

**DNA NUKLEOTID:** organska baza ( T / A / C / G ) + sladkor (deoksiriboza) + fosfatna skupina

Komplementarnost baz  $\Rightarrow$  posledica sposobnosti, da se dve bazi povežeta z vodikovimi vezmi.

manjši mol. C  $\equiv$  G

T = A večji mol.

Strukturo dvoverižne vijačnice DNA, pri kateri sta dve verigi povezani prek komplementarnih baz, sta leta 1953 odkrila James Watson in Francis Crick.

- ❖ **PODVOJEVANJE** ali **REPLIKACIJA** (dvoverižna vijačnica se pred tem odvije, za tem pa ponovno zavije) se odvija v **INTERFAZI** celičnega cikla.  
Verigi se ločita  $\rightarrow$  približajo se ustrezni nukleotidi, komplimentarni tistim na obstoječi verigi  $\rightarrow$  nukleotidi se povežejo (**POLIMERIZIRAJO**) za kar poskrbi encim DNA-polimeraza.  
Proces podvojevanja je potreben, da lahko po delitvi celice vsaka od hčerinskih celic prejme celotno informacijo, ki je zapisana v DNA. DNA se podvaja na večih mestih molekule, v obeh smereh hkrati.
- ❖ **PODVOJEVALNE VILICE**
  - 1) encim **TOPOIZOMERAZA** odvije vijačno strukturo.
  - 2) encim **HELIKAZA** razklene verigi (dobimo dve enoverižni DNA).
  - 3) proteini na enoverižni DNA preprečujejo povezavo nukleotidov v dvoverižno strukturo
  - 4) DNA-polimeraza sintetizira dve novi verigi DNA (na eni sinteza poteka neprekinjeno, pri drugi pa zaradi nesimetrične zgradbe DNA po kosih (fosfatna skupina, ki povezuje dva nukleotida, se mora vedno vezati na eno OH-skupino sladkorja in šele nato na drugo) – **OKAZAKIJEVI FRAGMENTI**. Pri teh encim **PRIMAZA** sintetizira RNA-začetnik (11 nukleotidov), ki se po opravljeni nalogi razgradi.
  - 5) DNA-ligaza poveže kose DNA v enotno verigo.
- ❖ Verižna reakcija s polimerazo (PCR) – podvajanje DNA v epruveti.

*GENI so deli DNA na katerih so zapisi za proteine.*

- Pri evkariontih DNA v jedru v obliki kromosomov (= dolge linearne molekule DNA ovite okoli različnih proteinov); del tudi v mitohondrijih. Pri rastlinah del v kloroplastih (t.i. krožni kromosom).
- V času delitve celice so kromosomi v obliki črke X – iz dveh delov imenovanih **KROMATIDI**. Takrat so zgoščeni, spiralizirani.
- Ko se celica ne deli, so kromosomi nezgoščeni, med seboj so prepleteni, zapolnjujejo celotno jedro. Ta preplet se imenuje **KROMATIN**.

*GENOM je celotna dedna informacija, zapisana v vseh genih na vseh kromosomih.*

- Dedni material pri bakterijah in virusih – DNA je krožna, nahaja se prosto v citoplazmi. **PLAZMIDI** so manjše krožne molekule na katerih je koristna dedna informacija, ki pa za bakterijo ni nujno potrebna (npr. geni za odpornost proti antibiotikom). Pri virusih je lahko DNA krožna ali linearna, včasih namesto dvoverižna tudi enoverižna. (Virus HIV – dedni material je shranjen v obliki molekule RNA)

*KARIOTIP: podatki o kromosomih posameznega osebk - najbolj viden med metafazo mitoze, ko so kromosomi najbolj zgoščeni. Pove nam katere kromosome ima posameznik in število kromosomov.*

*Diagram za razvrščanje kromosomov po lastnostih se imenuje kariogram.*

*HOMOLOGNI KROMOSOMI: po dva in dva kromosoma sta na videz enaka, zapisi lastnosti pa večinoma ne saj je en homologi podedovan od očeta, drug pa po mami.*

