

A KLÍMAVÁLTOZÁS FLÓRÁRA ÉS VEGETÁCIÓRA GYAKOROLT VÁRHATÓ HATÁSAINAK BIOINDIKÁCIÓS VIZSGÁLATA

BORHIDI ATTILA^{1,2}

Bevezetés

„Az éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához” címmel (CZÚCZ és mtsai 2007) kutatási jelentés készült az Intézetben 2007-ben, népes szerkesztő gárda gondozásában. A különben nagy felkészültséggel megírt, sok új szempontot felvonultató munka iránt oly nagy érdeklődés nyilvánult meg, hogy az felkerült az internetre, ami által publikációvá vált, anélkül, hogy egy vagy több felkért lektor a munkát szakmailag megbírálta volna. Ennek tudható be, hogy sem a címben szereplő adaptációs stratégia két fő típusának, „a vándorlás-elvű”, s a „menedék-elvű” adaptáció meghatározása során, sem az egész kötetben nem történik említés arról, hogy ezek a jelenleg működő ökológiai, azaz termőhelyi és közösségi magatartás-formákon alapulnak, holott a várható változások szempontjából az utóbbi az érzékenyebb. A nagyszámú jól megírt fejezetektől feltűnően elűt a második fejezet (CSECSERITS és mtsai 2007), amelynek címe: Fajonkénti értékelés, edényes növények. Megállapítható, hogy e fejezet szerzői:

1) Nem ismerik sem a hazai, sem a nemzetközi irodalmat. Nem említik, hogy hazánkban a közösségek átrendeződésével kapcsolatos kutatások világviszonylatban az elsők között, 1990-ben kezdődtek. Ezekről 1995-ben az EURECO '95 nemzetközi konferencián beszámoltunk (BORHIDI és MORSCHHAUSER 1995, BORHIDI és mtsai 1995). Azt sem említik, hogy e tárgykörben az első Nemzetközi Szimpóziumot 1997-ben rendezte a svájci ZTH, meghívott előadókkal, – köztük a jelen tanulmány szerzőjével. A Szimpózium teljes anyaga, előadásokkal és az azt követő viták szövegével együtt könyv alakban megjelent 1999-ben a bázeli Birkhauser Kiadónál (BORHIDI és mtsai 1999). Cikkünk ezen kívül még magyarul is megjelent a könnyebb hozzáférhetőség kedvéért 2001-ben az MTA ÖBKI által szerkesztett akadémiai kiadványban (BORHIDI és mtsai 2001).

¹ borhidi@gamma.ttk.pte.hu

² MTA Ökológiai és Botanikai Kutató Intézet, 2163 Vácrátót

³ Pécsi Tudományegyetem, Növényrendszertani és Geobotanikai Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság út 6.

2) Az általuk idézett és hivatkozott forrásokat sem olvasták el. Ezt bizonyítja a „Hőmérsékletigényt leíró ökológiai mutatók (TB, TS, TZ értékek)” és a „Vízigényt leíró ökológiai mutatók (WB, WS, WZ)” című alfejezetek címe és szövege, holott a hivatkozott munkák (ELLENBERG és mtsai 1991, BORHIDI 1993, 1995), külön felhívják a figyelmet arra, hogy az indikátorszámok „igényként” való interpretációja szakmailag megalapozatlan és helytelen. (Mellesleg a növényeknek hőigényük ill. hőtoleranciájuk van és nem hőmérséklet-igényük). Ennek következtében az ezzel kapcsolatos okfejtésük felületes, állításai sem saját vizsgálatokkal, sem szakirodalmi adatokkal nem igazoltak, sőt azokkal ellentétesek.

3) Mivel a szerzők nem tudtak mit kezdeni a Szociális Magatartás Típusokkal, mint ökológiai tulajdonsággal, meg sem említik őket, sem a ráépülő nagy adatbázisokat, holott ezekre is vannak közölt adatok.

A termőhely ökológiai megközelítése indikátorszámokkal

Sajnos, terjedelmi korlátok miatt a fent kifogásolt kérdések részletes megvitatását mellőznünk kellett, így csak hivatkozunk BORHIDI és mtsai 2000-ben, (Fekete Gábor tiszteletére megjelentetett ÖBKI Kiadvány) megjelent összefoglaló cikkére – amely szintén elkerülte a tanulmány szerzőinek figyelmét. Ebben a bioindikáció elméleti okfejtésén kívül egy nagy adatbázis is található, amelyben 85 hazai természetes növénytársulás indikátorszámokkal való jellemzése található meg. A mutatószámok tekintetében meg kell különböztetnünk az ökológiai mutatószámokat és a természetesség meghatározására ajánlott szociális magatartási típusok értékszámait, illetőleg azt, hogy ezek mit árulhatnak el nekünk a növénytársulásokról.

