

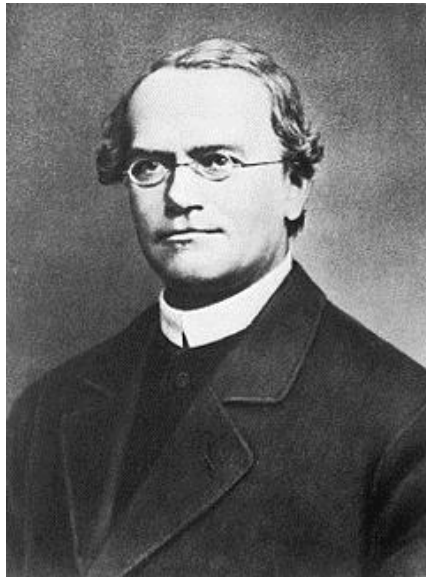


# Nezavisno razdvajanje gena

---

Vježbe V

# Mendelovi zakoni



- Gregor Mendel 1865. godine - prvi eksperimentalni podaci.
  - Istraživanja na baštenskom grašku.
- 
- Prvi je sagledao zakonitosti u nasljeđivanju svojstava, **dominantnost i recesivnost, uniformnost  $F_1$  generacije i razdvajanje u  $F_2$  generaciji.**



# Pojmovi u genetici

---

- Za istraživanje načina nasljeđivanja svojstava najpogodniji metod je **hibridizacija tj. ukrštanje roditelja** koji se razlikuju u jednom ili više svojstava i praćenje nasljeđivanja određenih svojstava na potomcima kroz nekoliko generacija.
- **Genotip** je ekspresija svih gena u jednom diploidnom ili poliploidnom organizmu, i predstavlja skup nasljednih osobina individue.
- **Fenotip** je skup spoljašnjih osobina individue, koji nastaje kao rezultat interakcije genotipa i spoljne sredine.

$$F = G + E$$



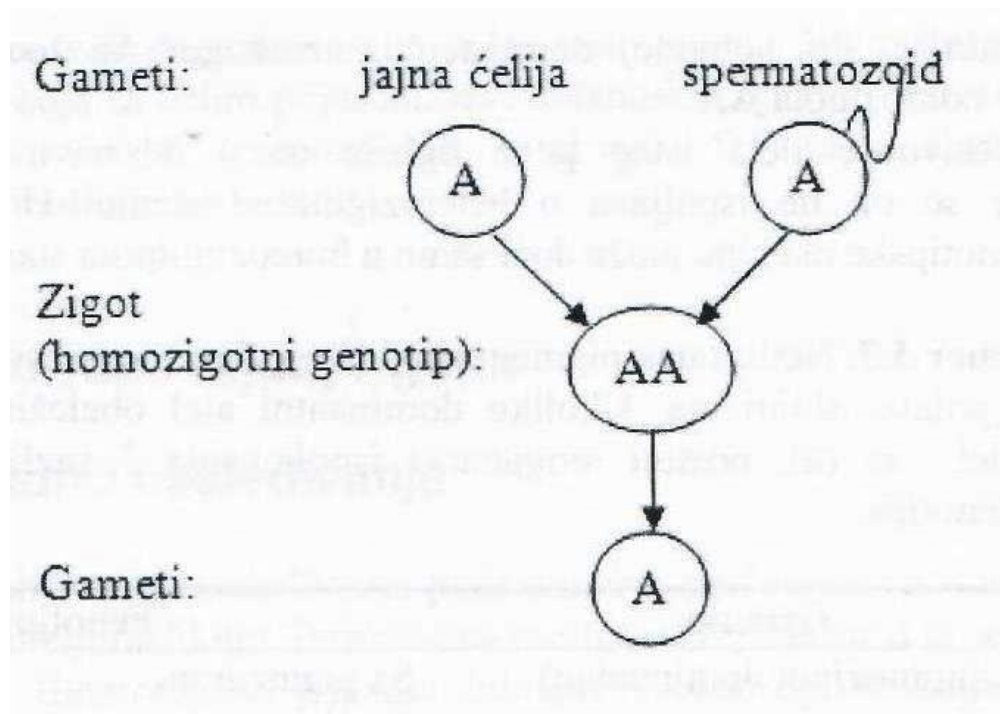
# Pojmovi u genetici

---

- **Svojstvo (osobina) ili karakteristika** nekog organizma predstavlja jedan aspekt fenotipa koji može biti manje ili više specifičan. Mogu se podijeliti na jednostavne osobine kao što je boja dlake, oblik rogova ili na sožene kao što su porast, utrošak hrane za kg prirasta, preživljavanje, proizvodnja mlijeka, jaja, veličina legla.
- **Genom** predstavlja skup gena u jednoj hromozomskoj garnituri. U širem smislu genom se odnosi na ukupan sadržaj jedra, tkzv. genomska DNK.
- **Genско mjesto ili lokus** predstavlja mjesto na hromozomu, odnosno lancu DNK koji odgovara položaju jednog gena.
- **Alel** je jedna od dvije ili više alternativnih formi jednog gena na istom mjestu homologih hromozoma.

