

MEGVÁLTOZTATOTT KEZELÉSSű HAZAI GYEPÁRSULÁSAINK FUNKCIONÁLIS ÖKOLÓGIAI VÁLASZAI

Czóbel Szilárd

PhD-hallgató, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet
czobel.szilard@mkk.szie.hu

Szirmai Orsolya

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Szerdahelyi Tibor

PhD, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Nagy János

PhD, egyetemi adjunktus
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Balogh János

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Fóti Szilvia

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Péli Evelin

PhD-hallgató, tudományos segédmunkatárs
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Pintér Krisztina

PhD-hallgató, tanszéki mérnök
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Horváth László

DSc, habil. vezető főtanácsos
Országos Meteorológiai Szolgálat

Nagy Zoltán

kandidátus, PhD, habil. egyetemi docens
SZIE Növénytani és Ökológiai Intézet

Tuba Zoltán

DSc, mb. intézetigazgató, egyetemi tanár
SZIE Növénytani és Ökofiziológiai Intézet
MTA–SZIE Növényökológiai Kutatócsoport

Bolygónk szárazföldjeinek mintegy negyedén gyepökoszisztéma a potenciális természetes vegetáció, melynek kb. 20 %-át – az Antarktisz kivételével minden kontinensen előforduló – mérsékelt övi gyepök alkotják (IUCN, 1999). A trópusi és szubtrópusi övben a hőmérsékleti viszonyok lehetővé teszik a vegetáció folyamatos fejlődését, de a mérsékelt övben a téli fagypon alatti vagy közeli hőmérséklet

nyugalmi állapotba (dormancia) kényszeríti a növényeket. A kontinentális éghajlaton kialakult gyepársulásoknál, a nyári aszályos időszakban megfigyelhető egy másik nyugalmi periódus is, melynek oka nem a magas hőmérséklet, hanem a vízhiány következtében fellépő szárazságstressz (Archibold, 1995). Ebben az időszakban a kevés csapadék és magas hőmérséklet okozta sztómozáródás

hatására a napi szénmérleg a tavaszinál alacsonyabb értéket mutat. A növények áttelelő szervek segítségével élnek túl a kedvezőtlen időszakokat. Nyári vízhiány idején a domináns, élő füvek párhuzamosan növelik gyökérzetük és csökkentik hajtásuk növekedését, majd nyugalmi állapotba kerülnek, összehajló levelekkel. A hagymás és gumós fajok a kellően csapadékos időszakokban virágoznak tömegesen, míg a száraz és hideg periódust föld alatti szerveik segítségével vészelik át. Csapadékos években – a sivatagokhoz hasonlóan – gyakoriak a magállapotban áttelelő, rövid életciklusú efemer növények. A többnyire fajgazdag füves élőhelyek niche szegregációjára nemcsak a különböző funkcionális csoportok (például életformák és fotoszintézis-típusok) együttes jelenléte, hanem eltérő felépítésű gyökérzetük is utal, ami csökkenti a nedvességért vívott kompetíciót.

A mérsékelt övi füves ökoszisztémák föld feletti biomasszájában jellemzően az összes szerves szén kevesebb, mint 1 %-a található (Burke *et al.*, 1997). Ennél lényegesen nagyobb a gyökérzetben tárolt organikus szén mennyisége, de legnagyobb széntároló kapacitással a talaj rendelkezik, mely a füves ökoszisztéma összes szervesszén-tartalmának döntő tömegét (átlag 90 %) tárolja. Fentiekből következően csak a légkör–vegetáció–talaj rendszer összes komponensét vizsgáló, integrált megközelítés képes leírni megfelelően a gyepökoszisztémák szénkörforgását. Napjainkig kevés ilyen jellegű, komplex publikáció jelent meg, de a rendelkezésre álló adatok azt igazolják, hogy a vegetáció és a talaj széntartalma jelentősen eltérhet különböző gyeptípusok esetén (Reeder – Schuman, 2002). Ez elsősorban klimatikus eltérésekre vezethető vissza, de edafikus tényezők is okozhatják. Eddigi ismereteink birtokában megállapítha-

tó, hogy az adott gyeptípus szerves széntartalma az évi csapadékmennyiség növekedésével pozitívan, míg az évi középhőmérséklet emelkedésével negatívan korrelál (például Burke *et al.*, 1989).

