

dr. Gordana Dimeska

mr. Aleksandar Aleksovski

Biljana Ilieva

UDŽBENIK ZA OSMI RAZRED OSNOVNOG OBRAZOVANJA

BIOLOGIJA 8



dr. Gordana Dimeska

mr. Aleksandar Aleksovski

Biljana Ilieva

BIOLOGIJA 8

UDŽBENIK ZA OSMI RAZRED OSNOVNOG OBRAZOVANJA



Skoplje, 2026
(Prvo izdanje)

BIOLOGIJA 8 udžbenik za osmi razred osnovnog obrazovanja*Prvo izdanje, 2026*

Autorska prava© 2026, Albi DOO

Izdavač	Albi DOO, Skoplje 2026
Autori	dr. Gordana Dimeska mr. Aleksandar Aleksovski Biljana Ilieva
Urednik	mr. Dafina Klekovska
Naslov originala	Биологија 8 учебник за осмо одделение во основно образование
Prevod sa makedonskog na bosanski	Adela Čengić
Lektor	Izeta Babačić
Stručni saradnik	Simona Davidova
Dizajn i grafičko uređivanje	Mladen Jakimovski
Štampa	Branko Gapo – grafičko proizvodstvo, Skoplje 2026
Tiraž	50

Sva prava zadržana. Nijedan dio ove knjige ne smije se preštampati ili prenositi u bilo kojem obliku ili na bilo koji način, elektronski ili mehanički, uključujući fotokopiranje ili pohranjivanje u sistem za pretraživanje, bez pismene saglasnosti izdavača.

Ovaj udžbenik je odobren za upotrebu u osnovnom obrazovanju, Odlukom o odobravanju i upotrebi udžbenika za predmet Biologija za 8. razred osnovnog obrazovanja, br. 26–652/1 od 21.05.2026. godine, koju je izdalo Ministarstvo obrazovanja i nauke Republike Makedonije.

Recenzentski odbor: Prof. dr. Lenka Cvetanovska, Prof. dr. Mire Spasov, Gordana Naskovska

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

57(075.2)=163.4(497.6)

DIMESKA, Gordana

Biologija 8 : udžbenik za osmi razred osnovnog obrazovanja / [autori Gordana Dimeska, Aleksandar Aleksovski, Biljana Ilieva ; prevod sa makedonskog na bosanski Adela Čengić]. - Skoplje : Albi, 2026. - 292 str. : ilustr. ; 27 cm

Превод на делото: Биологија 8 : учебник за осмо одделение во основно образование. - Библиографија: стр. 291-292

ISBN 978-608-241-096-8

1. Aleksovski, Aleksandar [автор] 2. Ilieva, Biljana [автор]

COBISS.MK-ID 69377029

Sadržaj

Tema 1 Životni procesi u biljkama

1.1 Difuzija	8	1.10 Disanje	48
1.2 Značaj difuzije u biljkama	14	1.11 Odnos između fotosinteze i disanja	52
1.3 Građa cvjetnica	17	1.12 Građa korijena	56
1.4 Građa lista	20	1.13 Građa stabljike	61
1.5 Adaptacije biljaka za fotosintezu	25	1.14 Transport vode i minerala u biljkama	66
1.6 Fotosinteza	29	1.15 Transpiracija	71
1.7 Važnost fotosinteze za živa bića	33	Pitanja za ponavljanje iz Teme 1	76
1.8 Uslovi za razvoj fotosinteze	38		
1.9 Prijenos energije	43		

Tema 2 Razmnožavanje i razvoj u živim organizmima

2.1 Razmnožavanje kod biljaka – bespolno razmnožavanje	82	2.10 Bespolno razmnožavanje kod životinja	117
2.2 Građa cvjeta	87	2.11 Spolno razmnožavanje kod životinja	120
2.3 Oprašivanje	93	2.12 Vanjska i unutrašnja oplodnja	122
2.4 Oplodnja	96	2.13 Razvoj mladih životinja	127
2.5 Formiranje ploda	99	2.14 Razvoj kod gmizavaca i ptica	133
2.6 Sjeme	103	2.15 Embrionalni razvoj kod sisara	137
2.7 Rasijavanje	106	Pitanja za ponavljanje iz Teme 2	140
2.8 Uslovi za klijanje sjemena	110		
2.9 Razmnožavanje kod životinja	114		

Tema 3 Razmnožavanje i razvoj čovjeka

3.1 Reproductivni sistem čovjeka	146	3.9 Planiranje porodice i kontracepcija	179
3.2 Spolno sazrijevanje kod ljudi	150	3.10 Seksualna i reproductivna prava i briga o vlastitom seksualnom i reproductivnom zdravlju	184
3.3 Oplodnja kod čovjeka	155	3.11 Svjetska populacija	188
3.4 Embrionalni razvoj	158	3.12 Izazovi rasta svjetske populacije	192
3.5 Održavanje zdravlja tokom trudnoće	162	Pitanja za ponavljanje iz Teme 3	196
3.6 Rađanje	167		
3.7 Razvojne faze životnog ciklusa čovjeka	170		
3.8 Seksualno i spolno zdravlje	175		

Tema 4 Adaptacije živih organizama

4.1 Adaptacije živih organizama na abiotičke faktore	202	4.4 Adaptacije organizama u različitim staništima	219
4.2 Adaptacije živih organizama na biotičke faktore	208	4.5 Uticaj klimatskih promjena na žive organizme	223
4.3 Vrste adaptacija	212	Pitanja za ponavljanje iz Teme 4	228

Tema 5 Evolucijski razvoj živog svijeta, prirodna i vještačka selekcija

5.1 Nastanak planete Zemlje i pojava života	232	5.8 Čarls Darwin i njegovi savremenici	268
5.2 Evolucija kao nauka	236	Lamarck i Volas	272
5.3 Geološka vremenska skala	240	5.9 Borba za opstanak	272
5.4 Paleontologija – nauka o životu u prošlosti	249	5.10 Vještačka selekcija i poređenje prirodne i vještačke selekcije	277
5.5 Evolucijski nastanak čovjeka	253	Pitanja za ponavljanje iz Teme 5	280
5.6 Ljudski preci	258		
5.7 Dokazi za evoluciju	264		

Terminološki rječnik	284
Korištena literatura	291

Struktura udžbenika

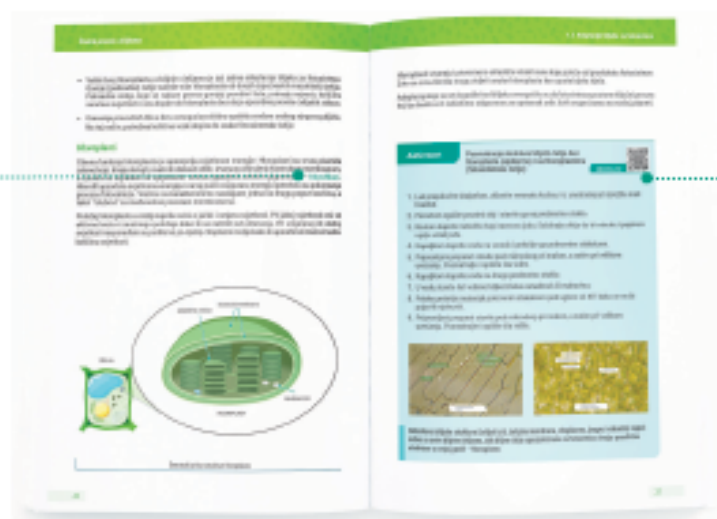
Uvodna aktivnost – kroz pitanja i aktivnosti podstiče se diskusija među učenicima s ciljem da se podsjetе prethodnog znanja na koje će se nadovezati novo.

Nastavne jedinice imaju strukturiran i analitički pristup predviđenom sadržaju, s jasnim, preciznim i razumljivim tekstom, koji kompleksne biološke principe pretvara u primjenjivo znanje.

Jasni slikovni prikazi koji dopunjuju tekst.



Video eksperimenti – kojima se pristupa skeniranjem QR kodova – predstavljaju virtualnu laboratoriju u kojoj su detaljno objašnjeni postupak izvođenja eksperimenta, dobijeni rezultati i izvedeni zaključci.



Predviđena stručna terminologija uvodi se postepeno, uz jasno označavanje pojmova.



Aktivnost – ideje za individualni rad, rad u paru ili grupni rad radi produbljivanja predviđenih sadržaja, uz istovremeno razvijanje vještina kritičkog razmišljanja, prezentiranja i diskusije.

Provjerite šta ste naučili – jednostavna pitanja koja sažimaju glavne aspekte svake nastavne jedinice.

Zanimljiva biologija – zanimljive i fascinantne informacije povezane s obrađenim temama.

Istražite za ... – namijenjeno za samostalno istraživanje ako želite saznati više vezano za namjeravani sadržaj.

Pitanja za ponavljanje teme mogu se koristiti za procjenu razumijevanja svega što je obrađeno i predstavljeno u svakoj od tema.



Terminološki rječnik – kratak, jasan i precizan opis namjeravanih naučnih termina.



Podrška za nastavnike

Skeniranjem QR koda možete pristupiti raspodjeli standarda ocjenjivanja iz nastavnog plana i programa po odgovarajućim lekcijama.

skeniraj me



Životni procesi u biljkama

Zelene mašine: Nevidljivi rad biljaka

Biljke su jedni od najmoćnijih prirodnih sistema. One funkcioniraju kao savršeno dizajnirane mašine. Njihova sposobnost da crpe vodu iz dubine tla i transportuju je do najviših vrhova duguje se specijalizovanoj strukturi korijena i složenim procesima poput difuzije i transpiracije, koji stvaraju snažnu vučnu silu.

Ključ njihove moći leži u njihovom lišću – prirodnim solarnim panelima gdje se odvija fotosinteza. Kroz ovaj „magični“ proces, one pretvaraju sunčevu svjetlost u hranu, stvarajući osnovu za sav život na planeti. Proučavanje ovih organizama otkriva da oni nisu samo dio pejzaža, već su sofisticirane „laboratorije“ koje, stvaranjem hrane i kisika, održavaju svijet živim.

Nakon proučavanja ove teme, nikada više nećete gledati biljke na isti način!

► Difuzija

► Građa cvjetnice

► Građa lista

► Fotosinteza i prijenos energije

► Disanje i prijenos energije

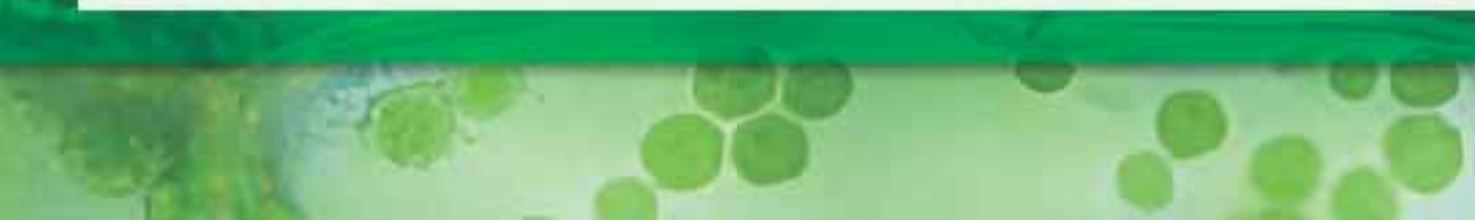
► Građa korijena i stabla

► Transpiracija



U ovoj temi ćete naučiti:

1. opisati difuziju i razumjeti njen značaj u procesima fotosinteze, disanja i transpiracije kod biljaka;
2. opisati strukturu biljke i povezati funkciju biljnih organa s procesima fotosinteze, disanja i transpiracije;
3. objasniti hemiju fotosinteze i način transformacije/prijenosa energije u prirodi, disanje kao proces dobijanja energije iz hrane i transpiraciju kao proces koji biljci osigurava vodu i minerale;
4. razlikovati fotosintezu, disanje i transpiraciju kao važne procese za održavanje ravnoteže hrane, kisika i vode u prirodi.



1.1 Difuzija

Uvodna aktivnost

Razmislite o trima agregatnim stanjima materije. Kako su čestice bile raspoređene u svakom od njih? Kako miris svježeg pečenog hljeba iz pećnice dolazi do vašeg čula mirisa?

Sve oko nas sastoji se od veoma malih čestica. Klupa, bilježnica, drveće, pa čak i ljudsko biće sastavljeni su od čestica. One su veoma male i mogu se vidjeti samo posebnim elektronskim mikroskopom. U prirodi se supstance nalaze u tri agregacijska stanja: čvrstom, tečnom i gasovitom.

Čestice u čvrstom stanju su raspoređene veoma blizu jedna drugoj, kao rezultat jakih privlačnih sila koje postoje između njih. Čestice se mogu kretati samo vibriranjem u jednom položaju. Prostor između čestica je mali, tako da se supstance u čvrstom stanju ne mogu sabijati i imati konstantan oblik i zapreminu.

U tečnostima su čestice raspoređene nasumično. Prostor između čestica je mali, tako da se tečnosti ne mogu sabijati (kompresovati). Čestice tečnosti imaju dovoljno energije koja im omogućava da se kreću jedna pored druge i tako omogućavaju tečnosti da teče. Tečnosti imaju konstantnu zapreminu, ali poprimaju oblik posude u kojoj se nalaze.

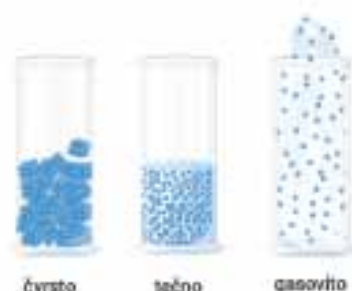
Čestice u gasovima imaju veliki prostor između sebe i raspoređene su nasumično. Stoga se gasovi mogu sabijati. Čestice u gasovima mogu se slobodno kretati kroz prostor u bilo kojem smjeru. Čestice gasova se kreću pravolinijski, a tokom svog kretanja sudaraju se s drugim česticama ili sa zidovima posude u kojoj se nalaze. Gasovi nemaju stalan i određen oblik i zapreminu.

Stoga, možemo zaključiti da čestice tečnosti i gasova imaju sposobnost kretanja.

Kretanje čestica u tečnostima i gasovima

Ako stavimo vrećicu čaja od hibiskusa ili brusnice u šolju vruće vode, nakon nekog vremena ćemo primijetiti da će sva voda poprimiti boju. Kako je voda postala crvena bez miješanja kašikom?

Boja čaja i voda sastoje se od čestica. Čestice boje čaja napuštaju čvrste dijelove čaja i miješaju se s česticama vode, tako da će boja biti ravnomjerno raspoređena po cijeloj tečnosti.



Šematski prikaz čestica u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju



Priprema čaja u vrućoj vodi

Čestice boje u vrećici čaja u početku su imale visoku koncentraciju. U vodi su se počele kretati i na kraju su se ravnomjerno rasporedile po cijeloj tečnosti.

Ova raspodjela čestica po raspoloživom prostoru, kao rezultat njihovog stalnog kretanja, od područja veće koncentracije do područja niže koncentracije, naziva se **difuzija**.

Difuzija je pasivan proces jer česticama nije potrebna energija za kretanje.



Proces difuzije

Slično kao i u tečnostima, proces difuzije se odvija i u gasovima. Difuzija u gasovima je mnogo brža od difuzije u tečnostima, jer se čestice gasova kreću mnogo brže od čestica u tečnostima.

Ilustrativan primjer difuzije u gasovima jeste eksperiment s parama broma.

Aktivnost

Difuzija broma



Eksperiment se izvodi u digestoru, pare broma su otrovne!

1. Pričvrstite difuzijsku posudu na metalni stalak i stavite je u digestor.
2. Pipetom uzmite rastvor broma i stavite ga u difuzijsku posudu.
3. Posmatrajte promjene tokom 90 minuta.

Kretanje molekula gasovitog broma, od dna prema vrhu posude, može se pratiti promjenom boje.

skeniraj me



Provedeni eksperiment pokazuje difuziju gasovitih supstanci. Gasovi se miješaju jer se čestice zraka i broma nalaze u stalnom nasumičnom kretanju i ispunjavaju sav raspoloživi prostor.

Nakon što se čestice u tečnosti ili gasu ravnomjerno rasporede, one se ne zaustavljaju, već nastavljaju kretati.

Brzina kojom će se difuzija odvijati zavisi od:

- Razlici koncentracija – što je veća razlika u koncentraciji, difuzija je brža.
- Temperature – što je viša temperatura, čestice imaju veću kinetičku energiju i brže se kreću, te će stoga brže difundirati.
- Veličine i mase čestica – što je manja veličina i masa čestica, difuzija će biti brža.

Uticaj koncentracije na brzinu difuzije

Što je veći broj čestica (**koncentracija**) u rastvoru, to je veća brzina difuzije. Također, veća razlika u koncentraciji supstanci između dva područja u raspoloživom prostoru rezultira bržom difuzijom.

To se može ilustrirati eksperimentom.

Aktivnost**Difuzija kalijum–permanganata**

skeniraj me



1. U laboratorijsku čašu stavi vodu sobne temperature.
2. U čašu stavi nekoliko kristala kalijum–permanganata.
3. Posmatraj promjene koje se dešavaju do kraja časa.

Kako se čvrsta supstanca (kristali kalijum–permanganata) rastvara, ljubičasta boja se širi kroz vodu.



Čestice kalijum–permanganata početi će se kretati između čestica vode zbog velike razlike u njihovoj koncentraciji između dna čaše i okolne vode.

Uticaj temperature na brzinu difuzije

Na višim temperaturama, difuzija se odvija brže jer čestice imaju više energije, što njihovo kretanje čini intenzivnijim.

To se može ilustrovati jednostavnim eksperimentom.

Aktivnost**Ispitivanje uticaja temperature na difuziju**

skeniraj me



1. U tri laboratorijske čaše napuni približno jednaku količinu vode.
2. Prvu čašu stavi u veliku laboratorijsku čašu sa vodom i ledom.
3. U drugu čašu stavi vodu sobne temperature.
4. U treću čašu stavi vodu koja je prethodno zagrijana do ključanja.
5. Uzmi termometar i izmeri temperaturu vode u tri čaše i zapiši rezultate mjerenja u odgovarajućoj tabeli.
6. Dodaj pet do šest kapi metilenskog plavog ili neke prehrambene boje u tri čaše s vodom i pokrenite tajmer.

7. Izmjeri vrijeme potrebno da voda potpuno promijeni boju u svakoj od čaša. Zabilježite izmjereno vrijeme na odgovarajuće mjesto u tabeli.



Na višoj temperaturi, čestice u posudi imaju više energije i brže se kreću. Stoga se brže raspoređuju po posudi. Kažemo da je difuzija brža.

Na nižoj temperaturi, čestice se kreću sporije, pa im je potrebno više vremena da se ravnomjerno rašire po posudi, odnosno čestice sporije difundiraju.

Uticaj veličine i mase čestica

Manje i lakše čestice se brže difundiraju od većih, teških čestica.

To se može dokazati eksperimentom sa koncentriranom hlorovodičnom kiselinom i koncentrisanim rastvorom amonijaka. Čestice amonijaka imaju manju masu i kreću se brzinom od 550 m/s, dok čestice hlorovodične kiseline imaju veću masu i kreću se brzinom od 350 m/s.

Aktivnost

Difuzija amonijaka i hlorovodika u staklenoj cijevi

skeniraj me



1. U laboratorijsku čašu stavi kuglicu vate.
2. Nakvasi je sa malo rastvora hlorovodične kiseline i čašu pokrij satnim staklom.
3. U drugu čašu stavi drugu kuglicu vate.
4. Nakvasi je sa malo rastvora amonijaka.
5. Pincetom istovremeno unesi obje kuglice vate na oba kraja jedne staklene cijevi.

6. Cijev zatvori gumenim zatvaračima sa obje strane.
7. Posmatraj šta će se dogoditi u cijevi.



Na mjestu gdje se dva gasa susreću primjećuje se stvaranje bijelog oblaka – produkta hemijske reakcije.

Bijeli oblak formira se bliže komadiću pamuka natopljenom hlorovodoničnom kiselinom, jer čestice hlorovodonične kiseline imaju veću masu u poređenju s česticama amonijaka. Zbog toga se čestice hlorovodonične kiseline kreću sporije i prelaze manju udaljenost u poređenju s česticama amonijaka prije nego što stupe u reakciju i formiraju produkt.

Provjerite šta ste naučili

1. Šta je difuzija?
2. Od čega zavisi brzina difuzije?
3. Kako razlika u koncentraciji utiče na brzinu difuzije?
4. Objasni zašto se brža difuzija javlja pri višim temperaturama.
5. Kako brzina difuzije zavisi od mase čestica?

Istražite za



... škotskog botaničar Robert Brown i njegova otkrića o kretanju čestica u tečnoj sredini.

Zanimljiva biologija



S difuzijom se stalno susrećeš u svakodnevnom životu – kada se neko namiriše parfemom ili kada se u blizini nalazi hrana, pa se mirisne čestice šire kroz vazduh, kada kapneš mastilo, sok ili boju u vodu i slično.

1.2 Značaj difuzije u biljkama

Uvodna aktivnost

Prisjetite se kako autotrofni organizmi proizvode hranu. Gdje i kako biljke primaju ugljendioksid iz zraka i oslobađaju kisik tokom fotosinteze?

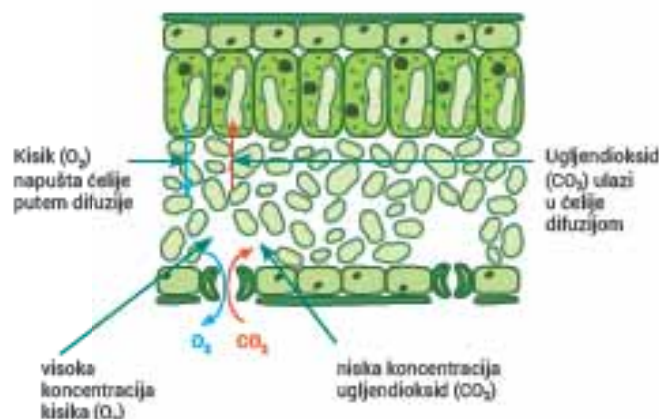
Difuzija u biljkama je neophodna, omogućavajući izmjenu gasova tokom fotosinteze i disanja, apsorpciju hranjivih materija iz tla i kretanje vode kroz biljku.

Difuzija gasova tokom fotosinteze

Živim organizmima je potrebna stalna opskrba hranom i kisikom za obavljanje životnih procesa. Biljke, kao autotrofni organizmi, stvaraju vlastitu hranu tokom procesa fotosinteze. Da bi to postigle, biljkama je potreban ugljendioksid iz zraka. Ali kako ugljendioksid dopijeva do ćelija koje vrše fotosintezu?

Slika šematski prikazuje unutrašnju strukturu lista. Na gornjoj (prednjoj) strani lista nalazi se površinski sloj obložen voštanim supstancama koji ne dozvoljava gasovima i vodi da izlaze iz lista. Na donjoj (zadnjoj) strani lista nalazi se sloj s malim otvorima – stomama. Između gornjeg i donjeg sloja lista nalazi se srednji sloj, sastavljen od dvije vrste ćelija – neke su gušće zbijene, dok druge imaju velike zračne prostore između sebe. Proces fotosinteze odvija se u ovim ćelijama.

Da bi ugljendioksid došao do ćelija koje vrše fotosintezu u srednjem sloju lista, prvo mora proći kroz stome. U atmosferi je veća koncentracija nego unutar lista. Zbog razlike u koncentracijama, ugljendioksid iz zraka ulazi u list kroz stome difuzijom. Stome su direktno povezane sa zračnim prostorima u srednjem sloju lista.



Šematski prikaz ulaska ugljendioksida (CO_2) i izlaska kisika (O_2) iz lista biljke

Da bi ušao u unutrašnjost ćelija koje vrše fotosintezu, ugljendioksid iz zračnih prostora u listu mora proći kroz ćelijske membrane ćelija. Molekule ugljendioksida, kisika i vode su male molekule koje mogu slobodno prolaziti kroz ćelijsku membranu. Pri tome koriste princip razlike u koncentraciji molekula izvan ćelije (u zračnim prostorima) i unutar ćelije (u citoplazmi). Dakle, molekule ugljendioksida difundiraju kroz ćelijsku membranu ćelija koje vrše fotosintezu i ulaze u njihovu unutrašnjost.

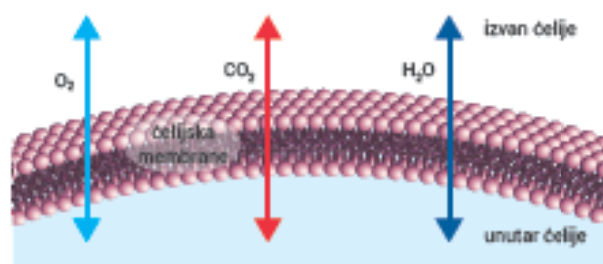
Na isti način, ali u suprotnom smjeru, kreću se molekule kisika dobivene fotosintezom. Naime, ćelije unutar lista oslobađaju kisik koji ispunjava zračne prostore. Njegova koncentracija u atmosferi je niža, pa difuzijom kisik napušta list kroz stome.

Difuzija gasova tokom disanja

Kada ćelije koriste kisik za disanje, koncentracija kisika u ćelijama pada, pa molekule kisika difundiraju u ćeliju dok koncentracija ponovno ne poraste. Tokom disanja proizvodi se ugljendioksid i njegova koncentracija unutar ćelije se povećava. Ponovo dolazi do izražaja difuzija, ali sada se molekule kreću preko ćelijske membrane u vanjsko okruženje. Na ovaj način, difuzija može objasniti kako ćelija upija kisik i oslobađa se ugljendioksida.

Difuzija vode

Voda je neophodna jer utiče na pritisak u ćelijama, što doprinosi krutosti biljaka i pomaže im da ostanu uspravne. U nedostatku vode, pritisak u ćelijama se smanjuje i biljka vene. Molekuli vode se kreću kroz biljne ćelije iz područja sa nižom u područja sa većom koncentracijom rastvorenih soli (iz razrijeđenog u koncentriranije okruženje). Višak vode se oslobađa kroz stome listova u procesu transpiracije, koja se javlja difuzijom. Brzina difuzije molekula vode zavisi od temperature, vlažnosti i zračnih struja. Na primjer, biljke brže gube vodu kada je vruće, suho i vjetrovito, a sporije kada je zrak hladan, vlažan i bez vjetra.



Šematski prikaz kretanja molekula ugljendioksida, kisika i vode kroz ćelijsku membranu difuzijom

Istražite za



... kretanje vodene pare iz ćelija lista u vanjsku okolinu.

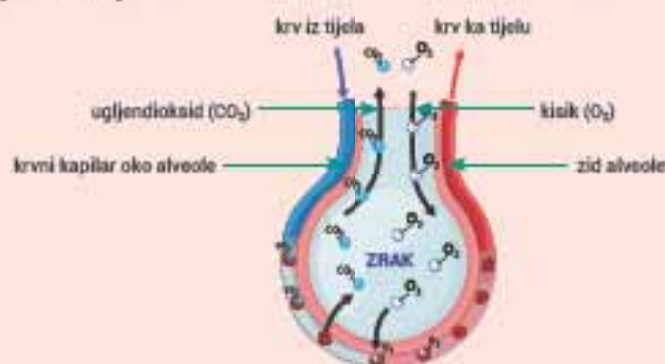
Provjerite šta ste naučili

1. Koji gas je potreban biljkama za proizvodnju hrane (glukoza)?
2. Opišite put ugljendioksida iz atmosfere do citoplazme ćelija koje vrše fotosintezu.
3. Koji princip koriste molekule ugljendioksida i kisika za prelazak ćelijske membrane?
4. Kako se molekule vode kreću kroz biljne ćelije i od čega zavisi brzina ovog procesa?

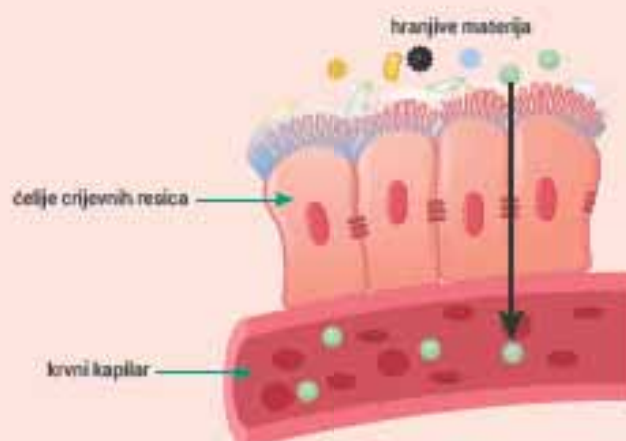
Zanimljiva biologija



Proces difuzije nije jedinstven samo za biljke. Kod ljudi, prijenos kisika iz alveola u krv i ugljendioksida iz krvi u alveole odvija se difuzijom.



Drugi primjer difuzije je proces apsorpcije malih molekula hranjivih materija preko zidova crijevnih resica u krvne kapilare.



1.3 Građa cvjetnica

Uvodna aktivnost

Slika prikazuje fikus, sardelu, bundevu, koprivu, magnoliju, kukuruz i bulku.



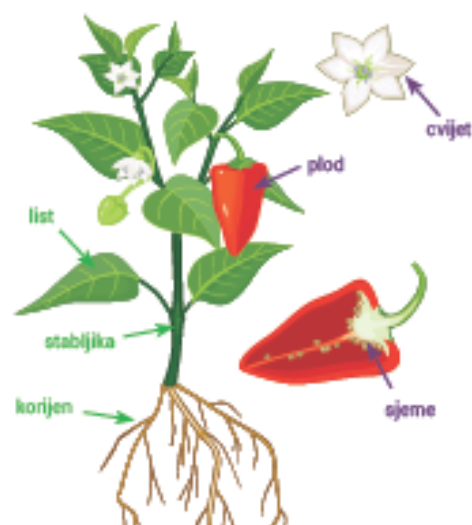
Da li sve biljke imaju cvijetove? Kakve su im stabljike? Koje su razlike u obliku njihovih listova? Pokušajte ih grupisati prema nekoj zajedničkoj karakteristici!

Tokom duge evolucije, nakon prelaska iz vodenog u kopneno okruženje, biljke su polako komplikovale svoju građu i sticale naprednija tkiva i organe. Cvjetnice se javljaju kao najmlađa evolucijska grupa biljnih organizama koje se ujedno karakteriziraju i najsloženijom strukturom. To znači da posjeduju sve dijelove biljke: korijen, stabljiku, list, cvijet, plod i sjeme. Građene su od visoko specijaliziranih tkiva koja se ne nalaze u starijim evolucijskim grupama biljaka. Ova tkiva imaju specifičan raspored u svakom od biljnih organa, što je usko povezano s njihovom funkcijom.

Organi cvjetnica su grupirani u dvije grupe: vegetativne i generativne.

Vegetativni organi omogućavaju rast, razvoj i održavanje biljnog života. Riječ vegetativni potiče od latinske riječi vegetare, što znači "rasti, oživljavati". Ovi organi osiguravaju cjelokupan rast biljke, koji počinje proljetnim "oživljavanjem" i traje do kraja vegetacijskog perioda. Jednogodišnje biljke završavaju cijeli svoj rast i razvoj u jednoj vegetacijskoj sezoni. S druge strane, višegodišnje biljke svake godine proizvode nove vegetativne organe i tako nastavljaju rasti i razvijati se. Pored rasta, vegetativni organi igraju važnu ulogu i u ishrani biljke, budući da se proces fotosinteze odvija u zelenim dijelovima. U vegetativnim organima nekih biljaka mogu se skladištiti rezervne materije i služe kao izvor hrane za žive organizme. Vegetativni organi su korijen, stabljika i list.

● – vegetativni organi ● – generativni organi



Šematski prikaz vegetativnih biljnih organa (korijen, stabljika i list) i generativnih biljnih organa (cvijet, plod i sjeme)

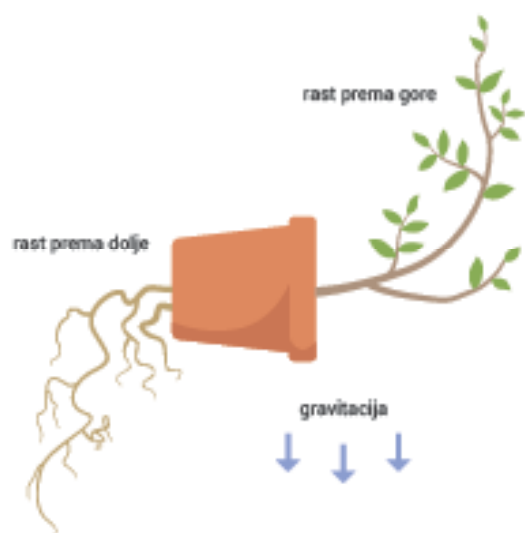
Generativni organi omogućavaju razmnožavanje biljaka i nastavak vrste. Naziv potiče od latinske riječi *generare* što znači "stvoriti, proizvesti, rađati". Njihov naziv direktno se odnosi na njihovu osnovnu funkciju – stvaranje novog života. Također mogu skladištiti rezervne materije, posebno u velikim količinama u plodovima i sjemenkama, zbog čega se koriste za hranu ljudi i životinja. Generativni organi uključuju cvijeće, plodove i sjemenke.

Karakteristike vegetativnih organa kod biljaka

Korijen je glavni potporni organ biljke koji raste prema dolje prema središtu Zemlje. Ima nekoliko funkcija: razvija korijenov sistem koji usidra biljku za tlo, apsorbira vodu i minerale, što omogućava rast i razvoj biljke, skladišti hranjive materije, a može se koristiti i za vegetativno razmnožavanje. Kod nekih vrsta korijen potiče direktno iz embrija, ali se može formirati i kao dodatni (adventivni) korijen iz drugih dijelova biljke.

Stabljika je ujedno i glavni potporni vegetativni organ, ali raste prema gore. Stabljika drži biljku uspravno, prenosi vodu i hranu između korijena i lišća, može skladištiti hranjive materije, a služi i za vegetativno razmnožavanje. Mlade zelene stabljike jednogodišnjih biljaka i najmlađi izdanci višegodišnjih biljaka mogu provoditi fotosintezu.

List je glavni vegetativni organ prilagođen za fotosintezu, transpiraciju (isparavanje vode) i izmjenu gasova. Listovi su zeleni jer sadrže zeleni pigment – klorofil, koji je neophodan za proces fotosinteze. Većina hrane stvara se u listu. Ugljendioksid se unosi kroz lišće, a oslobađa se kisik i vodena para. Biljke obično imaju veliki broj listova ako su listovi manji, ili, obrnuto, imaju manji broj listova ako su veći.



Korijen raste prema središtu Zemlje, dok stabljika raste u suprotnom smjeru – prema gore

Karakteristike generativnih organa biljke

Cvijet je generativni organ i služi za razmnožavanje. Sadrži muški dio (prašnike) i ženski dio (tučak/pištilj) u kojem se formiraju spolne ćelije (gamete). U tučku se odvija oplodnja, a zatim se formira plod sa sjemenkama. Latice su obično obojene u različite boje i imaju ugodan miris, zbog čega privlače insekte i ptice uz pomoć kojih se oprašuju.

Plod je organ koji sadrži i štiti sjeme. Plod skladišti različite hranjive materije, što ga čini važnim izvorom hrane za mnoge žive organizme.

Sjeme sadrži embrij iz kojeg se može razviti nova biljka kada su uslovi povoljni. Sjeme služi za širenje biljaka i održavanje vrste. Sjeme skladišti različite rezervne materije koje osiguravaju hranu potrebnu za razvoj klice. Istovremeno, može poslužiti i kao hrana mnogim živim organizmima.

Aktivnost

Izaberite nekoliko različitih biljaka – svježe, herbarijske uzorke ili slike reprezentativnih cvjetnica. Analizirajte njihove vegetativne i generativne organe i povežite ih s njihovom funkcijom i upotrebom.

Razgovarajte u razredu o karakteristikama biljaka koje ste proučavali.

Provjerite šta ste naučili

1. Koji su dijelovi biljke koji joj omogućavaju rast i razvoj?
2. U kojem organu biljke se uglavnom odvija fotosinteza?
3. Koji su generativni organi i koju ulogu igraju u biljci?
4. U kojim organima biljke se mogu skladištiti rezervne materije?

Zanimljiva biologija

Sukulentna biljka *Aloe vera* često se naziva "biljkom besmrtnosti" jer svi njeni dijelovi (korijen, stabljika, listovi i cvjetovi) imaju ljekovita svojstva.



Druge biljke sa takvim karakteristikama su maslina (*Olea europea*) i drvo života (*Moringa oleifera*).

Istražite za



... neke vrste ljekovitih biljaka koje se koriste u medicinske svrhe ili za čajeve. Koji se od njihovih vegetativnih ili generativnih organa koriste i koje su njihove koristi?

1.4 Građa lista

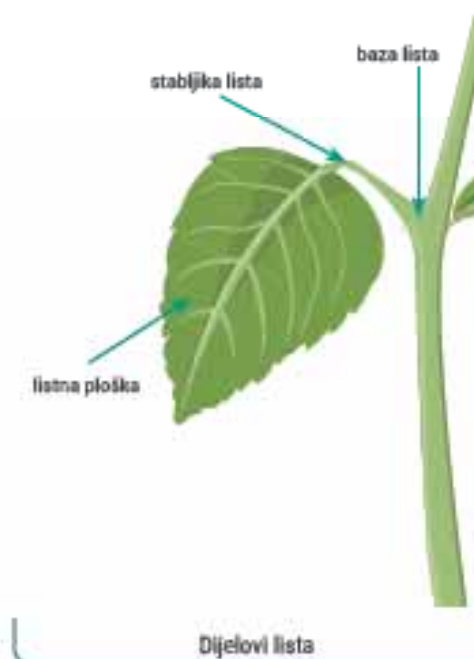
Uvodna aktivnost

Sakupite listove s nekoliko različitih biljaka i sortirajte ih po veličini i obliku. Razgovarajte u razredu o veličini listova, povezujući ih s mjestom odakle su sakupljeni, na primjer, da li su rasli na suncu ili u hladu.

Dijelovi lista i njihova uloga

List je glavni vegetativni organ za fotosintezu i transpiraciju biljke. Sastoji se od baze lista, peteljke i lisne ploške. **Baza lista** je donji dio lista i njome je pričvršćen za stabljiku. Baza lista se najčešće nastavlja u **peteljku** koja je različitog oblika i dužine. Listovi koji nemaju peteljku direktno su povezani sa stabljikom i nazivaju se "sjededeći" listovi. Uloga peteljke je da list postavi u najbolji položaj u odnosu na svjetlost. Peteljka na gornjem kraju je povezana s **lisnom ploškom** (listom, laminom) koja ima najveću površinu i varira u obliku i veličini. To je najvažniji dio lista u smislu svojih funkcija.

Na lisnoj ploški se mogu uočiti žile koje mogu biti postavljene paralelno, kao na primjer kod listova perunike, kukuruza, pšenice, tulipana itd., ili izraženija tzv. centralna žila koja se grana i formira mrežu žila (kao kod listova vinove loze, lipe, trešnje, kajsije itd.). U tom smislu, listovi se dijele na listove s paralelnim i listove s mrežom žila. Žile lista su izgrađene od provodnih cijevi koje prenose vodu do ćelija lista, a u suprotnom smjeru prenose produkte fotosinteze. Lisna ploča se također može razlikovati po debljini.

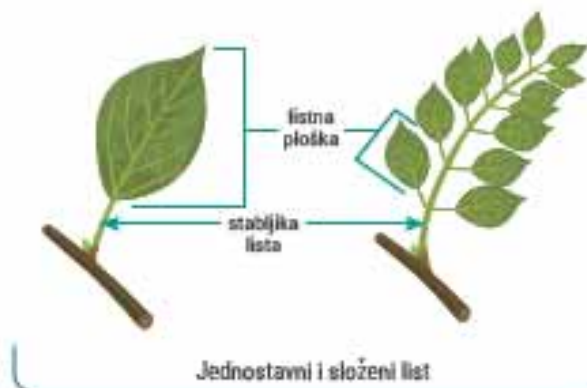


Vrste listova

Prema broju lisnih ploški na lisnoj dršci, razlikujemo jednostavne i složene listove.

Jednostavni listovi imaju jednu lisnu plošku na peteljci, dok složeni listovi imaju više lisnih ploški na jednoj peteljci.

Kod većine listova kritosjemenjača, lisne ploške su okruglog, jajastog ili srcolikog oblika, s ravnim, nazubljenim ili piljastim rubovima. Kod golosjemenjača dominira igličasti oblik.



Jednostavni i složeni list



Različiti oblici listova kod skrivenosjemenih biljaka

Postoji velika raznolikost u obliku i izgledu listova. Neki listovi su tanki i kožasti, neki su tanki i suhi, goli ili prekriveni dlačicama, a drugi su debeli i sočni.

Listovi se mogu modificirati u izdanke (kod graha, graška, zelenog graha i drugih mahunarki), trnje (kaktusi) i u posebne strukture prilagođene za privlačenje i hvatanje insekata (kod insektoždernih biljaka). Listovi insektojednih biljaka imaju različit izgled i prekriveni su specijaliziranim tkivom koje luči materije za razgradnju uhvaćenog insekta.



Preobraženi listovi – tmovi, vitice, listovi kod insektojednih biljaka – venerina muholovka, nepentes, drozera

Anatomija lista

Anatomija lista je povezana i prilagođena njegovim osnovnim funkcijama – fotosintezi, izmjeni gasova i transpiraciji. Cijela površina lista prekrivena je **epidermom** (kutikulom), koja štiti unutrašnjost. Unutar lisne ploče predstavljena je kao **gornja epiderma**, koja se nalazi na gornjoj (prednjoj) strani i **donja epiderma**, koja se nalazi na donjoj strani (stražnjoj strani lista). Na površini ćelijskog zida epidermalnih ćelija nalazi se **kutikula**, koja je voštani sloj sa zaštitnom ulogom. Kutikula je uvijek bolje razvijena na gornjoj epidermi i štiti list od isušivanja. U epidermi se nalaze otvori – **stome** kroz koje se odvija transpiracija i izmjena gasova.



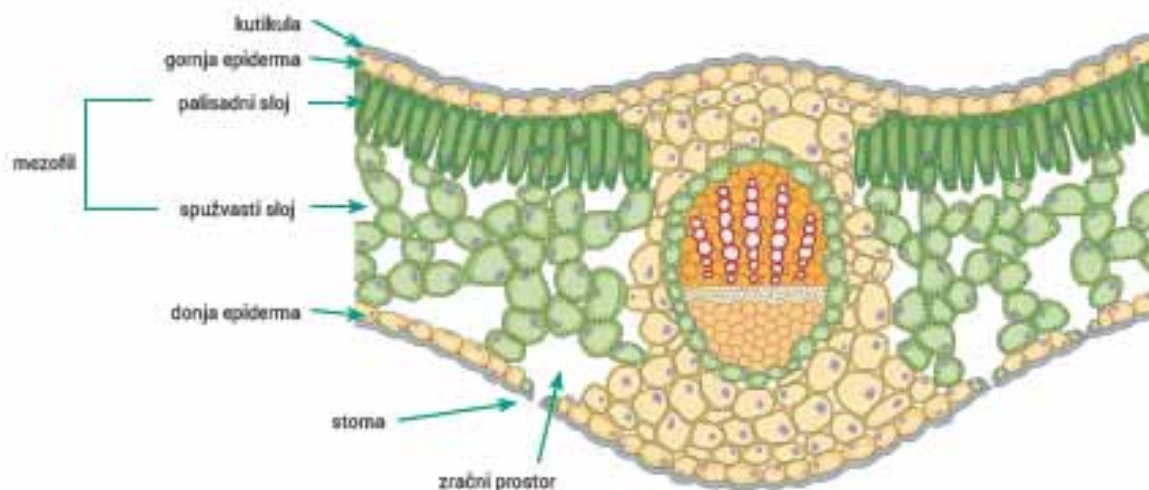
Schematski prikaz stoma – otvorena i zatvorena stoma

Jednu stomu formiraju dvije stomine ćelije, najčešće bubrežastog oblika. Između dvije ćelije nalazi se otvor koji stomine ćelije otvaraju ili zatvaraju u zavisnosti od potreba lista za izmjenom gasova ili transpiracijom. Gornja i donja epiderma se obično razlikuju po strukturi i prisustvu stoma, osim kod nekih listova gdje nema gornje ili donje površine.

Većina listova ima stome samo na donjoj epidermi. Mnoge proljetne biljke i trave imaju stome podjednako raspoređene na obje strane listova. Biljke s listovima koji plutaju na površini vode (na primjer, lokvanji) imaju stome na gornjoj epidermi.

Između dvije epiderme nalazi se **mezofil** – središnji dio lisne ploče koji sadrži fotosintetsko tkivo. Njegove ćelije sadrže hloroplaste – zelene plastide ispunjene **hlorofilom** koji su odgovorni za fotosintezu. Kod lisnih ploča s jasno prepoznatljivom gornjom i donjom stranom, mezofil je predstavljen kao palisadni i spužvasti sloj.

- **Palisadni sloj** se najčešće nalazi na gornjoj (prednjoj) strani lista i sastoji se od izduženih ćelija, raspoređenih vertikalno u redove. Bogatije su hloroplastima, zbog čega je gornja strana lista intenzivnije zelena, a ovdje se odvija i većina fotosinteze.
- Ispod palisadnog sloja na donjoj strani nalazi se **spužvasti sloj** čije su ćelije siromašnije hloroplastima. Zbog toga je donja strana lista blijede zelene boje i ovdje se odvija manji dio fotosintetskih procesa. Spužvasti sloj je bogat **zračnim prostorima** koji su povezani sa stomama. U tim zračnim prostorima se skupljaju gasovi ili vodena para, koji se izbacuju kroz otvor stoma izvan lista.



Građa lista u poprečnom presjeku

Aktivnost**Posmatranje građe listova različitih biljaka**

Donesite svježe listove različitih vrsta biljaka u razred (npr. fikus, oleander, kukuruz i perunika). Podijelite se u grupe i, uz pomoć nastavnika/nastavnice, napravite mikroskopske preparate:

- izolacijom (odvajanjem) epiderme, na kojem ćete posmatrati njegovu strukturu i prisustvo stoma;
- poprečni presjek lista, na kojem ćete posmatrati strukturu mezofila lista.

Nacrtajte u svesku ono što vidite pod mikroskopom i razgovarajte o razlikama u strukturi različitih listova.

Jesu li stome kukuruza i perunike istog oblika i veličine, jesu li prisutne na gornjoj i donjoj strani lista? Koji je mezofil lista fikusa ili oleandera u poređenju s mezofilom perunike. Gdje primjećujete palisadni i spužvasti sloj, a kod kojih biljaka ovi slojevi nedostaju?

Aktivnost**Koji dio lista ima najviše stoma?**

skeniraj me



1. Uберите dva lista glatke površine s iste biljke.
2. Stavite toplu vodu u dvije čaše (ne dozvolite da ispari).
3. Umočite list u prvu čašu s gornjom površinom okrenutom prema zidu čaše.

4. U drugu laboratorijsku čašu uronite list s donjom površinom okrenutom prema zidu čaše.
5. Postavite čašu na dobro osvijetljeno mjesto i promatrajte promjene nakon 15–20 minuta.

Na donjoj površini lista, jasno je vidljivo stvaranje mjehurića (od kisika) tamo gdje se nalaze stome.



Provjerite šta ste naučili

1. Od kojih dijelova je list sastavljen?
2. Koje su razlike između gornje i donje epiderme lista?
3. Od čega je sastavljen mezofil lista i koja je njegova uloga?
4. Šta je kutikula i gdje se nalazi?
5. Gdje se nalaze stome i koja je njihova funkcija?
6. Koje tkivo u listu je najbogatije hloroplastima i koji je njihov značaj?

Istražite za



... vrste biljaka koje koristimo u ishrani kao lisnato povrće i zdravstvene prednosti njihovog konzumiranja u smislu unosa vitamina, esencijalnih minerala, antioksidansa, vlakana i kalorija.

Zanimljiva biologija



Najdugovječniji listovi su oni afričke pustinjske biljke *Welwitschia mirabilis*, čiji listovi traju stoljećima (1.000–2.000 godina).



Sukulentni listovi biljke *Agave americana*, koji zadržavaju rezerve vode, dostižu starost od 10 do 20 godina. Vrsta bora, *Pinus longaeva*, također ima dugovječne listove koji traju 10 do 15 godina.

1.5 Adaptacije biljaka za fotosintezu

Uvodna aktivnost

Podsjetite se građe biljne ćelije. U kojim dijelovima ćelije se proizvodi hrana? Kako se zove zeleni pigment koji sadrže?

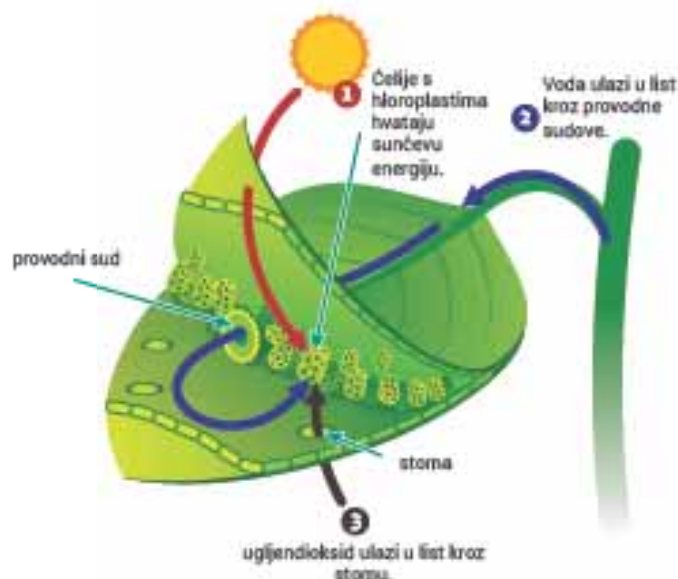
Iako se fotosinteza uglavnom odvija u listovima, bilo koji dio biljke koji sadrži klorofil može vršiti fotosintezu. Mnoge biljke imaju zelene stabljike u kojima se također odvija fotosinteza.

Biljke su razvile niz adaptacija za obavljanje fotosinteze. To znači da je građa pojedinačnih biljnih organa prilagođena njihovoj funkciji.

Adaptacije lista

Iako postoji velika raznolikost u obliku i veličini listova, većina listova dijeli zajedničke adaptacije koje omogućavaju efikasnu fotosintezu.

- Listovi su obično spljošteni, široki i imaju veliku ravnu površinu. Ovakva građa omogućava laku apsorpciju velikih količina sunčeve svjetlosti i ugljendioksida.
- Listovi su tanki i ugljendioksid mora difundirati na kratkoj udaljenosti da bi iz atmosfere došao do unutrašnjih ćelija palisadnog sloja.
- Prisustvo zračnih prostora između ćelija u spužvastom sloju omogućava gasovima lak prolaz kroz mezofilne ćelije.
- Listovi imaju veliki broj stoma u donjoj epidermi. To omogućava ulazak ugljendioksida i izlazak kisika i vode iz lista.



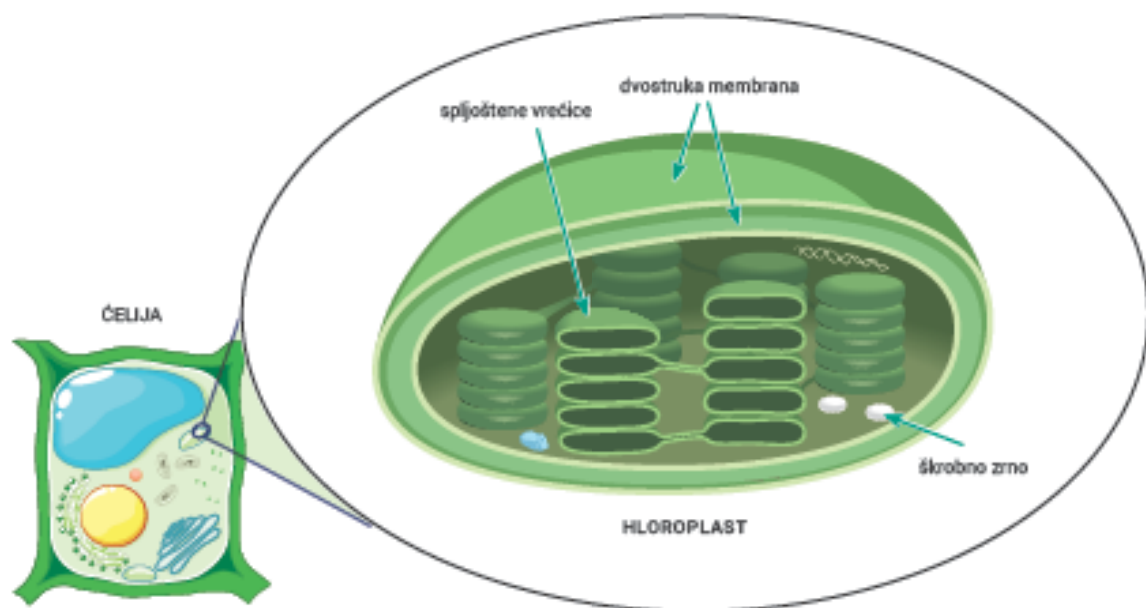
Građa lista je prilagođena za efikasnu fotosintezu

- Veliki broj hloroplasta u biljnim ćelijama je još jedna adaptacija biljaka za fotosintezu. Gornje (palisadne) ćelije sadrže više hloroplasta od donjih (spužvastih mezofilnih) ćelija. Palisadne ćelije, koje se nalaze prema gornjoj površini lista, primaju najveću količinu sunčeve svjetlosti i ona dopire do hloroplasta bez da je apsorbira previše ćelijskih zidova.
- Grananje provodnih žila u listu omogućava dobru opskrbu vodom svakog njegovog dijela. Na taj način, potrebna količina vode dopire do svake fotosintetske ćelije.

Hloroplasti

Glavna funkcija hloroplasta je apsorpcija svjetlosne energije. Hloroplasti su vrsta plastida zelene boje. Imaju okrugli, ovalni ili diskasti oblik. Izvana su okruženi dvostrukom membranom, a iznutra su izgrađeni od spljoštenih vrećica ispunjenih zelenim pigmentom – **hlorofilom**. Hlorofil apsorbira svjetlosnu energiju i na taj način osigurava energiju potrebnu za pokretanje procesa fotosinteze. Vrećice su karakteristično naslagane jedna na drugu poput novčića, a takvi "stubovi" su međusobno povezani membranama.

Položaj hloroplasta u ćeliji najviše ovisi o jačini i smjeru svjetlosti. Pri jakoj svjetlosti oni se aktivno kreću i zauzimaju položaje kako bi se zaštitili od oštećenja. Pri umjerenoj ili slaboj svjetlosti raspoređeni su periferno po cijeloj citoplazmi ćelije kako bi apsorbirali maksimalnu količinu svjetlosti.



Šematski prikaz strukture hloroplasta

Hloroplasti stvaraju i privremeno skladište višak hrane koja potiče od produkata fotosinteze. Zato se zrna škroba mogu vidjeti unutar hloroplasta kao gusta bijela tijela.

Adaptacije koje su se dogodile kod biljaka omogućile su da fotosinteza postane ključni proces koji je direktno ili indirektno odgovoran za opstanak svih živih organizama na našoj planeti.

Aktivnost

Posmatranje strukture biljnih ćelija bez hloroplasta (epiderma) i sa hloroplastima (fotosintetske ćelije)

skeniraj me



1. Luk prepolovite skalpelom, uklonite mesnatu kožicu i iz unutrašnjosti izrežite mali kvadrat.
2. Pincetom ogulite prozirni sloj i stavite ga na predmetno staklo.
3. Na koru kapnite nekoliko kapi rastvora joda. Sačekajte dvije do tri minute i papirom upijte višak joda.
4. Kapaljkom kapnite vodu na uzorak i prekrijte ga pokrovnim stakalcem.
5. Pripremljeni preparat stavite pod mikroskop pri malom, a zatim pri velikom uvećanju. Posmatrajte i opišite šta vidite.
6. Kapaljkom kapnite vodu na drugo predmetno staklo.
7. U vodu stavite list vodene biljke *Elodea canadensis* ili mahovinu.
8. Polako prekrijte materijal pokrovnim stakalcem pod uglom od 45° kako se ne bi pojavili mjehurići.
9. Pripremljeni preparat stavite pod mikroskop pri malom, a zatim pri velikom uvećanju. Posmatrajte i opišite šta vidite.



Određene ćelijske strukture (ćelijski zid, ćelijska membrana, citoplazma, jezgro i vakuola) zajedničke su svim biljnim ćelijama, dok biljne ćelije specijalizirane za fotosintezu imaju specifične strukture u svojoj građi – hloroplaste.

Aktivnost**Odvajanje pigmenata iz lista**

Izrežite dugu traku papira (oko 10 cm) sa šiljastim vrhom. 1 cm iznad donjeg ruba trake, stavite list špinata i pritisnite novčićem dok se na traci ne pojavi horizontalna zelena linija. Umočite donji rub trake u čašu koja sadrži 10–15 mL 96% alkohola, a da pritom ne umačete zelenu liniju od špinata. Nakon 10 minuta, posmatrajte šta se dešava sa zelenom linijom.



Zelena boja lista špinata, koja potiče od hlorofila u hloroplastima, na traci papira se razdvaja u različite boje (tamnozeleno, svijetlozeleno do žućkasto). To ukazuje na to da list sadrži više pigmenata koji pomažu u fotosintezi.

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto su listovi većine biljaka ravni, tanki i imaju široku lisnu površinu?
2. Kako razvoj vaskularnog sistema utiče na proces fotosinteze?
3. Opišite kako izgleda hloroplast i kakva je njegova unutrašnja građa?
4. Koju ulogu hlorofil igra u fotosintezi?

Istražite za

... hemijsku građu hlorofila i koje vrste hlorofila postoje u biljkama i algama.

Zanimljiva biologija

Pored glavnog klorofila i njegovih pomoćnih pigmenata, istraživači su nedavno otkrili novu vrstu klorofila – klorofil f – pigment koji neke bakterije i cijanobakterije koriste za apsorpciju svjetlosne energije iz infracrvenog spektra. Klorofil f može omogućiti određenim fotosintetskim oblicima života da prikupljaju energiju iz valnih dužina svjetlosti koje mnogi njihovi konkurenti ne mogu koristiti.

1.6 Fotosinteza

Uvodna aktivnost

Razmislite o autotrofnim organizmima. Kako ovi organizmi sami proizvode hranu? Kako ugljendioksid i voda dopiru do palisadnih ćelija lista?

Svim živim organizmima je potrebna hrana. Ona je izvor organskih i neorganskih supstanci za izgradnju novih ćelija i tkiva tokom rasta. Hrana također služi kao izvor energije i svojevrsno "gorivo" koje pokreće sve životne procese. Životinje unose hranu, probavljaju je i koriste probavljene proizvode za izgradnju svojih tkiva ili za dobijanje energije.

Biljkama je također potrebna energija i gradivni materijal, ali, za razliku od drugih organizama, biljke ne unose gotovu hranu. Biljke same proizvode svoju hranu. Izgradnja složenih molekula od jednostavnih supstanci naziva se sinteza. Za njenu provedbu potrebni su enzimi i energija. Enzimi (proteinske supstance koje ubrzavaju hemijske reakcije u ćelijama) prisutni su u biljnim ćelijama, a energiju za prve faze sinteze osigurava sunčeva svjetlost. Hlorofil u hloroplastima biljnih ćelija apsorbira sunčevu svjetlost i transformira je u oblik dostupan za hemijske reakcije.

Shodno tome, **fotosinteza** je proces u kojem biljke samostalno stvaraju hranu kombinirajući neorganske materije pod uticajem sunčeve energije (grčki: "foto" – svjetlost, "sinteza" – spajanje). U ovom procesu, kisik i glukoza se dobijaju iz ugljendioksida i vode.

Da bi započeo proces fotosinteze, biljku je potrebno opskrbiti potrebnim neorganskim materijama – ugljendioksidom i vodom.

Ugljendioksid je gas koji je prisutan u zraku. Kroz stome on prodire u list kako bi došao do palisadnih ćelija bogatih hloroplastima. Međutim, kod vodenih biljaka ugljendioksid se rastvara u vodi i odatle difundira u lišće.

Korijenove dlačice apsorbiraju vodu iz tla i transportiraju je do središnjeg dijela korijena gdje se nalaze provodne žile. Iz korijena, kroz stabljiku, voda se transportira do lišća kroz provodne cijevi ksilema.

Proces fotosinteze ne može se zamisliti bez hloroplasta. U hloroplastima se svjetlosna energija apsorbira i transformira u hemijsku energiju. Zato kažemo da je glavna svrha fotosinteze transformacija sunčeve svjetlosti u hemijsku energiju.

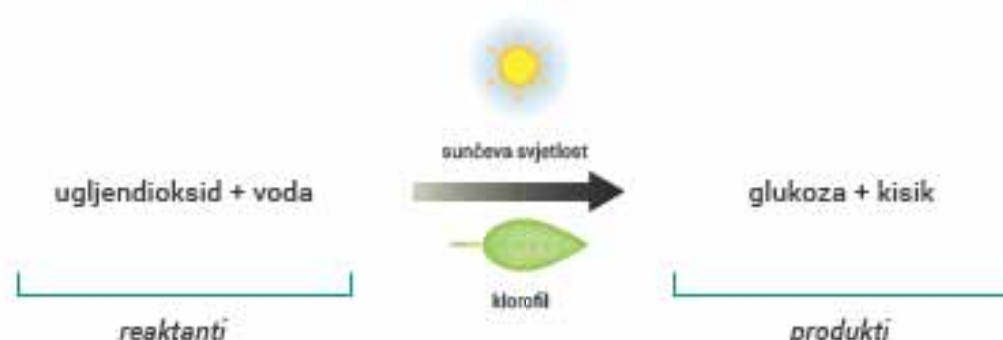
Kako se odvija fotosinteza?

Proces fotosinteze se odvija u dvije faze. U prvoj fazi, apsorbirana sunčeva energija pokreće razgradnju vode, proizvodeći vodik i kisik. Kisik izlazi kroz stome kao produkt fotosinteze

i oslobađa se u okolni zrak. U ovoj fazi fotosinteze, svjetlosna energija se transformira u hemijsku energiju.

Druga faza fotosinteze ne ovisi o svjetlosnoj energiji. Može se odvijati paralelno s prvom fazom ili sekvencijalno. U ovoj fazi, vodik iz vode se spaja s ugljendioksidom, koji (uz pomoć hemijske energije iz prve faze) stvara šećer – glukozu.

Proces fotosinteze može se predstaviti tekstualnom jednačinom:



Ugljendioksid i voda u procesu fotosinteze su reaktanti, a rezultirajuće supstance, glukoza i kisik, su produkti fotosinteze.

Ako tekstualnu jednačinu zamijenimo hemijskim simbolima i izjednačimo je, hemijska jednačina izgleda ovako:

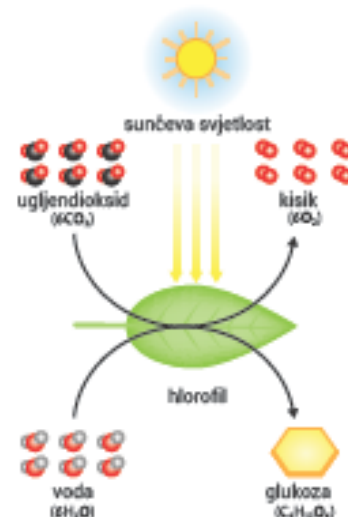


Iz jednačine se može zaključiti da je za dobijanje jedne molekule glukoze potrebno 6 molekula ugljendioksida i 6 molekula vode. U ovom slučaju, ugljik i kisik u glukozu potiču iz ugljendioksida. Vodik u glukozu potiče iz vode. Kisik koji se oslobađa u atmosferu potiče od razgradnje molekula vode, a ne iz ugljendioksida.

Upotreba produkata fotosinteze u biljkama

Dobivene molekule glukoze se brzo ugrađuju u molekule škroba i akumuliraju se u rastućim zrnima škroba u hloroplastima. S druge strane, škrob u hloroplastima se stalno razgrađuje na jednostavnije šećere i izvodi se iz ćelije u floem.

Vaskularne cijevi lista. Kroz njih se šećeri prenose do svih dijelova biljke koji ne vrše fotosintezu, kao što su pupoljci u rastu, plodovi koji sazrijevaju, korijenje i podzemni organi za skladištenje.



Pojednostavljeni šematski prikaz fotosinteze

Ćelije u tim dijelovima koriste šećere na različite načine (disanje, skladištenje, sinteza drugih supstanci za rast i razvoj itd.).

Dio kisika proizvedenog tokom fotosinteze biljke koriste za disanje, a ostatak se ispušta u atmosferu.

Aktivnost

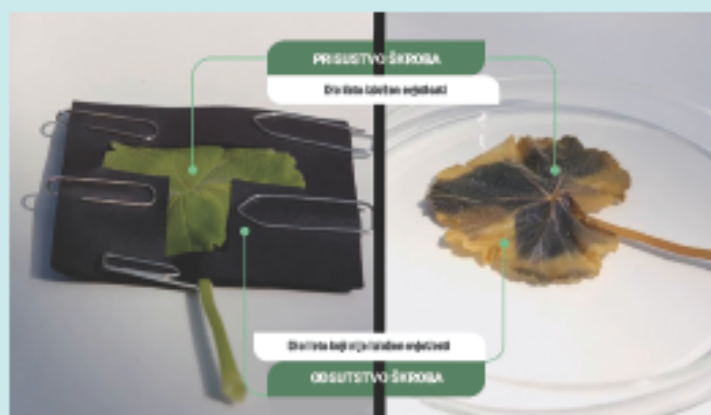
Da li je svjetlost neophodna biljkama za stvaranje škroba?

skeniraj me



1. Uzmite biljku u saksiji (na primjer, sardela) i držite je u mraku najmanje 48 sati kako biste iskoristili škrob u listovima.
2. Izrežite dio u obliku slova T na crnom papiru.
3. Postavite izrezani oblik na jedan list biljke, na gornju površinu, a donju površinu potpuno prekrijte crnim papirom.
4. Stavite biljku na svjetlo na nekoliko sati.
5. Nakon nekoliko sati, uklonite crni papir i stavite list u čašu s kipućom vodom na oko minutu.
6. Stavite omekšali list u epruvetu i dodajte 96%-tni etanol do trećine vrha epruvete.
7. Vratite epruvetu u čašu s kipućom vodom i ostavite je oko pet do deset minuta.
8. Izvadite list iz etanola i uronite ga u toplu vodu na oko deset sekundi.
9. Na kraju, uronite list u Petrijevu zdjelicu s otopinom joda, postavljenu na bijeli papir.

Jod se koristi za testiranje prisutnosti škroba u listu. Na listu se uočava tamnoplava mrlja u obliku slova T, što jasno ukazuje na prisustvo škroba u dijelu koji je bio izložen svjetlosti. Dio koji je bio prekriven crnim papirom ne pokazuje promjenu boje u reakciji s otopinom joda, što ukazuje da se fotosinteza nije dogodila u tim dijelovima.



Provjerite šta ste naučili

1. Šta znači riječ fotosinteza?
2. Napišite hemijsku jednačinu fotosinteze i navedite koje supstance su reaktanti, a koje produkti u procesu?
3. Koja je uloga hloroplasta u procesu fotosinteze?
4. Kako se svjetlosna energija transformiše u procesu fotosinteze?
5. Koliko faza ima fotosinteza i šta se u njima dešava?
6. Odakle dolazi kisik koji se ugrađuje u glukozu, a odakle dolazi kisik koji se oslobađa u atmosferu?

Istražite za



... umjetnu fotosintezu.
Napišite kratki istraživački rad o umjetnom listu koji funkcioniše slično solarnom panelu. Koje su njegove prednosti i nedostaci?

Zanimljiva biologija



Naučnici su otkrili da su određene životinje također sposobne pretvarati svjetlosnu energiju u hemijsku energiju. Na primjer, istočni smaragdni morski puž (*Elysia chlorotica*) ugrađuje hloroplaste iz žutozelene alge (*Vaucheria litorea*) koje konzumira u ćelije koje oblažu probavni trakt životinje. To mu daje ograničenu sposobnost fotosinteze hranjivih materija za životinju do nekoliko mjeseci.



1.7 Važnost fotosinteze za živa bića

Uvodna aktivnost

Šta biljke stvaraju tokom fotosinteze? Kako su članovi lanca ishrane grupisani u pogledu ishrane? Ako bi biljke nestale, da li bi to uticalo samo na biljojede životinje?

Proizvodnja hrane

Svim živim organizmima je potrebna hrana i energija za rast i razmnožavanje. Biljke su jedini organizmi koji proizvode vlastitu hranu procesom fotosinteze. Hrana koju proizvode izvor je energije za same biljke, ali i za sve ostale žive organizme. Veza živih organizama u okolini najjasnije se vidi kroz lance ishrane. Svaki organizam ima precizno definirano mjesto u lancu ishrane. To mjesto se naziva trofički nivo (grčki „*trophos*” znači prehrana). Trofički nivoi se shematski mogu prikazati takozvanom trofičkom piramidom (piramidom ishrane).

Zbog svoje sposobnosti da proizvode hranu u procesu fotosinteze i da skladište energiju sunca u hemijskoj energiji, biljke se nalaze u podnožju trofičke piramide. Fotosinteza je osnova svih lanaca i mreža ishrane u prirodi. Životinje dobijaju svoju energiju ili direktno jedući biljke ili indirektno jedući životinje koje konzumiraju biljke.

Lanci ishrane nam također pokazuju kako energija teče s jednog trofičkog nivoa na drugi, ali ne pokazuju koliko organizama ima na svakom trofičkom nivou, kolika je njihova biomasa i koliko energije teče kroz lanac ishrane. U zavisnosti od načina na koji se ovi podaci grafički predstavljaju, postoje:

- piramide biomase
- piramide brojnosti
- energetske piramide

Piramida biomase

Biomasa se odnosi na ukupnu suhu masu živih organizama na datom trofičkom nivou u datom vremenu u ekosistemu, izraženu u gramima ili kilogramima po kvadratnom metru (kg/m^2). Šematski prikaz količine biomase na svakom trofičkom nivou nivo se naziva **piramida**



Trofička piramida

biomase. Piramida zapravo pokazuje koliko organske materije ima na svakom trofičkom nivou u ekosistemu, odnosno koja je kalorijska vrijednost na svakom trofičkom nivou.

Članovi u podnožju piramide (proizvođači) trebaju imati najveću količinu biomase kako bi obezbijedili dovoljno hrane za ostale nivoe. Proizvođači se nalaze na ovom trofičkom nivou. Oni koriste fotosintezu da bi stvorili veliku količinu organske materije od koje grade žive ćelije i tkiva, povećavaju svoju masu i broj jedinki tokom reprodukcije. Oni hrane organizme sljedećeg trofičkog nivoa – primarne konzumente koji dio hrane koriste za stvaranje vlastite biomase, a dio za svoje životne procese – disanje, kretanje, održavanje temperature, reprodukciju itd.

Smatra se da se samo 10% biomase prenosi sa nižeg na viši trofički nivo. To znači da se količina biomase smanjuje idući prema višim trofičkim nivoima sve do najvišeg nivoa koji ima najmanju biomasu. To se dešava jer sa svakim prenosom energije (iz hrane) sa jednog nivoa na drugi, veliki dio energije koriste organizmi na tom nivou za svoje životne procese.

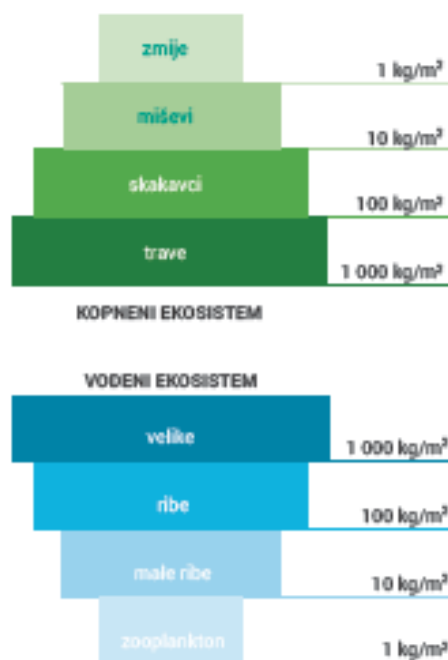
U nekim slučajevima, piramida biomase može biti obrnuta. Na primjer, u ekosistemu ribnjaka, gdje su glavni proizvođači fitoplankton, u bilo kojem trenutku će imati manju masu od heterotrofa, poput riba i insekata. To se objašnjava činjenicom da se fitoplankton veoma brzo razmnožava, ali ima mnogo kraći pojedinačni životni vijek, čime osigurava dovoljno hrane u ekosistemu.

Piramida brojnosti

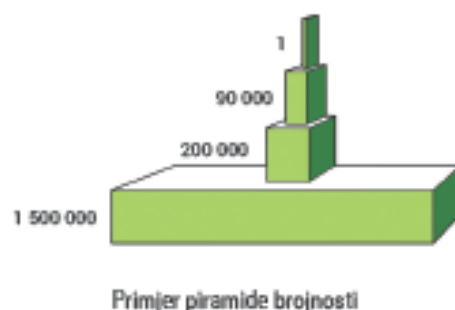
Veličina populacije na svakom trofičkom nivou predstavljena je piramidom brojnosti. Što više organizama pripada određenom trofičkom nivou, to će trofički nivo biti širi. Organizmi u podnožju piramide (proizvođači) su obično najbrojniji, a prema vrhu piramide broj jedinki se smanjuje.

Energetska piramida

Ukupna energija u lancu ishrane dolazi od energije sunca koju su biljke pretvorile u hemijsku energiju uskladištenu u šećeri (glukoza). Dio ove energije biljke koriste u procesu disanja i oslobađa se kao toplota u okolinu. Članovi viših trofičkih nivoa snabdijevaju se hemijskom energijom putem ishrane, koju transformišu i koriste za obavljanje svojih životnih procesa. Dio energije sa svakog trofičkog nivoa oslobađa se u okolinu kao toplota.

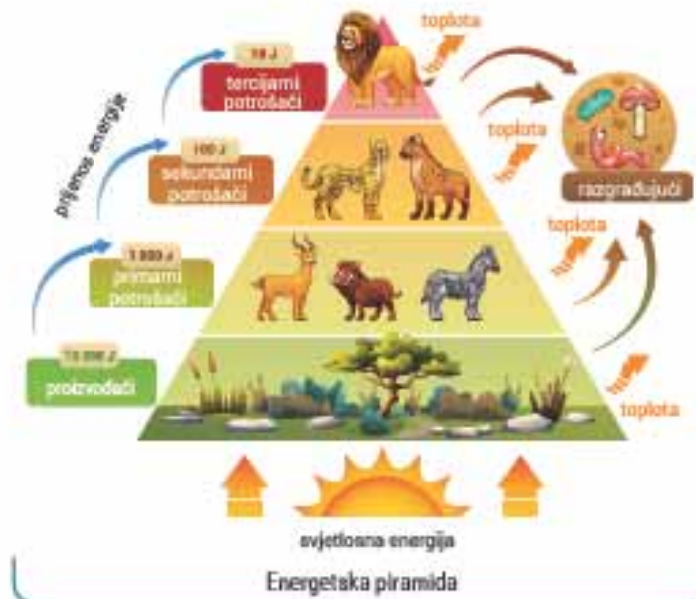


Fitoplankton ilustrativni primjer piramida biomase za kopnene i vodene ekosisteme (vrijednosti mase su samo za primjer) primjer



Energetska piramida ilustruje protok energije kroz svaki trofički nivo tokom određenog vremenskog perioda u ekosistemu, obično mjereno u kilokalorijama po kvadratnom metru godišnje ($\text{kcal}/\text{m}^2/\text{god}$). Energetske piramide su uvijek uspravne jer se samo oko 10% energije sa jednog trofičkog nivoa prenosi na sljedeći. Ostatak se gubi kao toplota kroz metaboličke procese ili se ne troši. Ovo pravilo od 10% je fundamentalni princip koji objašnjava zašto lanci ishrane rijetko imaju više od četiri ili pet trofičkih nivoa.

Trofičke piramide su od velikog značaja u ekologiji. One analiziraju kako funkcionišu odnosi ishrane i energetska efikasnost u ekosistemu. One nam pokazuju kako organizmi na višim trofičkim nivoima zavise od proizvođača i pomažu nam da shvatimo kako promjene u populaciji na jednom nivou utiču na cijeli ekosistem. Međutim, trofičke piramide imaju i svoje nedostatke. One previše pojednostavljaju složene lance ishrane u jednostavne lance ishrane, ne uzimaju u obzir ulogu razlagača (saprofita), koji su ključni za recikliranje hranjivih materija, i činjenicu da neki organizmi mogu zauzimati više trofičkih nivoa (na primjer, svaštojedi).



Aktivnost

3D piramide biomase i energetske piramide

Napravite 3D piramide koristeći sljedeće primjere.

1. Piramida biomase: 1000 kg biljaka potrebno je za 100 kg biljojeda (konzumenti prvog reda), za 10 kg mesojeda/svaštojeda (konzumenti drugog reda), za 1 kg predatora (konzumenti III. reda).
2. Energetska piramida: Sunčeva energija ima 1.000.000 J, 10.000 J će biti ugrađeno u proizvođače, 1.000 J u konzumente I. reda, 100 J u konzumente II. reda i konačno 10 J u konzumente III. reda.

Proizvodnja kisika

Fotosinteza i disanje održavaju ravnotežu ugljendioksida i kisika u prirodi, što je ključno za život na Zemlji.

Kisik je gas koji je prisutan u oko 21% atmosferskog zraka. Ovaj postotak se održava gotovo konstantnim zahvaljujući biljkama i njihovoj sposobnosti da provode fotosintezu. Kroz ovaj proces, biljke stvaraju kisik koji oslobađaju u atmosferu. Kisik je neophodan za proces disanja u kojem organizmi oslobađaju energiju pohranjenu u hrani.

Bez fotosinteze, postojanje prirodnih resursa ne bi bilo moguće. Fosilna goriva, poput uglja i nafte, rezultat su fotosinteze i skladištenja energije sunca prije mnogo miliona godina. Također, mnogi biljni proizvodi poput drveta i nafte indirektno su proizvodi fotosinteze. Na taj način, fotosinteza ne samo da osigurava hranu i kisik, već je i osnova za svu energiju u prirodi.

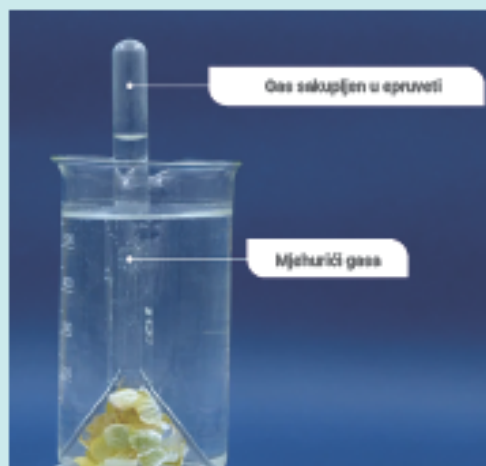
Aktivnost

Koji se gas oslobađa tokom fotosinteze?

skeniraj me



1. Uzmite nekoliko grančica vodene biljke i stavite ih u lijevak.
2. Pažljivo okrenite lijevak naopako i stavite ga na dno laboratorijske čaše napunjene vodom.
3. Uzmite epruvetu i napunite je vodom do vrha.
4. Stavite palac na otvor epruvete, okrenite je i pažljivo uronite u laboratorijsku čašu.
5. Stavite epruvetu na grlić lijevka. Epruveta treba biti potpuno napunjena vodom (zrak ne smije ulazi u nju).
6. Stavite aparaturu na svijetlo i toplo mjesto na nekoliko dana. Primjećujete li neku promjenu nakon ovog perioda? Šta primjećujete kroz grlić lijevka? Gdje je nestala voda u epruveti?
7. Pažljivo izvadite epruvetu iz vode i zatvorite je palcem.
8. Pripremite gorući štapić. (Zapalite ga i odmah ugasite. Trebalo bi biti žara, ali ne i plamena.)
9. Stavite goruće drvo u epruvetu, pazeći da ne dodirujete mokre stijenke. Šta ste primijetili?



Kako bi se olakšalo odvajanje gasa oslobođenog tokom fotosinteze, korištena je vodena biljka. Nakon izlaganja svjetlosti, mjehurići gasa, produkta fotosinteze, mogu se vidjeti kako se skupljaju u gornjem dijelu obrnute epruvete. Gas se testira gorućim štapićem, koji se ponovo pali kada se stavi u epruvetu. To dokazuje da je gas proizveden tokom fotosinteze zaista kisik.



Provjerite šta ste naučili

1. Šta su trofičke piramide?
2. Koje se trofičke piramide nalaze u ekološkim istraživanjima i koje informacije nude?
3. Šta podrazumijevate pod pojmom biomasa?
4. Zašto je biomasa na vrhu piramide najmanja?
5. Objasnite zašto je važno održavati konstantan procenat kisika u atmosferi.
6. Objasnite važnost fotosinteze za život na našoj planeti.

Zanimljiva biologija



Vuku je potrebna biomasa od oko 600 zečeva godišnje da bi preživio. Zato su glavni predatori uvijek malobrojni.

