



Szent István Egyetem

Gyepék szénmérleg-komponenseinek mérése és modellezése

Doktori értekezés tézisei

BALOGH JÁNOS

Gödöllő

2009.

A doktori iskola

megnevezése: Biológiatudományi Doktori Iskola

tudományága: Biológiai tudomány

vezetője: PROF. DR. BAKONYI GÁBOR
Intézetvezető egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság és Környezettudományi
Kar
Állattani Alapok Intézet

Témavezető: DR. NAGY ZOLTÁN PHD
Egyetemi docens
SZIE, Mezőgazdaság és Környezettudományi
Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

Társtémavezető: PROF. DR. TUBA ZOLTÁN†
Intézetvezető egyetemi tanár, az MTA doktora
SZIE, Mezőgazdaság és Környezettudományi
Kar
Növénytani és Ökofiziológiai Intézet

.....
Az iskolavezető
jóváhagyása

.....
A témavezető
jóváhagyása

A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Napjainkban egyre sürgetőbbé vált a növényzet légköri üvegházgáz-mérlegre (kibocsátás és elnyelés összege) gyakorolt hatásának megismerése. Az üvegházhatású nyomgázok bioszféra-atmoszféra között zajló cseréjét, az üvegházgáz-mérleg alakulását a vegetáció és a talaj minősége és működése, illetve a terület mezőgazdasági kezelési és használati gyakorlata alapvetően befolyásolja. Az ökoszisztémák gázcseréjében 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 jellemzően oxigénhiányos talajú területeken kívül - a legelő állatok bocsátják ki és ez utóbbi a talajjal is cserélődhet. Az üvegházhatású gázok légköri mennyisége az ipar, a mezőgazdaság vagy a közlekedés által kibocsátott szennyezés következtében folyamatosan növekszik. Emelkedő koncentrációjuk a felszín hőleadását gátolva a felszín és a légkör melegedését idézi elő. Viszonylag pontosan becsülhető az emberi tevékenység okozta kibocsátás, de kevés információnk van az ökoszisztémák folyamatban betöltött szerepéről. Az utóbbi évtizedben az Európai Unió több olyan kutatási programot indított (Carboeurope IP, NitroEurope IP, Carboocean IP stb.), melyek célja az ökoszisztémák üvegházgáz-forgalmának, elsősorban az elnyelés mértékének leírása.

A mérsékeltövi füves területek – nagy kiterjedésük miatt is – fontos komponensei a globális szénforgalomnak, és a globális klímaváltozás hatása is várhatóan erőteljes lesz ebben a régióban. Jelentőségüket külön növeli, hogy területük a fás vegetációval borított területek jelenleg is fokozódó zsugorodásával egyre emelkedik.

A füves területekre jellemző, hogy szervesanyag-tartalmuk (széntartalmuk) nagy részét a föld alatti növényi részek és a talaj szervesanyag-tartalma adja. Ez a tulajdonság fontos szénforgalmuk szempontjából is, mivel a felvett szén hosszú ideig tárolódhat a talajban. Ahhoz, hogy megismerjük a füves területek szerepét a globális szénforgalomban, és meg tudjuk jósolni a globális klímaváltozás rájuk gyakorolt várható hatását, CO₂-gázcseréjük vizsgálatára van szükség.

A vizsgálati objektumként választott gyepek esetében a fő limitáló tényező a csapadék mennyisége és eloszlása, de ez a megállapítás voltaképpen Hazánk nagy részére igaz. Ha a tavaszi-nyári időszakban tartósan kevés a csapadék (aszály), akkor az éves szénmérleg csökkenő gyökér- és talajlégzés esetén is veszteséges (negatív) lehet. Ha ez több egymást követő évben megismétlődik, nagy az esély a gyepek felnyílására és a terület sivatagosodására. Erre figyelmeztetnek bennünket azok az előrejelzések is,

melyek a globális klímaváltozás hazai hatásait elemzik. Várható, hogy Magyarországon a közeljövőben magasabb lesz az évi középhőmérséklet, kevesebb lesz az éves csapadék mennyisége és annak eloszlása is megváltozik. Ennek hatására főként az Alföld területén sivatagosodási folyamatok indulhatnak meg.

A vizsgálat szervesen kapcsolódik a Carboeurope IP és NitroEurope IP EU finanszírozású projektekhez, amelyeknek célja a különböző európai ökoszisztémák üvegházgáz-mérlegének vizsgálata. Az elvégzett mérések mérések egy részét hazai finanszírozású OTKA pályázatok támogatták.

Az utóbbi években megszorodtak a szénforgalommal, annak komponenseivel foglalkozó munkák és sok általánosan hasznosítható ismerettel rendelkezünk a témában. Ugyanakkor nagy jelentősége van a lokálisan jelentős ökoszisztémákban végzett vizsgálatoknak, amelyek pontos képet adnak azok szénforgalomban betöltött szerepéről. A jelen dolgozatban szereplő mérések új ismereteket adnak hazánk néhány jellegzetes és fontos természetes ökoszisztémájának szénforgalmáról és a vizsgálat módszereiről.

