

¹Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék, Veszprém

²Országos Környezetegészségügyi Intézet, Aerobiológiai Monitorozó Osztály, Budapest

³MTA-PE Limnológiai Kutatócsoport, Veszprém

Faodvak: az ökológusok öröme, a fák gyötrelme

A vízzel telt faodvak (dendrotelmák) igen dinamikus, rendkívül jelentős biológiai sokféleséggel bíró ökológiai rendszerek. Az éghajlati viszonyok és az adott időjárás változásai nagy mértékű hatásokat fejthetnek ki e kis víztestek mikro-ökoszisztémájára. Jelen cikkben szeretnénk ismertetni, miként is alakulhatnak ki, és milyen célokat szolgálhatnak a vízzel telt faodvak mind a tudomány, mind a biológiai oktatás számára.

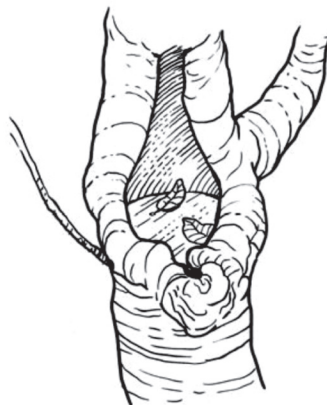
Bevezetés

Az állóvízi élőhelyeken belül több alkategóriára sorolhatóak a víztestek. Egyik ilyen típust képezik a telmák, melyek rendkívül csekély, legfeljebb néhány liter vízmennyiségű alkalmi vízgyülemlek (Varga, 1928). E vízi mikro-ökoszisztémák kiemelt figyelmet érdemelnek sérülékenyséjük, valamint magas biodiverzitási értékeik miatt. Felosztásuk a vizet tartalmazó „meder” szerint történik (Padisák, 2005). A fitotelma egy időszakos, kisméretű víztest, mely a növény valamely részén alakul ki (például faodvakban, szárölelő leveleknél – hazánkban például a héjakút mácsonyán, a trópusokon a broméliákban). A fitotelma célzott, széles aspektusú vizsgálata a hidrobiológia egyik legintenzívebb kutatási területét képezi az elmúlt évtizedekben. Tanulmányozásukat leggyakrabban broméliákon végzik (Lopez, Alves és Rios, 2009; Jocque, Kernahan, Nobes és Field, 2010; Campos, 2010; Marino, Guariento, Dib, Azevedo és Farjalla, 2011), de az elmúlt években faodúkra specializálódott kutatások eredményeivel is találkozhattunk (Fashing, 1998; Kaufman, Chen és Walker, 2008; Verdonschot, Febria és Dudley, 2008; Pelz-Stelinski, Kaufman és Walker, 2011).

A dendrotelma a fitotelma egy speciális típusa, mely természetes úton, faodvakban, ágelágazásoknál alakul ki. A telma elhalt szerves anyaggal (ez lehet a fáról lehulló levél, virág, termés, ág- és kéregdarabok, pollen, stb.) és esővízzel telítődhet. Ezek mind olyan anyagokat juttatnak be az odú vizébe (kioldódással vagy bomlás során), melyek tápanyagforrást jelentenek az ott előforduló élőlények számára. A nedves vagy esővízzel telt faodvakban általában baktérium, alga, protozoa, lapos-, fonál-, kerekesefféreg, rák- és rovarfajok széles spektrumát figyelhetjük meg (Kitching, 2009; Maguire, 1971). Számos taxonómiai, ökológiai és kísérletes tanulmányt végeztek el az elmúlt évtizedekben ezen organizmusokon, de leginkább a gerinctelen fauna tagjai kerültek görcső alá (Maguire, 1971; Paradise, 1998, 1999).

Hogyan alakul ki egy dendrotelma?

