

A KÖRIS (*FRAXINUS EXCELSIOR* ,WESTHOF'S GLORIE') LEVELEINEK GÁZCSERÉJE KÜLÖNBÖZŐ ALKALMAZÁSI KÖRNYEZETBEN

*Forrai Mihály – Sütöriné Diószegi Magdolna –
Juhász Ágota – Hrotkó Károly*

Bevezetés

2011-ben műszeres vizsgálatokat végeztünk jó várostűrő *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fajtáján, Budapest két, különböző forgalmi terheltségű helyszínén, a közlekedésileg forgalmas Andrassy úton (WGS84 N47°30'36,1" E19°04'14,7") és a kertvárosi jellegű Ménesi úton (WGS84: N47°28'52,0" E19°02'21,8"). A vizsgált növények sztómakonduktanciáját (gs), transzspirációját (E), nettó CO₂ asszimilációját (A) és a fotoszintetikusan aktív besugárzás (PAR) mértékét infravörös gáz analizátor (IRGA) rendszerű LCI készülékkel mértük. A mérésorozatot augusztusban reggel 6 órától este 20 óráig, szeptemberben reggel 8 órától délután 18 óráig végeztük, két órás periódusokban ismételve.

A két helyszínen mért PAR és a levélfelületi-hőmérséklet értékek, mint környezeti tényezők napi menete kisebb különbségekkel eltérően alakult. A nettó CO₂ asszimiláció és a transzspiráció mértéke a sztómakonduktanciával szoros összefüggést mutatott. A nagyobb forgalmú helyszínen lévő fák esetében magasabb volt a sztómakonduktancia, a transzspiráció és a CO₂ megkötés is, ami azt jelenti, hogy az itt elhelyezkedő fák többet párologtatnak, ellenben ezekben a növényekben nagyobb mértékű volt a szén beépülése. Ebből arra következtetünk, hogy a fák levélzete rugalmasan alkalmazkodik a rendelkezésre álló magasabb CO₂ koncentrációhoz, viszont a nagyobb transzspiráció megnöveli ebben a környezetben a fák vízigényét.

Közismert, hogy a zöldfelületnek, azaz a növényzettel fedett területek összességének szerepe meghatározó az ökoszisztémában. A növényzet települési környezetre gyakorolt hatása sokrétű, egyszerre többféle funkciót is betölt, úgymint: ökológiai-, funkcionális-, településszerkezeti- és esztétikai szerep. A zöldfelület, mint biológiailag aktív felület, jelentős ún. kondicionálón hat a környezetére: kedvezően befolyásolja a klímát, a levegőminőséget, a vízháztartási viszonyokat, a felszíni és felszín alatti vi-

zek minőségét, megakadályozza a talaj mennyiségi és minőségi romlását (Konkolyné, 2003).

A ma városokban ültetett fajok és fajták nemcsak esztétikai és eszmei értékkel rendelkeznek, hanem jelentős mértékben hozzájárulnak az élhető emberi környezet fenntartásához is. A fák védelme érdekében az utóbbi időben azok pénzben kifejezhető értékének megállapítása céljából végeztek számításokat (Radó, 1999, 2001; Jószainé Párkányi, 2007). Városi alkalmazási környezetben kevés információnk van a telepített fafajok környezeti hasznára (CO₂ megkötés, párologtatás) vonatkozóan, illetve kevés irodalmi adat lelhető fel a témában végzett műszeres vizsgálatokról.

A fák fotoszintetikus aktivitására vonatkozóan egy IRGA rendszerű LCI készülékkel végeztük a méréseket, a növények PAR (fotoszintetikusán aktív besugárzás), levélfelszíni hőmérséklet, transzspiráció, sztómakonduktancia és CO₂ asszimiláció értékeit vizsgálva. Előzetes mérésekhez a Budai Arborétum taxonjai közül jelöltünk ki néhányat, majd egy, a mérési tapasztalatok alapján jó várostűrésűnek tűnő magas kőrís 'Westhof's Glorie' fajtát (*Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie') választottuk. A vizsgálatokat Budapest két különböző mértékben terhelte útván véggeztük, a forgalom által erősen terhelte környezetnek tekinthető Andrásy úton (WGS84: N47°30'36,1"E19°04'14,6") és a kertvárosi környezetben lévő Ménesi úton (WGS84: N47°28'51,5"E19°02'22,9").

