

1 pav. Galima įžvelgti panašumų tarp didžiausių ir mažiausių mūsų visatos kūnų į vienus žvelgiant pro teleskopus, o į kitus pro mikroskopus: a – dangaus nuotrauka, kurioje matyti daugybė tolimų galaktikų (NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) ir HUDF Grupės nuotrauka); b – fluorescenciniu mikroskopu daryta nuotrauka, kurioje blankiai švytintys taškeliai yra virusai. Autoriaus nuotrauka

Klasikiniuose fantastikos filmuose R. Skoto (Scott) „Svetimas“ (1979) ir Dž. Maktirnano (J. McTiernan) „Grobuonis“ (1987) vaizduojamos prieš Žemės gyventojus nusistačiusios būtybės, atvykusios iš kitos planetos. O 2004 metais sukurtame P. Andersono (Anderson) filme „Svetimas prieš Grobuonį“ tokios būtybės galiausiai susiremia tarpusavyje. Ir nors mažai tikėtina, jog tokie padarai tikrai egzistuoja, režisieriaus P. Andersono darbe slypinti mintis, jog priešo priešas kartais gali tapti draugu, dažnai atsiskleidžia planetos ekosistemų organizmų santykiuose. Ore, žemėje, vandenyje ir net mūsų organizme nuolat vyksta „svetimo“ ir „grobuonies“ kova. O jų kovos laukus gali nusidriekti nuo kelių mikrometrų (ląstelė) iki kelių ar keliasdešimties tūkstančių kilometrų (žemynai). Panagrinėkime kelis tokius scenarijus, nuolat besirutuliojančius pasaulio vandenyse, nuo jūros gelmių iki kalnuose tyvuliuojančių ežerų.

Paskirstykime vaidmenis, arba, kitaip tariant, apibrėžkime, kas yra „svetimas“ gyvybingoje hidroekosistemoje. Visų pirma, tai galėtų būti invazinės rūšys, patekusios į naują aplinką. Jos gali smarkiai ir dažniausiai neigiamai paveikti vandens telkinių buveines ir ekosistemų funkcionavimą. Pavyzdžiui, raudonųjų karališkųjų krabų (*Paralithodes camtschaticus*) invazija į Norvegijos pakrantės vandenį pridarė milžiniškų (vis dar iki galo neįvertintų) nuostolių dugno bendrijoms – jie minta viskuo, ką tik randa – nuo kirminų ir moliuskų iki jūros ežių ir žvaigždžių.

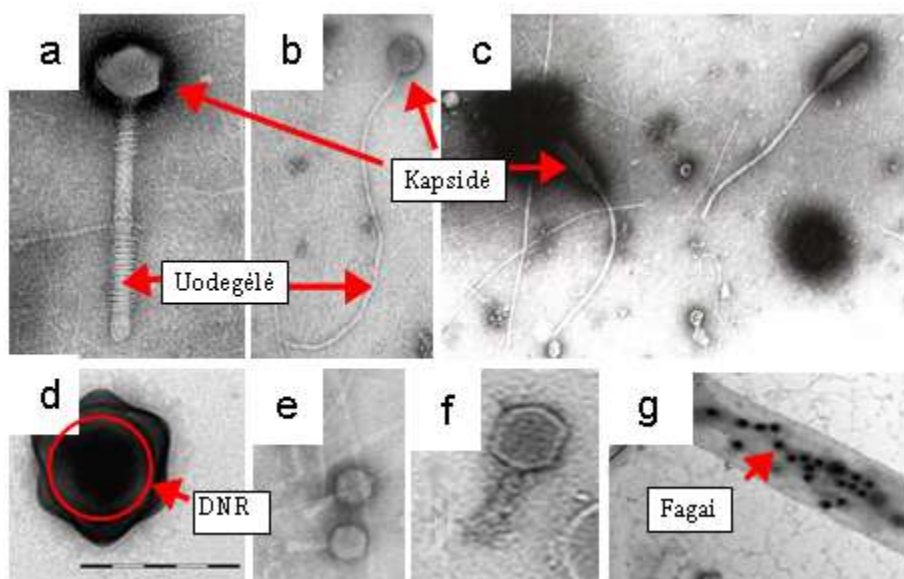
Tačiau daug žalos gamtai gali pridaryti ne tik ateivės, bet ir vietinės rūšys, pavyzdžiui, planktono dumbliai, sukeltantys vandens žydėjimą. Jie dažnai lemia deguonies stygių vandenyje, dėl to dūsta žuvis, ar į aplinką išskiria toksinus, žalingus kitiems gyviesiems organizmams. O patogeninės bakterijos, parazituoja, pavyzdžiui, žuvis, ir sukelia jų žūtį. Visi šie reiškiniai padaro ne tik ekonominių (žvejams) ar estetinių (poilsiautojams ir turistams) nuostolių, bet gali reikšmingai paveikti mitybinius ryšius ekosistemoje.