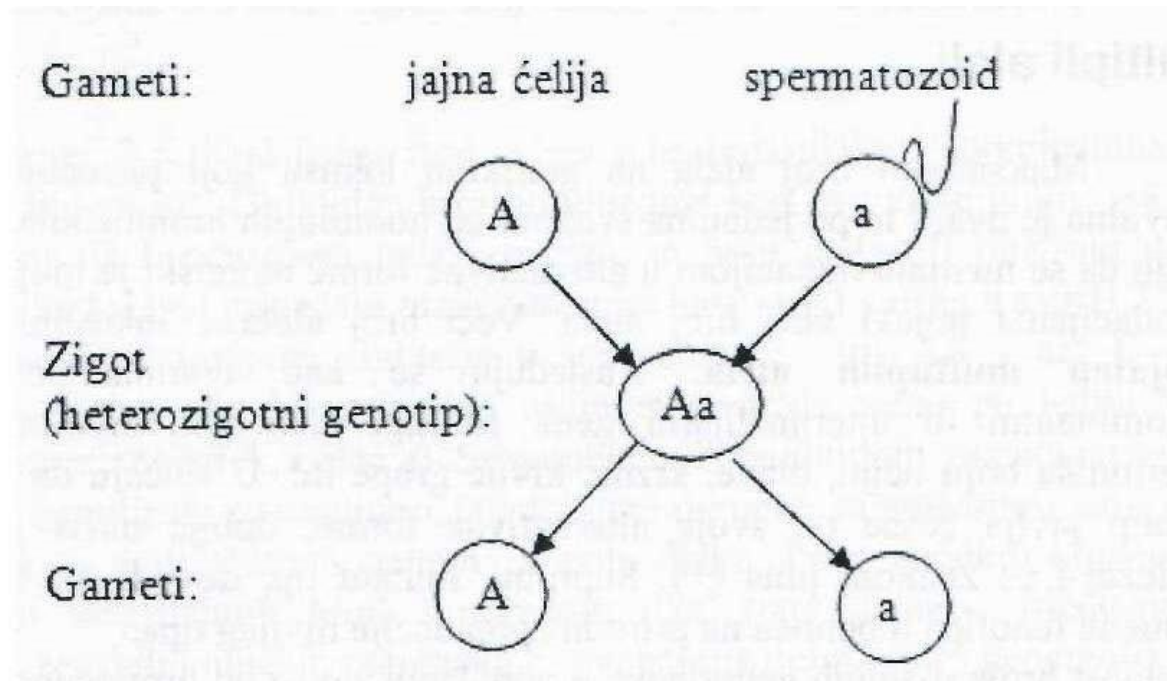
# Pojmovi u genetici

- **Homozigotnost** - sparivanjem gameta koji nose identične alele dobija se homozigotni genotip (AA,aa). Homozigoti proizvode samo jednu vrstu gameta.



# Pojmovi u genetici

- **Heterozigotnost** - spajanjem gameta koji su različiti (imaju različite gene) nastaje heterozigotni genotip (Aa). Heterozigoti proizvode različite gamete.





# Pojmovi u genetici

- **Dominantnost** je sposobnost jednog gena (dominantni) da u svojoj ekspresiji preovladava nad drugim genom (recesivni), odnosno dominantan gen je gen koji ima jači efekat.
- **Recesivnost** je suprotno od dominantnosti, to je gen koji ima slabiji efekat.

Genotip	Fenotip
AA (homozigot dominantan)	Sa pigmentom
Aa (heterozigot)	Sa pigmentom
aa (homozigot recesivan)	Bez pigmenta (albinizam)



# Mendelovi zakoni

---

- **I Mendelov zakon** - F1 generacija kod monohibridnog ukrštanja je genetski uniformna.
- **II Mendelov zakon (zakon segregacije):** u F2 generaciji dolazi do cijepanja osobina (razdvajanja), ponovo se pojavljuju roditeljske osobine.
- Nasljedni faktori – geni i osobine slobodno se kombinuju kod potomstva usljed slobodnog kombinovanja hromozoma tokom gametogeneze (mejoze I) i oplodjenja.