1.2. A kutatás célkitűzései

A dolgozat témája két fő célkitűzés köré rendezhető: (1) a kamrás gázcsere mérés-módszertani kérdései, és ezekből kiindulva (2) szénmérleg-komponensek mérési eredményei hazai gyepekben, azon belül is elsősorban a bugaci homoki legelő (*Cynodonti- Festucetum pseudovinae*) ökoszisztéma példáján.

Munkánk során az első kérdéskörrel kapcsolatban a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Használható-e kamrás technika a szénmérleg hosszútávú nyomon követésére?
- Mennyiben egyeznek a kamrás technikával mért, illetve az eddy-kovariancia módszerrel mért értékek?
- Milyen környezeti tényezők befolyásolják a gyepek szénmérlegét az év különböző időszakában?
- Használható-e a nyílt rendszerű gázcsere mérés a talajlégzés folyamatos mérésére?

A második kérdéskörben a következő célkitűzéseket fogalmaztuk meg:

- Mekkora a talajlégzés részaránya a gyepek szénmérlegében?

- Leírható-e egységes modellel a különböző talajtípusok légzési aktivitásának környezeti tényezőktől való függése?
- A talajlégzésen belül hogyan alakul a gyökérlégzés és a mikrobiális légzés aránya?
- Milyen biotikus tényezők befolyásolják a talajlégzés mértékét, kimutatható-e kapcsolat a fotoszintetikus CO₂ felvétel és a talajlégzés között?
- Mi és hogyan befolyásolja a gyökérlégzést?
- Milyen különbségek vannak a különböző évekre becsült talajlégzés-összegben?

ANYAG ÉS MÓDSZER

A klímának a szénmérlegre és ezen belül a talajlégzésre gyakorolt hatása igen összetett, nehezen mérhető, de a kapott eredmények segítségével közelebb juthatunk ennek megértéséhez. Ehhez komoly mérés technikai háttérre van szükség. A vizsgálat fő helyszíne a Szent István Egyetem Növénytan és Ökofiziológiai Intézetének bugaci és mátrai kutatóállomása (amelyek 2002 óta működnek folyamatosan), valamint az Intézet Botanikus Kertje és laboratóriuma.

Vizsgálati területek

Kutatásunk során a következő helyszíneken dolgoztunk: Bugac: homoki legelő, Gödöllő, Botanikus Kert: tölgyes, Isaszeg: löszpusztagyep, Szurdokpüspöki: száraz hegyi legelő és kaszáló, Vácraát: nyílt homokpusztagyep, Bily Kríz (Csehország): nedves hegyi kaszáló.

A vizsgálati területek többsége hazai gyepterület, de vegetációjukban és talajtípusban jelentősen különböznek egymástól. A talajok között egyaránt előfordul tápanyagban szegény és gazdag talajtípus, valamint homok-, vályog- és agyagtalaj is.

Mérőműszerek, eszközök

Eddy-kovariancia technika: Három mérőhelyen (Bugac, Szurdokpüspöki, Bily Kríz) félórás átlagolási idővel mértük a környezeti tényezőket, így a hőmérsékletet, a relatív nedvességet, a csapadékot, a szélsébséget, a szélirányt, a globálsugárzást, a sugárzási egyenleget, a fotoszintetikus aktív sugárzást (PAR), a talajhőmérsékletet. Az eddy-kovariancia módszerhez szükséges 10Hz-es szélsébség méréseket egy CSAT3-as szonikus anemométerrel valósítottuk meg. A vízgőz és a szén-dioxid koncentrációjának nagyfrekvenciás mérése egy Li-Cor 7500-as infravörös gázanalizátorral (Li-COR, USA) történt. Ezzel a módszerrel nemcsak a szén-dioxid turbulens fluxusát, hanem az energiamérleg két fő komponensét a szenzibilis és a látens hőáramot is meghatározhatjuk.

Kamrás gázcsere mérés: A CO₂-gázcsere méréséhez a mintavételt két különböző kamrás technikával végeztük: nyílt és zárt rendszerben. A CO₂ és H₂O koncentrációjának mérését CIRAS-2 (PPSystems, Hitchin, UK) és LI-6200 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) gázanalizátorokkal oldottuk meg.

A talajlégzés mérése: A talajlégzés mérését 2000-2005-ig zárt rendszerű plexi félgömb gázcsere mérő kamra (d=20 cm) és LICOR-6200 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) hordozható infravörös gázanalizátor segítségével

végeztük. 2005-től LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) infravörös gázanalizátorral és a hozzá tartozó gyári talajlégzés-mérő kamrával mértünk.

Nyílt rendszerű talajlégzés-mérés: A nyílt rendszerű automata talajlégzés-mérő rendszer kifejlesztése a kutatómunka részét képezte, így a kialakított módszerről az Eredmények és megbeszélésük fejezetben számolunk be. A rendszer kifejlesztéséhez szükséges tesztméréseket és kalibrációt Magyarországon Bugacon, illetve Csehországban Bílý Kříž-ben végeztük el a cseh kollégákkal közösen.

