

10. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

10.2. Kalıtımın Genel İlkeleri

10.2.1. Kalıtım ve Biyolojik Çeşitlilik

Anahtar Kavramlar

alel, biyolojik çeşitlilik, dihibrit, dominant, eş baskınlık, eşeye bağlı kalıtım, fenotip, gen, genotip, gonozom, hemofili, heterozigot, homozigot, monohibrit, mutasyon, otozom, Punnett karesi, rekombinasyon, renk körlüğü, resesif, soyağacı, varyasyon

10.2.1.1. Kalıtımın genel esaslarını açıklar.

- a. Mendel ilkeleri örneklerle açıklanır.
b. Monohibrit, dihibrit ve kontrol çaprazlamaları, eş baskınlık, çok allelilik (Kan gruplarıyla ilişkilendirilir.) örnekler üzerinden işlenir. **Eksik baskınlık ve pleiotropizme girilmez.**

MENDEL GENETİĞİNDEN SAPMALAR

1. EŞ BASKINLIK

- Heterozigot durumda alel genlerin her ikisinin de etkisini birlikte göstermesi durumudur. Heterozigot bireyler hem annenin hem babanın fenotipini gösterir.
-Eş baskınlığın en güzel örneklerinden biri insanlardaki MN kan grubudur. Alyuvarların yüzeylerinde M antijeni bulunanlar M, N antijeni bulunanlar N, her iki antijen bulunanlar MN kan grubuna sahiptir. Burada M ve N genleri eş baskındır. Bir araya geldiklerinde (MN şeklinde) ikisi de etkisini göstererek MN kan grubunu oluştururlar.

Fenotip (Kan grubu)	Genotip	Alyuvardaki antijen (Aglütinojen)
M	MM	M
N	NN	N
MN	MN	M ve N

Tablo: İnsanların MN sistemi açısından fenotip ve genotipleri ile antijen içerikleri

NOT:

İnsanlarda M ve N antijenlerine karşı antikor oluşmaz. Bu nedenle M, N ve MN kan grupları arasında yapılan kan nakillerinde çok önemli bir sorun çıkmaz.

- Eş baskınlığın görüldüğü monohibrit çaprazlamalarda fenotip ve genotip ayrışım oranlarını bir çaprazlama ile görelim:

P:	MN	MN
G:	M ve N	M ve N
	M	N
M	MM	MN
N	MN	NN

-Genotip oranı: 1 (MM): 2 (MN): 1 (NN)

-Fenotip oranı: 1 (M): 2 (MN): 1(N)

-Eş baskınlık, A-B-O kan grubu sistemindeki A, B ve O allelleri arasında da görülür. Bu genlerden A ve B eş baskın, O ise çekiniktir. (A = B > O)

NOT:

Eş baskın özellik gösteren bir özellik ile ilgili canlının genotipini bulmak için kontrol çaprazlamasına gerek yoktur. Çünkü her fenotipin bir tane genotipi vardır. Verilen fenotipe göre genotip bellidir.

2. ÇOK ALLELİK

- Bir karakteri oluşturan allel çeşidinin ikiden fazla olmasına **çok allelik** denir.
-Örneğin tavşanlarda kürk renginin, meyve sineğinde göz renginin, insanda kan gruplarının kalıtımında ikiden fazla allel gen rol oynar.

NOT:

Bir karakterin kaç çeşit alleli olursa olsun diploit birey bu allellerden en fazla ikisine, haploit bireyler ise bir tanesine sahiptir.

Örneğin bir karakterin A₁, A₂, A₃, A₄ ... A_n şeklinde allelleri olsa bile diploit bireyde bunlardan sadece ikisi (A₁A₂, A₁A₄, A₂A₃ gibi...), haploit bireylerde ise bu allellerden sadece biri (A₁, A₂, A₃, A₄ gibi...) bulunur.

- Bir popülasyonda bir karakterin kalıtımıyla ilgili çok allelik durumu söz konusu olduğunda, genellikle bu alleller arasında baskınlık bakımından bir hiyerarşi görülür. Büyük harf, seride yer alan diğer allellerin tümüne baskın olan aleli belirtmede kullanılır. Buna karşılık gelen küçük harf ise serideki diğer tüm allellerde çekinik olan aleli belirtir.

-**Örneğin** tavşanlarda tipik gri tavşan rengi (C), şinşila (c^{ch}), Himalaya (c^h) ve albino (c) fenotiplerinin ortaya çıkmasından sorumlu alleller vardır. Bunlar arasındaki baskınlık hiyerarşisi C > c^{ch} > c^h > c şeklindedir.

