

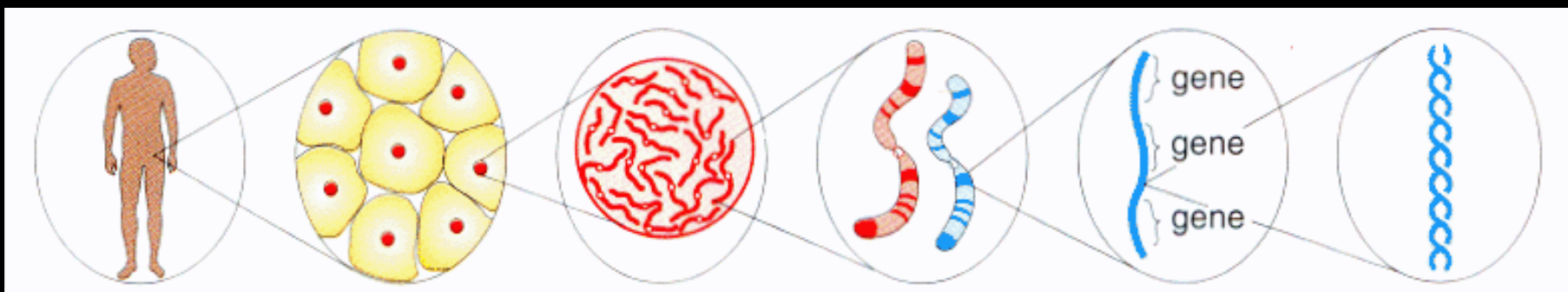
# **Varijabilnost morfoloških i fizioloških svojstava u domaćih životinja**

- jedna od temeljnih bioloških svojstava domaćih životinja**
- varijabilnost**
  - > omogućuje stvaranje poželjnih genotipova u populacijama domaćih životinja**
- varijabilnost:**
  - nasljedna**
  - nenasljedna**
- promjene:**
  - nasljedne**
  - nenasljedne**

# Genetska struktura

**Stanica**

**Geni**



**Kromosomi**

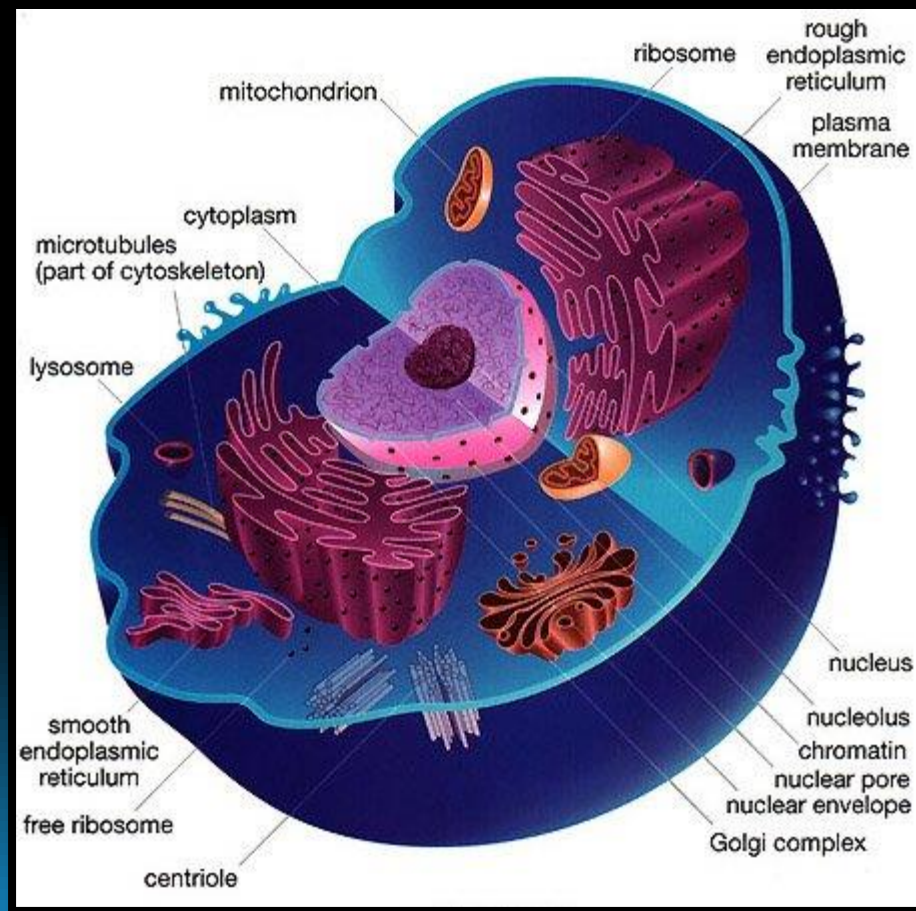
**DNA**

# Građa stanice i naslijeđivanje

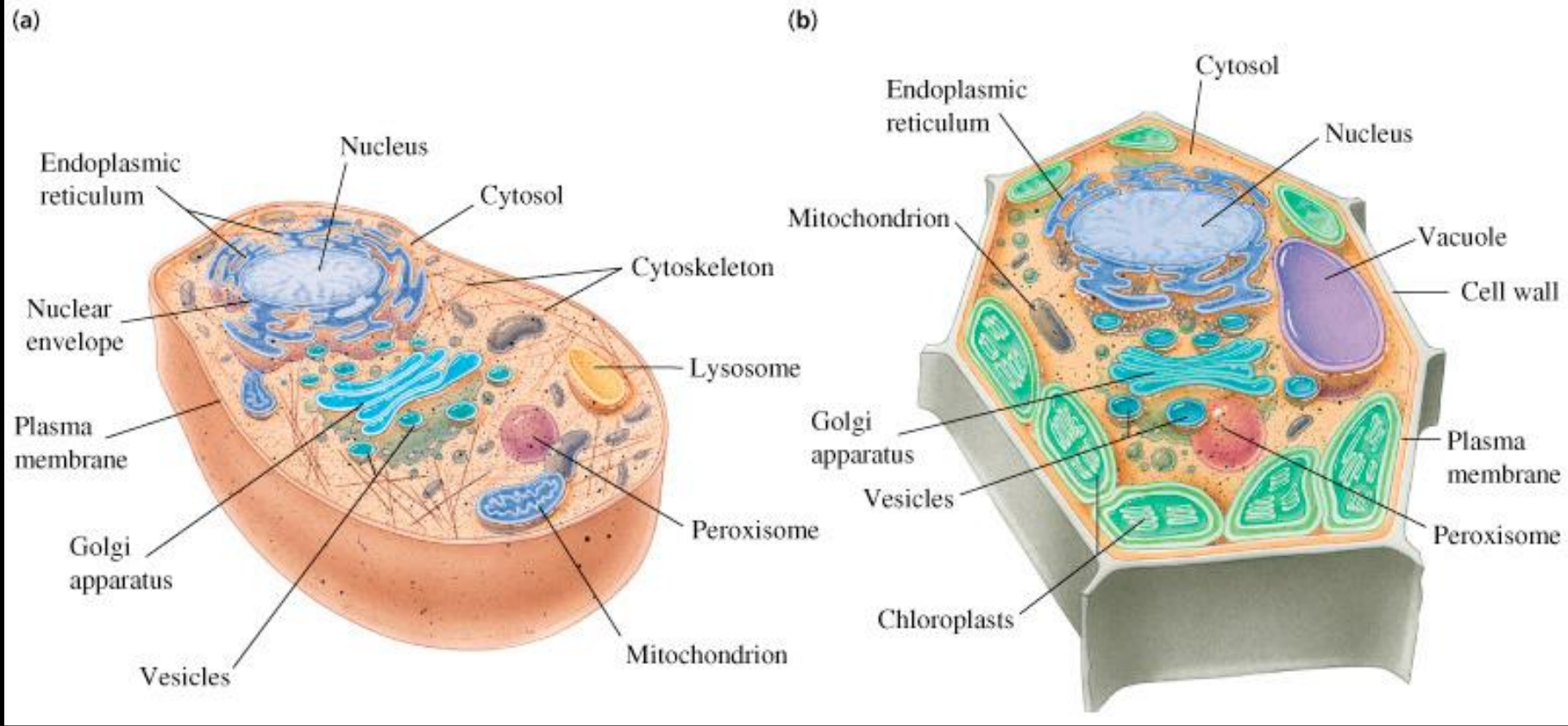
Za razumijevanje načina naslijeđivanja u domaćih životinja potrebno je poznavati građu stanica

## Bitni dijelovi životinjske stanice

- stanična jezgra ili nukleus
- stanična plazma ili citoplazma
- stanična opna ili membrana



# Grada životinjske (a) i biljne (b) stanice



# Građa stanice i nasljeđivanje

## Citoplazma

- ima važnost u sintezi proteina u stanici

## Nukleus ili stanična jezgra

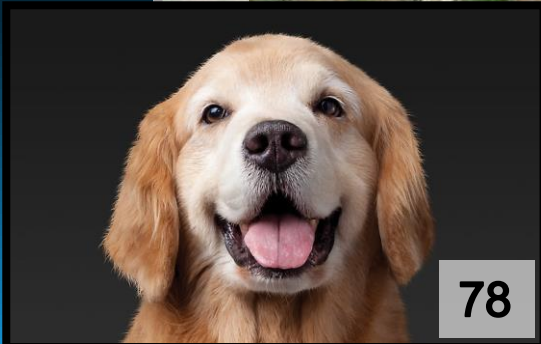
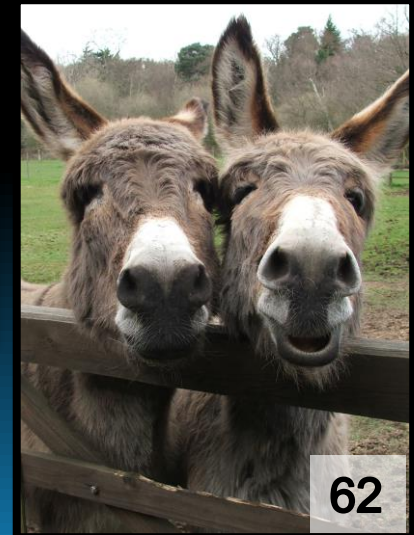
- važna je za nasljeđivanje, sadrži **kromatin**
- tvar iz koje nastaju nitasta tjelešca ili kromosomi

## Kromosomi

- predstavljaju nasljednu osnovu pojedine jedinke
  - na njima se nalaze **geni** za pojedina svojstva
  - nalaze u jezgri u parovima
    - zbog sličnosti nazivaju se **homolognim parovima**
- svaki par homolognih kromosoma sastoji se od majčina i očeva kromosoma
- **različite vrste sisavaca imaju različit broj kromosoma:**
  - govedo 60, ovca 54, koza 60, konj 64, svinja 38, čovjek 46



# Broj kromosoma u tjelesnim stanicama (2n) pojedinih vrsta životinja



# Grada stanice i naslijeđivanje

**Tjelesne ili somatske stanice** imaju

- dvostruki ili diploidni broj kromosoma ( $2n$ )

**Spolne stanice** imaju

- haploidni broj kromosoma ( $n$ )