*Človek ima 23 homolognih kromosomov, od tega je en par SPOLNIH kromosomov (XY ali XX), vsi ostali pa so AVTOSOMI (22).*

- Dvokromatidni kromosom je iz dveh enakih molekul DNA, nastalih pri podvojevanju.
- Bakterijske celice se delijo hitreje od evkariontskih, ker imajo en sam kromosom.
- DNA v mitohondrijih in kloroplastih je krožna, ker so le ti nastali z vključitvijo bakterij v evkariontsko celico (t.i. endosimbiontska hipoteza).

**RNA NUKLEOTID:** organska baza ( U / A / C / G ) + sladkor (riboza) + fosfatna skupina

Vse so zgrajene iz ene polinukleotidne verige in so krajše od molekul DNA.

Kako se informacija, zapisana kot zaporedje nukleotidov v DNA, izrazi kot zgradba proteinov?

- I) **PREPISOVANJE (TRANSKRIPCIJA):**  
Informacija v jedru se z DNA prepíše na mRNA (obveščevalna RNK), ki ima vlogo kurirja. Na tej stopnji je še vedno zapisana kot zaporedje nukleotidov, komplementarno zaporedju nukleotidov na eni od verig DNA.  
mRNA nato preide v citoplazmo in informacijo o strukturi proteinov prenese do ribosomov, kjer se proteini dejansko sintetizirajo.
- II) **PREVAJANJE (TRANSLACIJA):**  
Informacija se iz zaporedja nukleotidov na mRNA pretvori v zaporedje aminokislin (zaporedje aminokislin določa točno določen protein). Celoten proces prevajanja poteka na ribosomih v citoplazmi.

*GENSKI KOD: skupek pravil po katerih celice informacije zapisane v genetskem materialu prevajajo v zaporedje aminokislin.*

*Beljakovine so iz 20 različnih aminokislin, molekule DNA/RNA pa iz 4 vrst nukleotidov - posamezna aminokislina je kodirana z zaporedjem treh nukleotidov (lahko je iz več različnih kodonov).  $4^3 = 64$  kodonov*

*KODON: ena enota je iz 3 nukleotidov, na mRNA pa kodira eno aminokislino.*

*STOP KODONI: trije kodoni ki ne kodirajo aminokislin, temveč ustavijo sintezo proteina.*

- Aminokislina je v genskem kodu lahko zapisana na več načinov (kodira jo več kodonov). Pojav se imenuje DEGENERIRANOST GENKEGA KODA. Kljub temu se na podlagi zapisa v posameznem genu vedno sintetizira enak protein.  
V naravi poteka vedno prevajanje iz nukleotidov v aminokislino in nikoli obratno!
- Pomen kodonov je enak pri vseh organizmih (bakterijah, glivah, rastlinah in živalih), genski kot je zato UNIVERZALEN.

- Tip regulacije, ki uravnava razgradnjo laktoze pri bakterijah – operon, ki je v osnovnem stanju neaktiven, aktivira pa ga prisotnost mlečnega sladkorja.  
Kadar se bakterija nahaja v okolju brez mlečnega sladkorja, je represor aktiven in se nahaja na operatorju. V okolju z mlečnim sladkorjem RNA- polimeraza prepisuje informacijo iz genov, ki kodirajo encime za razgradnjo mlečnega sladkorja, na represor je vezan mlečni sladkor, na ribosomih poteka sinteza encimov za razgradnjo mlečnega sladkorja, bakterija je sposobna razgrajevati mlečni sladkor.  
Pri obeh velja, da je gen za razgradnjo mlečnega sladkorja prisoten v bakteriji

## IZRAŽANJE GENOV PRI VEČCELIČNIH EVKARIONTIH

- ~ na izražanje genov vplivajo tako razmere v okolju, kot tudi specializirana vloga posamezne celice v organizmu
- ~ regulirano je tudi s komunikacijo med celicami – poteka preko hormonov (steroidni oz. spolni hormoni, ki vstopajo v celično jedro)
- ~ nekatere proteine celica aktivira tako, da nanje veže fosfat (FOSFORILACIJA)
- ~ tiste proteine, ki jih celica ne potrebuje, bo razgradila

## MUTACIJE

DNA opravlja v celici 3 funkcije: varno shranjevanje dedne informacije, kopiranje dedne informacije za vse potomce in posredovanje dedne informacije celici.

