



## Simulacija mendlova genetika

Avtorja: Miro Puhek in dr. Andrej Šorgo

Institucija: Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru.

- 1. Strategija (metoda):** samostojno delo učencev in vodeno opazovanje.
- 2. Starostna skupina, razred (vrsta srednje šole):** učenci 9. razreda osnovne šole ter srednješolci poklicne šole ali gimnazije.
- 3. Kompetence, ki se razvijajo:** naravoslovno-matematične.

a) generične:

Generične kompetence naravoslovnih predmetov:	Obdobje			
	1-3	5-6	7-9	SŠ
spodobnost zbiranja informacij,			X	X
spodobnost analize in organizacija informacij,			X	X
spodobnost interpretacije,			X	X
spodobnost sinteze zaključkov,			X	X
spodobnost učenja in reševanja problemov,			X	X
prenos teorije v prakso,			X	X
uporaba matematičnih idej in tehnik,			X	X
prilagajanje novim situacijam,			X	X
skrb za kakovost,				
spodobnost samostojnega in timskega dela,				
organiziranje in načrtovanje dela,				
verbalna in pisna komunikacija,			X	X
medosebna interakcija,			X	X
varnost.				

b) predmetno-specifične: opazovanje kot temeljna spoznavna metoda in virtualni eksperiment.

c) dodatne: delo z računalnikom.

### Umestitev v učni načrt/ Nova vsebina:

Simulacijo Mendlova genetika je možno uporabiti kot samostojno laboratorijsko vajo izvedeno v virtualnem svetu ali kot dopolnilo klasičnemu laboratorijskemu delu. Možno bi jo bilo uporabiti tudi kot sredstvo za urjenje in preverjanje hipotez brez dodatnih materialnih potreb za pripravo na novo učno uro ali za ponavljanje že utrjene snovi. Po učnih načrtih za srednjo šolo in osnovno šolo bi jo lahko izvajali:

- v osnovni šoli pri izbirnem predmetu Genetika v 9. razredu pri učni temi »Mendlova genetika«, kjer se učenci seznanijo s primeri Mendlovega križanja in spoznajo zakone, ki jih je pri tem postavil.
- v srednji šoli pri predmetu Biologija pri učni temi »Geni in dedovanje« (obvezni program - D), kjer se dijaki seznanijo z osnovnimi principi dedovanja in procesi, ki so povezani z le-tem.



- v srednji šoli pri predmetu Biologija pri učni temi »Evolucija« (obvezni program - E), kjer dijaki spoznajo pomen evolucije za organizme in vplive na spreminjanje genskega sklada populacije.
- v srednji šoli pri predmetu Biologija pri učni temi »Ekologija, biotska pestrost in evolucija« (maturitetni program - O), kjer dijaki spoznajo fenotipsko in genotipsko raznolikost osebkov in vplivi na le-to. S pomočjo Hardy-Weinbergove enačbe tudi ocenijo pogostost alelov v genskem skladu ter genotipov in fenotipov neke generacije osebkov v populaciji.

**Evalvacija:** pred-test in post-test nam bosta pomagala beležiti predhodno in novo osvojeno znanje ter stališča. Pred in post-test sta enaka, pri čemer je potrebno v naslovu obkrožiti za katerega od njiju gre. Učenci pred uporabo simulacije najprej rešijo pred-test in po uporabi še enkrat post-test. Za smotnost rezultatov učinkovitosti simulacij, jim učitelj naj ne pomaga. Učitelj naj tudi pazi, da sta pred in post-test posameznega učenca ločena od drugih (najbolje ju je speti).

#### **Učiteljeva navodila:**

S simulacijo Mendlova genetika je učenec postavljen v vlogo Gregorja Mendla, ki je skozi nize poskusov na grahu postavil temelje moderne genetike. Za objekt eksperimentiranja smo izbrali labradorca, saj je učencem blizu in jim tako pokaže razširjenost znanosti na vsakem koraku. Simulacija je namenjena virtualnemu eksperimentalnemu delu brez dodatnih sredstev in podpora teoretičnemu delu pouka. Simulacije je možno prenesti tudi na domač računalnik, zato bi lahko bile zelo koristno gradivo npr. za ponavljanje snovi pred testom.