**Spajanjem muške i ženske gamete s haploidnim brojem kromosoma nastaje embrij s diploidnim brojem kromosoma**



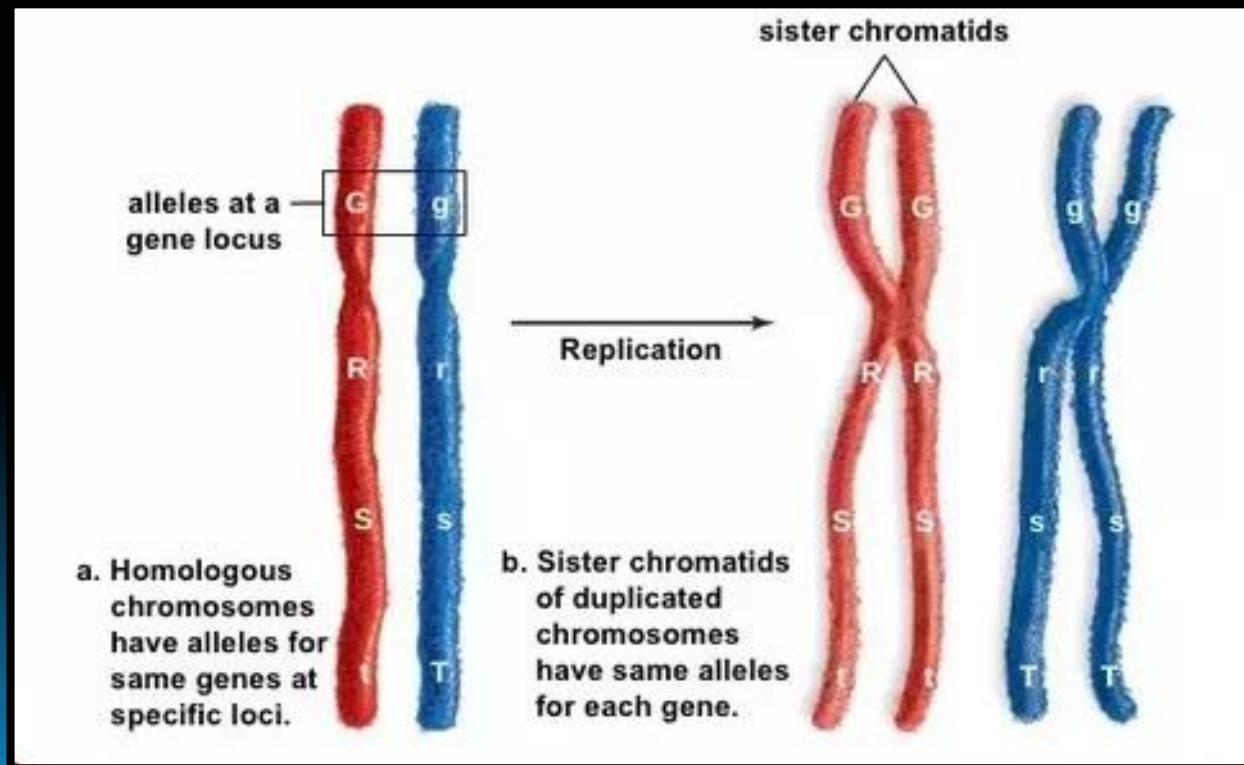
# Grada stanice i naslijeđivanje

## Novorođena jedinka prima

- jedan kromosom od majke i jedan od oca iz **homolognog para kromosoma**

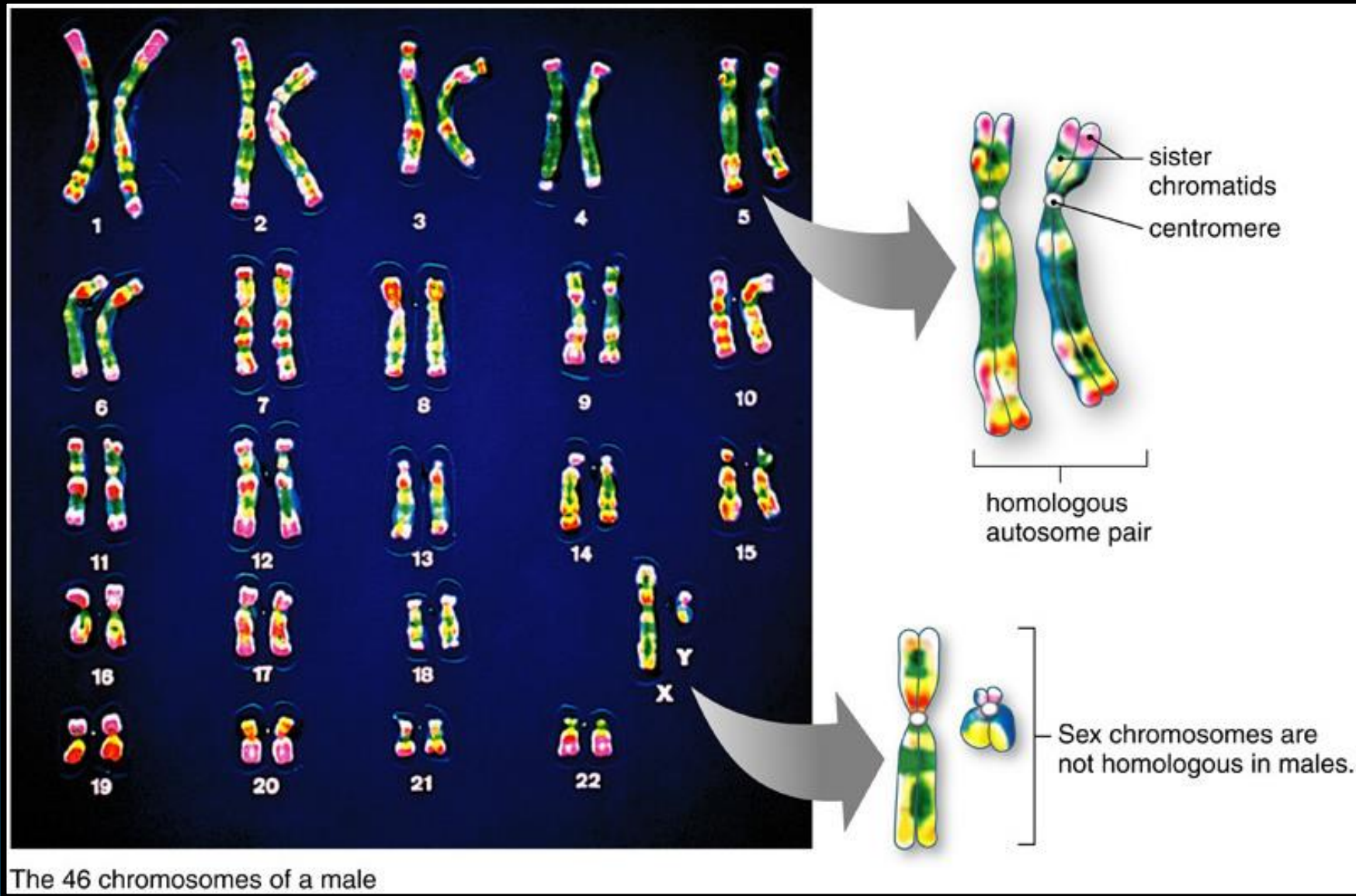
## Na kromosomu se nalaze **geni**

- smješteni na različitom položaju ili **lokusu**





# Grada stanice i naslijeđivanje



# Grada stanice i naslijeđivanje

## Endoplazmatski retikulum

- služi za promet tvari od jezgre prema membrani

## Mitochondriji

- u njima se odvija energetska metabolizam stanice

## Ribosomi su točkaste tvorevine u stanici

- važni su za sintezu bjelancevina u stanici

## Biljne stanice za razliku od životinjskih sadrže

- vakuole i kloroplaste

## Vakuole čine najveći dio biljne stanice

- ispunjene su vodom (od 5-95 %), šećerom i proteinima
- u nekih biljaka vakuole sadrže otrovne tvari, koje ih štite od gladnih životinja, ili posebne tvari, kao što je opijum ili kaučuk

## Kloroplasti su organele važne za sintezu šećera i škroba u tijeku fotosinteze

# Grada stanice i naslijeđivanje

## Kromatin

- tvar stanične jezgre iz koje nastaju kromosomi
- izgrađen je od histona i dviju nukleinskih kiselina:
  - DNK** - dezoksiribonukleinska kiselina i
  - RNK** - ribonukleinska kiselina

## Nukleinske kiseline izgrađene su od

- organskih dušičnih baza, pentoza i fosforne kiseline

- **Pentoze**

**DNA** – 2' deoksiribiza

**RNA** – riboza

- **Fosfatne skupine**

- **Dušične baze**

**Adenin (A)**

**Gvanin (G)**

**Citosin (C)**

**Timin (T)**

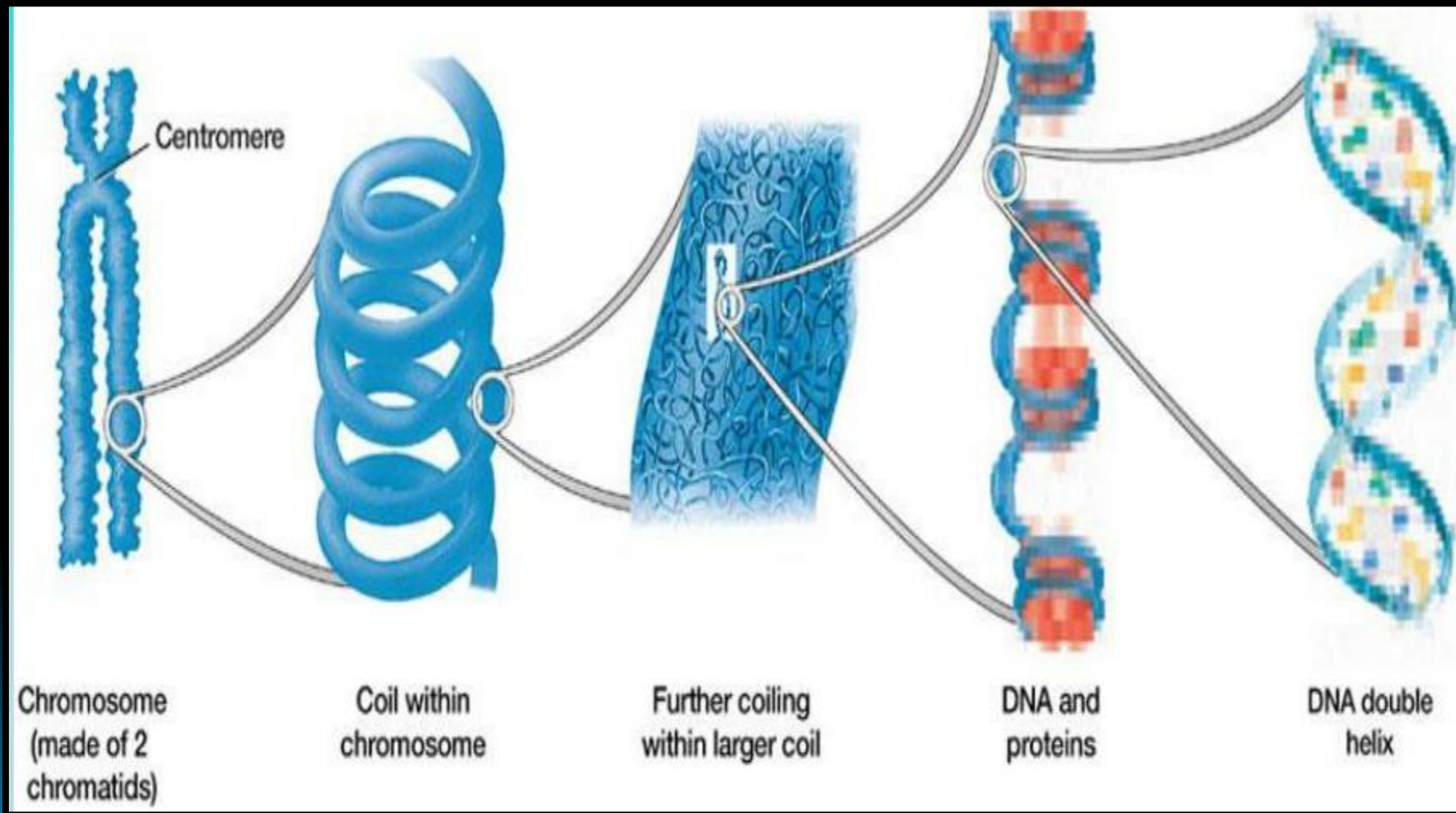
**Uracil (U)** - u RNA

- **polinukleotidi:**

**pentoza + organske baze = nukleozid**

**nukleozid + fosforna kiselina = nukleotid**

# Struktura kromosoma



# Grada stanice i naslijeđivanje

## Dezoksiribonukleinska kiselina - DNK sadrži

- dezoksiribozu i nalazi se uvijek u jezgri stanice kao sastavni dio kromosoma
- ima ulogu prenošenja nasljedne osnove za pojedina svojstva s roditelja na potomstvo
- izgrađena je u obliku dvostruke uzvojnice