Az eltérő fiziognómiájú, struktúrájú és diverzitású hazai gyeptársulások (Tuba *et al.*, 2004b) kiterjedése a korábban művelt területek rovására az elmúlt néhány évtizedben jelentősen megnőtt, szocioökonómiai okok miatt. Hazánk csatlakozva az Európai Unióhoz vállalta 1 millió hektár mezőgazdasági művelés alatt álló terület hosszú távú felhagyását, ezért még a közeljövőben is növekedni fog a felhagyott területek aránya. EU-csatlakozásunknak a hazai agrárgazdálkodásra gyakorolt további várható hatása, hogy egyes területeken (kaszálók, legelők) megváltozhat a gyepek tradicionális kezelési intenzitása, így a korábban extenzíven kezelt gyepek egy részén intenzívebb művelés (például műtrágyázás, öntözés) várható.

Az említett változások nemcsak a gyepek cönológiai viszonyaira és diverzitására hatnak, hanem párhuzamosan megváltoztathatják a fajok működését (Szente *et al.*, 1996) és az adott rendszer C- és N-körforgását, ezáltal befolyásolva a főbb üvegházhatású gázok fluxusait is (Soussana *et al.*, 2007). A füves területek gázcserejében szerepet játszó három üvegházhatású gáz közül a CO₂-nál a talaj és a vegetáció szerepe döntő, a N₂O-ot a talajok, míg a CH₄-t a legelő állatok bocsátják ki, de utóbbi a talajjal is cserélődhet (Soussana *et al.*, 2007). Az elmúlt évek hazai (Tuba *et al.*, 2004a; Balogh *et al.*, 2007) és nemzetközi (Soussana *et al.*, 2007) ökofiziológiai és mikrometeorológiai kutatásai során bebizonyosodott, hogy a vizsgált hazai gyepökoszisztémák – hasonlóan a vizsgált európai füves területekhez és leszámítva az extrém száraz

éveket – a talajjal és légkörrel alkotott rendszerben mint nyelők játszanak szerepet az üvegházhatású nyomgázok cseréjében. Nagy kiterjedésű gyepterületeink tehát jelentős szerepet töltenek be az üvegházhatású gázok (továbbiakban GHG) Magyarországra vetített éves mérlegében, hiszen döntően a közlekedés és az ipar által kibocsátott GHG egy szignifikáns részét megkötik. Ezért is fontos, hogy minél több hazai gyeptársulás globális szén- és nitrogén-körforgalomban betöltött szerepét megismerjük, valamint különböző manipulációs kísérletekkel felkészüljünk az előre jelzett földhasználati és klimatikus változások funkcionális ökológiai hatásainak predikciójára.

Kutatásunk során két eltérő alapközethez köthető, különböző jellegű (például fajkészlet, fiziognómia, struktúra) hazai gyeptársulásban vizsgáltuk három éven keresztül (2002–2004) a legeltetés felhagyásának, a korábban kezeletlen gyepek műtrágyázásának, illetve öntözésének az állományok szénkörforgására és növényökológiai viszonyaira gyakorolt hatásait. Jelen publikációban bemutatjuk a vizsgált gyepek szén- és nitrogén-áramlásában, cönológiai és fiziognómiai szerkezetében, főbb funkcionális csoportjaiban, állomány szintű működésében (infravörös gázanalízátorral/CIRAS-2, PP Systems, Hitchin, UK és ún. *kamrás* technikával mért CO₂-fluxus adatok alapján), termelésében (mennyiségi, minőségi), továbbá a talaj szén- és nitrogéntartalmában bekövetkező változásokat. A több tudományterületet felölelő (például meteorológia, botanika, ökofiziológia, talajtan) sokrétű mérések és analízisek a fluxusvizsgálatokkal párhuzamosan történtek.

