

NÖVÉNYI TULAJDONSÁGOK, TULAJDONSÁG-ADATBÁZISOK ÉS EZEK FELHASZNÁLÁSA AZ ÖKOLÓGIAI KUTATÁSOKBAN

CSECSERITS ANIKÓ, SZABÓ REBEKA, CZÚCZ BÁLINT

MTA ÖBKI, Vácrátót, 2163, Alkotmány u. 2–4.
aniko@botanika.hu

Elfogadva: 2009.

Kulcsszavak: fenológia, funkciós csoport, irodalmi áttekintés, morfológia, növényi adatbázisok, növényökológia

Összefoglalás: A növényfajokhoz kapcsolódó sokféle információ – mint például az adott faj földrajzi elterjedése, életformája, virágzási ideje, nitrogén igénye, rokonsága – felhasználása egyre elterjedtebb a növényökológiai kutatások során. Magyarországon legtöbbször a növényi tulajdonságoknak csak egy szűk körét használják fel. Ezért jelen cikkünkben röviden áttekintjük a növényi tulajdonságokat tartalmazó európai adatbázisokat, a növényi tulajdonságok felhasználási módjait és a legfontosabb fejlődési irányokat. Ezen belül is kiemelten foglalkozunk a növényi tulajdonságok alapján képzett növényi funkciós csoportok (PFT) kialakításának és használatának történetével. Reméljük, hogy munkánkkal elősegítjük ezeknek az adatbázisoknak a hazai kutatásokban való felhasználását, és a nemzetközi adatbázisok hazai növényfajok tulajdonságaival való kiegészítését.

Bevezetés

Egy adott terület növényzetének leírását, változásának nyomon követését és más területekkel való összehasonlítását leggyakrabban a növényfajok jelenléte és tömegessége alapján végzik. Más jellegű feldolgozást tesz lehetővé a növényfajokhoz kapcsolódó sokféle információ felhasználása, mint például az adott faj földrajzi elterjedése, életformája, virágzási ideje, nitrogén igénye, rokonsága. Ezeket a tulajdonságokat az angol nyelvű szakirodalom összefoglalóan „plant characteristics” vagy „plant traits”-nek hívja, ami magyarul kb. annyit jelent: „növényi tulajdonságok” vagy „növényi jellegek”. A növényi tulajdonságok, jellegek egyrészt eszközök a vegetáció mintázatának és folyamatainak jobb megértéséhez, másrészt maguk is vizsgálatok tárgyai, amikor az egyes tulajdonságok, tulajdonság-csoportok közti kapcsolatokat keresik.

A növényfajokat tulajdonságaik alapján elsők közt a görög THEOPHRASZTOSZ (kb. i.e. 300) csoportosította, aki a növények szárának magassága és sűrűsége – mint növényi tulajdonságok – alapján 3 funkciós csoportot különített el: fákat, cserjéket és lágyszárúakat. Ez az egyszerű csoportosítás tulajdonképpen a mai napig megállja a helyét és használják is, ugyanakkor jelentős fejlesztések is történtek e téren (pl. WEIHER et al. 1999). A tudományos igényű ökológiai vizsgálatok kezdete óta számtalan növényi tulajdonságot vizsgáltak meg részletesen és ezek alapján újabb és újabb csoportokat alkottak (pl. WEIHER et al. 1999, LAVOREL et al. 2007), melyeket számos vizsgálatban felhasználtak. Ezen csoportok, különösen a funkciós csoportok (definíciót lásd később) képzésének egyik igen fontos felhasználása a globális dinamikus vegetációs modellekben a szárazföldi növénytakaró szekuláris dinamikájának modellezése (pl. LAVOREL et al. 2007).

Hazánkban még viszonylag kevés növényi tulajdonságot használnak fel ökológiai kutatások során, ezért egyrészt szeretnénk bemutatni a legfontosabb európai és hazai

növényi tulajdonság-adatbázisokat és ezek néhány felhasználási lehetőségét, másrészt megfogalmazzuk a hazai adatbázis-fejlesztési feladatokat. Az áttekintésből kiderül, hogy az ökológia egyik látványosan fejlődő területe a növényi tulajdonságokat tartalmazó adatbázisok építése és felhasználása. Európában jelenleg is több, nemzetközi kutatócsoport épít növényi adatbázisokat, mint például a LEDA-t (www.leda-traitbase.org), vagy a Bioflor-t (www.bioflor.de). Annak érdekében, hogy a magyar kutatók tudása ne maradjon ki az európai adatbázisokból és az azokban szereplő adatok a magyarországi fajokra is érvényesek legyenek – lehetővé téve ezáltal a nagy adatbázisok hazai alkalmazhatóságát – szükség van a hazai növényfajok már ismert tulajdonságainak minél teljesebb összegyűjtésére, az eddigi gyűjtések áttekintésére, új tulajdonság értékek szabvány szerint történő megmérésére és mindezek elektronikus és írott adatbázis formájában történő közlésére. Ennek a munkának az előkészítése ez a cikk, melyben bemutatjuk a (1) növényi tulajdonságok, jellegek típusait és az ezek alapján képzett funkciós csoportok használatát; (2) a jelenlegi nagyobb európai és hazai növényi jelleg adatbázisokat vagy adatforrásokat; (3) az adatbázisok használata során felmerülő problémákat és végül (4) néhány példát az adatbázisok lehetséges felhasználására.

A cikkben használt rövidítések: PFT: növényi funkciós csoport, SLA: specifikus levél terület, JVS: Journal of Vegetation Science

Növényi tulajdonságok típusai, tulajdonságok közti összefüggések, funkciós csoportok

Növényi tulajdonságok definíciója

Növényi tulajdonságnak vagy jellegnek („plant characteristics”, ill. „plant trait”) tekinthető a fogalom leggyakoribb értelmezése szerint minden olyan tulajdonság, amely az egyes fajok életfolyamatainak és viselkedésének számszerű vagy minőségi jellemzésére alkalmazható. A legutóbbi évtizedben a növényi tulajdonságokat felhasználó kutatások széles körű elterjedésével azonban a „plant trait” kifejezés egyre gyakrabban az eredeti jelentéstől eltávolodva került használatra. A fogalmi zavar tisztázására VIOLLE et al. (2007) új definíciót javasoltak, mely szerint a „*plant trait*” azaz *növényi jelleg* egy olyan morfológiai, élettani vagy fenológiai jelleg, ami az egyed tulajdonsága; mérésének léptéke a sejtszinttől a szervezet szintjéig tart, azaz nem utal más, felsőbb szerveződési szintekre (pl. populációra) és nem az egyed élettelen környezethez való viszonyának leírására szolgál. Ez a definíció nagymértékben egybeesik a fogalom eredeti használatával, attól leginkább a növények és fizikai környezetük kapcsolatának leírására használt tulajdonságok (pl. Ellenberg-féle indikátor értékek, földrajzi elterjedés) kihagyásában tér el. Javasoljuk, hogy a magyar nyelvű szakirodalomban növényi tulajdonságnak hívjuk az angolul „plant characteristics”-nek nevezett, tág értelemben vett leíró fogalmat, míg növényi jellegnek nevezzük az angolul „plant trait”-nek nevezett, szűkebb értelmű fogalmat. A cikk további részében mi is ennek megfelelően használjuk a magyar kifejezéseket.

Növényi tulajdonságok típusai, jellemzői

A növényi tulajdonságoknak számos, szakirodalomban alkalmazott csoportosítása és jellemzője létezik, amelyek használata, feltüntetése jellemzi az egyes adatbázisok pontosságát, „értékét” is. Viszonylag egyszerű az a csoportosítás, amikor *morfológiai jellegeket* különítenek el, melyek a növény jól látható külső jegyeit adják meg (pl. virágszín, magasság); *fenológiai jellegeket*, amelyek azt írják le, hogy az adott növényfaj egyes életszakaszai egy éven belül mikor, melyik évszakban, hónapban valósulnak meg (pl. virágzási idő); *életmenet jellegeket*, amelyek a növény stratégiáját (pl. magbank-típus, megporzó vektor, áttelelő szerv típusa); valamint a növényfajok környezeti igényeit, illetve toleranciáját leíró *ökológiai tulajdonságokat* (pl. nitrogén-igény, szárazságtűrés). Ez a beosztás nem merev rendszer, azaz egy-egy tulajdonság akár többféleképpen is értelmezhető.

A növényi tulajdonságok fontos jellemzője, hogy minőségi vagy mennyiségi típusúak-e. A mennyiségi jellegeket feloszthatjuk a mérési skála típusa szerint folytonos (pl. magasság), diszkrét (pl. porzósám) és kategória típusú (pl. magbank típus) jellegekre. A növényi tulajdonságok fontos gyakorlati jellemzője a mérésük bonyolultsága is: gyakran előfordul, hogy az ökológiai folyamatokkal szoros kapcsolatban álló, de nehezen mérhető („hard traits”) tulajdonságokat a velük korreláló, az ökológiai folyamatokhoz esetleg közvetlenül nem kapcsolódó, de könnyebben mérhető („soft trait”) tulajdonságokkal helyettesítik (WEIHER et al. 1999). Ehhez némileg hasonló az „egyszerű”, azaz közvetlenül mérhető (pl. magasság, magtömeg), és „összetett”, azaz származtatott tulajdonságok (pl. terjedési típus, zavarástűrés, élőhelyigény) megkülönböztetése.

