



SZENT ISTVÁN EGYETEM

HAZAI GYEPÁLLOMÁNYOK SZÜNFIZIOLÓGIAI ÉS  
SZÜNBOTANIKAI ÁLLAPOTA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A  
FÖLDHASZNÁLATI MÓDOK HATÁSAIRA

Doktori (PhD) értekezés tézisei

CZÓBEL SZILÁRD

Gödöllő  
2007

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Biológia Tudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Biológia tudományok

**vezetője:** Prof. Dr. Tuba Zoltán  
tanszékvezető, egyetemi tanár, az MTA doktora  
SZIE, Mezőgazdasági- és Környezettudományi  
Kar, Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

**témavezető:** Prof. Dr. Tuba Zoltán  
tanszékvezető egyetemi tanár, az MTA doktora  
SZIE, Mezőgazdasági- és Környezettudományi  
Kar, Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

---

Dr. Tuba Zoltán  
iskolavezető

Dr. Tuba Zoltán  
témavezető

## 1. A munka előzményei, a kitűzött célok

Bolygónk szárazföldjeinek mintegy negyedén gyepökoszisztéma a potenciális természetes vegetáció, melynek kb. 20%-át mérsékeltövi gyeppek alkotják. A Kárpát-medencében is nagy területet borítanak az eltérő fiziognómiájú, struktúrájú és diverzitású gyeptársulások. Kiterjedésük az elmúlt néhány évtizedben jelentősen megnőtt szocio-ökonómiai okok miatt, a korábban művelt területek rovására. Hazánk – csatlakozva az Európai Unióhoz – vállalta 1 millió hektár mezőgazdasági művelés alatt álló terület hosszú távú felhagyását, ezért a közeljövőben jól prognosztizálhatóan növekedni fog a felhagyott területek aránya. EU csatlakozásunknak a hazai agrárgazdálkodásra gyakorolt további várható hatása, hogy egyes területeken (kaszálók, legelők) megváltozhat a gyeppek tradicionális kezelési intenzitása, így a korábban extenzíven kezelt gyeppek egy részén intenzívebb művelés (pl. műtrágyázás, öntözés) várható. Az említett változások nemcsak a gyeppek cönológiai viszonyaira és diverzitására hatnak, hanem párhuzamosan megváltoztathatják az adott rendszer C- és N-körforgását, ezáltal befolyásolva a főbb üvegházhatású gázok fluxusait is.

Napjainkban a nemzetközi ökoszisztéma kutatások egyik fő célkitűzése a kulcsfontosságú üvegházhatású gázok ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  és  $\text{CH}_4$ ) ciklusainak mérése eltérő jellegű élőhelyeken. A füves területek gázcseréjében szerepet játszó üvegházhatású gázok közül, a szén-dioxidnál a talaj és a vegetáció szerepe döntő. Ebből következik, hogy 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.

Az elmúlt évek országos léptékű, intenzív terepbotanikai kutatása révén jól becsülhető a különböző élőhelytípusok magyarországi kiterjedése és eloszlása. Élőhelytípusaink, asszociációink és azok finomabb térléptékű foltjainak állományszintű működéséről azonban meglepően kevés ismerettel rendelkezünk, melynek oka elsősorban az ezen folyamatok mérésére alkalmas módszerek hiánya. Az állományszintű szümfiziológiai vizsgálatok növekvő számú hazai és nemzetközi kutatás objektumai, mivel olyan fontos alapadatokat szolgáltatnak, melyek nélkülözhetetlenek a globális klímaváltozás hatására bekövetkező változások megértésében is. A közelmúlt hazai és nemzetközi 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 (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 szerepét megismerjük a globális szén- és nitrogén-körforgalomban, valamint különböző manipulációs kísérletekkel felkészüljünk az előrejelzett földhasználati és klimatikus változások funkcionális ökológiai hatásainak predikciójára.

