

Živa bitja

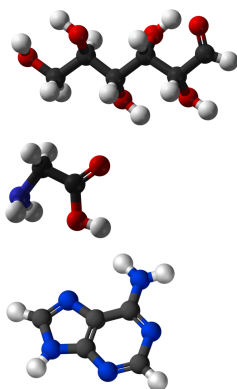
Organske molekule – Prvi razmnoževalci – Virusi
in celice – Bakterije – Protisti – Mnogoceličarji –
Razvejitev vrst – Bitja in okolje

Po Zemlji vrvi od življenja. Kamorkoli pogledamo, vidimo raznovrstne rastline in živali. Z mikroskopom odkrijemo v vodi, v zraku in v tleh še množico drugih drobnih bitij, ki so golemu očesu nevidna. Raznolikost opaženega je osupljiva. Kakšna vse bitja neki obstajajo? Kako so zgrajena in kateri zakoni jih vodijo? Zakaj so nekatera tako podobna, spet druga pa povsem različna? Kakšna so bila včasih? In kaj je sploh to – življenje?

Organske molekule

Topli vrelici Pred štirimi milijardami let na mladi Zemlji še ni bilo življenja. Tedanjo površino prekrivajo morja, le tu in tam iz njih štrlijo vulkani in bruhajo. Ozračje je sestavljeno v glavnem iz dušika, vodne pare in ogljikovega dioksida. Prostega kisika ni. Pod morji zijajo v tleh dolge toplotne razpoke. V njihovi bližini pronicajo skozi skorjo vroči plini: vodik, vodikov sulfid, metan in amoniak. Pri tem vodikov sulfid in železo v kamninah tvorita porozne tvorbe iz železovega sulfida, polne drobnih, med seboj povezanih celic, ter sproščata dodatni vodik. To so podmorski *topli vrelici*, valilnice življenja.

Organske snovi V vročem celičnem labirintu spontano nastajajo, se kopičijo in razpadajo različne *organske molekule*, to je takšne, ki imajo ogrodja iz medsebojno povezanih ogljikovih atomov.



Preproste organske molekule – glukoza, predstavnica sladkorjev; glicin, najmanjša izmed aminokislin; in adenin, ena izmed nukleobaz. Vodik je bel, kisik rdeč, ogljik črn in dušik moder. (Anon)

Pri sestavljanju in razgradnji teh molekul se včasih energija sprošča in drugič porablja. Zlasti je odlikovano spajanje prostega vodika in ogljikovega dioksida, pri čemer ne samo da nastaja organska snov – glukoza, ampak se pri tem še sprošča energija: vodik + ogljikov dioksid → glukoza + energija. Ta reakcija je izvor energije za celotno nadaljnjo presnovo. Železo, nikelj in žveplo v kamnitih stenah delujejo kot *katalizatorji*: reakcijo omogočajo in jo pospešujejo. Tako nastanejo *glukoza* in drugi podobni *sladkorji*; *glicin* in druge podobne *aminokisliline*; *adenin* in druge podobne *nukleobaze*; ter še mnogo drugega.

Vsa današnja živa bitja vsebujejo naštete molekule, navadno povezane v dolge verige. Glukoza tvori škrob in celulozo v rastlinah; aminokisliline tvorijo beljakovine; in nukleobaze tvorijo dedno snov.

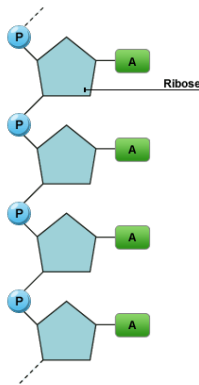
Molekule ATP V juhi preprostih organskih molekul pride do njihovih medsebojnih spajanj. Najbolj usodno je naslednje: na sklenjeno molekulo sladkorja s

petimi atomi ogljika - *ribozo* - se pritrdi na eni strani fosforjev atom z nekaj kisikovimi sosedi - *fosfat* - ter na drugi strani nukleobaza adenin. Trojico fosfat-riboza-adenin poimenujemo molekula AMP. Kako je naravi uspelo zagnati to proizvodnjo, ne vemo; sam stik molekul namreč ni dovolj, potreben je nekakšen katalizator.

Kakorkoli že: molekule AMP zmorejo energijo ujeti, shraniti in na zahtevo spet oddati. To naredijo tako, da na obstoječi fosfat pripnejo še en ali dva fosfata in ju kasneje oddajo: molekula AMP zraste v ADP ali ATP ter nato shujša nazaj. Takšna "energijska" molekula je kot otroška pištola na vzmet: vanjo potisnemo kroglo in vzmet se stisne - energija je prejeta in shranjena; pritisnemo sprožilec, vzmet se raztegne in krogla odleti - shranjena energija je oddana v okolico. Kar so krogle za pištolo, to sta oba fosfata za energijsko molekulo. Molekule AMP se torej "polnijo" v ATP, kjer je energija na voljo, in "praznijo", kjer je energija potrebna. Tako skrbijo za učinkovit pogon presnove.