A kiválasztott objektumok közül a homokterületek legeltetésével kialakult homoki száraz legelő (*Cynodonti-Festucetum pseudovinae*)

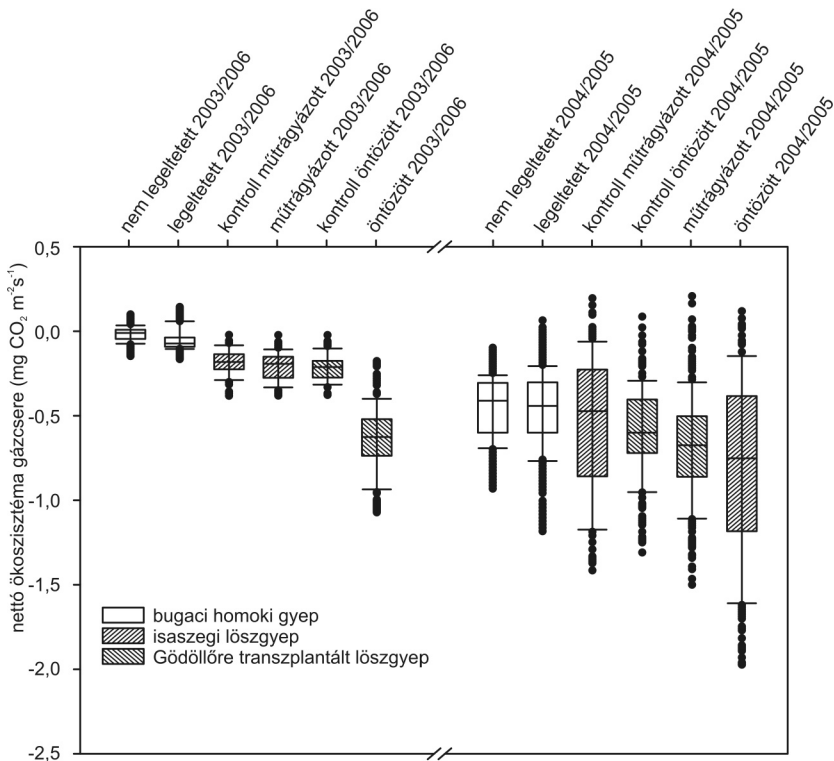
Bugacpusztához közel, a Kiskunsági Nemzeti Park területén található (é. sz. 46°04', k. h. 19036', tszf. magasság 113 m). A hazánk homokterületein jellegzetes másodlagos növény-társulás enyhén lúgos (pH 7,3–8,6) homoktalaja csernozjom típusú. A kiválasztott sík területen egy kb. 6 ha-os elkerített rész reprezentálta a legeltetés felhagyását. A szürke marhával extenzíven legeltetett területen az átlagos legelési ráta 0,53 és 0,75 állat/ha között változott.

A homoki legelő mellett kiválasztott magas füvű, széleslevelű kétszikűekben gazdag, diverz lőszgyeptársulás (*Salvio-Festucetum rupicola*) az eurázsiai sztyeppzóna hazai képviselője. Termékeny talaja miatt hajdani állományainak többsége intenzíven művelt mezőgazdasági területté alakult. In situ vizsgálatainkat a Gödöllői-dombság nagyobb kiterjedésű lőszgyepekkel jellemezhető területén végeztük, melynek gyengén lúgos (pH 7,6–7,9) talaja közepesen erodált, mészlepedékes csernozjom. Az Isaszeg és Nagytarcsa közötti sztyeppreten (é. sz. 47°04', k. h. 19024', tszf. magasság 255 m) két transzszekt mentén kiválasztott tíz állományfolt (1 m × 1 m) közül ötben évi egyszeri alkalommal – a vegetációs időszak kezdetén – műtrágyáztuk a gyepeket (a kiszórt mennyiség 100 kg N ha⁻¹, 50 kg P ha⁻¹, 50 kg K ha⁻¹-nak felelt meg). Ebből a lőszgyepállományból a Szent István Egyetem Botanikus Kertjébe (Gödöllő, é. sz. 47°036', k. h. 19026', tszf. magasság 220 m) transzplantált tíz monoliton végeztük az öntözés hatását vizsgáló kísérletet, öt-öt öntözött és kontroll állományfoltot (0,8 m × 0,8 m). A vegetációs időszak alatt üzemelő, automata öntözőrendszer – éjszakai locsolással – biztosította a gyepek előre meghatározott, egyenletes vízellátottságát (0,35 m³/m³ talajvíztartalom alatt tartva az öntözött gyepeket).