Taigi, mūsų planetos vandenyse knibždėte knibžda įvairių „svetimų“ ir priešiška prieš kitas gyvybės formas nusistačiusių padarų, neigiamai veikiančių ląsteles, organizmus, visą bendriją ar net ekosistemą. Vadinasi, šis neigiamas poveikis gali pasireikšti tiek individo ar populiacijos, tiek lokaliu ar globaliu mastu. Ar įmanoma su šiais nepageidaujamais reiškiniais kovoti ir įveikti? Ir jeigu taip, kas tai galėtų padaryti? Kas galėtų kovoti su tūkstantine krabų arba dešimttūkstantine

dumblių armija, dėl kurių poveikio kenčia jūros ir vandenynai? Grobuonis. Tobulas savo paprastumu, nematomas plika akimi ir greitai veikiantis...

Tokie grobuonys mūsų planetoje egzistavo dar prieš pražystant pirmajai gėlei, ir tikriausiai jie liks čia nuvytus paskutinei... Sakoma, jog tai jie „išrado“ DNR ir lėmė organizuotą ląstelės struktūrą (Forterre 2006). Tie seniausi žinomi grobuonys visatoje yra... virusai. Jie labai maži, vos kelių dešimčių nanometrų dydžio, iš visų gyvybės formų jų mūsų planetoje yra daugiausia (1 pav.). Virusai pasižymi didžiausia genetinė įvairove ir infekuoja visus iki šiol žinomus gyvuosius organizmus, priklausančius visiems trimis domenams (*Bacteria*, *Eukaryota*, *Archaea*). Jie infekuoja netgi kitus virusus (La Scola ir kt. 2008). Virusai paplitę įvairiuose vandens telkiniuose: mažuose tvenkiniuose, upėse, ežeruose, jūrose ar vandenyuose. Vandens virusų, arba virioplanktono, kiekis gali siekti 10^{11} virusų litrui. Ir tai gana didelės pajėgos kovai su įvairiais daug neigiamų reiškinių sukeliančiais organizmais.

Virioplanktono įvairovė yra labai didelė (Hendrix 2003), tačiau jam būdingi bendri sandaros bruožai. Virusus sudaro genomai (RNR arba DNR) ir baltymai. Genetinę medžiagą dengia kapsidė, kuri susideda iš atskirų elementų – kapsomerų (baltymų molekulių). Visų kapsidės kapsomerų sandara yra vienoda. Tai leidžia virusams taupyti savo genetinę medžiagą, nes užtenka turėti vieną kapsomerų koduojantį geną. Šios dvi sudedamosios dalys sudaro viruso galvutę. Toliau eina apykaklė, kuri nuo galvutės atskiria ataugą – uodegėlę. Uodegėlė gali būti įvairios formos ir dydžio. Pagal turimą uodegėlę virusai skirstomi į grupes (2 pav.): virusai su ilga uodegėle (a), virusai su trumpa uodegėle (b), virusai be uodegėlės (c). Už ląstelės ribų virusai egzistuoja virionų pavidalu, o pagrindinė jų funkcija šioje stadijoje yra užkrėsti naujas ląsteles ir, kilus sunkumams, iškėsti nepalankias sąlygas, kurių nepakelia ląstelė šeimininkė (pavyzdžiui, maisto medžiagų trūkumą).