**Spontane mutacije** – kadar nastanejo kot naključne napake.

Kadar je celica izpostavljena mutagenim dejavnikom – fizikalnim (ionizirajoče sevanje, UV sevanje), kemijskim ali biološkim (virusi) se pogostost mutacij zelo poveča. Takšna mutacija se imenuje **inducirana mutacija**.

Napaka se lahko zgodi na območju enega samega gena – **genske mutacije**, na širšem območju kromosoma – **kromosomske mutacije**, lahko pa pride do spremembe števila kromosomov v genomu – **genomske mutacije**.

Pri genskih mutacijah se zaporedje nukleotidov spremeni tako, da:

- se en ali nekaj nukleotidov zamenja z napačnimi nukleotidi SUBSTITUCIJA
- se zaporedje skrajša za enega ali nekaj nukleotidov DELECIJA
- se podaljša za enega ali nekaj nukleotidov INSERCIJA

Pri kromosomskih mutacijah se kromosom spremeni tako, da:

- se del kromosoma izgubi DELECIJA
- se del kromosoma obrne INVERZIJA
- se del kromosoma podvoji DUPLIKACIJA

Pri genomskih mutacijah se spremeni število kromosomov v genomu (spremeni se kariotip). MONOSOMIJA – ko je posamezen kromosom v spremenjenem genomu zastopan le enkrat. TRISOMIJA - ko je zastopan kar trikrat, namesto dvakrat (v paru) kot je normalno.

Genska bolezen SRPASTOCELIČNA ANEMIJA – v genu je namesto kodona GAG kodon GTG. Ta se prepiše v kodon GUG na mRNA. Posledično se v protein namesto glutaminske kisline vgradi aminokislina valin. Zaradi te spremembe v eni sami aminokislini se spremenijo lastnosti hemoglobina – rdeče krvne celice se spremenijo v srpaste. S tem je pretok krvi v kapilarah otežen,

zato organi prejmejo premalo kisika. Ta bolezen sicer povzroča anemijo, je pa koristna v tropskih predelih, saj zagotavlja odpornost proti malariji.

**POPRAVLJALNI MEHANIZMI** - za odpravljanje različnih nepravilnosti v zgradbi DNA.

*Izrezovalno ali ekscizijsko popravljanje* - poseben encim iz dvoverižne vijačnice odstrani 12-14 nukleotidov dolg odsek ene od verig DNA v katerem je napaka. Veriga, ki je bila brez napake, ohrani informacijo o pravilni zgradbi DNA, zato se nastala vrzel brez težav zapolni s pravimi nukleotidi. Pri tem sodelujeta encima DNA-polimeraza in ligaza, ki na koncu poveže na novo vstavljene nukleotide.

## POVZETEK

Nosilka dedne informacije je molekula DNA, ki je sestavljena iz dveh verig, zvitih v vijačnico. V verigo so povezani nukleotidi, ki predstavljajo črke abecede genskega zapisa. Nasproti si vedno ležita dva komplementarna nukleotida. Prenos dedne informacije s staršev na potomce omogoča podvojevanje (replikacija) molekule DNA.

Informacija z DNA se uporabi za gradnjo proteinov, tako da se najprej prepiše (transkripcija) na molekulo RNA, nato pa se na ribosomih prevede (translacija) v zaporedje aminokislin v proteinu. Posamezno aminokislino kodirajo trije nukleotidi (kodon).