Az indikátorszámokkal való vegetációváltozás vizsgálatára – a számos németországi tapasztalaton túlmenően – két hazai újratérképezett terület (Szentendre-Visegrádi hegység 1954–1984 BORHIDI és HORVÁTH F. 1987, és Baláta-tó 1959–1989–1998, BORHIDI és mtsai 1990, 1998 a, b, MAJER és mtsai 2002, MORSCHHAUSER és mtsai 2005)) összehasonlító vizsgálata is módot adott. Az indikátorszámok átlagai elég megbízhatóan mutatták az eltelt 30 ill. 40 év alatt bekövetkezett termőhelyi és állományszerkezeti változásokat.

Megbízhatóság, interpretációs gondok

A vitatott fejezet szerzői az indikátorszámok megbízhatóságát kifogásolják általánoságban, hivatkozások nélkül. Ezekre ELLENBERG és BORHIDI idézett munkái megfelelő választ adtak, amelyeket terjedelmi okokból ehelyütt nem ismételünk meg. Szólnunk kell azonban az indikátorszámokkal való matematikai műveleteket ért kritikákról.

Az indikátor számokkal való matematikai műveletekkel kapcsolatban számos jogos kifogás merült fel. Az indikátor számok súlyozott átlagolása, igen gyakran használt

eszköz a társulások ökológiai hátterének jellemzésére. Bár az indikátor számok ordinális jellegűek, ez a felhasználási mód matematikailag helytelen, amint arra többen is rámutattak. FEOLI és ORLÓCI már 1979-ben a növényzociológiai táblázatok adatainak átlagolásával kapcsolatban kimutatta, hogy ez az ellentmondás a koncentrációs analízis alkalmazásával küszöbölhető ki. Nálunk a homoki szukcesszió során a termőhely vízgazdálkodásának W-számokkal való indikálásánál (ZÓLYOMI és mtsai 1987-88) merült fel hasonló módszertani probléma, amelyet PRÉCSÉNYI (1995) szintén a koncentrációs analízis alkalmazásával oldott fel. Később ugyanezt a módszert alkalmazta BOTTA-DUKÁT és RUPPRECHT (1999) az indikátor számok használatában. Legutóbb LENGYEL és mtsai (2009) mutatták ki, hogy a mezofil rétek ökológiájának indikátor számokkal való jellemzésekor a „matematikailag helytelen” súlyozott átlagok és a „matematikailag helyes”, – bár sokszorta bonyolultabb – koncentrációs analízissel kapott értékek olyan szorosan korrelálnak, hogy a két módszer ekvivalensen alkalmazható. A maximális korrelációk regressziós értékei mindegyik ökológiai indikátor szám esetében magasan 0.9 fölött vannak, kivéve a kontinentalitási indikátor számoknál, amelyek – mint tudjuk – nem ökológiai méréseken vagy termőhelyi megfigyeléseken, hanem area-típusokon alapulnak. Ez a gyenge összefüggés is arra utal, hogy a klímaváltozás hatásait area-változással indikálni, ahogyan azt CSECSERITS és mtsai (2007) javasolják, nem kellően érzékeny módszer és egyúttal bizonytalan is.

A klímaváltozás bioindikációja mérőszámokkal – hazai vizsgálatok 1990–1994.

A Nemzetközi Geoszféra-Bioszféra Program (IGBP) azzal a céllal indult 1987-ben, hogy a globális környezeti változások jelenségeit és várható következményeit kutassa és előre jelezze.

A kutatások homlokterében állt a légköri változások által indukált éghajlatváltozás kiterjedésének, természetének és irányának megismerése, valamint a hidroszféra és a bioszféra e változásokra adott várható válaszainak felderítése és megértése.

Az élővilág részéről az éghajlat megváltozására adandó legkézenfekvőbb válasz az élőlények populációinak ill. az élőközösségeknek valamilyen irányú térbeli elmozdulása, amelybe éppúgy beletartozik a növénytakaró eltolódása, mint a fajpopulációk migrációja egészen a népvándorlás jellegű társadalmi mozgásokig.