A növényi tulajdonságokra vonatkozó adatok sokszor elhanyagolt, de alapvető fontosságú jellemzője azok pontossága, objektivitása. Egyrészt meg kell adni a mérés módszerét. Másrészt az egyes tulajdonságok értékeléséhez azok fajon belüli random variabilitását is figyelembe kell venni (pl. vegetatív hajtás magassága). Végül egy adott tulajdonság különböző értékeket vehet fel egy környezeti gradiens mentén is, ezért javasolt, hogy adatok gyűjtése során a mért eredmények mellett a mérések helyének környezetéről is rögzítésre kerüljenek a legfontosabb adatok, melyek az adatok későbbi értékelésekor is fontos információt jelenthetnek (VIOLE et al. 2007). Az újabb adatbázisok már – ahol lehet – az átlagértékek mellett az adatok random, vagy gradiens menti variabilitásáról is nyújtanak információt.

A funkciós csoport és a funkciós tulajdonság – történeti áttekintés

A növényi tulajdonságok egy többnyire közvetlenül nem mérhető, de annál fontosabb csoportját az úgynevezett funkciós tulajdonságok képezik, amelyek alapján funkciós csoportokat alkotnak (plant functional types – PFT). Funkciós csoportokról akkor beszélünk, ha az egyes fajok viselkedését valamilyen ökológiai szempontú csoportosítással próbáljuk meg jellemezni. A funkciós csoportok képzése kontextusfüggő osztályozás, mindig a vizsgált probléma (leggyakrabban a források használata és a diszturbanciához való viszony) határozza meg a csoportokat (GITAY és NOBLE 1997). Ily módon többféle, gyakorlati szempontból jól használható osztályozást lehet kialakítani, melyek tulajdonképp egy-egy összetett tulajdonságnak tekinthetők.

A funkciós csoportok képzésének hosszú tradíciója van, az első ilyen jellegű csoportosítás a bevezetőben már említett görög THEOPHRASZTOSZ nevéhez fűződik, aki a növények szárának magassága és sűrűsége – mint növényi tulajdonságok – alapján különített el csoportokat: fákat, cserjéket és lágyszárúakat. THEOPHRASZTOSZ munkája rámutat arra, hogy a funkciós csoportosítás mindig egyszerű tulajdonságok figyelembevételén alapul. Hasonló elveket követve az újkorban először von HUMBOLDT (1806) alkotott funkciós csoportokat, amikor leírta a növények formája és a társulásban betöltött szerepe közti összefüggéseket. Utána számosan készítettek még tapasztalatokon alapuló növényi csoportosításokat, melyek funkciósnak is tekinthetők (ezek összefoglalását lásd: DUCKWORTH et al. 2000); és amelyek közül a legismertebb RAUNKIAER (1904, 1934) mai napig is általánosan használt életforma rendszere, valamint BARKMANN (1988) erre épülő növényi architektúra típusai.

Egészen az 1980-as évek végéig az osztályozást tapasztalati úton végezték általában a legnagyobb szaktekintélyek. Mivel azonban kimondva-kimondatlanul THEOPHRASZTOSZ óta minden csoportosítási rendszer az egyes fajok mérhető alaptulajdonságain alapul, ezért a számítástechnika fejlődésével az 1980-as évek közepén megjelent a lehetőség a csoportosító eljárás objektívebbé tételére (FEOLI és SCIMONE 1984, ORLÓCI és ORLÓCI 1985, LEISHMAN és WESTOBY 1992, DÍAZ et al. 1992). A lehetőség mellett azonban az igények felismerése jelentette a döntő áttörést a növényi funkciós csoportok kutatásában. Az egyre fenyegetőbbé váló globális környezeti problémák, de mindenekelőtt az éghajlatváltozás hatásainak megértéséhez ugyanis szükségessé vált a növényzet lehetséges válaszainak modellezése. Az élővilág azonban is maga teljes komplexitásában nem modellezhető – viszont egy teljes körű objektív funkcionális csoportosítás jó alapot teremthet a szükséges egyszerűsítésekhez (JVS 1996: 7 különszám). Ez azonban, mint sejthető, egyáltalán nem triviális feladat, és alapvető kérdés, hogy egyáltalán lehetséges-e egy, az egész világra vonatkozó, egységes PFT rendszer kidolgozása. NOBEL és GITAY (1996) összefoglalta az addigi növényi csoportosításra vonatkozó tudást és elméleteket, és ezt követő munkájukban (GITAY és NOBLE 1997) javaslatot tesznek a PFT-k egy lehetséges definiálására (mely szerint a PFT kontextusfüggő osztályozás, mindig a vizsgált probléma határozza meg a csoportokat), melyet széles kutatói réteg elfogadott és alkalmazott (pl. DÍAZ és CABIDO 1997). Ugyanakkor a kutatók egy másik csoportja szerint egységes PFT képzés is lehetséges, mely akár szubjektív alapú is lehet (pl. CHAPIN et al. 1996, KELLY 1996).

A növényi funkcionális csoportok képzésének egyik legfontosabb módszertani problémája az, hogy a csoportosítás alapjául szolgáló tulajdonságok kiválasztása maga is szubjektív. Az 1990-es évek második felében zajló, növényi tulajdonságokkal kapcsolatos vita egy központi kérdése volt, hogy léteznek-e olyan alap tulajdonságok, melyek jól leírják a növényfajok környezeti hatásokra adott válaszát és ezáltal funkciós csoportok objektív képzésére megalapozottan használhatók (WESTOBY 1999, JVS különszám 1999, WEIHER et al. 1999). Az ilyen, fajok egyszerűsített ökológiai értékelésére használható tulajdonságokat egyre egységesebben növényi funkciós jellegek (plant functional traits) néven illeti a szakirodalom (JACKEL et al. 2006, LAVOREL et al. 2007, GARNIER et al. 2004). A *funkciós jellegek* egy adott növényfaj összes tulajdonsága közül azok, amelyek a meghatározó környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodásukat vagy a többi élőlényhez való kapcsolatukat jellemzik (NOBLE és GITAY 1996, GITAY és NOBLE 1997, LAVOREL et al. 1997); alternatív megfogalmazásban azok a tulajdonságok, amelyek hatást gyakorolnak az ökoszisztéma funkciókra (LAVOREL és GARNIER 2002), illetve amelyek a növény ráter-

mettségét közvetve befolyásolják a növekedésre, reprodukcióra vagy túlélésre gyakorolt hatásukon keresztül (VIOLE et al. 2007).

A funkciós tulajdonságok vagy jellegek kiválasztása során a legfontosabb szempontok a reprezentativitás (a vegetáció legfontosabb válaszait és hatásait reprezentálják több skálán – ökoszisztéma, táj, biom, kontinens) és a mérhetőség (viszonylag könnyen, olcsón és egységes módszerekkel mérhető az egész világon) (LAVOREL et al. 2007). Számítógépes módszerek elvben lehetővé teszik, hogy mindig az adott vizsgálat céljainak leginkább megfelelő tulajdonságokat kiválasztva felhasználás-orientált csoportokat lehessen kialakítani. Ennek megfelelően alkothatók például a művelés felhagyására (pl. PRACH et al. 1997), legeltetésre (pl. NOY-MEIR et al. 1989, BULLOCK et al. 2001, DÍAZ et al. 2001, 2006, MCINTYRE és LAVOREL 2001), környezeti gradiensre (pl. CHAPIN et al. 1996, DÍAZ et al. 1999) stb. kidolgozott csoportok. Mások azonban, akik elsősorban a Föld vegetációjának funkciós modelljét kívánták megalkotni, az egységes PFT-k mellett érvelnek. HODGSON és munkatársai (1999) például megadják a GRIME (1979) által javasolt CSR stratégiai séma objektív leírását és az ehhez szükséges hat alapvető tulajdonságot (magasság, szárazanyag-tartalom, oldalirányú terjedés, levél száraztömeg, specifikus levél terület és virágzás kezdete), melyet egy általános rendszer kiindulási alapjának tekintenek. WESTOBY (1998) szintén egy egységes tulajdonságkészlet (LHS séma: specifikus levél terület-L, magasság-H, magtömeg-S) használatát javasolja, melyet áttekintő összegezésében egyfajta minimális, szűkebb „alap” listaként WEIHER (1999) is támogat és mellette megadja a tulajdonságok bővebb „alap” listáját is (magtömeg, magalak, terjedési típus, klonalitás, specifikus levél terület, levél víztartalom, magasság, föld feletti biomassza, életmenet, virágzás kezdete, szár sűrűség és újrahajtási képesség).

