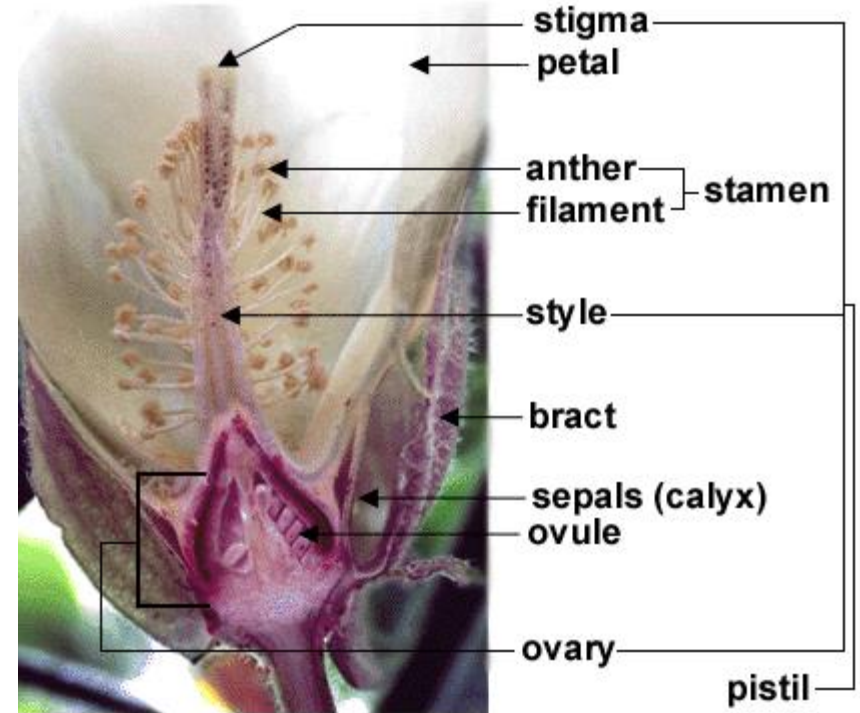
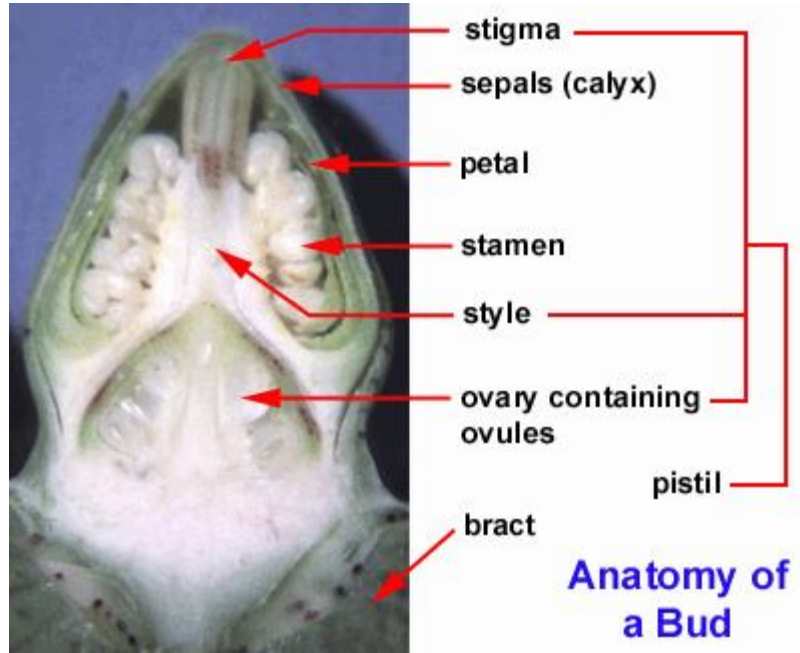
Pamukta % 5-25 arasında yabancı dölllenme görülür ve böcekler yabancı döllenmeyi % 50 ye çıkarabilmektedir.



Pamuk

Gossypium hirsutum

Hem yabancı hem kendine döllenenler
Pamuk (Gossypium hirsutum)



Sepal: Çanak yaprak

Petal: Taç yaprak

<http://www-plb.ucdavis.edu/labs/rost/cotton/Reproduction/fanat.html>

Çiçek Tipleri

Pamukta çiçekler sepal, petal, stamen ve pistilden oluşur (tam çiçek-complete flower).

Buğday çiçeğinde stamen ve pistil olup sepal ve petal yoktur (eksik çiçek-incomplete flower).

Buğday çiçeğinde hem stamen ve hem de pistil bulunduğu için çiçek ersektir (çift cinsiyetli, perfect flower, bisexual). Hermaphrodite

Mısır çiçeğinde ya stamen ya da pistil bulunduğu için çiçek tek cinsiyetli (imperfect flower, unisexual). Monoecy

B- Eşeysiz üreme-aseksüel üreme

1-Vegetatif üreme

Kök, yumru, stolon, rizom, gövde, yaprak, dal, sürgün çelikleri ve doku kültürleri

Vasıtasıyla çoğaltmadır.

Kök: Cassava ve tatlı patates

Yumru: Patates

Rizom: Ayrık

Stolon: Çilek

Gövde: Şeker kamışı

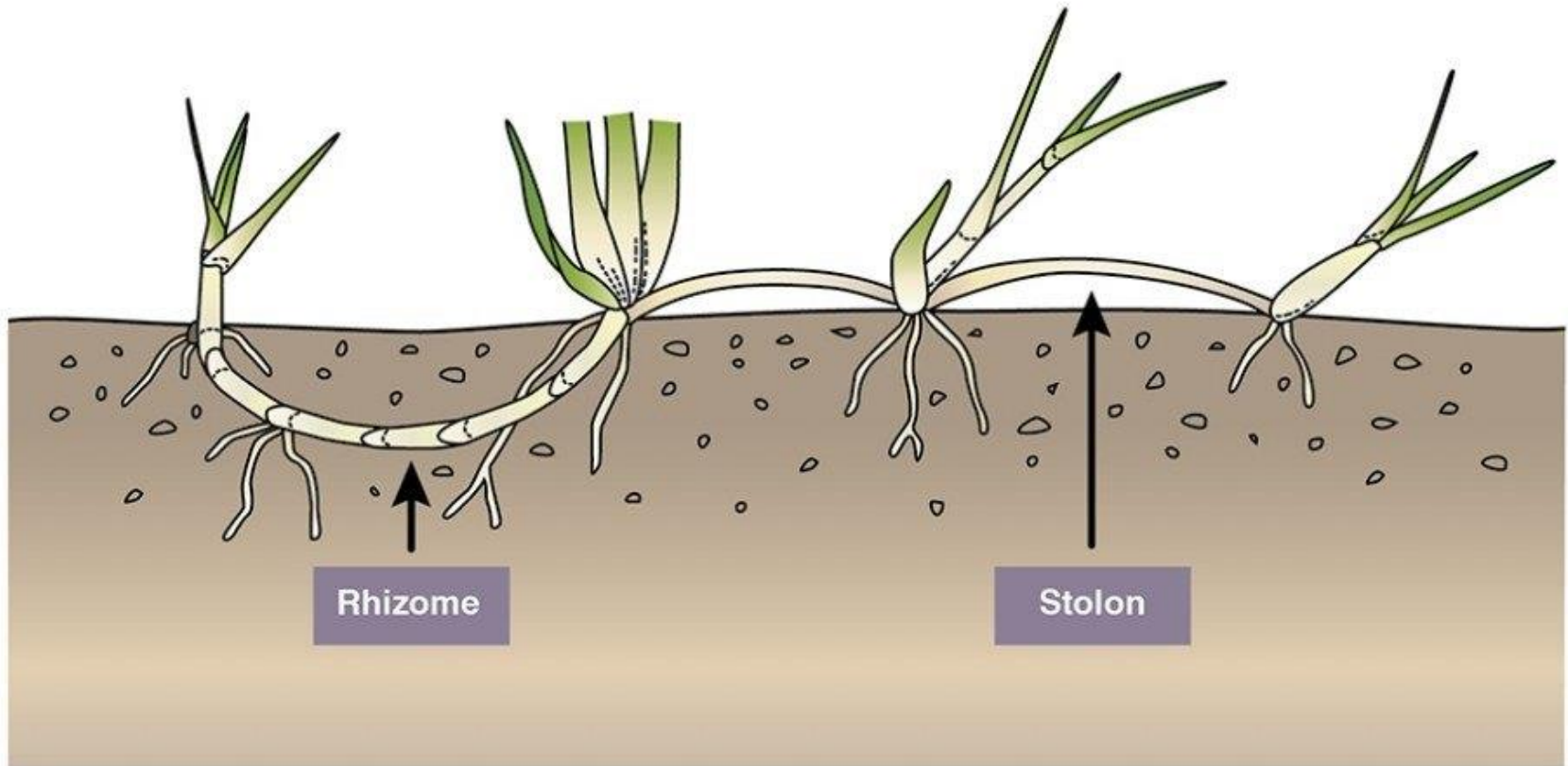
2-Apomiksis: Döllenme olmaksızın tohum oluşumu

Kökle çoğalma- cassava



Gövde ile çoğalma-şeker kamışı





Stolon-Çilek



Rizom-Ayrık



Yumru-Patates



Bitki Islahında Kalıtım, Gen Rekombinasyonu ve Varyasyon

Genetik Terimleri

Kalıtım: Ebeveynlerden yavrularına aktarılan tüm genetik karakterleri

Karakter: Bir veya birden fazla genin fenotipik olarak ifade edilmesi. Karakter birden fazla özellik olarak ortaya çıkarlar. Örneğin bezelyede tohum rengi bir karakter iken sarı veya yeşil tohum renkleri iki farklı özelliktir.

Genotip: Kalıtım materyalinin tümü veya bir karakteri veya karakterleri tanımlayan genetik yapı yada bir bireyin sahip olduğu allellerin kombinasyonu

Fenotip: Genotipin dış görünüşü yada bir karakterin farklı özellikleri

Çevre: Fenotipe etki eden genotipik olmayan faktörler (Toprak, iklim, su, gübre vs.)

Gen: Kalıtılabilir fonksiyonel parçası yada bir proteini kodlayan DNA segmenti

Allel: Bir genin alternatif formları (örneğin A, a'nın veya a, A'nın allelidir)

Genetik Terimleri

Dominant allel: Mendel genetiğinde iki allelli (A ve a) bir gende bir allelin (A) diğer allelin (a) ifade edilmesini engelleyerek kendini (A allelinin) fenotipte göstermesi (A'nın a'yı bastırması) Dominantlık sadece heterozigot (Aa) genotipte ortaya çıkar. Fenotip ayırt edici değildir. Çünkü AA ile Aa allelerine sahip iki genotipin fenotipleri aynı olabilir.

Resesif allel: İki allelli (A ve a) bir gende bir allelin (a) diğer allel (A) tarafından ifade edilmesinin engellenerek kendini (a allelinin) fenotipte gösterememesi (a'nın A'a karşı çekinik kalması). Mendel Genetiği'nde resesiflik sadece heterozigot (Aa) fenotipte ortaya çıkar. Fakat fenotip ayırt edici değildir. Çünkü Aa allelerine sahip bir genotipin fenotipik olarak AA genotipli bir fenotipten fark yoktur. Bundan dolayı aa allelini taşıyan ebeveyn ile AA allelini taşıyan bireylerin melezlenmesiyle elde edilen F1' bitkilerinin fenotipine bakmak gerekir. Örneğin bezelyede yuvarlak tohum (AA) ile buruşuk tohumlu (aa) bitkiler melezlendiğinde F1'de sadece yuvarlak tohumlu (Aa) fenotipler elde edilir. Bu durumda a allelinin A alleleine karşı çekinik olduğu anlaşılır.

Karakterin dominant ve resesif özelliği: Mendel genetiğinde bir karakterin farklı özelliklerinden birisinin diğerine fenotipik olarak baskın ve çekinik olmasıdır. Örneğin bezelyede çiçek rengi bir karakter olup mor ve beyaz olmak üzere iki özellik olarak ortaya çıkar. Mor çiçek rengi, beyaz çiçek rengine dominanttır. Dominantlık, bir genin farklı allellerinden birisinin diğerine baskın olması değil, bir karakterin özelliklerinden birisinin diğerine baskın olması ile ilgilidir. Zira bir genin allelleri birden fazla karakterin özelliklerine etki edebilirler. Yani bir genin bir alleli, aynı zaman diliminde, bir bireyde birkaç karakterin bazı özelliklerine dominant, bazı özelliklerine ise resesif etkide bulunabilir. Bundan dolayı Dominantlık ve/veya resesiflik, genotipi değil, fenotipi tanımlamakta kullanılır.

Heterozigot: İki allelli (A ve a) bir geni taşıyan bireyde genotipik olarak her iki allelinde (Aa) aynı anda bulunması. Fakat allellerden birisi dominant diğeri ise resesif olmalıdır. Mendel Genetiği'ne göre heterozigot ile homozigot dominantlığın fenotipik olarak ayırt edilmesi mümkün değildir. Fakat heterosis'in keşfedilmesi ile bazı bitkilerde AA ile Aa'nın fenotipik olarak ayrılmasına imkan tanımıştır (Örnek mısır'da (*Zea mays* L.) heterosis).

Homozigot: İki allelli (A ve a) bir geni taşıyan bireyde genotipik olarak her iki allelinde (Aa) aynı anda bulunmaması yada allellerden birisi mevcut iken (AA veya aa) diğeri allelin olmaması.

Çeşit (varyete): bir veya birden fazla genotipin ortaya çıkardığı bazı özelliklerin kendisini göstermesiyle tanımlanan ve aynı tür içindeki diğer genotiplerden en az bir tipik özelliği ile ayrılan ve değişmeksizin çoğaltmaya uygunluğu bakımından bir birim olarak kabul edilen en küçük taksonomik kısım içerisinde yer alan bitki grubu

Genetik Terimleri

Melezleme (Crossing): Karakterleri önceden belirlenmiş ebeveynlerin suni yollarla tozlaştırılarak eşleştirilmesiyle ebeveynlerinden genetik olarak farklı yeni döllerin elde edilmesi.

Generasyon F1, F2 ...(F=Filial): Melezlemeden elde edilen döllerin kademeleri

Açılım (segregation): Melezlemede elde edilen döllerdeki genetik çeşitlilik (varyasyon)

Kalitatif karakter: Bir veya birkaç genle idare edilen, kalıtım derecesi yüksek, kolay kalıtılabilir, görsel olarak kategorize edilebilen, çevrenin etkisinin çok az olduğu, seleksiyon etkinliğinin yüksek olduğu karakterler tipi (Örnek buğdayda kılçıklılık (kılçıklı veya kılçıksız), arpada başakta sıra sayısı (2 sıralı veya 6sıralı) vb.).

Kantitatif karakter: Çok gen ve gen grupları tarafından idare edilen, kalıtım derecesi düşük, zor kalıtılabilir, ölçüm tartım ve gözlemler gerektiren, ar-ge maliyeti çok yüksek bitkisel karakterler (örneğin tane verimi, kalite vb.)

Döl kontrolü (progeny test): Melezlemede ebeveynlerin genotipini değerlendirmek için o ebeveynlere ait dölleri veya kuşakların (F1, F2, F3...vb.) ebeveynleri ile kıyaslanarak gözlenmesi ve seçilmesi. Bu yöntem ıslah programlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin buğdayda pas hastalıklarına dayanıklılığın açılan generasyonlarda gözlenmesi, paslara karşı hassas olan tiplerin denemeden çıkarılması ve dayanıklıların denemeye alınması vb.)

Genetik Terimleri

Kontrol melezi (Test cross): Fenotipik olarak aynı iki genotipin genetik yapısını araştırmak gerekebilir. Örneğin heterozigot dominant Aa ile homozigot dominant AA allellerini taşıyan iki genotipi, fenotipik olarak ayırt edebilmek için bunların homozigot resesif aa ile melezlenmesi tavsiye edilir. Heterozigot allelere (Aa) sahip bitkileri ayırt etmek için homozigot resesif aa allellere sahip bitkilerle melezlenmesine kontrol melezlemesi denir.

Rekombinasyon: Melezlenen ebeveynlerden yeni genetik yapıya sahip bitkilerin meydana gelmesi. Mayoz bölünme rekombinasyonun temel nedenidir.

Ebeveyn (Parent-P): Melezlemede kullanılan ve karakterleri önceden belirlenen genitör

Gamet: Bitkilerde döllenmeyi sağlayan polen ve yumurta

KALITILABİLİR VARYASYONUN KAYNAKLARI

1-Gen rekombinasyonları

2-Kromozon sayısındaki varyasyonlar

3-Mutasyonlar

VARYASYON KAYNAKLARI (FENOTİP = ÇEVRE + GENOTİP)

1-Çevre (aynı çeşit içerisinde oluşan varyasyonun nedeni)

Bir çeşide ait bitkiler arasında meydana gelen varyasyonun kaynağı çevredir.

Çevrenin unsurları: yetiştirme teknikleri, toprak, iklim vb.

- Bir buğday çeşidinin, Siirt'te ve Diyarbakır'da farklı performans göstermesi.

Not: Genotipin çevre ile interaksiyonu (etkileşimi) vardır. Genler, farklı çevrelerde farklı şekilde ifade (gen expression) edilebilirler.

2-Genotip (farklı çeşitler arasında oluşan varyasyonun nedeni)

- Örneğin birden fazla buğday çeşidinin olduğu bir denemede kalitatif karakterlerde ölçülen varyasyonun kaynağı genotipik faktörlerdir. Buğdayda kılçıklılık, tüylülük, arpada başakta sıra sayısı, kavuz rengi vb. Kalitatif karakterlerde çevrenin etkisi yok denecek kadar azdır. Çevrenin etkisinden dolayı örneğin kılçıklılık geni fonksiyonunu yitirmez fakat kılçık uzunluğu değişebilir. Diğer taraftan kantitatif karakterlerde çevrenin etkisi çok belirgindir.

Karakterlerdeki varyasyonun belirlenmesi

1-Kalitatif (kategorik-basit) karakter (kılçıklı veya kılçıksız başak, iki veya 6 sıralı başak vb.)

2-Kantitatif karakter (tane verimi, protein oranı, yağ oranı vb.)

Kantitatif karakterlerin kalıtımı konusu ayrı olarak incelenecektir.



Kalitatif Genetik (Mendel Genetiği)

Karakterlerin Kalıtımı

Kalitatif ve kantitatif karakterler olarak ikiye ayırmak gerekir.

A-Kalitatif karakterin kalıtımı yüksektir

Yani bu karakterlerin ebeveynlerden yavrularına aktarılması sadece bir generasyon sonra olabilmektedir.

Kalitatif karakterlerin özellikleri (Mendel Genetiği)

- 1-Kalıtımı basit olup bir-iki gen tarafından idare edilir
- 2-Kalıtım derecesi yüksektir.
- 3-Bir generasyon sonra yavruya aktarılabilir.
- 4-Ar-Ge maliyeti düşük ve süre kısadır.
- 5-Çevrenin etkisi yoktur veya çok azdır.
- 6-Seleksiyon etkinliği çok yüksektir.

B-Kantitatif karakterin kalıtımı düşüktür.

Yani bu karakterlerin ebeveynlerden yavrularına aktarılabilmesi için klasik ıslah metotlarıyla en az 5 generasyon gerekmektedir. Doubled haploid tekniği ile 2 generasyon yeterli olabilmektedir.

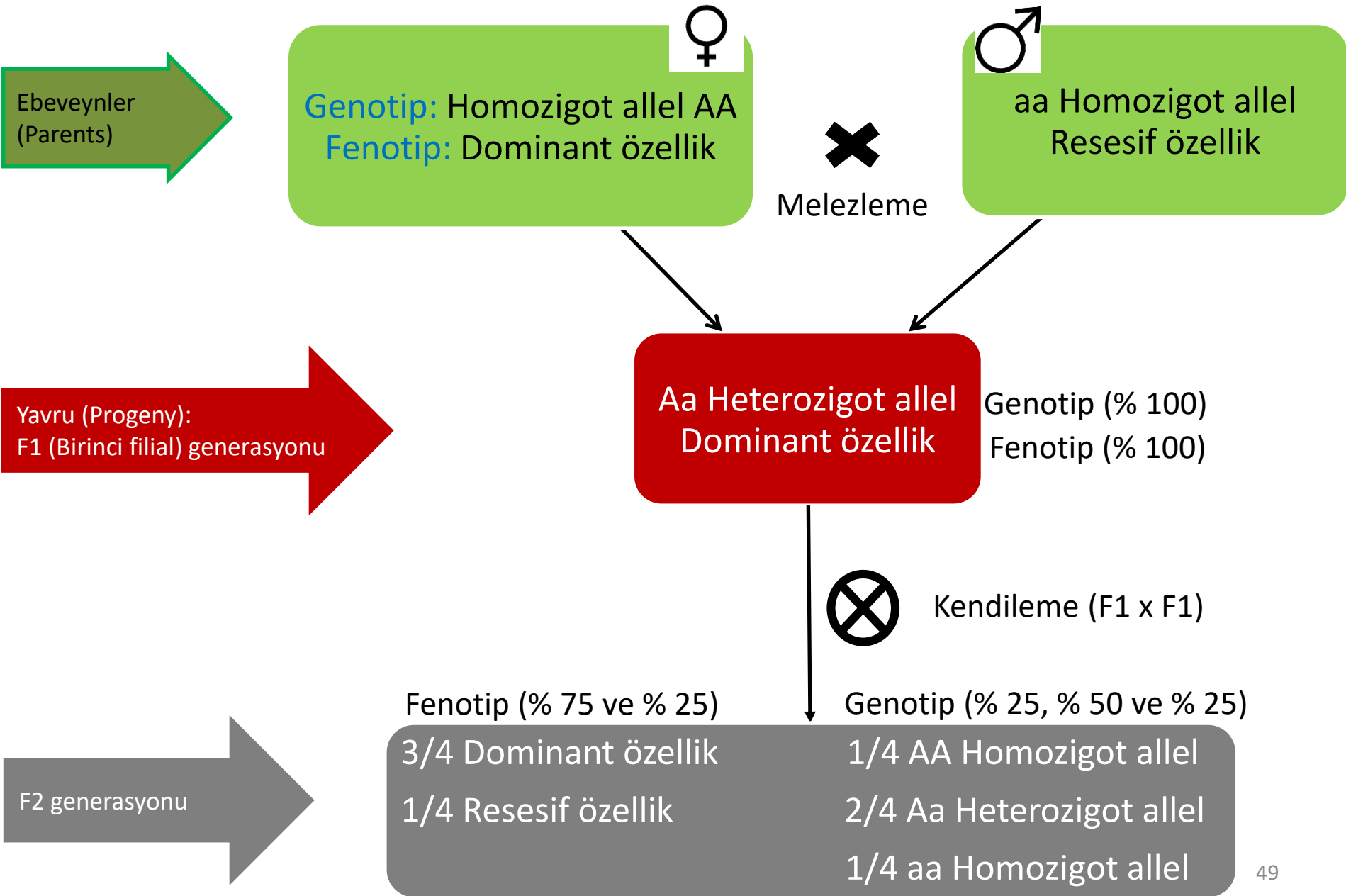
Kantitatif karakterlerin bir melezlemede generasyonlara aktarılması klasik yöntemlerle uzun zaman alır

Mendel'in bezelyede (*Pisum sativum* L., $2n=14$) elde ettiği sonuçlar (Yıl 1865):

7 bitkisel karakter üzerinde çalışmıştır

Karakter	Zıt özellikler		F ₁ sonuçları	F ₂ sonuçları	F ₂ oranı
Tohum şekli	düz/buruşuk		tümü düz	5474 düz 1850 buruşuk	2.96:1
Tohum rengi	sarı/yeşil		tümü sarı	6022 sarı 2001 yeşil	3.01:1
Tohum zarfı şekli	düzgün/boğumlu		tümü düzgün	882 düzgün 299 boğumlu	2.95:1
Tohum zarfı rengi	yeşil/sarı		tümü yeşil	428 yeşil 152 sarı	2.82:1
iek rengi	mor/beyaz		tümü mor	705 mor 224 beyaz	3.15:1
iek durumu	Eksentel/terminal (yanda/uçta)		tümü eksensel	651 eksensel 207 terminal	3.14:1
Gövde uzunluğu	uzun/bodur		tümü uzun	787 uzun 277 bodur	2.84:1

Bir genin iki alleli tarafından kontrol edilen bir karakter için Mendel Genetiği modeli



Önemli Bilgi:

Dominant ve resesiflik bitkinin fenotipini gösterir.

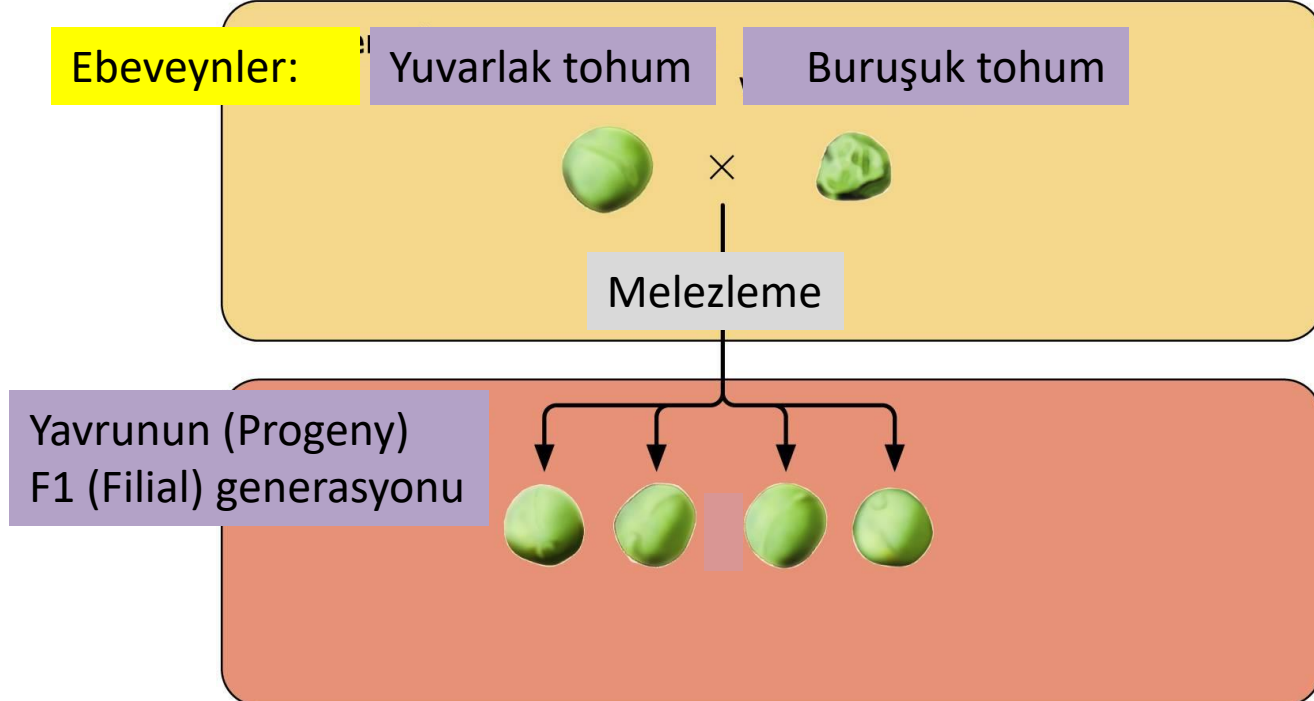
Bitkisel karakterlerin farklı formlarına özellikleri oluşturur.

Bitkisel özellikler dominant ve resesif olarak ifade edilir.

Örneğin bezelyede (*Pisum sativum*, $2n=14$) tohum şekli bir karakterdir.

Fakat tohum şekli iki şekilde (özellik) ortaya çıkar.

Yuvarlak tohum şekli özellik olarak dominant iken
buruşuk tohum şekli özelliği olarak resesiftir.

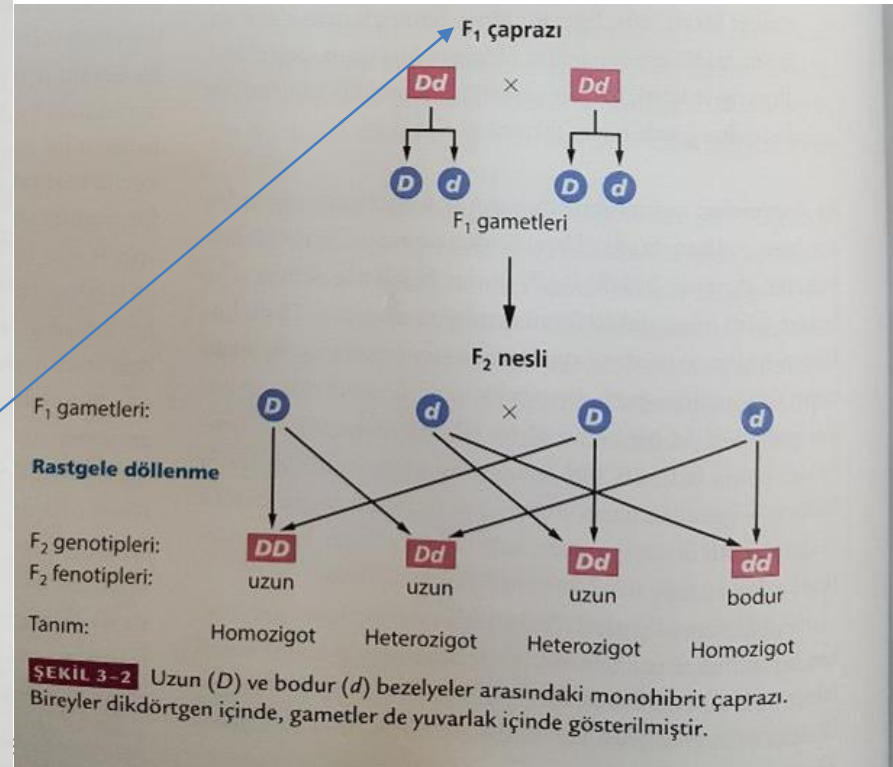
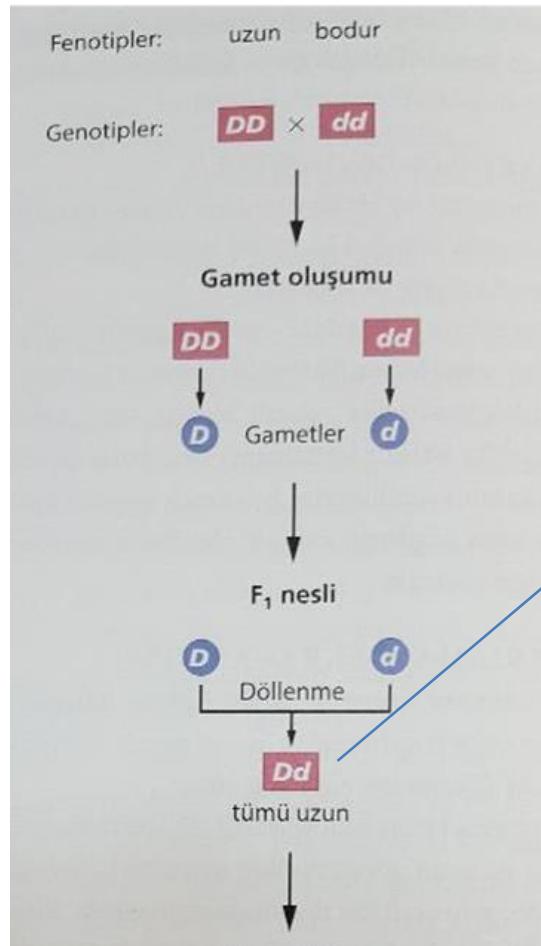


Mendel Genetiği

1-Bir karakterin özelliklerinin bir geninin iki alleli tarafından kontrol edilmesi (monohibrid kalıtım). Bir genin iki alleli, gametlere eşit olarak ayrılır. Her gamet sadece bir alleli taşır. Gamette iki allelden birisinin gelme ihtimali tesadüfidir.

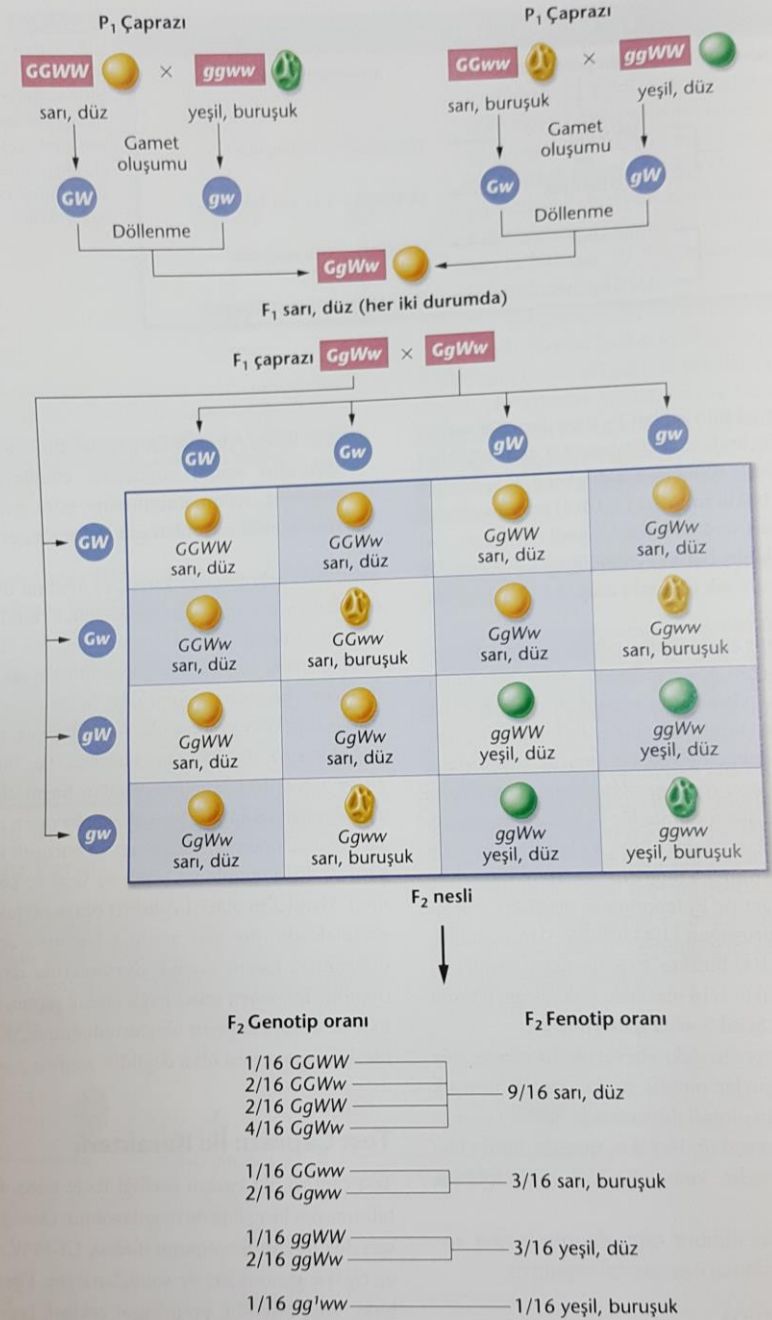
Bezelyede bitki boyu

Ebeveynler



Mendel Genetiği

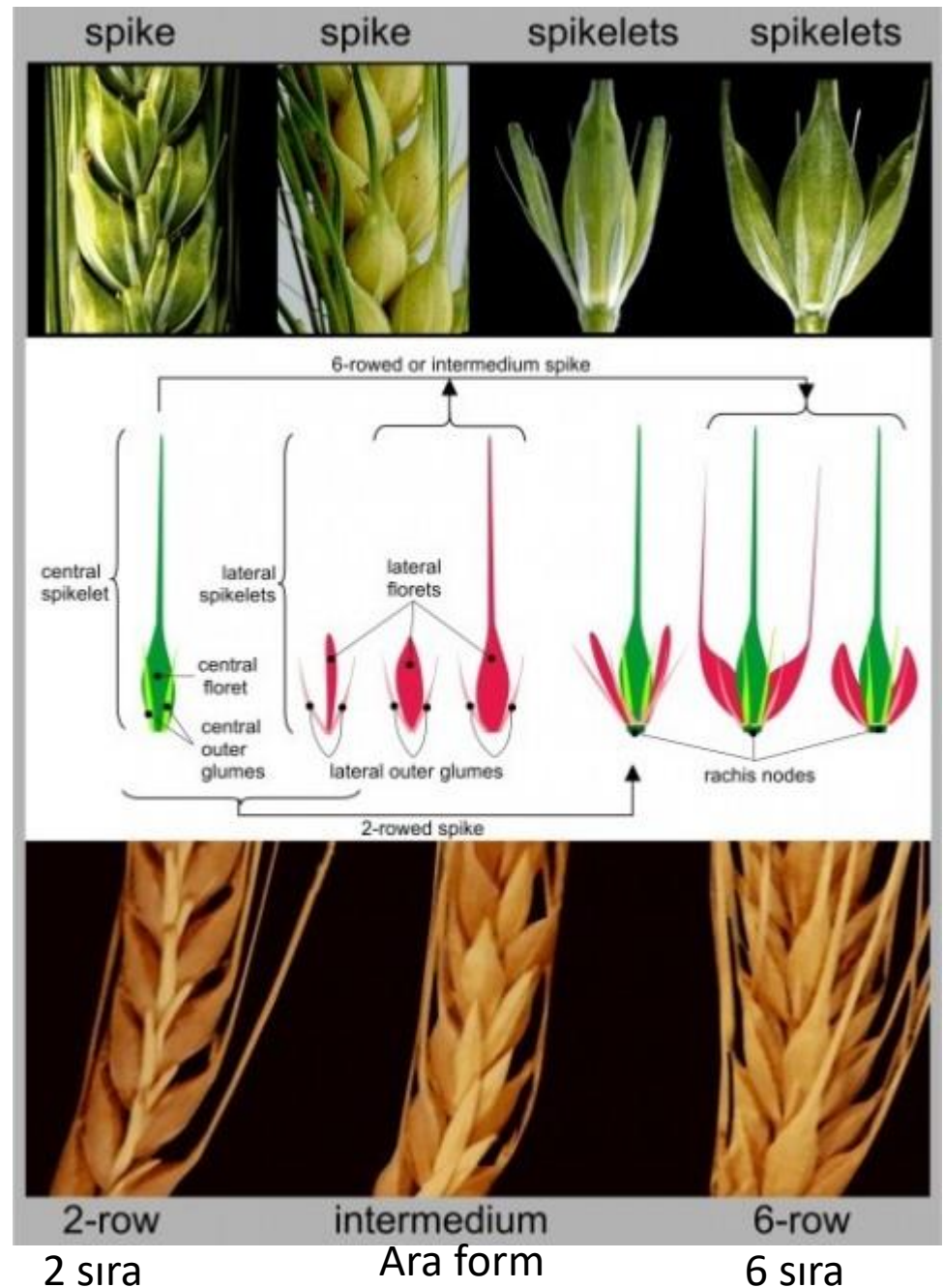
2-İki karakterin birbirinden bağımsız iki gen tarafından kontrol edilmesi (dihibrid kalıtım). İki gen arasında bağıllık (linkage yoktur). Genler arasında bağıllık olmaması koşuluyla ikiden fazla gen olması durumunda da Mendel kuralları geçerlidir.



ŞEKİL 3-7 Şekil 3-5'de gösterilen dihibrit çaprazlarının analizi. F₁ heterozigot bitkiler, F₂ neslini oluşturmak üzere kendi aralarında döllenmiştir. F₂ nesli, Punnett karesi kullanılarak hesaplanmıştır. Fenotipik ve genotipik F₂ oranlarının her ikisi de gösterilmiştir.

Kalitatif karakterin kalıtımı (tek gen-monogenik kalıtım)

Örneğin 2 sıralı bir arpa çeşidi ile 6 sıralı bir arpa çeşidi melezlendiğinde sadece bir generasyon sonra yani F1'de tüm yavrular iki sıralı olmaktadır. F2'de ise kalitatif bir karakterin seleksiyonu, döl kontrolü (progeny test) ve melez testi (test cross) yeterli olmaktadır.



Arpa başağında
sıra sayısı

Spike: başak
Spikelet: başakçık

[http://www.barleyhub.org/
projects/row-genes/](http://www.barleyhub.org/projects/row-genes/)

	Arpada başak sırasının kalıtımı					
	karakter (gen)	GENOTİP	FENOTİP	GENOTİP		
				gen allellerinin benzerliği		
ebeveyn	başakta sıra sayısı	gen allelleri	gen ifadesi	yada farklılığı		
P1	2 sıra	RR	dominant	homozigot		
P2	6 sıra	rr	resesif	homozigot		
F1	2 sıra	Rr	dominant	heterozigot		
	Melezleme					
	P1 x P2	RR x rr				
					Oran	
	Generasyonlar				(%)	
	F1 (filial)	Rr	dominant	heterozigot	100	
	F2	Rr x Rr				
	F2 de açılım	RR	dominant	homozigot	25	1/4
		Rr	dominant	heterozigot	50	2/4
		rr	resesif	homozigot	25	1/4

Döl kontrolü (Progeny test)

F2 generasyonun da her bitki ayrı hasat edilir. F3 generasyonu oluşturulurken her F2 bitkisinin tohumları ayrı sıraya ekilir. Amaç F3 generasyonun da açılım gösteren bireyleri tespit etmektir. Bu yöntem ıslah programlarında hastalıklara toleranslı melez kombinasyonlarını belirlemek için güncel olarak kullanılmaktadır.

Döl kontrolü, kalitatif karakterin takibi için etkindir. Fakat kantitatif karakterlerde ise etkin değildir.

Örneğin arpada başakta sıra sayısını takip etmek için F2 generasyonunda fenotipik açılımı takip ettiğimizde olan 6 sıralı bitkiler homozigot resesifdir. Fakat 2 sıralı bitkilerin hem homozigot dominant ve hem de heterozigot dominant olma ihtimali vardır.

F2 generasyonunda sadece 2 sıralı bitkiler ayrı hasat edilir.

F2'den gelen 2 sıralı her bitkinin tohumları, F3'te ayrı sıralarda yetiştirilirse, homozigot ve Heterozigot bitkileri seçebilme imkanı olacaktır. Böylece F3'de dölleri fenotipik olarak kontrol ederek genotipik seleksiyon yapılmaktadır.

Kontrol melezi (Test cross)

Açılan generasyonların ilk aşamalarında fenotip üzerinden seleksiyon yaparak genotipi tahmin etmek için döl kontrolü (progeny test) yaklaşımından başka Kontrol melezi (test cross) yaklaşımı da kullanılmaktadır.

F2 genarasyonun da ortaya çıkan fenotip dağılımı tam olarak genotip dağılımını göstermeyebilir. Örneğin arpada başakta sıranın kalıtmını ortaya koyan gen, 2sıralılığı dominant, 6 sıralılığı ise resesif yapmaktadır. Bu açılımda fenotipik olarak 6 sıralı başaklara sahip arpa bitkileri kesin homozigot resesif iken 2 sıralılar için 2 genotipik açılım söz konusudur. Zira fenotip olarak 2 sıralılık gerçekte homozigot ya da heterozigot olabilir. Bu durumda F2 generasyonun da fenotipik olarak 2 sıralı arpa bitkilerini, homozigot resesif 6 sıralı arpa bitkisi ile melezlenmesi yapılır. Ortaya çıkan yeni F1 dölllerinin açılımına bakılır. Eğer tüm yeni F1'ler 2 sıralı ise önceki melez populasyonundaki 2 sıralı arpaların homozigot dominant olduğu anlaşılır. Fakat yeni F1 bitkilerinde açılma görülür ise (% 50 2 sıralı ve % 50 6 sıralı gibi) bu durumda önceki populasyonda yer alan bir kısım fenotipik olarak 2 sıralı arpa bitkilerin genotipik olarak heterozigot olduğu sonucuna varılacaktır.

