

Hosszú távú fajkompozíció változás vizsgálatok hazai dolomit-, mészkő- és szilikátsziklagyep társulásokban

Szítár Katalin¹ és Török Katalin²

¹ ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

² MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, 2163 Vácraátó, Alkotmány út 2-4.

Felelős szerző: 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.,

e-mail: szitar@botanika.hu, telefon/fax: 061-381-2188

Összefoglaló: Hét, a Dunántúli- és az Északi-középhegység területén előforduló sziklagyep-társulás hosszú távú fajösszetételbeli változásának vizsgálatára 1931 és 1961 között készített és 1991 és 1994 között megismételt klasszikus cönológiai felvételeket sokváltozós és statisztikai módszerekkel hasonlítottunk össze. A vizsgált sziklagyep állományok adatainak többszemponyú elemzése alapján az utóbbi évtizedekben a fajkompozíció minden társulásban változott. A sziklagyepi specialista és generalista fajok arányának csökkenése, a zavarástűrők és a rövidéletű fajok arányának növekedése, valamint a nitrogén- és vízigényspektrum kevésbé szélsőséges kategóriák felé tolódása a természetesség csökkenését jelzi. A degradáció okait a lokális (turizmus, túlszaporodott vadállomány) és a nagyobb léptékű hatásokban (légköri nitrogén ülepedés) kereshetjük.

Kulcsszavak: archív felvételek, ismételt mintavételezés, növénycönológia, degradáció

Bevezetés

Az élővilág állapotára vonatkozó történeti adatok a globális változás idején felértékelődnek. A hosszú távú környezeti hatások elemzésének jó eszköze a történeti és recens adatok összehasonlítása. A vegetáció változásainak kimutatására alkalmasak a két vagy több időpontból származó cönológiai adatok. Számos tanulmány elemzi különféle vegetációs típusok hosszú távú (30-70 éves) időbeli változásait archív felvételek felhasználásával. A fajszám vizsgálata (Bennie et al. 2006, Berlin et al. 2000, Bos et al. 2002, Pyšek et al. 2004, Spiegelberger et al. 2006, Török et al. 1994) mellett az írások a fajkészlet minőségi változásait sokváltozós módszerek (Bennie et al. 2006, Török et al. 1994, Whisenant & Wagstaff 1991, Wild et al. 2004), valamint az Ellenberg-féle indikátorértékek (Bennie et al. 2006, Pyšek et al. 2004, Ruprecht & Botta-Dukát 1999/2000, Simon et al. 1993, Török et al. 1994, Wild et al. 2004) és a Raunkiaer életforma kategóriák (Bennie et al. 2006, Franklin et al. 2004, Pyšek et al. 2004, Whisenant & Wagstaff 1991) alkalmazásával jellemzik. Több vegetációtípusban mutattak ki degradációt (Bennie et al. 2006, Berlin et al. 2000, Pyšek et al. 2004, Simon et al. 1993, Török et al. 1994, Whisenant & Wagstaff 1991, Wild et al. 2004), amelyeket a lokális hatások – turizmus (Török et al. 1994), túlszaporodott vadállomány (Török et al. 1994), tápanyag feldúsulás (Bennie et al. 2006, Spiegelberger 2006), intenzív erdészeti kezelés (Horváth & Csontos 1992) – mellett a nagyobb léptékben ható

tényezőkkel: légköri nitrogén ülepedéssel (Berlin et al. 2000, Bos et al. 2002, Köchy & Wilson 2005) vagy a klíma melegedésével (Wild et al. 2004) magyaráztak.

A sziklagyepek változásának vizsgálata az emberi művelés és az egyéb közvetlen terhelések hiánya miatt különösen alkalmas a lokális tényezőkön túl a háttérterhelések és a globális hatások elemzésére. Hipotézisünk szerint szélsőséges termőhelyi viszonyaik miatt a sziklagyepek fajkészlete konzervatív (Podani 2005), a lokális és globális hatásoknak nagymértékben ellenállnak. Természeti értékeik, ritkaságuk és sérülékenységük miatt a sziklagyepek állapotváltozásainak vizsgálata természetvédelmi szempontból is fontos feladat. Kutatásunk során hét hazai sziklagyep társulás állapotának hosszú távú (30–60 éves) fajkészlet változását elemeztük. A sziklagyepek sokféleségének reprezentálására a vizsgálat az Északi- és a Dunántúli-középhegység három legnagyobb területi kiterjedésű alapkőzetének (dolomit, mészkő és andezit) egyes jellemző sziklagyep asszociációira terjedt ki. A sziklagyepek Zürich-Montpellier iskola módszerei szerint történő cönológiai leírása az 1930-as években vette kezdetét hazánkban (Zólyomi 1936), ezért ez a legkorábbi időpont, amelyből cönológiai felvételek révén részletes információval rendelkezünk egy-egy állomány fajösszetételéről (Török & Zólyomi 1998).