Funkciós csoportok kialakításával és a funkciós tulajdonságok kiválasztásával kapcsolatos kutatások máig is folynak. A probléma első megfogalmazása óta eltelt 10 évben számos további tulajdonságot, illetve tulajdonságcsoportot javasoltak a funkcionális tulajdonságok közé (pl. levél nitrogén koncentráció – GARNIER et al. 2004, vagy ág-levél méret aránya – LAVOREL et al. 2007). Mindemellett, a lehetséges specializációs tengelyek leírása szempontjából a lista még mindig nem tekinthető teljesnek: LAVOREL et al. (2007) szerint például kiemelt kutatási feladat egy új, a gyökérszettel kapcsolatos, könnyen mérhető funkcionális tulajdonság meghatározása. A funkciós tulajdonságok körének lehatárolása mellett elindult azok mérésének egységesítése is (CORNELISSEN et al. 2003). Részben erre alapozva nagy volumenű, több régióra is kiterjedő terepi mérések és tesztelések kezdődtek (pl. DÍAZ et al. 2004, GARNIER et al. 2006), melyek eredményei alátámasztani látszanak a több régiót átfogó funkciós csoportok létezését és használhatóságát. A következő fejezetben bemutatásra kerülő adatbázisok egy része is ezeknek az új nemzetközi erőfeszítéseknek köszönhetik a létüket.

Ugyanakkor még mindig nincs teljesen egységes álláspont a növényi funkciós csoportokkal kapcsolatban, amit számos módszertani cikk is jelez. VIOLE et al. (2007) összefoglalójukban javaslatokat tesznek a terminológiai egységesítésre. LAVOREL et al. (2007) pedig megállapítják, hogy az 1990-es évek közepétől elindult elméleti kutatás, mely az egységes funkciós csoportosítás megkeresésére irányult – amelynek segítségével a fajokat a környezeti változásokra adott válaszaik hasonlósága és az ökoszisztéma szerkezetére és folyamataira gyakorolt hatásaik szerint egyszerre lehetne csoportosítani, és amely a funkcionális ökológia „Szent Grál-jának” is tekinthető (WOODWARD és CRAMER 1996, LAVOREL és GARNIER 2002) – még nem ért célba, sőt, még az ehhez szükséges „alap”

funkcionális tulajdonságok meghatározása sem tekinthető véglegesnek.. Az eddigi kutatások alapján LAVOREL et al. (2007) szerint legalább 4 specializációs tengelyt lehet elkülöníteni, melyet a következő 4 tulajdonság reprezentál: SLA, magtömeg, magasság és ág-levél méret aránya. A jól használható funkciós tulajdonságok szerintük (1) a vegetáció legfontosabb válaszait és hatásait reprezentálják több skálán (ökoszisztéma, táj, bióm, kontinens) (2) viszonylag könnyen, olcsón és egységes módszerekkel mérhetők az egész világon (3) és így felhasználhatók egy kielégítő funkciós osztályozáshoz, amellyel globális skálán modellezni és térképezni lehet a bioszférát (LAVOREL et al. 2007).

Meglévő adatbázisok

Adatbázisok Európában

A legelső tulajdonság-gyűjtemények a különböző flóraművek voltak, amelyek a növényfajokhoz gyakran hosszabb-rövidebb leírást, határozókulcsot, esetleg rajzot kapcsoláltak, azonban ezek általában még nem elég rendszerezetten tartalmazták az adatokat. A XX. században több szerző is publikált biológiai flóraműveket, melyek a növényfajok legfontosabb biológiai és ökológiai tulajdonságait tartalmazták (KIRCHNER et al. 1908 ff., RABOTNOV 1974 ff., Journal of Ecology 1958 ff., Canadian Journal of Plant Species 1972 ff.). Legutóbb POSCHLOD et al. (1996) gyűjtötték össze, hogy a Közép-Európában előforduló fajok közül melyekről és hol közöltek már részletes leírást. A különböző flóraművek ugyan rengeteg adatot tartalmaznak az egyes növényfajokról, de általában nehezen kezelhető módon, gyakran következetlenül és a fajok leírásában elrejtve.

A magyar tudományt sokáig meghatározó Németországban az első adatbázisok ELLENBERG nevéhez fűződnek. Ő az 1950-es években hozta létre a terepi megfigyeléseken alapuló rendszerét, amely az egyes fajok preferenciáját fejezte ki 6, majd 9 osztályú skálánon víz-, hő-, fény-, nitrogénellátottság, talajkémhatás és egyéb szempontból (ELLENBERG 1948, 1950, 1952, 1974, ELLENBERG et al. 1991). Ezeknek az adatbázisában szereplő besorolásoknak az az indikátorszámoknak a segítségével össze lehet hasonlítani különböző helyek termőhelyi viszonyait az ott előforduló fajok alapján. Hátránya az adatbázisnak, hogy szubjektív besoroláson alapul, ezért az egyes fajok indikátorszámait vitás lehet. Épp ezért terepi ellenőrzéseket is végeztek, például TER BRAAK és GREMMEN (1987) vizsgálatai szerint a W indikátorszámok tekintetében a rendszer konzisztens. Nyugat-Európában számos mérést végeztek az értékek kalibrálására, például LAWESSON és MARK (2000), valamint SCHAFFERS és SYKORA (2000) is megállapították, hogy az ELLENBERG indikátor értékek a vizsgált rendszerben konzisztensek. Az indikátor értékeket ellenőrző hazai vizsgálatok is igazolták a használatukat (BAGI 1987, MATUS és TÓTHMÉRÉSZ 1994).

Az ELLENBERG-féle indikátorszámokat más európai országokban is használták és kidolgozták az adott ország flórájára saját terepi tapasztalatok alapján, pl. Angliában (HILL et al. 1999), Hollandiában (DE VRIES et al. 1957), Svájcban (LANDOLT 1977), Olaszországban (PIGNATTI 2005), Görögországban (BÖHLING et al. 2002), Csehországban (MRÁZ és SAMEK 1966, ZLATNÍK 1970), Szlovákiában (JURKO 1990), Oroszországban (RAMENSKIJ et al. 1956, CYGANOV 1983), Romániában (DONITA et al. 1977, SANDA et al. 1983, KOVÁCS 1979) és persze hazánkban is (Soó 1964–1980, ZÓLYOMI et al. 1967, BORHIDI 1993, 1995)

(1. táblázat). Számos adatbázis kiegészíti az indikátorszámokat néhány más növényi tulajdonsággal is. Például LINDACHER (1995) közölte a fajok földrajzi elterjedésének típusát, megporzási típusát, virágzási idejét is, FRANK és KLOTZ (1998 és 1990) pedig a terjedési típust, megporzást és az egyes fajok érzékenységet az emberi zavarásra.

Alapvetően életmenet és fenológiai növényi tulajdonságokat tartalmaz a legismertebb angol adatbázis, a Sheffield-i Egyetemen készült „*Comparative plant ecology*” azaz „*Összehasonlító növényökológia*” című mű (GRIME et al. 1988, elektronikusan: HODGSON et al. 1995). A növényi tulajdonságokat három nagyobb csoportba sorolva tárgyalják: termőhelyet, megtelepedést és szaporodást jellemző tulajdonságok. Egy másik, számos irodalmi adatot és terepi megfigyelést feldolgozó adatbázis a FITTER és PEAT (1994) által összeállított Ecological Flora Database, mely az interneten is elérhető (www.york.ac.uk/res/ecoflora/cfm/ecofl/index.cfm). Nagy előnye ennek az adatbázisnak, hogy mind fajra, mint tulajdonságra kereshető, valamint minden adat mellett szerepel az adat forrása is. Hasonló, elektronikusan is publikált adatbázis létezik a holland fajokra (Vegron 7.0, FRESCO et al. 2001)

Léteznek egy-egy tulajdonságra, tulajdonság-csoportra szorítkozó adatbázisok vagy adatgyűjtemények is. Több száz növényfaj egyedeinek kiásával meghatározott gyökérstruktúra leírásokat tartalmaz a KUTCHERA és LICHTENEGGER által (1982–1992) összeállított gyökératlaz. A növényfajok vegetatív növekedési képességeit tartalmazzák a CLO-PLA adatbázis különböző verziói (1.2.3. 4.) (KLIMÉŠ és KLIMÉŠOVÁ 1999, KLIMÉŠOVÁ és KLIMÉŠ 2007, www.butbn.cas.cz/klimes). A GLOPNET mintegy 2500 növényfaj leveleinek kémiai, strukturális és fizikai tulajdonságát tartalmazza (WRIGHT et al. 2004). HARLEY és HARLEY (1987) az addig elérhető, a brit flóra mikorrhizáltságára vonatkozó adatokat rendezték adatbázisba. WANG és QIU (2006) pedig a szárazföldi növények mikorrhizáltságára vonatkozó adatokat foglalta össze. Ez utóbbi két adatbázis KOVÁCS (2008) szerint tartalmaz hibákat, amelynek egyrészt a mikorrhizáltság vizsgálatának módszertani nehézségei, másrészt viszont a pontatlanul átvett irodalmi adatok az okai. A nyugat-európai magbank-vizsgálatok eredményeit THOMPSON et al. (1997) összegezték és ezek alapján a vizsgálatokban szereplő minden fajra megadtak egy „mag-élettartam indexet”. LIU et al. (2008) pedig a „Mag információs adatbázisban” már több tízezer faj magjáról gyűjtötték össze a magtömeg adatokat és emellett – kevesebb fajra ugyan – de más, maggal kapcsolatos információt is tartalmaz az adatbázis. (*Seed Information Database* (release 7.1, 2008; <http://www.kew.org/data/sid>.)