A klímaváltozás és a növénytakaró ehhez kapcsolódó eltolódása valójában egy folyamatos és folytonos változás. Ez a folyamat napjainkban oly mértékben felgyorsult, hogy hatásainak gazdasági és társadalmi következményeihez egy emberöltőn belül akár többször is alkalmazkodni szükséges. A jelenlegi vegetáció-változás sajátossága *multivektoriális természete és multifaktoriális szabályozottsága*. A multivektoriális természete azt jelenti, hogy egyidejűleg több fontos változás zajlik, mint a klímaváltozás, a környezeti savasodás, az eutrofizálódás és a sivatagosodás. A multifaktoriális szabályozás pedig azt jelenti, hogy e folyamatokat nagyszámú környezeti tényező különböző módon és mértékben befolyásolja, térben és időben egyaránt.

Ennek természetes következménye, hogy a klímaváltozás hatása a különböző éghajlati és növényzeti övben más-más módon jelentkezik, s ennek megfelelően a környezeti válaszok egészen termőhely- illetve társulás szintig lemenően is különbözők lehetnek. Ezért szükségesnek mutatkozott, hogy a Föld és ezen belül Európa különböző klíma- és vegetációövezeteiben megfelelően kiválasztott, állandó mintaterületeken hosszú távú rendszeres vizsgálatokkal tárják fel a változások mibenlétét, mechanizmusát, irányát és várható következményeit.

A vizsgált mintaterületek

A klímaváltozásoknak a flórára és a növénytakaróra gyakorolt hatásának vizsgálatára a szerző és munkatársai a legalkalmasabbnak látszó mintaterületeket jelölték ki. Mivel az előrejelzések térségünkben felmelegedést és szárazodást prognosztizáltak, az ország legdélibb részein, a Mecsek és a Villányi hegység meredek, déli kitettségű sziklás lejtőin, természetes védett gyeptársulásokban és erdőállományok tisztásain választották ki a mintaterületeket, ahol az extrazonális termőhely a vizsgálandó klímahatásokat mikro- és mezoklimatikus formában tovább erősíti. A mikroklimatikus hatás erősítése érdekében mindenütt gyepterő ökotonokat jelöltek ki vizsgálatra az átmenet szerkezeti sajátosságai-ból (szegélyhatási!) adódó termikus többletének kihasználása céljából, 4 mintaterületen:

1. A villányi Szársomlyó meredek déli lejtőjén, 350 m tengerszintfeletti magasságban 35 fokos meredek déli lejtőn,

2. A Mecsekben a Misina déli lejtőjén, 300 m tengerszintfeletti magasságban, meredek löszgyep-karszbokorerdő ökoton, a Pintér-Kert természetvédelmi területén 40 fokos délnyugati lejtőn.

3. A mecseki Tubesen 15 fokos lejtésű mészkő sziklalejtőn 450 m tengerszintfeletti magasságban délnyugati kitettségben.

4. A Jakabhegy déli lejtőjén savanyú talajú gyepterő-bokorerdő ökotonban vörös permi homokkövön, DDNY-i 25 fokos lejtőn.

Ezek eredményei mind a nemzetközi, mind a hazai irodalomban megjelentek.

Eredmények

Az ökológiai mérőszámok jó és megbízható indikációkat nyújtottak a vizsgált mintaterületeken történt populáció-dinamikai elmozdulások természetéről. A szélsőségesen meredek déli kitettségű sziklagyepterő-bokorerdő ökotonban, a Szársomlyón találták a leghatározottabb változást. Itt – beleértve bizonyos ingadozásokat is – a hőmutatók csoporttömegre számított átlagértéke (mT) 6-ról 6,5-re nőtt, miközben a nedvesség mutatók tömeg-átlaga (mW) 4-ről 3,5-re csökkent, tehát megközelítően ugyanolyan mértékben változott, ellenkező irányban. A talaj reakció mutatói átlagértékben számolva 7,2-ről 7,6-ra emelkedtek, ami a nedvesség-mutató változásával van összhangban.

A tápanyag-háztartást indikáló nitrogén-mutató meglehetősen tág határok közt ingadozik, a kontinentalitási mutatók átlaga rendkívül erős emelkedést mutat 3,9-ről 4,6-ra és vele tart a fénymutató átlagértékének szintén jelentős emelkedése 6,3-ról 6,9-re.

Ezek a változások egyértelműen a sziklagyepben a növényzet borításának csökkenését és ennek ökológiai hatásait mutatja (BORHIDI és mtsai 1995).