A fa fejlődése során számtalan esetben előfordulhat, hogy a központi hajtásrész letörik a fejlődő egyedről. Ez olyan feltételeket teremt a későbbiek során, mely kedvezni fog az ágvillában (az ágak közti részben, mélyedésben) való esővíz felgyülemeléshez. Az odú (1. ábra) nedves környezetében fejlődő élőlények között korhasztó gombafajok, valamint rovarok (főként hangyák) is előfordulnak – valószínűleg ezek közreműködésével az odú kérgén át az odú átterjed a fa belső szöveteibe, ekkor már nem tartja meg a víztestet, hanem felszívódik. Az odú fejlődésének ebben a második szakaszában a fa belső szövetei minden irányban, de főként lefelé korhadnak. Ekkor a fatörzs egyszerűen „szétnyílik”, s egy hatalmas, tátongó ürt hagy az egykor vízzel telt faodú helyén. A korhadás következtében a fa statikai szilárdságát elveszti, törik, illetve kidől. Az ágvillákban összegyűlt víz mellett egyéb más okai is lehetnek az odú kialakulásának: fás szövetet ért sérülések (például villámcsapás), akár embernek, akár patogén gombának vagy állatnak (harkályok) köszönhetően. Az idősebb, illetve az erősen metszett fákon gyakrabban találhatunk odvakat. Mindenesetre a faodú kialakulásának pillanatától kezdve elindul a visszaszámlálás, hisz e csodás, dinamikus fejlődő mikro-élőhely megpecsételi a gazdanövény sorsát, annak előbb-utóbbi pusztulását eredményezve.



1. ábra. Tipikus vízzel telt faodú illusztrációja. Forrás: Yanoviak és Fincke, 2005.

Miért örülnek mindennek az ökológusok?

Amíg az odú képes visszatartani, raktározni az esővizet annak üregében, ez az élőhely olyan mikrokozmoszként funkcionál, mely rendkívül jól felhasználható a különböző ökológiai folyamatok vizsgálatára, ökológiai elméletek, hipotézisek tesztelésére, igazolására vagy éppen azok cáfolására (Srivastava, Kolasa, Bengtsson, Gonzalez, Lawler, Miller, Munguia, Romanuk, Schneider és Trzcinski, 2004). Felmerülhet a tisztelt Olvasó gondolataiban, hogy e vizsgálatok milyen gyakorlati eredményeket hozhatnak a tudomány számára? A vízzel telt odvak humán egészségügyi szempontból kiemelt figyelmet érdemelnek az általuk hordozott élősködők (például szúnyoglárvák, trópusokon malária szúnyog) miatt (Trájer, 2013). Az odúvíz élővilágának vizsgálatával fény derülhet arra a kérdésre is, hogy milyen környezeti folyamatok és fajösszetétel-változások állhatnak az odú kérgé átszakadásának és a fa károsodásának hátterében. Az odvak azonban kedvező szerepet is betölthetnek, a biodiverzitás megőrzése révén. A vízzel telt odvak eredményei adaptálhatóak a nagyméretű víztestekre, tavakra. Annak ellenére, hogy egy odú átlagos mérete sokszor egy pohár víz mennyiségét sem éri el, az elmúlt évtizedek kutatásai azt mutatják, hogy e kis víztestek (telmák) vizsgálata analóg módon kiterjeszhető a nagy víztestek esetére is, mivel a bennük zajló folyamatokat, a bennük kialakult táplálékhálózatot, az azt alkotó fajok és azok terjedését a telmák között ugyanazon tényezők alakíthatják ki, és hasonló módon befolyásolhatják. Persze sokszor más fajokkal tarkítva mindent (azért senki ne keressen halakat egy faodúban). Összességében mindezen ökológiai folyamatok részletesebben megismerhetők és magyarázhatók a telmákon alapuló vizsgálatok eredményeivel. További jelentős előnyük, hogy sokkal könnyebb e kis víztesteket

vizsgálni: egy mintavétellel lényegében az egész víztestről egy reprezentatív mintát, egy állapotot ismerhetünk meg, nem úgy, mint például a Balaton esetében, ahol egy mintavétellel semmi esetre sem vonhatunk le következtetéseket az egész tavi ökoszisztémára vonatkozóan. Így mind az idő, mind a kutatási költségek vonatkozásában hatékony módszereket lehet alkalmazni esetükben. Ezen tulajdonságok ismeretében immár nem újdonság az, hogy a telmák a hidrobiológia és a limnológia (édesvizekkel mint komplex rendszerekkel foglalkozó tudományág) területén az elmúlt évtizedekben miért is kép-

viselnek egy viszonylag fokozottan kutatott területet. Kis térfogatuk és az időjárás változékonyságának, különösen szélsőségeinek való kitettségük miatt az ilyen élőhelytípusok hosszú távú vizsgálata (monitorozása), a klímamodellekkel és klíma-előrejelzésekkel (szcenáriók) való összehasonlítása segíthetik globális klímaváltozás hatásainak alaposabb és pontosabb előrejelzését.

