

Beszámoló

Magyarország Dinophyta fajainak vizsgálata kutatási projektekre vonatkozóan

A pályázat célja volt Magyarország jellemző vízfolyásai és állóvizei Dinophyta (páncélos-ostoros alga) fajainak vizsgálata alap kutatás és alkalmazott kutatás tekintetében.

A., Alapkutatás vonatkozásában:

Valaha Magyarországon európai hírű Dinophyta kutatás folyt, amely ifj. Entz Géza, Schiller József és Sebestyén Olga személyéhez köthető. Magyarország Dinophyta fajainak koncepciózus vizsgálata a 90-as évek közepén újra elkezdődött. A jelen pályázatnak köszönhetően folytatódhattak a Dinophyta fajokra irányuló vizsgálataink, melynek eredményeként nemcsak hazai, hanem külföldi folyóiratokban, konferenciákon is beszámoltunk vizsgálati eredményeinkről, valamint külföldi kollégák segítségével igyekeztünk a nemzetközi szakma figyelmét hazánk jellegzetes élőlényei és élőhelyei felé fordítani. A projektbe bevont kutatók, Maja Gligora (Horvátország), Giovanna Flaim (Olaszország), Paweł Michał Owsiany (Lengyelország) a Dinophyta kutatáshoz elkötelezett, már nemzetközi eredményeket is publikált lelkes fiatal kutatók. Maja Gligora például a jelen pályázat futamideje alatt számos alkalommal hosszabb ideig is tartózkodott hazánkban és eredményes PhD fokozatának megszerzésében fontos szerepe volt az itt végzett kutatásoknak is. Andrés Boltovskoy az édesvízi Dinophyta fajok tekintetében a világon az egyik legnagyobb fajismerettel rendelkező kutató, kinek megnyerése a projekt számára rendkívül nagy nyereség volt.

A megtartott előadásaink és publikációink a Dinophyták és a velük együttesen előforduló más algataxonok alkotta közösségek és az ökológiai vízminőség kérdésével foglalkoztak. Beszámoltunk természetvédelmi vonatkozásban értékes területek algaegyütteseiről, ill. hogy mindezek a területek algaflórája mennyire változott meg antropogén hatásokra. További jelentős kihívás nemzetközi vonatkozásban az egyes fajok víztérből való eltűnése és ezen keresztül a vízminőségi állapotok változásának értelmezése. Terepi és laboratóriumi kísérleteink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy egyes paraméterek (nitrogén-, és foszforhiány, hőmérsékletváltozás) milyen mértékben befolyásolják egy adott faj, a elterjedését, és ezen keresztül hogyan hathat a faj tér-, és időbeli dinamizmusára.

Számos faj esetében (*Peridinium cinctum*, *Peridinium bipes*, *Peridinium aciculiferum*, *Peridiniopsis cunningtonii*) megállapítást nyert, hogy a nitrogén a legfontosabb cisztaképzést befolyásoló faktor, hiányában akár 10-65%-os cisztaképzés tapasztalható a hőmérséklettől függően. A cisztaképzésben a hőmérsékletnek másodlagos a jelentősége; s kísérleteink igazolták, hogy a Dinophyta taxonok között számos taxon szűk hőtoleranciájú (*Peridinium palatinum*, *Peridiniopsis elpatiewskyi*, *Peridinium willei*, *Woloszynska.tenuissima*). Ezzel szemben, pl. a *P. cinctum* esetén bebizonyosodott, hogy a foszfort vélhetőleg képes raktározni, ami lehetővé teszi számára, hogy több generáción keresztül kibírja a hiányát. Eredményeink által azt mondhatjuk, hogy sikerült több olyan eukarióta szervezetet találni, mely a víztér nitrogén tartalmának csökkenését megfelelően indikálja. A vizsgálataink során sikerült kidolgozni olyan egyszerű metodikát a cisztaképzés vizsgálatára vonatkozóan, mely alapján más taxonokra vonatkozóan is mindezeket gyorsan adaptálni lehet és így mond több fajra vonatkozóan hasonló kísérletek viszonylag egyszerűen és gyorsan elvégezhetők.