Genska informacija je pri evkariontih shranjena v obliki več dolgih linearnih molekul DNA, ki navite na proteine predstavljajo kromosome. Geni so na DNA zaporedno nanizani nukleotidi, ki predstavljajo zapise za posamezne proteine.

Pri sintezi proteinov v celici sodelujejo naslednje vrste RNA:

- rRNA - ribosomska RNA: gradi ribosome, na katerih poteka prevajanje
- mRNA - informacijska ali obveščevalna RNA: prenese informacijo o zgradbi proteina iz jedra v citoplazmo
- tRNA - prenašalna RNA: prenese aminokislino do mRNA

Nastajanje proteinov je regulirano. Regulacija poteka na ravni prepisovanja DNA v RNA, transporta RNA iz jedra v citoplazmo, prevajanja informacije na ribosomu in pri dokončnem oblikovanju proteinov.

V dedni informaciji se lahko pojavijo napake (mutacije). Glede na obseg napake poznamo genske, kromosomske in genomske mutacije. Število mutacij zmanjšujejo popravljalni mehanizmi v celici.

Dva načina razmnoževanja:

- **nespolno razmnoževanje** pri katerem potomci dobijo celotno dedno informacijo od enega starša; MITOTSKA DELITEV - ohrani se število in tip kromosomov.
- **spolno razmnoževanje** pri katerem potomci dobijo polovico dedne informacije od enega starša, polovico pa od drugega. Potrebna osebka ločenih spolov, ki

proizvajata spolne celice (gamete), ki se združijo (oploditev), pri čemer nastane zigota.

Prenos DNA med bakterijskimi celicami:

- 1) TRANSFORMACIJA:** pojav, pri katerem posamezne bakterije v nekaterih primerih sprejmejo iz okolja v svojo celico golo molekulo DNA. Nekaj gole DNA ostane v okolju, ko kakšna bakterijska celica umre in razpade. Tako se lahko med različnimi vrstami bakterij prenaša odpornost proti antibiotikom, ki povzroča velike težave v medicini.
  
- 2) TRANSDUKCIJA:** prenos DNA iz ene bakterijske celice v drugo prek bakterijskega virusa. Bakterijski virus pri okužbi bakterije običajno vrine svojo DNA v bakterijsko celico. Tam se ta DNA podvaja, hkrati pa se na podlagi genetskega zapisa, ki je na njej, tvorijo proteini, ki bodo sestavljali naslednjo generacijo virusov. Iz teh proteinov in iz virusne DNA se sestavijo novi virusi. Iz celice se izločijo v okolico, kjer lahko okužijo nove bakterijske celice. Včasih se zgodi, da se pri sestavljanju novih virusov v te ne vgradi samo virusna DNA, ampak še del bakterijske DNA. Ko tak virus okuži drugo bakterijo, bo vanjo prenesel tudi del genetske informacije iz prve bakterije.
  
- 3) KONJUGACIJA:** prenos molekule DNA iz ene bakterijske celice v drugo ob neposrednem stiku. Bakteriji se medsebojno povežeta prek posebnega citoplazmatskega mostička. S konjugacijo se lahko med bakterijama prenese posamezen plazmid, lahko pa tudi del kromosomske DNA. Pred tem se mora molekula DNA podvojiti.

## **MEJOZA**

Pri spolnem razmnoževanju se združita moška in ženska spolna celica – gameta. Nastane spojek ali zigota, ki ima diploidno ( $2n$ ) število kromosomov, gamete pa imajo enojno, haploidno ( $n$ ) število kromosomov.

Mejoza je način delitve celičnega jedra, ki zmanjša – reducira število kromosomov z diploidnega na haploidno, zato jo imenujemo redukcijska delitev.