Gyökérlégzés mérése: LI-6400 gázanalizátorral végeztük kiásott és megtisztított gyökereken.

LAI mérés: A levélfelület-index számításához PAR transzmittancia értékeket használtunk fel.

NDVib (broadband NDVI) mérés: A bugaci kutatóállomáson a bejövő és a visszaverődő PAR és globál sugárzás mérés alapján számított értékek .

Talajnedvesség mérés: A talajvíztartalom mérésére TDR (time domain reflectometry) talajnedvesség-mérőt használtunk (ML-2, Delta-T Devices Co, Cambridge, UK).

Talajhőmérséklet mérés: Esetenként kézi leszúrható digitális hőmérő használatával oldottuk meg, amennyiben az IRGA-hoz csatlakozó eszköz (Licor-6400) nem volt használható.

Modellezés

Az adatok értékelése során használt illesztések alapján végeztük el az adott területen található, vagy ahhoz közel eső meteorológiai állomás adatok felhasználásával a talajlégzés éves összegeinek becslését, illetve a bugaci talaj esetében a mikrobiális légzés és a gyökér- és gyökérkapcsolt légzés részarányának a meghatározását.

A légzési aktivitások hőmérséklettől való függésének leírására a következő egyenletet használtuk fel:

$$R = R_{10} \left(E_0 \left(\frac{1}{56.02} - \frac{1}{T - 227.13} \right) \right)^2$$

A talajlégzés és talajhőmérséklet, valamint a talajnedvesség összefüggését a következő egyenlet segítségével vizsgáltuk:

$$R_s = R_{10} \left(E_0 \left(\frac{1}{56.02} - \frac{1}{T_s - 227.13} \right) \right) \left(-0.5 \ln \left(\frac{SWC}{SWC_{opt}} \right) \right)^2$$

ahol R_{10} , E_0 és SWC_{opt} a modell paraméterei, R_{10} a 10 °C-on vett talajlégzés, E_0 az aktivációs energia mértéke, SWC_{opt} pedig az illesztés által becsült optimális talajnedvesség-érték.

Statisztikai módszerek

A mintavétel során gyűjtött változók statisztikai kiértékeléséhez az átlag, a szórás és az adatsor értéktartományának (minimum és maximum értékek) meghatározását végeztük el. A számításokat Excel és SigmaPlot szoftverekkel végeztük.

EREDMÉNYEK

Mérés-módszertani eredmények

Zárt kamrás CO₂ gázcsere mérések

A zárt rendszerű gázcsere mérés használható volt a CO₂ gázcsere nyomon követésére hazai gyepeinkben. Hátránya azonban, hogy meleg időben a mérési időtartamot csökkenteni kell a gyors melegedés miatt (kamra hatás), ami bizonytalanná teheti a mérést. További nehézséget okoz, hogy meglehetősen bonyolult a kamrák automatizálása (nyitó-csukó szerkezet), ami a működésbiztonságot csökkentheti. Az általunk használt gázcsere mérő kamra könnyen mozgathatónak és gyors mérésre alkalmasnak bizonyult, a mérések közti szellőztetést és a kamra mozgását azonban kézzel kell megoldani, emiatt a módszer munkaigényes és nem alkalmas folyamatos mérésre. További probléma, hogy az adatok megfelelő feldolgozásához, a környezeti változók és a gázcsere összefüggéseinek vizsgálatához az adatok mennyisége nem elégséges, nem elég hatékony a módszer.

Nyílt kamrás mérések

A nyílt rendszerű kamrás gázcsere mérés megfelelő módszernek és az eddy-kovariancia módszerrel összevethetőnek bizonyult. Nagy előnye, hogy sokkal kevésbé munkaigényes, mint a zárt rendszerű mérés, viszonylag olcsó más rendszerekhez képest és jól alkalmazható rövid méréssorozatok kivitelezésére, mivel sok adat nyerhető. Meleg és száraz körülmények között a kisebb kamra hatás miatt a zárt rendszernél jobban használható módszer. Ennek oka az, hogy ilyen körülmények között a csökkent gázcsere miatt a zárt rendszerrel egy mérés percekig eltarthat, ami a kamrán belül a hőmérséklet jelentős emelkedéséhez vezet. Az automatizált zárt rendszerhez képest pedig egyszerűbb felépítés és nagyobb működésbiztonság jellemzi, könnyebben mobilizálható, áttelepíthető terepi körülmények között.