Módszerek

Az összehasonlítás alapjául Simon (1977), Horánszky (Török et al. 1994), Zólyomi (Török & Zólyomi 1998), valamint Szujkó-Lacza (1961) által az 1930–60-as években készített cönológiai felvételek szolgáltak. A felvételek adatait az 1. táblázat foglalja össze. A 163 felvétel a Dunántúli- és az Északi-középhegység területén, 66 lokalitáson készült egyenként 16 m² (ritkán 25 m²-es) méretben. Az archív cönológiai felvételek alkalmazásának korlátai vannak. A korábbi felvételek a vegetációtípusok leírására szolgáltak, a tipikus és jó állapotú állományokban készültek, ezért az átmeneti és degradált foltok kimaradtak a felvételezésből. A kvadrátokat nem jelölték meg a helyszínen, ezért többnyire csak állomány-szintű azonosításuk lehetséges. A felvételezők taxonómiai felkészültsége és a mintavételi módszerek (pl. borításbecslés) szubjektivitása szintén csökkenti az eredmények általánosításának lehetőségeit. A fenti hatások minimalizására Török a szerzőkkel való egyeztetés után lokalitás, kitettség, lejtőszög és fajlista megfeleltetés alapján ismételte meg a felvételeket 1991–94 között azonos nagyságú kvadrátokban a vegetációs periódus azonos szakaszában. A felvételek nagy része a Visegrádi-hegység Potentillo-Festucetum pseudomalaticae állományaiban készült felvételektől eltekintve publikálatlan (Török et al. 1994). Tekintettel a felvételi módszerek korai kialakulatlanságára, a felvételek kvantitatív (abundancia) adatait nem vettük figyelembe, elemzéseinket az edényes fajok jelenlétére, illetve hiányára alapoztuk.

1. táblázat. Az összehasonlításhoz felhasznált archív cönológiai felvételek adatai.

Társulás	Rövi- dítés	Időpont	Hegység	Alap- közet	Felvé- telek száma	Szerző és refe- rencia
Minuartio-Fes- tucetum pseu- dodalmaticae (/Mikyška 1933/ Klika 1938)	MF	1958-61	Zempléni- hegység	szilikát	29	Simon T. (1977)
Potentillo-Fes- tucetum pseu- dodalmaticae (Majovsky 1955)	PF	1953-56	Visegrádi- hegység	szilikát	30	Horánszky A. (Török et al. 1994)
Poëtum pannonicae (Zólyomi 1936)	PP	1954-60	Börzsöny	szilikát	12	Szujkó-Lacza J. (1961)
Campanulo divergentifor- mis-Festucetum pallentis (Zólyomi 1958)	CF	1931-32	Bükk	mészkö	29	Zólyomi B. (Török & Zólyomi 1998)
Festuco pallenti- Brometum pan- nonici (Zólyomi 1958)	FB	1932-41	Budai-, Keszthelyi- hg, Bakony és Vértes	dolomit	23	Zólyomi B. (Török & Zólyomi 1998)
Seseli leucos- permi-Festuce- tum pallentis (Zólyomi /1936/ 1958)	SF	1933-41	Budai-, Keszthe- lyi-hg és Bakony	dolomit	28	Zólyomi B. (Török & Zólyomi 1998)
Seslerietum sad- lerianae (Soó ex Zólyomi 1936)	SS	1933-35	Budai- hegység	dolomit	12	Zólyomi B. (Török & Zólyomi 1998)

A felvételek időbeli változását a teljes adatsor együttes főkomponens elemzésével (PCA, Rohlf-biplot, SYNTAX 2000) vizsgáltuk (Podani 2001). A sokváltozós analízisben csak az 1 százaléknál magasabb frekvenciájú fajok szerepeltek (összesen 384 faj). Az elemzésben minden fajt azonos súllyal vettünk figyelembe. A változások irányát a szüntaxonok átlagainak a két felvételezési időpont közötti elmozdulásával, trajektóriájával szemléltetjük (Whisenant & Wagstaff 1991). A felvételek társuláson belüli hasonlóságának időbeli változását a főkomponens elemzés első tengelyén mért átlagos távolság változásával jellemeztük. A dolomit és a mészkövi felvételek esetében a két felvételi időpont között eltelt idő hossza

nagymértékben eltért. Az eltelt idő hatását a mészkövi és dolomitfelvételek esetében társulásonként lineáris regresszióanalízissel elemeztük, amelyben az ordinációs diagram első és második tengelyén való abszolútértékben vett elmozdulást az években mért eltelt idő hossza függvényében vizsgáltuk.