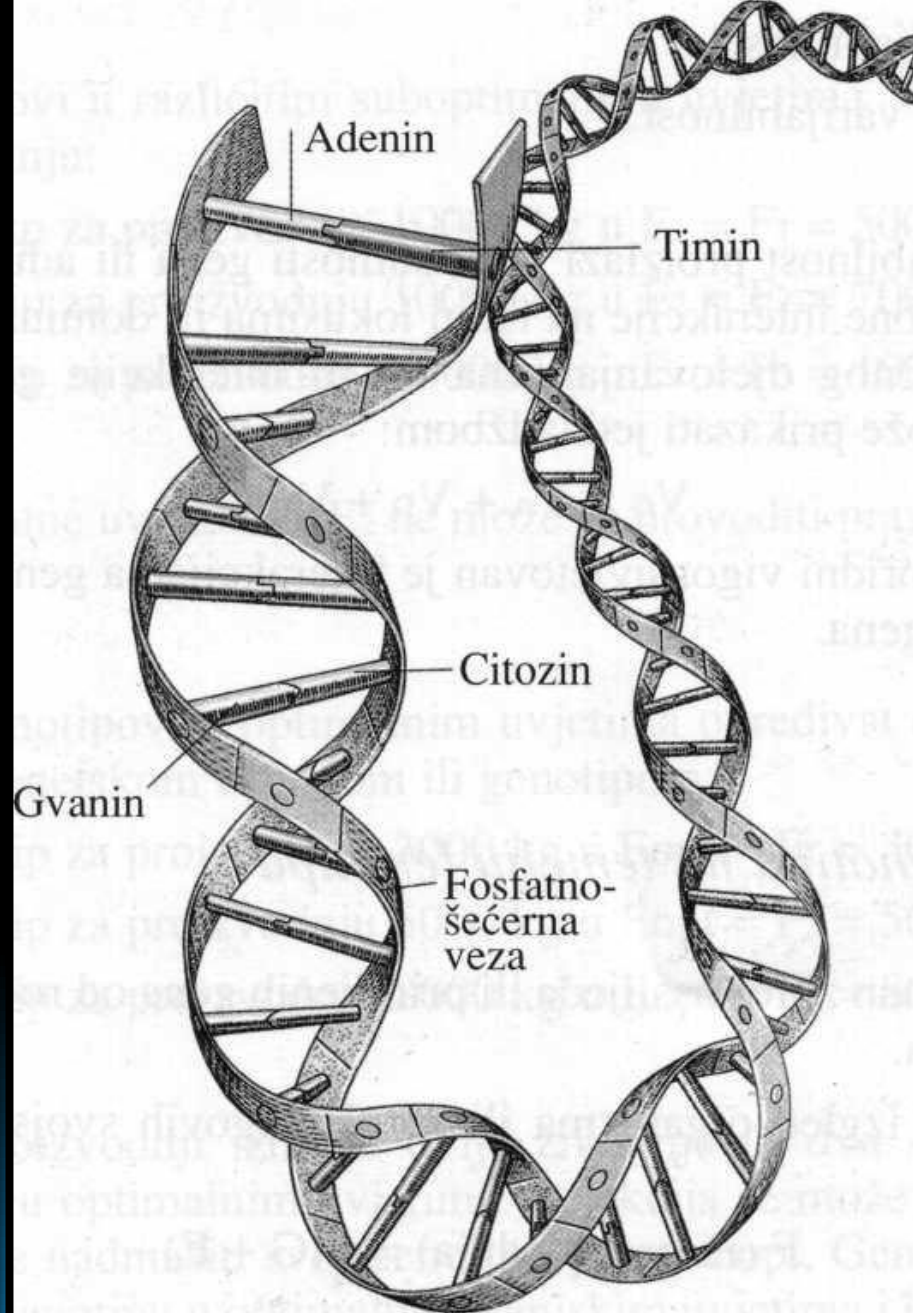
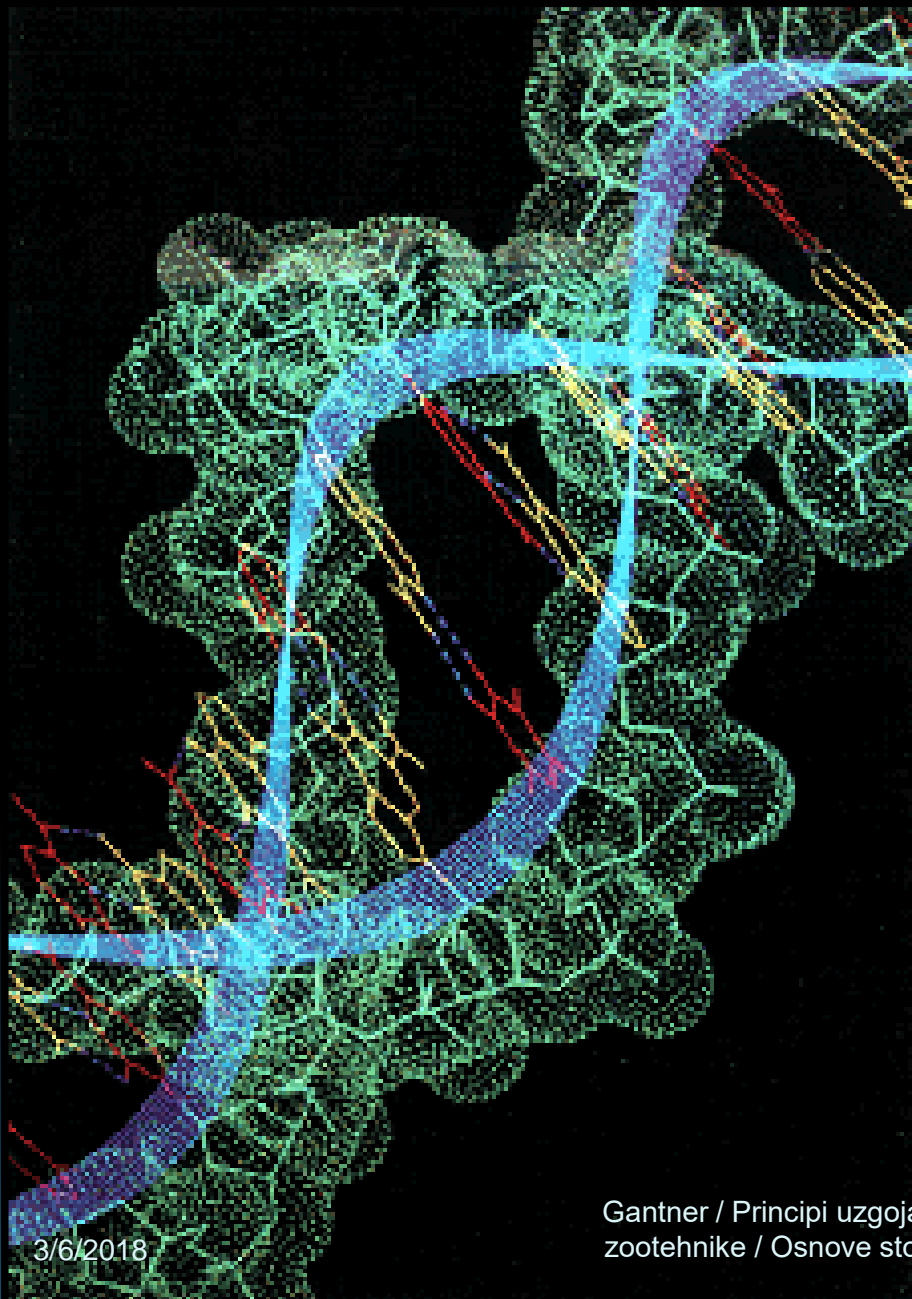
## Geni su pojedini odsječci DNK

## Ribonukleinska kiselina - RNK sadrži

- ribozu i nalazi se u citoplazmi stanice
- prenosi poruke gena za sintezu određenih bjelančevina u citoplazmi stanice

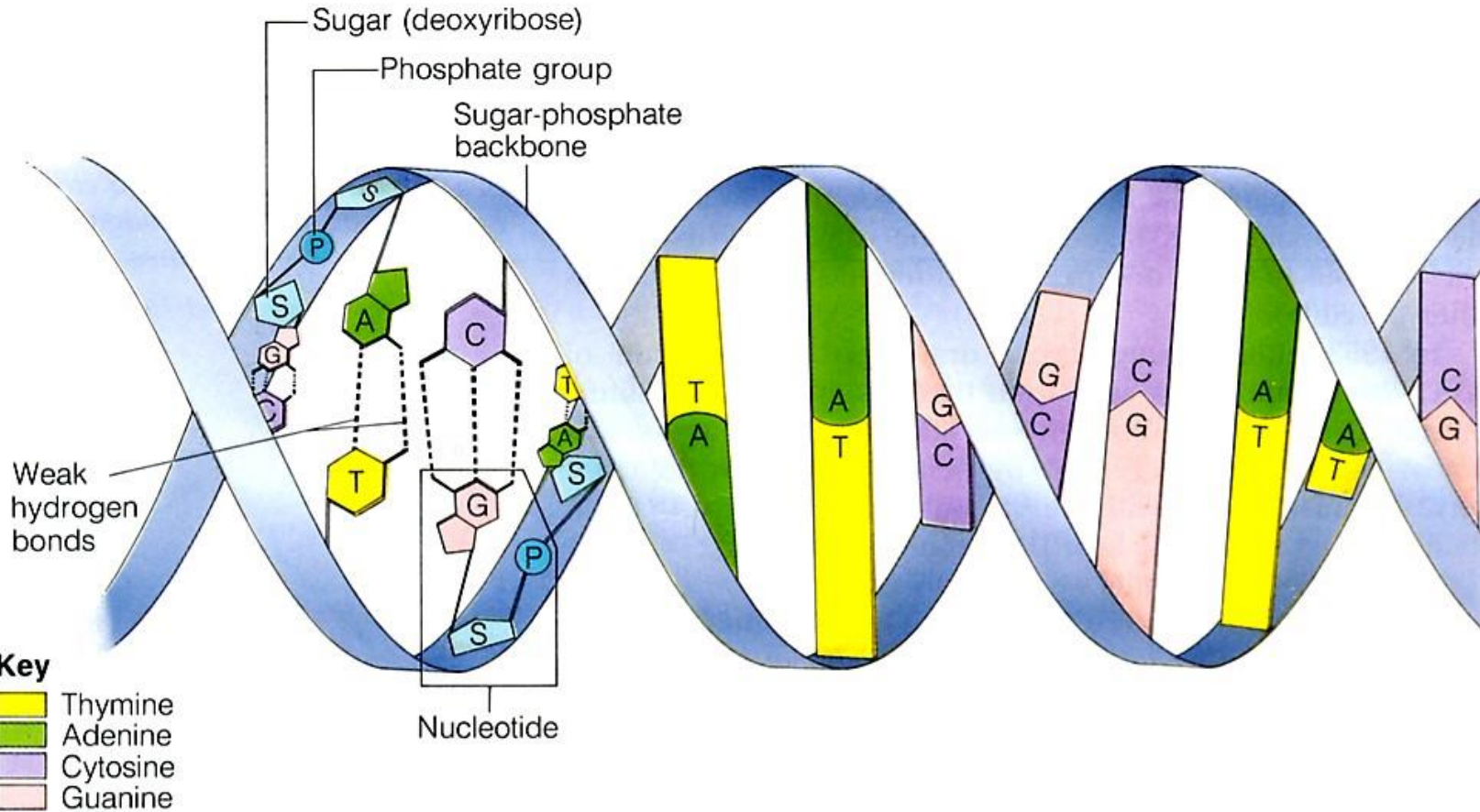


# DNA

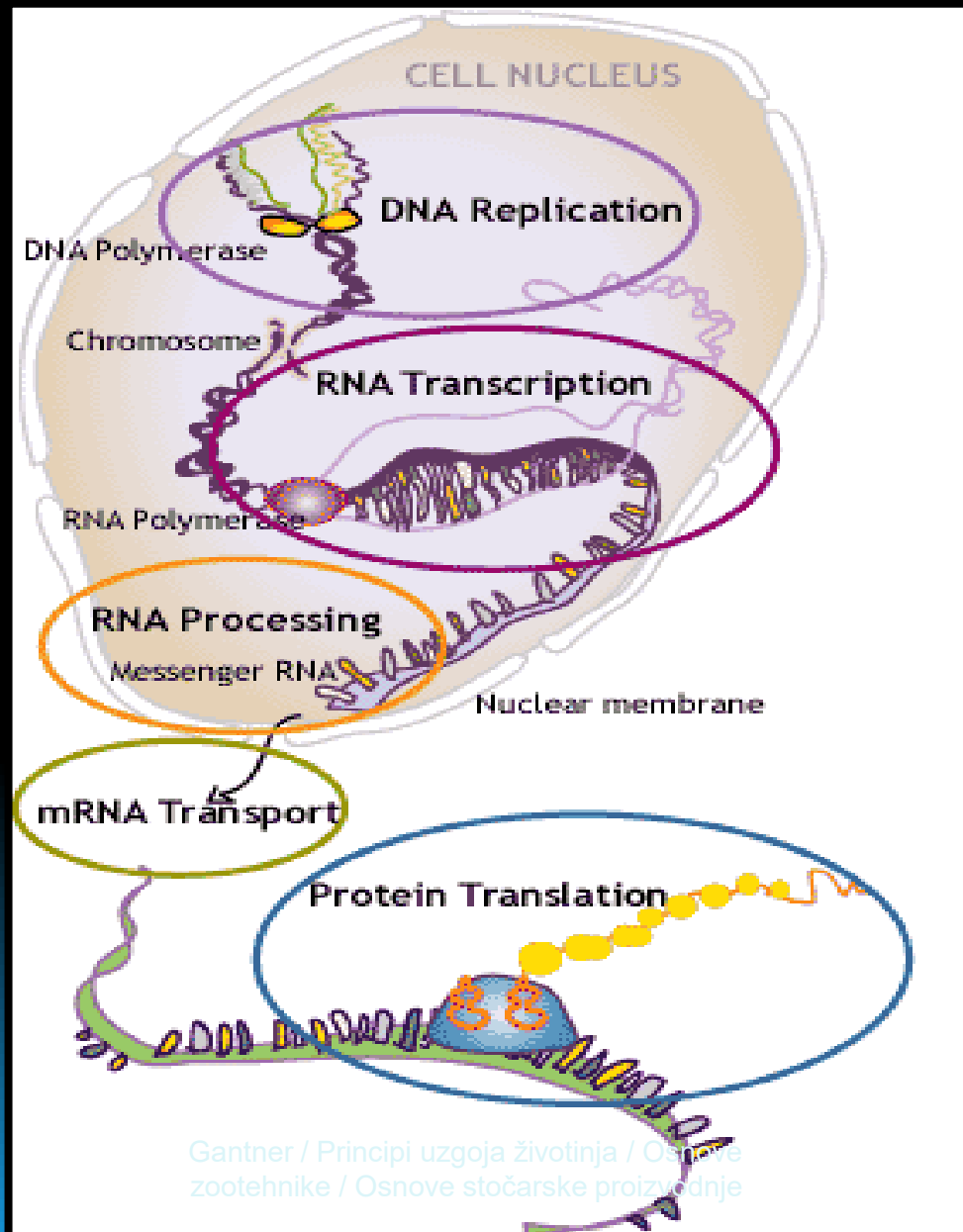


# STRUKTURA DNA

Organske baze	DNK	RNK
<b>Purinske baze</b>		
- gvanin	+	+
- adenin	+	+
<b>Pirimidinske baze</b>		
- citozin	+	+
- uracil	-	+
- timin	+	-