A borítás csökkenése együtt jár a gyeptakaró szerkezeti változásával, nevezetesen az évelő fűvek és lágyszárúak illetve az egyéves növények arányának megváltozásával.

Egyértelmű változások következtek be az évelő és az egyéves fűvek és lágyszárú növények relatív borításában mind a négy különböző mintaterületen. Tekintetbe véve az egyes években bekövetkezett ingadozásokat is, a változások általános trendje nyilvánvaló: az évelő növények borítása csökkent és a szabaddá váló felszíneket egyre növekvő mértékben foglalták el az egyévesek, amelyek nem gyomok, hanem a nyílt sziklagyep természetes pionír elemei. Ezért a folyamatot nem tekintjük degradációnak, hanem egy természetes esemény sorozatnak, amelyet therofitizációnak, vagyis „egyévesedés”-nek nevezünk, és amelyet a szukcesszióknak egy az őshonos flóra elemeiből, alacsonyabb szintről való újraindulásaként értékelünk.

Az egyévesedés folyamata zajlik le a hazai meszes homokpusztai vegetációban is, amikor a pionír *Festucetum vaginatae* zavarása után előálló másodlagos szukcesszió *Brometum tectorum*-mal kezdődik. A savanyú talajú homokpusztákon ugyanennek a folyamatnak felel meg, hogy a *Corynephorum*-ok megzavarását követően szintén *Bromion* vagy *Airion* gyepek jelentkeznek.

A klímaváltozás hatásaként jelentkező másik vegetáció-változási folyamatot a Mecsek hegységben, a 400 és 600 m közé eső magassági övben figyeltük meg és tanulmányoztuk déli kitettségű olasztölgyes (*Tamo-Quercetum virgilianae*) állományban. Megállapítottuk, hogy az erdő cserjeszintje jelentősen megnövekedett, amelyet 3 lián faj a *Lonicera caprifolium* a *Tamus communis* és a *Hedera helix* egyedei fonnak bozítottá. Ezt a jelenséget – amelyhez hasonlót trópusi erdőkben lehet tapasztalni a lombkorona megnyitása után – *folyondárosodásnak*, vagy *lianizációnak* nevezhetjük. Ezzel a folyamattal egyidejűleg a geofiton fajok száma is megnövekedett.

Általános következtetések

A klímaváltozás hatásai nagyobb érzékenységgel észlelhetők társulás-szinten, mint élőhelyi szinten, a magasabb szintű rendezettség és a forrásfelosztás ellenőrzöttebb jellege miatt. Ezért a vizsgálatokat társulás szinten is (!) ajánlatos végrehajtani, majd a hasonló élőhelyeken élő társulásokban észlelt reakciókat integráltan értékelni.

A klímaváltozás hatásai, amelyek a hazai scenáriók szerint a felmelegedés növekedésében, a csapadék ellátottság csökkenésében és rapszodikusságában nyilvánul meg. Ezek a körülmények a források mennyiségén és hozzáférhetőségén keresztül a termőhelyek ökológiai állapotát változtatják meg, ezért a hatások észlelésére és értékelésére az

ökológiai mutatószámok használata a jövőben is ajánlott. Ezek igen nagyszámú kutató több évtizedes regisztrált, jegyzőkönyvezett és térképezett megfigyelésén és igen sok hozzákapcsolt ökológiai vizsgálaton is alapulnak (BOCKER és mtsai 1983). Mivel az újabb generáció egyes fiatal tagjai ilyen tapasztalatokkal nem rendelkeznek, pusztán elméleti megfontolások alapján lebecsülik és negligálják, miközben hibásan interpretálják ezeket, és egyelőre adósak maradnak azzal, hogy jobbakat ajánljanak helyettük. Az adatbázisból a klímaváltozás hatáselemzésére igen alkalmasak az életformák, amelyek alapvetően az éghajlat korlátozó hatásaihoz alakult adaptációs formák. Az eredeti Raunkiaer-féle rendszernek világméretű, rendkívül részletes változatát dolgozták ki (ELLENBERG és MUELLER-DOMBOIS 1966), amelynek szelektív adaptálása a hazai flórára kívánatos lenne, amint azt a gymnocönológusok az egyévesekre vonatkozóan meg is teszik (PINKE 2000, PÁL 2007).