### **Prva mejotska delitev (mejoza I)**

#### Profaza I:

Kromatin se spiralizira, posopoma krajša in debeli v dvokromatidne kromosome. Jedrce izgine, jedrni ovoj se razkroji, podvoji se centrosom in nastane delitveno vreteno. Do tu je delitev enaka mitoz, nato pa nastopi pomembna razlika: homologni kromosomi, ki so dvokromatidni, se namestijo drug ob drugem po dva in dva. Dvojico združenih homolognih kromosomov imenujemo **BIVALENT** ali **KROMATIDNA TETRADA** (skupaj 4 kromatide). Kromatidi, ki pripadata različnim homolognim kromosomoma, se na enakih mestih prekineta in se navzkrižno povežeta (prekrižata) z ustreznim delom. Tako nastanega kromatidi, ki vsebujeta kombiniran dedni material dveh kromosomov. Prekrižanje (**CROSSING-OVER**) omogoča, da se dedni zapis materinega kromosoma, kombinira z dednim zapisom očetovega, kar poveča genetsko raznolikost potomcev. Mesta prekrižanja so naključna.

#### Metafaza I:

Bivalenti se uredijo v ekvatorialni ravnini celice.

#### Anafaza I:

Homologna kromosoma vsakega bivalenta se ločita. Po nitih delitvenega vretena potujeta proti nasprotnima poloma kot dvokromatidni kromosom.

#### Telofaza I in citokineza I:

Kromosomi se pri nekaterih vrstah organizmov despiralizirajo, izoblikujejo jedrni ovoji, poteče še delitev citoplazme in nastaneta dve celici.

*Med prvo in drugo mejotsko delitvijo se DNA ne podvoji.*

### **Druga mejotska delitev (mejoza II)**

#### Profaza II:

Ponovno nastane delitveno vreteno, ki omogoči, da dvokromatidni kromosomi potujejo proti ekvatorialni ravnini celice.

#### Metafaza II:

Kromosomi se uredijo v ekvatorialni ravnini celice.

#### Anafaza II:

Kromatidi vsakega kromosoma se ločita in potujeta proti nasprotnima poloma celice.

#### Telofaza II in citokineza II:

Razgradi se delitveno vreteno, oblikujeta se jedri, poteče despiralizacija, razdeli se citoplazma.

*Pri mejozi tako nastanejo štiri celice, vsaka s haploidnim številom enokromatidnih kromosomov z novimi kombinacijami dednine.*

**Mejoza zagotavlja, da vsaka gameta dobi le haploidno število kromosomov, ter izmenjavo genskega materiala med dvema homolognima kromosomoma.**

*OOGENEZA: proces nastajanja ženskih spolnih celic (jajčnih celic) pri živalih, ki poteka v jajčnikih. V ženskih ovarjih se primarni oocit (praspolna celica, ki ima 46 kromosomov) v mejozi I deli v dve celici; vsaka ima 23 kromosomov. Citoplazma se neenakomerno razdeli, tako da ena celica (sekundarni oocit) dobi skoraj vso citoplazmo, druga (polarno telesce) pa le malo citoplazme. Sekundarni oocit med metafazo II zapusti ovarij in potuje po jajcevodu, kjer ga bo morda dosegel spermij. Z mejozo pri ženskah torej iz ene praspolne celice nastane le ena jajčna celica s 23 enokromatidnimi kromosomi - 22 avtosomi in enim kromosomom X. Nastanejo še tri manjše celice - polarna telesca, ki pozneje propadejo.*

**SPERMATOGENEZA:** proces nastajanja moških spolnih celic (spermijev) pri živalih, ki poteka v modih.

Pri moškem se v modih primarni spermatocit (praspolna celica, ki ima  $2n = 46$  kromosomov) v mejozi I deli v dva sekundarna spermatocita. Vsak ima 23 dvokromatidnih kromosomov.

Pri drugi mejotski delitvi nastanejo 4 celice s 23 enokromatidnimi kromosomi – 22 avtosomov in en spolni kromosom (lahko je X ali Y). Te celice se nato diferencirajo v spermije.