# Osnovna postavka: DNA → RNA → Protein







# Genetska osnova - genotip

**Potomci od roditelja dobivaju**

- **gene**
- **koji će se složiti u genotip**

**Potomci od roditelja mogu dobiti različit broj gena koji uvjetuju pojedina svojstva**

**Između gena razvija se**

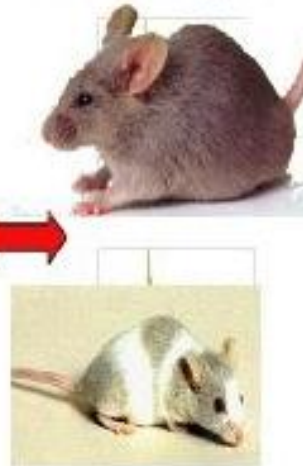
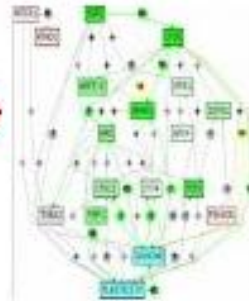
- **međusobno djelovanje ili interakcija**
- **zbog toga se potomci u svojstvima više ili manje razlikuju od roditelja**



# Genotype to Phenotype

Genotype

Phenotype



DNA

RNA

Protein

Protein-Protein  
interaction

Pathway

Trait

# Genetska osnova - genotip

**Različito** ili **varijabilnost** u pojedinim svojstvima domaćih životinja uvjetovana je

- prisutnošću i načinima djelovanja gena
- proizvodnim uvjetima

**Ukupna varijabilnost može se prikazati kao:**

$$V_T = V_G + V_E$$

$V_T$  = ukupna ili totalna varijabilnost

$V_G$  = genetska varijabilnost

$V_E$  = ambijentalna varijabilnost

# Genetska osnova - genotip

**Genetska varijabilnost** proizlazi iz

- prisutnosti gena ili aditivnog djelovanja gena  $V_A$ ,
- međusobne interakcije na istim lokusima ili dominantnog djelovanja gena  $V_D$  i
- interakcije gena na različitim lokusima ili epistatičnog djelovanja gena  $V_J$

To se može prikazati jednadžbom:

$$V_G = V_A + V_D + V_J$$

**Heterozis ili hibridni vigor** uvjetovan je interakcijama gena, odnosno dominantnim učincima gena

# Procjena genotipa na temelju fenotipa

## Genotip (G) je

- ukupan zbroj naslijeđa ili primljenih gena od roditelja i međusobnih interakcija gena

## Fenotip (F) je

- izgled organizma ili zbroj njegovih svojstava što se može izraziti formulom:

$$F \text{ (ili proizvodnja)} = f (G + E)$$

**G = genotip**

**E = ekološki ili vanjski čimbenici**

# Procjena genotipa na temelju fenotipa

## Fenotip je

- promjenjiv
- rezultat je međusobnog djelovanja genotipa i vanjskih čimbenika
- iskazuje se mjernim jedinicama u kojima se iskazuju pojedina svojstva: kg, %, cm itd.

Ne postoji neka točna i jednostavna **metoda za procjenu genotipa** životinje

Za **kvalitativna svojstva**: boja dlake, oblik i duljina ušiju i rogova  
- genotip se može procijeniti po fenotipu na jednostavan način

Za **kvantitativna svojstva**

- procjena genotipa životinja po fenotipu nije jednostavna



# Procjena genotipa na temelju fenotipa

- npr. ako životinja proizvodi godišnje 3000 kg ili 10000 kg, ne znamo je li je to zbog nedostatka hrane ili neodgovarajuće genetske osnove

## Životinje istog genotipa

- proizvode različito u različitim okolinama
- jedna okolina dopušta da genotip dođe do izražaja, a druga to ne dopušta

## Promjene u vanjskim uvjetima

- mijenjaju fenotipsku manifestaciju svojstava u proizvodnji

**Proizvodnja (P) bit će odraz genetske osnove samo u optimalnim uvjetima**

# Procjena genotipa na temelju fenotipa

- npr. proizvodnja mlijeka tri krave istih ili različitih genotipova u različitim ili optimalnim vanjskim uvjetima (E)

Isti genotipovi u različitim suboptimalnim uvjetima okoline (E) imat će različitu proizvodnju:

genotip za proizvodnju 10000 kg u  $E_1 = F_1 = 5000$  kg

genotip za proizvodnju 10000 kg u  $E_2 = F_2 = 7000$  kg

genotip za proizvodnju 10000 kg u  $E_3 = F_3 = 10000$  kg

- uz suboptimalne uvjete  $E_1$  i  $E_2$  ne može se provoditi pravilna selekcija

$$E_3 = E_{\text{opt.}}$$

# Procjena genotipa na temelju fenotipa

**Različiti genotipovi u optimalnim uvjetima** određivat će visinu proizvodnje uvjetovanu genetskom osnovom ili genotipom:

**genotip za proizvodnju 3000 kg u  $E_{opt} = F_1 = 3000$  kg**

**genotip za proizvodnju 5000 kg u  $E_{opt} = F_2 = 5000$  kg**

**genotip za proizvodnju 8000 kg u  $E_{opt} = F_3 = 8000$  kg**

**Razlika u proizvodnji između dvije životinje ili dva stada uvjetovana je genotipom samo u optimalnim uvjetima**

**Selekcija se može provoditi uz  $E_{opt}$  i životinja ne može nadmašiti svoj genotip i pored  $E_{opt}$**

**Genotip životinja može se procijeniti po fenotipu u optimalnim vanjskim uvjetima i korekcijama za utjecaje uvjeta na svojstva statističko matematičkim metodama**

# Nasljedna varijabilnost

## - uzroci:

- **specifični oblici djelovanja gena**

- **mutacije**

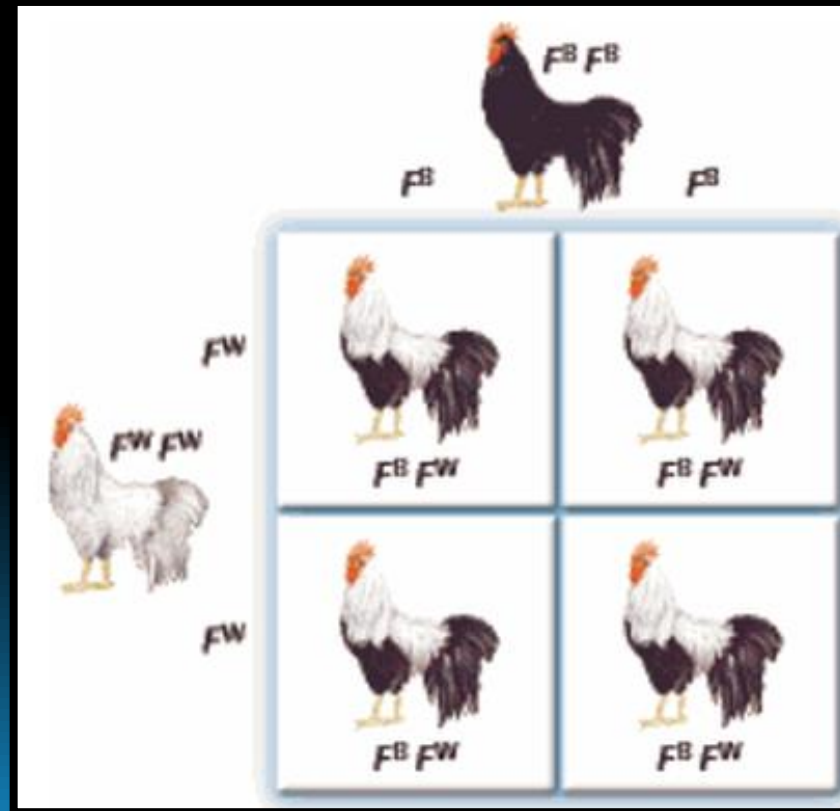
- **letalni, subletalni i subvitalni geni**

## **Specifični oblici djelovanja gena:**

- **nepotpuna dominantnost**
- **predominantnost**
- **spolno vezano naslijeđivanje**
- **naslijeđivanje pod utjecajem spola**
- **interakcije između gena**
  - **epistaza**
  - **komplementarni učinak između gena**
  - **modifikatori**
- **pleiotropija**
- **aditivni učinci gena**
- **vezani geni**

## Nepotpuna dominantnost

- oba prisutna alela stvaraju svoj produkt  
--> rezultat intermedijaran u odnosu na izražavanje osobine u roditelja
- genotip određen fenotipom  
- prednost u selekciji





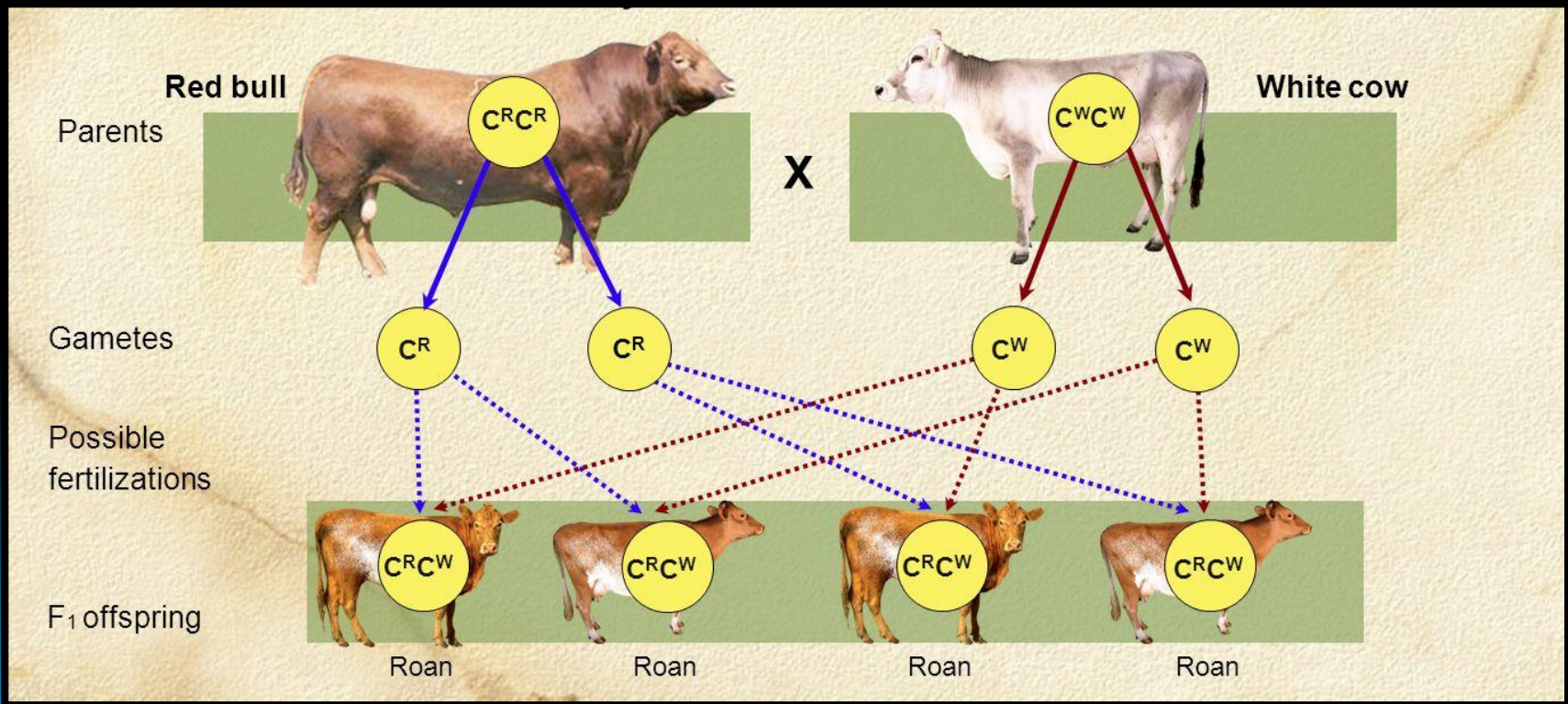
# Nepotpuna dominantnost

\*naslijeđivanje boje dlake u shorthorn pasmine goveda

P: ♂ - crvena boja dlake (RR) ♀ - bijela boja dlake (bb)