Ki gondolná, hogy egy aprócska vízzel telt faodú a biológiai sokféleség Kánaánját jelentheti a biológusok számára? Az e téren végzett kutatások ezt messzemenően alátámasztják. Mint ahogy már a bevezetőben is említettük, az odúban a vízi gerinctelenek (kisméretű rákok, kerekcsigák, szúnyoglárva, húr-, kerek- és fonálférges) mellett egysejtű élőlényekkel (háztalan és házas amőbák, csillósok, ostorosok) is találkozhatunk, sőt mi több, vízi bogárlárvákat és algákat is számtalan esetben megfigyeltek már a kutatók (Kitching, 2009; Maguire, 1971). A gombák diverzitásáról nem is beszélve. Egy nemrégiben végzett kutatásunk során csupán egyetlen faodúban összesen 140 gombafajt figyeltünk meg (Vass és Magyar, 2013a, 2013b). És mindez 300ml-nyi vízben!

Mi minden él egy faodúban?

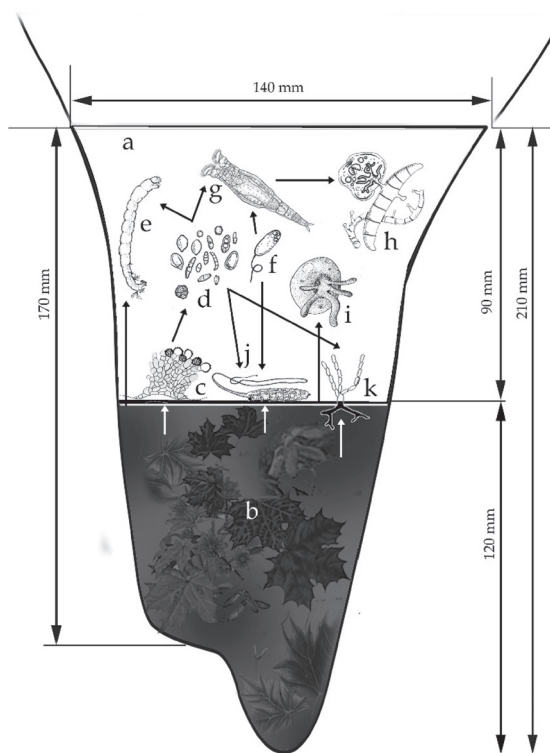
A szakirodalmat tekintve jóval nagyobb számban folytatnak trópusi vizsgálatokat a bromélia növényfajok levéltölcséreiben kialakult telmákban vagy levágott bambuszban felgyülemlett vízoszlopban. A mérséklet övi, vízzel telt faodvakat kevésbé kutatják – megjegyzendő, hogy a szakirodalomban azért a faodvak kutatásából származó eredmények száma és jelentősége sem elhanyagolható. Ki gondolná, hogy egy aprócska vízzel telt faodú a biológiai sokféleség Kánaánját jelentheti a biológusok számára? Az e téren végzett kutatások ezt messzemenően alátámasztják. Mint ahogy már a bevezetőben is említettük, az odúban a vízi gerinctelenek (kisméretű rákok, kerekcsigák, szúnyoglárva, húr-, kerek- és fonálférges) mellett egysejtű élőlényekkel (háztalan és házas amőbák, csillósok, ostorosok) is találkozhatunk, sőt mi több, vízi bogárlárvákat és algákat is számtalan esetben megfigyeltek már a kutatók (Kitching, 2009; Maguire, 1971). A gombák diverzitásáról nem is beszélve. Egy nemrégiben