Primerjava mejoze in mitoze	MITOZA	MEJOZA
ŠTEVILO DELITEV	ena	dve
ŠTEVILO KROMOSOMOV	ostane enako	se prepolovi
ZDRUŽEVANJE HOMOLOGNIH KROMOSOMOV	se ne združujejo	homologni kromosomi se v profazi I povežejo in oblikujejo kromatidne tetrade
PREKRIŽANJE	se ne zgodi	se zgodi v profazi I – izmenjava homolognih (ustreznih) delov kromosomov med kromatidami homolognih kromosomov
ANAFAZA	proti poloma potujejo enokromatidni kromosomi	proti poloma potujejo dvokromatidni kromosomi (mejoza I), enokromatidni kromosomi (mejoza II)
ŠTEVILO HČERINSKIH CELIC	dve diploidni ( $2n$ če je materinska celica $2n$ )	štiri haploidne ( $n$ )
GENSKA SESTAVA HČERINSKIH CELIC	enake so materinski	hčerinske celice se razlikujejo od starševske in druga od druge
VLOGA	rast in razvoj organizma, obnavljanje tkiv, nespolno razmnoževanje	spolno razmnoževanje, pri tem se poveča genetska raznolikost (prekrižanje in naključno razporejanje kromosomov)

## POVZETEK

Organizmi se razmnožujejo spolno ali nespolno. nove kombinacije genov v genomu nastajajo z mejozo in oploditvijo ter s tem povezanim prehajanjem med diploidnim in haploidnim stanjem.

Mejoza je proces delitve celice, ki omogoča, da iz praspolnih ( $2n$ ) celic nastajajo spolne ( $n$ ) celice. Najznačilnejša faza mejoze je profaza I. V njej se dedni material različnih kromosomov na novo kombinira. Mejoza, ki omogoča spolno razmnoževanje in s tem številne variacije, je eden od pomembnejših dejavnikov razvoja – evolucije na zemlji.

Pri živalih v testistih v procesu spermatogeneze iz primarnega spermatorcita ( $2n$ ) nastanejo štirje spermiji ( $n$ ). V ovarjih v procesu oogeneze iz primarnega oocita ( $2n$ ) nastane ena jajčna celica ( $n$ ).

Spojek – zigota, ki nastane z združitvijo moške in ženske spolne celice, ima diploidno ( $2n$ ) število kromosomov.

Pri rastlinah se v življenjskem krogu izmenjujeta haploidna in diploidna generacija.

Genomske mutacije najpogosteje nastanejo, ko pride do nepravilnosti v poteku mejoze.

### **GREGOR MENDEL (19. STOLETJE)**

Prva generacija potomcev ali filialna generacija =  $F_1$ .

Starševska ali parentalna generacija = P.

Kadar spremljamo samo barvo cvetov ali samo obliko semen govorimo o

MONOHIBRIDNEM KRIŽANJU, ker nas zanima samo **ena lastnost**, ki jo določa **en sam**

**gen.** Rastlina generacije  $F_1$  je **križanec ali hibrid**. V generaciji  $F_1$  ena lastnost prevladuje ali dominira nad drugo, zato pravimo da je **dominantna**.

Mendel je pustil da so se rastline generacije  $F_1$  samooprašile, potomci so sestavljali generacijo  $F_2$ . Tri četrtine osebkov te generacije so imele rdeče cvetove (ali gladko semensko lupino), četrtina pa bele cvetove (ali nagubano semensko lupino). Ker bela barva v generaciji  $F_1$  ni bila vidna, pojavila pa se je v generaciji  $F_2$ , imenujemo to lastnost **prikrita ali recesivna**.

Geni so razporejeni po kromosomih na točno določenih mestih ali lokacijah. Na dveh homolognih kromosomih ležita gena za isto lastnost na enakih mestih. To mesto imenujemo **lokus**. Vsak posameznik ima za vsako lastnost lahko največ dve različici gena, navzven pa se izrazi samo ena – tista, ki kodira dominantno lastnost. Gen, ki kodira recesivno lastnost, se ne izrazi. Vsako različico gena, ki pripada paru, imenujemo **alel**. Novi aleli nastanejo tako, da na enem ob obstoječih alelov poteče mutacija.