A flóraelemek vagy area-típusokkal való indikálásnál figyelembe kell venni, hogy ezek hosszú, különböző ökológiájú földtörténeti időszakok során alakultak ki, s mint ilyenek történeti és nem ökológiai kategóriák. Ennek bizonyítéka, hogy a különböző area-típusokban hasonló arányban és eloszlásban találunk nedves erdei és száraz gyeptípusokat. Ennek bizonyítására bemutatjuk az alábbi táblázatban néhány flóraelem hő- és víz-mutatóinak eloszlását a hazai flórában (BORHIDI 1997):

Hő (T) mutató %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Össz.
Balkáni fajok	-	-	-	3	7	20	32	33	4	100
Pannóniai fajok	-	-	-	1	11	22	29	36	1	100
Alpin-Kárpáti fajok	-	3	17	32	17	10	17	4	-	100
Szubmediterrán fajok	-	-	-	-	5	20	32	38	5	100
Kontinentális fajok	-	-	-	5	10	38	33	13	1	100

Víz (W) mutató %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10-12	Össz.
Balkáni fajok	8	12	17	24	12	16	6	3	2	-	100
Pannóniai fajok	9	17	13	6	5	2	7	1	2	2	100
Alpin-Kárpáti fajok	12	12	11	16	14	30	-	-	5	-	100
Szubmediterrán fajok	8	18	21	23	14	9	5	1	-	1	100
Kontinentális fajok	5	22	20	15	12	7	4	8	4	3	100

Annak ellenére, hogy az újabb éghajlat-változási módszertani tanulmány még említés szintjén sem foglalkozik a szociális magatartási típusokkal, (SzMT), ezek igen hasznosaknak bizonyulhatnak a változások bizonyos stádiumának, és pedig a társulások

dezorganizációjának korai fázisban való detektálásában, amelyet az jelez, hogy az ökoszisztémában még nem következnek be változások, csak egyes fajok szerepe változik meg a társulásban (pl. a sivatagosodás első jele a természetes pionírok elszaporodása). Az SzMT-t újabban BARTHA S. és munkatársai (2008) alkalmazták eredményesen közép-itáliai bükkösökben lezajlott változások regisztrálására.

Vannak, akik a Németh-féle természetvédelmi értékelési rendszert alkalmasnak gondolják a klímaváltozás hatásának előrejelzésére. Ezt diszciplináris okokból valószínűtlennek tartom, tekintve, hogy ez a rendszer igen heterogén kritériumokra támaszkodik, amelyeknek nincs konkrét ökológiai tartalma. Klíma-indikációs célokra eddig még nem alkalmazták.

Jelentős erőfeszítések történtek a klímaváltozás hatásait előrejelző modellek kidolgozására. Miután a több olyan klíma-modellt teszteltem a trópusokon (BORHIDI 1991), amelyek alapján országos és kontinentális léptékű vegetáció-térképek készültek, azt tapasztaltam, hogy a helyi értékek behelyettesítésekor a modell nem a valóságnak megfelelő eredményt adott. A jelenleg fejlesztés alatt levő és igen tetszetős modellek prognózisra való használhatósága még hosszú távú vizsgálatokkal igazolandó bizonyítást igényel. Ezért a terepvizsgálatok megkerülhetetlenek és logikai konstrukciókkal nem helyettesíthetők. A modellek nagyon divatosak, és amíg pl. légkörfizikai jelenségekre alkalmazzák őket, elviselhetnek olyan szükségszerű egyszerűsítéseket, amelyeket az ökoszféra történéseinek bonyolultsága nem enged meg.

A klímaváltozás hatásainak tekintetében két alapvetően különböző élőhely-típust különböztethetünk meg. a) a felmelegedés és kiszáradás hatására a termőhely tápanyagforrása, a tápanyag hozzáférhetősége csökken: a változás iránya a produkció-csökkenés, tágabb értelemben a sivatagosodás. b) a felmelegedés és kiszáradás következtében új tápanyagforrások szabadulnak fel. Ezek felhasználására a bennszülött flóra többnyire nincs felkészülve. Az ilyen termőhelyek (lápok, árterek, mocsarak) sorsa az elgyomosodás, a tájidegen inváziós fajok tömeges megjelenése.

Végül egy megjegyzés: Mivel a tudomány-mérési bürokrácia a kutató teljesítményét – jobb esetben – munkáinak idézettségével méri, a jogos idézés elmulasztása etikai problémát, a kollegialitás hiányának gyanúját veti fel; ha pedig prioritással rendelkező hazai kutatásra való hivatkozást mulasztunk el, ez nemzeti önmeghatározásunk elismer(tet)ését gátolja. A szakirodalom ismeretének hiánya egyik felelősség alól sem mentesít.