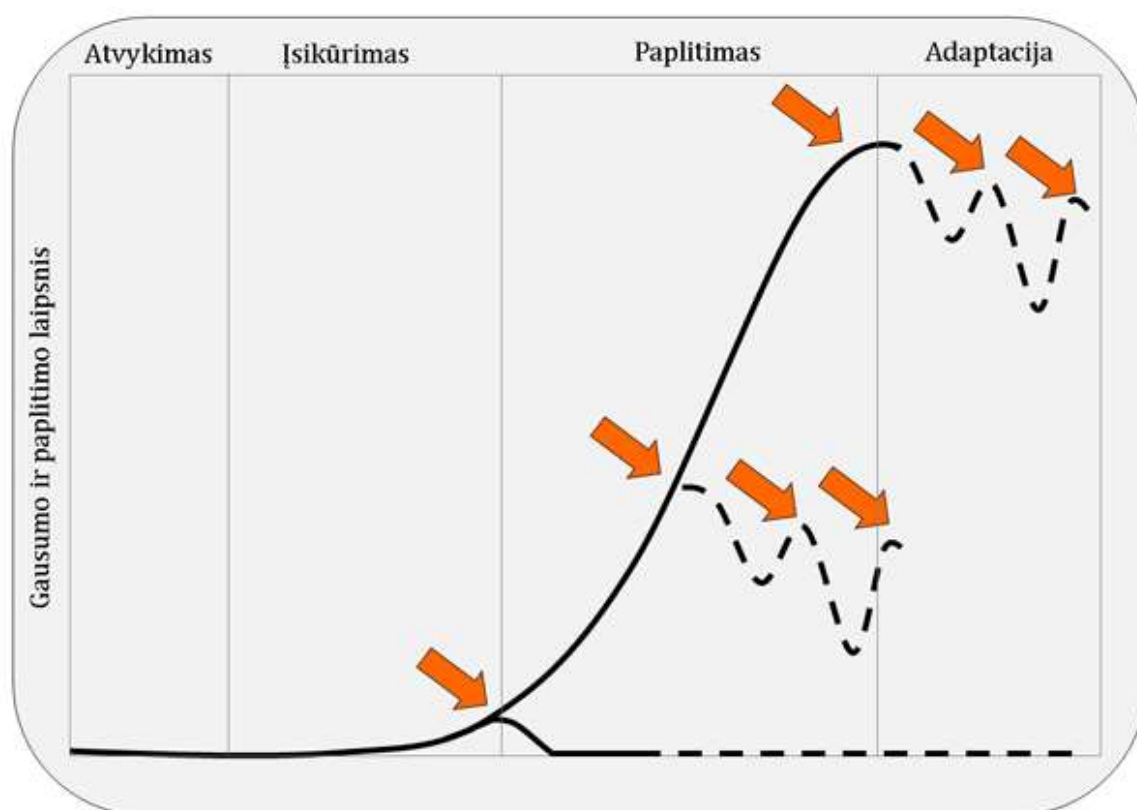
2 pav. Nors virioplanktonui būdingi bendri sandaros bruožai (kapsidė, uodegėlė ir pan.), jis išsiskiria didele morfologine įvairove. Nuotraukose a–f parodyti įvairių formų virionai, aptinkami Kuršių mariose; d – virionas, neturintis uodegėlės, rastas Baltijos jūroje ties Kyliu (Vokietija); g – bakteriofagai infekuotos ląstelės viduje. Nuotraukos darytos elektroniniu mikroskopu. Skalė 100 nm. Didinimas 25 000–81 000 kartų. Autoriaus nuotraukos

Nors įprasta virusus laikyti parazitais, jų vaidmuo yra kur kas platesnis. Ląstelės ar organizmo žūtį lemiantis virusas atlieka tą pačią funkciją kaip ir bet kuris kitas vandenyje aptinkamas grobuonis, ar tai būtų heterotrofinis nanožiūvelinis, ar ryklys. Tačiau virusai yra kiek kitokie grobuonys... Jie – ne heterotrofai, o veikia genetiniu lygmeniu – iš organizmo vidaus. Kitas labai svarbus virusų požymis – jie prikimba tik prie tam tikros rūšies organizmų ir tam tikroje vietoje, t. y. jiems būdingas šeimininko specifiškumas. Tai reiškia, jog vienai rūšiai pavojingi virusai neinfekuoja ir visiškai nekenkia kitai. Ir nors buvo aprašyta keletas virusų, galinčių infekuoti kelias bakterijų rūšis, tai

buvo filogenetiškai artimos bakterijų rūšys. Be to, virusų populiacijai paplsti teoriškai užtektu vienos virulentiškos (infekciją sukeliančios) virusinės dalelės. Visos minėtos savybės suteikia virusams didžiulį pranašumą, palyginti su kitais grobuonimis.