Alele za dominantne lastnosti označujemo z veliko tiskano črko, alele za recesivne lastnosti pa z malo tiskano črko.

Organizmi z dvema enakima aleloma so HOMOZIGOTI – AA ali aa, organizmi z dvema različnima aleloma pa HETEROZIGOTI – Aa.

Osebki generacije  $F_1$  so heterozigoti, zato ne izražajo recesivne lastnosti. V generaciji  $F_2$  pa so nekateri osebki recesivni homozigoti (aa), zato se pri njih izrazi recesivna lastnost, ki se pri starših ni.

Vsi geni posameznega organizma tvorijo genski tip ali **genotip** organizma, vse izražene lastnosti pa pojavni tip ali **fenotip** organizma.

Osebka AA in Aa sta genotipsko različna, fenotipsko oziroma po izraženih lastnostih pa enaka, saj se alel a v kombinaciji Aa ne izrazi na ravni fenotipa.

### TESTNO KRIŽANJE – IZKRIŽANJE (MONOHIBRIDNO KRIŽANJE)

Ugotavljamo genotip osebkov z izraženo dominantno lastnostjo.

### DIHIBRIDNO KRIŽANJE – opazujemo dedovanje dveh lastnosti.

Rastline graha z gladkimi rumenimi semeni (genotip GGRR) je križal z rastlinami z nagubanimi zelenimi semeni (genotip ggrr). Ker opazujemo dedovanje dveh lastnosti, imenujemo tako križanje dihibridno. Že od prej je vedel, da sta alel za rumena semena (R) in alel za gladka semena (g) dominantna, zato je pričakoval, da bodo vsa semena generacije  $F_1$  gladka in rumena. Ker je opazoval lastnosti, ki so zapisane na različnih kromosomih, je bilo razmerje v generaciji  $F_2$  9:3:3:1. Poleg gladkih rumenih semen (9 delov) in nagubanih zelenih semen (1 del) so v generaciji  $F_2$  tudi nagubana rumena (3 deli) in gladka zelena semena (3 deli), kakršnih v starševski generaciji ni bilo. Opazimo nove kombinacije lastnosti, ki so posledica neodvisnega razvrščanja kromosomov v gamete (segregacije) in prekrivanja med mejozo (rekombinacije).

## 2 GENETSKI PRAVILI:

- 1) Aleli se razdružijo in ločeno razporedijo v haploidne gamete (pravilo segregacije)
- 2) Aleli, ki ležijo na različnih kromosomih, se razvrščajo neodvisno drug od drugega (pravilo neodvisnega razvrščanja)

INTERMEDIARNO KRIŽANJE – kadar se izrazita obe lastnosti staršev.

Pri križanju rdečega ( $B^R B^R$ ) in belega ( $B^B B^B$ ) odolina bodo vsi osebki generacije  $F_1$  rožnati. Pri heterozigotnih potomcih se izrazi lastnost, ki je vmesna lastnostim, izraženim pri obeh homozigotnih starših. V generaciji  $F_2$  bomo dobili enako kot pri poskusih z grahom –  $\frac{1}{4}$  osebkov z dominantnohomozigotnim genotipom,  $\frac{1}{4}$  osebkov z recesivnohomozigotnim genotipom,  $\frac{1}{2}$  osebkov s heterozigotnim genotipom. Fenotipi pa bodo drugačni kot pri grahu: pri odolinu bo v generaciji  $F_2$   $\frac{1}{4}$  osebkov rdeča,  $\frac{1}{4}$  bela in  $\frac{1}{2}$  rožnata. Tak način dedovanja, pri katerem se izrazi vmesna – nova lastnost med starševskima lastnostma imenujemo NEPOPOLNO DOMINANTNO dedovanje.

