



A 2015-ös év algája szavazás jelöltjei

B-BÉRES Viktória^{1*}, NAGY-LÁSZLÓ Zsolt², T-KRASZNAI Enikő¹, STENGER-KOVÁCS Csilla²,
BARRETO Sára³, KISS Gábor⁴, BUCZKÓ Krisztina⁵ & ABONYI András⁶

- (1) Hajdú-Bihar Megyei Kormányhivatal, Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztály,
Környezetvédelmi Mérőközpont, H-4025 Debrecen, Hatvan u. 16.; beres.viktoria@gmail.com
(2) Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék, H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10.
(3) Pest Megyei Kormányhivatal, Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztály, Környezetvédelmi
Mérőközpont, H-1072 Budapest, Nagy Diófa u. 10–12.
(4) Fejér Megyei Kormányhivatal, Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főosztály, Környezetvédelmi
Mérőközpont, H-8000 Székesfehérvár, Hosszúsétatér 1.
(5) Magyar Természettudományi Múzeum, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2–6.
(6) MTA-PE Limnológiai Kutatócsoport, H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

The Algae of the Year 2015 – Candidates of the election

Abstract – While science-based education is widespread for macroscopic flora and fauna, the microscopic world has received much less attention. In 2015, having the aim of establishing a tradition, the Phycological Forum announced its first “Alga of the Year” in form of an online voting. The three candidates of algae were *Didymosphenia geminata*, *Haematococcus pluvialis* and *Prymnesium parvum*, from which the *Haematococcus pluvialis* received the overwhelming majority of votes. Introducing the ecological and economical aspects and distribution of the candidate taxa in Hungary, we aimed at to stress that there is a high educational potential of microscopic life. Furthermore, our study draws the attention to the fundamental role of algae in aquatic ecosystems, stressing their importance in maintaining life.

Keywords: *Haematococcus pluvialis*, Phycogeography, Phycology

Összefoglalás – Míg a szabad szemmel látható állat-, illetve növényvilággal kapcsolatos ismeretterjesztés széleskörűvé vált, addig a mikroszkopikus világ tudományos igényű ismeretterjesztő bemutatására kevés példát találni. Hagyományteremtő céllal 2015-ben első alkalommal hirdette meg az Algológus Fórum az „Év Algája” internetes szavazást. A végső szavazásra javasolt három algafaj a *Didymosphenia geminata*, *Haematococcus pluvialis* és *Prymnesium parvum* voltak, melyek közül a *Haematococcus pluvialis* fajra érkezett a szavazatok döntő többsége. A három faj ökológiai és gazdasági vonatkozásainak, valamint hazai elterjedésük bemutatásán keresztül kívánjuk megmutatni, hogy a mikroszkopikus világ képviselői is kellően színesek és érdekesek lehetnek ahhoz, hogy nagyobb teret kapjanak a tudományos ismeretterjesztésben. Tanulmányunk felhívja a figyelmet az algák vízi ökoszisztémákban betöltött alapvető szerepére, esetleges gazdasági jelentőségükre, valamint a földi élet fenntartásában nélkülözhetetlen szerepükre.

Kulcsszavak: algológia, fikogeográfia, *Haematococcus pluvialis*

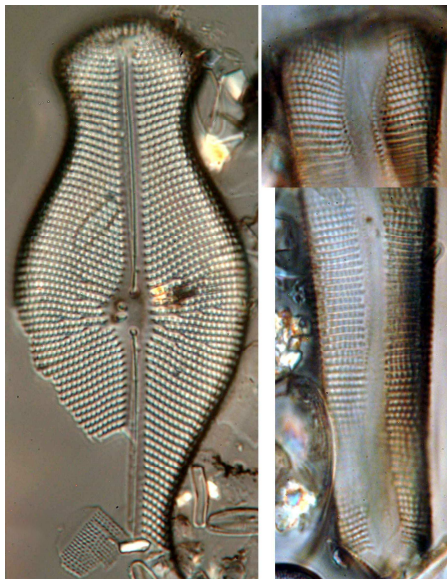
Az „Év Algája” szavazás történeti előzményei

Az „Év Algája” szavazás igénye a 2012-ben megalakult *Algológus Fórum* (továbbiakban AF) által szervezett első *Algológiai Találkozó és Továbbképzés* (továbbiakban ATT) keretében merült fel. Az AF kitűzött célja, hogy az algológia területéhez kapcsolódóan szakmai programokat szervezzen és segítse a tudományos kommunikációt, melynek elérésére szakmai blogot hozott létre [1]. Az első szavazást 2015-ben, a szakmai és infrastrukturális háttér kialakítását követően hirdette meg. A szavazásra bocsátott algafajok kiválasztása a hazai algológus közösség közreműködésével, az általuk ajánlott fajok listáján alapult. Az algológusok tapasztalataik, elméleti és gyakorlati ismereteik szerint olyan algafajokat javasoltak, melyek elsősorban nem az „esztétikus” külső formavilágot veszik alapul, hanem olyan egyéb tényezőket is, mint például (i) ökológiai jelentőségük (ritkaság, vízvirágzások, vízszíneződések előidézése); (ii) esetleges gazdasági hasznuk (táplálék kiegészítőként, kozmetikai iparban, gyógyászatban történő használat); (iii) esetleges gazdasági káruk (megbetegedések előidézése, ivó-, itató-, fürdővizek minőségi romlása); vagy amelyeknek (iv) aktuális invázióbiológiai vonatkozásuk van.