Irodalom

- BARTHA S., MEROLLI A., CAMPATELLA G., CANULLO R. 2008: Changes of vascular plant diversity along a chronosequence of beech coppice stands, central Apennines, Italy. *Plant Biosystems* 142: 572-583.

- BORHIDI A. 1991: *Phytogeography and Vegetation Ecology of Cuba*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 858 p. + 16 colour tables + 1 map.
- BORHIDI A. 1993: *A Magyar Flóra Szociális Magatartás Típusai, Természetességi és Relatív Ökológiai Értékszámai*. Social Behaviour Types of the Hungarian Flora, its naturalness and relative ecological indicator values. Janus Pannonius Tud. Egy. Kiadványai, Pécs, 95 pp.
- BORHIDI A. 1995: Social behaviour types, their naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants of the Hungarian Flora. *Acta Botanica Hungarica* 39: 97-182.
- BORHIDI A. 1997: Növényi társadalmak szerkezete és működése új megvilágításban. MTA Székfoglaló értekezések, 36 pp.
- BORHIDI A., CSETE S., CSIKY J., KEVEY B., MORSCHHAUSER T., SALAMON-ALBERT É. 2000: Talaj és természetes növényzet. Bioindikáció és természetesség a növénytársulásokban. In: VIRÁGH K., KUN A. (szerk.): *Vegetáció és dinamizmus. A 70 éves Fekete Gábort köszöntik tanítványai, barátai és munkatársai*. MTA ÖBKI, Vácrátót, pp.159-194.
- BORHIDI A., CSETE S., CSIKY J., MORSCHHAUSER T. 1998a: Termőhely- és vegetációváltozások a Baláta-tó Természetvédelmi Területén. I. Vízi fátlan növénytársulások. JPTE Növénytani Tanszék, Pécs, 74 p.
- BORHIDI A., CSETE S., CSIKY J., MORSCHHAUSER T. 1998b: Termőhely- és vegetációváltozások a Baláta-tó Természetvédelmi Területén. II. Erdőtársulások. JPTE Növénytani Tanszék, Pécs, 56 p.
- BORHIDI A., DÉNES A. 1997: A Mecsek és a Villány hegység sziklagyep társulásai. (The rock sward communities of the Mecsek and Villány Mts.) *Studia Phytologica Jubilaria*, Pécs, pp. 45-66.
- BORHIDI A., HORVÁTH F. 1987: Bewertung anthropogener Waldstandorts-veränderungen mit vergleichender Vegetationskartierung. (Biosphären-Reservat im Pilisgebirge, Ungarn). Kongressberichte über die Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Halle, 3:166-168.
- BORHIDI A., KEVEY B. 1996: An annotated checklist of the Hungarian plant communities, II. The forest vegetation. In: BORHIDI A. (ed.): *Critical Revision of the Hungarian Plant Communities*. Janus Pannonius Univ. Pécs, pp. 95-138.
- BORHIDI A., KEVEY B., MAJER J., OROSZ-KOVÁCS Zs. 1990: A környezetváltozás tendenciáinak felmérése és monitoringja dél-dunántúli lápterületeken. Esettanulmány: A Baláta-tó természetvédelmi területe. G-10 Program jelentése. JPTE, Pécs, 35 pp.
- BORHIDI A., MORSCHHAUSER T. 1995: Social Behaviour Types (SBTs) a new tool for assessing naturalness and ecology of plant communities. Eureco 95 Conf. Proceedings p. 215.
- BORHIDI A., MORSCHHAUSER T., ALBERT É. 1995: Global change induced vegetation dynamics in extreme exposed grassland-bushwoodland ecotones. Eureco 95 Conf. Proceedings p. 87