Za izvedbo učne ure s simulacijo nujno potrebujemo računalnik. Najboljša možnost izvedbe je v računalniški učilnici, tako da je vsak izmed učencev (oz. dvojica) na svojem računalniku. V tem primeru učitelj nudi le pomoč in učence usmerja do pravih odgovorov. Pomembno je tudi, da učitelj preveri pravilnost odgovorov iz delovnih listov (lahko tudi s pomočjo platna). V primeru, da računalniška učilnica ni dosegljiva, naj simulacije izmenično izvajajo učenci na računalniku, katerega slika se projicira na platno. Pri tem je pomembno, da niso aktivni le izvajalci, temveč tudi ostali. V obeh primerih izvedbe naj vsi učenci že med delom rešujejo naloge na delovnih listih.

Učenci si naj pri reševanju nalog pomagajo s simulacijo. Simulacija Mendlova genetika je razvita tako, da morajo biti učenci za pridobitev povratne informacije aktivni. Ob pravih odgovorih se jim namreč pokaže slika osebkov in omogoči reševanje naslednjega dela naloge.

#### Tip učne enote:

- ura praktičnih del in eksperimentiranja,
- ura utrjevanja, ponavljanja in izvedbe vaj.

Vodilna učna metoda: metoda praktičnih del in metoda dela s tekstom.



Spremljevalne metode: metoda ponavljanja, metoda demonstracije, metoda razgovora, metoda razlage.

Vzgojno-izobraževalne oblike: frontalni pouk, samostojno delo.

Cilji:

- seznanja se z Mendlovimi zakoni križanja;
- prepozna mono in dihibridno križanje;
- na primeru labradorcev izpeljuje testno križanje in ugotavlja lastnosti križancev;
- spozna kaj je genom in razlikuje hetero in homozigote;
- ločuje dominantne lastnosti od recesivnih;
- seznanja se z Mendlovo genetiko in spozna, da jo je Mendel zasnoval na osnovi umetnega križanja;
- zna interpretirati podatke.

Učni in tehnični pripomočki: računalnik (16 kom), LCD projektor, platno, simulacija Mendlova genetika, delovni listi, pred in post-testi.

Viri:

- Blumberg, R.B. 1865. Experiments in Plant Hybridization. MendelWeb. Obiskano 8.9.2010 na, <http://www.mendelweb.org/Mendel.html>
- Campbell, N.A., Reece, J.B. 2005. Biology, Seventh Edition. Pearson Education.
- Davol, P.A. 1996. Coat Color Inheritance in the Labrador Retriever. Obiskano 10.9.2010, na <http://www.labbies.com/genetics.htm>
- Grabnar, M., Novak., T. 1997. Biologija 7 in 8, Genetika in evolucija. DZS, Ljubljana.
- Mendel, G. 1866. Versuche über Pflanzen – Hybriden. Obiskano 10.9.2010, na <http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/gm-65-f.pdf>
- Pickering, W.R. 1996. Biologija. Shematski pregledi. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.

Korelacija: matematika, fizika, kemija.



## Navodila za delo – Mendlova genetika

### Uvod

Genetika je ena izmed ved, ki se nanaša na vsa živa bitja na zemlji. Genetski zapis (**genotip**) predstavlja informacije o zgradbi in delovanju nekega organizma in se nanaša na preteklost, sedanost in na dedovanjem na prihodnje rodove (Grabnar et. al, 1997). Lahko predstavlja vse alele v celici, večinoma pa se uporablja za opis enega ali več genov, ki skupno vplivajo na neko lastnost. **Alel** je ena izmed različnih oblik zapisa dednega materiala na kromosomu, ki določa eno lastnost. Skupek vseh vidnih lastnosti (npr. barva, velikost, tudi bolezen), ki jih izraža genotip (tudi okolje) pa imenujemo **fenotip**. Dva osebka sta lahko genotipsko različna (npr. BB in Bb), imata pa enak fenotip – oba sta npr. črna. Pri tem ima lahko organizem dva enaka – **homozigot**, ali pa različna alela – **heterozigot** (Campbell in Reece, 2005).