A legújabb adatbázisok összeállításakor a szerzők már arra törekednek, hogy azok minél többféle tulajdonságot tartalmazzanak egy-egy fajról. Ilyen kombinált, elektronikusan is megjelent adatbázis a BIOPOP (KLEYER et al. 1995, <http://www.uni-oldenburg.de/landeco/>). Az adatbázis a konzervációbiológia szempontjából fontos növényi életmenet-tulajdonságokat tartalmazza. Nagy előnye az adatbázisnak, hogy minden adat mellett feltüntették az adat forrását (irodalom vagy mérés). Hasonló adatbázis a BIOFLOR (KÜHN és KLOTZ 2003, www.floraweb.de), amely szintén elektronikusan is publikált. Részben ezeken is alapul a számos európai kutató részvételével elkészült „LEDA” tulajdonság adatbázis (KLEYER et al. 2008, www.leda-traitbase.org), amely jelenleg is kereshető és a következő tulajdonság-csoportokat tartalmazza: (1) tartós megtelepedést leíró (vegetatív) jellegek, (2) generatív jellegek és (3) terjedési jellegek (pl. magtömeg, terjesztő vektor).

Adatbázisok Magyarországon

Az első hazai, adatbázishoz hasonlítható publikációt Soó (1964–1980) jelentette meg. Hat kötetes munkájának fő hangsúlya a vegetáció leírásán és a növényföldrajzon van, de az egyes fajokhoz sok ökológiai jellemzőt is megadott. A rendszertani hangsúly miatt a fajok nem alfabetikus, hanem rendszertani sorrendben szerepelnek a könyvben, ami megnehezíti a tulajdonságok kikeresését. A fajok jó részénél szerepel az alfajok, a földrajzi elterjedés és cönológiai besorolás mellett a ploidiaszint és kromoszómaszám, a megporzás és terjedés típusa, a RAUNKIAER-féle életforma, valamint a termőhelyi preferenciák leírása és az ELLENBERG rendszerhez hasonló három indikátorszám (hő-, talajnedvesség- és nitrogén indikátorszám) is. Az utolsó kötetben szerepelnek még egyszer a növényfajokhoz rendelt indikátorértékek módosítva és kiegészítve a talajreakcióval, azaz a mérsziginyt jelző indikátorszámmal. Sajnos csak közvetve, az irodalomlistában, illetve néhány tulajdonság esetén sehol nem szerepel az adatok forrása, származása, így nehéz megítélni az adatok megbízhatóságát.

Magyarországon mások is elkészítették ELLENBERG mintája alapján az ökológiai indikátor-számok adatbázisát a hazai fajokra (ZÓLYOMI et al. 1967, BORHIDI 1993, 1995). Soó (1964–1980) még az ötös skálát használó német adatbázishoz illeszkedett, ZÓLYOMI és munkatársai (1967) viszont már kibővítették ezt a skálát, amelyet később ELLENBERG és munkatársai is átvettek (1. táblázat). Az újabb, ELLENBERG és munkatársai által alkotott 9-es skálájú rendszert követi BORHIDI (1995). SIMON (1992) táblázatos formában, könnyen kereshetően közli a ZÓLYOMI és munkatársai által 1400 fajra megadott indikátorértékeket és kiegészítette ezt HORÁNSZKY és ZÓLYOMI közreműködésével a többi hazai növényfajra is. SIMON (1992) publikációja tartalmazza a korábbi művében (SIMON 1988) közzétett természetvédelmi érték kategóriákat is, és BORHIDI (1993, 1995) is további változókkal (cönoszisztematikai besorolás, szociális magatartás típus) egészíti ki a fajok indikátor-értékeit.

A Flóra adatbázis (HORVÁTH et al. 1995) összegyűjtve és könnyen kereshető módon tárolja az addig megjelent indikátorszámokat, valamint a növényfajok életformáját, elterjedését, cönoszisztematikai besorolását és szociális magatartás típusait Soó (1964–1980), SIMON (1992) és BORHIDI (1993, 1995) alapján. Ezen kívül tartalmazza BODROGKÖZY (1977) által kidolgozott hydro- és halo-ökológiai értékek rendszerét, továbbá három szerző természetvédelmi szempontú értékbesorolási rendszerét: 1) a fajok természetvédelmi veszélyeztetettségét jellemző rendszert, amelyet NÉMETH FERENC dolgozott ki, 2) SIMON (1988) által kidolgozott természetvédelmi érték-kategóriákat és 3) BORHIDI (1993) által kidolgozott természetességi értékek rendszerét. KÁRPÁTI és munkatársai (1968) a ruderális növényfajok talajkötöttség preferenciájának, taposás- és bolygatás-tűrésének jellemzésére dolgoztak ki indikátorszámokat.

Sajnos jóval kevesebb növényi életmenet-tulajdonságot, azaz szűkebb értelemben vett növényi jelleget tartalmazó hazai adatbázis létezik. PAPP (1994) saját megfigyelései alapján állította össze a hazai védett növényfajok termésérési idejének adatbázisát. FARKAS (1999) a hazai védett növényfajokat bemutató könyvében a fajok rövid morfológiai leírása mellett a virágzási idejüket is megadja. KALAPOSI (1991, 1997) publikálta saját mérések alapján 200 faj fotoszintézis-típusát, melyekről korábban nem állt rendelkezésre külföldi szakirodalom. CSONTOS (2001, 2002) elkészítette a hazai fajok egy részének magtömeg (kb. 1600 faj), magbank (kb. 440 faj), magterjesztés (kb. 1900 faj) és magalak (kb. 1600

faj) adatbázisát. CSONTOS adatbázisai részben saját mérések, részben pedig Soó (1964–1980) által közölt adatok és külföldi publikációk alapján készültek. A hazai magismeret még hiányos, főleg a bennszülött és a keleti elterjedésű fajokról nincs elég adat. Ezt a hiányt pótolja részben HALASSY (2001) és MATUS (2003, 2005), akik homokpusztagyeppek fajainak magbankját vizsgálták. KOVÁCS és munkatársai (2001, 2002) homoki gyepekben, illetve alföldi tölgyesben élő növényfajok mikorrhiza kapcsolatait publikálták. A mikorrhizáltsági vizsgálatokról is elmondható, hogy még csak napjainkban kezdődtek el az intenzívebb kutatások, így kevés adat áll rendelkezésre a hazai növényfajok mikorrhizáltsági viszonyairól.

Sajnos sok egyéb fontos és ráadásul viszonylag könnyen meghatározható, mérhető növényi tulajdonság nem szerepel könnyen kezelhető hazai adatbázisban. Némelyik tulajdonság ugyan szórványosan megtalálható növényhatározókban, mint például a magasság vagy a virágzási idő, de számos tulajdonságot csak az adott fajt jól ismerő szakemberek ismernek (pl. vegetatív terjedés képessége, megporzásbiológia). Nagy szükség lenne a hazai növényfajok növényi tulajdonság adatbázisának összeállítására annak érdekében, hogy ez az eddig rejtett tudás szélesebb körben is használható legyen.

Adatbázisok felhasználása során felmerülő problémák

A legelső, főként a régebbi adatbázisok használata során felmerülő probléma, hogy nincs mindig megfelelően megjelölve az adatok forrása. Sok esetben sejthető, hogy a megadott értékek a szerző vagy szerzőgárda egyéni tudásán, terepi megfigyelésein alapulnak, mint például a környezeti indikátorértékek esetén. Érdemes lenne ilyenkor is valamilyen szinten jelezni, hogy a szerző(k) hol, mennyi ideig, milyen intenzíven végeztek megfigyelést. Ez alapján a felhasználó jobban el tudja dönteni, hogy az ő adott problémájának megoldásához felhasználható-e az adat.

További nehézséget okoz, hogy a növényfajok számos tulajdonsága különböző mértékű variációt mutat, ami miatt még a viszonylag objektívebb, mérésekkel nyert adatok felhasználhatósága, pontossága is korlátozott. Például a növények magassága nagyon változó tulajdonság, emiatt némely adatbázis a terepen megfigyelt minimum, maximum és átlag (vagy medián) értéket adja meg. A problémát egyrészt jelezhetik az adatbázisban, megadva az adat pontosságát, másrészt a felhasználónak kell átgondolni, hogy az ő vizsgálati szituációjában szüksége van-e pontosabb adatokra az adott tulajdonság vonatkozásában, vagy felhasználhatja az adatbázisban megadottat.