- BORHIDI A., MORSCHHAUSER T., SALAMON-ALBERT É. 1999: Lianization and Therophytation as complementary processes of Laurophyllization. In: KLÖTZLI F., WALTER R.-G. (eds.): *Recent shifts in vegetation boundaries of deciduous forests, especially due to general global warming*. Birkhauser Verlag, Basel, pp. 83-97.
- BORHIDI A., MORSCHHAUSER T., SALAMON-ALBERT É. 2001: Talaj és természetes növényzet. (Ökológiai összefüggések a bioindikáció tükrében) In: BORHIDI A., BOTTA-DUKÁT Z. (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián - Műhelytanulmányok*, MTA, Budapest, pp. 55-72.
- BORHIDI A., MORSCHHAUSER T., ALBERT É. 2001: A klímaváltozás bioindikációjának kutatása. In: BORHIDI A., BOTTA-DUKÁT Z. (szerk.): *Ökológia az ezredfordulón I. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián - Műhelytanulmányok*, MTA, Budapest, pp. 291-308.
- BOTTA-DUKÁT Z., RUPPRECHT E. 1999: Using concentration analysis for operating indicator values: effect of grouping species. *Acta Botanica Hungarica* 42: 55-63.
- BÖCKER R., KOWARIK I., BORNKAMM R. 1983: Untersuchungen zur Anwendung der Zeigerwerte nach Ellenberg. *Verh. Ges. Ökol.* 11: 35-56.
- CSECSEIRITS A., RÉDEI T., CZÜCZ B. 2007: Fajonkénti értékelés. Edényes növények. In: CZÜCZ B. és mtsai (szerk.): *Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség. Elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. Kutatási jelentés*, MTA ÖBKI, pp. 10-29.
- CZÜCZ B., KRÖEL-DULAY GY., RÉDEI T., BOTTA-DUKÁT Z., MOLNÁR ZS. 2007: Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség. Elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. Kutatási jelentés. MTA ÖBKI, pp. 278.
- ELLENBERG H. 1950: *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie I: Unkraut-gemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden*. Ulmer, Stuttgart, 141 p.
- ELLENBERG H. 1952: *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie II. Wiesen und Weiden und ihre standortliche Bewertung*. Ulmer, Stuttgart, 143 p.
- ELLENBERG H. 1974: *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. Scripta Geobotanica IX, Goltze Vrl. Göttingen, 97 p.
- ELLENBERG H. 1979: *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. 2. Aufl. Scripta Geobotanica 9: 122 p.
- ELLENBERG H., MUELLER-DOMBOIS D. 1966: A key to Raunkiaer's plant life forms with revised subdivisions. *Ber. Geobot. Inst. Rübel* 37: 56-73.
- ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH R.W., WERNER W., PAULISSEN D. 1991: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Scripta Geobotanica XVIII. Goltze Vrl. Göttingen, 248 pp.
- FEKETE G., BORHIDI A., KEVEY B., KIRÁLY G., KUN A., MÁTYÁS CS., MIKA J., MOLNÁR ZS.: 2006: Természetes növényzetünk jövője. In: FEKETE, G., VARGA, Z. (szerk.): *Magyarország tájainak növényzete és állatvilága*. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 397-424.

- FEKETE G., BORHIDI A., MOLNÁR Zs., KUN A., KEVEY B., KIRÁLY G. 2006: A hazai természetes növényzet várható változásai az elkövetkező 50 évben , tekintettel a klíma- és tájhasználat-változás okozta átalakulásokra. In: FEKETE, G., VARGA, Z. (szerk.): *Magyarország tájainak növényzete és állatvilága*. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 409-419.
- FEOLI G., ORLÓCI L. 1979: Analysis of concentration and detection of underlying factors in structured tables. *Vegetatio* 40(1): 49-54.
- GIANONI G., CARRARO G., KLÖTZLI F. 1988: Thermophile, und laurophyllen Pflanzenarten reiche Gesellschaften im hyperinsubrischen Seengebiet des Tessins. *Ber. Geobot. Inst. ETH. Stiftung Rübel, Zürich*, 54:164-180.
- HORVÁT A.O. 1946: Apécsi Mecsek természetes növényközösségei. (Phytoassociationes naturales montis Mecsek ad civitatem Pécs in Hungaria) Pécs.
- HORVÁT A.O. 1972: *Die Vegetation des Mecsekgebirges und seiner Umgebung*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- HORVÁTH F., DOBOLYI Z.K., MORSCHHAUSER T., LÖKÖS L., KARAS L., SZERDAHELYI T., 1995: *FLÓRA adatbázis 1.2. Taxonlista és attribútum állomány*. MTA ÖBKI, Vácrátót, 267 pp.
- HORVÁTH F., MAJZIK Zs., KELLER-PINTÉR J., BORHIDI A., ISÉPY I. 1995: On-line CoenodAT. En & In Conference Budapest, June 19-July 1. Proc. p. 226.
- ISÉPY I., CSONTOS P. 1997: Comparison of 24 grassland communities in the Carpathian Basin with emphasis on the role in nature conservation. Proc. Research, Conservation, Management Conf. Aggtelek. Vol. I. pp. 309-318.
- JUHÁSZ-NAGY P. 1986: *Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 251 pp.
- KÁRPÁTI I., KÁRPÁTI V., BORBÉLY Gy. 1968: Magyarországon elterjedtebb ruderalis gyomnövények synökológiai besorolása. *Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Közleményei* 10/13: 3-40.
- KLÖTZLI F. 1988: On the global position of the evergreen broad-leaved (non-ombrophilous) forest in the subtropical and temperate zones. *Veröff. Geobot. Inst. ETH. Stiftung Rübel, Zürich*, 98:169-196.
- KLÖTZLI F., WALTER R.-G.(eds.) 1999: *Recent shifts in vegetation boundaries of deciduous forests, especially due to general global warming*. Birkhauser Verlag, Basel.
- KLÖTZLI F., WALTHER G.-R., CARRARO G., GRÜNDMANN A.. 1996: Anlaufender Biomwandel in Insubrien. *Verhandl. Ges. f. Ökologie* 26:537-550.
- LANDOLT E. 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff. Geobot. Inst. Stiftung Rübel, Zürich*, 64:1-208.
- LENGYEL A., BOTTA-DUKÁT Z., CSIKY J. 2009: Averaging and analysis of concentration of ecological indicator values. Should we crack nuts with a steam hammer? IAVS Workshop, Poster Session, Rome, 24-28. March, 2009.