Za 24 sata, bambus može povećati svoju biomasu i do 10%. To ga čini jednim od najbržih proizvođača organske materije.

Jedna alga se može razmnožiti tako brzo da bi stvorila ogromnu biomasu za nekoliko dana, pod uslovom da je niko ne jede.

U dalekoj prošlosti, u atmosferi Zemlje gotovo da nije bilo slobodnog kisika (O_2) prije nego što su se pojavili fotosintetski organizmi, prvenstveno cijanobakterije, i počeli ga proizvoditi kao nusprodukt.

Istražite za



... obrnuta piramida biomase u okeanu.

1.8 Uslovi za odvijanje fotosinteze

Uvodna aktivnost

Zašto je jedna biljka veća, razvijeniji i ima zelenu, zdravu i širokih listova, a drugi je manji i ima žutih listova?



Da bi fotosinteza tekla nesmetano, potrebno je osigurati određene uslove. Uslovi koji utiču na brzinu fotosinteze su:

- intenzitet svjetlosti
- koncentracija ugljendioksida
- temperatura
- dovoljna količina vode
- dovoljno hlorofila u ćelijama
- starost biljke

Uticao intenziteta svjetlosti na brzinu fotosinteze

Svjetlost obezbeđuje energiju potrebnu za fotosintezu. Što je veći **intenzitetom svjetlosti** (njegova snaga), to će se brže odvijati fotosinteze, pod uslovom da su dostupne dovoljne količine ugljendioksida i vode.

Uticao svjetlosti na brzinu fotosinteze može se testirati izvođenje eksperimenta gdje je udaljenost između izvora od svjetlost i fotosintetička biljka. Tako se mijenja intenzitet svjetlosti koju prima biljka.

Aktivnost

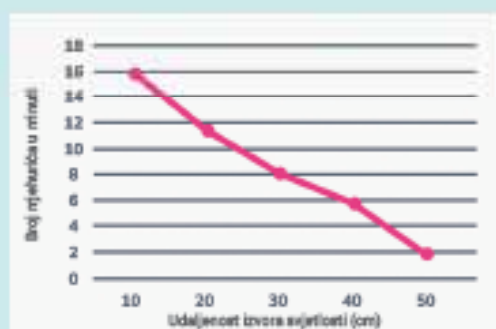
Zavisnost brzine fotosinteze od intenziteta svjetlosti

skeniraj me



1. Napravite 1% rastvor NaHCO_3 u laboratorijskoj čaši.

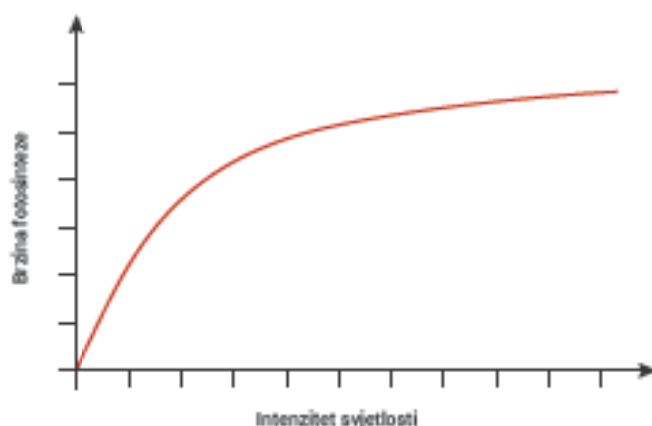
2. Stavite rastvor u epruvetu, protresite epruvetu da nema mehurića i pričvrstite ga na metalni tronožac pomoću držača.
3. U epruvetu uronite granicu vodene biljke sa stabljikom prema gore. Pažljivo držite granu pincetom i makazama odrežite stabljiku ispod površine otopine.
4. Postavite mjernu traku počevši od LED lampe i pomaknite držač sa epruvetom na udaljenosti od 10 cm od lampe. Upalite lampu da osvijetlite epruvetu i ostavite biljku da se prilagodi pet minuta.
5. U periodu od jedne minute, izbrojite koliko mjehurića izlazi iz odrezane stabljike. Ponovite brojanje tri puta, a rezultate zapišite u tabelu.
6. Pomerite epruvetu na rastojanje od 20 cm od lampe i ostavite je ponovo pet minuta da se biljka prilagodi novom intenzitetu svetlosti. Ponovo brojite mehuriće koji se pojavljuju iz biljke u trajanju od jedne minute i ponovite brojanje tri puta.
7. Ponovite korake 4 do 6 i na udaljenosti od 30, 40 i 50 cm od biljke do lampe.
8. Na osnovu dobijenih rezultata konstruisati grafikon.



Iz rezultata prikazanih grafički, može se primijetiti da broj oslobođenih mjehurića opada s udaljenosti biljke od izvora svjetlosti. Stoga se može zaključiti da brzina fotosinteze direktno zavisi od intenziteta svjetlosti.

U eksperimentu je korištena 1% rastvor sode bikarbone poboljšani izvor ugljendioksida koji je potreban kao reaktant u fotosintezi. Broj mjehurića koji se proizvode i oslobađaju u toku jedne minute su pokazatelj brze fotosinteze. Iz dobijenih podataka uočava se da je na najmanjoj udaljenosti od lampe (od 10 cm) biljka proizvela najveći broj mjehurića kisika. To znači da je pri najvećem intenzitetu svjetlosti stopa fotosinteze bila najveća.

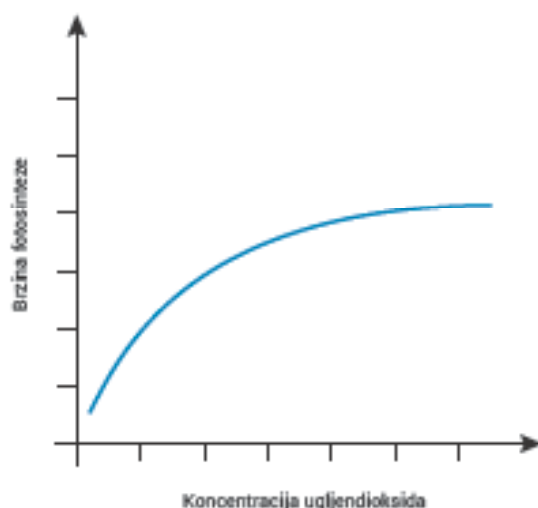
Povećanje intenziteta svjetlosti ubrzava fotosintezu, ali samo do određene tačke. Iznad te tačke, svako dalje povećanje intenziteta svjetlosti ima zanemarljiv efekat. To je uglavnom rezultat toga što su svi dostupni kloroplasti u potpunosti uključeni u apsorpciju svjetlosti. Dakle, bez obzira na to koliko je intenzitet svjetlosti povećan, nije moguće apsorbirati više svjetlosti ili je iskoristiti.



Uticaj koncentracije ugljendioksida kao uvjeta za fotosintezu

Ugljendioksid je jedan od reaktanata u fotosintezi, tako da njegova količina direktno utječe na brzinu kojom biljka proizvodi hranu. Na niskom nivou ugljendioksida, fotosinteza će se odvijati sporije, dok povećanje koncentracije ugljendioksida omogućava veću brzinu fotosinteze.

Povećana koncentracija ugljendioksida ne može ubrzati fotosintezu do beskonačnosti. Pri određenoj visokoj koncentraciji CO_2 , svi enzimi uključeni u hemijske reakcije postaju zasićeni.



Aktivnost

Ovisnost brzine fotosinteze o koncentraciji CO_2 – "Plutajući diskovi"

1. U staklenu čašu stavite 100 mL vode iz slavine i jednu čajnu žličicu sode bikarbone.
2. U drugu čašu stavite samo 100 mL vode iz slavine (kontrolni uzorak).
3. Makazama ili bušilicom izrežite male kvadrate ili diskove (iste veličine) od listova špinata.
4. Stavite oko 10–20 diskova u prazan špric i napunite špric pripremljenom otopinom sode bikarbone i vode.

5. Zatvorite vrh šprice prstom i povucite klip šprice. To će uzrokovati izlazak zraka iz diskova.
6. Ponovite postupak dok se sav zrak ne istisne iz diskova i oni ne počnu tonuti u špricu (zračni prostori su ispunjeni tekućinom).
7. Ponovite postupak s drugim špricom, u koju ćete također staviti 10–20 diskova i napuniti špricu čistom vodom.
8. Nakon što ste istisnuli zrak, stavite diskove iz prvog šprica u šolju sa rastvorom sode bikarbone, a diskove iz drugog šprica u šolju sa čistom vodom.
9. Stavite obje šolje na svijetlo mjesto (sunčeva svjetlost/električna lampa).
10. Posmatrajte eksperiment i brojte diskove špinata koji isplivaju na površinu tokom 10 minuta.

Primijetiti ćete da u šolji sa sodom bikarbonom, diskovi špinata počinju brže isplivati sa dna šolje i isplivati na površinu vode.

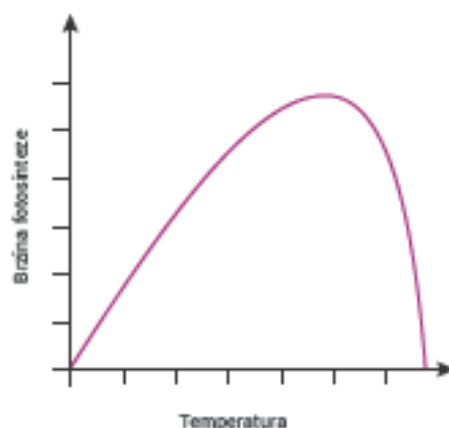
Rastvaranjem sode bikarbone nastaje dodatna količina ugljendioksida, što povećava brzinu fotosinteze. Kisik dobiven fotosintezom ispunjava zračne prostore u diskovima i oni počinju plutati. Shodno tome, povećana koncentracija ugljendioksida ubrzava fotosintezu.

Temperatura kao uvjet za fotosintezu

Fotosinteza, kao i mnoge druge biohemijske reakcije, odvija se pod kontrolom enzima - supstanci koje ubrzavaju hemijsku reakciju, a da se same ne mijenjaju.

U fotosintezi enzimi sudjeluju u reakciji između ugljendioksida i vode, pri čemu nastaje glukoza. Enzimi su zapravo proteini i njihova aktivnost je maksimalna na određenoj optimalnoj temperaturi. Na nižim temperaturama aktivnost enzima je niska, pa će fotosinteza teći sporo. S porastom **temperature**, aktivnost enzima se povećava, a time će se i fotosinteza ubrzati.

Ovo ubrzanje fotosinteze pod uticajem temperature moguće je samo do određene granice (oko 40 °C). Ako je temperatura veoma visoka, enzimi kao molekule proteina se uništavaju i gube svoju funkciju.



Ostali uslovi koji utiču na brzinu fotosinteze

Voda kao reaktant je neophodna za proces fotosinteze. Ako biljka nema dovoljno vode, stome se zatvaraju kako bi spriječile gubitak vode, a time i ulazak ugljendioksida u list. Ovo stanje će dovesti do smanjenja brzine fotosinteze.

Hlorofil apsorbira sunčevu svjetlost i pretvara je u energiju potrebnu za fotosintezu. Što je više hlorofila u ćelijama, to više svjetlosne energije može apsorbirati. Ako je biljka bolesna ili ima nedostatak minerala, količina hlorofila će biti niža (listovi će postati blijedozeleni ili žuti). Smanjena količina hlorofila također smanjuje brzinu fotosinteze.

Starost biljke također utiče na brzinu fotosinteze. Kod mladih biljaka još nije proizvedeno dovoljno hlorofila i fotosinteza se odvija sporije. Kod odraslih biljaka brzina fotosinteze je najveća jer u listovima imaju dovoljno hloroplasta bogatih hlorofilom. Međutim, kod starijih biljaka listovi počinju da se oštećuju i žute, a brzina fotosinteze će biti sporija.

Provjerite šta ste naučili

1. Navedite uslove za odvijanje fotosinteze.
2. Kako intenzitet svjetlosti i koncentracija ugljendioksida utiču na brzinu fotosinteze?
3. Postoje neke biljke sa šarenim (zeleno–bijelim) listovima. Mislite li da se fotosinteza odvija u bijelim dijelovima? Objasnite svoj odgovor.
4. Zašto je temperatura važan faktor za fotosintezu?
5. Koje uslove biste obezbijedili biljci ako želite da ima najbržu fotosintezu?

Istražite za



... kako različite boje svjetlosti utiču na fotosintezu.

Zanimljiva biologija



Važnost uslova za fotosintezu je najočiglednija prilikom uzgoja biljaka u plastenicima. Tamo su temperatura, ugljendioksid i svjetlost strogo kontrolisani kako bi se osigurao najveći mogući prinos. Stoga se u plastenicima ugljendioksid dodaje u vazduh, a koriste se crvene i plave LED lampe, te su stoga crveno i plavo svjetlo najoptimalnije za fotosintezu. Kap po kap navodnjavanje omogućava da korijenov sistem potpuno apsorbira vodu, bez gubitka u okolno tlo.

1.9 Prijenos energije

Uvodna aktivnost

Zamislite da morate trčati pet minuta. Koji od ova tri proizvoda: kruh, banana ili čokolada mislite da će vam dati najviše energije? Zašto? Od čega ovisi energetska vrijednost hrane?

Za što će se koristiti energija koju dobijete iz hrane?

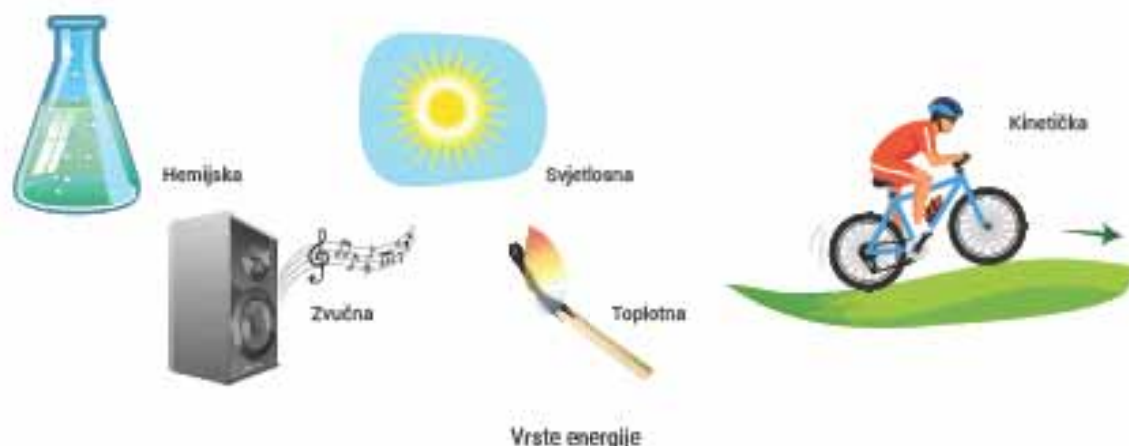


Već smo spomenuli da svim živim organizmima treba energija za obavljanje svojih životnih procesa. Živi organizmi dobijaju potrebnu energiju iz hrane. Pojam **energija** odnosi se na sposobnost obavljanja rada. Energija se ne stvara, niti se može uništiti. Energija se samo transformiše (prenosi) iz jednog oblika u drugi.

Vrste energije

Energija postoji u prirodi u nekoliko oblika. Nalazi se kao:

- **Hemijska energija** je energija koja se nalazi u hemijskim vezama molekula od kojih su građene supstance. Živi organizmi koriste hemijsku energiju iz hrane za svoje potrebe.
- **Toplotna energija** je povezana s kretanjem molekula u tijelima. Što se molekuli brže kreću, tijelo je toplije. Toplota se prenosi u okolinu i zagrijava druga tijela.
- **Svjetlosna energija** je energija koja dolazi iz tijela ili objekta koji emituje svjetlost. Najvažniji izvor svjetlosti je Sunce. Drugi primjeri izvora svjetlosne energije su lampe, vatra itd.
- **Zvučna energija** nastaje kada objekti vibriraju, stvarajući zvuk. Svaki zvuk dolazi iz određenog izvora zvuka. Možemo prepoznati različite zvukove, kao što su zvuk muzičkog instrumenta, zvonjava zvona, ljudski govor, pjev ptica ili zvuk koji dolazi iz zvučnika.
- **Kinetička energija** je energija tijela koje se kreće. Trčanje, vožnja bicikla, udaranje lopte samo su neki od primjera kinetičke energije.

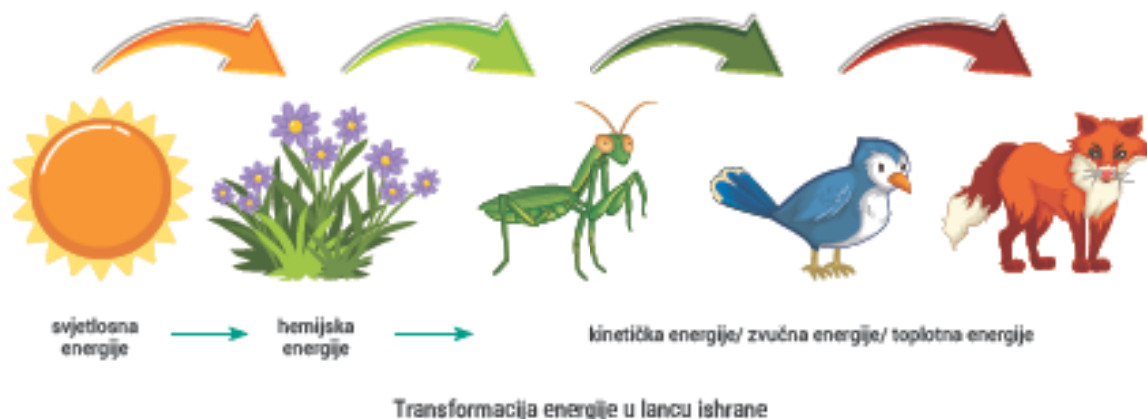


Prijenos energije

Sunce je najveći izvor svjetlosne i toplotne energije na našoj planeti. Poznato je da biljke koriste samo oko 3% ukupne svjetlosne energije koja stigne do Zemlje za fotosintezu. Iako je taj postotak mali, biljke, uz pomoć klorofila u kloroplastima, uspijevaju apsorbirati svjetlosnu energiju, transformirati je u hemijsku energiju i sačuvati (skladištiti) je u hemijskim vezama molekula glukoze. Ove molekule se zatim koriste za stvaranje mnogih drugih materija – ugljikohidrata (škroba), masti i proteina koji postaju hrana za organizme u lancu ishrane.

Da bi se oslobodila energija u hemijskim vezama hranjivih materija, one se prvo moraju razgraditi. To se događa u svim ćelijama organizama kada hranjive materije unesene hranom reaguju s kisikom koji se unosi disanjem.

Organizmi koriste oslobođenu energiju za niz procesa tokom kojih se hemijska energija transformira u druge vrste energije.



Dakle, kada se životinje kreću, mišićne ćelije koriste oslobođenu hemijsku energiju i pretvaraju je u energiju kretanja – kinetičku energiju.

Kada životinje proizvode zvukove (lajanje, pjevanje, zavijanje itd.), mišići oko glasnih žica koriste hemijsku energiju kako bi izazvali vibracije glasnih žica. Vibracije stvaraju zvučne valove koje registrujemo kao zvuk. To znači da je hemijska energija iskorištena i transformirana u zvučnu energiju.

Kada živi organizmi dišu, oslobađa se velika količina toplotne energije, koju organizmi uglavnom koriste za održavanje tjelesne temperature.

Osim što je izvor energije, hrana služi i kao materijal za izgradnju i održavanje tijela. Zato je važno znati od čega je napravljena hrana koju jedemo i koja je njena energetska vrijednost. Na ambalaži prehrambenih proizvoda obično se nalazi tabela koja daje informacije o sastavu hrane i njejoj energetskoj vrijednosti u 100 g proizvoda. Energetska vrijednost se izražava u **džulima** (J) i **kilodžulima** (kJ), ali se veoma često nalazi i druga jedinica – kilokalorija (kcal). Jedna kilokalorija jednaka je 4.184 (J) ili 4,184 kilodžula (kJ).

Različite namirnice sadrže različite količine hemijske energije. Energetska vrijednost namirnice zavisi od toga koliko ugljikohidrata, masti i proteina određeni proizvod sadrži.

Nutritivna vrijednost

	na 100 g	PDV*
Energetska vrijednost	1951 kJ 466 kcal	4,6 %
Masti	17,2 g	4,9 %
– od kojih zasićene masti	8,5 g	8,5 %
Ugljikohidrati	58,0 g	4,5 %
– od kojih šećeri	27,0 g	6,0 %
Biljna vlakna	3,2 g	-
Proteini	7,5 g	3 %
So	0,8 g	2,7 %

*Preporučeni dnevni unos za prosječnu odraslu osobu na osnovu dijete od 2.000 kcal.

Primjer etikete energetske vrijednosti za prehrambeni proizvod

Aktivnost

Energetska vrijednost različitih vrsta hrane

Pogledajte tabele nutritivnih vrijednosti za nekoliko različitih proizvoda. Napravite tabelu i analizirajte podatke za svaki proizvod. Da li proizvodi sa visokim sadržajem masti imaju veću energetska vrijednost? Da li su količine šećera (ugljikohidrata) i ukupna energija na neki način povezane? Postoji li jasan obrazac (trend), na primjer, da prerađena hrana ima više kalorija?

Aktivnost

Mjerenje količine energije uskladištene u komadićima hrane

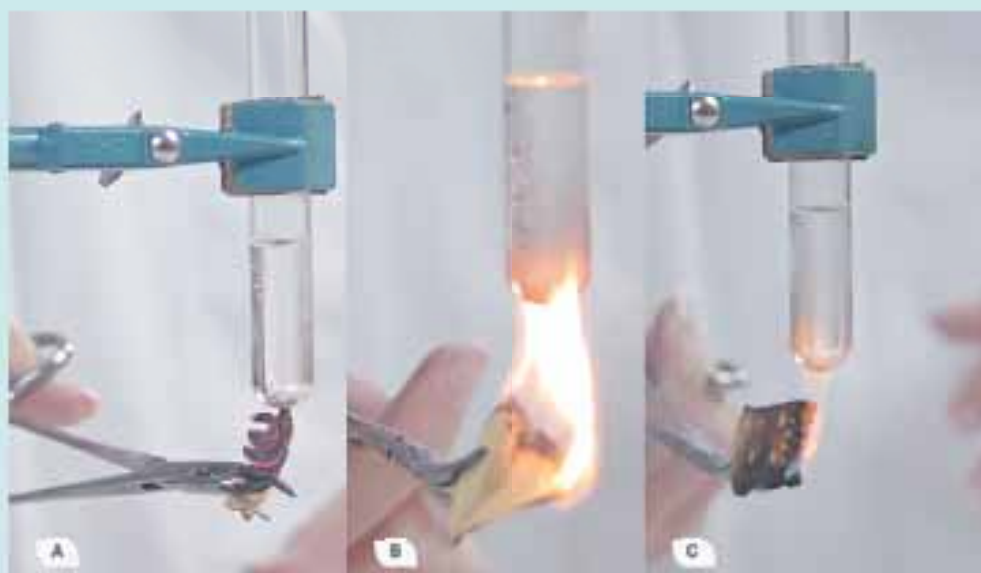
skeniraj me



Iz sigurnosnih razloga, ovaj eksperiment će izvesti nastavnik/nastavnica.

Različiti proizvodi mogu se koristiti kao komadići hrane. U ovom eksperimentu odabrani su makaroni, čips i keksi.

1. Uzmite epruvetu i napunite je do jedne trećine vodom.
2. Umetnite termometar u vodu i izmjerite temperaturu vode.
3. Stavite komad makarona na dugačku metalnu štipaljku i zapalite ga.
4. Približite zapaljeni komad makarona dnu epruvete s vodom.
5. Zagrijavajte epruvetu dok komad hrane potpuno ne izgori.
6. Ponovo izmjerite temperaturu vode. Rezultat zabilježite u tabelu.
7. Ponovite korake 3, 4, 5 i 6 s komadom čipsa i komadom keksa. Rezultate zabilježite u tabelu.



Razlika između temperature vode prije zagrijavanja (T_1) i temperature vode nakon zagrijavanja za svaki uzorak hrane pojedinačno (T_2) pokazuje za koliko stepeni Celzijusa se voda zagrijala kao rezultat sagorijevanja uzoraka hrane.

Na osnovu toga koji je uzorak hrane izazvao najveće povećanje temperature vode, može se zaključiti da ima najveću uskladištenu energiju koja je oslobođena u obliku toplote tokom sagorijevanja. U ovom testu, to su čips.

Provjerite šta ste naučili

1. Šta se podrazumijeva pod pojmom energije?
2. Kako biljke transformišu sunčevu svjetlost u hemijsku energiju?
3. Kako se energija prenosi kroz lanac ishrane?
4. Navedite primjere kako se hemijska energija transformiše u kinetičku, zvučnu i toplotnu energiju u živom svijetu?
5. Kolika je energetska vrijednost hrane i u kojim jedinicama se izražava?

Istražite za



... koliko "skrivenih" kalorija ima u svakodnevnoj hrani. Odaberite proizvod za koji pretpostavljate da ima malo kalorija (na primjer: žitarice, voćni sok, jogurt, preljev za salatu). Uporedite svoja nagađanja sa stvarnom energetsom vrijednošću na etiketi. Jesu li vaša nagađanja bila tačna?

Zanimljiva biologija



Jedan gram čokolade sadrži približno istu količinu energije kao jedan gram šećera – oko 17 kJ. Ali budući da čokolada sadrži i masti, ona sadrži dvostruko više energije po gramu nego šećer! To znači da vam jedan mali komadić čokolade može dati dovoljno energije za trčanje 10 do 15 minuta!

Avokado ima više energije od čokolade. Zbog visokog sadržaja zdravih masti, avokado je "skrivena energetska bomba".

Hladna voda troši energiju – kada pijete hladnu vodu, vaše tijelo sagorijeva kalorije kako bi zagrijalo vodu do tjelesne temperature.

Rovke (male noćne životinje, srodnici krtica) imaju brz metabolizam i velike energetske potrebe u odnosu na svoju masu. Zbog toga, moraju svakodnevno konzumirati veliku količinu hrane (veću od njihove tjelesne mase) i mogu uginuti ako ne jedu nekoliko sati. S druge strane, ljenjivci imaju najniže energetske potrebe u živom svijetu.



1.10 Disanje

Uvodna aktivnost

Nastavnik/ica će zapaliti šibicu. Pažljivo posmatrajte kako šibica gori.

Od kojeg je materijala napravljena šibica?

Šta primjećujete dok gori? Odakle dolazi energija koja se oslobađa tokom gorenja? Šta je šibici potrebno da bi nastavila gorjeti?

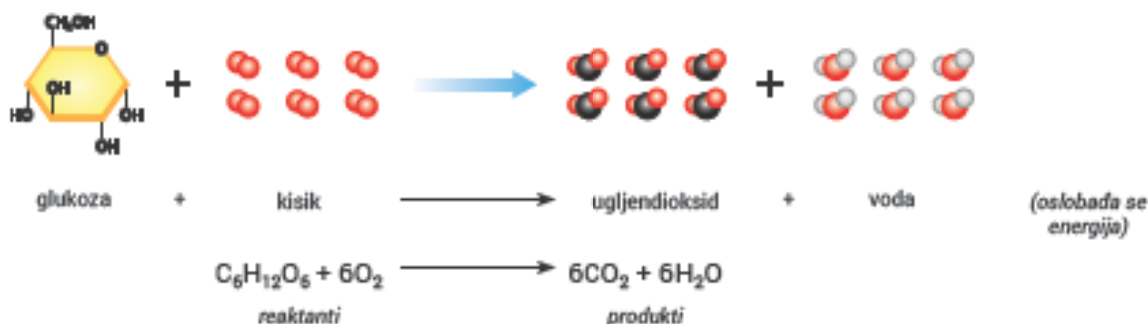


Paljenje šibice je primjer brzog oslobađanja energije iz organske materije pod uticajem kisika (kisik je gas koji podržava sagorijevanje). Sagorijevanje je zapravo hemijska reakcija (oksidacija) između organske materije u drvetu i kisika. Tokom ovog procesa, hemijska energija uskladištena u drvetu se transformiše u svjetlosnu, toplotnu i zvučnu energiju.

Sličan proces se odvija u ćelijama živih organizama, ali mnogo sporije (i bez vatre). Kao što šibica gori u prisustvu kisika, tako i hrana u ćelijama "gori" u prisustvu kisika koji unosimo putem respiratornog sistema.

Proces spore oksidacije hranjivih materija pod uticajem kisika, koji oslobađa energiju iz hrane, naziva se **disanje**. Ovaj proces se odvija u živim ćelijama.

Živi organizmi snabdijevaju svoje ćelije kisikom iz okolnog vazduha. U ćelijama glukoza stupa u hemijsku reakciju sa kisikom. To se naziva oksidacija glukoze. U ovom procesu, glukoza se razgrađuje na manje molekule i oslobađa se velika količina energije, koja se skladišti u visokoenergetskom spoju. Produkti ove reakcije su ugljendioksid i voda, a dio energije se oslobađa u obliku topline.



Model, tekstualna i hemijska jednačba procesa disanja

Prisustvo ugljendioksida oslobođenog tokom disanja može se eksperimentalno dokazati propuštanjem izdahnutog vazduha kroz krečnu vodu. Pojava mliječno bijele magle je dokaz prisustva ugljendioksida.

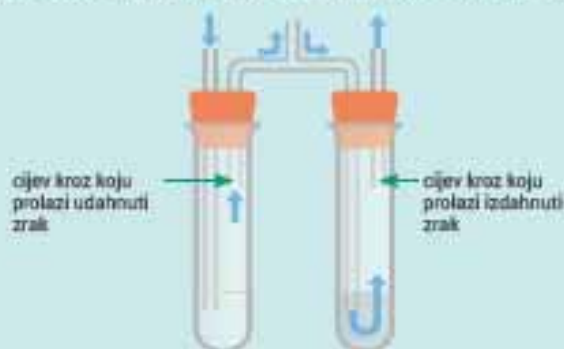
Aktivnost

Testiranje prisustva ugljendioksida u izdahnutom vazduhu

skeniraj me



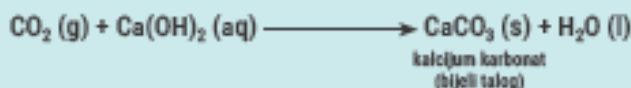
1. Stavite istu količinu krečne vode u dvije epruvete. Zatvorite epruvete gumenim čepovima. Provucite dvije epruvete kroz čepove, slijedeći dijagram.



2. Obrišite srednju epruvetu 75% alkoholom, a zatim pažljivo udahnite i izdahnite kroz nju nekoliko puta. Šta primjećujete? Koje se promjene događaju u obje epruvete?



Iako i udahnuti i izdahnuti zrak prolaze kroz krečnu vodu, prisustvo ugljendioksida se detektuje samo u izdahnutom zraku. Krečna voda je vodeni rastvor kalcijum hidroksida. U prisustvu ugljendioksida dolazi do hemijske reakcije, pri čemu se formira bijeli talog kalcijum karbonata. Ovaj talog uzrokuje da krečna voda postane mliječno bijela.



Proizvodnja toplote tokom disanja može se i eksperimentalno dokazati.

Aktivnost

Oslobađanje toplote tokom disanja pasulja

skeniraj me



1. Pripremite 50 zrna pasulja.
2. U laboratorijskoj čaši razrijedite varikinu (1 : 4 – jedan dio varikine, četiri dijela vode).
3. Uzmite 25 sjemenki (prethodno stavljenih u vodu radi podsticanja klijanja) i ispirajte ih pet minuta u razrijeđenoj varikini (da biste uništili bakterije i plijesan na površini sjemenki).
4. Stavite ostalih 25 sjemenki u vodu i kuhajte pet minuta. Nakon ključanja, stavite ih u hladnu vodu. Ohlađene sjemenke ispirajte pet minuta u razrijeđenoj varikini.
5. Označite dvije termosice oznakama 1 i 2.
6. Stavite žive sjemenke u termosicu. 1. Zatvorite otvor termosice vatom i umetnite termometar kroz vatu. Okrenite termosicu i stavite je na metalni prsten koji je pričvršćen na tronožac.
7. Stavite kuhane sjemenke u termosu. 2. Zatvorite otvor termosu vatom i umetnite termometar kroz vatu. Okrenite termos i stavite ga na metalni prsten pričvršćen za tronožac.



8. Očitavajte temperaturu jednom dnevno tokom tri dana i zabilježite rezultate u tabelu. Prvo mjerenje izvršite 15 minuta nakon postavljanja eksperimenta. Grafikon se može konstruisati iz dobijenih rezultata.

Eksperiment prikazuje proces ćelijskog disanja živih sjemenki pasulja. Tokom ćelijskog disanja koristi se kisik, a oslobađaju se ugljendioksid i toplota. Povećanje temperature tokom klijanja živih sjemenki dokazuje da one aktivno dišu.



Disanje kod biljaka

U osnovi, sagorijevanje hranjivih materija u ćelijama je isto kod biljaka i životinja. Način na koji organizmi snabdijevaju ćelije kisikom i glukozom je različit.

Biljke to rade razmjenom gasova kroz stome svojih listova. Kisik ulazi u listove kroz otvore stoma i difundira kroz ćelijske membrane u unutrašnjost ćelija. Ćelije sadrže glukozu stvorenu tokom fotosinteze. Oksidacija glukoze se odvija u posebnim ćelijskim građama koje se nalaze u citoplazmi ćelije. Kao rezultat disanja, biljke oslobađaju ugljendioksid, vodu i energiju u obliku topline.

Disanje kod životinja

Životinje imaju specijalizirane organe za disanje (respiratorni sistem) pomoću kojih unose zrak bogat kisikom u tijelo. Iz respiratornih organa, kisik difundira u cirkulatorni sistem, koji ga nosi do svake ćelije u tijelu. Oksidacija glukoze se odvija u ćelijama, a krajnji produkti su ugljendioksid, pri čemu se oslobađa energija.

Provjerite šta ste naučili

1. Šta je disanje i u kojim ćelijama se odvija?
2. Šta se dešava sa glukozom tokom procesa disanja?
3. Napišite tekstualne i uravnotežene hemijske jednačine za disanje.
4. Koja je sličnost, a koja razlika u procesu disanja kod biljaka i životinja?

Istražite za



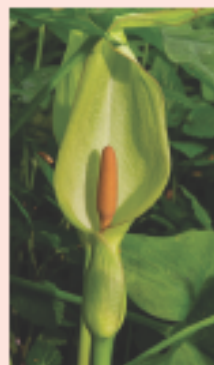
... ćelijske strukture (organele) u ćelijama u kojima se odvija proces disanja.

Zanimljiva biologija



Neke biljke su termogene biljke – one stvaraju toplotu putem intenzivnog ćelijskog disanja.

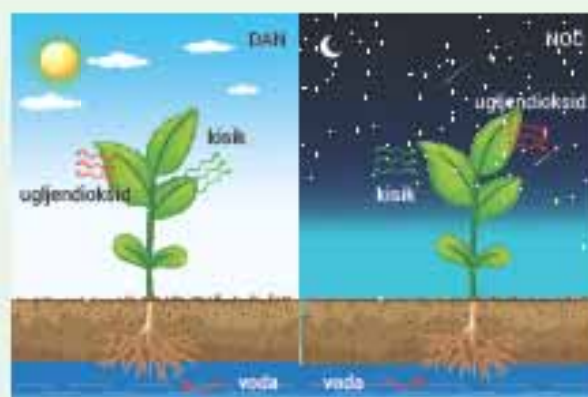
Na primjer, cvijet *Arum maculatum* ili *Amorphophallus titanum* može dostići temperature slične onima kod ljudi, čime privlači insekte. Toplota dolazi od veoma brze oksidacije uskladištenih hranjivih materija.



1.11 Povezanost između fotosinteze i disanja

Uvodna aktivnost

Koji je proces prikazan lijevo, a koji desno? Koje supstance biljka koristi iz okoline za proces ilustrovan lijevo? Šta se dešava sa glukozom i kisikom tokom procesa ilustrovanog desno?



Fotosinteza i disanje su dva procesa koja se odvijaju u biljkama i blisko su povezana. Fotosintezom biljka stvara hranu, a disanjem koristi stvorenu hranu za dobijanje energije.

To se najbolje vidi kroz njihove hemijske jednačine:

FOTOSINTEZA

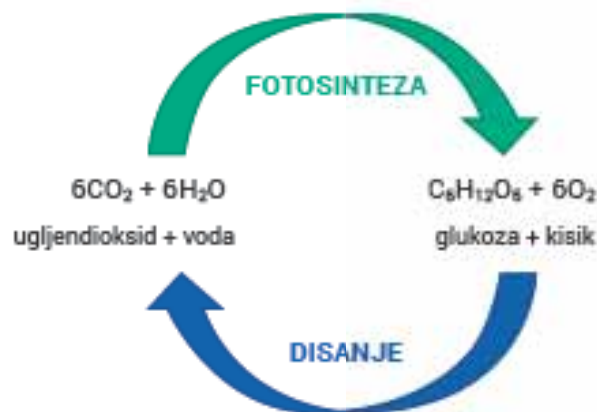


DISANJE



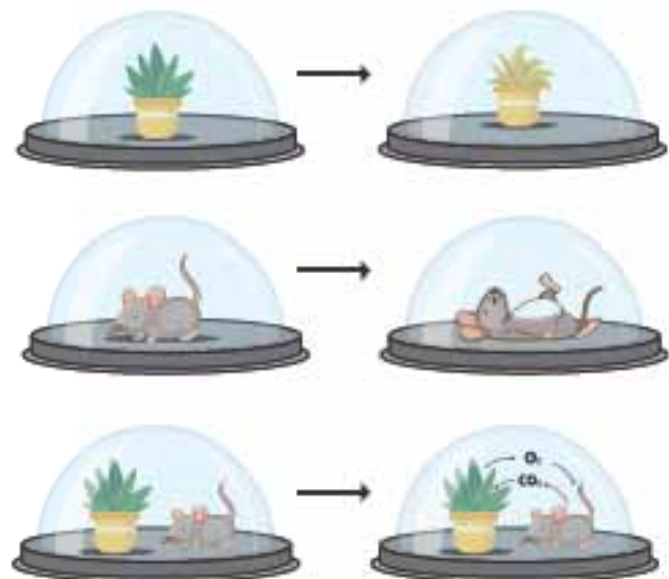
Iz jednačina možemo vidjeti da iste materije učestvuju u oba procesa, ali su drugačije raspoređene. Ugljendioksid je neophodan reaktant za fotosintezu i oslobađa se kao produkt u procesu disanja. Kisik se dobija kao produkt fotosinteze i reaktant je u procesu disanja. Isto se može reći za glukozu i vodu. Oba procesa uključuju energiju, ali se u fotosintezi skladišti kao hemijska energija, a u disanju se oslobađa kao toplotna energija.

Dakle, jasno se vidi da fotosinteza i disanje teku u suprotnim smjerovima. Reaktanti u jednom procesu su produkti u drugom i obrnuto. Glavna razlika između fotosinteze i disanja je lokacija u ćeliji gdje se odvijaju i uloga koju igraju. Fotosinteza se odvija u hloroplastima biljke, gdje se glukoza i kisik proizvode korištenjem svjetlosne energije. Disanje, s druge strane, odvija se u drugim ćelijskim organelama, gdje se glukoza razgrađuje i oslobađa energija.



Šematski prikaz odnosa između fotosinteze i disanja

Vezu između ova dva procesa primijetio je i Džozef Pristli kada je 1770-ih proveo nekoliko ključnih eksperimenata koji su doveli do otkrića kisika i razumijevanja fotosinteze. U jednom takvom eksperimentu, u zatvorenim posudama, Pristli je odvojeno stavio biljku i miša, koji su ubrzo uginuli. Zatim je zajedno stavio biljku i miša u drugu zatvorenu posudu i primijetio da miš duže preživi. Pristli je zaključio da biljke „obnavljaju” ili „pročišćavaju” zrak koji je „konzumirao” miš koji diše. Kasnije je francuski hemičar Antoan Lavoazje, nadograđujući Pristlijev rad, identificirao gas kao novi element i nazvao ga kisik. Ovi eksperimenti bili su ključni za otkrivanje vitalne uloge biljaka u proizvodnji kisika putem fotosinteze, kao i za razumijevanje odnosa između biljnog i životinjskog svijeta i atmosfere.



Džozefa Pristlija eksperiment o odnosu fotosinteze i disanja

Odvijanje fotosinteze i disanja u biljkama

Fotosinteza je proces koji zavisi od svjetlosne energije, pa se uglavnom odvija tokom dana u prisustvu sunčeve svjetlosti. Disanje je proces koji se odvija stalno, tokom dana i noći.

Tokom dana, kada ćelije vrše fotosintezu, pored glukoze, proizvodi se i kisik. Stoga, za potrebe disanja, kisik ne mora prodrijeti (difuzirati) u list jer je već tamo. Dio njega biljka koristi, a većina viška se oslobađa kroz stome.

Noću, kada nema svjetlosti, fotosinteza se ne odvija, ali disanje se nastavlja. Stoga biljka uzima kisik i oslobađa ugljendioksid kroz stome, koje su tokom noći manje otvorene, ali nisu potpuno zatvorene.



Procesi fotosinteze i disanja u biljkama imaju dnevnu dinamiku. Ujutro, pojavom prvih sunčevih zraka, započinje fotosinteza i proizvodnja kisika. Tokom ovog perioda, količina kisika proizvedenog fotosintezom približno je jednaka količini koja se potroši disanjem. Tokom dana, kako se povećava intenzitet svjetlosti, povećava se i brzina fotosinteze. To stvara višak kisika koji se oslobađa u okolinu. Zbog povećane fotosinteze povećava se potreba za ugljendioksida, koji ulazi u lišće i ugrađuje se u glukozu. Kao rezultat toga, koncentracija ugljendioksida u zraku se smanjuje, a okolni zrak se obogaćuje kisikom.

Aktivnost

Kada biljka proizvodi kisik, a kada ga troši?

1. Napunite dvije čaše vodom i u svaku stavite mali list/grančicu vodene biljke.

2. Dodajte malo sode bikarbone (kao dodatni izvor CO_2).
3. Prvu čašu stavite pod jako svjetlo (lampa).
4. Drugu čašu omotajte crnim papirom (potpuni mrak).
5. Sačekajte 15 do 20 minuta.

U čaši postavljenoj na svjetlo, mjehurići će se pojaviti na površini listova. To ukazuje na to da se odvija fotosinteza i da biljka stvara kisik. U čaši postavljenoj u mrak, mjehurići se neće pojaviti na listovima. Biljka ne stvara kisik, već samo diše – troši O_2 i oslobađa CO_2 , koji se rastvara u vodi, zbog čega nema mjehurića.

Ovo dokazuje da su fotosinteza i disanje suprotni, ali međuzavisni procesi. Ono što biljka stvara fotosintezom, koristi za disanje.

Provjerite šta ste naučili

1. Objasnite tvrdnju „Fotosinteza i disanje su povezani procesi, ali se odvijaju u suprotnim smjerovima.“
2. Kada se kod biljaka odvija fotosinteza, a kada disanje?
3. Jesu li stome potpuno zatvorene noću?
4. Biljke proizvode i troše kisik. Zašto onda kažemo da biljke obogaćuju zrak kisikom?

Istražite za



... izmjena kisika i ugljendioksida kroz stome pustinjskih biljaka.

Zanimljiva biologija



Naučna mjerenja pokazuju da se kisik u atmosferi održava ravnotežom između fotosinteze i disanja. Fotosintetski organizmi (biljke, alge i cijanobakterije) godišnje fiksiraju približno 100–120 gigatona ugljika putem fotosinteze, a gotovo ista količina se vraća u atmosferu kao CO_2 tokom disanja i razgradnje organske materije.

1.12 Građa korijena

Uvodna aktivnost

Posmatrajte slike korijena trave, maslačka, luka, mrkve i graha. Koje su glavne razlike koje primjećujete?

Formiranje i značaj korijena

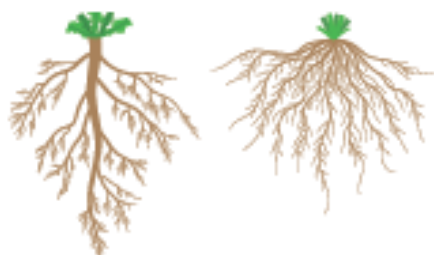
Kada biljka započne svoj razvoj iz sjemena, prvo se pojavljuje embrionalni korijen, a kasnije se razvijaju stabljika i ostali nadzemni dijelovi. Embrionalni korijen najintenzivnije raste na vrhu, izdužuje se, zadebljava i formira glavni korijen. Kako raste, na glavnom korijenu se pojavljuju i bočni korijeni koji se postepeno granaju, formirajući tako korijenov sistem biljke. Korijen uvijek raste prema dolje. Najčešće se korijen razvija u tlu, ali postoje i biljke koje razvijaju korijenje iznad zemlje kako bi biljku opskrobile kisikom.

Glavna uloga korijena je da obezbijedi dovoljno vode i minerala za biljku, ali i da biljku pričvrsti za supstrat. Kod nekih biljaka korijen skladišti rezervne hranjive materije. Korijen može služiti i za vegetativno razmnožavanje.

Posebna karakteristika korijena mahunarki je simbiotski odnos s nekim bakterijama – fiksatorima dušika. Ove bakterije imaju sposobnost da uzimaju slobodni dušik iz zraka i transformišu ga u dušikove spojeve koje biljka može apsorbirati. Drugi oblik simbioze može se javiti između korijena i nekih zemljišnih gljiva čije se hife razvijaju duž bočnih korijena. U ovom međusobnom odnosu, i biljka i gljiva imaju koristi. Gljiva se snabdijeva gotovim organskim supstancama iz biljke, a ona je snabdijeva vodom i rastvorenim mineralima koji su joj potrebni.

Vrste korijena

Prema izgledu korijenovog sistema razlikujemo gosovinski (vretenasti) korijen i žiličasti korijen. Razlika između njih je u tome što osovinski korijen ima dobro razvijen glavni korijen i druge manje bočne korijene, dok kod žiličastog korijena nema glavnog korijena i svi korijenčići u korijenovom sistemu su približno podjednako razvijeni.



Vrste korijena – osovinski i žiličasti korijen

Korijenov sistem se sastoji od svih korijena biljke. Formira se u tlu u potrazi za vodom, te se na taj način biljka bolje pričvršćuje za tlo.

Neki korijeni prolaze kroz modifikaciju, koja se najčešće odvija u obliku zadebljanja zbog akumulacije rezervnih hranjivih materija. Takvi modificirani korijeni najčešće su u obliku gomolja (mrkva, šećerna repa) i gomolja (dalijske itd.), ali mogu biti i različiti izrasli poput nadzemnog korijenja za disanje (kod nekih tropskih vrsta) ili potpornog korijenja.



Izmijenjeno korijenje u obliku zadebljalog glavnog i gomoljastog korijena, zračno korijenje za disanje i potporno korijenje

Dodatno ili adventivno korijenje je posebna vrsta korijenja koje se razvija iznad i ispod zemlje, ali ne potiče od glavnog korijena već od drugih dijelova biljke (od stabljike ili lista). Uglavnom se pojavljuje od donjeg dijela stabljike kada glavni korijen odumre, ali može poticati i od lista. Adventivno korijenje se razvija kod žitarica, lukovica i kod raznih vrsta tokom vegetativnog razmnožavanja.

Ako odrežete dio stabljike vinove loze, maline ili oleandera i ostavite ga u vodi ili vlažnom pijesku, formirat će se dodatno korijenje.



Formiranje adventivnih (dodatnih) korijena tokom vegetativnog razmnožavanja stabljikom

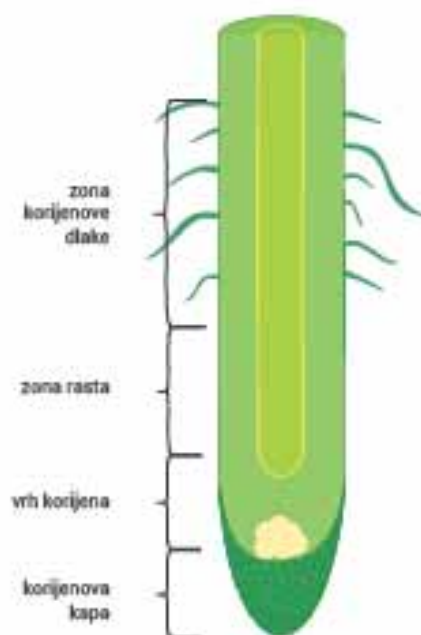


Adventivno korijenje iz stabljike, lista i izmijenjene stabljike

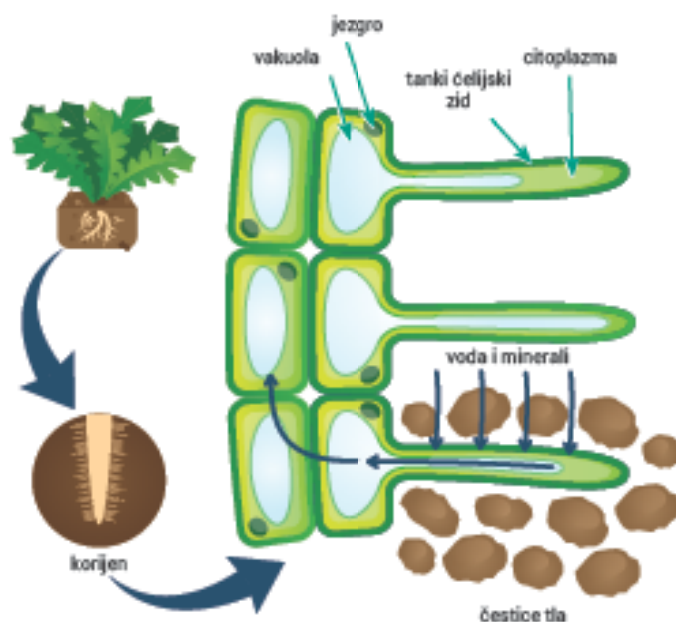
Građa korijena

Korijen se dijeli na: vrh korijena sa korijenovom kapom, zonu rasta i dio za apsorpciju koji se naziva zona korijenove dlake (zona apsorpcije/zona diferencijacije). Korijen raste s vrhom jer taj dio sadrži ćelije koje se stalno dijele i formiraju korijenovo tkivo. Da bi se zaštitio od oštećenja prilikom prodiranja u tlo, vrh korijena formira korijenovu kapu. Površinske ćelije korijenove kape se lome i odbacuju tokom rasta korijena, ali se i stalno obnavljaju.

Od vrha korijena nastavlja se dio u kojem se ćelije izdužuju i rastu (zona rasta/zona rasta), a iznad ove zone, ćelije se postepeno specijaliziraju/diferenciraju za određenu ulogu. Dakle, u ovoj zoni diferencijacije, korijen je obrastao brojnim specijaliziranim biljnim ćelijama – **korijenovim dlakama**.



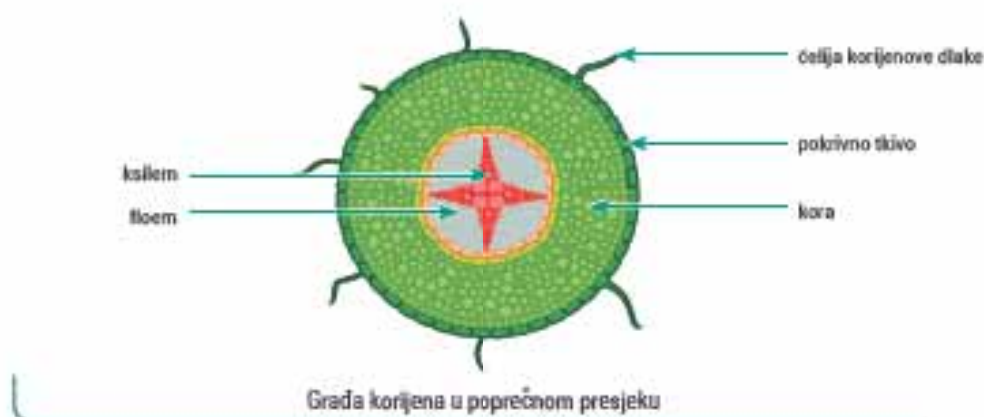
Građa korijena u uzdužnom presjeku



Korijenove dlake

Korijenove dlake imaju tanke ćelijske zidove i predstavljaju nježna produžetka ćelija pokrovnog tkiva korijena. Male su veličine i ne mogu se vidjeti golim okom, već lupom ili pod mikroskopom. Brojna su i stvaraju veliku zonu apsorpcije, ali imaju kratak životni vijek od samo nekoliko dana. Svojom strukturom prilagođena su za apsorpciju vode u kojoj su rastvoreni minerali, koji su neophodni za rast i razvoj biljke.

Na presjeku korijena, ispod pokrovnog tkiva, može se vidjeti nekoliko slojeva živih ćelija, koje su dio kore korijena. Kroz njih voda sa rastvorenim materijama dopire do unutrašnjeg (centralnog) dijela korijena gdje se prenosi u provodne sudove ksilema.



Ksilem se sastoji od mrtvih ćelija i cijevi sa zadebljanim i lignificiranim ćelijskim zidovima kroz koje teku voda i rastvoreni minerali. Kroz ksilem se voda transportuje do svih nadzemnih dijelova biljke. U neposrednoj blizini ksilema nalazi se **floem**, koji provodi hranu (organske supstance i produkte fotosinteze) uglavnom od listova do svih dijelova, uključujući i korijen. Floemske provodne ćelije su žive, ali sa modificiranom ćelijskom strukturom prilagođenom funkciji koju obavljaju.

Aktivnost

Praćenje rasta korijena

1. Stavite zrele sjemenke pšenice, kukuruza, leće ili paradajza između dva vlažna papirna ubrusa u plastičnu kutiju koju ćete postaviti vertikalno. Posmatrajte šta se dešava nakon 24, 48 i 72 sata.
2. Izmjerite dnevni rast i smjer u kojem se korijenje razvija kod ovih biljaka nakon 4, 5, 6 i 7 dana od sjetve.
3. Nakon nekoliko dana, okrenite kutiju za 180°. Posmatrajte nekoliko uzastopnih dana u kojem smjeru raste korijenje.

Bez obzira na to kako se sjeme ili posuda u kojoj biljke rastu postavi, stabljika će uvijek rasti prema gore, a korijenje prema dolje.

Proširenje eksperimenta:

4. Proklijalo sjeme iste vrste možete posaditi u staklene čašice s različitim sastavima tla, na primjer: pijesak, humusno tlo i glinasto tlo. Postavite sjeme blizu stijenke čašica tako da se korijenje može vidjeti.
5. Izmjerite dužinu korijena nakon 7 dana. Šta možete zaključiti?

Tlo s najviše hranjivih materija omogućit će najbolji rast korijena.

Provjerite šta ste naučili

1. Gdje i kako se formira korijenov sistem?
2. Koje su funkcije korijena?
3. Koji su dijelovi korijena u uzdužnom presjeku, a kakva je njegova građa u poprečnom presjeku?
4. Šta su korijenove dlake i iz kojih ćelija potiču?
5. Gdje se u korijenu nalaze ksilem i floem i zašto su važni?

Istražite za



... biljke koje u korijenju skladište razne organske materije. Istraživanje biljaka salepa iz porodice orhideja koje u korijenskim kvržicama skladište šećere i sluzave materije. Salep se pravi od njih.

Zanimljiva biologija



Vrsta bengalskog fikusa nalik drvetu (*Ficus benghalensis*) ima ogroman sistem zračnih, nadzemnih korijena putem kojih se snabdijeva vlagom, a koji može pokriti površinu od nekoliko hektara.



Najveći korijen (dubok 68 metara) ima takozvano pastirsko drvo (*Boscia albitrunca*).

1.13 Građa stabljike

Uvodna aktivnost

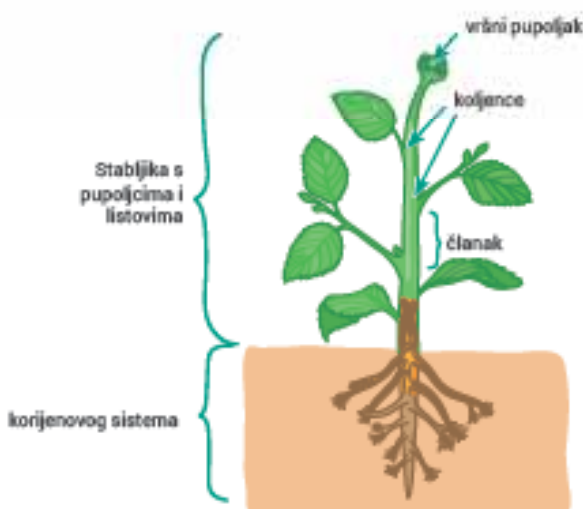
Prisjetite se uticaja Zemljine gravitacije na rast i smjer stabljike dok biljka raste. Napravite usporedbu s rastom korijena. Razgovarajte u razredu o načinima provjere ovog prirodnog fenomena.

Izgled i funkcija stabljike

Stabljika je vegetativni organ koji, zajedno s listovima i pupoljcima, čini dio izdanaka. Izdanak raste u visinu, tj. suprotno od korijena. Izvana se duž cijele dužine stabljike uočavaju zadebljanja na mjestima gdje su listovi pričvršćeni. Mjesto gdje se list pričvršćuje za stabljiku naziva se čvor, a dio između dva susjedna čvora naziva se segment. Segmenti su dugi kada su listovi na stabljici rjeđi i obrnuto, kraći su kada su listovi na stabljici gušći.

Oblik stabljika je raznolik, najčešće cilindričan, ali može biti četverokutan, vretenast itd. Ovisno o čvrstoći stabljike, razlikujemo uspravne stabljike, puzajuće stabljike itd.

Glavna funkcija stabljike kao aksijalnog organa je oslonac koji biljci daje čvrstoću. Stabljika provodi vodu i otopljene minerale od korijena do listova, a u suprotnom smjeru provodi produkte fotosinteze – stvorene hranjive materije. Stabljika također igra ulogu u grananju i rasporedu listova kako bi se zelenim dijelovima osigurala najpovoljnija svjetlost. Stabljika nosi cvjetove, a zatim plodove.



Stabljika sa mjestima pričvršćivanja listova (koljence) i dijelovima stabljike (segmenti)

Vrste stabljika

Prema dužini životnog vijeka razlikujemo jednogodišnje i višegodišnje stabljike.

Jednogodišnje biljke se razvijaju u proljeće, rastu, a u jesen se suše i umiru. Njihova stabljika je zelena, tanka i obično nije drvenasta. Takve su stabljike mnogih vrtnih, žitnih, industrijskih

i divljih biljaka kao što su: paradajz, paprika, pasulj, grašak, bundeva, pšenica, kukuruz, duhan, neven i mnoge druge.

Stabljike drveća, grmova i polugr-mova su višegodišnje. Imaju raz-
ličit životni vijek – od desetina go-
dina do nekoliko vijekova.

Drveće razvija jedno glavno stablo
koje može biti tanko ili masivno
ovisno o vrsti i starosti. Stabljika na
određenoj visini pravi više grana,
formirajući krošnju drvenaste
biljke. Najmlađe grane drveta su
izdanci koji nose listove i pupoljke.
Takva je stabljika hrasta, javora,
lipe, kestena itd.

Grmovi nemaju glavno stabljiku,
već nekoliko stabljika koje su
manje–više jednake po izgledu i
debljini. Granaju se neposredno
iznad zemlje i obično ne dostižu
veliku visinu (do 3 metra). Takva
je stabljika kupine, ruže, jorgovana
itd.

Polugrmovi su slični grmovima,
ali su im nadzemni dijelovi zeleni i
mijenjaju se svake godine, a donji
dio je drvenast. Žive nekoliko
godina i imaju nizak rast. Takvi su
ruzmarin, majčina dušica, lavanda
itd.

Pod utjecajem vanjskih faktora,
stabljike velikog broja biljaka se
modificiraju, tako da izvana ne
podsjećaju na stabljiku. Takve
modificirane stabljike su rizomi
(kod đurđevka, perunike itd.),
stoloni (kod jagoda), gomolji (kod
krompira se razvijaju na stolonima),
lukovice (kod luka, ljiljana i drugih
monokotilednih biljaka), dok je kod
kaktusa stabljika modificirana i ima
sferni, izduženi oblik ili je spljoštena
i podsjeća na list.



Stabljika i izgled krošnje lipe



Grmolika ruža



Polugrm lavanda

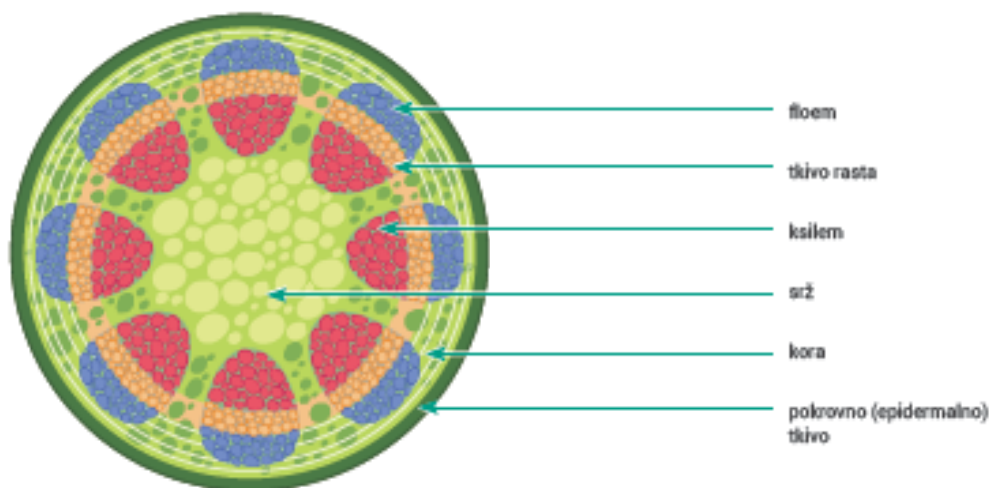


Rizomi (đurđevak), stoloni (jagoda), gomolji (krompir), lukovica (crni luk)

Građa stabljike

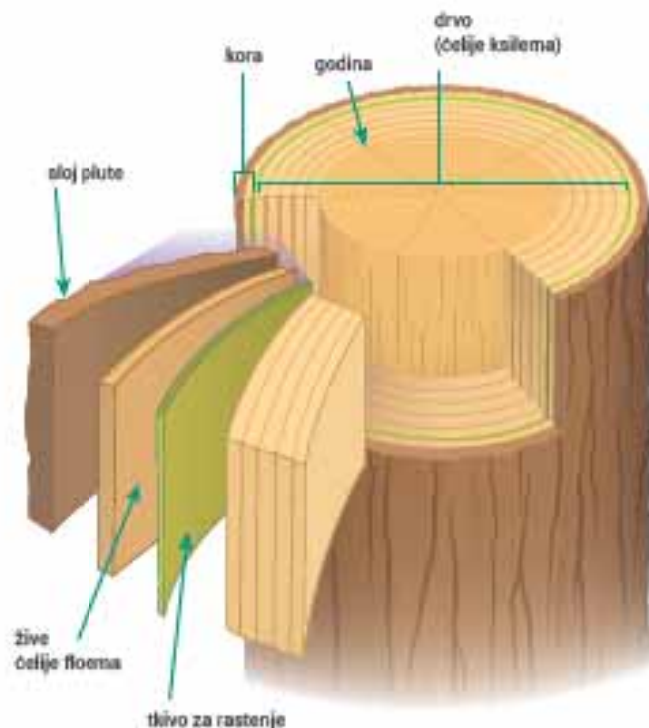
U poprečnom presjeku postoje razlike u strukturi stabljike kod jednogodišnjih i višegodišnjih biljaka. Na površini se nalazi pokrovno (epidermalno) tkivo, zatim kora i središnji dio sa srcem stabljike.

Kod jednogodišnjih stabljika, kora sadrži žive ćelije koje također sadrže kloroplaste, zbog čega je stabljika zelena i fotosintetski aktivna. Prisutne su i mrtve ćelije sa zadebljanim ćelijskim zidovima, koje doprinose čvrstoći stabljike. U središnjem dijelu nalaze se provodni sudovi – ksilem i floem, koji su povezani sa provodnim sudovima iz korijena. Razlika je u tome što su u stabljici provodni sudovi u većem broju i drugačije su grupisani. Stabljike mogu imati razlike u rasporedu ksilema i floema. Obično je lokacija floema prema površini stabljike, a ksilema prema srcu. Između floema i ksilema nalazi se tkivo rasta u obliku kruga. Središnji dio stabljike je uglavnom ispunjen živim ćelijama, ali može biti i prazan prostor različitih oblika.



Građa stabljike jednogodišnje biljke u poprečnom presjeku

Kod višegodišnjih stabljika, tkiva prethodno opisane strukture zamjenjuju se drugima koja imaju dugotrajniju funkciju. Epiderma se zamjenjuje novim površinskim slojem plute (plutovim ćelijama) i tako pruža bolju zaštitu stabljike. Na nekim mjestima se formiraju takozvane lenticle (otvori za disanje koji se nazivaju sočiva), koje su male pukotine u sloju plute. Ispunjene su rastresitim tkivom, bogatim zračnim prostorima. Ispod površinskog sloja nalaze se različite vrste tkiva, ali dominiraju žive ćelije floema. Provodne ćelije ksilema ostaju u unutrašnjem dijelu stabljike i formiraju takozvano drvo, koje se svake godine izgrađuje novim kružnim slojem koji se naziva prsten. Broj prstenova odgovara starosti drveta. Između floema i ksilema nalazi se tkivo rasta koje stvara ćelije u drvetu i kori.



Građa višegodišnje stabljike u poprečnom presjeku

Aktivnost

Posmatranje stabljika pod mikroskopom

1. Odaberite komadić stabljike neke vrste biljke (paradajz, kukuruz, bundeva ili mladu granu nekog drveta – zove ili oraha) i pažljivo, uz pomoć nastavnika/nastavnice, napravite tanki poprečni presjek skalpelom.
2. Stavite kap vode na čisto stakleno staklo i uronite prerezani dio.
3. Pokrijte ga pokrovnim staklom i posmatrajte pod mikroskopom, prvo pri manjem, a zatim pri većem uvećanju.
4. Pokušajte prepoznati strukturne elemente stabljike redom od površine stabljike, kore i središnjeg dijela.

Ako analizirate nekoliko biljaka, vidjet ćete vidljive razlike u strukturi stabljike kod predstavnika jednogodišnjih (paradajz ili kukuruz) i višegodišnjih (drvenastih) biljaka.

Poprečni presjek stabljike kukuruza



Poprečni presjek stabljike sasovokosa



Poprečni presjek stabljike vrbe



Provjerite šta ste naučili

1. Koje su osnovne funkcije stabljike?
2. Koje vrste stabljika postoje prema dužini životnog vijeka?
3. Od kojih dijelova su građene stabljike jednogodišnjih biljaka?
4. Koje su strukturne karakteristike višegodišnjih stabljika?
5. Kako se dijele stabljike višegodišnjih biljaka?

Istražite za



... rijetke biljne vrste s visokokvalitetnim i vrijednim drvetom koje se koristi za izradu muzičkih instrumenata, luksuznog namještaja, a koristi se i u građevinarstvu ili brodogradnji.

Klasifikujte vrste prema tvrdoći drvene mase, prirodnoj boji, otpornosti na vodu, insekte i sunce.

Zanimljiva biologija



Najtvrdje i najgušće drvo na svijetu je rijetka, ukrasna i ljekovita biljka (*Guaiaacum officinale*) porijeklom iz Centralne Amerike. Raste izuzetno sporo, jedva nekoliko centimetara godišnje, tako da su joj potrebne stotine godina da dostigne značajnu visinu od 10 – 12 m. Izuzetno kvalitetno drvo ima visoku cijenu, što je razlog nekontrolisane sječe i uništavanja njenog prirodnog staništa.



1.14 Transport vode i minerala u biljkama

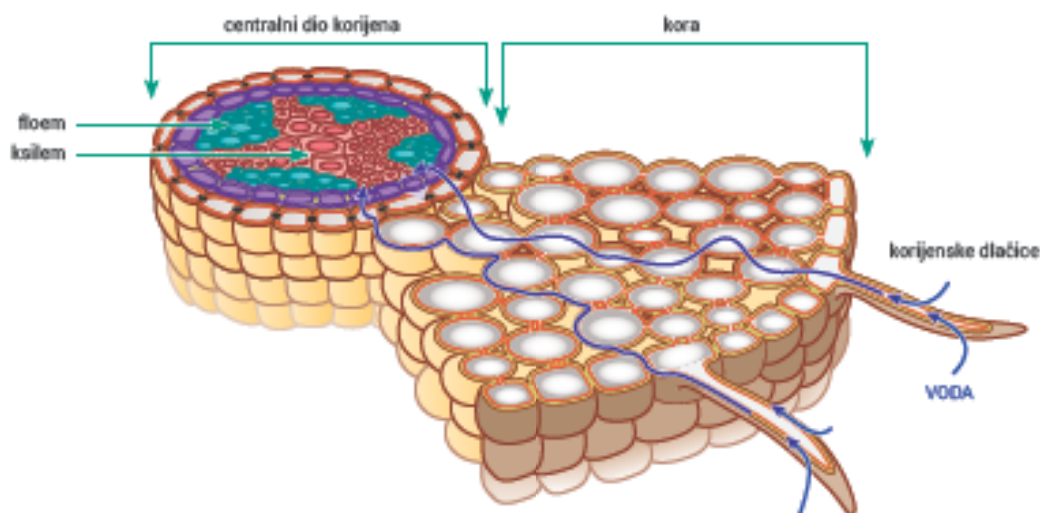
Uvodna aktivnost

Prisjetite se građe i funkcije korijena, stabljike i lista koje ste do sada učili. Kojim dijelovima biljka prima vodu, kroz koje ćelije se prenosi, a kroz koje se višak vode izbacuje? Nacrtajte jednostavan dijagram dijelova biljke i strelicama označite put vode i minerala. Označite ksilem, floem i stome u listovima!

Voda je neophodna za sve životne procese u biljci. Stoga je od velike važnosti stalno održavati konstantnu količinu vode u njoj. To se postiže primanjem vode iz tla u približno jednakim količinama s vodom koja isparava. Ako se ne unese potrebna voda, biljka ima nedostatak vode, što ima štetan učinak i biljka vene i suši se.

Apsorpcija vode i minerala kod biljaka

Kopnene biljke primaju vodu putem korijena, odnosno putem korijenovih dlačica u zoni korijenovih dlačica korijena. Veliki broj korijenovih dlačica zapravo povećava površinu apsorpcije korijena. Prodiranje vode iz tla u ćelije korijenovih dlačica omogućeno je propusnošću njihove ćelijske membrane.



Apsorpcija vode kroz korijenske dlačice i transport kroz žive ćelije iz kore do ksilemskih krvnih sudova u centralnom dijelu korijena

Kod vodenih biljaka (vodena buha, sočiva leća itd.), voda se prima kroz sve dijelove biljke koji su potopljene u vodu. Kod njih je snabdijevanje vodom mnogo jednostavnije, konstantno, bez pritiska korijena i složenih mehanizama. Kod njih korijen (ako postoji) ne apsorbira vodu i slabo je razvijen, a najčešće služi za pričvršćivanje za određenu podlogu. Apsorpcija vode kod biljaka se odvija na dva načina: pasivno i aktivno.



Biljka vodene kuge živi potpuno potopljena u vodi

Apsorpcija vode je uglavnom pasivna i zavisi od intenziteta isparavanja (transpiracije) i zahtijeva minimalnu energiju. Što više vode isparava, to više

nove vode ulazi kroz korijen. Voda se kreće s mjesta s više vode (tlo) na mjesto s manje vode (ćelije korijenovih dlačica). Aktivna apsorpcija je rjeđa, a javlja se noću kada je vlažno ili hladnije i nema isparavanja. Tada korijen aktivno uzima minerale, koristeći energiju.

Sposobnost korijenovih dlačica da privuku vodu iz tla naziva se **sila usisavanja** (sila apsorpcije). Što je tlo suše ili što više minerala ima u ćelijama, to je ova sila veća. Sila usisavanja pomaže vodi da uđe u korijen i započne svoje "putovanje" kroz biljku.

Kada, s druge strane, korijenove ćelije aktivno uzimaju minerale, stvara se tzv. **korijenov pritisak**. Tada je sadržaj ćelija gušći, koncentriraniji, pa voda prodire u njih. To stvara unutrašnji pritisak koji gura vodu da dođe do ksilema, a istovremeno djeluje na uspon vode kroz provodne sudove. Korijenov pritisak je najveći noću ili kada je isparavanje smanjeno. Obično doprinosi kretanju vode na kratke udaljenosti kod mlađih biljaka. Također igra važnu ulogu u provođenju vode u proljeće kada listovi još nisu razvijeni i voda ne isparava kroz njih. Korijenov pritisak doprinosi tzv. kidanju loze. U proljeće, kada se režu izdanci loze, kapi vode teku sa površine reza.

Aktivnost

Transport vode i minerala kroz stabljiku pastrnjaka

skeniraj me



1. Nožem prerežite dvije stabljike pastrnjaka ili celera.
2. Otopite prehrambenu boju u čaši.

3. Umočite jednu od stabljika u čašu s otopljenom bojom i ostavite je tamo jedan dan.
4. Sljedećeg dana izvadite stabljiku iz otopine i operite je pod mlazom vode.
5. Napravite tanki poprečni presjek stabljike, stavite je na tanjir ili bijeli list i promatrajte ga lupom.
6. Pažljivo ostružite površinu stabljike nožem kako biste vidjeli obojene dijelove.
7. Ponovite postupak pod br. 6 sa stabljikom koja nije bila uronjena u vodu s otopljenom bojom.



Struganjem vanjskih slojeva mogu se vidjeti crveno obojene žile duž cijele dužine stabljike. Žila je zapravo skup nekoliko tankih šupljih cijevi – ksilemskih žila koje su postale obojene bojom u vodi koja je kroz njih prošla.

Faktori koji pokreću transport vode u biljkama

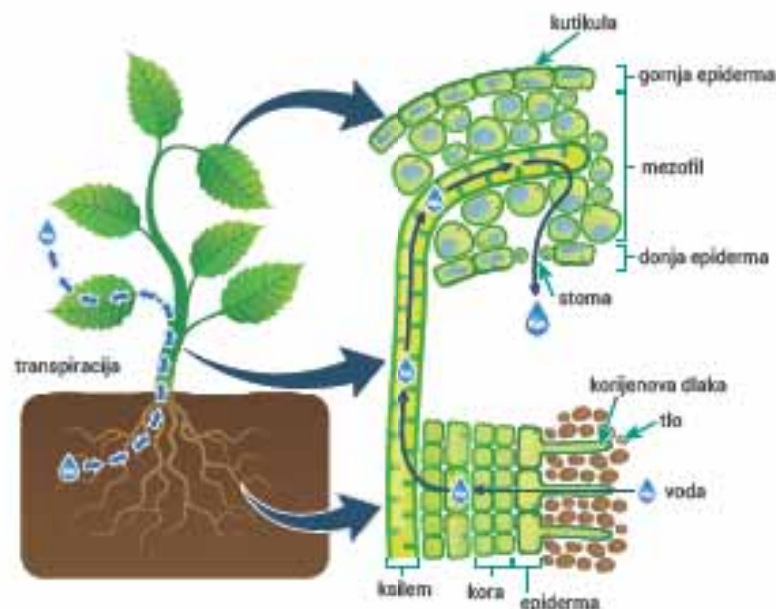
Transport vode u biljkama rezultat je kombinacije fizičkih sila. Najvažnije su:

- Transpiracija je glavna sila koja pomiče vodu prema gore. Kada voda isparava kroz stome listova, stvara se vakuum u ksilemskim sudovima koji uvlače vodu kako bi nadoknadili izgubljenu količinu. To znači da je transpiracija, glavni motor prirodnog transporta“.
- Apsorpcija vode u ćelije korijenovih dlačica odvija se pasivno, dok se kretanje vode kroz biljku događa zbog pritiska korijena.



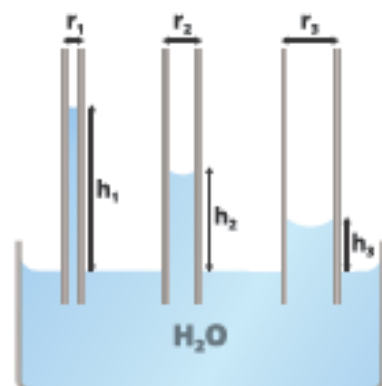
Transpiracija je glavna sila koja pokreće apsorpciju vode

- Kohezija i adhezija su fizička svojstva koja omogućavaju vodi da se kreće kao kontinuirani "stub" od korijena do listova. Kohezija je svojstvo kada se molekule vode "privlače i lijepe" jedna za drugu, a adhezija je kada se molekule vode "lijepe" za zidove ksilema.



Kontinuirani vodeni stub od korijena do lista biljke

- Kapilarnost je uspon vode niskim naponom kroz uske ksilemske sudove. Transport vode i minerala od korijena do najviših dijelova biljke, protiv djelovanja Zemljine gravitacije, omogućen je kapilarnom silom.
- Razlika u vodnom potencijalu – voda se uvijek kreće s mjesta s višim na mjesto s nižim vodnim potencijalom (na primjer: iz tla u korijen, iz lista u zrak).



Kapilarnost – kretanje tečnosti kroz uski prostor bez pomoći vanjskih sila

Istražite za



... koliko vode koju biljka primi iskoristi? Do sada ste naučili da biljkama treba voda za fotosintezu. Da li je voda neophodna i za druge procese u biljnom organizmu?

Provjerite šta ste naučili

1. Kojim dijelom i kako se voda apsorbira iz tla?
2. Kako se minerali primaju i transportuju?
3. Koji faktori utiču na transport vode?
4. Šta je najveći "pokretač" transporta vode?
5. Zašto je pritisak korijena važan?

Zanimljiva biologija



Transport vode kod pustinjskih kaktusa je izuzetno "štedljiv" i precizan. Imaju specijalizirane ćelije za skladištenje i očuvanje vode, ali mogu živjeti s minimalnim potrebama za vodom. Imaju dobro razvijenu kutikulu, male i rijetke stome koje su češće zatvorene tokom dana i ne dozvoljavaju isparavanje. Na taj način mogu preživjeti duge sušne periode u pustinjama koji traju duže od godinu dana.



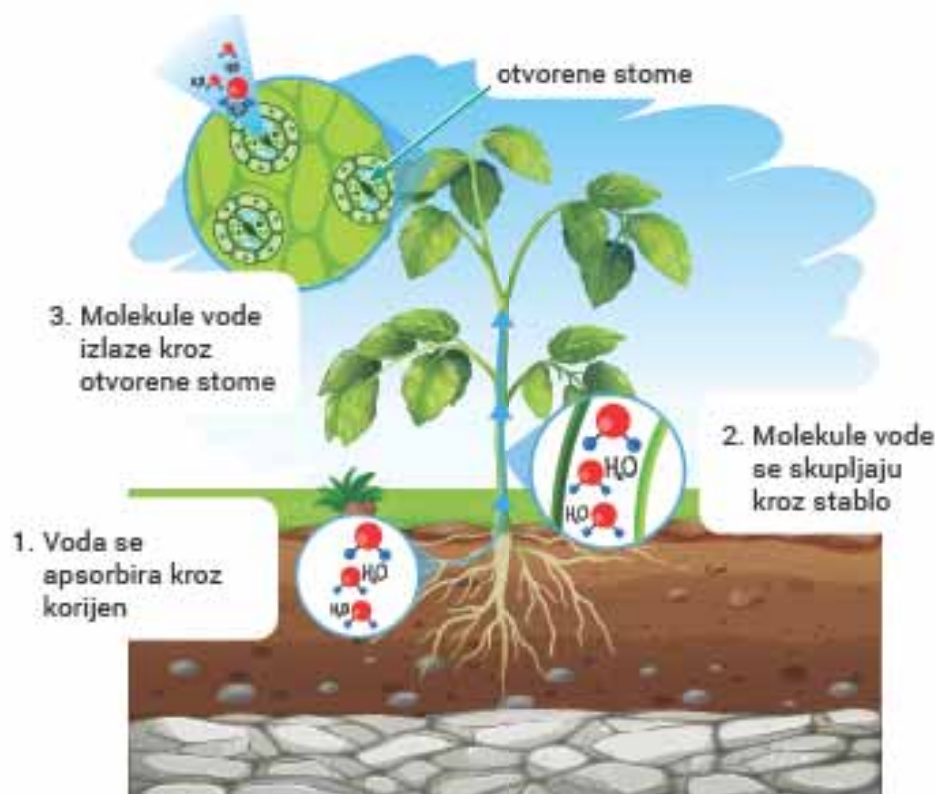
1.15 Transpiracija

Uvodna aktivnost

Prisjetite se strukture i uloge stoma. Razmislite šta bi se dogodilo ako bi izgubile sposobnost regulisanja otvaranja i stoma bi ostale otvorene predugo? Da li bi biljka mogla dehidrirati?

Transpiracija (isparavanje) je proces oslobađanja vode u obliku vodene pare uglavnom kroz stome biljaka.