F<sub>1</sub>: crveno-bijela boja dlake (Rb)

F<sub>1</sub> (Rb) \* F<sub>1</sub> (Rb) → F<sub>2</sub>



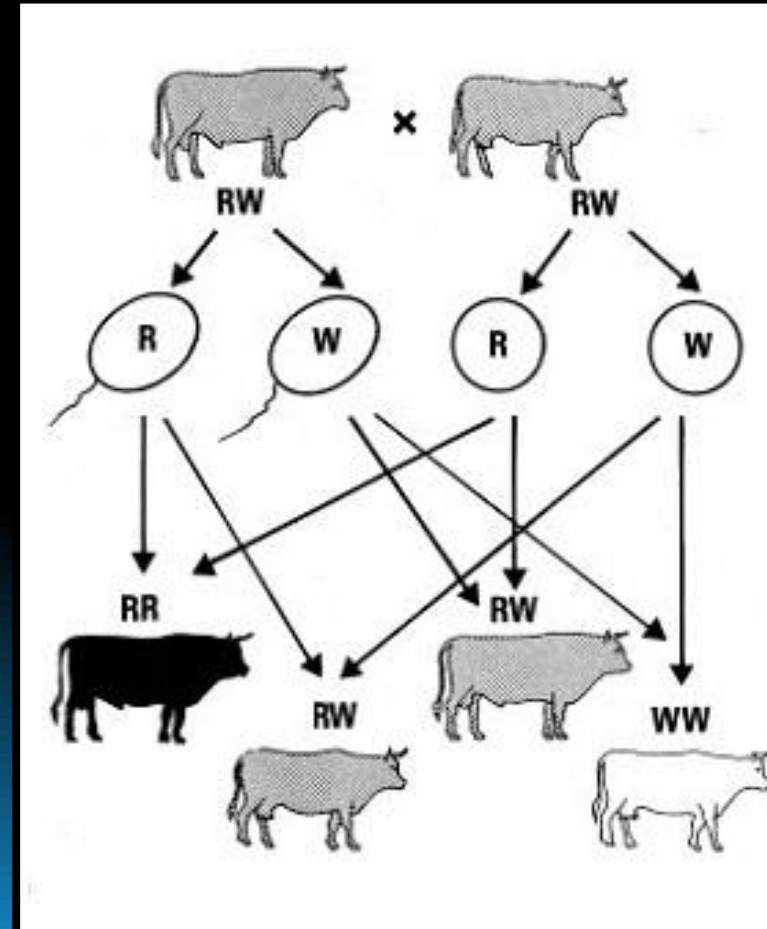
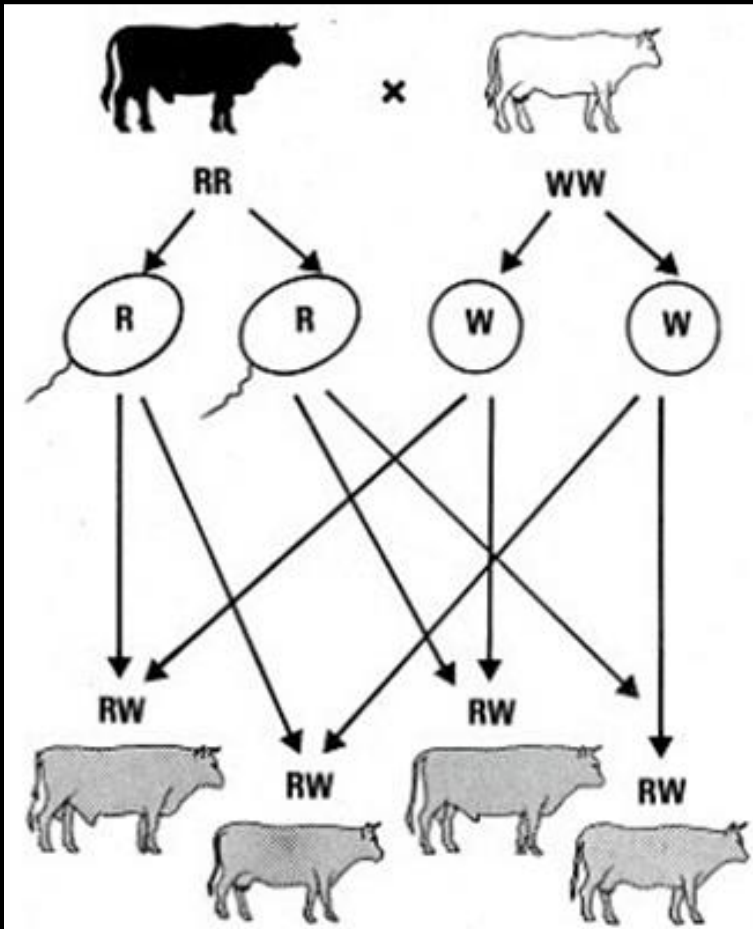
# Nepotpuna dominantnost

**F<sub>2</sub>:**

**25% crvena boja dlake (RR)**

**50% crveno-bijela boja dlake (Rb)**

**25% bijela boja dlake (bb)**



# Predominantnost (overdominantnost)

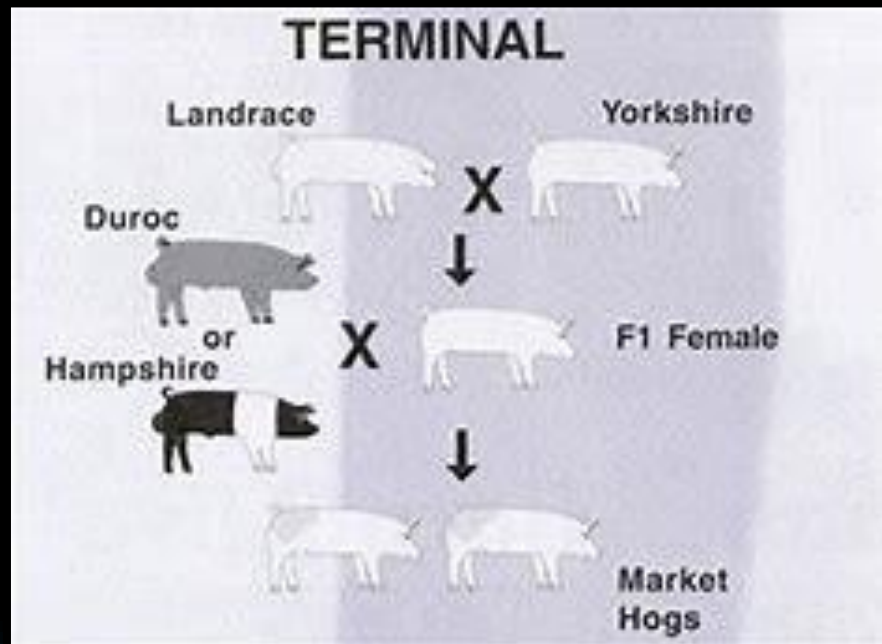
- učinak interakcije između gena koji su aleli

--> superiornost heterozigota u odnosu na oba roditelja homozigota

- heterozigoti vitalniji i otporniji u odnosu na homozigote (“hibridni vigor”)

- temelj uzgojnog postupka

- križanja -



\*učinak gena odovornih za antigene u krvi kunića

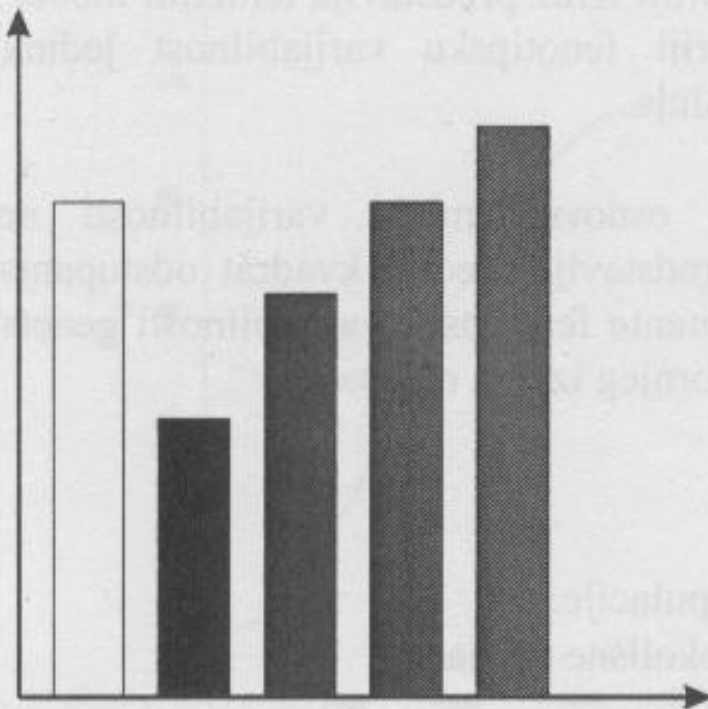
$A_1A_1$  --> antigen 1

$A_2A_2$  --> antigen 2

$A_1A_2$  --> antigen 1

$A_1A_2$  --> antigen 2

$A_1A_2$  --> antigen 3



AA

aa

Aa

Aa

Aa

$D_n$

$D_p$

$D_o$

$D_n$  = nepotpuna ili parcijalna dominantnost

$D_p$  = puna dominantnost

$D_o$  = overdominantnost

## GRAFIKON 1. UČINCI DOMINANTNOSTI

## **Spolno vezano naslijeđivanje**

- **životinjska stanica sadrži**
  - **autosome**
  - **spolne kromosome (XX, XY)**
- **spolno vezano naslijeđivanje -**
  - **uglavnom se odnosi na naslijeđivanje osobina vezanih za X kromosom**

### **\*kriptorhizam**

**– zaostajanje testisa u trbušnoj šupljini**

### **\*hemofilija**



# Spolno vezano naslijeđivanje

## \*naslijeđivanje hemofilije

**P genotip**

$X_h X$  (♀)

$XY$  (♂)