Invazinės rūšys prieš virusus

Viena priežasčių, dėl kurių invazinė rūšis gali sėkmingai įsikurti naujoje aplinkoje, o vėliau paplsti ir adaptuotis (3 pav.), yra plėšrūnų nebuvimas arba nepakankama svetimų rūšių biologinė kontrolė. Šios kontrolės gali nepakakti dėl invazinės rūšies fiziologinių, anatominių ar morfologinių savybių, kurios nulemia, kad plėšrūnas (grobuonis) nesugeba, pavyzdžiui, praryti savo aukos, arba dėl to, kad plėšrūnas gali misti ne tik invaziniais, bet ir kitais organizmais (kartais daug maistingesniais). Būna, jog invazinės rūšies naujoje aplinkoje nenaikina jokie plėšrūnai. Panaši situacija susiklostė Australijoje 1859 metais, kai iš Anglijos atkeliavę triušiai pridarė milijardinių nuostolių šalies žemės ūkiui. Tik po 90 metų, sėkmingai pasitelkus biologinio kontroliavimo priemones, t. y. natūralius plėšrūnus (triušių medžioklė buvo neveiksminga), buvo sunaikinta 99,8 % triušių. O šie plėšrūnai buvo virusai, sukiantys triušių miksomatozę (virusinę ligą).



3 pav. Sėkmingos biologinės invazijos fazės ir galimi invazijos prevencijos veikimo taškai (rodyklės). Parengta pagal Reise et al. (2006)

Kartu su klimato kaita invazinės rūšys plinta vidutinio klimato juostos vandens telkiniuose, įskaitant jūras ir gėluosius vandenius. Šiuo metu pasaulyje tiriama, kaip virusais efektyviai ir tikslingai kontroliuoti invazines rūšis. Kitaip tariant, žuviai nepasakysi, kad ji maitintųsi tik invazinėmis dumblių rūšimis. Tik tam tikrą invazinę rūšį infekuojantys virusai gali būti puiki priemonė, veikianti konkretų „taikinį“ ir nesukelianti jokių neigiamų padarinių aplinkai. Galų gale, jei nėra šeimininko, kurį galėtų užkrėsti virusas, nėra ir viruso (tai veikia kaip viruso savireguliacijos mechanizmas). Toks kontrolės būdas užtikrina kitų organizmų ir pačios aplinkos saugumą. Taigi, bent teoriškai (kol kas) invaziją galima valdyti keliuose jos vystymosi etapuose (3 pav., galimi kontrolės taškai pažymėti rodyklėmis). Panaudodami virusus galėtume ne tik sumažinti invazinių rūšių neigiamą poveikį, bet laiku pastebėję tokią rūšį visai užkirsti kelią jos paplitimui. Taip hidroekosistema gautų vakciną, veikiančią prieš svetimkūnį, t. y. invazinį organizmą, kaip kad

žmonės gauna profilaktinius skiepus, kad galėtų išvengti ar sustabdyti infekcijas. Tad virusų panaudojimas šiam tikslui yra daug žadanti tyrimų sritis.

Invazinių rūšių sukeliama kasmetinė ekonominė žala Europoje siekia 12 mlrd. eurų. Šių rūšių poveikio mažinimo strategija dar tik rengiama. Turint omenyje, kad pasaulinis vandenynas yra didžiausia ekosistema pasaulyje, labai svarbu kontroliuoti invazinių rūšių plitimą ir poveikį. Klaipėdos universiteto mokslininkai, vadovaujami prof. S. Olenino, sukūrė invazinių rūšių poveikio vertinimo sistemą, vis plačiau taikomą pasaulyje. Jie ruošia ir teikia rekomendacijas atsakingoms institucijoms Lietuvoje, taip pat Europos komisijai. Tačiau veiksmingų priemonių kompleksas kovai su invazinėmis rūšimis iki šiol nesukurtas.