végzett kutatásunk során csupán egyetlen faodúban összesen 140 gombafajt figyeltünk meg (Vass és Magyar, 2013a, 2013b). És mindez 300ml-nyi vízben! A vízzel telt odvak gombavilágát magyar kutatók fedezték fel (Gönczöl, 1976; Gönczöl és Révay, 2003). Az odúk vizében elsősorban mikroszkopikus gombák fordulnak elő, melyek mérete még a milliméteres nagyságot sem éri el. Próbáljuk meg elképzelni azt a számos interakciót, mely az egyes élőlények, fajok, fajcsoportok között fennáll egy ilyen kis élőhelyen. Egy ilyen hálózatot tártunk fel a kutatásunk során, melyet a 2. ábra mutat be. E biotikus kap-

csolatokat vizsgálva olyan új folyamatokat ismerhetünk meg, melyek hozzájárulnak a közösségi ökológiaszakirodalmának bővítéséhez, az esetlegesen jelentkező hiányok pótlására. Nem beszélve arról, hogy ilyen speciális élőhelyet vizsgálva a gombák tekintetében számos, a tudomány számára új fajjal is találkozhatunk.

A korai juhar faodún végzett 5 éves kutatásunk (2003–2008) során leginkább a gombák telmában betöltött ökológiai szerepére és a gombaspórák származási helyeire voltunk kíváncsiak. Mint ahogy az az odú táplálékhálózatát bemutató ábráján is jól látszik, a gombacsoportok spórái jelentős szerepet töltenek be a komplex hálózatban. Kiemelendő a lebontási folyamatokban (dekompozíció) betöltött funkciójuk (például szaprotróf gombák esetén). Hiába kis víztestről van szó (300 ml), mégis egy ilyen odú hamar telítődhet elhalt szerves anyagokkal, melyeket e gombáknak (és persze a baktériumoknak) le kell bontaniuk, helyet adva más fajok

életterének és az új tápanyag-inputoknak is. A dekompozíciót végző szervezetek mellett találtunk parazita fajokat is (2. ábra.), melyek szabályozó szerepükkel „kordában tartják tartani” más fajok elburjánzását, ezáltal egyfajta biológiai kontrollt kialakítva saját élőhelyükön. Mindezek mellett a levegőből, lombkoronaszintből származó, illetve a csapadékkal bemosódó gombaspórák maguk is tápanyagforrásként jelenhetnek meg a lebontó mikroorganizmusok számára. A fák kérge rendkívül kedvelt élőhelyet biztosít mind az algák, mind a fonálféreg, mind pedig a gombák számára. A fatörzsön végigcsorgó esővízzel ezen élőlények is bejutnak a fa odújába, gyarapítva az ott már jelen lévő közösséget, melyet olyan fajok alkotnak, amelyek a vízi környezethez adaptálódtak, a vízi környezetet kedvelik. Mindebből látható, hogy a gombafajok terjedését, az odúban előforduló fajok sokszínűségét, mennyiségét a külső természeti hatások (szél, csapadék) is erőteljesen meghatározzák, elősegítik. A telmák nagymértékű sérülékenységének ismeretében így nem hunyhatunk szemet a klímaváltozás és az általa generált folyamatok felett sem (például trópusi szúnyogfajok módosult terjedési mintázatain), hiszen mindezen hatások nagy mértékben módosítják vagy módosíthatják a ma még biodiverz telmákat.



2. ábra. Egy korai juharon (*Acer platanoides*) kialakult vízzel telt faodú táplálékhálózata (a: szabad vizez; b: szerves törmelék mint tápanyagforrás, c: lebontó gombák, d: gombaspórák, e: árszúnyog lárvák, f: ostoros egysejtűek, g: kerekcsigák, h: *Cephaliophora muscicola* – egy kerekcsigák-parazita gomba, i: házaspár, j: herelégy lárvája, k: aktinobaktériumok).
Forrás: Vass és Magyar, 2013b