ÖSYM SINAV SORULARI

SORU 1. (2016-LYS2/BİY)

Tabloda dört çiftin kan grubu fenotipleri belirtilmiştir.

Çiftler	Çiftlerin Kan Grupları
Zekiye X Ömer	A x O
Funda X Enes	AB x AB
Ceren X Ali	O x AB
Ayşe X Yakup	B x A

Bu çiftlerle ilgili olarak aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) "Zekiye-Ömer" çiftinin çocuklarının kan grubu fenotipleri ya annelerinin ya da babalarının kan grubu fenotipinde olacaktır.
B) "Funda-Enes" çiftinin, O kan grubuna sahip çocukları olamaz.
C) "Ceren-Ali" çiftinin, AB kan grubuna sahip çocukları olamaz.
D) "Ayşe-Yakup" çiftinin, O kan grubuna sahip çocuklarının olması beklenebilir.
E) "Funda-Enes" çifti ile "Ceren-Ali" çiftinin A kan grubuna sahip bir çocuklarının olma olasılıkları aynıdır.

SORU 2. (2016-LYS2/BİY)

Eşeyli üremenin görüldüğü bir popülasyonda, A ve B genleri farklı özellikleri kontrol etmektedir.

Bu genlerin her birinin üçer aleli (A₁, A₂, A₃ ve B₁, B₂, B₃) mevcut ise bu popülasyonda bu iki genin oluşturacağı kaç farklı genotipe rastlanabilir?

- A) 9 B) 16 C) 27 D) 36 E) 81

SORU 3. (2015-LYS2/BİY)

Tavşanlarda kürk rengi, bir genin dört farklı aleli (R₁, R₂, R₃, R₄) tarafından kalıtılır. Bunlardan R₁: Renkli, R₂: Şinşila, R₃: Himalaya ve R₄: Albino özelliklerinden sorumludur. Bu alleller arasındaki baskınlık sıralaması R₁>R₂>R₃>R₄ şeklindedir.

Buna göre aşağıdaki çaprazlamaların hangisinden normal olarak renkli, şinşila ve himalaya fenotipine sahip yavruların her üçünün de doğması beklenebilir?

- A) R₁R₁ x R₄R₄ B) R₁R₂ x R₃R₄ C) R₁R₄ x R₂R₃
D) R₁R₄ x R₁R₄ E) R₂R₃ x R₂R₃

SORU 4. (2015-LYS2/BİY)

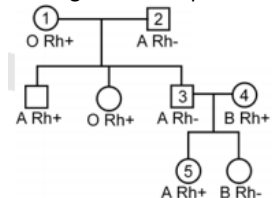
Bir anne babanın dört çocuğunun her birinin ABO sistemine göre kan grubu birbirinden farklıdır ve çocuklardan sadece biri Rh (-) kan grubuna sahiptir.

Buna göre anne ve babanın kan gruplarının fenotipi aşağıdakilerden hangisidir?

- | Anne | Baba |
|--------------|-----------|
| A) O Rh (+) | AB Rh (-) |
| B) A Rh (+) | B Rh (+) |
| C) AB Rh (+) | O Rh (-) |
| D) B Rh (-) | A Rh (-) |
| E) AB Rh (+) | O Rh (+) |

SORU 5. (SORU (2011- YGS / FEN)

Aşağıdaki soy ağacında bir ailedeki bireylerin kan grubu fenotipleri verilmiştir.



Tavşanlardaki fenotipler	Baskınlık hiyerarşisine göre olası genotipleri
Gri tavşan	CC, Cc ^h , Cc ^h , Cc
Şişi	c ^h c ^h , c ^h c ^h , c ^h c
Himalaya	c ^h c ^h , c ^h c
Albino	cc

- A, B, AB ve O kan gruplarının kalıtımını A, B ve O genleri sağlar. Bu genlerden A ve B genleri baskın, A ve B genleri birlikte bulunursa eş baskın, O geni ise çekiniktir. Bu durumda baskınlık hiyerarşisi (A = B) > O şeklindedir.

KAN GRUBU GENETİĞİ

- A, B, AB ve O kan gruplarının kalıtımını A, B ve O genleri sağlar. Bu genlerden A ve B genleri baskın, A ve B genleri birlikte bulunursa eş baskın, O geni ise çekiniktir.
 -Alyuvar yüzeyinde A antijeni varsa A grubu, B antijeni varsa B grubu, hem A hem de B antijenleri varsa AB grubu, antijen yoksa O (sıfır) grubu oluşur.
 -Kan plazmasında ise antikorlar bulunur. A kan grubunun plazmasında anti B, B kan grubunun plazmasında anti A, O grubunun plazmasında hem anti A hem de anti B antikorları bulunur. AB kan grubunun plazmasında ise antikor yoktur.