Prvi razmnoževalci

Molekula RNA Adenin v molekuli AMP se lahko nadomesti s kakšno drugo nukleobazo. Trojico fosfat-riboza-nukleobaza poimenujemo *nukleotid*. Nukleotidi imajo odlično lastnost: zmorejo se vezati v verige - fosfatna gruča enega nukleotida se poveže s sladkorno gručo drugega. Nastane zaporedje izmeničnih fosfatnih in sladkornih gruč in iz slednjih štrlijo, kakor zobje iz glavnika, različne nukleobaze. To je molekula RNA.



Molekula RNA – veriga iz nukleotidov. Hrbtenica molekule je sestavljena iz zaporedno povezanih fosfatnih (P) in sladkornih molekul (Riboza). Na slednjih so nasajene različne nukleobaze (A). (BBC Science)

Nastale molekule RNA so različno dolge in vsebujejo različna zaporedja nukleobaz. Za vsako pa velja naslednje: prosti okolišnji nukleotidi se od strani pritrjujejo obnjo, in sicer z bazo na bazo. Baza ene vrste se lahko veže le z bazo ustrezne druge vrste in z nobeno drugo. Vsaka veriga tako ob sebi ustvarja in drži svojo zrcalno kopijo, ki se na hrbtni strani tudi poveže v fosfatno-sladkorno hrbtenico. Obe kopiji sta sprijeti precej narahlo; večji temperaturni gradienti ali nihanja ju zlahka ločijo: verige se vzdolžno cepijo in podvajajo. V naravi se pojavijo prvi *razmnoževalci*.

Različne verige RNA pri razmnoževanju med seboj tekmujejo za razpoložljive nukleotide. Prevladajo tiste, ki se najhitreje razmnožujejo. Vsaka sprememba na verigi, njena *mutacija*, ki izboljša razmnoževanje, se razširi, druge pa zamrejo. Takšno mutacijo lahko povzroči, na primer, napaka pri kopiranju. Ugodne mutacije so, med drugim: sprememba zaporedja nukleotidov, da vsebuje le najbolj pogoste, ali

tvorba takih zaporedij, ki so bolj stabilna, ali onih, ki se lažje ločujejo.

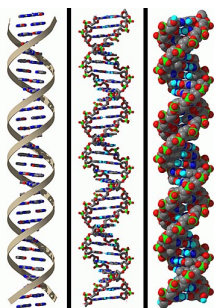
Beljakovine Verige RNA ob boku ne gradi le lastne kopije, temveč zmore iz okolišnjih aminokislin sestavljati še različne, sebi lastne *beljakovine*. Beljakovina, to je zaporedje aminokislin. Nekatere izmed nastalih beljakovin so takšne, da razgrajujejo raznovrstni material na osnovne surovine, potrebne za razmnoževanje "svoje" RNA. Ta se zato hitreje širi. Tiste verige, ki ne izdelujejo ugodnih beljakovin, pa izgubljajo. Tako se razvije *presnova* in tekmovanje ter izbiranje se preneseta še nanjo. Nadalje se razne verige RNA tudi mešajo. Vsebina celice, ki vsebuje dobro sodelujočo mešanico, se hitro širi v soseščino.

Virusi in celice

Molekule DNA Verige RNA so precej nestabilne. Z majhno mutacijo v lepilu med nukleotidi (molekula riboze izgubi en kisikov atom) se pa spremenijo v čvrstejše verige DNA. Te dobijo obliko torzijsko zasukane lestve, dvojne vijačnice. Posamezna prečka na vijačnici je spoj dveh nasproti ležečih si nukleobaz. Obstajajo samo štirje njihovi tipi: A (adenin), T, C in G. Med seboj se spajajo izbirčno: le A-T in C-G. Dvojna vijačnica se cepi vzdolžno, prav kakor bi odprli zadrgo, in vsak njen kos se nato dopolni v celoto.

