

Szakmai zárójelentés

OTKA K-68397 sz. pályázat: Középhegységi zonális fafajok klímaérzékenységének ökofiziológiai vizsgálata, különös tekintettel a vízforgalmi sajátosságokra

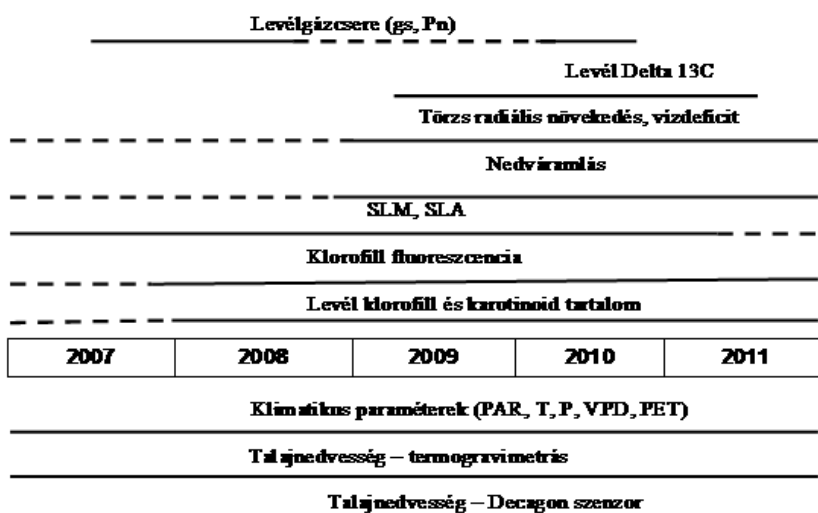
1. Bevezetés

A hazai cseres-tölgyeseink két fafajánál megfigyelt különböző mértékű pusztulás alapján feltételezhető, hogy a szárazságtoleranciájuk küszöbértékei eltérőek. A két fajnak a melegedő és szélsőséges csapadékhozamú klimatikus feltételekhez való eltérő alkalmazkodó képessége hosszabb távon az elegyes állományok fajösszetételének és struktúrájának komoly jövőbeni változásait vetíti előre. Gyors változások elsősorban a klimatikusan sérülékeny un. peremhelyzetű termőhelyeken és erdőállományokban várhatóak. A változások jelei a kutatásaink helyszínén, az erdő-erdőszytpep határzónában elhelyezkedő síkfőkúti cseres-tölgyes erdőállományban már tapasztalhatóak (Mészáros et al. 2007, 2010b).

A vizsgálati években (2007-2011) a kocsánytalan tölgy és a csertölgy időjárási fluktuációkra adott ökofiziológiai válaszreakcióinak a feltáráshoz a vegetációs periódusokban „kampányszerű” és folyamatos *in situ* műszeres monitorozó méréseket és mintavételeket végeztünk. A két fafajnál a vizsgált ökofiziológiai jelleg és folyamatok a következők voltak: levélnövekedés, fotokémiai aktivitás, gázcsere, nedvzárlás, radiális törzsnövekedés és törzs vízdeficit. A kontrasztos időjárású évek, és éven belül a száraz-csapadékos időszakok eredményeinek az értékelése közelebb visz bennünket a fafajok klímaérzékenységének és a vitalitásuk változásában közrejátszó tényezők és folyamatok megismeréséhez. A projekt keretében végzett munka szorosan kapcsolódik az Európai Hosszú-távú Ökológiai Kutatási Hálózathoz (EU-LTER), és a Síkfőkút Projekt kutatási terület erdőökológiai programjához.

2. A vizsgálatok időbeli ütemezése és a vizsgált környezeti és ökofiziológiai jelleg és folyamatok

A vizsgálatok időbeli ütemezését az. 1. ábrán foglaltuk össze. Az ábrán a folyamatos vonal a teljes tenyészidőszakban rendszeres „kampány-jellegű” vagy folyamatosan végzett méréseket, a szaggatott vonal pedig a tenyészidőszakban néhány időpontban vagy annak egy részében folyamatosan végzett méréseket/mintavételeket jelöli.



1. ábra A vizsgálatok időbeli ütemezése a pályázati időszakban

3. Eredmények

3.1 A vizsgálati évek időjárási feltételei

A kutatási terület meteorológiai mérőállomásán mért csapadékadatok alapján a fák fő növekedési időszaka (V-VII) 2011 és 2007-ben nagyon száraz, 2010-ben csapadékos és 2009 és 2008-ban pedig mérsékelt száraz volt. Ráadásul 2007-ben és 2011-ben a tárolási időszakban (XI-IV) is alacsonyabb volt a csapadék mennyisége a sokéves átlaghoz képest. A hőségnapok legnagyobb számban a 2007 vegetációs időszakában fordultak elő. A fák szervesanyag képzése szempontjából fontos nyári időszakban 2011-ben és 2009-ben súlyos 2007-ben pedig enyhébb aszály lépett fel. A vizsgálati évek közül a 2010 júliusa és augusztusa kiemelkedően csapadékos volt.