Kontrol melez yönteminde dikkat edilmesi gereken bir konu daha vardır. Kalıtmı araştırılan karakterin gözlenme süreci, melezleme zamanından önce veya sonraya denk gelmesi önemlidir. Örneğimizde başakta sıra sayısı tozlanma öncesi F2'de belirlenmiştir. Bazı karakterlerin gözlenmesi, çiçeklenmeden sonra belirlenebileceği için (örneğin olum süresi) kontrol melezi ancak F3'de yapılabilir.

Mendel Genetiği'nin Temelleri

- 1-Kendine döllen bitkiler melezleme kullanılmalı
- 2-Melezlemede kullanılacak ebeveyn, % 100 genetik saflıkta olmalı
- 3-Genler arasında bağılılık (linkage) olmamalı
- 4-Bir genin ikiden fazla alleli olmamalı (Multiple allelism)
- 5-Bir karakterinin özellikleri tam dominans olmalı
(üstün, eksik veya eş dominanslık göstermemeli)
- 6-Bir karakter sadece bir gen tarafından kontrol edilmeli yani
çoklu gen etkisi olmamalı (polygenic effects)
- 7-Bir genin allelleri ile diğer genin allelleri arasında etkileşim olmamalı (epistatic effects)
- 8-Bir gen birden fazla karaktere etki etmemeli (Pleiotropic effects)

Mendel Genetiği'ne uymayan genler ve davranışları

Mendel kurallarına göre iki gen tarafından kontrol edilen bir özellikte F2'de fenotipik açılım oranı 9:3:3:1 şeklindedir. Fakat bazı genler bu kurala uymaz.

Üstün, tam ve eksik dominanslık, aynı gen allellerinin farklı etkilerini göstermektedir.

Üstün dominanslık: Bir genin iki allelinin birlikte etkisinin, her bir allelin ayrı etkisinden daha yüksek olması. Örneğin $aa=1$, $AA=1$, $Aa=2$

Tam dominanslık: Bir genin iki allelinin birlikte etkisinin, her bir allelin ayrı etkisinde eşit olması yada heterozigot allelin homozigot dominant ebeveyne eşit olması. Örneğin $aa=1$, $AA=2$, $Aa=2$

Eksik (kısmi) dominanslık: Bir genin iki allelinin birlikte etkisinin, her bir allelin ayrı etkisinin arasında olması. Örneğin $aa=1$, $AA=2$, $Aa=1.5$

Bazı genler, farklı davranırlar ve bazı karakterlere etkileri alışılmış kuralların dışındadır.

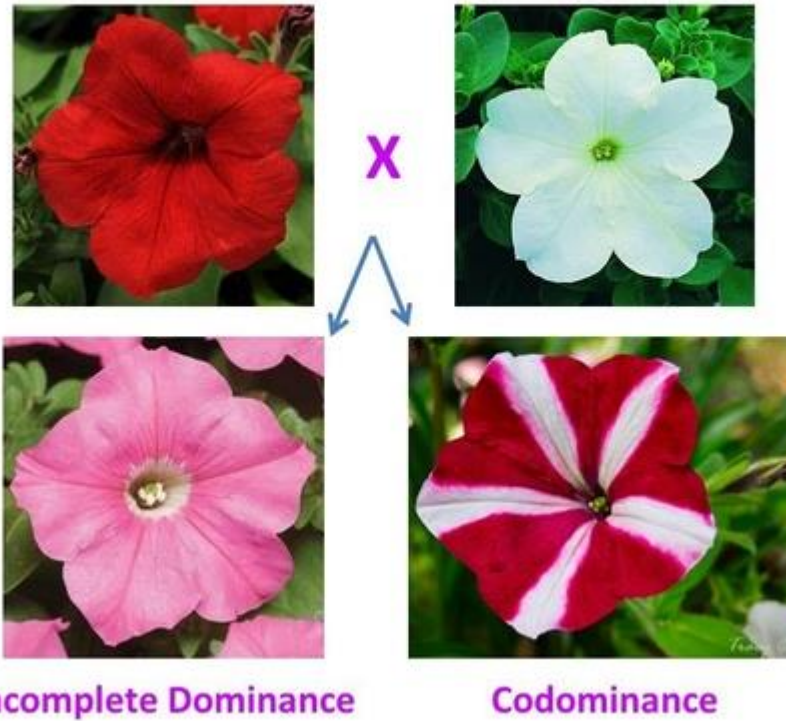
Gen interaksiyonları

Epistasis: farklı lokuslardaki alleller arası etkileşim. Örneğin A'nın B veya b ile etkileşimi vb.

Mendel Genetiği'nden Sapmalar

Eksik dominanslık? Eş dominanslık?

Incomplete Dominance or Codominance?



Epistatik gen etkileşimleri

1-Tamamlayıcı gen (çift resesif): 9:7

2-Eklemeli gen: 9:6:1

3-Katlamalı (çift dominant): 15:1

4-Engelleyici gen (dominant ve resesif): 13:3

5-Dominant (örtücü-maskeleyici) epistasi: 12:3:1

6-Resesif epistasi (modifiye edici etki): 9:3:4

Diğer kompleks genler

Pleiotropi

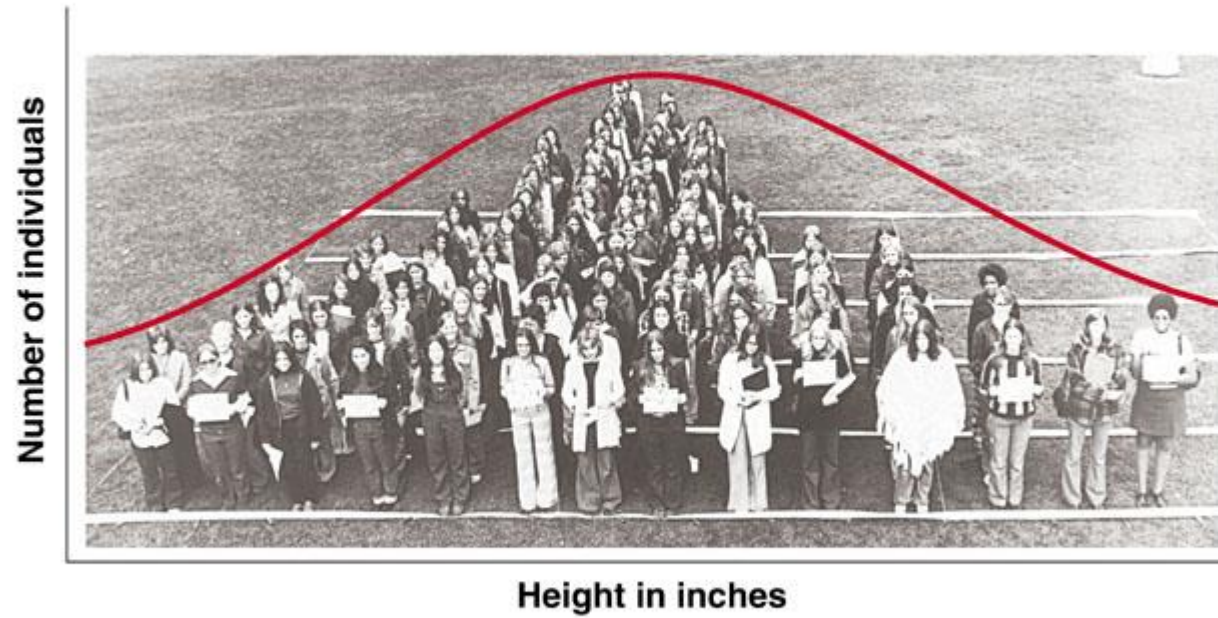
Kodominantlık

Eksikdominantlık

Çok allellik

Kantitatif Genetik

Tobin/Dusheck, Asking About Life, 2/e
Figure 16.6



Copyright © 2001 by Harcourt, Inc. All rights reserved.

<http://blog.canacad.ac.jp/bio/BiologyIBHL1/3093.html>

Kantitatif karakter

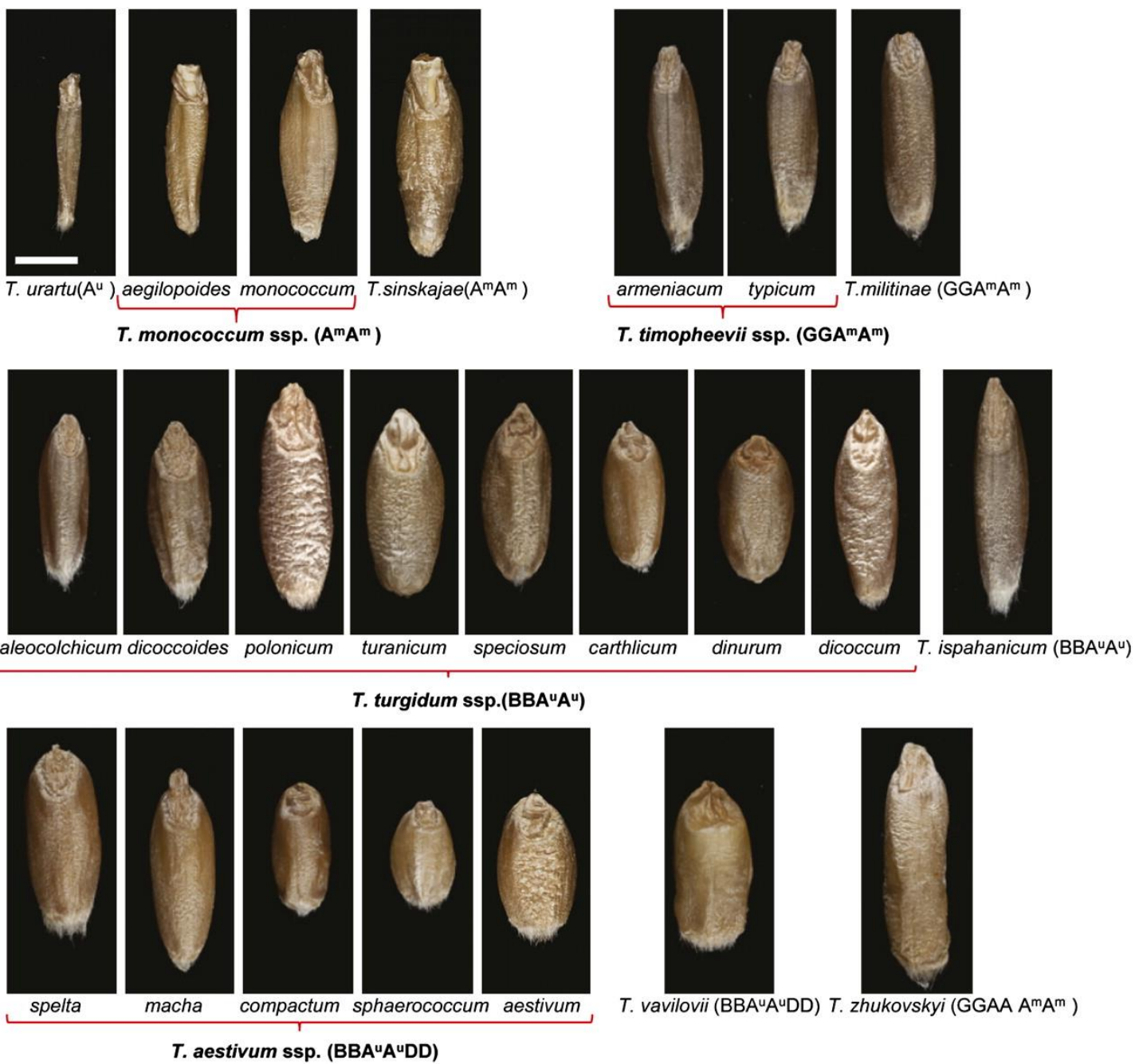
Bitki ıslahına konu olan karakterlerin çoğu kantitatif özellikler gösterir. Kantitatif karakterlere etki eden genlerin sayısı çok fazladır ve her bir karakterin fenotipik olarak ifade edilmesine her bir genin katkısı (etkisi) küçüktür. Her bir genin küçük etkisi, toplamda eklemeli olarak karakter üzerine çok büyük bir etkiye dönüşür. Bundan dolayı kantitatif karakterler üzerine bahse konu olan eklemeli gen etkisi, Kantitatif Genetik'in temelini oluşturur.

Kantitatif karakterler; sayılmadan, ölçülmeden, tartılmadan ve laboratuvarında analiz edilmeden araştırılması mümkün değildir.

Örneğin buğdayda
kardeş sayısı adet olarak sayılarak
tane verimi terazi ile tartılarak
bitki boyu metre ile ölçülerek
tanedeki protein oranı laboratuvarında analiz edilerek belirlenir.

Tane veriminin yüksek veya düşük, bitki boyunun uzun veya kısa, kardeş sayısının çok veya az olarak kategorize edilmesi kantitatif karakterlerin genetiği ile ilgili olmayıp sadece yorumlamak için yapılır.

Genetik varyasyon



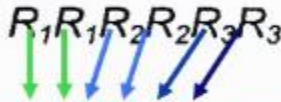
Kantitatif karakterlerin nitelikleri

1. Varyasyon süreklilik gösterir
2. Genlerin ifade şekline çevrenin etkisi fazladır
3. Gen etkisi kategorize edilemezler (Örneğin var ya da yok şeklinde sınıflandırılmazlar)
4. Gen sayısı fazladır (poligen)
5. Dominans gen etkisi vardır (özellikle açılan generasyonlarda)
6. Eklemeli gen etkisi vardır (özellikle ileri generasyonlarda)
7. Stabiliteleri düşüktür
8. Ölçüm ve tartım ile belirlenebilir
9. Tek gen etkisi küçüktür ve belirlenme ihtimali çok düşüktür
10. Kalıtım derecesi düşüktür
11. Seleksiyon etkinliği azdır
12. İleri generasyonlarda seleksiyon yapılabilir
13. Melezler (döller) ebeveynlerinden daha düşük veya yüksek performans gösterebilirler.
14. Seleksiyon popülasyonlardan örnek seçilmesi ile yapılır.
15. Kalıtım derecesinin ve gen etkilerinin tahmin edilmesi için özel istatistiksel yöntemler gerekir

Buğdayda tane rengi



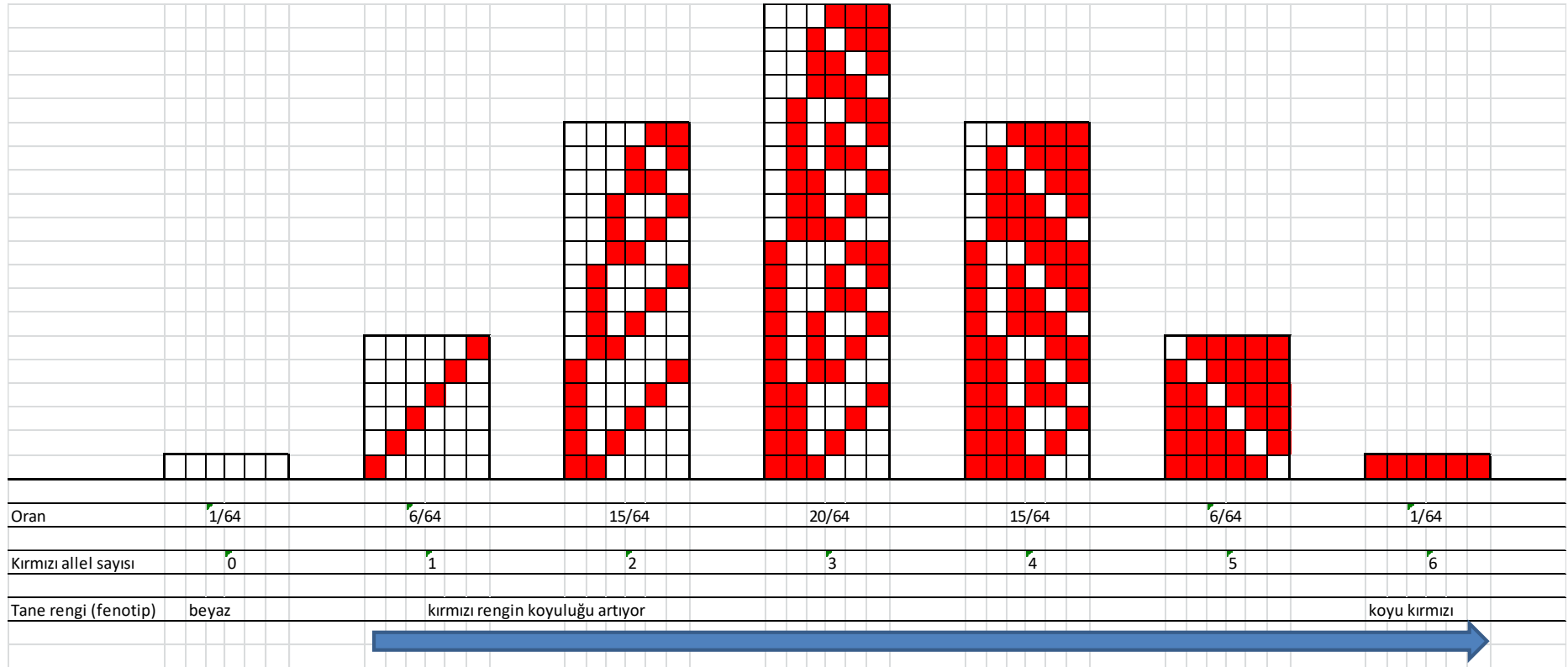
Table 7-2. Nilsson-Ehle's demonstration of Mendelian inheritance governing expression of kernel color in wheat.

<u>Red parent</u>	<u>White parent</u>
$R_1R_1R_2R_2R_3R_3$ 	$r_1r_1r_2r_2r_3r_3$
(AABBDD genomes)	
<u>F₁ hybrid</u>	
$R_1r_1R_2r_2R_3r_3$	
red	
<u>F₂ progeny</u>	
RED { 1 Red 41 Dark Pink 15 Pink 6 Light Pink 1 White	$R_1R_1R_2R_2R_3R_3$ $R_1-R_2-R_3-$ $R_1-R_2-r_3r_3$ or $R_1-r_2r_2R_3-$ or $r_1r_1R_2-R_3-$ $R_1-r_2r_2r_3r_3$ or $r_1r_1R_2-r_3r_3$ or $r_1r_1r_2r_2R_3-$ $r_1r_1r_2r_2r_3r_3$

<http://www.plantbreedingcenter.ncsu.edu/online/index.html>

Poligen ve poligenik kalıtım

buğday tanesinin renginin genetiği ve kalıtımı



Kantitatif karakter, sürekli varyasyon gösterir.



Yan yana duran 10 mısır bitkisinden hasat edilen 10 koçandaki varyasyon
(Bitkiler, yabancı döllenmiştir)

<https://passel.unl.edu/pages/printinformationmodule.php?idinformationmodule=1099518689>

Kantitatif karakter, sürekli varyasyon gösterir.

Ölçülerek veya tartılarak belirlenir.

Örneğin bir denemede yer alan 20 buğday çeşidinin boyları ölçülmüştür.

Buğday çeşit	bitki boyu (cm)
1	50
2	50
3	60
4	60
5	70
6	70
7	70
8	80
9	80
10	90
11	90
12	90
13	90
14	100
15	100
16	120
17	120
18	130
19	130
20	130

Kantitatif karakterlerin yorumlanabilmesi için ölçülen verilere istatistiksel analizlerin uygulanması gerekir.

İstatistiksel analizlerde

Ortalama (aritmetik) $\bar{x} = \sum f_i x_i / n$

(f_i , gözlemin frekans değeri; n , örnek sayısı)

Varyans (örneğin) $s^2 = \sum f_i (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)$

Standart sapma $s = \sqrt{s^2}$

Varyasyon katsayısı = $(s / \bar{x}) * 100$

Bitki boyunun istatistiksel analizi

ölçülen değer	frekansı		ortalamadan sapma					
x	f	fx	$(x-x_{ort})$	$(x-x_{ort})^2$	$f(x-x_{ort})^2$		z değeri	normal dağılışı
50	2	100	-39	1521	3042		-1,48076	0,133285916
60	2	120	-29	841	1682		-1,10108	0,217594477
70	3	210	-19	361	1083		-0,72139	0,30754207
80	2	160	-9	81	162		-0,34171	0,37631736
90	4	360	1	1	4		0,037968	0,398654831
100	2	200	11	121	242		0,417649	0,365622459
120	2	240	31	961	1922		1,177012	0,19956469
130	3	390	41	1681	5043		1,556693	0,118767798
Toplam (n)	20	1780			13180			

Aritmetik ortalama

89

varyans

693,6842105

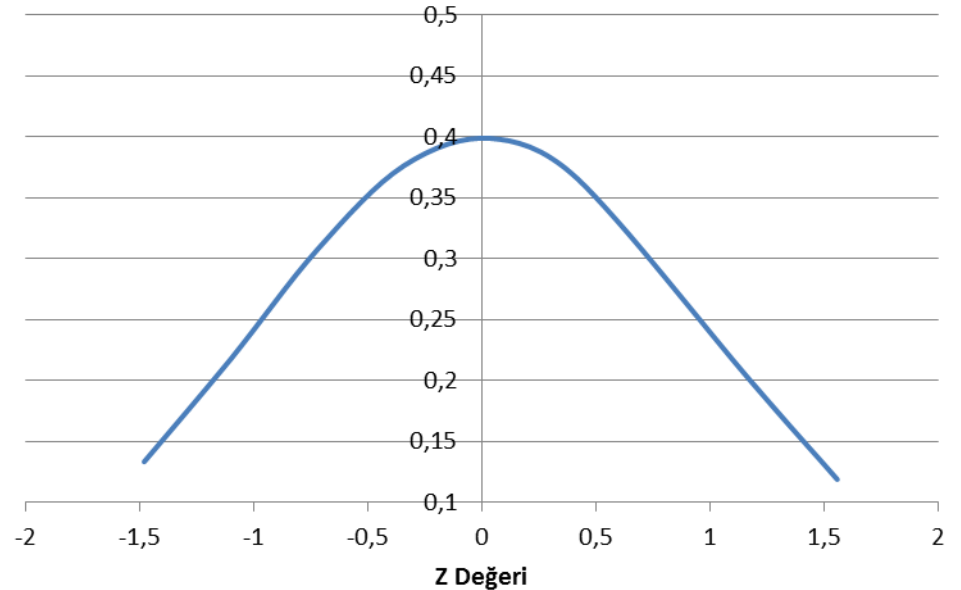
standart sapma

26,33788546

varyasyon katsayısı

29,59312973

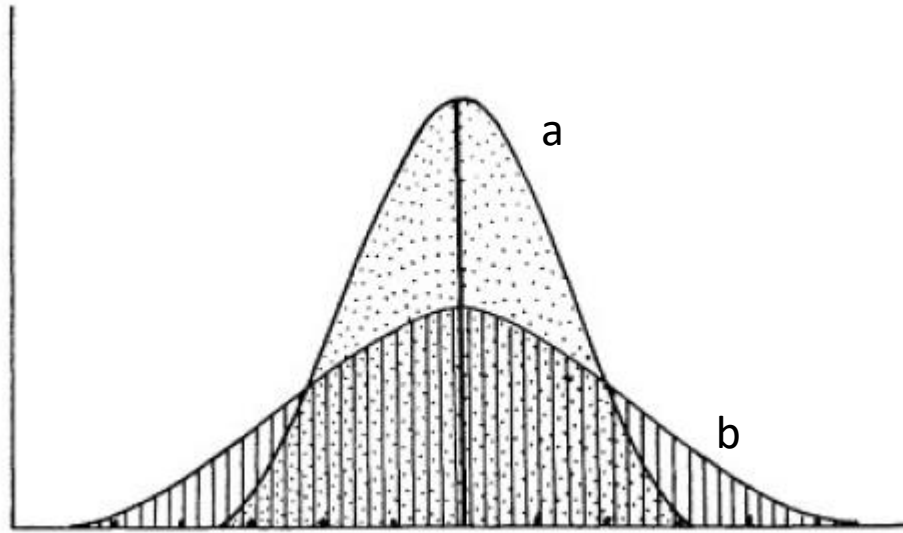
Bitki boyunun normal dağılımı



Kantitatif karakterlerin analizlerinde kullanılan parametreler

Örnek içi ve örnekler arası varyasyonların kıyaslanmasını sağlamaktadır.

Örneğe ait varyasyonun büyüklüğünü, standart sapma değeri göstermektedir.



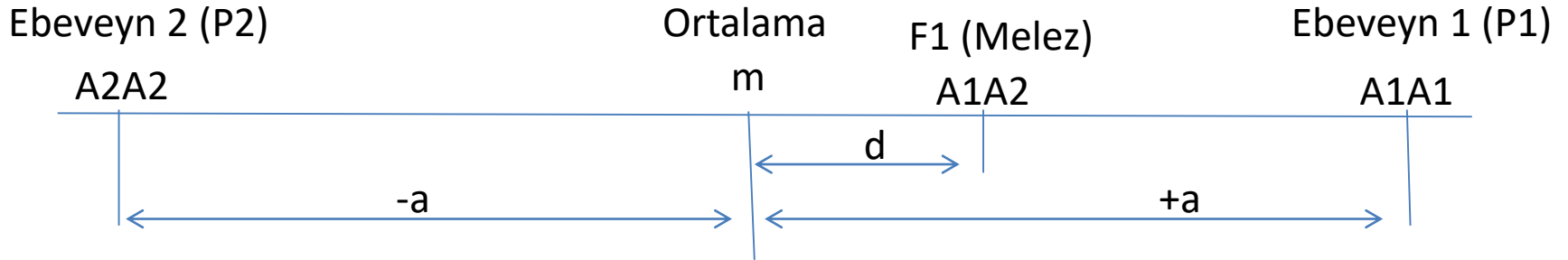
a örneği ile b örneğinin ortalaması eşittir. Fakat a örneğinin varyansı ve standart sapması, b örneğinden daha düşüktür.

Kantitatif karakterlerin gen etkisi modeli

Kantitatif karakterde gen etkisi araştırmak için ilk önce iki homozigot kendilenmiş hattın veya çeşidin (ebeveyn 1 için P1 (parent) ve ebeveyn 2 için P2) melezlendiğini ve bu ebevenylerin sadece iki allelli (A1 ve A2) bir gen yönüyle farklı olduğu kabul edelim. Ebeveynler üzerinde ölçüm veya tartım yapılan bir kantitatif karakterde A1 allellinin yüksek performansı, A2 allellinin ise düşük performansı sembolize ettiğini düşünelim. Bu durumda A1A1 ebeveyn 1'i (P1), A2A2 ebeveyn 2'yi (P2) ve A1A2 genotipi ise F1 melezini temsil etmektedir.

Kantitatif karakterlerde gen etkisinin ölçülmesi

Kantitatif karakterlerdeki gen etkisi açıklarken bir genin iki alleli A1 ve A2 harf ve rakamları ile gösterilmektedir. Örneğin aşağıda verilen modelde 3 genotip vardır (A1A1, A1A2 ve A2A2)



Genotip değerlerinin tahmin edilmesi

$$\text{Ebeveyn 1 (P1)} = A1A1 = +a = A1A1 - [(A1A1 + A2A2)/2]$$

$$m = (P1 + P2)/2$$

$$\text{Ebeveyn 2 (P2)} = A2A2 = -a = A2A2 - [(A1A1 + A2A2)/2]$$

$$\text{F1 (Melez)} = A1A2 = d = A1A2 - [(A1A1 + A2A2)/2]$$

Örneğin A1A1 genotipinin bitki boyu 100 cm, A2A2 genotipinin bitki boyu 50 cm, A1A2 genotipinin bitki boyu ise 75 cm olsun... Genotiplere göre a+, -a ve d değerlerini tahmin edelim...

$$+a = 100 - [(100 + 50)/2] = 25$$

$$d = 75 - [(100 + 50)/2] = 0$$

$$-a = 50 - [(100 + 50)/2] = -25$$

Kantitatif karakterlerde gen etkileri

Eklemeli gen etkisi (a)

Dominans gen etkisi (d)

Epistatik gen etkisi (ep)

Eklemeli gen etkisi

Aynı lokustaki bir allel veya farklı lokuslardaki alleler bir karakterin ifade edilmesinde birlikte artırıcı etkiye sahip olabilirler. Her bir allel bir karakterin ortaya çıkmasında küçük ama katkı sağlayıcı bir rol oynar.

Örnek, A1A1, B1B1, C1C1, D1D1 4 farklı lokusta bulunan genlerin allelleridir. Bu genlerin her bir alleli bir karakterin ifade edilmesinde eşit ve aynı derecede etkiye sahipler. Farz edelim ki bu 4 genin allelerini toplamda bir karaktere 400 birimlik bir etkide bulunsun. Her bir allelin etkisi 50 birim olacaktır.

Dominans gen etkisi

Aynı lokustaki allelerin etkileşimidir.

Örnek A1 alleli ile A2 allelinin etkileşimi dominans gen etkisini gösterir

Eğer $d = +a$ ise tam dominanslık vardır,

Eğer $d < +a$ ise kısmi veya eksik dominanslık vardır,

Eğer $d > +a$ ise üstün dominanslık vardır,

Eğer $d = 0$ ise dominanslık yoktur.

Örneğin bir denemede aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

A1A1	A1A2		
+a	d	bulgu	yorumlanması
25	25	$d = +a$	tam dominans
25	30	$d > +a$	üstün dominans
25	15	$d < +a$	kısmi veya eksik dominans
25	0	$d = 0$	dominanslık yok

Epistatik gen etkisi

Allel olmayan yani lokuslar arası gen etkileşimidir.

Örnek A1A1 veya A2A2'nin B1B1 veya B2B2 ile etkileşimi

Epistatik gen etkisi ileri bir konu olup lisans üstü düzeyde incelenecektir.

Kantitatif karakterlerde gen etkinin tahmin edilmesi

Temel generasyonlar (beklenen ortalamaların tahmini)

$$\text{Ebeveyn 1 (P1)} = m + a$$

$$\text{Ebeveyn 2 (P2)} = m - a$$

$$\text{F1} = m + d$$

$$\text{F2} = m + 1/2d$$

$$m = (P1 + P2)/2$$

$$a = (P1 - P2)/2$$

$$d = F1 - m$$

$$\text{BC1.P1} = m + 1/2a + 1/2d$$

$$\text{BC1.P2} = m - 1/2a + 1/2d$$

Örnek: iki buğday çeşidinin 6 generasyonda bitki boyunun genetiği araştırılmıştır. Bitki boyuna bir gen ve bu geninin iki allelinin ekisi eklemeli ve dominans gen etkisi modeli ile incelenmiştir.

Generasyon	Ölçüm yapılan bitki sayısı	Ölçülen ortalama	Varyans		Beklenen Ortalama	Ölçülen-beklenen farkı	Ölçülen-beklenen farkın karesi			
P1	50	69,6	48,6		69,6	0	0,00			
P2	50	68,4	40,1		68,4	0	0,00			
F1	100	89,6	53,0		89,6	0	0,00			
F2	200	79,5	97,3		79,3	0,2	0,00			
BC1.P1	200	77,4	66,5		79,6	-2,2	0,06			
BC1.P2	200	78,3	84,6		79	-0,7	0,01			
						Toplam	0,07			
Beklenen ortalamaların tahmin edilmesi						χ^2 (sd, 3)	0,99	tablo değeri		
		beklenen					istatistiksel olarak önemli değil			
m = (P1 + P2)/2		69				Sonuç	Eklemeli ve dominans modeli kabul edilir.			
a = (P1-P2)/2		0,6								
d = F1 - m		20,6								
P1 = m + a		69,6								
P2 = m - a		68,4								
F1 = m + d		89,6								
F2 = m + (d/2)		79,3								
BC1.P1 = m + (a/2) + (d/2)		79,6								
BC1.P2 = m - (a/2) + (d/2)		79								

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Gözlenen} - \text{Beklenen})^2}{\text{Beklenen}}$$

Kantitatif karakterlerde generasyon varyanslarının tahmin edilmesi

Eklemeli gen etkisi (A) (tüm eklemeli genlerin toplamının etkisi)

Dominans gen etkisi (D) (tüm dominans genlerin toplamının etkisi)

Epistatik gen etkisi (Ep) (bu modelde epistatik etki yok kabul ediliyor)

Çevre etkisi (E)

Generasyonlarda varyans tahmini

Ebeveyn 1 (P1) varyansı = $VP1$

Ebeveyn 2 (P2) varyansı = $VP2$

F1 varyansı = $VF1$

F2 varyansı = $VF2 = \frac{1}{2} A + \frac{1}{4} D + VE$

Ebeveyn 1 (P1) Geriye Melezi ($VBC1.P1$) = $\frac{1}{4} A + \frac{1}{4} D + VE$

Ebeveyn 2 (P2) Geriye Melezi ($VBC1.P2$) = $\frac{1}{4} A + \frac{1}{4} D + VE$

İki Geriye Melezin Toplamı ($VBC1.P1 + VBC1.P1$) = $\frac{1}{2} A + \frac{1}{2} D + 2VE$

VE = Çevre varyansı

Generasyonlarla gen varyanslarının tahmin edilmesi

Örnek: iki buğday çeşidinin 6 generasyonunda mayıs içerisinde başaklanma tarihleri verilmiştir. Başaklanma tarihine etki eden genlerin varyanslarını tahmin ediniz.

Mayıs ayı
günleri

Generasyon	Ölçülen ortalama	Varyans
P1	13	11,04
P2	27,6	10,32
F1	18,5	5,24
F2	21,2	40,35
BC1.P1	15,6	17,35
BC1.P2	23,4	34,29

Generasyon varyanslarının tahmin edilmesi

Çevre varyansı (VE) = $(VF1 + VP1 + VP2)/3 = (11,04 + 10,32 + 5,24)/3 = 8.87$

F2 varyansı (VF2) = $(1/2A) + (1/4D) + VE = 40,35$

Geriye melezlerin toplam varyansı (VBC1.P1 + VBC1.P2) = $(1/2A) + (1/2D) + 2VE$

Eklemeli gen varyansının tahmin edilmesi

VF2 varyansını $[(1/2A) + (1/4D) + VE]$ 2 ile çarparsak

$A + 1/2D + 2VE$ elde edilir. Bu gen etkileri geriye melezlerin toplam varyansından çıkarılır

$(A + 1/2D + 2VE) - [(1/2A) + (1/2D) + 2VE] = 1/2A$ elde edilir.

$(40,32 \times 2) - (17.35 + 34.29) = 29.06 = 1/2A$

Eklemeli gen etkisi $(1/2A) = 29.06$ olarak hesaplanır

$1/2A$, eklemeli gen varyansına eşit olduğu için $VA = 29.06$ 'dır.

F2 varyansı (VF2) = $(1/2A) + (1/4D) + VE = 40,35$ ise $29.06 + VD + 8.87 =$

$40,35$ 'den dominans varyans (VD) = 2.42 hesaplanır.

Tüm eklemeli genlerin toplam etkisi $(1/2A)$, eklemeli gen varyansına (VA) eşittir.

Benzer şekilde tüm dominans genlerin toplam etkisi $(1/4D)$, dominans gen varyansına (VD) eşittir.

Gen tiplerinin varyansları

Eklemeli gen varyansı (VA)

$VA = 1/2A$ (tüm eklemeli genlerin toplam etkisi, eklemeli gen varyansıdır)

Dominans gen varyansı (VD)

$VD = 1/4D$ (tüm dominans genlerin toplam etkisi, domians gen varyansıdır)

Epistatik gen varyansı (VEp) (Lisans üstü derslerde incelenecektir)

Çevre varyansı (VE)

KALITIM DERECESESİ

KALITIM DERECEŚİ

(1-Geniş ve 2-Dar Anlamda Kalıtım Dereceleri)

Ebeveynin karakterlerini yavrusuna aktarabilme oranıdır.

Daha önceki örnekteki başaklanma tarihleri için elde edilen varyans değerleri kullanılırsa;

Geniş anlamda kalıtım derecesi (H) = V_G/V_F = genetik varyans/ fenotipik varyans

V_G = genetik varyans = $(V_F^2 - V_E) = V_A + V_D$

V_F = fenotipik varyans = $V_F^2 = V_A + V_D + V_E$

$$H = (V_A + V_D)/(V_A + V_D + V_E)$$

$$H = (29.06 + 2.42)/(29.06 + 2.42 + 8.87) \text{ ya da}$$

$$V_G = 40,35 - 8.87 = 31.48$$

$$V_F = 40,35$$

$$H = (31,48/40,35) = 0.78$$

Dar anlamda kalıtım derecesi ($h^2 = VA/VF$)

$h^2 = VA/VF$ = eklemeli gen varyansı/ fenotipik varyans

VA = eklemeli gen varyansı = 29,06

VF = fenotipik varyans = VF2 = 40,35

$h^2 = 29.06/40,35 = 0.72$ ya da

$h^2 = (VA)/(VA + VD + VE)$

$h^2 = (29.06)/(29.06 + 2.42 + 8.87) = 0.72$

Katılım derecelerinde oranların önemi

Kalıtım derecesi, 0.50'nin üstü yüksek; 0.20 ile 0.50 arası orta; 0.20'den az ise düşük kabul edilir.

Katılım derecesinin önemi

1-Kantitatif bir karakterin ıslah yoluyla geliştirip geliştirilemeyeceğini kalıtım derecesi gösterir. Özellikle dar anlamda kalıtım derecesinin yüksek olması kullanılacak ıslah yönteminin başarısını doğrudan etkileyecektir.

2-İslah programında kullanılacak en uygun seleksiyon stratejisini kalıtım derecesi belirler. Fenotipe dayanalı seleksiyonu kullanan ıslah metotları, kalıtım derecesi yüksek olduğunda etkindir.

3-Seleksiyondaki genetik ilerlemeyi kalıtım derecesi belirler. Yüksek kalıtım derecesi seleksiyona tepkinin yüksek olmasına ve populasyonun istenilen yönde ilerlemesine yardımcı olacaktır.

Seleksiyona tepki ve genetik ilerleme

Açılan generasyonlarda selekiyon yapılırken kalıtım derecesi çok önemlidir.

Kalıtım derecesi, açılan generasyonlarda seçilen bitkilerin seçildikleri karakterler yönüyle ne oranda ileri generasyonlara taşınabileceklerini yada genetik ilerleme oranlarını belirleyecektir.

Yüksek kalıtım derecesi seleksiyonda başarı etkileyen en önemli unsurdur.

Seleksiyonda ilerleme nedir?

$$Gs = (i) \times (\sqrt{VP} \times h^2)$$

Gs = Genetik ilerleme

i = seleksiyon yoğunluğu katsayısı

$\sqrt{VP}$ = Fenotipik varyansın standart sapması

h^2 = Dar anlamda kalıtım derecesi

Bitki ıslahı'nda seleksiyon oranı % 5-20 olarak alınır.

Seleksiyon yoğunluğu katsayısı (i) için hesaplanmış değerler kullanılır.

Seleksiyon oranları= % 5 için i, 2.06; % 10 için i, 1.76; % 20 için i, 1.40 olarak alınır.

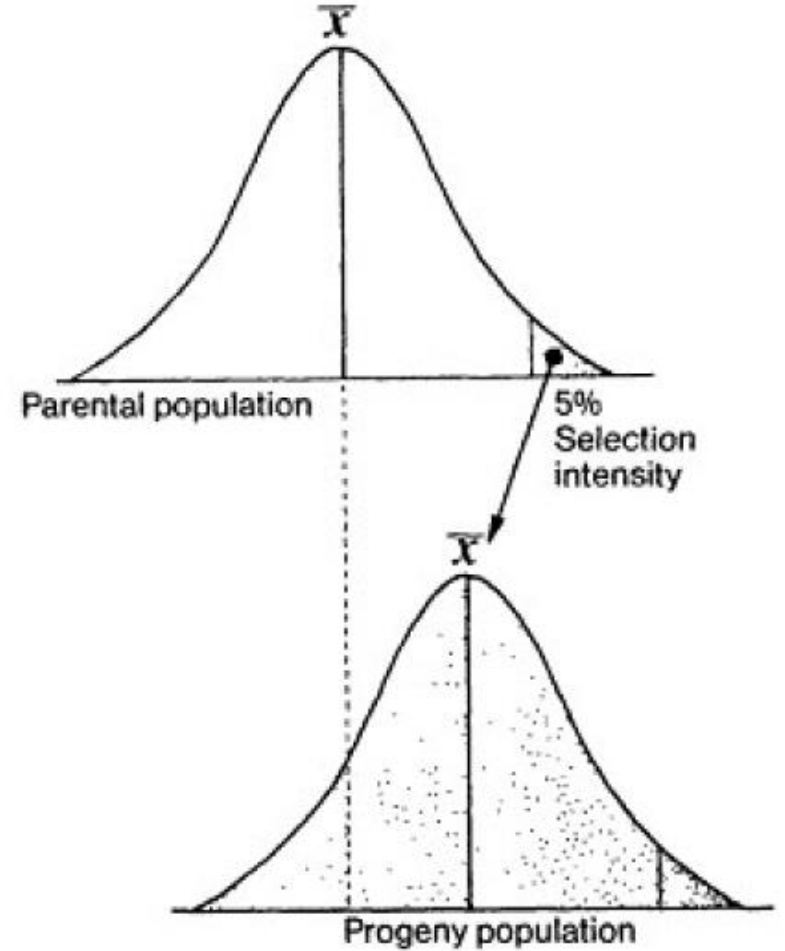
Fenotipik varyans için F2'deki varyans değerleri ile seleksiyona başlanabilir.

Fakat bunun için dar anlamda kalıtım derecesinin yüksek olması gerekir.

Düşük kalıtım derecesi olan karakterlerde (örneğin tane verimi vb.) seleksiyona ileri generasyonlarda başlanması tavsiye edilir. Çünkü düşük kalıtım dereceli karakterlere çevrenin etkisi yüksektir. Aynı zamanda eklemeli olmayan genlerin etkisi de yüksek olabilmektedir.

% 5 seleksiyon yoğunluğu uygulanmış bir Populasyonda, seçilen döllerin bir sonraki generasyonda göstermiş oldukları performans.

Ana populasyondan seçilenlerin ortalaması daha yüksektir. Fakat bazı seçilmişlerin performansı ana populasyonun ortalamasından daha düşük olmuştur.