# Mendelovi zakoni

---

- Kod većeg broja osobina primjetno je da se neke karakteristike ne pojavljuju u svakoj generaciji (generacije se preskaču), a zatim se ponovo pojavljuju. – Mendelova pravila:
- U slučaju parenja dominantno homozigotne jedinice sa homozigotno recesivnom, potomstvo će ispoljiti fenotip dominantnog roditelja. Genotip potomaka je heterozigotan, i kada se oni međusobno ukrste, recesivni fenotip će se ponovo pojaviti.

P: AA x aa

F1: Aa

F2: F1 x F1

F2: AA, Aa, Aa, aa



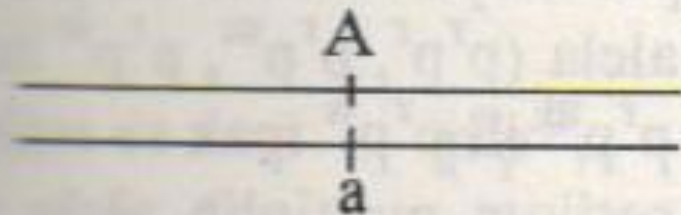
# Metod hibridizacije

---

- **Metod hibridizacije** – ukrštanje jedinki različitih genotipova koje se razlikuju u jednom ili više svojstava.
- Prema broju gena za koje se razlikuju jedinice koje se ukrštaju, ukrštanje može biti:
  1. Monohibridno
  2. Dihibridno
  3. Trihibridno
  4. Polihibridno

