

**SZÉCHENYI** 2020



**Nyugat-magyarországi Egyetem  
Erdőmérnöki Kar**

## **V. KARI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA**

**konferencia kiadvány**



**2015. október 21.**

**SZÉCHENYI** 2020



**MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA**

**Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap**



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

A konferenciát a Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kara és a Magyar Tudományos Akadémia Veszprémi Bizottsága Mező- és Erdőgazdálkodási Munkabizottsága szervezte.

A kiadvány megjelenését a „Klímahatás - Az éghajlatváltozás hatásainak komplex vizsgálata, nemzetközi K+F pályázatok előkészítése a Nyugat-magyarországi Egyetemen (TÁMOP-4.2.2.D-15/1/KONV-2015-0023)” projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2015.

ISBN 978-963-334-260-2 (nyomtatott verzió)  
978-963-334-261-9 (on-line verzió)

Szerkesztette: dr. Bidló András  
dr. Facskó Ferenc

Ajánlott hivatkozás:

BIDLÓ A., FACSKÓ F. (szerk.) (2015): Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar V. Kari Tudományos Konferencia. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó Sopron.

## Tartalomjegyzék

### Plenáris előadások

GÁLOS Borbála, GRIBOVSKI Zoltán, KALICZ Péter, CZIMBER Kornél: Hidrológiai szélsőségek gyakoriságának várható változása a 21. században – hazánk kitettségének vizsgálata erdészeti szempontból.....	7
KOVÁCS Gábor, HEIL Bálint: Fásszárú ültetvények helyzete és jövőbeni szerepük a hazai biomassza ellátásban.....	13
ZAGYVAI Gergely, BROLLY Gábor, EREDICS Attila, KIRÁLY Géza, TIBORCZ Viktor, ZAGYVAINÉ KISS Katalin, KALICZ Péter, CSISZÁR Ágnes, NAÁR Dénes, BARTHA Dénes: Mesterséges lékek növényzetének és ökológiai tényezőinek komplex vizsgálata a Soproni-hegységben .....	21

### Biológiai szekció

CSISZÁR Ágnes, ZAGYVAI Gergely, BARTHA Dénes, NAGY Andrea, KISPÁL Dóra: A magyar kőris ( <i>Fraxinus angustifolia</i> subsp. <i>danubialis</i> ) allelopátiás szerepének vizsgálata .....	29
EREDICS Attila, RÁKOSA Rita, NÉMETH Zsolt István: A környezeti körülmények hatása egy kislevelű hárs lombzatának spektrális sajátosságaira .....	35
JÁNOSKA Ferenc, VARJU József, ERŐS Csaba, GÁL János: Vadaskerti vaddisznók tüdőfereg-fertőzöttségének vizsgálata .....	41
NAÁR Dénes, CSISZÁR Ágnes: Gyertyános-tölgyesben kialakított lékek szukcessziójának vizsgálata a Soproni-hegység területén .....	47
SZITA Renáta, AMBRUS András: A Rák-patak (Sopron) Fásor-utcai rekonstrukciójának hatása a vízi makrogerinctelen életközösségre .....	53

### Termőhelyi és műszaki szekció

BARTON Iván, CZIMBER Kornél, KIRÁLY Géza: A Sopron 182B erdőrészlet (Roth féle szálaló erdő) korona és újulat térképezése távérzékelési módszerekkel.....	61
BROLLY Gábor, KIRÁLY Géza, CZIMBER Kornél: Fejlesztések egyesfák dendrometriai jellemzőinek automatizált meghatározására földi lézerszennér adatokból.....	67
CZIMBER Kornél, KIRÁLY Géza, BROLLY Gábor: Légi lézeres letapogatás adatfeldolgozó modul fejlesztése DigiTerra Map szoftverhez.....	73
CSÁKI Péter, GYIMÓTHY Kitti, KALICZ Péter, KISFALUDI Balázs, GRIBOVSKI Zoltán: Éghajlat-lefolyás modell kidolgozása a Zala vízgyűjtőjére.....	79
HAJDU Katalin, CZIMBER Kornél, KIRÁLY Géza: Fertő-tavi madárélőhelyek térképezése légi lézeres letapogatás objektum alapú képfeldolgozása alapján .....	85
HORVÁTH Attila László, SZAKÁLOSNÉ MÁTYÁS Katalin, HORVÁTH Béla: Harveszteres fakitermelés normatáblázatai.....	91