Za »očeta genetike« velja Gregor Mendel, ki je s poskusi na grahu postavil temelje klasične genetike. Prvi je namreč zabeležil rezultate križanja različnih lastnosti pri grahu, s katerimi je potrdil hipoteze o dedovanju teh lastnosti na potomce. Mendel je pri križanju rastlin ugotovil, da so nekatere lastnosti **dominantne**, druge pa **recesivne** (Campbell in Reece, 2005). Dominantne lastnosti je označeval z velikimi tiskanimi črkami (B), recesivne pa z malimi (b). Najprej je križal rastline, ki so se razlikovale v eni lastnosti (visoke-nizke), torej je dobil monohibride (**monohibridno križanje**) – križance za en par alelov. Pri križanju starševske generacije (P) so se v prvi generaciji potomcev (F1) pokazale samo dominantne lastnosti, ki so maskirale recesivne. Te so se pokazale šele v drugi generaciji potomcev (F2). Mendel je po analizi več tisoč rastlin zabeležil **fenotipsko razmerje 3:1** med dominantnimi in recesivnimi lastnostmi (Mendel, 1866; Blumberg, 1865). Recesivna lastnost se je torej izrazila le pri križanju recesivnih homozigotov.

Mendel je križal tudi grah, ki se je razlikoval v dveh lastnostih (gladko-rumeno seme in nagubano-zeleno seme), zato je dobil osebke hibride za dva alela – dihibride (Grabnar et al. 1997). **Dihibridno križanje** se nanaša na istočasni prenos dveh parov alelov, vendar neodvisno drug od drugega (Pickering, 1996). Tudi pri križanju semen z dvema različnima lastnostma so po pričakovanju semena prve generacije potomcev (F1) imela enak genotip in fenotip. V drugi generaciji potomcev (F2) je Mendel ugotovil, da je razmerje dihibridnega križanja enako produktu dveh monohibridnih križanj (Campbell in Reece, 2005). Pojavili so se namreč štiri različni fenotipi semen v **razmerju 9:3:3:1**, kar je enako  $(3:1)^2$ .

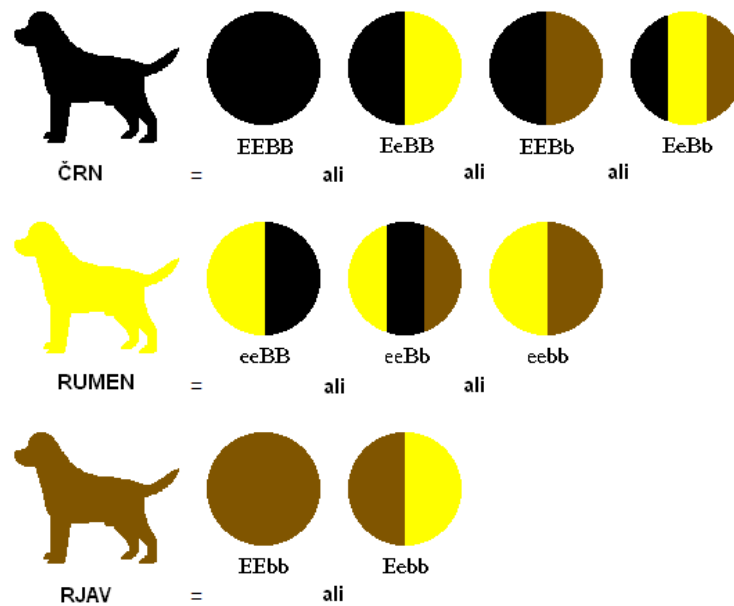
Mendlova genetika pa ne velja samo za grah, temveč je prisotna na veliko področjih. Pojasni lahko dedovanje bolezni, barve, velikosti osebkov, itd. Pri človeških boleznih se monohibridno dedujejo npr. albinizem, cistična fibroza, Huntingdonova horea (Pickering, 1996). Vzreditelji psov in mačk lahko na ta način določajo fenotipe potomcev, vendar je pri tem potrebno omeniti, da je proces kompleksnejši (dedovanje vezano na spol).

Pri labradorcih v osnovi ločimo tri barve, ki so odvisne od štirih alelov (Daval, 1996). Ti aleli so:

- B, ki določa črno barvo osebka,

- b, ki določa rjavo barvo osebkov,
- E, ki določa sposobnost izražanja temnih pigmentov,
- e, ki določa nesposobnost izražanja temnih pigmentov.

