

A MAGYAR ÖKOLÓGIA EREDMÉNYEI

Botta-Dukát Zoltán¹, Bókony Veronika², Borics Gábor³, Erős Tibor⁴, Kovács-Hostyánszki Anikó¹, Lengyel Szabolcs³, Liker András⁵, Rózsa Lajos⁶, Török Péter⁷, Padisák Judit⁸

¹ Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézet

² Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet Lendület Evolúciós Ökológiai Kutatócsoport

³ Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet

⁴ Balatoni Limnológiai Kutatóintézet

⁵ Pannon Egyetem, Természettudományi Központ, Viselkedésökológia Kutatócsoport

⁶ Ökológiai Kutatóközpont, Evolúciótudományi Intézet

⁷ Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék

⁸ Pannon Egyetem, Természettudományi Központ, Limnológia Kutatócsoport

I. Elméleti ökológia, evolúcióbiológia, viselkedésökológia, ökofiziológia

1. Elméleti ökológia

A hazai elméleti ökológia gyökerei Juhász-Nagy Pál munkásságára vezethetők vissza, nagymértékben erre támaszkodik a mai magyar ökológia fogalomrendszere és logikai megalapozása [Juhász Nagy, 1986]. Később mindez erős evolúciós szemlélettel egészült ki, így a hazai kutatók a közelmúltban egy nemzetközileg is jelentős összefoglaló művet alkottak a darwini szemléletű ökológia terén [Pásztor et al., 2016]. Kutatóink számos olyan biostatistikai eljárást fejlesztettek ki, melyeket világszerte használnak a populációk és társulások szerkezetének és működésének leírására [Botta-Dukát, 2005; Czárán & Bartha, 1992; Izsák & Papp, 2000; Podani, 2001; Podani & Schmera, 2011; Rózsa et al., 2000; Tóthmérész, 1995].

2. Evolúcióbiológia

A földi élet megjelenése óta növekszik az élővilág összetettsége, komplexitása. E folyamatban kiemelt jelentőséggel bírtak egyes „nagy ugrások”, mint pl. az eukarióta sejtek, az ivaros szaporodás, a többsejtűség, az euszocialitás illetve az emberi társadalmak megjelenése. E nagy evolúciós átmenetek megértésében kiemelkedő szerepet játszottak hazai kutatók [Maynard Smith & Szathmáry, 1995; Szathmáry et al., 1995; Szathmáry, 2015]. Az ivaros szaporodás következménye egy sajátos evolúciós hatóerő, az ivari szelekció. E folyamat okainak és következményeinek megértéséhez a magyar kutatók is jelentősen hozzájárultak, pl. az ivari dimorfizmus, az ivar determinációs rendszerek és az utódgondozás evolúciója terén [Fairbairn et al., 2007; Liker et al., 2005; Pipoly et al., 2015]. Szintén kiemelkedő eredményeket értek el a növények és növényevő rovarok evolúciós kapcsolatának elemzésében [Jermy, 1984]. Elméleti tanulmányokban elemezték a térbeli diszperzió és a lokális adaptáció kapcsolatát [Kisdi, 2002], valamint a különféle evolúciós stratégiák sikerességének kapcsolatát az adaptációval és a fajképződéssel [Geritz et al., 1998]. Elemezték a génekre alapozott törzsfák és a fajok törzsfái közti megfelelést, áttekintették az eltérések lehetséges okait [Szöllősi et al., 2015]. Feltárták a fenotipikus memória által változó környezetben biztosított adaptív előnyöket [Jablonka et al., 1995]. Megmutatták, hogy a baktériumok által egymás kiszorítása céljából

kiválasztott hatóanyagok hogyan növelik a baktérium-közösségek diverzitását [Czárán et al., 2002].

3. Viselkedésökológia

Hazai kutatók jelentős eredményeket értek el az állati és emberi viselkedés evolúciója és ökológiája terén. Számszerűsítették a csoportok képződésének dinamikáját, a méretük és összetételük hatását alkalmazkodóképességükre [Palla et al., 2007], valamint a hierarchikus viszonyok szerepét a csapatok mozgásának koordinációjában [Nagy et al., 2010]. Felismerték a szemkontaktus szerepét az ember és kutya közti kapcsolatokban [Miklósi et al., 2003], és jelentős összefoglaló művet közöltek a kutya evolúciója, ökológiája és viselkedése tárgyában [Miklósi, 2007]. Játékelméleti modellekkel kutatták szociális viselkedési stratégiák adaptív értékét és stabilitását [Barta & Giraldeau, 1998].

4. Ökofiziológia

Felismerték egyes kínai gyógynövényeknek a halak immunrendszerére gyakorolt hatásait [Yin et al., 2006, 2009]. Fajok közti komparatív elemzésben vizsgálták a vadon élő madarak plazma kortikoszteron szintje és szaporodási stratégiái közötti kapcsolatot [Bókonyi et al., 2009]. Kimutatták, hogy egyes, vízvirágzást okozó kékalga fajok kompetitív sikerének fontos kulcsa azok foszforfelvételi és -raktározási képessége [Istvánovics et al., 2008].