A szakmai körből javasolt 11 taxon közül az első három legtöbb szavazatot kapott fajt hirdettük meg a 2015-ös „Év Algája” szavazáson; ezek a *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Mart. Schmidt, *Haematococcus pluvialis* Flotow és *Prymnesium parvum* N. Carter. voltak. Kezdeményezésünk minél szélesebb körű kiterjesztéséhez, a szakmai fórumokon túl e-mail formájában rövid ismertetőt küldtünk szét alap- és középfokú oktatási intézmények vezetőinek, titkárságainak, ill. ahol ismert volt, szaktanárainak. A beérkezett több mint 100 szavazat döntő hányadát (>50%) egyetlen faj, a *Haematococcus pluvialis* zöldalgafaj szerezte meg.

Az „Év Algájának” jelölt fajok 2015-ben

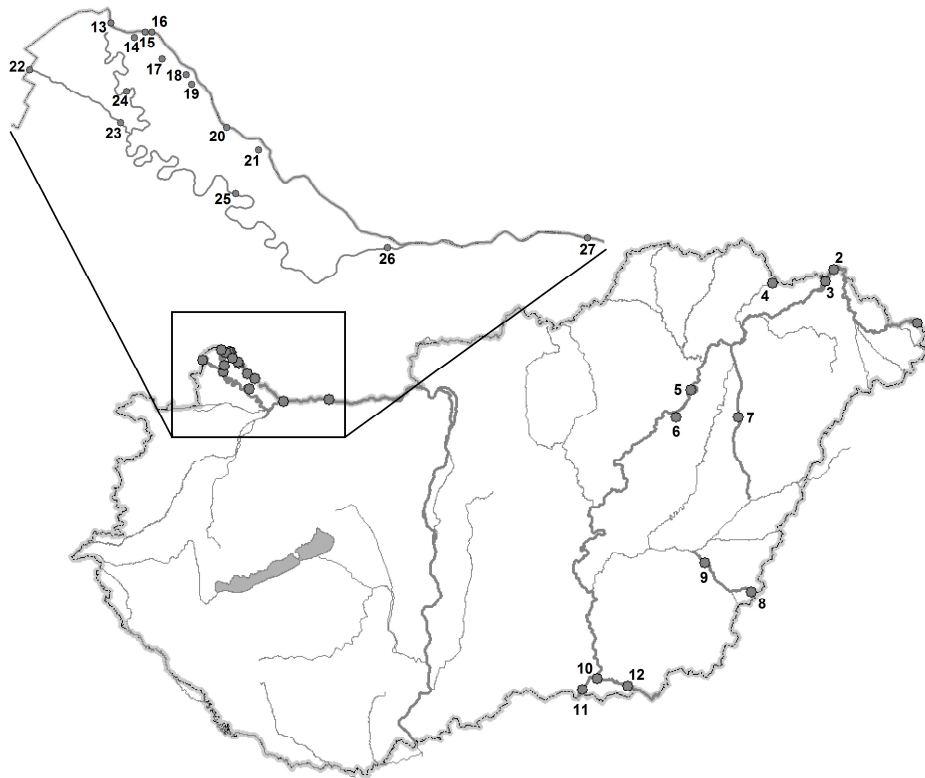
Didymosphenia geminata (Lyngbye) Mart. Schmidt



A *Didymosphenia geminata* egy édesvízi kovaalga faj, mely aljzathoz rögzült bentikus életmódot folytat (BLANCO & ECTOR 2009; 1. ábra). Nagy mennyiségben képes kocsonyás anyagok (elsődlegesen poliszacharidok és fehérjék) kiválasztására, melyek hosszú, több centimétert is elérő nyéllé állhatnak össze (GRETZ *et al.* 2007). Az egyes egyedek e kocsonyanyél segítségével rögzülnek az aljzathoz.

1. ábra. A *Didymosphenia geminata* fénymikroszkópos felvétele (Buczko Krisztina felvétele)

Fig. 1. Light microscopic photograph of *D. geminata* (photo by K. Buczko)



2. ábra. A *Didymosphenia geminata* magyarországi elterjedése
Fig. 2. The distribution of *D. geminata* in Hungary

A *D. geminata* eredeti elterjedési területe Észak-Amerika és Európa, azonban az elmúlt években egyre nagyobb ökológiai és gazdasági problémát okoz elsősorban az új-zélandi, argentinai és chilei tömeges megjelenése, így ezeken a helyeken invazív fajként tartják számon (KILROY 2004, KILROY *et al.* 2005, SPAULDING & ELWELL 2007, BLANCO & ECTOR 2009). Jelenléte hazai vizeinkben a 1960–1970-es évektől már kimutatható (BACKHAUS 1968), ugyanakkor rendszeresen csak a 2000-es évektől találták meg (PADISÁK *et al.* 2003, ÁCS *et al.* 2003, 2004, BUCZKÓ 2005, 2010, SZABÓ *et al.* 2005, T-KRASZNAI *et al.* 2014). Fontos kiemelni, hogy Magyarországon eddig csak szórványosan, kis egyedszámmal fordult elő (2. ábra, 1. táblázat).