Kutatásunk fő célkitűzéseként két eltérő alapközethez köthető, különböző jellegű hazai gyeptársulásban – a GreenGrass projekthez /EU 5. keretprogram/ kapcsolódóan – vizsgáltuk három éven keresztül (2002-2004) a legeltetés felhagyásának, valamint a korábban kezeletlen löszgyep extenzív műtrágyázásának, illetve öntözésének az állományok szénkörforgására és növényökológiai viszonyaira gyakorolt hatásait. Munkánk további célkitűzése volt, hogy összekapcsoljuk a szümfiziológiai működést a vegetáció diverzitásának, cönológiai, texturális és fiziognómiai szerkezetének, produkciójának vizsgálatával. A nem destruktív jellegű állományszintű CO<sub>2</sub>-fluxus mérések (beleértve a léptékfüggő vizsgálatot) az általunk kifejlesztett hordozható, víztiszta plexi kamrák segítségével történtek. A több tudományterületet felölelő (pl. meteorológia, botanika, talajtan) vizsgálatok párhuzamosan zajlottak a CO<sub>2</sub>-fluxus mérésekkel.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. Vizsgálati objektumok és vizsgált földhasználati változások

A léptékfüggő szümfiziológiai vizsgálatot Gödöllő déli részén, egy évek óta felhagyott szántóterület helyén kialakult *Elymus repens* dominálta, ruderalis *Falcario-Agropyretum repentis* gyomtársulásban végeztük. A legeltetés felhagyásának vizsgálata a Kiskunsági Nemzeti Park évtizedeken át szürkemarhákkal extenzíven legeltetett területén – Bugacpusztához közeli –, csernozjom típusú homoktalajon kifejlődött homoki száraz legelőn /*Cynodonti-Festucetum pseudovinae*/, egy kb. 6 ha-os terület elkerítésével történt. Az extenzív műtrágyázásos (évi egyszeri műtrágya szórás) kísérletet a Gödöllői-dombság Isaszeg és Nagytarcsa között található vertikálisan jól strukturált, kétszikűekben gazdag zonális löszgyep társulásában, a mészlepedékes csernozjom talajú löszpusztarét /*Salvio nemorosae-Festucetum rupicolae*/ 10 kijelölt állományfoltján (1 x 1m) végeztük (5 kezelt, 5 kontroll). Az öntözés (automata öntözőrendszerrel, éjszakai locsolással) szümfiziológiai és szünbotanikai hatásának vizsgálatához az isaszegi löszgyep állományból

növényzettel fedett talajmonolitokat transzplantáltunk 2002 tavaszán a Szent István Egyetem Botanikus Kertjébe, melyeket két transzszekt mentén 5-5 azonos méretű (0,8 x 0,8m) löszgyep foltta rendeztük (5 kezelt, 5 kontroll).

## 2.2. Vizsgálati módszerek

Léptékfüggő vizsgálat saját fejlesztésű, állomány CO<sub>2</sub>-fluxus és vízgőzcsere mérésre alkalmas kamrasorozat révén.

A három földhasználati változás esetén állományszintű CO<sub>2</sub>-fluxus mérés a vegetációs időszakban, zárt és nyílt rendszerű kamrás technikával, infravörös gázanalizátorok (IRGA) /LiCor-6200 és Ciras 2/ segítségével.

Mikrometeorológiai vizsgálatok (IRGA, illetve a bugacpusztai eddy kovariancia és a gödöllői meteorológiai állomás műszereinek adatai alapján)

Talajvíztartalom (TDR reflektométer) mérés, levélfelület-index becslés (kézi Ceptométer, NDVI kamera és talajkorrekciós vegetációs index alapján).

Cönológiai mintavétel transzszekt mentén, százalékos borítás becsléssel → fajszám, Shannon-diverzitás, prezencia-abszencia, illetve dominancia-abundancia viszonyok; funkcionális csoportok meghatározása.

Biomassza gyűjtés → potenciális növekedési ráta és csapadékhasznosulási hatékonyság számítása, elemtartalom vizsgálat (C, N, P).

Talajminta gyűjtés → talaj összC-, összN-, nitrát- és ammónia- tartalom meghatározása különböző mélységekben (Bugac: 0-10, 10-30 és 30-50 cm; Isaszeg és Gödöllő: 0-20 és 20-40 cm).