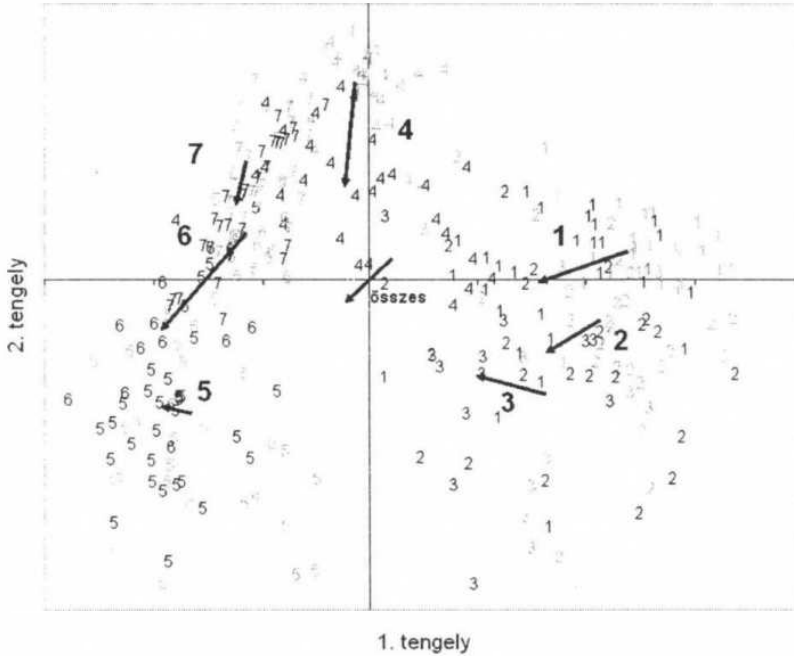
Az ordináció eredményét cönológiai és ökológiai fajcsoportok arányának változásával magyaráztuk. A fajok cönológiai preferenciáját Soó (1968, 1980) rendszere alapján Simon (2000) besorolásának figyelembevételével állapítottuk meg (Horváth et al. 1995). Elemeztük továbbá a fajok Borhidi-féle szociális magatartás típusából, a Raunkiaer-féle életforma típusából (Raunkiaer 1934) és a Borhidi-féle ökológiai (a nitrogén-igény és a relatív talajvíz, ill. talajnedvesség) indikátorszámokból képzett fajcsoportok arányának időbeli változását (Borhidi 1995, Horváth et al. 1995). A fajszám és a fajcsoport arányok változásának szignifikanciáját t-próbával ellenőriztük a STATISTICA 6.0 programmal (StatSoft Inc. 2001).

Eredmények

Az adatok együttes főkomponens-elemzésének eredményét az 1. ábra mutatja. Az elemzés a felvételeket az első tengely mentén alapkőzet szerint rendezte. A kárpáti mészkősziklagyp (CF) középső helyzete fajkészlete átmeneti jellegére utal. A fajkészlet alapján az alapkőzetek társulásai nem alkotnak külön csoportot az ordinációs diagramon. A társulások trajektóriái az első tengelyen egyirányú elmozdulást mutatnak a két felvételi időpont között. A legnagyobb elmozdulás a börsönyi Poëtum pannonicae (PP) felvételek esetében tapasztalható, és a fajszám nagyarányú növekedésével magyarázható, amely átlagosan 20,3-ról 34,4-re nőtt ($t_{22} = -5,481$, $p < 0,001$). A nyílt szilikátsziklagyp (MF) és a mészkerülő lejtősztyeprét (PF) állományok eredő elmozdulása a legkisebb. A felvételek társuláson belüli hasonlósága egy kivétellel (MF) minden társulásban szignifikánsan csökkent a felvételek PCA első tengelyén mért átlagos távolsága alapján. Az eltelt idő hatását a dolomit és a mészkövi társulások esetében lineáris regresszióanalízissel vizsgáltuk. Az ordináció első tengelyén vett elmozdulás nem ($y = 0,021 + 0,011 \times$, $r = 0,105$, $n = 70$, $p = 0,387$), a második tengelyen vett elmozdulás szignifikáns növekedést mutatott az eltelt idővel ($y = 0,003 \times - 0,096$, $r = 0,338$, $n = 70$, $p = 0,004$).