Egy harmadik általános probléma, hogy a növényfajok egy adott tulajdonságra vonatkozóan többféle viselkedést is mutathatnak élőhelytől, környezeti viszonyoktól, zavarástól függően (pl. *Poa pratensis* atlantikus klímán zölden telel át, azaz örökzöld, míg nálunk tulajdonképp lombhullató). Ilyen tulajdonság például az életforma, mely azonos faj esetén is más lehet atlantikus vagy kontinentális klímán, illetve más lehet csapadékos vagy száraz évben. A kétéves fajok egy része bizonyos körülmények között több évig él, de akár egy év alatt is hozhat virágot, majd elpusztulhat, ugyanis ezek tulajdonképpen rövid életű évelő fajok, melyek virágzás után elpusztulnak, viszont a virágzás időpontja az adott egyed méretétől függ. Némely, általában egyéves faj több évig is életképes lehet megfelelő viszonyok közt. Amennyiben ismert, hogy milyen körülmények okozzák a különböző tulajdonságok értékeinek megvalósulását egy adott faj esetén, akkor ezt gyakran jelzik az adatbázisban (VIOLETTE et al. 2007). Sokszor azonban ez nem ismert, így a

felhasználó dolga, hogy a saját tudása alapján eldöntse, melyik tulajdonság értéket fogadja el (pl. ha az adatbázisban az adott fajnál többféle lehetséges életforma is meg van adva). Előfordulhat, hogy a felhasználó nem tudja biztosan, hogy az ő vizsgálati helyzetében hogyan viselkedik az adott faj. Ilyenkor vagy külön csoportként kezeljük a többféle viselkedést is mutató fajokat, vagy összevonjuk az egyszerre megjelenő tulajdonságokat és egy csoportként kezeljük azokat, de semmiképpen sem lehet egy adott fajt mind a kétféle viselkedésnél figyelembe venni.

Általánosságban elmondható, hogy a növényi tulajdonságok egy „könnyen-nehezen mérhető” skálán helyezkednek el (WEIHER et al. 1999). A könnyen mérhető tulajdonságok adatai – mint például az ezermagtömeg – általában jól összevethetők az egyes adatbázisok közt, míg a nehezen mérhetőek esetén sokkal több a szubjektív vagy a bizonytalan elem. A nehezen mérhető tulajdonságok többnyire a származtatott, kombinált tulajdonságok vagy a nagy fenotípusos plaszticitást mutató jellegek közül kerülnek ki. Az ilyen tulajdonságok esetében különösen fontos a forrásra, a feldolgozott mintára vonatkozó meta-adatok minél körülményesebb megadása. Emellett különböző környezeti viszonyok között tesztelt, nemzetközileg elfogadott adatgyűjtési protokollokkal lehet segíteni ezeken a problémákon.

Példák a növényi jellegek, tulajdonság adatbázisok és funkciós csoportok felhasználására

A növényi tulajdonságokat tartalmazó adatbázisok felhasználása nagyon sokrétű és egyre jobban elterjedő kutatási módszer. Terjedelmi okokból itt most csak néhány felhasználási lehetőséget mutatunk be, melyek során eltérő ökológiai problémák megoldásában használtak nagy adatbázisokat. Növényi tulajdonságokat lehet használni a vegetáció állapotának vagy változásainak leírásához, kísérletek kiértékelése során, vagy különböző régiók, akár kontinensek vegetációjának összehasonlítására. Továbbá vizsgálják a különböző növényi tulajdonságok közti kölcsönhatásokat, csereviszonyokat azaz „trade-off”-ot, és keresik az előfordulási mintázatok kialakításában legfontosabb szerepet játszó tulajdonságokat. Ez utóbbi, azaz a legfontosabb tulajdonságok megállapítása azért fontos, mert így célzottabban és intenzívebben lehetne a világ növényfajainak tulajdonságait összegyűjteni, amelyek azután lehetővé tennék a vegetáció különböző változásokra, zavarásokra adott válaszainak pontos előrejelzését.

DÍAZ et al. (1999) a Donana Nemzeti Park fásszárú vegetációjának funkciós osztályozását végezték el 24 tulajdonság alapján és így a korábban szubjektív módon meghatározott két fő csoport mellett (magas bokor – macchia, pionír bokor – garrigue) négy további fásszárú funkciós csoportot különítettek el, amelyek az eddigi rendszerekbe nem voltak beleilleszthetők. LEISHMAN és WESTOBY (1992) 300 ausztrál félszáraz erdei faj osztályozását végezte el 43 vegetatív és regeneratív tulajdonság alapján standard többváltozós módszerekkel. Öt fő csoportot kaptak eredményül, melyek a növekedési formáknak feleltek meg (élvő kétszikűek és C3 füvek, Chenopodiaceae családba tartozó cserjék, élvő C4-es füvek, fák és cserjék, végül egyévesek).

KLEYER (1999) nemcsak a természetes és természetközeli vegetációt vizsgálta a növényi tulajdonságok segítségével, hanem a különböző mértékben, eltérő intenzitással használt agrártíjakat is. 19 biológiai jelleg alapján képezett növényi funkciós csoportokat és ezek előfordulását vizsgálta eltérő tápanyag-ellátottságú és zavarású tájakban. Azt találta, hogy

adott funkciós csoportba tartozó fajok több mint felének előfordulását nagymértékben meghatározta a zavarás gyakorisága és intenzitása, míg a tápanyagellátottság csak jóval kisebb mértékben magyarázta az előfordulást.

Nagyon jól használható a PFT-alapú megközelítés olyan esetekben, amikor a megfigyelés helyétől és az ott jelenlévő fajkészlettől független, általánosítható következtetéseket szeretnének levonni a gyűjtött adatokból. Erre jó példa a különböző zavarások, mint például a legelés hatásainak értékelése (pl. AQUAR et al. 1996, DÍAZ et al. 1992, DÍAZ et al. 2001, 2006, MCINTYRE és LAVOREL 2001). A PFT-k használata különösen a térben távoli pontokon (pl. különböző biomokban) elvégzett vizsgálatok összehasonlításakor válik megkerülhetlenné. Különböző régiók (pl. Patagónia: AGUIAR et al. 1996, Argentína: DÍAZ és CABIDO 1997), vagy akár kontinensek (pl. Argentína és Izrael, DÍAZ et al. 2001) eltérő mértékben legelt vegetációját hasonlították össze a növényi tulajdonságok alapján képzett funkciós csoportok eloszlásával.

Ökológiai kísérletek kiértékelésekor is felhasználják a növényi tulajdonságokat, leggyakrabban a különböző életformacsoportok viselkedését. Viszont jóval részletesebb, a lehetséges mechanizmusokra is utaló kiértékelés lehetséges, ha többféle növényi tulajdonság eloszlását is megvizsgálják. LAVOREL et al. (1998, 1999) többféle zavarás (legelés, szántás, trágyázás) hatását vizsgálták kísérletesen a mediterrán régióban és a kiválasztott növényi jellegek alapján képzett funkciós csoportokat a különböző zavarási típusokhoz rendelték. BULLOCK és munkatársai (2001) 12 évig tartó legeltetési kísérlet kiértékelésekor kapcsolták össze a kiválasztott tulajdonságokat és a legelés intenzitását. MOOG et al. (2005) pedig egy többféleképpen kezelt (égetett, legeltetett, talajtakarással kezelt és felhagyott), fűszáraz, közép-európai gyepterület változását értékelték a két tulajdonság-rendszer (GRIME-féle (1979) CSR-stratégia típusok és a WESTOBY-féle LHS-rendszer (1998)) alapján. Eredményeik szerint a CSR-rendszer valamivel alkalmasabb volt a változások kimutatására, de mivel az LHS rendszert globális használatra alakították ki, egy speciális vizsgálati rendszerben 1–2 tulajdonsággal kiegészítve az is alkalmas eszköz lehet az eltérő zavarások (itt kezelések) kiértékelésekor. KAHMEN et al. (2002) szintén száraz gyepek különböző kezelésre adott válaszát értékelték növényi jellegek segítségével.

Egy-egy folyamat általánosabb vizsgálatára is lehetőség nyílik a növényi tulajdonságok széles skálájának felhasználásával. Például PRACH et al. (1999) a szukcesszióban domináns fajok tulajdonságait hasonlították össze az egész cseh flórával és a szukcesszióban alárendelt szerepet játszó fajokkal és megállapították, hogy a domináns fajok jól körülírható tulajdonságokkal rendelkeznek és elkülönülnek a többi csoporttól, függetlenül az adott szukcessziós terület környezeti hátterétől. SZABÓ és PRACH (2009) azt vizsgálták, hogy különböző parlagokon zajló szukcesszió és abiotikus (talajnedvesség és nitrogéntartalom) gradiens mentén mely tulajdonságok, vagy tulajdonság csoportok jelentősége nő vagy csökken. Restaurációs kísérletek kiértékelésekor, a regeneráció különböző fázisainak elkülönítésében is fontos szerepük van a megfelelő tulajdonságok alapján képezett funkciós csoportoknak (GONDARD et al. 2003). Nagyon gyakran vizsgálták a növényi tulajdonságok és az inváziós képesség közötti összefüggést (PYSEK és RICHARDSON 2007, FENESI és BOTTA-DUKÁT 2009), és kiderült, hogy nem adható meg egy olyan tulajdonság, amely alapján eltérnek az inváziós növényfajok az őshonos fajoktól; többféle tulajdonság-kombináció is jellemezheti az inváziós fajokat.