### 3. Eredmények

#### 3.1. A kamrás szümfiziológiai mérések eredményei

*In situ* terepkutatásunk során az általunk kifejlesztett hordozható, nem-destruktív, 60 cm átmérőjű mérőkamrák, illetve infravörös gázanalizátorok (LiCor-6200 és Ciras 2) segítségével megismertük két eltérő fajkészletű, textúrájú, fiziognómiájú és diverzitású gyeptársulás, a homoki legelő és a löszpusztarét állományszintű CO<sub>2</sub>-fluxusának évek közötti és szezonális dinamikáját. A GreenGrass projekt kutatásához kapcsolódóan végzett, szemléletében és metodikájában nemzetközi és hazai szinten egyaránt újszerű kutatások során meghatározhatóvá és összehasonlíthatóvá vált több, hazánkban jellemző alapközetben előforduló gyeptársulás CO<sub>2</sub>-fluxusának időbeli dinamikája, a mikrometeorológiai tényezők és ökológiai változók, valamint manipulációs kísérletek függvényében. Meteorológiai méréseink és a sokéves átlagok összevetése alapján kiderült, hogy a 2003-as esztendő az átlagosnál jóval szárazabb, míg 2004 az átlagosnál csapadékosabb volt. Az eltérő időjárású évek csapadékmennyisége és annak eloszlása jelentős mértékben befolyásolta a gyepek működését és produkcióját, valamint hatással volt a manipulációs

kísérletek eredményeire is, de egyben lehetővé tette a globális klímaváltozással feltehetőleg egyre gyakoribbá váló extrém klimatikus viszonyok (pl. szélsőséges szárazságstressz) vegetáció működésére gyakorolt hatásának integrált, több tudományterületet felölelő tanulmányozását.

A kapott eredményeink további információkat szolgáltatottak két hazai növényközösség szénforgalomban betöltött szerepéről. A három manipulációs kísérlet közül szárazabb évben az öntözés, csapadékosabb időszakban a műtrágyázás növelte legnagyobb mértékben az állományszintű C-fixációt, míg a vizsgált három éves periódus során a legeltetés felhagyása nem változtatta meg szignifikánsan a CO<sub>2</sub>-megkötés mértékét. Az abiotikus tényezők közül a PAR a léghőmérsékletnél és a talajnedvességnél jobban korrelált az állományszintű CO<sub>2</sub>-fixációval, de az összes vizsgált abiotikus és biotikus paraméter közül a LAI determinálta legjobban a szümfiziológiai működést. Vizsgálatunk során kiderült, hogy csak bizonyos talajnedvesség tartományok (a nagyon alacsony és általában a nagyon magas) csökkentik jelentősen a szümfiziológiai működést, míg a köztes tartományban a talaj víztartalma a vártnál kisebb mértékben determinálja a C-fixációt.

### **3.2. A szünbotanikai vizsgálatok eredményei**

A kutatás során vizsgált összes paraméter közül a leggyorsabb változás a fajkompozíció esetében figyelhető meg mindhárom manipulációs kísérlet esetén. A löszgyepeknél kezelés hatására észlelt csökkenő fajszám és diverzitás, elsősorban erős kompetitor fajok növekvő dominanciája (*Salvia nemorosa* a műtrágyázott, *Dactylis glomerata* az öntözött gyeptípusban) miatt következett be. A bugaci legeltetéstől elkerített gyeptípusban tavasszal az egyszikűek csoportrészesedése jelentősebben visszaesett. Gödöllőn öntözés hatására a kétszikűek relatív és abszolút arányai egyaránt lecsökkentek és az egyszikűek monodominánsá váltak, míg a pillangós fajok teljesen eltűntek a kezelt gyeptípusból. A Raunkier-féle életformák esetében a homoki legelőn csapadékos évben tavasszal mindkét területen szignifikánsan nőtt a rövid életciklusú, efemér jellegű kétszikű fajok (Th) száma és csoporttömeg részesedése, míg a nem legeltetett gyeptípusban felére csökkent a hemitherophyta és eltűnt a chamaephyta életforma. A műtrágyázott és az öntözött gyeptípusban dominált a hazai pázsitfűekre jellemző hemikriptophyton életforma. A műtrágyázott gyeptípusban több volt a kompetitor, de kevesebb volt a specialista és a természetes zavarástűrő. Öntözés hatására lecsökkent a szociálmagatartástípusok száma. A C<sub>4</sub>-es fajok átlagos borítása minden állomány esetén megnőtt az őszi időszakra. A löszgyepek esetén a műtrágyázás növelte, az öntözés csökkentette ezen funkcionális csoport átlagos borítását.