Transpiracija se odvija kroz stome, kutikulu i lenticеле. Većina vode koju je biljka primila iz okoline oslobađa se kroz stome. **Stome** su otvori koje formiraju specijalizirane ćelije za izmjenu gasova O_2 , CO_2 i vode (H_2O). Veoma mali postotak ukupne transpiracije odvija se kroz kutikulu listova. Kutikula iznad epiderme slabo je propusna za vodu i zapravo štiti biljke od gubitka vode, ali kod mladih listova voda može isparavati i kroz nju. Transpiracija se može odvijati i kroz lenticеле mlađih grana višegodišnjih stabljika.



Šematski prikaz procesa transpiracije u biljkama

Stome su prisutne u površinskom tkivu (epidermu) svih nadzemnih zelenih dijelova biljke, ali su najzastupljenije u listovima. U listovima mogu biti prisutne na gornjem i donju epidermu, a takav je njihov raspored kod perunike, ružmarina, mnogih žitarica itd. Neke vodene biljke imaju stome samo na gornju epidermu (lotos, sočiva leća itd.), dok treća vrsta biljaka ima stome samo na donju epidermu (jabuka, kruška, pasulj, oleander, duhan itd.).

Aktivnost

Koji dio lista gubi najviše vode?

skeniraj me

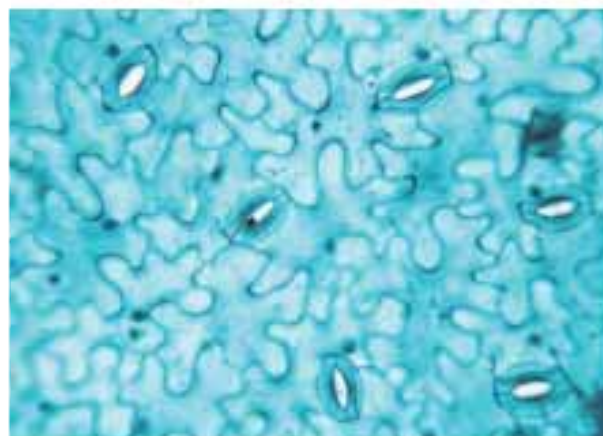


1. Uberite četiri približno jednaka svježja lista s biljke po vašem izboru.
2. Premažite vrhove lisnih stabljika svih listova vazelinom.
3. Premažite prvi list vazelinom s obje strane.
4. Drugi list premažite vazelinom samo s donje strane.
5. Treći list premažite vazelinom samo s gornje strane.
6. Ne premažite četvrti list vazelinom.
7. Koristeći spajalice, objesite listove na konac razapet između dva štapa.
8. Ostavite položene listove na svijetlom, sunčanom mjestu jedan dan.



Vazelin zatvara stome i sprječava izlazak vodene pare kroz njih. Na osnovu stepena uvenuća listova može se utvrditi iz kojeg dijela lista se gubi najveća količina vode, tj. lokacija stoma na listu.

Raspored stoma i njihov broj po jedinici površine usko je povezan s ekološkim uvjetima u okolini. Dakle, biljke koje žive na suhim tlima imaju rijetke stome samo na donjoj epidermi. Na taj način štede vodu, a razvile su i mehanizme koji sprječavaju pregrijavanje listova. Biljka regulira transpiraciju – može je ubrzati ili usporiti zahvaljujući sposobnosti otvaranja ili zatvaranja stoma. Ovaj proces otvaranja i zatvaranja stoma povezan je s fotosintezom i uvjetima okoline.



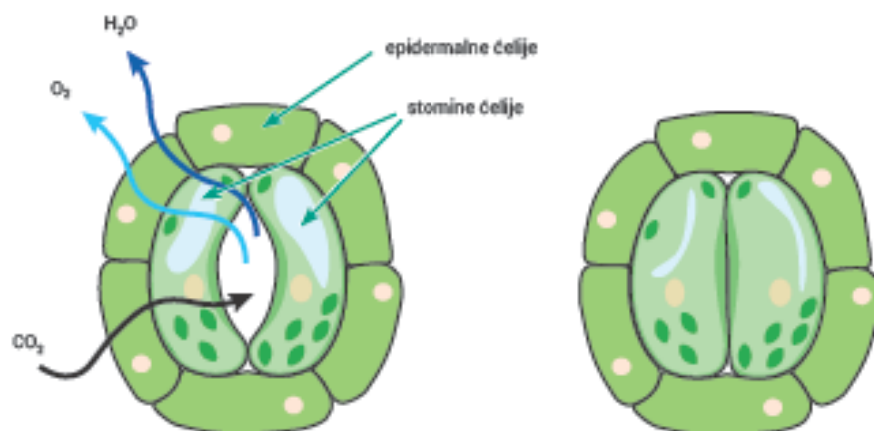
Otvorene stome u epidermi

Kod većine biljaka stome su otvorene ujutro i tokom dana kada je biljka najfotosintetski aktivnija. Zatvaraju se uveče sa smanjenjem svjetlosti, ali i tokom dana ako je jako svjetlo i pretoplo je. Kada je biljka dobro opskrbljena vodom, transpiracija je intenzivna i obično štiti listove od pregrijavanja (hladi ih) i tako pomaže biljci da izdrži visoke vanjske temperature. Međutim, ako se nivo vode u biljci smanji, stome će se zatvoriti iako je dan.

Faktori koji utiču na transpiraciju

Proces transpiracije povezan je sa prisustvom vode u tlu, intenzitetom svjetlosti, temperaturom, vlagom i zračnim strujama.

Prisustvo vode u tlu je važno, ako nema dovoljno vode neće biti transpiracije.



Šematski prikaz izmjene gasova kroz otvorenu stomu

Temperatura, kao i svjetlost, utiču na povećanje transpiracije. Veći intenzitet svjetlosti znači veću transpiraciju i brži transport vode i minerala za biljku. Tokom dana, u svjetlosnim uslovima, biljka prima vodu iz tla i ugljendioksid iz zraka kroz otvorene stome (potreban za fotosintezu), te oslobađa kisik i vodenu paru. Stoga je transpiracija veća u uslovima dobre osvjetljenosti biljaka.

Vlažnost i strujanje zraka (brzina vjetra) također utiču na transpiraciju. Suh i vruć zrak podstiče isparavanje i time smanjuje količinu vode u biljci. Vjetar također može povećati transpiraciju, jer brzo uklanja vodenu paru sa površine lista. S druge strane, vlažan zrak i odsustvo vjetra dovode do smanjenja transpiracije biljaka. U uslovima kada je zrak prezasićen vlagom, a u tlu ima dostupne vode, transpiracija u biljkama je smanjena, pa višak vode otječe u obliku kapljica duž rubova listova. Ova pojava se naziva gutacija.



Gutacija u različitim listovima

Važnost transpiracije

Iako se na prvi pogled čini da je transpiracija gubitak vode, ovaj proces je zapravo na mnogo načina koristan za biljku:

- Transpiracija pomaže kretanje vode i minerala od korijena do svih nadzemnih dijelova, čime ih opskrbljuje materijama potrebnim za rast i fotosintezu. Čista voda isparava, a svi minerali potrebni za život ostaju u biljci.
- Ima veliki značaj u regulaciji temperature biljke. Povećanjem isparavanja vode, površina lišća i ostalih dijelova se hladi. Na taj način štiti biljku od pregrijavanja i pomaže joj da izdrži visoke temperature ljeti.
- Transpiracija pomaže u pravilnoj raspodjeli vode u svim dijelovima. Bez transpiracije, voda se ne diže do najviših dijelova biljke.

Aktivnost

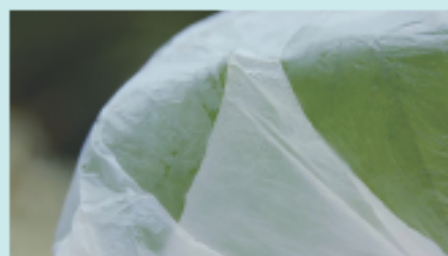
Posmatranje transpiracije kod biljaka

skeniraj me



1. Uzmite biljku u saksiji.
2. Dio biljke koji je iznad zemlje umotajte u plastičnu vrećicu.
3. Zalijepite plastičnu vrećicu trakom za podnožje stabljike.
4. Stavite saksiju na jako svjetlo na dva sata.

Biljka izbacuje višak vode u obliku vodene pare kroz stome. Plastična vrećica koja prekriva biljku zadržava vodenu paru, koja se kondenzuje na zidovima vrećice i vidljive su kapljice vode.



Provjerite šta ste naučili

1. Šta je transpiracija i kako biljka reguliše ovaj proces?
2. Koji je značaj stoma u transpiraciji i izmjeni gasova?
3. Kako vanjski faktori utiču na transpiraciju?
4. Kada su stome najčešće otvorene?
5. Koji je značaj transpiracije za biljku?

Zanimljiva biologija



Najviša drveća na Zemlji, poput sekvoje (*Sequoia sempervirens*), prenose vodu do vrha samo putem transpiracije i prirodnih sila (kohezije i adhezije). Ovo je jedinstven prirodni biljni fenomen, jači i efikasniji od mnogih vještačkih vodnih sistema!



Istražite za



... broj stoma po 1 mm^2 lista kod različitih biljnih vrsta. S kojim ekološkim faktorima je povezana ova karakteristika strukture lista?

Pitanja za ponavljanje Teme 1

1. Odgovorite na sljedeća pitanja:

- U kojem smjeru se čestice kreću tokom difuzije?
- Od čega zavisi brzina difuzije?
- U kojem agregatnom stanju je difuzija najbrža?
- Kakav je odnos između temperature i brzine kretanja čestica?

2. Navedite primjere važnosti difuzije u svakodnevnom životu: na primjer, u procesu disanja ili ishrane. Objasnite kako su povezane difuzija i izmjena gasova u plućima.

3. U kojim biljnim organima su prisutne velike praznine/prostori, kako se nazivaju i koja je njihova uloga?

4. Popunite praznine u rečenicama.

Debljina ćelijskog zida je usko povezana sa funkcijom biljnih ćelija i tkiva. Ćelije _____ imaju tanke ćelijske zidove, što omogućava _____ (funkciju biljnog organa). Nasuprot tome, mrtve ćelije _____ su funkcionalne samo ako imaju jako zadebljane ćelijske zidove. To omogućava _____. Fizička svojstva koja se nazivaju _____ i _____ čine da se voda kreće kao kontinuirani "stub", od korijena do lišća jer _____.

5. Popunite praznine u tabeli.

Organ/tip	Osnovna funkcija	Dodatne funkcije
korijen / vegetativni		Skladištenje hranjivih materija, vegetativno razmnožavanje
stabljika / _____	Potporni organ, omogućava rast i razvoj, provodi vodu i hranjive materije	
_____ / _____	Glavni organ za fotosintezu, transpiraciju i izmjenu gasova	Ishrana biljke, vegetativno razmnožavanje, izvor hrane za druge organizme
cvijet / _____		
_____ / _____	Organ koji nosi i štiti sjeme	
sjeme / _____		

6. U kojim biljnim organima je prisutno fotosintetsko tkivo, a gdje ga nema, i objasnite zašto je to tako, s obzirom na njihovu funkciju?

7. Najintenzivniji procesi fotosinteze odvijaju se u:

- palisadnom sloju mezofila lista
- spužvastom sloju mezofila lista
- zelenom dijelu stabljike

8. Vodena leća i lokvanj imaju stome:

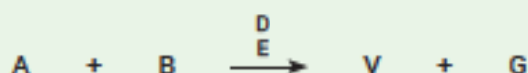
- a) na obje strane lista
- b) samo na gornjoj strani lista
- c) samo na donjoj strani lista

9. Povežite vrstu modifikacije s odgovarajućim biljnim organom. Pazite, jedan biljni organ može imati više od jedne modifikacije.

Vrsta nestanka	Biljni organ	broj-slovo
1. trn	a) korijen	
2. rizom	b) stabljika	
3. adventivni korijen	c) list	
4. gomolj	č) cvijet	
5. repa	ć) plod	
6. stoloni	d) sjeme	

10. Koja tkiva u biljci su prisutna u svim vegetativnim organima i imaju istu strukturu i funkciju?

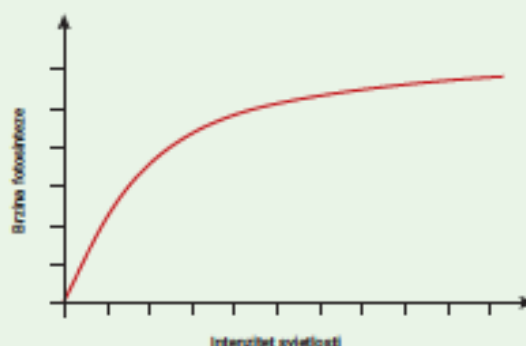
11. Ispravno dopunite jednačinu za fotosintezu.



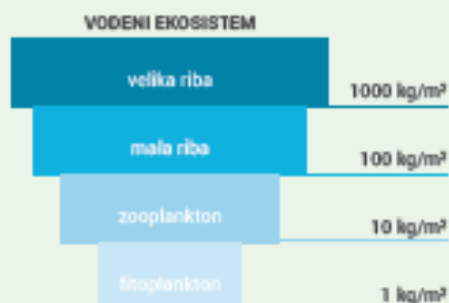
- a) Kako se nazivaju supstance na lijevoj, a supstance na desnoj strani jednačine?
- b) Kojim terminima ćete zamijeniti slova A i B?
- c) Koja je supstanca označena slovom V?
- č) Proizvod označen slovom D je _____.
- ć) Slova D i E su označena sa _____ i _____.

12. X-osa prikazuje intenzitet svjetlosti, a y-osa brzinu fotosinteze. Krivulja prvo naglo raste, a zatim postaje horizontalna.

- a) Opišite odnos između intenziteta svjetlosti i brzine fotosinteze u prvom dijelu grafikona.
- b) Objasnite zašto grafik postaje horizontalan iako svjetlost nastavlja da se povećava.
- c) Kako bi se grafik promijenio ako bi se koncentracija CO₂ povećala?
- č) Kako visoka temperatura utiče na brzinu fotosinteze?

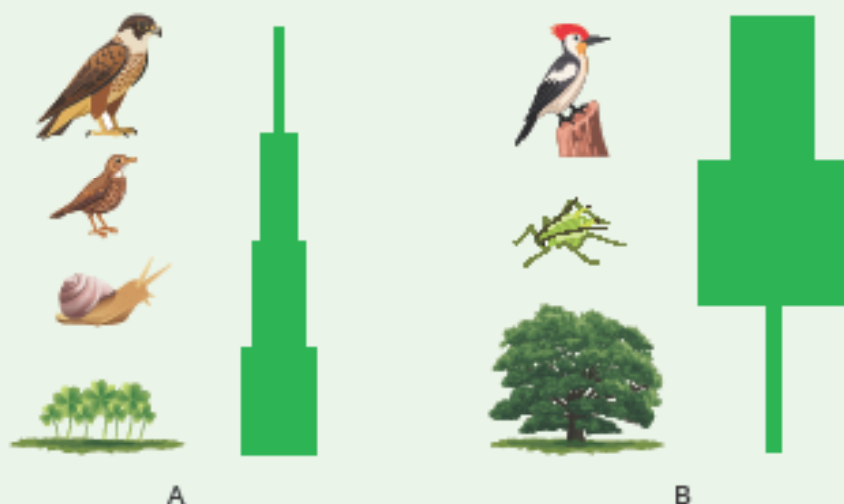


13. Slika prikazuje piramidu biomase u jezeru.



- Objasnite zašto je baza piramide uža od ostalih nivoa.
- Objasnite koliki je broj organizama na svakom trofičkom nivou.
- Kako energija teče kroz trofičku piramidu?
- Koliki je broj organizama i energije na vrhu trofičke piramide?

14. Uporedite dvije piramide po brojnosti.



- Koliki je broj producenata u dvije piramide?
- Da li je biomasa producenata u dvije piramide slična?
- Zašto su producenti predstavljeni jednom jedinkom u drugoj piramidi?
- Zašto je broj insekata veći od broja puževa?

15. Lanac ishrane je predstavljen shematskim prikazom:

sunčana → trawa (10 000 J) → zec (1 000 J) → lisica (100 J)

- Objasnite zašto se samo mali dio energije iz trave prenosi na zeca.
- Navedite dva razloga zašto se energija smanjuje tokom prelaska na sljedeći trofički nivo.

- c) Zašto je energetska piramida uvijek tačna?
 č) Povežite lanac ishrane sa važnošću fotosinteze za sva živa bića.

16. Zelena biljka se stavlja u potpuno mračnu prostoriju i ostaje tamo duži vremenski period. Objasnite:

- a) Šta će se dogoditi sa procesom fotosinteze u biljci?
 b) Hoće li se proces disanja u biljci nastaviti odvijati?
 c) Koliko dugo se može odvijati proces disanja u ovoj biljci?

17. Razmotrite tabelu za poređenje fotosinteze i disanja. Objasnite kako su ovi različiti procesi povezani i gdje se odvijaju.

	REAKTANTNI		PROIZVODI	
FOTOSINTEZA	ugljiendioksid	voda	glukoza	kisik
DISANJE	glukoza	kisik	voda	ugljiendioksid

18. Opišite put vode u biljci i objasnite važnost stoma u tom procesu.

19. Objasnite višestruki značaj transpiracije za biljku u smislu:

- a) transporta i nivoa vode
 b) opskrbe mineralima
 c) regulacije temperature biljke

20. Poljoprivrednik je primijetio da je prinos luka značajno smanjen iako je redovno zalijevao biljke. Luk je bio posađen u sjeni velikog oraha.

- a) Koji uslov je najvjerovatnije ograničio brzinu fotosinteze?
 b) Kako smanjena fotosinteza utiče na količinu energije koja je luku potrebna za rast i proizvodnju velikih lukovica?
 c) Šta poljoprivrednik može učiniti sljedeće godine da poveća prinos?

Razmnožavanje i razvoj u živim organizmima

Ciklus života: Kako se priroda obnavlja?

Osnovna misija svakog živog organizma je da osigura kontinuitet svoje vrste kroz proces razmnožavanja.

Cvijetovi nisu samo lijepi i mirisni, već i visoko razvijeni reproduktivni organi. Detaljna struktura cvijeta otkriva kako polen i jajne ćelije rade zajedno kako bi stvorile sjeme, koje je zapravo "paket" pun novog života.

Ali kako to rade životinje? Razmnožavanje životinja je nevjerovatno raznoliko. Prvo ćemo istražiti svijet malih, ali brojnih beskičmenjaka. Ovdje ćemo vidjeti kako se složeni organizmi poput leptira ili rakova rađaju iz malog jajeta, kroz fascinantne promjene.

Na kraju ćemo se fokusirati na veće kičmenjake. Uporedićemo kako ribe, ptice i sisari donose svoje mlade na svijet i koliko je njege potrebno da bi izrasli u snažne odrasle jedinke.

Ova tema otključava tajne biološkog kontinuiteta!

► Razmnožavanje kod biljaka

► Građa cvijeta

► Razmnožavanje kod životinja

► Razmnožavanje, rast i razvoj beskičmenjaka

► Razmnožavanje, rast i razvoj kičmenjaka



U ovoj temi ćete naučiti:

- 1. da rezimirate su spolno i bespolno razmnožavanje kod biljaka i životinja ključni za stvaranje novih jedinki, čime se osigurava održavanje vrste;**
- 2. razlikovati spolno i bespolno razmnožavanje kod biljaka i životinja i procijeniti njihove prednosti i nedostatke;**
- 3. opisati razmnožavanje, rast i razvoj kod beskičmenjaka i kičmenjaka kao način održavanja vrste.**

2.1 Razmnožavanje kod biljaka – bespolno razmnožavanje

Uvodna aktivnost

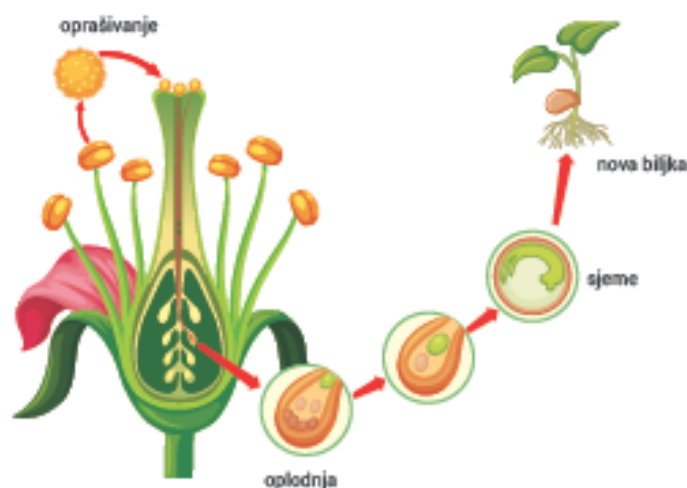
Koji su generativni, a koji vegetativni organi kod biljaka? Od čega je sastavljen cvijet kod biljaka i koja je njegova uloga?

Jedno od osnovnih svojstava živih organizama je razmnožavanje i stvaranje potomstva (novih jedinki koje liče na svoje roditelje). Na taj način se održavaju vrste i održava kontinuitet života na Zemlji. To znači da je razmnožavanje vrlo važan biološki proces za opstanak svih živih organizama.

Vrste razmnožavanja kod biljaka

Biljke se razmnožavaju spolno (generativno) i bespolno (vegetativno). Sami termini ukazuju na to da spolno razmnožavanje uključuje spolne (generativne) organe biljke, dok bespolno razmnožavanje uključuje vegetativne organe.

Kod **spolnog razmnožavanja**, nova jedinka nastaje kao rezultat spajanja ženske i muške spolne ćelije. Spolne ćelije se formiraju u specijaliziranim dijelovima cvijeta. Nakon oprašivanja i oplodnje, u cvijetu se formiraju plodovi i sjeme. Iz sjemena niče nova biljka. Na taj način se razmnožava veliki broj vrsta, kao što su stabla jabuke, suncokreti, paradajz, grah, kukuruz, pšenica i mnoge druge.



Spolno razmnožavanje i razvoj nove biljke

Bespolno razmnožavanje je stvaranje novih jedinki iz odvojenih vegetativnih dijelova biljke (korijena, stabljike ili lista). Ova vrsta razmnožavanja, bilo prirodno ili vještačko, mnogo je češća kod biljaka. Nove jedinke dobijene bespolnim razmnožavanjem identične su jedna drugoj (klonovi) i biljci od koje su dobijene.

Bespolno razmnožavanje

Bespolno (vegetativno) razmnožavanje može se prirodno izvesti na nekoliko načina.

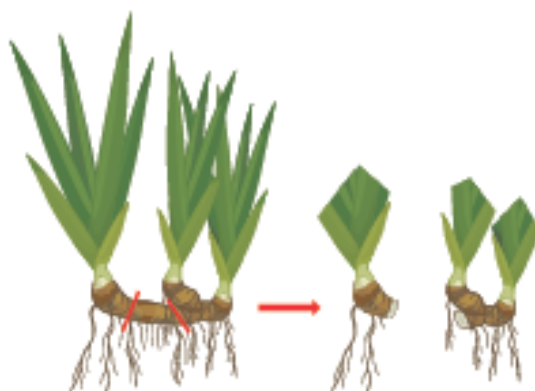
Sa **stolonima** (podzemni ili nadzemni izdanci) – to su modificirane stabljike koje imaju izdužene segmente na kojima se nalaze pupoljci za razvoj nove biljke i korijenje. Stoloni mogu završavati gomoljima i lukovicama kojima se također mogu vegetativno razmnožavati. Jagode, neke livadske trave i menta razmnožavaju se nadzemnim stolonima, a kod krompira se na stolonima formiraju gomolji (krtole). Na gomoljima krompira postoje mjesta koja se nazivaju "okca" iz kojih se u narednoj godini može razviti nova biljka.

Sa **rizomima** – to su često modificirane podzemne stabljike koje podsjećaju na duge ili kratke zadebljane korijene. Mogu se podijeliti na nekoliko dijelova koji brzo formiraju dodatno korijenje koje raste prema dolje u tlo, a iz gornjih pupoljaka raste nadzemni dio nove biljke. Tako se razmnožavaju perunike, đurđica, đumbir itd.

Neke zeljaste biljke, od cvjetnica, razmnožavaju se **korijenjem** – božur, dalija, krizanteme itd. U ovom slučaju, na



Bespolno razmnožavanje jagoda nadzemnim stolonima



Bespolno razmnožavanje perunika rizomima



Bespolno razmnožavanje iz listova ljubičica

korijenu se formiraju vegetativni pupoljci iz kojih se razvijaju nove stabljike.

Mnoge ukrasne biljke iz roda begonija, ljubičica, fikusa itd. razmnožavaju se **listovima**.

Razmnožavanje **lukovicama i lukovičastim lukovicama** vrlo je često kod luka, narcisa, tulipana, zumbula, visibaba, bijelog luka itd.

Vegetativno razmnožavanje može biti umjetno, kada čovjek primjenjuje različite metode, i to:

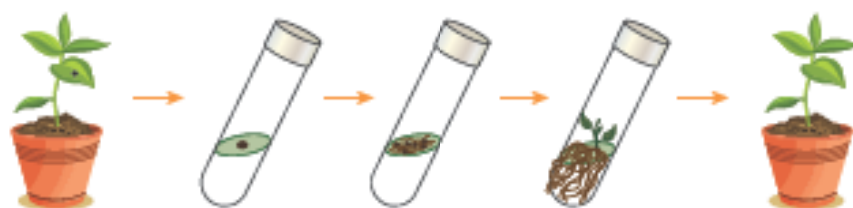
- **reznicama** – na primjer, s vinove loze, ruža, ružmarina, maline itd. Reznice se stavljaju u vlažan pijesak ili hranjivo tlo i za nekoliko dana izraste adventivno korijenje.
- **kalemljenjem** – posebna vrsta razmnožavanja pomoću stabljike i pupoljaka. Tako se razmnožavaju mnoge voćke poput jabuka, krušaka, breskvi, vinove loze itd.
- razmnožavanje **in vitro** (kultura tkiva) – kontrolirana metoda kada se nove biljke dobijaju u biljnim kulturama u laboratoriju. Nastaju kada se mali dio biljke (ćelija, tkivo) uzgaja u sterilnim uslovima na hranjivoj podlozi. Na taj način se u kratkom vremenu formira veliki broj identičnih biljaka koje su zdrave, bez virusa i sa željenim karakteristikama. Tako se čuvaju rijetke i ugrožene vrste ili, alternativno, proizvode brojne ukrasne ili vrtne biljke.



Vegetativno razmnožavanje kod bijelog luka i tulipana



Bespolno razmnožavanje reznicama stabljike kod kupina



Razmnožavanje biljke in vitro

Poređenje spolnog i bespolnog razmnožavanja

Donja tabela daje kratko poređenje dva tipa razmnožavanja biljaka sa njihovim prednostima i nedostacima.

Tabela: Prednosti i nedostaci bespolnog i spolnog razmnožavanja kod biljaka

Vrsta razmnožavanja	Čime se odvija	Kako teče	Rezultat	Prednosti i nedostaci
Generativno (spolno)	cvijet, polen, sjeme, plod Potrebne su dvije matične biljke	oprašivanje → oplodnja → formiranje sjemena → klijanje	Nova biljka slična roditelja, ali genetski različita od njih	- Miješanje genetskih karakteristika od oba roditelja omogućava nove kombinacije gena i sticanje novih karakteristika koje poboljšavaju rast i adaptaciju u okolini; - vrste se bolje rasprostriru i šire na većim područjima. - zrele spolne ćelije, spolni organi i oparašivači su neophodni; - oplodnja je slučajna, ponekad na štetnim novim osobinama, - proces traje dugo i zahtijeva energiju.
Vegetativno (asexualno)	korijen, stabljika, list, podzemni/modificirani organi Potrebna je samo jedna biljka/vegetativni organ iz jedne biljke	nova jedinka se razvija iz dijela biljke	Nova biljka genetski identična roditelju (klon)	- nisu potrebni spolni organi, oparašivači ili plodovi za širenje sjemena; - proces razmnožavanja je brži – veliki broj identičnih jedinki se dobija u kratkom vremenu; - u početku se mogu povezati s matičnom biljkom radi ishrane. - nove biljke se manje prilagođavaju promjenama u okolini; - novodobivene jedinke se razvijaju u blizini matične biljke i takmiče se s njom za resurse.

Aktivnost

Bespolno razmnožavanje reznicama

Uzmite dvije jednake reznice ruže i jednu stavite u čašu vode, a drugu u saksiju sa zemljom. Posmatrajte šta se dešava nakon nekog vremena i u kojem okruženju se korijenje brže razvija. Zabilježite podatke o dnevnim promjenama u bilježnicu.



Provjerite šta ste naučili

1. Zašto je razmnožavanje organizama važno?
2. Kako se biljke razmnožavaju?
3. Koji se dijelovi biljke razmnožavaju bespolno?
4. Koje su osnovne razlike između spolnog i bespolnog razmnožavanja?
5. Koje metode ljudi koriste za brže razmnožavanje biljaka?

Istražite za



... načine na koje se vodene biljke razmnožavaju tako da izgledaju identično jedna drugoj. Vodene biljke imaju jedinstven način vegetativnog razmnožavanja. Kada sakupljate uzorke vodenih biljaka, poput vodene kuge ili vodene leće, ono što je odmah uočljivo je sličnost biljaka.

Zanimljiva biologija



Neke drvenaste biljke, poput topole, dudu i drugih, razvijaju nove biljke iz podzemnih korijenskih pupoljaka koji se nalaze vrlo daleko od matične biljke. To omogućava formiranje "klonskih šuma".



2.2 Građa cvijeta

Uvodna aktivnost

Prisjetite se reproduktivnih organa cvjetnica iz prethodne teme.

Sakupite nekoliko različitih cvjetova i odvojite njihove dijelove. Koje cvjetne elemente prepoznajete?

Građa i funkcija cvijeta

Cvijet je modificirani kratki izdanak ograničenog rasta koji se razvija iz cvjetnog pupoljka. To je generativni organ prilagođen za spolno razmnožavanje cvjetnica. Cvijet je pričvršćen za stabljiku **cvjetnom drškom**, koja pak ima **cvjetnu ložu**. To je dio na koji su pričvršćeni cvjetni elementi/latice. Loža je raznih oblika i veličina, može biti proširena, s ravnom, udubljenom ili izbočenom gornjom površinom.

Vanjski krug cvijeta čine **časični listići**, koji su zelene boje i češće podsjećaju na listove stabljike. Najuočljiviji dio cvijeta su **listići vjenčića**, koje se nalaze unutra (ispod kruga časičnog lista) i čine vjenčić. Njegove latice su veće i obojene u razne boje kako bi privukle oprašivače. Zajedno s časičnim listićima formiraju periant (cvjetni omotač), koji ima ulogu zaštite dijelova unutar cvijeta, posebno prije nego što procvjeta.

Perianti mogu biti slične strukture i izgleda (nalik vjenčićima) kao kod tulipana, visibaba, ljiljana itd. Kada su zeleni i mali, više podsjećaju na časične listove, zbog čega takve periante nazivamo čašastim (kao kod nekih kopriva, špinata, kiselice itd.)



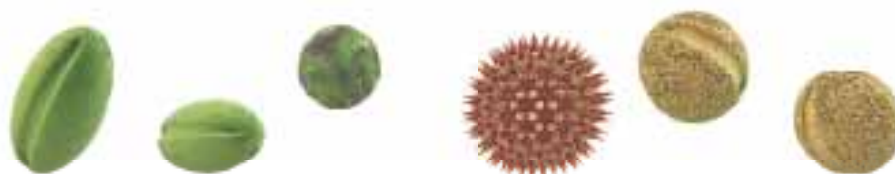
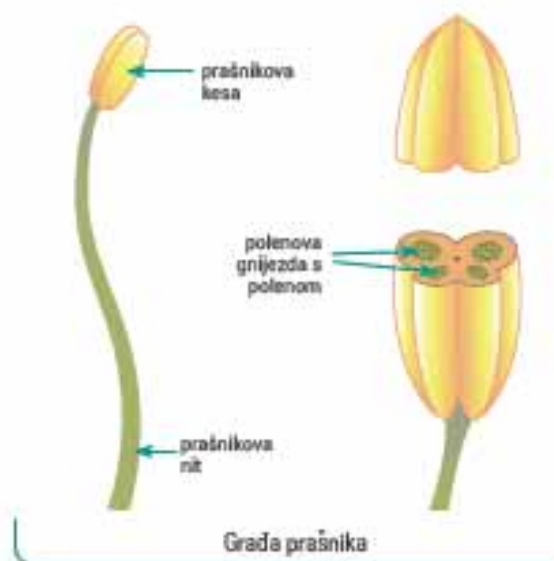
Cvijet ljiljana s ružičastim (nalik vjenčićima) listićima perianta



Cvijet špinata sa zelenim (čašastim) listićima perianta

U središnjem dijelu cvijeta nalaze se dijelovi u kojima se formiraju spolne ćelije. **Prašnici** su prisutni u većem broju i predstavljaju muški dio cvijeta. Svaka pojedinačna antera sastoji se od prašnikove niti i prašnikove kese. U prašnikovoj kesi postoje dvije polovine, a svaka od njih sadrži dva polenova gnijezda u kojima se formira polen.

Kada polen sazrije, prašnikova kesa puca, a polenova zrna izlaze. Polenova zrna imaju strukturu i izgled karakterističan za svaku biljku. Svako zrelo polenovo zrno sadrži dvije muške spolne ćelije (jezgra) pomoću kojih vrši oplodnju.



Polenova zrna iz različitih biljaka

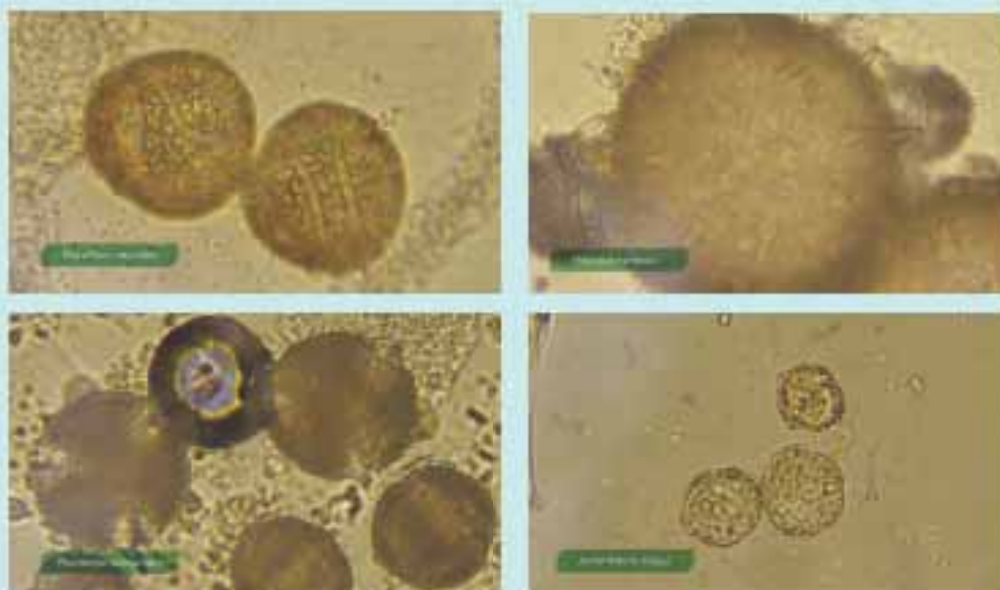
Aktivnost

Posmatranje različitih polenovih zrna

skeniraj me



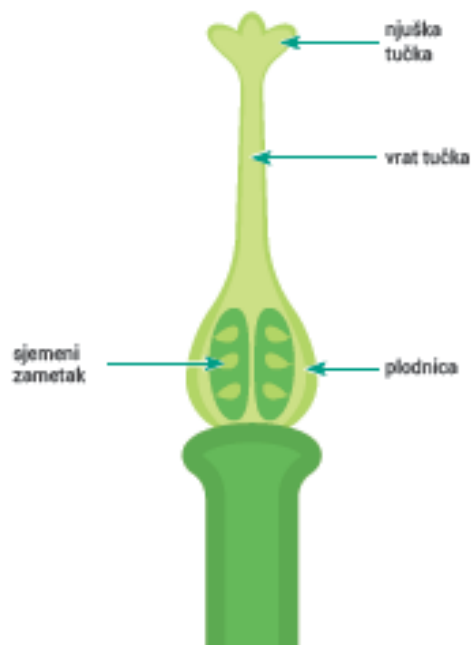
1. Uzmite cvjetove sa zrelim polenovim vrećicama sa četiri različite biljke (primjer: bundeva, grah, trešnja, jabuka).
2. Postavite četiri staklene pločice na radni stol i označite ih markerom od 1 do 4.
3. Pomoću kapaljke kapnite jednu kap vode na svaku staklenu pločicu.
4. Pažljivo otvorite cvijet pincetom. Pronađite prašnikove kese i iglom pokupite malo polena.
5. Stavite polen sa svakog cvijeta u vodu na odgovarajuću staklenu pločicu.
6. Pokrijte materijal pokrovnim staklom.
7. Stavite pripremljeni preparat pod mikroskop, prvo pri malom, a zatim pri većem uvećanju.
8. Posmatrajte pod mikroskopom kako biste uočili razlike u veličini, obliku i reljefnim karakteristikama polenovih zrna.



Polenova zrna su specifična za vrstu i može se pratiti njihovo sezonsko prisustvo u zraku.

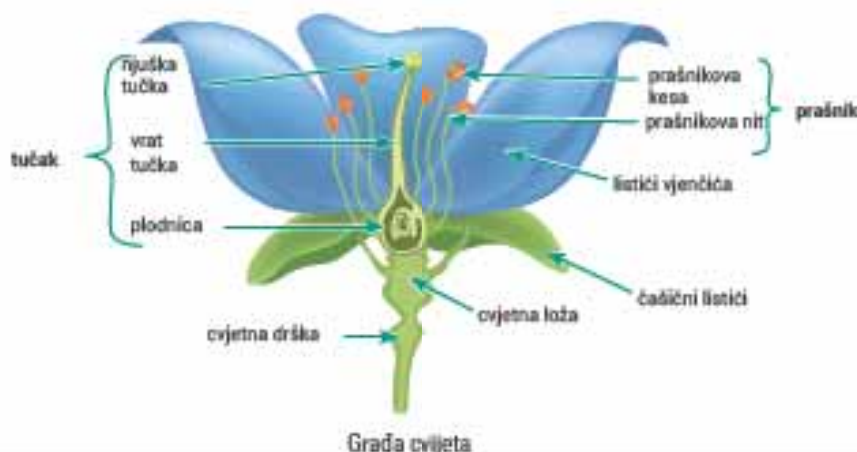
U središtu cvijeta smješten je **tučak (plodnik)**, koji predstavlja ženski dio cvijeta. Tučak je izgrađen od plodnice, vrata tučka i njuške tučka. Donjim dijelom plodnica je pričvršćena za cvjetnu ložu. **Plodnica** je u osnovi najčešće proširena, a zatim se sužava u **vrat tučka** koji završava **njuškom tučka**. Njuška tučka može imati različit izgled i svojom građom je prilagođena prihvatanju polena. U plodnici se nalazi **sjemeni zametak**, a u njemu se formira **jajna ćelija**. Plodnica može sadržavati jedan ili više sjemenih zametaka.

Jedan tučak može biti izgrađen od jednog ili više plodnih listića koji međusobno srastaju i formiraju jedan tučak. Kod nekih cvjetova postoji više tučkova, jer je svaki od plodnih listića oblikovao svoj poseban tučak.



Građa tučka

U blizini tučka nalaze se takozvane nektarne žlijezde, koje luče slatki sok (nektar) kojim se hrane insekti koji posjećuju cvijet.



Vrste cvijetova

Većina biljaka ima pojedinačne cvjetove u kojima se nalaze prašnici i tučak. Takvi cvjetovi su **dvospolni (hermafroditni)**. Kada cvijet ima samo prašnike, on je muški, a kada ima samo tučak, on je ženski. Muški i ženski cvjetovi mogu se nalaziti na istoj biljci i tada se biljka naziva **jednodomna** (na primjer, krastavac, bundeva, dinja, lubenica itd.). Kada se muški i ženski cvjetovi razvijaju na različitim biljkama, takve biljke su **dvodomne**. Muške i ženske su biljke topole, vrbe, kivija, špinata i drugih.

U pogledu rasporeda dijelova cvijeta (da li postoji simetrija u cvijetu), razlikujemo pravilne (simetrične) cvjetove i nepravilne (asimetrične) cvjetove. Ako određeni dio cvijeta nedostaje, nazivamo ga nepotpunim cvijetom.



Ženski i muški cvijet tikvice

Aktivnost

Posmatranje cvijetova

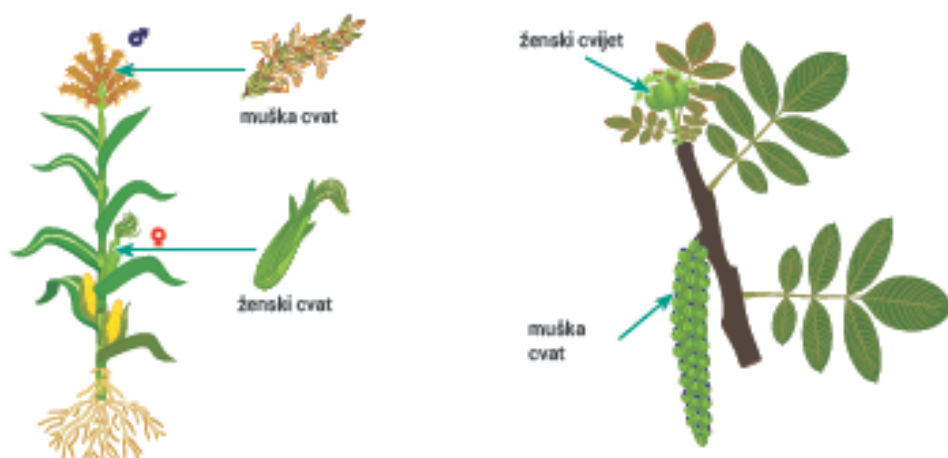
Odaberite nekoliko različitih cvjetova za analizu u razredu. Pincetom otkinite njihove latice (od vanjske strane prema unutra). Poredajte ih u krug i analizirajte unutrašnje dijelove cvjetova.

- Sadrže li prašnike i koliko ih ima?
- Sadrže li tučak?
- Je li cvijet hermafrodit?
- Je li cvijet muški ili ženski?
- Je li cvijet simetričan ili ne?

Zamislite kako bi izgledao presjek cvijeta i nacrtajte sve njegove dijelove u odgovarajućem rasporedu na presjeku. Razgovarajte u razredu o izgledu i funkciji svakog dijela cvijeta!

Cvijetovi se međusobno razlikuju po obliku i broju dijelova, a mogu imati i poseban raspored. Ove karakteristike su važne za određivanje vrste.

Mnoge biljne vrste imaju **cvatove** koje predstavljaju skup nekoliko pojedinačnih cvjetova smještenih na jednoj cvjetnoj stabljici. U biljnom svijetu postoje raznovrsne cvatovi karakterističnih oblika. Tako se na vrhu kukuruza nalazi metlasta cvat koja nosi muške cvjetove, a u pazušcima listova je klip, koji je ženski cvat. Muške cvati oraha su rese, a u neposrednoj blizini iste biljke nalaze se ženski cvjetovi, pojedinačni ili u malim grupama na vrhovima grana. Maslačak, kamilica i suncokret imaju glavičasti tip cvati, izgrađen od većeg broja cvjetova. Karakteristična je i cvat mrkve, koja se naziva složeni štit.



Cvatovi kod kukuruza i oraha



Različite vrste cvatnja

Istražite za



... rijetkim primjerima među cvjetnicama – koje biljke imaju najljepše, a koje najmirisnije cvjetove koji se koriste za izradu parfema. Koje cvjetnice se u prošlosti, a i sada, uzgajaju zbog svog divnog mirisa kao sirovina za ekstrakciju aromatičnih supstanci?

Provjerite šta ste naučili

1. Od kojih dijelova se sastoji cvijet?
2. Koji dio povezuje cvijet sa stabljikom?
3. Kako su građene prašnici i koja je njihova uloga?
4. Šta je tučak i koji su njegovi dijelovi i karakteristike?
5. Šta je sjemenski zametak i zašto je važan?

Zanimljiva biologija



Rijetka biljka koja cvjeta jednom u životu, svakih 80–100 godina, nakon čega izumire, je vrsta bromelije nazvana Kraljica Anda. Nalazi se na nadmorskoj visini od 3.000 metara i smatra se najvišim cvijetom. Njena cvatnja je visoka 10 do 12 metara i ima karakterističan oblik konusa. Sadrži od 8.000 do 10.000 spiralno raspoređenih bijelih cvjetova. Poznata je kao biljka koja se žrtvuje za svoj jedinstveni cvijet.



2.3 Oprašivanje

Uvodna aktivnost

Jeste li primijetili u prirodi ili na slici da insekti nose polen na nogama i leđima?
Razgovarajte u razredu zašto pčele posjećuju cvijetove?

Spolno razmnožavanje u biljkama usko je povezano s procesom **oprašivanja**. Prijenos polena sa prašnika na njušku tučka naziva se oprašivanje. Polen i prašnici su prilagođeni za ovaj proces – polenova zrna često razvijaju različite izrasline slične bodlji na površini za lakše pričvršćivanje na ivicu tučka, a usna ima žlijezde koje čine njegovu površinu ljepljivom za prihvatanje polena



Polenova zrnca, krupni plan usne tučka i usne sa pričvršćenim polenovim zrcima

Vrste oprašivanja

Kod biljaka su prisutne dvije vrste oprašivanja – samooprašivanje i unakrsno oprašivanje. **Samooprašivanje** je karakteristično za dvopolne cvjetove kada zreli polen s prašnika padne na njušku tučka istog cvijeta i rjeđe je u prirodi. Na ovaj način se oprašuju neke zeljaste, divlje i vrtno biljke (grah, grašak, leća, rajčica itd.)

Mnogo češće kod biljaka je takozvano **unakrsno oprašivanje**, kada polen s cvijeta jedne biljke oprašuje tučak u cvijetu iste ili druge biljke iste vrste.



Samooprašivanje i unakrsno oprašivanje

Metode oprašivanja

Oprašivanje se može vršiti na različite načine:

- oprašivačima – insektima, malim pticama i životinjama,
- vjetrom,
- vodom,
- vještačkim putem kada oprašivanje vrše ljudi.

Veliki broj biljaka sa šarenim i mirisnim cvjetovima s nektarima privlači insekte kojima se oprašuju. Oni prodiru u cvijet u potrazi za nektarom i pritom lijepe polen na svoja tijela i noge. Prilikom posjete drugom cvijetu, insekti prenose polen u usta tučka. Oprašivanje mogu vršiti male ptice, kolibriči ili rijetko male životinje (na primjer, šišmiši i glodari).



Oprašivanje insektima, kolibričima i šišmišima

Vjetar oprašuje biljke koje nemaju šarene i mirisne cvjetove kako bi privukao oprašivače. To uključuje mnoge zeljaste biljke (žitarice: pšenica, ječam, raž, zob, riža, kukuruz), ali i drvenaste vrste: hrast, topola, vrba, breza, lijeska, javor i druge. Ove biljke proizvode velike količine polena koji je suh, fin i lako se raspršuje.

Vodene biljke (vodena buha, morska alga zvana zoster, itd.) oprašuju se vodom. Obično se njihovi cvjetovi razvijaju iznad površine vode i oprašuju se polenom koji nose vodene struje. Kod nekih vrsta oprašivanje je potpuno pod vodom.

Čovjek također koristi različite tehnike oprašivanja. Uklanjanje prašnika s cvjetnih pupoljaka jedne matične biljke i oprašivanje tučke polenom druge matične biljke. Zatim ih štiti u prozirnim vrećicama kako bi spriječio da drugi polen iz zraka padne na njih. Ova metoda je **umjetno oprašivanje**. U stvari, provodi se kontrolirano unakrsno oprašivanje biljaka s poznatim i povoljnim karakteristikama kako bi se dobili željeni plodovi.



Oprašivanje breza vjetrom



Ručno oprašivanje cvjetova jabuke

Aktivnost

Model cvjeta

Napravite cvijet od papira ili plastelina. Postavite cvijet duž stabljike koju ćete pričvrstiti umetanjem žice ili plastične cijevi. Napunite papirne vrećice s prašnika palentom koja će zamijeniti polen. Nanesite malo ljepila na njušku tučka.

Kada je model biljke gotov, malo ga protresite i promatrajte ga da bi se polen zalijepio za njušku tučka (žuta palenta).

U nedostatku vjetra i oprašivača, može li protresanje biljaka oprašiti biljku? Mogu li ljudi pomoći u oprašivanju cvijeta i zamijeniti oprašivače? Razgovarajte u razredu o važnosti oprašivača za biljke na Zemlji i za hranu koju jedemo.

Provjerite šta ste naučili

1. Koje adaptacije imaju polen i tučak za oprašivanje?
2. Opišite proces oprašivanja.
3. Šta je samooprašivanje i za koje biljke je karakteristično?
4. Šta je unakrsno oprašivanje?
5. Na koje načine se cvijetovi mogu oprašivati?
6. Zašto se vrši vještačko oprašivanje?

Istražite za

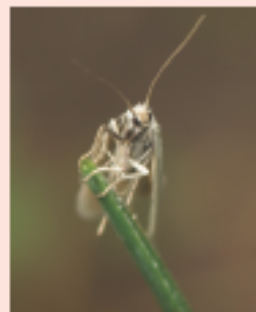


... razne primjere gdje biljke privlače insekte svojim izgledom, strukturom ili ugodnim ili neugodnim mirisima koji su potrebni za oprašivanje. Zanimljivi načini oprašivanja nalaze se kod orhideja, posebno kod onih vrsta gdje cvijet podsjeća na ženku insekta.

Zanimljiva biologija



Oprašivanje juke (*Yucca sp.*) vrstom crnog moljca (*Tegeticula yuccasella*) jedan je od najupečatljivijih primjera simbioze (mutualizami) u prirodi. To je istinska međusobna zavisnost, jer jedno ne može preživjeti bez drugog. Oprašivač juke je mali noćni moljac koji posjećuje cvjetove noću, kada se otvore. Ženka koristi svoje specijalizirane jedinstvene usne dijelove za sakupljanje polena s jednog cvijeta, a zatim namjerno posjećuje drugi cvijet gdje svojom "četkicom" nanosi polen na tučak i polaže jaja u tučak istog cvijeta. Kada se plod razvije, neke od sjemenki služe kao hrana za larve u razvoju, a ostale služe za rasijavanje sjemenja. Stoga moljac ostavlja mali broj jaja u cvijetu kako ne bi uništio sve sjemenke. U takvom slučaju, biljka bi bila uništena, a s njima i moljci, jer ne bi imali hrane. To je jedan od najfascinantnijih primjera evolucijske ravnoteže i "prave ljubavi" između biljke i insekta.



2.4 Oplodnja

Uvodna aktivnost

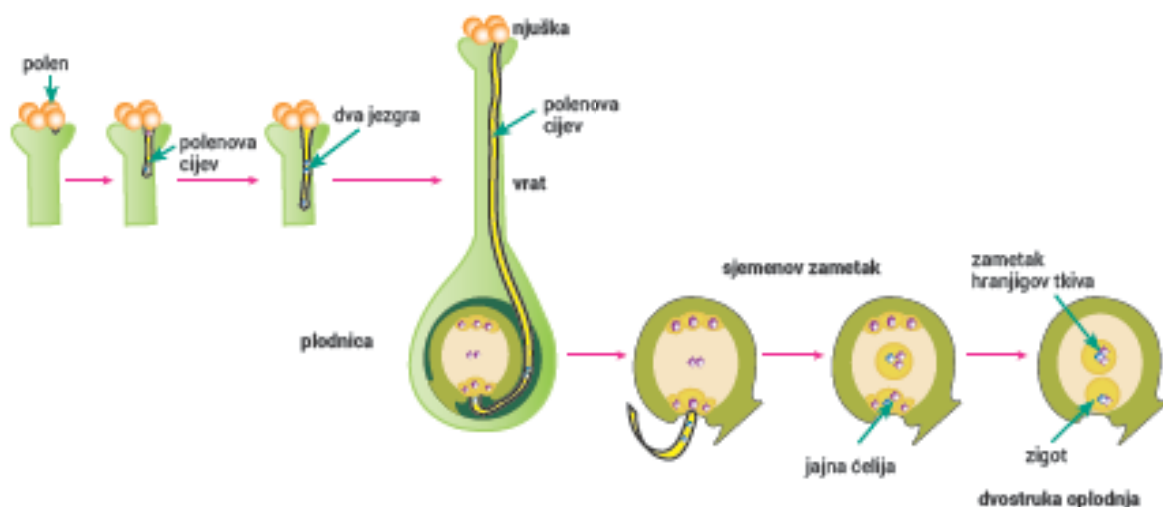
Podsjetite se građe unutrašnjih dijelova cvijeta – tučka i prašnika.
Koja je njihova funkcija?

Oplodnja je proces kojim se muška spolna ćelija spaja sa ženskom spolnom ćelijom, čime započinje razvoj novog organizma. Oplodnja se događa nakon oprašivanja cvijeta. Kada polen padne na njušku tučka, prima vlagu s ljepljive njuške i počinje klijati.

Polen zapravo formira polenovu cijev koja prodire kroz tučak i stupac te, rastući, spušta se do sjemene klice u karpeli. Dva jezgra se spuštaju kroz polenovu cijev i vrše dvostruku oplodnju. Jedno od jezgara se spaja sa jajnom ćelijom, koja je ženski gamet. Spajanje se događa unutar sjemene klice.

Nakon oplodnje, formira se zigot, koji sadrži genetski materijal iz jedne ili obje matične biljke. Zigot počinje da se dijeli i formira embrion – klicu nove biljke. Embrion sadrži osnove biljnih organa.

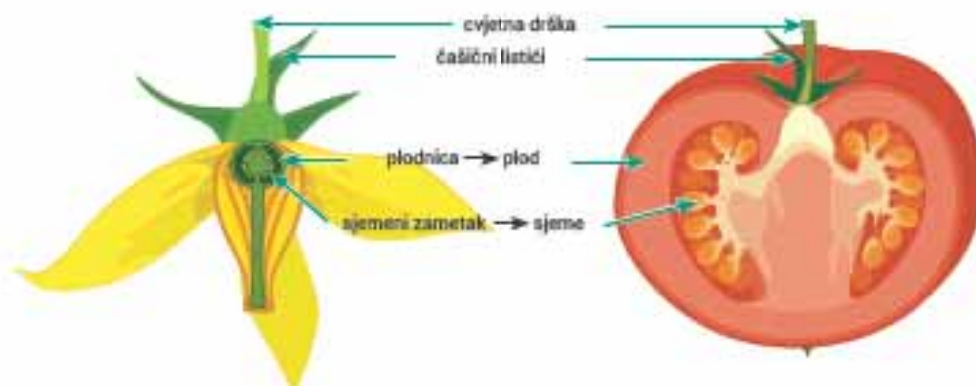
Drugo jezgro polenove cijevi se spaja sa centralnom ćelijom sjemenovog zametka. Daljnje diobe ove oplodene centralne ćelije formiraju hranjivo tkivo u sjemenu.



Klijanje polenovog zrna i oplodnja

Kada se u plodnici nalazi više sjemenih zametaka, svaka od njih se može oploditi gotovo istovremeno. To se događa kada više polenovih zrna oslobodi polenove cijevi i svaka sjemenska klica se oplodi zasebnim polenovim zrnom. Na taj način se formiraju plodovi s više sjemenki.

Cvijet nakon oplodnje prolazi kroz vidljive promjene: latice opadaju, prašnici, njuška i vrat tučka se suše. Plodnica se transformira u plod koji sadrži sjemenke.



Transformacija cvijeta u plod nakon oplodnje

Aktivnost

Put polena tokom oplodnje

Napravite model cvijeta koristeći polen od žutog plastelina, vrat tučka od slamke ili plastične cijevi i kutijicu/papirnu plodnicu s nekoliko obojenih zrnaca plastelina koja predstavljaju sjemenne zametke.

Demonstrirajte proces oplodnje – stavite polenovo zrno od plastelina na gornji kraj tanke žice. Postavite jezgro polena od plastelina na donji kraj žice. Spustite jezgro sa žicom kroz vrat tučka do sjemenog zametka u plodnici (kutijici).

Nakon demonstracije, razgovarajte o procesu oplodnje. Na kreativan način, korak po korak proučite sve korake koji se mogu koristiti za opis ovog važnog biološkog procesa kod biljaka.

Istražite za



... proces oplodnje pod vodom koji se odvija u morskim algama i/ili za oplodnju kod ginka i cikasa! Prava rijetkost je prisustvo spermatozoida sa flagelama kod biljaka i oplodnja plivanjem muških gameta kao kod životinja.

Provjerite šta ste naučili

1. Šta je oplodnja?
2. Gdje se odvija oplodnja?
3. Šta se proizvodi iz oplodene jajne ćelije?
4. Koliko sjemenkih zametka se može oploditi?
5. Šta se dešava sa tučkom nakon oplodnje?

Zanimljiva biologija



Oplodnja kod smokve (*Ficus sp.*) se odvija unutar zatvorenog cvata koji sadrži veliki broj malih cvjetova. Ženke osa smokve ulaze u cvat i vrše oprašivanje prenoseći polen na tučkove. Nakon oplodnje, formiraju se sjemenke, a cvat se razvija u plod. Svaka vrsta divlje smokve ima svoju specifičnu vrstu ose koja je oprašuje (poznato je preko 750 parova muških i ženskih osa). Bez osa, smokve se ne mogu razmnožavati, a ovaj savršen odnos između biljke i insekta star je više od 80 miliona godina. Čitavi ekosistemi u tropskim šumama zavise od toga jer smokve osiguravaju hranu mnogim vrstama životinja.



2.5 Formiranje ploda

Uvodna aktivnost

Jabuka, kruška, paradajz, orah, narandža, lješnjak, trešnja, kajsija i breskva su plodovi koje ti je dobro poznato. Napravi tabelu u koju ćeš unijeti podatke o svakom voću – kakva je kora na površini ploda, koji je mesnati dio, koliko sjemenki ima u plodu, da li je sočan ili suh i koje je boje?

Plod je generativni organ koji se razvija nakon uspješne oplodnje. U tom procesu, plod se razvija iz plodnice, a sjemenke se formiraju iz sjemenih klica. Tokom formiranja ploda, plodnica se zadeblja zbog nakupljanja velikog broja hranjivih materija. Građa i izgled ploda su različiti i karakteristični za svaku biljku, pa lako možemo razlikovati plod jabuke od ploda kruške, kajsiju od šljive, breskvu od dunje itd.

Struktura i funkcija ploda

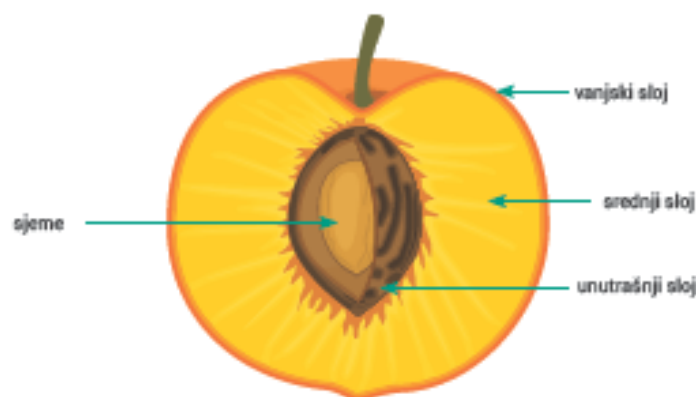
Glavna funkcija ploda je zaštita i rasijavanje sjemenki. Plod štiti sjemenke od isušivanja, od povreda i od nepovoljnih uslova okoline.

Svaki plod se sastoji od tri sloja:

- vanjski sloj – kora ili ljuska ploda;
- srednji sloj – najčešće je mesnat i sočan, ali može imati i drugačiju strukturu;
- unutrašnji sloj – dio koji obavlja sjemenke i može biti mekan, tvrd ili drvenast.

Prema građi, plodovi mogu biti sočni ili suhi.

Plodovi breskve, kajsije, šljive, trešnje, višnje, manga, masline itd. su sočni, ali dio oko sjemenke (unutrašnji sloj) je vrlo tvrd, drvenast i naziva se koštica. Koštica, koja izgleda kao mala drvenasta kutijica, sadrži zaštićenu sjeme. Iz tog razloga takve plodove nazivamo koštunjavim plodovima, iako su sočni.



Opšta građa ploda



Kostuničavi plodovi – kajsija, šljiva, breskva, trešnja, maslina

Sočni plodovi uključuju jabuke i kruške, ali one imaju drugačiju strukturu od prethodnih, iako su u istoj grupi. Imaju koru na površini, mesnati sočni dio u sredini, a unutra su tvrde ljuske oko sjemenki, kojih može biti u velikom broju. Bobica je posebna vrsta sočnog ploda koju imaju grožđe, paradajz itd.



Razne vrste sočnog voća

Kod suhih plodova, ljuska ploda nije sočna već je tvrda, kožasta ili drvenasta. To su relativno mali plodovi, koji su zbog takve strukture lagani i pogodni za rasipanje. Suhi plodovi se dijele u dvije grupe, ovisno o tome da li plod puca kada sazrije ili ne.



Različite vrste suhih plodova

Grupa suhih plodova koji pucaju i otvaraju se uključuje grah, grašak, zeleni grah, soju i druge biljke čiji je plod mahunarka (slična mahunarki) s mnogo sjemenki.

Pamuk i tulipan, na primjer, imaju suhi plod u obliku kapsule s mnogo sjemenki, koja se naziva mahuna. Posebni su suhi plodovi kupusa, repe, rotkvice, koji se također otvaraju kada sazriju.

Suhi plodovi koji ne pucaju i ne otvaraju uključuju orahe, kestene, lješnjake. Imaju drvenastu ljusku. Žitarice također imaju suhu ljusku koja ne puca – pšenica, ječam, riža, zatim suncokret od uljarica itd.

Vrste plodova

Osnovna podjela plodova je na proste i složene plodove. **Prosti plodovi** nastaju iz tučka jednog tučka, kao što su kajsija, breskva, šljiva itd.

Kada se plodovi razviju iz više tučkova jednog cvijeta, dobijaju se takozvani **Zbimi plodovi**, kao što su maline, kupine itd.

Složeni plodovi nastaju iz više cvjetova u jednoj cvati. Na taj način se formira grupa malih plodova koji izgledaju kao jedan veliki plod. Takvi plodovi uključuju ananas, smokvu, dud itd.



Razni suhi plodovi mahunarki



Zbimi plodovi kupine i maline



Složeni plodovi ananasa i smokve



Lažni plodovi jagode i duda

Postoji još jedna podjela ovisno o tome od čega se plod formira. Većina plodova formira se od tučka tučka i pravi su ili pravi plodovi. Međutim, neki plodovi se razvijaju iz drugih dijelova cvijeta i to su tzv. lažni plodovi. Na primjer, jagoda se formira iz cvjetne gredice, a čaška učestvuju u formiranju ploda dudu.

Aktivnost**Put od cvijeta do ploda**

Analizirajte dva ploda s dvije različite biljke. Zatim napravite poster koji prikazuje dijelove koji čine plod. Nacrtajte sliku i ukratko opišite svaki dio, kako je nastao (opišite put od cvijeta do ploda) i njegove karakteristike.

Predstavite svoj poster svojim kolegama iz razreda. Postavljajte i odgovarajte na pitanja kako biste pokrenuli diskusiju o važnosti plodova za ishranu ljudi i drugih živih organizama.

Provjerite šta ste naučili

1. Kako se formira plod?
2. Koji su opći dijelovi ploda?
3. Koja je osnovna podjela plodova?
4. Koji su plodovi pravi, a koji lažni, i od kojih dijelova cvijeta se formiraju?

Istražite za

... rijetke vrste plodova koje se od ostalih razlikuju po strukturi, sastavu, nutritivnoj vrijednosti i prisustvu određenih supstanci koje ih čine posebnim u pogledu njihovog djelovanja na ljude (na primjer, djelovanje afričke čudotvorne bobice, jednostavnog mesnatog ploda s neobičnim djelovanjem).

Zanimljiva biologija

Ugrožena vrsta sejšelske palme ima džinovski plod – kokos koji teži i do 20 kg. Plod je specifičan, sa dvostrukom sjemenkom u izuzetno tvrdoj ljusci i rijetke pojave. Jedan od razloga zašto se vrsta nije proširila je taj što kada padne u vodu, plod zbog svoje težine tone, te se ne može prirodno raspršiti vjetrom ili pticama i životinjama na drugo mjesto. Uzgaja se u nekim većim botaničkim vrtovima, ali zbog nepovoljne klime i uslova sporo raste i ne donosi plodove. Stoga je njen rast ograničen na samo dva ostrva na Sejšelima.



2.6 Sjeme

Uvodna aktivnost

U kojem dijelu cvijeta se formira sjeme i koji je njegov značaj?

Uzmite sjeme graha i kukuruza, pustite ga da nabubri u vodi kako bi omekšalo i analizirajte. Pokušajte ga oguliti ili napraviti uzdužni rez. Opišite dijelove koje primjećujete?

Sjeme je generativni organ i služi za razmnožavanje biljke. Njegova struktura je prilagođena da preživi nepovoljne vanjske uvjete i da klija kada su uvjeti za klijanje i rast povoljni. Iako se sjeme kod različitih biljaka može razlikovati po veličini, obliku i boji, ima zajedničke karakteristike vezane za njihovu strukturu.

Struktura sjemena

Sjeme se sastoji od sjemene ljuske, embriona i hranjivog tkiva.

Na vanjskom dijelu sjemena nalazi se **sjemena ljuska**, koja je obično tvrda i čvrsta, bijele ili obojena u različite boje. Ona štiti unutrašnji dio sjemena od mehaničkih oštećenja, isušivanja i infekcija. Međutim, sjemena ljuska može učestvovati i u regulaciji vode i ulaska kisika tokom klijanja sjemena. Na površini sjemene ljuske uočljiv je trag koji se naziva pupak. To je mjesto gdje se sjeme pričvrstilo za plod. Pored pupka nalazi se mali otvor kroz koji sjeme prima vodu prije klijanja. Ovaj mali otvor potiče od otvora sjemene klice kroz koji je polenova cijev ušla tokom oplodnje. Sjemena ljuska kod nekih vrsta ima izrasline ili strukture poput krila, dlačica itd., koje pomažu u rasprostiranju sjemena.

Embrion i hranjivo tkivo nalaze se ispod sjemene ljuske. **Embrion** može biti centralno smješten u sjemenu (kod graha, graška, zelenog graha ili leće), periferno smješten (kao kod nekih vrsta karanfila) ili lateralno smješten kod žitarica. Embrij se sastoji od korijenovog zametka, stabljичnog zametka, embrionalnih listova (kotiledona) i embrionalnog pupoljka. Oblik embrija varira među biljkama. Kod nekih sjemenki, embrion je dobro razvijen i ispunjava cijelo sjeme. To je obično zato što se hranjive materije skladište u kotiledonima. Takve su sjemenke graha, graška i drugih mahunarki. U drugoj grupi biljaka, embrion je mali, ali se u sjemenu formira posebno hranjivo tkivo u kojem se pohranjuju hranjive materije. Kada sjeme proklija, embrion koristi te hranjive materije za svoj razvoj.

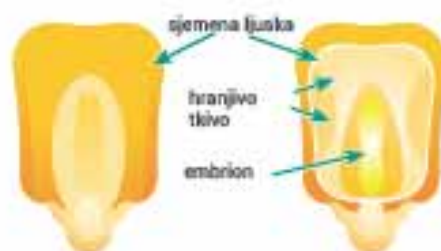


Sjeme raznih biljaka

grah



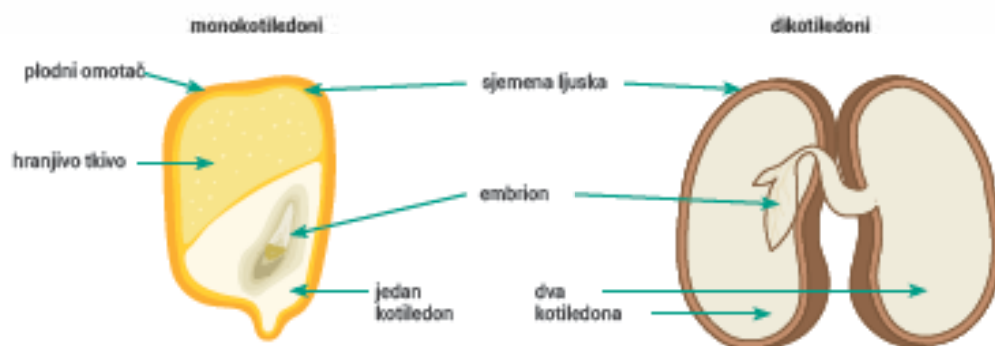
kukuruz



Građa sjemena

Prilikom pregleda sjemena graha, nakon uklanjanja sjemenske ljuske, dvije polovice će biti odvojene ispod. One se nazivaju **kotiledoni** (embrionalni listovi). Biljke koje imaju embrij s dva kotiledona nazivaju se dikotiledoni.

Embrioni u sjemenkama žitarica imaju jedan kotiledon i pripadaju monokotiledonima. Za razliku od dikotiledona, u sjemenkama monokotiledona, poput kukuruza ili pšenice, sjemenska ljuska je srasla sa suhom ljuskom ploda i ne može se lako oljuštiti. Sjemenke monokotiledona se ne dijele na dvije polovice.



Sjeme monokotiledona i dikotiledona

Klijanje sjemena

Mlada biljka koja se razvija iz embrija nakon klijanja sjemena naziva se **klica**. Korijen klice se prvo razvija iz korijenovog zametka u embriju. Iz stabličnog zametka formira se stabljika klice koja povezuje korijen s prvim listovima. Kako raste, stabljika obično izvlači kotiledone iznad tla, a oni postaju zeleni na svjetlu. Kotiledoni su prvi listovi koji provode fotosintezu i omogućavaju klicama da prežive dok se ne razviju pravi listovi. Nakon što se listovi klice razviju, kotiledoni se suše i otpadaju.



Klijanje sjemenki graha i pšenice i formiranje klice

Aktivnost

Probudi sjeme

Stavite filter papir u plastičnu kutiju s poklopcem, posijte određeni broj sjemenki različitih biljaka (pšenica, leća, rotkvica itd.), prekrijte drugim papirom i poprskajte malo vode da ih navlažite. Zatvorite poklopac i ostavite kutiju na toplom i tamnom mjestu.

Provjeravajte svaki dan i dodajte vodu po potrebi samo ako je papir suh. Zabilježite koje su sjemenke proklijale i koliko je vremena trebalo. Nakon nekoliko dana izračunajte postotak klijanja za svaku vrstu. Izračunava se prema formuli.

$$\text{postotak klijanja} = \frac{\text{broj proklijalih sjemenki}}{\text{ukupan broj posijanih sjemenki}} \cdot 100 \%$$

Svako sjeme ima svoje vrijeme klijanja i karakterističan postotak klijanja. Ako je sjeme zrelo i zdravo, s dobro formiranim embrionom, postotak klijanja je visok.

Provjerite šta ste naučili

1. Koji dijelovi čine sjeme?
2. Šta su kotiledoni i zašto su važni?
3. Gdje se hranjive materije skladište u sjemenu?
4. Šta je klica i od kojih se dijelova sastoji?
5. Koja je osnovna razlika u strukturi sjemena kod monokotilnih i dikotilnih biljaka?

Istražite za



... sjemenke nekih biljaka koje imaju sposobnost preživljavanja ekstremnih uvjeta i suša, da se zakopaju u tlo ili one s vrlo neobičnim oblikom i izgledom. Istražite najrjeđe vrste sjemenki, kojim biljkama pripadaju i da li su neke dio flore naše zemlje.

Zanimljiva biologija



Neke vrste orhideja imaju mikroskopski male sjemenke – jedna njihova sjemenka teži samo 0,000002 grama. U sjemenkama nema rezervnih hranjivih materija, zbog čega im je za klijanje potrebna simbioza s gljivicom (mikoriza). Jedna kapsula (plod) sadrži nekoliko miliona sjemenki koje se lako rasipaju vjetrom nakon što suhi plod sazrije i puca.

2.7 Rasijavanje

Uvodna aktivnost

Šta si naučio/la o strukturi i značaju sjemenki? Napravi kratak popis biljnih vrsta koje jedeš svaki dan i odaberi one koje su u obliku sjemenki. Razmisli o tome kako se sije.

Proces širenja plodova ili sjemenki na veću udaljenost od matične biljke naziva se **rasijavanje**. Rasijavanje omogućava osvajanje novih područja, što osigurava opstanak vrste. Rasijavanje je važno za sprječavanje ili smanjenje konkurencije s matičnom i drugim susjednim biljkama. Ako sve sjemenke padnu oko matične biljke, tada se smanjuje mogućnost da se sve jedinke razviju na tako malom prostoru, boreći se za ograničenu hranu, vodu i svjetlost.

Metode rasijavanja

Zreli plodovi i sjemenke svojom strukturom prilagođeni su da dođu do novih mjesta gdje će niknuti i razviti se u nove biljke. To se može dogoditi na različite načine ovisno o strukturi, ali i o uvjetima u okolini.



Različite vrste rasijavanja biljaka

Samorasijavanje je proces kojim sama biljka, bez pomoći vjetra, vode ili životinja, oslobađa i raspršuje svoje sjeme. To se događa opadanjem ili pucanjem ploda. Na primjer, kod graha, graška i drugih mahunarki, suha mahuna puca i raspršuje sjeme; kod biljke zvane broć, sjeme se raspršuje na udaljenosti od nekoliko metara; a kod nevena i gerbera, sjeme pada nedaleko od matične biljke.



Samoprašivanje kod biljaka

Rasijavanje **vjetrom** karakteristično je za male i lagane sjemenke i plodove koji su strukturno prilagođeni za takav način rasijavanja. Često imaju krilate ili dlakave dodatke koji povećavaju površinu i olakšavaju rasijavanja (npr. maslačak, topola, vrba, breza, javor itd.)



Rasijavanje vjetrom kod maslačka, javorovog sjemena i mliječika (*Asclepias syriaca*)

Rasijavanje **vodom** je prirodni način širenja sjemena ili plodova u priobalnim područjima rijeka, jezera, mora i okeana. Plodovi i sjemenke biljaka koje žive u vodi ili blizu nje padaju u nju i tako se rasijavaju. Ove biljke imaju određene prilagodbe za ovaj način širenja – plodovi i sjemenke su lagani zbog svoje spužvaste strukture, zračnih šupljina ili vlaknastog omotača. Ova struktura im omogućava da plutaju ili plivaju i štiti ih od truljenja. Tako plod kokosove palme (kokosa) može plutati mjesecima, a sjemenke lotosa i lokvanja stalno nose vodene struje.



Plod morskog graha koji se rasijava u vodi



Plutajući kokos i lotos



Trska se rasejava vjetrom, ali i vodom ako sjemenke padnu u okolnu vodu

Kopnene biljke životinje češće se **rasijavaju pomoću životinja** i to na dva načina. Plodovi, koji su prekriveni bodljama, kukama i drugim izraslinama, slučajno se i lako pričvršćuju za tijelo životinje koja ih nosi na određenu udaljenost, čime pomažu u njihovom širenju.



Bodljikavo sjeme – prilagodbe za širenje životinja

Drugi način širenja uz pomoć životinja je kada plodovi služe kao hrana životinjama, a sjemenke se izbacuju neoštećene putem izmeta. Tako se šire mnoge sočne, koštunjave vrste plodova i drugih plodova.

Insekti također mogu rasijavati sjemenke, ali to je mnogo rjeđa pojava. Na primjer, mravi koriste neke masne dijelove sjemenki ricinusovog cvijeta, ljubičica, različka, božura i drugih vrsta. Noseći sjemenke u svoja staništa, oni ih udaljavaju od matične biljke.

Čovjek igra veliku ulogu u slučajnom, ali još većoj u namjernom rasijavanju plodova i sjemenki. Tako se rasijava veliki broj kultiviranih biljaka koje se koriste u ishrani (kukuruz, krompir, paprika, paradajz, pasulj, suncokret, riža, breskve, kajsije, lubenice, kakao, kafa i mnoge druge biljke koje su nam donesene s drugih kontinenata).



Koristeći plodove kao hranu, životinje rasijavaju sjeme



Rasijavanje sjemena uz pomoć čovjeka

Aktivnost

Pogodi način rasijavanja

Podijelite učenike u parove. Neka jedan od njih zamisli sjeme biljke.

Drugi učenik treba postavljati pitanja kako bi otkrio kako se sjeme koje je zamislio prvi učenik rasijava. Na pitanja se može odgovoriti samo sa „da“ ili „ne“.

Pitanja ne bi trebala biti direktna, kao što je: Da li životinje rasijavaju sjeme?

Neka igra traje 5 minuta, a zatim zamijenite uloge sa svojim partnerom. Ovo „motivaciono takmičenje“ će vam pružiti mnogo novih uvida u način na koji se sjeme rasijava.

Provjerite šta ste naučili

1. Šta je rasijavanje i zašto je važno?
2. Koji su najčešći načini rasijavanja plodova?
3. Koje adaptacije u strukturi omogućavaju rasijavanje vodom, a koje vjetrom?
4. Kakav doprinos ljudi daju rasijavanju biljaka?

Istražite za



... najrjeđi načini rasijavanja kod biljaka koje su razvile fascinantne strategije za doseganje svog novog staništa. Na ovaj način ćete saznati o njihovom putovanju kroz vodu, zrak ili putovanju s insektima i životinjama. Plovidba kokosa preko okeana doprinijela je njihovom prirodnom rasijavanju na otoke i tropske šume.

Zanimljiva biologija



Jedna vrsta parazitske imele ima zanimljiv i rijedak dvostepeni obrazac širenja koji kombinuje eksplozivnost ploda i ljepljivost sjemenki. Kada plod eksplodira, ljepljive sjemenke se katapultiraju brzinom do 100 km/h. Kada padnu na drugo drvo, lijepe se za koru i počinju rasti kao paraziti.



2.8 Uslovi za klijanje sjemena

Uvodna aktivnost

Do sada ste naučili da rasijavanje sjemena, između ostalog, pomaže u izbjegavanju konkurencije s matičnom biljkom i novorazvijenim izdancima iz susjednih sjemenki. Kakva je ovo vrsta konkurencije? Šta je biljci potrebno za klijanje, rast i razvoj?

U plodu se može formirati jedna ili više sjemenki, ali ne sve one kličaju i ne daju novu biljku. Da bi sjeme proklijalo, prvo mora biti dobro formirano, sa zdravim embrionom i hranjivim tkivom. Međutim, za klijanje su potrebni i povoljni uslovi okoline – vlaga, umjerena temperatura i prisustvo kisika.

Voda kao faktor klijanja

Vlaga je ključni faktor za klijanje sjemena, jer aktivira životni proces u njemu. Kada se suho sjeme nalazi u vlažnom okruženju, ono apsorbira vodu, bubri i omekšava sjemenu ovojnicu. Aktiviraju se enzimi koji razgrađuju rezervne hranjive materije u sjemenu, čime se osigurava potrebna hrana za rast embriona. Bubljenjem sjemena započinje intenzivno ćelijsko disanje, koje je neophodno za oslobađanje energije. Prisustvo vode u sjemenu omogućava i diobu ćelija embriona, tj. njegov rast.



Proklijale sjemenke pšenice na vlažnom pijesku



Proklijale sjemenke rukole nakon jednog dana sjetve na vlažnu hranjivu podlogu

Ako u tlu nema dovoljno vlage, sjeme miruje i ne klija. Ako, s druge strane, ima previše vode i nema kisika, sjeme može istrunuti. Iz ovoga se može zaključiti da umjerena količina vode budi sjeme iz mirovanja i omogućava sve biološke procese potrebne za klijanje.

Kiseonik kao faktor klijanja

Kiseonik je potreban embrionu da bi disao. Bez kiseonika, procesi razgradnje rezervnih masti, škroba i proteina iz uskladištenih hranjivih materija u sjemenu ne mogu se odvijati. U ovom procesu se oslobađa velika količina energije koja je potrebna da embrion izraste u klicu. Ako nema dovoljno kiseonika, u sjemenu se stvaraju štetne materije koje uzrokuju uginuće embriona.

Temperatura kao faktor klijanja

Temperatura je važna za klijanje jer direktno kontroliše brzinu svih životnih procesa u sjemenu. Svaka biljka ima svoju optimalnu temperaturu za klijanje. Na primjer, pšenica klija na 5 do 10 °C, a pasulj i kukuruz na 18 do 25 °C. Enzimi koji učestvuju u životnim procesima sjemena aktivni su samo u određenom temperaturnom rasponu. Kada je temperatura niža, rezervne materije se razgrađuju mnogo sporije, dok se na visokim temperaturama enzimi deaktiviraju. Kada nema razgradnje rezervnih supstanci, nema dovoljno hrane za embrion, pa se neće razvijati.

Niska temperatura također utiče na disanje, što će se odraziti na količinu energije bez koje nema klijanja. Dioba ćelija tokom rasta embriona također zahtijeva umjerenu temperaturu. Na niskim i visokim temperaturama, dioba prestaje i nema klijanja sjemena.