A felvételenkénti átlagos fajszám nem változott trendszerűen. Jelentős a mészkövi felvételek fajszámának csaknem egyharmados növekedése 24,0-ról 34,5-re ($t_{56} = -5,260$, $p < 0,001$). A dolomiton készült felvételek fajszáma szignifikánsan csökkent 35,8-ról 32,4-re ($t_{124} = 2,118$, $p = 0,036$). A szilikát sziklagyepéken készült felvételek fajszámának kismértékű csökkenése (27,6-ról 30,8-ra) statisztikailag nem igazolható ($t_{140} = -1,811$, $p = 0,072$).

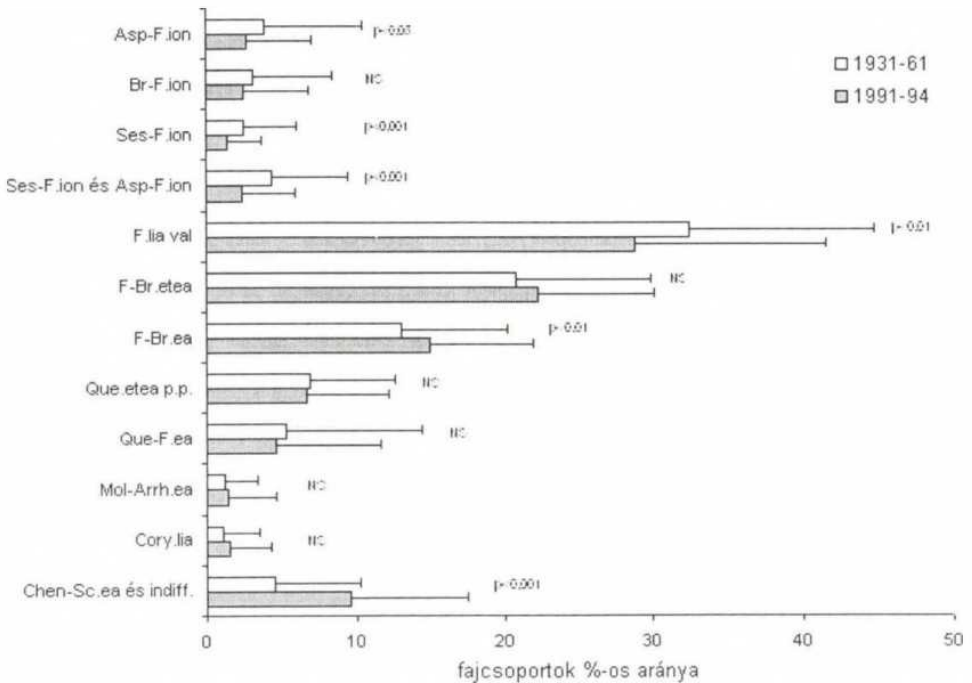
A teljes adatsor cönoszisztematikai csoportjainak elemzésével kimutattuk, hogy a sziklagyepi (Asplenio-Festucion, Bromo-Festucion, Seslerio-Festucion) és a szárazgyepi (Festucetalia valesiaca) karakterfajok aránya csökkent (2. ábra). A Bromo-Festucion csoport kivételével a különbség szignifikáns volt. Ezzel párhuzamosan a generalista Festuco-Brometea és Festuco-Brometea fajok csoportrészesedése megnőtt, az utóbbi esetében szignifikánsan (13,0-ról 15,0 százalékra, $t_{324} = -2,629$, $p = 0,009$). Az eljelleltelenedésre utaló indifferens és gyomjellegű fajok (Chenopodio-Sclerantha) aránya a kétszeresére nőtt (4,53-ról 9,54-re, $t_{324} = -6,505$, $p < 0,001$).



1. ábra. 326 felvétel bináris adatain alapuló ordinációs elemzés eredménye. A nyilak a szüntaxonok átlagainak a két felvételezési időpont közötti elmozdulását mutatják. (centrált PCA, Rohlf-biplot, sajátértékek: 1. tg. – 11,28, 2. tg. – 5,3). A szürke számok az első, a fekete számok a második felvételezés négyzeteit jelölik. Rövidítések: 1 – Seseleo-Festucetum pallentis, 2 – Festuco-Brometum pannonicum, 3 – Seslerietum sadlerianae, 4 – Campanulo-Festucetum pallentis, 5 – Potentillo-Festucetum pseudodalmaticae, 6 – Poëtum pannonicum, 7 – Minuartio-Festucetum pseudodalmaticae