Vandens žydėjimas prieš virusus

Galima sakyti, kad vanduo žydi dėl organizmų konkurencinių santykių pusiausvyros sutrikimo. Tam tikra dumblių ar bakterijų rūšis įgyja pranašumą prieš kitas rūšis ir ima intensyviai daugintis, kol pasiekia kritinį tašką. Pirmiausia tai neigiamai veikia kitus organizmus, pavyzdžiui, per parą kelis kartus labai staigiai pakinta ištirpusio deguonies koncentracija, o tai neigiamai veikia planktono bendrijas, hidroekosistemų rūšinę įvairovę, funkcionavimą ir stabilumą. Antra, reiškinyss padaro ekonominės žalos turizmo sektoriui. Žuvusios dumblių ląstelės ne tik gadina estetinį vandens telkinio vaizdą, bet ir skleidžia nemalonų kvapą.

Tačiau skirtinguose vandens telkiniuose žydėjimą sukelia skirtingi organizmai. Štai Šiaurės jūroje vandens žydėjimą sukelia ir didelius nuostolius lemia kokolitoforidas *Emiliana huxleyi*, Baltijos jūroje – dinofitainis *Prorocentrum minimum*, o Kuršių mariose – melsvabakterės *Aphanizomenon flos-aquae* (4 pav.). *P. minimum* gali išskirti toksinus, kurie mirtinai pavojingi daugeliui planktono grupių, žuvims, kelia didelį pavojų žmonių sveikatai. Melsvabakterių *Aphanizomenon flos-aquae* poveikis kitiems Kuršių marių organizmams ar žmonėms nėra iki galo iširtas.



4 pav. Melsvabakterių *Aphanizomenon flos-aquae* sukeltas Kuršių marių vandens žydėjimas. Europos kosmoso agentūros (ESA) palydovinė nuotrauka, kitos nuotraukos R. Pilkaitytės

Žinoma, jog plėšrūnai – heterotrofiniai žiuželiniai – gali misti *P. minimum*, vadinasi, gali turėti įtakos žydėjimo atsiradimui arba jo slopinimui. Tačiau ką daryti su tokiomis rūšimis, kurių kolonijos yra per didelės ir plėšrūnai jų nepajėgia sudoroti, pavyzdžiui, *A. flos-aquae*? Dumблиų *E. huxleyi* tyrimai parodė, jog būtent virusai yra pagrindinis veiksnys, lemiantis jų sukkelto žydėjimo pabaigą. Šiuo metu keliose šalyse (pavyzdžiui, Belgijoje, Kinijoje) vykdomi moksliniai projektai, kurių tikslas – išsiaiškinti, kaip masinių ir toksinių žydėjimų prevencijai būtų galima panaudoti virusus. Tai būtų perspektyvus, saugus ir nebrangus būdas masinių dumблиų žydėjimų sukeliams ekonominiams ir socialiniams nuostoliams išvengti. Nors pažymima, kad bakterijos ir kiti parazitai irgi gali reikšmingai reguliuoti, pavyzdžiui, *P. minimum* populiaciją, tačiau taip pat yra žinoma, jog *P. minimum* išskiriami antriniai metabolitai [1] sukelia bakterijų ir kitų organizmų (žiuželinių) žūtį. O štai virusai nėra jautrūs toksinams. Šiuo metu nei Kuršių marių melsvabakterės *A. flos-aquae*, nei Baltijos jūros *P. minimum* virusai nėra aprašyti, taigi šie tyrimai gali atskleisti įdomių dalykų.

Patogeninės bakterijos prieš virusus

Bakterinėmis žuvų ligomis serga ne tik natūralių vandens telkinių, bet ir žuvivaisos įmonėse auginamos bei akvakultūros laboratorijų žuvis. Įvairias žuvų ligas sukeliančios patogeninės bakterijos lemia didelį žuvų mirtingumą (kartais net iki 100 % visos populiacijos) ir ne tik padaro didelių nuostolių žvejams, bet ir sukelia mitybos grandinės pokyčių. Šioje situacijoje mums ir vėl gali pagelbėti virusai. Ne, ne žuvų, o patogeninių bakterijų virusai.