## Poszter szekció

BARNA Csilla, KORDA Márton, BARTHA Dénes: Rába és Csörnök-völgy kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület természetességi állapota.....	99
FARAGÓ Sándor, LÁSZLÓ Richárd, BENDE Attila: Az erdei szalonka ( <i>Scolopax rusticola</i> ) ivararányának alakulása 2010-2014 között Magyarországon.....	105
FRANK Norbert: Mezővédő erdeink az Országos Erdőállomány Adattár és a Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatbázisainak tükrében.....	109
GOSZTOLA István, LÁSZLÓ Richárd: Az időjárás okozta nagyvad elhullások Magyarországon 1998-2007.....	113
GOSZTOLA István, LÁSZLÓ Richárd: Az árvíz és a belvíz okozta nagyvad elhullások Magyarországon 1998-2007.....	117
MAJOR Tamás, HORVÁTH Béla: Numerikus analízis alkalmazása talajművelő szerszámok fejlesztéséhez.....	121
MAROSVÖLGYI Béla, PINTÉR Csaba: A <i>Miconthus sinerois tatai</i> energianád-fajta betakarításának ökonómiai kérdései.....	127
NAGY Gabriella Mária: Soproni erdei közösségi terek vonzerőleltára.....	133
NEBEHAJ Esztella, ALBERT Levente, HOFMANN Tamás: Magyarországi fafajok leveleinek antioxidáns tulajdonságai és ezek szezonális változása.....	137
NÉMETH László, NEBEHAJ Esztella, ALBERT Levente, HOFMANN Tamás: Bükk ( <i>Fagus sylvatica</i> L.) kéreg antioxidáns vegyületeinek hatékonyság-vizsgálata különböző matematikai módszerekkel.....	143
PÁJER József, POLGÁR András, PÉCSINGER Judit, PINTÉRNÉ NAGY Edit, ELEKNÉ FODOR Veronika: Az életciklus-hatásértékelés módszereinek alkalmazása a klímahatás kutatásban.....	149
SASS Vivien, BIDLÓ András: Az erdőkezelések hatása a talajra egy pilisi kocsánytalan tölgyesben.....	155
VARGA Vivien, LÁSZLÓ Richárd: Esettanulmány egy vörös róka ( <i>Vulpes vulpes</i> ) szuka fiatalkori növekedéséről.....	163

# MAGYARORSZÁGI FAFAJOK LEVELEINEK ANTIOXIDÁNS TULAJDONSÁGAI ÉS EZEK SZEZONÁLIS VÁLTOZÁSA

NEBEHAJ Esztella<sup>1</sup> – ALBERT Levente<sup>1</sup> – HOFMANN Tamás<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai Intézet, Sopron  
nebehaj.esztella@gmail.com, albert.levente@emk.nyme.hu, hofmann.tamas@emk.nyme.hu

## 1. Bevezetés

Különböző fák levélkivonatainak számos jótékony hatása lehet az emberi szervezetre (antioxidáns, rákellenes, gyulladáscsökkentő hatás stb.), így ezen növényi szövetekben megtalálható antioxidáns jellegű vegyületek vizsgálata kiemelten fontos kutatási terület. Az antioxidáns tulajdonságokért felelős egyik jelentős vegyületcsoport a polifenolok osztálya. Gyümölcsök, zöldségek, gyógynövények antioxidáns tulajdonságairól, polifenolos összetételéről számos eredményt találhatunk a szakirodalomban, azonban az erdei fák leveleit lényegesen kevesebben tanulmányozták. A levél polifenolok kitüntetett szerepet töltenek be a növényi szövetek biotikus- illetve abiotikus stresszre (pl. klimatikus adaptáció) adott válaszreakcióiban is, vizsgálatuk fontosságát ez is indokolja.