Sztómakonduktanciára vonatkozóan Spanyolországban Gortan és társai (2009) virágos kőrísen (*Fraxinus ornus*) napközben 0,3-0,4 mol m⁻² s⁻¹ értékeket mértek, maximálisan pedig 0,58 mol m⁻² s⁻¹-ot. Svájcban Leuzinger és társai (2009) zöld-övezetben és utcai viszonyok mellett mérve 0,124 és 0,247 mol m⁻² s⁻¹ közötti sztómakonduktancia értékeket kaptak az összes vizsgált fajon. A vizsgálatban mérték a fák sztómakonduktanciája mellett a fák levélfelszíni hőmérsékletét is, mely a legtöbb vizsgálat faj esetében átlagos 25 °C-os léghőmérséklet mellett 25,5 °C és 28 °C között volt. 2010-ben Rodrigues és társai (2010) reggel 8 órától délután 18 óráig végeztek vizsgálatokat és kenyérfánál (*Artocarpus heterophyllus*) a reggeli órákban (0,78 mol m⁻² s⁻¹), cukoralmánál (*Annona squamosa*) pedig délben volt a legmagasabb (0,93 mol m⁻² s⁻¹) a sztómakonduktancia.

A mérsékeltövi fás növények fotoszintetikus aktivitását nagyjából természetes erdei környezetben vizsgálták, városi alkalmazási környezetben kevés adatot ismerünk. Cseresznyeültetvényben kapott adataink szerint a fák környezetében mérhető CO₂ koncentráció a reggeli 540 ppm-ről 400 ppm alá csökken napközben (Steiner és társai, 2012).

A szerzők a fotoszintetikus aktivitásban mutatkozó nagy fajok közötti különbségekről, valamint a levelek elhelyezkedésétől függő környezeti hatásokról számolnak be. Endres és társai (2009), valamint Fini és társai (2010) a fénykitettségtől függő különbségekről írnak, utóbbi szerző megállapította, hogy a fénykitettség hatása faj specifikus. Kazda és társai (2000) úgy találták, hogy a *Fraxinus angustifolia* fotoszintetikus rátája maximális fényteltődés mellett (A_{max}) eléri a 16 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ mértéket. Hölscher és társai (2004) erdei körülmények között társulásban élő fafajok esetében (*Acer pseudoplatanus* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L. and *Tilia platyphyllos* Scop.) jelentős különbségeket találtak a fotoszintézis mértékét illetően.

Számos kutató mutatott ki nagyobb mértékű fotoszintetikus aktivitást emelt szintű légköri CO₂ koncentráció mellett, szabályozott körülmények között (Ceulemans és Mousseau, 1994; Curtis, 1996; Heath és Kerstiens, 1997). Ez azt is jelenti, hogy a fafajok kedvező feltételek mellett képesek rugalmasan alkalmazkodni szennyezett légkörben a magasabb CO₂ koncentrációhoz. Grassi és társai (2005) jelentős időbeli különbségeket találtak a fotoszintetikus kapacitás mértékét illetően. A tavaszi gyors növekedést követően a nyár folyamán relatíve állandó értékeket kaptak, majd ősszel a levelek fotoszintetikus kapacitása gyorsan csökkent. Nyáron a szárazság okozott jelentős ingadozást a fotoszintetikus képességben.

Anyag és Módszer

A vizsgálatokhoz hozzávetőlegesen azonos korú, egészségi állapotú és fejlettségű egyedeket jelöltünk ki a Budai Arborétumban az előzetes vizsgálatokhoz, és a két helyszínen lévő fasorokból, a két eltérő terheltségű környezet növényekre gyakorolt hatásának vizsgálatához.

A méréseket azonos meteorológiai körülmények között végeztük, előrejelzés szerinti felhőtlenül napos és szélcsendes napokon. Az átlag napi léghőmérséklet 20,2 °C, a levegő relatív páratartalma átlagosan 57,67 % volt és a maximális szélökés 7,63 m s⁻¹ volt a szeptemberi méréskor.

Az előzetes méréseket a nap delelésétől számított ± 1 órás időtartamban végeztük, majd 2011-ben augusztusban reggel 6 órától este 20 óráig végeztük, szeptemberben reggel 8 órától este 18 óráig, mindkét esetben két órás ismétlésekkel, 105 méréssel ismétlésenként. Az időtartamot a napkelte és napnyugta befolyásolta, mindkét esetben napkelte előtt kezdődött és napnyugta után fejeződött be a méréssorozat.

A 2011-es mérésekkor már meteorológiai egységet is használtunk a hőmérséklet és a relatív páratartalom meghatározásához, a fák fotoszintetikus aktivitásának méréséhez egy infravörös gáz analizátor elven működő, az ADC Scientific Ltd. cég által gyártott LCI műszert használtuk. A műszer méri a fotoszintetikus aktív besugárzást (PAR), levélfelületi hőmérsékletet, transzspirációt, sztómakonduktanciát, légnyomást, légköri CO₂ és H₂O mennyiséget és a nettó CO₂ asszimiláció mennyiségét. A kapott értékekből azok értékelésén felül kiszámítottuk a vízhasznosulási tényezőt (WUE) is.