1. táblázat Az időjárási feltételek főbb jellemzői a vizsgálati években és a 30 éves átlagok

		2007	2008	2009	2010	2011	30 éves átlag (1973-2002)
Csapadék	<i>Évi összes (mm)</i>	552	499	554	891	312	561
	<i>Növekedési időszak (V-VII, mm)</i>	162	213	197	377	155	198
	<i>Nyári aszály érzékeny időszak (VII-VIII, mm)</i>	119	141	95	196	75	131
	<i>Tárolási időszak (XI-IV, mm)</i>	111	152	209	318	180	213
	<i>Növekedési és tárolási összes (XI-VII, mm)</i>	273	366	406	695	336	344
	<i>Évi átlag hőmérséklet (°C)</i>	12,2	11,3	11,3	10,2	11,3	10,2
	<i>Nyári napok száma (napi T_{max} > 25 °C)</i>	54	60	58	42	57	
	<i>Hőségnapok száma (napi T_{max} > 30 °C)</i>	27	13	15	21	15	
	<i>De Martonne-féle ariditás index</i>	24,9	23,4	26,0	44,1	14,6	27,8

3.2. Módszerfejlesztési eredmények

A xilém nedváramlás intenzitásának mérésére a Granier (1985, 1987) által javasolt ún. heat dissipation elven működő eljárást találtuk a legmegfelelőbbnek. A módszer alkalmazásához saját mérőrendszert fejlesztettünk ki (Kanalas et al. 2011). A korábbi saját készítésű szenzorokon kívül SF-G típusú (Ecomatik GmbH, Dachau, Germany) szereztünk be. A szenzor csövében réz-konstantán termopár helyezkedik el. Az érzékelőket alumínium hüvelybe helyezve vezettük be a fa szíjácsába, a hüvely belső, a szíjács felőli végét kemény viasszal zártuk le. Az érzékelőket egymástól függőlegesen kb. 10-15 cm-re helyeztünk be fa szíjácsába. Az érzékelő és az alumínium hüvely belső fala közötti 0,1 mm-es rést apoláros szénhidrogénekből álló folyásmentes zsírral töltjük ki (Apiezon M; M&I Materials Ltd, Manchester, UK). A szilikonmentes zsír kémiailag inert, nem nedvszívó és az elektromos vezetőképesége igen kicsi marad az akár több hónapig tartó terepi mérések során. A lakkréteg és a zsír együtt biztosítja, hogy a nedves fákba helyezett érzékelők termopárjai között ne alakuljon ki galvanikus kapcsolat, ami a méréseket bizonytalanná tenné. A felső érzékelő tekercsét konstans árammal fűtjük (I=83 mA, U=12V). Az alsó érzékelőt nem fűtjük, ez méri a fa szíjácsának a hőmérsékletét. A szíjács ugyanazon hőmérséklete mellett a nedváramlás beindulása esetén több hő távozik a fűtött elektródáról, mint amikor nincs nedváramlás. A fűtött és a fűtetlen érzékelők között a hőmérsékletkülönbség (ΔT) a

nedváramlás intenzitásával egyértelmű kapcsolatban van és akkor a legnagyobb (ΔT_{max}), amikor nincs nedváramlás ($u=0$).

A gyártóktól beszerezhető mérőrendszerekben a fűtött és mérő érzékelők működtetéséhez az áramellátást akkumulátor biztosítja. Az ilyen rendszerek azonban csak néhány napos folyamatos mérés tesznek lehetővé és állandó kutatói jelenlétet és ellenőrzést igényelnek. A vizsgálatainkhoz emiatt az MTA ATOMKI munkatársaival megterveztünk és kifejlesztettünk egy új és egyidejűleg sok mérőponton való nedváramlás regisztrálást biztosító komplex rendszert. A mérőrendszer fejlesztése, telepítése, működtetése és a kiértékelés elektronikai ismeretekkel rendelkező szakemberek közreműködését igényelte. A kifejlesztett rendszer egyik egysége a szenzorok folyamatos fűtését és a hőmérsékletmérését végző adatgyűjtő és fűtő egység, amely négy csatornás, (Sapflow Meter (SFM); Special Control Devices Bt., Derecske, Magyarország), és védett esővel és porral szemben.