### **3.3. Biomassza és talajtani vizsgálatok eredményei**

Mindhárom manipulált állomány földfeletti biomassza mennyisége és potenciális növekedési rátája minden évben és vegetációs időszakban meghaladta a kontroll állományok értékeit. A 2003. évi aszály – az öntözött állomány kivételével – szignifikánsan csökkentette minden gyeptípus éves nettó primer produkcióját. A szárazságstressz a vizsgált löszgyepek közül legnagyobb mértékben az isaszegi állományokat terhelte. A biomassza C-tartalma a földhasználati módtól függetlenül csak szűk tartományban változott és a manipulált állományok közül egyedül a műtrágyázott gyeptípusban növekedett kismértékben a FAB és az FFB széntartalma egyaránt. A hajtások és a gyökerek N-tartalma a legeltetéstől elkerített és az öntözött gyeptípusban haladta meg a kontrollét, de az FFB esetén mindkét említett állományban csökkent a kiindulási évhez képest. Mindkét terület talajának össz-széntartalma szignifikánsan emelkedett a vizsgálati periódus során, különösen a löszgyepek állományok „B”- és a homoki legelő „A”- szintjében. A talaj össznitrogén-tartalma minden löszgyepek típusban csökkent, ellenben a homoki legelőn szignifikánsan

nőtt, de a legeltetéstől elzárt gyepek esetén (hasonlóan a talaj széntartalmához) kisebb mértékben.

### 3.4. Új tudományos eredmények

#### 3.4.1. Új módszertani eredmények

- Fátlan vegetáció állományszintű CO<sub>2</sub>-fluxus és vízgőzcsereméréseire alkalmas, hordozható, nem-destruktív, nyílt és zárt rendszerben egyaránt működtethető, 60 cm átmérőjű mérőkamrák kifejlesztése.
- Logaritmikusan növekvő alapterületű (0,0044-4,5306 m<sup>2</sup>) kamrasorozat készítése térbeli léptékfüggő szünfiziológiai folyamatok (pl. NEE) vizsgálatára, valamint szünfiziológiai minimiareája meghatározására fátlan társulások állományaiban (pl. gyepevegetációban).

#### 3.4.2. Új tudományos megállapítások

- *Cynodonte-Festucetum pseudovinae* homoki száraz legelő és *Salvia nemorosae-Festucetum rupicola* löszpusztarét társulásokban a CO<sub>2</sub>-fluxus, a primer produkció, a biomassza elemtartalom, a Shannon-diverzitás, a fajszám, valamint a főbb funkcionális csoportok évek közötti és szezonális dinamikájának három éven keresztül párhuzamos vizsgálata a klimatikus változók függvényében.
- Három használatmódot szemléltető kísérlet (legeltetés felhagyása, műtrágyázás, öntözés) rövid távú hatásának meghatározása a szünfiziológiai működésre, a szünbotanikai állapotokra, továbbá a föld feletti biomassza tömegére, a biomassza elemtartalmára és a talaj C- és N-tartalmára.
- Eredményeink rövid távon nem támasztják alá azt a hipotézist, hogy a szünbotanikai jellemzők megváltozásával a szünfiziológiai működés is minden esetben párhuzamosan változik.
- Az általunk – többek között – vizsgált ruderalis *Falcario-Agrophyretum repentis* gyomtársulás CO<sub>2</sub>-asszimilációjának variabilitása egyértelmű térbeli léptékfüggést mutat. A gyomtársulás szünfiziológiai minimiareáját a kis-közepes skálán (d=60 cm) kaptuk.
- Igazoltuk, hogy az eltérő időjárású évek csapadékmennyisége és annak eloszlása jelentős mértékben befolyásolta a gyepek CO<sub>2</sub>-fluxusát, valamint hatással volt a manipulációs kísérletek eredményeire is.
- Kimutattuk, hogy az NEE szignifikáns eltérése a vizsgált manipulációs kísérletek közül és periódusban csak az öntözött



állománynál figyelhető meg, döntően szárazságstresszelt időszakban.