Heterosis

(Melez azmanlığı veya Melez gücü)

Kendine döllenen bitkilerin açılan generasyonlarında homozigotlaşma süreci

Ebeveyn

A1A1 x A2A2 (Mezlezleme)

F1

A1A2 (Heterozigot % 100, Homozigot % 0)

Kendileme



F2

1/4 A1A1
(% 0+25=25)
Homozigot

2/4 A1A2
(% 100-50=50)
Heterozigot

1/4 A2A2
(% 0+25=25)
Homozigot

Kendileme



F3

3/8 A1A1
(% 0+25+12.5=37.5)
Homozigot

2/8 A1A2
(% 100-50-25=25)
Heterozigot

3/8 A2A2
(% 0+25+12.5=37.5)
Homozigot

Kendileme



F4

7/16 A1A1
(% 0+25+12.5+6.25=43.75)
Homozigot

2/16 A1A2
(% 100-50-25-12.5=12.5)
Heterozigot

7/16 A2A2
(% 0+25+12.5+6.25=43.75)
Homozigot

Kendileme



F5

15/32 A1A1
(% 0+25+12.5+6.25+3.125=46.875)
Homozigot

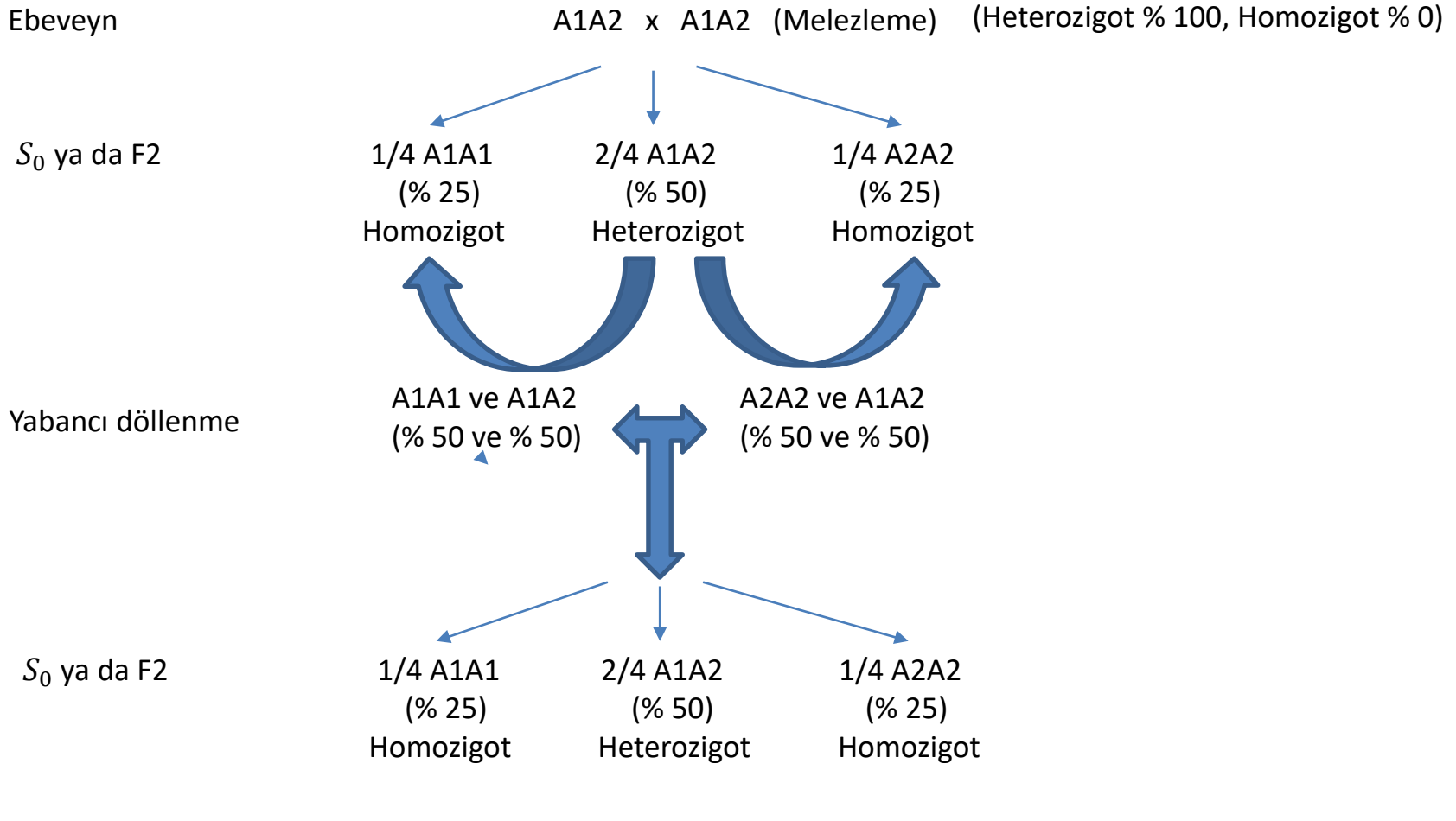
2/32 A1A2
(% 100-50-25-12.5-6.25=6.25)
Heterozigot

15/32 A2A2
(% 0+25+12.5+6.25+3.125=46.875)
Homozigot

Homozigotlaşma artar

F5 generasyonun sonunda homozigotluk % 0'dan % 93.75'e (% 46.875 + % 46.875) çıkarken, heterozigotluk % 100'den % 6.25'e düşmektedir.

Yabancı döllenen bitkilerin açılan generasyonlarında homozigotlaşma süreci



Yabancı döllenen heterozigot A1A2 allellere sahip bir bitki, yine aynı allellere sahip bir bitki (A1A2) ile yabancı döllenmeye bırakılırsa, açılan generasyonlarda genotipik allel oranı sürekli aynı kalır (% 25 A1A1, % 50 A1A2, % 25 A2A2). Homozigot ve heterozigot oranları değişmez

Heterosis (Ht)

Kendilenmiş hatların veya çeşitlerin ebeveyn olarak kullanıldığı melezlemede, ortaya çıkan F1 generasyonunun, ebeveyn ortalamasından daha üstün olmasıdır.

Heterosis yabancı döllen bitkilerde çok önemlidir. Örneğin günümüzde geliştirilen mısır çeşitlerinin tamamı heterosisin genetik ilkeleri kullanılarak geliştirilmektedir.

Heterosisi açıklayan en uygun bitki mısırdır.

Mısır çeşitleri geliştirmeden önce kendileşmiş hatlar (inbred lines) oluşturulur. Kendileşmiş hatlar melezlenerek en yüksek heterosisi gösteren melez kombinasyonları seçilir ve hibrid çeşit olarak pazara sunulur.

A detailed botanical illustration of a corn plant. The plant has a central stalk with several large, green, lanceolate leaves. At the top of the stalk is a tassel. A single ear of corn is shown developing on the stalk, with its husk partially open to reveal the developing kernels. The illustration is in a classic, detailed style with fine lines and shading.

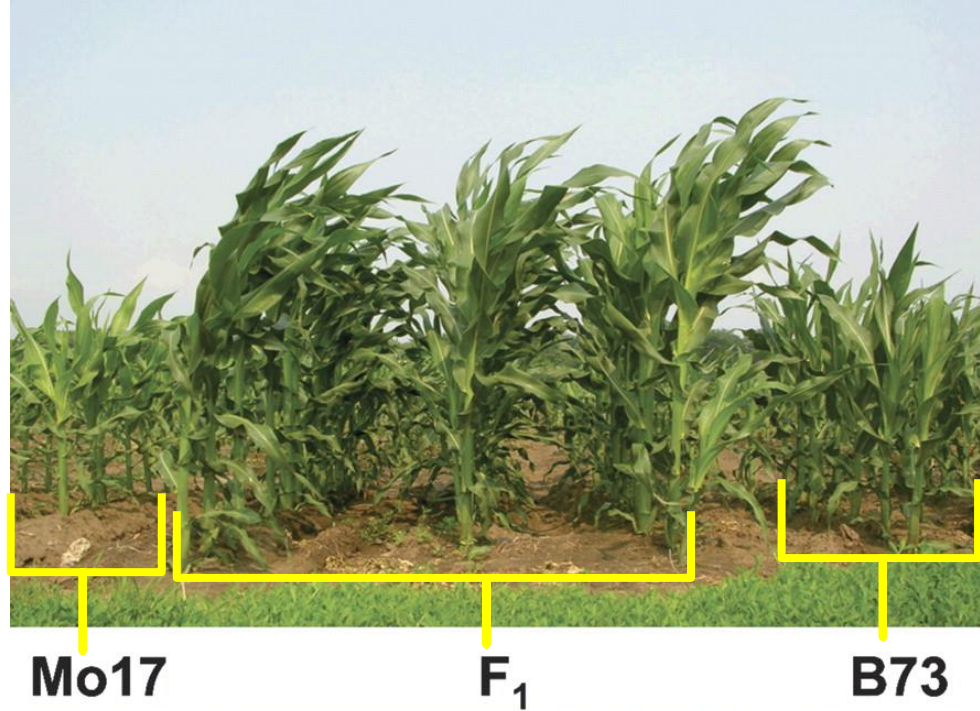


Mısırdaki heterosis

Ebeveynler (P1 ve P2)

P1 = Mo17

P2 = B73



Heterosis (Ht)

Kendilenmiş hatların veya çeşitlerin ebeveyn olarak kullanıldığı melezlemede, ortaya çıkan F1 generasyonunun, ebeveyn ortalamasından daha üstün olmasıdır.

Heterosis 3 şekilde ölçülebilir:

1) F1 generasyonun ebeveyn ortalamasından üstün olması (Ht-ortalama)

$$\text{Ht-ortalama} = [F1 - (P1 + P2)1/2] / (P1 + P2)1/2 \times 100$$

Örnek: İki kendilenmiş mısır hattından ve F1 melezinden aşağıdaki tane verimleri elde edilmiştir. Ebeveyn ortalamasına göre heterosisi hesaplayınız

Ebeveyn P1 = 800 kg/da tane verimi

Ebeveyn P2 = 600 kg/da tane verimi

F1 = 1200 kg/da tane verimi

$$\text{Ht-ortalama} = [1200 - (800 + 600)1/2] / (800 + 600)1/2 \times 100 = \% 71.42$$

Yorumlanması: F1 melezi, ebeveynlerin ortalamasına göre yaklaşık % 71 daha fazla tane verimi vermiştir.

2) F1 generasyonun yüksek ebeveynden daha üstün olması (Ht-yüksek)

Bu tip heterosis, bazı kaynaklarda heterobeltiosis ismi ile de anılmaktadır

$$\text{Ht-yüksek} = [(F1 - \text{Pyüksek}) / \text{Pyüksek}] \times 100$$

Örnek: İki kendilenmiş mısır hattından ve F1 melezinden aşağıdaki tane verimleri elde edilmiştir. Yüksek ebeveyne göre heterosisi hesaplayınız

Ebeveyn P1 = 800 kg/da tane verimi

Pyüksek

Ebeveyn P2 = 600 kg/da tane verimi

F1 = 1200 kg/da tane verimi

$$\text{Ht-yüksek} = [(1200 - 800) / 800] \times 100 = \% 50$$

Yorumlanması: F1 melezi, yüksek ebeveyne (Pyüksek) göre yaklaşık % 50 daha fazla tane verimi vermiştir.

3) F1 generasyonun standart çeşitten daha üstün olması (Ht-standart)

Bu tip heterosis, bazı kaynaklarda ekonomik heterosis ismi ile de anılmaktadır. Standart çeşit, F1'in heterosis değerini kıyaslamada, melezlemede kullanılan ebeveynlerden çok daha önemli olmaktadır. Çünkü geliştirilen F1 hibrid çeşidi, piyasada yaygın olarak tercih edilen standart çeşitlerden üstün olmadığı sürece ticari olarak pazarlanması mümkün değildir. Bundan dolayı F1 hibritte heterosisin oranı standart çeşitlerden yüksek olmalıdır.

$$\text{Ht-standart} = [(F1 - \text{Çstandart}) / \text{Çstandart}] \times 100$$

Örnek: İki kendilenmiş mısır hattından elde edilen F1 melezi ile standart bir çeşidin tane verimleri aşağıda verilmiştir. Standart çeşide göre heterosisi hesaplayınız.

Standart çeşit = 1000 kg/da tane verimi

F1 = 1200 kg/da tane verimi

$$\text{Ht-standart} = [(1200 - 1000) / 1000] \times 100 = \% 20$$

Yorumlanması: F1 melezi, standart çeşide (Çstandart) göre yaklaşık % 20 daha fazla tane verimi vermiştir.

Heterosis nasıl meydana gelir?

Heterosisin nasıl oluştuğunu açıklamak için 3 teori ortaya atılmıştır:

1-Dominanslık

2-Üstün dominanslık

3-Epistasis

KROMOZOM SAYILARINDA VARYASYON

Somatik ve üreme hücrelerinde kromozom sayıları

2n (diploid), somatik hücrelerdeki kromozom sayısını;
n (haploid), üreme hücrelerindeki (polen ve yumurta) kromozom sayılarını gösterir.

Canlılarda var olan tüm genetik materyale GENOM adı verilir. Fakat bazı bitki türleri birden fazla genoma sahiptir (bu konu, ilerleyen slaytlarda açıklanacaktır).

Örneğin ekmeklik buğdayın (*Triticum aestivum* L.) genomunda $2n = 21$ çift ya da 42 tane kromozom vardır.

Ekmeklik buğdayın yaprağındaki kromozom sayısı $2n=42$, anterdeki polende $n=21$ ve pistilindeki yumurtada $n=21$ 'dir

Poliploidlerde kromozom sayıları

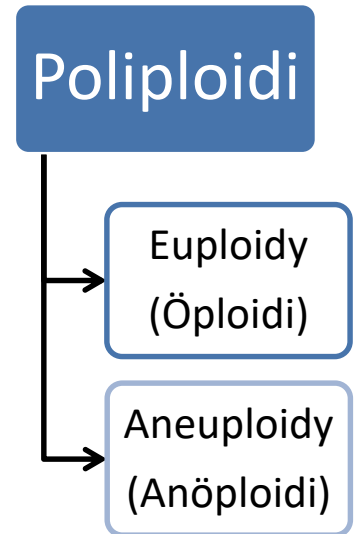
Genom sayısındaki değişimler, bitkilerde yeni türlerin oluşmasını sağlamıştır.

Pek çok bitki türünün genomlarındaki kromozom sayıları/setleri artmıştır.

Kromozom sayısındaki/setindeki değişimler iki şekilde meydana gelmektedir.

- 1-Temel kromozom sayısının/setinin katlanması (euploidy-öploidi)
- 2-Bir veya birden fazla kromozom sayısının değişmesi (artması veya azalması veya ikamesi) (aneuploidy-anöploidi)

Ploidi: Hücrenin çekirdeğinde bulunan genomların sayısını ifade eder



1-Temel kromozom sayısının/setinin katlanması (euploidy-öploidi)

Temel kromozom sayısının/setinin katlanmasına genel bir tanım olarak polyploidy-poliploidi denilmektedir. Poliploidiyi, genomların temel kromozom sayısı ile ilgilidir. Yabani türlerden, yeni kültür türlerinin meydana gelmesi öploidinin en önemli göstergesidir. Öploidi, ya var olan türün genomlarının katlanması (autoploidy) ya da 2 veya 3 primitive (ilkel) türün genomlarının bir araya gelmesi (alloploidy) ile yeni türlerin ortaya çıkmasıdır.

Öploidiyi anlayabilmek için ilk önce temel kromozom sayısını kavramak gerekir. Temel kromozom sayısı, insan ve pek çok hayvan türünde yoktur. Çoğunlukla kültürü yapılan bitkilerde ve bazı yabani formlarında temel kromozom sayısı kavramı vardır.

1-Temel kromozom sayısının/setinin katlanması (euploidy-öplöidi) devamı

Temel kromozom sayısı x , somatik kromozom sayısı $2n$, gametik kromozom sayısı ise n sembolleri ile gösterilmektedir.

Örneğin *Triticum urartu*'da haploid yani gametik kromozom sayısı $n = 7$, temel kromozom sayısı/seti (monoploid) $x = 7$, somatik kromozom sayısı (diploid) $2n = 2x = 14$ 'tür. *Triticum urartu*'da 2 set temel kromozom vardır. Bu setler AA ile gösterilir ve aynı zamanda genomu sembolize eder.

Fakat ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) örneğinde durum farklıdır . Haploid yani gametik kromozom sayısı $n = 21$, temel kromozom sayısı/seti $x = 7$, somatik kromozom sayısı $2n = 6x = 42$ 'dir. Ekmeklik buğdayda 6 set temel kromozom vardır ve AABBDD harfleri ile sembolize edilir. AABBDD kromozom setleri 3 tane alt genomu temsil eder ve ekmeklik buğday 3 buğday türünün birleşmesiyle meydana gelen yeni bir türdür. AA alt genomu *Triticum urartu*'dan, BB alt genomu *Aegilops speltoides*'ten ve *Aegilops tauschii*'den gelmektedir.

Temel kromozom sayısının katlanması (euploidy-öploidi) (devamı)

Bitkilerde öploidi ifade edilirken temel kromozom katlarının latincesi kullanılır. Şöyle ki;

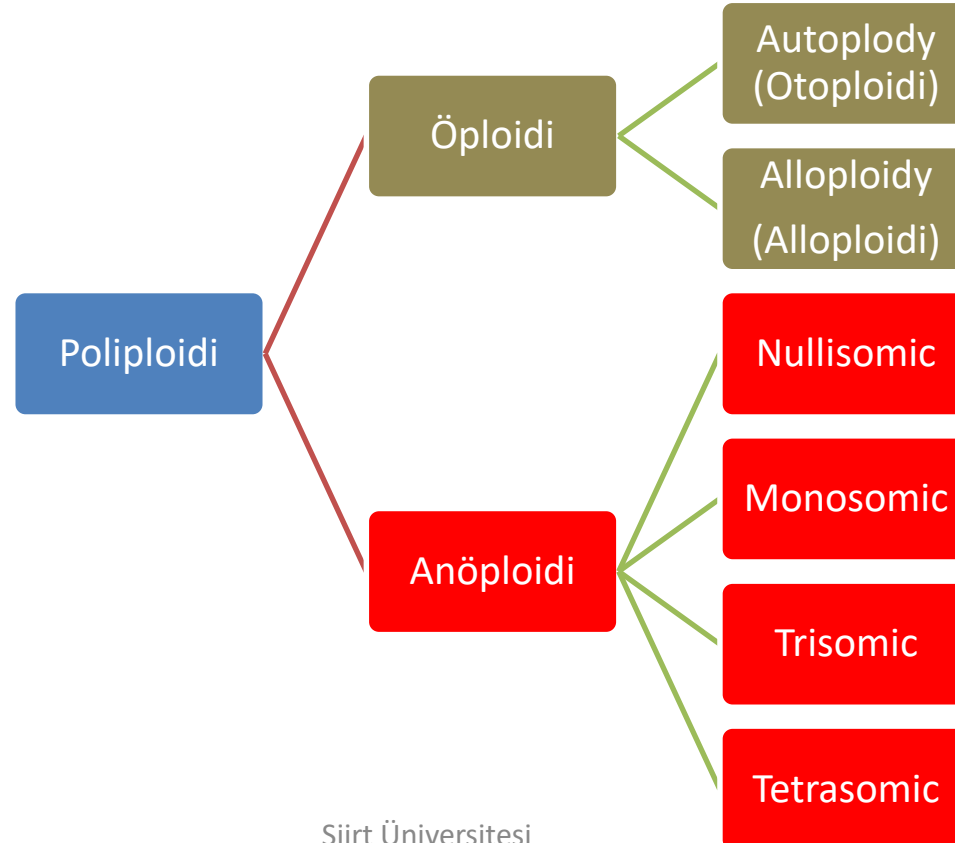
Örnek: $2n=14$ kromozomlu ve AA genomlu bir bitkinin ploidi seviyeleri

Ploidi Seviyesi	Somatik hücrede ($2n$) temel kromozom sayısı (x)	Genom sayısı (Genom kopyaları)	Gamette (n) Kromozom sayısı
Monoploid	$2n=x=7$	A=1	?
Diploid	$2n=2x=14$	AA=2	$n=x=7$
Triploid	$2n=3x=21$	AAA=3	?
Tetraploid	$2n=4x=28$	AAAA=4	$n=2x=14$
Pentaploid	$2n=5x=35$	AAAAA=5	?
Hexaploid	$2n=6x=42$	AAAAAA=6	$n=3x=21$
Septaploid	$2n=7x=49$	AAAAAAA=7	?
Octaploid	$2n=8x=56$	AAAAAAAA=8	$n=4x=28$
Nonaploid	$2n=9x=63$	AAAAAAAAA=9	?
Decaploid	$2n=10x=70$	AAAAAAAAAA=10	$n=5x=35$
Undecaploid	$2n=11x=77$	AAAAAAAAAAA=11	?
Dodecaploid	$2n=12x=84$	AAAAAAAAAAAA=12	$n=6x=42$

Temel kromozom sayısının katlanması (euploidy-öploidi) (devamı)

Poliploid veya öploid bitki türleri iki gruba ayrılırlar:

- a) Autoploid (otoploid) veya autopoliploid (otopoliploid) türler
- b) Alloplodid veya allopoliploid türler



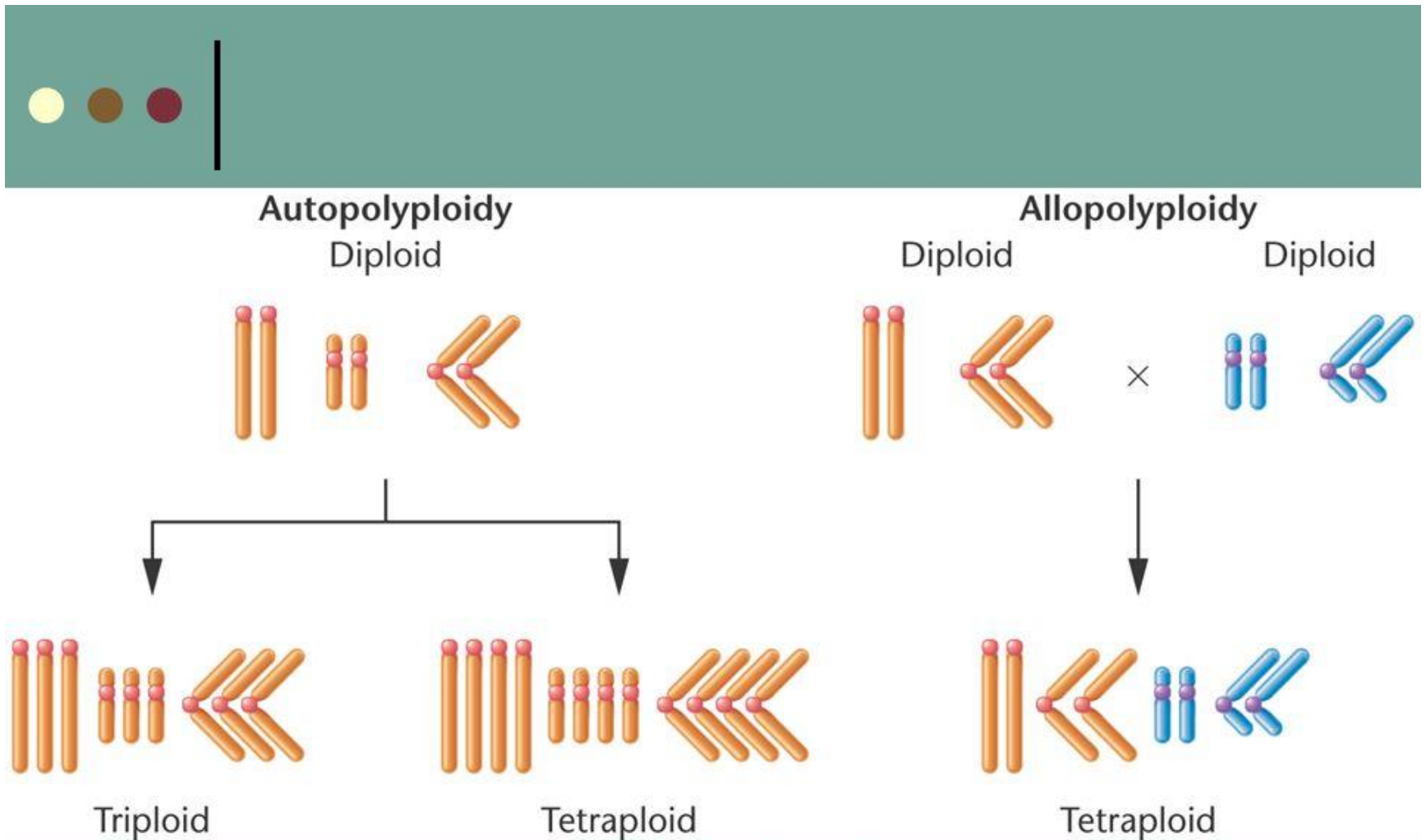


Figure 8-9 Copyright © 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

Autopolyloidy
Autoploidy

Otopoliploidi
Otoploidi

Otopoliploidi (Autopolyploidy) veya Otoploidi (Autoploidy) Modeli

$$2n = 2x = 4$$

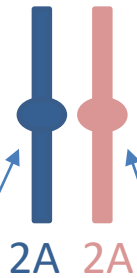
Diploid

Genom AA

Kromozom seti $x = A = 2$

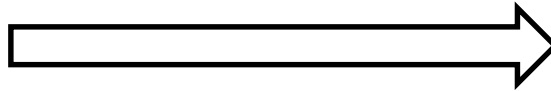


Gamet $n = 2$



2A 2A

Genomun (AA) katlanması

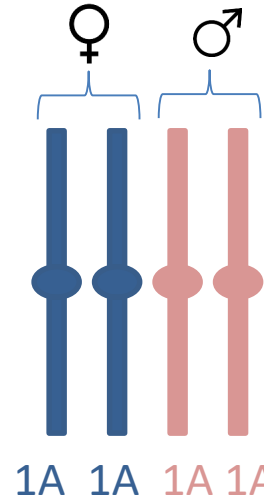


$$2n = 4x = 8$$

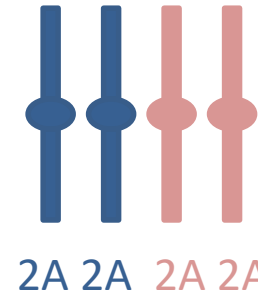
Ototetraploid

Genom AAAA

Kromozom seti $x = A = 2$



Gamet $n = 4$



2A 2A 2A 2A

Bir genomun (AA)
tüm kromozomları
ikiye katlanmıştır (AAAA)

Anadan gelen
homolog kromozom

Babadan gelen
homolog kromozom

Autoploid-otoploid bitki türü, o türde var olan temel kromozom sayısının (monoploid) katlanmasıyla meydana gelir. Başka bir türden kromozom aktarılması gerçekleşmez. Sadece türde var olan monoploid kromozom sayısının (x) artmasıdır.

Otoploid türler:

Patates (*Solanum tuberosum*), $2n=4x=48$,
autotetraploid

Yonca (*Medicago sativa*), $2n=4x=32$, autotetraploid

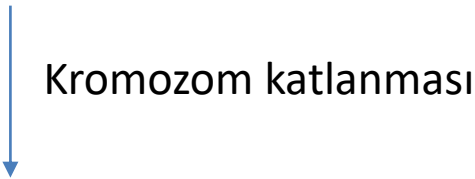
Çekirdeksiz karpuz (*Citrullus lanatus*), $2n=3x=33$,
autotriploid

PATATES (*Solanum tuberosum*)

Autotetraploid olup
 $2n = 4x = 48$ 'dir.
Temel kromozom
sayısı $x = 12$ 'den 4 set bulunur.
Patates tetrazomiktir.

Patatesin genom oluşumu

Diploid patates
 $2n=2x=24$
Genom AA

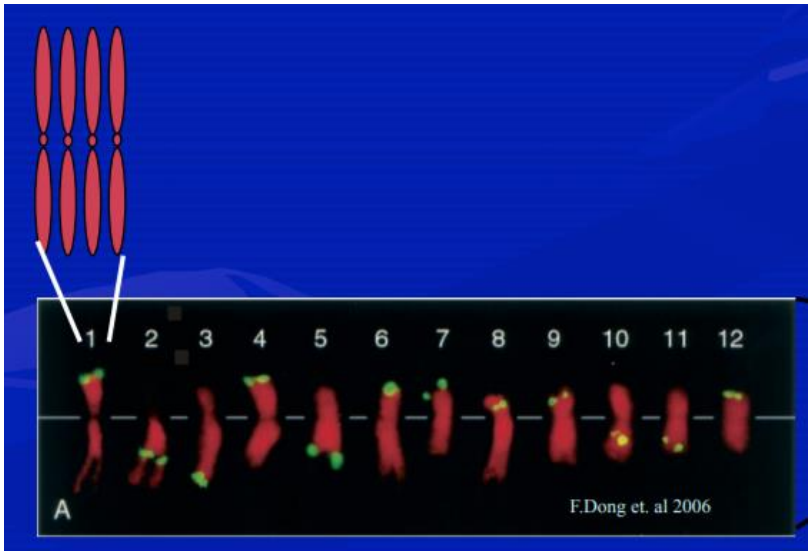


Autotetraploid patates
 $2n=4x=48$
Genom AAAA

(Kültürü yapılan patates)



Patateste temel kromozom sayısı $x=12$



Çekirdeksiz Karpuz (Triploid) Geliştirme

Diploid Karpuz
 $2n=2x=22$
Genom AA

Kromozom
katlaması

Autotetraploid Karpuz
 $2n=4x=44$
Genom AAAA



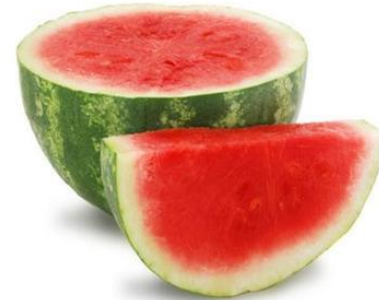
Autotetraploid Karpuz
 $2n=4x=44$
Genom AAAA



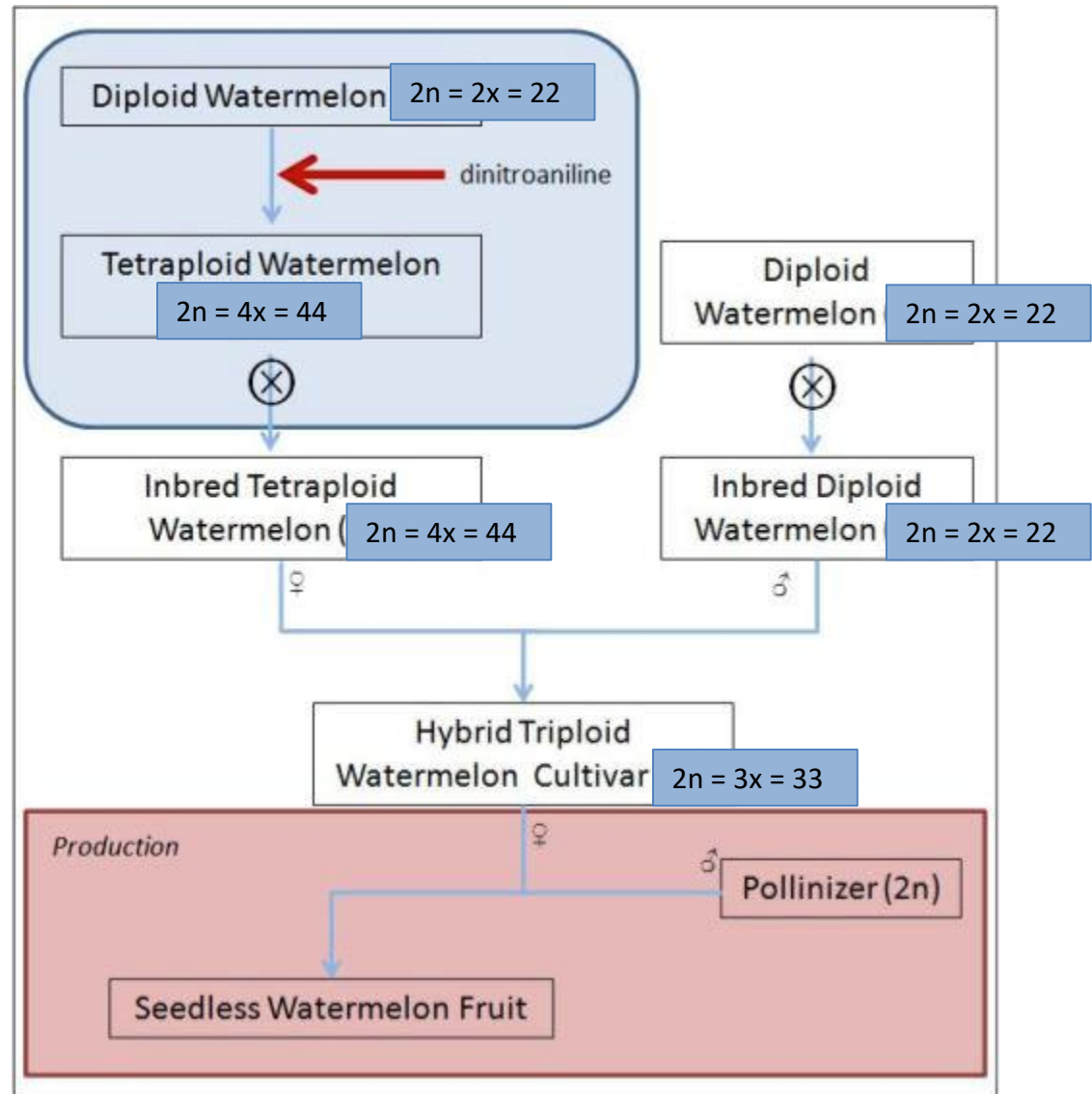
Diploid Karpuz
 $2n=2x=22$
Genom AA

x

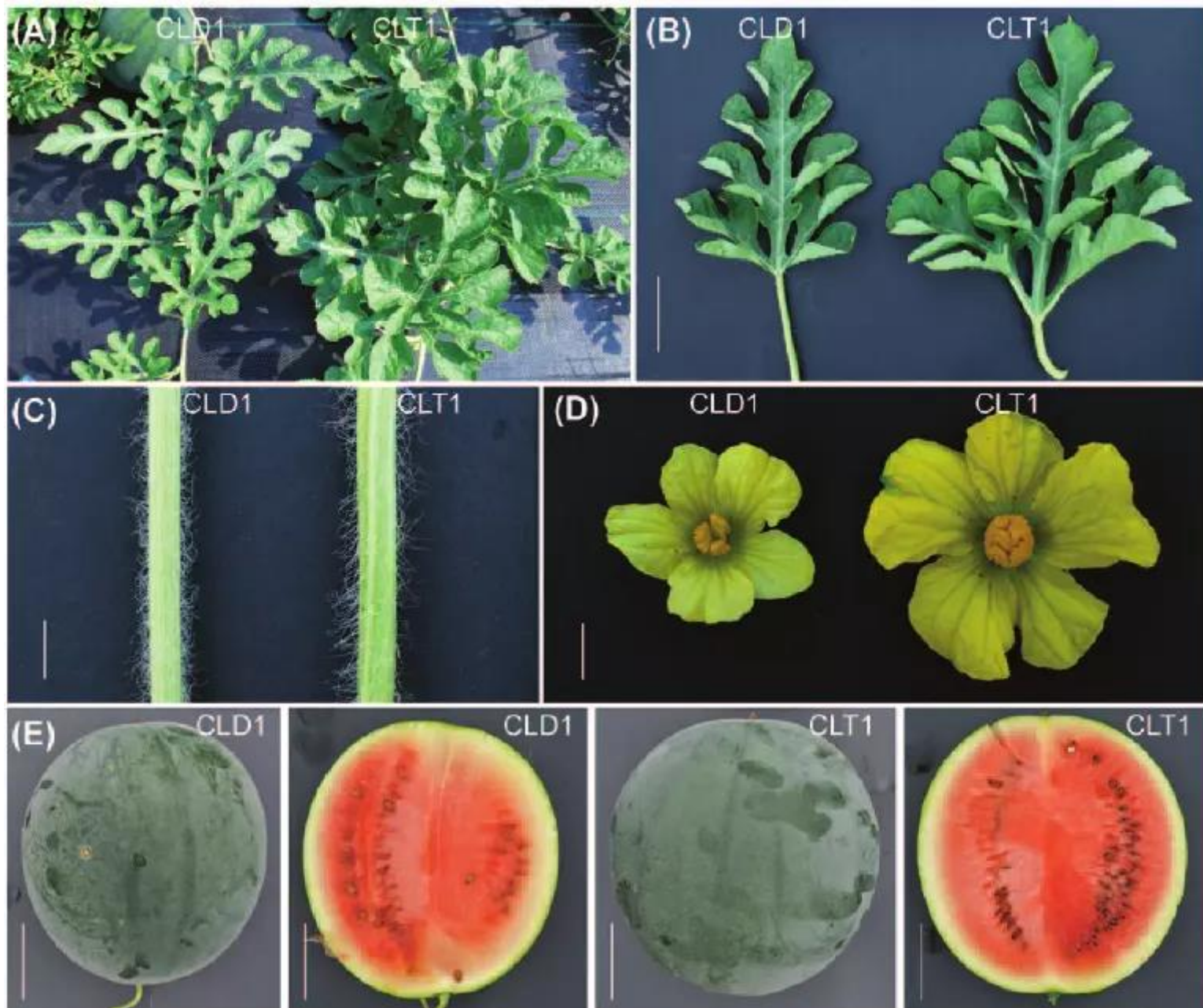
Autotriploid Karpuz
 $2n=3x=33$
Genom AAA
Çekirdeksiz Karpuz
(Erkek ve dişi çiçekler kısır)



Çekirdeksiz kapuz geliştirme



http://plantbreeding.coe.uga.edu/index.php?title=20.6_Watermelon



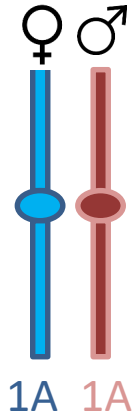
Allopolyploidy
Allopolyploidy

Allopolyploidy
Allopolyploidy

Allopoliploidi (Allopolyploidy) veya Allopoloidi (Allopoloidy) Modeli

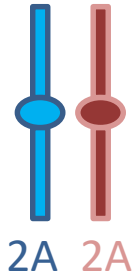
İki farklı bitki türünün melezlenmesi

$2n = 2x = 4$
Diploid
Genom AA
Kromozom seti $x = A = 2$

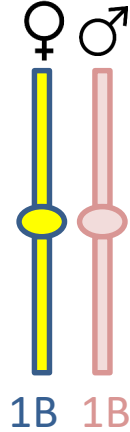


Gamet $n = 2$

Mezleşme

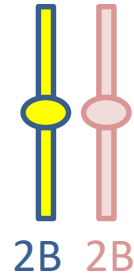


$2n = 2x = 4$
Diploid
Genom BB
Kromozom seti $x = B = 2$



Gamet $n = 2$

İki genomlu
(AABB) tür
oluşması

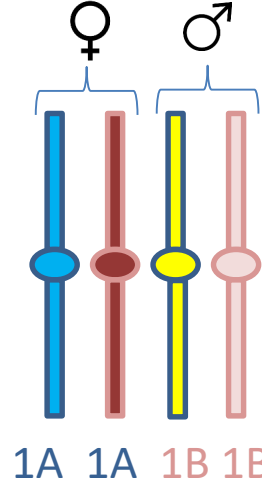


$2n = 4x = 8$

Allotetraploid

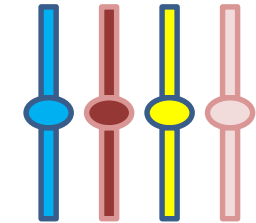
Genomlar AABB

Kromozom seti $x = A$ veya $B = 2$



Gamet $n = 4$

1A 1A 1B 1B



2A 2A 2B 2B

İki genom (AA ve BB)
birlikte yeni bir tür
oluşturur (AABB)

Poliploid bitki türlerinden allopoloid olanlarda vardır.

Allopoloid bitki türleri daha yaygındır.

Allopoloid bitki türü:

Bir türe başka bir türden veya türlerden tüm kromozom setinin veya setlerinin aktarılması ile gerçekleşir. Başka tür veya türlerden monoploid kromozom sayısının (x) aktarılmasıdır.

Örneğin ekmeklik ve makarnalık buğday türleri, pamuk

Buğdayda temel kromozom sayısı (monoploid) $x=7$ 'dir

Ekmeklik buğdayın (*Triticum aestivum*) genomu AABBDD şeklinde 3 genomdan oluşur.

A genomu *Triticum urartu*, B genomu *Aegilops speltoids* ve D genomu *Aegilops tauschii*'den gelir.

Triticum urartu, $2n=2x=14$ genom AA

Aegilops speltoids, $2n=2x=14$ genom BB

Aegilops tauschii, $2n=2x=14$ genom DD

Ekmeklik buğday $2n=6x=42$ kromozom sayısı ve AABBDD genomlarına sahiptir. Bundan dolayı ekmeklik buğday allohexaploid olarak ifade edilir.