A nedváramlást mérő rendszer elektromos táplálásához a tapasztalataink alapján készítettünk el egy 150 W-os szünetmentes tápegységet (UPS; Special Control Devices Bt., Derecske, Magyarország) bizonyult a legmegfelelőbbnek. A tápegység hálózatról (230 V, 50 Hz) vagy szükség esetén 2db 12 V-os 60 Ah kapacitású akkumulátorról is üzemeltethető és biztosítja 1) az SFM egységek folyamatos elektromos táplálását, 2) az akkumulátorok megfelelő üzemeltetését, 3) a teljes mérőrendszer védelmét a villámcsapások és más környezeti hatások által indukált esetleges túlfeszültséglökések ellen. A nagy tápvezeték hosszak ($l \approx 120$ m) miatt 1.5 mm^2 keresztmetszetű rézvezeték bizonyult megfelelőnek. A vezetékeket tápláló feszültséget 12 V-ról 24 V-ra emeltük és az SFM egységekbe konvertert építettünk be, amely 15-40 V bemenő feszültségek esetén is biztosítja a működéshez szükséges 12 V-ot.

3.3 A kocsánytalan tölgy és a csertölgy ökofiziológiai vizsgálatának eredményei

3.3.1. A pigment összetétel és fotokémiai aktivitás a fák lombkoronájában

A fotoszintetikus pigment-tartalom (száraz anyagra vonatkoztatott) és a maximális fotokémiai aktivitás (a PSII maximális kvantumhozama) változásának a trendjei a rügyfakadástól az érett levelek kifejlődéséig a különböző vegetációs periódusokban hasonlóak voltak. A két levélfiziológiai jellemző szezonális változásában két fázist különítettünk el, egy tavaszi, (kocsánytalan tölgnél május közepéig, csertölgnél május végéig tartó) gyorsan emelkedő szakaszt, amelyet egy kora nyári lassú növekedés követ. A nyári hónapokban kisebb-nagyobb fluktuációk mindkét fiziológiai jellemző esetében megfigyelhetőek voltak, amelyek összefüggést mutattak az adott időszak hőmérséklet, csapadék és talajnedvesség feltételeivel. A levelek klorofill-tartalma, az Fv/Fo és Fv/Fm klorofill fluoreszcencia paraméterekkel becsült potenciális fotokémiai aktivitása a hő- és szárazság-stresszelt periódusokban csökkent, a csökkenés mértéke azonban a két fajnál, és a fák különböző lombkoronaszintben, a stressz erősségétől, valamint annak tartamától függően alakult (Szöllösi et al. 2011). A tavasszal és nyáron fellépő aszály idején a fotokémiai aktivitása átmeneti csökkenést mutatott és a csapadékot követően helyreállása következett be.

A klorofill-fluoreszcencia mérések során kimutattuk, hogy a fák lombkorona fejlődésének kezdeti időszakában a levelek alacsony fotokémiai aktivitása, magas nem-szabályozott (Y(NO) és fokozottan emelkedő szabályozott (Y(NPQ) nem fotokémiai gerjesztési energia disszipációval, és nagy xantofill ciklus pigment-készlettel társul (Szöllösi et al. 2010). A fotoprotektív folyamatok működésének és az alacsony kapacitású fotoszintetikus apparátus lefelé szabályozott („down-regulation”) fontos szerepe van a fiatal fejlődő levelekben a kora tavasszal fellépő aszály és hő-stressz (pl. 2009. április, május eleje) tolerálásában. Súlyos nyári aszályok időszakában (2007, 2009) a kifejlődött fény és árnyéklevelek klorofill-tartalma csökkent és 20-40 %-kal alacsonyabb volt, mint a kedvezőbb csapadékjárású évek hasonló időszakában (Szöllösi et al. 2011a, 2011b).

3.3.2 A fák törzsének radiális növekedési üteme kontrasztos időjárású vegetációs periódusokban

A törzsek radiális növekedési ütemét radius dendrométerekkel követtük nyomon. Mindkét tölgyfaj törzsének radiális növekedési üteme (r) érzékenyen reagált a vegetációs periódusok eltérő időjárási feltételeire. Ismert, hogy a törzs évi növekedésének mértékét elsősorban a növekedési időszak (tavaszi és kora nyári) csapadékösszege befolyásolja, bár jelentős szerepe van a téli-tavaszi tárolási időszak csapadékösszegének is (XI-IV). Aszályos tavaszi és kora nyári időszakban (2009, 2011) minkét tölgyfaj esetében a radiális növekedés gyorsabb lezajlását figyeltük meg és a növedék maximuma 60-70 %-kal lemaradt a csapadékos évben (2010) mérttől. A növekedési időszak egyenetlen csapadékeloszlása a növekedés exponenciális szakaszában töréshez, rövidebb-hosszabb ideig tartó stagnáláshoz vezetett és a növekedés bi-fázisos (vagy akár multi-fázisos) jellegűvé vált. Tipikus példa volt erre a projekt-időszakban a 2008 évi tavaszi és kora nyári időszaka, amikor a fák kumulatív „ r ” görbéin durvább időfelbontással emelkedő, csökkenő és stagnáló szakaszokat tudtunk elkülöníteni. A szakaszok meredeksége és hosszúsága összefüggést mutatott a csapadék, és a talajnedvesség viszonyok változásaival (Mészáros et al. 2011b).