Az eredményeket MS excel programot használva dolgoztuk fel és ahol lehetett SPSS programot használva statisztikailag egytényezős ANOVA-val értékeltük a szignifikancia mértékét $\alpha=0,05$ mellett.

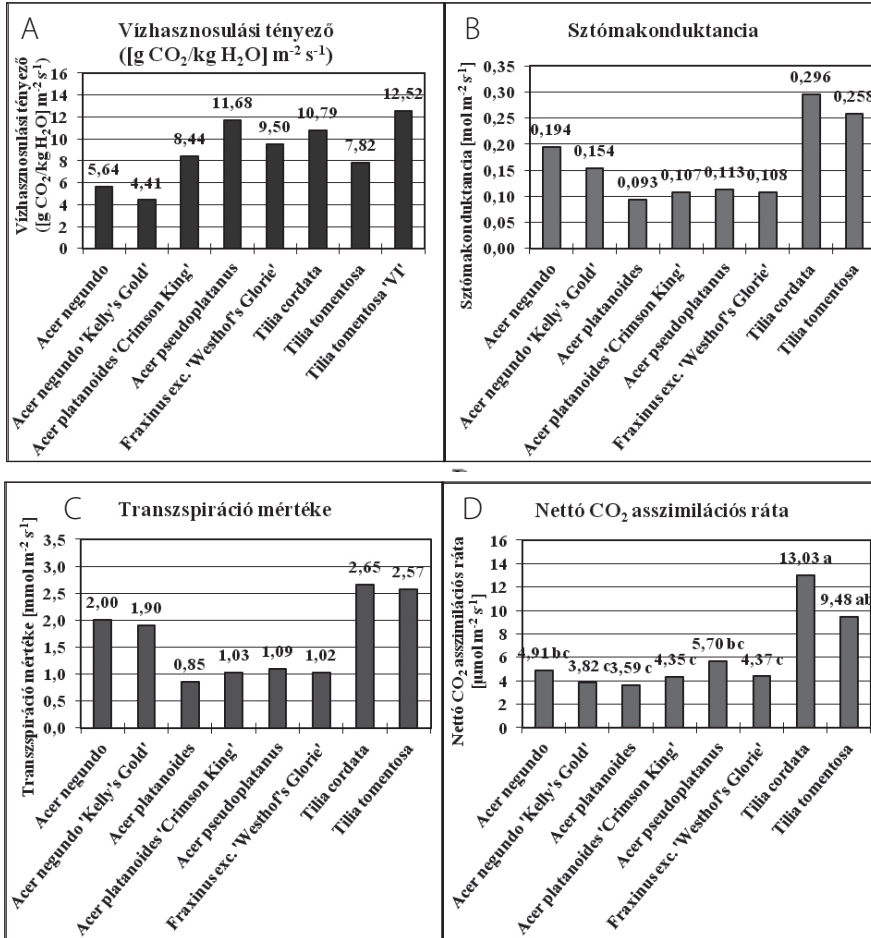
Eredmények

A 2010-ben végzett előzetes mérések

Előzetes vizsgálatainkhoz a Budai Arborétumban (WGS84: N47°28'43,4" E19°02'09,2") jó várostűrűsű *Acer*, *Fraxinus* és *Tilia* nemzetségek fajainak, fajtáinak egyedeit jelöltük ki. A 2010-ben végzett előzetes mérések eredményei alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a mérések egyik fő fontosságú környezeti tényezője a fény, azon belül is a

növények számára hasznosítható fénytartomány az úgynevezett fotoszintetikusan aktív besugárzás mennyisége (1/A. ábra).

1. ábra 2010-es előzetes mérésorozat, a Budai Arborétumban kijelölt taxonok mérésének eredményei: **A:** Vízhasznosulási tényező mértéke a vizsgált fajokon, fajtákon, **B:** Sztómakonduktancia értékei az egyes fajokon, fajtákon, **C:** Transzspiráció mértéke az egyes fajokon, fajtákon, **D:** CO_2 asszimiláció mértéke az egyes fajokon, fajtákon



Metodikai szempontból fontos, hogy a vizsgált mintalevelek száma minél nagyobb legyen, ennek a műszer mérés ideje szab határt. A mérés hossza eltarthat akár 1-2 percig, így a levelek és a fák közötti átállást is tekintetbe véve 2 órás időtartamon belül 35-40 levél mérhető le. Fontos ezen felül, hogy a levelek megközelíthetőek legyenek, földön állva elérhetőek legyenek, vagy darus-kocsival a fa alá lehessen állni, hogy a lombkoronában a mérést végre lehessen hajtani.