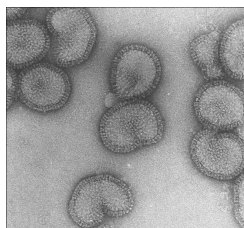
Geni Niz baz vzdolž vijačnice predstavlja zaporedje "črk", vzeti iz štiričrkovne abecede. Je navodilo, pravzaprav program, za tvorjenje raznovrstnih beljakovin. Tri zaporedne črke definirajo eno izmed aminokislin. Nekaj sto zaporednih trojic, opremljenih z znakoma za začetek in konec, opisuje zaporedje aminokislin v eni izdelovani

beljakovini; to je *gen*, informacijska enota dedovanja. Vendar molekula DNA ne more več sestavljati beljakovin neposredno, ampak namesto tega tvori kose RNA, da zanjo opravijo to delo. Sčasoma prevzamejo gradnjo posebni molekularni strojčki, *ribosomi*, in RNA prepustijo zgolj vlogo posrednika. Ribosomi, to so delavnice beljakovin.



Dvojna vijačnica DNA – shema (levo), stanjšana zgradba (sredina) in polni model (desno). Obe hrbtenici vijačnice sta sestavljeni iz zaporednih fosfatnih in sladkornih molekul. Vsaka prečka na lestvici je staknjena iz dveh baz. Obstajajo štiri različne vrste prečk. (Wired Magazine)

Virusne opne V celičnem labirintu se nekatere molekule RNA in DNA pokrijejo z beljakovinsko opno. Same niso zmožne uravnavati presnove, vendar znajo prevzeti nadzor nad drugimi razmnoževalci in njihovo presnovno orodjarno. Gostitelja prisilijo, da začne tvoriti njihove kopije, ki se potem širijo naokrog. So prvi zajedalci, *virusi*. Prilagajati se morajo razvoju svojih gostiteljev.



Virus gripe. Njegov premer znaša 0,1 mikrometra (milijoninke metra). (European Synchrotron Radiation Facility)

Celične opne Presnova začne prej ali slej tvoriti tudi raznovrstne maščobne kisline. Te se nalagajo na

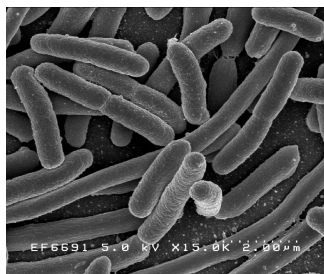
stene mineralnih celic in tvorijo opne. Vanje se vgrajujejo razne beljakovine, ki uravnavajo prepustnost, in železovi ter drugi atomi iz sten kot aktivni deli raznih katalizatorjev. To so prve žive *celice*. Večina jih je zaprtih v svojih domovih. Tiste na obrobju pa zapuščajo varno okolje in tokovi jih odnašajo v širni svet. Nekatere s sabo popeljejo tudi viruse. Ker so celice ločene od dotedanjega izvira hrane, jih večina propade. Druge se uspejo prilagoditi na nove vire in preživijo. To so *bakterije*.

Morda drugače Razvoj življenja iz organskih snovi do prvih celic, kakor smo ga prikazali, je potekal v toplih vrelicah in v treh glavnih stopnjah: najprej razmnoževalci, potem beljakovinska presnova in nazadnje virusne in celične opne. Na podlagi današnjega znanja se zdita to najbolj verjeten kraj in vrstni red dogodkov. Mogoče pa je zagovarjati tudi druge rojstne kraje, na primer morske plitvine, in drugačna zaporedja, na primer: opne, razmnoževalci in presnova. Tudi za viruse ni izključeno, ali niso morda nastali šele po nastanku celic iz njihove dedne snovi. Počakati bomo torej morali, da bo to vprašanje povsem rešeno.

Bakterije

Delitev celic Prve bakterije so nastale pred 3,5 milijarde let. Do danes se niso kaj prida spremenile. Zvečine imajo obliko kroglic ali palčk; nekatere vihtijo tudi bičke. V sredini čuvajo dvojno vijačnico kot sklenjeno nitko, zvito v klobčič, *kromosom*. Z okolico izmenjujejo snovi skozi opno. Kadar so razmere neugodne, se obdajo z debelo ovojnico in čakajo na boljše čase. Razmnožujejo se s

cepitvijo. Ta se sproži, ko bakterija dovoj zraste. Najprej se kromosom vzdolžno razcepi v dva dela, ki se oddaljita vsak na svoj konec in se tam dopolnita do celote. Nato se bakterija v sredini preščipne. Iz starševske celice tako nastaneta dve gensko popolnoma enaki potomki. Občasno se dve bakteriji tudi sprimeta in si izmenjata dele kromosomov. Tako poskrbita za spremenljivost potomcev.