Napjainkban egyre nagyobb az igény arra, hogy a terepi vizsgálatok során olyan, eddig csak labor körülmények között végzett vizsgálatok is alkalmazhatóak legyenek, mint például az enzim mérés. Köztudott, hogy a kémiai és biológiai folyamatok katalizátorai az enzimek.

Bár az enzimek mérése (optimumok beállítása, rövid reakció idő) néha még laboratóriumi körülmények között is összetett feladat, egyértelmű, hogy hosszúvávon elengedhetetlen az egyes enzimek mennyiségének ismerete, hisz csak így kaphatunk teljes képet a természetes vízben lezajló folyamatokról. A tengervizek esetében napjainkban már megoldódni látszik az enzimmérés, azonban a kontinentális vizekben található enzimek gyors mérése még nem megoldott probléma. A kontinentális vizekben levő biológiai rendszerek funkcionális viszonyainak mind jobb értelmezésében a különböző enzimek mérése és azok működése jelentős kihívás. A foszfatázok jelentősége abban áll, hogy hozzáférhetővé teszik az élőlények számára az egyik legfontosabb tápanyagot, a foszfort, melynek fokozott mértékben való dúsulása a trofitás szempontjából nem kívánatos jelenség. Igyekeztünk egy olyan vizsgálati objektumot választani, ahol vélhetőleg kevés enzim egyidejű működése áll fenn. Emiatt eset a választásunk egy „savanyú lápra”, ahol a pH állandóan 3 alatt van és a savas foszfatázok mérésére nyílik lehetőség. A vízminta különböző pórusátmérőjű szűrőkkel végzett frakcionálásának foszfatázaktivitás mérését végeztük el, amely a legnagyobb aktivitást (>60%) a 0,45 µm-nél kisebb frakcióknál mutatta. A kibocsátás mértéke a legnagyobb májusban (15 nmol l-L min⁻¹) és júniusban (25 nmol l-L min⁻¹) volt, a *Gonyostomum semen* tömeges előfordulása idején, de két héten belül kevesebb, mint 2 nmol L⁻¹ min⁻¹ értékre esett vissza, majd a nyár és az őszi folyamán ez az érték állandósult, ill. csökkent is. A [³²P]H₃PO₄-tal jelölt oldott szerves foszfor azt mutatta, hogy ez a frakció az év során jelentős változékonyságot mutatott és ez jól mérhető. Munkánk során kidolgoztunk egy olyan eljárást, amellyel a kutatók gyorsan és hatékonyan kimutathatják a tőzegmoha lápokban egyik legfontosabb enzimet, a savas foszfatázt, mely kiválóan alkalmas egy kiemelt természetvédelmi érték (tőzegmoha láp) monitorozására.

Vízminősítés tekintetében olyan nem csak hazai vonatkozásban, hanem nemzetközi tekintetben is jelentős az információ hiány, mely a Dinophyta taxonra vonatkozik. Ugyanakkor szinte valamennyi külföldi és hazai vízminősítési rendszer az egyik kiemelt élőlénycsoportként kezeli az algákat. Ezekben belül a Dinophyták helyzete több, mint problematikus. Számos eredményünkről számoltunk be a Dinophyta taxonok vízminőség és indikációs sajátosságainak összekapcsoltságára vonatkozóan. Ezek alapján definiáltuk mindazokat a fajokat, melyek bizonyos változókra vonatkozóan jó indikációs sajátossággal rendelkezőknek tekinthetők. Lévéen a Dinophyta csoport tagjainak jelentős része nem obligát autotróf szervezet, így a szerves tápanyag források meglétét jelzik az előfordulásuk/tömegprodukciónak (*Peridiniopsis penardii*, *Peridinium achromaticum*). Ez alapján a felszíni vizekre vonatkozó, jelenleg az egyik legfontosabb szennyezést, a szerves anyag terhelés növekedését képesek jelezni.