Egészen az 1980-as évek végéig a *D. geminata*-t az alacsony vezetőképességű, oligotróf, hideg vizek (hegy- és dombvidéki víztípusok) indikátorfajának tartották (HUSTEDT 1930, KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1997). Az elmúlt 25 év tapasztalatai alapján azonban egyértelművé vált, hogy a faj ökológiai toleranciája szélesebb: magas tápanyagtartalmú, eutróf alföldi vizekben, ill. hasonló jellegű antropogén hatásoknak jelentős mértékben kitett, gyorsabb sodrású patakokban is rendszeresen jelen van (KILROY 2004, SPAULDING & ELWELL 2007, BLANCO & ECTOR 2009, T-KRASZNAI *et al.* 2014). Tömeges elszaporodása esetén a sejtek által kiválasztott kocsonyás polimerháló akár több centiméter vastag és több kilométer hosszú szőnyeget is alkothat az aljazaton (SPAULDING & ELWELL 2007, BLANCO & ECTOR 2009). A tömeges előfordulás az adott terület táplálékhálózatának felborulásához vezethet, csökkentve több élőlénycsoport (vízi makrogerinctelenek, halak) élő- és szaporodóhelyeit, alapjaiban veszélyeztetve a közösség biodiverzitását (MUNDIE & CRABTREE 1997, JÓNSSON *et al.* 2000, BROWN 2008, BLANCO & ECTOR 2009).

1. táblázat. A *Didymosphenia geminata* ismert előfordulási helyei Magyarországon
(a táblázat az Országos Környezetvédelmi Információs Rendszer irataiban használt struktúrát követi)
Table 1. The known localities of *D. geminata* in Hungary

| | Előfordulás helye | Hidromorfológiai típus | | | |
|----|--------------------------------------|---|---|---|---------------|
| | | Meder anyaga ^{vf/} méret (km ²) ^{áv} | Vízgyűjtő mérete ^{vf/} /átlagos vízmélység (m) ^{áv} | Meder esése ^{vf/} vízforgalom ^{áv} | Elnevezés |
| 1 | Tisza: Tiszabecs | durva | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 2 | Tisza: Záhony | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 3 | Tisza: Zemplénagárd | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 4 | Bodrog: Sátoraljaújhely | közepes-finom | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 5 | Tisza: Tiszakeszi | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 6 | Egyeki Holt-Tisza: Egyek | kicsi | sekély | állandó | holtmeder |
| 7 | Keleti-főcsatorna: Balmazújváros | közepes-finom | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 8 | Fekete-Körös: Sarkad | közepes-finom | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 9 | Kettős-Körös: Mezőberény | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 10 | Maros: Szeged | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 11 | Tisza: Tiszasziget | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 12 | Maros: Makó | közepes-finom | nagyon nagy | kicsi | nagy folyó |
| 13 | Duna: Rajka | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 14 | Duna, Helenai-ág: Dunakiliti | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 15 | Duna: Dunakiliti, fenékküszöb felett | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 16 | Duna: Dunakiliti, fenékküszöb alatt | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 17 | Duna, Szigeti-ág: Doborgazsziget | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 18 | Duna: Cíkolasziget | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 19 | Duna: Dunasziget | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 20 | Duna: Dunaremete | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 21 | Duna, Ásványi ág | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 22 | Lajta: Hegyeshalom | durva | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 23 | Lajta: Mosonmagyaróvár | durva | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 24 | Mosoni-Duna: Feketeerdő | durva | közepes | kicsi | kis folyó |
| 25 | Mosoni-Duna: Mecsér | durva | nagy | kicsi | közepes folyó |
| 26 | Mosoni-Duna: Vének | durva | Duna méret | kicsi | folyam |
| 27 | Duna: Komárom | közepes-finom | Duna méret | kicsi | folyam |