Escherichia, predstavnica bakterij. Dolga je 1 mikrometer. (National Institute of Health, USA)

Kemosinteza Kjer plavajoče bakterije nimajo na voljo prostega vodika, ga morajo izvleči iz molekul, ki ga pač vsebujejo, in ga nato spojiti z ogljikovim dioksidom v glukozo. Za oboje so potrebne energijsko nabite molekule ATP. Katerakoli kemijska reakcija med anorganskimi molekulami pri roki, ki sprošča vodik, je dobra, le da ne porabi več energije, kot se je kasneje sprosti pri spajanju nastalega vodika z ogljikovim dioksidom. Kot izvor vodika lahko služijo vodikov sulfid, metan ali amoniak. Molekule vode, najizdatnejši izvor vodika, so tako trdno zvezane, da jih bakterije še ne morejo cepiti.

Sčasoma se namnoži število bakterij in njihovih organskih izločkov ter preostankov. Nekatere bakterije izkoristijo priložnost: namesto ogljikovega dioksida, raztopljenega v vodi,

začnejo uporabljati ogljikove spojine iz te organske hrane. Skozi opno izločajo posebne presnovne molekule, ki hrano razgradijo, nato pa jo posrkajo vase. Tako poleg dotedanjih proizvajalcev organskih spojin nastanejo njihovi prvi porabniki: bakterije se razdelijo na avtotrofne in heterotrofne.

Fotosinteza in dihanje

Tik pod morsko gladino naletijo avtotrofne bakterije na nov, odličen vir energije: sončno svetlobo. Vpijajo jo v posebno zeleno barvilo, *klorofil*, ki se razvije znotraj opne, in polnijo molekule ATP. S tako shranjeno energijo razbijajo najprej vodikov sulfid in kasneje vodo ter tvorijo glukozo. Pri tem se iz razbitih vodnih molekul sprošča kisik: ogljikov dioksid + voda + svetloba → glukosa + kisik. To je *fotosinteza*. Zaloge vode in ogljikovega dioksida so ogromne in tovrstne *fotoavtotrofne bakterije* se močno namnožijo.

Sproščeni kisik je za bakterije sprva strupen, ker se rad veže z njihovimi deli in jih uničuje. Povzroči pravi holokavst. Sčasoma pa se ga njegovi lastni proizvajalci – fotoavtotrofne bakterije – naučijo uporabljati "vzvratno": vsrkavajo ga, z njim sežigajo (proizvedeno) glukozo v ogljikov dioksid in vodo ter pri tem pridobivajo energijo: glukosa + kisik → ogljikov dioksid + voda + energija. Z njo polnijo molekule ATP. To je *dihanje*. Glukoza se tvori zgolj podnevi, ko je svetlo, razgrajuje se pa nenehno. Rečemo, da so nastale *aerobne fotoavtotrofne bakterije*. Zaradi kratkosti jim bomo rekli kar *fitobakterije*. Na tak ali drugačen način se pojavijo tudi *aerobne heterotrofne bakterije*, na kratko *zoobakterije*. Fotosinteza in dihanje sta tako

učinkovita, da bakterije, ki ju obvladajo, močno prevladajo nad ostalimi.

Spremembe
okolja

Nastajajoči prosti kisik oksidira železo v kamninah, žveplo v morjih in metan v zraku. Nato začne polniti oceane in ozračje. Vodik, ki se dviga iz vulkanov in razpok, se sproti oksidira v vodo. Ultravijolični žarki razbijajo dvoatomne molekule kisika in te se združujejo v triatomne, ozon, v zgornjih plasteh ozračja. Ozon močno vpija ultravijolično svetlobo in tako ščiti bakterije pred poškodbami. Z množenjem fitobakterij se vsebnost kisika v ozračju dviguje in vsebnost ogljikovega dioksida pada; te bakterije ustvarjajo več kisika, kot ga porabljajo. Zoobakterije pa delujejo v nasprotni smeri in vzpostavljajo ravnovesje.

Protisti

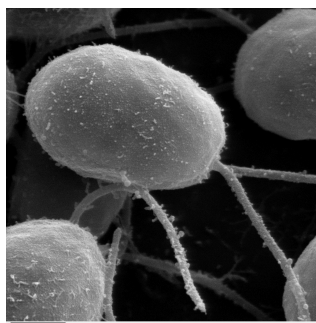
Lovci bakterij

Vse bakterije so pokrite s trdo ovojnico. Večja kot je bakterija, manjše je razmerje med njeno površino in prostornino. Nad določeno velikostjo pretok snovi skozi opno ne zadošča več za vse notranje potrebe. Velikost bakterije je zato omejena.

Dolgo preden je kisik preplaval morja, so mutacije poskrbele, da so nekatere (anaerobne) heterotrofne bakterije izgubile trdo ovojnico. Nadomestila sta jo mehka podovojnica in nekakšno notranje ogrodje. Kaj bi bilo lahko boljšega za novo "mehko" bakterijo! Ni ji treba več srkati razkrojene hrane skozi ovojnico, ampak lahko zaobjame in pogoltne kar cele kose! Ko raste, pa z uvijanjem membrane povečuje svojo površino in se ji ni treba prezgodaj deliti. Tako postane veliko večja kot druge bakterije,

pluje naokrog in žre celotne bakterije. Postane tiger svojega sveta, *protofag*.