Kitekintés és további feladatok

Az adatbázisok építése új és régi adatok alapján egyre intenzívebben fejlődő területe az ökológiának. Az ökológia tudományos eredményeit felhasználó területek (természetvédelem, tájtervezés) számára gyors és megbízható becslések és értékelési módszerek kellenek, ami miatt szükség van a növényfajokról gyűjtött eddigi ismeretek minél teljesebb összegzésére. A legújabb nagy európai adatbázis, a LEDA (www.leda-traitbase.org) becslésük szerint a magyar flóra mintegy 50 %-ra vonatkozóan tartalmaz adatokat. A helyi vizsgálatoktól a vegetáció globális, Föld-léptékű modellezéséig sok helyen szükség van a növények mérhető alaptulajdonságaira és az ezekből képzett funkciós csoportokra. Az összegzésünkéből kiderül, hogy hazánkban is viszonylag sok ismeret gyűlt össze a növények környezeti igényével kapcsolatban, de kevés az információ és még kevesebb a nemzetközi standardnak (CORNELLISSSEN et al. 2003) megfelelően elvégzett mérés a funkciós tulajdonságokkal kapcsolatban.

Mára Flóra Adatbázis szerkesztői (HORVÁTH et al. 1995) is megfogalmazták a továbblépés irányait: az adatbázis „vertikális” kiterjesztése (moha, zuzmó, gomba – tulajdonságok adatbázisa) és a taxonok korábbi és jelenkori elterjedésének kutatása mellett az attribútum-állományok bővítése is szükséges. Mindez – valószínűleg leginkább a finanszírozás és kutatói kapacitás hiánya miatt – azóta sem valósult meg.

Véleményünk szerint a továbbiakban két fontos feladatot kell teljesíteni a hazai növényi tulajdonságok ismeretével kapcsolatban: egyrészt szükség van egy olyan új adatbázis összeállítására, amely tartalmazza a hazai ismert növényi tulajdonságok mind teljesebb körét, másrészt szükség van a nemzetközi standardnak megfelelő mérések kivitelezésére a hiányzó növényi tulajdonságok és jellegek esetében. A méréseket érdemes lenne elsősorban azokra a könnyen mérhető tulajdonságokra koncentrálni, melyeket más nemzetközi kutatások alkalmaznak, illetve adatbázisok is tartalmaznak. Véleményünk szerint a legfontosabbak ezek közül a specifikus levélterület, a vegetatív magasság és a magtömeg.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük BOTTA-DUKÁT ZOLTÁNNAK és RÉDEI TAMÁSNAK a kéziratához fűzött hasznos megjegyzéseit.

IRODALOM – REFERENCES

- AQUIAR M. R., PARUELO J. M., SALA O. E., LAUENROTH W. K. 1996: Ecosystem responses to changes in plant functional type composition: An example from the Patagonian steppe. *Journal of Vegetation Science* 7: 381–390.
- BAGI I. 1987: Statistical relationships between the ordination of coenological relevés and characteristic indicator values. *Acta Botanica Hungarica* 33: 199–210.
- BAGI I. 1993: Növényi növekedési formák I. Elméleti alapok és tudománytörténeti áttekintés. *Botanikai Közlemények* 80: 119–128.
- BAGI I. 1994: Növényi növekedési formák II. A magyar vegetáció növekedési formáinak határozókulcsa. *Botanikai Közlemények* 81: 1–8.
- BARKMANN J. J. 1988: New system of plant growth forms and phenological types. In: *Plant form and vegetation structure* (Eds.: WERGER M. J. A., VAN DER AART P. J. M., DURING H., VERHOEVEN J. H. T.) SPB, The Hague, pp. 9–44.

- BODROGKÖZY Gy. 1977: *A Pannonicum halophyton társulásainak rendszere és synökológiája*. Kandidátusi disszertáció (kézirat), Szeged.
- BORHIDI A. 1993: *A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai*. JPTE, Pécs.
- BORHIDI A. 1995: Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian Flora. *Acta Botanica Hungarica* 39 (1–2): 97–181.
- BÖHLING N. B., GREUTER W., RAUS T. 2002: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen der Südägäis (Griechenland). *Dip. di Botanica ed Ecologia dell'Univ., Camerino. Braun-Blanquetia* 32: 2–108.
- TER BRAAK C. J. F., GREMMEN N. J. M. 1987: Ecological amplitudes of plant species and the internal consistency of Ellenberg's indicator values for moisture. *Vegetatio* 69: 79–87.
- BULLOCK J. M., FRANKLIN J., STEVENSON M. J., SILVERTOWN J., COULSON S. J., GREGORY S. J., TOFTS R. 2001: A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment. *Journal of Applied Ecology* 38: 253–267.
- CHAPIN F. S., BRET-HARTE M. S., HOBBIE S. E., ZHONG H. 1996: Plant functional types as predictors of transient responses of arctic vegetation to global change. *Journal of Vegetation Science* 7: 347–358.
- CORNELISSEN J. H. C., LAVOREL S., GARNIER E., DIAZ S., BUCHMANN N., GURVICH D. E. 2003: Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335–380.
- CYGANOV D. N. 1983: *Fitoindikacija ekologiceskich rezimov v podzonechvojno-sirokolistvennykh lesov*. Nauka, Moszkva.
- CSONTOS P. 2001: *A természetes magbank kutatásának módszerei*. Scientia Kiadó, Budapest.
- CSONTOS P. 2002: A magökológiai adatbázis és alkalmazhatósága a botanikai kutatásban. In: *Szupraindividális biológiai kutatások* (szerk.: PAPP L., BORHIDI A.). MTA ÖBKI, Vácrátót.
- DÍAZ S., ACOSTA A., CABIDO M. 1992: Morphological analysis of herbaceous communities under different grazing regimes. *Journal of Vegetation Science* 3: 689–696.
- DÍAZ S., NOY-MEIR I., CABIDO M. 2001: Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology* 38: 497–508.
- DÍAZ S., LAVOREL S., MCINTYRE V., FALCZUK F., CASANOVES D. G., MILCHUNAS C., SKARPE G., RUSCH M., STERNBERG I., NOY-MEIR J., LANDSBERG W., ZHANG H., CLARK B., CAMPBELL D. 2006: Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology* 13 (2): 313–341.
- DÍAZ S., CABIDO M. 1997: Plant functional types and ecosystem function in relation to global change. *Journal of Vegetation Science* 8: 463–474.
- DÍAZ S., CABIDO M., ZAK M., MARTÍNEZ CARRETERO E., ARANÍBAR J. 1999: Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in central-western Argentina. *Journal of Vegetation Science* 10: 651–660.
- DÍAZ S., HODGSON J., THOMPSON K., CABIDO M., CORNELISSEN J., JALILI A., MONTSERRAT-MARTI G., GRIME J., ZARRINKAMAR F., ASRI Y., BAND S., BASCONCELO S., CASTRO-DIEZ P., FUNES G., HAMZEEH B., KHOSHNEVI M., PEREZ-HARGUINDEGUY N., PEREZ-RONTOME M., SHIRVANY F., VENDRAMINI F., YAZDANI S., ABBAS-AZIMI R., BOGAARD A., BOUSTANI S., CHARLES M., DEHGHAN M., DE TORRES-ESPUNY L., FALCZUK V., GUERRERO-CAMPO J., HYND A., JONES G., KOWSARY E., KAZEMI-SAEED F., MAESTRO-MARTINEZ M., ROMO-DIEZ A., SHAW S., SIAVASH B., VILLAR-SALVADOR P., ZAK M. 2004: The plant traits that drive ecosystems: Evidence from three continents. *Journal of Vegetation Science* 15: 295–304.
- DONITA N., PURCELEAN ST., CEIANU I., BELDIE A. 1977: *Ecologie forestieră cu elemente de ecologie generală*. Editura Ceres, București, 372 pp.
- DUCKWORTH J. C., KENT M., RAMSAY P. M. 2000: Plant functional types: an alternative to taxonomic plant community description in biogeography? *Progress in Physical Geography* 24(4): 515–542.
- ELLENBERG H. 1948: Unkrautgesellschaften als Mass für den Säuregrad, die Verdichtung und andere Eigenschaften des Ackerbodens. *Berichte Landtechnik* 4: 2–18.
- ELLENBERG H. 1950: Kausale Pflanzensoziologie auf physiologischer Grundlage. *Berichte Deutsch botanische Gesellschaft* 63: 24–31. *Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie I*. Ulmer, Stuttgart.
- ELLENBERG H. 1952. *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie. II: Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung*. Stuttgart.
- ELLENBERG H. 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen in Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9. Goltze Verlag, Göttingen.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D. 1991: Zeigewerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Goltze Verlag, Göttingen, *Scripta Geobotanica* 18: 1–248.