A vizsgálataink során kiderült, hogy a Dinophyta fajok előfordulásának egyik befolyásoló tényezője az adott víztér felhalmozódó szervesanyag-tartalma, mely párosul plankton-biomassza növekedéssel. A jelentős mennyiségű plankton-biomassza sok állóvízben ahhoz vezet, hogy nagy mennyiségű szerves anyag halmozódik fel a fenékvilágban. Ilyen esetekben a víz anoxikussá válhat (Baranovic et al. 1993; Bárdosi et al. 2000; Dévai et al. 2002; Padisák et al. 2003), és masszív szerves-ásványi aggregátumok alakulnak ki a vízoszlopban. Ez a jelenség befolyásolhatja a klímaviszonyokat, a táplálkozási körforgást és a vizsgált ökoszisztéma számos egyéb környezeti elemét is. Az aggregátumok megjelenése a vízoszlop meteorológiai és biokémiai jellemzőitől függ (Stachowitsch et al. 1990; Degrobbis et al. 1995). Azt tudjuk, hogy az oldott szerves széntartalom (DOC) kémiai és biológiai speciációja a tengervízben befolyásolja az aggregátumok kialakulását, az édesvízben kifejtett hasonló hatásával mégis csak néhány tanulmány foglalkozik (V.-Balogh et al. 2003). A jelen tanulmány az oldott szerves széntartalom (DOC), a teljes oldott

szénhidrát-tartalom (TDCHO), a teljes oldott szabad aminosav-tartalom (TDFAA) és a kolloidális struktúrák széntartalmának (COC >1 kDa) szezonális változásait vizsgálja egy eutróf holtmederben. A szerves anyagok biológiai reaktivitását és a szén körforgását a táplálékláncban egyaránt jelentősen befolyásolja a DOM kémiai összetétele és molekulaméret-eloszlása (Amon és Benner, 1996). A magas szénhidrát-koncentráció és a nagy molekulatömegű kolloidális szemcsék kedveznek az aggregátumok kialakulásának. Az aggregátumok dinamikus jellemzőit befolyásolják továbbá a biológiai folyamatok és a vízoszlop szél általi keveredése (Riebell, 1992). Az oldott szerves anyagok nyáron megfigyelt felhalmozódása, valamint a szénhidrátok és a kolloidális anyagok megnövekedett jelentősége alapvető szerepet játszhat a nyálkás aggregátumok kialakulásában. Ezen aggregátumok jelenléte, mérete és mennyisége közvetlenül befolyásolhatja a plankton taxonok táplálkozási körforgását, beleértve a mikrobiális hurkot (microbial loop), ráadásul a DOC-ban gazdag környezet rétegződése kedvez a mixotrófikus fitoflagellátáknak, így befolyásolhatja a fajok összetételét a szezonális váltás idején. Mindezen jellemvonások kiemelt fontossággal bírnak hazai sekély, gyakran teljesen felkavarodó és szerves anyaggal "bőven" ellátott mederfenékekkel jellemezhető víztereknek. Vizsgálataink alapján az algaplankton fajok között a potenciálisan mixotrófikus algaplankton fajok közül különösen a kriptofiták, a dinoflagelláták és az euglenoid taxonok domináltak.