Kutatásunk célja tíz magyarországi erdei lombhullató fafaj levélszöveleinek összehasonlító antioxidáns kapacitás vizsgálata volt. Az elemzések során követtük az akkumuláció dinamikáját a 2014. májustól szeptemberig tartó időszakban. Meghatároztuk, mely fafajok és kivonatok rendelkeznek a legmagasabb totálfenol-tartalommal és antioxidáns kapacitással. A vizsgált fafajok közül összességében a legnagyobb antioxidáns kapacitással a gyertyán levélkivonat rendelkezett. Mivel a gyertyán levél fenoloidok azonosítására a szakirodalomban nem találtunk utalást, HPLC-MS/MS eljárással elválasztottuk és azonosítottuk ezeket a vegyületeket. Távlati célunk az erdei fák levélszövet extraktumainak és a belőlük kivonható polifenoloknak a gyakorlatban történő hasznosítása, ennek érdekében a jövőben biológiai tesztekét kívánunk elvégezni a kivonatokkal.

## 2. Vizsgálati anyag és módszer

### 2.1. Mintavétel és extrakció

A mintavétel az Nyme Botanikus kertjének területén történt 2014. május és szeptember között. A vizsgált fafajok a közönséges a bükk (*Fagus sylvatica*), közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*), szelídgesztenye (*Castanea sativa*), fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), korai juhar (*Acer platanoides*), csertölgy (*Quercus cerris*), nyár (*Populus x euramericana*), kocsányos tölgy (*Quercus robur*) és kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) voltak. A levélmintákat (1 faegyed/faj, 20 db fény + 20 db árnyéklevél/faegyed) mikrohullámmal (700 W, 1 perc) kezeltük, daráltuk, majd extraháltuk (ultrahangos extrakció, 0.2 g levél + 20 ml 4:1 metanol:víz, 20 perc). A mikrohullámú előkezelésre az antioxidánsok megőrzése céljából volt szükség, melynek hatékonyságát előzetes vizsgálatok is alátámasztották (NEBEHAJ et al. 2013).

### 2.2. Totálfenol-tartalom meghatározás

A spektrofotometriás elvű Folin-Ciocalteu-módszerrel a reakcióoldat abszorbanciáját 760 nm-en mértük, standardként kvercetin használtunk. Az eredményeket µg kvercetin/g száraz levélben adtuk meg (SINGLETON & ROSSI 1965).

### 2.3. DPPH-antioxidáns kapacitás meghatározás

A reakció a DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil)-gyökkel ment végbe 30 perc alatt, a reakcióelegy abszorbanciáját 515 nm-en mértük. Az eredményeket  $IC_{50}$ -értékben,  $\mu\text{g/ml}$ -ben adtuk meg (SHARMA & BHAT 2009).

### 2.4. ABTS-antioxidáns kapacitás meghatározás

A reakció az ABTS (2,2'-azinodi-(3-etilbenzotiazolin)-6-szulfoninsav) oxidációján alapul. A reakció 734 nm-en követhető nyomon. Az eredményeket mg trolox ekvivalens/g száraz levél egységben adtuk meg (STRATIL et al. 2007).

### 2.5. FRAP-antioxidáns kapacitás meghatározás

A vasredukáló-képességen alapuló módszernél aszkorbinsav standardot használtunk, a spektrofotometriás mérésnél 593 nm volt a hullámhossz. Az eredményeket mg aszkorbinsav/g száraz levél egységben adtuk meg (BENZIE & STRAIN 1996).

### 2.6. HPLC-MS/MS vizsgálat

Állófázis: Phenomenex Luna C18, 5  $\mu\text{m}$ , 250 mm x 4.6 mm; 40°C. Mozgófázis: A ( $\text{H}_2\text{O}$  + 0.1% HCOOH), B (Acetonitril + 0.1% HCOOH). Gradiens elúció: 3% B  $\rightarrow$  100% B (90 perc). Minta injektálás: 8  $\mu\text{l}$ . UV-detektálás: 250-380 nm. Komponensek azonosítása: IDA elemzés MS/MS tömegspektrumok alapján (160–1300 m/z), -ESI ionizáció.