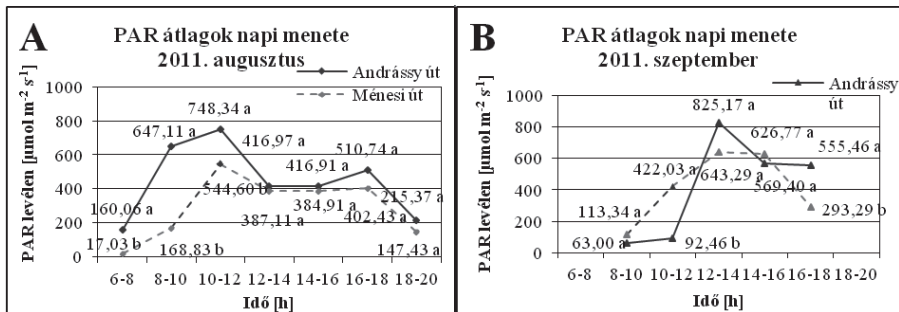
Az eredményekből az is kiderül, hogy pontosabb eredményeket a fák levézetének napi teljesítményére vonatkozóan akkor kaphatunk, ha a kiválasztott fasorban nem csak a fotoszintetikusan legmegfelelőbb fényviszonyok között mérünk, hanem a fotoszintézis napi menetét vizsgáljuk napkeltétől napnyugtáig, mindezt többször megismételve.

Az előzetes eredmények alapján a *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' alacsony transzspirációval tűnt ki (1/B, C ábra), ezért a további vizsgálatokat ezen a fajtán végeztük. A kiválasztott fajtából Budapest területén található közel egykorú, közel azonos egészségi állapotú fasor, a város két forgalom által különböző mértékben terhelt területén: az autós forgalom által erősen terhelt Andrásy úton (a Kodály körönd és a Hősök tere közötti útszakaszon), illetve a forgalom tekintetében kertvárosi környezetnek számító Ménesi út Budai Arborétumot szétválasztó szakaszán.

A fotoszintetikus aktivitás napi menetének alakulása 2011-ben

A két helyszínen mért fotoszintetikusan aktív sugárzás

2. ábra A fotoszintetikusan aktív besugárzás átlagának napi menete az Andrásy és a Ménesi úton lévő *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fajtákon.



Az augusztusi és a szeptemberi mérések eredményein jól látszik, hogy a nap alacsonyabb járása mindkét helyszínen megmutatkozik szeptemberben (2/A-B ábra). A két helyszín fényellátottság szempontjából jelentős mértékben eltér, különösen nyáron, de a napi menet tekintetében hasonlóság mutatkozik. Az augusztusi méréskor 12 és 16 óra között mindkét helyszínen egy fátöfelhő-átvonulás volt tapasztalható (2/A ábra), melynek hatása az átlagos PAR értékek drasztikus csökkenésén jól megfigyelhető. Az Andrásy úton lévő sorfákat két oldalról 3-5 emeletes házak veszik közre, melyek árnyékoló hatása a szeptemberi alacsonyabb napjárás idején jól kivehető. A Ménesi úton fokozatosan emelkedik a besugárzás mértéke, az Andrásy úton a 12 és 14 óra közötti méréskor ugrásszerűen növekszik. Mind a két helyszínen és hónapban a PAR értékek lefutása közel egyenletes, bár az Andrásy úton szeptemberben még az esti órák felé közeledve is elég magas PAR értékeket mértünk (2/B ábra). A mért legmagasabb PAR értékek augusztusban 1849 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (12:33-kor) az Andrásy úton és 1581 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (14:44-kor) a Ménesi úton, szeptemberben 1369 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (13:07-kor) az Andrásy úton és 1637 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (12:42-kor) a Ménesi úton.

Levélfelszíni hőmérséklet (LFH) a léghőmérséklettel szemben

A grafikonokon jól látható, hogy a levelek felszíni hőmérséklete mind a két helyszínen és időpontban magasabb volt a mért léghőmérsékleteknél (3/A-D ábra).

Az Andrassy úton lévő fákon a mért levélfelszíni hőmérséklet a napközbeni hőmérsékletemelkedéssel és csökkenéssel együtt mozog, naplemente után azonban megfigyelhető egy, a léghőmérsékletekhez viszonyított nagyobb hőmérsékleti visszaesés (3/A, C ábra).