ABO sistemi kan gruplarının fenotip ve genotipleri

Fenotip (Kan grubu)	Genotipi		Alyuvardaki antijen (aglutinojen)	Plazmadaki antikor (Aglutinin)
	Homozigot	Heterozigot		
A	AA	AO	A	anti-B (B antikor)
B	BB	BO	B	anti-A (A antikor)
AB	-	AB	A ve B	Yok
O	OO	-	Yok	anti-A ve anti-B

-Rh faktörü: Rh faktörünü belirleyen gen, "R" simgesiyle gösterilir. Bir insanın kanında Rh antijeni bulunuyorsa Rh (+), bulundurmuyorsa Rh (-) kan grubundandır. İnsanların %85'i Rh(+), %15'i Rh(-) kan grubudur. Kan grubu Rh(+) baskın, Rh(-) çekinik özelliktedir.

Rh sistemi kan gruplarının fenotip ve genotipleri

Fenotip (Kan grubu)	Genotip		Alyuvardaki antijen	Plazmadaki antikor
	Homozigot	Heterozigot		
Rh (+)	RR	Rr	Rh antijeni	Yok
Rh (-)	rr	-	Yok	Anti Rh oluşturabilir

-Birbirleriyle uyumlu olan kan gruplarının bilinmesi kan nakilleri açısından son derece önemlidir. Eğer vericinin kanında alıcı için yabancı bir protein (A ya da B antijeni) varsa alıcı tarafından üretilen antikorlar (anti A ya da anti B) yabancı proteine tutunur ve kan hücreleri birbirine yapışarak kümelendir. **Bu olaya çökme (aglutinasyon)** adı verilir.

-Kan nakillerinde neye dikkat edilir?

-Kan nakillerinde vericinin antijenine, alıcının ise antikoruna bakılır.
 -Aynı antijenle aynı antikor bir araya gelirse (A antijeni+anti A antikor gibi) çökme olur.
 -Kan nakillerinde vericinin antikorları dikkate alınmaz. Çünkü vericinin kanı ile birlikte gelen antikorlar alıcının bağ dokusu hücreleri tarafından yok edilir.

NOT:

-Kan nakillerinde Rh faktörü de önemlidir. Aşağıdaki şemada Rh faktörleri arasındaki alışveriş gösterilmiştir.



Rh Kan uyumsuzluğu (eritroblastosis fetalis): Rh- bir anne ile Rh+ bir babadan Rh+ grubunda bir fetüsün oluştuğu durumlarda ortaya çıkar.

-Anne uyumsuzluğunda baba Rh+, -anne Rh- ve çocuk Rh+'dır.
 -İlk hamilelikte doğum normal gerçekleşir. Ancak ikinci ve daha sonraki gebeliklerde yine Rh+ çocuğa gebe kalırsa bu durumda ilk doğum esnasında anne kanında oluşan Rh antikorları çocuğa geçer ve çocuğun alyuvarlarını çökeltir.

Kan gruplarının belirlenmesi:

-Laboratuvarlarda Anti - A, anti - B ve anti - D serumları kullanılarak kan grupları belirlenebilir.

Anti - A serumu ile çökme varsa, A antijeninin olduğunu gösterir. A antijeni varsa A grubudur.

Anti - B serumu ile çökme varsa, B antijenini olduğunu gösterir. B antijeni varsa B grubudur.

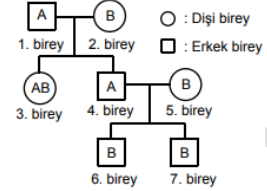
Anti - D serumu ile çökme varsa, Rh antijeninin olduğunu gösterir. Rh antijeni varsa Rh + dir.

Bu soy ağacında numaralandırılmış bireylerden hangisinin kan grubu genotipi aşağıdaki gibi olamaz?

- A) 4. bireyin genotipi: BO Rr
 B) 5. bireyin genotipi: AO Rr
 C) 3. bireyin genotipi: AA rr
 D) 2. bireyin genotipi: AO rr
 E) 1. bireyin genotipi: OO Rr

SORU 6. (2010 – LYS2 / BİYO)

Aşağıdaki soy ağacında, numaralandırılmış bireylerin kan gruplarının fenotipleri verilmiştir.