Tlo

Tlo je veoma važno za razvoj biljke, ali sjeme može klijati i na vlažnom papiru, pamuku ili u vodi. Tlo kao izvor hranjivih materije i vode mnogo je važnije za rast i razvoj klice u odraslu biljku. Mnoge sjemenke višegodišnjih biljaka klijaju direktno u tlu.



Proklijale sjemenke brokule na mokrom papiru



Metoda klijanja sjemena kod kuće – proklijalo sjeme na vlažnom papiru i mladi klice paprika

Međutim, svaka vrsta zahtijeva specifičnu vrstu tla s određenim karakteristikama (npr. sadržaj određenih minerala i količina vlage).

Svjetlost

Kod većine biljaka svjetlost nije neophodna za proces klijanja, pa sjeme podjednako klija i u mraku i na svjetlu. Međutim, kada se pojavi klica i listovi, svjetlost je važna da bi biljka započela fotosintezu i stvorila hranu koja će dodatno stimulirati njen rast.

Veliki broj biljaka (razne vrste salata, lisnatog povrća, začina itd.) uzgaja se u kontroliranim zatvorenim uvjetima, u takozvanim hidrofarmama. Sjeme klija i raste u prisustvu svjetlosti i posebnog vlažnog supstrata. Čim se pojavi klica sa 2–4 lista, prebacuje se u protočni hranjivi supstrat, u uvjetima optimalne temperature, čime se postiže brz rast. Na ovaj način uzgajaju se biljke s malim korijenjem, a prednost je što osigurava kontinuiranu žetvu svježeg, zdravog i čistog povrća.



Proizvodnja salate u zatvorenom prostoru u hidrofarmu

Aktivnost

Ispitivanje uslova klijanja sjemena

Materijali – sjemenke pšenice i suncokreta, 8 plastičnih čaša, papirne salвете/vata, voda, uslovi temperature/svjetla, tabela za posmatranje.

Podijelite u četiri grupe i neka svaka grupa uzme jednu čašu. Stavite vlažnu salvetu ili vlažnu vatu u prve tri čaše. Stavite 10 sjemenki pšenice ili suncokreta u svaku čašu.

Postavite četiri čaše pod različite uslove i označite ih u skladu s tim.

Prva čaša – kontrolna – ostavlja se na sobnoj temperaturi, na svjetlu i voda se dodaje svaki dan.

Druga čaša – postavlja se na hladno i svijetlo mjesto i voda se dodaje svaki dan.

Treća čaša – postavlja se u mrak na sobnoj temperaturi i voda se dodaje svaki dan.

Četvrta čaša – ostavlja se na sobnoj temperaturi, na svjetlu, ali se sjemenkama ne dodaje voda.

Svaka grupa treba sedam dana da bilježi da li je došlo do klijanja, broj prokljalih sjemenki i dužinu korijena.

Razgovarajte u razredu o tome šta će se dogoditi sa sjemenkama u svakoj čašici i nakon 7 dana provjerite jesu li vaša predviđanja bila tačna.

Sjemenke bi trebale najbrže klijati u kontrolnoj grupi gdje postoje povoljni uslovi, sporije na hladnoći, u mraku sjemenke klijaju, ali kasnije sporije rastu i bez vode neće klijati. Sjemenkama je potrebna voda i toplina da bi proklijale, ali ne i svjetlost.

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto je vlažna okolina neophodna za klijanje sjemena?
2. Kako niske i visoke temperature utiču na klijanje?
3. U kom slučaju se zaustavlja razvoj embriona i dolazi do klijanja sjemena?
4. Tokom kojeg perioda klijanja sjemena i razvoja sadnica je svjetlost neophodna?
5. Koji je značaj tla za klijanje sjemena i rast sadnica?

Istražite za



.... uvjete koje vrtnje biljke i divlje vrste zahtijevaju za klijanje u okruženju u kojem žive. Grupirajte ih prema tome da li bolje klijaju na svjetlu ili u mraku, u toplom, hladnom, vlažnom ili suhom okruženju, u humusnom tlu ili u pjeskovitom i hranjivim materijama siromašnom tlu.

Zanimljiva biologija



Neke vrste eukaliptusa zahtijevaju posebne uslove za klijanje. Njihovo sjeme je zatvoreno u tvrdi smolasti kapsulu koja se otvara tek nakon izlaganja visokim temperaturama (oko 80 do 100 °C). Požari uništavaju stare biljke, ali vatra "oslobađa" sjeme, koje u novostvorenim uslovima (zemljište bogato pepelom) klija i formira nove biljke.



2.9 Razmnožavanje kod životinja

Uvodna aktivnost

Šta je razmnožavanje?

Zašto se razmnožavanje smatra fundamentalnom karakteristikom živih organizama?

Šta bi se dogodilo da razmnožavanje ne postoji?

Razmnožavanje je jedna od najvažnijih karakteristika živih organizama jer omogućava nastavak vrste i održavanje života na Zemlji. Bez razmnožavanja, svaka vrsta bi nestala smrću posljednjih jedinki. Sve životinje imaju isti cilj stvaranja novih potomaka koji podsjećaju na svoje roditelje, ali način na koji se razmnožavaju može se uveliko razlikovati.

Kod životinja postoje dvije vrste razmnožavanja: bespolno i spolno razmnožavanje.

Bespolno razmnožavanje je metoda razmnožavanja gdje se novi potomci stvaraju bez učešća gameta (spolnih ćelija). Potreban je samo jedan organizam – roditelj, a rezultirajuće potomstvo je genetski identično roditelju. Prednost bespolnog razmnožavanja je u tome što se veliki broj novih jedinki dobija u kratkom vremenu, bez trošenja mnogo energije i resursa. Nedostatak je, međutim, što su svi potomci klonovi – identične kopije roditelja, pa dijele iste prednosti, ali i slabosti.

Bespolno razmnožavanje se javlja kod jednoćelijskih i protozojskih višećelijskih beskičmenjačkih organizama. U stvari, tako se razmnožavaju bakterije, protozoe, spužve, žarnjaci, neki pljosnati crvi itd.

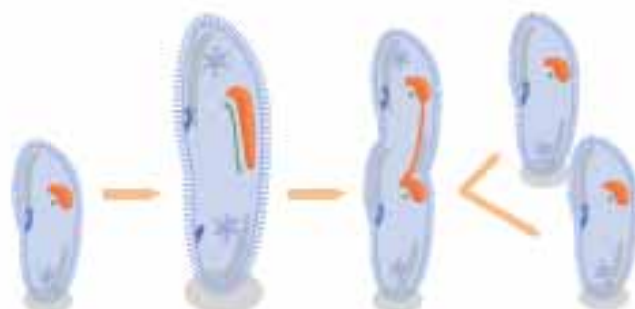
Spolno razmnožavanje je stvaranje potomstva spajanjem dvije spolne ćelije (**gameta**) – **spermatozoida** od oca i **jajne ćelije** od majke. Potomak prima kombinaciju gena od oba roditelja, što znači da je novi organizam genetski razlikuje se od razmnožavanja njihovih roditelja. Prednost spolnog razmnožavanja je genetska raznolikost potomstva, koja

Tabela: Prednosti i nedostaci bespolnog i spolnog razmnožavanja kod životinja

Način razmnožavanja	Prednosti	Nedostaci
BESPOLNO	• ne troši se energija na traženje partnera; • brzo se postiže veliki broj potomaka u određenom ekosistemu	• genetski identično potomstvo, ako se promijene uslovi okoline, opstanak cijele populacije je ugrožen
SPOLNO	• varijabilnost – dobijaju se nove kombinacije gena koje donose različite kvalitete i prilagođavanja vanjskim uslovima	• energija se troši na traženje partnera, čuvanje teritorije

jedinkama omogućava veću otpornost na bolesti i promjene u okolini. Nedostatak ove metode razmnožavanja je što su potrebna dva roditelja, što znači da se više vremena i energije troši na pronalaženje partnera. Spolno razmnožavanje prisutno je kod složenijih grupa beskičmenjaka, a potpuno je prisutno kod kičmenjaka.

Bespolno razmnožavanje prisutno je kod jednostavnijih životinja kao što su protozoe. Žarnjaci (hidra) i bodljokožci (morska zvijezda) imaju sposobnost razmnožavanja i bespolno i spolno. Crvi, zglavkari i mekušci se uglavnom razmnožavaju spolno.



Protozoe (kao što je paramecij) se razmnožavaju bespolno



Hidre se razmnožavaju bespolno, ali i spolno



Morske zvijezde se mogu razmnožavati bespolno i seksualno



Crvi se razmnožavaju spolno



Svi insekti i ostali člankonošci (pauci, škorpioni i rakovi) razmnožavaju se uglavnom spolno

Bespolno razmnožavanje je evolucijski stariji model razmnožavanja. Kasnije, kako su organizmi postajali složeniji, spolno razmnožavanje se pojavilo kao efikasnija metoda razmnožavanja jer potomstvo prima kombinaciju gena od svojih roditelja. To omogućava genetsku varijabilnost i sposobnost prilagođavanja promjenjivim uvjetima okoline.



Puževi i drugi mekušci se razmnožavaju spolno

Aktivnost

Podijelite se u male grupe ili parove. Vaš nastavnik/nastavnica će vam dati slike različitih životinja koje trebate grupirati u dva skupa prema njihovom načinu razmnožavanja – bespolnom i spolnom.

Uporedite svoje odgovore s drugim grupama i razgovarajte o nivou složenosti organizama koji pripadaju svakom skupu.

Provjerite šta ste naučili

1. Koja je osnovna razlika između bespolnog i spolnog razmnožavanja?
2. Navedite neke grupe beskičmenjaka koji se razmnožavaju bespolno?
3. Koje su prednosti i nedostaci svake metode razmnožavanja?
4. Zašto se spolno razmnožavanje smatra evolucijski boljim?
5. Koji tip razmnožavanja je karakterističan za kičmenjake?

Istražite za



.... razmnožavanje morskih zvijezda. Kada i kako se razmnožavaju spolno, a kada i kako bespolno?

Zanimljiva biologija



Djevičansko rođenje, ili partenogeneza, je proces kojim ženka stvara potomstvo iz jajeta bez ikakvog kontakta s mužjakom. To se često događa u izoliranim okruženjima gdje su mužjaci rijetki, što omogućava vrsti da preživi u kritičnim uvjetima. Iako su potomci genetski vrlo slični majci, ovaj mehanizam je nevjerojatna rezervna strategija prirode za sprječavanje izumiranja.

Ovaj fenomen je uočen kod zebrastih ajkula i određenih guštera, čak i kod najvećeg guštera na svijetu, komodo zmaja.

2.10 Bespolno razmnožavanje kod životinja

Uvodna aktivnost

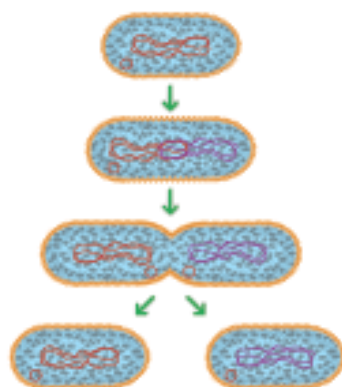
Izračunajte koliko će bakterija nastati za 10 sati iz jedne bakterije ako se ona dijeli na dva svakih 20 minuta.

Bespolno razmnožavanje uključuje samo jednog roditelja i rezultira genetski identičnim jedinkama. Ovaj tip razmnožavanja se nalazi kod jednoćelijskih i jednostavnih višćelijskih beskičmenjaka – bakterija, protozoa, spužvi, cnidara, nekih pljosnatih crva itd.

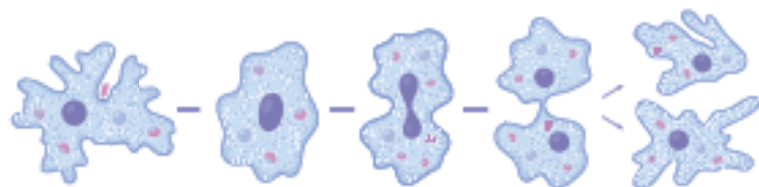
Postoji nekoliko načina bespolnog razmnožavanja: diobom ćelija, pupanjem i segmentacijom (fragmentacijom).

Razmnožavanje diobom ćelija je najjednostavniji način razmnožavanja u biološkom svijetu. To je dioba u kojoj jedna "majčinska" ćelija proizvodi dvije "kćerinske" ćelije, koje su približno jednake matičnoj ćeliji ili, alternativno, njenim identičnim klonovima, ovisno o vrsti diobe ćelija. Dioba ćelija omogućava brzo povećanje broja jedinki, budući da cijeli proces traje kratko i zahtijeva relativno malo energije.

Dioba ćelija je karakteristična za jednoćelijske organizme: protiste (bakterije i plavozelene alge) i protozoe (jednoćelijski eukariotski organizmi poput ameba, paramecijuma itd.).



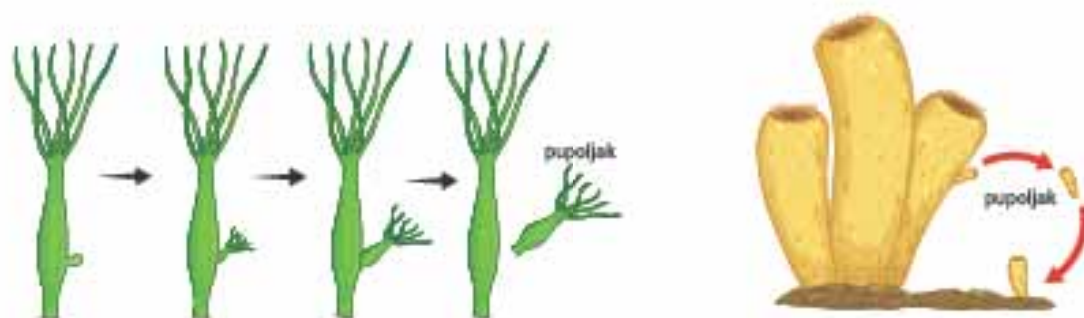
Bespolno razmnožavanje ćelijskom diobom kod bakterija



Bespolno razmnožavanje jednostavnom diobom kod ameba (praživotinje)

Bespolno razmnožavanje pupanjem javlja se kod žarnjaka (hidra i meduza) i spužvi. Mali izrast, nazvan pupoljak, formira se iz tjelesnog zida roditelja, koji postepeno raste i razvija se u novi organizam. Kada nova jedinka dovoljno odraste kada sazrije, odvaja se od roditelja i

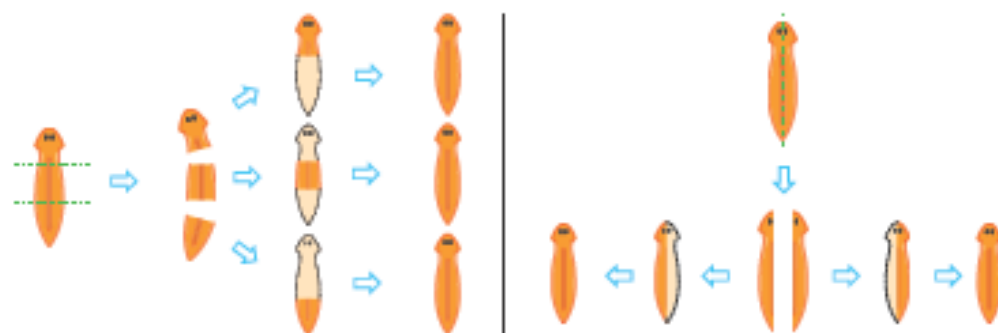
nastavlja živjeti samostalno. Kod spužda, pupoljci se možda neće odvojiti od roditelja, već će nastaviti živjeti zajedno, formirajući koloniju.



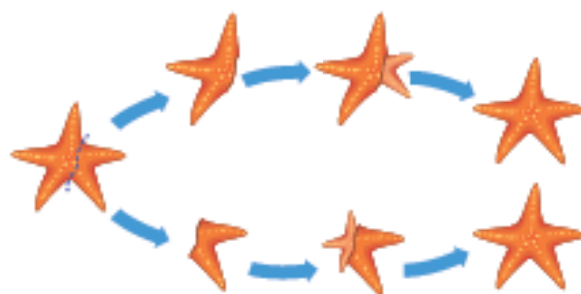
Bespolno razmnožavanje pupanjem kod hidre i spužve

Bespolno razmnožavanje fragmentacijom je razmnožavanje u kojem se tijelo roditelja dijeli na dva ili više fragmenata (segmenata), a svaki fragment se razvija u novi, potpuno identičan organizam. Fragmentacija je uobičajena metoda razmnožavanja kod organizama koji se mogu regenerirati kao što su: planarije, morske zvijezde, neke spužve itd.

Planarije su vodene životinje iz grupe pljosnatih crva. Imaju sposobnost regeneracije tijela i dobijanja novih jedinki iz više segmenata tijela, bez obzira da li je segmentacija u glavi, srednjem ili zadnjem dijelu.



Bespolno razmnožavanje kod planarija sa poprečnom (po širini) i uzdužnom (po dužini) segmentacijom tijela



Bespolno razmnožavanje fragmentacijom kod morske zvijezde

Aktivnost**Analiza slika bespolnog razmnožavanja**

Podijelite učenike u grupe od nekoliko njih. Svaka grupa će od nastavnika dobiti slike koje predstavljaju različite faze tri vrste bespolnog razmnožavanja (dioba ćelija, pupanje i fragmentacija).

1. Poredajte slike u tri kolone tako da svaka kolona sadrži slike samo jednog organizma.
2. U svakoj koloni poredajte slike redoslijedom kojim se odvija svaki proces razmnožavanja.
3. Navedite svaku vrstu razmnožavanja i navedite primjer organizma koji se razmnožava na ovaj način.
4. Napišite jedan ključni dokaz sa slika koji vas je doveo do vaše odluke. (Primjer: „Odlučili smo se za pupanje jer smo vidjeli mali izraslinu koja raste na tijelu roditelja i koja kasnije postaje nova jedinka“).

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto bespolno razmnožavanje proizvodi klonove?
2. Koje vrste bespolnog razmnožavanja postoje kod životinja?
3. Koji se organizmi razmnožavaju diobom ćelija?
4. Opišite kako se bespolno razmnožavanje odvija kod hidra i spuđa.
5. Kako se planarije razmnožavaju?

Istražite za

.... tome da nije svaka dioba ćelije jednostavna dioba. Po čemu se jednostavna dioba ćelije razlikuje od drugih vrsta diobe ćelija?

Zanimljiva biologija

Postoji vrsta meduze (*Turritopsis dohrnii*) koja doslovno može “vratiti vrijeme unazad” kroz specifičan proces koji se naziva transdiferencijacija. Kada je pod stresom, gladna ili fizički povrijeđena, ona ne umire, već transformiše svoje zrele ćelije u potpuno nove tipove ćelija, vraćajući se iz stadija odrasle meduze u stadij mlade kolonije polipa.

Ovaj ciklus bespolovog samoobnavljanja teoretski omogućava meduzi da živi vječno, jer može ponoviti proces beskonačan broj puta. Na taj način izbjegava starenje i smrt, što je čini jednim poznatim “biološki besmrtnim” organizmom na planeti.

2.11 Spolno razmnožavanje kod životinja

Uvodna aktivnost

Šta je spolno razmnožavanje?

Kako se zovu spolne ćelije kod biljaka? Gdje se proizvode?

Gdje se proizvode spolne ćelije i kako se zovu kod mužjaka i ženki životinja?

Spolno razmnožavanje je proces stvaranja novih jedinki spajanjem dvije spolne ćelije (gameta) od dva različita roditelja – mužjaka i ženke. Muške gamete (spermatozoidi) i ženske gamete (jajne ćelije) nose nasljedni materijal od svojih roditelja. Njihovim spajanjem, novodobivena jedinka ima jedinstvenu kombinaciju gena od oba roditelja, specifičnu samo za nju.

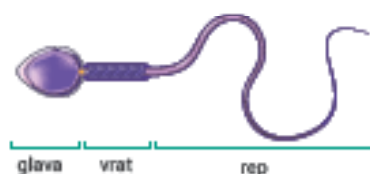
Spolno razmnožavanje podrazumijeva prenošenje gena s generacije na generaciju, stalnim kombinovanjem nasljednog materijala od dvije različite jedinke. Na taj način, potomci podsjećaju na svoje roditelje, ali nose jedinstvenu kombinaciju nasljednih osobina od oba roditelja. Ova metoda reprodukcije dovodi do genetske raznolikosti vrste, što pomaže životinjama da se lakše prilagode promjenama u okolini.

Spolno razmnožavanje se javlja kod nekih beskičmenjaka kao što su: anelidi, mekušci i insekti, kao i kod svih grupa kičmenjaka: riba, vodozemaca, ptica, gmizavaca i sisara.

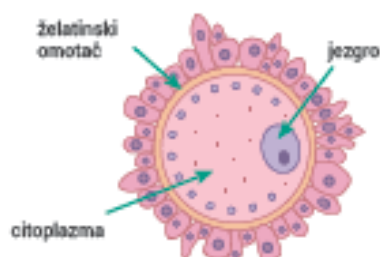
Postoje dvije vrste spolnih ćelija – gameta: spermatozoidi i jajne ćelije.

Mušjaci proizvode spermu u muškim genitalnim organima. **Spermatozoidi** su mali, pokretni i proizvode se u mnogo većem broju. Spermatozoidi imaju zadatak da "preplivaju" dug put kako bi stigli do zrele jajne ćelije. Njihova struktura je prilagođena za brzo kretanje i nošenje nasljednog materijala od oca. Prednji dio ćelije naziva se glava i sadrži jezgro sa nasljednim materijalom. Glava je povezana sa vratom u kojem se stvara energija za kretanje repa. Rep spermatozoida služi za kretanje.

Ženke proizvode jajne ćelije u ženskim genitalnim organima. **Jajne ćelije** su mnogo veće od spermatozoida jer



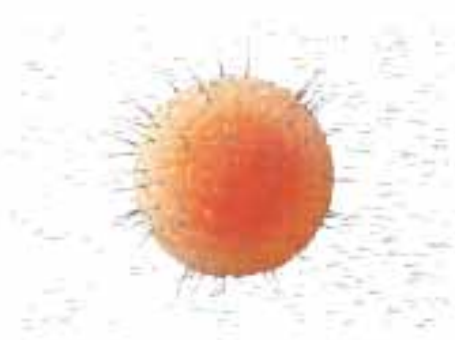
Građa spermatozoida kod ljudi



Građa jajne ćelije

sadrže hranjive materije što je neophodno za početni razvoj nove jedinke. To su nepokretne ćelije okružene želatinoznom ljuskom koja sprječava ulazak više od jednog spermatozoida tokom oplodnje. Obično se proizvode u mnogo manjem broju u poređenju sa muškim gametima.

Ribe i vodozemci proizvode hiljade ili čak milione jaja, jer su njihova jaja izložena mnogim opasnostima u vodi i često ih ne čuvaju roditelji. Na taj način osiguravaju da će barem neka od jaja preživjeti. Ptice ulažu mnogo energije u izgradnju gnijezda i zagrijavanje jaja, pa je njihov broj mnogo manji. U prirodnim uslovima, kokoš snese oko 12 jaja godišnje (iako su domaće pasmine odabrane da nose jaja gotovo svaki dan), dok pingvini i orlovi obično proizvode samo 1 do 2 jaja po sezoni. Kod sisara, embrion se razvija unutar majke, što je najsigurniji način razvoja. Stoga, one proizvode najmanji broj jajnih ćelija. Veliki sisari (slonovi, konji, ljudi) obično oslobađaju samo jedno jaje po ciklusu, dok manji sisari (miševi, zečevi, psi) mogu osloboditi 5 do 15 jaja, što rezultira više mladih u leglu.



Poređenje veličine jajne ćelije i spermatozoida

Aktivnost

Nacrtajte obije spolne ćelije u svoju svesku. Označite glavne dijelove ćelija i ukratko napišite funkciju koju imaju za svaki dio.

Provjerite šta ste naučili

1. Objasnite šta se podrazumijeva pod spolnim razmnožavanjem.
2. Koliko različitih spolnih ćelija postoji kod životinja? Šta su one?
3. Kako nastaju spermatozoidi?
4. Kako nastaju jajne ćelije?

Istražite za



.... to da li se muške i ženske gamete razlikuju u različitim grupama životinja, na primjer između beskičmenjaka i kičmenjaka, između vodenih i kopnenih životinja itd.

Zanimljiva biologija



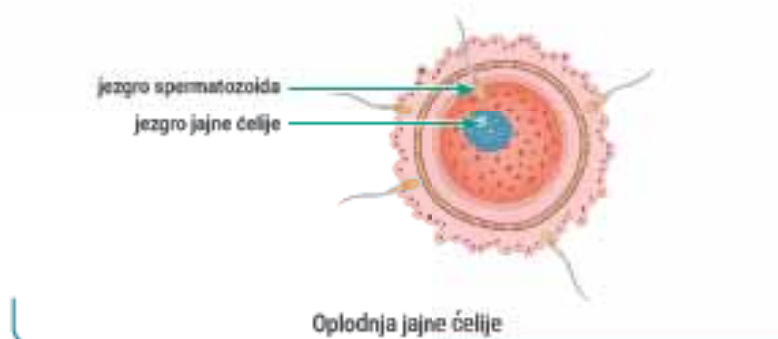
Iako su jajne ćelije ogromne, a spermatozoidi mali, obje vrste gameta nose istu količinu genetskih informacija – polovinu broja hromozoma u tjelesnim ćelijama.

2.12 Vanjska i unutrašnja oplodnja

Uvodna aktivnost

Koliko se spermatozoida spaja s jednom jajnom ćelijom? Objasnite odgovor.

Spolno razmnožavanje podrazumijeva spajanje dva gameta – muškog i ženskog – u jednu ćeliju. Ovo spajanje spermatozoida i jajne ćelije naziva se **oplodnja**. Veliki broj spermatozoida dopijeva do jajne ćelije. Međutim, kada spermatozoid uspije proći kroz zaštitne slojeve, površina jajne ćelije postaje neprobojna i sprječava prodiranje drugog spermatozoida. To sprječava spajanje više od dva jezgra gameta.



U zavisnosti od toga gdje se muški i ženski gameti susreću, razlikuju se dvije vrste oplodnje – vanjska i unutrašnja.

Vanjska oplodnja

Kada životinje izbacuju gamete iz svojih tijela u vanjsko okruženje i tamo dođe do oplodnje, to se naziva **vanjska oplodnja**. Prednost ove metode oplodnje je u tome što nije potreban fizički kontakt između muških i ženskih jedinki (parenje, kopulacija), a nedostatak je što će mnoge gamete biti uništene zbog nepovoljnih uslova okoline i neće biti oplođene.

Vanjska oplodnja se najčešće povezuje s vodenim okruženjem. Voda je potrebna da bi spermatozoid plivao i stigao do jajnih ćelija (jaja). Stoga je vanjska oplodnja posebno česta kod vodenih životinja, posebno kod beskičmenjaka koji žive pričvršćenim načinom života, poput spužvi i koralja, ali i kod slobodnoživućih oblika: mikroskopskih škampa, školjki, lignji, morskih ježeva i krastavaca. Nakon što se mladi izlegu iz jaja, obično nastavljaju živjeti samostalno.



Beskičmenjaci koji se podvrgavaju vanjskoj oplodnji – spužve, koralji, mikroskopski škampl, školjke, lignje, morski ježevi i krastavci

Obično je oslobađanje zrelih jaja i sperme potaknuto nekim vanjskim uvjetom, na primjer, temperaturom vode, vodenim strujama, plimom ili jednostavno dužinom dnevnog svjetla.

Vanjska oplodnja se također primjećuje kod nekih kičmenjaka. Kod većine riba, oplodnja je vanjska i događa se nakon mrijesta. Tokom mrijesta, jaja (ikra) i sperma se oslobađaju u neposrednoj blizini, omogućavajući vanjsku oplodnju. Mrijest je potaknut vanjskim uvjetima, slično kao i kod beskičmenjaka. Međutim, neke ribe koje se razmnožavaju u parovima biraju zaštićeno mjesto gdje će ženka položiti jaja, a mužjak će ih ubrzo nakon toga oploditi.



Riblja jaja na dnu



Dobro poznati kavijar je zapravo neoplođena jaja (ikra) lososa

Kod žaba, oplodnja je također vanjska. Tokom parenja, mužjak se drži za veću ženku, čekajući da ona oslobodi jaja. Kada se to dogodi, mužjak oslobađa spermu i oploduje jaja.



Vanjska oplodnja kod žaba u vodenom okruženju

Unutrašnja oplodnja

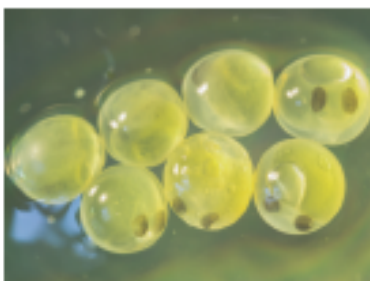
U slučajevima kada se oplodnja dogodi u reproduktivnom sistemu ženke, to se naziva **unutrašnja oplodnja**. Da bi došlo do unutrašnje oplodnje, mora doći do parenja (kopulacije) između mužjaka i ženke i unošenja sperme u tijelo ženke. Ova metoda oplodnje je uspješnija, jer su gamete zaštićene unutar tijela i mladi imaju veće šanse za preživljavanje.

Unutrašnja oplodnja je specifična za kopnene životinje – gmizavce, ptice i sisare, ali se nalazi i kod vodenih kičmenjaka i nekih beskičmenjaka.

U zavisnosti od toga kako donose svoje mlade na svijet, životinje koje imaju unutrašnju oplodnju dijele se u tri kategorije.

- Životinje s unutrašnjom oplodnjom koje polažu jaja: insekti, neke hrskavičave ribe, neke koštane ribe, neki vodozemci (dugine), većina gmizavaca, sve ptice i dvije vrste sisara.

Jaja mogu biti kožasta kao kod insekata i gmizavaca ili ojačana kalcijem (tvrda ljuska) kao kod ptica.



Unutrašnja oplodnja i polaganje jaja kod insekata, morskih pasa, koštanih riba, morskih kornjača, ptica i ehidna (sisara)

- Životinje s unutrašnjom oplodnjom kod kojih ženke drže jaja u svom tijelu dok se ne izlegu, a zatim okote mlade. Njihov razvoj ovisi o žumanjku u jajima. Primjeri ove grupe su poznate akvarijske ribe poznate kao gupiji, neki morski psi, neke zmije (anakonde), neki gušteri, ali i neki insekti poput madagaskarskog siktajućeg žohara.



Unutrašnja oplodnja sa zadržavanjem jaja u tijelu kod gupija, anakondi i madagaskarskih siktajućih žohara

- Životinje s unutrašnjom oplodnjom kod kojih se razvoj mladih odvija u tijelu majke, a hranu za svoj razvoj primaju putem krvne veze, najčešće putem placente. Svi sisari su takvi.

Za razliku od vanjske oplodnje, gdje jedinke moraju proizvesti mnogo jaja da bi bilo koje od njih preživjelo i dostiglo zrelost za razmnožavanje, unutrašnja oplodnja proizvodi manje potomstva, ali su im šanse za preživljavanje mnogo veće. Naime, jaja su zaštićena od vanjskih uvjeta, posebno isušivanja, a razvoj unutar tijela majke nudi zaštitu od predatora. Ženke polažu jaja na mjestima gdje su zaštićene i imaju izvor hrane u blizini. Ženka također bira partnera, što joj omogućava odabir željenih karakteristika za potomstvo.

Aktivnost

Prepišite tabelu u svoju svesku.

	beskičmenjaci	kičmenjaci
vanjska oplodnja		
unutrašnja oplodnja		

Popunite praznine s nekoliko primjera životinja koje ispunjavaju zadane kriterije.

Istražite za



... parazitsko parenje kod ribe udica. Kako mužjak oplodi ženku? Zašto se ova vrsta razmnožava na ovaj način?

Provjerite šta ste naučili

1. Koje vrste oplodnje postoje u životinjskom svijetu? Naglasite razliku između njih.
2. Navedite prednosti i nedostatke dvije vrste oplodnje.
3. Navedite primjere beskičmenjaka koji imaju vanjsku oplodnju. Kako ove životinje uspijevaju sinhronizirati oslobađanje jaja i spermatozoida?
4. Navedite primjere kičmenjaka koji imaju vanjsku oplodnju.
5. Navedite primjere kičmenjaka koji imaju unutrašnju oplodnju.

Zanimljiva biologija



Morski konjići (grupa riba) su jedine vrste u životinjskom carstvu gdje mužjak nosi i rađa mlade.

Morski konjići imaju specijaliziranu vrećicu na trbuhu koja može primiti do 2.000 mladunaca odjednom. Ženka proizvodi jaja i polaže ih u vrećicu na mužjakovom trbuhu. Mužjak nosi jaja 9 do 45 dana dok se morski konjići potpuno ne razviju.

Velika bijela ajkula poznata je po tome što jaja drži u maternici. Nakon što se izlegu, veći mladi će pojesti sva ostala jaja i manje mlade. To osigurava rađanje velikih i snažnih jedinki.

Ribe klaunovi se rađaju kao mužjaci, ali se mogu pretvoriti u ženke. Ako dominantna ženka u grupi ugine, najveći mužjak će promijeniti spol kako bi zauzeo njeno mjesto i nastavio se razmnožavati.



2.13 Razvoj mladih životinja

Uvodna aktivnost

Možete li prepoznati koja je životinja prikazana na slici? Zna li šta će se sljedeće dogoditi?



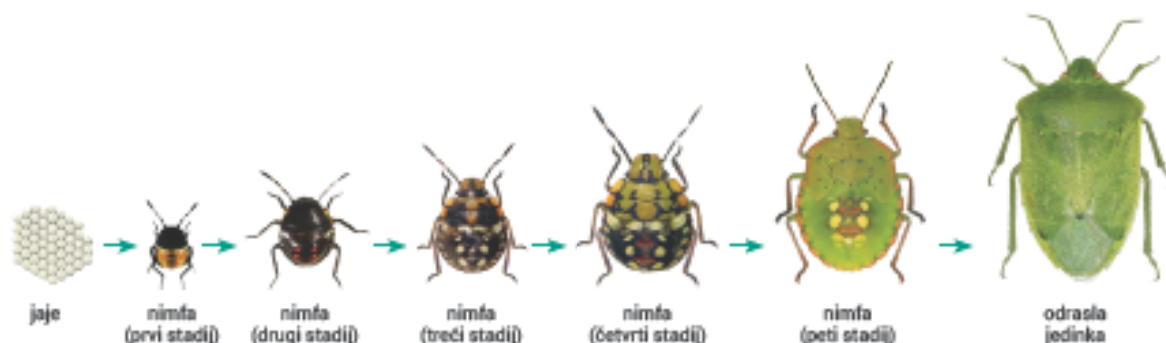
Nakon oplodnje jajeta, pa sve do rođenja ili izleganja, nova jedinka prolazi kroz period koji se naziva embrionalni razvoj. Tokom ovog vremena, mlada jedinka razvija sve organske sisteme koji će joj biti potrebni za samostalan život. Međutim, mlade jedinke nastavljaju da se razvijaju i nakon rođenja (postembrionski razvoj).

Razvojne faze kod beskičmenjaka

Insekti su najveća grupa životinja na planeti sa više od milion vrsta. U većini grupa insekata, nakon izleganja iz jajeta, mladi ne liče u potpunosti na odrasle oblike. Period od izleganja jedinke iz jajeta do formiranja odrasle jedinke uključuje promjenu oblika i izgleda insekta – **metamorfozu** (transformaciju).

Razvoj kod insekata se odvija uglavnom kroz dva različita tipa: nepotpuna metamorfoza i potpuna metamorfoza.

- **Nepotpuna metamorfoza:** U nepotpunoj metamorfozi, insekti prolaze kroz tri razvojne faze – jaje, nimfa (larva) i odrasla jedinka. Nakon izleganja iz jajeta, mlada jedinka po opštem izgledu podsjeća na odraslu jedinku, ali su prisutni samo začeci krila i privremeni larvalni organi. Ovaj stadij insekta naziva se larva ili nimfa. Prolazi kroz nekoliko presvlačenja svog egzoskeleta, i sa svakim presvlačenjem gubi larvalne organe i sve više liči na odraslu jedinku.



Razvoj sa nepotpunom metamorfozom kod smrdljive bube (polutvrdokrilci)

S nepotpunom metamorfozom razvijaju se: skakavci, lisne uši, uši, skakavci, cvirci, bogomoljke, žohari, vretenca, polukrsti i drugi.



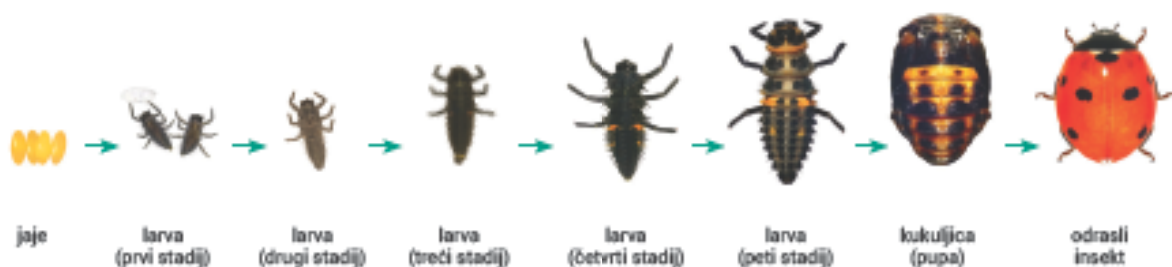
Nimfa i odrasla jedinka vilinog konjica



Presvlačenje nimfe vilinog konjica

- **Potpuna metamorfoza:** Tokom razvoja s potpunom metamorfozom, insekti prolaze kroz četiri razvojna stadija – jaje, larva, kukuljica (pupa) i odrasli insekt. Nakon izleganja iz jajeta, larva se veoma razlikuje od odrasle jedinke – nema začetak krila, ima drugačiji broj udova ili ih uopšte nema, može imati specifične larvalne organe, ima drugačiji usni dio, može živjeti u drugačijem okruženju od odrasle jedinke itd. U ovoj fazi, insekti su najaktivniji – hrane se i mogu se mitariti 4–6 puta (različiti larvalni stadiji).

Tokom posljednjeg mitarenja prelaze u fazu kukuljice. U ovoj fazi su neaktivni, ne hrane se, a unutar kukuljice se organi i tkiva larve raspadaju i formiraju se novi organi, karakteristični za odrasle jedinke. Samo se nervni sistem i dijelovi trahealnog sistema (za disanje) ne raspadaju. U ovoj fazi se zapravo odvija potpuna metamorfoza. Kukuljica se otvara i iz nje izlazi odrasli insekt.



Razvoj sa potpunom metamorfozom kod bubamara

Insekti sa složenijom organizacijom razvijaju se kroz potpunu metamorfozu: leptiri, moljci, muhe (dvokrilci), komarci, bubamare (tvrdokrilci), ose, pčele, stršljeni, mravi i drugi.

Kod leptira, tokom potpune metamorfoze, usni dijelovi gusjenice, koji su se koristili za grickanje biljnog materijala, transformiraju se u usni dijelove odrasle jedinke za sisanje nektara iz cvjetova. Kukuljica može biti zaštićena otvrdnutom ljuskom kao kod leptira ili čahurom kao kod svilenih buba.

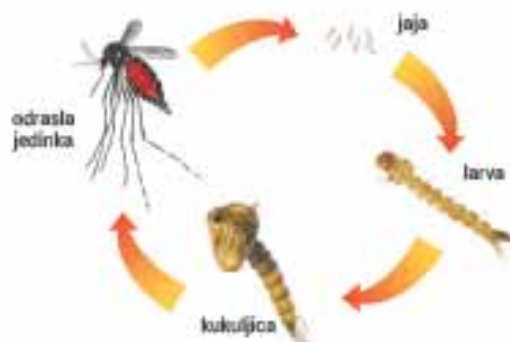


Razvojni ciklus velikog kupusnog leptira



Razvojne faze kod svilene bube: jaje, larva, svilena čahura u kojoj se nalazi kukuljica, kukuljica, odrasla jedinka

Komarci se također razvijaju s potpunom metamorfozom, s nezrelim oblicima (larve i kukuljice) koji žive u vodenom okruženju.



Razvoj s potpunom metamorfozom kod komaraca



Odrasli komarac iznad vode, s nezrelim oblicima (larve i kukuljice) u vodenom okruženju

Metamorfoza je izuzetno česta pojava kod beskičmenjaka. Pored insekata, metamorfoza se javlja i kod rakova (najpoznatiji larvalni oblik naziva se nauplius), mekušaca (školjke, neki puževi i neke meduze), bodljokožaca (kao larve imaju bilateralnu simetriju), cnidara (gdje je larvalni stadij pričvršćeni polip) itd. Glavna prednost metamorfoze kod beskičmenjaka je što mladi i odrasli ne konkurišu za istu hranu.

Faze razvoja kod kičmenjaka

Postembrionski razvoj kod kičmenjaka je period koji počinje nakon izleganja iz jajeta (kod ptica, gmizavaca, vodozemaca i riba) ili nakon rođenja (kod sisara) i traje sve dok jedinka ne postane odrasla i sposobna za razmnožavanje.

Kod kičmenjaka postoje dva osnovna tipa postembrionskog razvoja: direktni i indirektni.

- **Direktni razvoj** je karakterističan za gmizavce, ptice i sisare. Mladunče, koje se rodi ili izlegne iz jajeta, izgledom i građom podsjeća na svoje roditelje. Ima sve osnovne organe odrasle jedinke, samo u manjoj dimenziji. Glavna karakteristika ovog razvoja je rast. Mladunci se hrane, rastu i postepeno spolno sazrijevaju. Dakle, malo štene izgleda kao odrasli pas, mala ptica (iako u početku možda nema perje) ima isti oblik tijela kao i odrasla ptica.



Mladunče krokodila izgleda potpuno isto kao odrasli krokodil



Pilići lastavice izgledaju kao odrasla lastavica



Tele izgleda kao odrasla krava

- **Indirektni razvoj** (s metamorfozom) karakterističan je za vodozemce i neke vrste riba. Mlada jedinka (larva) se značajno razlikuje od roditelja po izgledu, načinu disanja i kretanju. Često živi u drugačijem okruženju (na primjer, u vodi, dok su odrasli na kopnu). Da bi postala odrasla jedinka, larva mora proći kroz složen proces transformacije koji se naziva metamorfoza. U ovom procesu dolazi do velikih promjena: neki organi nestaju (kao što su rep ili škrge kod žaba), a pojavljuju se novi (pluća, noge).

Životni ciklus žaba je najbolji primjer indirektnog razvoja kod kičmenjaka. Ženke žaba polažu jaja u vodu. Svako jaje je obloženo sluzavom supstancom koja ih održava vlažnima i štiti od predatora. Ženka polaže jaja na jednom mjestu i u velikom broju kako bi osigurala da će ih mužjak oploditi. Iz oplodjenog jaja se izlegne larva koja jako liči na ribu. Larva se naziva punoglavac. Diše škragama i pliva dugim repom, poput peraje. Nakon nekog vremena, razvija

se larva. Prvo stražnji udovi, zatim prednji udovi. Mlada žaba prvo ima rep. Rep počinje da se smanjuje i razvijaju se pluća. Na taj način se razvoj završava i ona postaje odrasla žaba.



Žaba sa položenim jajima



Dvije različite faze razvoja žabe

Aktivnost

1. Podijelite se u male grupe ili parove i napravite dijagram razvoja u određenoj grupi insekata spomenutih u lekciji. Predstavite svoj dijagram i faze njihovog razvoja ostalim učenicima i zajedno razgovarajte o sličnostima i razlikama između opisanih insekata.
2. Podijelite se u male grupe ili parove. Dobit ćete kartice za životni ciklus žabe. Potrebno je da napravite tačan dijagram i opišete faze razvoja: jaje, larva (punoglavac), mlada žaba sa repom i odrasla žaba bez repa. Razgovarajte o razlikama u vanjskom izgledu i strukturi punoglavca i vanjskom izgledu i strukturi odrasle žabe.

Istražite za



... anatomske promjene koje se javljaju tokom metamorfoze punoglavca u odraslu žabu.

Provjerite šta ste naučili

1. Koji je razvoj karakterističan za beskičmenjake?
2. Koja je razlika između potpune i nepotpune metamorfoze kod insekata?
3. Koje grupe insekata se razvijaju s nepotpunom, a koje s potpunom metamorfozom?
4. Opišite šta se dešava u stadiju kukuljice.
5. Kako se razvijaju kičmenjaci?
6. Opišite razvoj kod žaba.

Zanimljiva biologija



Iako je kod većine vodozemaca metamorfoza obavezan proces za prelazak u odrasli oblik, postoje izuzeci gdje larve nikada ne napuštaju svoj "juvenilni" oblik. Kod ovih vrsta, životinja postaje spolno zrela i može se razmnožavati dok još uvijek ima larvalne karakteristike (kao što su vanjske škrge i repno peraje).

Najpoznatiji primjer ovog fenomena je aksolotl, vrsta vodozemca. Zadržava svoj larvalni izgled (velike pernate vanjske škrge i peraje) čak i kada je sposoban proizvesti potomstvo i ostaje voden tokom cijelog života. Sličan primjer je antropoidna riba, vodozemac koji živi u podzemnim pećinskim vodama (tipično za Balkan, uključujući Sloveniju).



2.14 Razvoj kod gmizavaca i ptica

Uvodna aktivnost

Gdje se pilići razvijaju? Koji uslovi moraju biti ispunjeni da bi se to dogodilo?
Znate li još neke životinje koje se također razvijaju iz jajeta?

Spolno razmnožavanje s unutrašnjom oplodnjom znači da se oplođene jajne ćelije nalaze unutar tijela majke. Kod gmizavaca i ptica, razvoj embriona se odvija u jajima. **Jaje** je oplođena jajna ćelija i sadrži hranu za razvoj fetusa dok ne izađe iz jajeta (izleganje).

Pojava jaja otpornih na isušivanje kod gmizavaca i ptica je evolucijska adaptacija kojom su se ove životinje oslobodile ovisnosti o vodenoj sredini tokom razmnožavanja (koja je i dalje prisutna kod vodozemaca). Unutar jajeta, embrion ima sve potrebne hranjive materije, a ljuska štiti fetus od isušivanja i nepovoljnih vanjskih uvjeta.



Gmizavci i ptice se razvijaju u jajima

Razvoj kod gmizavaca

Jaja gmizavaca su kožasta i elastična na dodir. Kožasta ljuska je propusna i jaja mogu apsorbirati vodu iz vlažnog tla ili okoline kako embrion raste. Stoga gmizavci polažu jaja na zaštićena mjesta koja imaju dovoljno topline i vlage. Morske kornjače polažu jaja u velikom broju u rupu koju kopaju u plitkoj toploj vodi.

Razmnožavanje i razvoj živih organizama odvija se u pijesku na obalama mora. Razvoj mladih odvija se pod pijeskom, zaštićeno od predatora, ali s dovoljno topline. Nakon što se izlegu,



Izbacivanje mladih morskih kornjača iz gnijezda

mladi kopaju put do površine pijeska i odlaze u morsku vodu gdje nastavljaju svoj samostalni život.

Ženke krokodila i aligatora grade gnijezda u koja polažu jaja. Obično ih prekrivaju vegetacijom. Zatim ostaju u blizini i čuvaju gnijezdo od predatora. Nakon što se izlegu, pomažu mladima da izađu na površinu i štite ih sljedećih nekoliko mjeseci njihovog života.

Zanimljivo je da spol mladih krokodila ovisi o temperaturi na kojoj se jaja razvijaju. Kod većine krokodila, niže temperature (oko 30 °C ili niže) rezultiraju ženkama, dok toplije temperature (oko 34 °C ili više) rezultiraju mužjacima, iako se specifični pragovi razlikuju ovisno o vrsti.

Zmije i gušteri također polažu jaja na zaštićenim i toplim mjestima, s dovoljnom vlagom. Neke zmije brinu o svom gnijezdu dok se mladi ne izlegu. Zatim mladi nastavljaju živjeti samostalno i hraniti se loveći male životinje.



Izleganje mladog krokodila u gnijezdu



Majka piton čuva svoja jaja

Razvoj kod ptica

Ptice, za razliku od gmizavaca, polažu jaja koja imaju tvrdu ljusku s kalcijem. To im daje dodatnu zaštitu i snagu, budući da većina ptica prekriva jaja svojim tijelom kako bi osigurala dovoljno topline za razvoj embriona unutar njih. Ptičja jaja mogu biti različitih veličina, boja i uzoraka ovisno o vrsti.

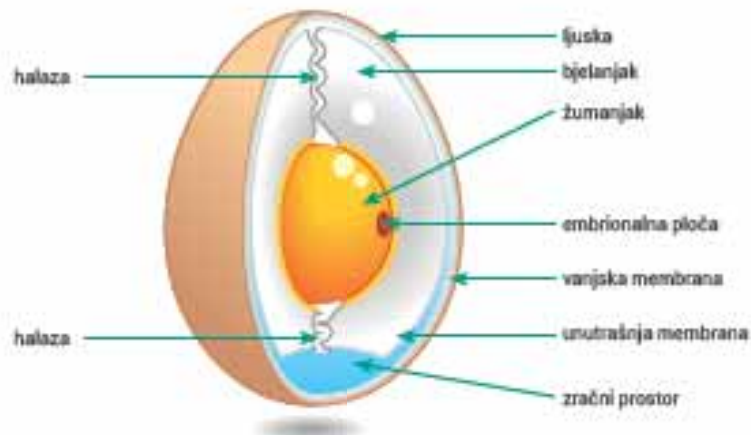
Jaje kod ptica osigurava sve potrebne hranjive materije, vodu i zaštitu za embrion tokom njegovog razvoja izvan tijela majke.

Ljuska je uglavnom napravljena od kalcijum karbonata. Teško ju je zaštititi od embriona, ali je i porozna. Dolazi do razmjene gasova (kisik ulazi, ugljendioksid izlazi) i višak vlage isparava kroz hiljade sitnih pora.

Ispod ljuske se protežu dvije membrane, jedna leži na ljusci, a druga na bjelanjku. Elastične su i štite jaje i embrion od bakterija. U najširem dijelu jajeta, ove dvije membrane se razdvajaju i formiraju zračnu komoru. Ovaj zrak pile koristi za svoj prvi dah neposredno prije izleganja.

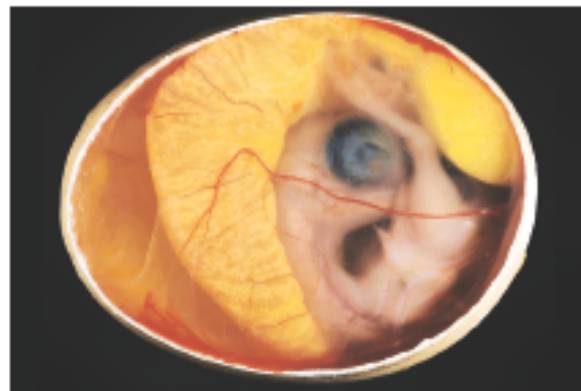
Bjelanjak je glavni izvor vode i proteina za embrion. Također služi kao "jastuk" koji štiti žumanjak i embrion od udaraca i potresa. Žumanjak je glavno "skladište" hrane.

Žumanjak je bogat mastima, vitaminima i mineralima koji su neophodni za energiju i rast mladih. Na oba kraja žumanjka nalaze se spiralni pramenovi debelog bjelanjka poznati kao halaze. Njihova funkcija je da drže žumanjak u središtu jajeta, sprječavajući ga da se zalijepi za ljusku. Na površini žumanjka nalazi se embrionalna ploča (mala bijela mrlja) – mjesto gdje se fetus počinje razvijati ako se jajna ćelija oplodi.



Shematski prikaz strukture ptičjeg jajeta

Većina ptica polaže jaja u unaprijed napravljena gnijezda i koristi tjelesnu toplinu za zagrijavanje jaja (inkubaciju). Vrijeme inkubacije varira od ptice do ptice. Nakon izleganja, odrasle jedinke brinu o svojim mladima, hrane ih i štite od predatora i vremenskih nepogoda.



Fotografija pilećeg embriona u jajetu

Aktivnost

Pažljivo razbijte kokošje jaje. Analizirajte ono što vidite i pokušajte pronaći dijelove jajeta opisane ranije.

Istražite za



.... strukturu jajeta kod gmizavaca. Po čemu se razlikuju od ptičjih jaja?

Provjerite šta ste naučili

1. Gdje se odvija embrionalni razvoj kod ptica i gmizavaca?
2. Kako izgledaju jaja gmizavaca?
3. Opišite kako se inkubiraju jaja gmizavaca i ptica.
4. Navedite strukturne dijelove ptičjih jaja.
5. Koja je funkcija žumanca u jajetu?

Zanimljiva biologija



Nojevo jaje je daleko najveće jaje od svih životinja koje danas postoje. Dugo je oko 15–18 cm i široko oko 13 cm. Teži između 1,4 i 2 kilograma (što je jednako oko 24 kokošja jaja). Iako je najveće u apsolutnom smislu, zapravo je najmanje jaje u odnosu na veličinu tijela majke (samo 1–2% težine noja)



Najmanje ptice na svijetu – kolibriji – također polažu najmanja jaja. Jaje medonosne pčele kolibrija veličine je zrna graška ili kafe i teži samo oko 0,5 grama. Iako sićušno, za ženku kolibrija ovo jaje predstavlja ogroman napor, jer predstavlja oko 10–15% njene tjelesne težine.



2.15 Embrionalni razvoj kod sisara

Uvodna aktivnost

Koji tip oplodnje je prisutan kod sisara?

Gdje se odvija embrionalni razvoj kod sisara?

Embrionalni razvoj kod sisara je proces koji počinje unutrašnjom oplodnjom jajne ćelije, a završava **rođenjem** mladunca.

Kod većine sisara (placentalnih sisara), ovaj razvoj se odvija unutar tijela majke, u posebnom organu koji se naziva maternica. Nakon oplodnje, embrion se spušta u maternicu i pričvršćuje se za zid maternice. Stvara se privremeni organ – posteljica, iz koje embrion prima hranu i kisik putem pupčane vrpce.

Trajanje embrionalnog razvoja zavisi od vrste, pa se razlikuje među različitim sisarima. Najduži embrionalni razvoj je kod slonova – od 18 do 22 mjeseca. Najkraći embrionalni razvoj je kod kućnog miša (oko 20 dana).

Broj embriona u jednoj trudnoći varira među različitim sisarima. Kod velikih životinja obično se rodi jedno do dva mladunca, ali kod većine sisara može se odjednom roditi više mladih. Rođenje više mladih obično znači kraći embrionalni razvoj u maternici majke.

Kod različitih vrsta sisara, mladi se rađaju s različitim stepenom spremnosti za samostalan život. Dakle, kod zvijeri – mačaka, vukova, medvjeda i sličnih, mladi se rađaju slijepi i ne mogu živjeti bez stalne brige svojih majki. Nasuprot tome, mlade antilope i zebre moraju brzo stati na noge i trčati, jer im životi mogu ovisiti o tome. Mladi kitovi i delfini moraju odmah nakon rođenja moći plivati kako bi izašli na površinu i udahnuili zrak.

Kod sisara, nakon rođenja mladunca, majka ga hrani (siše) majčinim mlijekom koje se luči iz mliječnih žlijezda. Roditelji se brinu o svojim mladima u početnom periodu života. Mladi sisari rastu i razvijaju se dok ne postanu odrasli i reproduktivno zreli, spremni za stvaranje novog života.



Novorođeno štene s vidljivom pupčanom vrpcom pričvršćenom za postelnicu

Specifičan način razvoja postoji kod grupe sisara koji se nazivaju torbari, a žive u Australiji, Okeaniji i Južnoj Americi. U ovu grupu spadaju: kenguri, oposumi, vombati, koale i drugi. Kod njih, baš kao i kod placentnih sisara, oplodnja je unutrašnja i razvoj embriona počinje u majčinoj maternici. Međutim, za razliku od placentnih sisara, kod torbara embrionalni razvoj je kratak jer maternica ne može dugo hraniti embrion bez posteljice. Mladunče se rađa kao "nedorazvijeni embrion".

Nakon rođenja, puze uz majčino krzno do njene torbice na stomaku. U torbici su mladi zaštićeni od vanjskih promjena i predatora, a tu se nalaze i mliječne žlijezde. Mladunci se pričvršćuju za mliječnu žlijezdu i završavaju svoj razvoj hraneći se mlijekom.



Nezreli embrion kengura u majčinoj torbici



Odrasla beba u majčinoj torbici

Evolutivno najstariji sisari, kljunar i ehidna, jedini su sisari kod kojih embrionalni razvoj završava jajetom izvan tijela. Zato se nazivaju jajonosnim sisarima. Polaze jaja iz kojih se izlegu mladi. Zatim hrane mlade mlijekom koje im kaplje niz krzno na truhu.



Jajonosni sisari: kljunar i ehidna

Aktivnost

Podijelite se u male grupe ili parove i odaberite sisara (na primjer: kljunar, kengur, slon, majmun). Istražite online o vrsti razmnožavanja, načinu oplodnje, razvoju mladunaca (embriona), trajanju embrionalnog razvoja, broju i razvoju mladih itd. Predstavite svoje istraživanje ostalim učenicima i zajedno izvucite zaključak o embrionalnom razvoju sisara.

Istražite za



.... embrionalni razvoj kengura. Koliko dugo se mladi razvijaju u maternici, a koliko u majčinoj torbici?

Provjerite šta ste naučili

1. Gdje se embrion razvija nakon oplodnje kod većine sisara?
2. Kakav je embrionalni razvoj mladih kod kljunar i ehidne?
3. Kako se razvijaju mladi torbara?
4. Zašto je kod sisara neophodan duži period razvoja u maternici?
5. Koja je funkcija posteljice u razvoju sisara?

Zanimljiva biologija



Placenta je zajednički organ i predstavlja vezu između embriona i majke. Djeluje kao "korisni parazit". Placenta koristi očeve gene da biološki preoblikuje majčine krvne sudove i proširi ih kako bi osigurala maksimalan protok krvi do bebe. Ako se ova ravnoteža poremeti, mogu se roditi bebe koje su prevelike ili premale.

Za razliku od većine kopnenih sisara koji se rađaju glavom naprijed, kitovi se gotovo uvijek rađaju repom naprijed. Na taj način, otvor za disanje na glavi izlazi posljednji kako bi se spriječilo da mladunče udahne vodu i udavi se dok je još u porođajnom kanalu. Odmah nakon rođenja, majka (a često i "tetke" – druge ženke u jatu) guraju mladunče na površinu da prvi put udahne.

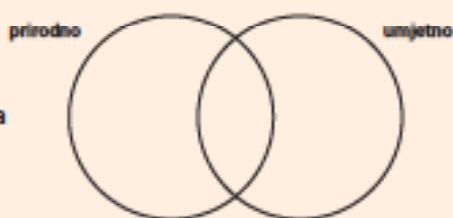
Pitanja za ponavljanje Teme 2

1. Napišite (T) za tačno ili (N) za netačno za sljedeće tvrdnje o spolnom i bespolnom razmnožavanju.

Tvrdnja	T / N
1. Spolno razmnožavanje omogućava kombinaciju genetskih informacija od dva roditelja.	
2. Bespolno razmnožavanje rezultat je samo jednog roditelja i ne stvara genetsku raznolikost.	
3. Spolno razmnožavanje obično dovodi do bržeg rasta populacije od bespolnog razmnožavanja.	
4. Bespolno razmnožavanje često uključuje procese kao što su dioba ćelija, pupanje ili vegetativno razmnožavanje.	
5. Spolno razmnožavanje je ekonomičnije i zahtijeva manje energije od bespolnog razmnožavanja.	
6. Spolno razmnožavanje doprinosi boljem širenju i rasprostranjenju u poređenju sa bespolnim razmnožavanjem.	

2. Uporedite prirodne i vještačke metode vegetativnog razmnožavanja prema datim karakteristikama i unesite slova u dijagram. Koje zajedničke karakteristike se mogu razlikovati?

- A – uz aktivno ljudsko učešće
 B – bez ljudskog učešća
 C – sa modificiranim organima
 Č – sa laboratorijskim tehnikama i postupcima
 Ć – potomstvo je identično roditelju
 D – reznice, kalemljenje, kultura tkiva
 DŽ – brza metoda razmnožavanja
 E – primjena u poljoprivredi, voćarstvu, hortikulturi



3. Popunite praznine u tabeli informacijama o različitim metodama vegetativnog razmnožavanja biljnim organima ili njihovim modifikacijama, primjerom biljne vrste s takvim razmnožavanjem i kratkim objašnjenjem procesa.

Metoda vegetativnog razmnožavanja (organ i porijeklo)	Primjer (koja biljka)	Objašnjenje procesa
		Biljka se može razmnožavati reznicama (stabljika se reže i sadi u hranjivo tlo)
	crni luk, bijeli luk	
korijen		
rizom ()		
		Biljka može stvoriti novo korijenje i biljke iz listova (ukorjenjivanjem lista)
	jagoda	

4. Popunite praznine u rečenicama.

Cvjetovi koji imaju antere i tučak nazivaju se _____. Prvi krug se sastoji od _____. Oni su _____ (boju) i imaju _____ (funkciju). Drugi krug se sastoji od _____. Kada su listovi perianta jednobojne boje, mogu biti _____ ili _____. Nektarske žlijezde se nalaze na _____ i igraju ulogu u _____.

5. Odgovorite na sljedeća pitanja.

- Gdje se formiraju muške i ženske spolne ćelije kod jednodomnih i dvodomnih biljaka?
- Koja je uloga polena u spolnom razmnožavanju biljaka, gdje se formira i kako se raspršuje?
- Kako je građen tučak i koja je funkcija svakog njegovog dijela?
- Koliko sjemenih klica može biti u tučku i koji je njihov značaj?

6. Označite i imenujte dijelove na slici i objasnite prikazani proces.



7. Koja je glavna razlika u strukturi sjemena kod monokotiledonih i dikotiledonih biljaka?

- Monokotiledone imaju jednu kotiledon i nemaju hranjivo tkivo.
- Dikotiledone imaju dvije kotiledone i vrlo dobro razvijeno hranjivo tkivo.
- Dikotiledone imaju dvije kotiledone i slabo razvijeno ili odsutno hranjivo tkivo.
- Monokotiledone su bez kotiledona i imaju razvijeno hranjivo tkivo.

8. Poredajte sljedeće plodove u odgovarajuće kolone prema njihovim karakteristikama.

malina | orah | grah | riža | lješnjak | kupina | trešnja | ananas | rotkvica | šljiva | smokva | kajsija | kesten | grašak | pšenica | ječam | zeleni grah | breskva | višnja | soja | kupus | maslina

Prosti sočni plodovi	Prosti suhi plodovi koji pucaju	Suhi plodovi koji ne pucaju	Složeni plodovi

9. Navedite primjere samorasprostiranja kod biljaka, objašnjavajući važnost strukture i vrste ploda.
10. Zašto je rasprostiranje sjemena važno i objasnite kako je struktura ploda ili sjemena povezana s načinom rasprostiranja?
11. Popunite praznine u rečenicama.
- Ako u tlu nema dovoljno vlage, onda sjeme _____.
 - Ako u okolini ima previše vode i nema kisika, sjeme _____.
 - Niska temperatura utiče na disanje, što će uticati na količinu energije i sjeme ____.
 - Prisustvo vode u sjemenu aktivira _____.
 - Kada nema razgradnje rezervnih supstanci u sjemenu, onda nema dovoljno hrane za _____.
12. Koja je prednost bespolnog razmnožavanja?
- Visoka genetička raznolikost
 - Brzo generiranje potomstva
 - Potrebna su dva roditelja
 - Potomak se razlikuje od roditelja
13. Odgovorite na pitanja.
- Koje spolne ćelije učestvuju u spolnom razmnožavanju?
 - Koji način razmnožavanja osigurava dugoročnu stabilnost vrste. Objasnite zašto.
 - Objasnite zašto spolno razmnožavanje kod životinja, poput mačke ili orla, omogućava veću raznolikost potomstva.
14. Popunite praznine u rečenicama.
- U zavisnosti od toga gdje se muški i ženski gameti susreću, razlikuju se dvije vrste oplodnje – vanjska i _____ oplodnja. Vanjska oplodnja je najčešće povezana s _____ okruženjem, jer spermatozoidi mogu plivati i doseći _____.
- Vanjska oplodnja je posebno česta kod vodenih životinja, posebno beskičmenjaka koji imaju pričvršćen način života poput _____, ali i kod slobodnoživućih oblika poput _____.
15. Rasporedite sljedeće životinje na odgovarajuće mjesto u tabeli.
- pastrmka | orao | jež | spužva | žaba | morski jež | šišmiš | kit | šaran | daždevnjak | golub | lav | gušter | šimpanza | školjka | kornjača

Vanjska oplodnja	Unutrašnja oplodnja

16. Uzgajate ribe u akvarijumu i držite psa u dvorištu. Odgovorite.

- Koja vrsta oplodnje postoji kod svake od ovih životinja?
- Objasnite zašto je ova vrsta oplodnje prikladna za okolinu u kojoj žive.

17. Pogledajte sliku koja prikazuje životni ciklus muhe.



- Koji tip razvoja je karakterističan za muhe?
 - Kako se nazivaju razvojne faze označene slovima na slici?
 - Šta se dešava sa organima životinje u fazi označenoj slovom G?
 - Kako se mogu razlikovati jedinke iz faza A i B?
 - Zašto se ovaj tip razvoja tako naziva?
18. Koji tip razvoja kod beskičmenjaka je uspješniji u smanjenju konkurencije za hranu – sa nepotpunom ili potpunom metamorfozom?
19. Uporedite razvoj embriona kod ptice i krave. Objasnite koju prednost ima razvoj unutar kravlje maternice.
20. Kolike su šanse za preživljavanje mladih riba u poređenju sa mladim ribama. Objasnite/obrazložite svoj odgovor.
21. Uporedite indirektni razvoj kod žabe i direktni razvoj kod ptice. Zašto žaba polaže toliko jaja? Kako se lastavica brine o svojim mladima, a kako žaba?
22. Popunite praznine u rečenicama.
- Ljuska jajeta gmizavaca je _____ i razlikuje se od ljuske jajeta ptica, koja je _____. I uglavnom je građena od _____. Ispod ljuske jajeta ptica protežu se _____ membrane, od kojih jedna leži na ljusci, a druga na _____. Bjelanjak je glavni izvor _____ i _____ za embrion. _____ je glavno „skladište“ hrane, bogato mastima, vitaminima i mineralima koji su neophodni za energiju i rast mladih.
23. Objasnite specifičan način razvoja kod grupe sisara koji se nazivaju torbari.

Razmnožavanje i razvoj čovjeka

Magija stvaranja: Kako počinje naša priča?

Ova tema istražuje put stvaranja čovjeka – od embrija do složenog organizma. Sve počinje sazrijevanjem reproduktivnog sistema u pubertetu i činom oplodnje, koji postavlja temelje za novi organizam. Kroz faze embrionalnog i fetalnog razvoja, jedna ćelija se transformiše u složeni organizam spreman za vanjski svijet.

Međutim, tema nije samo o biologiji – ona naglašava važnost zrelog i odgovornog ponašanja. Planiranje porodice i zaštita od spolno prenosivih bolesti predstavljeni su kao ključni elementi za očuvanje zdravlja i svjesno upravljanje vlastitom budućnošću.

U ovoj temi otkrit ćete kako se jedna ćelija razvija u tako savršeno biće kao što je čovjek.

-
- | | |
|---|--|
| ▶ Muški i ženski reproduktivni organi | ▶ Kontracepcija |
| ▶ Spolni odnos, oplodnja kod ljudi | ▶ Seksualno/spolno prenosive bolesti |
| ▶ Embrionalni i postembrionalni razvoj/
Fetalni razvoj | ▶ Planiranje porodice |
| ▶ Trudnoća i rađanje | ▶ Populacija – problemi rastuće populacije |
| ▶ Životni ciklus čovjeka | |
-



U ovoj temi ćete naučiti:

- 1. opisati muski i ženski reproduktivni sistem kod ljudi, njihovu strukturu i funkciju tokom spolnog razmnožavanja, dobijanja novih jedinki i nastavka ljudske vrste;**
- 2. identificirati faze ljudskog životnog ciklusa i prepoznati promjene koje se uočavaju kod ljudi u svakoj pojedinačnoj fazi;**
- 3. povezati kontracepciju s planiranjem porodice, zaštitom od seksualno prenosivih bolesti i neželjene trudnoće te sumirati da svaka osoba ima i treba znati svoja seksualna i reproduktivna prava;**
- 4. objasniti da stope nataliteta i mortaliteta utiču na veličinu populacije, a ljudska populacija pokazuje trend eksponencijskog rasta.**

3.1 Reproductivni sistem čovjeka

Uvodna aktivnost

Kako jedinke nastavljaju svoju vrstu?

Koji su različiti načini razmnožavanja kod biljaka i životinja? Koja je razlika među njima?

Koji je način razmnožavanja evolucijski napredniji?

Reproduktivni (spolni) sistem sastoji se od organa čija je glavna funkcija **razmnožavanja** (reprodukcija) organizma i stvaranje novih jedinki, tj. potomstva. Reproductivni sistem se razlikuje kod muškaraca i žena i prilagođen je za unutrašnju oplodnju i unutrašnji razvoj embriona. Reproductivni organi kod ljudi nalaze se u donjem dijelu trbušne šupljine, u karličnom prostoru, i mogu se grupisati u vanjske i unutrašnje spolne organe i žlijezde.

Muški reproductivni sistem

Muški reproductivni sistem sastoji se od unutrašnjih spolnih organa: testisa, pasjemenika, sjemenovoda, prostate i uretre te vanjskih spolnih organa: penisa i skrotuma.

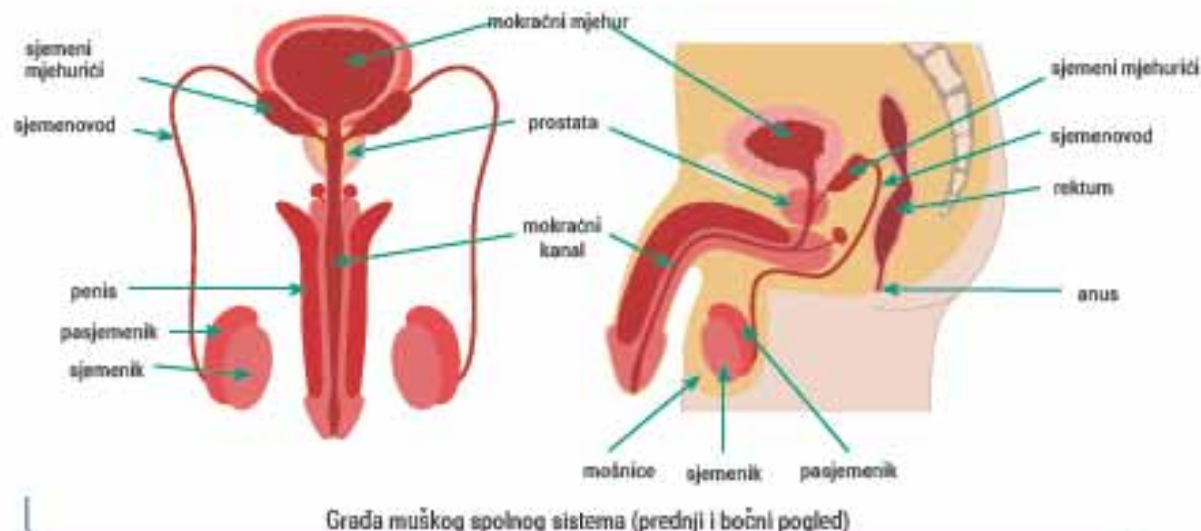
Sjemenici (testisi) su parni organi koji imaju dvostruku ulogu. Oni proizvode muške spolne ćelije – **gamete** i luče muški spolni hormon – testosteron. Imaju jajolik oblik i nalaze se u posebnoj kožnoj kesi – **mošnicama (skrotumu)**, izvan tijela. Unutrašnjost sjemenika sastoji se od brojnih kanala u kojima se stvaraju muške gamete – spermatozoidi. U njima se svakodnevno stvaraju milioni **spermatozoida**, koji su u početku nezrele spolne ćelije.

Iz unutrašnjosti svakog testisa nastavljaju se kanali koji transportuju spermatozoide pasjemenik. Ovdje spolne ćelije sazrijevaju i postaju pokretne. Iz svakog pasjemenika izlazi jedan **sjemenovod**, koji se proteže kroz trbušnu šupljinu i spaja se s mokraćnim kanalom. Na svom putu, sjemenovod prolazi kroz prostatu.

Prostata je organ koji se nalazi ispod mokraćnog mjehura i u njemu se stvara dio sjemene tečnosti. Sjemeni tečnost je medij kroz koji se spermatozoidi lakše kreću. Većina sjemene tečnosti se stvara u **sjemenim mjehurićima**, koji se nalaze u blizini prostate. Oni također luče šećere (fruktozu), koji obezbjeđuju energiju za kretanje spermatozoida.

Smjesa sjemene tečnosti i spermatozoida se izbacuje iz tijela kroz **mokraćni kanal**. Kod muškaraca, mokraćni kanal je zajednički drenažni kanal i za reproductivni i za ekskretorni sistem.

Najveći dio mokraćnog kanala smješten je u penisu. **Penis** je vanjski spolni organ, sastavljen od spužvastog tkiva bogatog krvnim sudovima i prostorima ispunjenim krvlju. Kada u prostorima nema krvi, penis je mlitav. Tokom faze erekcije, prostori se pune krvlju i penis se povećava.

**Tabela: Funkcija muških spolnih organa**

Muški spolni organ	Funkcija
Sjemenik	Stvaranje spermatozoida i muških spolnih hormona
Pasjemenik	Sazrijevanje spermatozoida
Sjemenovod	Prenošenje spermatozoida do mokraćnog kanala
Prostata	Stvaranje sjemene tečnosti
Sjemeni mjehurići	Stvaranje sjemene tečnosti
Mokraćni kanal	Provođenje spermatozoida izvan tijela
Penis	Provođenje i izbacivanje spermatozoida i urina
Mošnice	Zaštita sjemenika

Ženski reproduktivni sistem

Ženski reproduktivni sistem sastoji se od unutrašnjih genitalnih organa: jajnika, jajovoda, maternice i vagine. Vanjski organi su male i velike usne i osjetljivi dio, nazvan klitoris.

Jajnici su ženski genitalni organi izgleda, oblika i veličine badema. Jajnici također imaju dvostruku ulogu, stvaranje ženskih spolnih ćelija – jajnih ćelija i lučenje spolnih hormona (estrogena i progesterona). To su parni organi i nalaze se u donjem dijelu trbušne šupljine.

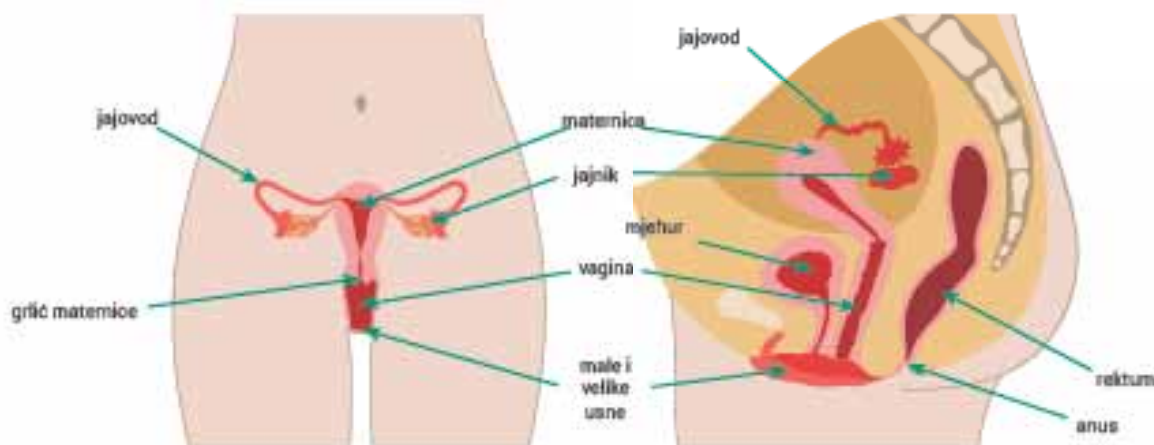
Unutar jajnika, pod uticajem hormona iz hipofize, stimulira se sazrijevanje i oslobađanje ženskih gameta – **jajnih ćelija**. Jajne ćelije se formiraju u takozvanim folikulima u kojima se odvija proces njihovog sazrijevanja. Čak i prije rođenja, jajnici sadrže od 1 do 2 miliona nezrelih jajnih ćelija. One miruju do puberteta kada se njihov broj smanjuje na oko 300 do 400 hiljada.

Jajovodi su mišićne cijevi dužine oko 12 cm. Slobodni kraj jajovoda ima cilije i nalazi se blizu jajnika, a drugi kraj je povezan s maternicom. Kada jajna ćelija napusti jajnik, cilije je prihvataju i vode kroz jajovod. Unutrašnji zid jajovoda obložen je cilijama koje omogućavaju transport jajne ćelije do maternice. Oplođna jajna ćelija se najčešće događa u jajovodu, tačnije u njegovoj prvoj trećini.

Maternica je mišićni organ koji se nalazi duboko u karličnoj šupljini i oblika je obrnute kruške. Povezana je s jajovodima kroz koje jajna ćelija stiže u njenu unutrašnjost. Tokom trudnoće, fetus se razvija u maternici. Unutrašnji zid maternice je posebna vrsta epitela koja se naziva endometrij, u koji se oplođena jajna ćelija implantira, ili, ako nije oplođena, izbacuje se putem menstruacije.

Donji dio maternice se sužava i formira **grlić maternice** (cerviks). Povezan je s porođajnim kanalom – **vaginom**, koja se otvara prema vanjskoj okolini. Vagina ima ulogu u prihvatanju spermatozoida tokom spolnog odnosa.

Velike i male usne su dio vanjskih ženskih reproduktivnih organa čija je funkcija zaštita unutrašnjosti vagine od vanjskih uticaja. Klitoris je mali, vrlo osjetljiv organ, smješten u prednjem dijelu između malih usana. Bogato je opskrbljen nervnim završecima i igra važnu ulogu tokom spolnog odnosa.



Grada ženskog reproduktivnog sistema (prednji i bočni pogled)

Tabela: Funkcija ženskih spolnih organa

Ženski spolni organ	Funkcija
Jajnik	Proizvodnja jajnih ćelija i ženskih spolnih hormona
Jajovod	Prenos jajnih ćelija iz jajnika u maternicu, gdje dolazi do oplođne jajne ćelije
Maternica	Razvoj fetusa
Vagina	Mjesto za prihvatanje spermatozoida

Aktivnost**Put spermatozoida i jajne ćelije**

Nastavnik će vam dati kartonske strelice, kartice s reproduktivnim organima (jajnik, jajovod, maternica, vagina, testis, pasjemenik, sjemenovod, mokraćni kanal) i veliki list papira.

Postavite kartice s muškim i ženskim genitalnim organima i koristite strelice da označite putanju kojom se kreću spermatozoidi i jajna ćelija. Opišite redoslijed organa u reproduktivnom sistemu, putanju kojom se kreću gamete i funkciju svakog organa.

Provjerite šta ste naučili

1. Navedite muške i ženske spolne organe.
2. Uporedite sjemenike i jajnike.
3. Gdje se proizvode muške i ženske gamete i kako se nazivaju?
4. Koja je uloga mokraćnog kanala kod muškaraca?
5. Koja je funkcija maternice?

Istražite za

... to da li testisi i jajnici proizvode spolne hormone suprotnog spola i koja je njihova uloga.

Zanimljiva biologija

Temperatura testisa je oko 2–3 °C niža od tjelesne temperature, što je neophodno za proizvodnju sperme. Stoga se nalaze izvan tijela.

Kod spolno zrelih muškaraca, spermatozoidi se stalno proizvode. Prosječan muškarac proizvodi oko 1.500 spermatozoida svake sekunde, što je preko 100 miliona dnevno.

Za razliku od muškaraca, žene se rađaju sa svim jajnim ćelijama koje će ikada imati (oko 1 do 2 miliona). Do puberteta taj broj pada na oko 300.000, a samo oko 400–500 njih će biti oslobođeno tokom njihovog života.

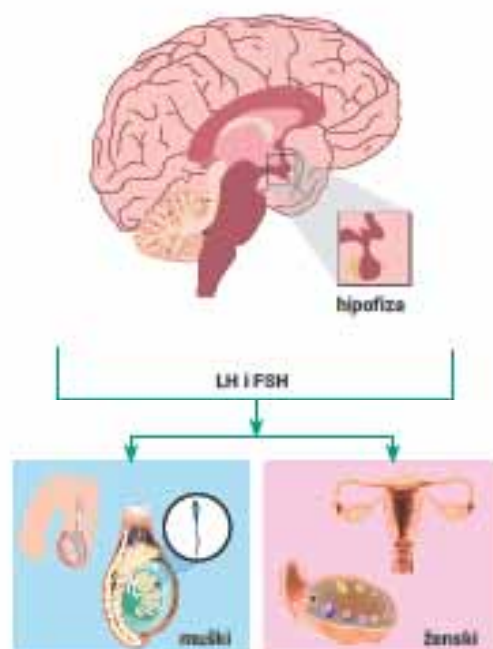
3.2 Spolno sazrijevanje kod ljudi

Uvodna aktivnost

Razgovarajte o tome šta znači spolna zrelost? U kojem periodu života mislite da se javlja spolna zrelost? Kako se nazivaju muške i ženske spolne ćelije?