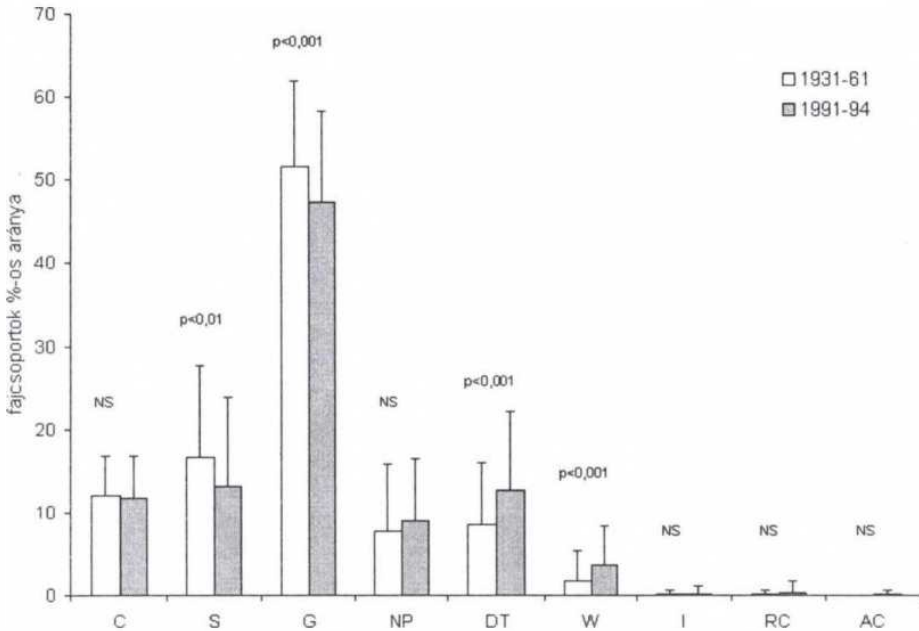
A szociális magatartás-típusok részeseződésének változása a 3. ábrán látható. A csoportok közül a természetességre utaló (T), a társulás fő karakterfajait adó specialisták (S) és generalisták (G) aránya szignifikáns csökkenése mellett (S: 16,6-ról 13,1 százalékra, $t_{324} = 2,900$, $p = 0,04$; G: 51,6-ról 47,3-ra, $t_{324} = 3,593$, $p < 0,001$) megnőtt a természetes pionírok (NP) és természetes zavarástűrők (DT) aránya, utóbbi esetében a változás szignifikáns volt (8,6-ról 12,7 százalékra nőtt, $t_{324} = -4,420$, $p < 0,001$). Ebben az elemzésben is kimutatható volt a gyomfajok (W) arányának megkétszereződése (1,8-ról 3,7 százalékra nőtt, $t_{324} = -4,126$, $p < 0,001$).

A Raunkiaer-féle életforma típusok vizsgálata a többi elemzéssel megegyezően az állományok degradációját mutatja. Az évelők (H) és a törpecserjék (Ch) rovására (H: 60,0-ról 57,0-ra, $t_{324} = 2,533$, $p = 0,012$; Ch: 15,0-ról 11,7-re, $t_{324} = 4,265$, $p < 0,001$) szignifikánsan nőtt a zavarásra utaló, rövid életű, egy- és két éves fajok (Th, TH) aránya (Th, TH: 10,8-ról 19,0 százalékra, $t_{324} = -5,603$, $p < 0,001$).



2. ábra. Átlagos cönoszisztematikai spektrum változás 1931-61 és 1991-94 között Soó rendszere alapján. A p értékek a t-próba szignifikanciaszintjét jelölik. NS jelzés esetén nem találtunk szignifikáns változást. A vízszintes vonalak a szórást jelölik. Rövidítések: Asp-F.ion: Asplenio-Festucion, Br-F.ion: Bromo-Festucion, Ses-F.ion: Seslerio-Festucion, F.lia val: Festucetalia valesiacae, F-Br.etea: Festuco-Brometea, F-Br.ea: Festuco-Bromea, Que.etea p.p.: Quercetea pubescentis-petraeae, Que-F.ea: Querco-Fagea, Mol-Arrh.ea: Molinio-Arrhenathera, Cory.lia: Corynephoretalia, Chen-Sc.ea: Chenopodio-Scleranthea, indiff: indifferens fajok