**gamete:**

$X_h,$

$X$

$X,$

$Y$

**F<sub>1</sub> genotip**

$X_h X$

**konduktor**

$X_h Y$

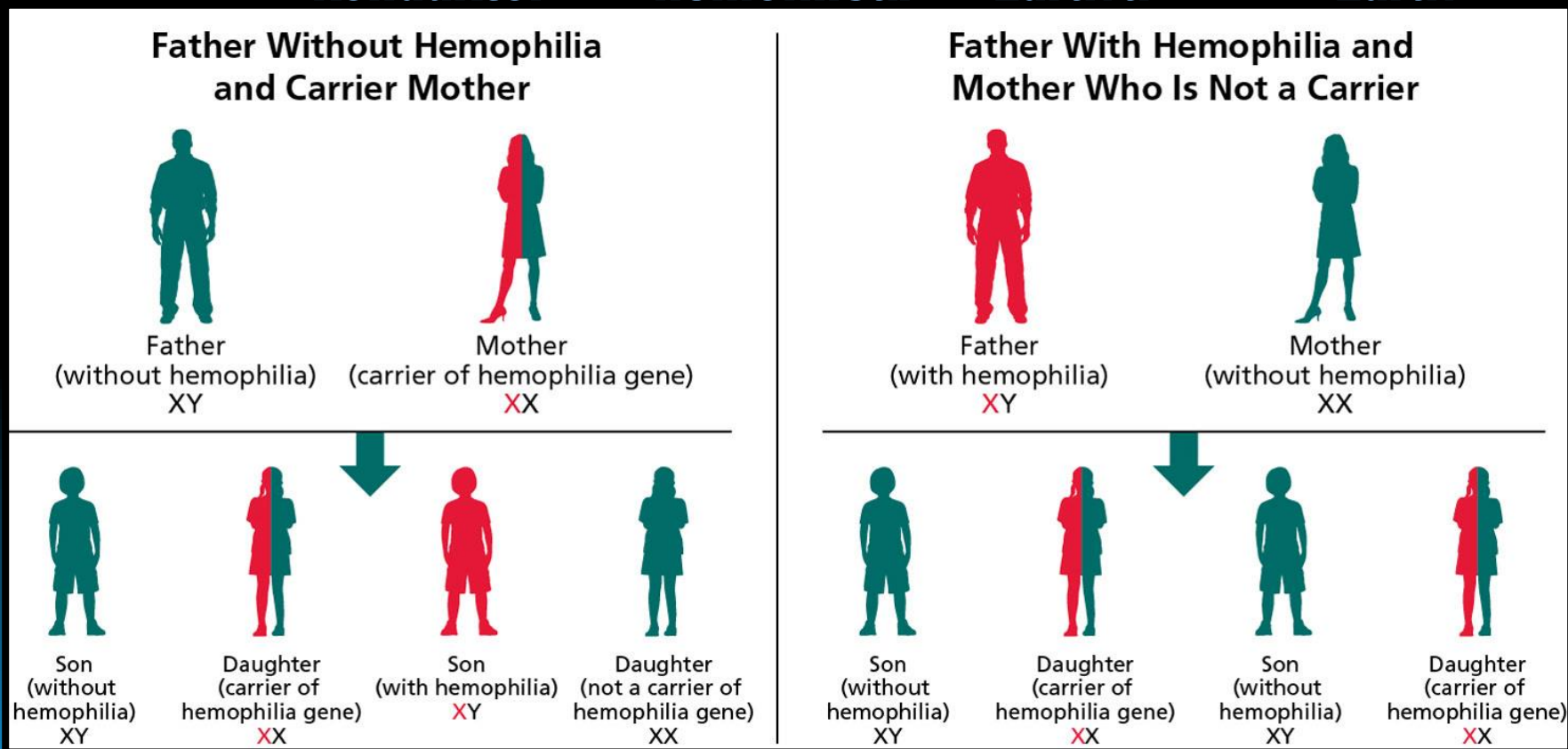
**hemofiličar**

$XX$

**zdrava**

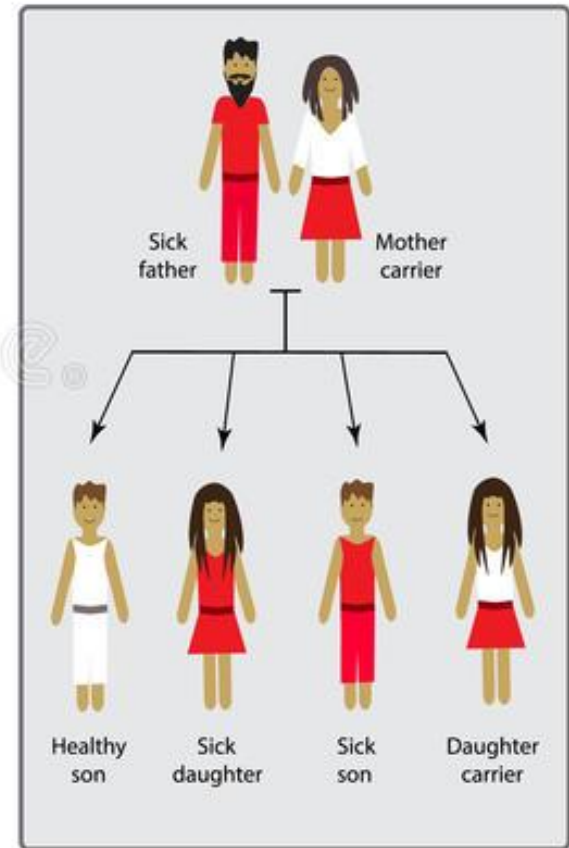
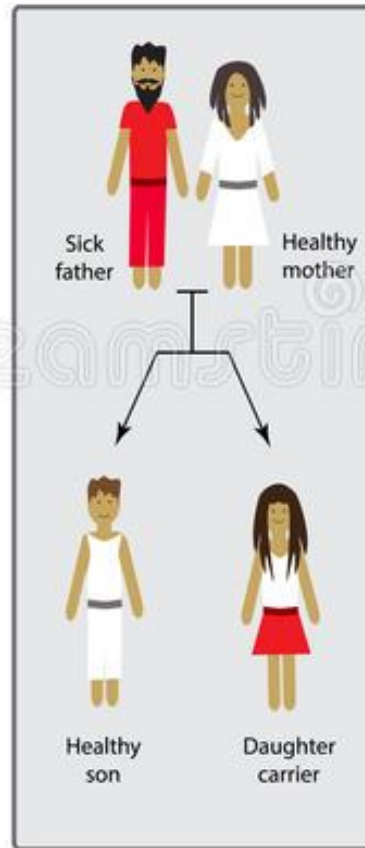
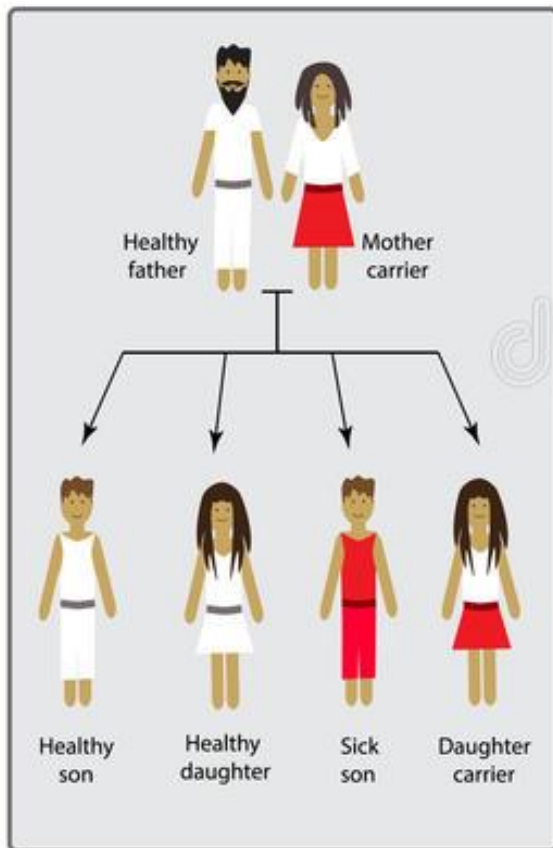
$XY$

**zdrav**





## The mechanism of inheritance of hemophilia



# Nasljeđivanje pod utjecajem spola

- fenotipsko izražavanje svojstva je pod utjecajem spola
  - geni na **autosomima**
  - dominantni učinak je vezan uz spol

- \*naslijeđivanje boje dlake u ayrshire pasmine goveda
  - crveno-bijela boja dlake
  - intenzitet crvene boje ovisi o spolu

<b>P genotip:</b>	<b>mm (♀) – crveno-bijela</b>	<b>MM (♂) – mahagoni-bijel</b>
<b>gamete:</b>	<b>m, m</b>	<b>M, M</b>
<b>F<sub>1</sub> genotip:</b>	<b>Mm Mm</b>	<b>Mm Mm</b>

# Nasljeđivanje pod utjecajem spola

**F<sub>2</sub> genotip: MM Mm mm**

**F<sub>2</sub> fenotip:**

♀

**potomstvo**

**MM – mahagoni-bijela**

**Mm – crveno-bijela**

**mm – crveno-bijela**

♂

**potomstvo**

**MM – mahagoni-bijela**

**Mm – mahagoni-bijela**

**mm – crveno-bijela**



# Nasljeđivanje pod utjecajem spola

## \*nasljeđivanje rogova u ovaca

<b>genotip:</b>		<b>HH</b>	<b>Hh</b>	<b>hh</b>	
<b>fenotip:</b>	♂	---	<b>rogatost</b>	<b>rogatost</b>	<b>bezročnost</b>
	♀	---	<b>rogatost</b>	<b>bezročnost</b>	<b>bezročnost</b>

## - spolno limitirana svojstva

- fenotipski se ne izražavaju u oba spola
- oba spola imaju genetski potencijal za ta svojstva
- pod utjecajem aditivne poligenije
  - > ispituju se mjerenjem fenotipa (ženskih) srodnika i potomaka

\*mliječnost

\*nesivost

# interakcije između gena

- djelovanje između gena koji se nalaze na različitim parovima homolognih kromosoma
  - > interakcije između nealelnih gena
- epistaza
- komplementarni učinak između gena
- modifikatori

# interakcije između gena

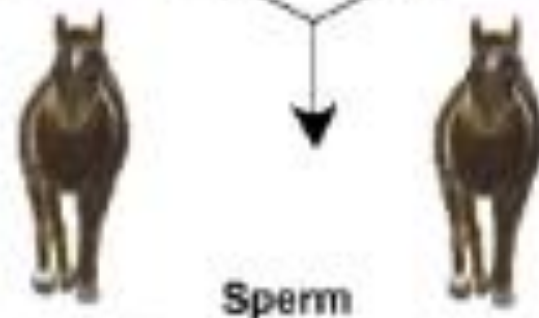
## - epistaza

- interakcija između dva ili više parova gena koji nisu aleli
- prikrivanje učinka jednog gena u odnosu na drugi gen za istu osobinu (epistatični i hipostatični geni)

**\*naslijeđivanje boje dlake u konja, miševa**



**BbCc** x **BbCc**



**BC** **bC** **Bc** **bc**

<b>Ova</b>	<b>BC</b>	<b>BBCC</b>	<b>BbCC</b>	<b>BBCc</b>	<b>BbCc</b>	9 3 4 3
	<b>bC</b>	<b>BbCC</b>	<b>bbCC</b>	<b>BbCc</b>	<b>bbCc</b>	
	<b>Bc</b>	<b>BBCc</b>	<b>BbCc</b>	<b>BBcc</b>	<b>Bbcc</b>	
	<b>bc</b>	<b>BbCc</b>	<b>bbCc</b>	<b>Bbcc</b>	<b>bbcc</b>	



Sperm

$\frac{1}{4} BC$

$\frac{1}{4} bC$

$\frac{1}{4} Bc$

$\frac{1}{4} bc$

















Eggs

$\frac{1}{4} BC$

$\frac{1}{4} bC$

$\frac{1}{4} Bc$

$\frac{1}{4} bc$

 $BBCC$	 $BbCC$	 $BBcC$	 $BbCc$
 $BbCC$	 $bbCC$	 $BbCc$	 $bbCc$
 $BBcC$	 $BbCc$	 $BBcc$	 $Bbcc$
 $BbCc$	 $bbCc$	 $Bbcc$	 $bbcc$

9  : 3  : 4 

# interakcije između gena

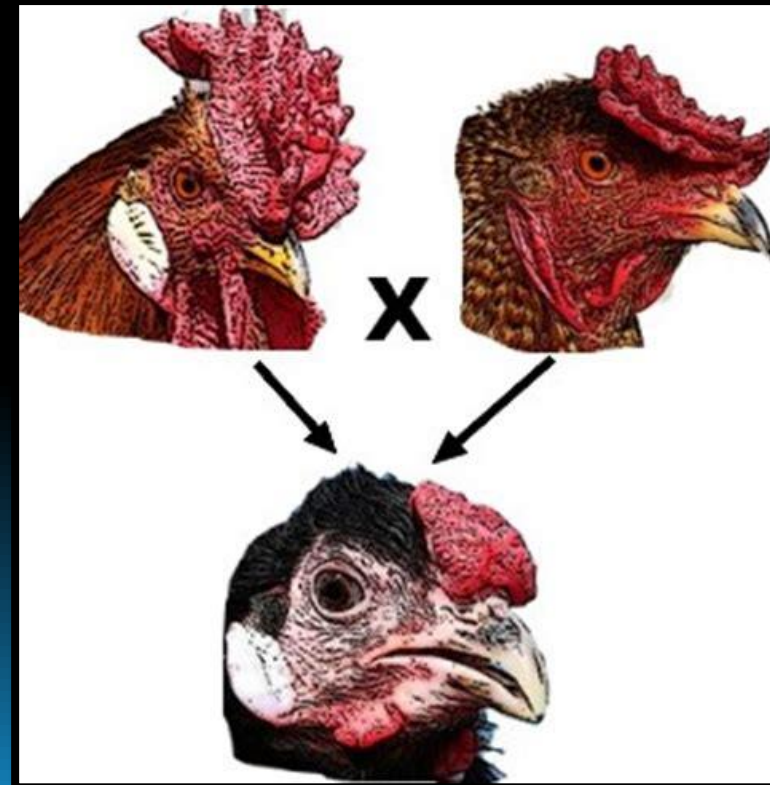
## - komplementarni učinak između gena

- sudjelovanje dva ili više parova različitih alela na izražavanje jedne osobine

## - komplementarna poligenija -

- pojava novog fenotipa

\*naslijeđivanje oblika krijeste u kokoši



# interakcije između gena

- **modifikatori**

- **neki geni**

- **spособnost modificiranja izražajnosti drugog gena**

- \*šarenilo boje dlake nekih vrsta životinja**

# pleiotropija

- jedan genski par utječe na ekspresiju dva ili više svojstava

- pleiotropni geni –

\*gen za boju dlake može imati letalni učinak na jedinku

- posljedica pleiotropije

- genetske korelacije između nekih kvantitativnih svojstava

\*naslijeđivanje količine mlijeka i % mliječne masti

(negativna korelacija --> porastom količine mlijeka opada % mliječne masti)

# aditivni učinci gena

## - aditivna poligenija

- ekspresija jedne osobine posljedica je aditivnog, zbirnog učinka većeg broja gena – svaki daje mali doprinos

- ni jedan od gena nema dominantan ili recesivan učinak

## - utječu na ekspresiju ekonomski značajnih svojstava:

- količina mlijeka, mliječne masti, proteina

- kvaliteta mesa, prirast

- broj snesenih jaja ...