Celični organi Z nastopom kisikove dobe se protofagom življenske okoliščine močno spremenijo. Slabo je, da ne prenašajo kisika. Dobro pa je, da jim zoon fitobakterije obogatijo ponudbo hrane. V vrtincu življenja pred 1,5 milijarde let tako kakšen srečen protofag požre zoobakterijo, ki pa v njem preživi in deluje naprej. Združenje je ugodno za oba partnerja: prvi dobavlja organsko hrano in drugi jo sežiga (ter porablja prosti kisik). Tako postane gostiteljeva energijska centrala, *mitohondrij*. Število mitohondrijev v posameznem gostitelju narašča. Tudi ta raste, saj z njimi pridobiva vedno nove dihalne površine. Nekateri gostitelji vase sprejmejo še fitobakterije, ki postanejo njihovi *kloroplasti*. S tem pridobijo notranji izvir organskih snovi. Tako nastanejo prvi *protisti*, skupni predniki današnjih protistov, gliv, rastlin in živali. Vsi protisti dihajo. Fotoavtotrofni protisti, to so *prarastline*. Heterotrofni protisti, to so pa *praživali*.



Hlamidomonas, predstavnik protistov. Premika se z dvema bičkoma, vsebuje jedro in klorofilna zrna. Dolg je 10 mikrometrov. (Dartmouth Electron Microscope Facility)

Celično jedro Mitohondriji in kloroplasti obdržijo del svojega kromosoma ob sebi in del ga predajo v

gostiteljevega. Očitno je presnova velike celice tako zamotana, da potrebuje centralno in lokalno vodenje. Pri kopičenju in delitvi oblasti pa prihaja do različnih zapletov in njihovih rešitev. Končni rezultat je tak, da se prvotni kromosom namnoži v več debelih naslednikov, ki so vsi skupaj pokriti s posebno opno. To je *celično jedro*. Tudi dvojna vijačnica, zmotana v posameznem kromosomu, je spremenjena: geni na njej so razcepljeni na več kosov in med njimi so dolgi nepotrebni odseki.

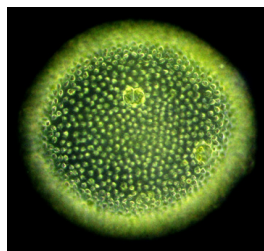
Haploidi in diploidi Prvi protisti se razmnožujejo tako kot bakterije, z deljenjem. Pri tem se včasih zgodi tudi obratno: dva podobna protista se združita v enega. V takem primeru zlito jedro ne vsebuje več posamičnih kromosomov, ampak kromosomske pare: vsak član para pride od drugega protista. Govorimo o *haploidnih* in *diploidnih* jedrih oziroma protistih. Če razlike med kromosomi v parih niso prevelike, takšen diploid preživi brez težav. Prav tako se nemoteno razmnožuje z delitvijo v diploidne potomce. Diploidi imajo dve kopiji dedne snovi in so zato manj občutljivi za škodljive mutacije.

Spolno razmnoževanje Pri delitvi majhna mutacija poskrbi, da se protist namesto v diploide razdeli v haploide. Ti vsebujejo le posamične kromosome, vendar – kar je bistveno – je vsak mešanica genov iz obeh izvornih kromosomov. To je *redukcijska delitev*. Če se potem dva haploida dveh staršev združita, nastane diploidni potomec. Tovrstno razmnoževanje poimenujemo *spolno razmnoževanje*. Protisti se razmnožujejo na oba načina: včasih z delitvijo in drugič spolno.

Srž spolnega razmnoževanja je v učinkovitem mešanju genske zasnove. Če se kjerkoli med protisti iste vrste pojavi kakšna mutacija, se zato hitro razširi med potomci. Prav tako se dve mutaciji, nastali v različnih protistih, zlahka znajdeti v istem potomcu, kar pri deljenju ni možno. Dobre mutacije se zbirajo skupaj in slabe skupaj. S tem se dodatno in močno poveča spremljivost vrste, naravna izbira pa poskrbi, da preživijo le najbolj prilagojeni potomci. Izbirata spremljivo okolje in spreminjajoči se živi napadalci ter tekmeci. Kaže, da zapletena bitja, kakršna so protisti, brez spolnega razmnoževanja ne morejo obstati.