A Borhidi-féle nitrogénigény értékszámok elemzése is alátámasztja az állományok fajkompozíciójának kedvezőtlen irányú változását. Az extrém tápanyagszegénységhez adaptálódott, NB1, NB2 és NB3-as kategóriákba tartozó fajok alkotják a vizsgált állományok fajkészletének közel 80 százalékát. Ez a magas arány a második felvételezés idején is megmaradt, de a referencia felvételekhez képest a szélsőséges tápanyaglimitáltságot jelző NB1 kategória részesedése 34,2-ről 30,7 százalékra esett vissza ($t_{324}=2,002$, $p=0,046$), míg a kevésbé extrém feltételeket jelentő NB3 kategória aránya megnőtt (19,7 és 21,5 százalék, $t_{324}=-1,997$, $p=0,047$). A két felvételi időpont között a spektrum kis mértékben a középső, mezotróf termőhelyű fajok kategóriái (NB5 és NB6) felé tolódott el. Emellett a hipertróf termőhelyek növényeinek (NB9) aránya emelkedett kis mértékben: 4,0-ről 4,6 százalékra, de a különbség statisztikailag nem igazolható ($t_{324}=-1,649$, $p=0,100$).



3. ábra. A Borhidi-féle szociális magatartás típusok csoportrészesedésének változása 1931–61 és 1991–94 között. A p értékek a t -próba szignifikanciaszintjét jelölik. NS esetén nem találtunk szignifikáns változást. A függőleges vonalak a szórást jelölik. Rövidítések: C: természetes kompetitorok, S: specialisták, G: generalisták, NP: természetes pionirok, DT: zavarástűrők, W: honos gyomfajok, I: kivadult haszonnövények, RC: honos ruderális kompetitorok, AC: tájidegen, agresszív kompetitorok

A nitrogén-igény változásával párhuzamosan a relatív talajnedvesség-indikátorszámok (WB) is a fajösszetétel kevésbé szélsőséges (WB3 és WB4) kategóriák felé való eltolódását jelzik. A WB3 kategória aránya szignifikánsan nőtt (WB3: 31,0-ről 35,2-re változott, $t_{324} = -3,907$, $p < 0,001$) a WB1 és WB2 kategóriák rovására (WB1: 18,4-ről 15,4-re, $t_{324} = 141$, $p = 0,033$; WB2: 30,4-ről 27,7-re, $t_{324} = 2,652$, $p = 0,008$).

Értékelés

A vizsgált sziklagyep-állományok adatainak többszempontú elemzése alapján az utóbbi évtizedekben a fajkompozíció minden társulásban változott. A sokváltozós elemzés a fajkészletek hasonló változását mutatta meg a két felvételi időpont között. Az egyes társulásokon belül az állományok heterogenitása nőtt a referencia felvételekhez képest, amely csak a második felvételi időpontban kimutatott, új fajok többféle kombinációban való betelep-

désével magyarázható. A dolomit- és mészkősziklagyepi felvételek esetében a két felvételi időpont között eltelt idő nem mutatott szignifikáns összefüggést az ordinációs diagram első tengelyén tapasztalt elmozdulással, ezért valószínűsíthető, hogy a megfigyelt egységes változásban ennek nem volt jelentős szerepe. Mindez arra utal, hogy az első mintavételi időszak végét követően növekedett meg az a terhelés, amely a fajkészlet megváltozását okozta.

A fajszám nem változott egységesen: a szilikát felvételekben nem mutatkozott szignifikáns változás, dolomit alapkőzeteken kismértékű szignifikáns csökkenést, míg a mészkővön jelentős növekedést detektáltunk. A fajszám csaknem egyharmados növekedését a mészkövi felvételek esetében a specialisták arányának kismértékű csökkenése mellett az egyéves és évelő generalisták, természetes zavarástűrők és gyomfajok számának növekedése magyarázza.

A cönológiai és ökológiai fajcsoportok elemzése az állományok kedvezőtlen irányú változását mutatja. Az egyes alapkőzeteken jellemző társulások változása általános trendeket mutatott. A sziklagyeppek szélsőséges termőhelyi körülményei miatt a degradációs folyamatok többnyire a természetes pionírok és zavarástűrők felszaporodásával járnak, és csak kis mértékben eredményezik a gyomjellegű fajok megtelepedését (Török et al. 1994). A specialisták visszaszorulása (Bennie et al. 2006, Török et al. 1994) és a rövidéletű fajok arányának növekedése (Berlin et al. 2000, Török et al. 1994, Whisenant & Wagstaff 1991) az évelő gyepek közösségeinek természetességének csökkenésére utal. Az Ellenberg-féle indikátorértékek kevésbé szélsőséges kategóriák felé tolódása extrém élőhelyen szintén eljellegetelenedést jelez (Bennie et al. 2006, Pyšek et al. 2004, Ruprecht & Botta-Dukát 1999/2000, Wild et al. 2004). Mindezek az eredmények a sziklagyeppek mérsékelt szintű leromlását mutatják.