Haematococcus pluvialis Flotow

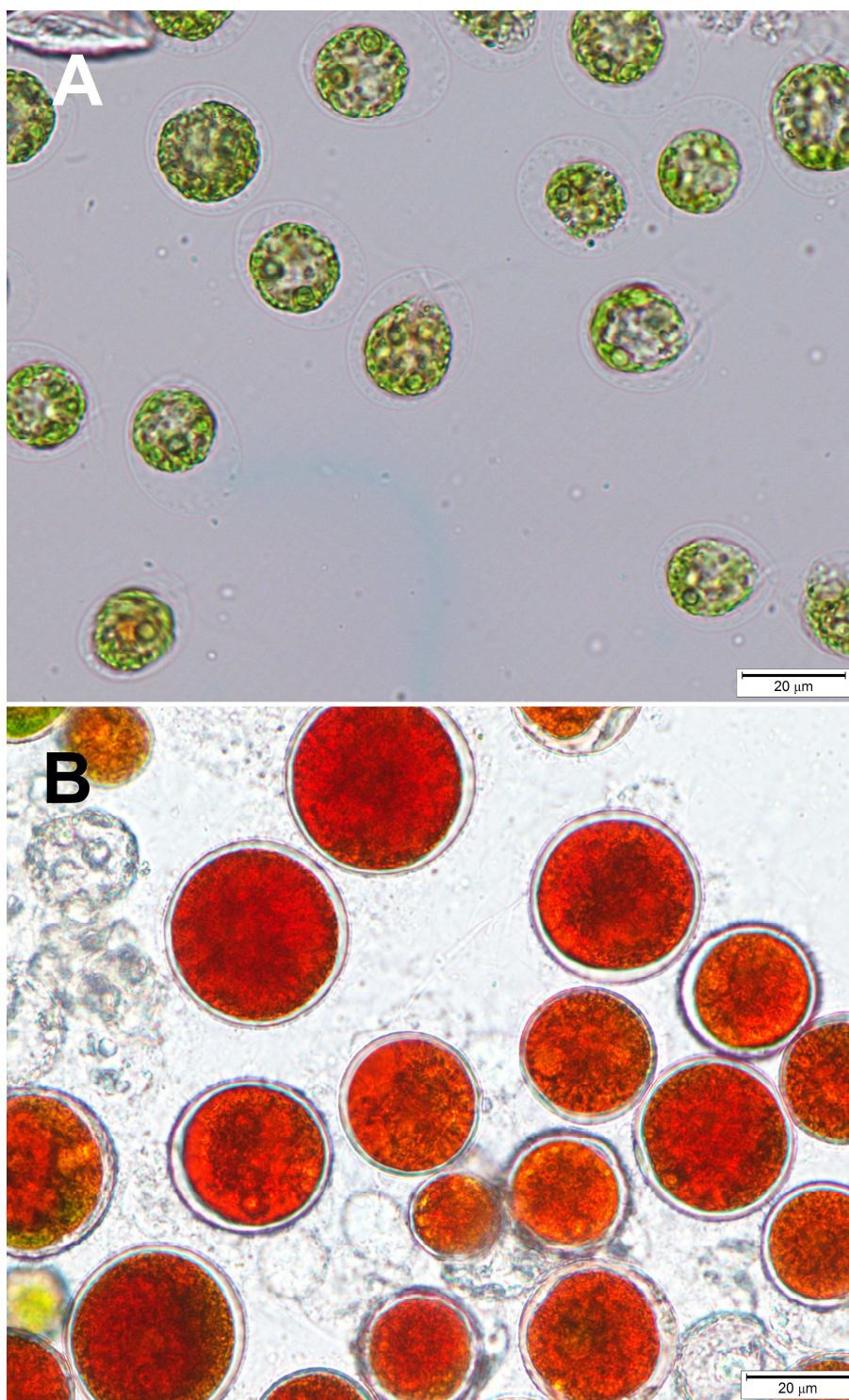
A *Haematococcus pluvialis* zöldalga sejtek jellemzően gömb, vagy ellipszis alakúak, átlátszó, kiterjedt nyálkás sejtfallal (JOHN *et al.* 2002) (3. ábra). A vegetatív sejtek ostorosak, színük a domináns fotoszintetikus pigmentek miatt általában zöld (3. ábra A). A vegetatív sejtek kedvezőtlen körülmények között mozgásképtelen, vastag sejtfalú, a megváltozott színanyag-összetétel miatt piros színű aplanospórává, más néven cisztává alakulnak (KOBAYASHI & OKADA 2000, JOHN *et al.* 2002, FÁBREGAS *et al.* 2003, EVENS *et al.* 2008) (3. ábra B).

A *Haematococcus pluvialis* kozmopolita zöldalga faj (PROCTOR 1957, JOHN *et al.* 2002). Érdekessége, hogy rendszerint tömegesen fordul elő időszakos kisvizekben, élénkpiros színűre színezve azokat (JOHN *et al.* 2002). Az időszakos vizekhez kötött jellegéből adódóan hazai elterjedésére vonatkozóan jobbára csak szórványos adatokkal rendelkezünk (2. táblázat; FELFÖLDY 1985, BORICS *et al.* 1998, BÁCSI *ex verb.* 2014), ugyanakkor hazai előfordulását már Kol Erzsébet, egykori híres algakutatónk is leírta. A néphagyományban „véres vizek”-ként említett vízszíneződésért általában a *H. pluvialis* felelős. E jelenség itatókban, madárfürdőkben, a legkisebb esővízzel töltött mélyedésekben, temetői vázákban is előfordulhat (PROCTOR 1957, JOHN *et al.* 2002).