## 3. Vizsgálati eredmények és értékelésük

A táblázatokban látható vizsgálati eredmények szórása a mérésekre vonatkozik. A FRAP-meghatározás esetében 4, a többi esetben 3 párhuzamos vizsgálatot végeztünk el. A félkövérrel kiemelt adatok az adott fajon belüli legmagasabb értéket jelölik. A levelek totálfenol-tartalmának szezonális változását az 1. táblázat foglalja össze. A fajok többségénél a totálfenol-tartalom májustól késő nyárig/kora őszig szignifikánsan emelkedett. Ezt a tendenciát csak a csertölgy és a szelídgesztenye nem követte. Ez a csaknem összes fajra jellemző, tavaszról ősze mérhető növekedés összhangban van többek között IQBAL és mtsai kutatásával is, akik a *Moringa oleifera* leveleinek vizsgálatánál megállapították, hogy a totálfenol-tartalom a frissen nyílt levelekben volt a legalacsonyabb, és fokozatosan nőtt, párhuzamosan a levelek érettségével (IQBAL et al. 2006).

Az ABTS antioxidáns kapacitás értékek esetében (2. táblázat) ez a tendencia nagyrészt éppen ennek fordítottja: a májusi, júniusi értékek a legmagasabbak, csak a kocsánytalan tölgy és a korai juhar esetében volt a szeptemberi érték a legnagyobb. A DPPH- (3. táblázat) és FRAP- (4. táblázat) antioxidáns kapacitás értékek szezonális változása a totálfenoléhoz hasonló. Az alkalmazott antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek (DPPH, FRAP, ABTS) más-más vegyületsoportokra szelektívek, így együttes meghatározásukkal kaphatunk csak átfogó képet az extraktumok antioxidáns tulajdonságairól. Az egyes módszerek alapján összesítve az eredményeket megállapítható, hogy a vizsgált fajok közül a legjobb antioxidáns paraméterekkel a gyertyán (TF, ABTS, FRAP, DPPH), molyhos tölgy (TF), szelídgesztenye (ABTS), csertölgy (FRAP) és kocsányos tölgy (DPPH) rendelkezik. A mért adatok összhangban vannak korábbi eredményeinkkel (NEBEHAJ et al. 2013).

1. táblázat: A levelek totálfenol-tartalma (átlag ± szórás). A felső indexben lévő betűk az egy fajon belüli hónapok közötti szignifikáns különbséget, míg az alsó index betűjele az egy hónapon belüli, fajok közötti szignifikáns különbséget mutatja  $p < 0,05$  szinten.