Buğdayın ataları

(a)



T. urartu

Ae. speltooides

Ae. tauschii

T. monococcum

T. turgidum ssp.
dicoccoides
(AABB)

T. turgidum ssp.
durum
(AABB)

T. aestivum
(AABBDD)

(A^uA^u)

(SS)

(DD)

(AmAm)

(b)



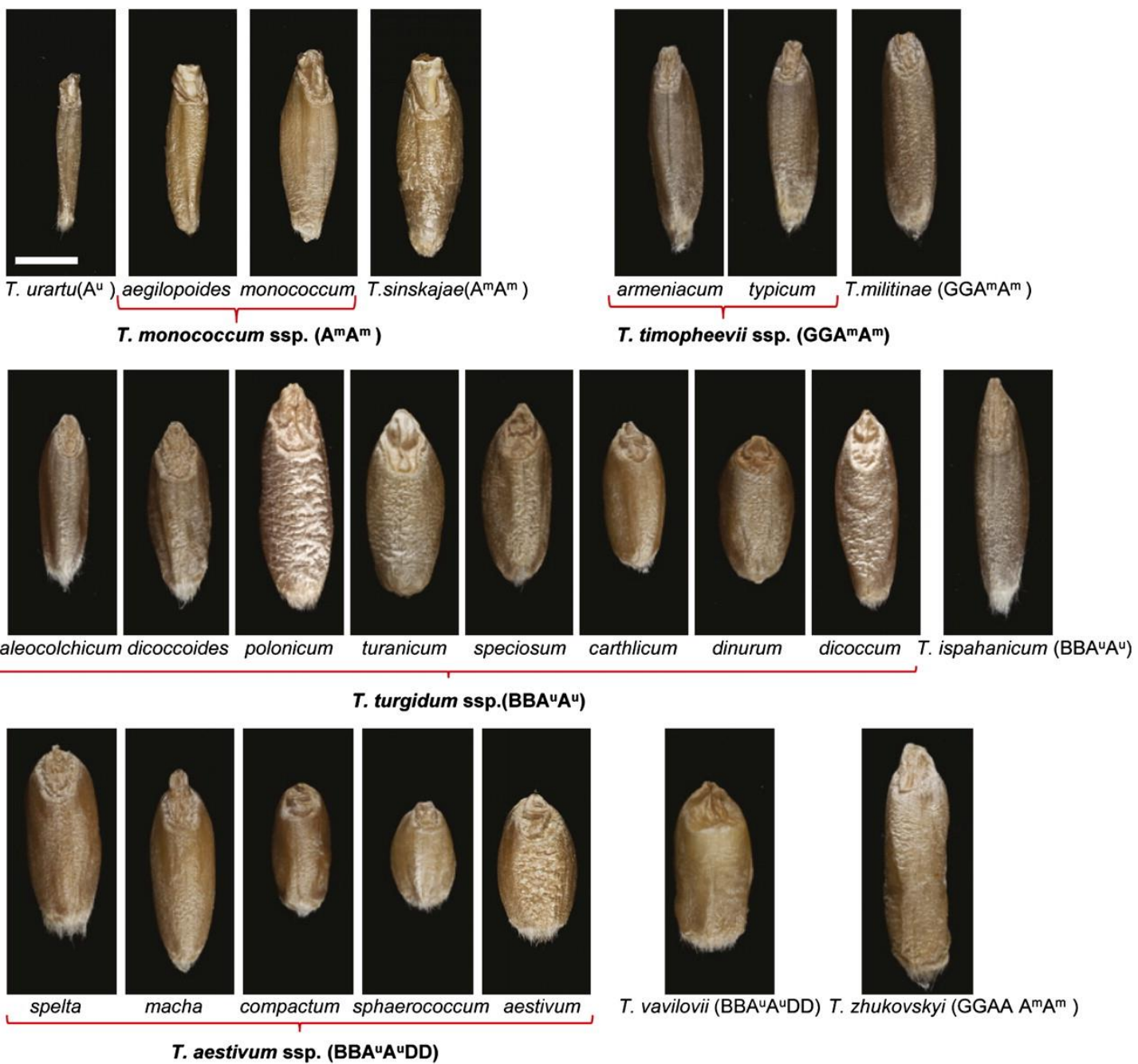
H. spontaneum
(HH)



H. vulgare
(HH)

TRENDS in Genetics

Buğdayın Ataları



Triticum urartu

Aegilops speltioides *Triticum tauschii*

Makarnalık ve
ekmeklik buğdayın
ataları



Triticum durum

Triticum aestivum

Ekmeklik ve Makarnalık Buğday Türlerinin Oluşumu (Allopoloidi)

Türlerarası Melezleme

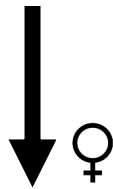


Aegilops speltoides
 $2n=2x=14$
Genom BB
Diploid



Triticum urartu
 $2n=2x=14$
Genom AA
Diploid

X



Makarnalık Buğday
Triticum durum
 $2n=4x=28$
Genom BBAA
Allotetraploid

X

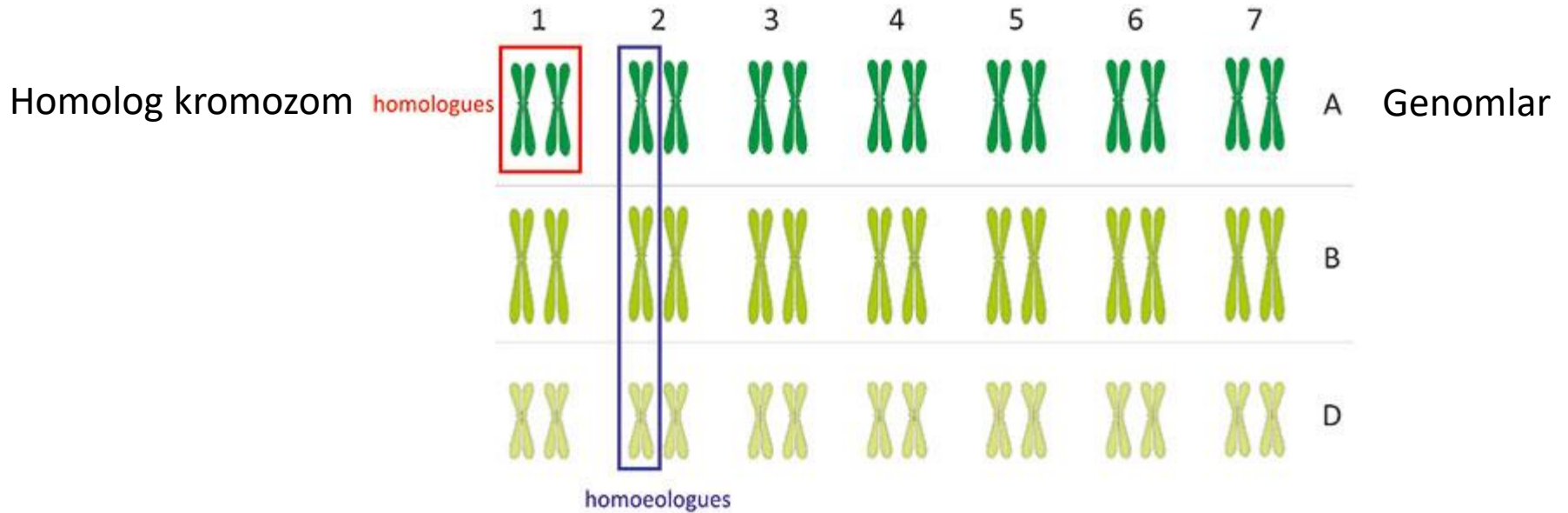


Aegilops tauschii
 $2n=2x=14$
Genom DD
Diploid

Ekmeklik Buğday
Triticum aestivum
 $2n=6x=42$
Genom BBAADD
Allohexaploid

Ekmeklik buğdayda genomlar ve kromozomlar

Temel Kromozom Sayısı $x=7$



Homoelog kromozom

Yeni bitki türleri: Allopoloid türler

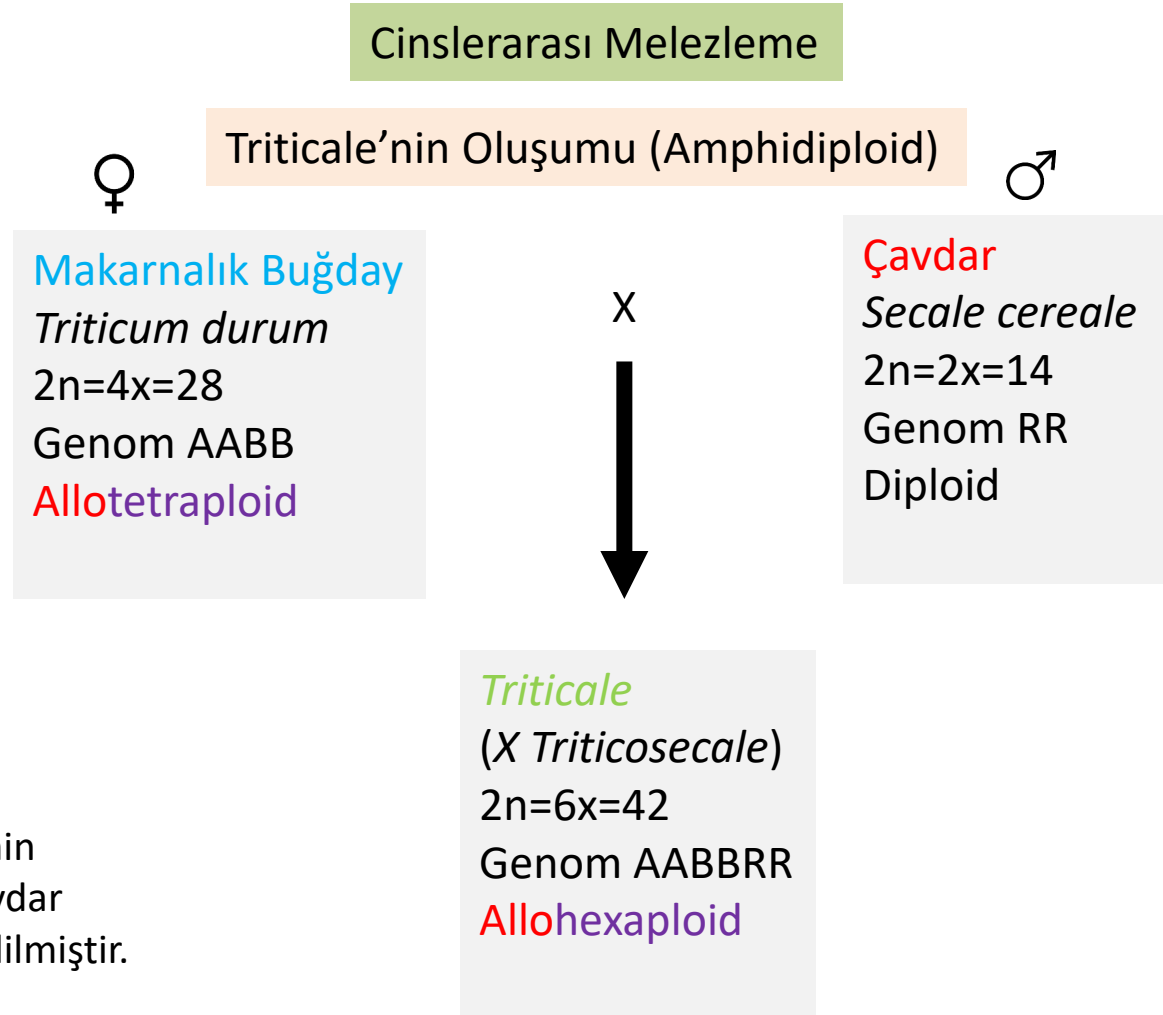
Amfidiploid: İki farklı türün veya cinsin melezlenmesiyle elde edilen yeni tür

Triticale'nin
Türkçesi Triticale

Triticale sözcüğü = Triticum + Secale
Triticale'nin Latincesi (*X Triticosecale*)

Triticale, insan tarafından geliştirilmiştir.
Günümüzde yetiştirilen triticale çeşitlerinin tamamına yakını makarnalık buğday x çavdar melezlerinden (allohexaploid tür) elde edilmiştir.

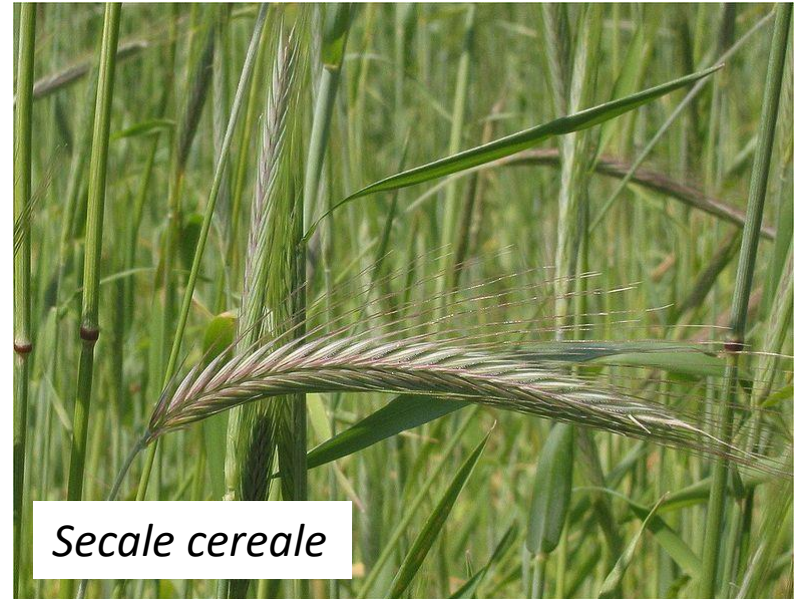
Ekmeklik buğday x çavdar melezlerinden elde edilen triticale (allooctoploid tür) çeşitleri yüksek oranda kısır başak ve cılız tane oluşturdıkları için ticari olarak üretilmemektedir.



Hexaploid tritcaleenin oluşumu



X



Yeni bitki türleri: Allopoloid türler

Amfidiploid: İki farklı türün
melezlenmesiyle
elde edilen yeni tür

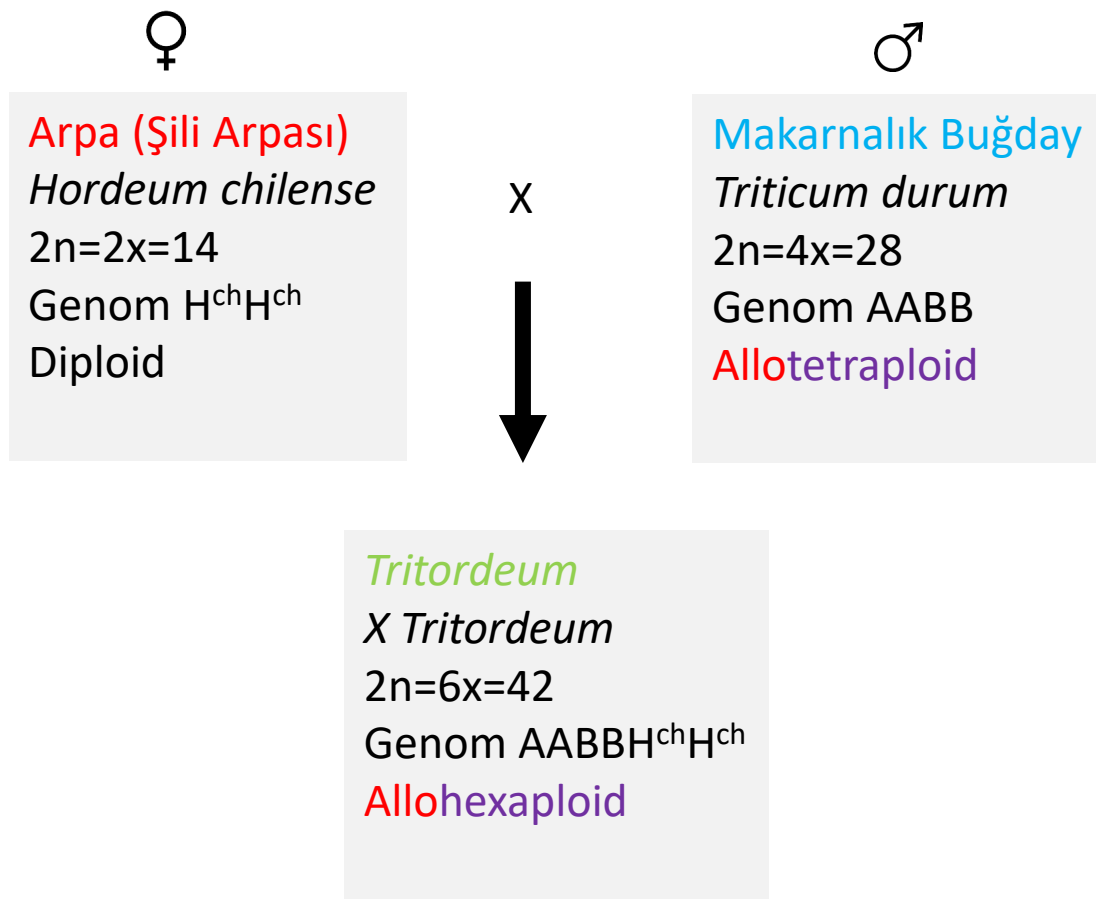
Arpa x makarnalık buğday melezi
Tritordeum
Türkçesi Barpa

Tritordeum'un tohumu



Tritordeum sözcüğü = Triticum + Hordeum
Tritordeum'un Latincesi (X Tritordeum)

Tritordeum'un Oluşumu (Amphidiploid)



SORU:

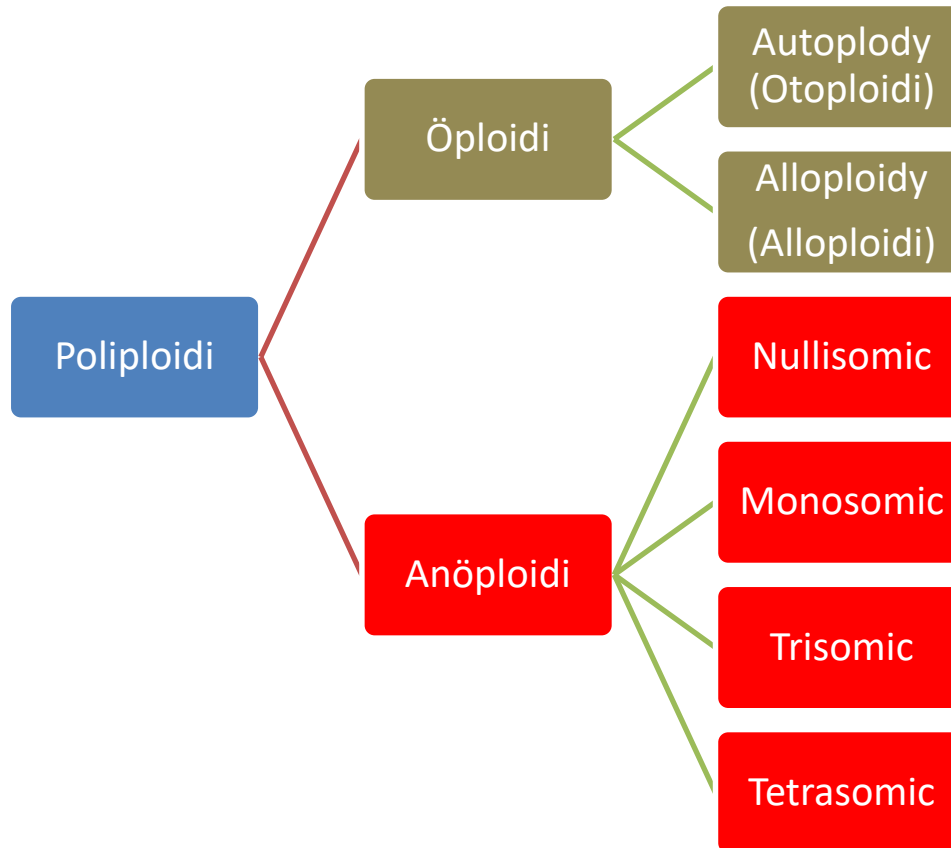
Buğdayın atalarını biliyoruz. Öyle ise;

Melezleme ile kendimiz ekmeklik ve makarnalık buğday türlerini tekrar elde edebilir miyiz?

Aneuploidy

(Anöploidi)

Poliploidi tipleri



2-Bir veya birden fazla kromozom sayısının değişmesi (artması veya azalması veya ikamesi) (aneuploidy-anöploidi)

Anöploid hatlar, her bir kromozom üzerinde var olan gen lokuslarının (yerlerinin) ve karakterler üzerine etkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

İlk anöploid hatlar, ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum* L.) geliştirilmiştir.

Anöploid hatlar:

- a) Monosomik ($2n-1$): Kromozomlardan birisinin eksik olması
- b) Trisomik ($2n+1$): Bir kromozomdan üç tane olması
- c) Tetrasomik ($2n+2$): Bir kromozomdan 4 tane olması
- d) Nullisomik ($2n-2$): Bir kromozom çiftinin eksik olması

Ekmeklik buğdayda
anöpoloid hatların
elde edilmesi

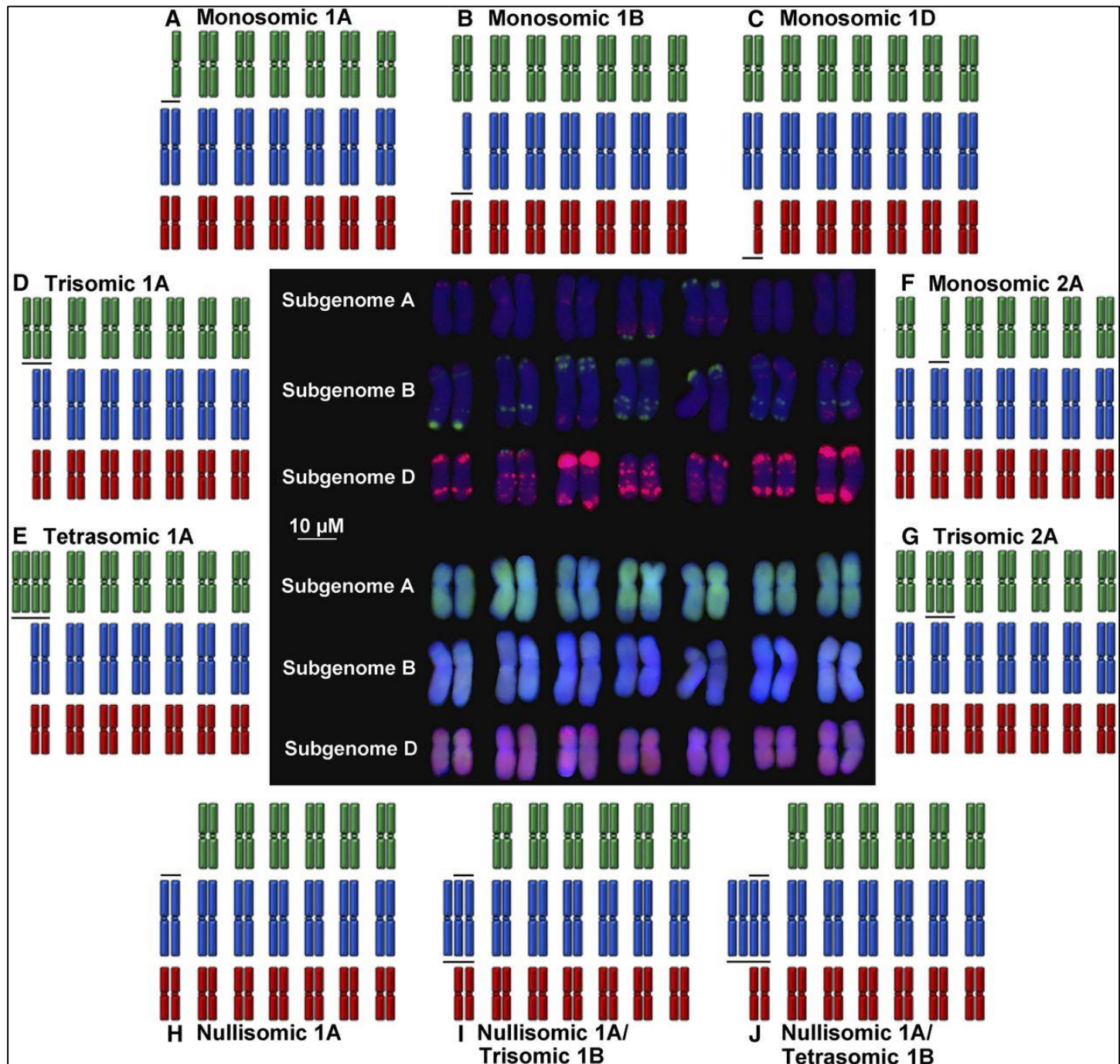
Anöpoloid hatlar:

a) Monosomik
 $2n-1$

b) Trisomik
 $2n+1$

c) Tetrasomik
 $2n+2$

d) Nullisomik
 $2n-2$



Anöplidlerde kromozom translokasyonu

Başka türden kromozom aktarılması (translokasyon)

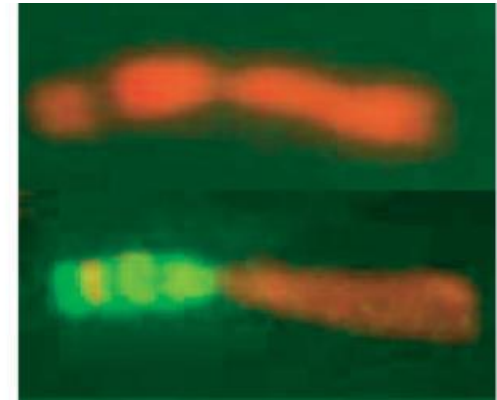
Çavdar'dan (*Secale cereale*, $2n = 2x = 14$, genom RR), ekmeklik buğdayda kromozom aktarılmıştır.

En yaygın olanları ekmeklik buğdayın 1B veya 1A kromozomunun yerine çavdarın 1R kromozomu aktarılmıştır.

Tüm çavdar kromozomu 1R, ilk başta ekmeklik buğdayın verimini ve hastalıklara dayanıklılığını artırken, buğdayın ekmeklik kalitesini düşürmüştür. Daha sonraları Özellikle ekmeklik buğdayın 1B kromozomunun kısa kolu ile çavdarın 1R kromozomunun kısa kolunun yeri değiştirilmiştir. Bu durum kalite üzerine olumsuz etkileri azaltmıştır.

Ekmeklik Buğday

Translokasyon



Haploidy

(Haploidi)

Haploid (n kromozom sayısı)

Gametik kromozom sayısıdır. Polen ve yumurta haploid (n) kromozomludur. Yani polen ve yumurta haploiddir.

Örneğin $2n=2x=14$ kromozoma sahip arpa (*Hordeum vulgare*) HH genomuna sahiptir. Arpada polen ve yumurta; haploid yani $n=x=7$ kromozoma ve sadece bir genoma (H) sahiptir. Tek genomlu haploid bir polen veya yumurta aynı zamanda monoploid adı ile de anılır.

Oysa ekmeklik buğdayda (*Triticum aestivum*) polen ve yumurtadaki kromozom sayısı $n=3x=21$ (triploid) ve genom sayısı ABD olmak üzere üç tanedir. Bundan dolayı ekmeklik buğdayın polen ve yumurtaları polihaploid olarak isimlendirilir.

SORU: Polen veya yumurtadan bitki elde edilebilir mi?

Buğdayda çeşit geliştirme yöntemleri

Generasyonlar	Klasik Yöntem	Doubled Haploid Yöntemi	Yıllar
Melezleme	A x B	A x B	1
F1	F1'lerin yetiştirilmesi	F1'lerin yetiştirilmesi ve doubled haploid Hatların Elde Edilmesi	2
F2	Genetik açılımın gözlenmesi	Doubled haploid hatların yetiştirilmesi ve tohum üretimi	3
F3	Genetik açılım, seleksiyon, homozigotlaştırma		4
F4	Genetik açılım, seleksiyon, homozigotlaştırma		5
F5	Başak sıraları, farklılık, durulmuşluk, yeknesaklık (FYD veya DUS)		6
F6	Gözlem bahçesi, seleksiyon	Gözlem bahçesi, seleksiyon	7
F7	Ön verim denemesi, seleksiyon (en az 2 farklı yerde en az 2 tekerrürlü)	Ön verim denemesi, seleksiyon (en az 2 farklı yerde en az 2 tekerrürlü denemeler)	8
F8	Verim denemesi, seleksiyon (en az 3 farklı yerde en az 3 tekerrürlü)	Verim denemesi, seleksiyon (en az 3 farklı yerde en az 3 tekerrürlü denemeler)	9
F9	Bölge verim denemesi, seleksiyon (en az 4 farklı yerde en az 3)	Bölge verim denemesi, seleksiyon (en az 4 farklı yerde en az 3 tekerrürlü denemeler)	10
F10	Bölge verim denemesi, seleksiyon (en az 4 farklı yerde en az 3)	Bölge verim denemesi, seleksiyon (en az 4 farklı yerde en az 3 tekerrürlü denemeler)	11
F11	Çeşit tescil denemeleri (en az 4 yerde 4 tekerrürlü denemeler)	Çeşit tescil denemeleri (en az 4 yerde 4 tekerrürlü denemeler)	12
F12	Çeşit tescil denemeleri (en az 4 yerde 4 tekerrürlü denemeler)	Çeşit tescil denemeleri (en az 4 yerde 4 tekerrürlü denemeler)	13
F13	Tohumluk üretimi (Sınıf: Elit, Kademe:1)	Tohumluk üretimi (Sınıf: Elit, Kademe:1)	14
F14	Tohumluk üretimi (Sınıf: Orijinal, Kademe:1) (Sözleşmeli tohumluk)	Tohumluk üretimi (Sınıf: Orijinal, Kademe:1) (Sözleşmeli tohumluk üretimi)	15
F15	Tohumluk üretimi (Sınıf: Orijinal, Kademe:2) (Sözleşmeli tohumluk)	Tohumluk üretimi (Sınıf: Orijinal, Kademe:2) (Sözleşmeli tohumluk üretimi)	16

Kendine döllen bitkilerin açılan generasyonlarında homozigotlaşma süreci

Ebeveyn

A1A1 x A2A2 (Mezlezleme)

F1

A1A2 (Heterozigot % 100, Homozigot % 0)

Kendileme



F2

1/4 A1A1
(% 0+25=25)
Homozigot

2/4 A1A2
(% 100-50=50)
Heterozigot

1/4 A2A2
(% 0+25=25)
Homozigot

Kendileme



F3

3/8 A1A1
(% 0+25+12.5=37.5)
Homozigot

2/8 A1A2
(% 100-50-25=25)
Heterozigot

3/8 A2A2
(% 0+25+12.5=37.5)
Homozigot

Kendileme



F4

7/16 A1A1
(% 0+25+12.5+6.25=43.75)
Homozigot

2/16 A1A2
(% 100-50-25-12.5=12.5)
Heterozigot

7/16 A2A2
(% 0+25+12.5+6.25=43.75)
Homozigot

Kendileme



F5

15/32 A1A1
(% 0+25+12.5+6.25+3.125=46.875)
Homozigot

2/32 A1A2
(% 100-50-25-12.5-6.25=6.25)
Heterozigot

15/32 A2A2
(% 0+25+12.5+6.25+3.125=46.875)
Homozigot

Homozigotlaşma artar

F5 generasyonun sonunda homozigotluk % 0'dan % 93.75'e (% 46.875 + % 46.875) çıkarken, heterozigotluk % 100'den % 6.25'e düşmektedir.

Çeşit geliştirme süresini kısaltmak mümkün müdür?

Örneğin buğdayda iki çeşidin (A ve B) melezlendiğini kabul edelim.

Birinci yıl: Melezleme A x B

İkinci yıl: F1'lerin yetiştirilmesi

F1'ler genetik olarak % 100 heterozigottur. F1'lerin kendilenmesi sonucu

F2 generasyonu elde edilir. F2'de genetik açılım meydana gelir (Klasik ıslah süreci başlar)

Fakat F1'lerin kendisini tozlanmasına ve döllemesine izin vermeden

örneğin mısır (*Zea mays*) tozları (baba olarak) ile F1'leri tozlar ve döllemesine izin verirsek haploid ($n=21$) kromozomlu yeni F1'ler elde ederiz. Mısırın kromozomları, buğdayın kromozomları ile birleşerek fertil bir embryo oluşturamazlar (kısır).

Bu durumda yeni F1'lerin haploid embryoları gelişmekte olan taneden alınır ve yapay besin ortamında aktarılarak yetiştirilir. Büyüyen haploid bitkiciklere, kolçisin maddesi uygulanarak kromozom sayısı katlanır ve

Doubled haploid (kromozomu ikiye katlanmış) bitkilerin kromozom sayıları normal buğdayın kromozom sayısı ile eşitlenir. Doubled haploid bitkilerin genetik yapıları tamamen homozigottur. Doubled haploid bitkiler artık doğrudan çeşit geliştirmekte kullanılabilir.

Buğday F1'lerinin mısır (*Zea mays*) ile melezlenmesi

Mısır baba, buğday F1'leri ana olarak kullanılır.



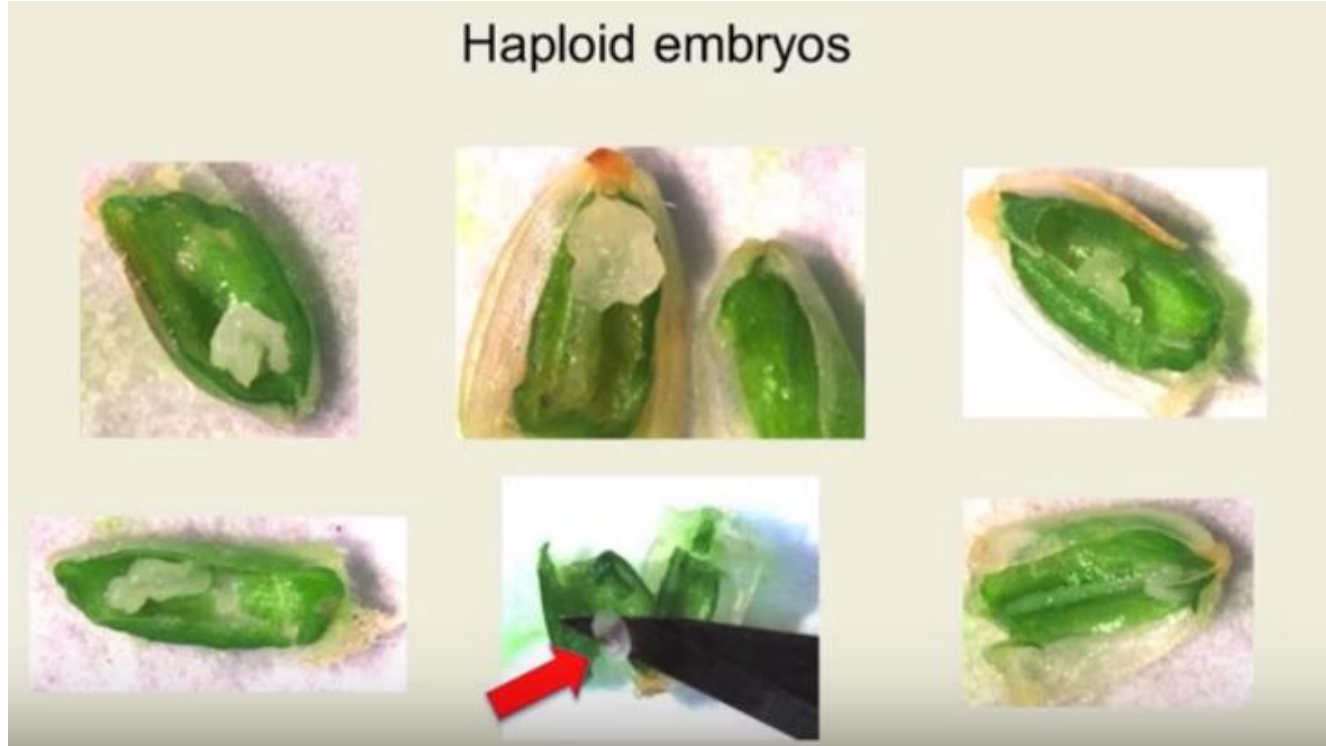
Buğdayda kısırlaştırma (emasculatıon) ve mısırla tozlaştırma



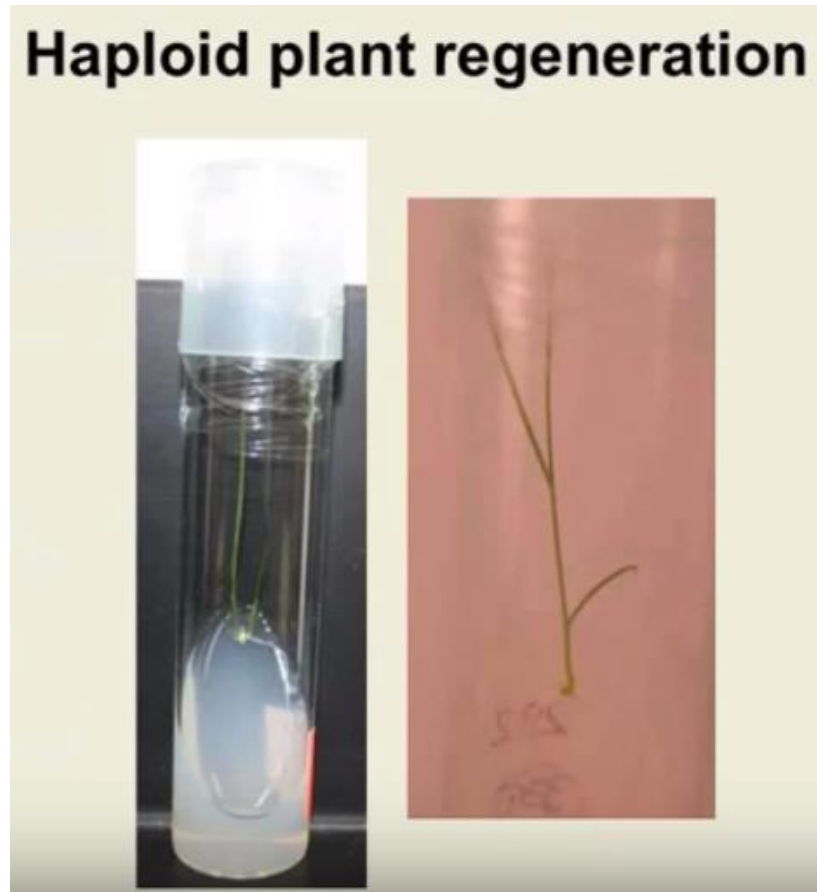
Mısır poleni ile tozlaştırılan buğday F1'lerindeki yumurtada, zigot oluşumu uyarılır. Fakat mısırın kromozomları, buğdayın kromozomları ile eşleşemez ve embryoda etkisiz hale gelir. Gelişmekte olan buğday embryosu, sadece $n=3x=21$ kromozom sayısına yani haploid yapıya sahiptir.



Haploid embrioların gelişerek fertil bitkiler oluşturması mümkün değildir.



Haploid embryolar yapay besin ortamında yetiştirilir.



Vernalizasyon

4°C'de 4-6 hafta buzdolabında bekletilir.

Kromozom katlaması için kolçisin uygulaması 3 kardeşli dönemde uygulanır.

İdeal yetiştirme şartları

Sıcaklık: 22/17 °C (gündüz/gece)

Işık yoğunluğu: 1000 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^1$

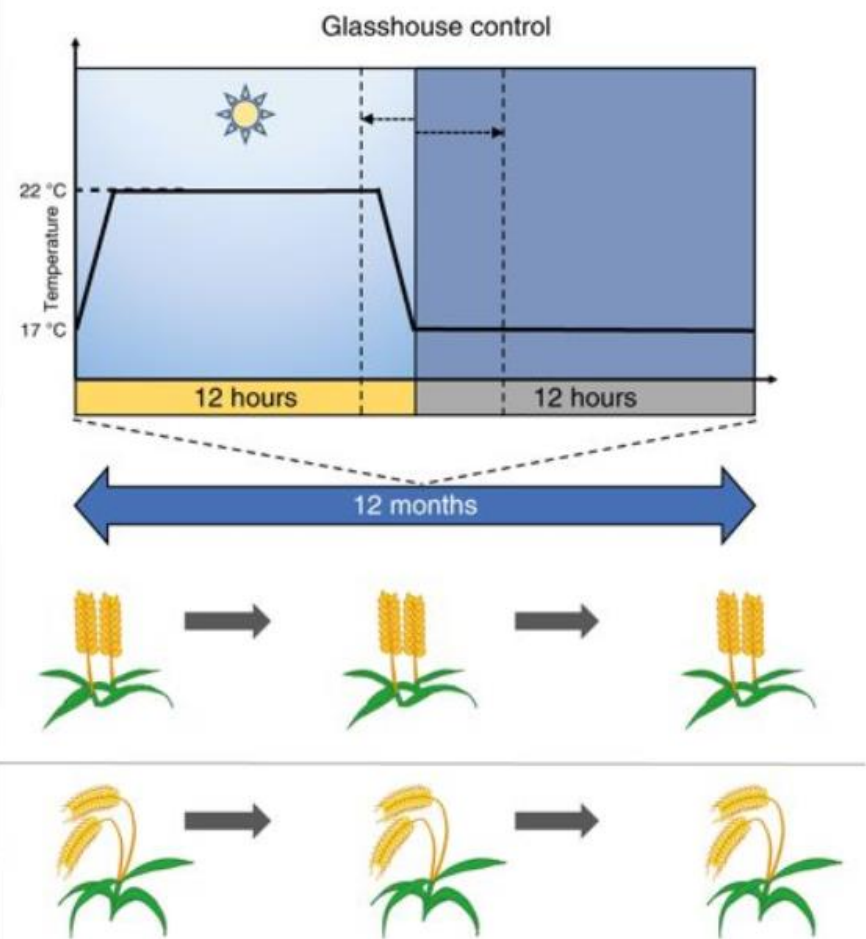
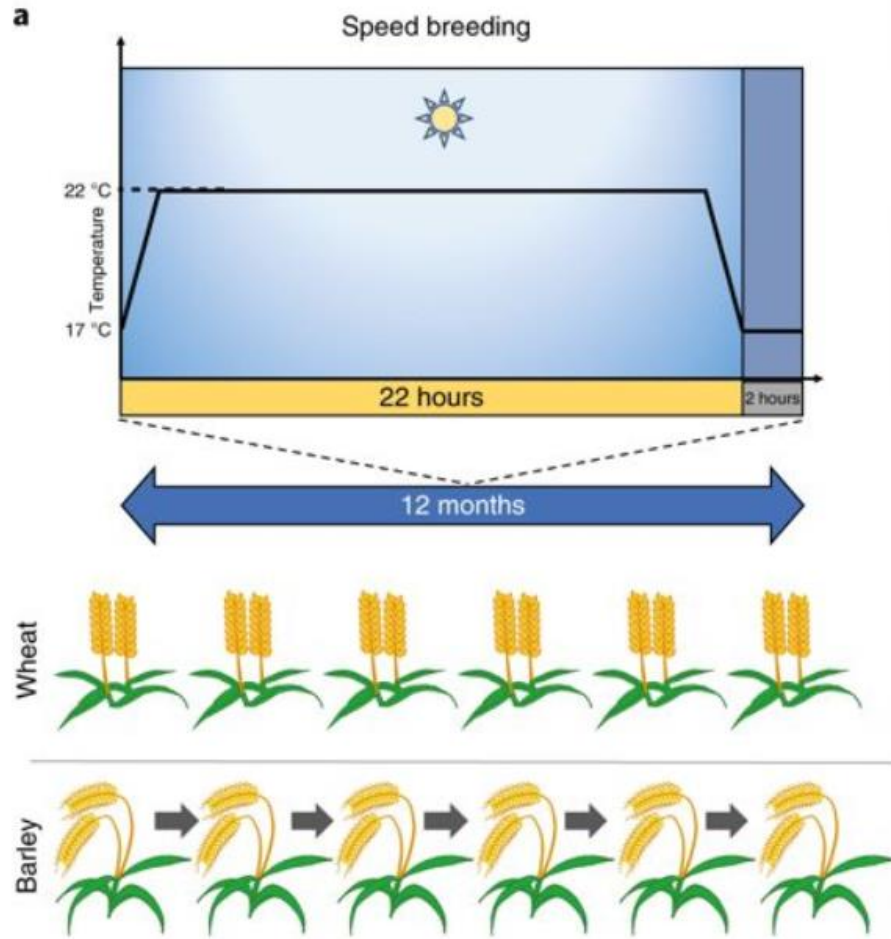
Nisbi nem % 70 arası yeterli

Haploid bitkilere kolçisin uygulanarak, kromozomlar katlanır ve doubled haploid bitkiler elde edilir. Doubled haploid bitkilerin Kromozom ve genom sayısı normal buğday ile aynıdır.



Hızlı Bitki Islahı

Buğday, uzun gün bitkisi midir?