- Bebizonyítottuk, hogy a löszgyep szümfiziológiai működését, CO<sub>2</sub>-fixációjának mértékét a homoki legelőnél kisebb mértékben csökkentette az extrém szárazságstressz.
- Kutatásunk révén megállapítottuk, hogy a kevésbé strukturált homoki száraz legelő CO<sub>2</sub>-megkötése optimális vízellátottság és fenológiai fázis esetén hasonló mértékű a löszgyepéhez.
- A löszpuszta- és a homoki száraz legelőn mért NEE egyes abiotikus és biotikus paraméterektől való függésének, valamint a manipulációs kísérletek miatt a korrelációk erősségében bekövetkező eltérések meghatározása.
- Az összes vizsgált abiotikus és biotikus paraméter közül a LAI determinálta legjobban a szümfiziológiai működést.
- Bebizonyítottuk, hogy csak bizonyos talajnedvesség tartományok (a nagyon alacsony és általában a nagyon magas) csökkentik jelentősen a szümfiziológiai működést, míg a köztes tartományban a talaj víztartalma a vártnál kisebb mértékben determinálja a C-fixációt.
- Termelési vizsgálatok és NEE mérések alapján bebizonyítottuk, hogy széndioxid-gáz szempontjából a vizsgált *Salvia nemorosae-Festucetum rupicola* löszgyep éves szinten – kezeléstől függetlenül – megkötőnek tekinthető.
- Igazoltuk, hogy a csapadékhasznosítási hatékonyság (RUE) a vizsgált gyepállományok döntő többségénél telítődés jellegű, továbbá az átlagoshoz közeli csapadékmennyiség biztosít optimális termelési-növekedést.
- A kutatás során vizsgált összes paraméter közül a leggyorsabb változás a fajkompozíció esetében figyelhető meg mindhárom manipulációs kísérlet esetén.
- Megállapítottuk, hogy a fajszám és a Shannon-diverzitás csökkenése nem feltétlenül jár együtt a szümfiziológiai működés redukciójával.
- A vizsgálati ciklusban öntözés hatására a pillangósvirágúak eltűntek a gyepből, az egyszikűek monodominánssá váltak, valamint lecsökkent a szociális-magatartástípusok száma.

#### 4. Következtetések és javaslatok

A kifejlesztett hordozható állománymérő kamrák alkalmasak további fátlan társulások vizsgálatára, melynek során egyrészt további alapadatokat kaphatunk a különböző ökoszisztémák szünfiziológiai működéséről (beleértve a C-fixáció mértékét és időbeli dinamikáját), szerveződéséről, másrészt a globális klímaváltozás, illetve a különböző antropogén és természetes diszturbációk hatásai is monitorozhatóvá válnak állományfiziológiai szinten. Napjaink egyik legfontosabb vegetációkutatói területe az egyes ökoszisztémák szénmérlegének vizsgálata, részben eddy kovarianciás technikával, részben GIS módszerrel. Az említett technikák azonban nem alkalmasak a vegetáció finomabb léptékű mozaikosságának vizsgálatára, melyre az általunk kifejlesztett kamrás mérések kiválóan hasznosíthatók. Ezen kívül a nyílt rendszerű mérésekkel nemcsak szárazföldi, hanem vízi ökoszisztémák növényzete is tanulmányozható.

A kapott eredményeink további információkat szolgáltatnak két hazai növényközösség szénforgalomban betöltött szerepéről. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a 2003-ban tapasztalt extrém száraz periódus a szünbotanikai viszonyokat és fiziológiai aktivitást tekintve egyaránt nagyobb mértékben stresszelte a kevésbé strukturált, de humuszban gazdag homoki gyepet, mint a löszgyepet. A fajkompozíció és a borítási értékek megváltozásából nemcsak az egyes fajok tűrőképességére következtethetünk, hanem a jövőben sikeres taxonok predikciója is lehetővé válik, a manipuláció során kiválasztott grádiens mentén. Kutatásunk az állományszintű működés, stabilitás és szabályozás szerepének újabb bizonyítékait is szolgáltatja (pl. az állományszintű CO<sub>2</sub>-fluxus nagyobb mértékű állomány-evapotranszspiráció, fény- és hőmérséklet függése a jelentősebb LAI-val jellemezhető időszakokban). Eredményeink nem támasztják alá azt a hipotézist, hogy rövid távon a szünbotanikai jellemzők megváltozásával a szünfiziológiai működés is minden esetben párhuzamosan változik. A csapadékhasznosulási hatékonyság a vizsgált állományok többségénél telítődés jellegű volt, ezért úgy tűnik, hogy a hazai gyep típusoknál az átlagoshoz közeli csapadékmennyiség ideális a produkció optimális növekedéséhez. A talaj szénakkumulációja a nem legelt gyep esetében mindhárom vizsgált szintben kisebb mértékben növekedett és ez hosszú távon befolyásolhatja a fiziológiai működést.