3.3.3 A törzs radiális kontrakciójának napi amplitúdója

A finom időfelbontású dendrométeres mérések adatai alapján a vizsgálati évek közül két kontrasztos időjárású vegetációs időszakban - 2010, 2011 - elemeztük, hogy a környezeti feltételek hogyan befolyásolják a törzs radiális összehúzódását és annak napi amplitúdóját, az összehúzódások és tágulások napi dinamikáját (Mészáros et al. 2012). A hasonló témájú közleményekben erre a törzs vízállapotával változó jellemzőre rendszerint a „radial contraction”, „maximum daily shrinkage” elnevezéseket és az utóbbi után az MDS (μm) rövidítést használják. 2010 csapadékos növekedési periódusában az MDS alacsony volt mindkét fajnál (20 μm and 15 μm) és kevésbé változott a szezon során. 2011 tavaszán és kora nyáron az előző év nagy csapadékösszege még éreztette a hatását és az előző évhez hasonló alacsony MDS értékeket mértünk. 2011 késő nyári aszályos időszakában azonban az MDS nőtt, a kocsánytalan tölgy esetében nagyobb mértékben (80-90 μm), mint a csertölgynél (60-70 μm). Az MDS a levegő víztelítettségi hiányával (VPD) szoros pozitív korrelációban változott, kocsánytalan tölgyre erősebb korreláció volt jellemző. Csapadékos vegetációs időszakban az MDS és a VPD közötti korreláció jóval gyengébb volt, mint száraz időszakban.

3.3.4 A törzs vízdeficit jellemzése

A növekedés finom időfelbontással történő (10-30 perces) vizsgálata dendrométer alkalmazásával, az évi növekmény pontos mérésén túl lehetőséget nyújt arra is, hogy egyes időszakokban a törzs ill. a fa vízdeficit-éről információt kaphassunk. A vizsgálataink során Zweifel és munkatársai (Zweifel et al. 2005) bevezetett ún. “de-trended” analízist használtuk módosításokkal. Az elemzések kiindulópontjaként feltételeztük, hogy a szövetek aktuális és a teljesen hidratált állapotában mérhető törzsrádiuszok különbsége arányos a törzs vízdeficit mértékével (ΔW μm). Feltételeztük azt is, hogy 10 mm csapadék mennyiség a szövetek hidratációját indukálja és a törzs az adott állapotban lehetséges „ r ” értéket eléri. Száraz, aszályos időszakokban a két fafaj közül a ΔW a *Q. petraea* törzsében nagyobb amplitúdójú változásokat mutatott, mint a *Q. cerris* esetében. Ezen eredmények alapján az utóbbi fajnál nagyobb törzsbeli vízkészletre következtettünk. Ugyanakkor megfigyeltük, hogy a nedváramlás nappali középértéke és maximuma a *Quercus cerris* esetében volt magasabb (Mészáros et al. 2011, 2012). Erősen aszályos időszakban (pl. 2009 augusztusában), mindkét fajnál jóval nagyobb mértékben (50-55 %-kal) emelkedett a fatörzsbeli vízdeficit a júliusi mérési eredményekhez képest, mint amit az

ugyanezen időszakban mért nedvzárlás csökkenés mértéke alapján vártunk (24-28%). Ez azt sugallja, hogy a fák a tartósan aszályos periódusokban a belső, törzsbeli vízraktárakat hasznosítják a vízszállító pályák feltöltésére és a transzspiráció fenntartására. A dendrométeres vizsgálati évek közül 2009 és 2011-ben ΔW értékek alapján nagy vízdeficitet (400-500 μm) állapítottunk meg, ami gyakran hosszú időn keresztül fennmaradt. 2010-ben viszont a törzsek és a fák vízhiánya jóval alacsonyabb volt (100-200 μm). A ΔW változásai alapján azt a következtetést vontuk le, hogy aszályos időszakban, alacsony talajnedvesség feltételek mellett a fák transzspirációjának a fenntartásában a fák belső vízraktára fontos szerepet játszik. A tartósan magas ΔW jelzi, hogy a raktárok feltöltődését a talaj alacsony felvehető vízkészlete akadályozza, és nagy a kavitáció veszélye.