II. Társulásökológia

A közösségi ökológia hagyományosan erős kutatási terület a magyar ökológián belül. Ebben kiemelkedő szerepet játszott Juhász-Nagy Pál és Fekete Gábor valamint tanítványaik munkássága. A közösségi ökológia fő célkitűzése annak megértése, hogy mi teszi lehetővé a fajok együttélését, mi határozza meg egy-egy helyen az élőlényközösségek összetételét, hogyan, milyen szabályok szerint szerveződnek ezek a közösségek. Az ökológusokat régóta izgató kérdésre, hogy miért élhet együtt egy planktonikus közösségben olyan sok faj, úgy találtak választ, hogy eredetileg a szárazföldi közösségekre kidolgozott közepes zavarási hipotézist alkalmazták ezen a területen is. Ez a hipotézis a zavarás után gyorsan felszaporodó, de hosszabb zavarás mentes időszakokban lassanként kiszoruló r-stratégista, és a zavarást kevésbé tűrő, de jobb kompetitor K-stratégista fajok együttélését, és ebből adódóan a közösség magas fajszámát jósolja közepes gyakoriságú zavarások esetén [Reynolds et al., 1993, Sommer et al., 1993]. Ez az elmélet a fajok két tulajdonságán – zavarás tűrésén és kompetíciós képességén – alapuló csoportok eltérő viselkedésével magyarázza együttélésüket. A csoportosításba azonban ennél több szempont (morfológiai és élettani tulajdonságok) is bevonható un. funkcionális csoportokat hozva létre. Ezek alkalmazásában az algaközösségek esetén a magyar ökológusok nemzetközi szinten is élen jártak. Munkáik igazolták, hogy a csoportok alkalmazásával egyrészt a vízi ökoszisztémák működése átláthatóbbá válik, másrészt a csoportok segítik az ökológiai állapotértékelés gyakorlatát [Padisák et al. 2006, 2009]. A megközelítés további kiterjesztését jelentik a jelleg-alapú vizsgálatok, amelyek a hagyományos taxonómiai alapú csoportok kialakítása helyett minden fajt több funkcionális tulajdonsággal jellemeznek, és a közösség leírására a fajösszetétel helyett ezeknek a jellegeknek az eloszlását, átlagát, változatosságát használják [Salmaso & Padisák, 2007]. Az utóbbi években számos ilyen hazai vizsgálat folyt mind a vízi, mind a szárazföldi közösségekben.

Az új, jelleg alapú megközelítés új módszereket is igényelt, amelyek kidolgozásában a magyar ökológusok is tevékenyen részt vettek, főleg a közösségek sokféleségének mérése területén, ahol az ökológiai memóriát [Padisák, 1992] képviselő ritka fajok megfelelő súlyozása [Tóthmérész, 1995] és a jelleg adatok felhasználása [Botta-Dukát, 2005].

A közösségek összetételét a helyi tényezők mellett a tágabb táji környezet is befolyásolja. Futóbogarak esetében kimutatták, hogy az erdőszegély egy fontos élőhely, amelynek gazdagságát részben saját specialista fajai, részben a két szomszédos élőhely itt is megélt generalista fajai adják [Magura et al., 2001]. Ez a szegély-hatás jelentősen eltorzíthatja az egyébként az ökológia egyik alaptörvényének számító fajszám-area összefüggést [Lövei et al., 2016]. Táji léptékben a populációk a számukra megfelelő élőhelyi foltok hálózatában, az ú.n. meta-közösségben élnek. Míg a klasszikus meta-közösség leírás figyelmen kívül hagyja a foltok térbeli helyzetét, az újabb megközelítések már ezt is figyelembe veszik [Erős et al., 2012]. A meta-közösség térbeli szerkezetét is figyelembe vevő jelleg alapú vizsgálatokkal számszerűsíthető a helyi környezet és a térbeli terjedés élőlénycsoportonként eltérő fontossága [Erős et al., 2012]. Ezzel a módszerrel bizonyították, hogy csak a vízi élőlények egy részére igaz az a hipotézis, hogy a folyóvizek felső szakaszán elsősorban a helyi körülmények határozzák meg a közösség összetételét, és lefelé haladva egyre fontosabbak a terjedés és a táji környezet [Schmera et al., 2018]. Még nagyobb térléptékben, növényföldrajzi skálán újragondolták a Kárpát-medence növényföldrajzi felosztását [Molnár et al., 2018], a pannonvegetáció határait [Fekete et al., 2014, 2016], amihez az alapot a természetes vegetáció első országos felmérése jelentette (www.novenyzetiterkep.hu).

III. Alkalmazott ökológiai témák 1.

1. Konzervációbiológia, tájhasználat

A biológiai sokféleség (biodiverzitás) védelmét segítő konzervációbiológiai kutatások kimutatták, hogy az élőhelyi sokféleség fontosabb lehet a faji szintű diverzitás kialakításában, mint a jól ismert fajszám-terület összefüggés [Báldi, 2008]. Tájföldrajzi vizsgálatok felhívták a figyelmet a kisparcellás hagyományos gazdálkodás szerepére a biodiverzitás megőrzésében [Babai & Molnár, 2014] és az egykori Vasfüggöny és a katonai gyakorlóterek máig tartó hatására a tájhasználat alakulásában [Batáry et al., 2014; Vad et al., 2014]. Az élőhelyfragmentáció és a szegélyhatás negatív hatásait több rendszeren igazolták, például erdőgyep átmenetek [Magura, 2002; Lövei et al., 2005] és kurgánok [Deák et al., 2016] esetén. Az urbanizáció madarak esetében gyors testméret-változással [Liker et al., 2008], rovarközösségek esetében a specialista fajok visszaszorulásával jár [Magura et al., 2010]. Az élőhely-restaurációs kutatások hangsúlyozták a fenntarthatóság és a jövőbeli változásokra reagálás szükségességét [Choi et al., 2010] és több példával szolgáltattak sikeres restaurációkra, pl. gyepek esetén [Török et al., 2010]. Parlagok szukcesszióját vizsgálva kimutatták, hogy a zárt gyepekre nehezen telepednek meg új fajok, de amikor az aszály miatt csökken a borítás, akkor kolonizációs ablakok nyílnak, és gyakran jelentősen megváltozik a vegetáció összetétele. Ezek a kolonizációs ablakok egyben a restaurációs beavatkozások legalkalmasabb időszakai is [Bartha et al., 2003]. A fragmentált élőhelyek közötti térbeli kapcsolatok hálózat-alapú értékelésével rámutattak az élőhely-folyosók jelentőségére [Jordán et al., 2003]. Több élőlénycsoport vizsgálatával kimutatták, hogy a természetvédelmi kezelés jelentősen javíthatja az erdők állapotát [Ódor et al., 2006], de a kezelések hatása függ a környező táj adottságaitól, a tájszerkezettől [Batáry et al., 2010; 2012]. Európai léptékű összehasonlítással megalapozták a biodiverzitás-monitorozó rendszerek továbbfejlesztését [Lengyel et al., 2008].