A manipulációs kísérletek eredményét a vizsgálati időszak klimatikus anomáliái befolyásolták. A bugaci homoki legelőn 2003 első intenzív növekedési periódusában (március–június) a lehullott csapadék össz mennyisége mindössze 40 %-a volt az ötvenéves átlagnak. Ezzel szemben 2004 hasonló időszakában a gyepre 3,5-ször több csapadék hullott, mint 2003-ban. Hasonló eltéréseket tapasztaltunk a vizsgált löszgyepek csapadékviszonyainak elemzésekor is, mely jelentős mérték-

ben befolyásolta a gyepek működését és produktóját. Az Európa-szerte extrém száraz 2003-as esztendő (Ciais et al., 2005) a gyepok fiziológiai aktivitása mellett befolyásolta a bugaci területre jellemző tradicionális kezelést (fél éves folyamatos, extenzív legeltetés), a legeltetést ugyanis 2003 nyarán két hónapra (július, augusztus) meg kellett szakítani.

A kiskunsági homoki legelőn a legeltetés felhagyása kismértékben növelte a pillangósok relatív arányát, de nagyobb mértékben



1. ábra • Nyílt kamrás technikával mért maximális fotoszintetikus ráta évek közötti variabilitása megváltoztatott kezelésű homoki száraz legelőn (*Cynodonte-Festucetum pseudovinae*) és löszpuszta-terén (*Salvia nemorosae* – *Festucetum rupicolae*), eltérő klimatikus viszonyok között. A homoki gyep CO₂-megkötése az optimális vízellátottságú és fenológiai fázisú évben a vizsgált kontroll löszgyeppekhez hasonló volt. Az extrém száraz 2003-as év a szünbotanikai viszonyokat és fiziológiai aktivitást tekintve egyaránt nagyobb mértékben stresszelte a kevésbé strukturált, de humuszban gazdag homoki gyepet, mint a löszgyepet

csökkentette az egyéb kétszikűekét. A vegetációs periódusban havonként nyílt kamrás módszerrel mért nettó ökoszisztéma CO₂-fluxus értékeink azt mutatják, hogy egyes időszakokban a legelt részen nagyobb volt a CO₂-elnyelés, mint az elkerített területen. Mindez különösen akkor említésre méltó, ha figyelembe vesszük a legeltetés felhagyása miatt bekövetkezett eltéréseket a levélfelület-értékek között. Az azonos mikrometeorológiai viszonyok között mért CO₂-fluxus, illetve az ebből számított szénmérleg nem tért el szignifikánsan a legeltetett és a legeltetéstől elzárt gyepek között a kutatási időszakban. Ennek feltehető oka, hogy a legeltetéstől elzárt állomány magasabb biomasszamenyiségét és zöld levélfelületét kompenzálta a jelentősebb avarfelhalmozódás, valamint a lebomlás következtében fellépő magasabb légzésintenzitás, továbbá a tápanyagok lassabb reciklizációja és az elmaradt trágyázás.

A homoki gyepek CO₂-megkötése az optimális vízellátottságú és fenológiai fázisú évben a vizsgált kontroll löszgyepekhez hasonló volt (*t. ábra*). A föld alatti biomassa tömege a legeltetéstől elkerített állományhoz képest átlag másfélszeresére növekedett, ezáltal a legelt részen szignifikánsan kisebb értéket kaptunk (1/20 és 1/25) a föld feletti és föld alatti biomassa arányára. A talaj szénakkumulációja a legeltetéstől elzárt gyepeknél mindhárom vizsgált szint esetében kisebb mértékben nőtt, mint a legelt területen, és ez hosszú távon befolyásolhatja a fiziológiai működést.

A löszgyepek esetében mindkét kezelés csökkentette a C₄-es fajok borítását és az életformák számát. (A döntően trópusi, szubtrópusi területekről szétterjedő C₄-es növények többsége a 45°-nál alacsonyabb füves élőhelyeken jellemző.) A vizsgált funkcionális csoportok közül a műtrágyázás megnövel-