2. táblázat. A *Haematococcus pluvialis* ismert hazai előfordulási helyei
Table 2. The known localities of *H. pluvialis* in Hungary

| Előfordulás helye | |
|----------------------|--|
| Balaton | jégen gyűjtött víz |
| Tihany | partmenti litotelmák; kerítésen lévő cserépmélyedésben |
| Fertő | - |
| Duna | - |
| Budapest | szökőkút, épületek vázai, stb. |
| Pécsely-patak | |
| Szakadékvölgyi kőhíd | litotelma |
| Budapest | vízmű |
| Baja | laboratóriumi akvárium |
| Debrecen | laboratóriumi Erlenmeyer-lombik |
| Debrecen | erkélyen vízgyűjtő tál |

A *H. pluvialis* a jelen pillanatban ismert leggazdagabb természetes forrása az asztaxantin nevű karotinoid pigmentnek, amit az egyik legerősebb antioxidánsként tartanak számon (HORVÁTH 2015). Az asztaxantin termelés első és egyik legfontosabb lépése során a zöld színű vegetatív sejteket stresszhatásnak teszik ki, melynek következtében azok karotinoidokban gazdag, piros színű cisztákká alakulnak (EVENS *et al.* 2008). A karotinképzést és -felhalmozást kiváltó stressz igen sokféle lehet: erős, vagy éppen nagyon gyenge fényklíma (STEINBRENNER & LINDEN 2001, KATSUDA *et al.* 2006, LI *et al.* 2010); a tápanyag mennyisége és minősége (FÁBREGAS *et al.* 2003, OROSA *et al.* 2005, KANG *et al.* 2006, 2007, 2010), valamint a sótartalom és pH megváltoztatása (HATA *et al.* 2001, SARADA *et al.* 2002).



3. ábra. (A) A *Haematococcus pluvialis* vegetatív sejtjei és (B) ciszta állapota
(Bácsi István felvételei)

Fig. 3. (A) Vegetative cells and (B) cysts of *H. pluvialis* (photos by I. Bácsi)

Az ipari mértékben előállított asztaxantint az élelmiszer-, gyógyszer-, kozmetika-, valamint a takarmányipar is hasznosítja (LORENZ & CYSEWSKI 2000, CHOI *et al.* 2011, LENNIKOV *et al.* 2012). Az asztaxantin védelmet nyújt az UV károsító hatásával szemben, valamint jelentős gyulladáscsökkentő, ill. immunerősítő hatása van (KOBAYASHI & OKADA 2000). Ez utóbbi magyarázza a széleskörű felhasználási lehetőségeit a humánegészségügy területén is (LORENZ & CYSEWSKI 2000, FÁBREGAS *et al.* 2001, DOMÍNGUEZ-BOCANEGRA *et al.* 2007, CHOI *et al.* 2011, TOCQUIN *et al.* 2012). Az állati takarmányozásban pedig elsődlegesen mint színezőanyagot használják (pl. lazachús és tojássárga színintenzitásának növelése - LORENZ & CYSEWSKI 2000).

Prymnesium parvum N. Carter

A *Prymnesium parvum* (aranyalga) mixotróf anyagcserét folytató Haptophyta algafaj (LARSEN *et al.* 1997). Két azonos hosszúságú mozgékony ostora a mozgásban, a harmadik, rövidebb merev középső ostor (haptonéma) pedig feltehetően a táplálékszerzésben, és/vagy a sejt rögzülésében játszik szerepet (LARSEN *et al.* 1997) (4. ábra). Jellegzetessége a két aranyárga színű színtest, mely klorofill mellett nagy mennyiségben tartalmaz járulékos színyanyagokat is, mint például fukoxantint és karotinoidokat. Tömeges megjelenésekor a faj járulékos pigmentjeinek köszönhetően intenzív sárgára „színezi” a vizet (innen ered az aranyalga név; LARSEN *et al.* 1997).

A *P. parvum* más algafajokkal ellentétben pl. a tápanyag-tartalom csökkenésével, a fényintenzitás, a sótartalom, vagy a vízhőmérséklet hirtelen megemelkedésével szaporodhat el tömegesen (vízvirágzás), amely során mérgező vegyületeket (toxintokat) bocsáthat a víztérbe (GRANÉLI *et al.* 2012, ROELKE *et al.* 2016). Ezen allelopatikus hatású vegyületeknek köszönhetően nemcsak a planktonikus algaközösség taxonómiai összetétele változhat meg (például más toxintermelő fajok egyedszámának, ill. toxintermelő képességének megváltozása), hanem a zooplankton közösségeké, ill. a makroszkopikus gerinctelen állatoké is. Ezek a változások pedig már a teljes táplálékhálózatot negatívan befolyásolhatják (GRANELI *et al.* 2007).

A faj elsődlegesen a sós-, ill. brakkvizekben fordul elő (EDVARSDEN *et al.* 1998); az elmúlt 30 évben azonban egyre több alkalommal jelentették hazai, dél-kelet-magyarországi kisebb tavakból. Az előfordulási helyek közös jellemzője a nagy sótartalom, magas vezetőképesség (2500–15000 $\mu\text{S cm}^{-1}$), lúgos pH (8,3–10), az agyagos-szikes jelleg és a közepes vízmélység (2–5 m). Ennek megfelelően hazai előfordulása elsősorban agyagbánya tavakban valószínűsíthető (VASAS *et al.* 2007, 2012, VASAS 2014) (4. ábra, 3. táblázat).

A *P. parvum* tömeges elszaporodásakor kibocsátott toxinok igen komoly gazdasági problémákat (például halpusztulást) okozhatnak (VASAS *et al.* 2007, 2012, GRANÉLI *et al.* 2012). Mivel a toxikus anyagcseretermékek igen sokfélék lehetnek, a kifejtett hatás is igen összetett (VASAS *et al.* 2007, 2012): antibakteriális, májkárosító, idegrendszer károsító, vagy sejtkárosító (TOMAS *et al.* 2002, VASAS *et al.* 2012). Fontos hangsúlyozni, hogy a vízi gerincesek közül elsődlegesen a halakra van közvetlen hatással (SHILO 1981).