Az Andrassy úton lévő fák esetében az augusztusi méréskor a Ménesi úton is megfigyelt jelenség tapasztalható - közel egyenletes levélfelszíni hőmérsékletemelkedés -, azonban a szeptemberi méréskor a déli óráktól kezdve a fák levélfelszíni hőmérséklete rendkívül megemelkedett (3/B ábra). Ennek oka, hogy az Andrassy utat két oldalon körülvevő épületek árnyékolása – a nap alacsony szögállása miatt - csak a déli óráktól kezdve szűnik meg, ekkor a PAR hirtelen növekedésével együtt a növények levélfelszíni hőmérséklete (3/B ábra), a CO₂ asszimiláció (6/B ábra) is ugrásszerűen növekszik.

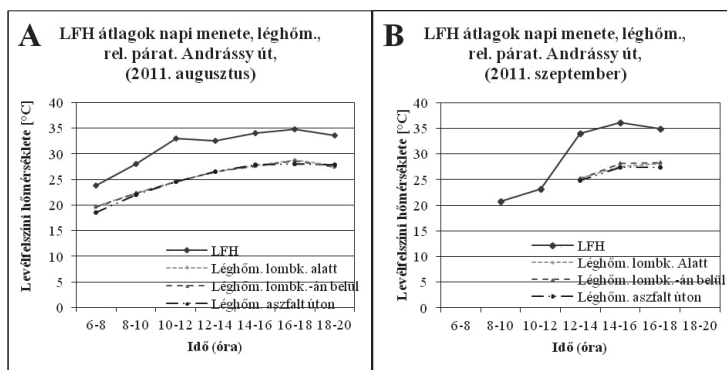
A vizsgálatok során egy hordozható meteorológiai eszköz segítségével mértük a levélfelszíni hőmérséklet mellett a léghőmérsékletet és a relatív páratartalmat aszfalt felületen, lombkorona alatt és a lombkoronában egyaránt. Az eredmények léghőmérsékletek szempontjából azt mutatták, hogy az egyes helyek között átlagosan 1-3 °C eltérés tapasztalható a különböző időpontokban. A relatív páratartalom napi alakulása a napfelkeltétől kezdve folyamatosan esik, augusztusban jól megfigyelhető egy közel egyenletes csökkenés, mely a nap végére (20 óra) áll le és kezd stagnálni. Szeptemberben emellett megfigyelhető, hogy mindkét helyszínen a relatív páratartalom is szinte azonnal növekedni kezd a naplementével együtt, az Andrassy úton kisebb, a Ménesi úton nagyobb mértékben (3/B, D ábra). Érdekes eredmény, hogy míg augusztusban a levélfelszíni hőmérsékletek a két helyszínen az egész nap folyamán közel azonosak, szeptemberben a kertvárosi, kiegyenlítettebb klímában lévő fákon 12 óra után az átlagos levélfelszíni hőmérsékletek a vizsgálat végéig (18 óra) 4-5 °C-kal magasabbak, annak ellenére, hogy a léghőmérséklet jóval alacsonyabb és a relatív páratartalom is magasabb, mint az Andrassy út légköre.

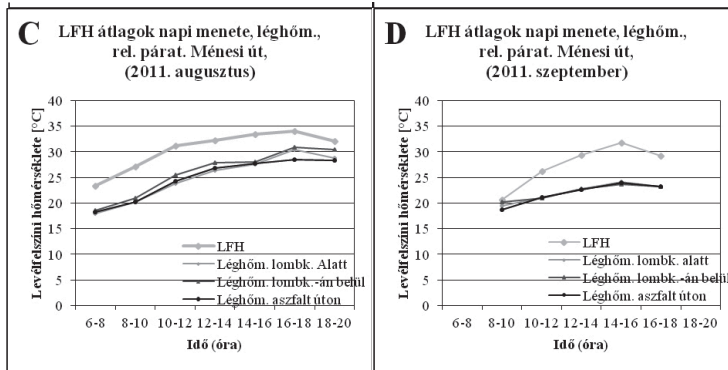
3. ábra A levélfelszíni hőmérsékletek átlagának napi menete

az Andrassy és a Ménesi úton lévő *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fajtákon.

A: 2011. augusztusi mérés az Andrassy úton, **B:** 2011. szeptemberi mérés az Andrassy úton

C: 2011. augusztusi mérés a Ménesi úton, **D:** 2011. szeptemberi mérés a Ménesi úton



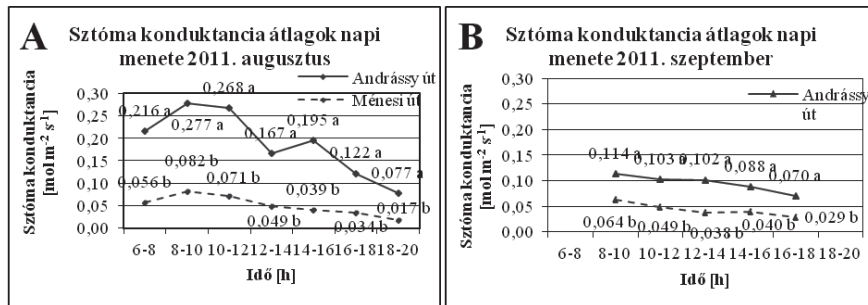


A sztómakonduktancia napi menete

A sztómakonduktancia értékek az Andrásy úton lévő növények esetében mind a két mérési napon magasabbak voltak (4/A, B ábra).