Előnyei mellett azonban nehézséget is okozhat, hogy a magas hőmérsékletek melletti magas evaporációs és transzspirációs ráta alacsony szélesebséggel kombinálódva (magas LAI miatt) kisebb VPD-et okoz a kamrán belül, mint kívül (gyakorlatilag kamra hatás), így korlátozza az evapotranszspiráció mértékét. Kis LAI - kis borítás - mellett viszont a magasabb szélesebség – a nagyobb vezetőképesség miatt - növeli az evaporáció mértékét, így más módszerhez képest magasabb fluxusokat mérhetünk. Az eredmények alapján törekedni kell a nyílt rendszerű mérés

esetében a szélesebbesség külső szélesebbességhez való minél pontosabb igazítására.

Nyílt rendszerű talajlégzés-mérések

Célunk volt egy egyszerűen kivitelezhető automatizálható mérési módszer kidolgozása, amely képes hosszú időn keresztül önműködően méréseket végezni esetenkénti rendszerellenőrzés mellett. A kifejlesztett rendszer az összehasonlítható mérési adatok, valamint a folyamatos mérési adatok szerint jól működik, az általa mért talajlégzés-értékek a standard rendszerekéhez igen közel állnak. A hat hónapos folyamatos működés során nem tapasztaltunk komoly meghibásodást annak ellenére, hogy igen változatos időjárási körülmények között működött.

A mérőkamrán belüli - az első évben tapasztalt - pozitív nyomásbeli eltérést (atmoszférikus nyomáshoz képest) a kamrák kismértékű átalakításával sikerült megszüntetni. Az átalakítás pozitív hatással volt a csapadék könnyebb kamrába jutására is. A kifejlesztett mérőrendszer üzembiztos működésű és lényegesen olcsóbb a piacon jelenleg hozzáférhető automata rendszerekhez képest.

Szénmérleg komponensek mérése

Talajlégzés mérések 5 különböző magyarországi talajtípuson

Vizsgálatunk célja az volt, hogy az általános felfogással szemben, mely szerint a talajlégzés modellezéséhez elég a talajhőmérséklettől való függés ismerete, bizonyítsuk, hogy nem csak a hőmérséklet, hanem a víztartalom és a vegetáció állapota is nagy jelentőségű a talajlégzés intenzitásának becslésében. Ezt a megállapításunkat eredményeink alátámasztják.

Az általunk felhasznált modell minden vizsgált talajtípus esetében alkalmasnak bizonyult a R_s hőmérséklettől és talajnedvességtől való függésének együttes leírására.

A modell illesztése során kapott paraméterek közül az SWC_{opt} erősen függ a talaj agyagtartalmától.

A talaj széntartalmától való függést pedig az aktivációs energia (E_0 paraméter a talajlégzés hőmérséklet-függésének leírásában) esetében tudtuk bizonyítani.

Kimutattuk a talajlégzés és a CO_2 felvétel (GPP) közötti statisztikailag szignifikáns kapcsolatot és megállapítottuk az időbeli csúszás mértékét a két folyamat között.

Gyökérlégzés-vizsgálatok

A mikrobiális légzés vizsgálata során kapott eredmények azt igazolták, hogy az megtisztított felületű/hiányfoltok/üres és növényzettel borított talajfoltok légzésintenzitása a hőmérséklet növekedésével emelkedett. Ebből erős hőmérsékletfüggésre következtethetünk, ezt vártuk a szakirodalmi adatok alapján is, hiszen a talajlégzést a modellek is elsősorban a talajhőmérséklet függvényeként értelmezik. Adatainkra exponenciális egyenletet illesztve szignifikáns összefüggést kaptunk. Megállapítottuk, hogy a gyökerek légzése erősen víztartalom-függő, emiatt magas gyökér biomassza esetén a víztartalom emelkedése jelentős légzésintenzitás-növekedéssel járhat. Bugacon a gyökerek légzésére méréseink szerint az alacsony (12% alatt), valamint az igen magas (30% felett) talajvíztartalom hat gátlólag, meg kell azonban jegyeznünk, hogy a nyári időszak nagy részében a víztartalom nem haladja meg a 10%-ot, így jelentős szabályzója a gyökér, illetve ezen keresztül a talajlégzés mértékének. A talajlégzéshez hasonlóan csúsztatott korrelációs technikával kimutattuk a gyökérlégzés és a CO₂ felvétel (GPP) kapcsolatát és megállapítottuk az időbeli csúszás mértékét a két folyamat között.

A talajlégzés modellezése

A bugaci kutatóállomás mikrometeorológiai adataira alapozva a mérési eredmények kiértékeléséhez felhasznált illesztések segítségével becsültük a talajlégzés éves összegét különböző évekre. Megvizsgáltuk a becsült éves talajlégzés-összeg és néhány abiotikus és biotikus tényező (csapadékösszeg, átlaghőmérséklet, NEE) összefüggését, ezek közül az éves csapadékösszeg és a becsült éves Rs jó pozitív összefüggést mutat.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Nyílt homoki gyeppen folytatott vizsgálataink alapján bizonyítottuk, hogy a zárt kamrás gázcseremérés alkalmas módszer gyeppedetáció szénmérlegének vizsgálatára, a kapott eredmények alkalmasak lehetnek a szénmérleg hosszútávú becslésére.