Mnogoceličarji

Kolonije celic Nekateri protisti plavajo po morjih, drugi se pritrdijo na podmorske skale in tvorijo kolonije. V koloniji živi vsak protist samostojno in zase. Prej ali slej se zgodi, da se nekatere manjše skupine povežejo tesneje: tvorijo prve *mnogoceličarje*. Ni treba drugega, kot da se enocelični protist nekajkrat zaporedoma deli in potomci iz tega ali onega vzroka ostanejo zlepljeni. Sprva so vse celice v skupku enake in opravljajo ista opravila, kasneje pa si med seboj delo porazdelijo. Celice se specializirajo.

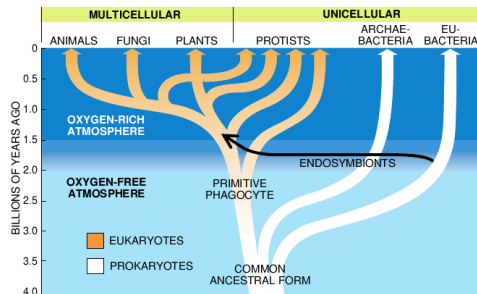


Volvox – kolonija več tisoč protistov, podobnih hlamidomonasu. Ima obliko votle krogle. Njegov premer doseže 100 mikrometrov. (Anon)

Specializacija celic	Tisti mnogoceličarji, ki vsebujejo veliko celic, iz njih razvijajo čedalje bolj specializirane <i>organe</i> : zaščitno zunanjo plast, zunanje ali notranje ogrodje, prebavila, dihala, izločala, obtočila, razmnoževala, gibala, čutila in upravljajlno živčevje. Bitja postajajo <i>organizmi</i> . Med seboj se razlikujejo po tem, katere izmed naštetih organov imajo in kako so ti zgrajeni ter kako delujejo.
Razmnoževalne celice	Mnogoceličarji se razmnožujejo tako, da iz specializiranih zarodnih celic tvorijo razmnoževalne celice in jih trosijo v okolje. Te celice so včasih diploidne, <i>spore</i> , in drugič haploidne, <i>gamete</i> : razmnoževanje je torej tako nespolno kot spolno. Manj razviti organizmi se razmnožujejo večino časa nespolno, bolj razviti pa predvsem ali izključno spolno.
Moški in ženski spol	Spočetka tvorijo organizmi iste vrste enako velike gamete: veliko majhnih ali malo velikih. Prve so bolj gibljive, druge pa vsebujejo več hrane za rast zarodkov. Ker se organizmi iste vrste med sabo rahlo razlikujejo, se zgodi, da eden tvori malo manjše gamete od drugih. Pokaže se, da je to ugodno za hitrost razmnoževanja. Tako organizmi iste vrste razvijejo proizvodnjo dveh tipov gamet, majhnih in velikih, <i>semenčic</i> in <i>jajčec</i> . Prve nastajajo v moških in druge v ženskih razmnoževalnih organih. Pri nekaterih vrstah sta oba tipa organov v istem osebku, pri drugih pa vsak v svojem. Razvijeta se <i>dva spola</i> . Kako in kje organizmi odlagajo gamete, je od vrste do vrste različno.

Razvejitev vrst

Protisti se neodvisno razvijejo v tri glavne skupine mnogoceličnih organizmov. Nekateri se ne gibljejo in se hranijo z odmrliimi drugimi organizmi ali jih zajedajo; to so *glive*. Drugi se prav tako ne gibljejo, vendar so sposobni fotosinteze ter si sami tvorijo hrano; to so *rastline*. Tretji pa se gibljejo in jedo glive, rastline in drug drugega. To so *živali*; vse imajo razvita gibala, čutila in živčevje.



Razvoj bitij. Vsa današnja bitja so se razvila iz skupnega prednika. Sestavljena so iz celic brez jedra (prokarionti) ali iz celic z jedrom (evkarionti). Čas je podan v milijardah let. (de Duve, C.)

Rastline Najstarejši predstavniki rastlin so zelene *alge*; v morjih se pojavijo pred 1000 milijoni let. Sčasoma se naselijo v rekah in od tod v sožitju z glivami – kot lišaji – pred 500 milijoni let zavzamejo kopno. To je možno, ker jih takrat že ščiti nastala ozonska plast. Potem se zaporedoma razvijejo *mahovi*, *praproti* in končno *cvetnice*. Prvotne steljke dobijo korenine za oprijem in za srkanje vode iz tal, steblo za rast v višino in liste za izdatnejše prestrezanje svetlobe. Vodo z raztopljenimi hranili pretakajo po tankih žilah.

Hrano kopičijo v celicah kot netopljiva škrobna zrnca in oljne kapljice. Njihove spore in/ali semenčice raznaša veter. Kopno ozeleni. Odmrle rastline se nabirajo na kamnitih tleh, ki se ob pomoči sonca, vetra in padavin počasi spreminjajo v prst, mešanico peska in organskih snovi. V njej se množijo bakterije in glive. Vse našete skupine rastlin živijo in uspevajo še danes.