2. Agroökológia, invázióbiológia

Az ember környezet-átalakító tevékenységének következtében a világ számos régiójában a korábban jellemző természetes ökoszisztémákat agrárökoszisztémák váltották fel. Az agrárökoszisztémák egészséges működése és fenntarthatósága szempontjából kiemelten fontos

a táji biodiverzitás fenntartása, a meglévő természetes ökoszisztémák egészséges működése és összekapcsoltsága [Stoate et al., 2011], a természetes élőhelyek mennyisége, az egyes élőhelymozaikok tájleptékű konfigurációja és diverzitása. Jelentős magyar részvétellel zajló vizsgálatok rámutattak, hogy az uniós szinten megvalósuló agrárkörnyezetgazdálkodási programok tervezése során nem hagyható figyelmen kívül az adott táj szerkezete illetve egyes tájképi elemeinek sokfélesége [Batáry et al., 2011; Concepción et al., 2012]. Ezzel összhangban megállapították, hogy a konzervációs beavatkozások illetve az agrár-környezetgazdálkodási programok költséghatékonysága azokon az agrárterületeken a legmagasabb, amelyek számos élőlénycsoport tekintetében még jelentős sokféleséget hordoznak [Kleijn et al., 2012]. Jelentős magyar részvétel mellett kimutatták, hogy az ökológiai szempontú mezőgazdálkodás előtérbe helyezésével a megporzó közösségek működése és összetétele hatékonyabban megőrizhető [Kovács-Hostyánszki et al., 2017]. Hazai kutatók részvételével zajló nemzetközi kutatás kimutatta, hogy az ember környezetátalakító tevékenysége által felgyorsított klímaváltozás számos inváziós faj előretörését eredményezheti [Walther et al., 2009]. Felismerve az inváziós fajok terjedésének veszélyességét, a védekezés megalapozásához összegyűjtötték a legfontosabb fajokra vonatkozó ismereteket [Báldi et al., 2017; Botta-Dukát & Balogh 2008; Botta-Dukát & Mihály 2006; Csiszár, 2012; Csiszár & Korda, 2017a,b; Mihály & Botta-Dukát, 2004;]. Feltárták a Balatonban súlyos vízvirágzásokot okozó *Cylindrospermopsis raciborskii* világméretű elterjedésének tér-idő mintázatát, mely mindmáig az egyetlen alga faj, melyről ilyen kutatás napvilágot látott [Padisák, 1997].

3. Édesvízi rendszerek, víztudományi kutatások

Korunk egyik legnagyobb kihívása az édesvizek jó ökológiai állapotának és természeti értékeinek megőrzése a növekvő emberi vízhasználat biztosítása mellett. E kutatások terén nemzetközileg egyedülálló sikertörténet a Balaton vízminőségével kapcsolatos problémák korai felismerése, a tó ökológiai állapotában bekövetkező változások tudományos igényű dokumentálása évtizedeken át, majd javaslatok kidolgozása a tó algásodásának megszüntetésére és a komplex intézkedési tervek hatékony megvalósítása [Bíró, 1997; Istvánovics et al., 2007; Padisák & Reynolds, 1998; Tátrai et al., 2008]. Kimutatták, hogy nem planktonfogyasztó halak üledék- és tápanyagpumpaként működve növelik a tavak trofitását [Breukelaar et al., 2004]. A balatoni dévérkeszegek vizsgálatával igazolták, hogy a különböző nehézfémek akkumulációja függ a halak méretétől, korától és a nehézfém kémiai sajátságaitól [Farkas et al., 2002, 2003].

A Duna fitoplanktonjának funkcionális sokféleségében bekövetkező hosszú távú változások igazolták a klímaváltozás és a tápanyagterhelés csökkenésének hatásait a folyam elsődleges termelő szervezeteire, ami a táplálékhálózatot is befolyásolhatja [Abonyi et al., 2019]. A vízfolyáshálózatok konnektivitási kapcsolatainak jellemzése gráf alapú modellek segítségével módszertani keretet nyújtott a fragmentáció hatásainak jobb megértéséhez és a természetvédelmi szempontú tájtervezéshez [Erős et al., 2011, 2012]. A modellezési eljárások segítségével optimalizálható a vízfolyások átjárhatóságának biztosítása, kijelölhetők a természetvédelmi szempontból értékes területek, amellyel, hogy a műtárgyakkal együtt járó ökoszisztéma szolgáltatások (mezőgazdasági vízhasználat, vízenergia, horgászat stb.) is biztosíthatók [Erős et al., 2018]. A kutatások alapján kiderült, hogy a legkisebb, fénymikroszkóppal alig látható növényi mikroszervezetek számos vízi ökoszisztémában alapvető fontossággal bírnak. Mennyiségük és fajösszetételük ugyanúgy függ a vizek tápanyagtartalmától mint a nagyobb méretű planktonalgákéi [Stomp et al., 2007; Vörös et al., 1998]. Az édesvizek ökológiai állapotának hatékony értékelésére számos eljárást dolgoztak ki

a kutatók [Bolgovics et al., 2014; Borics et al., 2014; Padisák et al., 2006; Stenger-Kovács et al., 2007].