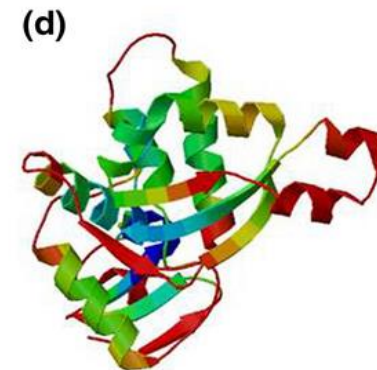
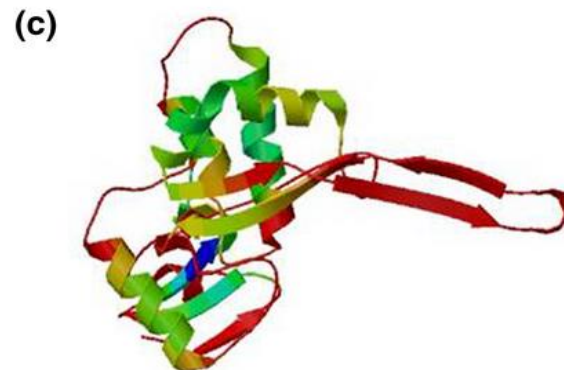
<https://www.nature.com/articles/s41477-017-0083-8/figures/1>

Mutasyon Islahı

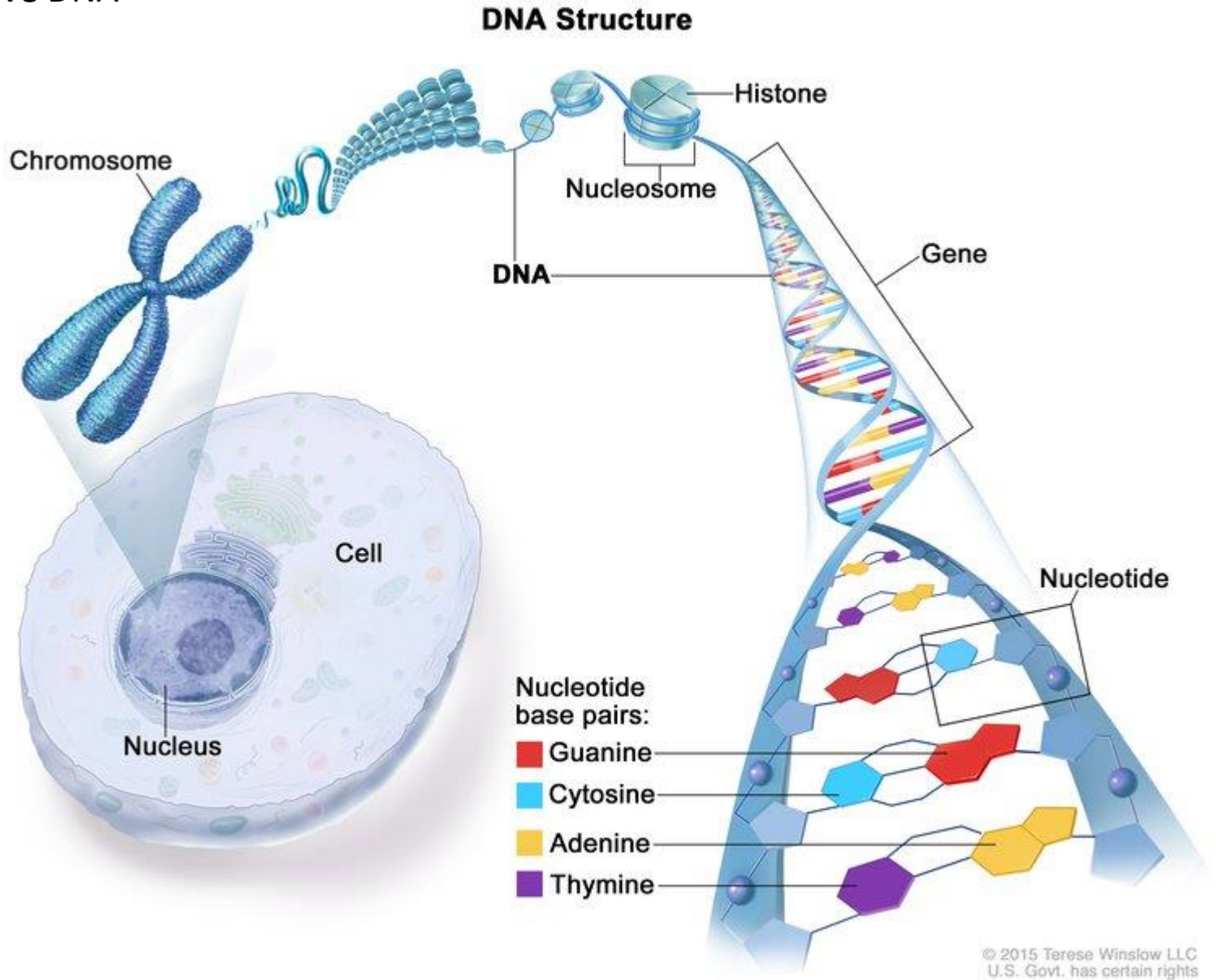
Arpada bir genin baz dizilimi

(a)

WT	AAGAAATTTATTCCCGTCATATCTGGGGAAATGCTACTGCTTGTTGATCAGGTTTGTAGCTTATTACTTGATTAACAGCA
<i>des10</i>	AAGAAATTTATTCCCGTCATATCTGGGGAAATGCTACTGCTTGTTGATCAGGTTTGTAGCTTATTACTTGATTAACAGCA
	K K F I P V I S G E M L L L V D Q
WT	TTCCTGGCAAATGAAATATTTTTAGCAGTAATCTGTTTATCGTTTCTTTGCAGTAATAATAATTAGCAAATGTCCATGAA
<i>des10</i>	TTCCTGGCAAATGAAATATTTTTAGCAGTAATCTGTTTATCGTTTCTTTGCAGTAATAATAATTAGCAAATGTCCATGAA
WT	GTGGATCTTTGACTTGAACTCATCACGCTTGAATATATCTCGTAATAATAATTAGCAAATATTTCTTTGCAGTTTTTGT
<i>des10</i>	GTGGATCTTTGACTTGAACTCATCACGCTTGAATATATCTCGTAATAATAATTAGCAAATATTTCTTTGCAGTTTTTGT
WT	GTTGTTGAGATTTTTGGATATATCTCCAGTATCAGAAAGTATTGCGATTATATCGCAATACTGAATTCTGAAGCATGCAT
<i>des10</i>	GTTGTTGAGATTTTTGGATATATCTCCAGTATCAGAAAGTATTGCGATTATATCGCAATACTGAATTCTGAAGCATGCAT
WT	TTCTTATGTTTGTTTAATTTTCGTAAGTAGATAATGCATGTGGATGACAGAAAATATTTTCCGAGGTATTTAGAAAGTCAT
<i>des10</i>	TTCTTATGTTTGTTTAATTTTCGTAAGTAGATAATGCAT-----
WT	GTCCATATCTTACTCCTGTGCAGCATGCAGCTGATGAAAGGATACGTTTGGAGGAGCTCCGTAGCAAGGTTGTTAACGGTA
<i>des10</i>	-----
	H A A D E R I R L E E L R S K
WT	AACTTACCAGGGAACAACCTTTTAAATAGGGGTTTTTCATCTTACATGTTAATATTTGTTGGATTTTCAGGTTTTATCAGAT
<i>des10</i>	-----AATATTTGTTGGATTTTCAGGTTTTATCAGAT
	V L S D
WT	GATGACCGAGGTATCACTTACTTGGACTCAGAGAAGGAAATGGTACCTCATGTTCTTATATTTGTCATCAACTGCGTTTT
<i>des10</i>	GATGACCGAGGTATCACTTACTTGGACTCAGAGAAGGAAATGGTACCTCATGTTCTTATATTTGTCATCAACTGCGTTTT
	D D R G I T Y L D S E K E M



Kromozom ve DNA



DNA'nın yapısı

DNA'nın yapısı

Deoksiribonükleik asit

Nukleotid

(Fosfat+Şeker+Baz)

DNA'da baz eşleşmesi

A-T

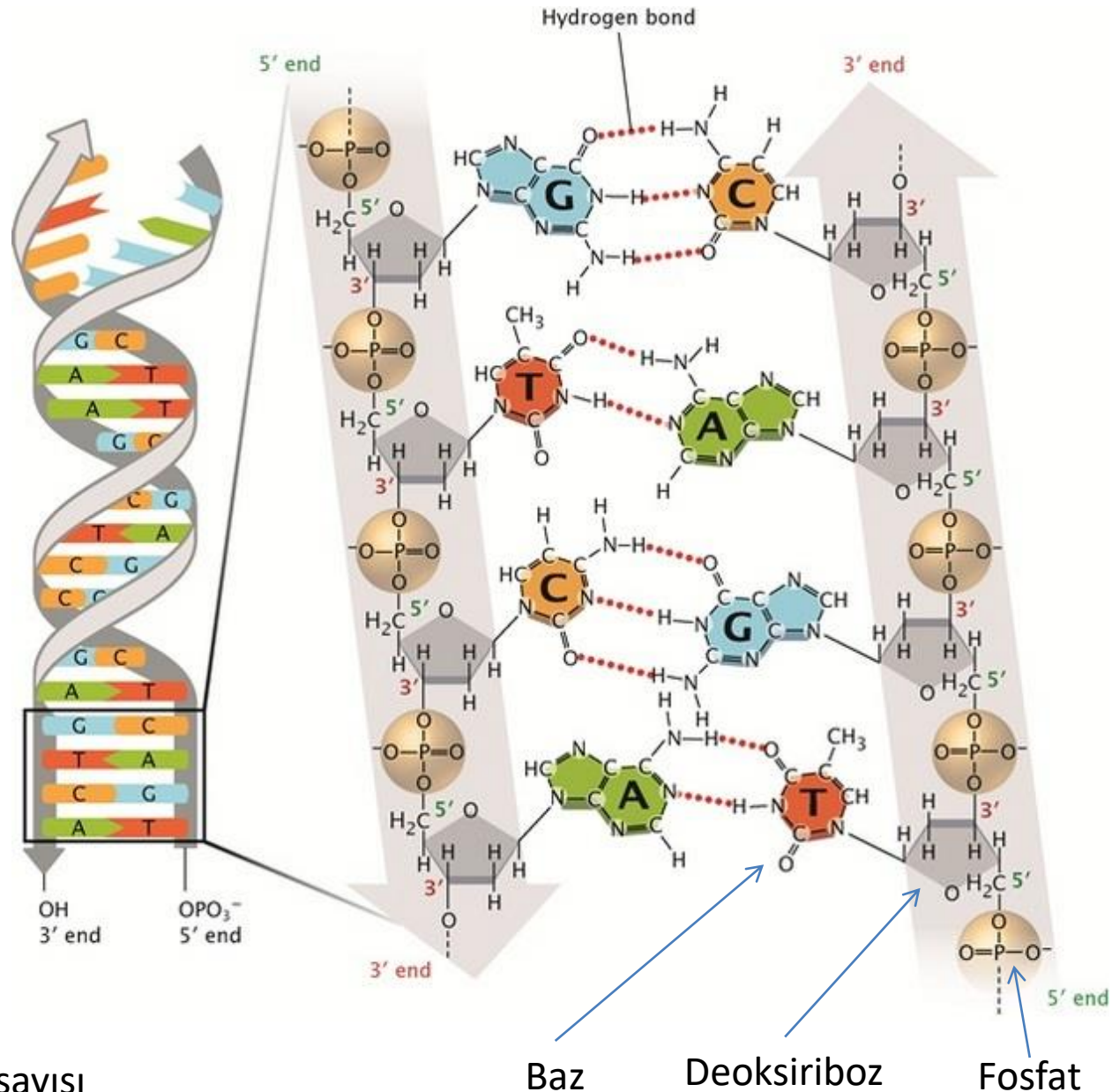
G-C

RNA'da baz eşleşmesi

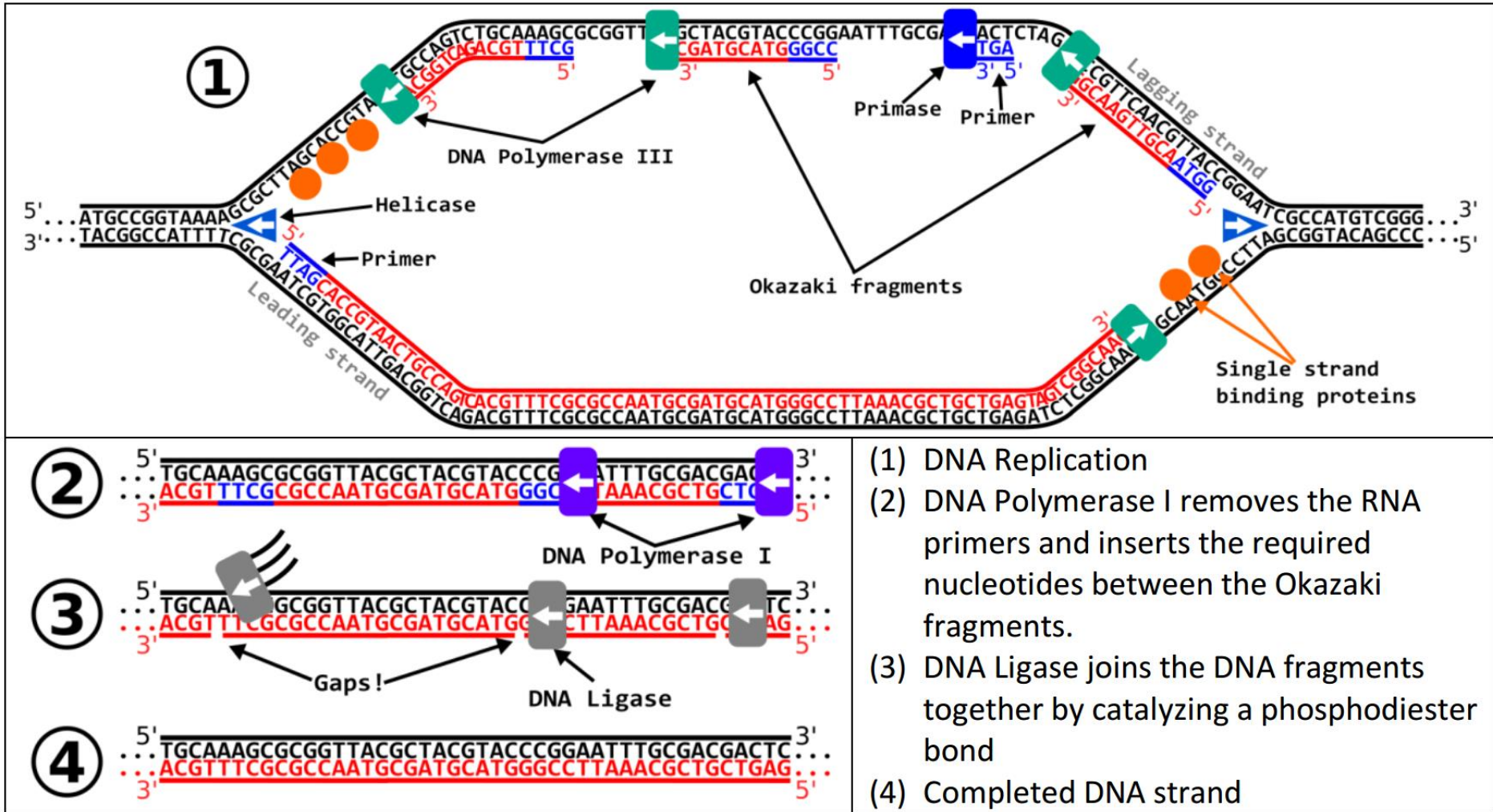
A-U

G-C

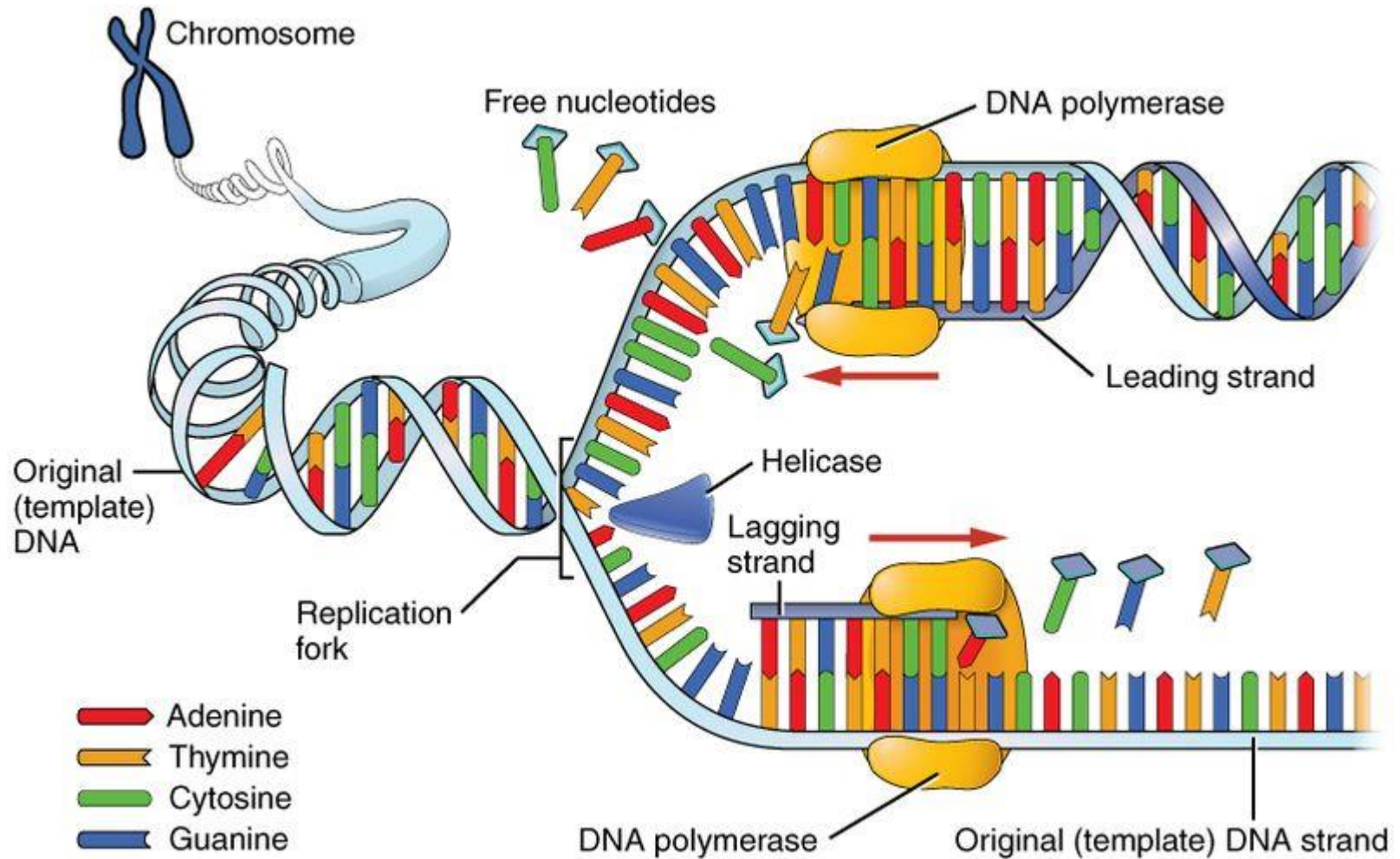
Primidin baz sayısı = Pürin baz sayısı

$$C-T(U) = A-G$$


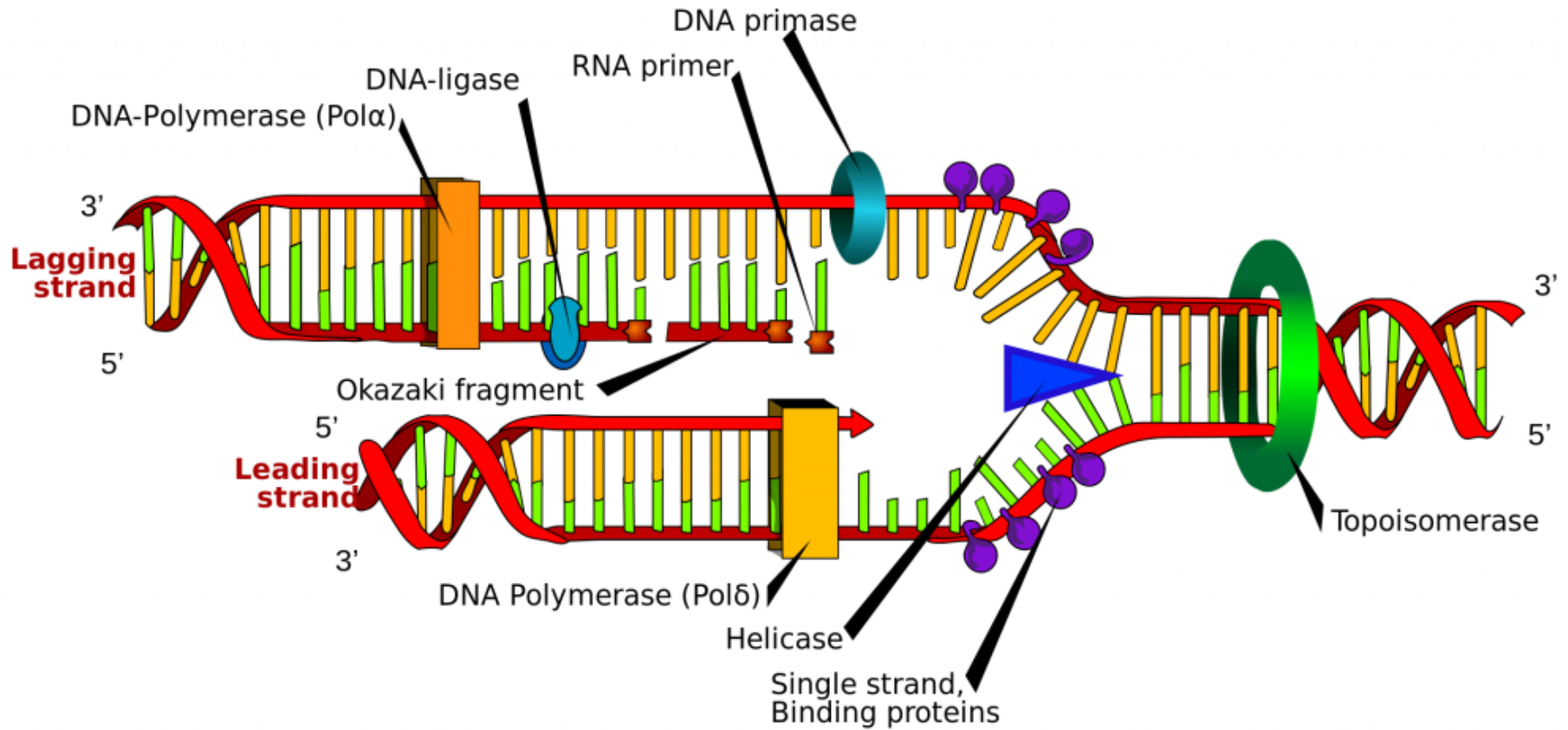
DNA replikasyonu



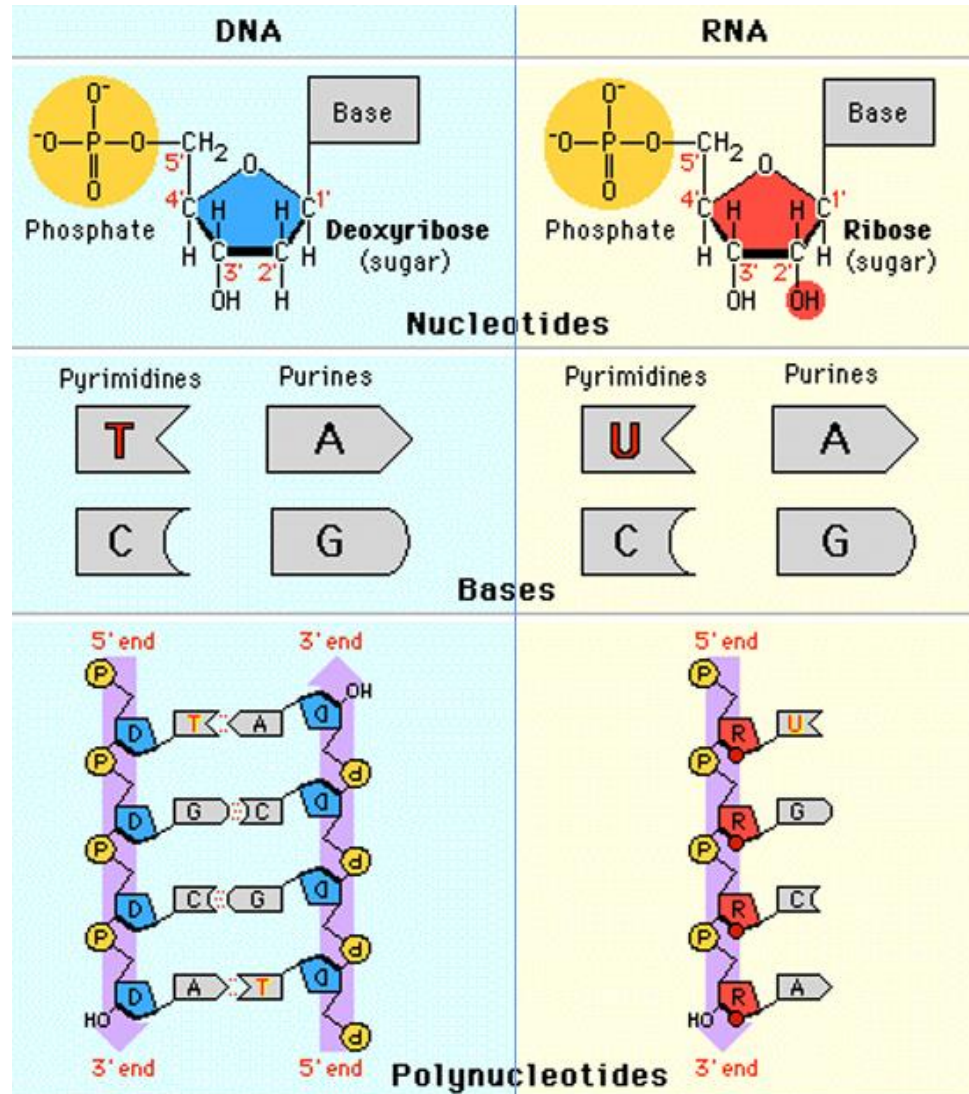
DNA replikasyonu



DNA replikasyonu



DNA ile RNA arasındaki farklar

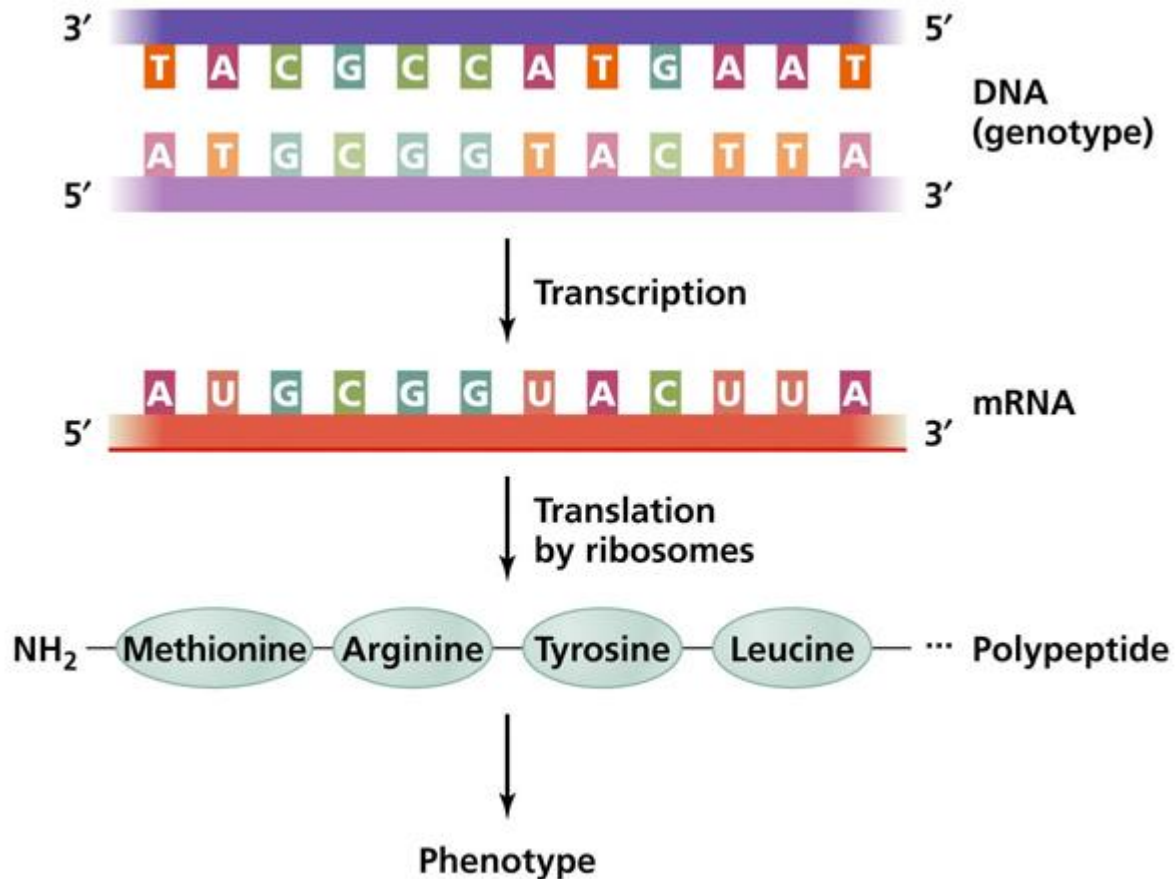


http://www.bio.miami.edu/dana/250/250SS14_8.html

Genin baz dizilimi (base sequence)

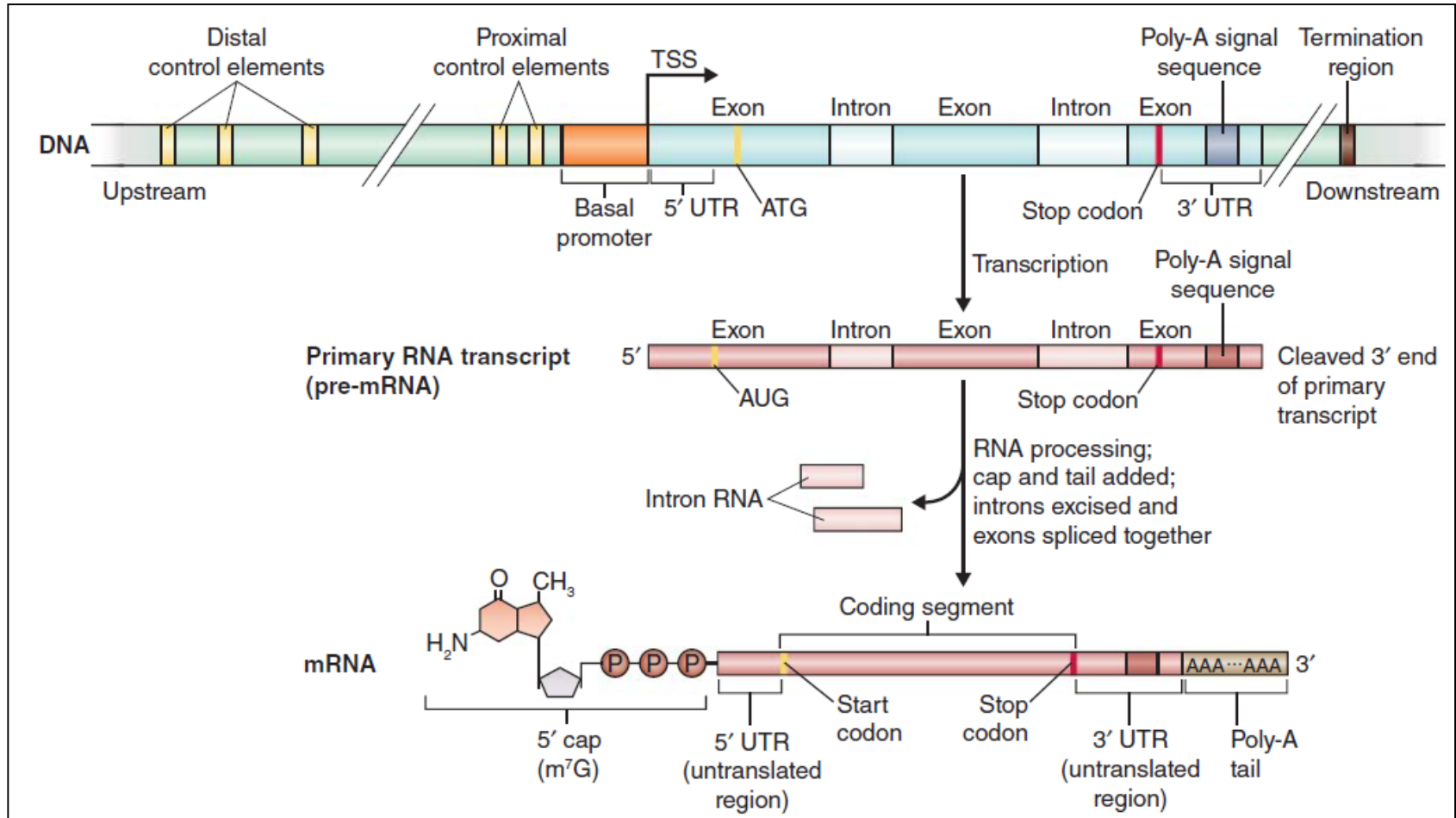
Gen

Allel

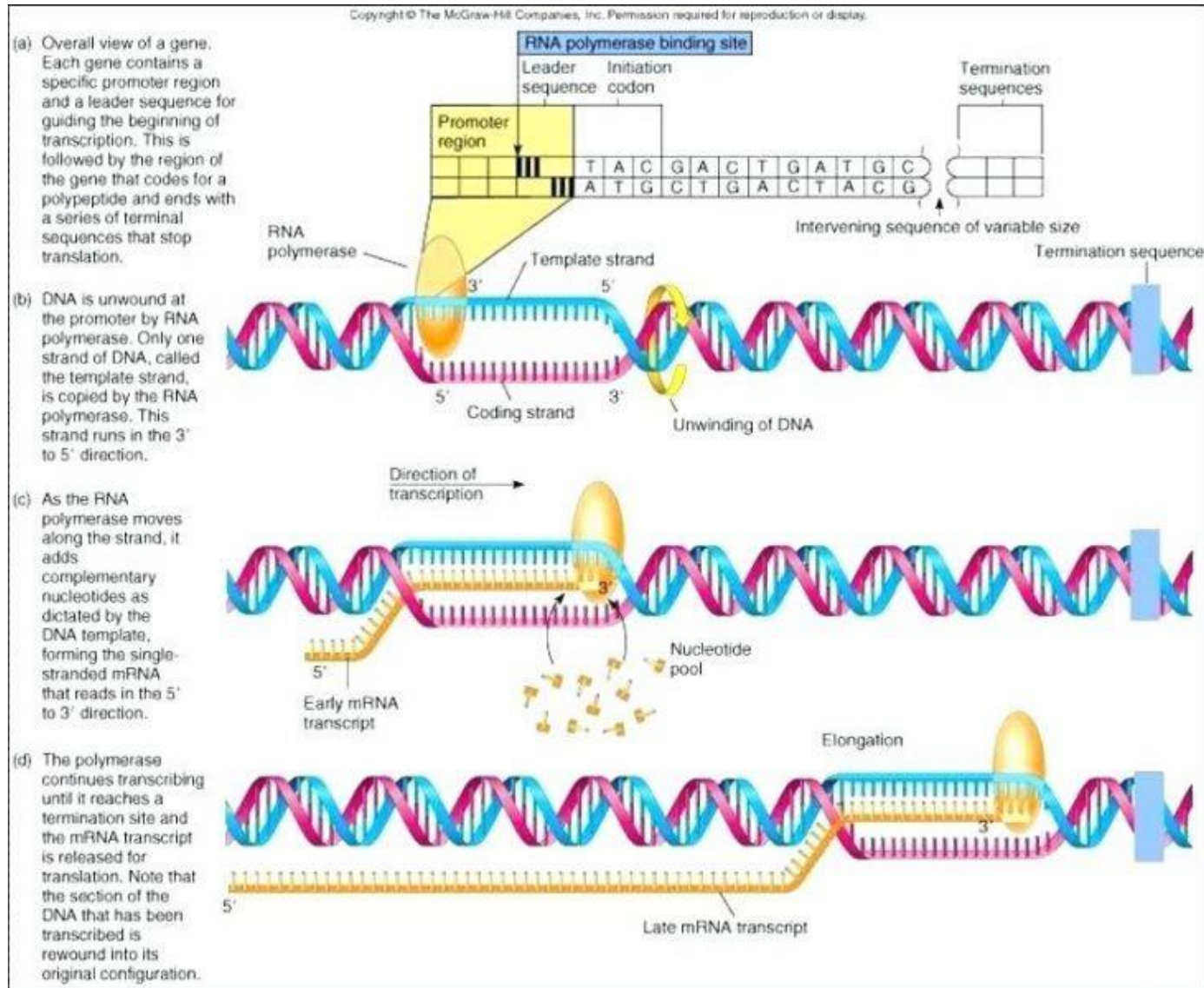


Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Gen ve yapısı

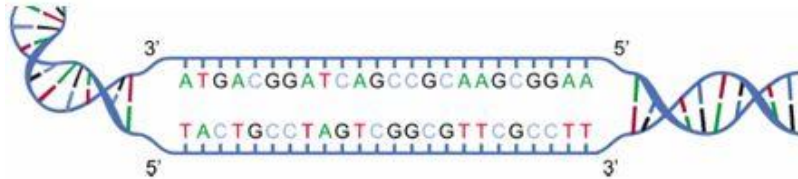


DNA'dan mesajcı (haberci veya elçi) RNA'nın sentezi

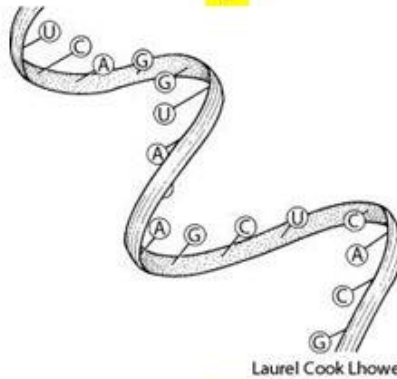
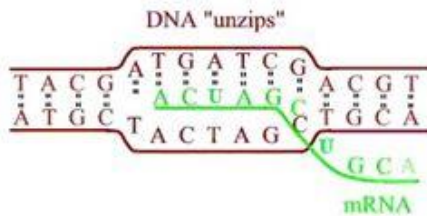


FLOW CART

TRANSCRIPTION



RNA polymerase



Laurel Cook Lhowe

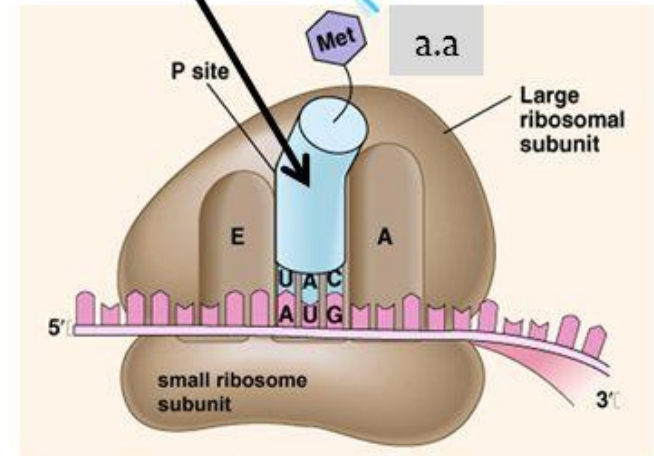
mRNA [code]

NUCLEUS

TRANSLATION

polypeptide chain / PROTEIN

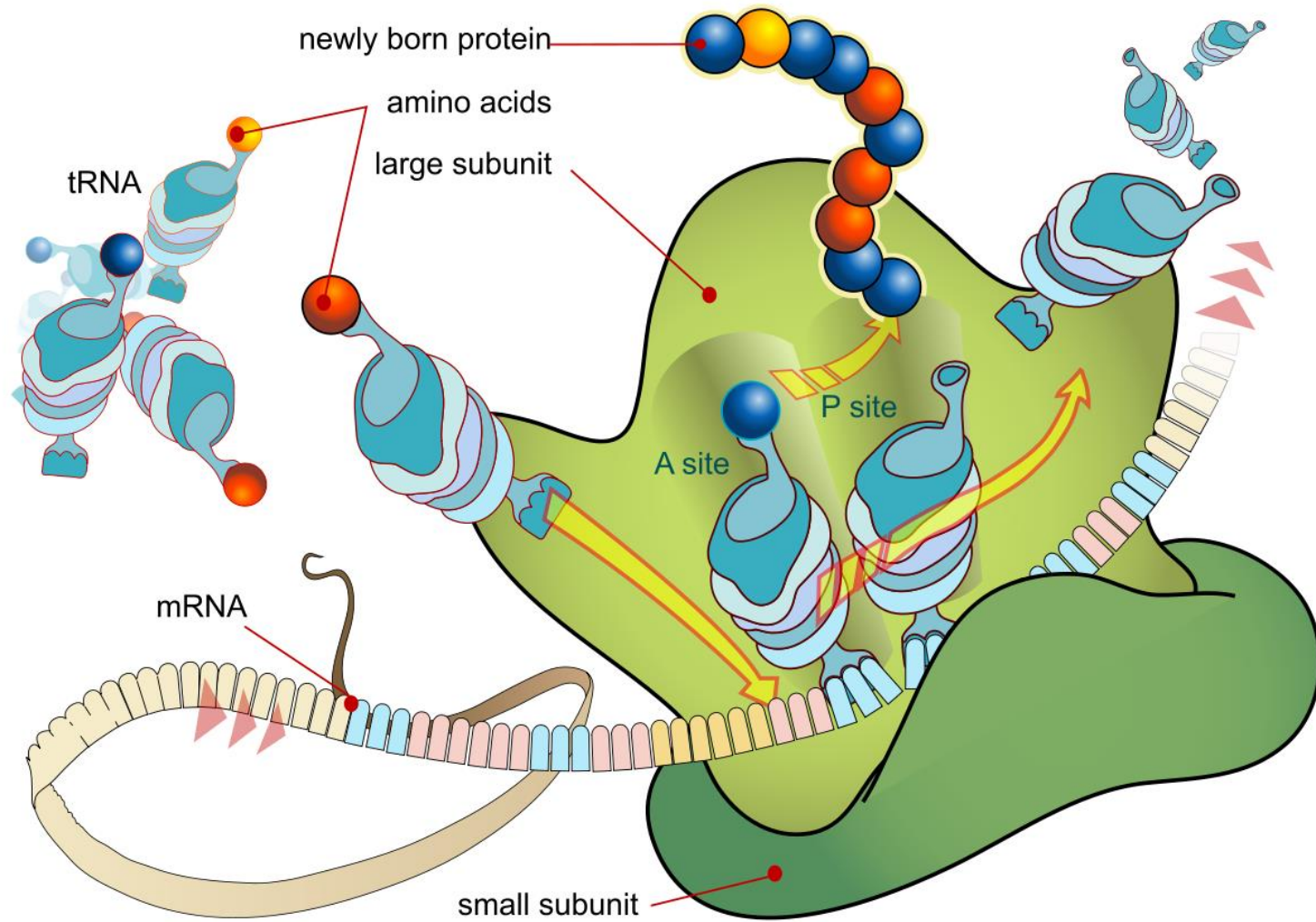
tRNA [interpret]



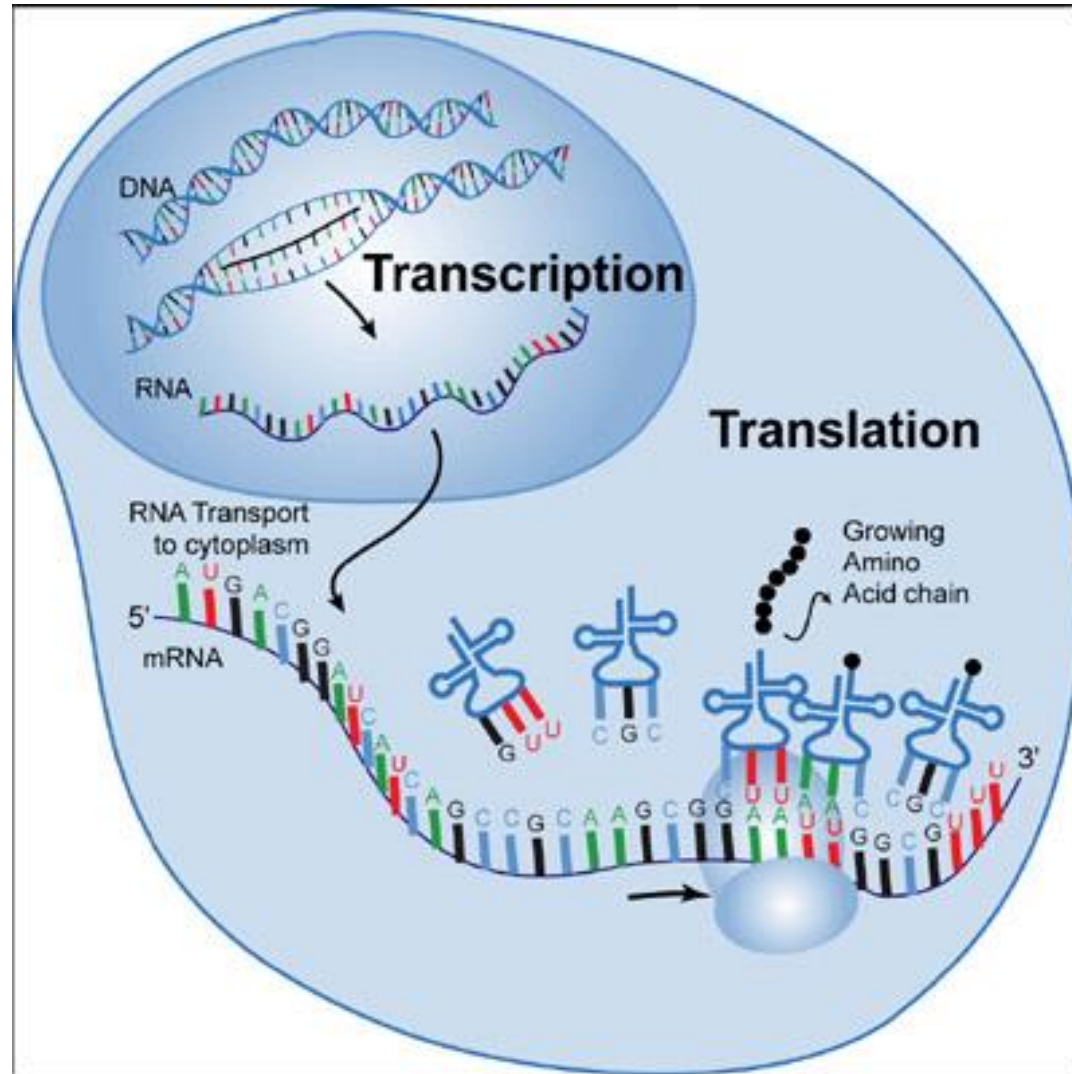
rRNA

CYTOPLASM

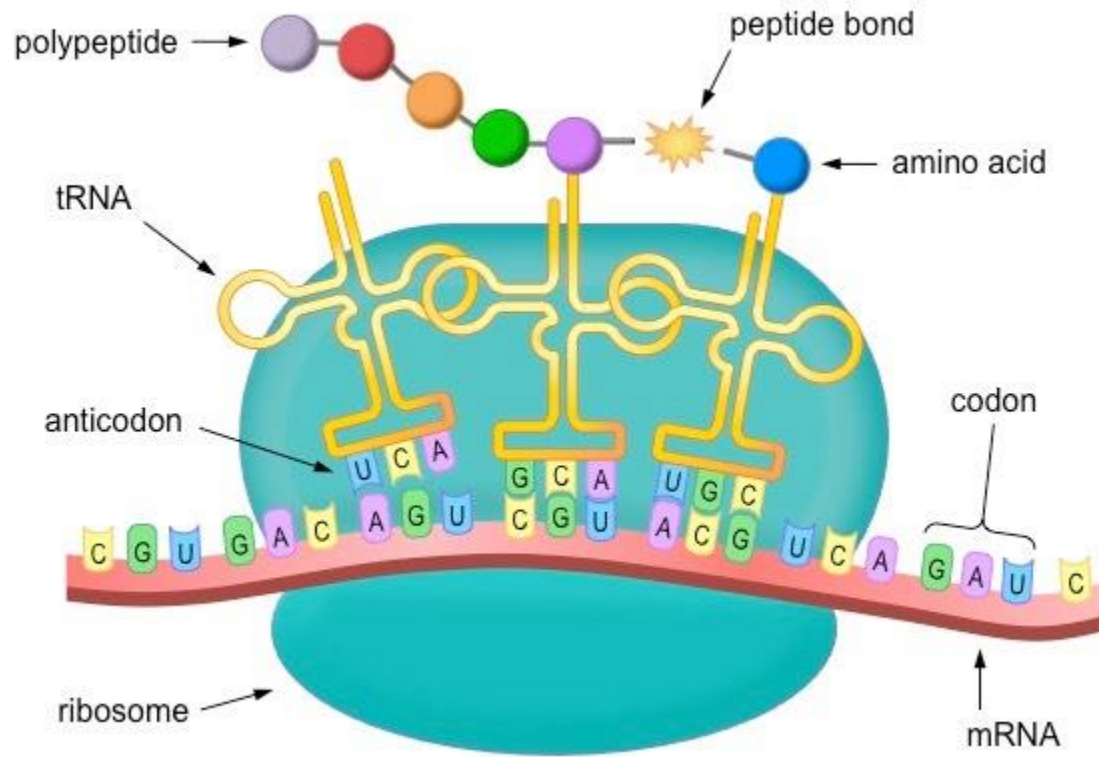
Protein sentezi



Protein sentezi



Protein sentezi



Amino asitler

		Second nucleotide base					
		U	C	A	G		
First nucleotide base (5' position)	U	UUU } Phenylalanine (Phe)	UCU } Serine (Ser)	UAU } Tyrosine (Tyr)	UGU } Cysteine (Cys)	U C A G	
		UUC }	UCC }	UAC }	UGC }		
		UUA } Leucine (Leu)	UCA }	UAA STOP	UGA STOP Selenocysteine (SeCys)		
		UUG }	UCG }	UAG STOP*	UGG Tryptophan (Trp)		
	C	CUU } Leucine (Leu)	CCU } Proline (Pro)	CAU } Histidine (His)	CGU } Arginine (Arg)	U C A G	
		CUC }	CCC }	CAC }	CGC }		
		CUA }	CCA }	CAA } Glutamine (Gln)	CGA }		
		CUG }	CCG }	CAG }	CGG }		
	A	AUU } Isoleucine (Ile)	ACU } Threonine (Thr)	AAU } Asparagine (Asn)	AGU } Serine (Ser)	U C A G	
		AUC }	ACC }	AAC }	AGC }		
		AUA }	ACA }	AAA } Lysine (Lys)	AGA } Arginine (Agn)		
		AUG START Methionine (Met); (fMet in prokaryotes)	ACG }	AAG }	AGG }		
	G	GUU } Valine (Val)	GCU } Alanine (Ala)	GAU } Aspartic acid (Asp)	GGU } Glycine (Gly)	U C A G	
		GUC }	GCC }	GAC }	GGC }		
		GUA }	GCA }	GAA } Glutamic acid (Glu)	GGA }		
		GUG }	GCG }	GAG }	GGG }		
Third nucleotide base (3' position)							

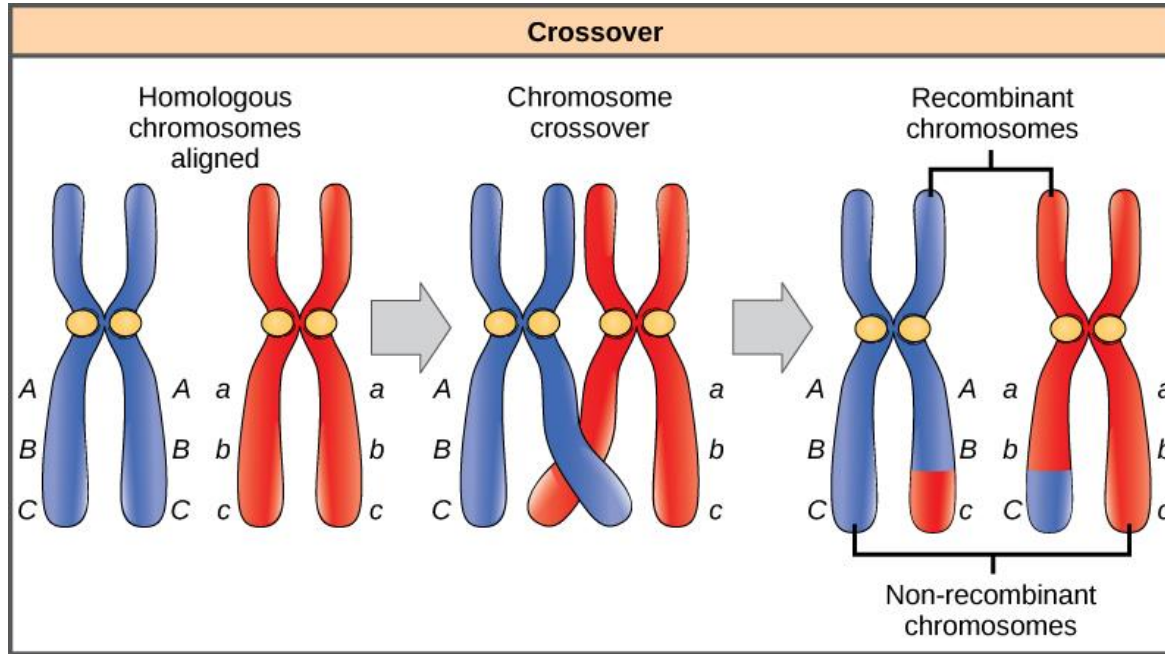
*also codes for a 22nd amino acid, pyrrolysine, in some prokaryotes.

Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

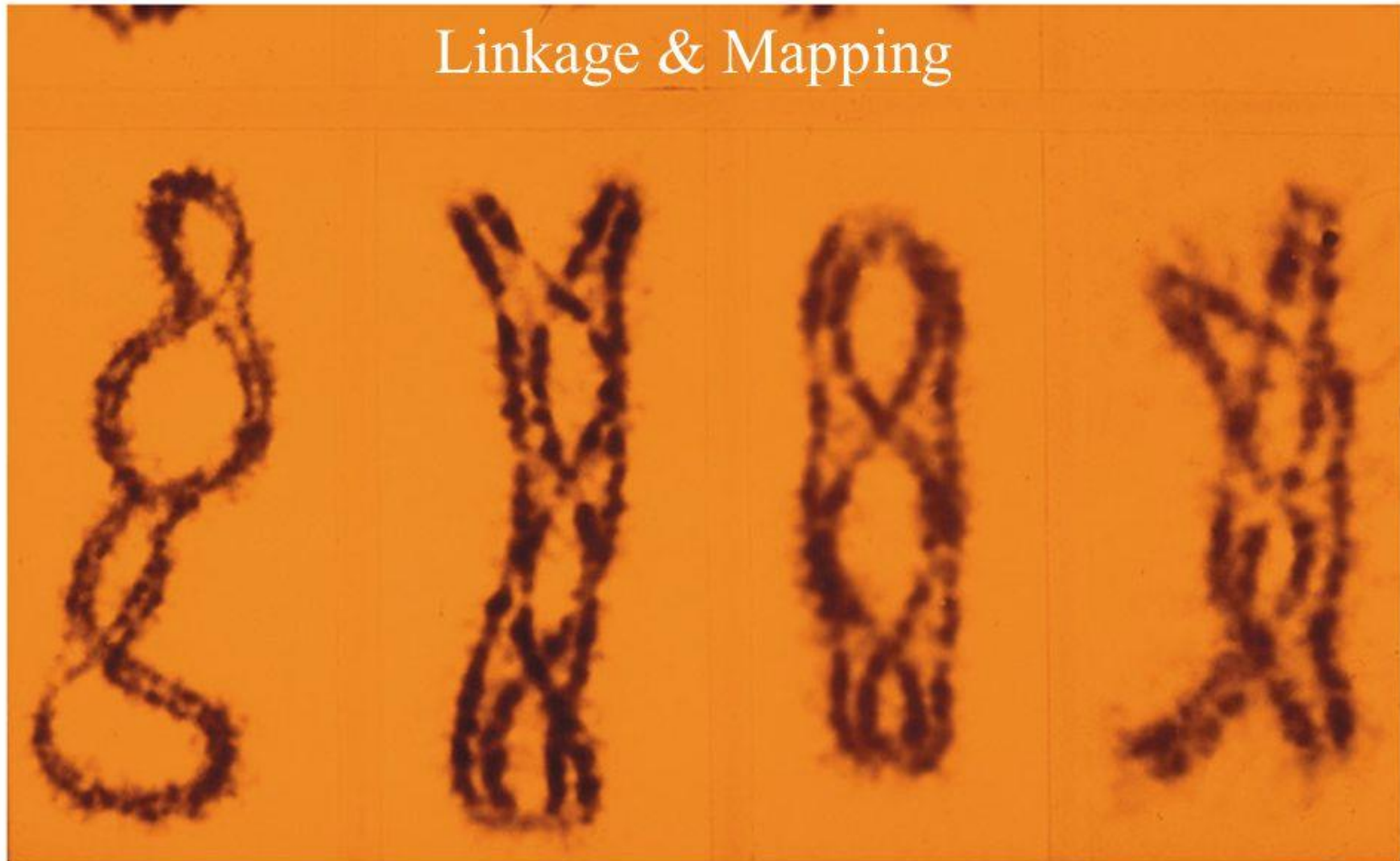
Genetik varyasyonun kaynağı

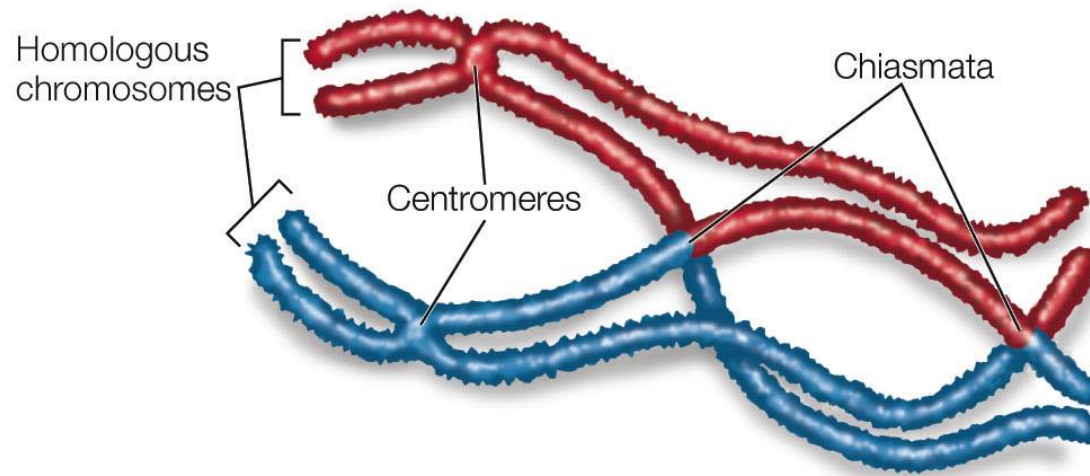
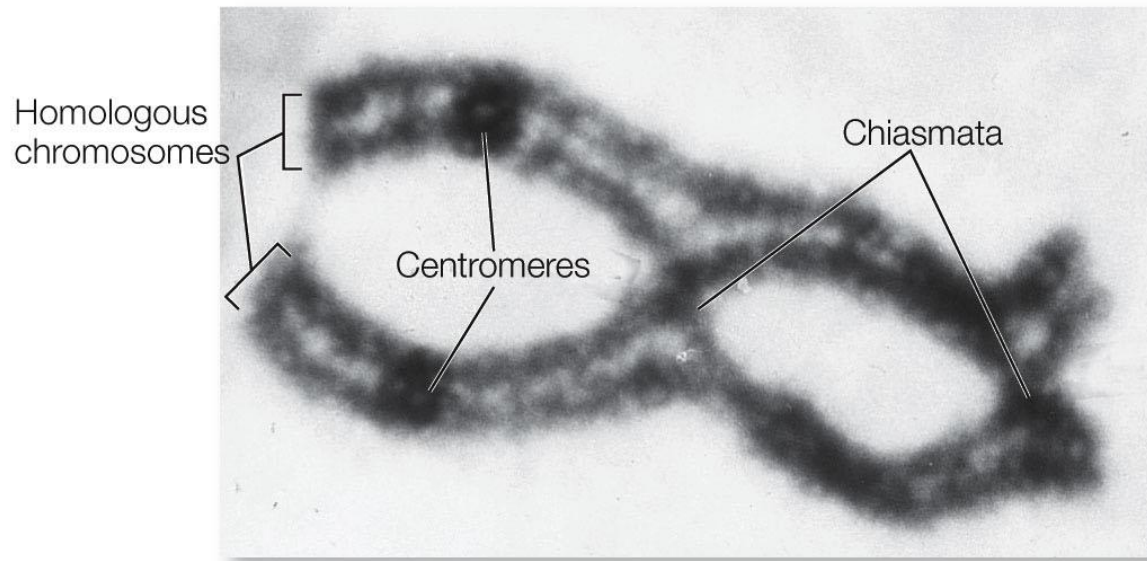
Rekombinasyon

Mayoz bölünmede homolog kromozomların kardeş olmayan kromatitleri arasında Gerçekleşen crossing-over sonucunda genetik materyalin içerisinde yeni gen kombinasyonlarının olması (rekombinasyon)



Crossing Over of John Edward's Chromosomes

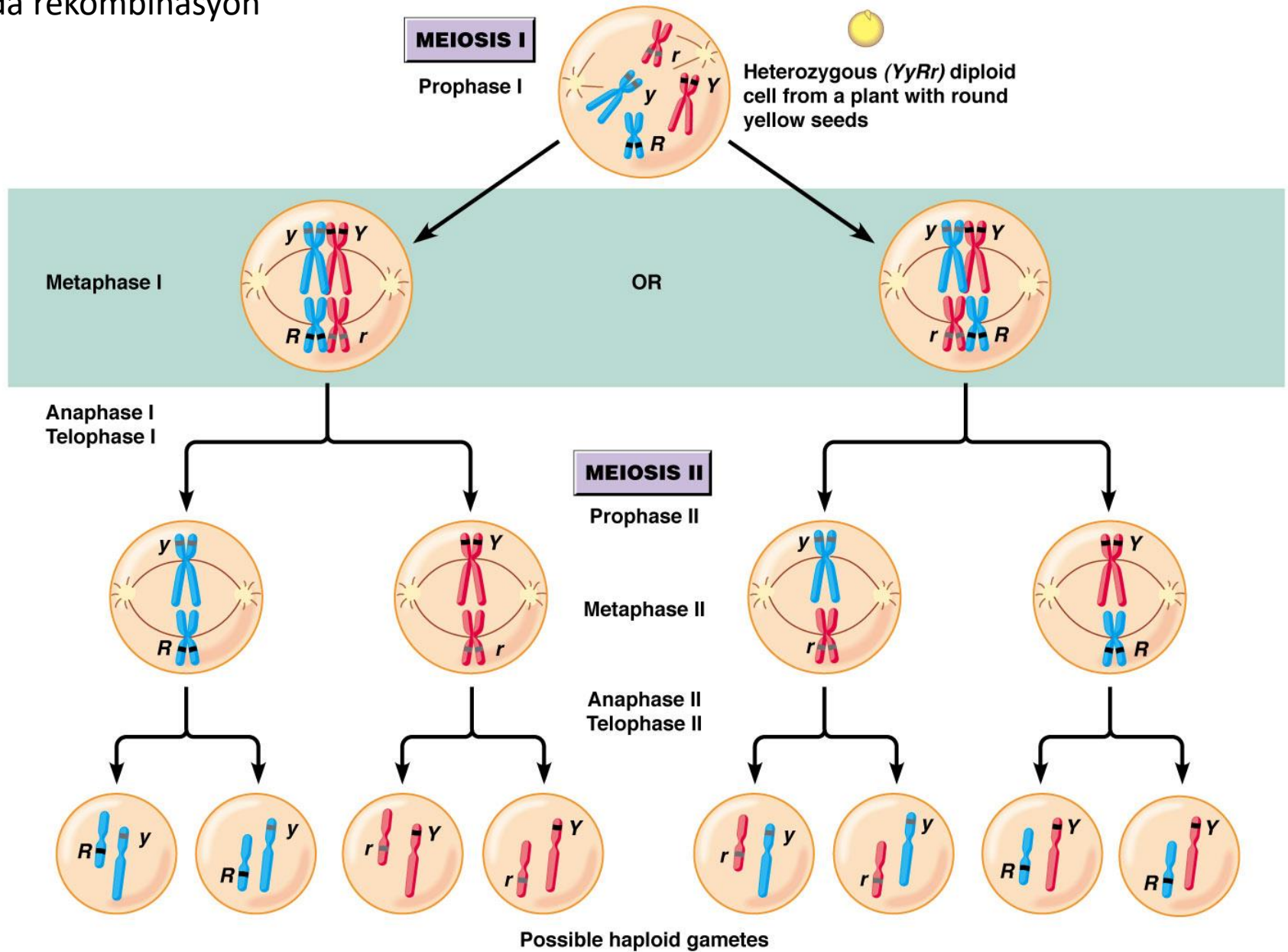




LIFE 8e, Figure 9.17

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

Mayozda rekombinasyon



Mutasyon

Bir hücrenin genetik materyalindeki ani değişimdir.

Mutasyonla 70 ülkede 210 bitki türünde (3 Aralık 2017 tarihi itibariyle) 3274 çeşit ıslah ve tescil edilmiştir. <https://www.iaea.org/>

Ülkemizde mutasyonla geliştirilen çeşitler (3 Aralık 2017)

Variety Name	Latin Name	Common Name	Country	Registration
Akdeniz M-Q-54	Hordeum vulgare L.	Barley	Turkey	1998
ALDAMLA	Prunus avium L.	Cherry	Turkey	2014
Birkan	Sesamum indicum L.	Sesame	Turkey	2011
BURAK	Prunus avium L.	Sweet cherry	Turkey	2014
NAHITA	Solanum tuberosum L.	Potato	Turkey	2016
TAEK A3	Glycine max L.	Soybean	Turkey	1994
TAEK C10	Glycine max L.	Soybean	Turkey	1994
TAEK-PESKIRCIOGLU	Nicotiana tabacum L.	Tobacco	Turkey	1999
TAEK-SAGEL	Cicer arietinum L.	Chickpea	Turkey	2006
TAEK-TUTLUER	Nicotiana tabacum L.	Tobacco	Turkey	1999

Ülkemizde mutasyon çalışmaları yapılmakta mıdır?

Evet

Hangi kurum mutasyon uygulaması yapabilir?

TAEK

Mutasyon ıslahı ile ilgili teknik terimler

Mutasyon: Fiziksel ve kimyasal etmenlerle bir canlının genetik materyalinde meydana gelen ani kalıcı değişimlerdir.

Mutant: Mutasyona uğramış gen, kromozom, genom, hücre, doku, canlı organizmalardır.

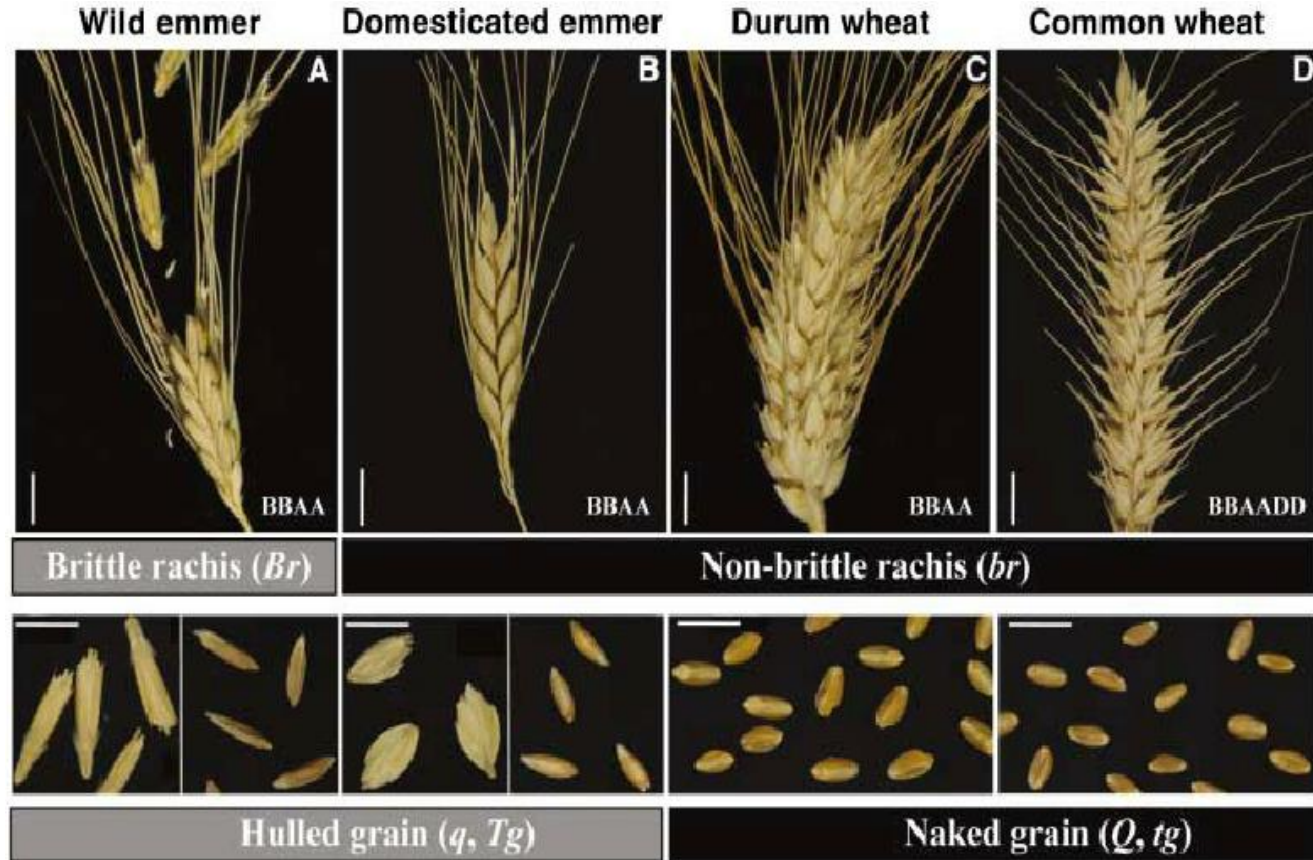
Mutagen: Mutasyona neden olan fiziksel ve kimyasal etmenlerdir.

Mutasyonlar iki şekilde ortaya çıkar

1-Doğal mutasyonlar

2-Yapay (uyarılmış) mutasyonlar

Buğdayda
doğal mutasyon



Yapay (uyarılmış) mutasyonların uygulanması

1-Fiziksel mutagenler

A-İyonize edici mutagenler (radyasyon):

a-Elektromanyetik mutagenler (dokulara geçerler; X ve Gamma ışınlarıdır. Gamma ışınlarını ^{60}Co (Kobalt) ve ^{137}Cs (Sezyum) gibi radyoaktif elementler üretir)

b- Parçacık mutagenler (radyasyon): alfa (Helyum), beta (^{32}P ve ^{14}C) radyasyonları, Nötronlar (^{235}U) ve protonlar (^1H)

B-İyonize olmayan mutagenler (radyasyon): UV ışını (250-270 nm) gen (nokta) mutasyonlarını tetikliyor.

2-Kimyasal mutagenler

En yaygın olarak kullanılan kimyasal mutagen etil metansülfonat (EMS)

Kimyasal mutagenlerin uygulanması kolay ve ucuzdur. Fakat toksik ve kanserojenik oldukları için kullanılırken çok dikkat edilmesi gerekir.

Kimyasal mutagenler daha çok gen mutasyonlarına neden olduğundan mutasyon ıslahında kullanılmaktadır. Çünkü aşırı mutasyon oluşumu, genomda çok tahribata neden olduğu için istenmemektedir. Fiziksel mutagenler çoğunlukla genomda aşırı zarara neden olmaktadır.

Tohuma mutagen uygulaması

Örnek bir uygulama (Gamma ışını)



The Joint FAO/IAEA Programme

Figure 8.2 A GammaCell. A: A Cobalt-60 gamma source with a raised loading stage. **B:** Close-up of the raised loading stage of a Cobalt-60 gamma source showing rice grains in a Petri dish.

Bitkiye mutagen uygulaması

Gamma ışını uygulama merkezi



The Joint FAO/IAEA Programme

Figure 8.4 The gamma greenhouse at the Malaysian Nuclear Agency. *a*: An aerial view of the facility and immediate environs; the markings of the different security perimeters are overlaid on the picture. *b*: A close-up of the aerial view of the gamma greenhouse. (Courtesy of Dr. R. Ibrahim)

Mutasyon tipleri (büyüklüklerine göre)

1-Gen mutasyonları

(Nokta veya gen içi mutasyonlar)

Bir genin baz diziliminde

meydana gelen değişikliklerdir.

- a) Yanlış anlamlı gen mutasyonu (missense)
- b) Anlamsız gen mutasyonları (nonsense)
- c) Baz dizilimine yeni bir bazın girmesi ile oluşan gen mutasyonları (insertion)
- d) Baz diziliminden bir bazın silinmesi ile oluşan gen mutasyonları (deletion)
- e) Çerçeve kayması ile gen mutasyonları (bir veya iki bazın eklenmesi veya silinmesi ile baz diziliminin tamamen veya çoğunun değişmesi)
- f) Amino asit kodonlarının tekrarlanması

Missense mutation

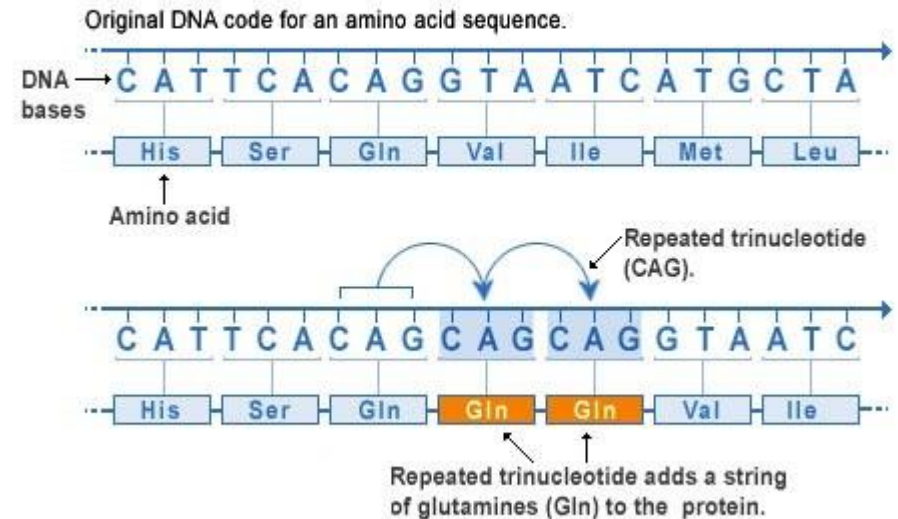
Nonsense mutation

Insertion mutation

Deletion mutation

Frameshift mutation

Repeat expansion mutation

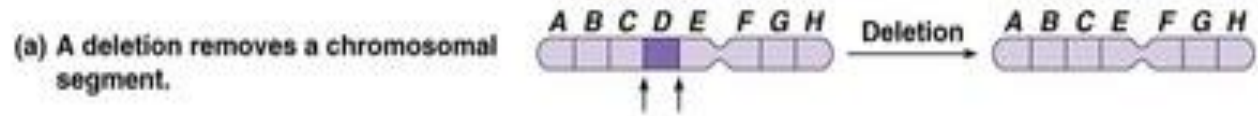


U.S. National Library of Medicine

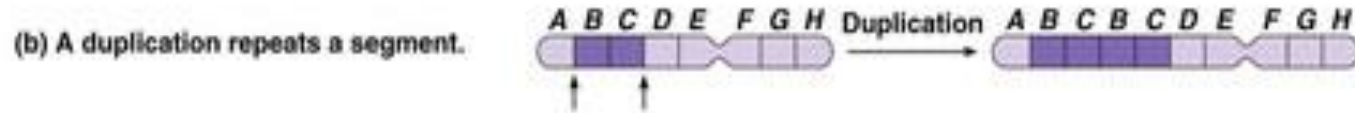
Mutasyon tipleri (büyüklüklerine göre)

2- Kromozom mutasyonları (yapısal değişim)

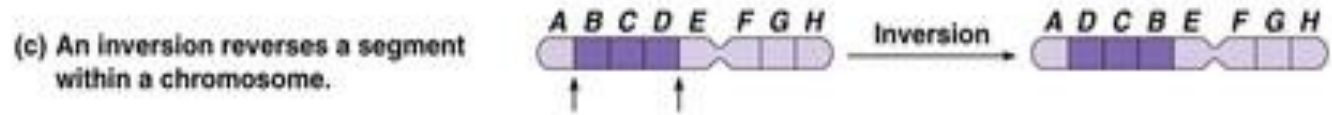
a) Kromozom segmentinde silinme



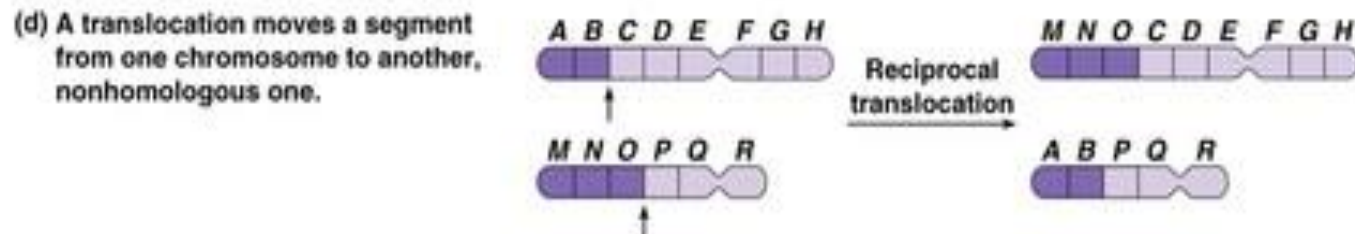
b) Kromozom segmentinde eklenme



c) Kromozom segmentinde ters dönme



d) Kromozom segmentlerinin karşılıklı yer değiştirmesi



Copyright © 2005 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings. All rights reserved.

Mutasyon tipleri (büyüklüklerine göre)

2- Kromozom mutasyonları (sayısal değişim)

Kromozom sayısında bir veya birkaç tane azalma veya artış olması (aneuploidy)dır.

Trisomik ($2n+1$), tetrasomik ($2n+2$), monosomik ($2n-1$) nullisomik ($2n-2$) hatların oluşmasıdır.

Mutasyon tipleri (büyüklüklerine göre)

3- Genom mutasyonları

(Autoploidy ve allopoloidy)

Mutasyon tipleri (genetik etkilerine göre)

1- Resesif mutasyon

Genlerin dominant allellerini, resesif allellere dönüştürür (AA'nın Aa'ya dönüşmesi)
Gen mutasyonlarının % 95'inden fazlası resesiftir.

Resesif gen mutasyonları M2 generasyonunda ortaya çıkar.

M1 generasyonunda alleler Aa iken M2 generasyonun kendileme ile birlikte AA, Aa ve aa allellerini taşıyan gametler oluşur. aa resesif homozigot allellerini taşıyan gametler, mutant tipleri oluşturur.

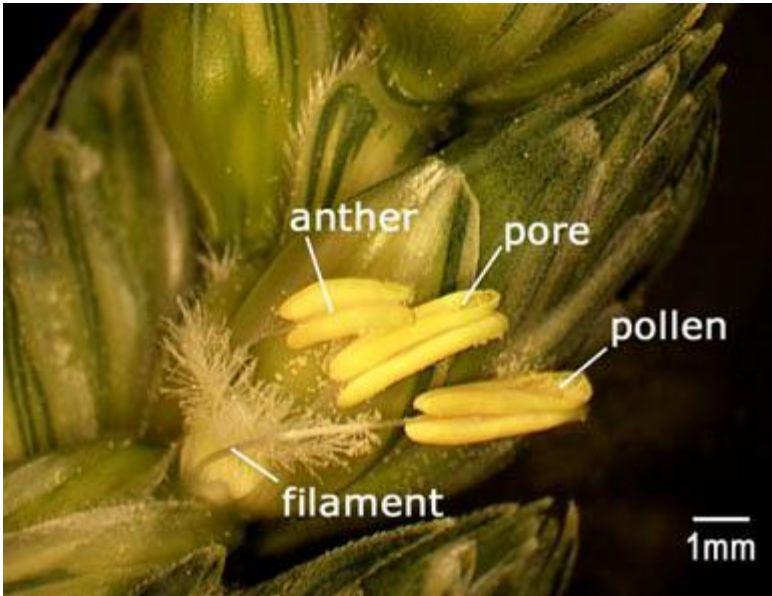
2-Dominant mutasyon

Genlerin resesif allellerini, dominant allellere dönüştürür (aa'nın Aa'ya dönüşmesi).
Dominant gen mutasyonlarının oluşma ihtimali, % 1'inden daha düşüktür.

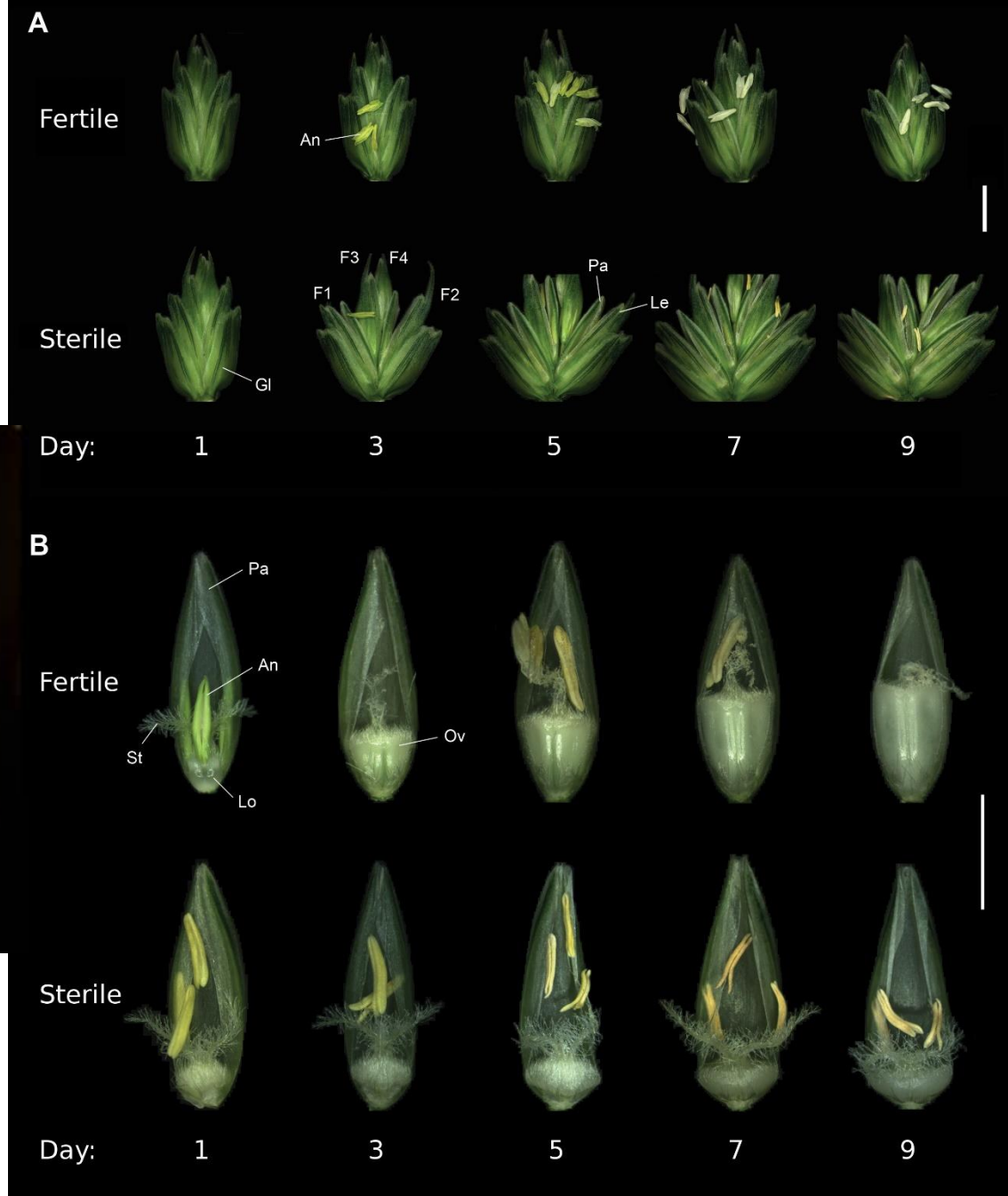
Bitkilerde döllenme sorunları

1. Erkek Kısırlılığı (Male Sterility or Infertility)
2. Kendine Uyuşmazlık (Self-Incompatibility)
3. Dichogamy (Protandry ve Protogyny)

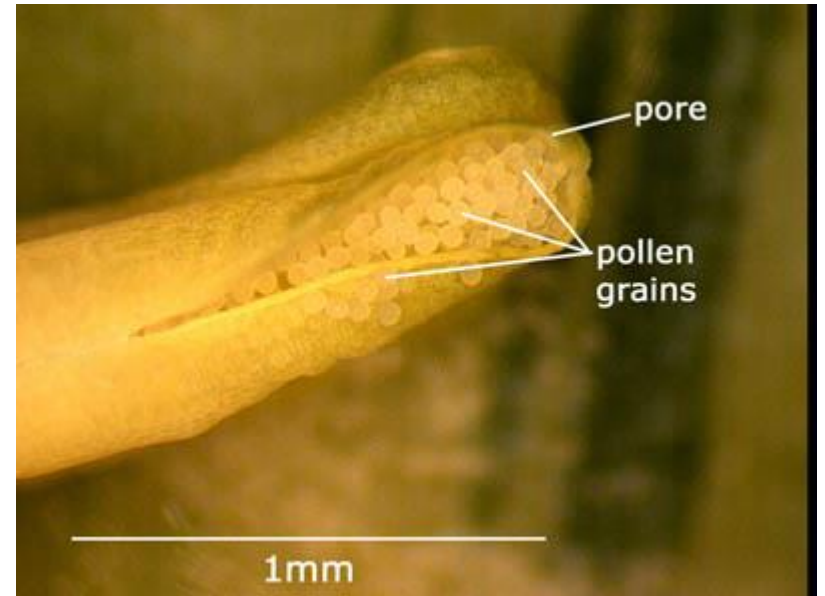
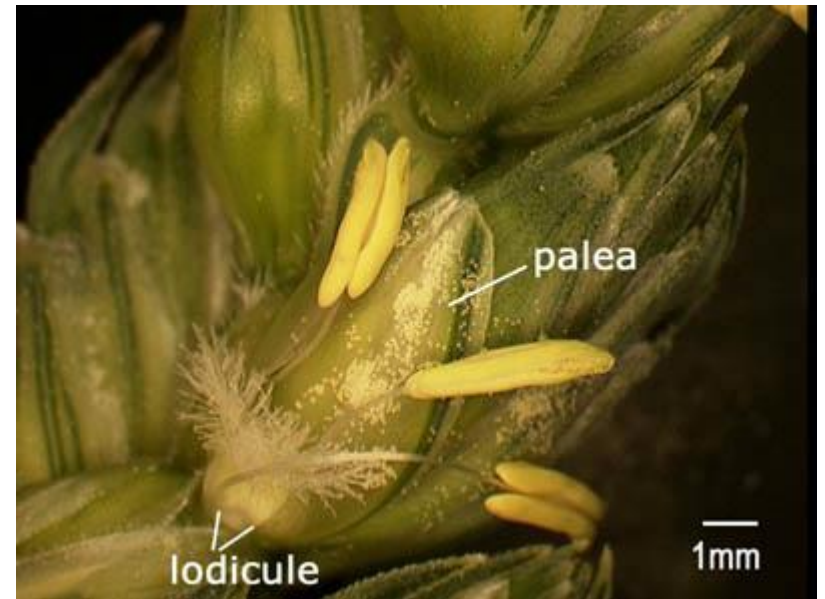
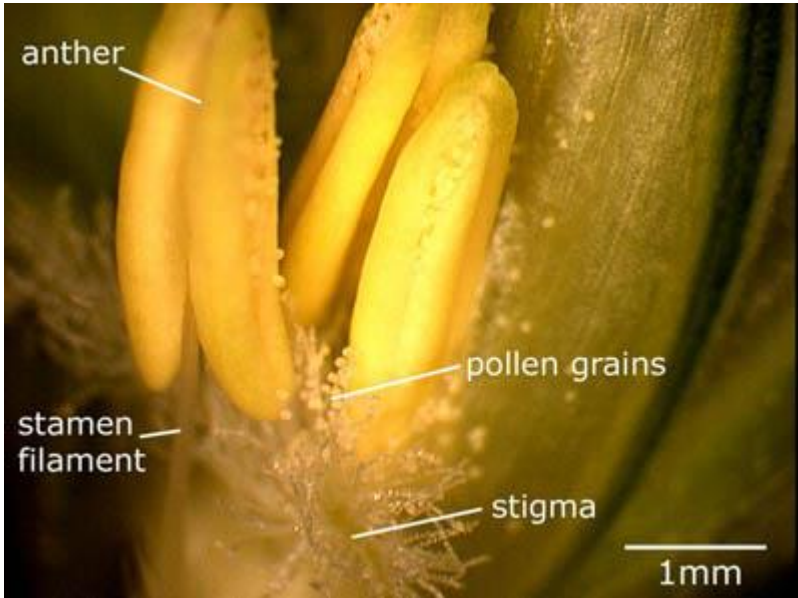
Buğdayda çiçek organları



http://bio-gromit.bio.bris.ac.uk/cerealgenomics/Index_Home.html



Buğdayda antherin patlaması ve polenlerin stigma üzerine dökülmesi



(a) Development of a male gametophyte (pollen grain)

Pollen sac (microsporangium)

Micro-sporocyte

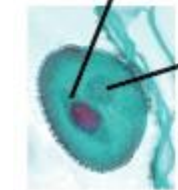
Micro-spores (4)

Each of 4 microspores

Generative cell (will form 2 sperm)

Male gametophyte (pollen grain)

Nucleus of tube cell



75 μm



Ragweed pollen grain

20 μm

(b) Development of a female gametophyte (embryo sac)

Ovule

Mega-sporangium

Mega-sporocyte

Integuments

Micropyle

Surviving megaspore

Female gametophyte (embryo sac)

Ovule

Antipodal cells (3)

Polar nuclei (2)

Egg (1)

Synergids (2)