- poligena svojstva –

- većinom su srednje do visoko nasljedna

- na njih malo utječu učinci

- križanja

- uzgoja u srodstvu

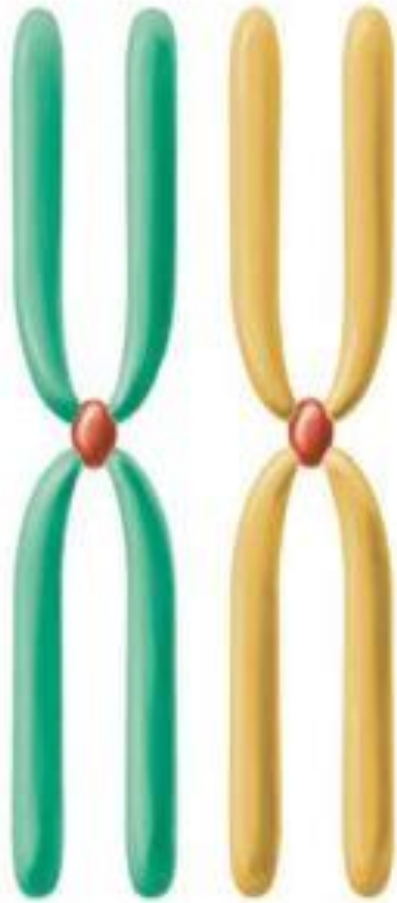
--> aditivni učinci gena imaju najveći značaj u uzgoju domaćih životinja

# vezani geni

- **smješteni su na istom kromosomu (no nisu aleli)**
  - **u procesu spermatogeneze i oogeneze drže se zajedno**  
**(\*izuzetak crossing-over)**
- **utječu istovremeno na dva svojstva**
- **različita svojstva determinirana genima na istom kromosomu**
  - **nasljedno vezana skupina – linkage group**
- **broj vezanih skupina**  
**= broju parova kromosoma u pojedinim vrsta**



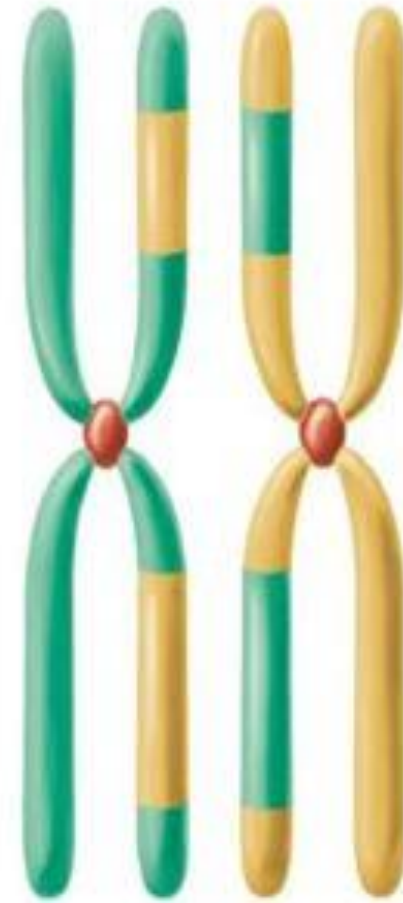
## CROSSING-OVER



homologous  
chromosome  
pair



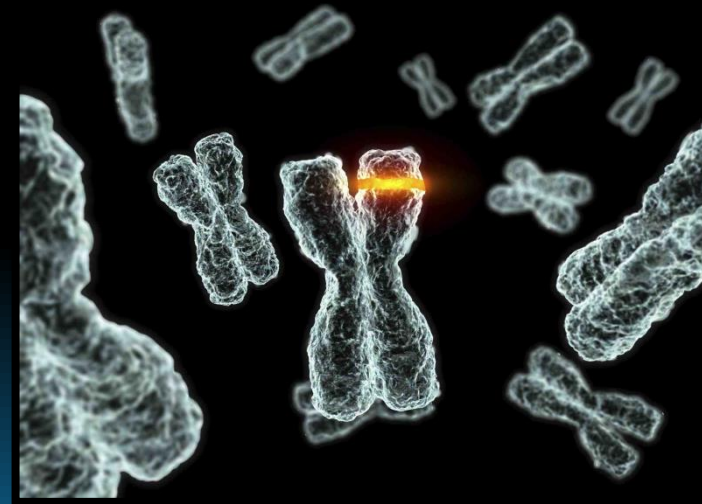
As the chromosomes  
move closer together,  
synapsis occurs.



Chromatids break,  
and genetic information  
is exchanged.

# Mutacije

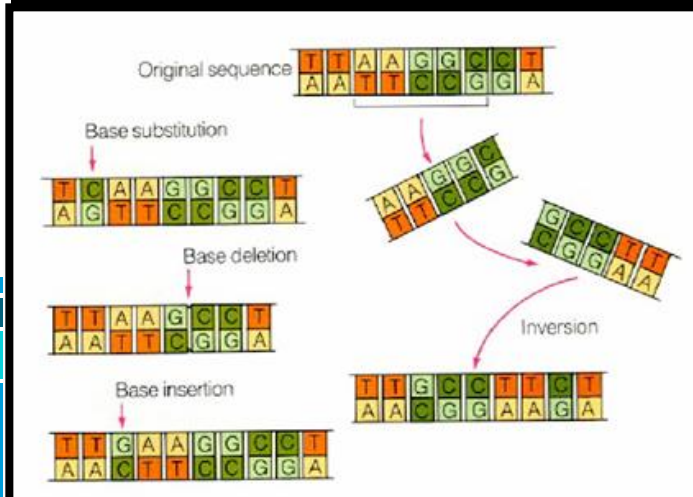
- **promjene u strukturi nasljednog materijala**
- **nisu naslijeđene od roditelja**
- **ovisno o nastanku:**
  - **kromosomske mutacije (aberracije)**
  - **mutacije gena**
- **ovisno o uočljivosti na fenotipu:**
  - **makromutacije**
  - **mikromutacije**
- **ovisno o učinku mutiranog gena:**
  - **biokemijske**
  - **kondicionalne**
  - **letalne**



# kromosomske mutacije:

## - promjene u strukturi kromosoma (aberracije):

- crossing-over
- duplikacije i delecije
- translokacije
- inverzije



## Changes in chromosome structure

error of replication

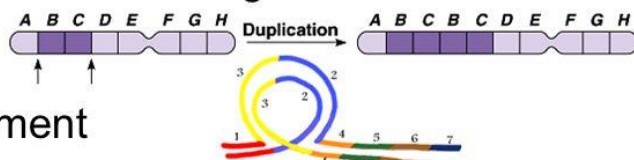
### • Deletion

- loss of a chromosomal segment



### • Duplication

- repeat a segment



error of crossing over

### • Inversion

- reverses a segment



### • Translocation

- move segment from one chromosome to another



# kromosomske mutacije:

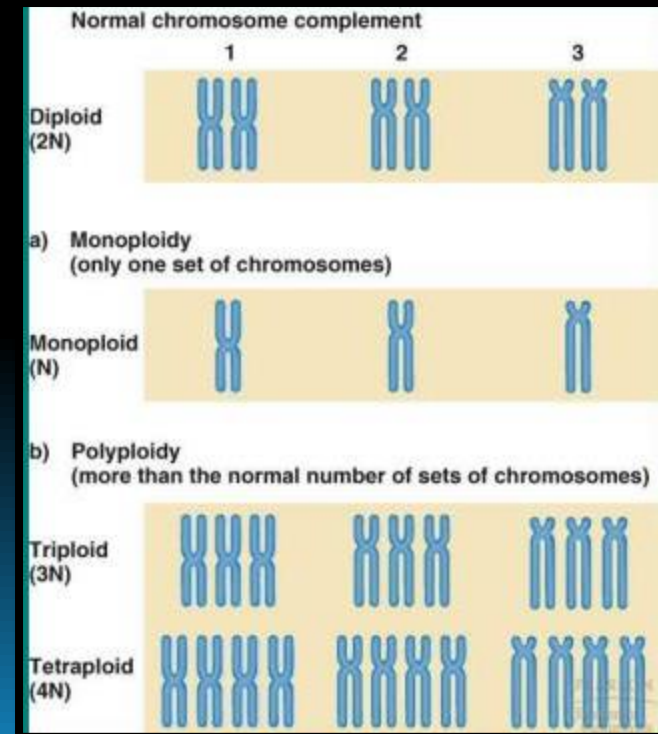
## - promjene u broju kromosoma:

### - euploidija

- promjena broja kromosoma koja zahvaća sve kromosome u setu

### - aneuploidija

- promjena broja kromosoma koja zahvaća pojedine kromosome u setu



# mutacije gena:

## - promjene u DNA

--> sinteza drukčijeg proteina

## - mutacije u:

### - somatskim stanicama

--> somatske mutacije (--> tumori)

- ne prenose se na potomstvo

### - spolnim stanicama

- prenose se na potomstvo (nasljedne)

- dominantne

- recesivne

## - poligene mutacije

- mutacije gena odgovornih za ekspresiju kvantitativnih svojstava

- uzrok postojanja velikih pasminskih razlika

- izvor genetske varijabilnosti neophodne za umjetnu selekciju



# mutacije gena



# letalni, subletalni i subvitalni geni:

## - letalni:

- uzrokom su smrti tijekom graviditeta, poroda ili ubrzo nakon poroda

## - subletalni:

- uzrokom su smrti mladih životinja poslije poroda ili kasnije u životu

## - subvitalni:

- smanjuju životnu otpornost, vitalnost



# letalni, subletalni i subvitalni geni:

- izazivaju nasljedne varijacije s tipičnim oznakama degeneracije -- posljedica domestikacije
- **subvitalni geni**
  - > **specifične pasminske oznake:**
    - dvostražnjost
    - suviše veliko vime
    - glava suviše obrasla vunom (vunsko sljepilo)
    - suviše kratki ekstremiteti

# letalni, subletalni i subvitalni geni:

## holstein



# letalni, subletalni i subvitalni geni:

## belgijsko plavo govedo





## **najčešće anomalije domaćih životinja s letalnim učinkom – goveda –**

- Ahondroplazija (sraščivanje kostiju)**
- Agnathia (skraćivanje donje vilice)**
- Cerebralna hernia (otvor na lubanji)**
- Kompaktnost**
- Mikromelija (pojava skraćenih ekstremiteta)**
- Atresia ani (srašćenje analnog otvora)**
- Produžena steonost**
- Paraliza**
- Mumifikacija ploda**

# **najčešće anomalije domaćih životinja s letalnim učinkom**

## **- svinje -**

- Cerebralna hernia (otvor na lubanji)**
- Amelija (potpuno pomanjkanje svih ekstremiteta)**
- Atresia ani (srašćenje analnog otvora)**

## **- kokoši –**

- Mikromelija (pojava skraćenih ekstremiteta)**
- Polidaktilija (dvostruki broj prstiju, skraćenje kralješnice i cjevastih kostiju)**

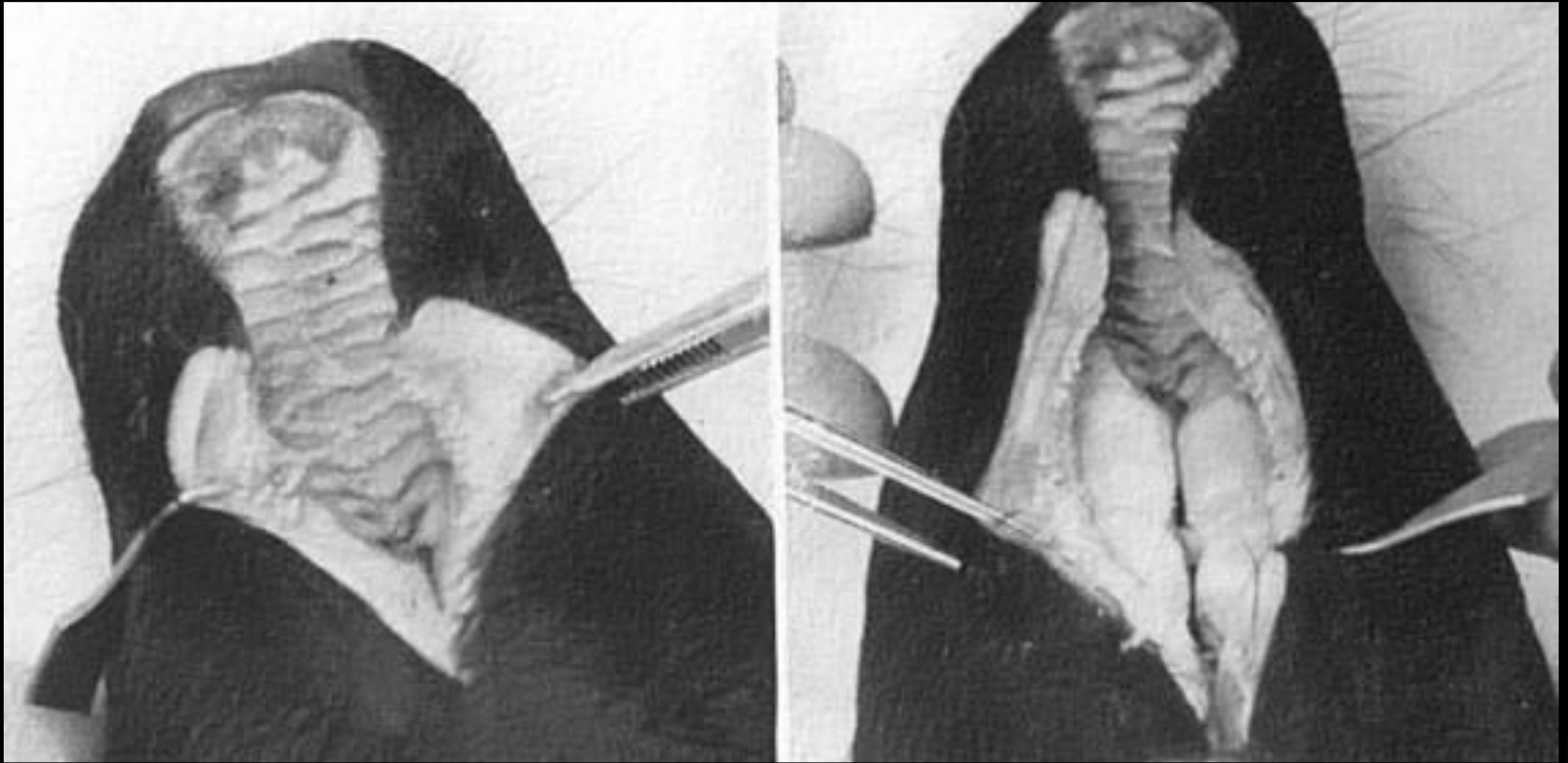
## **- ovce –**

- Adaktilija (pomanjkanje donjih dijelova nogu)**
- Atresia ani (srašćenje analnog otvora)**
- siva boja dlake**