4. ábra. A *Prymnesium parvum* magyarországi elterjedése
 Fig. 4. The distribution of *P. parvum* in Hungary

3. táblázat. A *Prymnesium parvum* előfordulási helyei Magyarországon
 Table 3. The known localities of *P. parvum* in Hungary

| Előfordulás helye | Hidromorfológiai típus | | |
|--------------------------------------|------------------------|-------|-------------|
| | Geokémiai jellege | Méret | Vízforgalom |
| 1 Téglagyári Öreg-tó: Hajdúszoboszló | meszes | kicsi | állandó |
| 2 Halastó: Kisújszállás | meszes | kicsi | állandó |
| 3 Pankota-tó: Szentes | agyagos-szikes | kicsi | állandó |
| 4 Kovács-tó: Sándorfalva | agyagos-szikes | kicsi | állandó |
| 5 Téglagyári-tavak: Szeged | agyagos-szikes | kicsi | állandó |
| 6 Téglagyári Dögös-tó: Makó | agyagos-szikes | kicsi | állandó |
| 7 Horgásztó: Battonya | agyagos-szikes | kicsi | állandó |

Az első év pozitív tapasztalatait alapul véve az Algológus Fórum a jövőben minden évben megtartja az „Év Algája” internetes szavazást, remélve, hogy jelen algavilágot bemutató közönség-szavazás egyre több fórumon jelenik majd meg, hozzájárulva a mikroszkopikus világ hazai, szélesebb társadalmi réteget lefedő népszerűsítéséhez.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani minden kollégánknak, akik hozzájárultak az „Év Algája” kezdeményezés elindításához, illetve jelen munka elkészítéséhez. A térképek elkészítésében való közreműködést köszönjük Matkó Andreának, Holló Ildikónak, Nagy Katalinnak, Vasas Gábornak, Kovács Krisztiánnak és Török Ferencnek.

Irodalomjegyzék

- ÁCS É., SZABÓ K., KISS K. T. & HINDÁK F. (2003): Benthic algal investigations in the Danube river and some of its main tributaries from Germany to Hungary. – *Biologia* 58: 545–554.
- BACKHAUS D. (1968): Ökologische Untersuchungen an Aufwuchsalgen der obersten Donau und ihrer Quellflüsse, III. Die Algenverteilung und ihre Beziehung zur Milieuofferte. – *Archiv für Hydrobiologie* 34: 130–149.
- BLANCO S. & ECTOR L. (2009): Distribution, ecology and nuisance effects of the freshwater invasive diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt: a literature review. – *Nova Hedwigia* 88 (2–3): 347–422.
- BROWN C. A. (2008): Changes in the composition and growth of invertebrates in rocky mountain streams due to blooms of the nuisance diatom *Didymosphenia geminata*. – *NABS 56th Annual Meeting* (25–28 May, 2008), Salt Lake City.
- BORICS G., FEHÉR G. & SCHMIDT A. (1998): Hydrochemical data for mass occurrence of *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae) – *Biologia Bratislava* 53: 495–497.
- BUCZKÓ K. (2010): Sixteen years of diatom monitoring of Szigetköz region of Danube – An illustrated Diatom Checklist of the Szigetköz region, Hungary. – In: KUSBER W. H. & JAHN R. (eds), *Abstracts of the 4th Central European Diatom Meeting*, 12–14. March 2010. Reichenau/Bodensee, Botanical Garden and Botanical Museum Berlin–Dahlem, pp. 9–10.
- CARTER N. (1937): New or interesting algae from brackish water. – *Archiv für Protistenkunde* 90: 1–68.
- CHOI Y-E., YUN Y-S., PARK J. M. & YANG J-W. (2011): Determination of the time transferring cells for astaxanthin production considering two-stage process of *Haematococcus pluvialis* cultivation. – *Bioresource Technology* 102: 11249–11253.
- DOMÍNGUEZ-BOCANEGRA A. R., PONCE-NOYOLA T. & TORRES-MUNOZ J. A. (2007): Astaxanthin production by *Phaffia rhodozyma* and *Haematococcus pluvialis*: a comparative study. – *Applied Microbiology Biotechnology* 75: 783–791.
- EDVARDSEN B. & PAASCHE E. (1998): Bloom dynamics and physiology of *Prymnesium* and *Chrysochromulina*. – In: ANDERSON D. M., CEMBELLA A. D. & HALLEGRAEFF G. M. (eds), *The Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Springer Verlag, Heidelberg, pp. 193–208.
- EVENS T. J., NIEDZ R. P. & KIRKPATRICK G. J. (2008): Temperature and irradiance impacts on the growth, pigmentation and photosystem II quantum yields of *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae). – *Journal of Applied Phycology* 20: 411–422.
- FÁBREGAS J., OTERO A., MASEDA A. & DOMÍNGUEZ A. (2001): Two-stage cultures for the production of Astaxanthin from *Haematococcus pluvialis*. – *Journal of Biotechnology* 89: 65–71.
- FÁBREGAS J., DOMÍNGUEZ A., MASEDA A. & OTERO A. (2003): Interactions between irradiance and nutrient availability during astaxanthin accumulation and degradation in *Haematococcus pluvialis*. – *Applied Microbiology Biotechnology* 61: 545–551.
- FELFÖLDY L. (1985): A zöldalgák Phytomonadina csoportjának kishatározója. – In: FELFÖLDY L. (szerk.), *Vízügyi Hidrobiológia* 14. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, pp. 105–106.
- FLOTOW J. von (1844): Beobachtungen über *Haematococcus pluvialis*. – *Verhandlungen der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher* 12: 413–606, 3 pls.
- GRANÉLI E., SALOMON P. S. & FISTAROL G. O. (2008): The role of allelopathy for harmful algae bloom formation. – In: EVANGELISTA V., BARSANTI L., FRASSANITO A. M., PASSARELLI V. & GUALTIERI P. (eds), *Algal Toxins: Nature, Occurrence, Effect and Detection*. NATO Science for Peace and Security Series A: Chemistry and Biology. Springer-Verlag, The Netherlands, pp. 159–178.
- GRANÉLI E., EDVARDSEN B., ROELKE D. L. & HAGSTRÖM J. A. (2012): The ecophysiology and bloom dynamics of *Prymnesium* spp. – *Harmful Algae* 14: 260–270.
- GRETZ M. R., RICCIO M. L., KIEMLE S. N., DOMOZYCH D. S. & SPAULDING S. A. (2007): *Didymosphenia geminata* as a nuisance diatom: runaway stalk production results in mats with significant environmental impact. – *Journal of Phycology* 43 (Suppl.): 16.
- HATA N., OGBONNA J. C., HASEGAWA Y., TARODA H. & TANAKA H. (2001): Production of astaxanthin by *Haematococcus pluvialis* in a sequential heterotrophic-photoautotrophic culture. – *Journal of Applied Phycology* 13: 395–402.