3.3.5.A levél gázcsere és ^{13}C diszkrimináció

A két fafaj vízgazdálkodását levélszinten befolyásoló folyamatok közül fontos szerepe van a sztómaszintű válaszoknak. Két egymást követő eltérő időjárású év, az extrém meleg és aszályos 2007 és a rákövetkező csapadékos 2008. évek nyári időszakában a „kampányszerű” terepi mérések során a két faj sztómakonduktanciájának (g_s) eltérő napi menetét állapítottuk meg (Mészáros et al. 2010) 2007-ben aszályos időszakban a mérési napokon mindkét fajnál a sztómakonduktancia (g_s) reggeltől kora délelőttig a fényintenzitással és a VPD-vel szoros korrelációban emelkedett, a csertölgy esetében kétszer nagyobb maximális értékig (180 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), mint a kocsánytalan tölgyé (90 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). 10 és 16 óra között azonban, amikor a VPD értéke 3 majd 4 kPa felé emelkedett, mindkét fajnál alacsony g_s értékeket (25-60 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) mértünk. Késő délután a sztómakonduktancia a kocsánytalan tölgnél tovább csökkent, a csertölgnél azonban ismét emelkedett és 18 és 19 óra között egy délelőttinél alacsonyabb másodmaximuma jelentkezett. 2008-ban csapadékos időszakban a mérési napokon a két faj sztómakonduktanciájának napi menete az előző évi száraz periódustól nagyon eltérő képet mutatott. Mindkét fajra jellemző volt a g_s délelőtti és délutáni maximuma, a déli átmeneti visszaesés rövidebb ideig (12-15 h) tartott és sokkal kisebb mértékű volt, mint 2007-ben. A két faj közül a csertölgy sztómakonduktanciája ebben a mérési időszakban is magasabb volt, mint a kocsánytalan tölgyé.

A 2010 évi csapadékos vegetációs periódusában végzett nettó fotoszintézis méréseink igazolták a korábbi megállapításainkat (Mészáros et al. 2007), miszerint a két fafaj más késői szukcessziós fafajokhoz hasonlóan viszonylag alacsony nettó fotoszintézis rátával jellemezhető. Kedvező talajnedvesség-feltételek alatt a két faj lombkoronájának a felső szintjében (15-20 m) a maximális (fényteltési) nettó fotoszintézis ráta szignifikánsan nem különbözött (10-15 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). A levelek ^{13}C diszkrimináció elemzése azonban rámutatott arra, hogy a két faj, annak ellenére, hogy a maximális CO_2 fixációs kapacitásuk nem különbözött jelentősen, eltérést mutatott a levél gázcseréjük sztomatikus szabályozásában és a szárazságstresszre adott válaszokban. 2010 csapadékos időjárású nyarán a levelek $\delta^{13}\text{C}$ értéke alacsony volt mindkét fajnál, és nagyobb ^{13}C diszkriminációra utalt, mint a 2009 és 2011 nyári szárazság-stresszelt időszakában. A két faj közül a $\delta^{13}\text{C}$ a csertölgy lombkoronájának mindkét lombkoronaszintjében minden mérési időszakban alacsonyabb volt. A $\delta^{13}\text{C}$ a fénylevelekben mindkét fajnál magasabb (kisebb negatív) volt, ami arra utal, hogy a gázcseréjüket erősebb sztomatikus kontroll alatt tartják, mint a lombkorona alsóbb levelei. Mindkét fajnál 2009 száraz nyarán mértük a $\delta^{13}\text{C}$ legmagasabb értékeit. A levelek ^{13}C diszkriminációja csökkent a szárazságstressz hatására, ami a korábbi sztómakonduktancia mérési eredményeinkkel összhangban (Mészáros et al. 2010) a vízforgalom feletti sztomatikus kontroll erősödését, a sztómáknak a kritikus időszakokban való záródását jelzi (Mészáros et al. 2012).

3.3.6 A fák nedváramlása száraz és csapadékos időszakokban

A nedváramlás és a dendrometriás mérések eredményei a két faj szárazság-stresszre adott válaszreakcióinak az eltéréseit jelezték és megerősítették a sztómakonduktancia alapján levont következtetéseinket. A nedváramlás és a vízállapot napi változásainak az értékeléséhez a folyamatos meteorológiai és a talajnedvesség mérések adatai alapján különböző időjárású időszakokat választottuk ki a (Kanalas et al. 2010, Kis et al. 2011, Mészáros et al. 2010a, 2011).