Mindkét mérési helyszínen mindkét időpontban a levél felszíni hőmérséklet emelkedésével csökkenő sztómakonduktancia értékeket mértünk. A PAR értékek napközbeni erős változása jelentős mértékben nem befolyásolta a sztómakonduktanciát (4/A ábra), ami arra utal, hogy a beeső PAR mértéke közvetlenül nincs hatással a sztómakonduktivitásra.

4. ábra Sztómakonduktancia átlagának napi menete az Andrásy és a Ménési úton lévő *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fajtákon. **A:** 2011. augusztusi mérés, **B:** 2011. szeptemberi mérés



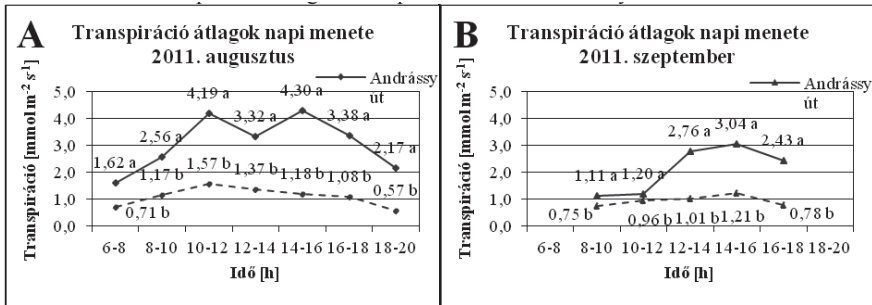
Transzspiráció mértéke a két helyszín tekintetében

A két helyszín sorfáinak párologtatása jól láthatóan mindkét hónapban jelentős mértékben eltér (5/A, B ábra). Augusztusban a déli óráktól kezdődött fátyolfelhő átvonulások hatása nagyobb mértékben csak az Andrásy úton lévő fák esetében volt tapasztalható a transzspirációnál (5/A ábra). Ennél az értéknél is csak időlegesen, bár a felhőátvonulások egészen 16 óráig tartottak, a fák transzspirációs értékei az Andrásy úti fáknál csak a 12-14 óra közötti időszakban estek vissza, amely esetleg a sztómakonduktancia jelentős csökkenésével is magyarázható (4/A ábra). Azonban a 14-16 órás időszakban a

sztómakonduktancia mértéke nem emelkedett vissza a korábbi értékre, mégis a transzspiráció mértéke ebben az időszakban újra megemelkedett. Ez a jelenség a Ménesi úti fák esetében egyáltalán nem volt tapasztalható (5/B ábra), itt a transzspiráció mértéke végig egy közel egyenletes lefutást mutatott augusztusban is, a fátyolfelhő átvonulásokkor, és szeptemberben is, mikor végig derült volt az égbolt (5/A, B ábra).

A szeptemberi mérésnél jól megfigyelhető, hogy míg a Ménesi út fokozatosan erősödő napsugárzásnak volt kitéve, a növények levélfelszíni hőmérséklete és transzspirációja is ilyen egyenletes, ellentétben az Andrásy úton lévőkével, ahol a hirtelen erős napsugárzás hatására a levélfelszíni hőmérséklet (3/B ábra) és a transzspiráció is ugrás-szerűen megnőtt (5/B ábra), a sztómakonduktancia relatív alacsony mértéke ellenére (4/B ábra). E jelenség arra utal, hogy a sztómakonduktancia közvetlenül nem gyakorol hatást a sztóma nyitottságától függő paraméterekre, mint a transzspiráció és a CO₂ megkötés.