Mindezekre vonatkozó vizsgálataink részeként harminckilenc sekély holtmedret vizsgáltunk 2006-2009 között rendszeresen. Ezek közül a klorofill-a tartalom alapján 17 eutróf és 22 mezotróf volt. Célunk volt megállapítani, hogy a holtmedrek fiziko-kémiai paramétereik alapján milyen fő jellemzőkben különböznek egymástól és milyen olyan jellemvonásokat mutatnak, mely megegyezik a mély tavakban ismertekkel. A legfontosabb eltérés a vizek foszfor tartalmában jelentkezett. Azt tapasztaltuk, hogy az eutróf holtmedrekben a foszfor felszabadulása az üledékből nagymértékű volt az anoxikus alsó vízrétegbe. Ha azonban az oxigenált nitrogénformák (nitrit és nitrát) mennyisége a hipolimnionban $1,2 \text{ g N m}^{-3}$, vagy a fölötti értéket ért el, akkor az üledék felszín fölött mért foszfor mennyisége relative csekély volt. Ez alapján úgy véljük, hogy a hipolimnion kielégítő oxigénellátottsága segítheti a holtmedreink trofitását alacsonyabb szinten tartani. Mindezek a jellemvonások jól ismertek mély tavakban, azonban sekély vízterekben még eddig nem voltak bizonyítottak. Több olyan Dinophyta taxon indikációs tulajdonságait sikerült megismerni melyek egyértelműen jelzik a víztér eutróf voltát, ugyanakkor számos olyan taxont is sikerült vizsgálnunk, mely indikációs tulajdonságaira nézve a mezotróf élettérben megtalálható, de eutróf vízterekben nem (*Peridinium volzii*, *Peridinium gatunense*, *Peridinium lomnickii*).

A vízfolyásokra vonatkozó vizsgálataink célja az egyes vízfolyások alapvető fiziko-kémiai és biológiai jellegzetességének ökológiai szempontú megismerése az algák, kiemelten a Dinophyta szervezetek és a fizikai és kémiai változók kapcsolatrendszerére alapján. A vizsgálatokat ún. kisvízes, valamint középvízes időszakban végeztük. Vízfolyások vizsgálata során kiemelt hangsúlyt fektettünk a határon túlról érkező, ill. hazai vízszennyezések hatásának elemzésére. A különböző Dinophyta taxonok alapján az antropogén szennyezésekkel terhelt mellékfolyók alföldi csatornák/erek szennyezettségének vizsgáltuk, tesztelve a VKI irányelveinek alkalmazhatóságát szennyezés tekintetében erősen terhelt felszíni vizekre. Ez alapján azt állapítottuk meg, hogy számos Dinophyta faj nagyon érzékeny a szennyezésekre, elsősorban azokra, melyek oxigénhiányos állapotokat okoznak (*Peridinium palatinum*, *Peridiniopsis elpatiewskyi*, *Peridinium willei*, *Woloszynska.tenuissima*, *Peridinium lomnickii*). A hazai folyók közül elsősorban a Tisza, valamint mellékfolyóinak vízminőségi állapotát elemeztük azok algaközösségei alapján.

Tisztáztuk a gyűjtési és helyszíni, ill. laboratóriumi vizsgálati módszereket annak érdekében, hogy a gyűjtések helyszínén ill. laboratóriumban a vízminta milyen fizikai és

kémiai (pl. pH, vezetőképesség, oldott oxigén, oldott ásványi foszfor és nitrogén) paramétereinek vizsgálatát kell elvégeznünk az autökológiai elemzésekhez egy olyan nagy méretű és változékony vízfolyás estében, pl. mint a Tisza és vízrendszere. Megállapítható, hogy az egyes vizsgált folyószakaszok rendkívül változékonyak lehetnek, mind fiziko-kémiai változók, mind élőlények vonatkozásában. Az eredményeink arra hívják fel a figyelmet, hogy hazai vízminősítési gyakorlatban, a mintavétel tekintetében alapvető átstrukturálódásnak kell bekövetkezni. Egy adott mintavételi ponton a vizsgálat élőlénycsoportok sokfélesége és egyedi jellege miatt a víz aktuális minőségének megállapítását nem lehet az év elején elkészíteni és egy adott napra betervezni. Kiemelten megállapíthatjuk, hogy a mintavételt a vízjárástól függetlenül nem lehet tervezni. Továbbá a sodorvonalban kell vertikális és nemcsak vízfelszíni mintát is venni. Módszertani vonatkozásban valamennyi élőlénycsoport (így az algák) tekintetében igyekezni kell az egyedszám-értékek megadása mellett a biomassza-értékek feltüntetésére is, hogy eredményeink anyag- és energiaforgalmi szempontból – a kor kihívásainak megfelelően – is értékelhetőek legyenek.

