

# Opponensi vélemény

Nagy Zoltán

*Füves ökoszisztémák CO<sub>2</sub>-forgalma*

című MTA doktori értekezéséről

A légkör szén-dioxid tartalmában, ezen keresztül pedig az éghajlat alakításában kulcsszerepet játszik a bioszféra, aminek létfeltételeit, életfunkcióit ugyanakkor az éghajlat alapvetően befolyásolja. Ez a szoros kölcsönhatás az 1980-as évek végére vált nyilvánvalóvá a szakemberek számára, ekkor indultak meg széles körben a bioszféra és a légkör közötti szén-dioxid forgalom vizsgálatok. A kezdeti időszakban, nagyjából az ezredfordulóig, ezek a vizsgálatok elsősorban az erdőkre irányultak, feltételezve, hogy nagy szervesanyag-tartalmuk miatt ezek játszhatják a legkomolyabb szerepet. Jelentős kiterjedtségük miatt azonban a gyepek ugyancsak fontos tényezői a globális szén-dioxid körforgalomnak. A füves ökoszisztémák, aktuális körülményeiktől függően, egyaránt lehetnek a légköri üvegházhatást mérséklő szén-dioxid nyelők, illetve azt erősítő szén-dioxid források. Tartós, nettó szén(-dioxid) veszteségük a talaj szervesanyag tartalmának csökkenéséhez, akár a terület elsivatagosodásához is vezethet. Nagy Zoltán a füves ökoszisztémák szén-dioxid forgalmának vizsgálatát célzó mérései közel egy évtizedes múltira tekintenek vissza. A viszonylag hosszú adatsorok nemzetközileg is értékes következtetések levonását teszik lehetővé. Mindezek alapján a Jelölt munkája feltétlenül időszerű és nemzetközileg is jelentős.

A 114 oldalas értekezés öt fő fejezetből és egy közel 200 publikációt felsoroló irodalomjegyzékből áll. Az első, bevezető fejezetben a gyepes ökoszisztémák sérülékenységének és a légkör szén-dioxid forgalmában betöltött szerepének ismertetését követően Jelölt ismerteti az értekezésben összefoglalt munka céljait. Itt a meteorológus Bíráló egyetlen, fogalmazásból eredő pontatlanságot igazítana helyre. A 7. oldal 2. bekezdése szerint a légköri szén-dioxid koncentráció emelkedése például a szárazodással járó klímaváltozás egyik fő kiváltója. Napjaink éghajlatváltozása nem általánosságban jár szárazodással! Az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése által gerjesztett globális éghajlatváltozás területtől függően egyaránt jelentkezhet szárazodásban és a csapadékmennyiség megnövekedésében is, nyilvánvalóan eltérő ökológiai válaszokat kiváltva. Változhat a csapadék éven belüli eloszlása, ahogy azt a Jelölt említi is.

A 2. fejezet a szakterület irodalmi áttekintését adja mintegy 120 publikáció, a bennük foglalt eredmények ismertetésén keresztül. Két hivatkozott publikáció (Hidy et al. 2009 – 14. oldal, Fu et al. 2008 – 19. oldal) azonban kimaradt a terjedelmes irodalomjegyzékből. Formai hiba, hogy a fejezetben kettő darab 2.1.4. jelzésű alfejezet is szerepel, valamint van egy számozás nélküli, a számozottakkal egyenrangúnak tűnő fejezet is, ami kivételes, számozás nélküli alfejezetként megjelenik az értekezés tartalomjegyzékében is.

A Jelölt tényleges terepi munkáját, illetve a mérési eredmények értékelését a 3. (*Anyag és módszer*) és a 4. fejezet (*Eredmények*) tartalmazza.

A 3. fejezetben a Jelölt, széleskörű szakirodalmi alátámasztással, lépésről lépésre bemutatja a felszín és a légkör közötti szén-dioxid forgalom mérésére szolgáló eddy kovariancia technikát, ennek ismert problémáit, az adatpótlási technikákat, valamint a nettó szén-dioxid csere összetevőkre bontásának módszerét. Két, a 22. oldalon többször is hivatkozott munka (Gorsel et al. 2007; Pintér 2009) azonban itt is kimaradt az irodalomjegyzékből. A 23. oldal utolsó bekezdésében, a félreértések elkerülése érdekében, talán célszerű lett volna pontosítani, hogy a Jelölt milyen térskálájú horizontális advekcióra gondol (lokálisra vagy a regionális/kontinentális skálájú meteorológiai folyamatokhoz kapcsolódóra), bár a szakterület ismerői tudják, hogy miről van szó. Apró következetlenség, hogy míg a 2. fejezetben (2.1.1. egyenlet) és a későbbiekben a bruttó primer produkciót a nettó ökoszisztéma gázcsere mínusz egyszeresének és az ökoszisztéma légzésének összegeként írja fel ( $GPP = -NEE + R_{eco}$ ), addig itt (3.1.3. egyenlet) a légzés és a nettó gázcsere különbségként ( $GPP = R_{eco} - NEE$ ). Tartalmilag ez természetesen nem jelent különbséget. Ezt a részt az alkalmazott eddy kovariancia rendszer bemutatása zárja. Ez utóbbi alfejezet látszólag egyenrangú az előzőkkel, számot azonban nem visel, és a tartalomjegyzékben is kivételes, szám nélküli fejezetként tűnik fel.