4. Ökoszisztéma-működés és ökoszisztéma-szolgáltatások, klímaváltozás

Az Európai Unió 2020-ig tartó Biodiverzitás Stratégiájának egyik fő célkitűzése az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése, megőrzése és szakpolitikákba építése. Magyar részvétellel készült el az a keretrendszer, mely az értékelésre és térképezésre egységes módszertant és indikátorokat ajánl a tagállamoknak [Maes et al., 2016]. Hazai ökológusok és társadalomtudósok is részt vettek a 2012-ben alakult Biológiai Sokféleség és Ökoszisztéma-szolgáltatás Kormányközi Testület (IPBES) koncepcionális keretrendszerének [Diaz et al., 2015] és értékelési módszertanának kidolgozásában [Pascual et al., 2017]. Számos ökológiai kutatás zajlott a klímaváltozás hatásainak vizsgálatára és előrejelzésére. Madarak esetében a tojásrakás korábbra tolódását a tavaszi hőmérséklet emelkedésével már a 2000-es évek elején kimutatták a Magyarországon is kutatott légykapók (*Ficedula* spp.) adatai alapján [Both et al., 2004]. Egy evolúciós összehasonlító vizsgálat szerint a klímaváltozás nem egyformán érinti a fajokat, bizonyos életmenetű fajokra nagyobb mértékben hat [Végvári et al., 2010]. Egy európai léptékű kísérlet eredményei alapján a növekvő hőmérséklet és szárazság a cserjések növényzetének fajgazdagságát és biomasszáját a vegetáció szukcessziós állapotától, a területek elhelyezkedésétől és az adott évtől függően befolyásolhatja [Peñuelas et al., 2007]. Közép-Kelet-Európa múltbéli klimatikus viszonyaira és az ezzel összefüggő vegetációs változásokra a több ezer éves pollenminták nyújthatnak betekintést [Feurdean et al., 2014].

Irodalomjegyzék

- Abonyi, A., Ács, É., Hidas, A., Grigorszky, I., Várbíró, G., Borics, G., Kiss, K.T. 2018. Functional diversity of phytoplankton highlights long-term gradual regime shift in the middle section of the Danube River due to global warming, human impacts and oligotrophication. *Freshwater Biology* 63: 456–472.
- Babai, D., Molnár, Zs. 2014. Small-scale traditional management of highly speciesrich grasslands in the Carpathians. *Agriculture Ecosystems & Environment* 182: 123–130.
- Báldi, A., Csányi, B., Csorba, G., Erős, T., Hornung, E., Merkl, O., Orosz, A., Papp, L., Ronkay, L., Samu, F., Soltész, Z., Szép, T., Szinetár, C., Varga, A., Vas, Z., Vének, G., Vörös, J., Zöldi, V., Zsuga, K. 2017. Behurcolt és invazív állatok Magyarországon. *Magyar Tudomány* 178: 399–437.
- Báldi, A. 2008. Habitat heterogeneity overrides the species-area relationship. *Journal of Biogeography* 35: 675–681.
- Barta, Z., Giraldeau, L.A. 1998. The effect of dominance hierarchy on the use of alternative foraging tactics: A phenotype-limited producing-scrounging game. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42: 217–223.
- Bartha, S., Meiners, S.J., Pickett, S.T. and Cadenasso, M.L. 2003. Plant colonization windows in a mesic old field succession. *Applied Vegetation Science* 6: 205–212.
- Batáry, P., Báldi, A., Kleijn, D., Tscharrntke T. 2011. Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: A meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278: 1894–1902.