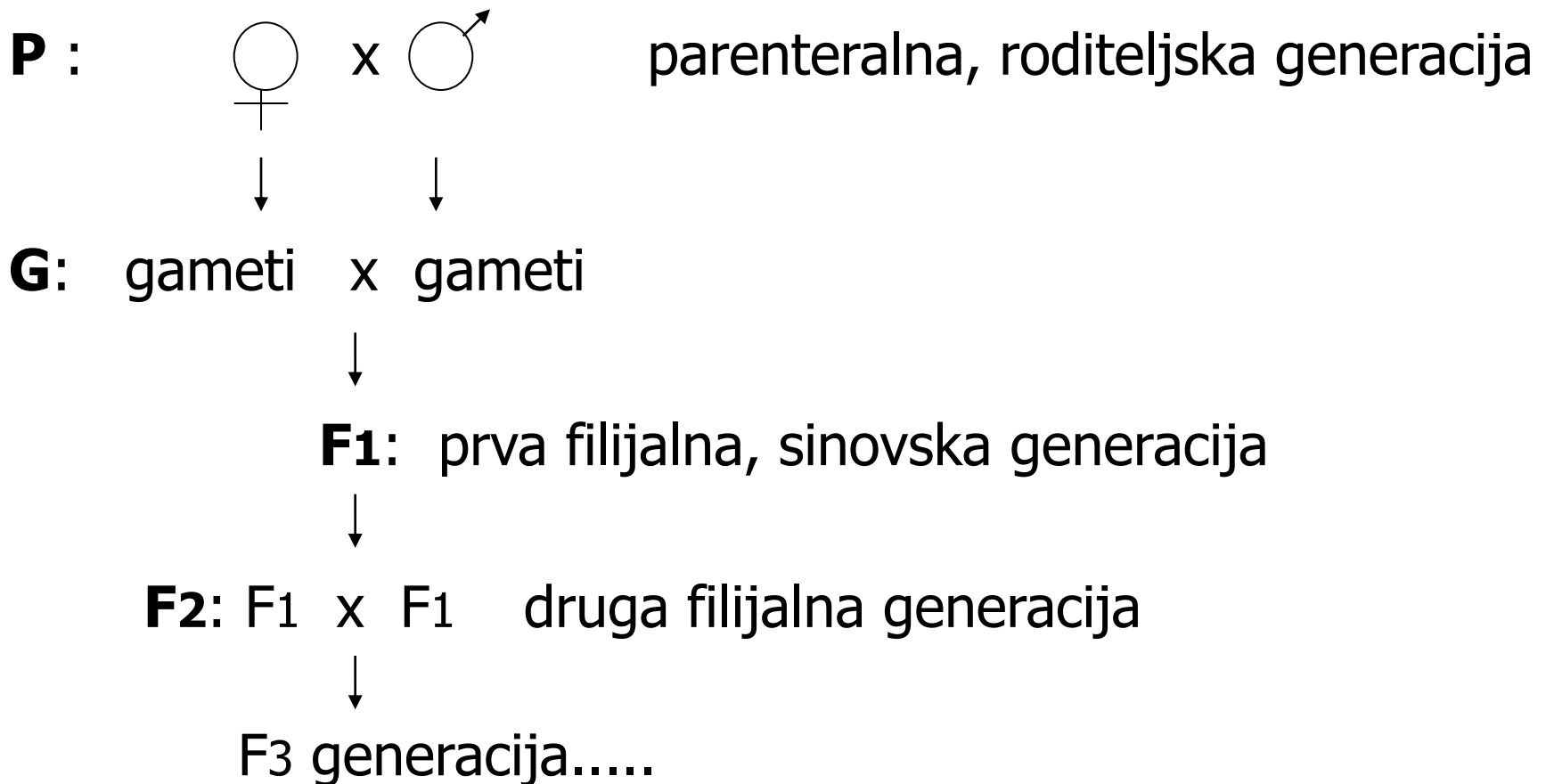
# Monohybridno ukrštanje

- **Monohibridi** su organizmi heterozigotni za jedan par alela. Nastaju ukrštanjem roditelja koji se međusobno razlikuju u jednom genu odgovornom za razvoj nekog svojstva.
- Pri ukrštanju piše se genotip roditelja tj. parentalne generacije ( $P_1$  i  $P_2$ ) i to na prvom mjestu genotip majke ( $\text{♀}$ ) x genotip oca ( $\text{♂}$ ). Diploidni roditelji ( $2n$ ) stvaraju u procesu redukcione diobe gamete ( $n$ ) koje se označavaju Gp ili gam.
- Nakon spajanja haploidnih gameta od majke i oca nastaje  $F_1$  generacija (prva filijalna, sinovska). Slobodnom oplodnjom gameta  $F_1$  generacije nastaje  $F_2$  generacija.



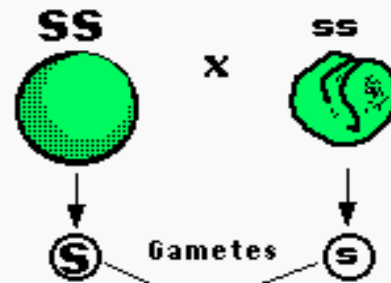
dva homologna hromozoma

# Monohibridno ukrštanje

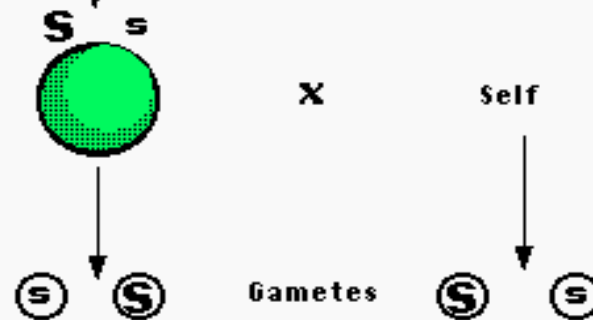


# Mendel: Monohybrid cross

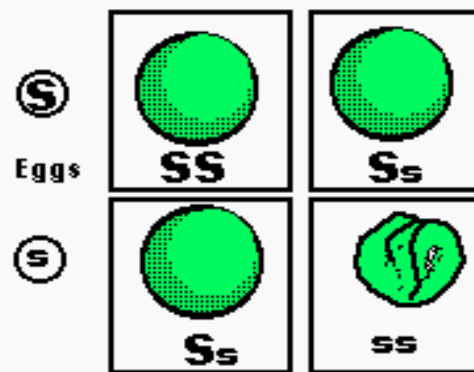
Parental generation



F<sub>1</sub> generation



F<sub>2</sub> generation



Punnett square



# Monohibridno ukrštanje

---

Odnos genotipova:

1/4 dominantni homozigot AA }  
1/2 dominantni heterozigot Aa }  
1/4 recesivni homozigot aa }