A fejezet következő része a talajlégzés-mérések módszertanával és technikai megvalósításával foglalkozik. A műszaki leírás itt is önálló, sorszám nélküli alfejezet, ez azonban – ellentétben az eddy kovariancia rendszert leíróval - nem került be a tartalomjegyzékbe. A 3.1.8.-3.1.10. alfejezetek számos olyan vizsgálati eredményt is tartalmaznak, amelyeknek talán inkább az eredményeket ismertető fejezetben lenne a helyük. Ugyanakkor a néhány soros 3.1.11. alfejezetben, ami az eddy kovariancia mérések forrásterületének heterogenitás-vizsgálatát ismerteti, a jelölt mindössze annyit közöl, hogy szemivariogram-elemzést hajtottak végre. Ennek, a későbbi eredmények értelmezése szempontjából lényeges vizsgálatnak az eredményei, amelyek talán tényleg indokoltan

jelenhettek volna meg itt, a módszertani fejezetben, csak az értekezés jóval későbbi részében található meg.

Az értekezés terjedelmének csaknem felét kitevő *Eredmények* fejezet két részből áll. Egyrészt a természetes gyepek szénforgalmának vizsgálati eredményeit tartalmazza, másrészt a mesterséges környezetű, emelt légköri szén-dioxid koncentrációjú gyepek viselkedését mutatja be. Az eredmények ismertetése áttekinthető, logikus. Meteorológus szemmel legfeljebb apróbb, a tudományos értéket nem csökkentő formai hibák fedezhetők fel ebben a fejezetben. Ilyen, hogy a 4.1.2. ábrára a szöveg nem hivatkozik, a 4.1.18. ábra szövege hiányos, a 4.1.26. ábra két oldalra esik szét, a 4.1.28. ábra esetében nem derül ki (bár a mérések történetének ismeretében sejthető), hogy melyik panel melyik mérőhelyre vonatkozik, a 4.2.1. ábra pedig vegyes, angol-magyar nyelvezetű. Esztétikai problémának is tekinthető, hogy a Jelölt a legkülönbözőbb méretű és típusú betűket alkalmazza az ábráin, meglehetősen következetlenséggel (álló/dőlt, normál/félkövér, Arial/Times).

Az *Eredmények* fejezet mindkét részéhez önálló összefoglalás tartozik, amit a két vizsgálati csoport eltérő jellege indokol. Az értekezést ugyanakkor egy általános *Összefoglalás* is zárja. Ebben az 5 oldalas összefoglalóban mindössze egyetlen bekezdés foglalkozik az emelt légköri szén-dioxid koncentrációjú gyepekkel kapcsolatos vizsgálatokkal, míg a maradék 4,5 oldal a természetes gyepek szén-dioxid forgalmát tekinti át. A Bírálónak nem sikerült rájönnie, hogy mi ennek az aránytalanságnak az oka, hiszen a várható jövőt szimuláló kísérletek eredményei, a belőlük levonható következtetések éppen olyan értékesnek tűnnek az előző fejezeti összefoglaló alapján, mint a természetes gyepekre vonatkozó eredmények.

Az értekezés szakmailag, tartalmilag színvonalas munka, bár értékelését megnehezíti, hogy a célok felsorolása és az eredményeket közlő, illetve összefoglaló fejezet felépítése nem igazán egyezik meg. Ráadásul a Jelölt elhagyta mind az értekezésből, mind a tézisfüzetből az önálló, eredeti eredmények szokásos, pontokba szedett, tézis-szerű felsorolását. Ezen nehézség ellenére úgy látom, hogy a kitűzött célokat a Jelölt elérte, a közölt eredmények eredeti, önálló munkát takarnak. Az értekezés szövegezése hagy némi kívánnivalót maga után, mivel meglehetősen sok az olvashatóságot, megértést nehezítő hosszú, sokszorosán összetett mondat, esetenként zavaró tagolással (lásd pl. 53. old. 1. bekezdés). Az értekezés gyakorlatilag mentes a gépelési hibáktól. Kivételt képez ez alól a CO<sub>2</sub> és a R<sub>eco</sub> írásmódja, ahol a CO<sub>2</sub> kettese, illetve a R<sub>eco</sub> *eco* megjelölése szerfelett gyakran nem került az őket megillető alsó indexbe. Ugyancsak kifogásolható, hogy az Irodalomjegyzék formailag igen

heterogén. Emellett néhány tétel adathiányos, és egy-két esetben a betűrendbe rendezés is hibádzik.

Az értekezés olvasása során a meteorológus bírálóban két kérdés merült fel:

- 1) A mini FACE kísérlet során légköri vagy fosszilis szén-dioxidot használtak a vizsgált ökoszisztéma feletti légtér dúsítására? Milyen – feltehetőleg csak elvi – jelentősége lehet a dúsító szén-dioxid izotópösszetételének az ökoszisztéma viselkedésére, a vizsgálati eredményekre?
- 2) A mini FACE kísérlet megmutatta, hogy az emelt környezeti szén-dioxid koncentráció áttételesen növeli a növény felszínének hőmérsékletét. Az emelkedő felszínhőmérséklet feltehetően visszahat a növény életfunkcióira. Az emelkedő felszínhőmérsékletnek milyen élettani következményei lehetnek és ezek hogyan hathatnak ki a vizsgált jellemzőkre? Ha a hatás nem elhanyagolható, akkor lehetséges-e, illetve indokolt-e az emelt szén-dioxid szint közvetlen és az emelkedő növényfelszín-hőmérsékleten keresztül közvetett hatásának az elkülönítése?

Összefoglalva: Nagy Zoltán doktori értekezése színvonalas, nemzetközileg is jelentős, értékes eredeti munkát foglal össze, amelynek tudományos értékét az említett formai hibák nem kisebbítik. **Javaslom a munka nyilvános védelemre bocsátását, sikeres védelem esetén pedig az MTA Doktora cím odaítélését.**

Budapest, 2011. január 28.

Haszpra László  
MTA doktora