Enako je pri dedovanju krvne skupine (AB).

## VEZANO DEDOVANJE

Če se lokusa nahajata na istem kromosomu, obstaja možnost, da se bosta v gamete razporejata skupaj – vezano. Način dedovanja je odvisen od tega, ali bo med tema dvema lokusoma poteklo prekrižanje (crossing over) ali ne. Čim bliže sta lokusa, tem manjša je verjetnost, da bo med njima poteklo prekrižanje, torej je večja verjetnost, da se bosta razporejala vezano.

PLEJOTROPIJA – pojav pri katerem en gen hkrati vpliva na večje število lastnosti.

## POVZETEK

Z monohibridnim križanjem je Mendel ugotovil, da potomci prve generacije določeno lastnost podedujejo le od enega starša. Lastnost drugega starša se lahko izrazi šele v naslednji generaciji in sicer z verjetnostjo  $\frac{1}{4}$ . Potomci križanja rdeče- in belocvetnega graha so v prvi generaciji vsi rdečecvetni, v drugi generaciji pa je četrtnina belocvetna.

Mendlov zakon o ločevanju alelov (segregaciji) govori o tem, da se pri nastanku gamet alela za vsako lastnost ločita. V vsako spolno celico (gameto) pride le en alel. Verjetnostni izračun kaže, kakšen genotip ali fenotip bo lahko imel vsak potomec, ki nastane z naključnim združevanjem dveh gamet.

Testno križanje raziskovalcu omogoča, da ugotovi, ali je osebek, ki kaže dominantno lastnost, homozigot ali heterozigot.

Mendel je opravil tudi dihibridno križanje, pri katerem so bili osebki generacije  $F_1$  heterozigotni pri obeh lastnostih (AaBb), torej so imeli vsi izražen isti fenotip, v generaciji  $F_2$  pa so se pojavili štirje fenotipi. Tako je postavil zakon o neodvisnem razvrščanju, ki pravi, da se aleli razvrščajo v gamete neodvisno drug od drugega, torej da razvrščanje alelov enega lokusa ne vpliva na razvrščanje alelov drugega lokusa.

Ostali načini dedovanja:

- **intermediarno dedovanje** pri katerem se pri križanju dveh različnih homozigotov izrazi vmesna lastnost (nepopolna dominanca) ali obe starševski lastnosti (kodominanca).
- **multipli aleli** pri katerih so na nekem lokusu možni trije ali več alelov
- **vezano dedovanje** pri katerem se aleli genov, ki ležijo na kromosomu blizu skupaj, med mejozo ne razvrstijo med gamete naključno ampak se pogosteje skupaj v isto gameto razvrstita alela, ki sta bila skupaj že pri starših.
  - **spolno vezano dedovanje genov** ki ležijo na spolnih kromosomih
- **poligeno dedovanje** pri katerem na posamezno lastnost vpliva več genov
  - **plejotropija** pri kateri posamezen gen vpliva na več lastnosti

Vprašanja:

1. Napiši vse možne genotipe spolnih celic, ki lahko nastanejo, če je genotip osebkov AaBBCcDDEe.

2. Rastlino z genotipom AABbCC križamo z rastlino z genotipom AaBbCc. Kolikšna je verjetnost, da bo križanec imel genotip AABBCC?

3. Križamo dva osebka. Oba sta heterozigota pri vseh treh lastnostih, ki jih opazujemo. Kolikšna je verjetnost, da bo križanec recesivni homozigot pri vseh treh lastnostih?
4. Žival s črnim kožuhom križamo z živaljo z belim kožuhom. Dobimo same sive potomce. Za katero vrsto dedovanja gre? Kakšen genotip imajo potomci (generacija  $F_1$ )? Kakšne fenotipe bi dobili v generaciji  $F_2$ , če bi se osebki iz generacije  $F_1$  križali med sabo?