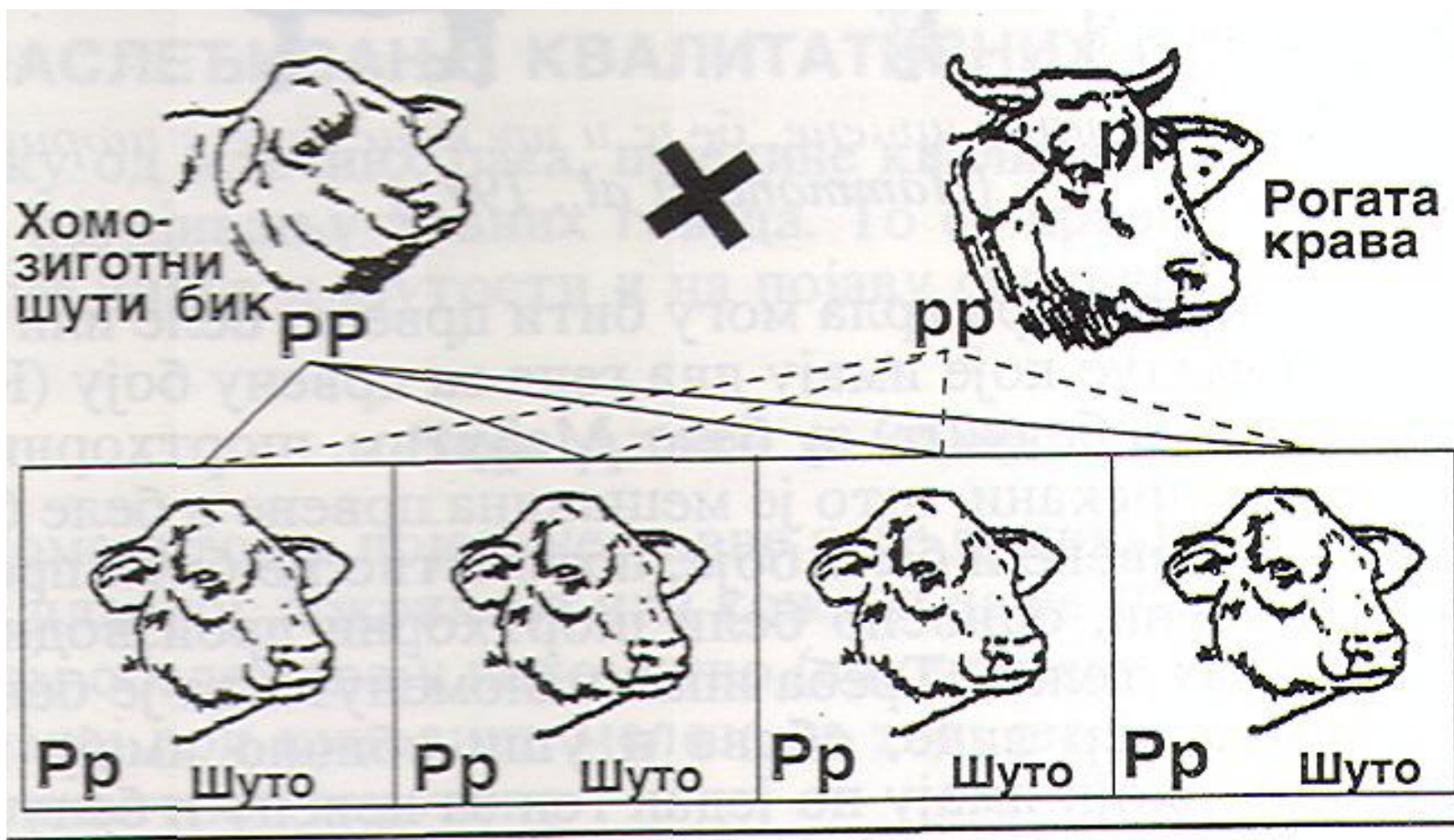
**1 : 2 : 1**

Odnos fenotipova:

3/4 dominantna osobina,  
okruglo zrno  
  
1/4 recesivna osobina,  
naborano zrno

**3 : 1**

# Monohybridno ukrštanje





# Monohibridno ukrštanje

---

- Primjer:
- Kod jedne rase svinja crna boja dlake je dominantna (A) nad bijelom bojom (a). Diploidan broj hromozoma kod ove vrste je  $2n=38$  i na jednom paru tih hromozoma nalazi se gen za boju dlake. S obzirom da su roditelji diploidni i da pripadaju različitim sojevima, svaki varijetet sadrži dva alela za boju dlake. Genotipovi roditelja u tom slučaju su AA i aa. U toku redukcione diobe, oba homozigotna roditelja stvaraće samo po jednu vrstu gameta (majka A, otac a). Spajanjem ovih haploidnih gameta nastaje F1 generacija. Fenotipski posmatrano, svi dobijeni potomci su uniformni, crni i liče na rodoitelja sa dominantnim genom za boju dlake. Po genetičkoj konstituciji potomci su heterozigoti (Aa) i obrazuju dvije vrste gameta. Međusobnim ukrštanjem muških i zenskih potomaka F1 generacije dobija se F2 generacija.