Muški i ženski spolni organi određuju **primarne spolne karakteristike** kod ljudi. Oni određuju spol jedinke. Rast i razvoj dječaka i djevojčica je približno isti do otprilike desete godine. U toj dobi ljudi ulaze u pubertet. **Pubertet** je faza ljudskog života u kojoj dječaci i djevojčice dostižu spolnu zrelost i postaju sposobni za razmnožavanje.

Spolno sazrijevanje pokreću posebne materije koje se nazivaju hormoni. **Hormoni** su aktivne materije koje se proizvode u vrlo malim količinama u endokrinim žlijezdama i luče se direktno u krv. Hipofiza (žlijezda koja se nalazi u mozgu) počinje oslobađati hormone (LH – luteinizirajući i FSH – folikulostimulirajući) koji stimuliraju jajnike (kod djevojčica) ili testise (kod dječaka) da proizvode muške ili ženske spolne hormone (testosteron ili estrogen). Pod uticajem spolnih hormona, **sekundarne spolne karakteristike** se pojavljuju i kod dječaka i djevojčica. Od tada počinje funkcioniranje reproduktivnih sistema muškaraca i žena, odnosno počinje stvaranje jajnih ćelija i spermatozoida.



Hipofiza luči hormone (LH i FSH) koji stimulišu jajnike ili testise da proizvode muške ili ženske spolne hormone i spolne ćelije

Menstrualni ciklus – stvaranje zrele jajne ćelije

Jajne ćelije su ženske spolne ćelije (gameti). Okruglog su oblika. To su najveće ćelije u ljudskom tijelu. Unutar njih se nalazi citoplazma bogata hranjivim materijama koje pomažu embrionu u najranijim fazama razvoja.

Iako jajnici kod djevojčica sadrže sve potencijalne jajne ćelije, one ne počinju sazrijevati do puberteta. Kod djevojčica pubertet nastupa mjesečno krvarenje ili menstruacija. Međutim, menstruacija je samo dio cikličnog procesa koji se naziva menstrualni ciklus. **Menstrualni ciklus** uključuje niz mjesečnih promjena u ženskom tijelu (promjene u jajnicima, maternici i hormonima) tokom kojih se proizvodi zrela jajna ćelija i tijelo se priprema za potencijalnu trudnoću.

Dužina menstrualnog ciklusa varira, ali u prosjeku traje 28 dana, pri čemu je prvi dan početak krvarenja (menstruacije). Svaka žena je drugačija i menstrualni ciklus se može razlikovati od osobe do osobe. Vremenom se uspostavlja stabilan i redovan menstrualni ciklus.

Menstrualni ciklus se može podijeliti u 4 faze.

- **Prva faza – Menstrualna faza (1. do 5. dan)**

Prvi dan krvarenja označava početak menstrualnog ciklusa. Tokom ovog perioda, endometrij (unutrašnji zid maternice) se raspada i izbacuje krvarenjem jer nije došlo do oplodnje.

- **Druga faza – Folikularna faza (od 1. do 14. dana, paralelno s menstrualnom fazom)**

Tokom ove faze, povećava se lučenje FSH (folikulostimulirajućeg hormona) iz hipofize. Pod njegovim uticajem, rast i sazrijevanje folikula u jajnicima počinje biti snažno stimulirano. Obično jedan folikul sazrijeva u jajniku i naziva se **Grafov folikul**. On luči **estrogen**, pa nivo ovog hormona u krvi počinje rasti. Estrogen obnavlja i zadebljava endometrij, pripremajući ga za mogući prijem oplođene jajne ćelije. Visoki nivoi estrogena signaliziraju povećano lučenje LH (luteinizirajućeg hormona) iz hipofize.

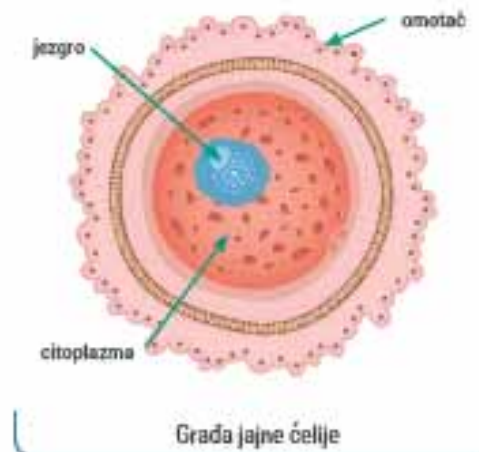
- **Treća faza – Ovulacija (14. dan ciklusa)**

Visoki nivoi LH uzrokuju pucanje Grafovog folikula i oslobađanje zrele jajne ćelije iz jajnika. Oslobađanje zrele jajne ćelije naziva se **ovulacija** i traje samo jedan dan (oko 14. dana). Nakon ovulacije, jajna ćelija nastavlja kretanje kroz jajovod. Ako se susretne sa spermatozoidom, može se oploditi.

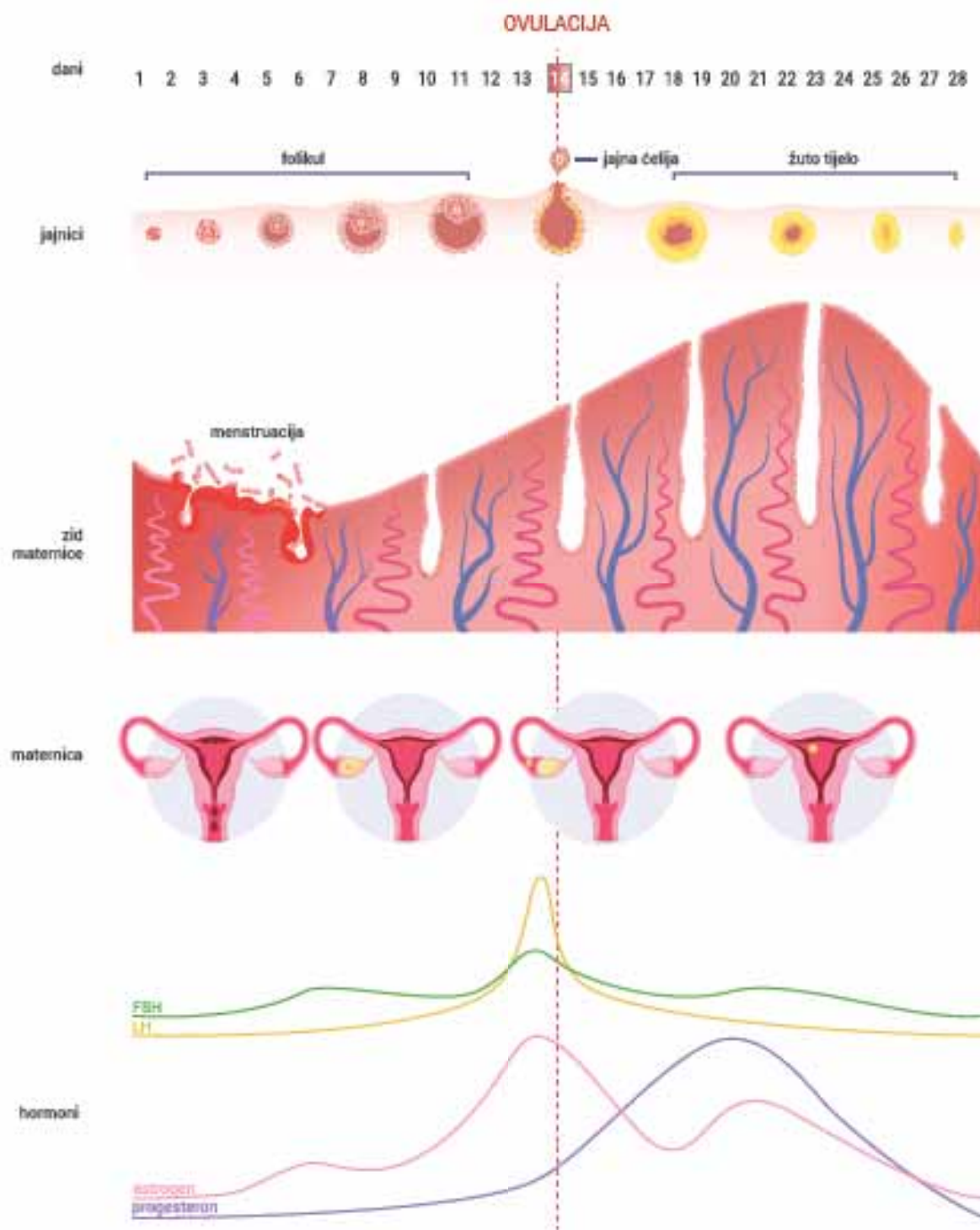
- **Četvrta faza – Lutealna faza ili faza formiranja žutog tijela (od 15. do 28. dana)**

Nakon ovulacije, ostatak Grafovog folikula pretvara se u strukturu koja se naziva žuto tijelo. **Žuto tijelo** počinje lučiti velike količine **progesterona** i manje količine estrogena. Progesteron stabilizuje i dodatno zadebljava endometrij, stvarajući idealne uslove ako dođe do oplodnje i implantacije oplođene jajne ćelije.

Ako jajna ćelija nije oplođena, žuto tijelo se postepeno razgrađuje, a s njim se smanjuje i količina estrogena i progesterona u krvi. Smanjenje progesterona i estrogena je signal da se endometrij više ne može održavati i počinje njegovo uklanjanje putem krvarenja (menstruacija). Jajna ćelija se također razgrađuje i izbacuje zajedno s endometrijem.



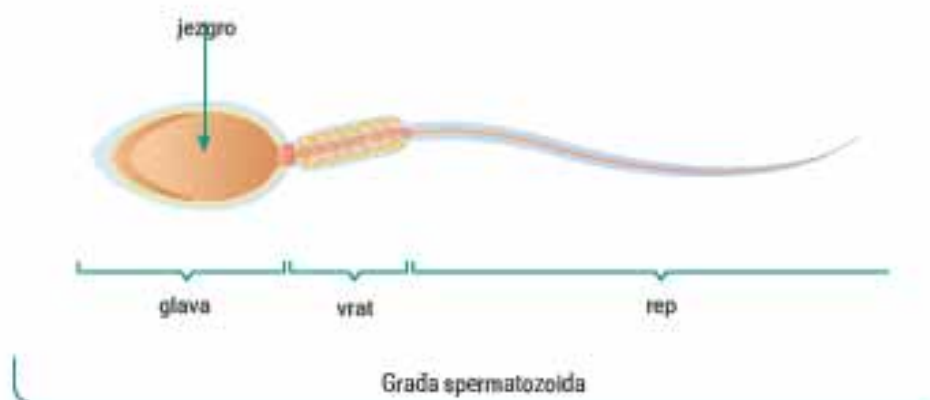
Ako dođe do trudnoće, nivoi estrogena i progesterona značajno se povećavaju i ostaju visoki tokom cijele trudnoće kako bi se održao i podržao razvoj fetusa.



Šematski prikaz promjena u jajnicima, zidu materice i nivoima hormona hipofize (LH i FSH) i hormona jajnika (estrogen i progesteron) tokom menstrualnog ciklusa

Stvaranje zrelih spermatozoida

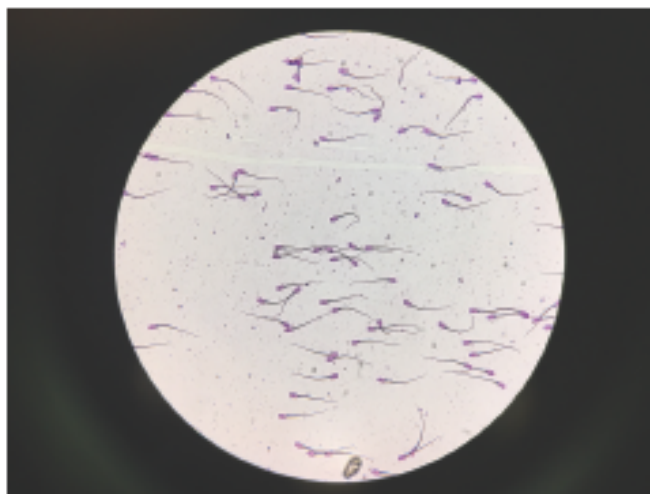
Spermatozoidi su muške spolne ćelije. To su specijalizirane ćelije karakterističnog izduženog oblika s jasno definiranom glavom i dugim repom koji im omogućava aktivno kretanje. Glava sadrži jezgro s genetskim materijalom. Imaju malu količinu citoplazme. Zahvaljujući svojoj pokretljivosti, spermatozoidi mogu pronaći i oploditi jajnu ćeliju.



Za razliku od djevojčica, koje od rođenja imaju veliki broj folikula u jajnicima, kod dječaka se spermatozoidi počinju proizvoditi tek tokom puberteta.

Spermatozoidi se proizvode u sjemenskim kanalićima u testisima pod uticajem hormona **testosterona** koji se tamo proizvodi. Zatim se transportiraju do pasjemenika. Tamo, tokom 10–15 dana, sazrijevaju, stičući sposobnost kretanja i oplodnje. Zreli pokretni spermatozoidi se pohranjuju u posebnom dijelu pasjemenika gdje ostaju nekoliko sedmica.

Proces stvaranja zrelih spermatozoida traje oko 64–72 dana. Muškarci proizvode milione novih gameta svaki dan, i to se nastavlja tokom cijelog života. Ako u krvi nema dovoljno testosterona, proces stvaranja muških spolnih ćelija se usporava ili je poremećen. To može uzrokovati smanjen broj spermatozoida i probleme s plodnošću.



Spermatozoidi viđeni pod mikroskopom pri uvećanju od 40 puta

Aktivnost

Pogledajte dijagram koji prikazuje debljinu zida maternice tokom menstrualnog ciklusa i odgovorite na pitanja:

- Kada se zid maternice zadebljava?
- Kada se zid maternice istanjuje?
- Kada dolazi do menstruacije?
- Kako se numerički izračunava menstrualni ciklus?
- Kada se oslobađa jajna ćelija?
- Kako izgleda sluznica maternice kada se jajna ćelija oslobodi?
- Koliko dugo traje menstrualni ciklus na datom dijagramu?

Provjerite šta ste naučili

1. Šta se dešava sa muškim i ženskim reproduktivnim sistemom tokom puberteta?
2. Koji se hormoni proizvode u jajnicima, a koji u testisima?
3. Koje su faze menstrualnog ciklusa?
4. Šta je Grafov folikul?
5. Koja je uloga estrogena i progesterona u menstrualnom ciklusu?
6. Kako počinje proizvodnja spermatozoida tokom puberteta?

Istražite za



...kako stres, prehrana, fizička aktivnost ili određene bolesti mogu uticati na sazrijevanje i funkciju spolnih ćelija.

Zanimljiva biologija



Jajna ćelija je najveća ćelija u ljudskom tijelu. Ima prečnik od oko 0,1 milimetara. S druge strane, spermatozoid je oko 20 puta manji od njega. Veličina jajne ćelije je posljedica činjenice da mora sadržavati rezerve hranjivih materija za razvoj embriona dok se ne pričvrsti za zid maternice.

3.3 Oplodnja kod čovjeka

Uvodna aktivnost

Šta se dešava sa jajnom ćelijom nakon ovulacije?

Koji je način oplodnje karakterističan za sisare i zašto?

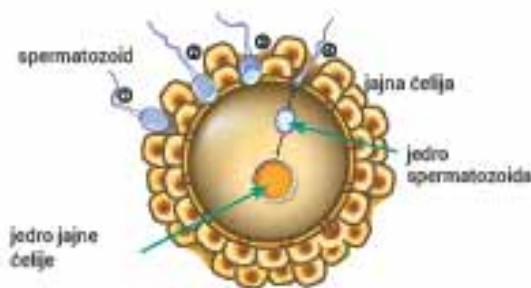
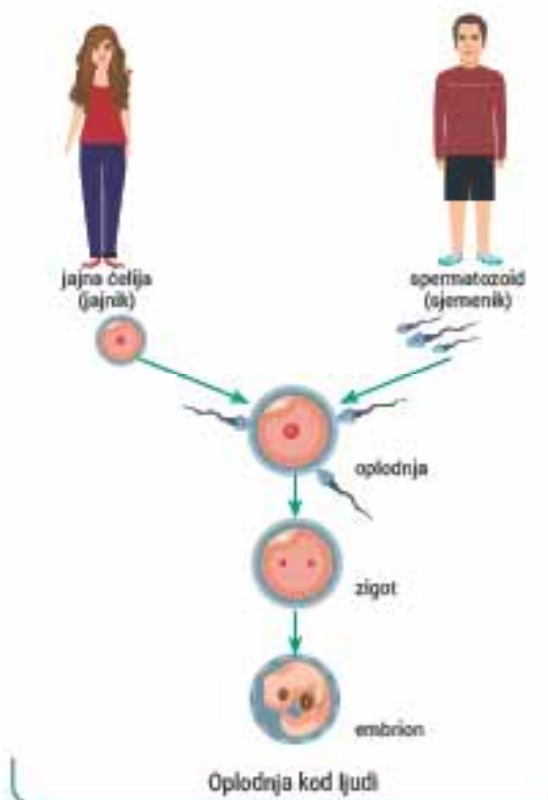
Gdje se kod sisara razvija nova jedinka i koji su uslovi neophodni za njen razvoj?

Razmnožavanje kod ljudi je složen proces koji počinje seksualnim odnosom. Proces kojim se sperma (mješavina sperme i sjemenne tekućine) izbacuje kroz penis u tijelo žene naziva se **ejakulacija**. Tokom seksualnog odnosa, odnosno ejakulacije, veliki broj spermatozoida ulazi u vaginu žene. Oni plivaju kroz grlić maternice uz pomoć svojih repova, prolaze kroz maternicu i ulaze u jajovode.

Ako se u jajovodima nalazi zrela jajna ćelija (nakon ovulacije), spermatozoidi se nakupljaju oko nje i, uz pomoć enzima, rastvara njenu ljusku. Od velikog broja spermatozoida, samo jedan će uspjeti ući u citoplazmu jajne ćelije i jezgro spermatozoida će se spojiti sa jezgrom jajne ćelije. Treba naglasiti da samo glava spermatozoida, gdje se nalazi jezgro, ulazi u unutrašnjost jajne ćelije, dok vrat i rep ostaju izvan nje.

Proces spajanja jezgra spermatozoida i jezgra jajne ćelije naziva se **oplodnja**. Time nastaje zigot (oplođena jajna ćelija).

Nakon ovulacije, oslobođena jajna ćelija može biti oplođena oko 24 sata, dok spermatozoidi mogu ostati aktivni u tijelu žene 3 do 5 dana. Postoji samo kratak period od oko 4 dana svakog mjeseca kada može doći do oplodnje.



Oplodnja – spajanje jezgara spermatozoida i jajne ćelije

Tokom oplodnje i formiranja zigota, genetički materijal iz spermatozoida i jajne ćelije se spaja. Iz zigota počinje da se razvija nova jedinka koja će imati jedinstvenu kombinaciju gena primljenih od oba roditelja.



Zigot nosi kombinaciju genetičkog materijala roditelja



Mikrofotografija oplodene jajne ćelije – zigot sa dva vidljiva jezgra

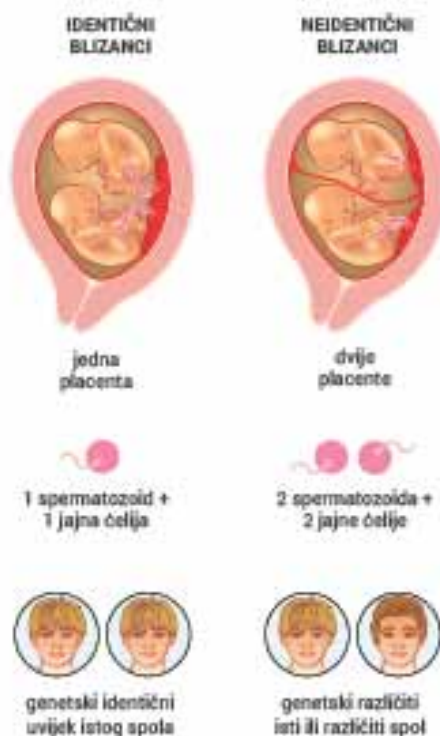
Blizanci

Kod ljudi se obično oploduje jedna jajna ćelija, iz koje se razvija jedna jedinka. Međutim, ponekad dvije ili više jajnih ćelija sazrijevaju i oploduju se približno u isto vrijeme. Tada se u maternici istovremeno razvija više jedinki, pa kažemo da se formiraju **blizanci**. Najčešće se razviju i rađaju dvije bebe odjednom (blizanci), ali ponekad se mogu roditi trojke, četvorke, a vrlo rijetko se javlja i višestruka trudnoća.

Razlikujemo dvije vrste blizanaca: identične (jednolajčane) i neidentične (dvojajčane) blizance.

Identični blizanci su dvije jedinke koje se razvijaju iz jedne jajne ćelije oplodene jednim spermatozoidom. Rezultirajući zigot se rano dijeli na dvije odvojene strukture koje se nastavljaju razvijati odvojeno. One će se razviti u dva embriona koji imaju identične gene i uvijek su istog spola. Identični blizanci imaju isti genetski sastav, tako da su fizički vrlo slični.

Neidentični blizanci se razvijaju iz dvije različite jajne ćelije oplodene od strane dva spermatozoida. To se događa kada jajnici imaju više ovulacija u istom menstrualnom ciklusu. Svaka oplodena jajna ćelija se razvija odvojeno i formira embrion. Neidentični blizanci mogu biti istog ili različitog spola, jer nemaju isti genetski materijal. Slični su kao i druga braća i sestre koji nisu blizanci.



Šematski prikaz razvoja blizanaca

Aktivnost

Podijeljeni u male grupe, kreirajte kratku prezentaciju pod nazivom "Putovanje sperme", u kojoj ćete predstaviti putovanje sperme od testisa do jajne ćelije, njenu oplodnju u jajovodu, spuštanje oplođene jajne ćelije u maternicu i njenu implantaciju u zid maternice. Zatim prezentirajte učenicima i kroz diskusiju utvrdite tačnost.

Provjerite šta ste naučili

1. Kako biste objasnili termin oplodnja? Gdje se dešava?
2. Kroz koje ženske reproduktivne organe prolaze spermatozoidi da bi oplodili jajnu ćeliju?
3. Šta je zigot?
4. Kako nastaju blizanci?
5. Koja je razlika između identičnih i neidentičnih blizanaca?

Istražite za



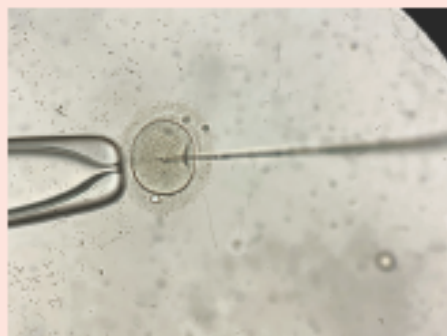
... to kako jajna ćelija privlači spermatozoide.

Zanimljiva biologija



Oko 500 miliona spermatozoida uđe u vaginu, ali samo jedan spermatozoid će oploditi jajnu ćeliju. Preostali spermatozoidi će uginuti. Spermatozoidi plivaju ritmičnim pokretima repa. U ženskom reproduktivnom sistemu moraju preći udaljenost od oko 15–20 cm, što je za njih vrlo duga i teška utrka. Prva prepreka je vagina, gdje je okruženje kiselo, gotovo neprijateljsko, pa većina spermatozoida odmah umire. Sljedeća zona je maternica, gdje ih njene kontrakcije guraju naprijed, ali bijela krvna zrnca ih prepoznaju kao strana tijela i napadaju ih. Zatim moraju "odlučiti" hoće li skrenuti lijevo ili desno i odabrati odgovarajući jajovod. Konačno, nakon što pronađu jajnu ćeliju, razbijaju sve odbrambene slojeve oko nje. Na kraju, samo jedan spermatozoid je pobjednik!

Umjetna oplodnja je medicinski postupak koji pomaže parovima koji imaju poteškoća s prirodnim začećem djeteta. U ovom postupku, ženska jajna ćelija i muški spermatozoid se spajaju izvan tijela, u laboratoriji. Nakon što dođe do oplodnje i formiranja embriona, pažljivo se ubacuje u maternicu žene, gdje se nastavlja normalno razvijati. Prva takva beba na svijetu bila je Luiz Braun, rođena 1978. godine, a danas je odrasla osoba koja ima svoju djecu začetu prirodnim putem. To pokazuje da se bebe začete umjetnom oplodnjom razvijaju na isti način kao i druga djeca.



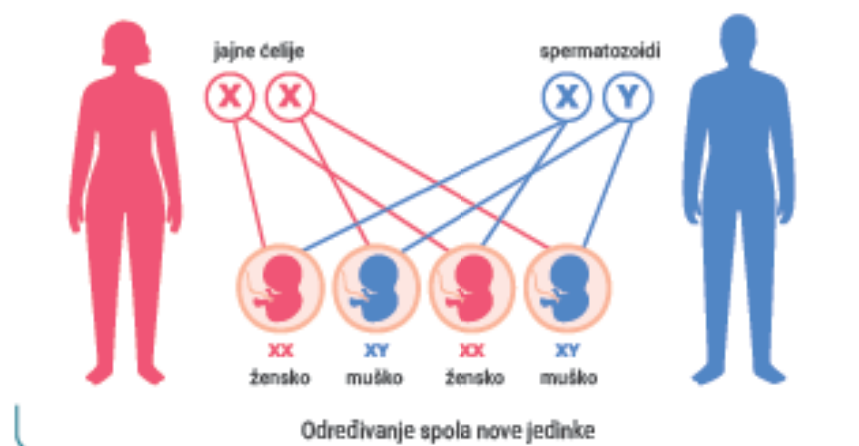
3.4 Embrionalni razvoj

Uvodna aktivnost

Koje ćelije učestvuju u stvaranju novog organizma? Kako se zove prva ćelija koja se formira nakon oplodnje? Kako se cijeli organizam može razviti iz jedne ćelije?

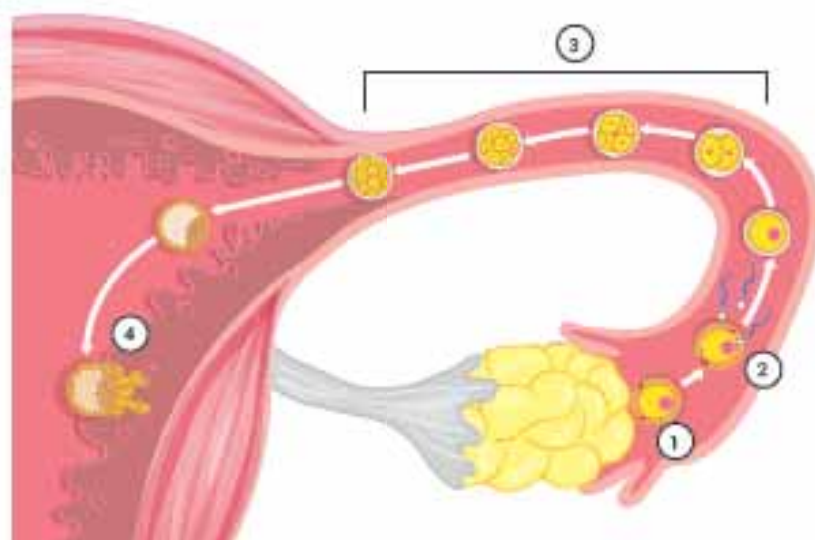
Svaka spolna ćelija kod ljudi (jajna ćelija ili spermatozoid) u svom jezgru nosi 23 hromozoma, što je polovina broja hromozoma koje imaju ostale (tjelesne) ćelije kod ljudi. Njihovim spajanjem (oplodnjom) dobija se zigot sa 46 hromozoma (23 iz spermatozoida i 23 iz jajne ćelije).

Ovih 46 hromozoma je raspoređeno u 23 para. Od njih, 22 para se nazivaju **tjelesni hromozomi**, a hromozomi u posljednjem – 23. paru, nazivaju se **spolni hromozomi**. Spolni hromozomi određuju spol bebe. Postoje dva spolna hromozoma – X i Y (označeni velikim latiničnim slovima). Ženke imaju par X hromozoma (XX), a muškarci imaju jedan X i jedan Y hromozom (XY). Tokom formiranja, svaka gameta dobija samo jedan spolni hromozom, tako da jajna ćelija sadrži samo X hromozom, a spermatozoid može imati ili X ili Y hromozom. U zavisnosti od spolnog hromozoma spermatozoida koji oploduje jajnu ćeliju, zigot se razvija u muškarca ili ženu.



Nakon oplodnje, zigot, krećući se kroz jajovod, počinje se dijeliti, a svaka od novih ćelija se ponovo dijeli sve dok se ne formira višćelijska struktura u obliku lopte koja se spušta kroz jajovod do maternice. Ova višćelijska struktura se naziva **embrion**.

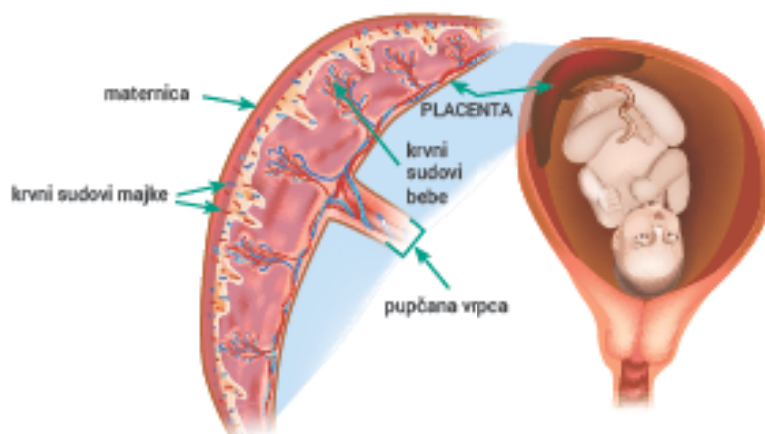
Nakon 6 do 7 dana, embrion se implantira u zid maternice. Ovaj proces se naziva **implantacija**. Maternica pruža sigurno okruženje za rast i razvoj, konstantnu temperaturu, dovoljnu ishranu i zaštitu za embrion u razvoju.



Proces ovulacije (1), oplodnje (2), formiranja embrija (3) i implantacije embrija (4) u zadebljani zid maternice

Nakon implantacije, dioba ćelija se nastavlja. Da bi se pravilno razvio, embrionu je potrebna hrana i kisik. Stoga se u maternici razvija privremeni organ u obliku diska koji se naziva **placenta** (posteljica). Posteljica je s jedne strane povezana sa zidom majčine maternice, a s druge strane sa embrionom putem pupčane vrpce.

Posteljica sadrži brojne krvne sudove koji prenose krv bogatu hranom i kisikom od majke. Krv embrija dopire do posteljice putem krvnih sudova u **pupčanoj vrpci**. Kroz tanke zidove krvnih sudova, hranjive materije i kisik iz majčine krvi (iz posteljice) ulaze u krvne sudove embrija selektivnom difuzijom. Istovremeno, otpadni produkti iz embrija prenose se u majčinu krv, koja ih nosi po cijelom njenom tijelu, a zatim ih izbacuje u vanjsko okruženje. To znači da se majčina krv ne miješa direktno s krvlju embrija.



Šematski prikaz strukture posteljice

U maternici, embrion je izvana okružen amnionskom membranom. Ova membrana stvara amnionsku tečnost – **amnion** u kojoj embrion „pliva“ tokom svog embrionalnog razvoja. Amnion mu pruža zaštitu od potresa i udara.



Razvoj embriona u maternici

Svaka osoba započinje svoj razvoj iz jedne ćelije. Embrionalni razvoj bebe traje oko 280 dana ili 40 sedmica i taj period se naziva **trudnoća**. Počinje odmah nakon oplodnje jajne ćelije, prvom diobom zigota, a završava se rođenjem.

Tokom trudnoće, iz oplodjene jajne ćelije brojnim diobama i specijalizacijom ćelija, razvijaju se sva tkiva i organi i formira se beba koja mora nastaviti svoj razvoj izvan majke.

Od oplodnje do kraja 8. sedmice trudnoće, nova jedinka se naziva **embrion**. Tokom ovog perioda ona brzo raste i razvija se. U početku je vrlo mali i jedva vidljiv, dok do kraja osme sedmice dostiže dužinu od približno 2,5 do 3 centimetra. Tokom ovog perioda, svi glavni organi počinju da se razvijaju, srce već aktivno kuca i pumpa krv kroz krvne sudove. Srčana aktivnost u embrionu počinje vrlo rano, oko 22.–23. dana nakon oplodnje.

Od devete sedmice trudnoće do rođenja, nova jedinka se naziva **fetus**. Organi i sistemi organa koji su formirani u embrionalnoj fazi nastavljaju da rastu, sazrijevaju i usavršavaju svoju funkciju.



Embrionalni razvoj

Fetus se značajno povećava u veličini i težini, pojavljuju se prvi pokreti, a tijelo postepeno poprima izgled novorođenčeta. Na kraju trudnoće, fetus je potpuno razvijen i spreman za rađanje.

Aktivnost

Na dijagramu koji ćete dobiti od nastavnika/nastavnice, označite strelicama kretanje kisika i hranjivih materija od majke do embriona/fetusa i kretanje ugljičnog dioksida i drugih otpadnih produkata od embriona/fetusa do majke.



Provjerite šta ste naučili

1. Koji hromozomi određuju spol?
2. Kako se embrion formira i gdje se implantira?
3. Kako se embrion snabdijeva hranom i kisikom?
4. Koja je funkcija amnionske tečnosti?
5. Koji se period naziva trudnoća i koliko dugo traje kod ljudi?
6. Koja je razlika između embriona i fetusa?
7. Koji roditelj određuje spol nove jedinke (bebe)?

Istražite za



... razvoj ljudskog fetusa, posebno faze do 8 sedmica, do 11 sedmica i pri rođenju. Opišite vanjski izgled embriona/fetusa, njegovu dužinu i razvoj njegovih organa u svakoj fazi.

Zanimljiva biologija



Ćelije fetusa mogu ostati u tijelu majke godinama nakon rođenja. Ovo je naučno dokazan fenomen koji se naziva fetalni mikrohimerizam. Fetalne ćelije (od bebe) mogu proći kroz placentu u majčinu krv i tkiva tokom trudnoće i naseliti se u raznim organima. Tamo mogu ostati nekoliko decenija nakon što se beba rodi.

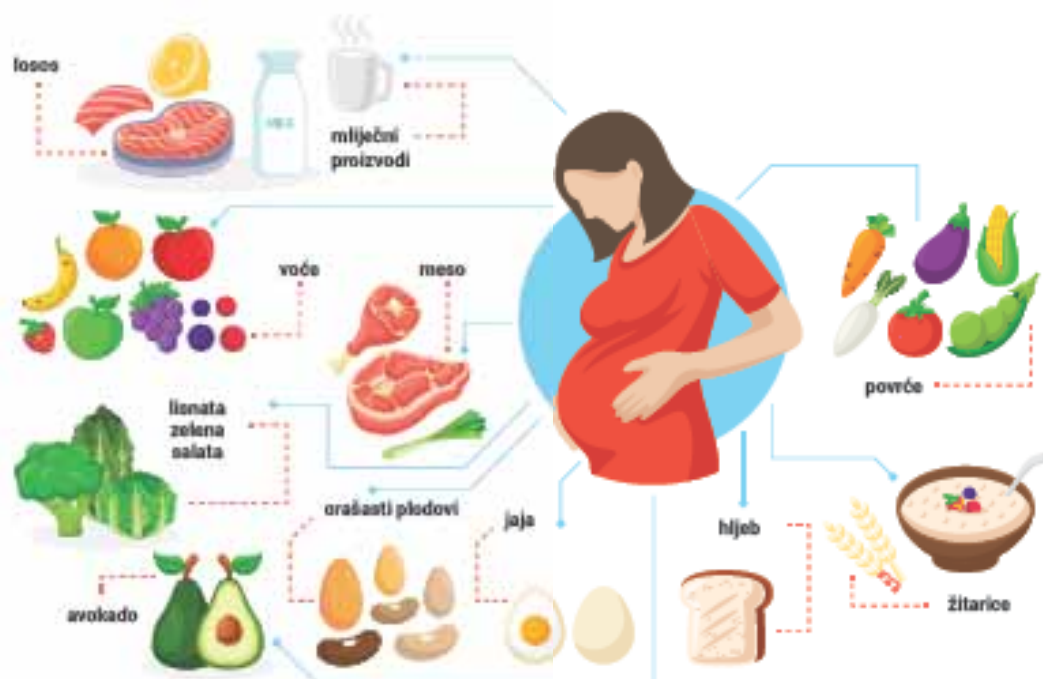
3.5 Održavanje zdravlja tokom trudnoće

Uvodna aktivnost

Napravite listu zdravih navika koje bi majka trebala praktikovati tokom trudnoće. Zašto su san, redovne šetnje i umjerena fizička aktivnost važni za trudnicu? Koju hranu i pića mislite da bi majka trebala konzumirati, a šta bi trebala izbjegavati?

Razvoj bebe prije rođenja zavisi od zdravlja i načina života majke. Stoga, brinući o svom zdravlju tokom trudnoće, majka brine i o zdravlju svoje bebe.

Veliki dio supstanci koje majka unosi u svoj organizam putem placente lako može preći u bebin krvotok. Stoga je pravilna i raznovrsna ishrana veoma važna za normalan razvoj bebe. Uravnotežena ishrana treba da uključuje proizvode koji sadrže ugljikohidrate, proteine, masti, vitamine i minerale. Od posebnog značaja su folna kiselina, željezo, magnezij i kalcij, koji doprinose pravilnom razvoju organa, kostiju i krvi fetusa.



Namirnice preporučene tokom trudnoće

Folna kiselina je vitamin B grupe (B9), koji je veoma važan za zdravlje, posebno za razvoj bebe. Pomaže u sintezi DNK i formiranju novih ćelija. Nedostatak folne kiseline može dovesti do poremećaja u razvoju nervnog sistema bebe. Namirnice bogate folnom kiselinom su zeleno lisnato povrće (špinat, brokula), leća, pasulj, grašak, jaja i mlijeko, žitarice itd. Zbog njegovog velikog značaja, preporučuje se dodatni unos ovog vitamina u prvim mjesecima trudnoće.



Hrana bogata folnom kiselinom, vitaminom B9

Željezo je mineral potreban za stvaranje hemoglobina, koji se nalazi u crvenim krvnim zrnima i odgovoran je za transport kisika. Nedovoljna količina željeza tokom trudnoće može uzrokovati anemiju – smanjen broj crvenih krvnih zrnaca, a time i nedostatak kisika. Ako majka nema dovoljno željeza, ni beba ne dobija dovoljno kisika, što može usporiti njen rast i razvoj. Namirnice bogate željezom uključuju meso, ribu, jaja, pasulj, leću i lisnato povrće.



Hrana bogata željezom

Kalcij je mineral koji je ključan za razvoj kostiju bebe. Također je potreban za pravilno funkcioniranje mišića i nervnog sistema. Nedostatak kalcija kod majke može poremetiti razvoj skeleta fetusa i dovesti do slabljenja kostiju majke. Kalcij se nalazi u mlijeku, jogurtu, siru, brokoliju, orašastim plodovima itd.



Hrana bogata kalcijem

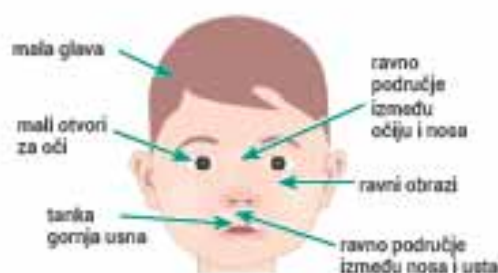
Pored prehrane, za zdravu trudnoću preporučuje se oko 2,5 sata sedmično umjerene aktivnosti (hodanje, plivanje), osim ako lekar ne preporuči drugačije, te dovoljan odmor po potrebi. Trudnicama se preporučuje i prenatalna njega – redovni pregledi kod lekara, uzimanje propisanih prenatalnih dodataka prehrani (posebno folne kiseline i željeza) i briga o zdravom dobivanju na težini prema savjetu lekara.

Određene supstance i navike štetno utječu na razvoj bebe. Što se tiče prehrane, ne preporučuju se slatka, masna i slana hrana te nepasterizirani mliječni proizvodi, kao ni prekomjerne količine kafe. Treba izbjegavati sirovo ili nedovoljno termički obrađeno meso, jaja, morske plodove itd. zbog rizika od salmonelle. Treba izbjegavati korištenje džakuzija i sauna, kao i čišćenje mačjeg pijeska zbog rizika od toksoplazmoze.

Poznato je da konzumacija **alkohola** tokom trudnoće može oštetiti embrion. Alkohol prisutan u majčinoj krvi lako prelazi u bebinu krv. Beba nema razvijenu jetru za razgradnju alkohola, pa dovodi do oštećenja mozga i organa. Kada odrastu, ova djeca imaju problema s učenjem i pamćenjem, a imaju i karakterističan izgled. Ovo stanje se naziva **fetalni alkoholni sindrom**.

(FAS). Fetalni alkoholni sindrom je ozbiljan poremećaj i trajno jestanje koje se ne može izliječiti. Uz pravilnu podršku i njegu, kvalitet života djeteta sa FAS–om se može poboljšati.

Upotreba **droga** poput kokaina i heroina tokom trudnoće ima štetan učinak na razvoj bebe (fetusa). Droge, poput alkohola, lako ulaze u tijelo bebe kroz placentu i mogu uzrokovati ozbiljne posljedice kao što su: prijevremeni porođaj, niska porođajna težina, oštećen razvoj mozga, srca i drugih kongenitalnih anomalija i poteškoća nakon porođaja. Upotreba droga od strane majke također može uzrokovati ovisnost o drogama kod novorođenčeta.



Karakterističan izgled djeteta sa fetalnim alkoholnim sindromom

Pušenje duhana (cigareta) ima štetan učinak na reproduktivni proces i kod muškaraca i kod žena. Dim cigarete sadrži veliki broj toksičnih supstanci koje negativno utiču na zdravlje bebe tokom njenog razvoja u maternici. Ove štetne supstance, prvenstveno nikotin, dospevaju do bebe kroz placentu i smanjuju količinu kisika koju prima. Istovremeno, nikotin može ubrzati otkucaje srca bebe. Kao posljedica pušenja cigareta, postoji povećan rizik od pobačaja, usporen rast i razvoj bebe, manja porođajna težina i povećan rizik od prijevremenog porođaja. Bebe izložene dimu cigarete imaju veću vjerovatnoću da imaju problema sa disanjem, infekcije i oštećen razvoj pluća i mozga.

Stoga je od najveće važnosti da majka ne konzumira alkohol, droge, ne puši cigarete ili ne koristi druge štetne supstance tokom trudnoće.



Supstance koje se ne smiju koristiti tokom trudnoće

Lijekove također treba izbjegavati tokom trudnoće, jer mogu uticati na zdravlje fetusa. Stoga trudnica treba uzimati lijekove samo po preporuci i pod nadzorom svog ginekologa ili porodičnog ljekara.

Određene bolesti također mogu negativno uticati na razvoj fetusa. Osobe sa dijabetesom ne mogu regulisati normalan nivo šećera u krvi. Visok nivo šećera u krvi kod majke tokom trudnoće može dovesti do povećanja tjelesne težine kod bebe, poremećaja u razvoju organa, posebno srca, a ponekad i do prijevremenog porođaja.

Malarija je bolest koju uzrokuju protozoe, a prenosi je malarijski komarac. Ako se trudnica zarazi, bolest može uzrokovati slab rast i anemiju kod fetusa.

Bolest je česta u tropskim regijama i stoga je za putovanje u te zemlje potrebno primiti vakcinu protiv malarije.

Rubeola je virusna bolest i ako se majka zarazi u prvih 12 sedmica trudnoće, može doći do ozbiljnog oštećenja sluha, vida i srca bebe. Kako bi se spriječila pojava takvih stanja tokom trudnoće, djevojčice bi trebale biti vakcinisane protiv virusa rubeole.

Urinarni i genitalni organi često mogu biti zaraženi raznim infekcijama uzrokovanim virusima i bakterijama. Zbog blizine ovih organa maternici, infekcije se lako mogu proširiti i zaraziti fetus. Najčešće bolesti genitalnih organa su klamidija, gonoreja, sifilis, genitalni herpes, HPV infekcija itd.

Stoga su zdrava ishrana, izbjegavanje štetnih navika i redovna zdravstvena njega ključni za zdravu trudnoću.

Redovni ljekarski pregledi su ključni za praćenje pravilnog razvoja fetusa i pravovremeno otkrivanje potencijalnih zdravstvenih rizika kod majke. Oni pružaju stručne savjete o ishrani i načinu života, što značajno smanjuje šanse za komplikacije tokom trudnoće.



Ljekarski pregled tokom trudnoće

Aktivnost**Briga o zdravlju majke tokom trudnoće**

Napravite brošuru sa savjetima i brigom o zdravlju majke tokom trudnoće. Brošura uključuje:

- Koja vrsta ishrane je potrebna tokom trudnoće i zašto?
- Analizirajte kako pušenje, alkohol i droge mogu negativno uticati na začecje i razvoj fetusa. Navedite specifične posljedice po zdravlje bebe.
- Opišite kako se određene bolesti kod majke mogu prenijeti na fetus ili uticati na njega.
- Objasnite zašto su redovni medicinski pregledi važni tokom trudnoće.
- Izvucite zaključak o tome kako ishrana, pušenje, alkohol, droge i bolesti mogu uticati na začecje, rast i razvoj fetusa.

Provjerite šta ste naučili

1. Koju hranu majka treba konzumirati tokom trudnoće, a koju hranu treba izbjegavati?
2. Zašto je važno da majka ima dovoljno vitamina B9 (folne kiseline) u svom tijelu?
3. Koja je uloga željeza u razvoju fetusa i u kojim namirnicama ga ima najviše?
4. Zašto alkohol ima negativne posljedice na razvoj bebe?
5. Kako pušenje tokom trudnoće utiče na razvoj bebe?

Istražite za

... dijabetes tokom trudnoće.

Zanimljiva biologija

Tokom trudnoće, majčino srce pumpa do 50% više krvi nego inače kako bi bebi osiguralo kisik i hranjive materije. Stoga je briga o majčinom zdravlju ključna za zdravlje bebe.

Sve što majka jede tokom trudnoće može promijeniti "okus" amnionske tekućine koja je okružuje. Beba "osjeća" taj okus dok je još u maternici i kasnije može lakše prihvatiti iste okuse kada počne jesti čvrstu hranu!

3.6 Rađanje

Uvodna aktivnost

Objasnite šta se dešava sa fetusom kada je embrionalni razvoj završen.

Kako majka zna da će se poroditi?

Da li je rođenje bebe slučajno? U kojoj fazi trudnoće se to dešava?

Objasnite.

Rađenje je proces kojim se trudnoća završava i beba se rađa. Rađenje je prirodan i vrlo složen proces koji se događa kada je fetus potpuno razvijen i spreman za život izvan majčinog tijela. Najčešće, nekoliko dana prije porođaja, kada je spremna za rođenje, beba okreće glavu prema dolje prema otvoru maternice.

Neposredno prije porođaja, žena počinje osjećati **porođajne bolove** uzrokovane stezanjem i opuštanjem maternice, koji se nazivaju kontrakcije.

Proces porođaja sastoji se od tri faze.

U prvoj fazi, grlić maternice se širi. Uz pomoć kontrakcija, otvor (grlić) maternice se širi tako da beba može proći kroz njega. Kontrakcije mišića maternice se u početku javljaju svakih pola sata. Zatim se kontrakcije pojačavaju i postaju češće. One pomažu u izbacivanju bebe iz maternice.



položaj prije porođaja



priprema za porođaj



širenje grlića maternice



izlazak glave



izlazak cijelog tijela



izbacivanje posteljice

Faze rađanja bebe

Druga faza prati izlazak bebe. Kada se grlić maternice dovoljno proširi, fetus počinje izlaziti iz porođajnog kanala. Beba izlazi glavom naprijed i okrenuta je licem prema dolje. Majka neprestano učestvuje u naprežanju kako bi pomogla bebi da lakše izađe. Kada beba dođe u kontakt s vanjskom okolinom, prvi put udahne zrak i pluća joj se pune zrakom. Tada se čuje prvi plač bebe. Nakon što beba izađe, pupčana vrpca se presijeca, čime se prekida veza novorođenčeta s majkom.

Treća faza uključuje izbacivanje posteljice iz maternice. Nakon što beba izađe, majka i dalje ima kontrakcije koje uzrokuju izbacivanje posteljice i ostatka pupčane vrpce iz maternice. To su postporođajni bolovi i time se završava porođaj.

Cijeli proces porođaja kontroliraju hormoni koji uzrokuju kontrakcije maternice, lučenje mlijeka iz mliječnih žlijezda i ublažavanje boli.

Rađanje je poseban trenutak koji započinje novu fazu u životu majke i bebe. Pravilna priprema majke prije porođaja i njena svjesnost o samom procesu pomažu u smanjenju rizika i stvaranju sigurnog okruženja za porođaj.

Nakon porođaja slijedi period povezivanja majke i novorođenčeta te dojenja.

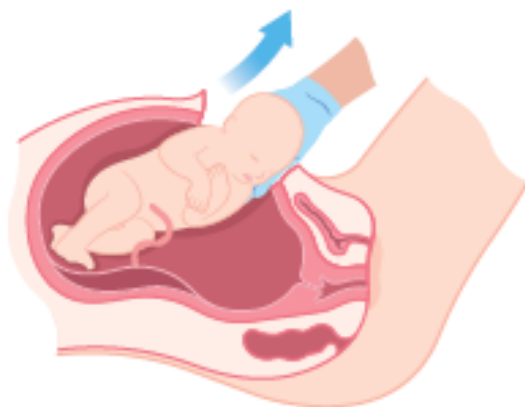


Majka sa svojim novorođenčeta

Vrste rađanja (porođaja)

Kada se beba rodi prirodnim putem, bez hirurških intervencija, to je prirodni (spontani, vaginalni) porođaj.

Postoji i hirurška metoda porođaja koja se naziva carski rez. Izvodi se niskim rezom u donjem dijelu trbuha. Oporavak nakon takve hirurške intervencije traje duže od prirodnog porođaja. Ova metoda se koristi kada je zdravlje majke i bebe ugroženo, kada majka nosi veliki fetus, kada je beba okrenuta stražnjicom prema dolje ili kada žena nosi blizance.



Hirurški porođaj – carski rez

Aktivnost

Nastavnik/ica će vam dati kartice s napisanim pojmovima ili izjavama. Na primjer: hormoni, posteljica, porođajni bolovi, otvaranje grlića maternice, pupčana vrpca, izlazak bebe, prvi plač bebe, kontrakcije svakih pola sata, izbacivanje posteljice itd.

Poređajte kartice po redoslijedu rođenja. Na svakoj kartici navedite da li se radi o aktivnosti majke ili bebe. Na poleđini kartice objasnite važnost pojma ili izjave u jednoj rečenici.

Provjerite šta ste naučili

1. Kako počinje proces rađanja?
2. Od koliko faza se sastoji rađanje i koje su to?
3. Opišite prvu i drugu fazu rađanja?
4. Koji su uzroci porođajnih bolova?
5. Koje vrste porođaja postoje?
6. Kada se primjenjuje metoda porođaja koja se naziva carski rez?

Istražite za



... laktaciju, procesu proizvodnje mlijeka za hranjenje bebe i proces dojenja.

Zanimljiva biologija



Maternica je jedan od najfleksibilnijih organa. Tokom trudnoće može se proširiti i do 500 puta u odnosu na svoju normalnu veličinu, a nakon porođaja se postepeno vraća u prvobitni oblik.

Halima Sise iz Malija rodila je devet beba – pet djevojčica i četiri dječaka – u Maroku 2021. godine. Ovo je svjetski rekord, prema Guinnessovoj knjizi rekorda, za najviše djece rođene i preživjele iz jedne trudnoće. Nije se podvrgnula umjetnoj oplodnji, a bebe su začete prirodnim putem.

Osjećaj sluha počinje se razvijati dok je beba u majčinoj utrobi. Stalno sluša majčin otkucaj srca, njeno disanje i njen glas. Fetus također može čuti vanjske zvukove, poput muzike. Ovi zvukovi su prigušeni, jer se prenose kroz majčino tijelo i amnionsku tekućinu, ali i dalje dovoljno jasni za fetus. Zbog čestog izlaganja majčinom glasu, novorođenče lako prepoznaje njen glas nakon rođenja i osjeća se sigurnije kada ga čuje.

3.7 Razvojne faze životnog ciklusa čovjeka

Uvodna aktivnost

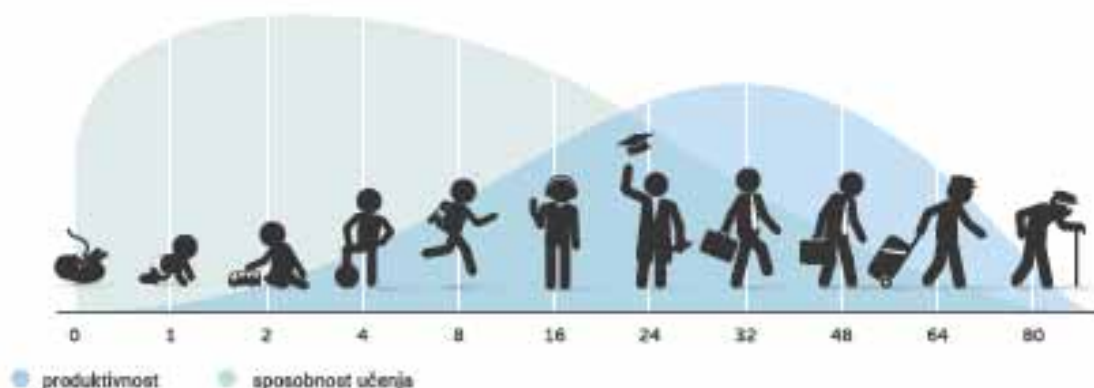
Koje ste promjene primijetili kod sebe u odnosu na prošlu godinu?

Zašto se tijelo toliko mijenja tokom puberteta?

Koje su promjene primjetne kod djevojčica i dječaka tokom puberteta?

Osim fizičkih promjena, primjećujete li još neke promjene?

Ljudski životni ciklus sastoji se od niza bioloških, fizičkih i psihosocijalnih promjena koje se dešavaju od rođenja do smrti jedinke. Tokom života, ljudski organizam prolazi kroz nekoliko razvojnih faza, pri čemu svaka faza ima svoje karakteristike, specifične fiziološke procese i hormonalne promjene. Ove faze su uzrokovane genetskim faktorima, hormonima i uticajem okoline. Razumijevanje razvojnih faza je važno za pravilno razumijevanje rasta, razvoja, reproduktivne sposobnosti i procesa starenja kod ljudi.



Ljudski životni ciklus

Djetinjstvo

Period **djetinjstva** počinje od rođenja i traje do 10.–12. godine života. U ovom periodu organizam intenzivno raste i razvija se. Dijete samouvjereno hoda, govori, pokazuje interes za razne igre, uči da stiče navike za održavanje lične higijene, tj. uči da se brine o sebi.



Djeca

U djetinjstvu dolazi do brzog rasta i razvoja organskih sistema, posebno nervnog sistema. Razvijaju se motoričke, kognitivne i socijalne sposobnosti djeteta. Gonade (jajnici i testisi) nisu aktivne i ne luče se polni hormoni.

Pubertet

U **pubertetu** se aktiviraju spolove žlijezde, što dovodi do spolovog sazrijevanja kod muškaraca i žena. Hipofiza počinje lučiti gonadotropne hormone (FSH i LH), koji kod djevojčica stimuliraju jajnike na proizvodnju estrogena i progesterona, a kod dječaka sjemenike na lučenje testosterona. Muški i ženski polni hormoni uzrokuju stvaranje muških i ženskih gameta i pojavu sekundarnih seksualnih karakteristika (promjene u vanjskom izgledu) kod dječaka i djevojčica.

Kod djevojčica se najveće promjene u izgledu i razvoju javljaju od 10. do 14. godine. U ovom periodu počinju se lučiti ženski polni hormoni estrogen i progesteron. Estrogen stimulira razvoj ženskih spolnih organa i učestvuje u pojavi sekundarnih spolnih karakteristika kao što su rast grudi, povećana dlakavost u određenim regijama tijela (ispod pazuha i na genitalijama) i pojava mjesečnog krvarenja – menstruacije. Djevojčice postaju nježnije, glas im postaje viši, mišići omekšavaju, ramena se sužavaju, a karlica širi (time se djevojčice pripremaju za period trudnoće).

Kod dječaka pubertet počinje oko 12. godine i traje do 16. godine. Tokom ovog perioda razvijaju se muški spolni organi, a iz sjemenika počinje lučenje muškog spolnog hormona testosterona. Testosteron igra ulogu u razvoju sekundarnih spolnih karakteristika, kao što su pojava dlaka na tijelu, posebno oko genitalija, ispod pazuha i na licu (pojava brade i brkova) i produblјivanje glasa. Na grlu se pojavljuje izbočina, takozvana Adamova jabučica. Dječaci postaju jači kako im se kosti i mišići jačaju, ramena se šire, a kukovi sužavaju.

Pored fizičkih promjena, dječaci i djevojčice također doživljavaju značajne promjene u svom emocionalnom životu. Oni doživljavaju emocije koje nisu bile svojstvene djetinjstvu. Postaju razdražljivi, nervozni i brzo mijenjaju raspoloženja. Lako se uvrijede, reaguju burno, a ponekad osjećaju da ih niko ne razumije. U ovom periodu im mišljenja drugih, posebno vršnjaka, mnogo znače, pa se često porede s njima i nisu zadovoljni njihovim izgledom. Javlja se snažna potreba za prihvatanjem i osjećajem pripadnosti, kao i želja za stvaranjem bliskih prijateljstava. Javljaju se i duboke emocije, poput prvih simpatija i prvih ljubavi.



Dječak u pubertetu

Pubertet je također vrijeme pronalaženja vlastitog identiteta – tinejdžeri počinju više razmišljati o tome ko su, šta žele i koje vrijednosti imaju. Ovaj proces može donijeti neizvjesnost, ali i veliku priliku za razvoj i sazrijevanje. Stoga je vrlo važno da odrasli prihvate ove promjene s razumijevanjem, da pokažu strpljenje i da im pruže podršku. Prijateljski razgovor i ohrabrenje pomažu mladima da lakše prođu kroz ovaj osjetljiv period.

Adolescencija

Adolescencija je prelazni period između puberteta i odrasle dobi, u kojem se stabilizuju fizičke i psihičke promjene. Počinje oko 15. godine i traje skoro do 20. godine. Kod dječaka i djevojčica završava se rast i razvoj, formira se njihova ličnost, stabilizuje se funkcija reproduktivnih organa, a kod pojedinaca se razvija samostalnost, moralne i društvene vrijednosti.



Grupa adolescenata

Zrelost

Zrelost je period kada pojedinac ima najveći fizički, mentalni i reproduktivni kapacitet. Period počinje otprilike u dvadesetoj godini života i traje do šezdesete godine. U ovom periodu organizam je potpuno razvijen, svi organski sistemi su stabilni i dobro funkcionišu. Osoba ima najveći radni kapacitet, ali ima i visoku sposobnost reprodukcije. Potrebno je da formira porodicu i bude aktivan učesnik u profesionalnom i društvenom životu.



Zrele osobe

Starost

U **starosti** dolazi do postepenog pada bioloških funkcija organizma. Počinje u šezdesetim godinama i traje do kraja života. U starosti dolazi do usporavanja metabolizma, smanjenja mišićne mase i gustine kostiju, slabljenja imuniteta i smanjenja funkcije spolnih žlijezda. Mogu se javiti problemi sa vidom i sluhom. Tokom ove faze kod žena nastupa **menopauza**, koja dovodi do trajnog prestanka menstrualnog ciklusa i značajnog smanjenja proizvodnje ženskih spolnih hormona. Kod muškaraca se proizvodnja testosterona postepeno smanjuje, tako da nema naglih promjena kao kod žena. Postepeno smanjenje nivoa testosterona kod muškaraca naziva se andropauza.

Ljudski životni ciklus je kontinuirani proces rasta, razvoja, sazrijevanja i starenja. Svaka faza ima specifične biološke i psihološke karakteristike, a hormonalne promjene igraju ključnu ulogu u prelasku iz jedne faze u drugu.



Par starih ljudi

Aktivnost

Nacrtajte vremensku liniju i redom zapišite faze ljudskog životnog ciklusa. Pored svake faze napišite kratku promjenu koja se dešava tokom tog perioda. Označite na vremenskoj traci gdje nastupa menopauza.

Provjerite šta ste naučili

1. Šta predstavlja životni ciklus čovjeka i od koliko se faza sastoji?
2. Koje su promjene karakteristične za ljude u fazi djetinjstva?
3. Kako spolni hormoni utiču na fizičke promjene kod dječaka i djevojčica tokom puberteta?
4. Po čemu se adolescencija razlikuje od puberteta?
5. Zašto se faza zrelosti smatra periodom najveće funkcionalne sposobnosti pojedinca?
6. Koje se promjene dešavaju u tijelu tokom starosti? Koji fenomen je karakterističan za ovaj period i po čemu se razlikuje kod žena i muškaraca?

Istražite za



... promjene koje se javljaju tokom menopauze kod žena i andropauze kod muškaraca.

Zanimljiva biologija



Adamova jabučica je dio hrskavice štitne žlijezde koji postaje istaknutiji kod dječaka tokom puberteta. To je zbog rasta glasnih žica pod uticajem testosterona. Kada glasne žice rastu, hrskavica štitne žlijezde se pomiče naprijed i stvara izbočinu – Adamovu jabučicu.

Naš mozak se razvija u nekoliko faza, a prava "zrelost" mozga ne događa se kada se pubertet završi, već mnogo kasnije – oko 32. godine. Naučna istraživanja koja su analizirala hiljade snimaka magnetne rezonance ljudskog mozga pokazala su da mozak prolazi kroz pet različitih osnovnih perioda organizacije i razvoja, s važnim prekretnicama oko 9, 32, 66 i 83 godine. Griješimo kada kažemo da smo "odrasli" sa 18–20 godina, jer se mozak nastavlja razvijati još mnogo godina nakon toga.

3.8 Seksualno i spolno zdravlje

Uvodna aktivnost

Razgovarajte u razredu o tačnosti sljedećih tvrdnji:

- Samo odrasli oboljevaju od spolno prenosivih bolesti.
- Spolno prenosive bolesti se ne mogu prenijeti grljenjem ili rukovanjem.
- Možete imati spolno prenosivu bolest bez ikakvih simptoma.
- Korištenje javnog toaleta može dovesti do spolno prenosive bolesti.
- Kondomi štite samo od neželjene trudnoće.

Seksualna (spolna) aktivnost nosi zdravstvene rizike, posebno kada je u pitanju nezaštićeni seksualni odnos. Seksualno prenosive bolesti (SPB), ili spolno prenosive bolesti (SPB), su bolesti koje se prenose s jedne osobe na drugu tokom seksualnog kontakta.

Spolno prenosive bolesti, prema uzročnicima, dijele se u četiri glavne grupe: bakterijske, virusne, gljivične i bolesti uzrokovane protozoama. Neke od ovih bolesti se relativno lako liječe, ali postoje i bolesti koje mogu dovesti do smrti ako se ne liječe na vrijeme ili mogu uzrokovati druge zdravstvene probleme sa fatalnim posljedicama.

Tabela: Primjeri seksualno prenosivih bolesti podijeljeni prema uzročniku

BAKTERIJSKE BOLESTI	VIRUSNE BOLESTI	PROTOZOJSKE BOLESTI	GLJIVIČNE BOLESTI
Klamidija Gonoreja Sifilis	Genitalni herpes Genitalne bradavice HPV AIDS i HIV infekcije	Trihomonijaza	Kandidijaza

Bakterijske bolesti se liječe antibioticima, ali ako se ne liječe, mogu imati trajne posljedice po zdravlje. Jedna od najčešćih bakterijskih spolno prenosivih bolesti je **klamidija**, uzrokovana istoimenom bakterijom, *Chlamydia trachomatis*.

I muškarci i žene mogu oboljeti od klamidije. Često uzrokuje infekcije bez ikakvih posebnih simptoma, tako da bolest može trajati bez da osoba zna da je zaražena. Pretpostavlja se da za svaki otkriveni slučaj klamidije postoje dva druga



Klamidija

koja nisu otkrivena. Samo u neke od zaraženih osoba osjećaju peckanje tokom mokrenja ili neobičan iscjedak iz ženskih genitalija. Ozbiljnije posljedice se javljaju kod žena, kao što su: upala maternice i jajnika ili deformiteti maternice koji mogu dovesti do steriliteta. Periodično testiranje se preporučuje ženama koje su seksualno aktivne radi ranog otkrivanja infekcije.

Slične simptome i posljedice može izazvati i bolest **gonoreja**, koju uzrokuje bakterija neiserija (*Neisseria gonorrhoeae*). Može uzrokovati bolno mokrenje i zeleni, žuti ili bijeli iscjedak. Može inficirati genitalije, rektum i grlo.

Sifilis je bakterijska bolest koju uzrokuje bakterija treponema (*Treponema pallidum*). U ranim fazama, ova bolest se manifestuje čirima na genitalijama koji se, ako se ne liječe, mogu proširiti po cijelom tijelu. Međutim, u kasnim fazama može uzrokovati ozbiljna oštećenja mozga, živaca i srca. Antibiotici pomažu ako se liječenje započne rano, u suprotnom može dovesti do smrti.

Za razliku od bolesti uzrokovanih bakterijama, virusne bolesti se ne mogu izliječiti. Zaražene osobe mogu koristiti lijekove koji ublažavaju simptome, ali ostaje mogućnost širenja infekcije nezaštićenim seksualnim odnosom.

Jedna od najčešćih virusnih infekcija koja se širi seksualnim odnosom je **genitalni herpes**. Simptomi uključuju male plikove na genitalijama, bol prilikom mokrenja i crvenilo kože. Nakon nekog vremena, plikovi se osuše i otpadnu, ali virus ostaje u tijelu i može se razviti i ponovo pojaviti, ponekad čak i nakon nekoliko godina. Infekcija se prenosi tokom seksualnog kontakta kada su plikovi izraženi. Kod žena, kao posljedica ovog virusa, može se razviti maligna bolest grlića materice, mogu se javiti pobačaji ili deformiteti kod novorođenčadi. Liječi se antivirusnim lijekovima.

Prilikom infekcije **humanim papiloma virusom (HPV)**, na genitalijama se razvijaju male, bezbolne bradavice – genitalne bradavice. Bradavice otpadnu nakon nekog vremena, ali se mogu ponovo pojaviti nakon dužeg vremenskog perioda. HPV infekcije su povezane sa ozbiljnim malignim



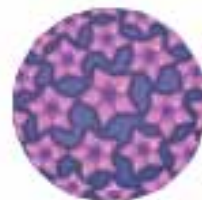
Bakterija neiserija – uzrok gonoreje



Bakterija treponema – uzrok sifilisa



Herpes simpleks – 2, virus koji uzrokuje spolni herpes



HPV – uzrok genitalnih bradavica

bolestima maternice (do 70% infekcija). Od 2006. godine dostupna je vakcina protiv ove infekcije, koja je podjednako dostupna mladim dječacima i djevojčicama. Vakcinacija je važna prevencija, s obzirom na to da je najveći broj zaraženih mladih ljudi.

HIV uzrokuje bolest AIDS (SIDA) (sindrom stečene imunodeficijencije). Uništava imunološki sistem zaraženih, pa umiru od komplikacija od naizgled običnih prehlada i infekcija. Danas je AIDS i dalje velika prijetnja za zemlje u razvoju u Aziji i Africi. U našoj zemlji se svake godine bilježe desetine novih infekcija, najčešće uzrokovanih nezaštićenim seksom i upotrebom nesterilnih igala tokom zloupotrebe droga. HIV se može prenijeti i tokom porođaja, sa zaražene majke na novorođenče. Danas postoje lijekovi koji smanjuju aktivnost virusa na duži vremenski period, ali AIDS još uvijek nije u potpunosti izliječen.

Pored bakterija i virusa, postoje i protozoe koje se prenose nezaštićenim seksualnim odnosom. Jedna takva je **trihomonas** (*Trichomonas vaginalis*) koja uzrokuje bolest trihomonijazu. Simptomi koji se javljaju uključuju iritaciju u vagini, svrbež i vaginalni iscjedak kod žena, dok kod muškaraca nema značajnih promjena. Pacijenti se liječe posebnim lijekovima.

Možda jednu od najčešćih bolesti i infekcija genitalnog organa uzrokuje gljivica **kandida** (*Candida albicans*), a bolest se naziva kandidijaza. Simptomi su slični trihomonijazi, ali treba napomenuti da se kandidijaza može javiti i bez spolnog odnosa i dalje prenositi. Liječi se lijekovima protiv gljivičnih infekcija.

Spolno prenosive bolesti su posebno česte među mladom populacijom. Čak 2/3 infekcija je kod mladih osoba mlađih od 25 godina. Stoga je potrebno da se svi koji su spolno aktivni redovno testiraju na spolno prenosive bolesti (SPB).

Najbolja zaštita je apstinencija od spolnog odnosa do kasnije adolescencije ili redovna upotreba zaštite (kondoma) tokom spolnog odnosa (siguran seks).



HIV (virus humane imunodeficijencije) uzrokuje gubitak imuniteta kod ljudi



Trihomonas



Kandida



Spolno prenosive bolesti se najčešće dijagnosticiraju mikrobiološkim testovima

Aktivnost

Podijelite se u nekoliko grupa i neka svaka grupa odabere jednu spolno prenosivu bolest koju će predstaviti. Pripremite prezentaciju o bolesti u kojoj ćete odgovoriti na sljedeća pitanja:

- Kako se bolest prenosi?
- Može li se spriječiti prenošenje bolesti?
- Koji su simptomi infekcije bolešću?
- Postoji li lijek za bolest?
- Postoji li vakcina za bolest?

Predstavite svoje istraživanje ostalim učenicima.

Provjerite šta ste naučili

1. Navedite neke spolno prenosive bolesti uzrokovane bakterijama.
2. Koje virusne spolno prenosive bolesti poznajete?
3. Koja je bolest trihomonijaza?
4. Šta uzrokuje kandidijazu i kako se liječi?
5. Navedite načine sprječavanja infekcije i širenja spolno prenosivih bolesti.

Istražite za



... HPV vakcine. Za koju dob je namijenjena i da li bi je trebale primati samo žene?

Zanimljiva biologija



Kondomi (i muški i ženski) značajno smanjuju rizik od prenosa SPB, spolno prenosivih bolesti, ali ga ne eliminišu u potpunosti (nisu 100% sigurni). Razlog je taj što se ne prenose sve spolno prenosive bolesti samo vaginalnim ili penetrativnim seksom. Na primjer, herpes i papiloma virus mogu se prenijeti i kontaktom koža-na-kožu na područjima koja nisu prekrivena kondomom, kao što su genitalne bradavice ili drugi osipi.

3.9 Planiranje porodice i kontracepcija

Uvodna aktivnost

Razgovarajte u razredu o tačnosti sljedećih tvrdnji:

- Samo su djevojčice krive ako nenamjerno zatrudne.
- Sve metode kontracepcije su 100% efikasne.
- Kondomi se koriste samo za sprječavanje neželjene trudnoće.
- Samo dječaci trebaju nositi kondom sa sobom.
- Spolno prenosive bolesti uzrokuju samo „neke“ osobe za koje se zna da imaju tu bolest.

Planiranje porodice

Prije nego što se par odluči za začecje i planiranje trudnoće, treba uzeti u obzir brojne obaveze i potrebe koje novorođenče zahtijeva i procijeniti da li su u mogućnosti da ih ispune. Kroz planiranje porodice, kao osnovnu ćeliju u društvu, ostvaruje se i pravo novorođenčeta da bude voljeno, da živi i raste u blagostanju, okruženo ljubavlju i brigom roditelja.

Neželjena (neplanirana) trudnoća donosi niz ličnih, društvenih i medicinskih problema. Iako najveći teret pada na djevojčicu, partner i bliski članovi porodice također trpe slične posljedice.

Nezrelost buduće majke, posebno ako dolazi iz nepodržavajućeg okruženja, već povećava rizik tokom trudnoće, ali i nakon porođaja. Mlada trudnica će se morati suočiti s novom situacijom, koja često znači promjenu ili odgađanje planova za obrazovanje, karijeru, promjenu svakodnevnih navika, finansijske izazove i slično.

Stoga je planiranje trudnoće neophodno za zdravu trudnoću i zdravo novorođenče.



Mlada trudnica sa nedoumicama o tome šta dalje

Metode kontracepcije

Kontracepcija podrazumijeva korištenje metoda i sredstava za izbjegavanje začeća i neželjene (neplanirane) trudnoće. Neke od njih su se pokazale odličnim u zaštiti partnera od spolno prenosivih infekcija i bolesti.

Jedina kontracepcijska metoda koja pruža 100% uspjeha je **apstinencija** od spolnog odnosa (isključivanje spolnog odnosa). Apstinencija je posebno važna i preporučuje se tokom puberteta i adolescencije. Mladi ljudi, osim što su fizički spremni, trebaju biti i mentalno spremni za izazove koje donosi aktivan seksualni život (veza, trudnoća, spolno prenosive bolesti). Način razmišljanja je potpuno drugačiji u dobi od 13 godina i u dobi od 19 godina, a problemi i izazovi koji će se pojaviti rješavaju se potpuno drugačije.

Metoda plodnih dana zasniva se na promatranju i vođenju evidencije dana kada dolazi do ovulacije (oslobađanja zrele jajne ćelije iz jajnika). U prosjeku se javlja oko 14. dana od prvog dana menstruacije (krvarenja). Ovulaciju prati normalan (fiziološki) porast tjelesne temperature za pola stepena Celzijusa. S obzirom na to da spermatozoidi mogu preživjeti 3–5 dana u jajovodima, ako imate nezaštićeni spolni odnos nekoliko dana prije i poslije ovulacije, vjerovatnoća da zatrudnite je znatno veća.

Pod pretpostavkom da je menstruacija (krvarenje) počela petog dana u mjesecu, brojanje 14 dana unaprijed određuje dan ovulacije. U primjeru, ovulacija će se najvjerojatnije dogoditi 19. dana u mjesecu. Plodnim danima se smatraju 3–5 dana prije i poslije ovog dana, tj. od 15. do 24. dana u mjesecu, a tada se preporučuje apstinencija od seksualnog odnosa.



Postoje brojne mobilne aplikacije za vođenje menstrualnog kalendara.



Vođenje menstrualnog kalendara

Druga metoda kontracepcije je takozvana **metoda fizičke barijere**. Ona podrazumijeva korištenje sredstava koja fizički sprječavaju spermatozoide da dođu do jajne ćelije i oplode je.

- Prezervativi (**kondomi**) su napravljeni od lateksa i štite od neželjene trudnoće, ali i od spolno prenosivih infekcija. Njihova upotreba je jednostavna, a dostupnost ih čini najefikasnijom metodom zaštite. Slično kondomu, postoji i ženski kondom (femidom).



Prezervativi (kondom i femidom)

- **Dijafragma** je gumena barijera između vagine i maternice koja sprječava ulazak sperme u maternicu. Kako bi se poboljšala učinkovitost ove mehaničke barijere, najčešće se koriste u kombinaciji sa spermicidnim kremama koje ubijaju spermatozoide. Dijafragma ne štiti od spolno prenosivih infekcija i bolesti.



Dijafragma

Intrauterini uređaji koji se ubacuju u maternicu također su popularna kontracepcijska sredstva. Poznati su kao **spirale**. Spirale su oblikovane poput slova T, što odgovara strukturi maternice, a mogu biti bakrene ili hormonske. Bakrene spirale onemogućavaju kretanje spermatozoida, dok hormonske utječu na menstrualni ciklus. Njihovo trajanje je oko pet godina i efikasno su kontracepcijsko sredstvo, ali ne štite od spolno prenosivih infekcija i bolesti. Za njihovo umetanje i vađenje potrebna je posjeta ginekologu.

Postoji i takozvana **hemijska kontracepcija**, koja se zasniva na uzimanju hormona koji regulišu menstrualni ciklus i ovulaciju. To uključuje hormone u raznim oblicima



Ginekolog objašnjava postupak umetanja spirale

tableta, vaginalnih prstenova, kožnih implantata, injekcija, kožnih flastera itd.

Pored hormonskih tableta koje se uzimaju svaki dan bez izuzetka, postoje i tablete koje se nazivaju "pilule za jutro poslije" (MAP). Ove tablete se uzimaju do tri dana nakon nezaštićenog odnosa i do 75% su efikasne u sprečavanju trudnoće. Međutim, česta upotreba takvih hormonskih tableta se ne preporučuje, jer imaju nuspojave. Ova sredstva ne štite od spolno prenosivih infekcija i bolesti.

Prekid trudnoće naziva se abortus i može se dogoditi prirodnim ili vještačkim putem. Prirodno, najčešće se javlja zbog zdravstvenih problema, povreda ili problematičnog razvoja embriona (fetus). Vještački, abortus se može izvršiti u ranoj fazi neželjene trudnoće, u bolnici. Postupak je rizičan za mlade djevojke, jer su moguće trajne zdravstvene posljedice i sterilitet (nemogućnost začeća). Pored fizičkih posljedica, abortus ima i psihološke posljedice. Mnoge djevojke ne uspijevaju se nositi s tugom, što dovodi do depresije s težim posljedicama.



Hemijska kontracepcija – pilule, flasteri i implantati

Aktivnost

1. Zamislite situaciju u kojoj vaš prijatelj/ica ne vjeruje da se može zaraziti nezaštićenim seksom, jer samo „neki“ ljudi imaju bolesti. Opišite argumente koje biste koristili da ukažete na opasnosti nezaštićenog seksa.
2. Pogledajte edukativni video na internetu o pravilnoj upotrebi kondoma. Uvijek obratite pažnju na sljedeće elemente prije upotrebe: rok trajanja, pažljivo otvaranje pakovanja kako ne biste oštetili kondom, pažljivo stavljanje kondoma s klizavom (podmazanom) stranom unutra i istiskivanje zraka iz vrha. Korišteni kondom treba baciti u smeće, a ne u toalet.

Provjerite šta ste naučili

1. Objasnite šta znači kontracepcija.
2. Kako neželjena trudnoća utiče na trudnicu ili par?
3. Zašto je planiranje porodice neophodno?
4. Navedite neka kontracepcijska sredstva, grupirajući ih prema njihovim karakteristikama.
5. Navedite neka kontracepcijska sredstva koja uspješno štite od spolno prenosivih infekcija i bolesti.
6. Zašto se ne preporučuje dugotrajna upotreba hemijskih kontraceptivnih sredstava?

Istražite za



... to koliko su lako dostupna kontracepcijska sredstva i može li ih mlada osoba u našoj zemlji priuštiti.

Istražite web stranicu kontracepcija.mk. Koje informacije možete tamo pronaći? Pronađite druge relevantne stranice koje se bave ovom problematikom.

Zanimljiva biologija



Kondomi se prave od lateksa, koji se dobija iz mliječnih žlijezda drveta *Hevea brasiliensis*. To je biološki materijal koji je elastičan, jak i nepropustan za mikroskopske čestice, uključujući viruse. Mlijeko se sakuplja rezanjem u koru drveta.



3.10 Seksualna i reproduktivna prava i briga o vlastitom seksualnom i reproduktivnom zdravlju

Uvodna aktivnost

Razgovarajte u razredu o tačnosti sljedećih tvrdnji:

- Svako ima pravo da odluči kada i koliko djece će imati.
- Samo odrasli imaju pravo da znaju kako da se zaštite od bolesti.
- Svako ima pravo da odluči kada će imati seksualne odnose.
- Samo muškarci imaju pravo da koriste kontracepciju.
- Svako ima pravo na privatnost nad vlastitim tijelom.
- Svako ima pravo da potraži medicinsku pomoć kada mu je potrebna.
- Niko nema pravo da vas dodiruje bez vašeg pristanka.

Koje od ovih tvrdnji se odnose na seksualna prava, a koje na reproduktivna prava?

Seksualna aktivnost, posebno nezaštićeni seks, nosi rizike za seksualno i reproduktivno zdravlje osobe. **Seksualno zdravlje** se odnosi na bolesti koje se mogu steći tokom nezaštićenog seksa. S druge strane, reproduktivno zdravlje se odnosi na **reproduktivni sistem** i njegovu funkcionalnost u ispunjavanju primarnog cilja – reprodukcije i donošenja zdravog djeteta na svijet. Ove dvije komponente su isprepletene jer neke spolno prenosive bolesti (seksualno zdravlje) mogu dovesti do trajnih oštećenja i deformiteta te uzrokovati sterilitet ili imati štetan učinak na fetus u maternici (reproduktivno zdravlje).

Briga o seksualnom i reproduktivnom zdravlju nije nešto čega se treba stidjeti. To je baš kao briga o zubima ili srcu. Briga uključuje:

- **Prevenciju** – Mnoge infekcije (poput onih o kojima smo ranije govorili) nemaju simptome. Redovni pregledi sprječavaju dugoročne posljedice poput neplodnosti.
- **Odgovornost** – Brigom o sebi štitite i svog partnera.