- FARKAS S. 1999: *Magyarország védett növényei*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 420 pp.
- FEOLI E., SCIMONE M. 1984: A quantitative view of textural analysis of vegetation and examples of application of some methods. *Arch. Bot. Biogeogr. Ital.* 60: 72–94.
- FITTER A. H., PEAT H. J. 1994: The ecological flora database. *Journal of Ecology* 82: 415–425.
- FLYNN S., TURNER R. M., STUPPY W. H. 2006: *Seed Information Database* (release 7.0, October 2006) <http://www.kew.org/data/sid>.
- FRANK D., KLOTZ S. 1988, 1990: Biologisch-ökologische Daten zur Flora der DDR. Wiss. Beit. Der Martin Luther Universität in Halle-Wittenberg, 1. und 2. ed., 321 pp., 167 pp.
- FRESCO L. F. M., VAN DER MAAREL E. H., KARMIERCAK E. T. 2001: *VEGRON v.7.0 Numerical analysis in vegetation ecology*. Opulus Press, Uppsala.
- GARNIER E., LAVOREL S., ANSQUER P., CASTRO H., CRUZ P., DOLEZAL J., ERIKSSON O., FORTUNEL C., FREITAS H., GOLODETS C., GRIGULIS K., JOUANY C., KAZAKOU E., KIGEL J., KLEYER M., LEHSTEN V., LEPS J., MEIER T., PAKEMAN R., PAPADIMITRIOU M., PAPANASTASIS V. P., QUESTED H., QUÉTIER F., ROBSON M., ROUMET C., RUSCH G., SKARPE CH., STERNBERG M., THEAU J. P., THÉBAULT A., VILE D., ZAROVALI M. P. 2006: Assessing the Effects of Land-use Change on Plant Traits, Communities and Ecosystem Functioning in Grasslands: A Standardized Methodology and Lessons from an Application to 11 European Sites. *Annals of Botany* 99: 967–985.
- GITAY H., NOBLE I. R. 1997: What are functional types and how should we seek them? In: *Plant functional types – their relevance to ecosystem properties and global change* (Eds.: SMITH T. M., SHUGART H. H., WOOLWARD F. L.). Cambridge University Press, Cambridge, pp. 3–19.
- GONDARD H., JAUFFRET S., ARONSON J., LAVOREL S. 2003. Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands. *Applied Vegetation Science* 6: 223–234.
- GRIME J. P. 1979: *Plant strategies and vegetation process*. Wiley and Sons, New York.
- GRIME J. P., HODGSON J. G., HUNT R. 1988: *Comparative plant ecology: a functional approach to common British plants*. Unwin Hyman.
- HALASSY M. 2001: Possible role of the seed bank in the restoration of open sand grassland in old fields. *Community Ecology* 2(1): 101–108.
- HARLEY J. L., HARLEY E. L. 1987: A check-list of mycorrhiza in the British flora. *New Phytologist* 105: 1–102.
- HILL M. O., MOUNTFORD J. O., ROY D. B., BUNCE R. G. H. 1999: *Ellenberg's Indicator Values for British Plants*. Institute for Terrestrial Ecology / Department of Environment, Transport and Regions (NERC), Huntington.
- HODGSON J. G., GRIME J. P., HUNT R., THOMPSON K. 1995: *The electronic comparative plant ecology*. Chapman and Hall, London.
- HODGSON J. G., WILSON P. J., HUNT R., GRIME J. P., THOMPSON K. 1999: Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85: 282–294.
- HORVÁTH F., DOBOLYI K., MORSCHAUER T., LÓKÖS L., KARAS L., SZERDAHELYI T. 1995: *Flóra adatbázis*. MTA ÖBKI, Vácátót.
- VON HUMBOLDT A. 1806: Ideen zu einer Physiognomik der Gewächse. Tübingen. *Ansichten der Natur* Stuttgart and Tübingen.
- JURKO A. 1990: *Ekologické a socioekologické hodnotenie vegetácie*. Príroda, Bratislava.
- KAHMEN S., POSCHLOD P., SCHREIBER K. F. 2002: Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biological Conservation* 104: 319–328.
- KALAIPOS T. 1991: C3 and C4 grasses of Hungary: environmental requirements, phenology and role in the vegetation. *Abstracta Botanica* 15: 83–88.
- KALAIPOS T., BALOGHNÉ-NYAKAS A., CSONTOS P. 1997: Occurrence and ecological characteristics of C4 dicot and Cyperaceae species in the Hungarian flora. *Photosynthetica* 33(2): 227–240.
- KÁRPÁTI I., KÁRPÁTI V., BORBÉLY Gy. 1968: Magyarországon elterjedtebb ruderális gymnomvénnyek synökológiai besorolása. *A Keszthelyi Agrártudományi Főiskola Közleményei* X.(13): 1–40.
- KELLY C. K. 1996. Identifying plant functional types using floristic data bases: Ecological correlates of plant range size. *Journal of Vegetation Science* 7: 417–424.
- KIRCHNER O., LOEW E., SCHROETER C. 1908 ff.: *Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas* Ulmer, Stuttgart.
- KLEYER M. 1995: *Biological traits of vascular plants. A database*. N.F. Bd. 2. Arbeitsberichte Inst. f. Landschaftsplanung u. Ökologie Univ., Stuttgart.
- KLEYER M. 1999: Distribution of plant functional types along gradients of disturbance intensity and resource supply in an agricultural landscape. *Journal of Vegetation Science* 10: 697–708.

- KLEYER M., BEKKER R. M., KNEVEL I. C., BAKKER J. P., THOMPSON K., SONNENSCHNEIN M., POSCHLOD P., VAN GROENENDAEL J. M., KLIMES L., KLIMESOVÁ J., KLOTZ S., RUSCH G. M., HERMY M., ADRIAENS D., BOEDELTEJE G., BOSSUYT B., DANNEMANN A., ENDELS P., GÖTZENBERGER L., HODGSON J. G., JACKEL A-K., KÜHN I., KUNZMANN D., OZINGA W. A., RÖMERMANN C., STADLER M., SCHLEGELMILCH J., STEENDAM H. J., TACKENBERG O., WILMANN B., CORNELISSEN J. H. C., ERIKSSON O., GARNIER E., PECO B. 2008: The LEDA Traitbase: A database of life-history traits of Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96: 1266–1274.
- KLIMES L., KLIMEŠOVÁ J. 1999: CLO-PLA2 – a database of clonal plants in Central Europe. *Plant Ecology* 141: 9–19.
- KLIMEŠOVÁ J., KLIMEŠ L. 2006: CLO-PLA3: a database of clonal growth architecture of Central European plants. <http://clopla.butbn.cas.cz> [Institute of Botany, AS CR].
- KOVÁCS G. M., BAGI I. 2001: Mycorrhizal status of plants in a mixed deciduous forest from the Great Hungarian Plain with special emphasis on the potential mycorrhizal partners of *Terfezia terfezioides* (Matt.) Trappe (Pezizales). *Phyton* 41(2): 161–168.
- KOVÁCS G. M., SZIGETVÁRI Cs. 2002: Mycorrhizae and other root-associated fungal structures of the plants of a sandy grassland on the Great Hungarian Plain. *Phyton* 42(2): 211–223.
- KOVÁCS G. M. 2008: Magyarországi növények mikorrhizáltsági vizsgálatainak összefoglalása. Mit mondhatnak ezek az adatok? *Kitaibelia* 13: 62–73.
- KOVÁCS J. A. 1979: *Biological, ecological and agricultural indicators of grassland flora*. Minist. Agr. Ind. Alim., Bucuresti, pp. 1–50.
- KUTCHERA L., LICHTENEGGER E. 1982–1992: *Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerkräuter und Kulturpflanzen*, Band 1–2. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KÜHN I., DURKA W., KLOTZ S. 2004: BiolFlor – a new plant-trait database as a tool for plant invasion ecology. *Diversity Distribution* 10(5–6): 363–365.
- KLOTZ S., KÜHN I., DURKA W. 2002: *BIOLFLOR Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland*. Schriftenreihe für Vegetationskunde 38. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- LANDOLT E. 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff. Geobot. Inst. ETH Stift. Rübel Zürich* 64: 1–208.
- LAVOREL S., MCINTYRE S., LANDSBERG J., FORBES T. D. A. 1997: Plant functional classification: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *TREE* 12(12): 474–478.
- LAVOREL S., MCINTYRE S., GRIGULIS K. 1999: Plant response to disturbance in a Mediterranean grassland: How many functional groups? *Journal of Vegetation Science* 10(5): 661–672.
- LAVOREL S., DÍAZ S., HANS J., CORNELISSEN C., GARNIER E., HARRISON S. P., MCINTYRE S., PAUSAS J. G., PÉREZ-HARGUINDEGUY N., ROUMET C., URCELAY C. 2007: Plant Functional Types: Are We Getting Any Closer to the Holy Grail? In: *Terrestrial Ecosystems in a Changing World* (Eds.: CANADELL J. G., PATAKI D. E., PITELKA L. F.). Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, pp. 149–164.
- LAWESSON J. E., MARK S. 2000: PH and Ellenberg' reaction values for Danish forest plants. *Proceedings IAVS Symposium*, pp. 151–153.
- LEISHMAN M. R., WESTOBY M. 1992: Classifying plants into groups on the basis of associations of individual traits: evidence from Australian semiarid woodlands. *Journal of Ecology* 80: 417–424.
- LINDACHER R. 1995: PHANART. Datenbank der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Erklärung der Kennzahlen, Aufbau und Inhalt. *Veröff. Geobot. Inst. ETH Stift. Rübel Zürich* 125: 1–436.
- LIIRA J., SCHMIDT T., TSIPSE A., ARENS P., AUGENSTEIN I., BAILEY D., BILLETER R., BUKÁČEK R., BUREL F., BLUST G., COCK R., DIRKSEN J., EDWARDS P. J., HAMERSKÝ R., HERZOG F., KLOTZ S., KÜHN I., LE COEUR D., MIKLOVÁ P., ROUBALOVA M., SCHWEIGER O., SMULDERS M. J. M., WINGERDEN W. K. R. E., BUGTER R., ZOBEL M. 2008: Plant functional group composition and large-scale species richness in European agricultural landscapes. *Journal of Vegetation Science* 19: 3–14.
- LIU K., EASTWOOD R. J., FLYNN S., TURNER R. M., STUPPY W. H. 2008: *Seed Information Database* (release 7.1, May 2008) <http://www.kew.org/data/sid>.
- MATUS G., TÓTHMÉRÉSZ B. 1994: Correlation of indicator values with climatic and soil data in a ruderal succession. *Abstracta Botanica* 18: 7–12.
- MATUS G., TÓTHMÉRÉSZ B., PAPP M. 2003: Restoration prospects of abandoned species-rich sandy grassland in Hungary. *Applied Vegetation Science* 6: 169–178.
- MATUS G., PAPP M., TÓTHMÉRÉSZ B. 2005: Impact of management on vegetation dynamics and seed bank formation of inland dune grassland in Hungary. *Flora* 200: 296–306.
- MCINTYRE S., LAVOREL S. 2001: Livestock grazing in sub-tropical pastures: steps in the analysis of attribute response and plant functional types. *Journal of Ecology* 89: 209–226.