# Monohybridno ukrštanje

Shematski prikaz monohybridnog ukrštanja:

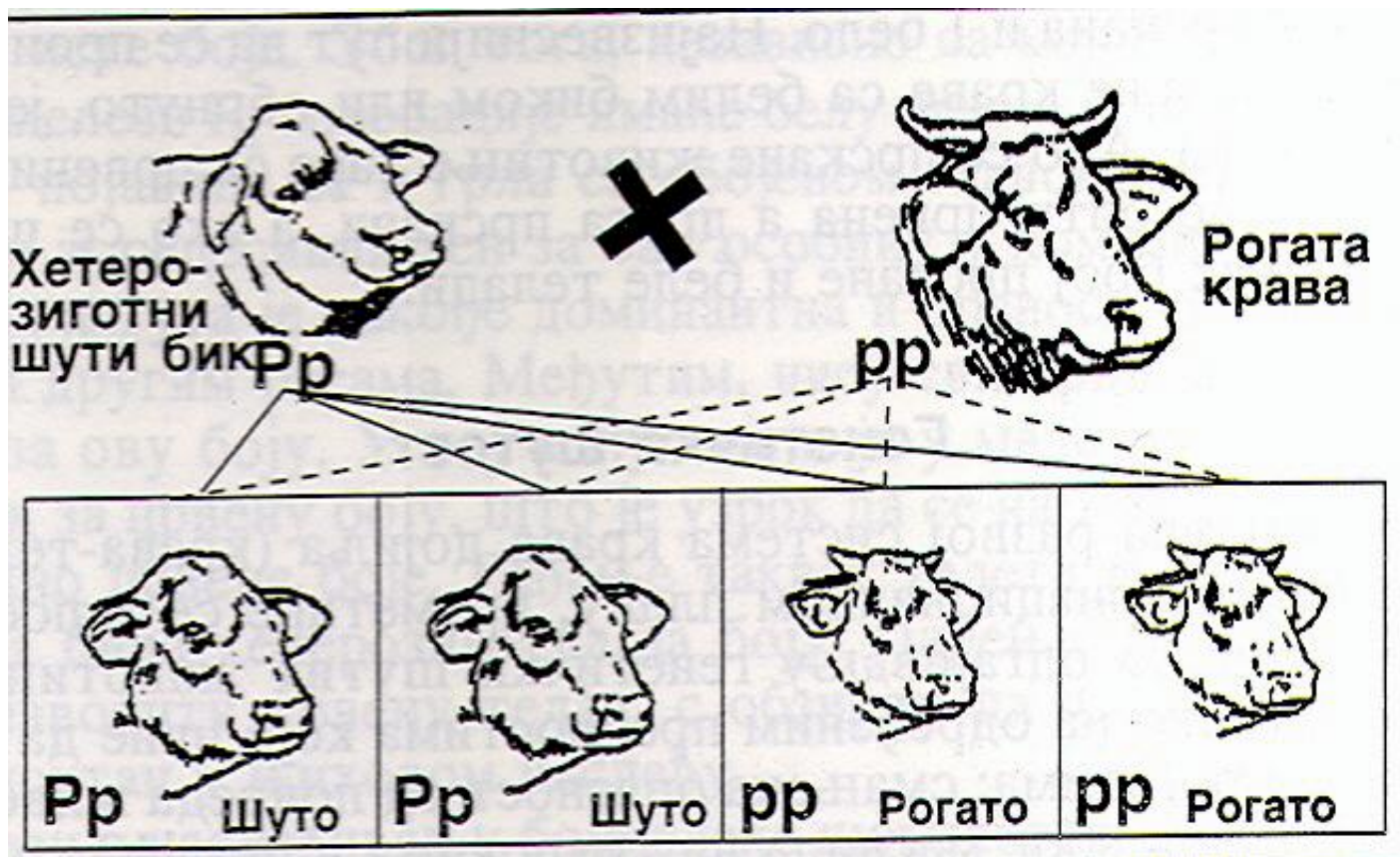
Roditelji (P):	♀ AA	×	♂ aa	
Gameti (G):		A	×	a
Potomci F <sub>1</sub> :		Aa		Aa
F <sub>1</sub> × F <sub>1</sub>		Aa	×	Aa
F <sub>2</sub> :	AA,	Aa,	Aa,	aa
Odnos fenotipova	3:1			
Odnos genotipova	1: 2 :1			

# Test ukrštanje monohibrida

- Da su biljke  $F_1$  gen heterozigotne i da se u genotipu razlikuju od homozigotnog roditelja sa dominantnim svojstvom može se provjeriti **povratnim** ili **test** ukrštanjem.
- Ono služi za provjeru genetičke konstitucije roditelja (da bi se utvrdio nepoznati genotip jedinke koja pokazuje dominantan fenotip).
- **Test ukrštanje predstavlja ukrštanje potomaka  $F_1$  generacije sa recesivnim roditeljem:**

P:	Aa	×	aa
G:	A, a	×	a
$F_1$ :	Aa		aa
	50% (1)	:	50% (1)