Održavanje seksualnog i reproduktivnog zdravlja zahtijeva poštovanje, zaštitu i ispunjavanje seksualnih i reproduktivnih prava ljudi.

Kao što imamo pravo na obrazovanje ili slobodu govora, svi imaju **seksualna prava**. Ovo uključuje:

- **Samoodređenje** – Svako od nas ima potpunu kontrolu nad svojim tijelom. Ovo uključuje odlučivanje o tome kada, kako i s kim ćemo imati seksualne odnose.
- **Pristanak** – Najvažniji dio ovog prava je da svaki seksualni čin mora biti dobrovoljan. Niko nas ne smije prisiljavati ili nametnuti.

- **Sigurnost i poštovanje** – Imamo pravo na odnose koji se zasnivaju na međusobnom poštovanju i zaštićeni su od nasilja ili diskriminacije.

Reproduktivna prava odnose se na pravo svake osobe ili para da slobodno i odgovorno odlučuju o svom potomstvu. To uključuje:

- **Donošenje odluka o djeci** – Kada imati djecu, koliko djece želimo imati i koliko često će se rađati.
- **Informacije** – Pravo na pristup informacijama o kontracepciji i metodama koje pomažu u planiranju porodice.

Da bismo mogli ostvariti prethodna dva prava, država i zdravstveni sistem moraju nam pružiti medicinsku zaštitu. Svako od nas ima pravo na:

- **Redovne zdravstvene preglede** – Medicinski stručnjaci su najrelevantniji za brigu o našem seksualnom i reproduktivnom zdravlju. Porodični ljekari pružaju osnovnu medicinsku njegu, ali i savjete o seksualnom i reproduktivnom zdravlju, kontracepciji, spolno prenosivim bolestima, planiranju porodice, seksualnim i reproduktivnim pravima itd. Ozbiljnije zdravstvene probleme vezane za seksualno i reproduktivno zdravlje liječe ljekari koji su specijalizirani za ženski reproduktivni sistem – ginekolozi – i muški reproduktivni sistem – urolozi.
- **Savjetovanje i povjerljivost** – Naše informacije i zdravstveni problemi s ljekarom trebaju biti privatni.
- **Liječenje i prevencija spolno prenosivih infekcija (SPI).**



Posjeta ginekologu



Posjeta urologu radi savjetovanja

Seksualno i reproduktivno zdravlje, pored fizičke medicinske njege, često zahtijeva i psihološku pomoć psihologa. Oni brinu o psihičkom stanju pacijenata, strahu, sumnjama, tuzi i drugim posljedicama koje nastaju kada je seksualno i reproduktivno zdravlje narušeno kao rezultat kršenja ili uskraćivanja seksualnih i reproduktivnih prava.



Psihološko savjetovanje

Dovoljno je upisati „centri za seksualno i reproduktivno zdravlje” u internet pretraživač i dobiti linkove do organizacija koje nude edukaciju i pomoć u vezi s problemima na ovu temu. Ponekad se pomoć može dobiti i elektronskim putem, u obliku savjeta, ali i konkretnih koraka i pregleda od strane stručnjaka, ljekara specijalista, ginekologa, psihologa itd. U našoj zemlji postoje Centri za javno zdravlje u okviru Instituta za javno zdravlje Republike Makedonije. To su institucije koje nude preventivna predavanja i radionice koje pružaju informacije o seksualnom i reproduktivnom zdravlju i pravima u ovoj oblasti.

Naravno, mladi ljudi mogu potražiti pomoć za bilo koji problem ili nedoumicu od svojih nastavnika ili stručnih službi (psiholog, pedagog itd.). Nastavnici i svi uključeni u obrazovni proces grade odnose povjerenja i poštovanja na najvišem nivou prema svojim učenicima.

Mladi ljudi trebaju znati da je policija institucija koja će ih zaštititi od bilo kakvog fizičkog ili psihičkog nasilja, uključujući i seksualno nasilje. Ona vrlo ozbiljno shvata sve prijave djece i mladih, posebno kada su u pitanju prijetnje objavljivanjem ili dijeljenjem informacija sa seksualnom konotacijom, zloupotreba slika i razgovora, seksualne ucjene itd. Iako djeluje zbunjujuće i zastrašujuće, policija će zaštititi i očuvati privatnost svakoga ko zatraži pomoć.

Društveno okruženje utiče na djecu i mlade na njihov razvoj i razumijevanje odnosa među ljudima. Porodica je prva koja djetetu pruža informacije o ponašanju, moralnim vrijednostima, te seksualnom zdravlju i pravima. Kasnije to čine i nastavnici, prijatelji, televizija, razne aplikacije i društvene mreže, muzika, knjige, reklame i igračke. Međutim, informacije dobijene iz takvih izvora mogu dovesti i do pogrešnih mišljenja, a kasnije i stavova. Stoga je ključno da mladi tokom svog rasta i razvoja primaju pozitivne poruke i pozitivnu percepciju seksualnosti, kao i seksualnih i reproduktivnih prava.

Aktivnost

Razmotrite jednu od ovih situacija:

- Djevojčica nije obaviještena o menstruaciji i boji se.
- Dječak je pod pritiskom da ima seksualne odnose iako to ne želi.
- Tinejdžerka nema pristup ljekaru za reproduktivno zdravlje.
- Društvo osuđuje djevojčicu jer traži kontracepciju.

Razgovarajte u razredu:

1. Koje pravo je prekršeno u svakoj situaciji?
2. Kako bi to pravo trebalo biti zaštićeno?
3. Ko može pomoći (škola, ljekar, porodica, institucije)?

U životu susrećemo ljude s različitim uvjerenjima, vjerskim stavovima ili ličnim vrijednostima u vezi sa seksualnošću. Naše tijelo je naš dom i sami postavljamo pravila, ali također snosimo odgovornost da ga održavamo zdravim. Argumentujte svoj stav – važno je znati zašto donosite određene odluke o svom tijelu (na primjer: „Odlučujem se čekati jer prvo želim završiti fakultet“). S druge strane, poštujte druge – čak i ako neko ima drugačije mišljenje od vašeg, njihovo pravo na izbor je jednako važeće kao i vaše. Dijalog treba biti razumljiv, a ne osuđujući.



Odnosi bi trebali biti izgrađeni na međusobnom poštovanju i razumijevanju

Provjerite šta ste naučili

1. Koja je razlika između seksualnog i reproduktivnog zdravlja?
2. Zašto je važno brinuti se o vlastitom seksualnom i reproduktivnom zdravlju?
3. Navedite neka seksualna i reproduktivna prava.
4. Gdje se može potražiti pomoć u vezi sa seksualnim i reproduktivnim zdravljem i pravima?
5. Zašto je važno poštovati seksualna i reproduktivna prava drugih?
6. Zašto se ne preporučuje dugotrajna upotreba hemijskih kontraceptiva?

Istražite za



... univerzalna ljudska prava. U koju kategoriju spadaju ljudska seksualna i reproduktivna prava?

Zanimljiva biologija



Svako tijelo se razvija svojim tempom – to su genetika i hormoni, a ne „normalno/abnormalno“. Često će tinejdžeri i adolescenti osjećati nenamjerni ili namjerni pritisak od strane svojih vršnjaka u vezi sa svojim ličnim životom, seksualnošću, vremenom kada bi trebali imati prvi seksualni odnos... Vjerujte svom mozgu. Čak i ako tijelo reaguje (crvenilo, palpitacije srca), to ne znači pristanak i spremnost. Pravo na izbor i poštovanje dio je cjelokupnog zdravlja.

mozak + hormoni + emocije = zdravlje

3.11 Svjetska populacija

Uvodna aktivnost

Šta se podrazumijeva pod pojmom populacija? Koji faktori utiču na veličinu populacije u okruženju?

Populacija je skup jedinki iste vrste koje naseljavaju određeno stanište. Ljudi su vrsta koja naseljava cijelu planetu, pa kada govorimo o broju ljudi, govorimo o svjetskoj populaciji. Ljudska populacija na Zemlji dostigla je brojku od milijardu 1804. godine. Dvjesto godina kasnije, ova brojka je bila šest puta veća. Danas na planeti živi više od 8 milijardi ljudi. Tabela prikazuje rast ljudske populacije tokom godina.

Promjena veličine ljudske populacije određuje se na osnovu stope nataliteta i mortaliteta među ljudima. **Natalitet** označava broj novorođenčadi na 1.000 stanovnika populacije tokom godine. **Mortalitet** je broj ljudi koji su umrli na 1.000 stanovnika populacije tokom godine. Razlika između stope nataliteta i stope mortaliteta naziva se stopa rasta (rast stanovništva).

Ako je stopa nataliteta veća od stope mortaliteta (pozitivna stopa rasta), populacija će se povećavati. Ako je stopa mortaliteta veća od stope nataliteta (negativna stopa rasta), populacija će se smanjivati. Ako su stopa nataliteta i stopa mortaliteta iste, broj jedinki u populaciji se ne mijenja.

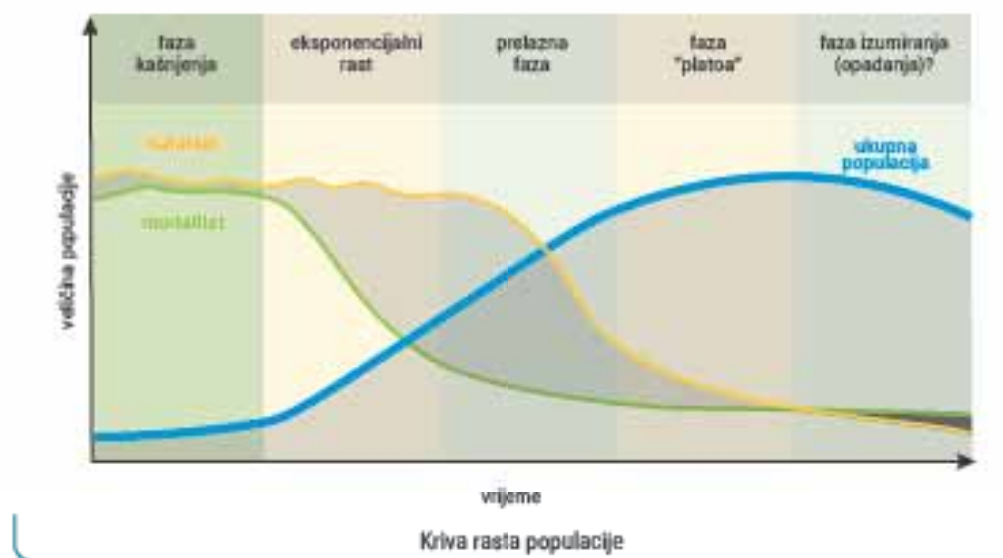
Historijski gledano, ljudska populacija se blago povećavala većim dijelom prošlosti. Značajan rast zabilježen je nakon Drugog svjetskog rata. Najveći rast populacije od skoro 4 milijarde ljudi dogodio se u periodu od 1950. do 2000. godine. U narednih 25 godina, do kraja 2025. godine, rast se i dalje primjećuje i vjerovatno će se nastaviti tokom cijelog ovog (XXI) vijeka. Naučnici koji proučavaju ljudsku populaciju (demografi) predviđaju da će do 2050. godine čovječanstvo dostići 10 milijardi stanovnika.

Rast ljudske populacije (kao i populacija mnogih živih organizama) prati krivulju rasta s nekoliko očiglednih faza:

Tabela: Populacija ljudi u različitim vremenskim periodima (izvor: www.Worldometers.info)

Godina	Broj stanovnika
1200	360 000 000
1650	500 000 000
1760	770 000 000
1850	1 200 000 000
1900	1 600 000 000
1950	2 493 000 000
2000	6 172 000 000
2010	7 022 000 000
2020	7 887 500 000
2025	8 232 000 000

- faza kašnjenja
- eksponencijalni rast
- prelazna faza
- faza "platoa"
- faza opadanja (izumiranja)



U prvoj fazi – **fazi kašnjenja** – veličina populacije bilježi spor, varijabilan rast populacije kao rezultat visokih stopa nataliteta i mortaliteta.

U fazi **eksponencijalnog rasta** dolazi do eksplozivnog rasta veličine populacije kada se populacija udvostruči u kratkom vremenskom periodu. U ovoj fazi stopa mortaliteta naglo opada zbog bolje medicine i sanitacije, dok stope nataliteta ostaju visoke. Svjetska populacija je dostigla ovu fazu nakon Drugog svjetskog rata, kada su se životni uslovi, dostupnost hrane, energije i, što je najvažnije, lijekova i lijekova značajno poboljšali. Samo je penicilin (antibiotik), koji se počeo masovno koristiti tokom ovog perioda, spasio milione ljudi.

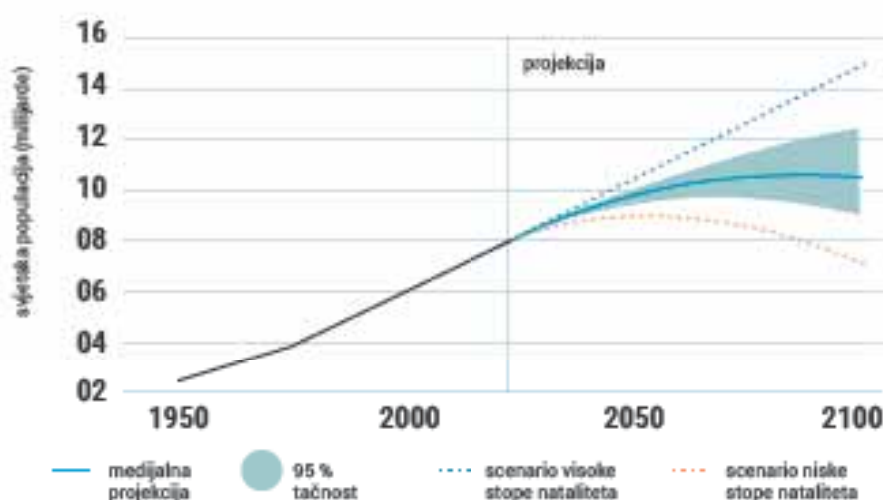
Eksponencijalna faza vodi do takozvane **tranzicijske faze** (prelazne faze), kada se stanovništvo povećava sporijim tempom. Stope nataliteta počinju opadati kako se društvo urbanizira, a obrazovanje žena povećava.

Zatim, stanovništvo ulazi u **fazu "platoa"** u kojoj su stope nataliteta i mortaliteta niske, što dovodi do stabilne, velike populacije. Većina razvijenih zemalja nalazi se u ovoj fazi.

Završna faza, **faza opadanja (izumiranja)**, nastupa ako stopa nataliteta padne ispod stope smrtnosti, što dovodi do starenja stanovništva i prirodnog smanjenja broja stanovnika (na primjer, u Japanu, Njemačkoj). Do ove faze se može doći i ako postoji nedostatak resursa (hrane, vode, životnog prostora itd.).

Od 2025. godine, globalna ljudska populacija kolektivno ulazi u prelaznu fazu*. Dok ukupna populacija nastavlja rasti, dostižući približno 8,25 milijardi do kraja 2025. godine, stopa rasta stalno se smanjuje sa 2% u 1960–ima na približno 0,8% u 2025. godini. Još jedan pokazatelj da mi kao populacija ulazimo u ovu fazu je pad fertiliteta. Prosječna globalna stopa fertiliteta je približno 2,2 do 2,3 porođaja po ženi (u odnosu na 5 porođaja po ženi u 1960–ima). Ovo se približava "nivou zamjene" od 2,1 – vrijednosti na kojoj se veličina populacije stabilizuje i ne mijenja dramatično.

Predviđa se da će u narednih 25 godina svjetska populacija dostići blizu 10 milijardi stanovnika. Ujedinjene nacije predviđaju tri moguća scenarija stope rasta i njihov uticaj na veličinu populacije.



Projekcija tri scenarija za rast svjetske populacije do 2100. godine (Izvor: UN, 2024)

Grafikon pokazuje da će održavanje stope nataliteta na visokom nivou značiti rast stanovništva, koji bi do 2100. godine iznosio oko 15 milijardi ljudi.

Nasuprot tome, ako stopa nataliteta padne ispod 2 djece po ženi, do 2100. godine bi se očekivala populacija od oko 7 milijardi ljudi. Međutim, najvjerovatniji broj svjetske populacije u 2100. godini trebao bi biti između ova dva ekstrema. Održavanjem umjerene stope nataliteta, populacija bi do 2100. godine dostigla nešto više od 10 milijardi ljudi.

* Izvor: blogs.worldbank.org

Aktivnost

Podijelite se u pet malih grupa i proučite dijagram koji prikazuje rast svjetske populacije. Svaka grupa je zadužena za proučenje jedne od prikazanih faza. Zajedno u grupi razgovarajte i zapišite šta je uticalo na veličinu populacije, kakav je oblik grafikona, koji su bili razlozi za to itd. u toj fazi.

Iznesite stavove svake grupe, a zatim zajedno razgovarajte o tome koji se problemi mogu pojaviti s rastom svjetske populacije, zašto milioni ljudi gladuju kada u svijetu ima dovoljno hrane za sve itd.

Provjerite šta ste naučili

1. Opišite faktore koji utiču na veličinu populacije.
2. Navedite faze krivulje rasta ljudske populacije.
3. Opišite faze rasta populacije i glavne promjene koje se dešavaju u populaciji.
4. Kolika je trenutna stopa rasta ljudske populacije na Zemlji? Šta to znači?

Istražite za



... to kako su se stope nataliteta i mortaliteta promijenile u Republici Sjevernoj Makedoniji u posljednjih 50 godina.

Zanimljiva biologija



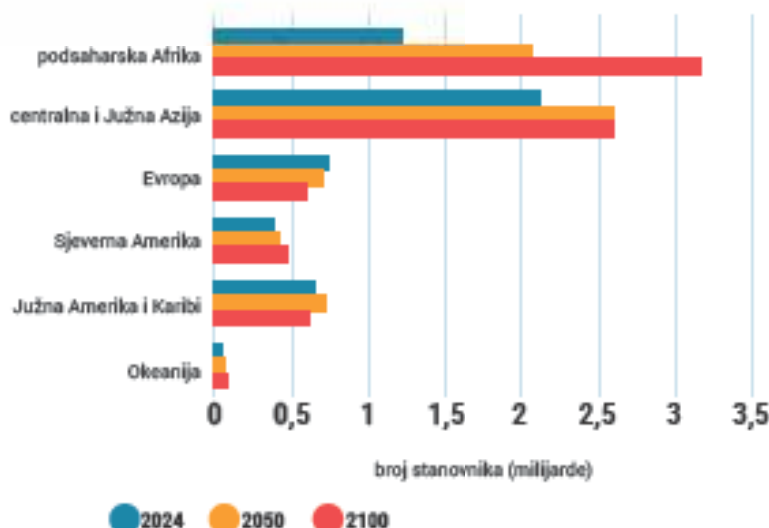
Prema podacima Biroa za referentne podatke o stanovništvu (PRB), neprofitne organizacije u Sjedinjenim Američkim Državama koja prikuplja i analizira demografske podatke, na Zemlji je do sada u njenoj historiji živjelo ukupno oko 117 milijardi ljudi. To znači da je danas živo oko 7% svih ljudi koji su ikada hodali planetom. Demografi to izračunavaju procjenjujući broj rođenih od pojave modernog Homo sapiensa (prije oko 190.000–200.000 godina) do danas. Procjena se zasniva na historijskim podacima o stopama nataliteta i veličini populacije u različitim epohama (od kamenog doba, preko antike i srednjeg vijeka, do industrijske revolucije).

3.12 Izazovi rasta svjetske populacije

Uvodna aktivnost

Zamislite kako bi svijet izgledao 2050. godine sa 10 milijardi ljudi. S kojim bi se izazovima ljudi tada suočili?

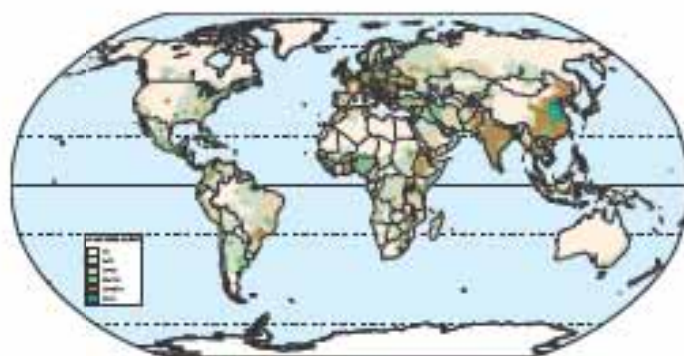
Ljudska populacija i dalje raste. Predviđa se da će u narednih 25 godina broj dostići blizu 10 milijardi ljudi. Očekuje se da će najveći rast stanovništva doći iz zemalja podsaharske Afrike. To je zbog relativno mladog stanovništva u tim zemljama, poboljšanja životnih uslova i smanjenja smrtnosti, te visoke stope nataliteta sa prosječno 4,6 djece po ženi. Nakon njih, najveći rast stanovništva očekuje se u zemljama centralne i južne Azije. S druge strane, evropske zemlje bilježe smanjenje broja stanovnika.



Projektovani rast ljudske populacije u XIX. vijeku po regionima (Izvor: UN, 2024)

Pitanje je da li će svi ovi ljudi moći da zadovolje svoje osnovne potrebe za život, hranu, životni prostor i energiju. Glad, siromaštvo i nedostatak pristupa medicinskoj zaštiti za veliki dio svjetske populacije, posebno u nerazvijenim i zemljama u razvoju, i danas su veliki problem. Posebno je zabrinjavajuća činjenica da će se rast svjetske populacije dogoditi upravo u ovim zemljama. To bi moglo značiti produbljivanje ovih egzistencijalnih izazova.

Kada populacija postane veoma velika, to uzrokuje niz nedostataka i izazova za opstanak stanovništva. 8 milijardi ljudi treba zemlju. Za životni prostor i obradivo i plodno zemljište za prehranu stanovništva, a prostor na Zemlji je ograničen. Ljudi se bave rudarstvom kako bi zadovoljili sve veću potražnju za prirodnim resursima Zemlje, od nafte do metala. Sve ove ljudske aktivnosti utiču na našu okolinu i mijenjaju prirodnu ravnotežu cijele planete.



Gustoća ljudske naseljenosti širom svijeta

Nestašica hrane

Hrana je primarni izvor energije za preživljavanje. Kada broj ljudi premaši kapacitet obradivog zemljišta, dolazi do gladi, konkurencije za resurse i degradacije tla. Nedostatak ključnih vitamina i proteina dovodi do slabljenja imuniteta i pojave bolesti (npr. rahitisa kod djece).



Sječa šuma radi dobijanja obradivog zemljišta

Borba za resurse često dovodi do društvenih nemira i sukoba.

Zbog potrebe za više hrane, zemljište se prekomjerno koristi i gubi svoju plodnost. Razne hemikalije, poput vještačkih gnojiva i pesticida, koriste se za poboljšanje prinosa, što dovodi do zagađenja tla i vode. Da bi prehranili rastuću populaciju, ljudi sijeku šume kako bi napravili polja (krčenje šuma). To uništava biodiverzitet i mijenja klimatske uslove, što u konačnici dovodi do suša i još manje hrane. Krčenje šuma također povećava količinu ugljendioksida koji se ispušta u atmosferu, što dovodi do globalnog zagrijavanja.

Bolesti

U gusto naseljenim sredinama, kada ljudi žive blizu jedni drugima, bakterije i virusi se lakše prenose putem zraka, vode ili direktnim kontaktom. To dovodi do čestih izbijanja epidemija i pandemija koje mogu imati ozbiljne posljedice. Što je veća populacija ljudi (domaćina), veća je vjerovatnoća da će virus ili bakterija mutirati u opasniji oblik. Zbog prenaseljenosti, ljudi ulaze u divlje teritorije gdje dolaze u kontakt sa životinjama koje nose nove, nepoznate viruse (kao što je bio slučaj sa Covid-19). Prenaseljenost često dovodi do loših higijenskih uslova i zagađenja izvora vode za piće, što je glavni izvor bolesti poput kolere i dizenterije. Zbog nedostatka hrane, tijelo nema snage da se bori protiv infekcija, pa smrtnost naglo raste.



Gusto naseljena područja su žarišta epidemija



U siromašnim zemljama, izvori čiste vode

Niska ekonomska moć (siromaštvo)

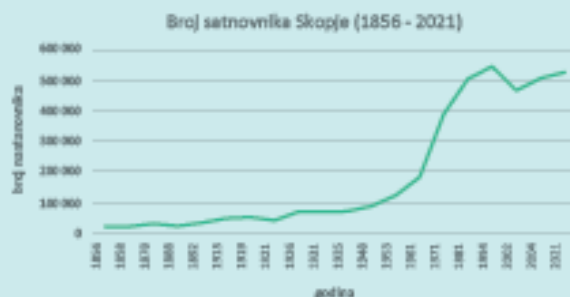
Ekonomska moć zajednice direktno utiče na kvalitet života i stopu preživljavanja. Nerazvijene i zemlje u razvoju koje doživljavaju najveći rast stanovništva imaju nisku ekonomsku moć, odnosno u njima vlada siromaštvo. U takvim okruženjima postoji nedostatak zdravstvene zaštite, nema pristupa vakcinama, modernim lijekovima ili bolnicama, što povećava smrtnost dojenčadi. Nivo obrazovanja je nizak, a nepoznavanje metoda planiranja porodice podstiče brzi rast stanovništva. Prenaseljene sirotinjske četvrti su žarišta bolesti i socijalne nesigurnosti. Kada zemlja ima nisku ekonomsku moć i previše stanovnika, sistemi vodosnabdijevanja i kanalizacije otkazuju. Otpadne vode se miješaju sa vodom za piće, što često dovodi do bolesti (tifus, kolera). Stanovništvo sa niskom ekonomskom moći koristi drvo ili ugalj za grijanje i kuhanje, što dovodi do zagađenja zraka i raznih plućnih bolesti.

Potreba za energijom

Posebno je kritična potreba za energijom, koja će nastaviti rasti ubrzanim tempom. Trenutno su najveći potrošači energije razvijene zemlje, u kojima živi mali dio ljudske populacije. Zemljama u razvoju će u budućnosti biti potrebno mnogo više energije za svoje svakodnevne potrebe: proizvodnju hrane, pitku vodu, zdravlje, higijenu, komunikaciju, transport i sveukupni razvoj. Ovo se mora shvatiti kao ozbiljan problem i treba ulagati u obnovljive i alternativne izvore energije koji će zadovoljiti te potrebe.

Aktivnost

U malim grupama ili parovima, razmotrite grafikon koji prikazuje broj stanovnika grada Skoplja od 1850. do 2021. godine.



1. Opišite šta se dogodilo sa stanovništvom Skoplja u periodu između 1856. i 2021. godine.
2. Zašto se broj stanovnika toliko povećao, posebno nakon 1948. godine?
3. Šta se dogodilo sa stanovništvom 2002. godine?
4. Kako rast stanovništva utiče na okolinu?
5. Predvidite s kojim se problemima Skoplje može suočiti ako njegovo stanovništvo nastavi rasti.
6. Koje mjere mislite da bi se mogle provesti kako bi se prevazišli ovi problemi?

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto velike populacije doživljavaju nestašicu hrane? Objasnite.
2. Objasnite kako prenaseljenost dovodi do deforestacije. Koje su negativne posljedice deforestacije?
3. Koje su negativne posljedice korištenja umjetnih gnojiva i pesticida na tlo i vodu, i do čega dovodi prekomjerno korištenje zemljišta?
4. Zašto prenaseljenost dovodi do češćih epidemija i pandemija?
5. Zašto će zemlje u razvoju imati mnogo veću potrebu za energijom u budućnosti? Kako bi čovječanstvo trebalo riješiti ovaj problem kako bi zaštitilo okoliš?

Istražite za



... takozvanu "vertikalnu poljoprivredu". Mislite li da je ovo rješenje za problem nedostatka obradivog zemljišta? Koja se druga alternativna rješenja razmatraju za prevazilaženje ovog problema?

Zanimljiva biologija

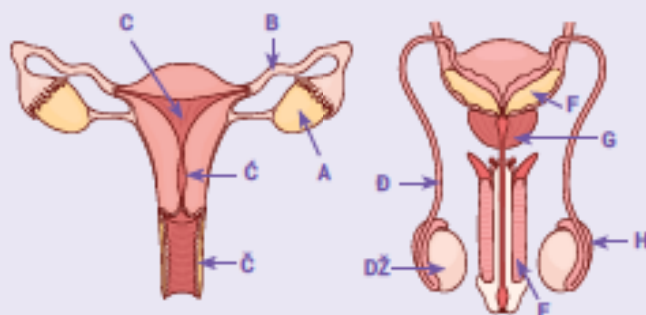


Osam zemalja će biti odgovorno za više od polovine projektovanog rasta stanovništva do 2050. godine: Indija, Nigerija, Demokratska Republika Kongo, Pakistan, Etiopija, Tanzanija, Egipat i Indonezija.

U proteklih 100 godina, svjetska populacija je porasla više od 4 puta, ali je potrošnja resursa po osobi porasla za nevjerovatnih 8 puta. To znači da ne samo da ima više ljudi, već da svaka osoba danas koristi daleko više hrane, vode, energije i materijala nego što su ljudi koristili prije jednog vijeka.

Pitanja za ponavljanje Teme 3

1. Pogledajte slike i pored svake tvrdnje napišite slovo koje označava organ (neke tvrdnje imaju dvije oznake).



- a) mjesto gdje se proizvode spermatozoidi i hormoni – _____
b) mjesta gdje se proizvodi sjemena tekućina – _____
c) kanal kroz koji se spermatozoidi izbacuju – _____
č) mjesto gdje spermatozoidi sazrijevaju i postaju pokretni – _____
ć) organ za izbacivanje spermatozoide – _____
d) mjesto gdje se proizvode jajne ćelije i hormoni – _____
dž) mjesto gdje se embrij implantira – _____
e) mjesto kroz koje beba prolazi pri rađanju – _____
f) mjesto gdje dolazi do oplodnje – _____
j) mjesto gdje se fetus razvija – _____

2. Odgovorite na sljedeća pitanja:

- a) Koja je uloga hipofize u razmnožavanju?
b) Koji hormoni koje luči hipofiza utiču na muške i ženske spolne organe?
c) Koje spolne hormone luče jajnici?
č) Koji spolni hormon luče testisi?
ć) Koja je uloga spolnih hormona?

3. Popunite praznine u rečenicama.

Jajne ćelije i spermatozoidi, koji imaju zajednički naziv, nazivaju se _____.
Jajne ćelije su ženske _____ ćelije. Imaju _____ oblik. Unutar njih se nalazi _____ bogat hranjivim materijama. Spermatozoidi su _____ spolne ćelije. To su specijalizirane ćelije s jasno definiranim _____ i dugim _____ koji im omogućava aktivno kretanje. _____ s genetskim materijalom nalazi se u glavi. Imaju malu količinu _____. Zahvaljujući svojoj pokretljivosti, spermatozoidi mogu pronaći i oploditi _____.

4. U vezi s menstrualnim ciklusom, odgovorite na sljedeća pitanja:
- Kojeg dana menstrualnog ciklusa počinje menstruacija?
 - Koliko dugo u prosjeku traje menstrualno krvarenje?
 - Kojeg dana menstrualnog ciklusa obično dolazi do ovulacije?
 - Objasnite šta se dešava sa sluznicom maternice tokom lutealne faze.
 - U kojoj fazi menstrualnog ciklusa nivoi estrogena počinju da se povećavaju?
 - Kada je najvjerovatnije da će doći do ovulacije kod žene sa 28-dnevnim menstrualnim ciklusom, ako je menstruacija počela 7. juna?
 - Šta se dešava ako jajna ćelija nije oplođena?
5. Popunite praznine u rečenicama.
- Grafov folikul je mehurić u kome sazrijeva _____. Nakon što se Grafov folikul formira, on počinje lučiti _____, što uzrokuje obnavljanje i zadebljanje _____.
- Njegov visok nivo u krvi dovodi do povećanog lučenja _____, što uzrokuje pucanje _____ i oslobađanje zrelog _____ iz jajnika. Oslobađanje zrele jajne ćelije naziva se _____.
6. Popunite praznine kako biste prikazali put sperme do jajne ćelije.
- spermatozoid → _____ → _____ → _____
7. Popunite praznine u rečenicama.
- Svaka spolna ćelija kod ljudi nosi _____ hromosome u svom jezgru, što je polovina broja hromozoma u ćelijama ljudskog tijela.
- Njihova fuzija (oplodnja) proizvodi zigot sa _____ hromozomima, _____ iz spermatozoida i _____ iz jajne ćelije. Ovi _____ hromozomi su raspoređeni u 23 para. Od njih, 22 para se nazivaju _____ hromozomi, a hromozomi u posljednjem – 23. paru, nazivaju se _____ hromozomi.
- Postoje dva spolna hromozoma – _____ i _____. Žene imaju par _____ hromozoma, a muškarci imaju jedan _____ i jedan _____ hromozom.
8. Objasnite razliku između identičnih i neidentičnih blizanaca.
9. U trudnoći se embrion naziva fetus od:
- osme sedmice do rođenja
 - oplođnje do osme sedmice
 - devete sedmice do rođenja
10. Odgovorite na sljedeća pitanja:
- Kako se zove tečnost u kojoj embrion pliva tokom embrionalnog razvoja?
 - Koja je uloga placente? Šta se dešava sa njom nakon što se beba rodi?
 - Objasnite vezu između placente i pupčane vrpce.
 - Gdje se izlučuju otpadni produkti iz embriona?
 - Da li majčina krv prelazi u krv embriona?
 - Koliko dugo traje embrionalni razvoj bebe?

11. Objasnite zašto su pušenje i alkohol štetni tokom trudnoće.

12. Nedovoljno željeza tokom trudnoće može uzrokovati:

- a) poremećaje u razvoju skeleta bebe
- b) anemiju
- c) poremećaje u razvoju nervnog sistema bebe.

13. Opišite proces porođaja.

14. Poredajte sljedeće karakteristike na odgovarajuće mjesto u tabeli.

formiranje porodice | organizam intenzivno raste i razvija se | razvijaju se motoričke sposobnosti | aktivacija spolnih žljezda | početak menstrualnog ciklusa | menopauza | stabilizacija fizičkih i psihičkih promjena | rast i razvoj završava | andropauza | najviša reproduktivna sposobnost | razvoj sekundarnih spolnih karakteristika | usporavanje metabolizma

Razvojne faze ljudskog životnog ciklusa	Karakteristike
Djetinjstvo	
Pubertet	
Adolescencija	
Zrelost	
Starost	

15. Pregledajte tabelu spolno prenosivih bolesti (SPB) i popunite praznine u tabeli.

SPB	Uzročnik	Simptomi
Gonoreja		
Sifilis		
Genitalni herpes		
Genitalne bradavice		
AIDS		
Trihomonijaza		
Kandidijaza		

16. Zašto je važno koristiti kontracepcijske metode?

17. Uporedite fizičke i hormonske metode kontracepcije, objašnjavajući koje se metode koriste i kako funkcionišu.

18. Mladi par želi dugoročnu zaštitu od neželjene trudnoće, ali nije siguran koju metodu odabrati. Objasnite prednosti i nedostatke obje metode.

Metoda 1: Kondom	Metoda 2: Spirala
Učinkovitost:	Učinkovitost:
Prednosti:	Prednosti:
Nedostaci:	Nedostaci:

19. Koja je jedina kontracepcijska metoda koja je 100% učinkovita? Zašto?
20. Navedite neka reproduktivna prava.
21. Šta podrazumijevate pod prirodnim rastom stanovništva?
22. Zemlja ima visoku stopu nataliteta i nisku stopu smrtnosti. Koliki će biti prirodni rast stanovništva i šta to znači za stanovništvo?
23. Šta bi se dogodilo ako bi ljudska populacija postala vrlo velika? S kojim posljedicama bi se ljudi suočili?

Adaptacije živih organizama

Adaptacije: Ključ opstanka u prirodi

Priroda ne toleriše greške – oni koji se najbolje prilagode, oni idu dalje.

Opstanak u prirodi je stalan proces usklađivanja između organizama i njihove okoline. Svaki živi organizam mora pronaći način da odgovori na abiotičke faktore (klima, svjetlost, tlo) i biotičke faktore (uticaj drugih živih organizama). Ovaj odgovor se manifestuje kroz tri vrste adaptacija: anatomske (vidljive promjene u izgledu i obliku), funkcionalne (unutrašnji biološki procesi) i adaptacije u ponašanju (strateške reakcije za zaštitu i ishranu). Kroz ove mehanizme, priroda stvara savršenu ravnotežu koja omogućava život čak i u najtežim uslovima.

Kroz adaptacije, priroda nam pokazuje da je život nevjerovatno fleksibilan i da uvijek pronađe način da ide dalje.

U ovoj temi ćete otkriti da su živi organizmi pravi "superheroji" u svom okruženju, koristeći različite adaptacije za preživljavanje.

► Adaptacije biljaka i životinja



U ovoj temi ćete naučiti:

1. opisati adaptacije kao posebne karakteristike koje omogućavaju živim organizmima da se prilagode uslovima okoline;
2. dati primjere adaptacija kod životinja i biljaka i klasifikovati anatomske adaptacije, adaptacije ponašanja ili adaptacije strukture i funkcije organa;
3. objasniti da adaptacije omogućavaju vrstama da prežive i razmnožavaju se u svom prirodnom staništu;
4. prepoznati promjene u adaptacijama kod životinja i biljaka zbog uticaja klimatskih promjena i globalnog zagrijavanja.

4.1 Adaptacije živih organizama na abiotičke faktore

Uvodna aktivnost

Šta su ekološki faktori i kako se dijele? Koji se faktori spominju u vremenskoj prognozi? Mogu li sve vrste organizama živjeti u svim okruženjima? Zašto?

Svi živi organizmi suočavaju se s različitim izazovima u okruženju u kojem žive – nedostatak vode, visoka ili niska temperatura, stalna potraga za hranom, zaštita od neprijatelja itd. Istovremeno, životinje i biljke su u stalnoj konkurenciji jedni s drugima za resurse. Da bi prevazišli takve izazove, živi organizmi su razvili posebne karakteristike (adaptacije) koje im pomažu da prežive.

Adaptacija je proces prilagođavanja živih organizama uslovima okoline. Adaptacije se dešavaju milionima godina i omogućavaju organizmima da lakše prežive u uslovima svog okruženja i uspješno se razmnožavaju. Vremenom se povoljne karakteristike prenose i zadržavaju kod potomaka kroz brojne uzastopne generacije.

Adaptacije se mogu odnositi na promjene u vanjskom izgledu organizama, u strukturi tijela i fiziologiji unutrašnjih organa, kao i u njihovom ponašanju. Organizmi se prilagođavaju svom abiotičkom i biotičkom okruženju.

Kod živih organizama uočavaju se adaptacije na različite **abiotičke faktore**: intenzitet svjetlosti, temperatura, vlažnost, pritisak zraka, struktura tla, dostupnost vode, zrak, zagađenje, nadmorska visina itd.

Sezonske adaptacije

Abiotički faktori u staništu mijenjaju se s promjenom godišnjih doba. Tokom sušnih perioda u godini ili kada se tlo smrzne, apsorpcija vode korijenjem se smanjuje. Kako bi spriječili prekomjerni gubitak vode, listopadno drveće odbacuje lišće. Zimzeleno drveće se prilagođava ovim uslovima na drugačiji način – u njihovom slučaju, posebna



Listopadne i zimzelene biljke

struktura listova u obliku iglica obloženih voskom omogućava im da zadrže listove dugi niz godina.

Alpska kokoš živi u sjevernoj Evropi i Kanadi. Tokom ljeta, njeno perje je smeđe, što joj pomaže da se lakše sakrije od predatora dok pravi gniježđenje i brine o svojim mladima. Tokom zime, njeno perje postaje bijelo, zbog čega gubi manje tjelesne toplote, a može se i bolje kamuflirati. Na nogama alpske kokoši raste perje koje joj pretvara stopala u "čizme", koje joj omogućavaju kretanje bez utapanja u snijeg.



Alpska kokoš se prilagođava okolini promjenom boje perja

Adaptacije na svjetlost

Neke adaptacije su povezane s intenzitetom svjetlosti. Struktura listova biljaka je u potpunosti prilagođena za fotosintezu – široki i tanki listovi sa stomama, provodnim cijevima i prisustvom hloroplastima u ćelijama. Istovremeno, biljke imaju i mehanizme za pomicanje listova tokom 24-satnog perioda u položaj najpogodniji za apsorpciju svjetlosti, ali i oslobađanje viška vode.



Mladi suncokreti se okreću da prate sunce

Adaptacije na dan - noć

Organizmi su također razvili adaptacije povezane s dužinom dana i noći. Neke biljke su se prilagodile da otvaraju svoje cvjetove tokom dana kako bi bile dostupne oparašivačima. Druge, s druge strane, otvaraju svoje cvjetove noću kako bi ih posjetili i oprašili moljci (noćni leptiri). Životinje su prilagođene da budu aktivne tokom određenog perioda dana, a ostatak vremena koriste za odmor. Noćne ptice, poput šumske sove, imaju niz adaptacija koje im omogućavaju da hvataju plijen



Krila sove prilagođena su noćnom letenju

noću. Sove imaju velike oči koje su osjetljive na najslabije svjetlo noću. Vrhovi perja krila nekih vrsta sova oblikovani su tako da osiguravaju nečujni let kako bi se mogle neprimijećeno približiti svom plijenu. Šišmiši su, s druge strane, razvili sposobnost lova eholokacijom i tako se prilagodili noćnom životu.

Adaptacije na dostupnost vode i vlažnosti

Kao adaptaciju na nedostatak vode, kaktusi su transformirali svoje listove u bodlje, a korijenje im je plitko i razgranato blizu površine tla radi brze apsorpcije vode kada pada kiša. Na taj način ovi organizmi sprječavaju gubitak vode.

Neke biljke, poput lokvanja, prilagodile su se punom životu u vodenom okruženju. Imaju listove i plodove koji plutaju na površini vode. Životinje koje žive u vodenom okruženju također su razvile niz adaptacija koje im omogućavaju brzo i lako kretanje u vodenom okruženju. Životinje imaju hidrodinamično i glatko tijelo, ribe imaju razvijene perke za plivanje, dok su hobotnice prilagodile svoju strukturu za poseban način kretanja mlaznim pogonom (usisavanje vode i njeno brzo izbacivanje).

Nedostatak vode kod životinja uzrokovao je pojavu adaptacija poput suhe kože bez žlijezda na tijelu kao kod gmizavaca, proizvodnje koncentriranog urina kod deva i noćne aktivnosti kod mnogih pustinskih životinja poput pustinskog štakora.

Povećana vlažnost zraka idealna je za životinje, poput puževa i kopnenih rakova, koji teško zadržavaju vodu u tijelu u suhim uvjetima. Danju se skrivaju na vlažnim mjestima, ali noću kada je vlažnost veća, mogu se aktivnije i slobodnije kretati u potrazi za hranom.

Adaptacije na tlu

Organizmi, posebno biljke, također su se prilagodili karakteristikama tla. Na primjer, mahovine su se prilagodile životu na kamenitim podlogama ispuštajući slabe kiseline iz korijena koje razgrađuju stijene i omogućavaju lako pričvršćivanje.



Kaktusi su prilagođeni životu u sušnim područjima



Vodene biljke su prilagodile svoju strukturu životu u vodenom okruženju



Mahovina se prilagodila pričvršćivanju za stijene

Neke vrste biljaka (kao što su predstavnici roda *tamarix*) uspješno su se prilagodile životu u slanim tlima zbog prisustva žlijezda putem kojih izlučuju sol. Tokom dana, nataložena sol se uklanja vjetrom ili kišom. Razvijaju duboko korijenje koje im omogućava korištenje vode sa nižom koncentracijom soli.

Krtice su se prilagodile životu pod zemljom u mraku. Njihov čulo vida je zakržljalo, pa se za orijentaciju prvenstveno oslanjaju na čulo dodira izraženo kroz prisustvo osjetljivih dlačica na licu, nogama i repu. Kod gliste tijelo je dobilo izduženi oblik radi lakšeg kretanja kroz slojeve tla.



Krtičine noge su prilagođene za kopanje tunela pod zemljom

Adaptacije na temperaturi

Živi organizmi su se prilagodili životu na različitim temperaturama, uključujući ekstremno vruća i ekstremno hladna staništa. Biljke koje rastu na hladnim staništima su male i imaju brz životni ciklus s brзом proizvodnjom sjemena. Prilagođavanja životinja na vrlo hladna staništa uključuju gusto krzno i debeli potkožni sloj masti kao izolaciju od hladnoće (kao kod polarnih medvjeda i morževa). Bijela boja krzna ili perja pomaže im da se skrivaju i love.

Drugi organizmi, međutim, imaju prilagodbe za život na visokim temperaturama. Biljke poput kaktusa imaju sposobnost skladištenja vode u svojim mesnatim stabljikama. Imaju voštani sloj na stabljikama, a listovi su im modificirani u bodlje i trnje, što smanjuje gubitak vode transpiracijom.

Životinje imaju niz prilagodbi koje im pomažu da rasprše višak topline. Primjer za to su velike uši pustinjske lisice. Tijelo je obojeno u svijetle boje koje odbijaju toplinu. Noge su im duge kako bi tijelo držale podalje od vrućeg pijeska. Fiziološka prilagodba za očuvanje vode u tijelu je proizvodnja koncentriranog urina. Deve imaju duge dvostruke trepavice i mogu zatvoriti oči kako bi se zaštitile od pijeska i jake sunčeve svjetlosti.



Debeli sloj potkožne masti omogućava moržu da preživi temperature i do -35°C



Pustinjska lisica koristi svoje velike uši za hlađenje

Adaptacije na nadmorsku visinu

Biljke koje žive na većim nadmorskim visinama pokazuju niz adaptacija kako bi se nosile sa stresom kao što su niske temperature, intenzivno UV zračenje, jaki vjetrovi i tla siromašna hranjivim materijama.

Biljke su često niske i rastu nisko pri tlu, u gustom, kompaktnom obliku koji pomaže u zadržavanju topline, otporu jakim vjetrovima i smanjenju gubitka vode. Njihovi listovi su manji i deblji, te imaju zadebljanu voštanu kutikulu ili dlačice koje pružaju izolaciju od niskih temperatura, zadržavaju vlagu i reflektiraju višak UV zračenja.

Razvijaju opsežne i duboke korijenove sisteme kako bi se usidrile u nestabilnom, kamenitom tlu i maksimizirale apsorpciju ograničene vode i hranjivih materija. Neke biljke proizvode proteine koji djeluju kao "antifriz" kako bi se zaštitile od izuzetno niskih temperatura.

Životinje koje žive na većim nadmorskim visinama imaju kompaktni oblik tijela, potkožnu masnoću i debele slojeve krzna, vune ili perja koji pružaju odličnu izolaciju od niskih temperatura. Snježni leopardi imaju velike, debele jastučice na šapama koji im pomažu da se kreću kroz snijeg i led. Životinje poput kozoroga i planinskih koza imaju specijalizirana kopita s tvrdim vanjskim rubom i mekim unutrašnjim jastučićem za povećanu stabilnost na strmim, kamenitim padinama. Ove životinje imaju proporcionalno veća srca i pluća u odnosu na veličinu tijela, što poboljšava ukupnu izmjenu plinova i protok krvi. Fiziološki, imaju povećan broj crvenih krvnih zrnaca, a njihov hemoglobin ima veći afinitet za kisik, što im omogućava da efikasnije vežu i transportiraju kisik iz rijetkog zraka do svojih tkiva.



Nizak rast biljaka na velikim nadmorskim visinama



Jak u Himalajima

Aktivnost**Adaptacije biljaka u školskom dvorištu**

Pročitajte adaptacije biljaka u ovoj lekciji – debeli listovi, dlačice na listovima, trnje/ bodlje, savijene stabljike.

Pokušajte pronaći neke od ovih ili sličnih adaptacija biljaka u školskom dvorištu. Opišite najzanimljiviju adaptaciju koju ste pronašli.

Provjerite šta ste naučili

1. Objasnite šta znači termin adaptacija.
2. Na koje karakteristike se adaptacije mogu odnositi?
3. Navedite primjere kako abiotički faktori utiču na neke adaptacije kod biljaka.
4. Koje su adaptacije omogućile sovi i šišmišu da vode aktivan život noću?
5. Navedite dva primjera adaptacija životinja na niske i visoke temperature.

Istražite za

... adaptacije stopala kod rakuna, medvjeda, divokoze i šimpanze.

Zanimljiva biologija

Lisnati morski zmaj nije ni zmaj ni alga, već riba. Iako izgleda kao zmaj, to je mirna životinja duga 30-35 cm. Rođak je morskog konjića i, kao i on, mužjak čuva jaja dok se ne rode nova. Nema predatora zahvaljujući njegovoj nevjerovatnoj kamuflaži. Izrasline na tijelu nisu perke i ne služe za kretanje. Postoje isključivo radi kamuflaže, pa zahvaljujući njima životinja izgleda kao alge koje se lagano njišu u vodi.



4.2 Adaptacije živih organizama na biotičke faktore

Uvodna aktivnost

Koje faktore nazivamo biotičkim faktorima? Koji je bolje prilagođen – životinja koja je vrlo brza ili životinja koja se kamuflira? Objasnite primjerom.

Različiti **biotički faktori** koji opisuju interakcije između živih organizama u okolini doprinose razvoju specifičnih adaptacija kod organizama. Takvi faktori uključuju konkurenciju za parenje, hranu, svjetlost, prostor, predatorstvo, simbiozu i antropogene (ljudske) faktore.

Adaptacije prema konkurenciji

Kao rezultat konkurencije za svjetlost, biljke u tropskim šumama razvijaju visoke stabljike, velike listove i brz rast kako bi nadmašile susjedne biljke.

Kod životinja, konkurencija može biti između različitih vrsta, poput lava i leoparda, koje se takmiče za isti plijen. Razvili su niz adaptacija koje povećavaju njihov uspjeh u lovu - snažne mišiče, oštre zube i brzo kretanje. Vrste iste vrste, pak, međusobno se takmiče za teritorij i za ženke. Takvi su lavovi, koji su razvili grivu kao zaštitu od ugriza za vrat, ili jeleni, koji imaju velike, snažne rogove.



Rast u visini kao adaptacija



Adaptacije lavova i jelena za međusobnu borbu

Adaptacije prema predatorstvu

Predatorstvo je odnos između dva organizma, gdje je jedan lovac (predator), a drugi plijen. Da bi bili uspješni u lovu, predatori su razvili različite adaptacije poput oštih kandži, boljeg vida, velike brzine kretanja, skrivanja. Plijen, zauzvrat, razvija vlastite adaptacije kako bi se zaštitio i pobjegao od predatora, poput oštrog sluha, brzog trčanja, života u krdu itd.



Tijelo lavova je prilagođeno za lov, a zebri za bježanje

Adaptacije prema simbiozi (komenzalizam, mutualizam i parazitizam)

Klasičan primjer adaptacije u simbiozi su azotfiksatorne bakterije koje žive na korijenju djeteline. Bakterije imaju sposobnost vezati atmosferski azot i pretvoriti ga u jedinjenja koje biljka može apsorbirati. Bakterije koriste šećere iz biljke, a djetelina koristi azotna jedinjenja iz bakterija.

Postoji i mnogo takvih primjera kod životinja. Ptica strvinar i nosorog su se prilagodili zajedničkom životu: ptica jede parazite i ostatke hrane s tijela nosoroga, a nosorog ima koristi jer se rješava parazita.

Lijane su se prilagodile puzavom načinu pričvršćivanja na debla drugih drveća, poput bršljana koji raste na deblima hrastova, bukvi itd.



Noduli u korijenju nekih biljaka za bakterije koje fiksiraju azot



Komenzalizam bršljana koji raste na hrastu



Mutualizam kod ptice strvinara i nosoroga

Slične adaptacije se nalaze i kod životinja. Na primjer, riba remora ima modificiranu leđnu peraju kao pijavicu kojom se pričvršćuje za ajkulu kako bi joj olakšala kretanje i dohvat hrane.

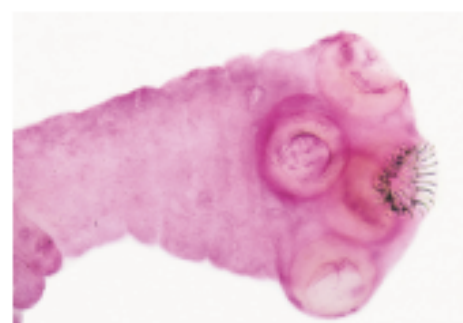
Neki organizmi su se prilagodili parazitskom načinu života. Raflezija je biljka s najvećim cvjetovima na svijetu. Potpuni je parazit i raste na nekim vrstama vinove loze. Nema lišće, ne fotosintetizira i crpi hranjive materije iz biljke domaćina.



Parazitska biljka raflezija



Komenzalizam kod ajkule i ribe remore pričvršćene za nju



Prednja strana pantličare na mikroskopskom preparatu

Pantličara je parazit koji živi u ljudskom crijevu i hrani se hranjivim materijama koje unosi domaćin. Ovaj način života omogućen je nizom adaptacija - udicama za pričvršćivanje, pijavicama i spljoštenim tijelom.

Adaptacije prema antropogene faktore

Antropogeni (ljudski) faktori također imaju veliki uticaj na adaptacije živih organizama. Zagađenje tla teškim metalima potaknulo je neke biljke, poput ruža, da razviju sposobnost apsorpcije ovih štetnih elemenata i njihove izolacije u vakuolama svojih ćelija. Na taj način, metali su "zarobljeni" i ne mogu oštetiti okolno tkivo.

Uništavanjem i zagađenjem staništa od strane ljudi, veliki broj životinja se prilagođava novostvorenim uvjetima iskorištavanjem novih izvora hrane (posjećivanjem urbanih područja), novim reproduktivnim strategijama ili fiziološkim promjenama. Poznat je primjer moljca *Biston betularia*, koji se prilagodio povećanom zagađenju proizvodeći veći broj jedinki s tamnom obojenošću krila.



Tamni oblik ovog moljca na stabljikama je manje primjetan pticama koje se njima hrane

Aktivnost**Istraživanje adaptacija organizama na biotičke faktore**

Od nastavnika/nastavnice ćete dobiti kartice sa slikama i opisima različitih organizama.

Primjer:

1. Ptica čistač i nosorog
2. Lisica i zec
3. Dvije vrste drveća koje rastu u istoj šumi
4. Lišaj
5. Gepard i antilopa

Izaberite 2 kartice i odgovorite koji su biotički faktori uzrokovali adaptacije organizama.

Provjerite šta ste naučili

1. Navedite adaptacije živih organizama koje su uzrokovane biotičkim faktorima.
2. Koje su adaptacije razvili lav i jelen u konkurentskoj borbi za partnera?
3. Koje su adaptacije razvile ribe remora da bi živjele zajedno sa ajkulom?
4. Koje adaptacije pomažu sljedećim životinjama da prežive:
 - a) predator i plijen koji žive u vodi
 - b) predator i plijen koji žive na livadi
5. Kako se moljac *Biston betularia* prilagodio svom okruženju i koji su biotički i abiotički faktori uzrokovali tu adaptaciju?

Zanimljiva biologija

Neke životinje, poput hobotnica i kameleona, prilagodile su se promjeni boje kože kako bi se stopile s okolinom.

**Istražite za**

... mimikriju kao adaptacija životinja.

4.3 Vrste adaptacija

Uvodna aktivnost

Koje adaptacije ajkula ima da bi uspješno živjela u vodenom okruženju?

Možete li grupisati adaptacije koje ste naveli, na primjer: adaptacije za kretanje, za hranjenje, za disanje, za orijentaciju, za otkrivanje plijena itd.?

Adaptacije su promjene koje omogućavaju organizmima da prežive u svom staništu. Mogu se grupisati u:

- anatomske (morfološke) adaptacije – promjene u strukturi i izgledu tijela;
- fiziološke adaptacije – adaptacije povezane s funkcijama i procesima u tijelu;
- adaptacije u ponašanju – aktivnosti organizama koje im pomažu da prežive.

Anatomske (morfološke) adaptacije

Anatomske adaptacije su fizičke karakteristike organizma koje su se vremenom razvile kako bi mu pomogle da bolje preživi i razmnožava se u svom okruženju. Mogu biti vidljive i uključivati oblik tijela, veličinu, boju, vanjske karakteristike, specijalizirane dodatke ili nevidljive i uključuju specifičnu unutrašnju organizaciju i strukturu organa.

Anatomske adaptacije kod životinja pomažu im da dođu do hrane, pobjegnu od predatora, izdrže oštre klimatske uvjete i takmiče se s drugima.

Gusto krzno (kod medvjeda) i potkožni sloj masti (kod foka) polarnih životinja pružaju izolaciju od izuzetno niskih temperatura.

Vrat žirafe ima sedam pršljenova, baš kao i ljudski. Zbog nedostatka hrane u donjim slojevima, njihov vrat se postepeno produžavao kako bi dosegao visoke grane. Ova adaptacija im je omogućila da prežive u savani gdje su biljke rijetke, a hrana za biljojede oskudna/siromašna.

Promjena boje tijela tokom sezonskih promjena uočena je kod nekih životinja kao što su alpska kokoš, snježni zec i hermelin. Zimi postaju bijeli, a ljeti smeđi. Ove promjene omogućavaju lakšu kamuflažu u okolini i zaštitu od predatora.



Izduženi vrat žirafe je anatomska adaptacija



Hermelin u toplijim i hladnijim godišnjim dobima

Kolibriji su najmanje ptice na svijetu koje se hrane nektarom iz cvijeća. Njihovi kljunovi su tanki i dugi, prilagođeni za lak pristup nektaru.

Ekstremiteti pataka i žaba prilagođeni su životu u vodenom okruženju. Između prstiju razvile su se kožice, što im pruža veću površinu za plivanje. S druge strane, prednji udovi letećih sisara, šišmiša, anatomski su prilagođeni za letenje.



Kljun kolibrija je prilagođen za hranjenje nektarom



Anatomske adaptacije ekstremiteta za plivanje



Anatomske adaptacije prednjih ekstremiteta kod šišmiša

Anatomske adaptacije kod biljaka često se fokusiraju na očuvanje vode u suhim okruženjima, rješavanje viška vode, zaštitu od biljojeda i uspješniju reprodukciju.

Bodlje umjesto lišća kod kaktusa i ruža, kao i debela, voštana kutikula kod kaktusa, anatomske su adaptacije koje smanjuju gubitak vode transpiracijom i štite ih od biljojeda.

Velike, mesnate stabljike kaktusa služe za skladištenje vode tokom dužih perioda, a plitko, široko razmaknuto korijenje mnogih pustinskih biljaka omogućava brzu apsorpciju što veće količine površinskih padavina. Adaptacije poput pneumatofora (korijenje za disanje), koje strše iznad vode u mangrovskim šumama, omogućavaju izmjenu plinova u natopljenom tlu siromašnom kisikom.

Što se tiče razmnožavanja, neke biljke, poput maslačka, razvile su pernate izrasline na svojim sjemenkama radi lakšeg širenja.



Korijenje za disanje



Anatomske adaptacije sjemena radi lakšeg rasijavanja

Fiziološke adaptacije

Fiziološke adaptacije su unutrašnje, funkcionalne i biohemijske promjene ili procesi u organizmu. Stoga su takve adaptacije nevidljive.

Zmije, škorpioni, pauzi i određene morske životinje proizvode otrove i toksine za odbranu ili za paraliziranje i probavu plijena. Proizvodnja otrova je složen biohemijski proces koji uključuje funkciju otrovnih žlijezda.

Proizvodnja i skladištenje masti kod deva, polarnih lisica i smeđih medvjeda važna je fiziološka adaptacija koja im omogućava akumuliranje rezervi hrane i energije. Ove rezerve omogućavaju životinjama da prežive tokom perioda kada je hrana oskudna ili nedostupna.

Kod pustinskih sisara poput kamila i kengur pacova, proizvodnja i izlučivanje urina još



Prilikom ugriza, zmija ispušta otrov



Kengur pacov

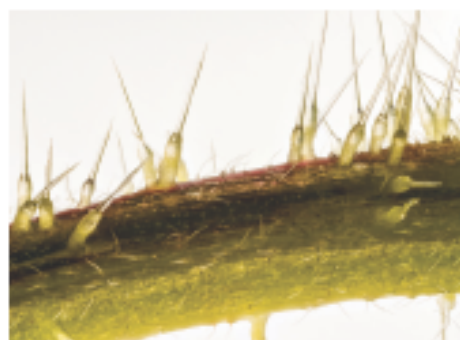
je jedan primjer fiziološke adaptacije. Kod ovih životinja, urin je gusta i koncentrirana, s minimalnim sadržajem vode, što im omogućava da sačuvaju vodu i prežive u pustinji.

Neke ribe i insekti koji žive u okruženjima ispod nule proizvode prirodne proteine u svojoj krvi koji djeluju kao antifriz kako bi spriječili stvaranje kristala leda u njihovim tkivima. Ljudi i druge životinje koje žive na velikim nadmorskim visinama proizvode više crvenih krvnih zrnaca i hemoglobina kako bi efikasno transportovali manje dostupnog kisika kroz tijelo. Životinje koje hiberniraju (npr. medvjedi i šišmiši) značajno smanjuju svoj metabolizam, broj otkucaja srca i tjelesnu temperaturu tokom zime kako bi sačuvale energiju kada je hrana oskudna.

Fiziološke adaptacije biljaka pomažu im da dobiju što više svjetlosti, vode i hranjivih materije, a istovremeno ih štite od stresa iz okoline i biljojeda.

Biljke poput koprive proizvode hemijske iritanse ili snažne otrove kako bi se zaštitile od biljojeda. Neke sjemenke mogu ući u stanje mirovanja pod nepovoljnim uvjetima (suša, ekstremna hladnoća ili visoka slanost), klijajući tek kada se uvjeti poboljšaju, osiguravajući veću stopu preživljavanja.

Pustinjske biljke, poput kaktusa, otvaraju svoje stome noću kako bi omogućile ulazak ugljičnog dioksida, minimizirajući gubitak vode koji bi se dogodio da su otvorene tokom vrućeg, sunčanog dana. Mangrove imaju mehanizme za aktivno oslobađanje viška soli iz biljke, što ih čini uspješno prilagođenima životu u slanom okruženju.



Žarke ćelije s iritantnom supstancom u koprivama

Adaptacije u ponašanju

Adaptacije u ponašanju su nevidljive adaptacije. One uključuju specifične radnje koje organizmi izvode kako bi preživjeli (pronašli hranu, izbjegli predatore) i razmnožavali se u svom specifičnom okruženju. Ponašanje životinja može biti urođeno (instinkti s kojima se rađaju) ili naučeno iskustvom.

Migracije su sezonska kretanja u toplije klime ili područja s većom dostupnošću hrane i predstavljaju instinktivna ponašanja koja se primjećuju kod ptica, kitova, lososa itd. Lastavice putuju hiljadama kilometara do sjeverne Afrike u jesen kako bi pobjegle od hladnih zima, a vraćaju se (na Balkan) u proljeće kako bi se parile i odgajale svoje mlade.



Migracija jata lastavica

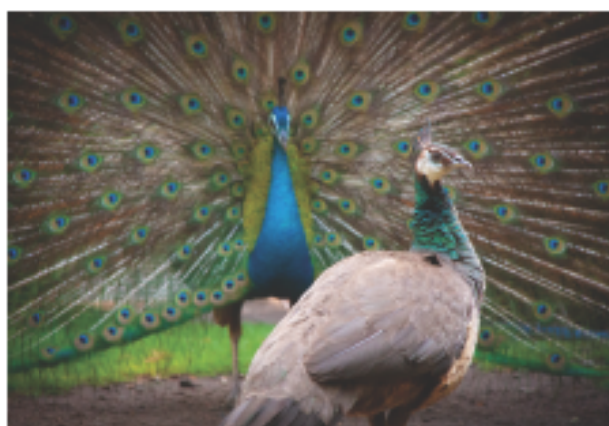
Jegulja iz Ohridskog Jezera putuje u Sargasko More u sjevernom Atlantskom Okeanu radi parenja, a mladi se vraćaju u Ohridsko Jezero.

Rituali parenja uključuju zanimljive načine privlačenja partnera za parenje putem raznih zvukova, plesova, izgradnje gnijezda itd. Mužjak pauna izvodi poseban ples šireći i uvlačeći svoj šareni rep kako bi privukao ženku. Slavuj je poznat po svojim složenim melodičnim pjesmama kojima poziva ženku na parenje.

Životinje poput vukova, lavova i pingvina žive u krdima ili kolonijama. Ovaj način života nudi zaštitu od predatora, poboljšava efikasnost lova i pomaže u odgoju mladih.

Noćna aktivnost je također primjer adaptacije u ponašanju. Mnoge pustinske životinje, poput sova i mnogih glodara, aktivne su noću kako bi izbjegle intenzivnu vrućinu dana.

Zauzimanje obrambenih položaja zanimljive su adaptacije životinja. Ponašanja poput naduvavanja ribe napuhače ili oposuma koji se pretvara da je mrtav instinktivne su reakcije za odvrćanje predatora.



Mužjak pauna pokušava privući ženku



Riba napuhač u normalnom i obrambenom položaju

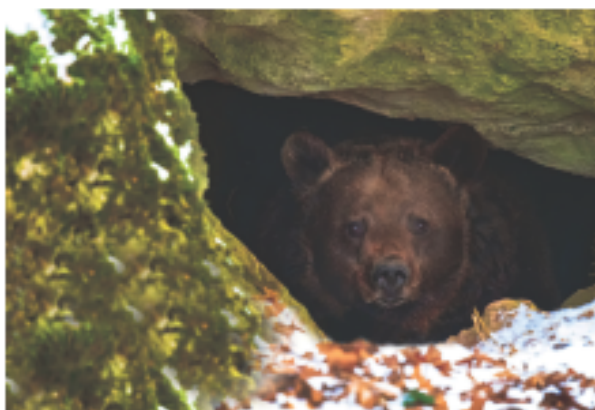
Ulazak u stanje neaktivnosti tokom oštih hladnih (hibernacija) ili toplih/sušnih (estivacija) perioda, radi očuvanja energije i preživljavanja kada je hrana oskudna, dobro je poznat primjer adaptacija ponašanja koje se prevode u fiziološke adaptacije. Smeđi medvjedi hiberniraju

tokom zimskih mjeseci. Povlače se u svoje jazbine (pećine, rupe), ne jedu mjesecima, a njihov metabolizam se usporava, što dovodi do smanjenja tjelesne temperature, usporavanja otkucaja srca i usporenog disanja. Energiju dobijaju iz rezervi masti u potkožnom masnom tkivu. Drugi primjeri životinja koje hiberniraju su šišmiši, ježevi, žabe, kornjače, vjeverice, pčele itd.

Estivacija je adaptacija koju životinje koriste da bi preživjele visoke temperature u ljetnim mjesecima. Pustinjske žabe se ukopavaju u vlažno tlo, a neki gušteri kopaju rupe i tamo provode ekstremnu vrućinu. Ježevi hiberniraju zimi, ali ako su temperature ljeti izuzetno visoke, i oni mogu ući u estivaciju. Puževi zatvaraju svoje ljuštore sluzavim čepom, a gliste se ukopavaju dublje i formiraju zaštitnu sluzavu čahuru.

Biljke također pokazuju određene reakcije kao adaptacije tokom svog životnog ciklusa. Na primjer, mimoza brzo zatvara svoje listove u samoodbrani. Brzo zatvaranje modificiranih listova biljke mesožderke venerine muholovke radi hvatanja insekata je adaptacija koja reaguje na dodir.

Neke biljke precizno određuju vrijeme cvjetanja na osnovu promjena u dužini dana (fotoperiodizam) kako bi osigurale da imaju cvijeće kada su određeni oprašivači najaktivniji.



Hibernacija medvjeda i ježa kao adaptacija u ponašanju



Mlade biljke rastu prema izvoru svjetlosti

Aktivnost

Kakva je adaptacija?

Odaberite tri adaptacije od sljedećih:

- kamuflaža arktičkog zeca
- dugi vratovi žirafa
- migracija ptica
- lokvanji u vodi
- kaktusi zadržavaju vodu
- hibernacija smeđeg medvjeda

Za svaku odabranu adaptaciju odgovorite na sljedeća pitanja:

Koju vrstu adaptacije organizam ima?

Kako ta adaptacija pomaže organizmu da preživi?

Da li je biotički ili abiotički faktor uzrokovao adaptaciju?

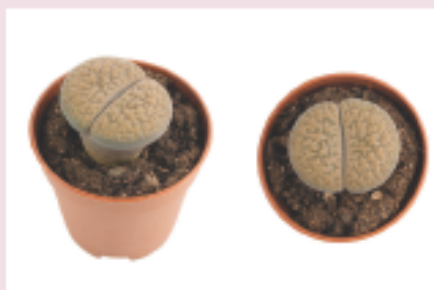
Provjerite šta ste naučili

1. Kako se adaptacije živih organizama mogu grupirati?
2. Navedite jedan primjer vidljive anatomske adaptacije kod ptice i objasnite je.
3. Navedite jedan primjer fiziološke adaptacije kod ptice i objasnite je.
4. Koju prednost imaju životinje koje su prilagođene noćnom životu?
5. Koje vrste adaptacija su migracije i zašto su nastale?
6. Šta se dešava sa životinjama dok su u hibernaciji?

Istražite za



... adaptacije biljke živi kamenčić
(*Lithopsis sp.*).



Zanimljiva biologija



Ježevi usporavaju svoj otkucaj srca sa 200 na oko 20 otkucaja u minuti tokom hibernacije.

Kolibriji mogu lebdjeti na mjestu zahvaljujući jedinstvenom pokretu krila u obliku osmice. To im omogućava da piju nektar iz cvijeća dok lebde u zraku.

Nekoliko sisara i drugih životinja razvilo je otpornost na različite vrste zmijskog otrova. To uključuje merkatte, čiji receptori imaju mutaciju koja sprječava efikasno vezivanje otrova, medonosne jazavce, koji se hrane vrlo otrovnim zmijama poput kobri i mambi, te oposume, koji imaju prirodnu sposobnost neutraliziranja otrova mnogih otrovnih zmija.

4.4 Adaptacije organizama u različitim staništima

Uvodna aktivnost

Šta je stanište? Koja staništa poznajete? Izaberite jednu životinju i recite kako se prilagodila svom staništu.

Adaptacije za život u pustinji

Pustinja je područje s minimalnim životnim uvjetima. To je okruženje koje karakteriziraju visoke dnevne temperature, dugotrajna suša, minimalne padavine i velike temperaturne razlike između dana i noći, što rezultira ograničenim resursima hrane.

Život u pustinji moguć je samo kombinacijom vidljivih i nevidljivih adaptacija. Ove adaptacije pomažu organizmima da se nose s ekstremnim uvjetima koji tamo vladaju.

Biljke u pustinjama imaju kratak vegetativni period koji je povezan s padavinama. Kod kaktusa je stabljika zadebljana i mesnata te se prilagodila za skladištenje vode (rezervoar vode). Umjesto lišća, imaju bodlje, što smanjuje površinu za transpiraciju u usporedbi sa širokim i ravnim lišćem drugih biljaka. Bodlje također pružaju dobru zaštitu od životinja koje se hrane biljkama. Imaju debelu kutikulu kako bi spriječile gubitak vode. Korijen je plitak i razgranat kako bi brzo sakupljao vodu od kratkotrajnih kiša. Stome se nalaze duboko u epidermi stabljike i otvaraju se uglavnom noću. U nedostatku lišća, stabljika je preuzela ulogu provođenja fotosinteze.

Većina životinja u pustinji aktivna je noću kada temperatura padne i nisu u opasnosti od daljnjeg gubitka vode.

Kamile su jedne od najtipičnijih životinja koje su se prilagodile životu u pustinji. Njihovo svijetlo krzno pomaže u odbijanju sunčeve svjetlosti, a duge noge drže tijelo dalje od vrućeg pijeska. Stopala su im široka i imaju dva prsta s mekim jastučićem ispod



Kaktusi su prilagođeni životu u sušnim staništima



Kamile su potpuno prilagođene životu u pustinji

njih, što ih sprječava da utonu u pijesak. Na koljenima imaju tvrde kožaste jastučiće, tako da mogu klečati bez da se opeču od pijeska. Na glavama su razvili adaptacije za život u okruženju ispunjenom pijeskom i česticama prašine. Oči su im velike s dugim trepavicama, a treći kapak pruža dodatnu zaštitu od pijeska. Razvili su mišiće u nozdrvama kako bi ih zatvorili, što sprječava ulazak pijeska u njihove disajne puteve. Unutrašnjost usta je obložena vrlo čvrstom kožom, tako da mogu jesti čak i bodljikave biljke bez da se ozlijede. Imaju jednu ili dvije grbe na leđima u kojima skladište masnoću. Služe kao rezerva energije kada u pustinji nema dovoljno hrane ili vode.

Adaptacije za život na Arktiku

Arktik je područje vječnog leda i ekstremnih životnih uvjeta. Zimi temperature mogu pasti i do -40°C , a ljeti se popnu od 0°C do 10°C . Šest mjeseci u godini je mračno. Padavine su rijetke i u obliku snijega, a vjetrovi su jaki. Niska temperatura i nedostatak svjetlosti doveli su do razvoja malog broja biljnih vrsta. Kopnena područja Arktika gdje nema leda nazivaju se tundra. Tamo rastu lišajevi i vrlo otporne biljke poput mahovine, neke niske trave, a najpoznatija je arktička vrba, koja leži gotovo na površini tla kako bi se zaštitila od hladnoće i vjetrova.

Životinjski svijet Arktika predstavljen je raznim vrstama kao što su polarni medvjed, polarna lisica i polarni zec, a u vodama žive foke, morževi, morski lavovi itd.

Polarni medvjedi imali su bijelo krzno, debele slojeve masti ispod kože i male uši, što im pomaže da zadrže toplinu. Njihove kratke, snažne noge imaju široke, dlakave šape kako bi spriječile da potonu u led. Dlake na njihovim šapama smanjuju kontaktnu površinu s ledom, sprječavajući klizanje i omogućavajući im tiho kretanje prilikom lova. Bijela boja je odlična kamuflaža u snježnom okruženju, a zrak zarobljen između vlakana krzna djeluje kao toplinski izolator. Veliko, zaobljeno tijelo zadržava više topline i sporije se hladi, što je važna prednost u hladnom arktičkom okruženju.



Arktička vrba

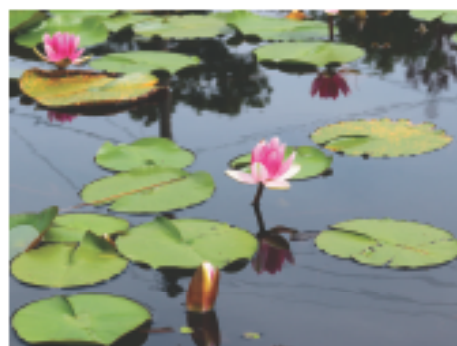


Polarni medvjed

Prilagođavanja za život u vodenim staništima

Vodena staništa se razlikuju prema vrsti vode, koja može biti slatka ili slana, a to uveliko utiče na organizme koji tamo žive. Temperatura vode se mijenja ovisno o tome gdje se stanište nalazi i koliko je duboko. U plitkim područjima voda je obično toplija jer je sunce lakše zagrijava, dok na većim dubinama postaje hladnija. Količina svjetlosti se također smanjuje s povećanjem dubine, pa više biljaka raste u plitkim područjima, dok organizmi koji mogu preživjeti u mraku žive u dubokim područjima. Dno može biti pjeskovito, kamenito ili muljevito, a to određuje vrstu biljaka i životinja koje tamo žive. Kretanje vode je još jedna važna karakteristika: rijeke imaju jake struje, pa organizmi moraju biti prilagođeni stalnom kretanju, dok je u jezerima i barama voda mirna i omogućava razvoj većeg broja biljaka. Količina kisika varira ovisno o temperaturi i kretanju vode, pa je hladna voda u brzim potocima i rijekama bogatija kisikom. Zbog svih ovih uslova, vodena staništa podržavaju bogat biodiverzitet koji uključuje različite vrste riba, vodenih insekata, žaba, algi i vodenih biljaka.

Lokvanji su biljke karakteristične za slatkovodna staništa (močvare, bare, jezera). Imaju modificirano korijenje (rizome) koje je izgubilo sposobnost apsorpcije vode i minerala i služi samo za pričvršćivanje biljke. Njihovi listovi su tanki i plutaju na površini vode kako bi maksimalno iskoristili sunčevu svjetlost. Listovi su zeleni na vrhu jer su kloroplasti koncentrisani na gornjoj površini. Imaju tanku epidermu za lako odvođenje vode. Potrebne supstance i rastvoreni gasovi primaju se kroz listove direktno iz vode. Imaju velike cvjetove koji rastu iznad vode, a latice privlače oparašivače - insekte svojim bojama. Sjemenke su ispunjene uljem kako bi plutale u vodi radi lakšeg rasijavanja.



Lokvanji

Prva asocijacija na životinje koje žive u vodenom okruženju je riba. Imaju opšte adaptacije kao što su glatko i klizavo tijelo s hidrodinamičkim oblikom radi smanjenja trenja s vodom, perke za održavanje smjera i smjera kretanja, škrge s velikom površinom kako bi kisik lakše ulazio u krv. Boja kože im pomaže da se lakše kamufliraju i da se zaštite od predatora ili da budu bolji lovci. Pored opštih, mnoge vodene životinje imaju specifične adaptacije kao što su Lorencijeve ampule kod ajkula koje detektuju električna pražnjenja, oštri zubi kod pirana za lov, kamuflaža kod hobotnica radi zaštite od predatora, pojava bioluminiscencije kod meduza i slično.



Lorencijeve ampule na donjoj strani glave ajkule

Aktivnost**Prilagođavanje staništu**

Slike prikazuju dvije lisice – jedna živi u arktičkom okruženju, a druga u pustinji.

Prikazane su i dvije biljke – jedna nastanjuje pustinjska, a druga vodena staništa.

Navedite nekoliko vidljivih anatomskih prilagodbi koje su povezane s uvjetima u njihovom staništu. Objasnite kako ove prilagodbe pomažu organizmima da prežive u svojim staništima.

**Istražite za**

... adaptacije pingvina koje im omogućavaju da žive na Antarktiku.

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto se polarne regije i pustinje nazivaju ekstremnim staništima?
2. Šta kaktus koristi za fotosintezu kada se njegovi listovi transformišu u bodlje?
3. Zašto i deve i polarni medvjedi imaju široka stopala, iako žive u različitim staništima?
4. Tijela životinja koje žive na Arktiku su okrugla, dok su tijela životinja koje žive u pustinjama izdužena. Objasnite zašto je to tako.
5. Navedite adaptacije lista kod lokvanja.
6. Odaberite jednu vodenu životinju i napišite o njenim adaptacijama (primjer: hobotnica, kit).

Zanimljiva biologija

Postoje organizmi koji žive u dubokim okeanima. Prilagodili su se životu u potpunom mraku. Razvili su sposobnost bioluminiscencije – proizvodnje svjetlosti koju koriste za pronalaženje ili namamljivanje plijena. Kod riba je svjetlosni organ toliko sofisticiran da podsjeća na užarenu udicu. Može svijetliti i djelovati kao mamac, privlačeći manje, znatizeljne ribe. Uz pomoć ove adaptacije, ribe također pronalaze partnere.



4.5 Uticaj klimatskih promjena na žive organizme

Uvodna aktivnost

Šta je uzrok topljenja leda na polovima?

Da li termini klimatske promjene i globalno zagrijavanje imaju isto značenje?

Šta dovodi do globalnog zagrijavanja na planeti Zemlji?

Klimatske promjene predstavljaju dugoročni poremećaj klimatskih karakteristika nekog područja – promjene prosječnih temperatura i ciklusa godišnjih doba, promjene rasporeda i intenziteta padavina, pojavu suša i poplava, i sl.

Ove promjene direktno mijenjaju uslove u određenom ekosistemu i utiču na biljke i životinje koje u njemu žive. Većina vrsta se prilagodila postojećim uslovima koji vladaju u njihovim staništima, pa kada se uslovi poremete, organizmi postaju ranjivi. Promijenjeni uslovi uzrokuju potrebu za brзом adaptacijom, ali većina biljaka i životinja to ne može postići. Stoga bi veliki broj vrsta mogao nestati.

Uticaj klimatskih promjena na biljke

Klimatske promjene, a posebno globalno zagrijavanje, mogu poremetiti reproduktivni uspjeh biljaka, sinhronizaciju sa oparašivačima, te dovesti do poremećaja čitavih ekosistema i vrsta koje tamo žive.

Naime, globalno zagrijavanje ima veliki uticaj na period cvjetanja. Ako su proljetne temperature više, to može dovesti do ranog cvjetanja cvjetnih biljaka. Promjena proljetnih temperatura



Pojava snijega i leda tokom cvjetanja zbog klimatskih promjena

može uzrokovati ekološku desinhronizaciju (ekološki neusklađen) s njihovim oparašivačima. Pčele i drugi oparašivači se možda neće pojaviti, što će direktno uticati na oparašivanje i oplodnju, a time i na razmnožavanje biljaka. Rano cvjetanje također može uticati na oparašivače koji se hrane nektarom. Zbog neusklađenosti mogu ostati bez hrane i izumrijeti.