- MOOG D., KAHMEN S., POSCHLOD P. 2005: Application of CSR- and LHS-strategies for the distinction of differently managed grasslands. *Basic and Applied Ecology* 6: 13–143.
- MRÁZ K., SAMEK V. 1966: *Lesní rostliny*. Praha.
- NOBLE I. R., GITAY H. 1996: A functional classification for predicting the dynamics of landscapes. *Journal of Vegetation Science* 7: 329–336.
- ORLÓCI L., ORLÓCI M. 1985: Comparison of communities without the use of species: model and example. *Annali Botanici Roma* 43: 275–285.
- PAPP L. 1994: Védett harasztok és virágos növények spóra- és termésérési időszakai (fenofázisai) hazánkban. *Calandrella* VIII.(1–2): 26–53.
- PIGNATTI S. and with coll. of MENEGONI P., PIETROSANTI S. 2005: Valori di bioindicazione delle piante vascolari della Flora d'Italia. /Bioindicator values of vascular plants of the Flora of Italy. *Braun-Blanquetia* 39: 3–95.
- POSCHLOD P., MATTHIES D., JORDAN S., MENGEL CH. 1996: The biological flora of central Europe – an ecological bibliography. *Bull. of the Geobotanical Institute ETH* 62: 89–108.
- PRACH K., PYSEK P., SMILAUER P. 1997: Changes in species traits during succession: a search for pattern. *Oikos* 79: 201–205.
- PRACH K., PYSEK P. 1999: How do species dominating in succession differ from others? *Journal of Vegetation Science* 10: 382–392.
- RABOTNOV T. A. (1974 ff.): *Biologiceskaja flora Moskovskoj oblasti* Vol. 1 (1974), Vol. 2 (1975), Vol. 3 (1976), Vol. 4 (1978), Vol. 5 (1980), Vol. 6 (1980), Vol. 7 (1983), Vol. 8 (1990) Izdatel'stvo Moskovskogo universitete, Moscow.
- RAMENSKIJ L. G. et al. 1956: *Ekologiceskaja ocenka kormovych ugodij po rastitelnomu pokrovu*. Moszkva.
- RAUNKJER C. 1904: Om biologiske Typer, med Hensyn til Planternes Tilpasninger til at overleve ugunstige Aarstider. *Botanisk Tidsskrift* XIV, 26 pp.
- RAUNKJER C. 1934: *The life forms of plants and statistical plant geography*. The Clarendon Press, Oxford.
- DU RIETZ G. E. 1931: Life forms of terrestrial flowering plants. *Acta Phytogeographica Suecica* 3: 1–95.
- RYDIN H., BORGEGARD S. 1991: Plant characteristics over a century of primary succession on islands: Lake Hjälmaren. *Ecology* 72: 1089–1101.
- SANDA V. et al 1983: Caracterizarea ecologica si fitocenologica a speciilor spontane din flora Romaniei. *Studii Comunic. Muz. Brukenthal Sibiu* 25(Suppl.): 1–126.
- SCHAFFERS A. P., SYKORA K. V. 2000: Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11: 225–244.
- SEменова G. V., VAN DER MAAREL E. 2000: Plant functional types – a strategic perspective. *Journal of Vegetation Science* 11: 917–922.
- SIMON T. 1988: A hazai edényes flóra természetvédelmi-érték besorolása. *Abstracta Botanica* 12: 1–23.
- SIMON T. 1992: *A magyarországi edényes flóra határozója*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- SIMON T. 2000: *A magyarországi edényes flóra határozója*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- SOÓ R. 1964–1980: *A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve*, I–VI. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SZABÓ R., PRACH K. 2009: Old-field succession related to soil nitrogen and moisture, and importance of plant species trait. *Community Ecology* 10: 65–73.
- THOMPSON K., BAKKER J. P., BEKKER R. M. 1997: *The soil seed banks of North West Europe*. Cambridge University Press.
- VIOLLE C., NAVAS M. L., VILE D., KAZAKOU E., FORTUNEL C., HUMMEL I., GARNIER E. 2007: Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116(5): 882–892.
- DE VRIES D. M., KRUIJNE A. A., MOOI H. 1957: Veelvuldigheid van graslandplanten en hun aanwijzing van milieueigenschappen. *Jaarb. Inst. Biol. Scheik. Onderzoek Landbouwgewassen* 27., pp. 183–191.
- WANG B., QIU Y. L. 2006: Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299–363.
- WEIHER E., VAN DER WERF A., THOMPSON K., RODERICK M., GARNIER E., ERIKSSON O. 1999: Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. *Journal of Vegetation Science* 10: 609–620.
- WESTOBY M. 1998: A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil* 199: 213–227.
- WRIGHT I. J., REICH P. B., WESTOBY M., ACKERLY D. D., BARUCH Z., BONGERS F., CAVEN-DER-BARES J., CHAPIN T., CORNELISSEN J. H. C., DIEMER M., FLEXAS J., GARNIER E., GROOM P. K., GULIAS J., HIKOSAKA K., LAMONT B. B., LEE T., LEE W., LUSK C., MIDGLEY J. J., NAVAS M. L., NIINEMETS U., OLEKSYN J., OSADA N., POORTER H., POOT P., PRIOR L., PYANKOV V. I., ROUMET C., THOMAS S. C., TJOELKER M. G., VENEKLAAS E. J., VILLAR R. 2004: The worldwide leaf economics spectrum. *Nature* 428: 821–827.

ZARZYCKI K. 1984: *Ekologiczne liczby wskaźnikowe roślin naczyniowych*. PAN, Kraków.

ZLATNÍK A. et al. 1970: *Lesnická botanika speciální*. Praha.

ZÓLYOMI B., BARÁTH Z., FEKETE G., JAKUCS P., KÁRPÁTI I., KOVÁCS M., MÁTHÉ I. 1967: Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologische Gruppen nach TWR-Zahlen. *Fragmenta Botanica* 4: 101–142.

ZÓLYOMI B., PRÉCSÉNYI I. 1964: Methode zur ökologischen Charakterisierung der Vegetationseinheiten und zum Vergleich der Standorte. *Acta Botanica Hungarica* 10: 377–419.

Internetes oldalak:

LEDA: leda-traitbase.org

BioFLOR: www.bioflr.de

CLO-PLA 1,2,3: www.butbn.cas.cz/klimes

GLOPNET: <http://www.nature.com/nature/journal/v428/n6985/supinfo/nature02403.html>

SEED Inf. Daabank: <http://www.kew.org/data/sid>

BIOPOP: <http://www.uni-oldenburg.de/landeco/>

Ecological Flora Databank: www1.york.ac.uk/res/ecoflora/cfm/ecofl/index.cfm

PLANT CHARACTERISTICS, PLANT TRAIT DATABASES AND THEIR APPLICATION
IN ECOLOGICAL RESEARCH

A. Csecserits, R. Szabó, B. Czúcz

MTA ÖBKI, Vácrátót, 2163, Alkotmány u. 2–4.

e-mail: aniko@botanika.hu

Accepted: 2009

Keywords: functional groups, Hungary, plant characteristics value, plant database, plant trait

Factual descriptive information on plant species is getting more and more broadly applied in ecological studies. Plant characteristics, such as geographic distribution, life form, flowering time or nitrogen need are frequently presented in large databases, which makes quantitative evaluation of plant ecological studies feasible. Nevertheless, in Hungary only a relatively narrow range of few well-known plant characteristics are generally applied in plant ecological studies. In order to contribute to improving this situation, in this paper we provide here a brief overview of the most important European databases along with the current trends in collecting and using plant trait data. The authors pay particular attention to the development of plant functional types (PFTs) based on certain plant characteristics, as well as to the history and motivation of the application of these powerful and trendy tools in plant ecology. The Hungarian ecologists are encouraged to make more use of existing international databases and to complete them with data for Hungarian species.