- MAJER J., M.BORDÁCS M., BORHIDI A. 2002: A Baláta vízminőségének alapállapot felmérése. *Somogyi Múzeumok Közleményei* 15: 97-106.
- MORSCHHAUSER T. 1996: Flóra és vegetáció indikációja és térinformatikai elemzése a Budai-hegységben. Kand. Dissz. Tézisei. JPTE, Pécs, 14 p.
- MORSCHHAUSER T., CSETE S., CSÍKI J., GARALY L., BORHIDI A. 2005. Változások a Baláta tó TT vegetációjában. In: LENGYEL SZ., SOLYOS P., KLEIN Á. (szerk.) A III. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia Program és Absztraktkötete. p. 171
- MORSCHHAUSER T., TEMESI A., OLÁH A., BÁTORI Z., ERDŐS L., SALAMON-ALBERT É. 2009: Analysis of boundaries between extrazonal shrubforest and grassland vegetation. Poster. 52. IAVS Symposium. Chania, Crete. Abstracts. p. 205.
- PÁL R. 2007: A Mecsek és a Tolna-Baranyai Dombvidék szőlőültetvényeinek gyomvegetációja. *Kanitzia* 15: 77-244.
- PINKE GY. 2000: Die Ackerwildkraut-Gesellschaften intensiv bewirtschafteter in der Kleinen Ungarischen Tiefebene. *Tuexenia* 20: 335-364.
- PRÉCSÉNYI I. 1995: A homoki szukcesszió sorozat tagjai és a W indikátor számok közötti kapcsolat. *Botanikai Közlemények* 82: 59-66.
- SALAMON-ALBERT É. 1996: Study of phytoindicational patterns in a karstic spring region of Hungary. 39th IAVS Congr. on Vegetation Sci. & Landscape Ecology, Lancaster, UK. Abstracts p. 23.
- ZÓLYOMI B. 1964: Methode zur ökologischen Charakterisierung der Vegetationseinheiten und zum Vergleich der Standorte. Mathematisch-statistische Bearbeitung von I. Précsényi. *Acta Botanica Hungarica* 10: 377-416.
- ZÓLYOMI B., BARÁTH Z., FEKETE G., JAKUCS P., KÁRPÁTI I., KÁRPÁTI V., KOVÁCS M., MÁTHÉ I. 1967: Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologischen Gruppen nach TWR-Zahlen. *Fragmenta Botanica* 4: 101-142.
- ZÓLYOMI B., FEKETE G. 1994: The Pannonian loess steppe: differentiation in space and time. *Abstracta Botanica* 18: 29-41.
- ZÓLYOMI B., PRÉCSÉNYI I., BODNÁR T., VADKERTI E. 1987-1988: Az ökológiai indikátorszámok mintázatának változása szukcesszió alatt. *Botanikai Közlemények* 74-75: 101-109.