## **- konji –**

- Frederksiborger (sterilitet povezan s bijelom dlakom)**
- Ataksija ždrebadi (nedostatak mišićne koordinacije)**

# Agnathia



- skraćivanje donje vilice u muške teladi
- spolno recesivni letalni gen

# Hernia cerebralis



**- otvor na lubanji uslijed nedostatne ostifikacije čeonih kostiju**



# Polykeratia višerožnost





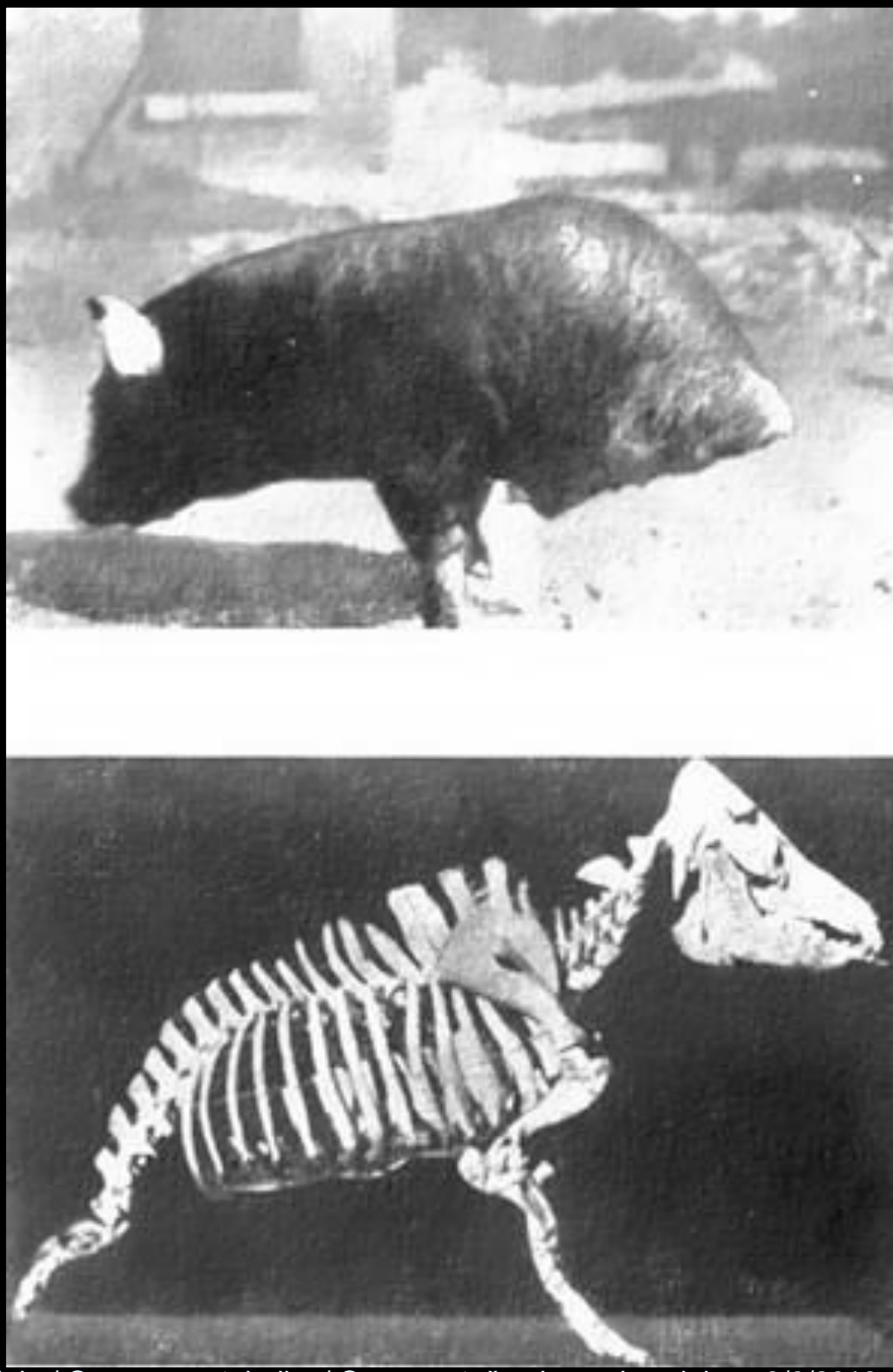
# Polydaktylia



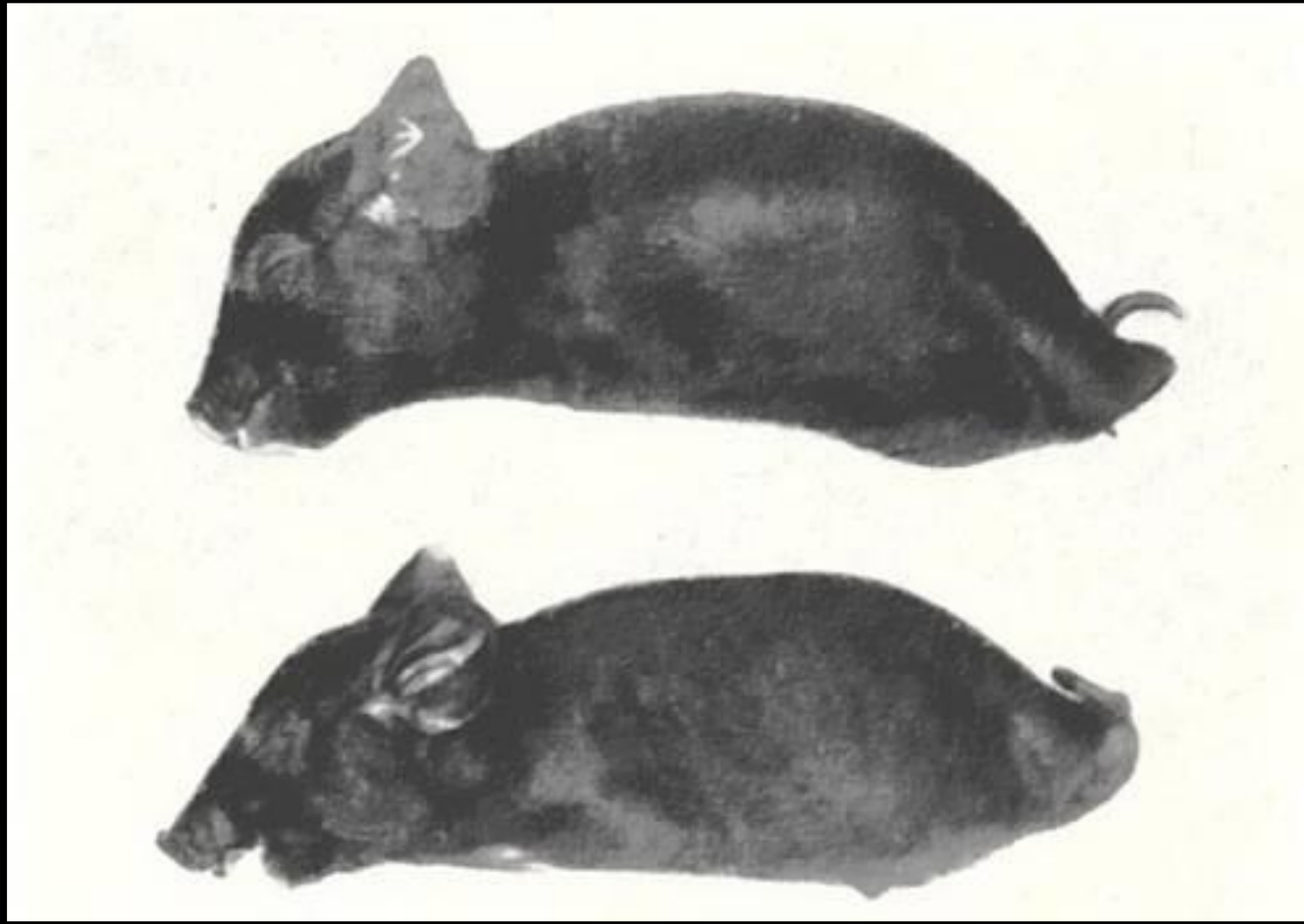
## Phocomelia anterior dextra



# Apodia



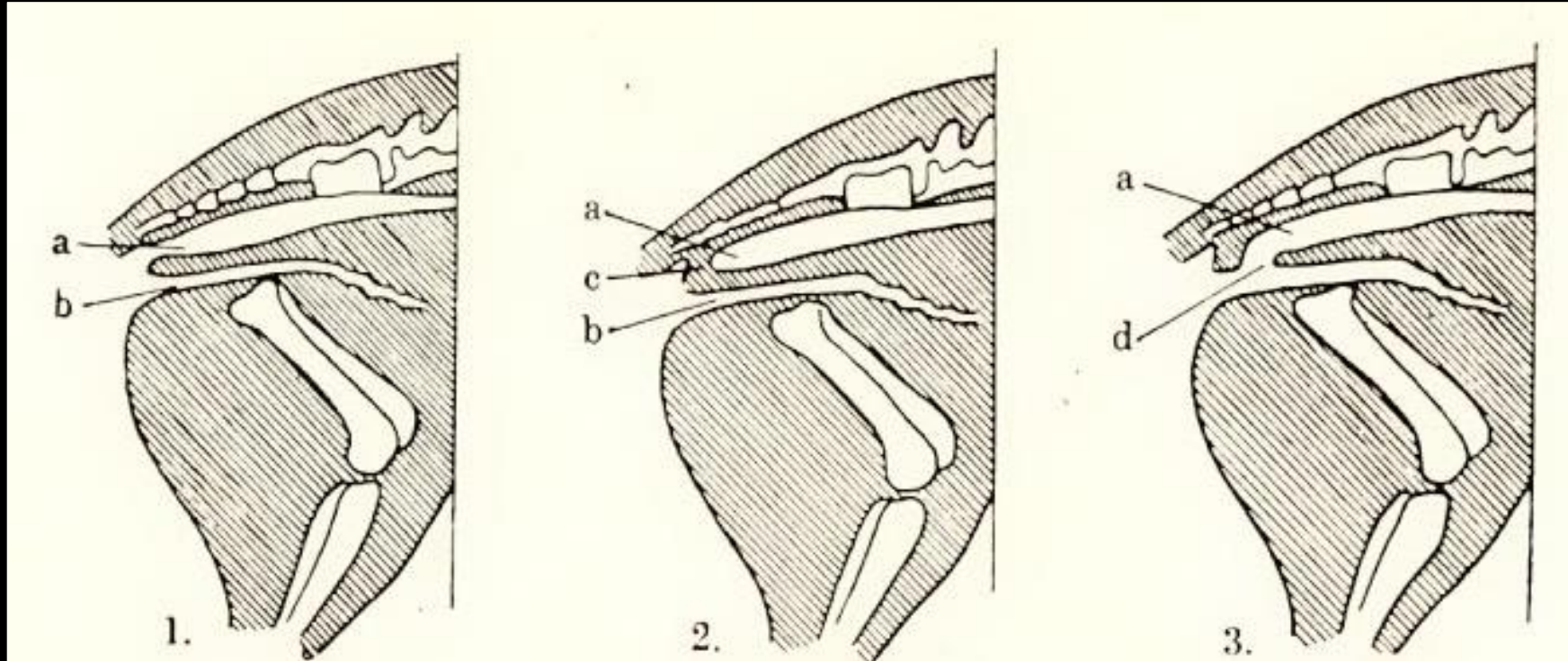
# Amelia



- potpuno pomanjkanje svih ekstremiteta



# Atresia ani



- srašćenje analnog otvora

- muške jedinke ugibaju ubrzo nakon poroda

# Ataxia ždrebeta



- nedostatak mišićne koordinacije

- recesivni tok





# Ataxia teleta