Az odú, mint használható modellrendszer a közoktatásban

Egy telma (például vízzel telt faodú) gazdag élővilágának megismerése, feltérképezése nemcsak annak a szűk kutatói stábnak nyújthat izgalmas kérdésköröket, és képezheti számukra a kutatás tárgyát, akik az ilyen élőhelyek vizsgálatára szakosodtak, hanem akár már a biológia irányában érdeklődést mutató diákok számára is érdekes élményt kínál. Milyen egyszerű és örömteli dolga is lenne egy biológiatanárnak, ha találna egy faodút az iskola parkjában, amiből aztán egy egyszerű fecskendő segítségével, abban kárt nem okozva (ügynevezett non-destruktív mintavétellel; *Jocque*, 2010) venne egy cseppnyi mintát, és vinné magával az iskolai órára! Azt az egy cseppet mikroszkóp alatt bemutatva az osztálynak (vagy a fakultációs csoport tagjainak), érdekfeszítően lehetne demonstrálni az apró víztestek gazdag élővilágát. Nem kellene átrágnia magát a biológia tankönyvek egy-egy már-már monoton fejezetein, biztatva a diákokat, hogy a könyv soraiból, betűiből kreáljanak fantáziadús képet a fejükben. Egy ilyen „élettel teli cseppel” a tankönyvek több fejezetét is lefedhető óra keretében a fajok bemutatásán túl (melyek egyébként – a gombákat leszámítva – amúgy is részét képezik az oktatásnak) a populációs kölcsönhatások (kompetíció, szimbiózis, predáció stb.), a táplálékhálózatok kusza, de mégis kibogozható szerkezete és a manapság előtérben lévő biológiai sokféleség kérdésköre is valóságos környezetben alkalmazható, tárgyalható, és ami a legfontosabb: oktatható.

Egy ilyen cseppel a tárgylemezen egy érdeklődő csoport tanulói számos attitűdöt fejleszthetünk. Ha minden tanuló csak egyféle „furcsaságot” választ a cseppnyi vízből, és eláruljuk neki az élőlény családjának vagy rendjének nevét, az alapján önálló internetes kutatással sok mindent megtudhat. Új ismereteit önállóan szintetizálnia kell és kapcsolatba hozni a meglévő tudásával, majd a többiekkel megosztani és csapatmunka formájában egy poszter készítésével összevetni a többiekével, esetleg élő is adni társaiknak, hogy a verbális képességek se legyenek elhanyagolva. Egy csepp víz... és ha az érdeklődés megvan, akkor egy odú mikrokozmosz volta kapcsán akár filozófiai kérdésekről is beszélgethetünk, ezáltal valósítván meg az önálló és felelős gondolkodású fiatalok nevelését, a komplex gondolkodásmód felé terelő ösvényén.

Javasolt kísérletek a téma iránt érdeklődőknek:

1. Az élővilág megfigyelése: egy kíváncsi szemlélő könnyen bepillantást nyerhet ebbe a speciális élőhelybe. Egy fecskendővel szippantsunk ki egy kevés vizet az odúból, a vizet cseppentsük egy tárgylemezre, ezt fedjük le fedőlemezzel, és vizsgáljuk meg fénymikroszkóppal (minimum 40x-es objektívvel). A minta alkohol (70%-os etanol) hozzáadásával tartósítható.
2. Környezeti vizsgálatok: Milyen az odúvíz, mint élettért kialakító közeg? Mérjük meg a hőmérsékletét és a pH-t! Helyezzünk tiszta üveg hőmérőt az odú vízébe, és várjunk amíg állandósul a mért érték a skálán. A pH indikátorpapírt mártsuk bele az odú vízébe, és hasonlítsuk össze az indikátor dobozán található színskálával.

A felfedezett odú mikroszkópos világáról készített fényképeket, a hőmérséklet- és pH adatokat örömmel fogadja a kutatócsoportunk (vass.mate90@gmail.com).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TÁMOP (4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064, 1.1 *Szélsőséges időjárási események hatása felszíni vizekre* almodul) támogatta.