Klimatske promjene kod nekih biljaka mogu promijeniti vrijeme između pojave lišća i cvjetova. Ako je ovo vrijeme prekratko, lišće neće proizvesti dovoljno hrane i neće se formirati plodovi. Ako je vremenski period između pojave lišća i cvjetova duži, lišće će moći zaštititi cvijeće od hladnoće i niskih temperatura.

Uticaj klimatskih promjena na životinje

Najveći uticaj klimatskih promjena i porasta globalne temperature primjećuje se na Sjevernom i Južnom polu i na životinje koje tamo žive. Polarni medvjedi uspješno su se prilagodili uvjetima koje nudi Arktik. U lancu ishrane, oni su vrhunski predatori i hrane se fokama. Polarni medvjedi ne mogu uhvatiti foke dok su u vodi, već čekaju u zasjedi blizu rupa u ledu gdje foke izlaze da udahnu zrak. S promjenom klimatskih uvjeta, a posebno s porastom globalnih temperatura, led na polovima se topi. To smanjuje prostor u kojem se polarni medvjedi mogu kretati kako bi lovili foke. Postoji trend gladovanja i slabljenja polarnih medvjeda, što također utječe na njihovu sposobnost razmnožavanja. Stoga je opstanak ove vrste doveden u pitanje.



Polarni medvjed hvata foke iz rupe u ledu

Klimatske promjene također utiču na ptice, posebno na njihove obrasce migracije. Povećane temperature uzrokuju pomjeranje migracije u vremenu. Ptice počinju migraciju kasnije ili mijenjaju svoje rute migracije. Više temperature potiču ptice da se ranije vrate u svoja matična područja, ali često se njihovi izvori hrane (insekti ili biljke) ne pojavljuju istim tempom, što uzrokuje vremensku neusklađenost. Mnoge ptice također mijenjaju svoje zimovalište, pa neke ptice koje su nekada zimovale u našoj zemlji sada zimuju u drugim zemljama sjevernije.

Istraživanja pokazuju da kao rezultat toplijih zima i dostupnosti hrane (zbog ljudske brige), neke populacije roda ostaju u Evropi tokom cijele godine.

Ove pojave prisiljavaju životinje da se prilagode novim uvjetima, ali neće se sve vrste moći prilagoditi. Neke mogu nestati ili će se njihov broj drastično smanjiti.

Naučnoistraživački pristupi i modeli

Postoji nekoliko pristupa analizi uticaja klimatskih promjena na žive organizme.

Korištenje biofizičkih modela je moderan pristup koji koristi računarsku aplikaciju za simuliranje i izračunavanje kako prosječni i ekstremni klimatski elementi (temperatura, voda, zračenje) utječu na određene vrste biljaka i životinja. Dobijeni podaci mogu se koristiti za predviđanje budućih klimatskih promjena i njihovog uticaja na žive organizme.

Istraživanje korištenjem herbarijskog materijala omogućava poređenje životnih ciklusa tokom decenija ili vijekova i procjenu kako su klimatske promjene promijenile biodiverzitet u prošlosti.

Laboratorijski i terenski eksperimenti direktno testiraju biljke pod povišenim temperaturama ili različitim vodnim režimima i utvrđuju kako ovi uslovi utiču na rast, cvjetanje, formiranje sjemena i plodova.

Praktične mjere i rješenja

Klimatske promjene najviše utiču na biljke koje se uzgajaju za hranu, tako da su mjere i rješenja koja je potrebno preduzeti u poljoprivredi veoma važni. Ove mjere uključuju sadnju sorti otpornih na sušu, vrućinu i neredovne padavine, postavljanje sistema za navodnjavanje kap po kap, malčiranje (primjena različitih vrsta pokrivača), zaštitu od UV zračenja, zasjenjivanje itd., što pomaže u suočavanju s visokim temperaturama i nedostatkom vode.

Provodi se i monitoring (posmatranje, praćenje) prirodnih zajednica, pri čemu se u određenom vremenskom intervalu prate promjene u cvjetanju, lišću, migracijama, pojavi ili nestanku biljaka i životinja.

Očuvanje i upravljanje staništima podrazumijeva zaštitu prirodnih ekosistema, njihovu rehabilitaciju, stvaranje ekoloških koridora, zaštićenih područja, proglašenje nacionalnih parkova itd.

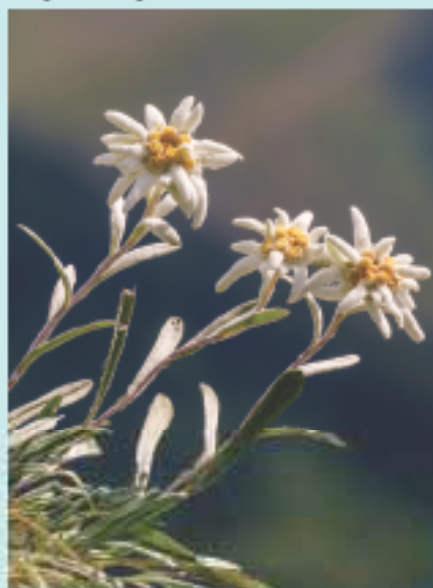


Praćenje sezonske migracije ptica

Aktivnost

Napravite letak u kojem ćete predstaviti uticaj klimatskih promjena na:

- promjenu migracijskog toka nekih ptica (bijela roda, siva guska, ždral),
- nove mehanizme širenja kod biljaka (norveški javor, planinski bor, runolist (edelvajs)),
- promjenu perioda cvjetanja kod biljaka (japanska trešnja, jorgovan, neven, maslačak),
- promjenu boje krzna kod nekih životinja (na primjer, planinski zec).



Runolist



Japanska trešnja

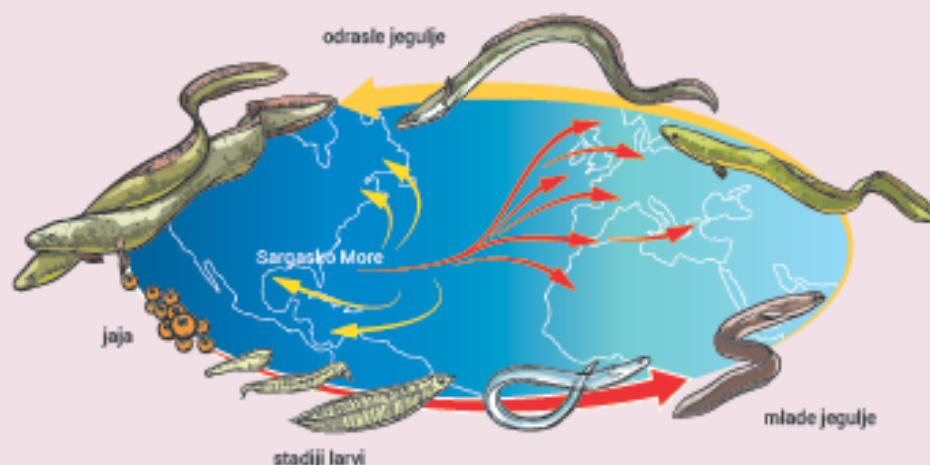
Provjerite šta ste naučili

1. Kakav uticaj klimatske promjene imaju na biljke?
2. Objasnite pojam ekološke neusklađenosti kod cvjetnica.
3. Zašto su polarni medvjedi ugrožena vrsta?
4. Koji se istraživački pristupi koriste za analizu uticaja klimatskih promjena na žive organizme?
5. Koje se mjere poduzimaju u poljoprivredi kako bi se uspješno uzgajale biljke za prehranu?
6. Zamislite biljku i životinju. Predložite koje bi se adaptacije mogle razviti kod njih ako bi se prosječna temperatura u njihovom staništu povećala mnogo više od trenutne.

Istražite za



... migracijsku rutu ohridske jegulje – zašto je poremećena i koje se mjere poduzimaju za njeno očuvanje u Ohridskom Jezeru.



Zanimljiva biologija



Hermelin mijenja boju krzna u skladu s dužinom dana, a ne s temperaturom. Kada su zime toplije i bez snijega, hermelin ostaje bijel iako nema snijega, što ga čini mnogo lakšom metom za predatore.



Pitanja za ponavljanje Teme 4

1. Šta podrazumijevate pod pojmom adaptacija i kojim uslovima se organizmi prilagođavaju?
2. Kako se listopadno i zimzeleno drveće prilagođava kada je tlo smrznuto (u uslovima nedostatka vode)?
3. Navedite dvije adaptacije alpske kokoši u uslovima niskih temperatura.
4. Koje adaptacije ima krtica za život pod zemljom?
5. Koje fiziološke adaptacije imaju kaktusi za skladištenje vode?
6. Zašto životinje koje žive na velikim nadmorskim visinama imaju veći kapacitet pluća?
7. Kako adaptacije sove omogućavaju da bude aktivna noću?
8. Zašto životinje koje žive na Arktiku imaju debeli sloj masti ispod kože?
9. Kako su se kolibriji prilagodili da se hrane nektarom?



10. Kako ribe koje žive u hladnim vodama mogu preživjeti bez smrzavanja?
11. Navedite primjer adaptacije na konkurenciju između dvije životinje koje žive u istom staništu.
12. Kako nadmorska visina utiče na adaptacije biljaka koje tamo žive?
13. Uporedite adaptacije kaktusa i lokvanja na vodu.
14. Koje anatomske (morfološke) adaptacije imaju ribe i vodeni sisari (na primjer: ajkula i delfin).
15. Navedite razlike u adaptacijama u ponašanju roda i smeđih medvjeda kao rezultat početka zime?
16. Koje su adaptacije neophodne da bi deva preživjela u pustinji? Za svaku adaptaciju napišite kojoj grupi adaptacija pripada (anatomske, fiziološke ili adaptacije u ponašanju).

17. Rasporedite date adaptacije na odgovarajuće mjesto u tabeli.

- | | |
|---|---|
| A – igličasti listovi sa voštanim slojem kod zimzelenih biljaka | Đ – povećan broj crvenih krvnih ćelija |
| B – teritorijalna borba | E – proizvodnja otrova i toksina |
| C – noćna aktivnost | F – rituali parenja |
| Č – proizvodnja koncentrovanog urina | G – veće srce i pluća |
| Ć – debeli potkožni sloj | H – obojenost tijela |
| D – izlučivanje viška soli | I – zauzimanje odbrambenih položaja |
| E – ulazak sjemena u stanje mirovanja | J – promjena boje krzna hermelina |
| DŽ – migracija i hibernacija | K – proteini u krvi koji djeluju kao antifriz |

Anatomske adaptacije	Fiziološke adaptacije	Adaptacije u ponašanju

Evolucijski razvoj živog svijeta, prirodna i vještačka selekcija

Detektivi prošlosti: Kako fosili pričaju našu historiju?

Ova tema nas vraća daleko u prošlost kako bismo odgovorili na jedno od najvećih pitanja u biologiji: Kako je nastao sav živi svijet koji danas vidimo?

Teorija evolucije otkriva da se živi svijet nalazi u stanju stalne i dugoročne transformacije. Najjači dokaz za to su fosili, koji nam, kao svjedoci prošlosti, omogućavaju da rekonstruišemo izgled drevnih organizama.

U surovoj prirodi, opstanak nije zagarantovan, već je rezultat prirodne selekcije – procesa u kojem samo najsnažljiviji i najprilagođeniji organizmi dobijaju priliku da nastave svoju vrstu. Ovaj mehanizam je također odgovoran za uspon čovjeka kao vrste koja je uspjela da se usavrši i preuzme kontrolu nad svojim okruženjem.

Zanimljivo je da su i sami ljudi počeli mijenjati pravila igre kroz vještačku selekciju, pripitomljavajući divlje životinje i biljke prema svojim potrebama.

U ovoj temi ćete shvatiti da je živi svijet koji danas vidimo rezultat procesa koji je trajao milijarde godina.

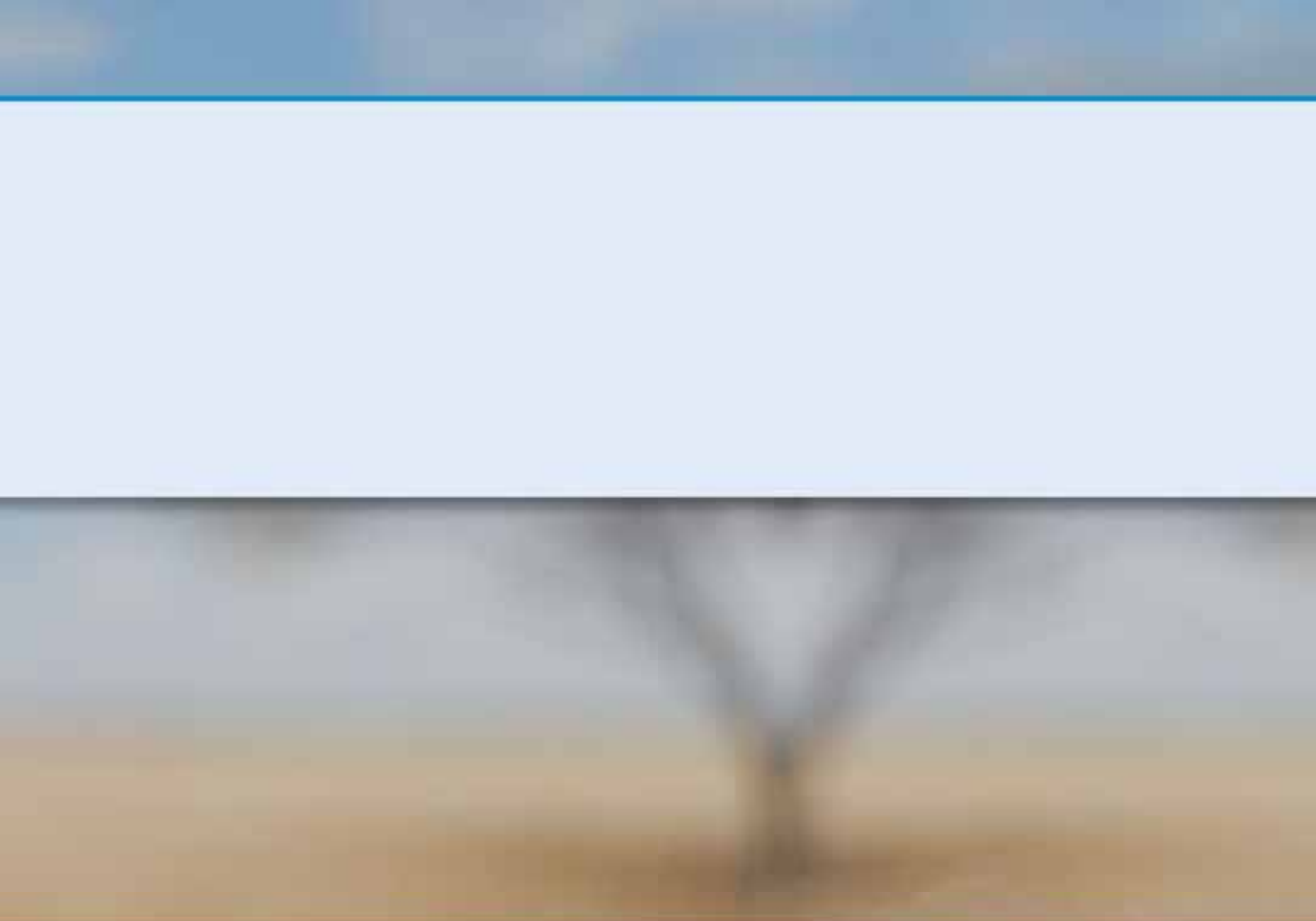
► Teorija evolucije

► Fosili

► Razvoj čovjeka i njegovih predaka

► Borba za opstanak i prirodna selekcija

► Vještačka selekcija



U ovoj temi ćete naučiti:

1. objasniti teoriju porijekla Svemir i planete Zemlje i teoriju evolucije kao nauku koja proučava historijski razvoj živih organizama od njihovog početka do danas;
2. opisati fosile kao materijalne dokaze evolucije koji pružaju tačne podatke o izgledu i strukturi živih organizama u prošlosti na koje se nauka može osloniti;
3. identificirati pretke čovjeka i razumjeti evolucijski razvoj ljudi od australopitekusa do Homo sapiensa kroz usložnjavanje građe tijela (ispravljanje kičmenog stuba), proširenje lubanjskog svoda i razvoj mozga;
4. objasniti teoriju prirodne selekcije, koja se zasniva na principima varijabilnosti, adaptacije i nasljeđivanja, te je uporediti sa vještačkom selekcijom koju ljudi provode kako bi dobili jedinke sa željenim osobinama.

5.1 Nastanak planete Zemlje i pojava života

Uvodna aktivnost

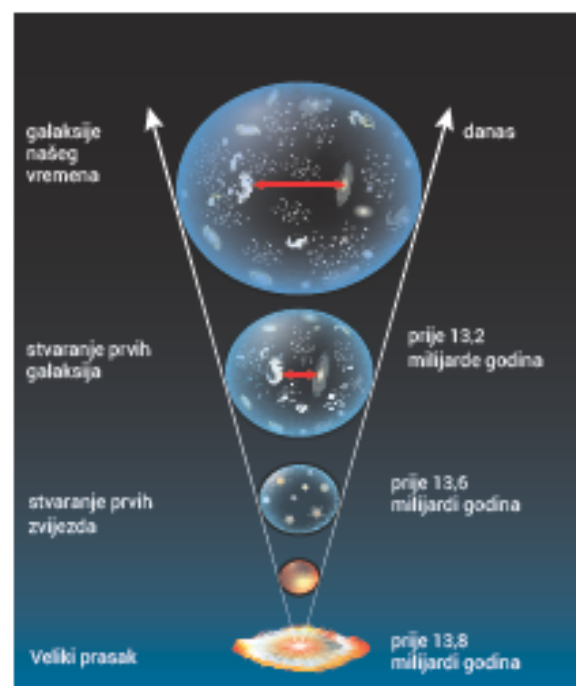
Ako pogledate u nebo noću, vidite Svemir i mnoge sjajne tačke za koje znate da su udaljena nebeska tijela. Koliko mislite da su udaljene od nas u poređenju sa Mjesecom? Možete li pogoditi njihov broj? Da li Svemir ima kraj?

Stvaranje planete Zemlje

Kroz prošlost, od davnina, mnogi mislioci, a kasnije i naučnici, pokušavali su objasniti postojanje i porijeklo neba, hiljada vidljivih sjajnih tačaka – "zvijezda", Sunca, Mjeseca i naše planete Zemlje. Ova objašnjenja su se uglavnom zasnivala na vjerovanjima i legendama, često fantastičnog karaktera. Tako su stari Grci vjerovali da je svemir stvorio prvobitni bog Haos, od kojeg su rođeni božica Zemlje – Gaja i bog neba – Uran. S druge strane, prema Starom zavjetu Biblije, u knjizi Postanka, kaže se da je „U početku Bog stvorio nebo i zemlju“.

Danas je općeprihvaćeno naučno objašnjenje za porijeklo nebeskih tijela i njihovo širenje po Svemiru takozvani "Veliki prasak". Prema njemu, Svemir je počeo kao izuzetno vruća, gusta tačka prije oko 13,8 milijardi godina, koja je u jednom trenutku eksplodirala. Eksplozija je oslobodila ogromnu količinu energije, koja je prvo stvorila svjetlost, a zatim je dio te energije zarobljen u materiji. Vremenom se materija zgrudala, formirajući ogroman broj nebeskih tijela i galaksija. Svemir je nastavio rasti i širiti se, uzrokujući da se galaksije i danas udaljavaju jedna od druge. Veličina svemira je beskonačna, ili možda toliko ogromna da je ljudski um ne može zamisliti.

Naša galaksija, nazvana Mliječni put, samo je jedna od ogromnog broja galaksija u Svemiru. Sastavljena je od mnogih zvijezda, planeta i drugih nebeskih tijela.



Šematski prikaz stvaranja Svemira prema teoriji Velikog praska

Sunce je zvijezda koja je oko sebe formirala Sunčev sistem od nekoliko planeta i nebeskih tijela koja kruže oko nje, uključujući planetu Zemlju. Starost Sunčevog sistema procjenjuje se na oko 4,6 milijardi godina.

Vjeruje se da je planeta Zemlja formirana prije otprilike 4,5 milijardi godina. Slično drugim planetama, počelo je sabijanjem vruće mase, koja je postepeno dobila sferni oblik. Na njenoj površini formirala se kora (litosfera) – čvrsta ljuska od kamenih materijala, vodena ljuska (hidrosfera) i zračna ljuska od gasova (atmosfera). Prvobitna Zemlja imala je potpuno drugačije uslove nego danas: vulkanske erupcije, prisustvo otrovnih gasova, visoke temperature, zračenje iz svemira i stalne udare meteorita. Vremenom su se uslovi stabilizovali, a voda je postala povoljno mjesto za pojavu prvih živih organizama.



Galaksija Mliječni put sa označenom lokacijom našeg Sunca



Prikaz Sunčevog sistema (planete su poredane u liniju samo radi ilustracije)

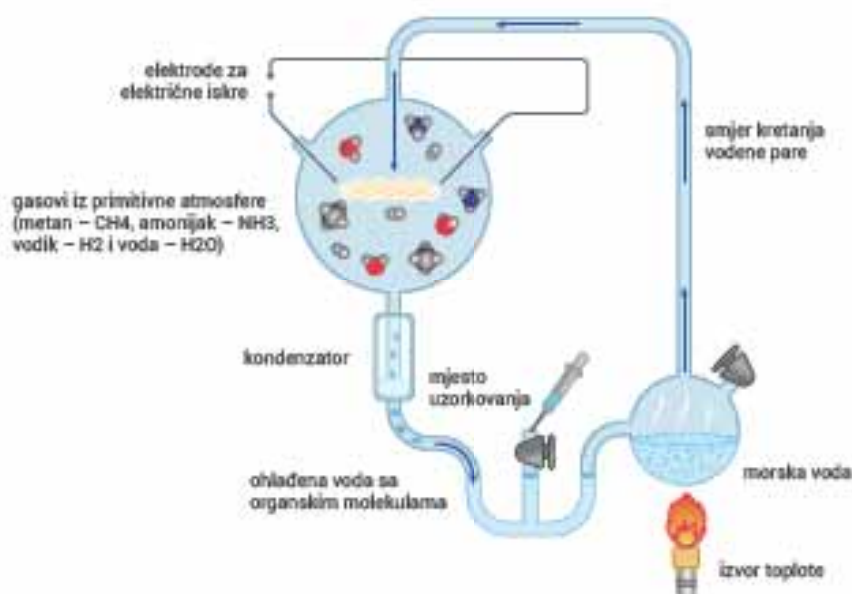
Nastanak života na planeti Zemlji

Ako uzmemo u obzir hemijski sastav svih živih organizama na našoj planeti, vidimo da su sačinjeni od četiri grupe jedinjenja: proteina, lipida (masti i ulja), ugljikohidrata (šećera) i nukleinskih kiselina (dio nasljednog materijala). Ova jedinjenja se nazivaju organskim jedinjenjima jer se stvaraju samo u živim ćelijama. S druge strane, sva ostala jedinjenja (stijene, voda, gasovi, minerali itd.) smatraju se neorganskim jer se pod određenim uslovima mogu stvoriti u prirodi.

Prema vodećoj naučnoj teoriji, život na Zemlji nastao je u prvobitnom okeanu. Sadržavao je razne molekule koje su donosili česti meteoriti koji su padali na površinu. Pod uticajem

munja, vulkanskih erupcija i vruće lave, kao i zračenjem iz svemira, ovi molekuli su stupali u hemijske reakcije i formirali složenije organske molekule.

Naučnici su pokušali da ovo dokažu u laboratorijskim uslovima, izvan žive ćelije. Godine 1953. hemičari Stanli Miller i Harold Juri izveli su takav eksperiment u kojem su rekreirali uslove koji su vladali na planeti prije 3,7 do 3,5 milijardi godina. Naime, u jednu posudu su stavili morsku vodu, čije su pare provedene u drugu zatvorenu posudu napunjenu gasovima za koje se vjeruje da su bili prisutni u atmosferi tog vremena (metan, amonijak, vodonik i vodena para). Posuda je sadržavala dvije elektrode između kojih su se stvarale varnice, koje su simulirale munje u smjesi vodene pare i gasova. Dobivena smjesa je hlađena u kondenzatoru kako bi se dobila tečnost na dnu aparata. Testiranjem vode otkriveni su organski molekuli aminokiselina, gradivni blokovi proteina. Tako je prvi put dokazano da se organska jedinjenja, osim u živoj ćeliji, mogu proizvesti i u prirodi pod precizno određenim uslovima.



Šematski prikaz eksperimenta za dobijanje organskih jedinjenja iz neorganskih

Takva otkrića dovela su do objašnjenja da je život nastao spontano, u vodenom okruženju. Svi ovi organska jedinjenja, tokom dugog vremenskog perioda, stupali su u međusobne interakcije. Smatra se da su tako nastali koacervati – sferne strukture lipida sa organskim supstancama unutra. Ove strukture su se spajale (rasle) i razdvajale (dijelile), i tokom dugog vremenskog perioda iz njih su se razvile prve primitivne ćelijske strukture.



Apstraktni prikaz koacervata

Aktivnost**Simuliranje formiranja koacervata**

U epruvetu ili malu prozirnu bocu (staklenu ili plastičnu) stavite vodu i ulje za kuhanje u jednakim količinama. Zatim je zatvorite i snažno promiješajte. Primijetit ćete vrlo male "kapljice" ulja po cijeloj vodi. Zamislite da su to koacervati koji sadrže organske materije. Ako pustite tekućinu da miruje, kapljice će se spojiti jedna s drugom i postati veće. Ako ih ponovo promiješate, razdvojit će se na još manje.

**Provjerite šta ste naučili**

1. Objasnite teoriju Velikog praska.
2. Koliko je star Svemir?
3. Kada su se formirali Sunčev sistem i naša planeta Zemlja?
4. Opišite uslove koji su vladali na planeti Zemlji tokom perioda kada se smatra da su se pojavili prvi oblici života.
5. Objasnite kako su naučnici dokazali da se organski molekuli mogu stvoriti iz neorganskih.

Istražite za

... alternativne teorije o porijeklu života, poput teorije panspermije ili da je život nastao oko hidrotermalnih izvora na dnu okeana.

Zanimljiva biologija

Allendijev meteorit, koji je pao u Meksiku 1969. godine, sadržavao je veliki broj organskih molekula. Također je sadržavao neke od najstarijih materijala od kojih je formiran naš Sunčev sistem. Procjenjuje se da je meteorit star otprilike 4,6 milijardi godina, slično planeti Zemlji. Naučnici ga smatraju "vremenskom kapsulom" koja otkriva tajne prošlosti i nastanka života.

5.2 Evolucija kao nauka

Uvodna aktivnost

Slike prikazuju plavog kita (dugog 30 m) i njegovog dalekog pretka – pakicetusa, od prije oko 50 miliona godina, dužine 1 do 2 m. Pokušajte objasniti šta se zapravo dogodilo s izgledom i načinom života pretka. Mislite li da je proces promjene životinje završen?



Koncept evolucije

Promjena koju ste gore primijetili kod pretka modernih kitova naziva se evolucija jednom riječju. **Evolucija** znači promjene organizama u izgledu, obliku, ishrani, kretanju, ponašanju i slično, tokom određenog vremenskog perioda. Ovi evolucijski procesi dovode do promjena unutar vrste, pojave novih vrsta organizama, ali i izumiranja nekih od njih.

Iako na našoj planeti postoji velika raznolikost živih bića, sve te vrste su povezane zajedničkim karakteristikama u ćelijskoj strukturi i funkcionisanju sa aspekta osnovnih biohemijskih procesa. Danas je poznato da su sve vrste međusobno povezane zajedničkim genetskim kodom. Geni su nosioci nasljednih osobina koje se prenose s generacije na generaciju i određuju kako će vrsta izgledati i živjeti. Međutim, tokom dužeg vremenskog perioda, geni prolaze kroz promjene pod uticajem vanjske okoline. Neke od tih promjena postaju nasljedne i prenose se na sljedeću generaciju, čime se modelira vrsta.

Upravo su te naslijeđene promjene u genima odgovorne za veliku raznolikost živih bića. Ovo otkriva fundamentalni zadatak evolucije kao biološke nauke – objasniti kako smo od jednostavnog početka života na našoj planeti došli do ovog bogatstva jedinstvenih živih bića.

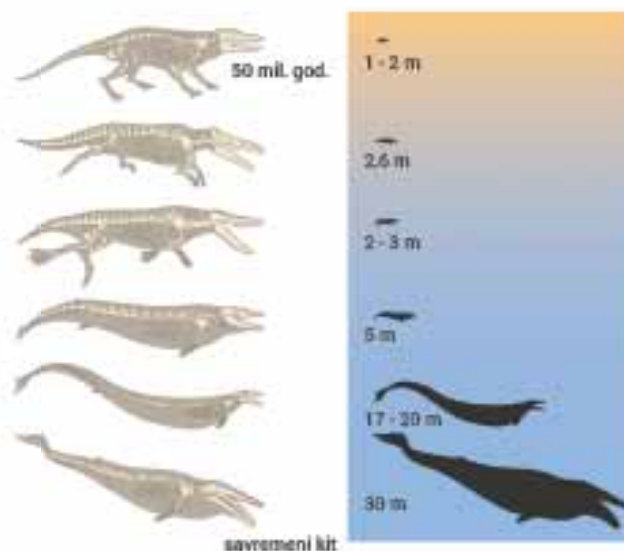
Gdje i kada se evolucija dešava?

Evolucija se dešava svuda oko nas. Život je započeo u okeanima, proširio se po okeanima, a zatim osvojio kopno kroz organizme koji su se pojavili kao odgovor na promjene u okolini. Svi živi organizmi nastavljaju evoluirati, često tokom dugih vremenskih perioda.

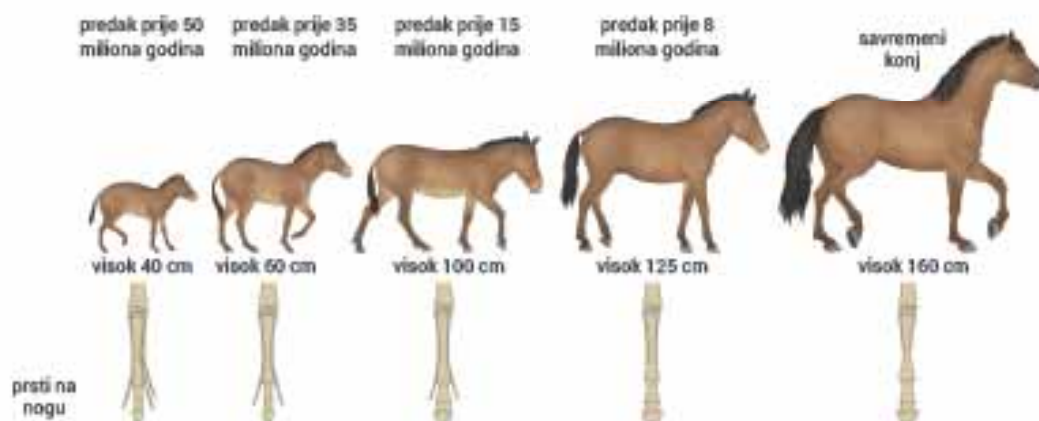
Kitovi su evoluirali od četveronožnih sisara veličine vuka koji su živjeli na kopnu prije otprilike 50 miliona godina. Prelazak na vodeni život uključivao je niz adaptacija, uključujući razvoj peraja, pomicanje nozdrva prema vrhu glave kako bi se formirali otvori za zrak za efikasno disanje tokom plivanja, kretanje očiju bočno, prilagođavanje ušnih kostiju za slušanje ispod vode, dobijajući hidrodinamički oblik tijela, transformišući rep u moćno peraje kao kormilo i konačno nestanak zadnjih udova.

Dakle, možemo zaključiti da se evolucija odvija tokom dugog vremenskog perioda, često miliona godina.

Sličan primjer je pojava savremenog slona ili konja. Evolucijski put savremenih konja prati povećanje tijela (sa 40 cm na 1,5 m), produženje nogu i stopala, smanjenje broja bočnih prstiju na račun produženja i zadebljanja srednjeg prsta, povećanje širine sjekutića itd.



Šematski prikaz evolucije plavog kita

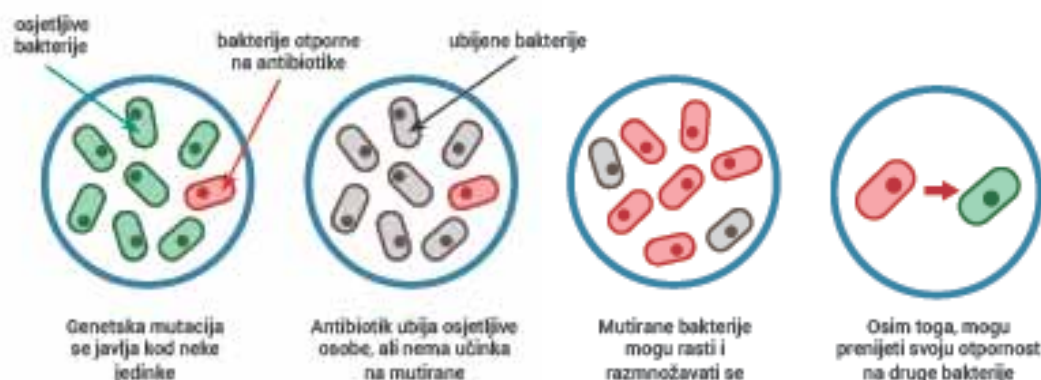


Šematski prikaz evolucije savremenog konja

Ove veze i konstrukcije veza između predaka i današnjih organizama moguće su zahvaljujući fosilnim ostacima. Uz pomoć fosila i fosilnih zapisa, kao i koristeći znanje o klimatskim uslovima, naučnici uspijevaju da naprave vjeran prikaz izgleda predaka. Preci konja povezani su pomoću fosilnih ostataka nogu. Kod drugih vrsta dostupni su fosilni ostaci zuba, lobanja i slično.

Evolucija se također može dogoditi relativno brzo. Primjer takve evolucije nalazi se kod bakterija. Budući da bakterije formiraju populacije velikog broja jedinki u kratkom vremenu, neke od njih mogu steći mutaciju u genetskom materijalu sa koje će postati otporne na antibiotik. Dakle, jedinke koje nemaju mutaciju bit će uništene antibiotikom, ali mutirane će

nastaviti rasti i razmnožavati se, formirajući cijele populacije otpornih bakterija. Stoga je preporučljivo pažljivo koristiti antibiotike, samo kada je to neophodno.



Bakterije razvijaju otpornost na antibiotik

Genetski dokazi o evoluciji

Danas, razvojem modernih tehnologija za analizu gena, dolazi se do znanja koje se koristi za objašnjenje evolucije. Svi poznati živi organizmi koriste DNK kao svoj genetski materijal i koriste isti univerzalni genetski kod za stvaranje proteina. Ovaj zajednički osnovni mehanizam ukazuje na to da je sav život potekao od zajedničkog pretka koji je imao ove karakteristike.

Organizmi koji su evolucijski bliži imaju veći stepen sličnosti u svom genetskom materijalu od onih koji su udaljeniji. Dakle, DNK ljudi i šimpanzi je oko 98% identičan, što ukazuje na ne baš udaljenog zajedničkog pretka. S druge strane, genetske razlike između ljudi i miševa su mnogo veće zbog njihove duže evolucijske odvojenosti.

Različite vrste imaju relativno slične gene jer su ih naslijedile od zajedničkog pretka. Na primjer, ljudi, krave i kokoši imaju gen za inzulin od zajedničkog pretka. Veća genetska sličnost između dvije vrste ukazuje na novijeg zajedničkog pretka na evolucijskoj vremenskoj skali.

Mnoge vrste imaju slične gene koji obavljaju slične funkcije. Prisustvo takvih gena, kao što su geni koji kontrolišu organizaciju tijela kod mnogih životinja, ukazuje na njihovo zajedničko porijeklo.

Aktivnost

Evolucija odabrane životinje

Istražite porijeklo životinje na internetu: medvjed, mačka, slon, žirafa, krokodil, pauk itd. Opišite promjene koje su ove životinje prošle kroz evoluciju i povežite ih s njihovom korisnošću za vrstu.

Provjerite šta ste naučili

1. Definirajte evoluciju kao nauku.
2. Kada se evolucija dešava?
3. Koliko je vremena potrebno da se može govoriti o evoluciji?
4. Koje vrste promjena se mogu dogoditi kod vrste kao rezultat evolucije?
5. Koje vrste dokaza ukazuju na postojanje evolucije?
6. Kako geni mogu pomoći u objašnjenju evolucije?

Istražite za



... evoluciju ptica. S kojim su životinjama blisko povezane? Koji argumenti podržavaju ove tvrdnje?

Zanimljiva biologija



Možda se varamo ako mislimo da organizmi s vremenom postaju inteligentniji i složeniji. Naprotiv, evolucija prilagođava organizme uslovima okoline. Dakle, bakterije, koje su jedni od najstarijih organizama na našoj planeti, imaju vrlo jednostavnu strukturu, ali su vrlo uspješne i uspjele su opstati vrlo dugo na planeti.



5.3 Geološka vremenska skala

Uvodna aktivnost

Pokušajte poredati sljedeće organizme na vremenskoj skali, počevši od najstarijih do najmlađih:

dinosaurusi – bakterije – mamuti – crvi – četinari – ljudski predak koji koristi metal – cvijeće – hrskavičave ribe (ajkule) – amebe – žabe – koštane ribe (šaran) – ljudski predak koji koristi vatru – insekti – alge – ptice

Provjerite tačan redoslijed nakon što proučite ovu jedinicu!

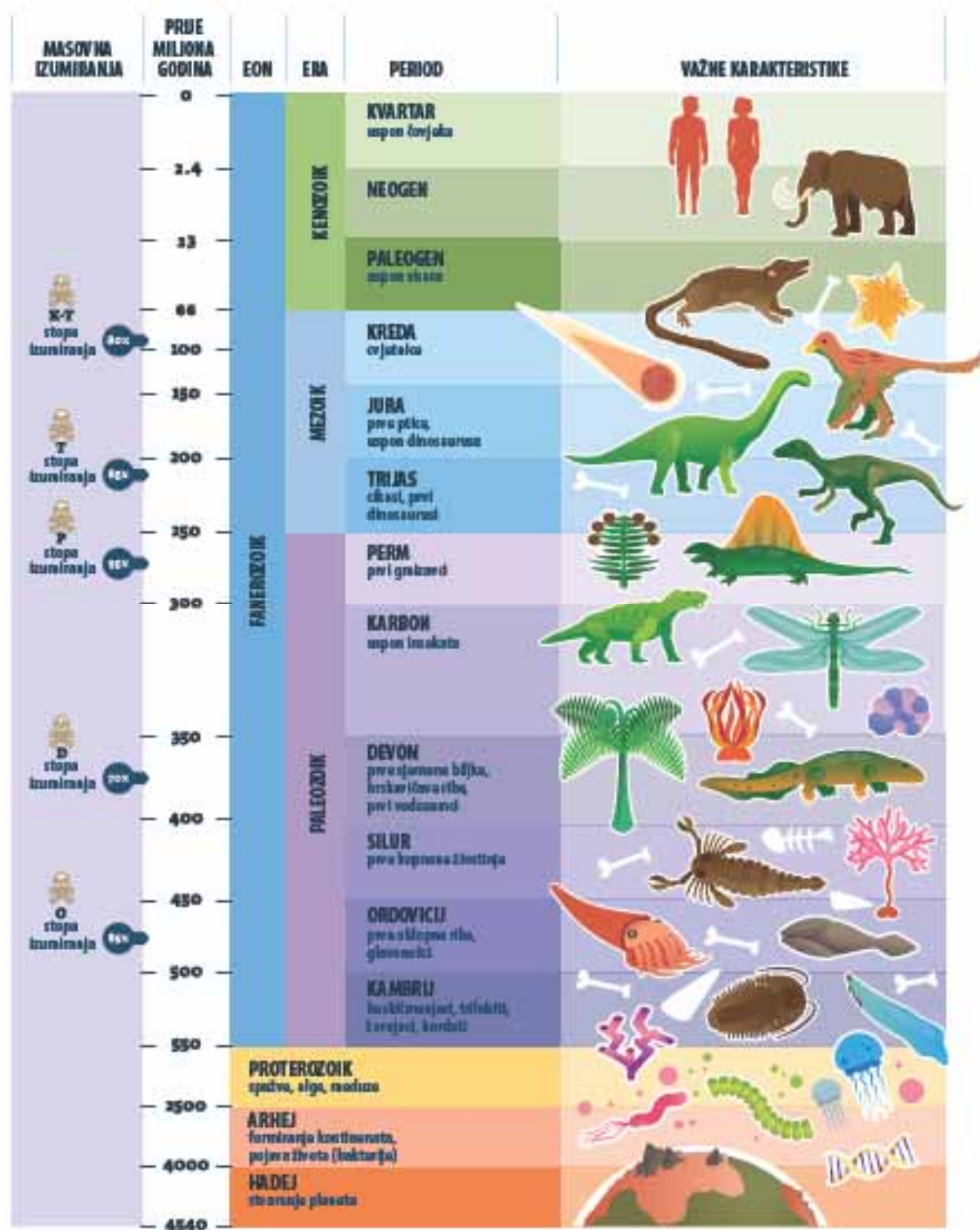
Nakon formiranja planete Zemlje, njena kora je pretrpjela promjene. Paralelno s njima, klimatski uslovi su se drastično mijenjali. Tokom dugog vremenskog perioda, oni su pokretali evoluciju, uzrokujući stalne promjene u živom svijetu. Pojavile su se nove vrste, dok su druge izumirale. Ovi procesi se odvijaju od formiranja planete prije 4,5 milijardi godina, pa sve do danas.

Na osnovu geoloških dokaza i pronađenih fosila, naučnici su stvorili geološku vremensku skalu koja se sastoji od vremenskih jedinica različitog trajanja. **Geološka vremenska skala** je sistem izražavanja pojedinačnih perioda prošlosti planete Zemlje. Koristi se u geologiji, paleontologiji i drugim naukama o Zemlji. Podjele geološkog vremena vrše se na osnovu nekih glavnih događaja koji su se dogodili na Zemlji. Dakle, geološko vrijeme se dijeli na eone, eoni na **ere**, a one se dalje dijele na **periode**, epohe i doba. Vremenske jedinice imaju nazive koji označavaju specifične klimatske uslove i živi svijet na planeti.

Eon u geološkoj vremenskoj skali označava vrlo dug vremenski interval. Do sada su naučnici identifikovali četiri eona: hadej, arhej, proterozoik i fanerozoik. Prva tri eona (hadej, arhej, proterozoik) ponekad se klasificiraju kao prekambrij.

Vjeruje se da 80% historije planete Zemlje pripada prekambrijskom supereonu. On obuhvata vremenski period od formiranja Zemlje prije 4,5 milijardi godina do prije 539 miliona godina, tj. trajao je skoro 4 milijarde godina*. Tokom tog perioda, prije 3,5 do 3 milijarde godina, formirana je Zemljina kora i početna atmosfera (hadej). Kasnije, u arheju, pojavljuju se prvi oblici života i prve bakterije (među njima i prve autotrofne bakterije, cijanobakterije, koje vrše fotosintezu) koje dugo vladaju planetom. Prije otprilike 635 miliona godina, u proterozoiku, pojavljuju se prvi višćelijski organizmi, koji žive u plitkim okeanskim vodama. Pred kraj prekambrija, kisik se također pojavio u atmosferi, ali u vrlo malim količinama.

* Izvor: Međunarodna hronostratigrafska karta (www.stratigraphy.org)



Šematski prikaz geološke vremenske skale s nekim značajnijim događajima za svaki period



3D rekonstrukcija organizama koji su živjeli na kraju prekambrija

Zatim slijedi fanerozojski eon, koji je podijeljen na tri ere: paleozoik, mezozoik i kenozoik. Svaka od njih je, pak, podijeljena na kraće vremenske intervale – periode.

Paleozojska era

Paleozojska era (paleozoik) slijedila je prekambrij i obuhvata period od prije 539 miliona godina do prije 252 miliona godina. Naziv paleozoik sastavljen je od grčkih riječi *paleos* (stari) i *zoon* (životinje), što bi značilo *stare životinje*. U ovoj eri došlo je do značajnog povećanja nivoa kisika u atmosferi, ali i dalje ispod današnjeg nivoa.

Paleozojska era obuhvata šest perioda – kambrij, ordovicij, silur, devon, karbon i perm. Svaki od njih karakterizirale su njegove biološke i geološke karakteristike.

- Period **kambrij** (prije 539 do 487 miliona godina) je najstariji period paleozojske ere. Ovaj period je poznat po brzom pojavi i širenju različitih vrsta organizama u okeanima, što se često opisuje kao "kambrijska eksplozija života". U ovom periodu su se pojavili i mnogi beskičmenjaci koji i danas postoje, kao što su razne spužve, mekušci, žarnjaci, crvi i bodljokožci, kao i mnoge druge životinje koje se razlikuju od današnjih. U ovom periodu su se pojavili i trilobiti (sada izumrli člankonošci), koji su prvi razvili čulo vida. Postoje tvrdnje da je postojalo više od 100 različitih vrsta ovih prvih člankonožaca, a neki od njih su se čak usudili zakoračiti na kopno koje je u to vrijeme bilo nenaseljeno.



3D rekonstrukcija trilobita



3D rekonstrukcija kambrijskih životinja

Kambrij je također svjedočio pojavi predaka kičmenjaka. Ove životinje se nazivaju hordatima zbog prisustva neuralne cijevi na dorzalnoj strani tijela (horda).



3D rekonstrukcija pretka hordata (životinja s neuralnu cijev) iz kambrijskog perioda

- **Ordovicij** je period koji slijedi nakon kambrija (prije 487 do 443 miliona godina). Tokom ovog perioda, razvoj novih vrsta se nastavio, a posebno važna grupa koja se tada pojavila bili su kičmenjaci, ili ribe bez vilica – preci današnjih riba. Glavonošci su postali dominantni u gotovo svim morskim okruženjima. Neke grupe člankonožaca počele su naseljavati kopno.



3D rekonstrukcija izumrle ribe bez vilice



3D rekonstrukcija životinja iz ordovicija

- Nakon ordovicija je slijedio **silur**, koji je obuhvatao vremenski interval od prije 443 do 420 miliona godina. Tokom ovog perioda pojavile su se prve ribe s vilicama, kao i prve kopnene biljke i gljive. Karakteristični predstavnici ovog perioda su gigantski člankonošci dužine preko jednog metra. Veliki broj člankonožaca postao je kopnene životinje.



3D rekonstrukcija izumrlog divovskog člankonošca (oko 2 metra) iz silura

- **Devon** (prije 420 do 359 miliona godina) je period poznat kao "Era riba" zbog razvoja različitih oblika riba (oklopne ribe, bodljikave ajkule i primitivne koštane i hrskavične ribe). Ovaj period je od najveće važnosti za evoluciju života na kopnu s pojavom prvih šuma, insekata, pauka, stonoga i četveronožnih kičmenjaka (vodozemaca).



3D rekonstrukcija devonskih riba – slatkovodne ajkule (hrskavičava riba), oklopna koštana riba



3D rekonstrukcija predstavnika predaka četveronožnih kičmenjaka iz devona: izumrle hodajuće ribe, ihtioštiga (sposobne za život u vodi i na kopnu), latimerija (riba koja je uspjela preživjeti do danas, nazvana "živim fosilom")

- Naziv sljedećeg perioda, **karbon** (prije 359 do 299 miliona godina), djelimično otkriva karakteristike ovog perioda. Formiranje uglja (latinski *carbo*) povezano je s ovim periodom, odakle i potiče naziv. Tokom ovog perioda, vladali su uslovi u kojima su dominirale biljke bez sjemenki: mahovine, paprati, preslice, divovske paprati nalik drveću i slično – koje su formirale guste, močvarne šume. Opsežno raspadanje biljne materije u močvarama siromašnim kisikom stvorilo je veliki dio svjetskih naslaga uglja.



3D rekonstrukcija životinja od karbona

Život se nastavio razvijati u vodi i na kopnu, a zbog veće količine kisika u atmosferi (oko 30% više nego danas), kopneni člankonošci dostigli su gigantske veličine. Tako su pronađeni ostaci vilinog konjica s rasponom krila od oko 70 cm i divovske stonoge duge oko 1,6 metara i široke do 50 cm. Vodozemci su bili dominantni kopneni kičmenjaci u karbonu, a prvi gmizavci pojavili su se pred kraj tog perioda.

- Posljednji period paleozojske ere naziva se **perm** (prije 299 do 252 miliona godina). Klima postaje suhija, pa divovske paprati zamjenjuju nove vrste biljaka – golosjemenjača, uključujući ginko i cikase. Gmizavci ovog perioda smatraju se precima kasnijih gmizavaca (dinosaurusa, zmija, kornjača, krokodila) i ptica. Neki od njih su u srodstvu s precima sisara.



Iako izgledom i fiziologijom podsjećaju na gmizavce, ove životinje (dimetrodon i gorgonops) su bliski srodnici direktnih predaka sisara (3D-rekonstrukcija)

Paleozojska era završila se prije otprilike 252 miliona godina. Naučnici nisu sigurni šta je bio uzrok (masovni vulkani, zemljotresi, možda kometa itd.), ali pred kraj perma dogodilo se najmasovnije izumiranje živih bića zabilježeno do tada (do sada je bilo 5 masovnih izumiranja). Gruba procjena je da je izumrlo 9 od 10 morskih vrsta, kao i 7 od 10 kopnenih vrsta.

Mezozojska era

Mezozoik (od grčke riječi *mezo* – srednji) počeo je prije 252 miliona godina i trajao je do prije 66 miliona godina. Nivo kisika bio je nešto niži nego danas. Ova era je poznatija kao era dinosaurusa. Uz njih su živjele i druge životinje: ajkule, koštane ribe, puževi, školjke, golosjemenjača, posebno četinari itd.

Mezozojska era je podijeljena u tri perioda: trijas, juru i kredu.

- **Trijas** je najstariji period, koji se proteže od prije 252 miliona godina do prije 201 milion godina. Prvi dinosaurusi su se pojavili tokom ovog perioda, ali nisu bili tako veliki kao kasniji. Uz njih su živjeli i gmizavci – neki na kopnu, neki u vodi (ihtiosauri), a neki specijalizirani za let (pterosauri). Mali sisari su se također pojavili u trijasu.



3D-rekonstrukcija gmizavaca koji nisu dinosauri iz perioda trijasa – pterosaur i ihtlosaur



3D-rekonstrukcija jedne od prvih vrsta sisara u trijasu

- Period **jura** (prije 201 do 143 miliona godina) u potpunosti je dominiran dinosaurima. Njihovo ime je kombinacija grčkih riječi *deinos* (strašan, moćan) i *sauros* (gušter, reptil). Dominirali su morem i kopnom, a njihove dimenzije su se kretale od gigantskih do sićušnih, veličine mačke. Neke vrste letećih dinosaurusu iz ovog perioda su preci današnjih ptica.



3D rekonstrukcija specifičnih vrsta dinosaurusu iz jure: argentinosaurus (najveći dinosaur koji je ikada postojao: dug 30 – 35 metara, težak 65 – 80 tona), leteći dinosaurus archeopteriks (jedna od prvih ptica), alozaurus (mesojed), stegosaurus (biljojed), brahiosaurus (biljojed)

Sisari u jurskom periodu bili su male životinje koje su često živjele u podzemnim tunelima i jazbinama. Ove životinje su bile preci današnjih placentalnih sisara i torbara.

- Nakon jure slijedi period **krede** (prije 143 do 66 miliona godina). Tokom ovog perioda, dinosauri i dalje vladaju, ali sve više vrsta malih sisara postaje važno u ekosistemima. Leteći gmizavci polako nestaju, a ptice postaju raznovrsnije i zauzimaju njihovo mjesto. Povećava se i broj cvjetnica (skrivenosjemenih). Njihovo širenje ide paralelno sa širenjem novih vrsta insekata: mrava, pčela, leptira itd.



3D rekonstrukcija dinosaurus iz krede – triceratops (biljojed) i tiranosaurus rex (mesojed)

Bogata fauna mezozojske ere ponovo se suočila s masovnim izumiranjem. Naučnici pretpostavljaju da je uzrok bio veliki udar meteorita koji je dugo promijenio klimatske uslove. Ovo izumiranje otvorilo je vrata novim vrstama organizama, posebno sisarima.

Kenozojska era

Kenozojska era počinje prije 66 miliona godina i traje do danas. Podijeljena je u tri perioda: paleogen, neogen (ponekad grupirani zajedno kao tercijar) i kvartar. U kenozoiku su dinosauri izumrli. Njihovo mjesto su brzo i uspješno zauzele razne nove vrste sisara. Mnogi od njih su vremenom izumrli, ali su se pojavile i nove. Poznati su divovski sisari poput mamuta, sabljozubih mačaka i divovskih ljenjivaca, zajedno s drugim raznolikim grupama poput kitova, primitivnih konja i divovskog nosoroga bez rogova. Morski sisari poput kitova, delfina, pliskavica i lamantina evoluirali su od kopnenih sisara. Ova era je također obilježila uspon modernih ptica, dok su mnogi gmizavci, poput kornjača i krokodila, preživjeli prethodno masovno izumiranje. Velike grabežljive ribe poput ajkule megalodona i prahistorijske divovske zmije (titanoboa) također su bili značajni predstavnici kenozoika. Posljednji period, kvartar, svjedočio je pojavi pretka ljudi.



3D-rekonstrukcija kenozojskih životinja: vunasti mamut, smilodon (sabljozubi tigar), džinovski nosorog bez rogova (paraceratherium), džinovski nosorog, džinovska ptica neletačica

Istražite za



... klimatski uslovi u svakoj eri. Zašto su neki živi organizmi preživjeli, a drugi izumrli?

Aktivnost

Životinja iz prošlosti

Izaberite životinju iz prošlosti. Istražite njene karakteristike, ishranu i vremenski period u kojem je živjela. Predstavite svoje istraživanje svojim kolegama iz razreda. Razgovarajte o tome šta je moglo doprinijeti njenom izumiranju.

Provjerite šta ste naučili

1. Objasnite šta je geološka vremenska skala.
2. Navedite nekoliko grupa organizama koje su bile specifične za svaki period geološke vremenske skale.
3. Šta se dogodilo s vrstama tokom vremena?
4. Napravite poređenje između tipova organizama koji su živjeli u dalekoj prošlosti i danas u smislu složenosti njihovih karakteristika.
5. Kada se čovjek pojavljuje u geološkoj vremenskoj skali?

Zanimljiva biologija



U prošlosti, kada je u zraku bio veći postotak kisika, insekti i drugi člankonošci dostizali su vrlo velike veličine. Jedina prepreka zašto nisu dostigli veličinu dinosaurusu je njihov način disanja – pomoću cjevčica koje su se granale unutar njihovih tijela. Da su člankonošci razvili neki drugi način disanja, planetom bi vladali vilinjski konjici veličine helikoptera ili škorpioni veličine autobusa.

5.4 Paleontologija – nauka o životu u prošlosti

Uvodna aktivnost

Šta je prikazano na slici? Koja je to vrsta životinje? Kada mislite da je životinja živjela? Šta joj se dogodilo da je ostavila takav trag?



Nauka koja proučava prošlost živih bića na planeti naziva se **paleontologija**, a naučnici koji proučavaju ovu nauku nazivaju se **paleontolozi**. Paleontolozi otkrivaju fosilizirane dijelove, cijele organizme ili njihove tragove i povezuju ih s vrstom biljaka i životinja, kao i s periodom u kojem su živjeli. Ovi naučnici mogu raditi na iskopavanjima na terenu, ali i u laboratorijama, muzejima i drugim naučnim institucijama.

Fosilizirani ostaci biljaka i životinja, nastali prije miliona godina, nazivaju se **fosili**. Fosili mogu biti razni okamenjeni otisci, dijelovi biljaka ili cijele biljke, ostaci kućica puževa, školjke, zubi, kosti, dijelovi skeleta, ponekad i cijeli skeleti, izmet, krzno, perje, ali i fosili mikroorganizama. Oni predstavljaju materijalne dokaze koji pružaju informacije o tome kako su životinje i biljke izgledale prije miliona godina.



Paleontolog na terenskom iskopavanju

Nastanak fosila

Fosili su nastajali tokom dugog vremenskog perioda nakon izumiranja organizama. Proces pretvaranja ostataka i otisaka stopala u fosile naziva se **fosilizacija**. Najčešće, fosilizacija nastaje kao rezultat prekrivanja ostataka izumrlih organizama **sedimentima**, katranom, tresetom, ledom ili smolom. Njihovo prekrivanje uzrokovalo je stvaranje okruženja sa niskim količinama zraka i kisika oko mrtvih organizama, što je spriječilo njihovo daljnje raspadanje.



Šematski prikaz procesa stvaranja fosila

Postoji nekoliko načina na koje se fosili formiraju. Prvi je putem petrifikacije. Nakon što organizam umre, zatrpan je sedimentom prašine, pepela, mulja, treseta i slično. Podzemne vode bogate rastvorenim mineralima (kao što su silicijum dioksid ili kalcijum karbonat) prodiru u sitne pore i šupljine kostiju, školjki ili drвета. Vremenom, ovi minerali kristalizuju i stvrdnjavaju, pretvarajući organizam u njegov kameni pandan.

Drugi način na koji se fosili formiraju je putem kalupa i odljevka. Organizam (kao što je školjka) je prekriven sedimentom koji se vremenom stvrdnjava u stijenu oko njega. Kisele podzemne vode zatim rastvaraju stvarnu školjku (organizam), ostavljajući za sobom šupljinu u tačnom obliku organizma. Ovaj šuplji prostor je kalup (negativ organizma). Kasnije, sedimenti ili minerali ispunjavaju šupljinu kalupa i stvrdnjavaju se. Ovaj proces stvara čvrstu trodimenzionalnu repliku originalnog organizma, poznatu kao odljevak (pozitiv). Takvi fosili uključuju amonite, školjke, puževe itd.

Fosili se također mogu formirati karbonizacijom. Izumrli organizmi (obično biljke, insekti ili ribe) brzo se prekrivaju mnogim slojevima teškog sedimenta. Intenzivan pritisak i toplota uzrokuju da se sve tečne i gasovite komponente (vodik, kisik, azot) istisnu iz organizma. Sve što ostaje je tanak, crni film ostataka ugljika na površini stijene kao silueta ili crtež. Ova metoda čuva detalje mekih dijelova (listovi paprati, krila insekata, perje) koji bi se inače potpuno raspali.

Fosili se mogu naći u katranskim jamama jer ljepljiva, viskozna supstanca zarobljava životinje, štiteći ih od kisika i raspadanja.

Fosili se također formiraju u tresetištima (djelomično raspadnute biljke) u močvarnim područjima. Jedinstveni uslovi tamo – visoka kiselost, nizak nivo kisika i niske temperature – sprječavaju raspadanje i čuvaju organsku materiju poput kože, krzna ili dlake, pa čak i cijelih tijela.

Posebna vrsta fosila su čilibarni fosili, koji su zapravo drevna smola četinarskih biljaka koja je okamenila, često zarobljavajući i čuvajući organizme poput insekata, biljaka, pa čak i malih životinja u njenoj unutrašnjosti.

Postoje i takozvani tragovi fosila (fossilni tragovi) koji nisu ostaci same životinje, već dokaz njenog ponašanja. Nastaju kada životinja ostavi otisak kretanja u mekom sedimentu (blatu ili vlažnom pijesku), koji se brzo prekriva novim slojem sedimenta koji ga štiti dok se slojevi pretvaraju u stijenu.

Fosili u ledu, nazvani smrznuti fosili, su ostaci organizama sačuvanih u ledu ili smrznutom tlu, često s neraspadnutim mekim tkivima poput kože, krzna i organa.



Različite vrste fosila – okamenjeni fosil (arheopteriks), kalup i odljevak (trilobiti), karbonizirani fosil (otisak lista), fosil u čilibaru (zarobljeni insekt), trag fosila, fosil zuba

Određivanje starosti fosila

Na taj način prekriveni, fosili ostaju u dubokim slojevima formiranim novim sedimentima tokom dužeg vremenskog perioda. Ispiranjem slojeva sedimenta od jakih kiša, kao i nakon tektonskih pokreta, ostaci organizama mogu se premjestiti u plitke slojeve litosfere i izaći na površinu.

Starost fosila može se predvidjeti prema dubini sloja u kojem se nalaze. Pronalaženje fosila u dubljim slojevima ukazuje na to da su ti organizmi bili stariji stanovnici na Zemlji. Ali ne mora uvijek



Različiti slojevi s fosilima

biti tako, ponekad fosili "izađu" na površinu. Neki organizmi od kojih su nastali fosili živjeli su samo tokom određenog vremenskog perioda. To ih čini korisnim u procjeni starosti slojeva stijena, zbog čega su poznati i kao indikatorski fosili. Da bi dobili precizniju starost, naučnici koriste radiometrijsku metodu datiranja. Ovo mjeri odnos radioizotopa određenog elementa u stijenama.

Povezivanje fosila različitih organizama s određenim periodom omogućava nam da napravimo vizualne prikaze života tokom tih perioda, odnosno dobijamo takozvani fosilni zapis.

Fosilni zapis je skup svih fosila ili sačuvanih ostataka drevnih organizama, pronađenih u slojevima stijena, koji dokumentira historiju života na Zemlji i njegovu evoluciju tokom milijardi godina. Važni su za razumijevanje evolucije, pružajući dokaze o tome kako se život mijenjao, uključujući sve veću složenost i raznolikost vrsta, pojavu i izumiranje životnih oblika i evolucijske loze, poput prelaska s dinosaurusu na ptice ili evolucije ranih ljudi. Oni pružaju uvid u način života i uslove okoline datog perioda. Na primjer, fosilni zapis iz jure nam omogućava da uđemo u svijet dinosaurusu kako bismo razumjeli njihove karakteristike i izgled, veličinu, načinu ishrane, kretanje, razmnožavanje itd.

Aktivnost

Jedan dan u životu paleontologa

Stavite se na mesto paleontologa i napišite dnevnik u kojem ćete opisati jedan dan u životu terenskog iskopavanja. Trebali biste uključiti informacije o tome gdje kopate fosile, koliko pažljivo to trebate raditi, koliko dugo traje iskopavanje fosila, koja vam je oprema potrebna i tako dalje.

Provjerite šta ste naučili

1. Objasnite šta paleontologija proučava.
2. Koja je uloga paleontologa?
3. Šta su fosili i kakvi mogu biti?
4. Navedite različite načine fosilizacije.
5. Zašto su fosilni zapisi važni?

Istražite za



... kako paleontolozi sastavljaju kompletne skelete davno izumrlih životinja i rekonstruišu njihov izgled.

Zanimljiva biologija



Zanimljiva je ideja da naučnici mogu oživjeti dinosauruse. Međutim, istina je da je za to potreban dobro očuvan nasljedni materijal – DNK. U svim fosilima koji su pronađeni, bez obzira koliko su dobro očuvani (hladni, tamni, suhi), čak i onima u ćilibaru, nema sačuvane DNK, jer je podložna raspadanju.

5.5 Evolucijski nastanak čovjeka

Uvodna aktivnost

Razmislite o tome kako se fosili mogu koristiti za praćenje evolucijskog razvoja organizma. Koje su životinje najbližije ljudima? Koje su njihove karakteristike ključne za vaš stav? Opišite neke karakteristike za koje smatrate da su zajedničke.

Ljudi su oduvijek bili zainteresirani za porijeklo čovjeka (antropogeneza). Prva vjerovanja bila su povezana s raznim legendama i religijama. Razvojem nauke prikupljene su brojne činjenice koje ukazuju na sličnost u strukturi ljudskog tijela s tijelom drugih životinja. U 18. vijeku, Karl Line, otac sistematike, klasificirao je čovjeka kao *Homo sapiens* (mudri čovjek), smještajući ga u životinjsko carstvo, preciznije u red primata, zajedno s nižim i višim majmunima.

Evolucijska historija koja je dovela do pojave čovjeka počinje prije više od 200 miliona godina i uključuje nekoliko faza.

Pojava prvih sisara

(kasni trijas, prije oko 225 miliona godina)

Ove životinje su bile vrlo male, često slične modernim rovkama, i živjele su zajedno s dinosaurima. Desetinama miliona godina, ovi prvi sisari su bili insektojedi i vjerovatno uglavnom noćni, što im je pomoglo da izbjegnu direktnu konkurenciju s dnevnim gmizavcima. Rani sisari su razvili sposobnost održavanja konstantne tjelesne temperature, krzno za izolaciju, efikasnije srce sa četiri komore i bolji osjećaj mirisa i navigacije u mraku. Imali su specijalizirane zube (sjekutiće, očnjake, kutnjake) za efikasno žvakanje i obradu hrane, što je bila velika evolucijska prednost u odnosu na gmizavce koji su imali samo konusne zube.



Sisar iz trijasa (3D-rekonstrukcija)

Raznolikost sisara

(granica krede i paleogena, prije oko 66 miliona godina)

Masovno izumiranje koje je izbrisalo većinu dinosaura omogućilo je preživjelim sisarima da rastu i diverzificiraju se, popunjavajući nova ekološka staništa. Njihova sposobnost da održe



Predak primata koji je živio prije 66 miliona godina (3D-rekonstrukcija)

konstantnu tjelesnu temperaturu podsticala je njihov razvoj i omogućavala im da budu aktivni na različitim temperaturama okoline.

Prvi primati

(prije oko 55–60 miliona godina)

Prvi primati počeli su se pojavljivati tokom velike globalne promjene. Novorazvijene trave, grmlje i razne druge biljke počele su se značajno širiti. Ova raznolikost, zajedno s blažom klimom, doprinijela je širenju gustih i bujnih tropskih i suptropskih šuma širom svijeta.

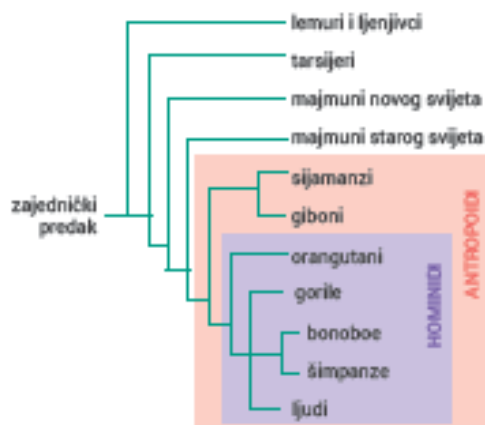
Primati su razvili niz adaptacija za život na drveću, uključujući fleksibilan, rotirajući rameni zglob, vrlo pokretne udove, ruke s pet prstiju i suprotstavljenim palčevima i ravne nokte umjesto kandži. Sve im je to omogućilo da budu spretni pri kretanju po granama i manipulisanju predmetima. Razvili su oči okrenute prema naprijed, što je doprinijelo oštrom vidu i percepciji dubine potrebnoj za kretanje po drveću. To je dovelo do smanjenog oslanjanja na miris i kraćih njuški. U poređenju s drugim sisarima slične veličine, primati su imali veći mozak u odnosu na veličinu tijela.

Snažna selekcija u novom okruženju dovela je do ubrzane promjene karakteristika primata. Primitivni primati su evoluirali, što je na kraju dovelo do evolucijske grane koja uključuje majmune, čovjekoliki majmuni i ljude.

Odvajanje loze hominina

(prije otprilike 6–8 miliona godina)

Ljudska loza se odvojila od predaka modernih šimpanzi i gorila. Klimatske promjene uzrokovale su da se tropske šume promijene u prostrane savane s rijetkim drvećem. To se odrazilo na razvoj najranijih hominina (bića koja podsjećaju na ljude). Neko vrijeme su živjeli na drveću, ali su postepeno bili prisiljeni sići na zemlju i tražiti hranu (voće, sjemenke i korijenje, ali i insekte i male životinje koje su mogli uhvatiti). Tada su počeli pokazivati prve znakove uspravnog



Evolucijski veza između različitih grupa primata

hodanja. To dokazuju fosili s otvorom u podnožju lobanje gdje izlazi kičmena moždina i struktura karlice i butne kosti. Prednost hodanja na dvije noge je pojava slobodnih ruku za nošenje mladih ili, alternativno, oružja za zaštitu od opasnosti itd.

Naučnici su do sada otkrili i analizirali hiljade fosilnih ostataka ljudske porodice. Oni ukazuju na razgranato evolucijsko stablo koje vodi od majmunolikih stvorenja do modernog čovjeka i dokumentuju vrijeme i brzinu kojom su evoluirali.

Savremena klasifikacija čovjeka

Godine 1871. Darwin je objavio knjigu "Porijeklo čovjeka", u kojoj je čovjeka predstavio kao najvišu razvojnu kariku u organskom svijetu, koji ima zajedničke, davno izumrle pretke sa modernim majmunima (antropoidima). Ovo djelo opisuje porijeklo čovjeka i navodi dokaze za to.

Prema Darwinu, ljudi su počeli evoluirati prije 3 miliona godina, od nekog oblika antropoidnog majmuna, stekavši nove osobine koje ih razlikuju od drugih majmuna. Kao odgovor na promjene stečene u genetskom materijalu od njihovog zajedničkog pretka, tokom dugog vremenskog perioda, oni su se prilagodili novim uslovima okoline, klimi, ishrani i načinu života. Promjene su se prenosile s generacije na generaciju i uzrokovala su velike razlike u izgledu i funkcionisanju između ljudi i drugih primata.

Danas, naučna saznanja svrstavaju ljude u red primata, u grupu velikih majmuna (antropoidi, bića slična čovjeku), u porodicu hominida, zajedno sa šimpanzama, bonobo majmunima, gorilama i orangutanima.



Hominidi – šimpanza, bonobo, gorila, orangutan

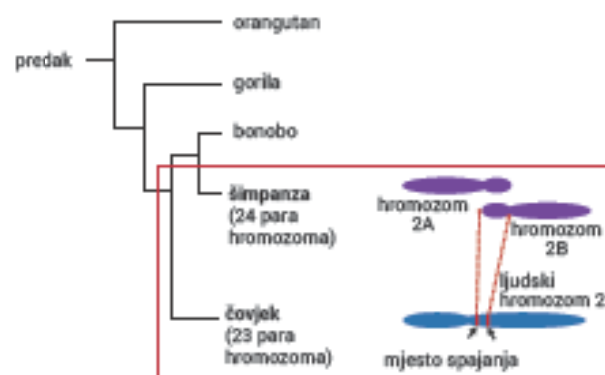
Fizičke i genetske sličnosti potvrđuju da je moderna ljudska vrsta, *Homo sapiens*, vrlo blisko povezana s drugom grupom primata – majmunima. Naime, genetski materijal ljudi pokazuje najveću sličnost s šimpanzama, čak 98,8%. To znači da ljudi i šimpanze imaju zajedničkog pretka koji je živio prije otprilike 6 do 8 miliona godina.

Iako su DNK sekvence ljudi i šimpanzi 98,8% identične, organizacija DNK u hromosomima se razlikuje kod ljudi i drugih velikih majmuna. Bonobi i šimpanze (rod *Pan*), kao i gorile i orangutani, imaju jedan par hromozoma više od ljudi. Naime, kod ljudi su se dva hromozoma srednje veličine spojila i formirala hromozom 2. Od ostalih parova, osamnaest je gotovo identično kod ljudi i velikih majmuna, dok su ostali preuređeni.

Između ljudi i velikih majmuna postoji i velika sličnost u strukturi skeleta i unutrašnjih organa. Također imaju sličnu tjelesnu temperaturu, a ljudi i šimpanze imaju iste krvne grupe.

Tabela: Sličnost nasljednog materijala različitih grupa organizama s čovjekovim

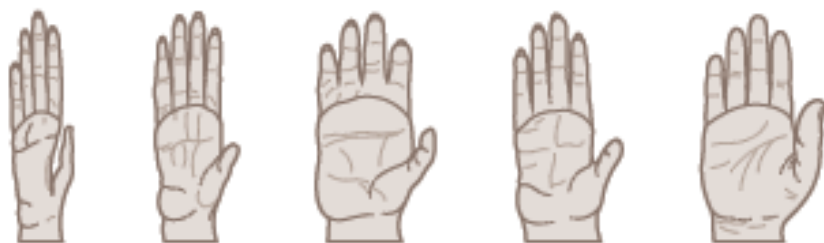
organizam	sličnost genetskog materijala sa ljudskim
banana, voćna mušica	60 %
ptica	75 %
pas	90 %
šimpanza	98,8 %



Genetska povezanost ljudi i šimpanzi



Sličnost u strukturi skeletnog sistema kod antropoida: gibona, gorile, orangutana, šimpanze i čovjeka



Sličnost u strukturi dlana kod gibona, orangutana, gorile, šimpanze i čovjeka

Pored velikih sličnosti u strukturi i funkcioniranju tijela, antropoidi se izdvajaju od ostalih životinja zbog svoje inteligencije i sposobnosti učenja, emocija, komunikacije glasovima i izrazima lica, života u zajednicama i slično.

Aktivnost

Sličnosti između ljudi i čimpanzi

Napravite popis sličnosti u ponašanju, izgledu i tjelesnoj strukturi između čimpanzi i ljudi. Koristite podatke koje pronađete na internetu.

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto je evolucijsko porijeklo ljudi povezano s primitivnim sisarima iz trijaskog perioda?
2. Šta je dovelo do pojave sisara?
3. Opišite neke karakteristike u strukturi prvih primata i povežite ih s njihovim načinom života.
4. Šta je odvojilo prve hominine od ostalih primata? Kada se to dogodilo?

Istražite za



... genetske razlike među ljudima. Koji postotak genetskog materijala se razlikuje među ljudima? Mogu li na planeti postojati dvije osobe s identičnim genetskim materijalom? Postoji li razlika između dva identična blizanca?

Zanimljiva biologija



Mogu li se majmuni koji žive na drveću pohvaliti zavidnim matematičkim sposobnostima? Možda ne znaju sabirati ili oduzimati, ali su odlični u "izračunavanju" gdje se uhvatiti za granu kako bi bila najelastičnija i ne bi se slomila pod njihovom težinom, i sve to mogu učiniti u djeliću sekunde. Međutim, to nije matematička procjena, već intuitivna, korištenjem čula vida i sluha, kao i iskustva.

5.6 Ljudski preci

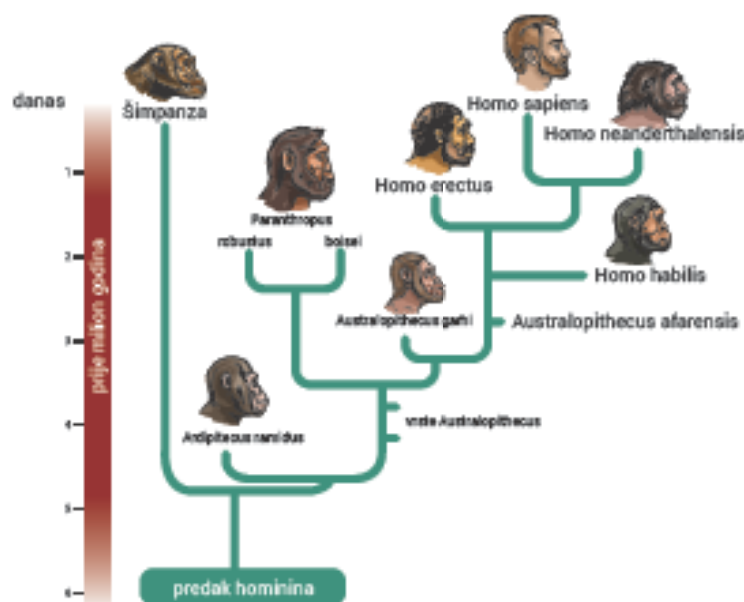
Uvodna aktivnost



Pogledajte sliku. Razmislite o njoj i pokušajte zamisliti kako će osoba izgledati u budućnosti. Objasnite šta se dogodilo, šta se događa i šta će se dogoditi u budućnosti uz pomoć karakteristika ljudi.

Ljudska evolucija uključuje dug proces adaptivnih promjena kroz koje su se ljudi razvili od majmunolikih predaka. Jedna od najranijih definirajućih ljudskih osobina, bipedalizam (sposobnost hodanja na dvije noge), evoluirala je prije više od 6 miliona godina. Druge važne ljudske karakteristike, poput velikog i složenog mozga, sposobnosti izrade i korištenja alata te sposobnosti razvoja govora i jezika, razvile su se u novije vrijeme. Mnoge od naprednih osobina, uključujući složeno izražavanje kroz simbole i znakove, umjetnost i složenu kulturnu raznolikost, pojavile su se uglavnom tokom proteklih 100.000 godina.

Ljudska evolucija nije prava linija, s određenim početkom i krajem, već razgranato drvo s mnogo grana i grananja koje se protežu kroz duge periode vremena i prostora. Neke od njih završavaju slijepo, a neke nisu razjašnjene.



Prikaz evolucije savremenog čovjeka (*Homo sapiens*) zasnovana na fosilnim podacima

Pojava pračovjeka – rod *Australopithecus*

(prije otprilike 2 do 4 miliona godina)

Australopitekusi uključuju razne potpuno dvonožne vrste koje i dalje imaju relativno mali mozak u odnosu na veličinu tijela. Po karlici podsjećaju na moderne ljude, ali im grudni koš pokazuje piramidalnu strukturu poput majmuna. Postoje dokazi da su neki australopitekusi također koristili jednostavno kameno oruđe. Smatra se da je australopitekus izumro prije otprilike milion godina, dok se pretpostavlja da je jedna od vrsta australopitekusa – *Australopithecus afarensis* – direktni predak roda *Homo*.



Komparativna anatomija skeleta australopitekusa i čovjeka



Komparativna anatomija lobanje i kičme australopitekusa i čovjeka



Komparativna anatomija karlice šimpanze, australopitekusa i čovjeka

Predstavnici *Australopithecus afarensis* bili su visoki oko 110 cm i potpuno sposobni za uspravno hodanje, što dokazuje njihova skeletna struktura, zakrivljena kičma i lučno savijena stopala. Uprkos tome što su bili dvonožni, imali su mali mozak (kapaciteta oko 400–500 cm³) i duge ruke. Imali su velike kutnjake i izbočenu vilicu, prilagođenu za žvakanje tvrdog biljnog materijala.

Fosilni ostaci lobanje jedinke vrste *Australopithecus afarensis*, nadimka "Lusi", pronađeni su u Etiopiji. Procjenjuje se da fosili datiraju 3,2 miliona godina unazad.



Rekonstrukcija Lusijnog izgleda (*Australopithecus afarensis*)

Pojava praistorijskih ljudi – rod *Homo*

(prije oko 2,5 miliona godina)

Svi ljudi danas pripadaju jednoj vrsti koja se zove *Homo sapiens*. *Homo sapiens* je jedina preživjela vrsta roda *Homo*. U prošlosti je živjelo nekoliko različitih vrsta praistorijskih ljudi koji su sada izumrli. Možda su neki od njih bili preci modernih ljudi, ali većina se smatra srodnicima koji su se odvojili od zajedničkog pretka ljudske loze.

- *Homo habilis* (vješt čovjek) karakterizira znatno veći volumen mozga (prosječno 600–750 cm³) u poređenju sa australopitekusom, a lice im je manje izbočeno. Živjeli su prije oko 2,3 miliona godina i prva su vrsta za koju se zna da je stvarala i koristila kameno oruđe.
- *Homo erectus* (uspravan čovjek) pojavio se prije oko 2 miliona godina i prva je vrsta praistorijskog čovjeka koja po veličini tijela i proporcijama podsjeća na moderne ljude. Bio je visok do 160 cm (otprilike isto kao i moderni ljudi) i imao je još veći mozak (sa kapacitetom do oko 1.000 cm³). U odnosu na tijelo, imao je manje dlaka, posebno na licu, koje je bilo ravno, bez tako izbočenih čeljusti kao kod njegovih prethodnika, ali sa i dalje snažno razvijenim očnim lukovima. Bio je vješt u izradi alata i oruđa obradom predmeta pronađenih u prirodi. Koristio je koplja, kamene sjekire i oštre kamene noževe.

Predstavnici *Homo erectus* bili su lovci i znali su uhvatiti veći plijen (dokaz da su bili organizirani u čvrste grupe), o čemu svjedoče fosilni ostaci plijena u blizini njihovih staništa. Imali su znanje o kontroli vatre, što im je pružalo toplinu, zaštitu i način kuhanja hrane. Primjećuje se da su se brinuli o svojim povrijeđenim i starijim članovima. To dokazuju njihove kosti, koje pokazuju zacjeljivanje ozbiljnih prijeloma, što traje duži vremenski period.

Danas je poznato nekoliko različitih nalazišta fosila *Homo erectus* u Africi, Aziji i Indoneziji. Neki od predstavnika su nazvani po mjestu otkrića: Javanski čovjek (ostrvo Java), Pekinški čovjek (blizu Pekinga), Turkanski dječak (Kenija), itd.

Homo habilis i *Homo erectus* su prve vrste koje su migrirale iz Afrike u Evropu i Aziju.