Nyílt rendszerű mérési módszert fejlesztettünk ki az NEE mérésére, ezt más szénmérleg mérési technikával vetettük össze. Bizonyítottuk a nyílt kamrás és az eddy kovariancia CO₂ gázcseremérési módszerek jó egyezőségét, valamint méréssel bizonyítottuk, hogy a kamrán áthaladó légáram sebessége - amely a kamrabeli LAI-nak is függvénye - meghatározza, hogy a nyílt kamrás H₂O gázcseremérés alul- vagy felülbecsül-e az eddy-kovariancia módszerhez képest.

Új, nyílt rendszerű automata mérési technikát fejlesztettünk ki a talajlégzés vizsgálatára. A módszer folyamatos mérést tesz lehetővé, alacsony költség- és munkaigényű más technikákkal összehasonlítva, illetve különösen alkalmas gyepek talajlégzésének a vizsálatára.

Leírtuk a talajlégzés és a talajhőmérséklet, illetve a talajnedvesség közti összefüggést 5 különböző szerkezetű és vegetációjú hazai talajtípus esetében. Az eredmények felhasználhatók hazai talajtípusok légzésének modellezéséhez.

Az összefüggés alapján megállapítottuk, hogy a talajlégzés szempontjából optimális talajnedvesség-tartalom a talajbeli agyagtartalom függvénye. Az összefüggés alapján azt is megállapítottuk, hogy a különböző talajok légzési aktivációs energiájának mértéke a talajbeli széntartalom függvénye.

Megállapítottuk, hogy homoki gyeppen a talajlégzés és a gyökérlégzés, illetve a fotoszintetikus CO₂ felvétel között időben eltolt szignifikáns kapcsolat van. Az időbeli eltolódás mértéke a talajlégzés esetében nagyobb, a gyökérlégzés esetében kisebb.

Méréseink alapján megbecsültük homoki gyeppen a gyökér- és gyökérkapcsolt légzés részarányát a talajlégzésen belül, illetve megállapítottuk, hogy a gyökérlégzés, mint a talajlégzés egyik legjelentősebb komponense hogyan függ a talajbeli víztartalomtól és a hőmérséklettől.

Eredményeink alapján homoki gyeppen modelleztük a talajlégzés éves összegét különböző években, és megállapítottuk, hogy az éves talajlégzés-összeg és a csapadékösszeg között szignifikáns kapcsolat mutatható ki.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Eredményeink nyomán megállapítottuk, hogy a kamrás gázcseremérési technikák alkalmasak a szénmérlegnek és komponenseinek vizsgálatára gyepekben, azonban – különösen a zárt rendszerű mérés – nagyon munkaiigényesek és folyamatos mérésre nehezen használhatók. A nyílt rendszerű mérési módszer esetében az előrelépést az automatizálhatóság jelenti, de hosszútávú mérésekre (több napos, vagy hetes) ez a módszer is csak bonyolult kamranyitó- és záró automatika használata esetén alkalmas, ami jelentősen növeli a költségeket és csökkentheti a működésbiztonságot. Ezek a módszerek nem váltják ki a hosszútávú mérésekre kifejlesztett eddy-kovariancia technikát, de annak kiegészítő méréseihez, a komponensek, vagy a gázcsere térbeli mintázatának vizsgálatára megfelelőek.

A nyílt rendszerű mérési technikát sikerrel alkalmaztuk a talajlégzés mérésére, ami azért fontos, mert egy olyan mérőrendszert fejlesztettünk ki, amely egyszerű és működésbiztos mérést tesz lehetővé, és költséghatékonyabb a piacon kapható rendszerekhez képest. Különösen alkalmas lehet gyepek talajlégzésének a folyamatos mérésére, ami egy eddy-kovariancia mérőrendszerrel együtt telepítve lehetővé teszi a szénmérleg-komponensek pontosabb megismerését, részarányuk, vagy abiotikus és biotikus hatásoktól való függésük megállapítását.

Időszakosan száraz vagy száraz területeken a talajlégzés becslését nem elégséges csak a hőmérsékletfüggés alapján végezni, a talaj nedvességtartalmát is figyelembe kell venni. Erre kínál lehetőséget az modell, melyet a különböző hazai talajok légzésének környezeti tényezőktől való függésének leírására használtunk. Remélhetőleg ennek a vizsgálatnak az eredményei használhatók lesznek a különböző ökoszisztémák szénforgalmi modelljeiben. Szintén a modellezésben jól használható eredménynek mutatkozik a modell egyes paramétereinek becsülhetősége a talajtulajdonságok alapján.

Fontos eredményünk, hogy a gyökerek légzése is erősen függ a víztartalomtól, ez alapján jobban becsülhető a gyökér- és gyökérkapcsolt komponens részaránya a teljes talajlégzésben. További vizsgálataink célja lehet így a gyökerekből és a SOM-ból származó CO₂-kibocsátás elkülönítése, részarányának megállapítása különböző körülmények - elsősorban talajnedvesség és hőmérséklet, valamint a vegetáció állapota - mellett. Fontos kérdés, hogy a száraz időszakok hosszának milyen hatása van a SOM-ból származó mikrobiális légzésre, mely a talaj szerves széntartalmának csökkenését okozza.