Različne barve labradorcev in njihovi genotipi so prikazani na Sliki 4.



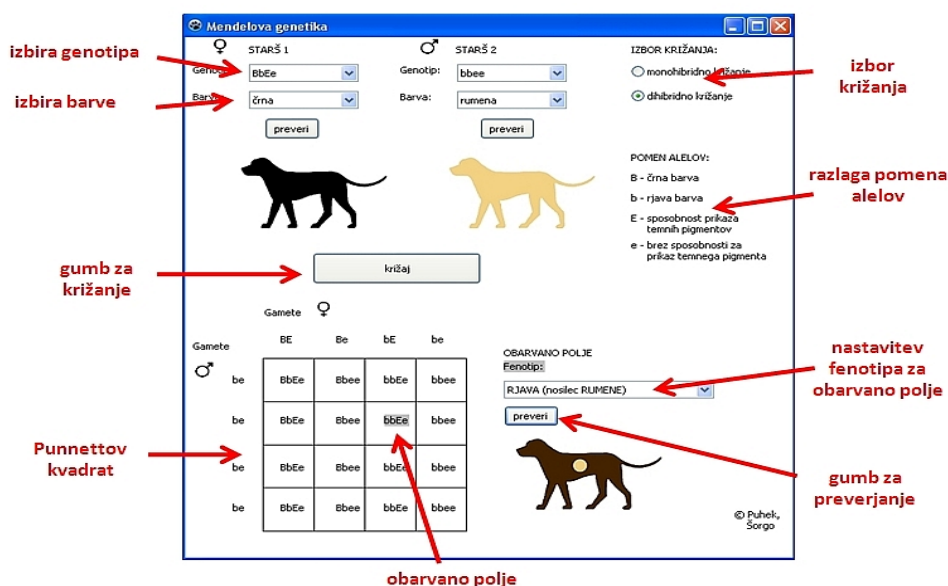
Slika 1: Možne barve (fenotipi) labradorcev s pripadajočimi genotipi (Daval, 1996).

## Simulacija Mendlova genetika

### Navodila za uporabo:

Pri delu s simulacijo ti naj bo v pomoč slika 3.

1. V meniju za izbor križanja najprej izberi »monohibridno križanje«.
2. V spustnem seznamu izberi genotip **BB** za starša 1 (samica) in mu dodaj pripadajočo barvo. Izbiro preveri s klikom na gumb »preveri«. Ob pravilni izbiri se prikaže slika starša 1.
3. Ponovi korak 2 še za starša 2 (samec), s tem da tokrat izberi genotip **bb**. Izpolni nalogi 1 in 2 iz delovnega lista.
4. Predvidi genotipe potomcev izbranih staršev. Izpolni nalogo 3 iz delovnega lista.
5. Klikni na gumb »križaj«, da napolniš Punnettov kvadrat z genotipi potomcev. V kolikor križanje ni možno, preveri pravilnost korakov 2 in 3. Preveri še rezultate v nalogi 3 ter reši nalogi 4 in 5.
6. V Punnettovem kvadratu je naključno polje obarvano. Za to polje v pripadajočem spustnem seznamu na desni izberi pravilen fenotip. V kolikor je bila izbira pravilna, se po kliku gumba »preveri« prikaže slika potomca.
7. Ponovi korake 2 - 6, s tem da za oba genotipa staršev izbereš **Bb**. V nalogi bomo tako križali osebk generacije F1 in dobili potomce F2. Reši nalogo 6.
8. Zdaj, ko simulacijo že dobro obvladaš, v meniju za izbor križanja izberi »dihibridno križanje« in ponovi korake 2 - 6. Za genotip obeh staršev tokrat izberi **BbEe**. Ugotovitve zapiši pod nalogo 7.
9. Izpolni preostale naloge iz delovnega lista.



Slika 2: Osnovna stran simulacije Mendlova genetika z razlago delovanja.