Eredményeink nemcsak alap kutatás jellegűek, hanem a környezet- és természetvédelemben egyaránt hasznosíthatók. A vizsgált objektumok jelentős szénmegkötő képessége egyben felhívja a figyelmet a hazai természetközeli gyepállományok, társulások jelentőségére és megóvására is. Vizsgálati eredményeink felhasználhatók továbbá a löszpusztarét és a

homoki legelő, illetve a hasonló dinamikájú növényállományok modellezéséhez is. Kutatásunk igazolta, hogy a kezelési eredmények értékelésénél – és ezek modellezési alapadatként történő felhasználásánál – figyelembe kell venni egy kezdeti adaptációs periódust, melynek időskálája a kezelés jellegétől, a klimatikus viszonyoktól és a vegetációdinamikai folyamatok intenzitásától függ.

## 5. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

### **Külföldi lektorált impakt faktoros folyóiratbeli közlemények:**

Balogh J., Nagy Z., Fóti Sz., Pintér K., **Czóbel Sz.**, Péli E.R., Acosta M., Marek M.V., Csintalan Zs., Tuba Z. (2007): Comparison of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O fluxes over grassland vegetations measured by the eddy-covariance technique and by open system chamber. *Photosynthetica* 45: 288-292.

Soussana J.F., Allard V., Pilegaard K., Ambus P., Amman C., Campbell C., Ceschia E., Clifton-Brown J., **Czóbel S.**, Domingues R., Flechard C., Fuhrer J., Hensen A., Horvath L., Jones M., Kasper G., Martin C., Nagy Z., Neftel A., Raschi A., Baronti S., Rees R.M., Skiba U., Stefani P., Manca G., Sutton M., Tuba Z., Valentini R. (2007): Full accounting of the greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>) budget of nine European grassland sites. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 121-134.

Nagy Z., Pintér K., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Horváth L., Fóti Sz., Barcza Z., Weidinger T., Csintalan Zs., Dinh N.Q., Grosz B., Tuba Z. (2007): The carbon budget of a semiarid grassland in a wet and a dry year in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 21-29.

**Czóbel Sz.**, Fóti Sz., Balogh J., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2005): Scale analysis in grassland vegetation. A novel approach. *Photosynthetica* 43: 267-272.

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Szirmai O., Tuba Z. (2005): Floating chamber a potential tool for measuring CO<sub>2</sub> fluxes of aquatic plant communities. *Cereal Research Communications* 33: 165-168.

Balogh J., **Czóbel Sz.**, Fóti Sz., Nagy Z., Szirmai O., Péli E., Tuba Z. (2005): The influence of drought on carbon balance in loess grassland. *Cereal Research Communications* 33: 149-152.

Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Nagy J., Juhász A., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2005): Correlation between stand photosynthesis and composition at micro-scale in loess grassland. *Cereal Research Communications* 33: 197-199.

Nagy Z., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Horváth L., Fóti Sz., Pintér K., Weidinger T., Csintalan Zs., Tuba Z. (2005): Some preliminary results of the Hungarian grassland ecological research: carbon cycling and greenhouse gas balances under changing. *Cereal Research Communications* 33: 279-281.

**Nem impakt faktoros idegen nyelvű lektorált nemzetközi folyóiratbeli közlemények:**

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Fóti Sz., Szirmai O., Nagy Z., Péli E., Nagy J., Szerdahelyi T., Engloner A., Horváth L., Pintér K., Tuba Z. (2005): Effects of different land use change on temperate semi-natural grasslands. *Acta Biologica Szegediensis* 49: 133-136.

Nagy Z., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Horváth L., Pintér K., Weidinger T., Csintalan Zs., Tuba Z. (2005): Carbon balance of Hungarian grasslands in years with contrasting weather conditions. *Acta Biologica Szegediensis* 49: 131-132.

Balogh J., Fóti Sz., Nagy Z., **Czóbel Sz.**, Pintér K., Péli E., Tuba Z. (2005): Comparison of carbon dioxide fluxes over sandy grasslands vegetation as measured by the eddy-covariance technique and by open system chamber. *Acta Biologica Szegediensis* 49: 143-147.