Csapadékos időszakban, meleg és felhőtlen napokon (pl. DOY 209-218, 2009) mindkét faj nedváramlása a VPD-vel pozitív korrelációban változott a nap során. Ezeken a napokon a kocsánytalan tölgy esetében a nedváramlás intenzitás maximumok alacsonyabbak voltak ($0,10 \text{ ml cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ alatt), mint a csertölgynél ($0,18 \text{ ml cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ alatt). Ugyanebben az időszakban a kocsánytalan tölgy esetében a törzs nagyobb radiális fluktuációját (r), mint a csertölgynél. Ilyen időjárási feltételek között a nappali időszakban a törzsek transzspirációra visszavezethető radiális kontrakciója (negatív r értékek, -50 és $-100 \mu\text{m}$ között) a két fajnál nem különbözött jelentősen (Mészáros et al. 2010). Ugyanakkor az éjszakai expanziós fázisokban az r változásai (pozitív értékek) a kocsánytalan tölgnél meghaladták ($+70$ és $+200 \mu\text{m}$) a csertölgyéét ($+20$ és $+150 \mu\text{m}$). Az utóbbi eltérések arra utalnak, hogy a kocsánytalan tölgnél a kisebb nedváramlás intenzitás a törzsek belső vízraktárait jobban terheli és a feltöltődés iránti igény az éjszakai időszakban és/vagy esőt követően nagyobb mértékű, mint a csertölggy esetében, továbbá, hogy az utóbbi fajnál nagyobb a törzsbeli vízraktár.

Száraz időszakban, meleg és felhőtlen napokon, amikor a VPD maximális értékei meghaladták a 3 kPa -t, a két faj nedváramlás intenzitása között nagy eltéréseket figyeltünk meg. A csertölggy esetében a nedváramlás a VPD-vel szorosabb korrelációban változott, mint a kocsánytalan tölgnél. A csertölggy a nedváramlás intenzitásának a legmagasabb értékét ilyen feltételek között is a déli órákban érte el. Ugyanakkor a kocsánytalan tölgy nedváramlásának maximuma már a délelőtti órákban jelentkezett, amikor a VPD $2-2,5 \text{ kPa}$ értékeket ért el (Mészáros et al. 2010, 2011). A kocsánytalan tölgy nedváramlása ezt követően a magas VPD értékek ellenére csökkent, ami ennél a fajnál a vízforgalom erős sztomatikus kontrolljára utal. Száraz időszakban mindkét fajnál a törzs radiális változását elsősorban a transzspiráció és nedváramlás miatt fellépő kontrakció jellemezte (negatív r -értékek), ami felhős napokon jóval kisebb mértékű volt, mint a felhőtlen napokon. A kontrakció mértéke a kocsánytalan tölgnél nagyobb volt (az r érték változása -100 és $-150 \mu\text{m}$ közötti), mint a csertölgynél (az r érték változása -50 és $-100 \mu\text{m}$ közötti). Száraz időszakban felhős napokon (DOY 223-228, 2009), alacsony VPD mellett a két faj nedváramlás intenzitása hasonló napi menetet és nagyon hasonló értékeket mutatott. Ilyen időszakokban a nedváramlás maximuma mindkét fajnál alacsony volt ($0,10 \text{ ml cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ alatt változott).

A vizsgálataink rámutattak arra is, hogy ugyanazon faj faj fájnak állományon belüli helyzete, a magasságuk, a lombkoronaszinten belüli pozíciója (domináns, ko-domináns) jelentősen befolyásolja a nedváramlás mértékét és annak napi fluktuációját eltérő időjárási feltételek között (Kanalas et al. 2010). A domináns és ko-domináns kocsánytalan tölgyfák nedváramlása csapadékos időszakban hasonló volt. Száraz periódusban mindkét fatípus nedváramlása csökkent, de a domináns fa törzsében a csökkenés nagyobb mértékű volt.

A fák hosszú időn keresztül végzett nedváramlás mérésének az eredményei lehetőséget nyújtottak arra, hogy a környezeti tényezők hatásait nedváramlásra értékelhessük (Mészáros et al. 2011). Az összefüggések elemzése során a nedváramlás nappali középértékét használtuk fel és az esős napokat nem vettük figyelembe. A két faj közül a csertölggy esetében rendszerint magasabb volt a nedváramlás nappali középértéke. Nyári időszakban a szárazság-stressz erősödésével mindkét faj esetében csökkent a nedváramlás és szoros összefüggésben változott a potenciális evapotranszpirációval (PET, Hargreaves and Samani 1985). A VPD és a fényintenzitás szignifikáns befolyásoló hatása is kimutatható volt.