**OPOZORILO! Na določitev barve pri labradorcih sta vezani dve lastnosti, zato takšno monohibridno križanje (kot smo ga uporabili v primeru) v naravi ne**



**obstaja. Primer pri monohibridnem križanju je torej le šolski, saj smo rumeno barvo zanemarili.**



## Mendlova genetika (delovni list)

Učenec:

Razred:

1. Razlikuj med homozigotom in heterozigotom. Zapiši definicijo.

---

---

---

2. Kaj je hibrid? Zapiši odgovor.

---

---

3. Kakšne potomce dobimo, če križamo dva različna homozigota (BB in bb)? Predvidite genotipe potomcev izbranih staršev in izpolnite Punnettov kvadrat spodaj.

	B	B
b		
b		

4. V nalogi 3 je bila ena lastnost recesivna. Kako bi takšno lastnost določil v naravi? Pojasni svoj odgovor.

---

---

---

5. Izpolni tabelo spodaj, tako da primerjaš starša iz naloge 3 in njune potomce iz prve generacije.

	starš 1 (P1)	starš 2 (P2)	potomci (F1)
gamete			
genotip			
fenotip			
izražena dominantna ali recesivna lastnost			
osebek je homozigot ali heterozigot			





6. Zapiši frekvenco fenotipov med potomci prve (F1) in druge (F2) generacije.

Frekvenca F1: \_\_\_\_\_.

Frekvenca F2: \_\_\_\_\_.

7. Križali smo starša z genotipom BbEe. Izpolni Punnetov kvadrat z gametami staršev in nato z genotipi potomcev.

	BE			

8. Pobarvaj \_\_\_\_\_ posamezna polja iz tabele v nalogi 7, tako da bodo prikazovala fenotipe iz legende.

Legenda:

črn	
rumen	
rjav	

9. Razlikuj med monohibridnim in dihibridnim križanjem. Odgovor zapiši.

---

---

---

10. Postavi se v vlogo vzreditelja labradorcev. Najredkejša in tako tudi najbolj zaželena barva labradorcev je rjava, zato si takšne mladiče želiš tudi ti. Zapiši postopek križanja, ki bi ga uporabil/-a pri svojem delu, da bi pridobil leglo mladičev s »čistim« rjavim fenotipom. Na voljo imaš samico z genotipom »BBEE« in samca z genotipom »BbEe«.



$$\begin{array}{c} \underline{BBEe + BbEe} \\ | \\ \underline{BbEe + \quad} \end{array}$$

11. Nariši dva osebk, ki se bosta razlikovala v vsaj petih lastnostih, ki bi jih lahko opredelil kot fenotipske. Za večjo nazornost te lastnosti tudi označi na skici.



**Pred-test ali post-test**  
(ustrezno označi)

1. V trgovini za male živali so križali morske prašičke. Križali so črno samico in belega samca. Pri tem so dobili 13 črnih mladičkov. Ko so križali belega samca z eno od novih črnih samičk, so dobili 7 črnih in 5 belih morskih prašičkov. Zakaj v prvi generaciji potomcev ni bilo belih osebkov, v drugi pa? Odgovor pojasni.

---

---

---

2. Albinizem je genetska bolezen, ki jo povzroči okvara gena za tvorbo melanina. Melanin daje koži in kožnim tvorbam pigment, zato so ljudje (tudi živali) s to boleznijo svetle polti. Bolezen se deduje recesivno. Označi morebitne potomcev, ki so albin.
- Starša genotip AA in Aa.  
Legenda:

A – zdrav gen za melanin

a – okvarjen gen za

	A	A

melanin

3. Starša imata genotip BB za neko lastnost. Ali je možno, da je potomec z genotipom Bb njun? Pojasni odgovor.

---

---

---

4. Podan imaš Punnettov kvadrat Mendlovega poskusa. Mendel je križal grah, ki se je razlikoval v dveh lastnostih: rumeno – zeleno seme, gladko – nagubano seme. Zapiši razmerje med pridobljenimi semeni potomcev.

	AB	Ab	aB	ab
AB	YY BB	YY Bb	Yy BB	Yy Bb
Ab	YY BB	YY bb	Yy BB	Yy bb
aB	Yy BB	Yy Bb	yy BB	yy Bb
ab	Yy BB	Yy bb	yy BB	yy bb

Razmerje: \_\_\_\_\_.

5. Koliko različnih genotipov dobimo, če križamo dve miši z genotipoma »BBFf« in »BbFF«? Genotipe zapiši.

---