- Batáry, P., Báldi, A., Sárosspataki, M., Kohler, F., Verhulst, J., Knop, E., Herzog, F., Kleijn, D. 2010. Effect of conservation management on bees and insectpollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture Ecosystems & Environment* 136: 35–39.
- Batáry, P., Gallé, R., Riesch, F., Fischer, C., Dormann, CF., Musshoff, O., Császár, P., Fusaro, S., Gayer, C., Happe, AK., Kurucz, K., Molnár, D., Rosch, V., Wietzke, A., Tschardtke, T. 2017. The former Iron Curtain still drives biodiversity-profit trade-offs in German agriculture. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1279–1284.
- Batáry, P., Holzschuh, A., Orci, KM., Samu, F., Tschardtke, T. 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture Ecosystems & Environment* 146: 130–136.
- Bíró, P. 1997. Temporal variation in Lake Balaton and its fish populations. *Ecology of Freshwater Fishes* 6: 196–216.
- Bókony, V; Lendvai, ÁZ; Liker, A; Angelier, F; Wingfield, JC; Chastel, O 2009. Stress response and the value of reproduction: are birds prudent parents? *American Naturalist* 173: 589–598.
- Bolgovics, Á., Várbió, G., Ács, É., Trábert, Zs., Kiss, K.T., Pozderka, V., Görgényi, J., Boda, P., Lukács, B.A., Nagy-László, Zs., Abonyi, A., Borics, G. 2017. Phytoplankton of rhitral rivers: its origin, diversity and possible use for quality assessment. *Ecological Indicators* 81: 587–596.
- Borics, G., Görgény, J., Grigorszky, I., László_Nagy, Zs., Tóthmérész, B., Krasznai, E., Várbió, G. 2014. The role of phytoplankton diversity metrics in shallow lake and river quality assessment. *Ecological Indicators* 45: 28–36.
- Both, C., Artemyev, A.V., Blaauw, B., Cowie, R.J., Dekhuijzen, A.J., Eeva, T., Enemar, A., Gustafsson, L., Ivankina, E.V., Järvinen, A., Metcalfe, N.B., Nyholm, N.E.I., Potti, J., Ravussin, P.-A., Sanz, J.J., Silverin, B., Slater, F.M., Sokolov, L.V., Török, J., Winkel, W., Wright, J., Zang, H., Visser, M.E. 2004. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271: 1657–1662.
- Botta-Dukát, Z., Balogh, L. (eds.) 2008. The most important invasive plants in Hungary – Hungarian Academy of Sciences, Institute of Ecology and Botany, Vácrátót, 255 PP. ISBN 978-963-8391-42-1
- Botta-Dukát, Z., Mihály, B. (szerk.) 2006. Biológiai inváziók Magyarországon: Özönnövények II. – A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei 10., Budapest, 412 pp. ISBN 963 87073 2 1
- Botta-Dukát, Z. 2005. Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science* 16: 533–540.
- Breukelaar, A.W., Lammens, E.H.R.R., Breteler, J.G.P.K., Tátrai, I. 1994. Effects of benthivorous bream (*Abramis brama*) and carp (*Cyprinus carpio*) on sediment resuspension and concentrations of nutrients and chlorophyll a. *Freshwater Biology* 32: 113–121.
- Choi, Y.D., Temperton, V.M., Allen, E.B., Grootjans, A.P., Halassy, M., Hobbs, R.J., Naeth, M.A., Török, K. 2008. Ecological restoration for future sustainability in a changing environment. *Ecoscience* 15: 53–64.

- Concepción, E.D., Díaz, M., Kleijn, D., Báldi, A., Batáry, P., Clough, Y., Gabriel, D., Herzog, F., Holzschuh, A., Knop, E., Marshall, E.J.P., Tschardtke, T., Verhulst, J. 2012. Interactive effects of landscape context constrain the effectiveness of local agri-environmental management. *Journal of Applied Ecology* 49: 695–705.
- Csiszár, Á., Korda, M. (szerk.) 2017a. Özönnövények visszaszorításának gyakorlati tapasztalatai. 2. bőv. kiad. Rosalia kézikönyvek 3. – Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 247 pp. ISBN 978-615-5241-23-9
- Csiszár, Á., Korda, M. (eds.) 2017b. Practical experiences in invasive alien plant control. Second, rev. and expanded edition. Rosalia handbooks. – Duna–Ipoly National Park Directorate, Budapest, 249 pp. ISBN 978-615-5241-24-6
- Csiszár, Á. (szerk.) 2012. Inváziós növényfajok Magyarországon. – Nyugatmagyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 364 pp. ISBN 978-963-334-050-9
- Czárán, T., Bartha, S. 1992. Spatiotemporal dynamic models of plant populations and communities. *Trends in Ecology & Evolution* 7: 38–42.
- Czárán, T., Hoekstra, R.F., Pagie, L. 2002. Chemical warfare between microbes promotes biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 786–790.
- Deák, B., Valkó, O.; Török, P., Tóthmérész, B. 2016. Factors threatening grassland specialist plants - A multi-proxy study on the vegetation of isolated grasslands. *Biological Conservation* 204: 255–262.
- Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J.R., Arico, S., Báldi, A., Bartuska, A., Baste, I.A., Bilgin, A., Brondizio, E., Chan, K.M.A., Figueroa, V.E., Duraiappah, A., Fischer, M., Hill, R., Koetz, T., Leadley, P., Lyver, P., Mace, G.M., Martin-Lopez, B., Okumura, M., Pacheco, D., Pascual, U., Pérez, E.S., Reyers, B., Roth, E., Saito, O., Scholes, R.J., Sharma, N., Tallis, H., Thaman, R., Watson, R., Yahara, T., Hamid, Z.A., Akosim, C., Al-Hafedh, Y., Allahverdiyev, R., Amankwah, E., Asah, T.S., Asfaw, Z., Bartus, G., Brooks, A.L., Caillaux, J., Dalle, G., Darnaedi, D., Driver, A., Erpul, G., Escobar-Eyzaguirre, P., Failler, P., Fouda, A.M.M., Fu, B., Gundimeda, H., Hashimoto, S., Homer, F., Lavorel, S., Lichtenstein, G., Mala, W.A., Mandivenyi, W., Matczak, P., Mbizvo, C., Mehrdadi, M., Metzger, J.P., Mikissa, J.B., Moller, H., Mooney, H.A., Mumby, P., Nagendra, H., Nesshover, C., Oteng-Yeboah, A.A., Pataki, G., Roué, M., Rubis, J., Schultz, M., Smith, P., Sumaila, R., Takeuchi, K., Thomas, S., Verma, M., Yeo-Chang, Y., Zlatanova, D. 2015. The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 116.
- Erős, T., Sály, P., Takács, P., Specziár, A., Bíró, P. 2012. Temporal variability in the spatial and environmental determinants of functional metacommunity organization–stream fish in a human-modified landscape. *Freshwater Biology* 57: 1914–1928.
- Erős, T., O’Hanley, J., Czeglédi, I. 2018. A unified model for optimizing riverscape conservation. *Journal of Applied Ecology* 55: 1871–1883.
- Erős, T., Olden, J.D., Schick, R.S., Schmera, D., Fortin, M-J. 2012. Characterizing connectivity relationships in freshwaters using patch-based graphs. *Landscape Ecology* 27: 303–317.
- Erős, T., Schmera, D., Schick, R.S. 2011. Network thinking in riverscape conservation – a graph-based approach. *Biological Conservation* 144: 184–192.