4. Következtetések

A különböző időjárási feltételek során a sztómakonduktancia és a nedvzáramlás intenzitásának napi változásai, valamint a déli időszakban megfigyelt átmeneti vagy tartós sztómazáródásokra vonatkozó megfigyeléseink azt támasztják alá, hogy mindkét faj izohidrikus vízgazdálkodási stratégiával rendelkezik. Aszályos időszakban a kocsánytalan tölgy esetében a délelőtt kezdődő és estig tartó sztómakonduktancia és nedvzáramlás intenzitás csökkenése alapján arra lehet következtetni, hogy ennél a fajnál a vízforgalom erősebb sztóma-szintű szabályozás alatt van, mint a csertölgynél. A *Q. petraea*-nál az erősebb sztomatikus kontroll azonban tartós szárazság-stressz alatt jelentős mértékű „szénéhezést” válthat ki, hiszen a sztómakonduktancia csökkenésekor a vízgőzvesztés mérséklésével párhuzamosan gátlódik a CO₂ felvétel és ezzel együtt a CO₂ asszimilációja is. Aszályos időszakban az előzőek miatt fellépő „szénéhezés” hatására egyrészt csökkent a fák adott évi szerves anyag termelése, és a következő évi fiziológiai aktivitásukat meghatározó szervesanyag raktáraik kimerülhetnek, vagy a feltöltődésükben zavarok jelentkeznek. Egymást követő aszályos években ezek a folyamatok a fák vitalitásának a gyengüléséhez és a károsítókkal szembeni fogékonyságuk fokozódásához vezetnek.

Az MDS és ΔW változásai alapján a csertölgy nagyobb törzsbeli vízraktározó kapacitására következtettünk, ami aszályos időszakban a csertölgy jelentős kompetíciós előnyéhez vezethet ugyanazon termőhelyen a kocsánytalan tölgygel szemben. A törzs hosszan tartó kontrakciója arra is utal, hogy a vízraktárak kimerülésével egyidejűleg növekszik a xilémekben a kavitáció veszélye és a szállítócsövek egy része, főleg a korai pászta nagy átmérőjű elemei, a légbuborékok képződése miatt a vízszállításból nagy számban eshetnek ki. A kocsánytalan tölgyenél a törzs kontrakciójának nagyobb amplitúdói azt sugallják, hogy aszály idején ennél a fajnál a xilémekben a kavitációk nagyobb valószínűséggel léphetnek fel tartós aszály idején, mint a csertölgynél. A kavitáció fellépését jelzik az erdőállományban a kocsánytalan tölgyfák lombkoronájának csúcscsúszadásai, amelyre a fapusztulás dinamikáját elemző vizsgálatainkban már korábban rámutattunk (Jakucs et al. 1986).

A két faj eddig feltárt ökofiziológiai eltérései alapján arra lehet következtetni, hogy amennyiben az aszályos évek gyakorisága növekszik, akkor a klimatikus peremhelyzetű termőhelyeken a *Q. petraea* esetében mortalitás várható, megváltozik az állományok elegyessége és fokozatosan dominánssá válhat a *Q. cerris*.

5. A pályázati időszakban a tervezettől való eltérések

A pályázat kidolgozásában résztvevők személyében változás történt. Veres Szilvia a pályázat első évében szülési szabadságon volt, majd a 2008-tól a DE AGTC tanszékén a munkahelyi feladatai miatt nem tudott a munkában részt venni. A pályázati feladatait Kanalas Péter PhD hallgató vette át, hozzá csatlakozott ebben a munkában 2010-ben Kis József PhD hallgató. Láposi Réka csak a pályázat kezdetén vett részt a munkában, később a gyöngyösi Károly Róbert Főiskolán a munkahelyi feladataira kellett koncentrálnia. A pályázatban tervezett feladatait Szöllősi Erzsébet PhD hallgatói vette át. Kanalas Péter és Szöllősi Erzsébet PhD értekezése a pályázathoz kapcsolódik, benyújtása 2012-ben várható.

6. Irodalomjegyzék

Granier, A. (1985): Une nouvelle methode pour la mesure dy flux de seve brute dans le trons des arbres. Ann. Sci. For. 22: 193–200.