Bu soy ağacındaki bireylerden hangilerinin kan gruplarının genotiplerinin homozigot olma olasılığı vardır?

- A) Yalnız 1. B) 1. ve 5. C) 2. ve 5.
 D) 4. ve 7. E) 5. ve 6.

SORU 7. (2007-Fen-2)

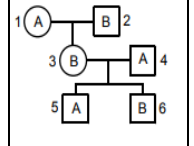
Annenin AB, babanın O kan grubundan olduğu bir ailede 3 çocuk vardır.

Bu çocukların kan gruplarının fenotipleri aşağıdakilerin hangisinde verilenler gibiyse üçünün de öz kardeş olduğu söylenebilir?

	1.çocuğun kan grubu fenotipi	2.çocuğun kan grubu fenotipi	3.çocuğun kan grubu fenotipi
A)	B	A	A
B)	AB	O	AB
C)	A	O	B
D)	B	AB	B
E)	B	A	AB

SORU 8. (2002 ÖSS)

Yandaki soy ağacında, bireylerin kan gruplarının fenotipleri verilmiştir.



Bu soy ağacında numaralarla gösterilen bireylerden hangilerinin kan gruplarının homozigot olma olasılığı vardır?

- A) Yalnız 1 B) Yalnız 2 C) 1 ve 4
 D) 2 ve 5 E) 3 ve 6

CEVAPLAR ve ÇÖZÜMLERİ

1. Şıkları olası genotiplerle çaprazlayarak değerlendirelim.

A) "Zekiye-Ömer" çiftinin çocuklarının kan grubu fenotipleri ya annelerinin ya da babalarının kan grubu fenotipinde olacaktır.

Zekiye: AA veya AO; Ömer: OO

AA x OO

AO x OO

AO

AO, OO

Görüldüğü gibi bu seçenek doğrudur.

B) "Funda-Enes" çiftinin kan grubu AB x AB olduğundan O grubu çocukları olamaz doğrudur.

C) "Ceren-Ali" çiftinin, kan grubu O x AB olduğundan AB kan grubuna sahip çocukları olamaz doğrudur.

D) "Ayşe-Yakup" çiftinin, kan grubu genotipleri AO x BO olabilir. Bu durumda O grubuna sahip çocukları olabilir doğrudur.

-Hem anti A hem de anti B serumlarının her ikisinde de çökeltme varsa AB antijenleri birlikte var demektir. AB grubudur.

Serumlar	Çökeltme durumuna göre sonuçlar							
	A Rh+	A Rh-	B Rh+	B Rh-	AB Rh+	AB Rh-	O Rh+	O Rh-
Anti-A	●	●	○	○	●	●	○	○
Anti-B	○	○	●	●	●	●	○	○
Anti-D	●	○	●	○	●	○	●	○

Çökeltme yok: ○

Çökeltme var: ●

ÇOK ALELLİLİK İLE İLGİLİ PROBLEMLER ve ÇÖZÜMLERİ

Çok allelikte kullanılan genel formüller:

$n =$ Allel gen sayısı olmak üzere

- a. Fenotip çeşidi sayısı (Eş baskınlık yoksa) = n
b. Eş baskınlık olduğu durumda; Fenotip çeşidi = $n +$ (Eş baskınlık sayısı) olur.
- Homozigot genotip sayısı = n
- Heterozigot genotip sayısı = $\frac{n(n-1)}{2}$
- Genotip çeşidi sayısı: İki farklı şekilde hesaplamak mümkündür.

I. Yol: Genotip çeşidi sayısı = $\frac{n(n+1)}{2}$

II. Yol: Verilen allel genler birden başlayarak numaralandırılır. Sonra da bu sayılar toplanır. Yani allel genleri gösteren sayılar toplanır.

Örnek: Bir özelliğten sorumlu olan genlerin baskınlık hiyerarşisi $A_1 > A_2 = A_3$ şeklinde ise toplam genotip çeşidi sayısı kaç olur?

Çözüm: Üç tane gen var. O halde $1+2+3=6$ olur.

NOT:

Eşbaskınlık durumu sadece fenotip çeşidi hesaplanırken dikkate alınır.

BİR UYGULAMA

Aşağıda üç farklı karakterin ortaya çıkmasını sağlayan allel gen çeşitleri ve baskınlık durumları verilmiştir

Karakter No	Allel genler	Baskınlık durumu
I	R, r	$R > r$
II	A, B, O	$A = B > O$
III	I^K, I^B	$I^K = I^B$

Bu karakterler bakımından bir popülasyonda oluşabilecek fenotip ve genotip çeşitlerini bulunuz.