Drvo, grmovje in trave – predstavniki najbolj razvitih rastlin, cvetnic. (Anon)

Živali Morje je dom tudi prvim živalim: to so *spužve* in *ožigalkarji*. Iz njih se sčasoma razvijejo *gliste*, *mehkužci* in *kolobarniki*. Vse to so mehke živali. Pred okrog 500 milijoni let se pojavijo nove skupine, ki že imajo zunanje ali notranje ogrodje: *členonožci*, *iglokožci* in *strunarji*. Nekatere živali sledijo rastlinam in se uspešno naselijo na kopnem. Med prvimi so to žuželke, podskupina členonožcev, ki spotoma razvijejo krila in s tem povzročijo razmah cvetnic; raznašajo namreč njihove semenčice. Svet se odene v žive barve in zadiši. Iz *rib*, podskupine strunarjev, pa izidejo najprej *dvoživke*, iz njih *plazilci* in iz teh *ptice* ter *sesalci*. Ribji mehurji se postopno razvijejo v pljuča. Enokrožni krvni obtok z dvodelnim srcem se izboljša v dvokrožnega s srcem kot tridelno ali

štiridelno dvojno črpalko. Pojavi se toplokrvnost. Hrana se kopiči v celicah kot netopljiv glikogen in maščobne kapljice. Ribe spuščajo jajčeca in semenčice kar v vodo, pari dvoživk jajčeca najprej oplojujejo s semenčicami in jih šele nato pritrjujejo v vodi, plazilci oplojena jajca že ležejo na kopnem in prepuščajo soncu, ptice jih same grejejo v gnezdih, sesalci pa jih shranjujejo kar v lastnih telesih ter rojevajo žive potomce.



Levinja napada zebro. Oba sta predstavnika najbolj razvitih živali, sesalcev. Prvi je mesojed in drugi rastlinojed. (Desktopia)

Ves ta razvoj življenja poteka na ozadju katastrofičnih okoljskih sprememb. Pred 250 milijoni let padec velikega meteorita uniči večino vrst in označi začetek dobe velikih plazilcev, dinosavrov. In pred 65 milijoni let padec drugega meteorita izbriše dinosavre ter odpre pot sesalcem. Kljub obsežnemu uničenju preostanejo vrste iz vseh glavnih skupin in nadaljujejo svoj razvoj prav do danes. Od takrat dalje se ozračje v povprečju počasi ohlaja.

Ljudje Razvoj sesalcev vodi do svojega vrha, *primatov*. Ti so podobni današnjim velikim opicam in živijo v tropskih gozdovih, večinoma na drevju. Do pred 5 milijoni let se podnebje že precej ohladi in osuši in gozdovi se razredčijo. Nekateri primati se morajo preseliti v travnate savane. Sčasoma postanejo dvonožni *človečnjaki*. Dolgotrajni teki jim ustvarijo stopalne loke, golo kožo in hladilne

znojnice. Sproščene roke z gibkimi prsti začno prijemati ter uporabljati palice in kamne za priskrbovanje hrane. Večji možgani so pri tem bolj uspešni in nenehno naraščajo. Pred 2 milijonoma let začno človečnjaki izdelovati kamnito orodje in pred 0,5 milijona let udomačijo ogenj. Končno jim pred 100.000 leti drobna mutacija odpre pot do govora. Rojen je sodobni *človek*. Ustni prenos kulture in kopičenje znanja ga bosta popeljala tja, kjer je danes.



Okostje človečnjakinje Lucy. Živela je pred 3 milijoni let. Visoka je bila nekaj čez 1 meter, hodila je pokončno, prostornina njenih možgan pa je znašala tretjino današnjih. (Museum National d'Histoire Naturelle, Paris)

Prepletenost
vrst

Bitja, ki se nenehno razvijajo, ne živijo ločeno drugo od drugega, ampak si delijo skupni prostor. Tvorijo *združbe*. Pri tem učinkujejo med seboj in z okolico. Vsak naseljen in snovno zaprt sistem, recimo jezero ali otok, mora proizvajati svojo lastno hrano iz razpoložljivih snovi. Proizvajalci, porabniki in razgrajevalci v njem se zato prej ali slej številčno uravnovesijo. Vsakršna lokalna sprememba, recimo pojav novega mutanta ali vdor nove vrste, poruši medsebojna razmerja in vodi v novo, premaknjeno ravnovesje. Včasih to pripelje do izrazitih nihanj. Znotraj sistema bitja plenijo, tekmujejo in sodelujejo. Nekatera so roparji, druga žrtve: tvorijo *prehrambene verige*. Iščejo in najdejo vse