- HORVÁTH E. (2015): *A Haematococcus pluvialis és az astaxanthin*. – Szakdolgozat, Debreceni Egyetem, 48. pp.
- HUSTEDT F. (1930): Bacillariophyta (Diatomeae). – In: PASCHER A. (ed.), *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas 10* (ed. 2), Gustav Fischer, Jena, pp. 1–466.
- JOHN D. M., WHITTON B. A. & BROOK A. J. (2002): *The Freshwater Algal Flora of the British Isles: An Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae*. – Cambridge University Press, Cambridge.
- JÓNSSON G. S., JÓNSSON I. R., BJÖRNSSON M., & EINARSSON S. M. (2000): Using regionalization in mapping the distribution of the diatom species *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schmidt in Icelandic rivers. – *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27: 340–343.
- KANG C. D., AN J.Y., PARK T.H. & SIM S. J. (2006): Astaxanthin biosynthesis from simultaneous N and P uptake by the green alga *Haematococcus pluvialis* in primary- treated wastewater. – *Biochemical Engineering Journal* 31: 234–238.
- KANG C. D., LEE J. S., PARK T. H. & SIM S. J. (2007): Complementary limiting factors of astaxanthin synthesis during photoautotrophic induction of *Haematococcus pluvialis*: C/N ratio and light intensity. – *Applied Microbiology Biotechnology* 74: 987–994.
- KANG C. D., Han S. J., Choi S.P. & SIM S. J. (2010): Fed-batch culture of astaxanthin-rich *Haematococcus pluvialis* by exponential nutrient feeding and stepwise light supplementation. – *Bioprocess Biosystems Engineering* 33: 133–139.
- KATSUDA T., SHIMAHARA K., SHIRAIISHI H., YAMAGAMI K., RANJBAR R. & KATOH S. (2006): Effect of flashing light from blue light emitting diodes on cell growth and astaxanthin production of *Haematococcus pluvialis*. – *Journal of Bioscience and Bioengineering* 102: 442–446.
- KILROY C. (2004): A new alien diatom, *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt: its biology, distribution, effects and potential risks for New Zealand fresh waters. – *NIWA Client Report CHC 2004-128*, Christchurch.
- KILROY C., SNELDER T. & SYKES J. (2005): Likely environments in which the nonindigenous freshwater diatom, *Didymosphenia geminata*, can survive, in New Zealand. – *National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd*, Christchurch.
- KOBAYASHI M. & OKADA T. (2000): Protective role of astaxanthin U.V.-B irradiation in the green alga *Haematococcus pluvialis*. – *Biotechnology Letters* 22: 177–181.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H. (1997): Bacillariophyceae 1. Teil: Naviculaceae. – In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier, Heidelberg, 876 pp.
- LARSEN A. & MEDLIN L. K. (1997): Inter- and intraspecific genetic variation in twelve *Prymnesium* (Haptophyceae) clones. – *Journal of Phycology* 33: 1007–1015.
- LENNIKOV A., NOBUYOSHI K. & RISA FUKASE (2012): Amelioration of ultraviolet-induced photokeratitis in mice treated with astaxanthin eye drops. – *Molecular Vision* 18: 455–64.
- LI Y., SOMMERFELD M., CHEN F. & HU Q. (2010): Effect of photon flux densities on regulation of carotenogenesis and cell viability of *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae). – *Journal of Applied Phycology* 22: 253–263.
- LORENZ R. T. & CYSEWSKI G. R. (2000): Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a neutral source of astaxanthin. – *Trends in Biotechnology* 18: 160–167.
- SCHMIDT M. (1899): Plates 213–216. – In: SCHMIDT A. (ed.), *Atlas der Diatomaceenkunde*. Leipzig: R. Reisland.
- MUNDIE J. H. & CRABTREE D. G. (1997): Effects on sediments and biota of cleaning a salmonid spawning channel. – *Fisheries Management and Ecology* 4: 111–126.
- OROSA M., FRANQUEIRA D., CID A. & ABALDE J. (2005): Analysis and enhancement of astaxanthin accumulation in *Haematococcus pluvialis*. – *Bioresource Technology* 96: 373–378.
- PADISÁK J., BORICS G., FEHÉR G., GRIGORSZKY I., OLDAL V., SCHMIDT A. & ZÁMBÓNÉ-DOMA ZS. (2003): Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. – *Hydrobiologia* 502: 157–168.
- PROCTOR V. W. (1957): Some controlling factors in the distribution of *Haematococcus pluvialis*. – *Ecology* 38: 457–462.