Pojava *Homo sapiens* (mudri čovjek)

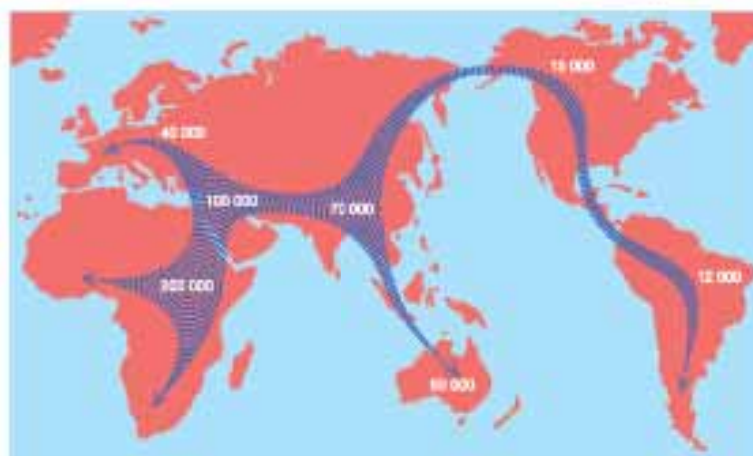
(prije oko 300.000 godina u Africi)

Ovi ljudski preci su već imali fizičke karakteristike koje definiraju moderne ljude, uključujući visoku i zaobljenu lobanju, ravnije lice, blaže obrve, bradu i veliki kapacitet mozga. Tokom posljednjih 100.000 godina, razvili su složena ponašanja kao što je sposobnost izražavanja kroz simbole, pećinsku umjetnost, sofisticirani jezik, muzičke instrumente (kao što su koštane flaute) i naprednu izradu alata.

Homo sapiens je migrirao u nekoliko talasa, na kraju kolonizirajući sve kontinente i postajući jedina preživjela ljudska vrsta nakon što su druge grupe, poput neandertalaca, izumrle.

Većina naučnika trenutno prepoznaje oko 15 do 20 različitih vrsta praistorijskih ljudi. Međutim, ne slažu se svi oko toga kako su ove vrste povezane ili koje su vrste jednostavno izumrle.

Fosilni zapis pokazuje da je *Homo sapiens* stigao u Evropu prije otprilike 40.000 godina. Na evropskom tlu, ovi ljudi su se sreli i živjeli zajedno s neandertalcima, koji su evoluirali iz ranijih migracija.

Rasprostranjivanje (*Homo sapiens*)

Neandertalci

Neandertalci (*Homo neanderthalensis*) živjeli su u Evropi i Aziji od prije otprilike 400.000 do prije otprilike 40.000 godina, a na nekim mjestima su preživjeli do prije 28.000 godina. Fizički su se značajno razlikovali od modernih ljudi, a njihova građa ih je činila bolje prilagođenima hladnijim staništima.



Australopithecus



Homo erectus



Homo neanderthalensis



Homo sapiens

Poređenje lobanja ljudskih predaka

Neandertalci su bili visoki oko 160 cm, a njihovi mozgovi su dostizali zapreminu od oko 1.400 cm³ (kao kod modernih ljudi), što znači da su imali veće mentalne sposobnosti od prethodnih praljudi. Tijela su im bila jača i kompaktnija, sa jakim kostima i razvijenim mišićima. Nosovi su im bili širi kako bi zagrijali hladan zrak koji su udisali. Ova fizionomija je posljedica teških uslova u kojima su neandertalci živjeli – zima koja je trajala 8 mjeseci i ljeto sa promjenjivim uslovima.

Iako su izgledali grubo, bili su inteligentni i imali su dobre društvene odnose, živjeli



Neandertalac i savremeni čovjek

u grupama. Brinuli su se o svojim starijim članovima i prenosili dalje stečeno znanje narednim generacijama. Zapaženo je da su sahranjivali svoje mrtve i ostavljali cvijeće na grobovima.

Neandertalci su bili vješti u izradi skloništa, alata i oruđa te njihovoj upotrebi. Na primjer, znali su kako napraviti odjeću od kože ubijenih životinja, kao i nakit. Savladali su tajne paljenja vatre i vješto je koristili za grijanje, osvjetljenje, kuhanje hrane, kao i u lovu. Poznati su kao odlični lovci, posebno na velike životinje, uključujući mamute. Znali su kako konzervirati meso koristeći hladno vrijeme.

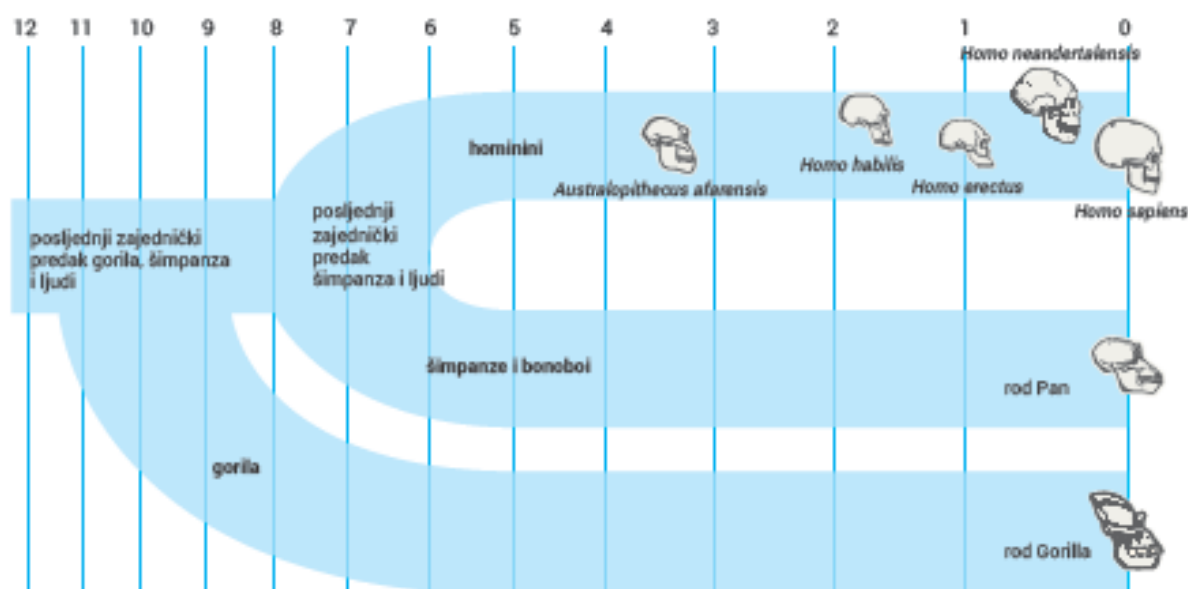
Postoje značajni dokazi da su neandertalci živjeli u isto vrijeme kada i moderni ljudi u periodu od oko 10.000 godina i da su se s njima razmnožavali. Danas moderni ljudi imaju oko 1–4% DNK neandertalskog porijekla.

Denisovski čovjek

2008. godine, u Denisovoj pećini u Sibiru, otkriven je fosil ranije nepoznate vrste čovjeka, koji je nazvan denisovski čovjek (denisovci). Genetske analize su potvrdile da su bili blisko povezani s neandertalcima. Moderni Melanežani imaju oko 6% svoje DNK koja potiče od denisovci, što ukazuje na to da se ova vrsta praistorijskih ljudi također razmnožavala s *Homo sapiensom*.

Homo sapiens sapiens

Današnji savremeni čovjek (*Homo sapiens sapiens*) pojavio se na evropskom tlu prije 30.000 i 50.000 godina. To je vrsta koja će zamijeniti sve prethodne vrste i proširiti se svijetom u relativno kratkom vremenu. Njene karakteristike su i danas s nama.



Radi se o visoko svjesno i inteligentno biće. Mentalne sposobnosti nadmašuju sve prethodne vrste. Razvilo je složen govor, pismo i uspješniji prijenos znanja na sljedeće generacije. Sposobno je uzgajati biljke za hranu, pripitomljivati životinje i izrađivati alate.

Pojava čovjeka posljedica je prilagođavanja promjenama u okolini. Uspravnost i prilagođavanje životu na tlu sa zemlje, zatim upotreba i izrada alata, upotreba vatre i društveni način života, dali su veliki poticaj razvoju svjesnog inteligentnog bića. Briga o svojim bliskim članovima i prijenos znanja prvo govorom, a zatim i pismom, omogućava očuvanje i prijenos mnogih znanja između generacija. Već sa sposobnošću uzgoja biljaka i životinja i promjene okoline prema svojim potrebama, čovjek je postao dominantna vrsta na planeti sa sposobnošću da mijenja svoju okolinu.

Aktivnost

Opis jednog čovjekovog pretka

Napravite prezentaciju o predstavniku praiistorijskog čovjeka. Uključite informacije o tome koji su njegovi fosili pronađeni, gdje i kada, podatke o vremenu i području gdje je živio, njegovom izgledu, građi te načinu ishrane i života. Napravite mu "ličnu kartu" i predstavite je svojim kolegama iz razreda.

Provjerite šta ste naučili

1. Opišite izgled i način života australopitekusa.
2. Koja je prva vrsta homo za koju postoje dokazi? Koliko je stara?
3. Opišite homo erektusa.
4. Opišite neandertalce i uporedite njihove karakteristike sa karakteristikama modernih ljudi.

Istražite za



... uticaj koji je održavanje vatre imalo na homo erektusa. Kako je doprinijelo evolucijskom razvoju ove vrste prapovijesnih ljudi.

Zanimljiva biologija



Postoje mišljenja da je gubitak dlaka na tijelu i licu, posebno kod *Homo erectus*, povezan s načinom lova. Bio je lovac s taktikom praćenja i progona plijena dok se ne iscrpi. Istovremeno, tijelo se moralo hladiti zbog velikog fizičkog napora. Tako je dlaka na tijelu gubila, a na koži su se pojavile brojne znojne žlijezde.

Gubitak dlaka na licu povezan je s razvojem mozga, koji također generira veliku količinu topline tokom mentalnih aktivnosti. Manje dlaka također je značilo bolji način hlađenja. Zanimljiva teorija je da su ženke vršile selekciju za ovu osobinu birajući partnere s manje dlaka na licu. Vremenom je došlo do veće koncentracije ovih gena i pojedinaca koji su nosili ovu osobinu.

5.7 Dokazi za evoluciju

Uvodna aktivnost

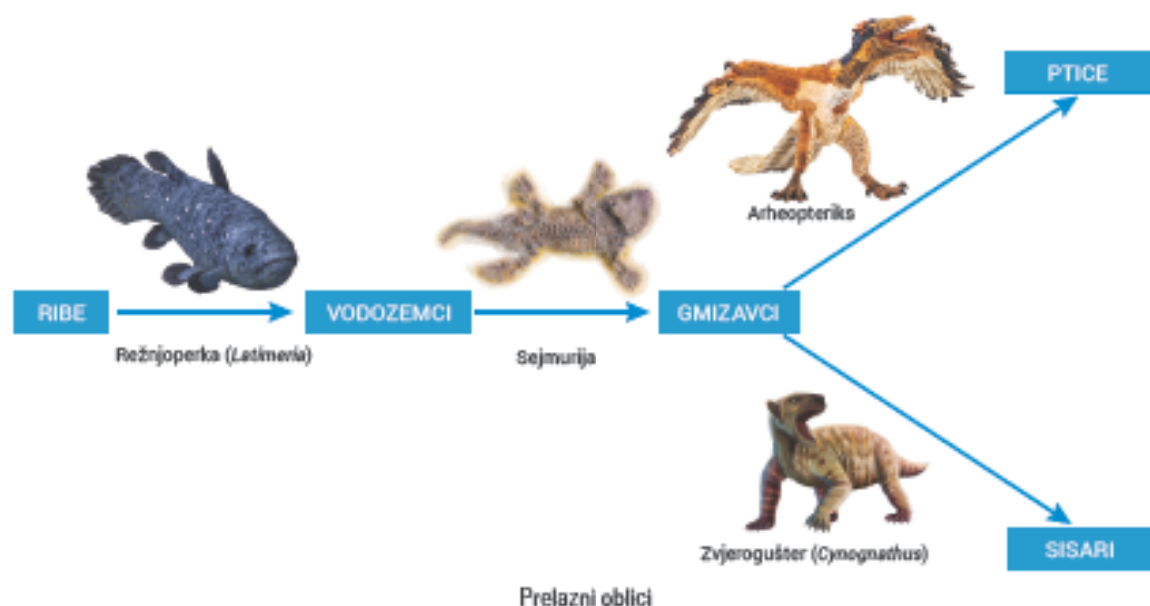
Prisjetite se evolutivnog razvoja konja. Kako se zna kolika je bila veličina tijela i kakav je bio način života predaka savremenog konja?

Bez odgovarajućih dokaza, evolucija bi izgledala kao fantastična priča. Brojne činjenice podržavaju evoluciju. Dolaze iz različitih naučnih disciplina kao što su paleontologija, komparativna anatomija, embriologija, genetika, biogeografija itd.

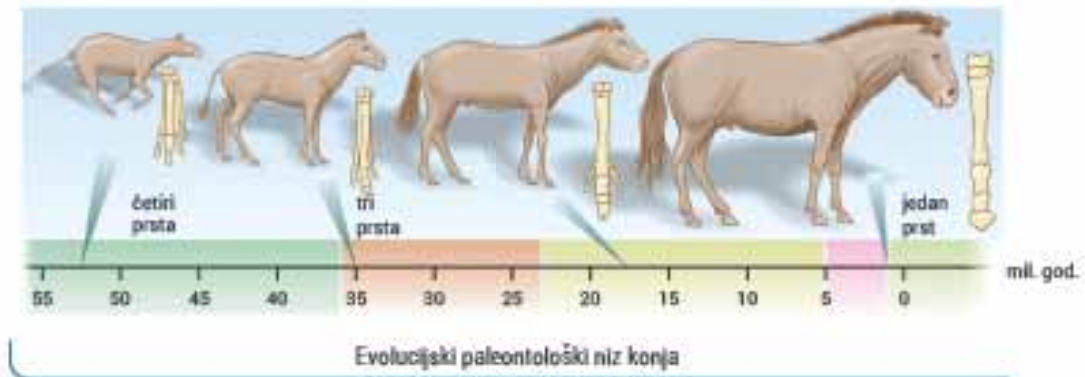
Paleontološki dokazi

Najuvjerljiviji dokaz za evoluciju su fosili. Poređenjem i analizom okamenjenih fosila i otisaka stopala, naučnici konstruišu "sliku" davno izumrlih organizama i klimatskih uslova u kojima su živjeli. U stvari, fosili su grupa dokaza koji potvrđuju evoluciju.

Od fosilnih ostataka, posebno su zanimljivi fosili takozvanih prelaznih oblika organizama. Oni su, na neki način, most kroz koji su se vodozemci razvili od riba, gmizavci od vodozemaca, a od njih su se, u dva različita smjera, razvile ptice i sisari.



Fosili se također mogu koristiti za praćenje prelaznih oblika unutar evolucije jedne vrste. Tako se dobijaju paleontološke nize koje jasno pokazuju kako su se neki oblici razvili od drugih kroz postepenu evoluciju. Najbolje proučena evolucijska sekvenca je ona pretka savremenog konja.



Ovaj niz prati evoluciju konja od prije 55 miliona godina. U to vrijeme, predak savremenog konja bio je visok jedva 40 cm (visok kao savremeni zec) i živio je u močvarnim područjima gdje je tlo bilo mekano. Stoga su njegova stopala imala četiri prsta kojima se životinja lako kretala po blatnjavoj površini. S promjenama klimatskih uvjeta, močvarna područja su se isušila, a sljedeći predstavnici u nizu prilagodili su se novim uvjetima. Stopala s manje prstiju bila su odlična adaptacija za tvrdo tlo, po kojem su se morali kretati mnogo brže kako bi izbjegli predatore. Preci konja postali su veći i brži, a stopala su poprimila sadašnji oblik – ostao je samo srednji prst, a kopito je zapravo snažno razvijen nokat.

Homologi organi

Danas se doprinos razumijevanju evolucije daje i poređenjem strukture i funkcioniranja tijela organizama koji se uveliko razlikuju po izgledu i funkciji, a ipak imaju isto evolucijsko porijeklo. Na primjer, ljudska ruka ima sličnu strukturu kao prednje peraje kita, krilo ptice, šapa lava ili krilo šišmiša.



Građa prednjeg ekstremiteta kod nekoliko različitih kičmenjaka

Ovi organi se nazivaju homologni organi i imaju isto porijeklo tokom embrionalnog razvoja.

Međutim, ako uporedimo krilo leptira i krilo ptice, struktura ukazuje na ogromnu razliku, pa iako imaju istu funkciju (let), ne možemo govoriti o evolucijskoj vezi između njih. Takvi organi su se razvili nezavisno jedan od drugog, pa se nazivaju analognim organima.

Uporedna embriologija

Evolucija se može prepoznati i u poređenju embriona različitih životinjskih vrsta. Ako uporedimo embrione evolucijski bliskih organizama, posebno u ranim fazama razvoja, primijetit ćemo ogromnu sličnost. Dakle, postoji niz sličnosti između embriona kičmenjaka i ljudi.

Biogeografija

Biogeografija također nudi evolucijske dokaze. Srodne vrste koje žive na različitim kontinentima dokaz su evolucije. Primjer za to su ptice trkačice – noj, kazuar, nandu i emu.



Poređenje embriona riba, vodozemaca, ptica (kokoška), sisar (zec) i čovjek



Ptice koje ne lete – noj, kazuar, nandu i emu

Svaka od ovih ptica živi na drugom kontinentu. Nojevi žive u Africi, kazuari i emui u Australiji, a nandui u Južnoj Americi. Ove ptice su u svom evolucijskom razvoju odustale od letenja i uložile su u snažno razvijene noge kojima brzo trče i brane se od neprijatelja. Sličnosti u izgledu i načinu života povezuju ih sa zajedničkim pretkom. Naime, nekada u prošlosti

kontinenti su bili povezani, a pređak ovih ptica naseljavale su ova velika područja. Vremenom su se kontinenti razdvojili, a grupe ptica nastavile su evoluciju svojim vlastitim putevima.



Kontinenti prije otprilike 200 miliona godina i danas

Aktivnost

Izaberite organski sistem (skeletalni, probavni, respiratorni) i uporedite ga između predstavnika nekoliko životinjskih grupa.

Provjerite šta ste naučili

1. Kako fosili pružaju dokaze o evoluciji?
2. Opišite evolucijski put konja i uslove koji su doveli do toga da se konj razvije u ono što je danas.
3. Kako se komparativna anatomija može koristiti kao dokaz evolucije?
4. Šta pokazuje sličnost u strukturi embriona različitih životinja?
5. Šta biogeografija pokazuje kao dokaz evolucije?

Istražite za



... rudimentarne organe i atavizme u živim organizmima kao dokaz evolucije.

Zanimljiva biologija



Pretpostavlja se da legende o mitskim stvorenjima koja lete i bljuju vatru iz usta potiču od velikih fosilnih ostataka dinosaurus, s velikim zubima, rogovima i slično, koji su ljudima izgledali zastrašujuće.

5.8 Čarls Darwin i njegovi savremenici Lamark i Volas

Uvodna aktivnost

Zamislite dijete koje jako voli male životinje i insekte. Kod kuće drži cijelu kolekciju različitih buba u teglama s poklopcima. Jednog dana, u obližnjoj šumi, pronalazi tri bube, njemu potpuno nepoznate. Jednu je uhvatio desnom rukom, jednu lijevom, ali treću nije mogao uhvatiti. Očajan da uhvati treću, stavio je jednu od buba u usta. Buba je ispuštala neugodan okus (radi odbrane), pa ju je morao ispljunuti. Na kraju je pustio druge dvije i ostao bez i jedne.

Ovo dijete je mali Čarls, koji je od ranog djetinjstva pokazivao veliko zanimanje za prirodu.

Ko je Čarls Darwin?

Čarls Darwin je možda najpoznatiji prirodnjak koji je uspio napraviti potpunu promjenu u razmišljanju i razumijevanju biološkog svijeta i porijekla čovjeka. Rođen je 1809. godine u Šrusberiju u Engleskoj.

Još kao dijete volio je prirodu i bio je fasciniran različitim vrstama životinja koje je promatrao i sakupljao na livadama i šumama u blizini svog doma. Sa 16 godina okrenuo se studiju medicine. Tamo je ostao dvije godine, ali nije bio zadovoljan onim što je studirao, pa je odustao od medicine. Tokom te dvije godine, još se više zainteresirao za prirodne nauke. Istovremeno je naučio kako preparirati ptice. Ova vještina će mu mnogo pomoći u njegovom budućem naučnom radu u sakupljanju uzoraka ptica.

Kasnije se upisao na Univerzitet u Kembridžu, gdje je studirao teologiju. Ovdje je Darwin, uz pomoć i preporuke nekih svojih profesora, uspio dobiti mjesto na jednom od brodova (brod „Bigl”) koji su bili dio petogodišnje istraživačke misije oko svijeta, od 1831. do 1836. godine.



Čarls Darwin (1809. –1882.)



Putovanje broda „Bigl” od strane Čarlsa Darvina (1831.–1836.)

Ova misija promijenila je Darvinov život, kao i njegovu percepciju živog svijeta i razumijevanje evolucije.

Tokom putovanja, Darwin je aktivno bilježio karakteristike živih organizama, prikupljao primjerke raznih životinja i biljaka, kao i fosile velikih životinja. Pored životinja i biljaka, prikupljao je i komade stijena koji su se isticali u okruženju. Taksidermija koju je obavljao omogućila mu je da sačuva fascinantnu kolekciju ptica.

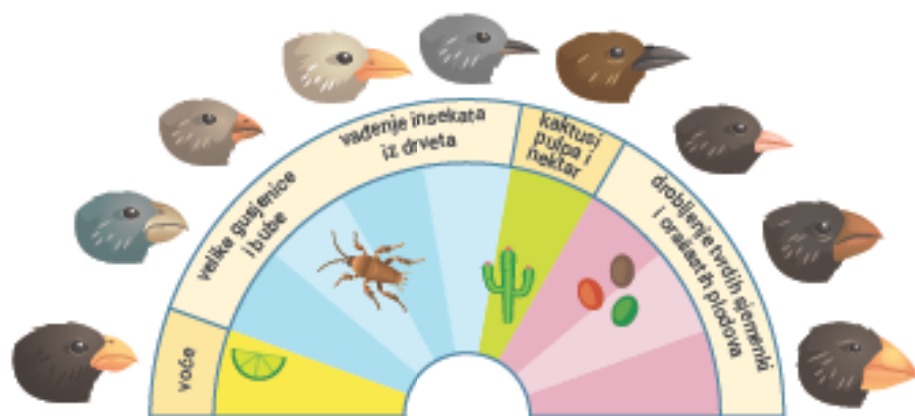
Od mnogih mjesta koja je istraživao širom svijeta, posebno su značajna zapažanja sa grupe Galapagoških ostrva. Ovdje je ekspedicija susrela divovske kornjače, morske iguane i čegrtuše.

Po povratku s putovanja, Čarls Darwin je objavio mnoga naučna djela, među kojima je otkrio svoju Teoriju evolucije. Ona je istaknuta u njegova dva glavna djela "Porijeklo vrsta putem prirodne selekcije" i "Porijeklo čovjeka i odnos selekcije prema reprodukciji" kao glavni pokretač i oblikovatelj živih oblika.

Prirodna selekcija koju Darwin detaljnije opisuje u svojoj knjizi "Porijeklo vrsta putem prirodne selekcije" (ili skraćeno "O porijeklu vrsta") u osnovi se zasniva na tri principa: **principu varijacije**, **principu adaptacije** i **principu nasljeđivanja**. Naime, on objašnjava da jedinke unutar vrste nisu identične – one imaju prirodne, slučajne razlike (varijacije) u svojim osobinama (npr. veličina, boja, brzina). Jedinke s varijacijama koje ih čine pogodnijim (bolje prilagođenim) za svoju okolinu imaju veće šanse da prežive, razmnože se i prenesu te povoljne osobine svojim potomcima.

Darwin je istakao varijacije kod predstavnika iste vrste – zeba (također nazvanih "Darvinove zebe" u njegovu čast). Primijetio je da na različitim ostrvima žive naizgled slične ptice, ali s različitim kljunovima. Kljunovi su poprimali oblike koji su bili najpogodniji za ishranu ptica prema hrani dostupnoj na svakom od ostrva.

Darwin je shvatio da su upravo varijacije u nasljednom materijalu ptica omogućile pojavu različitih oblika kljuna. Koji bi oblik kljuna bio zadržan u ptice, koje su vjerovatno nastale od



Oblici kljuna kod nekoliko predstavnika "darvinovih zeba"

jedne vrste, nastale su kao posljedica adaptacija na hranu. Ove adaptacije su na kraju postale nasljedne, odnosno ptice su evoluirale u zasebne vrste.

Razvoj evolucije u 19. i 20. vijeku

Prethodnik Čarlsa Darvina koji je radio na evoluciji bio je Žan Batist Lamarck.

Lamarck je također primijetio prilagođavanje vrsta promjenama u okolini. Prema njegovom mišljenju, promjene stečene tokom života jedinke prenosile su se na sljedeću generaciju.

Zanimljivo je objašnjenje kako je žirafa stekla dug vrat. Prema Lamarcku, žirafa pokušava dosegnuti visoke grane gdje ima zelenog lišća. Ovaj napor jača vrat i mišiće vrata. Na taj način, snažan vrat nasljeđuje sljedeća generacija. Ova teorija je odbačena kao netačna, iako je izazvala razmišljanje u smjeru nasljeđivanja i prirodne selekcije.

Bliski prijatelj i saradnik Čarlsa Darvina, koji je također pokušao odgovoriti na pitanje porijekla vrsta, bio je Alfred Volas.

Volas je, poput Darvina, putovao svijetom i sakupljao primjerke raznih insekata. Bio je kolekcionar insekata, posebno leptira i drugih životinja. Iza sebe je ostavio ogromnu kolekciju od više od 125.000 primjeraka, od kojih je oko 5.000 bilo novih vrsta za to vrijeme.

Također je napravio živopisne opise životinja sa svojih ekspedicija (rajske ptice, orangutani itd.), koje ranije nisu viđene u Evropi.

Njegova najznačajnija putovanja bila su ekspedicije u Amazon (Brazil) i Malajski arhipelag (jugoistočna Azija). Dok je posjećivao ostrvo u Malajskom arhipelagu, dobio je ideju za objašnjenje porijekla novih vrsta. Vidio je da se događaju promjene u izgledu buba. Ako je promjena dovoljna da buba bude uspješnija od drugih iste vrste, onda će dati veće potomstvo, odnosno potomci će imati



Žan Batist Lamarck (1744. – 1829.)



Sticanje dugog vrata kod žirafe prema Lamarcku



Alfred Volas (1823. – 1913.)

nasljednu promjenu u sebi. Tako, nakon dugog vremena, dolazi do promjene postojeće vrste u vrstu koja ima nove, uspješnije karakteristike.

Volas je obavijestio Darvina, koji je u to vrijeme radio na svom djelu "O porijeklu vrsta", o novom saznanju. Zajedno su promovirali ideju u naučnim krugovima, a sljedeće godine je objavljeno djelo "O porijeklu vrsta". Iako se Volas ne spominje zajedno s Darwinom kao osnivač teorije evolucije, ipak je bio poštovan u visokim naučnim krugovima uz Darwinovu podršku.

Aktivnost

Ko je šta rekao?

Spojite svaku tvrdnju s jednim od naučnika Darvina, Volas i Lamarka.

„Organizmi se mijenjaju da bi preživjeli.“

„Osobine stečene tokom života nasljeđuju se.“

„Priroda bira najsposobnije.“

Provjerite šta ste naučili

1. Zašto se Čarls Darwin smatra osnivačem teorije evolucije?
2. Koja su dva najvažnija Darwinova djela?
3. Na kojim principima se zasniva Darwinova prirodna selekcija?
4. Sažmite Lamarkovu teoriju o porijeklu novih vrsta.
5. Koji je Volasov doprinos Darwinovoj teoriji evolucije?

Istražite za



... život jednog od naučnika: Darvina, Volas i Lamarka. Pritom se usredotočite na djetinjstvo, obrazovanje, život i rad svakog od njih. Zatim razgovarajte o najzanimljivijim trenucima iz njihovih života koji su im promijenili život i učinili ih jednim od najvećih prirodnih naučnika.

U razredu razgovarajte o potrebi da osoba posjeduje različite vještine koje mogu utjecati na cijeli njen život u budućnosti.

Zanimljiva biologija



Alfred Volas i Čarls Darwin bili su prijatelji, ali se nisu često viđali, već su komunicirali pismima. Prijateljstvo je bilo ispunjeno velikim uzajamnim poštovanjem. Volas je došao na ideju o evoluciji dok je ležao bolestan od malarije na ostrvu i razmišljao zašto neke jedinke umiru, a druge preživljavaju. Darwin je radio na istoj teoriji skoro 20 godina.

Nevjerovatno je kako su dva prirodnjaka i prijatelja došla do istog zaključka i otkrila kako nastaju nove vrste.

5.9 Borba za opstanak

Uvodna aktivnost

Zamislite da ste javor. Šta bi vam termin "borba za opstanak" značio kao javoru koji živi u obližnjoj šumi?

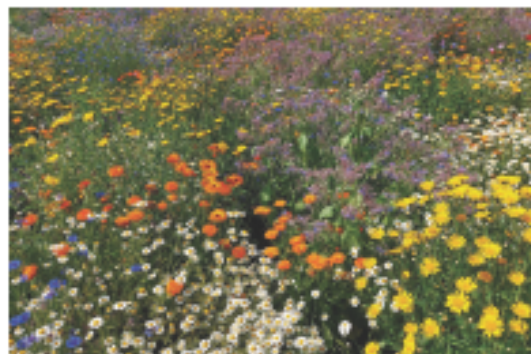
Sada zamislite da ste zec koji živi na obližnjoj livadi. Šta "borba za opstanak" znači zecu?

Glavni cilj svakog živog organizma, bez obzira na njegovu strukturu i složenost, jeste da preživi i ostavi potomstvo. Bilo da se radi o bakteriji, algi ili parameciju, slonu, kitu ili divovskoj sekvoji u Americi, svi oni imaju jedan jedini cilj, da nastave vrstu. Isto važi i za ljude. Međutim, nastavak vrste ima mnogo "prepreka". To zahtijeva hranu, prostor, vodu, svjetlost i druge uslove čija je dostupnost ograničavajući faktor. Prepreke mogu dolaziti od jedinki iste vrste ili od jedinki drugih vrsta. Vrste moraju savladati ove prepreke kroz "**borbu za opstanak**" kako bi preživjele.

Često je borba za opstanak organizama povezana s određenom teritorijom (okolinom). U tom prostoru organizmi pronalaze hranu i sklonište, tj. uslove za razvoj svog potomstva. Neuspjeh u borbi za opstanak jedinke može za nju značiti smrt, tj. nemogućnost prenošenja svojih gena na sljedeću generaciju. U borbi za opstanak, pobijedit će samo oni koji posjeduju osobine najpotrebnije za opstanak i reprodukciju.

Borba za opstanak biljaka i gljiva

Biljke započinju svoj život iz sjemena. Da bi proklijale, potrebna im je zemlja, vlaga i toplina. Ali to nije sve. Nakon što proklijaju, mladoj biljci je potrebna voda i sunčeva svjetlost da bi rasla, cvjetala, proizvodila plodove i sazrijevala.



Zajednica iste biljne vrste (kamilica) i zajednica različitih biljnih vrsta

Prethodna slika prikazuje livadske biljke. Prva prikazuje zajednicu kamilice. To su mnoge pojedinačne biljke koje su niknule jedna pored druge. Druga slika, međutim, prikazuje zajednicu različitih vrsta livadskih biljaka. One su niknule, rasle, cvjetale i proizvest će vlastito sjeme. Međutim, neke od njih nisu uspjele niknuti ili rasti, jer su biljke pored njih bile "jače" u borbi za prostor, svjetlost i vlagu u tlu. Ova borba za opstanak odvija se i u šumama među drvećem.

U gustom šumskoj zajednici gotovo nikakva sunčeva svjetlost ne dopire do šumskog tla. Drveće, sa svojim krošnjama grana i lišća, bori se za svaku zraku sunčeve svjetlosti. Moraju narasti visoko i raširiti svoje grane u slobodan prostor prije nego što to učini drugo drvo. Dolje, na tlu, nema uvjeta za rast i razvoj drugih drveća i biljaka zbog nedostatka svjetlosti, a ponekad i vlage koju sakuplja lišće velikih drveća.

Znamo da su biljke glavni izvor hrane za biljojede. Međutim, neke biljke su razvile načine da se odbrane od životinja. Efikasan način odbijanja biljojeda su hemikalije koje biljke čine neukusnim, pa čak i otrovnim. Dobar primjer za to su koprive, čije žareće ćelije uzrokuju bol.

U svijetu gljiva, posebno se vodi hemijska borba za opstanak. Antibiotici su zapravo otrovi koje proizvode plijesni kako bi ubile bakterije koje se takmiče za hranu (organska materija iz mrtvih dijelova organizama).

Gljive su poznate po tome što posjeduju otrove kako bi se zaštitile od toga da ih pojedu drugi organizmi.

Borba za opstanak kod životinja

Kod životinja je posebno uočljiva borba za životni prostor (teritorijalnost). Na primjer, čopor lavova (obično grupa mužjaka i nekoliko ženki, sa svojim mladima) može kontrolisati od desetina do nekoliko stotina kvadratnih kilometara. Veličina teritorije zavisi od dostupnosti plijena za hranu i vodu. Čopor će braniti svoju teritoriju od svih ostalih lavova, ponekad i po cijenu svog života, jer gubitak teritorije može značiti glad i smrt za njihove mlade i ostale članove.



Gusta šumska zajednica



Odbrambeni mehanizam koprive



Plijesan (centralna) i kolonije bakterija (periferne) koje se razvijaju dalje od plijesni

Međutim, lavovi su u stalnoj borbi za plijen s drugim vrstama predatora. Pored njih, leopardi, gepardi i hijene love u savanama. Predatori su u borbi za opstanak među sobom svojim lovačkim vještinama. Bolji lovci će preživjeti i proizvesti potomstvo, za razliku od neuspješnih, koji će uginuti.

Gepardi su najbrže kopnene životinje i mogu uhvatiti brze antilope. To je za hijene praktično nemoguće. Međutim, gepardi su fizički slabiji od hijena, pa jednostavno ostavljaju svoj plijen kako ih hijene ne bi ozlijedile. Povrijeđeni gepard više neće moći loviti i bit će osuđen na smrt.

Antilope su, s druge strane, u stalnoj borbi među sobom, koja će biti brža u bijegu. Antilopa koja je povrijeđena ili bolesna neće moći pobjeći i bit će ulovljena od predatora.



Čopor lavova



Gepardi i hijene love plijen



Borba za opstanak plijena



Kolonija morskih ptica koje se gnijezde

Ptice su teritorijalne kada su u fazi gniježđenja. Periferna gnijezda su često prva koja napadaju predatori, dok su ona u središtu kolonije zaštićena. Stoga se parovi ptica "bore" međusobno za bolju lokaciju u koloniji.

Borba za prostor u kojem će imati hranu, zaštitu i priliku za odgoj mladih primjećuje se i kod riba. Riba klaun, poznata koraljna riba koja živi u pipcima anemona, pokazuje veliku teritorijalnost i branit će svoj prostor od drugih riba klaunova, pa čak i od drugih vrsta riba.

Pronalaženje partnera i stvaranje potomstva je bitan dio borbe za opstanak. U životinjskom svijetu, ženke obično biraju same. Izabrat će mužjaka koji će im pokazati da je zdrav, snažan i da može osigurati uvjete (prostor, hranu, sklonište) za njene mlade.

Najčešće su mužjaci u različitim grupama organizama razvili različite načine dokazivanja unutar vrste. To može biti pjesma (kod ptica pjevica), boje tijela (kod ptica, insekata), razni pokreti, ples, zvukovi (cvrčci i cikade), pravljenje i uređivanje gnijezda, svjetlosni i hemijski signali (krijesnice), rogovi (jeleni), snaga kod mužjaka koji se fizički takmiče (lavovi, bikovi, jeleni, pa čak i insekti poput jelena) i slično.

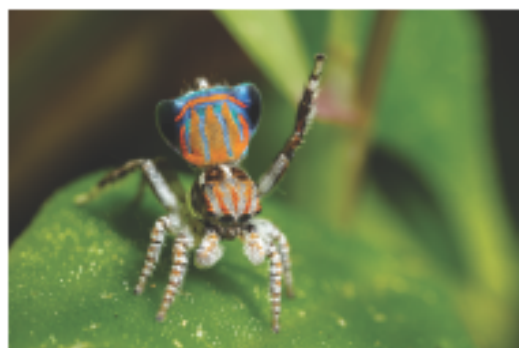
Ako ptica ne pjeva dobro, to znači da ima neku upalu respiratornih organa i ne može biti dobar roditelj, tj. postoji rizik za brigu i hranjenje mladih. Kod mužjaka nekih vrsta leptira mogu se uočiti oštećenja krila uzrokovana borbom za ženku.



Ribe klaunovi žive među žarnim pipcima anemona



Slavuj doziva ženke svojom pjesmom u proljeće



Pauk paun izvodi složene pokrete kako bi privukao partnerku



Fizički obračun između dva mužjaka jelenskih buba

Aktivnost

Moja borba za opstanak

Odaberite organizam i pokušajte objasniti njegovu borbu za opstanak. S kojim se izazovima suočava tokom svog života i kako postiže svoj cilj stvaranja potomstva?

Istražite za



... odnosi predatora i plijena u borbi za opstanak u vodenom okruženju ili na kopnu. Zatim podijelite svoja otkrića s drugim kolegama iz razreda.

Provjerite šta ste naučili

1. Navedite neke faktore koji su uslov za nastavak vrste.
2. Navedite primjere borbe za opstanak u biljnom svijetu, između jedinki iste vrste, ali i jedinki različitih vrsta.
3. Navedite primjer kako se gljive bore za hranu uz konkurenciju.
4. Opišite primjere borbe za opstanak kod ptica, između jedinki iste vrste.
5. Kako su predatori i plijen u stalnoj borbi za opstanak?
6. Navedite neke vrste životinja kod kojih postoji borba za partnera tokom razmnožavanja.

Zanimljiva biologija



Jedna vrsta šumske žabe može smrznuti i do 45% svog tijela tokom zime. To postiže skladištenjem glukoze (šećera) u jetri i njenim oslobađanjem u krvotok gdje djeluje kao prirodni antifriz, štiteći njene vitalne organe dok se ne odmrzne u proljeće.



5.10 Vještačka selekcija i poređenje prirodne i vještačke selekcije

Uvodna aktivnost

Prisjetite se djela Čarlsa Darvina i njegova dva najvažnija djela, "O porijeklu vrsta putem prirodne selekcije" i "O porijeklu čovjeka i povezanost selekcije sa razmnožavanjem". Koja su tri principa koja leže u osnovi prirodne selekcije?

Prirodna selekcija se može opisati kao preživljavanje i reprodukcija organizama koji imaju neku nasljednu karakteristiku koja ih čini uspješnijima, za razliku od drugih članova vrste koji nemaju tu karakteristiku.

Darvin je primijetio promjene koje su domaće životinje i biljke pretrpjele u poređenju sa svojim "divljim" srođnicima. Razloge takvih promjena povezao je s promjenama vrsta u prirodi. Kao što znate, Darwin je objasnio prirodnu selekciju koristeći tri principa: princip varijacije, princip adaptacije i princip nasljeđivanja.

Vještačka selekcija uključuje uparivanje jedinki sa željenim osobinama tokom mnogih uzastopnih generacija i dovodi do jedinki s novim karakteristikama. Prilikom uparivanja odabranih jedinki, genetski materijal je nekako ograničen, jer ne postoji slobodno razmnožavanje i odabir partnera kao u prirodi. Iz tih razloga, karakteristike koje su važne za otpornost na bolesti, promjene temperature, glad, brzinu kretanja, reflekse i slično mogu se izgubiti. Dakle, životinje i biljke, bez podrške čovjeka, koji provodi vještačku selekciju, neće moći preživjeti u prirodi.



Prirodna selekcija – tamno obojeni miševi su bolje prilagođeni okolini i moći će preživjeti i razmnožavati se



Vještačkom selekcijom divljeg kupusa, čovjek je dobio raznovrsno povrće

Selekcija kod domaćih životinjskih i biljnih vrsta razlikuje se od prirodne selekcije po tome što kod njih selekciju provodi čovjek, a ne priroda, odnosno uslovi okoline.

Nasljedne karakteristike kod domaćih vrsta također su podložne varijacijama. Čovjek je odabrao jedinke sa željenim varijacijama i karakteristikama za određenu nasljednu osobinu. Zatim ih je međusobno ukrštao i tokom dužeg vremenskog perioda uspio dobiti potomstvo sa dovoljno nasljednih osobina koje su mu bile korisne. Na primjer, prve žitarice su proizvodile manje zrna koja su bila manja od današnjih. Uzgoj biljnih kultura (posebno žitarica) započeo je prije otprilike 10.000 godina, a s tim je počela i vještačka selekcija koju provodi čovjek.

Praktično, sve domaće životinje (ovce, koze, krave, konji, svinje, kokoši, patke, golubovi), voće, povrće i žitarice su proizvod vještačke selekcije koja se odvijala tokom perioda od nekoliko hiljada godina u prošlosti.

Jednim takvim procesom vještačke selekcije, od divlje biljke (divljeg kupusa) koji je započeo prije 2.500 godina, danas imamo nekoliko vrsta povrća. Odabirom jedinki sa posebnom karakteristikom, a zatim ukrštanjem tih jedinki, čovjek je uspio dobiti današnji kupus, karfiol, brokulu, kelj, prokulice, kelerabu itd.

Još poznatiji primjer vještačke selekcije su psi koji evolucijski potiču od vukova. Kod pasa je čovjek vršio selekciju iz zabave, forsirajući im neke zanimljive osobine. Zatim je ukrštanjem jedinki sa tim osobinama uspio stvoriti zanimljive pse čije su osobine bile nasljedne. Na sličan način dobijene su razne ukrasne cvjetnice, poput različitih boja i oblika ruža.

I druge vrste životinja i biljaka dobijene su vještačkom selekcijom – zlatne ribice, lepezasti golubovi, kultivirane kruške i jagode itd.

Vještačku selekciju, za razliku od prirodne selekcije, provodi čovjek. On novostečenim oblicima organizama obezbjeđuje životne uslove – hranu, životni prostor, zaštitu od predatora, staništa i slično.



Različite pasmine pasa rezultat su vještačke selekcije – njihov zajednički predak je divlji vuk



Zlatna ribica nastala je vještačkom selekcijom šarana



Dekoratívni golub i njegov predak divlji golub



Kultivirana kruška dobivena je vještačkom selekcijom divlje kruške



Kultivirane jagode dobivene su selekcijom divljih jagoda

Aktivnost**Moja buduća životinja**

Upotrijebite svoju maštu i zamislite kako bi životinja ili biljka izgledala u budućnosti. Opišite njen izgled i karakteristike koje bi vaša biljka ili životinja imala ili izgubila? Koje karakteristike biste istakli kao korisne i zašto?

Istražite za

... štetnih efekata kod buldoga koji nastaju parenjem bliskih srodnika.

Provjerite šta ste naučili

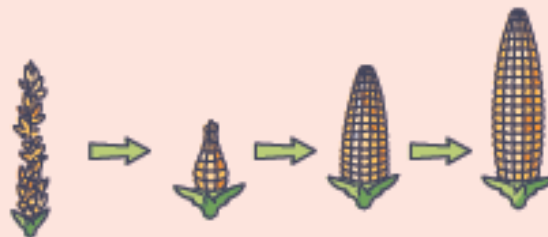
1. Koja je osnovna razlika između prirodne i vještačke selekcije?
2. Zašto čovjek provodi vještačku selekciju?
3. Opišite proces vještačke selekcije.
4. Zašto vještačka selekcija može imati negativne posljedice za nove vrste?
5. Zašto životinje i biljke koje su rezultat vještačke selekcije teško preživljavaju u prirodi?
6. Navedite primjere organizama dobivenih vještačkom selekcijom i uporedite njihove karakteristike s njihovim takozvanim "divljim" srodnicima.

Zanimljiva biologija

Krave danas proizvode mnogo više mlijeka nego što su nekada proizvodile. Zahvaljujući vještačkoj selekciji, moderne krave proizvode i do 10 puta više mlijeka od svojih divljih predaka.

Kokoši danas nose mnogo više jaja nego nekada. Divlje kokoši nose mali broj jaja godišnje, ali vještačkom selekcijom ljudi su dobili kokoši koje nose preko 300 jaja godišnje.

Kukuruz je nekada bio vrlo sitan. Prije hiljada godina imao je vrlo sitna zrna, ali stalnim odabirom najboljih biljaka, ljudi su stvorili veliki kukuruz s velikim zrnima, kakav imamo danas.



Pitanja za ponavljanje Teme 5

1. Objasnite kada i kako je nastao Svemir.

2. Popunite praznine u rečenicama.

Sunce je _____ koje je oko sebe formiralo _____ sistem od nekoliko planeta i nebeskih tijela koja _____ kruže oko njega, uključujući planetu _____. Starost Sunčevog sistema procjenjuje se na oko _____ milijardi godina.

Vjeruje se da je planeta Zemlja formirana prije otprilike _____ milijardi godina. Na njenoj površini formirana je kora (_____) – čvrsta ljuska od kamenih materijala, _____ ljuska (hidrosfera) i zračna ljuska (_____) od gasova.

Ako uzmemo u obzir hemijski sastav svih živih organizama na našoj planeti, vidimo da su izgrađeni od četiri grupe jedinjenja: _____, _____, _____ i _____.

Ova jedinjenja se nazivaju _____ jedinjenja jer nastaju samo u _____ ćelijama.

3. Objasnite zašto se koacervati, iako nisu bili živi organizmi, smatraju važnim korakom ka nastanku prvih ćelijskih struktura.

4. Hemičari Stenli Miler i Harold Juri proveli su eksperiment kako bi:

- a) dobili organska jedinjenja iz neorganskih jedinjenja
- b) dobili neorganska jedinjenja iz organskih jedinjenja
- c) formirali koacervate

5. Kitovi su evoluirali od:

- a) vodozemaca
- b) gmizavaca
- c) četveronožnih sisara

6. Kako nam geološka vremenska skala pomaže da razumijemo evoluciju?

7. Koje su informacije geolozi koristili za konstruiranje (izradu) geološke vremenske skale?

8. Navedite po jedan ključni događaj iz svake od tri glavne ere geološke vremenske skale.

9. Kada su se prvi organizmi pojavili na Zemlji?

10. Kako su prvi fotosintetski organizmi promijenili Zemljinu atmosferu?

11. Objasnite kako se Zemljina klima mijenjala od tercijara do kvartara.

12. Koji su uslovi omogućili različitim vrstama sisara da evoluiraju tokom kenozoika?

13. Pregledajte tabelu geološke vremenske skale s nekim od najvažnijih događaja za svaki period. Popunite praznine u tabeli.

Era	Period	Važni događaji
Paleozoik		Prve kopnene životinje
		Uspon sisara
Mezozoik		Uspon dinosaurus
	Perm	Prvi gmizavci
	Kreda	
Kenozoik	Kvartar	

14. Objasnite kako su prvi sisari uspjeli preživjeti uz dominantne dinosauruse.

15. Prve kopnene životinje pojavljuju se u periodu:

- a) silur
- b) devon
- c) karbon

16. Navedite nekoliko načina na koje nastaju fosili.

17. Spojite pojmove s odgovarajućom tvrdnjom.

Pojmovi	Iskaz	broj-slovo
1. Fosilni zapis	a) Proces pretvaranja ostataka i otisaka u fosile.	
2. Paleontologija	b) Promjene organizama u izgledu, obliku, ishrani, kretanju, ponašanju tokom određenog vremenskog perioda.	
3. Fosilizacija	c) Skup svih fosila ili sačuvanih ostataka drevnih organizama.	
4. Kambrij	č) Najstariji period paleozojske ere.	
5. Evolucija	ć) Nauka koja proučava prošlost živih bića na planeti.	

18. Ako se u fosilnom sloju nalaze samo morski organizmi, kojem dobu oni pripadaju? Objasnite zašto.

19. Paleontolozi su iskopali fosil trilobita (izumrlog morskog beskičmenjaka koji je živio prije otprilike 521–252 miliona godina) u sloju stijena na vrhu brda u Južnoj Americi. Zatim su pronašli istu vrstu fosila u sloju sedimentnih stijena u Evropi. Do kojeg će zaključka paleontolozi doći o dva sloja stijena?

20. Zašto se australopithecus smatra važnom prelaznom grupom između majmuna i ljudi?
21. Zašto se Australopithecus svrstava u grupu "praljudi", a ne u grupu pravih ljudi (*Homo sapiens*)?
22. Prikazane su dvije lobanje, jedna od čovjeka i jedna od šimpanze.



- a) Kome pripada lobanja A, a kome lobanja B?
- b) Navedite nekoliko vidljivih karakteristika koje ste koristili za odgovor na prethodno pitanje.
23. Kako je povećanje volumena mozga utjecalo na ponašanje ranih vrsta roda *Homo*?
24. Prva vrsta hominida koja po veličini i proporcijama tijela podsjeća na moderne ljude je:
 - a) *Homo erectus*
 - b) *Homo habilis*
 - c) *Australopithecus afarensis*
25. Procijenite koji dokazi (fosilni, genetski ili kulturni, na primjer: alati, umjetnost, grobovi, ognjišta, nastambe) su najjači za rekonstrukciju ljudske evolucije. Objasnite zašto.
26. Navedite sličnosti i razlike između neandertalaca i modernih ljudi.
27. Fosilni dokazi pokazuju da se savremeni konj (*Equus*) razvio od malih, višeprstih šumskih predaka poput *Eohippus*.
 - a) Opišite dvije morfološke promjene koje su se dogodile u evoluciji od *Eohippus* do savremenog konja.
 - b) Objasnite kako su promjene u okolišu doprinijele ovim evolucijskim promjenama.
 - c) Procijenite zašto se evolucija konja često koristi kao snažan paleontološki dokaz za evoluciju.
28. Kako nam fosili i savremeni organizmi zajedno pomažu da razumijemo evoluciju?
29. Odgovorite na pitanja o homolognim organima kao dokazu evolucije.
 - a) Zašto su homologni organi snažan dokaz za zajedničko porijeklo živih organizama?
 - b) Kako biste utvrdili da li su peraje kita i ljudska ruka homologni organi?

- c) Po čemu su prednje noge različitih vrsta slične, a po čemu se razlikuju?
- č) Da li organi koji imaju istu funkciju, ali različitu strukturu i porijeklo, imaju evolucijski značaj?

30. Na koji način se biogeografija može koristiti kao dokaz evolucije?

31. Odgovorite na sljedeća pitanja:

- a) Zašto su Galapagoska ostrva bila posebno važna u Darwinovom istraživanju?
- b) Koje vrste ptica je Darwin proučavao?
- c) Objasnite koncepte adaptacije, prirodne selekcije i evolucije koristeći ptice koje je Darwin proučavao.
- č) Kako se zove najpoznatija knjiga Čarlsa Darvina i koje principe on u njoj razvija?

32. Objasnite Lamarkovu teoriju na primjeru žirafa.

33. Primijenite Darwinovu teoriju prirodne selekcije da biste objasnili pojavu otpornosti bakterija na antibiotike.

34. Lavovi love krdo antilopa, od kojih neke bivaju ubijene, a neke uspiju pobjeći. Objasnite koji princip Darwinove teorije prirodne selekcije se može koristiti za opis ove situacije.

35. Zašto je borba za opstanak neophodna za evoluciju živih bića?

36. Navedite pozitivne i negativne posljedice vještačke selekcije kod životinja.

Terminološki rječnik

A

Abiotički faktori – faktori okoline koji utiču na žive organizme (svjetlost, temperatura, voda, zrak, tlo).

Abortus – prekid trudnoće prije nego što plod postane sposoban za samostalan život.

Adaptacija – prilagođavanje organizama na uslove okoline radi boljeg preživljavanja i razmnožavanja.

Adolescencija – prelazni period između puberteta i zrelosti, kada dolazi do fizičkih, psiholoških i socijalnih promjena.

Alkohol (etanol) – supstanca koja se nalazi u alkoholnim pićima i može izazvati intoksikaciju i oštećenje ploda.

Amnion – unutrašnja ljuska fetusa ispunjena amnionskom tečnošću koja štiti embrion.

Andropauza – period kod muškaraca kada dolazi do postepenog smanjenja testosterona i povezan je sa starenjem.

Apsorpcija – proces apsorpcije supstanci (na primjer: apsorpcija vode iz tla korijenovim dlačicama).

Apstinencija – uzdržavanje od određenih aktivnosti (najčešće seksualni odnos ili konzumiranje alkohola/droga).

Autotrofni (organizmi) – organizmi koji sami stvaraju hranu od neorganskih supstanci (biljke, alge, neke bakterije).

B

Baza lista – donji dio peteljke kojim je list pričvršćen za stabljiku.

Bespolno razmnožavanje (kod biljaka) – metoda razmnožavanja koja ne uključuje gamete, tako da je potomstvo genetski identično roditelju (klonu). Odvija se uz pomoć vegetativnih dijelova biljke.

Biogeografija – nauka koja proučava rasprostranjenost živih organizama na Zemlji.

Bioluminiscencija – sposobnost nekih organizama da stvaraju i emituju svjetlost (na primjer: krijesnice, neki morski organizmi).

Biomasa – ukupna suha masa živih organizama na određenom trofičkom nivou u određenom vremenu u ekosistemu.

Biotički faktori – svi međusobni odnosi organizama (biljke, životinje, mikroorganizmi) koji naseljavaju određeni prostor.

Blizanci – (dvoje) djece rođene u istoj trudnoći.

Borba za opstanak – stalna konkurencija između organizama za hranu, prostor i partnere.

C

Cvijet – generativni organ biljke koji služi za spolno razmnožavanje, formiranje ploda i sjemenki.

Cvjetna drška – dio koji povezuje cvijet sa stabljikom i pruža potrebnu potporu i transport vode i hranjivih materija do cvijeta.

Cvjetna loža – prošireni dio cvjetne drške na koji su pričvršćeni svi dijelovi cvijeta.

Č

Čašični listići – zeleni vanjski listići koji štite cvjetni pupoljak prije otvaranja i predstavljaju prvi cvjetni krug cvjetnog omotača.

Čopor – grupa životinja iste vrste koje žive i love zajedno (na primjer: vukovi).

Ć

Ćilibar – fosilizirana smola drveta.

D

Difuzija – pasivno kretanje čestica s mjesta veće na mjesto niže koncentracije.

Dijafragma (kontracepcija) – gumena dijafragma koja se postavlja u vaginu i prekriva grlić maternice, sprječavajući ulazak sperme u maternicu (kontracepcija).

Disanje – spora oksidacija hranjivih materija pod utjecajem kisika, oslobađajući energiju iz hrane.

DNK – deoksiribonukleinska kiselina – molekula koja nosi nasljedne informacije.

Dž

Džul (J) – mjerna jedinica za energiju; 1 džul je količina energije potrebna da se

nešto pomakne silom od 1 njutna (1 N) na udaljenost od 1 metra (1 m).

E

Ekologija – nauka koja proučava žive organizme u njihovoj okolini i odnose koji postoje među njima.

Ekosistem – zajednica živih organizama i nežive okoline u kojoj žive.

Embriologija – nauka koja proučava razvoj organizama od oplodnje do rođenja.

Embrion (kod biljaka) – mladi embrionalni oblik koji se nalazi u zreлом sjemenu i sadrži korijenov pupoljak, stabljiku, kotiledone i embrionalni pupoljak.

Embrion (kod životinja) – rani razvoj organizma nakon oplodnje, prije nego što postane fetus.

Endometrij – unutrašnji zid (sloj) maternice koji priprema za implantaciju embriona.

Endotermna reakcija – hemijska reakcija koja zahtijeva energiju za odvijanje.

Energija – sposobnost obavljanja rada.

Enzim – biološki katalizator koji ubrzava hemijsku reakciju u organizmu.

Eon – najveća vremenska jedinica na geološkoj vremenskoj skali.

Epidermis – površinsko zaštitno tkivo biljnih organa koje učestvuje u izmjeni gasova i transpiraciji kroz stome koje su njegov sastavni dio.

Epoha – najmanja vremenska jedinica na geološkoj vremenskoj skali, podređena periodu.

Era – veliki vremenski period na geološkoj vremenskoj skali, koji se sastoji od nekoliko perioda.

Estrogen – ženski spolni hormon koji reguliše menstrualnu funkciju i razvoj ženskih spolnih karakteristika.

Evolucija – postepene promjene organizama u izgledu, obliku, prehrani, kretanju i ponašanju tokom mnogih generacija, što dovodi do adaptacije i stvaranja novih vrsta.

F

Faktori okoline – faktori koji utiču na žive organizme i mogu biti biotički i abiotički.

Fetalni alkoholni sindrom (FAS) – poremećaji u razvoju fetusa uzrokovani alkoholom koji konzumira majka.

Fetus – embrion nakon osme sedmice trudnoće do rođenja.

Floem – provodljivo tkivo koje prenosi organsku materiju iz listova u druge dijelove biljke.

Folikulostimulirajući hormon (FSH) – hormon iz hipofize koji stimulise rast Grafovih folikula kod žena i proizvodnju spermatozoida kod muškaraca.

Folna kiselina – vitamin B9, važan za razvoj embrionalnog nervnog sistema.

Fosil – okamenjeni ostaci ili tragovi izumrlih organizama.

Fosilizacija – proces kojim nastaju fosili.

Fosilni zapis – zbirka svih fosila ili sačuvanih ostataka izumrlih organizama u stijenovitim slojevima.

Fotosinteza – proces kojim biljke koriste svjetlosnu energiju za proizvodnju hrane (glukoze).

G

Gamete – spolne ćelije (sperma i jajne ćelije) koje formiraju zigot nakon oplodnje.

Geni – dijelovi DNK koji nose nasljedne informacije i određuju osobine organizma.

Genitalni herpes – spolno prenosiva bolest uzrokovana virusom herpes simpleksa, koja se manifestira kao bolni plikovi na genitalijama.

Geologija – nauka koja proučava strukturu, sastav i razvoj Zemlje.

Geološka vremenska skala – sistem dijeljenja vremenskih perioda iz prošlosti na planeti Zemlji.

Globalno zagrijavanje – porast prosječne temperature Zemlje zbog povećanja emisije stakleničkih gasova.

Glukoza – jednostavni šećer i glavni izvor energije za ćelije.

Gonoreja – spolno prenosiva bakterijska bolest koja pogađa genitalije i urinarni trakt.

Grafov folikul – zreli folikul u jajniku koji sadrži zrelu jajnu ćeliju spremnu za ovulaciju.

Grlić maternice (cerviks) – donji, suženi dio maternice koji je povezuje s vaginom.

H

Hemoglobin – protein u crvenim krvnim zrnima koji prenosi kisik.

Herbarijum – sušeni i konzervirani uzorci biljaka za naučno proučavanje.

Heterotrofi – organizmi koji se hrane drugim organizmima, ne mogu sami proizvoditi hranu.

Hibernacija – dugotrajno mirovanje kod životinja tokom hladnih mjeseci.

Hidrodinamički izgled – oblik životinje koji joj omogućava lako kretanje kroz vodu.

Hipofiza – žlijezda u mozgu s unutrašnjim lučenjem koja kontrolira proizvodnju hormona.

HIV – (skraćenica od engleskog termina za Human Immunodeficiency Virus) – virus koji uzrokuje AIDS i napada imunološki sistem.

Hlorofil – zeleni pigment koji se nalazi u hloroplastima biljnih ćelija koji apsorbira svjetlosnu energiju i omogućava fotosintezu.

Hloroplasti – ćelijske organele karakteristične za eukariotske biljne ćelije koje sadrže hlorofil.

Hominidi – porodica primata koja uključuje ljude i velike majmune (šimpanze, gorile, orangutane).

Hominini – grupa primata koja uključuje sve pretke ljudi i modernih ljudi.

Homo sapiens – savremeni čovjek.

Homologni organi – organi iste strukture i porijekla, ali koji mogu imati različite funkcije (na primjer: krilo kod ptice, peraja kod ribe, ruka kod čovjeka).

Hormoni – hemijske supstance koje se proizvode u endokrinim žlijezdama i luče direktno u krv. Regulišu rad određenih ćelija ili organa u tijelu.

Hromozomi – mala tijela građena od lanaca DNK i proteina, smještena u jezgru ćelije, koja se sastoje od hiljada gena i nose nasljedne informacije.

Humani papiloma virus (HPV) – virus koji može uzrokovati spolno prenosive infekcije i rak grlića materice.

I

Identični blizanci – blizanci nastali iz jedne oplođene jajne ćelije koja se dijeli na dva dijela, iz kojih se formiraju dva embriona, imaju isti genetski materijal i isti spol.

Implantacija – proces kojim se oplođena jajna ćelija implantira u endometrij maternice.

J

Jajna ćelija (kod biljaka) – ženska gameta u tučku cvijeta koja se spaja sa muškom gametom i formira zigotu.

Jajna ćelija (kod životinja) – ženska gameta koja se proizvodi u ženskim reproduktivnim organima i koja učestvuje u oplodnji.

Jajnik – ženski spolni organ u kojem se proizvode jajne ćelije i luče ženski spolni hormoni (estrogen i progesteron).

Jajovod – cjevasti organ koji povezuje jajnike sa maternicom i u kojem obično dolazi do oplodnje.

Jednostavna dioba – vrsta ćelijske diobe gdje se jedna ćelija dijeli na dvije približno identične kćerinske ćelije.

K

Kalorija – jedinica mjere za energiju koju organizam dobija iz hrane.

Kamuflaža – prilagođavanje boje ili oblika organizma kako bi se sakrio od predatora ili plijena.

Kandida – mikroskopska gljivica koja može izazvati infekcije kod ljudi, posebno u usnoj šupljini ili genitalijama.

Kilodžul (kJ) – jedinica mjere za energiju. 1 kalorija $\approx$ 4,184 kJ.

Kinetička energija – energija tijela u pokretu.

Klamidija – spolno prenosiva bakterijska infekcija.

Klica – mlada biljka koja se razvija iz embrion nakon klijanja sjemena i počinje da samostalno provodi fotosintezu.

Klimatske promjene – dugoročne promjene Zemljine klime, uzrokovane prirodnim i ljudskim faktorima.

Kolonije – grupe organizama iste vrste koje žive zajedno i pomažu jedni drugima (na primjer: bakterije ili morski polipi).

Komenzalizam – interakcija između dvije vrste gdje jedna ima koristi, a druga nema ni koristi ni štete.

Koncentracija – količina rastvorene supstance u određenoj količini rastvora.

Kondomi – kontracepcijsko sredstvo koje sprječava začeće i štiti od spolno prenosivih bolesti.

Konkurencija – borba između organizama za ograničene resurse (hranu, vodu, prostor).

Kontracepcija – korištenje metoda i sredstava za izbjegavanje začeća i neželjene trudnoće.

Korijen (kod biljaka) – vegetativni organ koji se razvija u tlu, služi za pričvršćivanje/pričvršćivanje biljke i glavni je organ za apsorpciju/apSORpciju vode i minerala.

Korijenove dlačice – nježni izrasli epidermalnih ćelija u korijenu koji povećavaju površinu apsorpcije i omogućavaju apsorpciju vode i minerala.

Kotiledoni – embrionalni listovi koji služe za skladištenje i opskrbu embrija hranjivim materijama.

Ksilem – provodljivo tkivo kroz koje se voda i rastvoreni minerali transportuju od korijena do svih dijelova biljke i doprinosi njenoj čvrstoći.

Kutikula – tanak, voštani, zaštitni sloj na površini lista i mlade stabljike, koji smanjuje gubitak vode i štiti biljku od vanjskih utjecaja.

L

Lanci ishrane – šematski prikaz koji pokazuje povezanost organizama u jednog ekosistema kroz ishranu.

List – glavni vegetativni organ koji vrši fotosintezu u biljci, transpiraciju i izmjenu plinova.

Listići vjenčića – obojeni listići cvijeta koje privlače oprašivače i štite prašnike i tučak.

Listna ploška – tamni i široki dio lista koji vrši fotosintezu, transpiraciju i izmjenu plinova.

Luteinizirajući hormon (LH) – spolni hormon koji luči prednja hipofiza i ima funkciju izazivanja ovulacije i formiranja žutog tijela kod žena, a kod muškaraca stimulira lučenje testosterona u testisima.

Lj

Ljudska loza (redoslijed predaka čovjeka)

– evolucijska linija koja vodi do savremenog čovjeka.

M

Maternica – ženski spolni organ gdje se fetus (embrij i fetus) razvija tokom trudnoće.

Menopauza – period u životu žene kada prestaje menstruacija i smanjuje se reproduktivna sposobnost (obično oko 50. godine života).

Menstruacija – krvarenje iz maternice koje se javlja kod žena jednom mjesečno ako jajna ćelija nije oplodena.

Metamorfoza – promjena oblika i strukture organizma tokom njegovog razvoja (na primjer: od larve do odrasle životinje kod insekata ili vodozemaca).

Mezofil – unutrašnje fotosintetsko tkivo lista, smješteno između gornjeg i donjeg epidermisa u kojem se odvija fotosinteza.

Migracije – sezonska ili redovna kretanja životinja s jednog mjesta na drugo, obično radi hrane ili razmnožavanja.

Mimikrija – prilagođavanje organizma da podsjeća na nešto drugo u svom okruženju kako bi se zaštitio od predatora ili radi napada (na primjer, insekti koji podsjećaju na lišće).

Mokraćni kanal – cijev kroz koju se urin izbacuje iz tijela. Kod muškaraca, on također prenosi spermu.

Monitoring (posmatranje, praćenje) prirodnih zajednica – kontinuirano praćenje stanja ekosistema i populacija živih organizama.

Mortalitet – broj ljudi koji umru na 1.000 stanovnika populacije tokom godine.

Mošnice – kožne kesice u kojima se nalaze testise.

Mutualizam – odnos između dva organizma gdje oba organizma imaju koristi (na primjer, pčele i cvijeće).

N

Natilitet – broj novorođenčadi na 1.000 stanovnika tokom godine.

Neidentični blizanci – dva embriona koja potiču iz dvije različite jajne ćelije oplodeni od dva različita spermatozoida. Oni su genetski različiti i mogu biti od različitog spola.

Nodule – male, zaobljene strukture u biljkama (na primjer: kvržice korijena mahunarki biljke u kojima je dušik fiksiran).

Nukleinske kiseline – biomolekule (DNK i RNA) koje nose i prenose nasljedno informacije (geni).

Nutritivna vrijednost – količina nutrijenata supstance (ugljikohidrati, proteini, masti, vitamini, minerali) koje hrana sadrži.

Njušku tučka – gornji dio tučka gdje se polen prijanja i klija tokom oprašivanja.

O

Oplodnja (kod životinja) – spajanje spermatozoida sa jajetom, pri čemu stvorena je zigota, prva ćelija novog organizma.

Oplodnja (u biljkama) – proces u kojem muška gameta se spaja sa ženskom gametom (jajna ćelija) u plodištu cvijeta pri čemu stvara se zigot.

Oprašivanje – proces u kojem se polen s prašnika prenosi na tučku cvijeta, omogućavajući biljci da se spolno razmnožava.

Ovulacija – proces sazrevanja jajne ćelije se oslobađa iz jajnika i spreman je za đubrenje.

P

Paleontologija – nauka koja proučava fosile i historijsku prošlost Zemlje.

Paleontolozi – naučnici koji proučavaju paleontologiju.

Palisadni sloj – dio mezofila lista, sastavljen od izduženih, gusto zbijenih ćelija, bogat hloroplastima u kojeg se provodi najintenzivnija fotosinteza.

Parazitizam – interakcija u kojoj jedan organizam (parazit) se hrani na štetu drugog organizma (domaćin).

Pasjemenik (epididimis) – cjevasti organi povezani sa testisom gdje sperma sazrijeva, postaje pokretna i skladišti se (skladišti) prije nego što se oslobodi.

Penis – muški polni organ koji služi za izbacivanje sjemene tekućine i urina.

Period (geološke vremenske skale) – dio geološke ere koji služi za precizniju vremensku podjelu i proučavanje istorije Zemlje.

Pigment – supstanca koja daje boju (na primjer: hlorofil – daje zelenu boju listu).

Placenta – privremeni organ kojim je embrij povezan s majkom preko koje se snabdijeva hranljivim materijama i kisikom.

Plod (kod biljaka) – generativni organ biljke koji se razvija iz tučka cvijeta i služi za zaštitu i širenje sjemena.

Plodnica – dio tučka/perikarpa u kojem se nalazi jajna ćelija i nakon oplodnje razvija se u plod.

Pneumatofores – korijenje za disanje u mangrovama (drveću) koje strši iznad vode i omogućava izmjenu gasova u tlu siromašnom kisikom.

Polen – zrna karakterističnog izgleda i strukture prilagođena za oprašivanje, koja sadrže dvije muške spolne ćelije (jezgra) kojima se vrši oplodnja.

Polno prenosive bolesti (SPB) – bolesti koji se prenose seksualnim kontaktom.

Populacija – broj jedinki iste vrste koje žive na određenom staništu.

Porođajni bolovi (kontrakcije) – snažne mišićne kontrakcije maternice tokom porođaja.

Prašnik – muški dio cvijeta u kojem se formiraju spolne ćelije i sazrijeva polen.

Prašnikova kesa – dio prašnika gdje se proizvode i sazrijevaju polenova zrna koja sadrže muške spolne ćelije.

Prašnikova nit – tanki izduženi dio kojim je prašnik povezan sa cvjetnom ložom i nosi i izdiže prašnikovu kesu.

Preci – udaljeni ili neposredni prethodnici organizma.

Predator – organizam koji lovi i hrani se drugim organizmima (plijen).

Primarne spolne karakteristike – karakteristike prisutne pri rođenju (jajnici, testisi) i direktno su povezani s razmnožavanjem.

Princip adaptacije – organizmi se prilagođavaju uvjetima okoline kako bi preživjeli.

Princip nasljeđivanja – osobine roditelja prenose se na potomstvo putem gena.

Princip varijacije – jedinke u populaciji se međusobno razlikuju.

Prirodna selekcija – proces u kojem organizmi s boljim adaptacijama imaju veće šanse za preživljavanje i razmnožavanje.

Pritisak korijena – pritisak koji se stvara u korijenu zbog aktivne apsorpcije minerala i omogućava kretanje vode prema gore kroz ksilem.

Produkti – materije koje nastaju kao rezultat hemijskih reakcija.

Progesteron – ženski polni hormon koji luči žuto tijelo. Priprema i održava endometrij tokom trudnoće.

Prostata – muška spolna žlijezda koja proizvodi tekućinu koja je sastavni dio sjemene tekućine i omogućava pokretljivost spermatozoida.

Pubertet – period razvoja kada organizam postaje spolno zreo i počinje se razmnožavati.

Pupčana vrpca – veza između embrija i placente kroz koju se obezbeđuju hranljive materije i kisik.

R

Rasijavanje – proces kojim se sjeme ili plodovi prenose s matične biljke na drugu lokaciju, omogućavajući širenje biljne vrste.

Razmnožavanje (reprodukcija) – proces stvaranja novih jedinki (potomaka).

Reaktanti – supstance koje stupaju u hemijsku reakciju i mijenjaju se formirajući produkte.

Rudimentirani organi – organi koji su slabo razvijeni ili nemaju funkciju kod modernih organizama, ali su postojali kod predaka (na primjer: crvoliki dodatak slijepog crijeva kod ljudi).

S

Samooprašivanje – vrsta oprašivanja kada polen s prašnika padne na tučku istog cvijeta, omogućavajući spolno razmnožavanje bez učešća druge biljke.

Sediment – čvrsta supstanca koja se taloži na dnu vode ili tekućine.

Sekundarne spolne karakteristike – spolne karakteristike koje se javljaju u pubertetu (npr: brada kod muškaraca, rast grudi u žene).

Semenovod – duga cijev koja polazi od pasjemenika (epididimisa) i spaja se sa mokraćnim kanalom (uretrom), preko koje se prenose spermatozoidi.

Sifilis – polno prenosiva bolest uzrokovane bakterijom (*Treponema pallidum*).

Sila usisavanja (sila apsorpcije) – sposobnost korijena da apsorbira vodu i otopljene minerale.

Simbioza – zajednički život između dvoje vrste organizama (može biti mutualizam, komenzalizam ili parazitizam).

Sinhronizacija sa oprašivačima – podešavanje vremena cvatnje biljka kada su oprašivači (pčele, insekti) aktivni.

Sjeme – generativni organ biljke koji sadrži embrion, rezerve hranljivih materija i sjemensku ljusku, služi za razmnožavanje i opstanak vrste.

Sjemeni mjehurići – žlezde koje luče tečnost koji je dio sjemene tekućine kod muškaraca.

Sjemeni zametak – struktura unutra plodnice u kojem se formira i sazrijeva jajna ćelija sa pratećim tkivima, a nakon oplodnjom se razvija u seme.

Sjemenik (testis) – muški polni organi gdje se proizvodi i izlučuje spermatozoide i testosteron.

Sjemenska ljuska – vanjski zaštitni dio sjeme koje štiti unutrašnjost od isušivanja, oštećenja i infekcije.

Spermatozoidi – muške polne ćelije (gameta) koji mogu oploditi jaje.

Spirala – uređaj koji se ubacuje u maternicu za dugotrajnu kontracepciju.

Spolni hromosomi – hromosomi koji određuju spol organizma (X i Y kod ljudi).

Spolno razmnožavanje (kod biljaka) – metoda razmnožavanja koja uključuje spajanje muške i ženske spolne ćelije, što rezultira genetski različitim potomstvom i stvaranjem sjemena.

Spužvasti sloj – dio mezofila lista, sastavljen od nepravilnih ćelija s velikim međucelijskim prostorima, koji omogućava izmjenu gasova i učestvuje u fotosintezi.

Stabljika – vegetativni organ koji služi kao oslonac biljke, provodi vodu, minerale i organske materije, nosi lišće, cvijetove i plodove.

Stabljika lista – dio lista koji povezuje lisnu plošku sa stabljikom i omogućava bolju izloženost lista svjetlosti.

Stanište – mjesto ili okolina u kojoj organizam živi i gdje pronalazi sve uslove potrebne za život (hrana, voda, sklonište).

Sterilitet – nemogućnost začeća, što kod žene znači da ne mogu zatrudnjeti, a kod muškarca da njegovi spermatozoidi ne može oploditi jajnu ćeliju.

Stoma – mali otvor u epidermisu koji formiraju dvije specijalizirane zatvaračke ćelije (stomatalne) koje regulišu izmjenu gasova i transpiraciju.

Stopa rasta – razlika između nataliteta i mortaliteta u populaciji.

Š

Škrob – složeni šećer pohranjen u biljkama kao izvor energije.

T

Testeron – muški spolni hormon koji stimulira razvoj spolnih organa, sekundarne spolne karakteristike kod muškaraca i proizvodnju spermatozoida.

Tjelesni hromosomi – hromosomi koji nose nasljedne informacije za tjelesne karakteristike.

Transpiracija – proces isparavanja vode iz nadzemnih dijelova biljke, najčešće kroz stome listova, što omogućava kretanje vode i minerala kroz ksilem.

Trihomonas – mikroorganizam (protozoa) koji može uzrokovati spolno prenosive infekcije kod ljudi.

Trofička piramida – dijagram koji prikazuje raspodjelu energije, broja jedinki ili biomase među različitim trofičkim nivoima u ekosistemu.

Trudnoća – period razvoja embriona i fetusa u maternici, koji kod ljudi traje oko 9 mjeseci (40 sedmica).

Tučak – ženski dio cvijeta prilagođen za seksualno razmnožavanje, prijem polena i oplodnju.

U

Unakrsno oprašivanje – vrsta oprašivanja kada polen sa prašnika jednog cvijeta padne na tučku drugog cvijeta, na istoj ili drugoj biljci iste vrste, omogućavajući genetsku raznolikost u seksualnom razmnožavanju.

V

Vagina – ženski spolni organ koji povezuje maternicu i vanjske genitalije.

Varijacija – razlike u osobinama između jedinki iste vrste, koje mogu biti naslijeđene ili stečene.

Vegetativni period – vremenski period tokom kojeg biljka raste i razvija se.

Vještačka selekcija – parenje jedinki sa poželjnim osobinama tokom mnogih uzastopnih generacija, s ciljem proizvodnje jedinki sa novim ili poboljšanim osobinama.

Vrat tučka – dio tučka koji povezuje njušku tučka s plodnicom i omogućava prijenos polenovih cijevi nakon klijanja polena.

Z

Začeće – proces oplodnje, tj. spajanje spermatozoida sa jajnom ćelijom, stvarajući zigotu.

Zebe – grupa ptica sa Galapagoških ostrva koje je proučavao Čarls Darwin. Imaju različite oblike kljunova, prilagođene različitim vrstama hrane i predstavljaju klasičan primjer evolucije i adaptacije.

Zigot – prva ćelija novog organizma koja nastaje spajanjem muških i ženskih gameta (spermatozoida i jajne ćelije).

Zračni prostori – veliki međućelijski prostori/praznine u spužvastom dijelu mezofila lista koji omogućavaju efikasnu izmjenu gasova, a kod vodenih biljaka doprinose uzgonu.

Ž

Žuto tijelo – privremena žlijezda koja se formira u jajniku od ostataka Graafovog folikula nakon ovulacije i luči progesteron, hormon važan za održavanje trudnoće.

Korištena literatura

- Бекет, Б., и Галагхер, Р. *Природни науки: биологија*. Скопје: Просветно дело, 1996.
- Групче, Р. *Ботаника (второ издание)*. Скопје, Македонија: НИО „Студентски збор“, 1994.
- Ѓоргоски, И. и Малческа, Ц., *Биологија за 8 одделение*. Скопје: Просветно дело, 2003.
- Равен, П. Х., Џонсон, Џ. Б., Масон, К. А., Лосос, Џ. Б., Сингер, С. Р. *Биологија*. Скопје, Македонија: Арс Ламина, 2020.
- Хавиленд В. А., Принс Х. Е.Л., Волрат Д., Мекбрајд Б. *Антропологија: Предизвикот на човештвото (тринаесетто издание)*. Издадено на македонски јазик во Скопје, Македонија: Арс Ламина, 2014.
- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. *Essential Cell Biology*. New York, USA: Garland Science, 2014.
- Denffer, D., Ziegler, H. *Morfologija i fiziologija*. Zagreb, Jugoslavija: Skolska knjiga, 1982.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. *Biology of plants (Fifth edition)*. New York, USA: Worth Publishers, 1992.
- Tatic, B., Marinkovic, R., Blazencic, J. *Morfologija biljaka*. Beograd, Jugoslavija: Naucna knjiga, 1986.

Korišteni linkovi

- <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-by-year/>
- <https://www.stratigraphy.org>
- <https://www.bbc.co.uk/bitesize>
- <https://www.britannica.com/>
- <https://www.scientificamerican.com/article/new-form-chlorophyll/>
- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21178998/>
- http://www.theguardian.com/science/2025/nov/25/brain-human-cognitive-development-life-stages-cambridge-study?utm_source=chatgpt.com "Brain has five 'eras', scientists say - with adult mode not starting until early 30s"
- <https://www.fossilera.com/pages/top-11-famous-meteorites>
- <https://www.australianenvironmentaleducation.com.au/education-resources/life-in-the-cambrian/>
- <https://science.nasa.gov/science-research/earth-science/the-great-dying/>
- <https://walkingwith.fandom.com/wiki/Synapsida>
- <https://www.ebsco.com/research-starters/earth-and-atmospheric-sciences/fossilization>
- <https://www.nhm.ac.uk/discover/the-origin-of-our-species.html>
- <https://humanorigins.si.edu/evidence/human-fossils/species/sahelanthropus-tchadensis>
- <https://www.amnh.org/exhibitions/permanent/human-origins/understanding-our-past/dna-comparing-humans-and-chimps>

https://www.bradshawfoundation.com/origins/origin_tugenensis.php
<https://www.nhm.ac.uk/discover/homo-erectus-our-ancient-ancestor.html>
<https://www.aip.org/inside-science/the-final-days-of-homo-erectus>
<https://www.nhm.ac.uk/discover/charles-darwin-most-famous-biologist.html>
<https://www.nhm.ac.uk/discover/who-was-alfred-russel-wallace.html>
<https://www.prb.org/articles/how-many-people-have-ever-lived-on-earth/>
https://populationmatters.org/the-facts-numbers/?gad_source=1&gad_campaignid=22890350583&gbraid=0AAAAADyIiKA6D4MORSrk78eIFqFvxKg-j&gclid=CjwKCAiA0eTJBhBaEiwA-Pa-hZINdp03SD_SyZtRg6f_jKmuQ4sLNJDF_QYAzcJ7xqolhknLM5PQxoCllsQAvD_BwE
<https://www.un.org/development/desa/pd/world-population-prospects-2024>
<https://collections.fes.de/publikationen/ident/fes/15103>
<https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/external-and-internal-fertilization/>
<https://oceansafaris.com/2024/02/01/all-about-great-white-shark-breeding-and-births/>
<https://scoutlabs.ag/insect-metamorphosis-complete-incomplete-life-cycles/>
<https://www.exploratorium.edu/explore/cooking/egg-anatomy>