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

Angol nyelvű, impakt faktoros tudományos közlemények:

- T. G. Gilmanov, L. Aires, K. Akshalov, V. Allard, C. Ammann, M. Aubinet, M. Aurela, J. Baker, D. Baldocchi, J. Balogh, M. Balzarolo, L. Belelli, Z. Barcza, C. Bernacchi, C. Bernhofer, V.S. Baron, J. Berringer, P. Beziat, D. Billesbach, J. Bradford, K. Brehe, N. Buchmann, E. Ceschia, P. Cellier, Shiping Chen, D. Cook, C. Corradi, R. Coulter, R. Czerny, E. Dellwik, A. Detwyler, H. Dolman, M. Dourikov, W. Dugas, J. Elbers, W. Emmerich, W. Eugster, D. Fitzjarrald, L. Flanagan, A. Frank, J. Fuhrer, D. Gianelle, T. Griffis, T. Gruenwald, M. Haferkamp, Guo Haiquang, N. Hanan, R. Harding, L. Haszpra, M. Heuer, J. Heilman, A. Hensen, S. Hollinger, A. Jacobs, D. Janous, W. Jans, D.A. Johnson, M. Jones, T. Kato, G. Katul, G. Kiely, W. Kutsch, G. Lanigan, T. Laurila, P. Leahy, S. Li, A. Lohila, V. Magliulo, A. Manzi, M. Marek, R. Matamala, T. Meyers, P. Mielnick, A. Miyata, E. Moors, J. Morgan, C. Moureaux, M. Nasyrov, J. Olejnik, J. Olesen, W. Oechel, C. Owensby, D. Papale, C. Pio, J. Prueger, A. Raschi, C. Rebmann, M. Reichstein, H. da Rocha, N. Rogiers, N. Saliendra, M.J. Sanz, K. Schelde, R. Scott, P. Sims, R.H. Skinner, H. Soegaard, J.-F. Soussana, M. Sutton, A. Suyker, T. Svejcar, M. Torn, Z. Tuba, S. Verma, M. Waterloo, G. Wohlfahrt, B. Zhao, G. Zhou (2009): Productivity, Respiration, and Light-Response Parameters of World Grassland and Agro-Ecosystems Derived From Flux-Tower Measurements. *Rangeland Ecology and Management* (accepted)
- Fóti Sz., Balogh J., Nagy Z., Bartha S., Ürmös Zs., Tuba Z. (2008): Temporal and spatial variability and pattern of soil respiration in loess grassland. *Community Ecology* 9 57-64. p.
- Pintér K., Nagy Z., Barcza Z., Balogh J., Czóbel Sz., Csintalan Zs., Tuba Z. (2008): Interannual variability of grasslands' carbon balance depends on soil type. *Community Ecology* 9 43-48. p.
- Horváth L., Grosz B., Machon A., Balogh J., Pintér K., Czóbel Sz. (2008): Influence of soil type on N₂O and CH₄ soil fluxes in Hungarian grasslands. *Community Ecology* 9 75-80. p.
- Czóbel Sz., Szirmai O., Balogh J., Nagy J., Péli E., Ürmös Zs., Tuba Z. (2008): Effects of irrigation on botanical composition and carbon uptake on Pannonian loess monoliths. *Community Ecology* 9 91-96. p.
- 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 CO₂ and

- H₂O fluxes over grassland vegetations measured by the eddy-covariance technique and by open system chamber. *Photosynthetica*, 45 288-292. p.
- 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. p.
 - Balogh J., Fóti Sz., Juhász A., Czóbel Sz., Nagy Z. and Tuba Z. (2005): Seasonal CO₂-exchange variations of a temperate semi-desert grassland in Hungary. *Photosynthetica*, 43 107-110. p.
 - Czóbel Sz., Fóti Sz., Balogh J., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2005): Chamber series and space-scale analysis of CO₂ gas-exchange in grassland vegetation: A novel approach. *Photosynthetica*, 43 267-272. p.
 - Szerdahelyi T., Fóti Sz., Czóbel Sz., Balogh J., Nagy Z., Tuba Z. (2004): Species composition and CO₂ exchange of a temperate loess grassland (*Salvio-Festucetum rupicolae*) at present-day and expected future air CO₂ concentrations. *Ekologia Bratislava*, 23 137-146. p.
 - Szerdahelyi T., Nagy J., Fóti Sz., Czóbel Sz., Balogh J., Juhász A., Tuba Z. (2004): Botanical composition and selected CO₂ exchange characteristics of temperate semi-desert sand grassland in Hungary under present-day and elevated air CO₂ concentrations. *Ekologia Bratislava*, 23 124-136. p.