İZLENCEK YOL: Her bir karakter için ayrı ayrı fenotip ve genotip çeşitleri sayısı bulunur. Birlikte olma sayısı ise ayrı ayrı olma sayıları çarpılarak hesaplanır.

-Fenotip çeşidi sayısı = $n +$ (Eş baskınlık sayısı)

- Karakter için: $n=2$ ise Fenotip çeşidi = 2
 - Karakter için: $n = 3$, Eş baskınlık sayısı = 1 ise Fenotip çeşidi = $3 + 1 = 4$
 - Karakter için: $n = 2$, Eşbaskınlık sayısı = 1 ise Fenotip çeşidi = $2 + 1 = 3$
- Bunların birlikte olma sayısı: $2.4.3=24$ çeşit fenotip

-Genotip çeşidi sayısı;

I. Karakter için I. yol: 2 tane gen var. $1+2=3$. II. yol: $\frac{n(n+1)}{2} = \frac{2(2+1)}{2} = 3$

II. Karakter için: I. yol: 3 tane gen var. $1+2+3=6$. II. yol: $\frac{n(n+1)}{2} = \frac{3(3+1)}{2} = 6$

III. Karakter için: I. yol: 2 tane gen var. $1+2=3$. II. yol: $\frac{n(n+1)}{2} = \frac{2(2+1)}{2} = 3$

Bunların birlikte olma sayısı: $3.6.3=54$ çeşit genotip

E) "Funda-Enes" çifti ile "Ceren-Ali" çiftinin A kan grubuna sahip bir çocuklarının olma olasılıkları aydır.

Funda x Enes AB x AB AA, AB, AB, BB 1/4	Ceren x Ali OO x AB AO, BO 1/2
--	---

Görüldüğü gibi iki ailenin A grubunda çocuk olma olasılıkları aynı değildir.

Cevap: E

2. A karakteri için: $1+2+3=6$

B karakteri için: $1+2+3=6$

A ve B karakterleri için $6 \times 6 = 36$ **Cevap: D**

3. Her seçenekteki genotipler çaprazlayarak kontrol edelim.

A) $R_1R_1 \times R_4R_4$ çaprazlamasından sadece R_1R_4 (renkli yavru) doğar.

B) $R_1R_2 \times R_3R_4$ çaprazlamasından R_1R_3 (renkli), R_1R_4 (renkli), R_2R_3 (şinşilla), R_2R_4 (şinşilla) yavrular doğar.

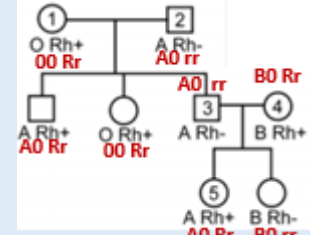
C) $R_1R_4 \times R_2R_3$ çaprazlamasından R_1R_2 (renkli), R_1R_3 (renkli), R_2R_4 (şinşilla), R_3R_4 (himalaya) yavrular doğar.

D) $R_1R_4 \times R_1R_4$ çaprazlamasından R_1R_1 (renkli), R_1R_4 (renkli) yavrular doğar.

E) $R_2R_3 \times R_2R_3$ çaprazlamasından R_2R_2 (şinşilla), R_2R_3 (şinşilla), R_3R_3 (himalaya) yavrular doğar. **Cevap: C**

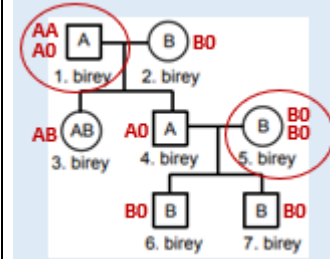
4. Soruda verilen çocukların oluşabilmesi için $AO Rr \times BO Rr$ genotipinde anne-baba olmalıdır. **Cevap: B**

5.



Üçüncü bireyin genotipi $AO rr$ olmak zorundadır. **Cevap: C**

6.



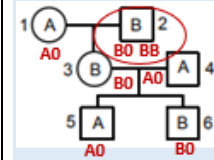
Cevap: B

7. Annenin AB, babanın O kan grubundan olduğu bir ailede oluşabilecek kan gruplarını bulalım. **AB x OO**

AO, BO

Böyle bir ailede O ve AB kan gruplu çocuk oluşamaz. Seçenekleri değerlendirirsek B ve C seçeneklerinde O, D ve E seçeneklerinde AB kan gruplu çocuklar oluşmuş. Bunlar diğerleri ile kardeş olamazlar. **Cevap: A**

8.



Cevap: B