mogoče poti za napad in obrambo. Razvijajo zobe in kremplje, varovalne in opozorilne barve in oblike, oklepe in strupe. Zajedalci se naselijo na gostitelje in v njihovo notranjost. Celo zajedalci sami dobijo svoje zajedalce. Žuželke oprashaujejo cvetnice in te jih hranijo z nektarjem. Bakterije v prebavilih sesalcev pomagajo pri presnovi. Virusi kot polživa bitja pa se naseljujejo v prav vse vrste celic in z njimi bijejo hude vojne. Raznolikost življenjskih načinov postane neizmerna.

Bitja in okolje

Sebični geni Vsako živo bitje ima obliko virusa, celice ali skupka celic, ki vsebujejo istovrstne razmnoževalce, gene. Telesa živih bitij, to so stroji za razmnoževanje, ki si jih okrog sebe zgradijo ali prisvojijo geni. Telesa imajo omejen rok trajanja – bitja se starajo in umirajo, geni pa so praktično nesmrtni. Selijo in širijo se iz staršev v potomce. Tekmovalni izbor ne poteka na osebkih niti na vrstah, kakor se zdi na prvi pogled, marveč na genih. Tisti geni, ki pridobijo boljše stroje, se širše razmnožujejo. Svoje stroje sčasoma oskrbijo z raznovrstnimi organi in učinkovitimi načini obnašanja: nagoni, instinkti in učenjem.

Staranje in smrt Vsako bitje ima svojo statistično starost za smrt zaradi nevarnosti iz okolja, recimo zaradi zajedalcev in plenilcev. Tudi če bi bilo sicer nesmrtno, ne bi večno živelo. Vrsta, ki premakne razmnoževanje v zgodnje obdobje življenja, bo imela več potomcev. Geni, ki to zgodnje razmnoževanje določajo, bodo zato izbrani ne glede na to, da morda povzročajo hude degeneracije kasneje, po statistični starosti za

smrt. Taki pozni geni so izven dosega naravne izbire. Starostne težave in smrt zaradi njih so torej posledica genov, ki delujejo še potem, ko bi morali biti že statistično mrtvi. (Imamo jih predvsem ljudje, kajti le mi smo umetno podaljšali svoje življenje tako, da smo odpravili mnoge okoljske vzroke za smrt.) Kdaj se težave pojavijo pri kateri vrsti, je odvisno od tega, kako hitro pri svojem delu njeni mitohondriji izpuščajo ione kisika in dušika, proste radikale. Hitrejši kot je izpust, prej se pojavijo bolezni. Hitrost izpuščanja radikalov pri različnih vrstah je večinoma sorazmerna z njihovo presnovo. Pri isti vrsti pa v teku življenja počasi narašča. Na neki stopnji celico vname in jo naredi "staro" ter s tem dovtetno za negativne učinke poznih genov.

Nujnost razvoja

Življenje se je pojavilo na Zemlji takoj, ko je bilo to mogoče. Torej ni naključje, ampak nujni proizvod ustreznega okolja. Tudi smer, v katero je šel nadaljnji razvoj, ni bila naključna, temveč nujna: na svetlobi se prej ali slej morajo razviti fotosinteza in oči in v kisiku se morajo razviti dihanje in pljuča. Če bi razvoj lahko ponovili, bi na kopno spet prilezla bitja z očmi, pognala bi dlake in razprostrla krila. Morda bi spet dobila velike možgane in celo razum. Katastrofično ozadje - vulkani in meteoriti - bi sicer spremenilo podrobnosti in hitrost razvoja, ne pa tudi njegove splošne smeri.

Vesolje in življenje

Kaj pa življenje v vesolju? V njem je ogromno zvezd, podobnih Soncu; veliko jih ima planete in mnogi so slični Zemlji po velikosti, masi, sestavi in temperaturi; verjetnost življenja na njih meji na gotovost. Če/ko bomo odkrili tamkajšnja bitja, bodo ta gotovo imela celično zgradbo. Najbolj

razvite vrste bodo srhljivo podobne zemeljskim: imele bodo glavo, živčevje, okončine in prste. Težava je le, da tega verjetno nikoli ne bomo mogli dokazati: razdalje do najbližjih planetov izven našega osončja so tako ogromne, da ni misliti na kakršnokoli potovanje do njih. Če pa so se morda kje razvila razumna bitja in izumila radijsko sporočanje, so zelo na redko posejana v času in prostoru. Ni verjetno, da bi sploh kdaj prišli v stik z njimi. V vesolju smo učinkovito sami.

□