Vizsgálataink során, 3 éven át évi két alkalommal 25 mintavételi helyen, 35 a helyszínen és laboratóriumban mért fiziko-kémiai változót követtünk nyomon a Tisza vízrendszerén, mely eredményképpen 168 alga, ill. 18 Dinophyta fajt találtunk. Mintát vettünk a Tisza teljes magyarországi szakaszán, valamint valamennyi jelentős mellékfolyóból ((Túr, Szamos, Kraszna, Lónyai-főcsatorna, Sajó, Bodrog, Zagyva, Hármaskörös, Maros). Eredményeink alapján a következő megállapításokat tehetjük: (a) Tisza és mellékfolyói egy rendkívül változékony rendszert alkotnak, melyet ugyan egységes rendszerként kell kezelni, de nem lehet és nem szabad egységes víztérnek kezelni. A mellékfolyók monitorozását hazánk speciális jellege alapján nem lehet csak a közvetlen befolyás előtti szakaszra korlátozni (mint ahogyan az most a hazai vízminőségi monitorozás során történik). Hazai tekintetben hangsúlyos a Lónyai-főcsatorna, mint jelentős szennyezőforrás. Külföldi vonatkozásban emellett még az alkalomszerű ipari szennyező források is meghatározóak. A vizsgálatok során kedvezőtlen vízminőséggel jellemezhető mellékfolyók: Szamos, Kraszna, Lónyai-csatorna, Maros; jó vízminőséggel jellemezhető mellékfolyók: Túr, Bodrog, Hármaskörös. A Sajó és a Zagyva e tekintetben változékony képet jellemez, kisvízes időszakban általában jó vízminőségűnek mutatkoznak, míg áradásos időszakban és közvetlenül utána kedvezőtlen vízminőséggel jellemezhetőek. A mellékfolyóknak olyan nagy hatása van – elsősorban az ún. „kisvízes időszakban – a főfolyásra, hogy annak élőlény-együttesét alapvetően képesek átalakítani. Összefoglalva megállapítható hogy algológiai eredmények alapján tudományos előadásokban és publikációkban hidroökológiai vonatkozásban jellemeztük a Tiszát és mellékfolyóit a főbb életformatípusainak előfordulási törvényszerűségei, és az abiotikus háttérváltozók, ill. ezek kapcsoltságának vizsgálatán keresztül, valamint elvégeztük a Tisza ökológiai vízminősítését. Eredményeink referenciául szolgálhatnak más vízfolyásokkal történő összevetésben a közöttük lévő ökológiai sajátosságok elkülönítésére, és ezen keresztül egy integrált vízgyűjtő-gazdálkodás tudományos igényű kimunkálására.

A jelen projekt eredményeképpen olyan ismeretekkel rendelkezünk, mely lehetőséget ad hogy hazánkra nézve összefoglaló munkát jelentessünk meg a Magyarország Dinophyta fajaira vonatkozóan. A monográfia kiadása 2011-ben várható.

Nemzetközi vonatkozásban olyan összefoglaló ismereteket adtunk közre a hazai Dinophyta fajokra állóvizekben való előfordulására vonatkozóan, melyek hasznosíthatók más, a mérsékelt övben található országokban is. Ezt jelzik mindazok a jelen projekt segítségével elidült/elinduló nemzetközi kapcsolatok (TÉT, DAAD, Horvátország, Németország, Olaszország) melyek révén hazánk is részese lehet az Európában kialakuló Dinophytákra vonatkozó kutatásnak.