Fóti Sz., Balogh J., **Czóbel Sz.**, Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2004): Seasonal and daily pattern, variability and spatial scale dependence of ecosystem CO<sub>2</sub>-exchange in a temperate Pannonian loess grassland. *Acta Biologica Slovenica* 47: 13-20.

Szerdahelyi T., Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Nagy Z., Tuba Z. (2004): Ecological and synphysiological investigations on loess grassland stands (*Salvio-Festucetum rupicolae*) in Gödöllő Hills (Hungary). *Acta Biologica Slovenica* 47: 3-11.

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Fóti Sz., Nagy J., Szerdahelyi T., Virágh K., Bartha S., Tuba Z. (2002): Space-scale dependence of ecosystem CO<sub>2</sub> exchange in three non-forested vegetations. *Acta Biologica Szegediensis* 46: 219-220.

Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Nagy J., Szerdahelyi T., Virágh K., Bartha S., Tuba Z. (2002): Spatio-temporal variability of ecosystem exchange in three non-arborescent temperate vegetations. *Acta Biologica Szegediensis* 46: 239-241.

**Hazai lektorált folyóiratbeli közlemények:**

**Czóbel Sz.**, Szirmai O., Szerdahelyi T., Nagy J., Balogh J., Fóti Sz., Péli E., Pintér K., Horváth L., Nagy Z. (2007): Megváltoztatott kezeléssű hazai gyeptársulásaink funkcionális ökológiai válaszai. *Magyar Tudomány* (in press)

Tuba Z., Nagy Z., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Csintalan Zs., Fóti Sz., Juhász A., Péli E, Szente K., Palicz G., Horváth L., Weidinger T., Pintér K., Virágh K., Nagy J., Szerdahelyi T., Engloner A., Szirmai O., Bartha S. (2004): Hazai gyeptársulások funkcionális ökológiai válasza, C-körforgalma és üvegházhatású gázainak mérlege jelenlegi és jövőbeni várható éghajlati viszonyok, illetve eltérő használati módok mellett. *AGRO 21 Füzetek* 37: 123-138.

**Nemzetközi előadások és konferencia kiadványokban megjelent közlemények:**

Várszegi T., **Czóbel Sz.**, Szirmai O. (2007): Effect of local CO<sub>2</sub> release of refrigeration and uptake of vegetation on the global warming. In: *Proceedings of the XXII IIR International Congress of Refrigeration /Beijing, China, August 2007/*: (in press)

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Nagy Z., Fóti Sz., Péli E., Nagy J., Szirmai O., Horváth L., Pintér K., Tuba Z. (2005): Effects of land use change on temperate seminatural grasslands. In: *Book of Abstract of the XVII International Botanical Congress (IBC) /Vienna, Austria, July 2005/*: 71.

Nagy Z., Csintalan Zs., Pintér K., Balogh J., **Czóbel Sz.**, Fóti Sz., Juhász A., Weidinger T., Tuba Z. (2005): Net ecosystem dynamics of grasslands on different soils in Hungary. In: *Book of Abstract of the XVII International Botanical Congress (IBC) /Vienna, Austria, July 2005/*: 70-71.

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Fóti Sz., Péli E.R., Szerdahelyi T., Szirmai O., Nagy Z., Tuba Z. (2004): Long-term effects of irrigation and fertilization on stand CO<sub>2</sub> fluxes and soil biochemical processes in a Hungarian loess grassland. In: *Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop /Dubrovnik, Croatia, March 2004/*: 130-134.

Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Nagy Z., Balogh J., Péli E.R., Bartha S., Acosta M., Tuba Z. (2004): Small scale spatial heterogeneity of soil water content and CO<sub>2</sub> gas exchange in natural and semi-natural ecosystems, In: *Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop /Dubrovnik, Croatia, March 2004/*: 83-87.

Tuba Z., Haszpra L., Weidinger T., Horváth L., Balogh J., Barcza Z., **Czóbel Sz.**, Nagy Z., Pintér K., Tarczay K. (2003): Long-term CO<sub>2</sub> concentration and flux measurements in Hungary. In: *Geophysical Research* 5: 12771.

Horváth L., Mészáros R., Pintér K., Weidinger T., **Czóbel Sz.**, Nagy Z., Tuba Z. (2003): Nitrous oxide emission from managed grasslands under special continental climate in Hungary. In: *Geophysical Research* 5: 09746.