Irodalomjegyzék

- Campos, R. E. (2010): *Eryngium* (Apiaceae) phytotelmata and their macroinvertebrate communities, including a review and bibliography. *Hydrobiologia*, 652. sz. 311–328.
- Fashing, N. J. (1998): Functional morphology as an aid in determining trophic behaviour: the placement of a stigmatic mites in foodwebs of waterfilled tree-hole communities. *Experimental & Applied Acarology*, 22. sz. 435–453.
- Gönczöl, J. (1976): Ecological observations on the aquatic Hyphomycetes of Hungary II. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 22. sz. 51–60.
- Gönczöl, J. és Révay, Á. (2003): Treehole fungal communities: aquatic, aero-aquatic and dematiaceous hyphomycetes. *Fungal Diversity*, 12. sz. 19–24.
- Jocque, M., Kernahan, A., Nobes, C. és Field, W. R. (2010): How effective are non destructive sampling methods to assess aquatic invertebrate diversity in bromeliads? *Hydrobiologia*, 649. sz. 293–300.
- Kaufman, M. G., Chen, S és Walker, E. D. (2008): Leaf-associated bacterial and fungal taxa shifts in response to larvae of the treehole mosquito. *Ochlerotatus triseriatus*. *Microbial Ecology*, 55. sz. 673–684.
- Kitching, R. L. (2009): *Foodwebs and container habitats*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lopez, L. C. S., Alves, R. R. N. és Rios, R. I. (2009): Micro-environmental factors and the endemism of bromeliad aquatic fauna. *Hydrobiologia*, 625. sz. 151–156.
- Maguire, J. R. (1971): Phytotelmata: Biota and community structure determination in plantheld waters. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2. sz. 439–464.
- Marino, N. A. C., Guariento, R. D., Dib, V., Azevedo, F. D. és Farjalla, V. F. (2011): Habitat size determine algae biomass in tank-bromeliads. *Hydrobiologia*, 678. sz. 191–199.
- Padisák, J. (2005): *Általános limnológia*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Paradise, C. J. (1998): Colonization and development of insects in simulated treehole habitats with distinct resource and pH regimes. *Ecoscience*, 5. sz. 39–45.
- Paradise, C. J. (1999): Interactive effects of resources and a processing chain interaction in treehole habitats. *Oikos*, 85. sz. 529–535.
- Pelz-Stelinski, K., Kaufman, M. G. és Walker, E. D. (2011): Beetle (Coleoptera: Scirtidae) facilitation of larval mosquito growth in treehole habitats is linked to multitrophic microbial interactions. *Microbial Ecology*, 62. sz. 690–703.
- Srivastava, D. S., Kolasa, J., Bengtsson, J., Gonzalez, A., Lawler, S. P., Miller, T. E., Munguia, P., Romanuk, T., Schneider, D. C. és Trzcinski, M. K. (2004): Are natural microcosms useful model systems for ecology? *Trends in Ecology & Evolution*, 19. 7. sz. 379–384.
- Trájer, A. J. (2013): A klímaváltozás várható hatása a szúnyogok és a lepkeszúnyogok, valamint az általuk terjesztett betegségek jövőbeli elterjedésére. *Iskolakultúra*, jelen kötet.
- Varga, L. (1928): Ein interessanter Biotop der Biocönose von Wasserorganismen. *Biologisches Zentralblatt*, 48. sz. 143–162.
- Vass, M. és Magyar, D. (2013a): *Long-term monitoring of fungi and invertebrates of a dendrotelmata*. Poszterelőadás: 8th Symposium for European Freshwater Sciences. Münster, Németország, 2013. július 1–5.
- Vass Máté és Magyar Donát (2013b): Dendrotelma gombaközösségének és gerinctelen faunájának hosszútávú monitorozása. *Hidrológiai Közlöny*, 93. sz. 89–91.
- Verdonschot, R. C. M., Febria, C. M. és Dudley, W. D. (2008): Fluxes of dissolved organic carbon, other nutrients and microbial communities in a water-filled treehole ecosystem. *Hydrobiologia*, 596. sz. 17–30.
- Yanoviak, S. P. és Fincke, O. M. (2005): Sampling methods for water-filled treeholes and their artificial analogues. In: Leather, S. R. (szerk.): *Insect sampling in forest ecosystems*. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford. 168–185.