A globális trendeknek megfelelő degradáció okait elsődlegesen olyan tényezők érvényesülésében kereshetjük, mint a turizmus, a túlszaporodott muflonállomány és a légköri nitrogén ülepedés, amelyek erőziót és tápanyag feldúsulást okoznak. Az országos muflonállomány a két vizsgálat közötti időszakban a korábbiak csaknem nyolcszorosára emelkedett (Országos Vadgazdálkodási Adattár 2006). Nem hanyagolható el a háttérterhelésként jelentkező légköri nitrogénülepedés hatása, amely 1980 óta folyamatosan csökken (Klein et al. 2004), értéke 600 és 1000 mg/m²/év N között mozgott 2000-ben a vizsgálati területeinken (Bozó 2003/2004). A nitrogénülepedés vegetációra gyakorolt hatását számos tanulmány kimutatta (Berlin et al. 2000, Bobbink et al. 1992, Köchy & Wilson 2005, ten Harkel 1995). A sziklagyeppek esetében a szélsőséges tápanyag-limitáltság miatt az elérhető nitrogénszint emelkedése a fajkészlet negatív irányú változásához nagymértékben hozzájárulhat (Spiegelberger 2006).

A sziklagyep társulások hosszú távú kompozícióváltozása megmutatta, hogy ezek az állományok jórészt megőrizték jellemző fajösszetételüket, de nem mentesek a globális degradációs hatásoktól. A tapasztalt kismértékű degradáció azonban természetvédelmi szempontból intő jel, hiszen a jobb állapotú állományokat mintázta meg a módszer.

*

Közönetnyilvánítás – Kósa Géza és Rédei Tamás terepmunkában nyújtott segítsége nélkülözhetetlen volt.

Irodalomjegyzék

- Bennie, J., Hill, M.O., Baxter, R. & Huntley, B. (2006): Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. – *Journal of Ecology*, **94**: 355–368.
- Berlin, G.A.I., Linusson, A.C. & Olsson, G.A. (2000): Vegetation changes in semi-natural meadows with unchanged management in southern Sweden, 1965–1990. – *Acta Oecologica*, **21**: 125–138.
- Bobbink, R., Heil, G.W. & Geerts, R.H.M.E. (1992): Atmospheric deposition and canopy exchange processes in heathland ecosystems. – *Environmental Pollution*, **75**: 29–37.
- 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**: 97–181.
- Bos, D., Bakker, J.P., de Vries, Y. & van Lieshout, S. (2002): Long-term vegetation changes in experimentally grazed and ungrazed back-barrier marshes in the Wadden Sea. – *Applied Vegetation Science*, **5**: 45–54.
- Bozó, L. (2003/2004): Regionális levegőkörnyezeti terhelés: hatások és várható tendenciák Magyarországon. Környezetállapot értékelés Program. – *Munkacsoport tanulmányok 2003–2004*.
- Franklin, J., Coulter Ch.L. & Rey, S.J. (2004): Change over 70 years in a southern California chaparral community related to fire history. – *Journal of Vegetation Science*, **15**: 701–710.
- Horváth F., Csontos P. (1992): Thirty-year-changes in some forest communities of Visegrádi Mts., Hungary. In: teller A., Mathy P., Jeffers J. N. R. (eds.): *Responses of Forest Ecosystems to Environmental Changes*. Elsevier, London – New York, pp. 481–488.
- Horváth, F., Dobolyi, Z. K., Morschhauser, T., Lökös, L., Karas, L. & Szerdahelyi, T. (1995): *FLÓRA adatbázis 1.2*. – Vácrátót, 267 pp.
- Klein, H., Wind, P. & van Loon, M. (2004): *Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM, Hungary*. – Jelentés. URL: http://www.emep.int/reports/2004/Country_Reports/report_HU.pdf
- Köchy, M. & Wilson, S.D. (2005): Variation in nitrogen deposition and available soil nitrogen in a forest-grassland ecotone in Canada. – *Landscape Ecology*, **20**: 191–202.
- Országos Vadgazdálkodási Adattár (2006) Szt. István University. URL: <http://www.vvt.gau.hu/adattar/>
- Podani, J. (2001): SYN-TAX 2000 Computer Programs for Data Analysis. Ecology and Systematics Plus Software Users Manual, Budapest, 53 pp.
- Podani, J., Csontos, P., Tamás, J. & Miklós, I. (2005): A new multivariate approach to studying temporal changes of vegetation. – *Plant Ecology*, **181**: 85–100.