Integuments



Embryo sac

MEIOSIS

MITOSIS

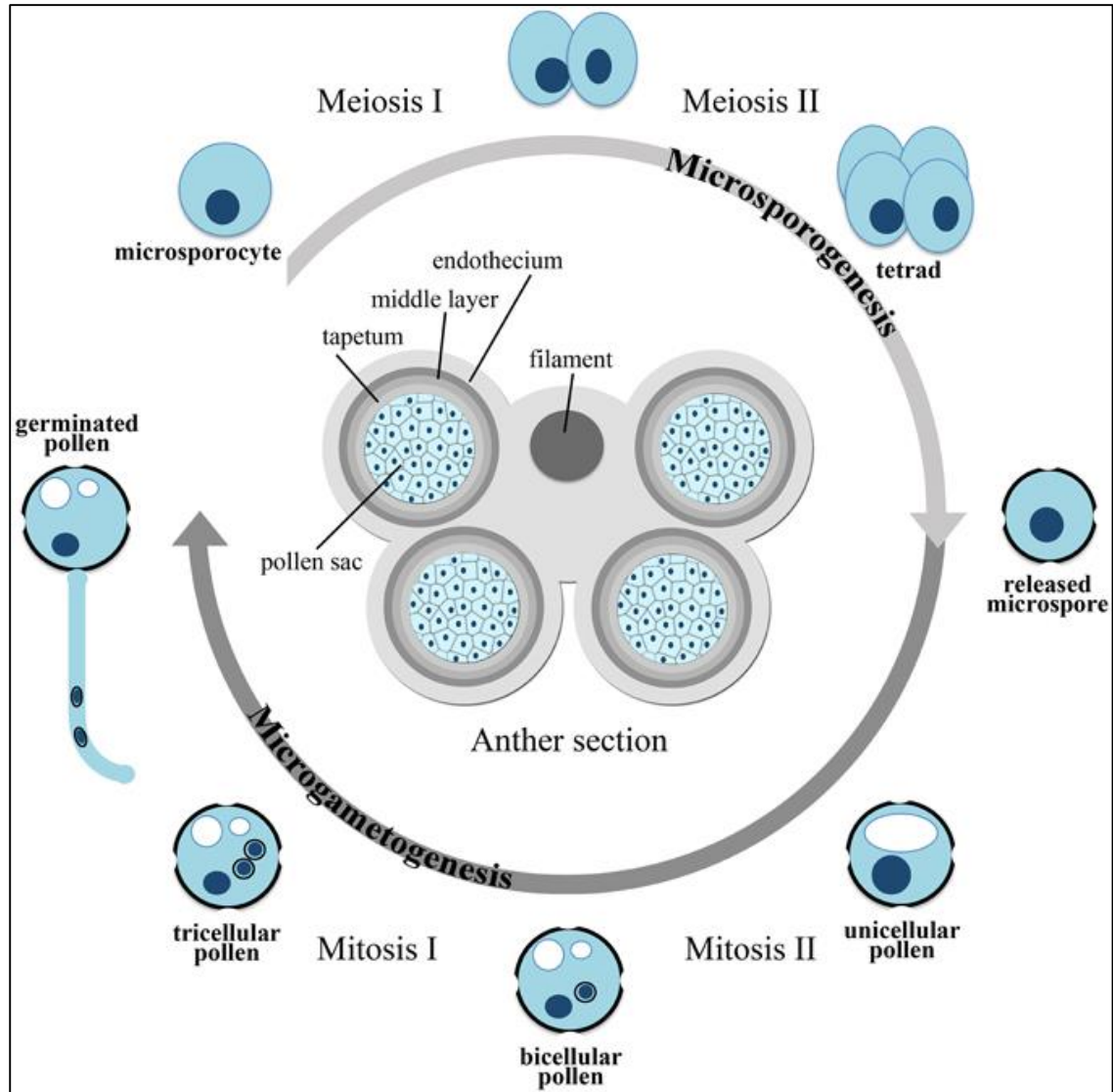
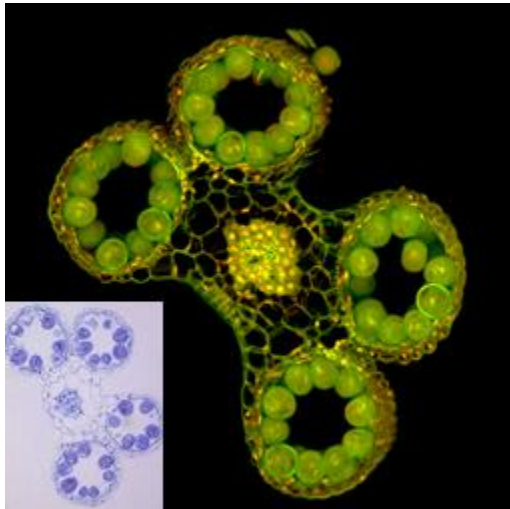
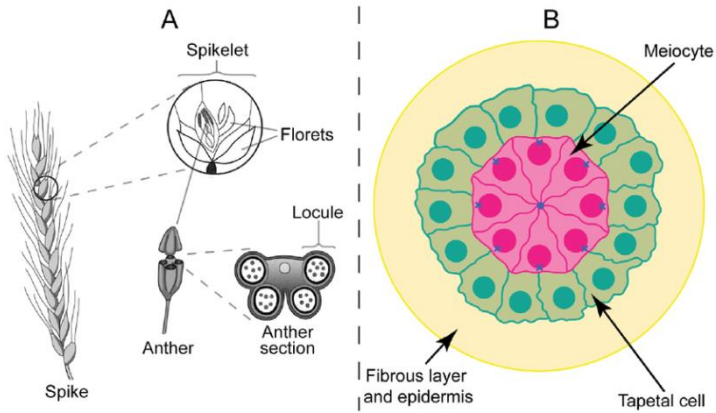
Key to labels

Haploid (n)

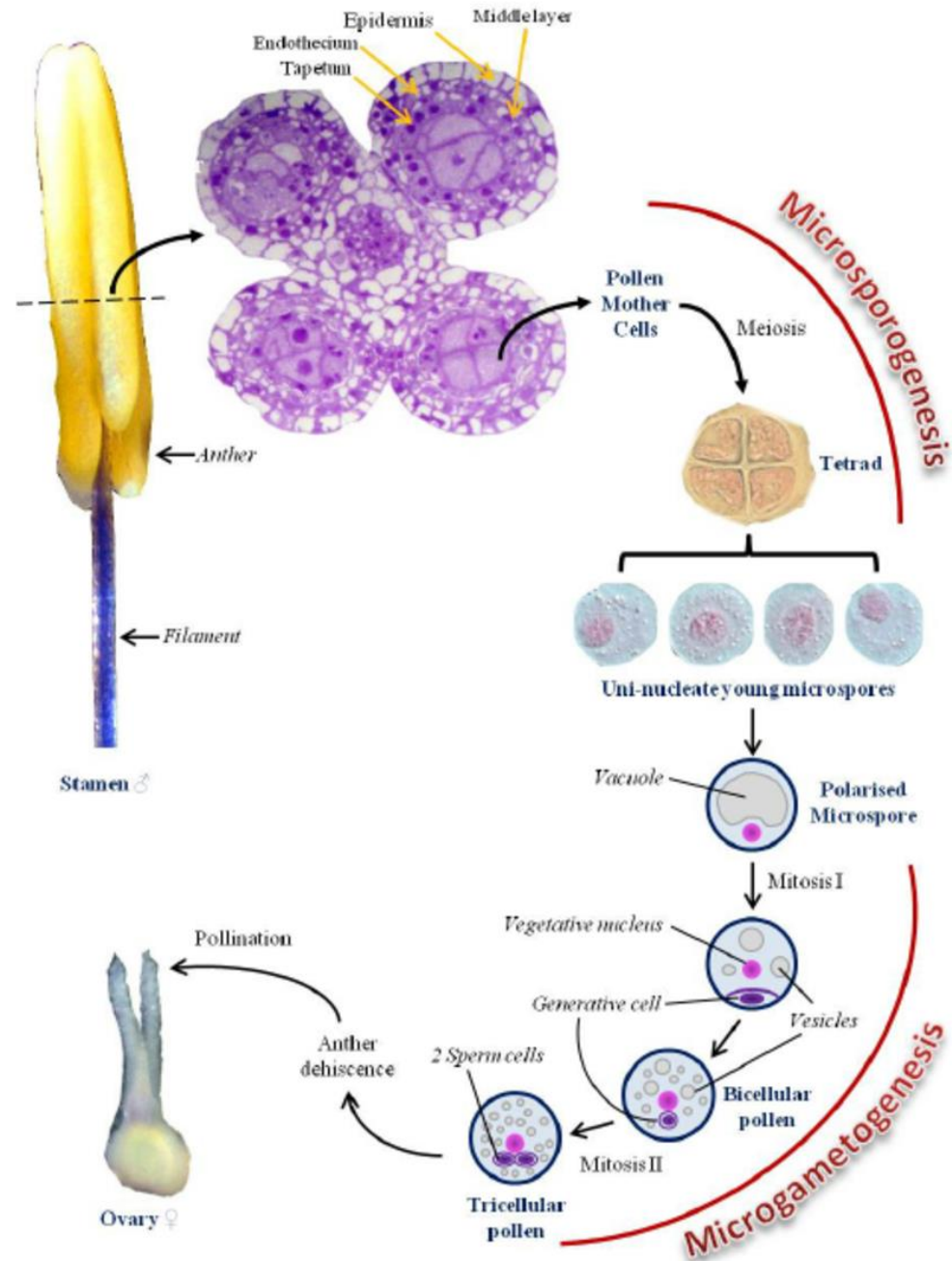
Diploid ($2n$)

100 μm

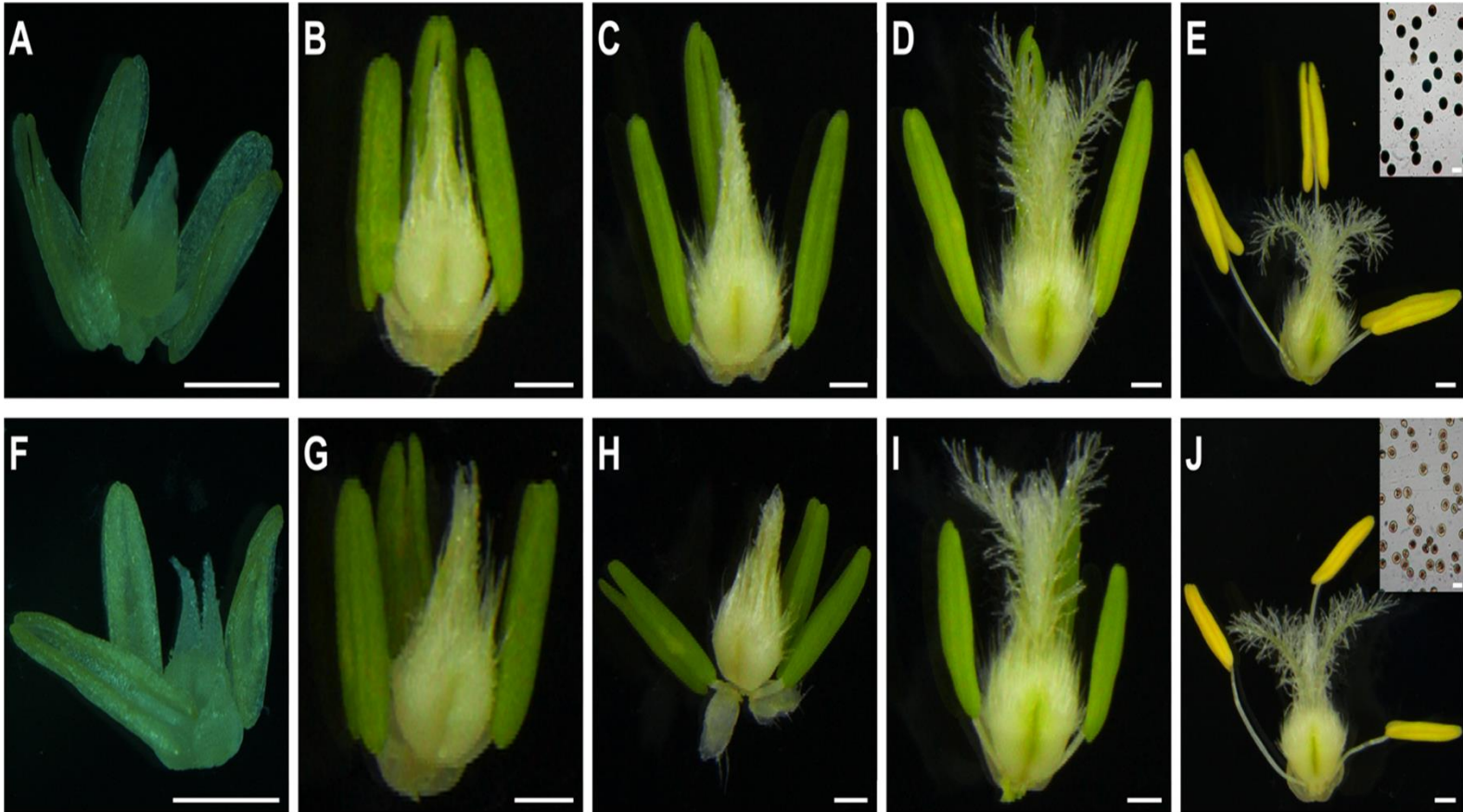
Buğdayda polen oluşumu



Polen oluşumu (Erkek gamet oluşu) (Erkek gametofitin oluşumu)



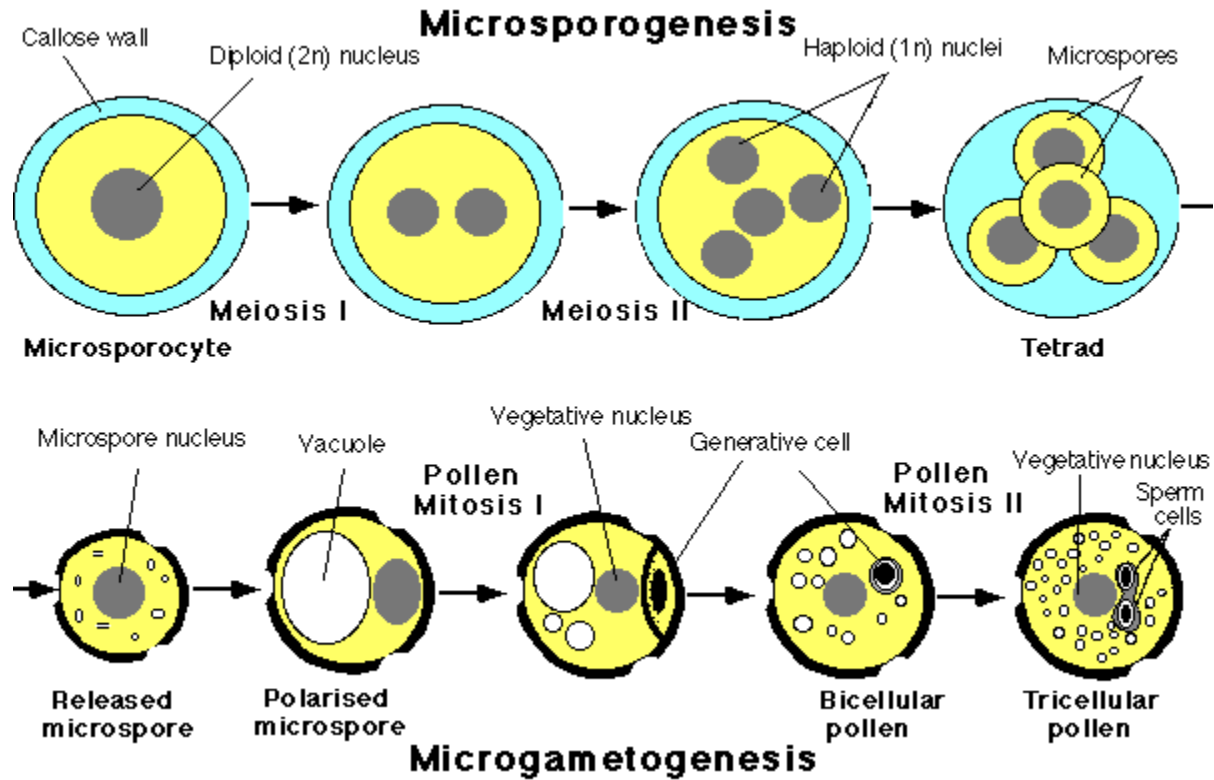
Buğdayda anther gelişimi



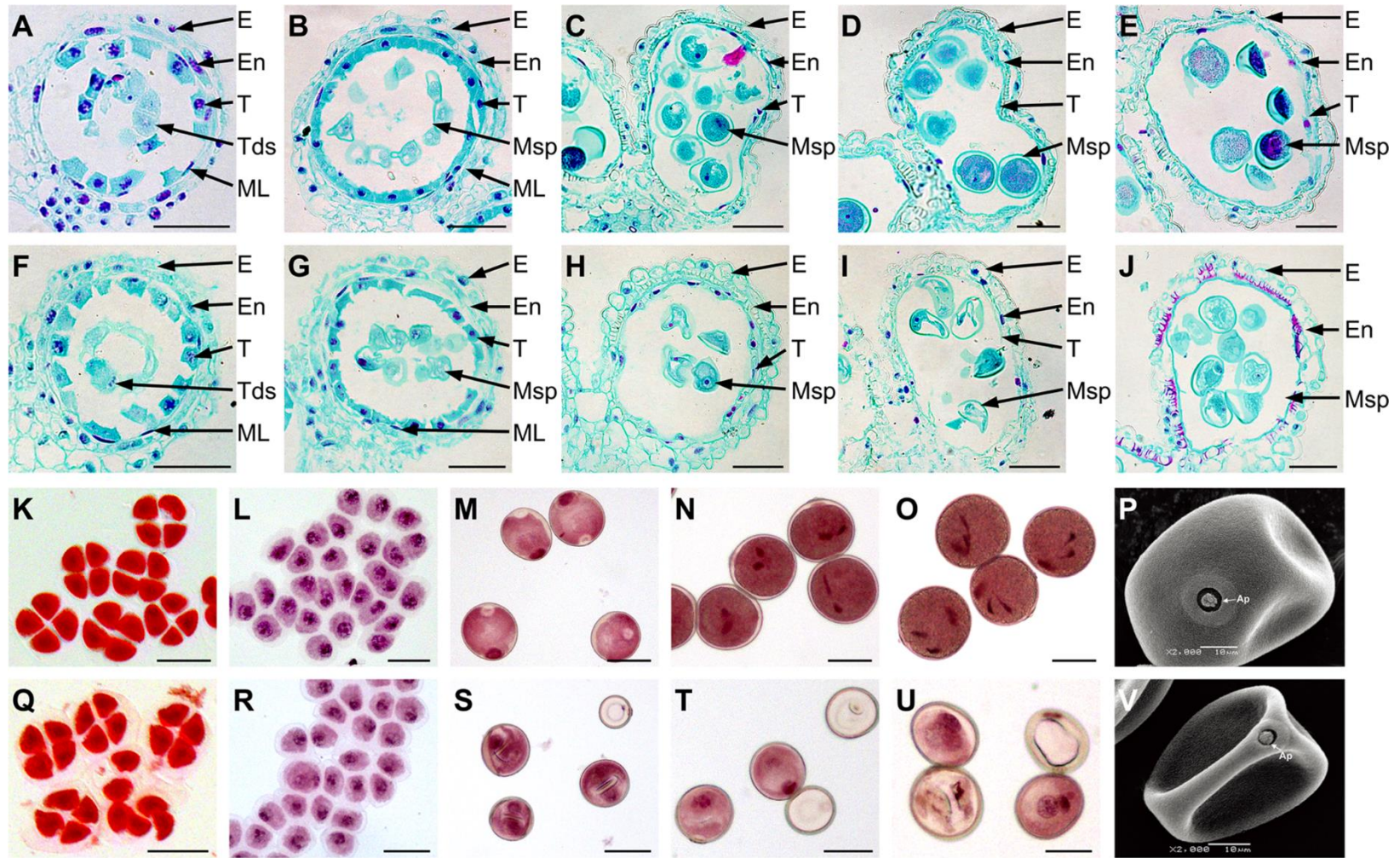
A and F) the tetrad stage. (B and G) the early-uninucleate stage. (C and H) the later-uninucleate stage. (D and I) the binucleate stage. (E and J) the trinucleate stage. (E and J, top right) the 2% I₂-KI (top right) staining pollen grains. Scale bars are 0.5 mm in A to J and are 50 µm in the top right of E and J.

Wang S, Zhang G, Song Q, Zhang Y, Li Z, Guo J, et al. (2015) Abnormal Development of Tapetum and Microspores Induced by Chemical Hybridization Agent SQ-1 in Wheat. PLoS ONE 10(3): e0119557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119557>

Buğdayda polen oluşumu



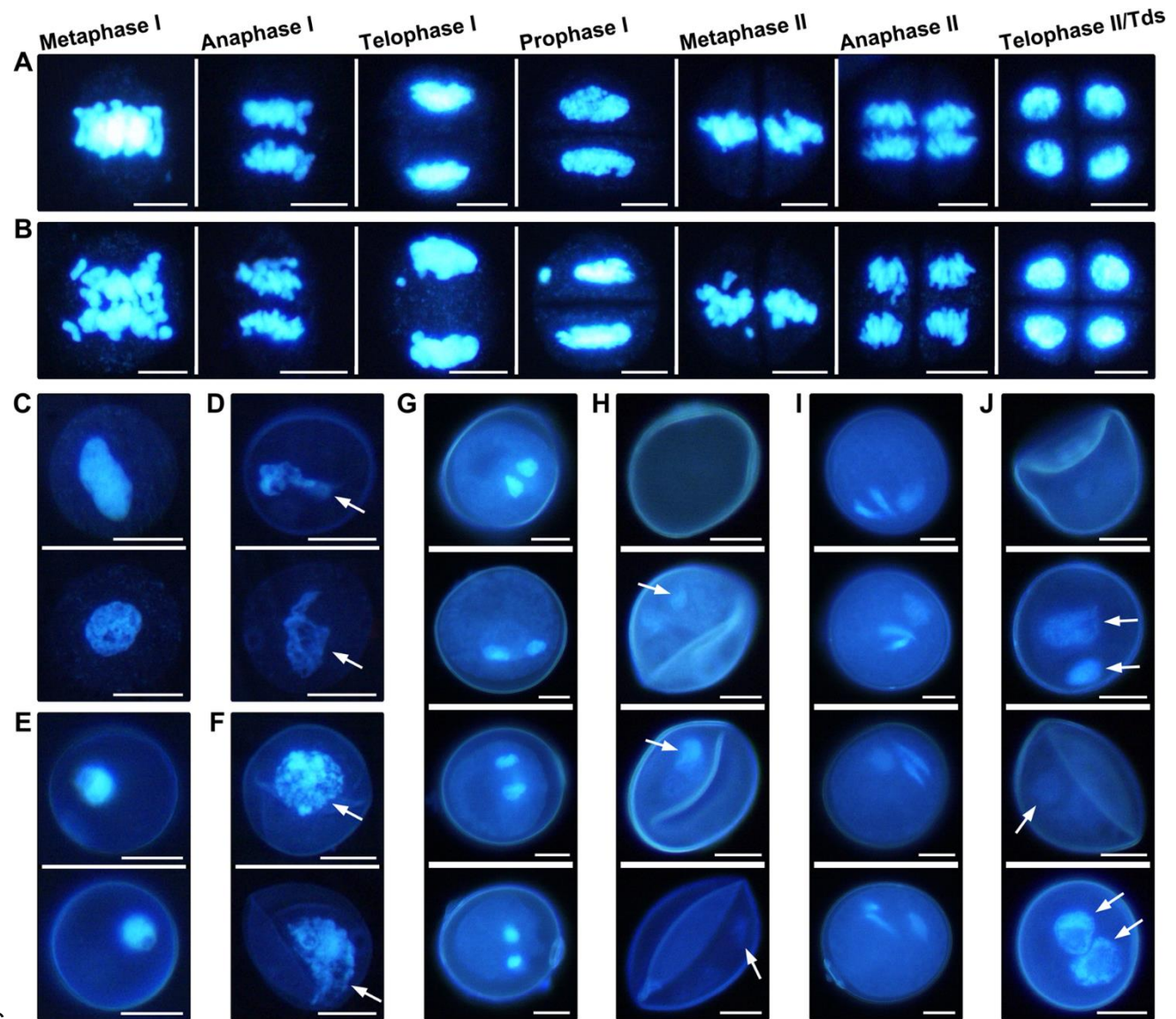
Buğdayda polen gelişimi



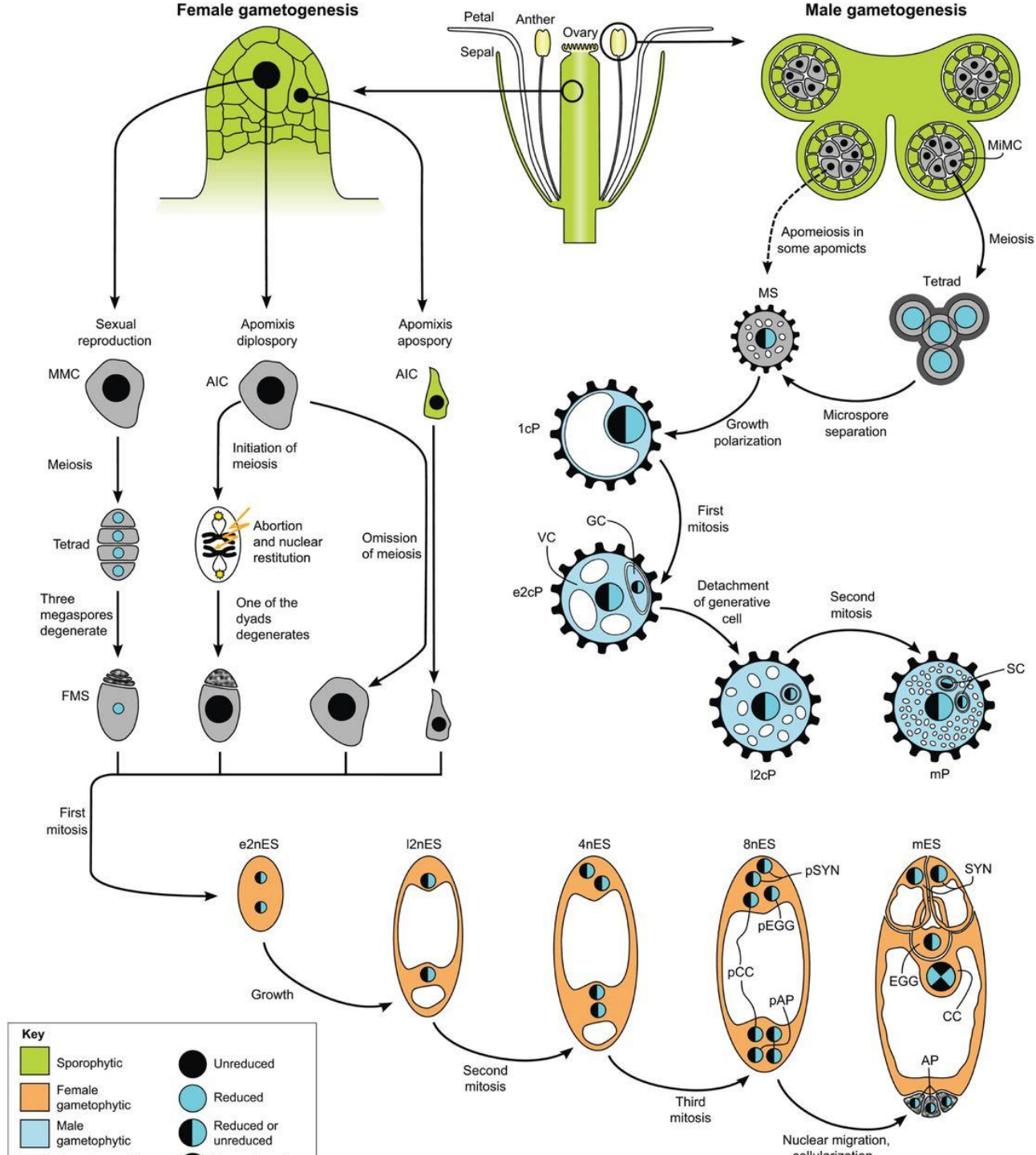
Development of anthers and microspores in untreated (A to E and K to P) and chemical hybridization agent (CHA)-SQ-1-treated wheat plants (F to J and Q to V).

(A to J) safranin O/fast green-stained transverse sections. (K to O and Q to U) 1% acetocarmine-stained microspores. (P and V) a scanning electron micrograph was used to analyse the mature pollen grains. (A, F, K and Q) the tetrad stage. (B, G, L and R) the early-uninucleate stage. (C, H, M and S) the later-uninucleate stage. (D, I, N and T) the binucleate stage. (E, J, O and U) the trinucleate stage. E, En, ML, T, Tds, Msp and Ap indicate the epidermis, the endothecium, the middle layer, the tapetum, the tetrads, the microspore and the germination aperture, respectively. Scale bars are 50 μ m in A to O and Q to U.

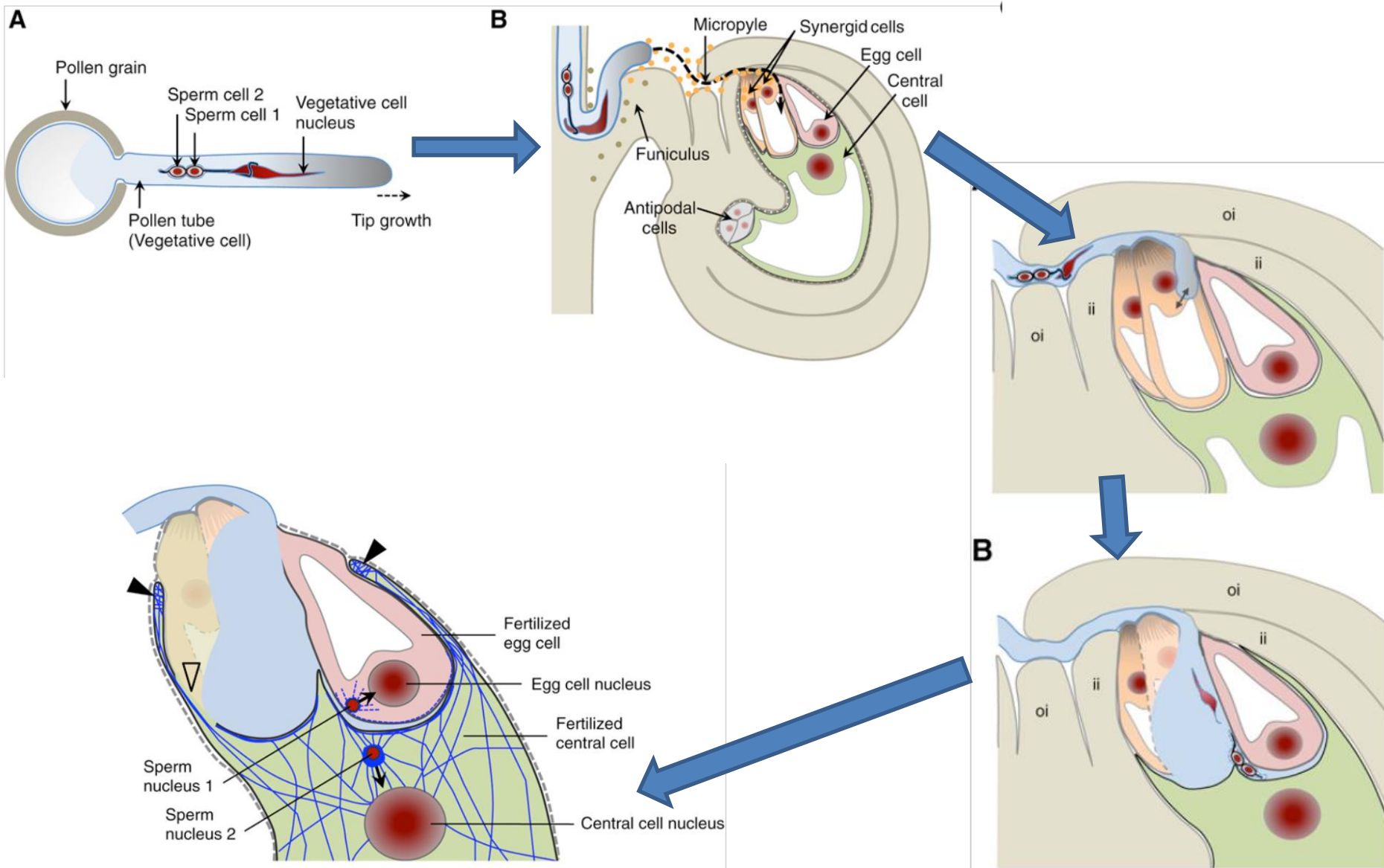
Buğdayda polen gelişimi



DAPI-stained showing microspore development of untreated and chemical hybridization agent (CHA)-SQ-1-treated wheat plants. Five stages of microspore development in untreated plants (A, C, E, G and I) and the corresponding stages of the CHA-SQ-1-treated plants (B, D, F, H and J) were compared. (A and B) the tetrad stage. (C and D) the early-uninucleate stage. (E and F) the later-uninucleate stage. (G and H) the binucleate stage. (I and J) the trinucleate stage. White arrows indicate abnormal nuclei. Scale bars are 10 μ m.



Arabidopsis thaliana'da çift döllenme (double fertilization)



1-Erkek Kısırlılığı (Male Sterility)

Tanımı:

Bir bitkide anterlerin veya polenlerin fonksiyonel (işlevsel) olmaması durumudur.

Ortaya çıkma şekli:

- 1-Anter veya polen üretilmemesi veya çok az üretilmesi
- 2-Anter veya polenin hatalı oluşması
- 3-Çiçeklerin veya stamenlerin olmaması
- 4-Anterlerin açılmaması

Erkek kısırlılık tipleri:

- a) Gerçek erkek kısırlılığı
- b) Fonksiyonel (işlevsel) erkek kısırlılığı (polen fertil olmasına rağmen antherin açılmaması)
- c) Uyarılmış erkek kısırlılığı (kimyasallarla erkek kısırlılığının sağlanması)

a) Gerçek erkek kısırlılığı 3 şekilde ortaya çıkar

1-Genetik erkek kısırlılığı (genik veya nükleer)

2-Sitoplazmik erkek kısırlılığı

3-Stoplazmik-genetik erkek kısırlılığı

Genetik erkek kısırlılığı:

Çekirdekdeki kromozomlar üzerindeki genler tarafından kontrol edilir. Yaklaşık tüm diploid ve poliploid türlerin en az bir geni genetik erkek kısırlılığı ile ilgilidir.

Genetik erkek kısırlılığı görülen türler: Arpa, pamuk, soya, domates, patates, lima fasülyesi

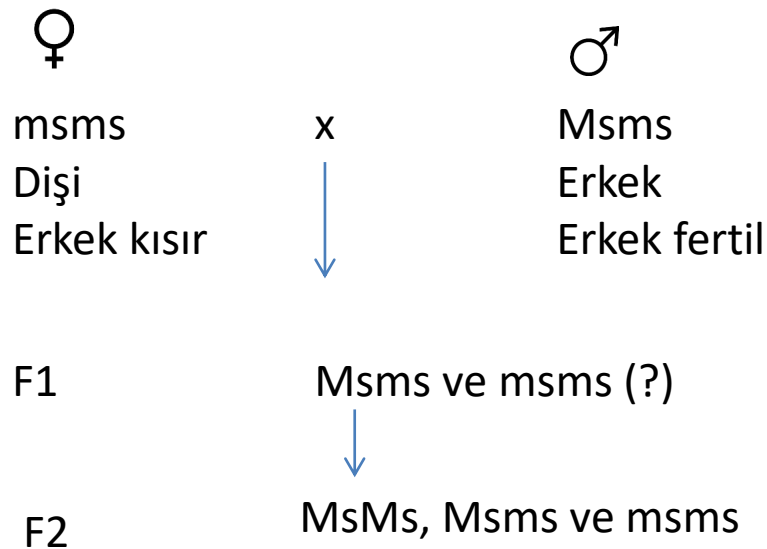
Genetik erkek kısırlılığı ya polen oluşmaması veya anormal anther gelişimi şeklinde ortaya çıkar.

Genetik erkek kısırlığı

Bir gen ve iki alleli genetik erkek kısırlığına neden olur

ms, resesif ve kısır

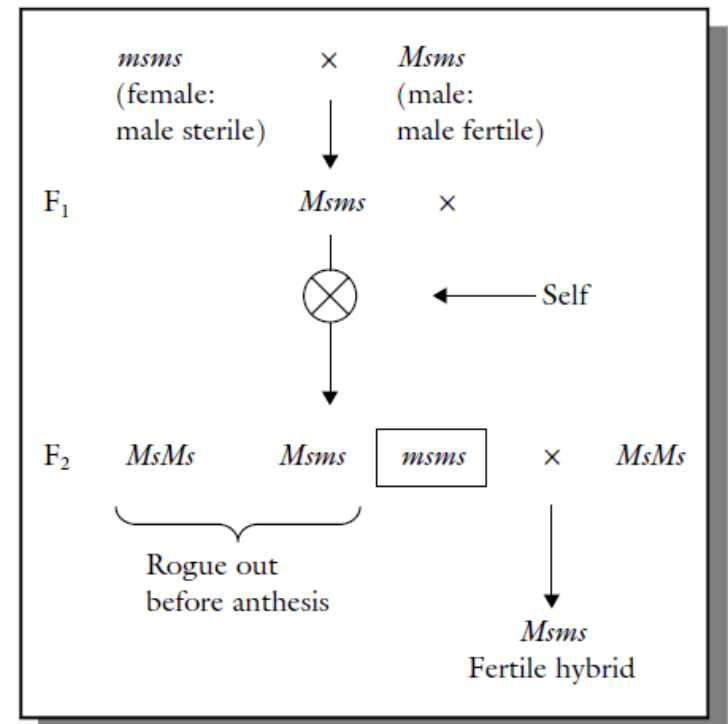
Ms, dominant ve fertil



Genetik Erkek Kısırlığı
devam etme şekli

msms x *MsMs*

F₁ *Msms*



Sitoplazmik erkek kısırlığı

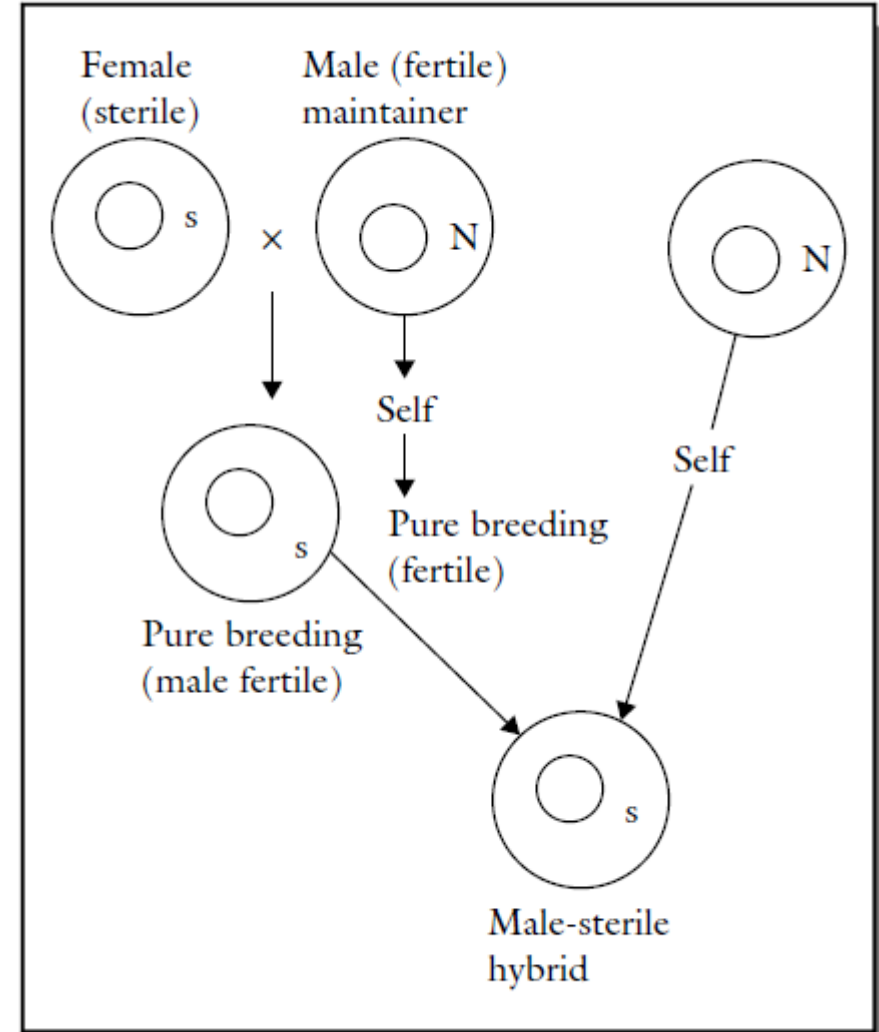
Sitoplazmada yer alan mitokondirideki genetik materyal neden olur.
Fakat çekirdek genleri tarafından etkilenebilmektedir.

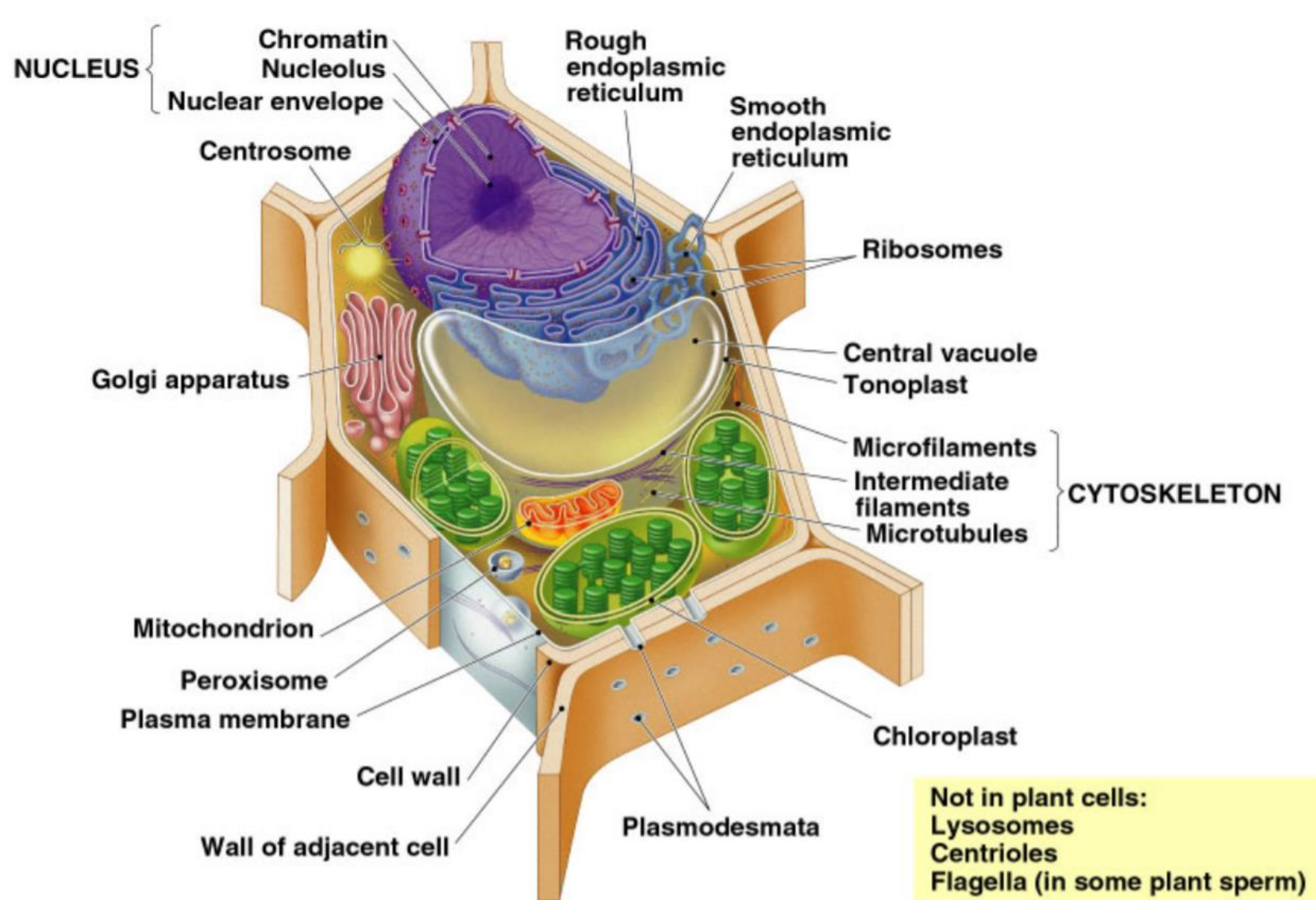
Sitoplazmik kısır olmayan sitoplazma normal (N) şeklinde, kısır olan ise s ile gösterilir.