5. ábra Transzspiráció átlagának napi menete az Andrásy és a Ménesi úton lévő *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fajtákon. **A:** 2011. augusztusi mérés, **B:** 2011. szeptemberi mérés



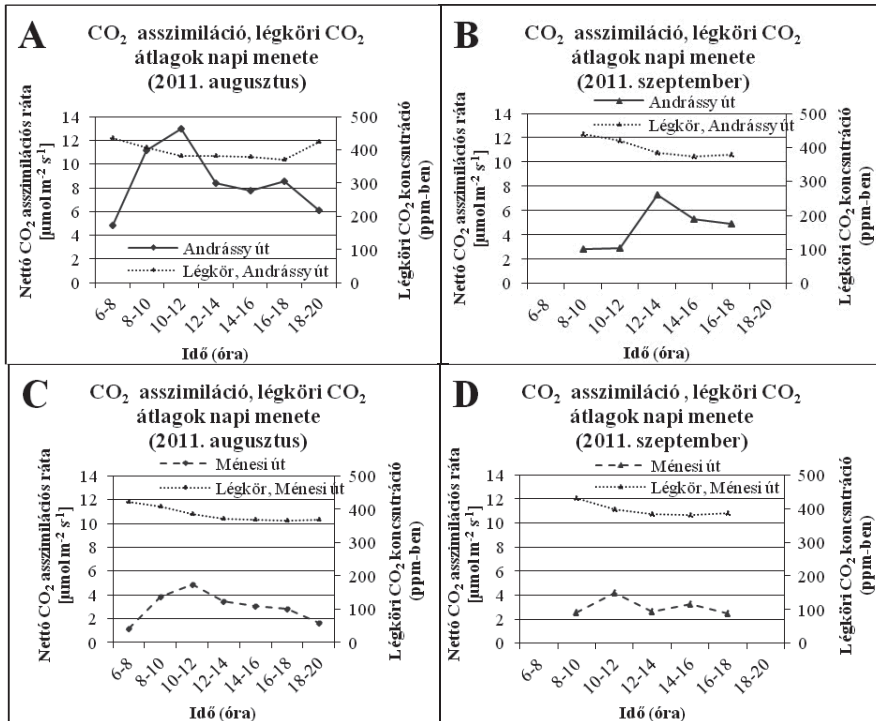
Nettó CO₂ asszimiláció napi mentének alakulása

A két helyszínen lévő fasorok CO₂ asszimilációjának mértéke az augusztusi hónapban nagyobb (6/A, C ábra), szeptemberben ez a különbség jóval kisebb mértékű (6/B, D ábra). A két hónap mérései alapján elmondható, hogy a légköri CO₂ szint mindkét helyszínen és időpontban közel azonosnak tekinthető (6/A-D ábra), tehát az Andrásy úton lévő fák többszörös CO₂ asszimilációja a Ménesi úton lévő fákhöz képest nem hozható összefüggésbe a forgalom által kibocsátott CO₂-dal. Az is elmondható, hogy a növények CO₂ megkötésének mértékét nem, vagy csak kis mértékben befolyásolja a légköri CO₂ napi lefutása (6/A-D ábra).

Az Andrásy úti fák CO₂ asszimilációs görbéje alapján elmondható, hogy a növények CO₂ megkötését nagymértékben meghatározza a fotoszintetikusan aktív besugárzás (PAR) mennyisége (6/A, C ábra).

A Ménesi úti fák CO₂ megkötése közel egyenletes lefutású, de az augusztusi mérésnél jól látszik, hogy a PAR mennyiségének csökkenésével a nettó CO₂ asszimiláció mértéke is visszaesett (6/B, D ábra).

6. ábra Nettó CO₂ asszimiláció és a légköri CO₂ koncentráció átlagának napi menete az Andrásy és a Ménesi úton lévő *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fajtákon.
A: 2011. augusztusi mérés az Andrásy úton, **B:** 2011. szeptemberi mérés az Andrásy úton,
C: 2011. augusztusi mérés a Ménesi úton, **D:** 2011. szeptemberi mérés a Ménesi úton



Következtetések

A vizsgált fajok és fajták leveleinek nettó fotoszintetikus rátájában és transzspirációjában a 2010-ben végzett előzetes mérések alapján jelentős különbségeket találtunk, ami arra utal, hogy az egyes fajok és fajták környezeti haszna is eltérően alakul. Az előzetes eredmények alapján a *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' alacsony transzspirációval tűnt ki.

Megállapítottuk, hogy az azonos korú *Fraxinus excelsior* 'Westhof's Glorie' fákon a két helyszín eltérő környezeti paraméterei befolyásolják a növények napi fotoszintetikus teljesítményét. A jóval magasabb értékű fotoszintetikus aktív sugárzás mellett az

Andrássy úton mintegy 2-3-szor nagyobb mértékű CO₂ megkötést mértünk a Ménesi úthoz viszonyítva. A Ménesi úton ősszel, az egyenletesebb PAR sugárzás hatására, a növények sokkal kiegyenlítettebb napi fotoszintetikus aktivitást mutattak, mint a kitétebb, épületek által határolt és forgalomtól terhelt Andrássy úton lévő fák. A fotoszintetikusan aktív beeső sugárzás mértéke a nap alacsonyabb járása esetén már nagyban befolyásolja az Andrássy úton lévő fák napi fotoszintetikus ciklusát.