- Fairbairn, D., Blanckenhorn, W.U., Székely, T. (eds.) 2007. Sex, size, and gender roles: evolutionary studies of sexual size dimorphism. Oxford, Egyesült Királyság / Anglia: Oxford University Press.
- Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A. 2002. Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream *Abramis brama* L. populating Lake Balaton. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 43: 236–243.
- Farkas, A., Salánki, J., Specziár, A. 2003. Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish I L. populating a lowcontaminated site. *Water Research* 37: 959–964.
- Fekete, G., Király, G. and Molnár, Zs. 2016. Delineation of the Pannonian vegetation region. *Community Ecology* 17: 144–124.
- Fekete, G., Molnár, Zs., Magyar, E., Somodi, I. and Varga, Z. 2014. A new framework for understanding Pannonian vegetation patterns: regularities, deviations and uniqueness. – *Community Ecology* 15: 12–26.
- Feurdean, A., Perşoiu, A., Tanţău, I., Stevens, T., Magyar, E.K., Onac, B.P., Marković, S., Andrič, M., Connor, S., Fărcaş, S., Gałka, M., Gaudeny, T., Hoek, W., Kolaczek, P., Kuneš, P., Lamentowicz, M., Marinova, E., Michczyńska, D.J., Perşoiu, I., Płóciennik, M., Słowiński, M., Stancikaite, M., Sümegi, P., Svensson, A., Tămaş, T., Timár, A., Tonkov, S., Tóth, M., Veski, S., Willis, K.J., Zernitskaya, V. 2014. Climate variability and associated vegetation response throughout Central and Eastern Europe (CEE) between 60 and 8ka. *Quaternary Science Reviews* 106: 206–224.
- Geritz, S.A.H., Kisdi, E., Meszner, G., Metz, J.A.J. 1998. Evolutionarily singular strategies and the adaptive growth and branching of the evolutionary tree. *Evolutionary Ecology* 12: 35–57.
- Istvánovics, V., Clement, A., Somlyódy, L., Specziár, A., Tóth, L.G., Padisák, J. 2007. Updating water quality targets for shallow Lake Balaton (Hungary), recovering from eutrophication. *Hydrobiologia* 581: 305–318.
- Istvánovics, V., Shafik, H.M., Présing, M., Juhos, S. 2000. Growth and phosphate uptake kinetics of the cyanobacterium, *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanophyceae) in throughflow cultures. *Freshwater Biology* 43: 257–75.
- Izsák, J., Papp, L. 2000. A link between ecological diversity indices and measures of biodiversity. *Ecological Modelling* 130: 151–156.
- Jablonka, E., Oborny, B., Molnar, I., Kisdi, É., Hofbauer, J., Czárán, T. 1995. The adaptive advantage of phenotypic memory in changing environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 350: 133–141.
- Jermolov, T. 1984. Evolution of insect/host plant relationships. *American Naturalist* 124: 609–630.
- Jordán, F., Báldi, A., Orci, K.M., Rácz, I., Varga, Z. 2003. Characterizing the importance of habitat patches and corridors in maintaining the landscape connectivity of a *Pholidoptera transsylvanica* (Orthoptera) metapopulation. *Landscape Ecology* 18: 83–92.
- Juhász-Nagy, P. 1986. Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- Kisdi, É. 2002. Dispersal: risk spreading versus local adaptation. *American Naturalist* 159: 579–596.
- Kleijn, D., Kohler, F., Báldi, A., Batáry, P., Concepción, E.D., Clough, Y., Díaz, M., Gabriel, D., Holzschuh, A., Knop, E., Kovács, A., Marshall, E.J.P., Tscharntke, T., Verhulst, J. 2012. On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 903–909.
- Kovács-Hostyánszki, A., Espíndola, A., Vanbergen, A.J., Settele, J., Kremen, C., Dicks, L.V. 2017. Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology Letters* 20: 673–689.
- Lengyel, S., Déri, E., Varga, Z., Horváth, R., Tóthmérész, B., Henry, P.Y., Kobler, A., Kutnar, L., Babij, V., Seliskar, A., Christia, C., Papastergiadou, E., Gruber, B., Henle, K. 2008. Habitat monitoring in Europe: a description of current practices. *Biodiversity and Conservation* 17: 3327–3339.
- Liker, A., Papp, Z., Bókony, V., Lendvai, A.Z. 2008. Lean birds in the city: body size and condition of house sparrows along the urbanization gradient. *Journal of Animal Ecology* 77: 789–795.
- Liker, A., Székely, T. 2005. Mortality Costs of Sexual Selection and Parental Care in Natural Populations of Birds. *Evolution* 59: 890–897.
- Lövei G.L., Magura T., Tóthmérész B., Ködöböcz V. 2016. The influence of matrix and edges on species richness patterns of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in habitat islands. *Global Ecology and Biogeography* 15: 283–289.
- Lövei, G.L., Magura, T., Tóthmérész, B., Ködöböcz, V. 2006. The influence of matrix and edges on species richness patterns of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in habitat islands. *Global Ecology and Biogeography* 15: 283–289.
- Maes, J., Liqueste, C., Teller, A., Erhard, M., Paracchini, M.L., Barredo, J.I., Grizzetti, B., Cardoso, A., Somma, F., Petersen, J.-E., Meiner, A., Gelabert, E.R., Zal, N., Kristensen, P., Bastrup-Birk, A., Biala, K., Piroddi, C., Egoh, B., Degeorges, P., Fiorina, C., Santos-Martín, F., Naruševičius, V., Verboven, J., Pereira, H.M., Bengtsson, J., Gocheva, K., Marta-Pedroso, C., Snäll, T., Estreguil, C., San-Miguel-Ayanz, J., Pérez-Soba, M., Grêt-Regamey, A., Lillebø, A.I., Malak, D.A., Condé, S., Moen, J., Czúcz, B., Drakou, E.G., Zulian, G., Lavalle, C. 2016. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020. *Ecosystem Services* 17: 14–23.
- Magura T., Tóthmérész B., Molnár T. 2001. Forest edge and diversity: Carabids along forest-grassland transects. *Biodiversity and Conservation* 10: 287–300.
- Magura, T. 2002. Carabids and forest edge: spatial pattern and edge effect. *Forest Ecology and Management* 157: 23–37.
- Magura, T., Lövei, G.L., Tóthmérész, B. 2010. Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? *Global Ecology and Biogeography* 19: 16–26.
- Maynard Smith, J., Szathmáry, E. 1995. *The Major Transitions in Evolution*. Oxford, Egyesült Királyság / Anglia: W. H. Freeman, 346 p.
- Mihály, B., Botta-Dukát, Z. (szerk.) 2004. *Biológiai inváziók Magyarországon: Özönnövények. – A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei* 9,

TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest, 408 pp. ISSN 1589-4622, ISBN 963 8610751

- Miklósi, Á. 2007. *Dog Behaviour, Evolution, and Cognition*. New York (NY), Amerikai Egyesült Államok: Oxford University Press, 304 p.
- Miklósi, A., Kubinyi, E., Topal, J., Gacsi, M., Viranyi, Z., Csanyi, V. 2003. A Simple Reason for a Big Difference: Wolves Do Not Look Back at Humans, but Dogs Do. *Current Biology* 13: 763–766.
- Molnár, Z., Király, G., Fekete, G., Aszalós, R., Barina, Z., Bartha, D., Biró, M., Borhidi, A., Bölöni, J., Czúcz, B., et al. Növényzet In: Kocsis, K (főszerk.); Horváth, G; Keresztesi, Z; Nemerikényi, Zs (szerk.) Magyarország nemzeti atlasza 2. kötet. Természeti környezet. Budapest, Magyarország: MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, (2018) pp. 94–103.
- Nagy, M., Akos, Z., Biro, D., Vicsek, T. 2010. Hierarchical group dynamics in pigeon flocks. *Nature* 464: 890–893.
- Ódor, P., Heilmann-Clausen, J., Christensen, M., Aude, E., van Dort, KW., Piltaver, A., Siller, I., Veerkamp, MT., Walley, R., Standovár, T., van Hees, AFM., Kosec, J., Matocec, N., Kraigher, H., Grebenc, T. 2006. Diversity of dead wood inhabiting fungi and bryophytes in semi-natural beech forests in Europe. *Biological Conservation* 131: 58–71.
- Padisák J. 1992. Seasonal succession of phytoplankton in a large shallow lake (Balaton, Hungary) - a dynamic approach to ecological memory, its possible role and mechanisms. *Journal of Ecology* 80: 217–230
- Padisák, J., 1997. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding, highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. *Archiv für Hydrobiologie Suppl.* 107 (Monographic Studies): 563–593.
- Padisák, J., Borics, G., Grigorszky, I., Soróczki-Pintér, É. 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553: 1–14.
- Padisák, J., Crossetti, L.O., Naselli-Flores, L. 2009. Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621: 1–19.
- Padisák, J., Reynolds, C.S. 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia* 384: 41–53.
- Palla, G., Barabasi, A.L., Vicsek, T. 2007. Quantifying Social Group Evolution. *Nature* 446: 664–667.
- Pascual, U., Balvanera, P., Díaz, S., Pataki, G., Roth, E., Stenseke, M., Watson, R.T., Başak, Dessane, E., Islar, M., Kelemen, E., Maris, V., Quaas, M., Subramanian, S.M., Wittmer, H., Adlan, A., Ahn, S., Al-Hafedh, Y.S., Amankwah, E., Asah, S.T., Berry, P., Bilgin, A., Breslow, S.J., Bullock, C., Cáceres, D., Daly-Hassen, H., Figueroa, E., Golden, C.D., Gómez-Baggethun, E., González-Jiménez, D., Houdet, J., Keune, H., Kumar, R., Ma, K., May, P.H., Mead, A., O'Farrell, P., Pandit, R., Pengue, W., Pichis-Madruga, R., Popa, F., Preston, S., Pacheco-Balanza, D., Saarikoski, H., Strassburg, B.B., van den Belt, M., Verma, M., Wickson, F., Yagi, N. 2017. Valuing nature's contributions to