Bakterijų virusai, vadinami bakteriofagais (fagais), atrasti 1915 m., o medicininis jų taikymas pradėtas tirti 1919 metais. Šiuo metu bakteriofagai naudojami gana plačiai: sterilizuojant maisto produktus, kuriant biologinės kontrolės preparatus, genų terapijoje, o pačių fagų terapija taikoma medicinoje, veterinarijoje ir kitur. Džiugina kelių tarptautinių projektų, tiriančių virusų, kaip žuvų ligų prevencijos priemonių, panaudojimą akvakultūroje, rezultatai (pavyzdžiui, CESAM projektas „*Phage therapy as a low environmental impact alternative to inactive pathogenic bacteria in fishfarming plants*“).

Didėjantis organizmus (ir žmones bei žuvis) užkrečiančių ir ligas sukeliančių bakterijų atsparumas antibiotikams privertė mokslininkus sugalvoti naujų kovos su ligomis būdų. Vienas tokių, ir pats sėkmingiausias, – fagų terapija. Tai pranašesnis „vaistas“ už antibiotikus, nes neužfiksuota jokio bakteriofaginių preparatų šalutinio poveikio organizmams, be to, jie neskatina ir atsparumo antibiotikams. Dažniausiai antibiotikai veikia arba bakterijų ląstelės sienelės struktūrą, arba elektronų pernašos sistemas, taip pat jie veikia visas Gram-teigiamas arba visas Gram-neigiamas bakterijas, įskaitant natūralias ir „gerąsias“ mikrofloros bakterijas. O tai riboja jų taikymą terapijoje. Virusai, nepakenkdami organizmo imuninei sistemai, veikia tik tam tikras specifines bakterijų sienelės vietas. Tos vietos vadinamos receptoriais ir yra ląstelės šeimininkės membranoje. Šių receptorių paskirtis, aišku, yra kitokia – per juos į ląstelę patenka makromolekulės. Virusas pasinaudoja šia receptorių savybe ir patenka į ląstelės vidų. Nors į ląstelę įsiskverbia ne visas virusas, o tik jo vidinė dalis, t. y. DNR arba RNR, ląstelėje besidauginantys virusai turi ją užkrėtusio viruso savybes. Ir tai yra vienas didžiausių šio metodo pranašumų – virusai patys dauginasi patogeninėse bakterijose, t. y. nereikia dirbtinai palaikyti jų koncentracijos organizme (o antibiotikų – reikia).

Virioplanktonas iki šiol yra mažiausiai ištyrinėta virusų grupė, nors mes visi maudomės virusų jūroje. Virioplanktono tyrimai Lietuvoje pradėti 2004 metais Botanikos institute ir šiuo metu tęsiami Baltijos pajūrio aplinkos tyrimų ir planavimo institute. Kuriamas Jūrinio mokslo slėnis. Nauja įranga ir prietaisai leis Lietuvos mokslininkams spręsti virusų terapijos taikymo, vandens žydėjimo, patogeninių bakterijų keliamas problemas.

Sakoma, kai du pešasi, trečias laimi. Mūsų planetoje kova tarp grobuonių – virusų ir svetimų – ląstelių vyksta jau šimtus milijonų metų (nuo tada, kai radosi pirmosios ląstelės – melsvabakterės).

Tik pažinę abi puses, mes galėsime išmokti, kaip iš šios kovos gauti naudos ir žmogui, ir supančiai gamtai.

Literatūra

Forterre P. 2006, The origin of viruses and their possible roles in major evolutionary transitions. *Virus Research*, 117 (1), 5–16.

Hendrix R. W. 2003, Bacteriophage genomics. *Current Opinion in Microbiology*, 6, 506–511.

La Scola B. et al. 2008, The virophage as a unique parasite of the giant mimivirus. *Nature*, 455, 100–104.

Reise K., Olenin S., Thielges D.W. 2006, Editorial. *Helgoland Marine Research*, 60(2), 75–76.

[1] Antriniai metabolitai – tai junginiai, kurie nėra būtini ląstelės dauginimuisi, augimui ir vystymuisi (t.y. pagrindinėms funkcijoms) palaikyti. Šiuo atveju omenyje turimi toksinai