A hőmérsékleti, relatív páratartalom és CO₂ koncentráció adatok alapján a két helyszín légtömege nem különbözik szignifikánsan egymástól. Elmondható, hogy bár a léghőmérséklet az aszfalton és a lombkoronában nem tér el nagyobb mértékben, a növények levélfelszíni hőmérséklete a két helyszínen és mérési időpontban is átlagosan minimum 4-5 °C-kal meghaladta az aktuális léghőmérsékletet.

A transzspiráció mértékének napi alakulásáról elmondható, hogy az Andrássy úton lévő növények párologtatása olykor többszöröse volt, mint a Ménesi úti egyedeké, amennyiben a nap sütötte a növények levelét. A PAR értékek napi alakulása úgy tűnik szoros kapcsolatban áll a transzspiráció alakulásával, azon belül is az Andrássy úton lévő növények érzékenyebben reagáltak a PAR egyes változásaira, mint a Ménesi úton lévő egyedek.

A PAR mennyiségének alakulása nagymértékben szabályozta emellett a CO₂ asszimiláció mértékét is, sokkal kisebb mértékben a sztómakonduktanciát. A növények CO₂ megkötésének napi menete nem kapcsolódik szorosan a légköri CO₂ koncentráció alakulásához.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás a TÁMOP-4-2.1.B-09/1/KMR- 2010-0005 EU-projekt keretében valósult meg. A szerzők köszönetüket fejezik ki a FŐKERT Zrt-nek a kutatómunkához nyújtott jelentős támogatásért.

IRODALOMJEGYZÉK

Ceulemans, R., Mousseau, M. (1994): Effects of elevated atmospheric CO₂ on woody plants. *New Phytologist* 127. 425-446.

Curtis, P. S. (1996): A meta-analysis of leaf gas exchange and nitrogen in trees grown under elevated carbon dioxide. *Plant, Cell and Environment* 19. 127-137.

Endres, L., Camara, C. A., Ferreira, V. M., Silva, J. V. (2009): Morphological and photosynthetic alterations in the Yellow-ipe, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl., under nursery shading and gas exchange after being transferred to full sunlight, *Agroforest Syst.* 78. 2887-298.

Fini, A., Ferrini, F., Frangi, P., Piatti, R. and Amoroso, G. 2010. Effects of shading on growth, leaf gas exchange and chlorophyll fluorescence of three container grown shrubs. *Acta Hort.* (ISHS) 885:109-117.

Gortan, E., Nardini, A., Gascó, A., Salleo, S. (2009): The hydraulic conductance of *Fraxinus ornus* leaves is constrained by soil water availability and coordinated with gas exchange rates. *Tree Physiology* 29. 529-539.

Grassi, G., Vicinelli, E., Ponti, F., Cantoni, L. és Magnani, F. (2005): Seasonal and interannual variability of photosynthetic capacity in relation to leaf nitrogen in a deciduous forest plantation in northern Italy. *Tree Physiology* 25., 349–360.

Heath, J., Kerstiens, G. (1997): Effects of elevated CO₂ on leaf gas exchange in beech and oak at two levels of nutrient supply: consequences for sensitivity to drought in beech. *Plant, Cell and Environment* (1997) 20. 57-67.

Hölscher, D. (2004): Leaf traits and photosynthetic parameters of saplings and adult trees of co-existing species in a temperate broad-leaved forest. *Basic and Applied Ecology*. 5, 163–172.

Jószainé Párkányi I. (2007): Zöldfelület-gazdálkodás, parkfenntartás. Mezőgazda kiadó.

Kazda, M., Salzer, J. és Reiter, I. (2000): Photosynthetic capacity in relation to nitrogen in the canopy of a *Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia* and *Tilia cordata* flood plain forest. *Tree Physiology*. 20. 1029–1037.

Konkolyné Gy. É. és mtsai. (2003): Környezettervezés, Környezet és Tájgazdálkodás 2. kötet. Mezőgazda kiadó.

Leuzinger, S., Vogt, R., Körner, C. (2009): Trees surface temperature in an urban environment, *Agric. Forest Meteorol.* (2009). AGMET-4144.

Radó D. (1999): Bel- és külterületi fasorok EU-módszer szerinti értékelése. *A Lélegzet*. 1999/7-8.

Radó D. (2001): A növényzet szerepe a környezetvédelemben. Budapest kiadó. 9-20.

Rodrigues, B. M., Souza, B. D., Nogueira, R. M., Santos, M. G. (2010): Tolerance to water deficit in young trees of jackfruit and sugar apple. *Revista Ciencia Agronomica*. 41. 2. 245-252.