- people: the IPBES approach. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27: 7–16.
- Pásztor, L., Botta-Dukát, Z., Magyar, G., Czárán, T., Meszéna, G. 2016. Theory-Based Ecology: A Darwinian approach. Oxford University Press, 301 p.
- Peñuelas, J., Prieto, P., Beier, C., Cesaraccio, C., de Angelis, P., de Dato, G., Emmett, B.A., Estiarte, M., Garadnai, J., Gorissen, A., Láng, E.K., Kröel-Dulay, G., Llorens, L., Pellizzaro, G., Riis-Nielsen, T., Schmidt, I.K., Sirca, C., Sowerby, A., Spano, D., Tietema, A. 2007. Response of plant species richness and primary productivity in shrublands along a north-south gradient in Europe to seven years of experimental warming and drought: Reductions in primary productivity in the heat and drought year of 2003. *Global Change Biology* 13: 2563–2581.
- Pipoly, I., Bókony, V., Kirkpatrick, M., Donald, P., Székely, T., Liker, A. 2015. The genetic sex-determination system predicts adult sex ratios in tetrapods. *Nature* 527: 91–94.
- Podani, J. 2001. SYN-TAX 2000. Computer programs for data analysis in ecology and systematics. 53 p.
- Podani, J., Schmera, D. 2011. A new conceptual and methodological framework for exploring and explaining pattern in presence–absence data. *Oikos* 120: 1625–1638.
- Reynolds C.S., Padisák J., Sommer U. 1993. Intermediate disturbance in the ecology of the maintenance of species diversity: a synthesis. *Hydrobiologia* 249: 183–188.
- Rózsa, L., Reiczigel, J., Majoros, G. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology* 86: 228–232.
- Schmera, D., Árva, D., Boda, P., Bódis, E., Bolgovics, Á., Borics, G., Csercsa, A., Deák, C., Krasznai, E.Á., Lukács, B.A., Mauchart, P. 2018. Does isolation influence the relative role of environmental and dispersal-related processes in stream networks? An empirical test of the network position hypothesis using multiple taxa. *Freshwater Biology* 63: 74–85.
- Sommer, U., Padisák, J., Reynolds, C.S., Juhász-Nagy, P. 1993. Hutchinson's heritage: the diversity-disturbance relationship in phytoplankton. *Hydrobiologia* 249: 1–7.
- Stenger-Kovács, Cs., Buczkó, K., Hajnal, É., Padisák, J. 2007. Epiphytic, littoral diatoms as bioindicators of shallow lake trophic status: Trophic Diatom Index for Lakes (TDIL) developed in Hungary. *Hydrobiologia* 589: 141–154.
- Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N.D., Herzon, I., van Doorn, A., de Snoo, G.R., Rákossy, L., Ramwell, C. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - A review. *Journal of Environmental Management* 91: 22–46.
- Stomp, M., Huisman, J., Vörös, L., Pick, F.R., Laamanen, M., Haverkamp, T., Stal, L.J. 2007. Colourful coexistence of red and green picocyanobacteria in lakes and seas. *Ecology Letters* 10: 290–298.
- Szathmáry, E. 2015. Toward major evolutionary transitions theory 2.0. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112: 10104–10111.
- Szathmáry, E., Maynard Smith, J. 1995. The major evolutionary transitions. *Nature* 374: 227–232.
- Szöllősi, G.J., Tannier, E., Daubin, V., Boussau, B. 2015. The inference of gene trees with species trees. *Systematic Biology* 64: E42–E62.

- Tátrai, I., Istvánovics, V., Tóth, L.G., Kóbor, I. 2008. Management measures and long-term water quality changes in Lake Balaton (Hungary). *Fundamental and Applied Limnology* 172: 1–11.
- Török, P., Deák, B., Vida, E., Valkó, O., Lengyel, Sz., Tóthmérész, B. 2010. Restoring grassland biodiversity: Sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation* 143: 806–812.
- Tóthmérész, B. 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. *Journal of Vegetation Science* 6: 283–290.
- Vad, Cs. F., Péntek, AL., Cozma, NJ., Földi, A., Tóth, A., Tóth, B., Böde, NA., Móra, A., Ptacnik, R., Ács, É., Zsuga, K., Horváth, Zs. 2017. Wartime scars or reservoirs of biodiversity? The value of bomb crater ponds in aquatic conservation. *Biological Conservation* 209: 253–262.
- Végvári, Zs., Bókonyi, V., Barta, Z., Kovács, G. 2010. Life history predicts advancement of avian spring migration in response to climate change. *Global Change Biology* 16: 1–11.
- Vörös, L., Callieri, C., V-Balogh, K., Bertoni, R. 1998. Freshwater picocyanobacteria along a trophic gradient and light quality range. *Hydrobiologia* 369-370: 117–125.
- Walther, G.-R., Roques, A., Hulme, P.E., Sykes, M.T., Pyšek, P., Kühn, I., Zobel, M., Bacher, S., Botta-Dukát, Z., Bugmann, H., Czúcz, B., Dauber, J., Hickler, T., Jarošík, V., Kenis, M., Klotz, S., Minchin, D., Moora, M., Nentwig, W., Ott, J., Panov, V.E., Reineking, B., Robinet, C., Semchenko, V., Solarz, W., Thuiller, W., Vilà, M., Vohland, K., Settele, J. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology and Evolution* 24: 686–693.
- Yin, G., Ardó, L., Thompson, K.D., Adams, A., Jeney, Z., Jeney, G. 2009. Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Ganoderma lucidum*) enhance immune response of carp, *Cyprinus carpio*, and protection against *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunology* 26: 140–145.
- Yin, G., Jeney, G., Racz, T., Pao, X., Jun, X., Jeney, Z. 2006. Effect of two Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Scutellaria radix*) on non-specific immune response of tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 253: 39–47.