- ROELKE D. L., BARKOH A., BROOKS B. W., GROVER J. P., HAMBRIGHT K. D., LACLAIRE II J. W., MOELLER P. D. & PATINO R. (2016): A chronicle of a killer alga in the west: ecology, assessment, and management of *Prymnesium parvum* blooms. – *Hydrobiologia* 764: 29–50.
- SARADA R., TRIPATHI U. & RAVISHANKAR G. A. (2002): Influence of stress on astaxanthin production in *Haematococcus pluvialis* grown under different culture conditions. – *Process Biochemistry* 37: 623–627.
- SHILO M. (1981): The toxic principles of *Prymnesium parvum*. – In: CARMICHAEL W. W. (ed.), *The Water Environment. Algal Toxins and Health*. Plenum Press, New York, pp. 37–47.
- SPAULDING S. A. & ELWELL L. (2007): Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata*. – *Open-file report 2007-1425*. U.S. Geological Survey, Denver, Colorado.
- STEINBRENNER J. & LINDEN H. (2001): Regulation of Two Carotenoid Biosynthesis Genes Coding for Phytoene Synthase and Carotenoid Hydroxylase during Stress-Induced Astaxanthin Formation in the Green Alga *Haematococcus pluvialis*. – *Plant Physiology* 125: 810–817.
- SZABÓ E. K., KISS K. T., TABA G. & ÁCS É. (2005): Epiphytic diatoms of the Tisza River, Kisköre Reservoir and some oxbows of the Tisza River after the cyanide and heavy metal pollution in 2000. – *Acta Botanica Croatica* 64: 1–46.
- T-KRASZNAI E., B-BÉRES V., KÓKAI ZS., BUCZKÓ K., BALOGH CS. & TÖRÖK P. (2014): Adatok kilenc adventív, vagy invazív alga hazai előfordulásához. – *Kitaibelia* 19: 11–21.
- TOCQUIN P., FRATAMICO A. & FRANCK F. (2012): Screening for a low-cost *Haematococcus pluvialis* medium reveals an unexpected impact of a low N/P ratio on vegetative growth. – *Journal of Applied Phycology* 24: 365–373.
- TOMAS C. R., GLASS J., RALPH J. & LEWITUS A. (2002): Blooms of the ichthyotoxic C flagellate *Prymnesium parvum* in U.S. waters: an emerging or a perennial problem? – *Harmful Algae* 1(369370). p. 6.
- VASAS G. (2014): *Algavirágzások környezetterhelése és toxinjainak variabilitása*. – MTA doktori értekezés tézisei, 34 pp.
- VASAS G., BORICS G., MIKÓNÉ-HAMVAS M., NAGY-LÁSZLÓ ZS., BÁCSI I. & BORBÉLY GY. (2007): *Prymnesium parvum* (Carter) algavirágzás és halpusztulás a hajdúszoboszlói Öregtávon, - az első toxikus eukarióta algavirágzás észlelése Magyarországról. – *Hidrológiai Közöny* 87: 183–185.
- VASAS G., M-HAMVAS M., BORICS G., GONDA S., MÁTHÉ CS. & NAGY-LÁSZLÓ ZS. (2012): Occurrence of a toxic *Prymnesium parvum* bloom with high protease activity is related to fish mortality in Hungarian ponds – *Harmful Algae* 17: 102–110.

Hivatkozott világháló oldalak

- [1] ANONYM. (2016): *Algológus Fórum*. <http://hungarian-phycologist.blogspot.hu> (Hozzáférés: 2016. 01. 16.)
- [2] BUCZKÓ K. (2005): Benthic diatoms. Phytobenthos. http://www.szigetkozi-monitoring.hu/konferencia_2005/buczko_index_uk.htm (Hozzáférés: 2016. 01. 16.)

Beérkezett / received: 2016. 01. 17. • Elfogadva / accepted: 2016. 05. 01.