Angol nyelvű nem impakt faktoros tudományos közlemények:

- Helyes L., Tuba Z., Balogh J. and Réti K. (2005): Production ecophysiology of Hungarian green pepper under elevated air CO₂ concentration. *Journal of Crop Improvement* 13 333-344. p.
- 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. p.
- 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. p.
- Szerdahelyi T., Fóti Sz., Czóbel Sz., Balogh J., Nagy Z., Tuba Z. (2004): Coenological and synphysiological investigations on loess grass stands (*Salvio-Festucetum rupicolae*) on Gödöllő Hills (Hungary). *Acta Biologica Slovenica*, 47 3-11. p.
- Fóti Sz., Balogh J., Czóbel Sz., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2004): Seasonal and daily pattern, variability on spatial scale dependence on

ecosystem CO₂ exchange in a temperate Pannonian loess grassland. *Acta Biologica Slovenica*, 47 13-20. p.

- Balogh J., Czóbel Sz., Juhász A., Tuba Z. (2002): Seasonal carbon sequestration of a semi-desert temperate grassland ecosystem over a year period. *Acta Biologica Szegediensis* 46. 221-222. p.
- Czóbel Sz., Balogh J., Fóti Sz., Nagy J., Szerdahelyi T., Virágh K., Bartha S. and Tuba Z. (2002): Space-scale dependence of ecosystem CO₂ exchange in three non-forested vegetations. *Acta Biologica Szegediensis* 46 219-220. p.
- Fóti Sz., Czóbel Sz., Balogh J., Nagy J., Szerdahelyi T., Virágh K., Bartha S. and Tuba Z. (2002): Spatio-temporal variability of ecosystem exchange in three non-arborescent temperate vegetations. *Acta Biologica Szegediensis* 46. 239-241. p.
- Juhász A., Balogh J. and Tuba Z. (2002): Carbon sequestration of the poikilohydric moss carpet vegetation in a semidesert sand grassland ecosystem. *Acta Biologica Szegediensis* 46 223-225. p.

Magyar nyelvű könyvfejezet:

- Czóbel Sz, Horváth L, Nagy J, Szirmai O, Péli E, Nagy Z, Pintér K, Balogh J, Ürmös Zs, Marshall Z, Rabnecz Gy, Tuba Z: Üvegházhatású gázok variabilitása és éves mérlege, valamint a légköri emelkedő CO₂-koncentráció növényökológiai hatásai. In: Klímaváltozás: Környezet - Kockázat - Társadalom. (Ed. Harnos Zs, Csete L), Szaktudás Kiadó Ház, Budapest 2008. pp. 201-227.

Magyar nyelvű tudományos közlemények

- Fóti Sz, Balogh J, Nagy Z, Czóbel Sz, Bartha S, Tuba Z (2007): Mérsékelt övi gyepek közösségeinek CO₂-gázcserejének kisléptékű térbeli variabilitása és mintázata, *Magyar Tudomány* 2007/10 1266-1272.p.
- Czóbel Sz, Szirmai O, Szerdahelyi T, Nagy J, Balogh J, Fóti Sz, Péli ER, Pintér K, Horváth L, Nagy Z, Tuba Z (2007): Megváltoztatott kezelésű hazai gyeptársulásaink funkcionális ökológiai válaszai, *Magyar Tudomány* 2007/10 1273-1279. p.
- Pintér K, Nagy Z, Barcza Z, Balogh J, Czóbel Sz, Fóti Sz, Weidinger T, Tuba Z (2007): Az ökoszisztéma-léptékű fotoszintetikus CO₂-asszimiláció és légzés sajátosságai a mérsékelt övi gyepekben, *Magyar Tudomány* 2007/10 1280-1287. p.
- Tuba Z., Nagy Z., Czóbel Sz., Balogh J., Csintalan Zs., Fóti Sz., Juhász A., Péli E., Szente K., Palicz G., J., Horváth L., Weidinger T., Pintér K.,

- Virágh K., Nagy, J., Szerdahelyi, T., Engloner, A., Szirmai, O., Bartha, S. (2004): Hazai gyeptársulások funkcionális ökológiai válaszai, C-körforgalma és üvegházhatású gázainak mérlege jelenlegi és jövőben várható éghajlati viszonyok, illetve eltérő használati módok mellett, *Agro-21 Füzetek*, 37 123-138. p.
- Juhász A., Balogh J., Czóbel Sz., Fóti Sz., Nagy Z. És Tuba Z. (2002): Egy pannon homokpusztagyep CO₂-gázcserejének egyéves vizsgálata eltérő (mikro)meteorológiai viszonyok között, *ELTE Egyetemi Meteorológiai Füzetek* 17 132-139. p.