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Fóti Sz., Nagy J., Szerdahelyi T., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2002): Variability and spatial scale-dependence of ecosystem CO<sub>2</sub> exchange in herbaceous vegetations. In: *Abstracts of the 3<sup>rd</sup> Slovenian Symposium on Plant Physiology* /Ljubljana, Slovenia, September 2002/: 63.

Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Nagy J., Nagy Z., Szerdahelyi T., Bartha S., Tuba Z. (2002): Variability of synphysiological processes in three non-arborescent temperate grasslands. In: *Abstracts of the 3<sup>rd</sup> Slovenian Symposium on Plant Physiology* /Ljubljana, Slovenia, September 2002/: 72.

**Hazai előadások és konferencia kiadványokban megjelent közlemények:**

**Czóbel Sz.**, Balogh J., Szirmai O., Péli E., Nagy Z., Fóti Sz., Nagy J., Tuba Z. (2006): Eltérő dinamikájú, struktúrájú és fajkészletű növényállományok CO<sub>2</sub>-fluxusának összehasonlító vizsgálata. In: *VII. Magyar Ökológus Kongresszus* /Budapest, 2006. szeptember 4-6./: 49.

Balogh J., Nagy Z., Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Pintér K., Tuba Z. (2006): Homoki legelő talajlégzésének mérése és modellezése. In: *VII. Magyar Ökológus Kongresszus* /Budapest, 2006. szeptember 4-6./: 20.

Nagy Z., Pintér K., Balogh J., **Czóbel Sz.**, Fóti Sz., Tuba Z. (2006): A szénmérleg komponenseinek mérése gyepekben. In: *VII. Magyar Ökológus Kongresszus* /Budapest, 2006. szeptember 4-6./: 158.

Pintér K., Nagy Z., Balogh J., **Czóbel Sz.**, Barcza Z., Tuba Z. (2006): Magyarországi gyepfelszínek szén-cseréje. In: *VII. Magyar Ökológus Kongresszus* /Budapest, 2006. szeptember 4-6./: 172.

Szerdahelyi T., Balogh J., **Czóbel Sz.**, Fóti Sz., Nagy J., Szirmai O., Tuba Z. (2004): Műtrágyaterhelés hatása a Gödöllői-dombvidék egy löszgyepállományában. In: *VI. Aktuális Flóra- és Vegetációkutató a Kárpát-medencében* /Keszthely, 2004. február 26-29./: 96.

Nagy Z., Weidinger T., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Tuba Z. (2003): Növénytársulás és ökoszisztéma fotoszintézis és légzés mérése négyzetméteres és hektáros térléptékben: metodika és néhány eredmény. In: *V. Magyarországi Fotoszintézis Konferencia* /Noszvaj, 2003. szeptember 15-16./: 28.

Pintér K., Tuba Z., Nagy Z., Barcza Z., Weidinger T., **Czóbel Sz.**, Tarczay K., Fóti Sz., Balogh J.(2003): Éves szénmérleg becslése fűfelszín felett. In: *V. Magyarországi Fotoszintézis Konferencia* /Noszvaj, 2003. szeptember 15-16./: 32.

**Czóbel Sz.**, Fóti Sz., Balogh J., Nagy J., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2003): A CO<sub>2</sub> gázcsere térléptékfüggése fátlan vegetációtípusokban. In: *6. Magyar Ökológus Kongresszus* /Gödöllő, 2003. augusztus 27-29./: 48.

Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Nagy Z., Bartha S., Balogh J., Tuba Z. (2003): Löss- és homokpuszta gyepek CO<sub>2</sub>-gázcserejének mezoskálájú térbeli variabilitása. In: *6. Magyar Ökológus Kongresszus* /Gödöllő, 2003. augusztus 27-29./: 71.

Fóti Sz., **Czóbel Sz.**, Balogh J., Bartha S., Nagy Z., Tuba Z. (2002): Növényökofiziológiai folyamatok variabilitása, mintázatok, léptékfüggés. In: *I. Kvantitatív Ökológiai Szimpózium (KÖSZI)* /Debrecen, 2002. október 24-25./: 17.

**Czóbel Sz.**, Nagy J, Virágh K., Bartha S., Fóti Sz., Benkő Zs., Tuba Z. (2000): Állomány-fotoszintézis variabilitása löszpusztagyepben. V. Magyar Ökológus Kongresszus /Debrecen, 2002. szeptember/ In: *Acta Biologica Debrecina*: 201.