Sitoplazmik erkek kısırlığı literatürde CMS kısaltması ile gösterilir.

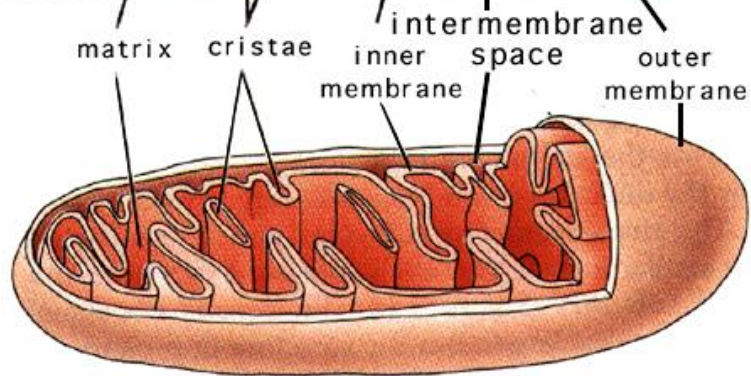
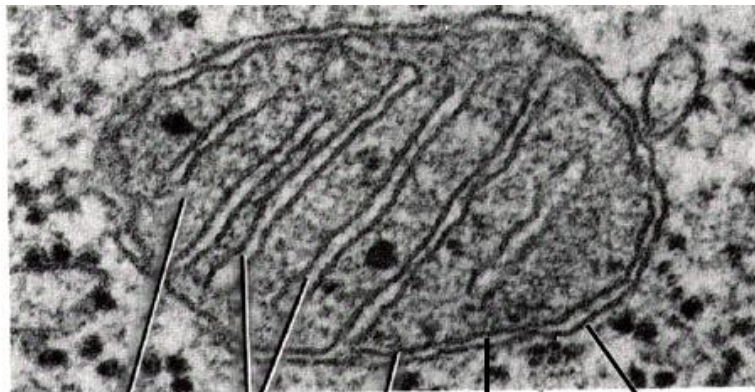
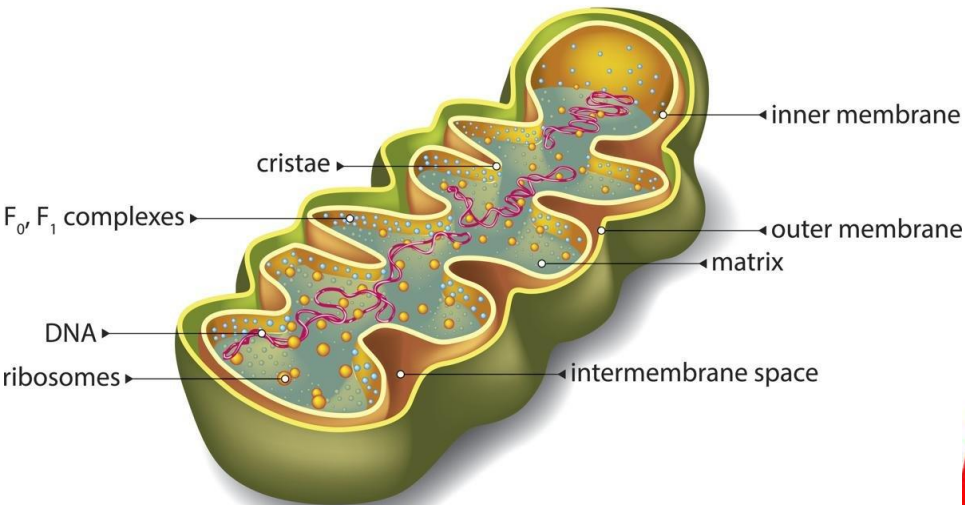
CMS, sadece ana ebeveyn ile aktarılır.
Çünkü sitoplazma sadece anadan yavruya aktarılır.

Polenin generatif çekirdeği, yumurta ile birleşmekte ve polen generatif çekirdeğinde sadece çekirdek kromozomları yer almaktadır.

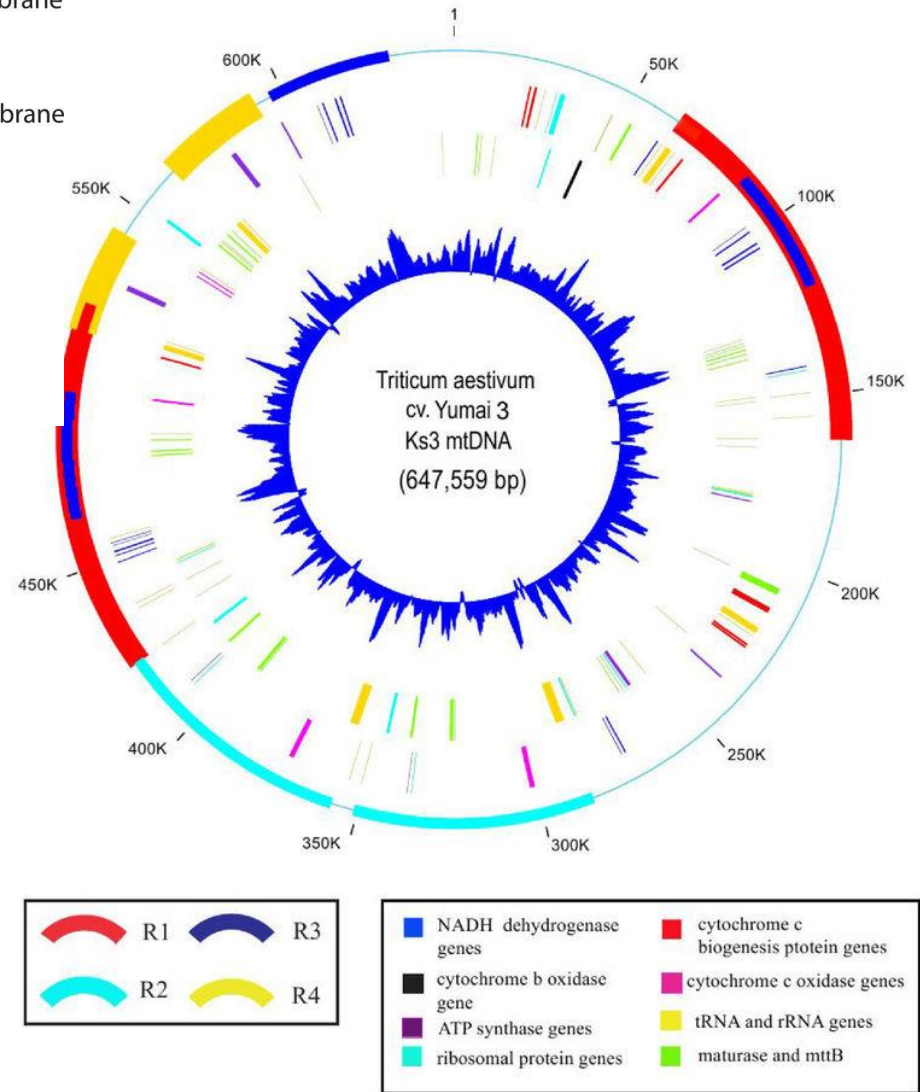




MITOCHONDRIA



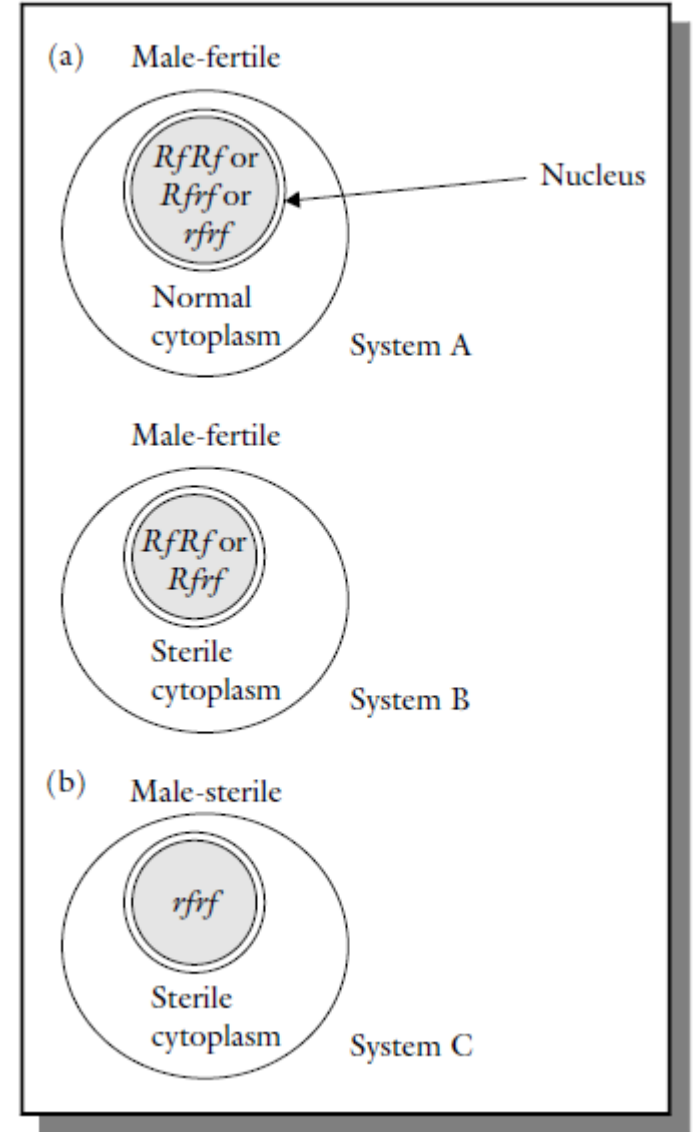
Buğdayda mitokondiri DNA'si



<https://bmcbgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2164-12-163>

Sitoplazmik genetik erkek kısırlığı

Sitoplazmik erkek kısırlığı, çekirdekte yer alan fertilitiyi restore (onaran) eden genlerin dominant allelleri ile ortadan kalkabilir. Böylece anterler normal polen üretebilirler.



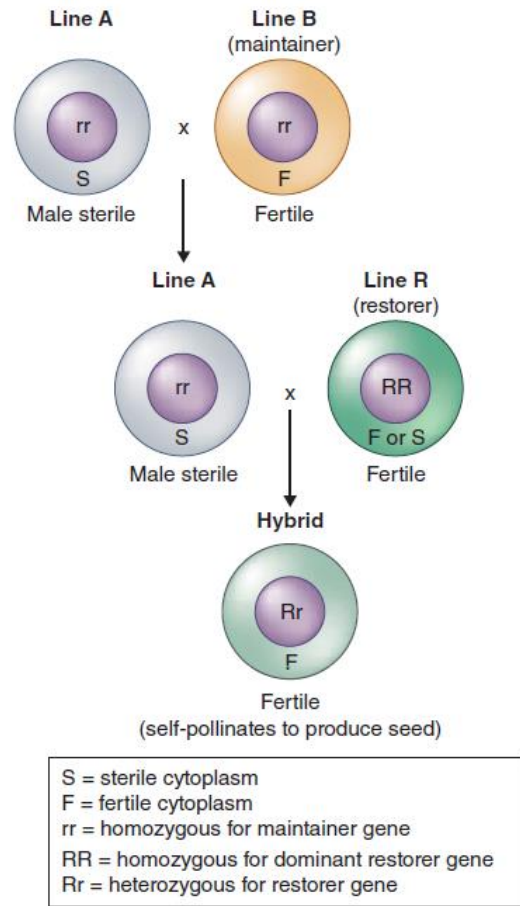


Figure 5.12 The use of CMS in crop breeding. Step 1, generating male sterile plants. A male sterile line is used as the female parent in the cross; the pollen comes from a plant that has a similar or identical nuclear genome but a non-mutant mitochondrion. All seed produced will be male sterile because the mitochondria are inherited only from the (male-sterile) female parent. Step 2, restoring fertility. The male sterile line is crossed with a line that is genetically distinct, and has restorer genes in its nucleus. The restorer genes allow pollen to develop normally. Step 3, commercial seed is now produced by the hybrid line with the restorer genes. Adapted from Canola Council of Canada (<http://www.canolacouncil.org/crop-production/canola-grower%27s-manual-contents/chapter-2-canola-varieties/canola-varieties>)

Hibrid çeşit geliştirirken erkek kısırlığından nasıl yararlanılır?

Süredürücü (Maintainer)
Baba Ebeveyn

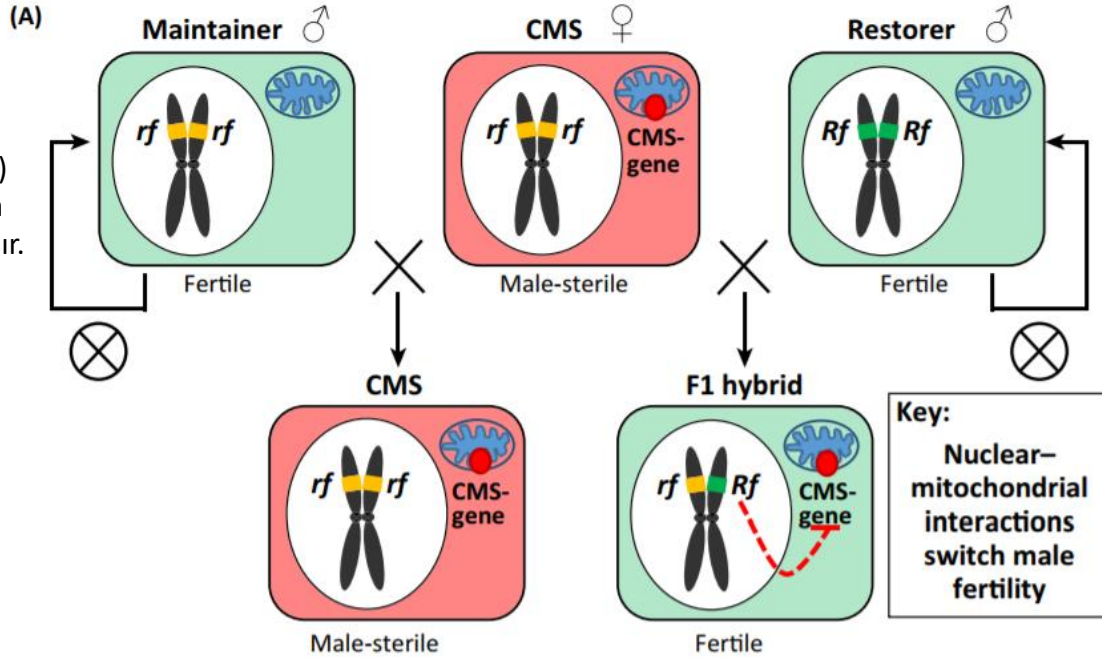
Kısır (CMS)
Ana Ebeveyn

Fertiliteyi Onarıcı (Restorer)
Baba Ebeveyn

Onarıcı gen resesif (rf)
Sitoplazma normal

Onarıcı gen resesif (rf)
Sitoplazma kısır

Onarıcı gen dominant (Rf)
Sitoplazma normal



Fertiliteyi Onarıcı (Restorer)
Baba ebeveynin tohum
üretimi kendisiyle yapılır.
Çünkü Fertiliteyi Onarıcı (Restorer),
kendine kısır değildir.

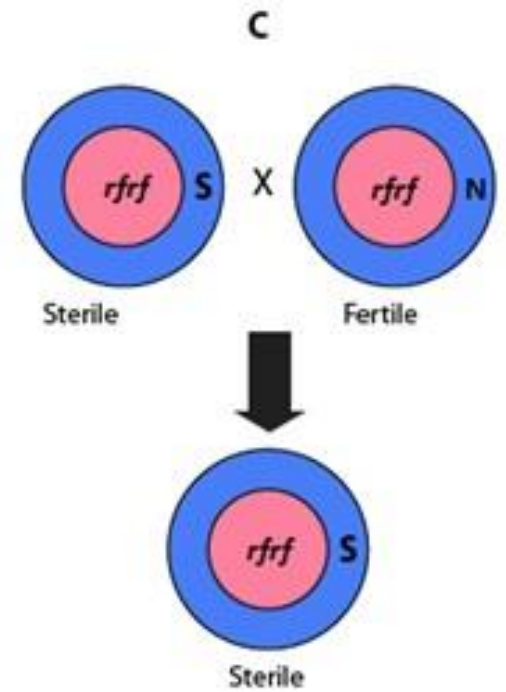
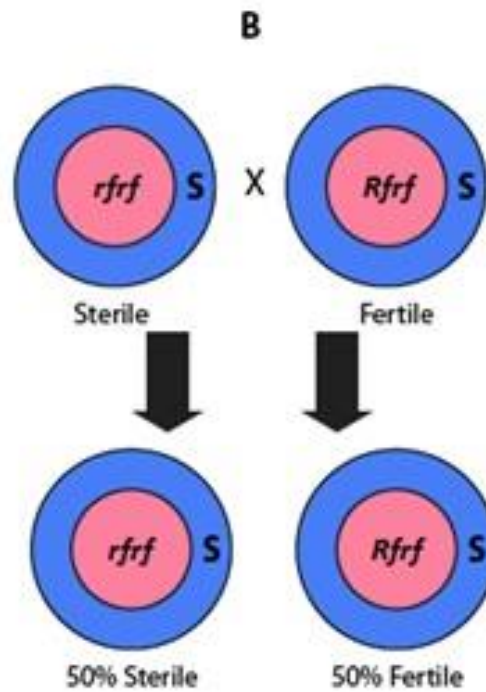
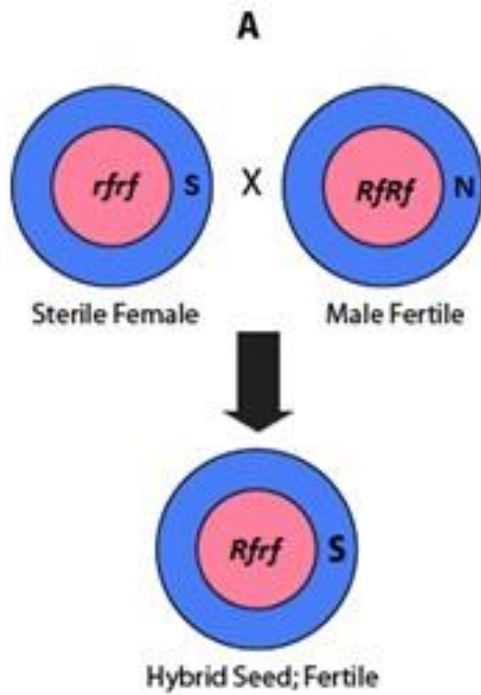
Kısır (CMS)
Ana ebeveynin üretilmesi
Onarıcı gen resesif (rf)
Sitoplazma kısır

F1 Hibrid çeşidinin üretilmesi
Çekirdekdeki kromozomun üzerindeki onarıcı genin dominant (Rf) alleli,
sitoplazmadaki (mitokondri) kısırleştirici genin allelini işlevsiz
(susturularak) hale getirir. Böylece sitoplazma kısırlıktan kurtularak
normal (fertil) hale gelir.

Sitoplazmik erkek kısırlığının onarılmasında görev alan onarıcı (restorer) genler, Çekirdekteki kromozomlar üzerinde bulunur. Bu genler izogenik hatlardan elde edilir. Sitoplazmik erkek kısır hat (rf) ile restorer hat (Rf) arasında sadece bir genin iki alleli farklı olup diğer tüm genlerin allelleri aynıdır. Yani restorer hatta Rf alleli, sitoplazmik erkek kısır hatta ise rf alleli bulunur. Sitoplazmik erkek kısır hattın mitokondrilerinde kısırılık geni bulunur iken, reostorer hattın mitokondrilerinde erkek kısırılık geni bulunabilir veya bulunmayabilir. Restorer hattaki Rf dominant alleli, kendi sitoplazmasındaki mitokondride kısırılık gen allelili bulunması durumunda, mitokondrideki kısırılık gen allelini işlevsiz (susturarak) hale getirir ve böylece restorer hattın sitoplazması fertil (normal) hale döner. Sitoplazmik erkek kısır hatta ise çekirdek kromozomunda bulunan rf resesif alleli, mitokondrideki kısırılığına neden olan alleli işlevsiz hale getiremez ve böylece sitoplazma kısır kalmaya devam eder.

Sitoplazmik erkek kısırlığında görev alan çekirdek kromozomunda bulunan restorer genler (Rf ve rf) ile çekirdek kromozomundaki genetik erkek kısırlığına neden olan genler (Ms ve ms) birbirinden tamamen farklı genlerdir.

Restorer genler (Rf ve rf) sadece mitokondrideki kısırılık genlerinin etkilerini değiştirirler. Genetik erkek kısırlığı genleri (Ms ve ms) ise sadece çekirdek kromozomları üzerinden doğrudan kısırlığa neden olurlar.



2-Kendine Uyuşmazlık

Tanımı:

Çiçekte fonksiyonel (işlevsel) haldeki polenin fonksiyonel haldeki yumurtayı dölleyememesi durumudur.

Kendine uyuşmazlıkta, aynı çiçekteki polen, aynı çiçekteki stigma tarafından kabul edilmez. Ancak farklı bitkilerden veya çiçeklerden gelen polen yumurtayı dölleyebilir.

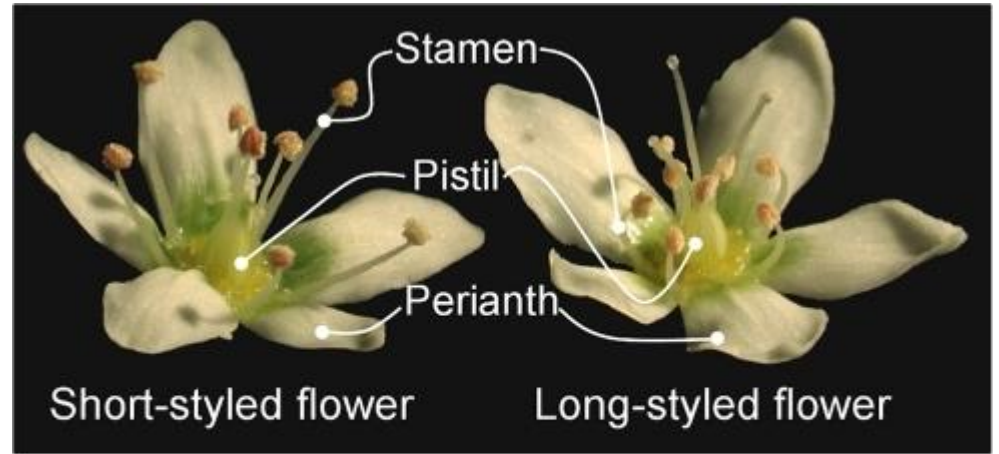
Kara Buğday (*Fagopyrum esculentum*)

Heteromorfik
Kendine Uyuşmazlık

Çiçek Morfolojisi

Thrum Çiçek Tipi

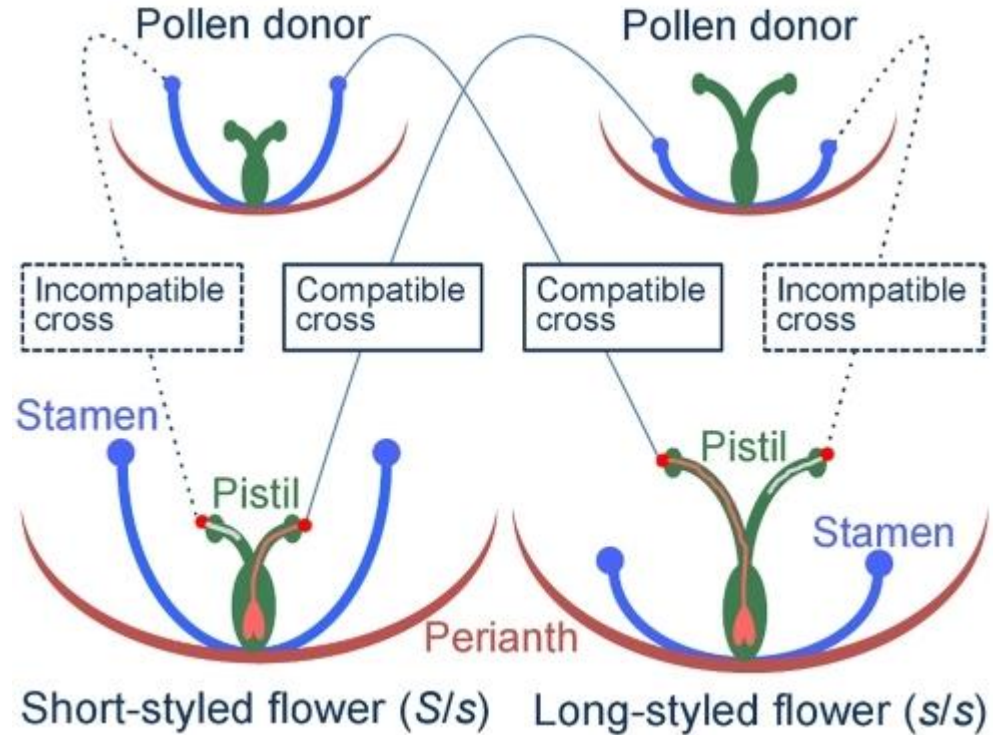
Uzun stamen (filament)
Kısa pistil (stilus)



Pin Çiçek Tipi

Kısa stamen (filament)
Uzun pistil (stilus)

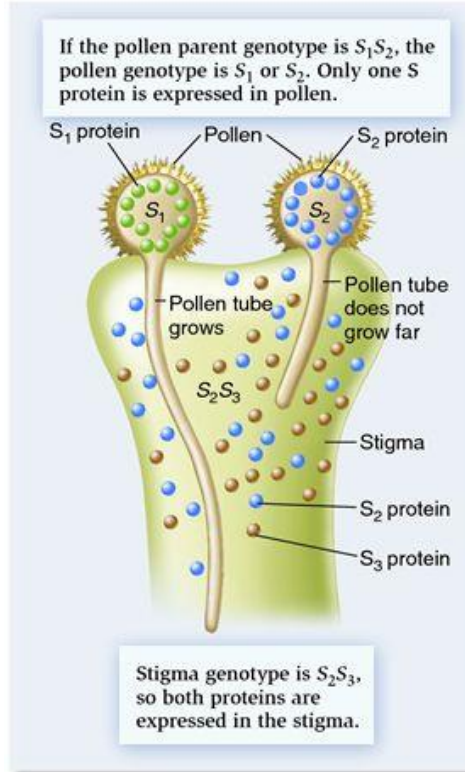
Tarla bitkilerinde
heteromorfik
uyuşmazlık
bulunmamaktadır.



Homomorfik Kendine Uyuşmazlık Tipleri

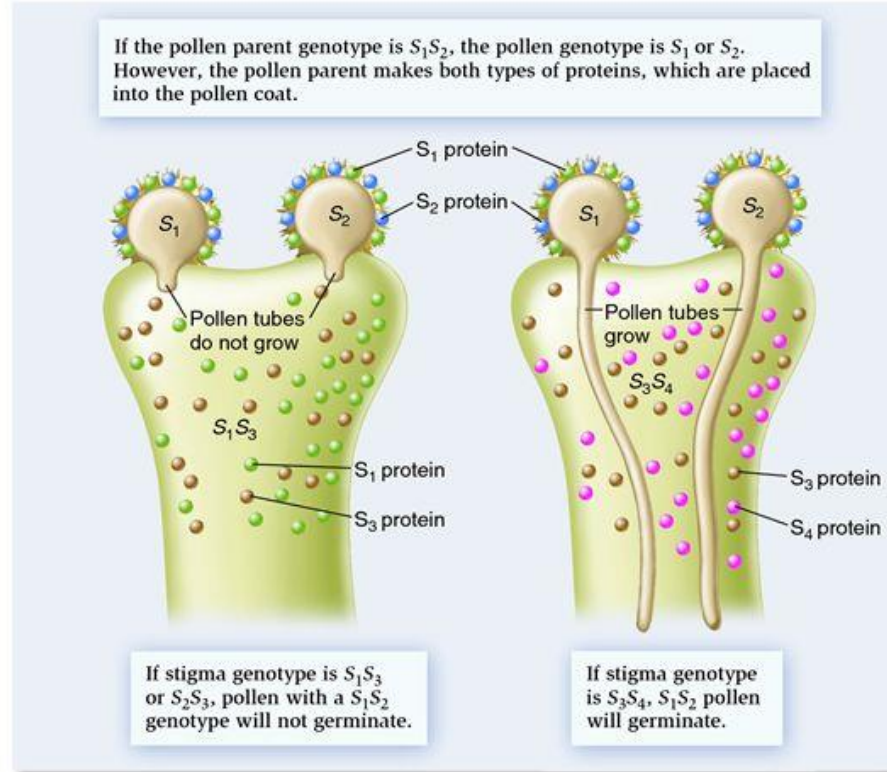
Polen ve stigma'nın gen allelleri homomorfik kendine uyuşmazlık tiplerini belirler.

Gametofitik Kendine Uyuşmazlık



(a) Gametophytic SI: If pollen S allele does not match either stigma allele, pollen will germinate.

Sporofitik Kendine Uyuşmazlık



(b) Sporophytic SI: If pollen coat S proteins do not match either stigma S protein, pollen tubes will grow.

Gametofitik tipte, polen çekirdeğinin içerisinde sadece bir allel (S_1 veya S_2) ve onun proteini bulunur

Sporofitik tipte polen çekirdeğinin içerisinde sadece bir allel (S_1 veya S_2) bulunur, fakat polen çekirdeğinin dış kısmında iki allelin (S_1 ve S_2) birlikte proteini bulunur. Sporofitik kendine uyuşmazlıkta mikrospor ana hücresindeki allel sayısı, uyuşmazlığın seviyesini belirler (polen çekirdeğindeki allel değil)

Gametofitik Kendine Uyuşmazlık

Bir genin pek çok alleli tarafından kontrol edilir ve allel S ile gösterilir.

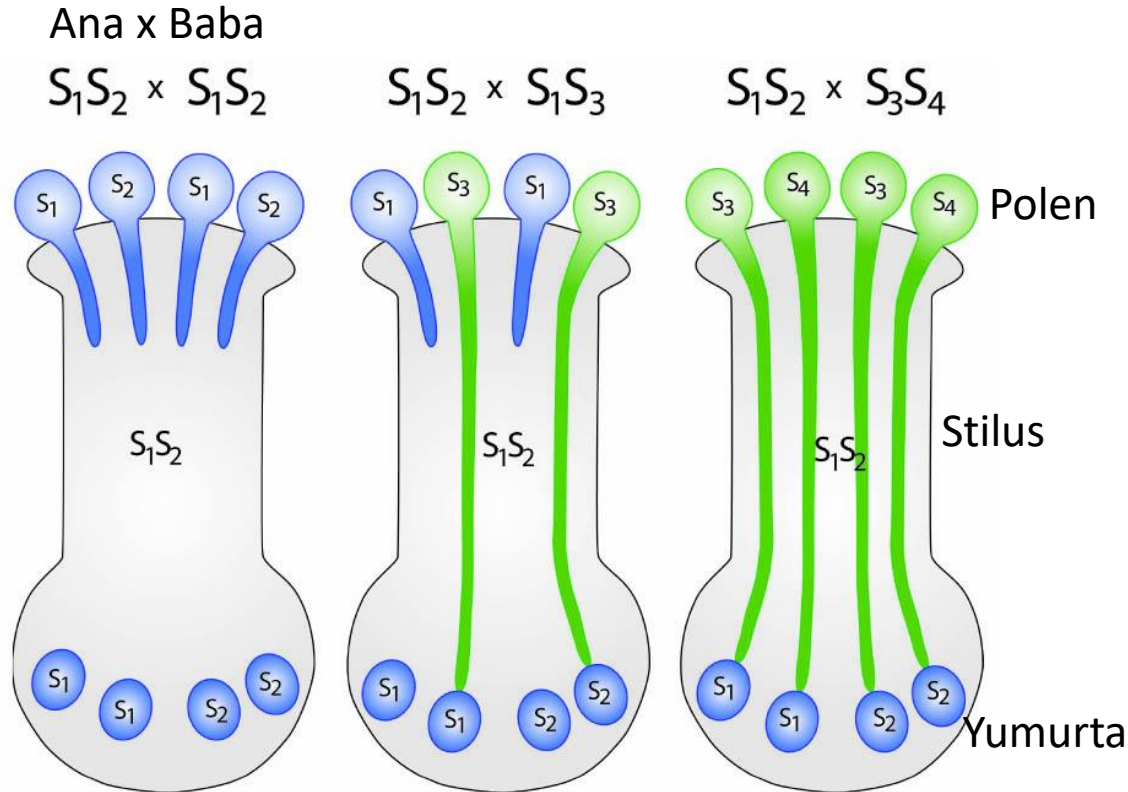
Her bir polen, haploid (n) kromozom sayısına sahip olduğundan dolayı sadece bir allel bulundurur.

Stigma, diploid yapılı olup 2n kromozom bulundurur ve 2 allelidir.

Polen ve stigmanın allellerinden en az birinin farklı olması, polenin stigmada çimlenmesi, stilusta uzaması ve embryo kesesine girerek yumurtayı döllenmesine izin verir.

Bademde (*Prunus dulcis*) 6. kromozom üzerinde yer alan bir genin yaklaşık 40 alleli gametofitik kendine uyumsuzluğu kontrol eder.

Tarla bitkileri: çavdar (*Secale cereale*), ingiliz çimi (*Lolium perenne*), italyan çimi (*Lolium multiflorum*)

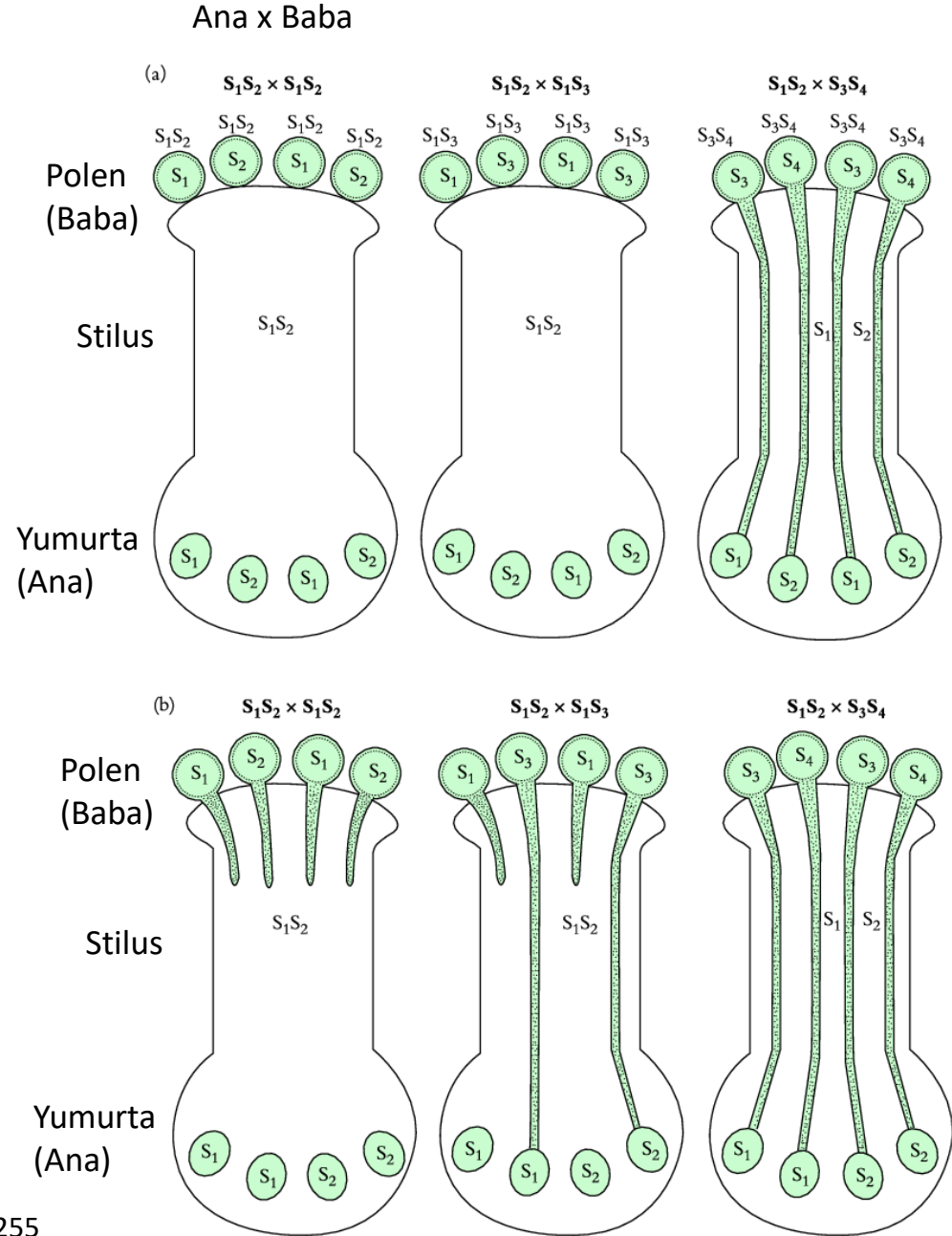


Sporofitik Kendine Uyuşmazlık

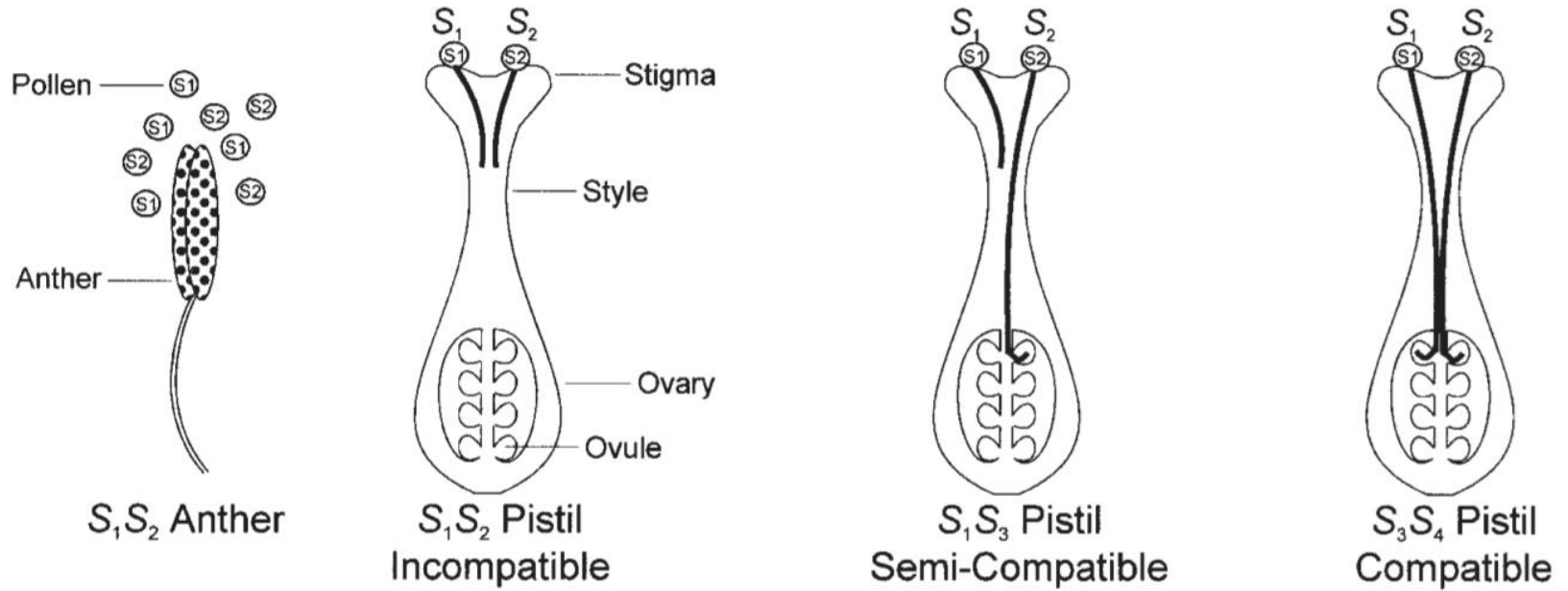
Polenin allelleri , stigmanın allellerinden tamamen farklı olmalıdır. Örneğin tek genin 4 farklı alleli (S1, S2, S3 ve S4) olduğunu düşünelim. Sadece S1S2 x S3S4 (ana x baba) allellere sahip melezin polenleri çimlenerek yumurtayı dölleyebilir. Diğer tüm ihtimallerde sporofitik kendine uyuşmazlık olacaktır.

Örnek: Ayçiçeği,
Broccoli, Lahana, Turp

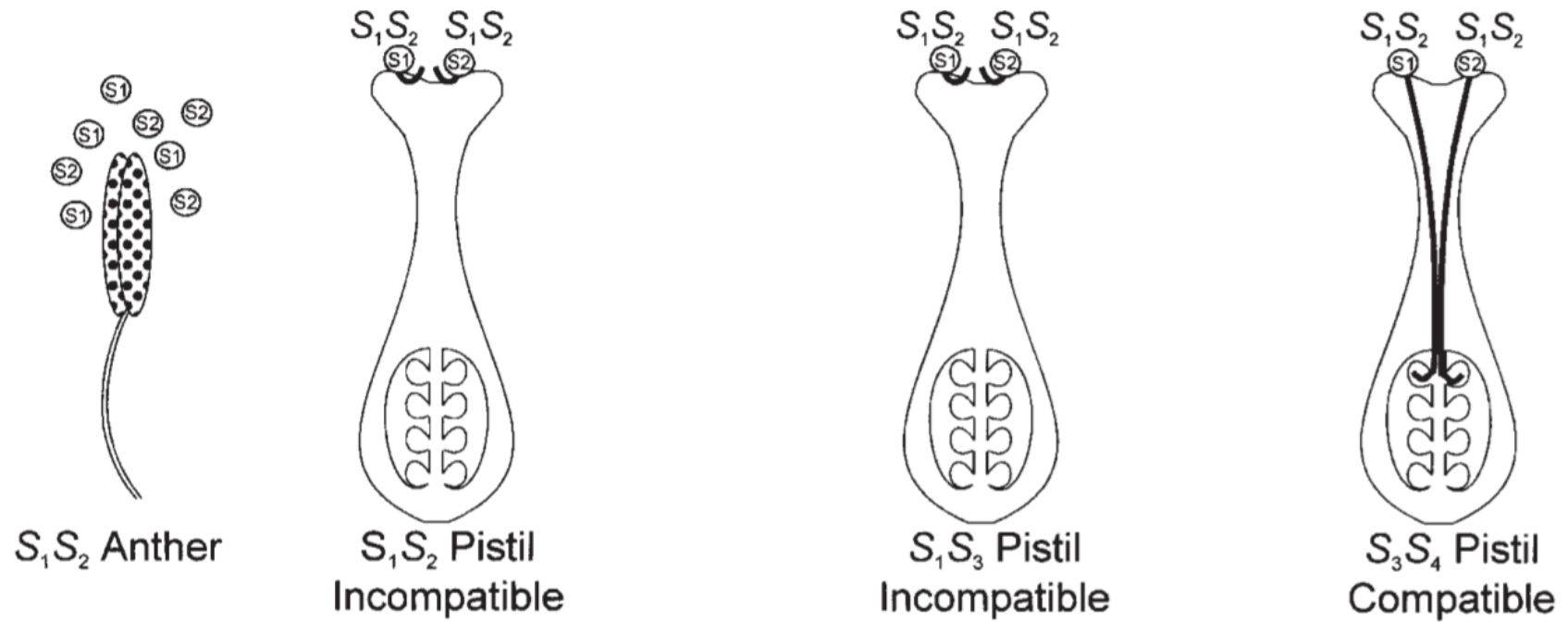
Yandaki a) ve b) şekillerinde gösterilen uyuşmazlık tipleri hangileridir?



A. Gametophytic Self-Incompatibility



B. Sporophytic Self-Incompatibility



Cell. Mol. Life Sci. Vol. 58, 2001