# Test ukrštanja monohibrida





# Dihybridno ukrštanje

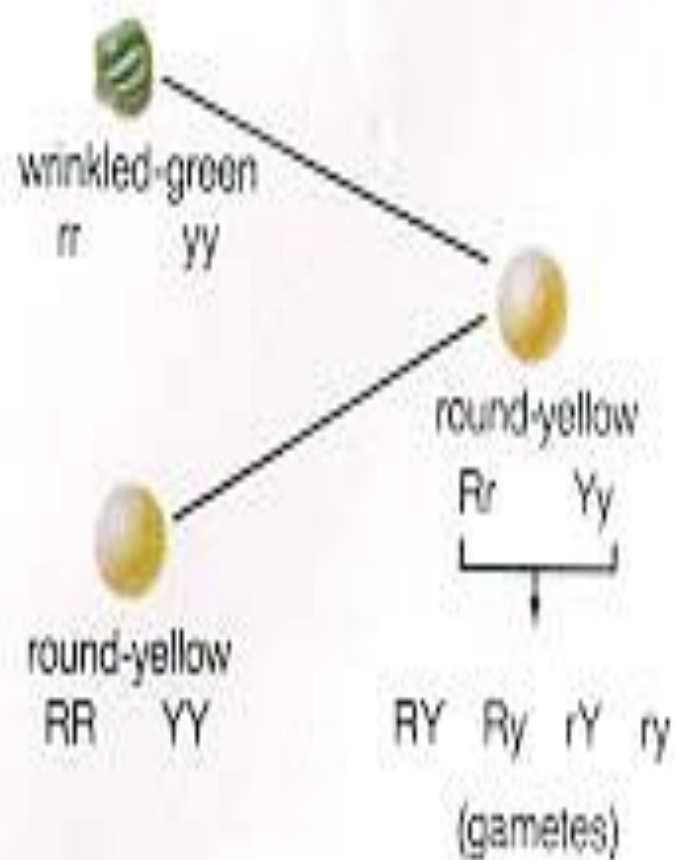
---

- **Dihibridi** organizmi koji su heterozigotni za dva para alela i nastaju ukrštanjem roditelja koji se razlikuju u **dva gena** odgovorna za dva različita svojstva.

















P<sub>1</sub> generation

F<sub>1</sub> generation


F<sub>2</sub> generation




gametes	RY	Ry	rY	ry	
RY	RRYY	RRYy	RrYY	RrYy	9
Ry	RRYy	RRyy	RrYy	yy	3
rY	RrYY	RrYy	rrYY	rrYy	3
ry	RrYy	Rryy	rrYy	rryy	1

		♂ gametes			
		$RY$ $\frac{1}{4}$	$Ry$ $\frac{1}{4}$	$ry$ $\frac{1}{4}$	$rY$ $\frac{1}{4}$
♀ gametes	$RY$ $\frac{1}{4}$	$RR YY$ $\frac{1}{16}$ 	$RR Yy$ $\frac{1}{16}$ 	$Rr Yy$ $\frac{1}{16}$ 	$Rr YY$ $\frac{1}{16}$ 
	$Ry$ $\frac{1}{4}$	$RR Yy$ $\frac{1}{16}$ 	$RR yy$ $\frac{1}{16}$ 	$Rr yy$ $\frac{1}{16}$ 	$Rr Yy$ $\frac{1}{16}$ 
	$ry$ $\frac{1}{4}$	$Rr Yy$ $\frac{1}{16}$ 	$Rr yy$ $\frac{1}{16}$ 	$rr yy$ $\frac{1}{16}$ 	$rr Yy$ $\frac{1}{16}$ 
	$rY$ $\frac{1}{4}$	$Rr YY$ $\frac{1}{16}$ 	$Rr Yy$ $\frac{1}{16}$ 	$rr Yy$ $\frac{1}{16}$ 	$rr YY$ $\frac{1}{16}$ 

9  : 3  : 3  : 1 

 Round, yellow

 Wrinkled, yellow

 Round, green

 Wrinkled, green

Odnos fenotipova:  
 9/16 okruglo, žuto  
 3/16 okruglo, zeleno  
 3/16 naborano, žuto  
 1/16 naborano, zeleno

**9 : 3 : 3 : 1**



# Dihybridno ukrštanje

---

- Primjer:
- Kod goveda odsustvo rogova je dominantna osobina (B), kao i tamna boja dlake (A). Ukoliko se krava navedenog genotipa spari sa bikom koji ima rogove (b) i svijetlu boju dlake (a) odrediti odnos fenotipova u F2 generaciji.