te a kétszikűek relatív arányát, míg öntözés hatására az egyszikűek váltak monodominánsá, és a pillangós fajok teljesen eltűntek a gyepekből. A műtrágyázást toleráló fajok a tápanyag-utánpótlás hatására növelték levélfelületüket, magasabbra nőttek, kompenzálva az eltűnt, illetve lassan adaptálódó fajok hiányzó levélfelületét és biomasszatömegét. Az öntözés pozitív hatásaként szárazságstresszelt időszakban közel négyszeresére nőtt a zöld levélfelület a kontrollállományhoz képest, emiatt szignifikánsan nagyobb (másfélszeres) borítási értékeket mértünk az öntözött vegetációnál. A megfelelő vízellátottság következtében az egyébként forró és csapadékhiányos nyári hónapokban is jelentős CO₂-megkötést mértünk az öntözött gyepeken. Az egyenletes vízellátottság a C-fixáció növekedéséhez képest jóval kisebb mértékben növelte a talajlégzést. Mindkét kezelt löszgyepek CO₂-felvételében negatív visszacsatolás figyelhető meg, melynek feltehető oka a gyors biomassa növekedés és N-akkumuláció következtében a vegetációs időszak előrehaladtával fellépő N-hiány volt. Az öntözött növényzetnél a föld feletti/föld alatti biomassa aránya szárazságlimitált időszakban nagyobb volt a kontrollállományhoz képest. Ennek oka a már említett intenzív föld feletti biomasszanövekedés, mellyel – N-pótlás hiányában – nem volt képes lépést tartani a gyökérszövet növekedése. A csapadékhasznosítási rátánál (éves föld feletti nettó primer produkció/évi csapadékösszeg; részletesebben lásd Huxman *et al.*, 2004) megfigyelhető, hogy még az optimális vízellátottságú öntözött gyepek működését is kismértékben, de negatívan befolyásolta az aszály. Ennek feltehető oka, hogy a gyepeket döntően C₃-es fajok uralják, melyek sztómazáródása (a déltáji alacsony RH miatt) csökkentette a produkciót. Csapadékos év-

ben az intenzív növekedés és az ezt kísérő talaj-növényzet allokáció miatt az öntözött gyepek föld alatti biomasszájának N-tartalma jelentősebben, míg a talaj N-tartalma közel azonos mértékben csökkent a kontroll- és az öntözött állománynál. A biomassza C-tartalma, a földhasználati módtól és kezeléstől függetlenül csak szűk tartományban változott.

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy az extrém száraz periódus a szünbotanikai viszonyokat és fiziológiai aktivitást tekintve egyaránt nagyobb mértékben stresszelte a kevésbé strukturált, de humuszban gazdag homoki gyepeket, mint a löszgyepeket (*i. abra*). Szén-dioxid-gáz szempontjából a kutatók a löszgyepek éves szinten – kezeléstől függetlenül – megköthetőnek tekinthető, míg a kevésbé strukturált homoki gyepek csak extrém száraz években tekinthető CO_2 -forrásnak. A vizsgált paraméterek közül a leggyorsabb változás a fajkompozíció esetében figyelhető meg, míg a CO_2 -gázcsere intenzitása csak az öntözött és műtrágyázott löszgyepeknél tért el a kontrollhoz képest, az aktuális talajvízviszonyok függvényében. A diverzitás és a cönológiai értékek fluktuációja jelzi, hogy a szünbotanikai működés nagyobb környezeti perturbáció (például 2003. évi aszály) után is helyreáll. A talajparaméterek jellemzően csak hosszabb időskálán változnak szignifikánsan, de trendek már három év alatt is megfigyelhetők. A löszgyepeknél a kezelés hatására észlelt csökkenő fajszám és diverzitás, elsősorban az erős kompetitor fajok növekvő dominanciája (*Salvia nemorosa* a műtrágyázott, *Dactylis glomerata* az öntözött gyepeken) miatt következett be. A fajkompozíció és a borítási értékek megváltozásából nemcsak az egyes fajok érzékenysége következtethetünk, hanem a

jövőben sikeres taxonok predikciója is lehetővé válik a manipuláció során kiválasztott gradiens mentén. Kutatásunk igazolta, hogy a kezelési eredmények értékelésénél – és ezek modellezési alapadatként történő felhasználásánál – figyelembe kell venni egy kezdeti akklimatizációs periódust, melynek hossza a kezelés jellegétől, a klimatikus viszonyoktól és a vegetációdinamikai folyamatok intenzitásától függ. Az adaptáció során megfigyelhető gyors vegetációdinamikai folyamatok nemcsak a cönológiai viszonyokat változtatják meg, hanem az állomány struktúráját, diverzitását és LAI-értékeit is jelentősen módosíthatják. A klimatikus eltérések lehetővé tették a biomasszanövekedés és a csapadékmennyiség közötti összefüggés vizsgálatát. Megállapítottuk, hogy a gyeptípusok és kezelések közül a csapadékhasznosítási ráta csak a műtrágyázott gyepeknél növekedett lineárisan, míg a többi gyeptípusnál telítődésjellegű volt. Eredményeink rövid távon nem támasztják alá azt a hipotézist, hogy a szünbotanikai jellemzők megváltozásával a szünfiziológiai működés is párhuzamosan változik.