- Granier, A. 1987: Mesure du flux de seve brute dans le tronc du Douglas par une nouvelle methode thermique. *Ann. Sci. For.* 44:1-14.
- Jakucs, P., Mészáros, I., Papp, B.L., Tóth, J.A., 1986: Acidification of soil and decay of sessile in the "Sikfökut Project" area (N-Hungary). *Acta Bot. Hung.*, 32: 303-322.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. 1985: Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engrg. in Agric.* 1: 96-99.
- Kis, J., Kanalas, P., Fenyvesi, A., Szöllösi, E., Oláh, V., Mészáros, I. 2011: A fatörzs radiális változásának és a xylem mnedváramlásának a vizsgálata egy cseres-tölgyes erdőállomány fafajainál. In: Mócsy I, Szacsvai K, Urák I, Zsigmond A R, Szikszai A (szerk.) VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Cluj-Napoca, Románia, 2011.03.24 Cluj-Napoca: pp. 298-302.
- Kanalas, P., Fenyvesi, A., Kis, J., Szöllösi, E., Oláh, V., Ander, I., Mészáros, I. 2010: Seasonal and diurnal variability in sapflow intensity of mature sessile oak (*Quercus petraea*) trees in relation to microclmatic conditions. *Acta Biologica Hungarica* 61: 115-128.
- Kanalas, P., Fenyvesi, A., Ander, I., Kis, J., Szöllösi, E., Oláh, V., Nyitrai, B., Mészáros, I. 2011: Fák vízforgalmának folyamatos terepi mérése: módszertani nehézségek és megoldások. In: Mócsy I, Szacsvai K, Urák I, Zsigmond A R, Szikszai A (szerk.) VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. 2011.03.24 Cluj-Napoca: pp. 317-321.
- Kanalas, P., Fenyvesi, A., Kis, J., Nyitrai, B., Oláh, V., Szöllösi, E., Demeter, Z., Mészáros, I. 2012: Comparative measurements of sap flow and trunk radial shrinkage in mature trees of two co-occurring oak species (benyújtásra előkészítve)
- Mészáros, I., Veres, Sz., Kanalas, P., Oláh, V., Szöllösi, E., Sárvári, É., Lévai, L., Lakatos, Gy. 2007: Leaf Growth and Photosynthetic Performance of Two Co-existing Oak Species in Contrasting Growing Seasons. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 3: 7-20.
- Mészáros, I., Fenyvesi, A., Kanalas, P., Szöllösi, E., Oláh, V., Ander, I., Veres, Sz., Láposi, R. 2009: Középhegységi zonális erdők fafajainak ökofiziológiája, különös tekintettel a klímaérzékenységre. *Botanikai Közlemények* 96: 15-17.
- Mészáros, I., Kanalas, P., Fenyvesi, A., Szöllösi, E., Oláh, V., Ander, I., Kis, J. 2010a: Időjárási fluktuációk hatása a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és a csertölgy (*Quercus cerris*) ökofiziológiai folyamataira. In: Bartha S, Nagy Z (szerk.) *Botanikai, Növényélettani és Ökológiai Kutatások. Tuba Zoltán professzor úr emlékének. Gödöllő: SZIE MKK Növénytani és Ökofiziológiai Intézet*, pp. 85-98. (ISBN:978-963-269-200-5)
- Mészáros, I., Papp, M., Tóth, T.A. 2010b: Potential abiotic drivers and constraints affecting the structure and services of a broadleaved forest ecosystem. In: Katarzyna Ostapowicz and Jacek Kozak (Eds.), *Conference Proceedings of the 1st Forum Carpaticum, Integrating Nature and Society Towards Sustainability*. ISBN: 978-83-88424-54-0 pp.70-72.
- Mészáros, I., Kanalas, P., Fenyvesi, A., Kis, J., Nyitrai, B., Szöllösi, E., Lakatos, Á., Ander, I. 2011: Diurnal and seasonal changes in stem radius increment and sap flow density indicate different responses of two co-existing oak Species to drought stress. *Acta Silv. Lign. Hung.*, 7: 97–108.
- Mészáros, I., Kanalas, P., Nyitrai, B., Kis, J., Fenyvesi, A., Oláh, V., Demeter, Z., Szöllösi E. 2012: Diurnal and seasonal variation in stem radius and water status of mature sessile oak *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and turkey oak *Quercus cerris* L. trees in relation to weather conditions. (benyújtásra előkészítve)

Szőllősi, E., Oláh, V., Kanalas, P., Kis, J., Fenyvesi, A., Mészáros, I. 2010: Seasonal variation of leaf ecophysiological traits within the canopy of *Quercus petraea* trees. *Acta Biologica Hungarica* 61: 192-208.

Szőllősi, E., Kanalas, P., Oláh, V., Kis, J., Mészáros, I. 2011a: Szezonális és évek között időjárási fluktuációk hatása a kocsánytalan tölgy ökofiziológiai jellemzőire. In: Mócsy I, Szacsvai K, Urák I, Zsigmond A R, Szikszai A (szerk.) VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, 2011.03.24 Cluj-Napoca: pp. 332-335.

Szőllősi, E., Oláh, V., Kanalas, P., Kis, J., Nyitrai, B., Sárvári, É., Solti, Á., Mészáros, I. 2011b: Physiological responses of two co-existing oak species in years with contrasting climatic conditions. *Acta Biologica Szegediensis* 55: 169-174.

Szőllősi, E., Oláh, V., Kanalas, P., Kis, J., Nyitrai, B., Mészáros, I: 2012: Effects of contrasting weather conditions on leaf biochemical and physiological traits of canopy tree species in a mixed oak forest. (benyújtásra előkészítve)

Zweifel, R., Zimmermann, L., Newbery, D.M. 2005: Modeling tree water deficit from microclimate: an approach to quantifying drought stress. *Tree Physiology* 25:147–156.