	F				
M		BA	Ba	bA	ba
	BA	BB, AA	BB, Aa	Bb, AA	Bb, Aa
	Ba	BB, Aa	BB, aa	Bb, Aa	Bb, aa
	bA	Bb, AA	Bb, Aa	bb, AA	bb, Aa
	ba	Bb, Aa	Bb, aa	bb, Aa	bb, aa

Bez rogova- tamne dlake (9)

Bez rogova- svijetle dlake (3)

Sa rogovima tamne dlake (3)

Sa rogovima- svijetle dlake (1)

Odnos fenotipova: 9:3:3:1





# Test ukrštanje dihibrida

---

P:           AaBb           ×           aabb

G:    AB, Ab, aB, ab       x       ab

F<sub>1</sub>       AaBb, Aabb, aaBb, aabb

          1 : 1 : 1 : 1



# Trihibridno ukrštanje

---

- **Trihibridi** su organizmi koji su heterozigotni za tri para alela i nastaju ukrštanjem roditelja koji se razlikuju u **tri gena** odgovorna za tri različite osobine.



# Trihibridno ukrštanje

---

- Primjer:
- Parenjem bika aberdin angus rase koju odlikuju: šutost (A), crna boja (B) i jednobojnost dlake (C) sa hereford kravom sa rogovima (a), crvene boje dlake (b) i šarama po tijelu (c), dobija se potomstvo F1 generacije koje je šuto, crne boje i jednobojno. Ove tri osobine su dominantne nad pojavom rogova, crvenom bojom i šarama. Međusobnim parenjem grla F1 generacije u F2 generaciji odnos dobijenih fenotipova biće sljedeći: 27:9:9:9:3:3:3:1. U 64 kombinacije F2 generacije, samim tim postoji 8 različitih fenotipova.



# Trihibridno ukrštanje

---

P:     AABBCC     ×     aabbcc

G:     ABC         ×     abc

F<sub>1</sub>:             AaBaCc

F<sub>2</sub> generacija:

♀ \ ♂	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC	AABBCc	AABbCC	AABbCc	AaBBCC	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc
ABc	AABBCc	AABBcc	AABbCc	AABbcc	AaBBCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc
AbC	AABbCC	AABbCc	AAbbCC	AAbbCc	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc
Abc	AABbCc	AABbcc	AAbbCc	AAbbcc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc
aBC	AaBBCC	AaBBCc	AaBbCC	AaBbCc	aaBBCC	aaBBCc	aaBbCC	aaBbCc
aBc	AaBBCc	AaBBcc	AaBbCc	AaBbcc	aaBBCc	aaBBcc	aaBbCc	aaBbcc
abC	AaBbCC	AaBbCc	AabbCC	AabbCc	aaBbCC	aaBbCc	aabbCC	aabbCc
abc	AaBbCc	AaBbcc	AabbCc	Aabbcc	aaBbCc	aaBbcc	aabbCc	aabbcc

Odnos fenotipova: 27:9:9:9:3:3:3:1

АБЕРДИН АНГУС  
БИК



ХЕРЕФОРД  
КРАВА

F<sub>1</sub> ГЕНЕРАЦИЈА  
сва грла шута, црног  
тела и беле главе



шутих  
црног тела  
беле главе

шутих  
црног тела  
црне главе

рогатих  
црног тела  
беле главе

шутих  
црвеног тела  
беле главе

рогата  
црног тела  
црне главе

шута  
црвеног тела  
обојене главе

рогата  
црвеног тела  
беле главе

рогато  
црвеног тела  
обојене главе

Слика 3.3. Пример тирксибридног наслеђивања (Ensminger, 1987)



## Primjeri:

---

1. Bijela boja vune kod ovaca determinisana je dominantnim alelom B, a tamna recesivnim alelom b. Kada se ukrsti homozigotna ovca bijele vune sa ovnom tamne boje, koju proporciju potomaka u F<sub>2</sub> generaciji čine heterozigoti?
2. Ukrštanjem pacova divlje, sive boje sa bijelim, albino pacovima u F<sub>1</sub> generaciji dobijeno je potomstvo sive boje. Zatim je u F<sub>2</sub> generaciji dobijeno 207 sivih i 73 albino pacova. Objasniti dobijene rezultate.



## Primjeri:

---

3. Kod zečeva dominantan alel B kontroliše crnu boju krzna, dok recesivan b alel utiče na pojavu braon krzna. Dominantan R alel određuje dugu, a recesivan r alel kratku dlaku. Homozigotni zečevi sa dugom, crnom dlakom su ukršteni sa zečevima braon, kratke dlake.

Koja proporcija potomaka F<sub>2</sub> generacije sa braon, kratkom dlakom će biti homozigotina za oba lokusa?