A szerzők ezúton köszönik meg a GREEN-GRASS (EU Framework 5 project), CARBOMONT (EU Framework 5 project), CarboEurope-IP (EU 6 Framework project), NitroEurope-IP (EU 6 Framework project), NKFP6-00079/2005 projektek, valamint a Scientia Amabilis Alapítvány anyagi támogatását, továbbá a Kiskunsági Nemzeti Park együttműködését.

Kulcsszavak: földhasználat, homokpusztagyep, löszpusztagyep, diverzitás, felhagyás, öntözés, műtrágyázás, biomassza, szénmérleg

IRODALOM

- Soussana, Jean Francois – Allard, V. – Pilegaard K, et al. (2007): Full Accounting of the Greenhouse Gas (CO₂, N₂O, CH₄) Budget of Nine European Grassland Sites. Agriculture, Ecosystems and Environment. 121, 1–2., 121–134.
- Archibold, O. William (1995): Ecology of World Vegetation. Chapman and Hall, London,
- Balogh János – Nagy Z. – Fóti Sz. – Pintér K. – Czóbel Sz. – Péli E. R. – Acosta, M. – Marek M. V. – Csintalan Zs. – Tuba Z. (2007): Comparison of CO₂ and H₂O Fluxes over Grassland Vegetations Measured by the Eddy-Covariance Technique and by Open System Chamber. Photosynthetica. 45, 2, 288–292.
- Burke, Ingrid C. – Laurenroth, W. K. – Milchunas, D. G. (1997): Biogeochemistry of Managed Grasslands in Central North America. In: Paul, Eldor A. – Paustian, K. – Elliott, E. T – Cole, C.-V. (eds.): Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, 85–102.
- Burke, Ingrid C. – Yonker, C. M. – Parton, W. J. et al. (1989): Texture, Climate, Cultivation Effects on Soil Organic Matter Content in US Grassland Soils. Soil Science Society of America Journal. 53, 800–805.
- Ciais, Philippe – Reichstein, M. – Viovy, N. et al. (2005): Europe-Wide Reduction in Primary Productivity Caused by the Heat and Drought in 2003. Nature. 437, 529–533.
- Huxman, Travis – Smith, M. – Fay, P. et al. (2004): Convergence across Biomes to a Common Rain-Use Efficiency. Nature. 429, 651–654.
- IUCN Report (1999): IUCN Report on Biological Diversity on Dryland, Mediterranean, Arid, Semi-Arid, Savanna and Grassland Ecosystems. In: Fourth Meeting of the Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice /Montreal, Canada/.
- Reeder, Jean D. – Schuman, Gerald E. (2002): Influence of Livestock Grazing on C Sequestration in Semi-Arid Mixed-Grass and Short-Grass Rangelands. Environmental Pollution. 116, 457–463.
- Szente Kálmán – Nagy Z. – Tuba Z. – Fekete G. (1996): Photosynthesis of *Festuca rupicola* and *Bothriochloa ischaemum* under Degradation and Cutting Pressure in a Semiarid Loess Grassland. Photosynthetica. 32, 399–407.
- Tuba Zoltán – Nagy Z. – Czóbel Sz. et al. (2004a): Hazai gyeptársulások funkcionális ökológiai válaszai, C-körforgalma és üvegházhatású gázainak mérlege jelenlegi és jövőbeni várható éghajlati viszonyok, illetve eltérő használati módok mellett. AGRO 21 Füzetek. 37, 123–138.
- Tuba Zoltán – Bakonyi G. – Singh, M. K. (2004b): Impacts on Biodiversity. In: Láng István – Kőmíves T. – Jolánkai M. (eds.): Pollution Processes In Agri-Environment. A New Approach. Akaprint Publishers, Budapest, 235–254.