Konferencia kiadványok:

- Balogh J., Nagy Z., Pintér K., Balogh B., Pavelka M., Darenová E., Tuba Z. (2009): Multi-chamber automatic soil respiration system for grasslands. *ICDC abstracts* T4-052
- Balogh J., Biro M., Pintér K. (2008): Root respiration in dry grassland. *Cereal Research Communications* 36 355-358. p.
- Pintér K., Barcza Z., Balogh J., Nagy Z. (2008): Continuous eddy covariance measurements of grassland's carbon balance in Hungary. *Cereal Research Communications*, 36 563-566. p.
- 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: Oral presentation of *XVII International Botanical Congress*, Vienna, Austria, 17-23. July 2005.
- 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. p.
- Czóbel Sz., Balogh J., Szirmai O., Tuba Z. (2005): Floating chamber a potential tool for measuring CO₂ fluxes of aquatic plant communities, *Cereal Research Communications* 33 165-168. p.
- 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. p.
- Juhász A., Balogh J., Csintalan Zs., Tuba Z. (2005): The influence of the watercontent on the photosynthetic features and carbon balance of the poikilohydric moss carpet vegetation. *Cereal Research Communications* 33 235-237. p.
- 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. p.

- Pintér K., Balogh J., Barcza Z., Czóbel Sz., Gyöngyösi A. Z., Horváth L., Nagy Z., Tuba Z., Weidinger T. (2004): Carbon dioxide budget above a Hungarian semi-arid grassland, *COST ACTION 627*, Carbon sequestration in European grasslands, Joint meeting of working Groups 1,2,3 and 4, Gent, Belgium, 3-6 June 2004.
- Balogh J., Nagy Z., Fóti Sz., Juhász A., Czóbel Sz., Tuba Z. (2004): Soil respiration and stand CO₂ exchange in a Central-European semi-desert sand grassland under different water regimes. *Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop*, Dubrovnik, Croatia, March 2004., 368-372. p.
- 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 CO₂ fluxes and soil biochemical processes in a Hungarian loess grassland. *Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop*, Dubrovnik, Croatia, March 2004., 130-134. p.
- 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 CO₂ gas exchange in natural and semi-natural ecosystems. *Proceedings of the III. Alps-Adria Scientific Workshop*, Dubrovnik, Croatia, March 2004., 83-87. p.
- Tuba Z., Haszpra L., Weidinger T., Horváth L., Balogh J., Barcza Z., Czóbel Sz., Nagy Z., Pintér K., Tarczay K. (2003): Long-term CO₂ concentration and flux measurements in Hungary. European Geophysical Society, *Geophysical Research Abstracts*, 5 12771 p.
- Balogh J., Nagy Z., Fóti Sz., Juhász A., Czóbel Sz. És Tuba Z. (2003): Állományszintű CO₂-gázcseré és szénmérleg modell *Festucetum vaginatae danubiale* társulásban. 6. *Magyar Ökológus Kongresszus Előadások és poszterek összefoglalói*, 36. p.
- Czóbel Sz., Fóti Sz., Balogh J., Nagy J., Nagy Z., Bartha S. és Tuba Z. (2003): A CO₂ gázcseré léptékfüggése fátlan vegetációtípusokban. 6. *Magyar Ökológus Kongresszus Előadások és poszterek összefoglalói*, 70. p.
- Fóti Sz., Czóbel Sz., Nagy Z., Bartha S., Balogh J., és Tuba Z. (2003): Löss és homokpuszta gyepek mezoskálájú térbeli variabilitása. 6. *Magyar Ökológus Kongresszus Előadások és poszterek összefoglalói*, 93. p.
- Péli E., Balogh J., Czóbel Sz., Fóti Sz., Juhász A., Nagy Z. Tuba Z. (2003): A *Festucetum vaginatae danubiale* társulás szénmérlegének hosszútávú vizsgálata. V. *Magyar Fotoszintézis Konferencia*

- Pintér K., Tuba Z., Nagy Z., Barcza Z., Weidinger T., Czóbel Sz., Tarczay K., Fóti Sz. és Balogh J. (2003): Éves szénmérleg becslése fűfelszín felett. *V. Magyarországi Fotoszintézis Konferencia*
- Balogh J., Czóbel Sz., Juhász A., Fóti Sz., Nagy Z., Tuba Z. (2002): Daily and seasonal carbon-balance of a pannonian semi-desert temperate grassland. Ljubljana, *3rd Slovenian Symposium on Plant Physiology Book of Abstracts*, 73. p.
- Czóbel Sz., Balogh J., Fóti Sz., Nagy J., Szerdahelyi T., Nagy Z., Bartha S., Tuba Z. (2002): Variability and spatial scale-dependence of ecosystem CO₂ exchange in three herbaceous vegetations. Ljubljana, *3rd Slovenian Symposium on Plant Physiology Book of Abstracts*, 63. p.
- 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. Ljubljana, *3rd Slovenian Symposium on Plant Physiology Book of Abstracts*, 72. p.
- Fóti Sz., Juhász A., Balogh J., Csintalan Zs., Tuba Z. (2002): Seasonal carbon balance of a temperate semidesert moss vegetation. Ljubljana, *3rd Slovenian Symposium on Plant Physiology Book of Abstracts*, 72. p.