- Pyšek, P., Chocholoušková, Z., Pyšek, A., Jarošík, V., Chytrý, M. & Tichý, L. (2004): Trends in species diversity and composition of urban vegetation over three decades. – *Journal of Vegetation Science*, **15**: 781–788.
- Raunkiaer, C. (1934): *Life forms of plants and statistical plant geography*. – Clarendon Press, Oxford, 632 pp.
- Ruprecht, E. & Botta-Dukát, Z. (1999/2000): Long-term vegetation textural changes of three fen communities near Cluj-Napoca (Romania). – *Acta Botanica Hungarica*, **42**: 265–284.
- Simon, T. (1977): *Vegetationsuntersuchungen im Zempléner Gebirge*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 350 pp.
- Simon, T. (2000): *A magyarországi edényes flóra határozója*. – Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 976 pp.
- Simon, T., Szabó, M., Drakovits, R., Hahn, I. & Gergely, A. (1993): Ecological and phytosociological changes in the willow woods of Szigetköz, NW Hungary, in the past 60 years. – *Abstracta Botanica*, **17**: 179–186.
- Soó, R. (1968): *A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve, III*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 506 pp.
- Soó, R. (1980): *A magyar flóra és vegetáció rendszertani-növényföldrajzi kézikönyve, VI*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 556 pp.
- Spiegelberger, T., Hegg, O., Matthies, D., Hedlund, K. & Schaffner, U. (2006): Long-term effects of short-term perturbation in a subalpine grassland. – *Ecology*, **87**: 1939–1944.
- StatSoft, Inc. (2001). *STATISTICA (data analysis software system), version 6*. – www.statsoft.com.
- Szujkó-Lacza, J. (1961) Die Trockenrasen und der Andesit-Kalkwald im Börzsönygebirge. *Annales Historico-naturales Musei Nationalis Hungarici*, **53**: 225–240.
- ten Harkel, M. J. & van der Meulen, F. (1995): Impact of grazing and atmospheric nitrogen deposition on the vegetation of dry coastal dune grasslands. – *Journal of Vegetation Science*, **6**: 445–452.
- Török, K., Horánszky, A. & Kósa, G. (1994): Long-term changes of species composition in an andesite grassland community of the Visegrad Mts., Hungary. – *Abstracta Botanica*, **18**: 13–27.
- Török, K. & Zólyomi, B. (1998): A Kárpát-medence öt sziklagyep-társulásának szüntaxonomiai revíziója. – In: Csontos, P. (szerk.): *Sziklagyeppek szünbotanikai kutatása*. Scientia, Budapest, pp. 109–132.
- Whisenant, S.G. & Wagstaff, F.J. (1991): Successional trajectories of a grazed salt desert shrubland. – *Vegetatio*, **94**: 133–140.
- Wild, J., Neuhäuslová, Z. & Sofron, J. (2004): Changes of plant species composition in the Šumava spruce forests, SW Bohemia, since the 1970s. – *Forest Ecology and Management*, **187**: 117–132.
- Zólyomi, B. (1936): Übersicht der Felsenvegetation in der Pannonischen Florenprovinz und dem nordwestlich angrenzenden Gebiete. – *Annales Musei Nationalis Hungarici*, **30**: 136–174.

Long-term changes in species composition of seven Hungarian rocky grassland communities

Katalin Szitár¹ és Katalin Török²

¹ *Loránd Eötvös University Department of Plant Taxonomy and Ecology
H-1117 Budapest Pázmány Péter Sétány 1/C*

² *Institute of Ecology and Botany of the Hungarian Academy of Sciences
H-2163 Vácrátót, Alkotmány út 2-4.*

Abstract: Long-term vegetation change of seven rocky grassland communities in Hungary were studied by comparing relevés recorded in the 1930-60s and re-investigated in 1991-94. Multivariate and statistical methods confirmed significant time changes in species composition of the examined communities. The main vegetation changes are represented by a decrease in frequency of rocky grassland specialists and generalists, an increase of short-lived plant species, and a decrease of species adapted to extreme water and nitrogen limitation. Presumed factors responsible for the observed changes are local (tourism and overpopulated wildlife) and larger scale factors (atmospheric nitrogen deposition). Despite the observed changes the communities conserved their characteristic species composition.

Key-words: re-sampling, phytosociology, degradation