Totálfenol-tartalom (mg kvercetin/g sz.a.)					
Fajok	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Bükk	37,82 ± 1,01 <sup>A</sup> <sub>B</sub>	56,83 ± 0,99 <sup>C</sup> <sub>D</sub>	48,12 ± 1,28 <sup>B</sup> <sub>BC</sub>	47,38 ± 3,14 <sup>B</sup> <sub>B</sub>	<b>57,71 ± 2,59<sup>C</sup><sub>CB</sub></b>
Gyertyán	78,81 ± 0,59 <sup>A</sup> <sub>D</sub>	93,08 ± 3,29 <sup>B</sup> <sub>H</sub>	<b>105,93 ± 5,57<sup>C</sup><sub>H</sub></b>	94,27 ± 5,38 <sup>B</sup> <sub>G</sub>	80,81 ± 3,05 <sup>A</sup> <sub>E</sub>
Szelídgesztenye	71,30 ± 3,53 <sup>AB</sup> <sub>F</sub>	<b>78,52 ± 1,13<sup>B</sup><sub>G</sub></b>	62,51 ± 1,59 <sup>A</sup> <sub>DE</sub>	76,32 ± 5,25 <sup>B</sup> <sub>F</sub>	75,49 ± 4,67 <sup>B</sup> <sub>BD</sub>
Akác	29,30 ± 0,99 <sup>B</sup> <sub>A</sub>	29,73 ± 0,73 <sup>B</sup> <sub>A</sub>	43,25 ± 0,21 <sup>C</sup> <sub>BA</sub>	19,89 ± 2,89 <sup>A</sup> <sub>F</sub>	<b>49,63 ± 1,84<sup>D</sup><sub>B</sub></b>
Molyhos tölgy	37,52 ± 0,54 <sup>A</sup> <sub>B</sub>	71,68 ± 2,32 <sup>C</sup> <sub>FG</sub>	63,80 ± 3,31 <sup>BC</sup> <sub>E</sub>	<b>92,85 ± 3,67<sup>D</sup><sub>G</sub></b>	60,31 ± 5,73 <sup>B</sup> <sub>C</sub>
Korai juhar	46,63 ± 2,80 <sup>A</sup> <sub>E</sub>	57,37 ± 1,98 <sup>B</sup> <sub>D</sub>	<b>80,21 ± 1,47<sup>E</sup><sub>G</sub></b>	65,88 ± 2,83 <sup>C</sup> <sub>DEF</sub>	73,73 ± 1,26 <sup>D</sup> <sub>DE</sub>
Csertölgy	<b>78,99 ± 3,35<sup>C</sup><sub>D</sub></b>	65,82 ± 1,59 <sup>AB</sup> <sub>EF</sub>	65,89 ± 1,54 <sup>AB</sup> <sub>EF</sub>	73,73 ± 5,81 <sup>BC</sup> <sub>EF</sub>	59,69 ± 2,52 <sup>A</sup> <sub>C</sub>
Kocsányos t.	59,85 ± 2,27 <sup>B</sup> <sub>C</sub>	58,46 ± 2,50 <sup>B</sup> <sub>DE</sub>	48,32 ± 4,82 <sup>A</sup> <sub>BC</sub>	49,36 ± 4,21 <sup>A</sup> <sub>BC</sub>	<b>72,21 ± 0,46<sup>C</sup><sub>D</sub></b>
Kocsánytalan t.	56,47 ± 1,34 <sup>A</sup> <sub>C</sub>	51,23 ± 3,89 <sup>A</sup> <sub>DC</sub>	59,15 ± 4,06 <sup>A</sup> <sub>DE</sub>	53,70 ± 2,14 <sup>A</sup> <sub>BCD</sub>	<b>70,01 ± 2,42<sup>B</sup><sub>D</sub></b>
Nyár	29,03 ± 0,29 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	53,63 ± 3,24 <sup>B</sup> <sub>DC</sub>	<b>73,73 ± 3,05<sup>D</sup><sub>FG</sub></b>	61,96 ± 2,74 <sup>C</sup> <sub>CDE</sub>	57,61 ± 0,58 <sup>BC</sup> <sub>BC</sub>

2. táblázat: A levelek ABTS antioxidáns kapacitása (átlag ± szórás). A felső indexben lévő betűk az egy fajon belüli hónapok közötti szignifikáns különbséget, míg az alsó index betűjele az egy hónapon belüli, fajok közötti szignifikáns különbséget mutatja  $p < 0,05$  szinten.

ABTS (mg trolox/g sz.a.)					
Fajok	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Bükk	119,45 ± 6,64 <sup>ABC</sup>	<b>156,82 ± 4,82<sup>BA</sup></b>	132,28 ± 11,60 <sup>ABC</sup>	115,54 ± 3,55 <sup>ABC</sup>	155,05 ± 11,46 <sup>BC</sup>
Gyertyán	329,78 ± 23,89 <sup>CH</sup>	315,18 ± 3,21 <sup>BC</sup> <sub>E</sub>	280,83 ± 4,57 <sup>B</sup> <sub>F</sub>	293,92 ± 14,53 <sup>BC</sup> <sub>H</sub>	236,20 ± 5,68 <sup>A</sup> <sub>F</sub>
Sz.geszténye	<b>323,63 ± 16,00<sup>CH</sup></b>	304,78 ± 12,05 <sup>BC</sup> <sub>E</sub>	199,10 ± 5,00 <sup>A</sup> <sub>E</sub>	279,51 ± 13,34 <sup>B</sup> <sub>H</sub>	275,78 ± 13,10 <sup>B</sup> <sub>G</sub>
Akác	136,04 ± 3,53 <sup>CD</sup> <sub>CD</sub>	<b>147,81 ± 2,19<sup>DA</sup></b>	111,96 ± 1,84 <sup>B</sup> <sub>A</sub>	75,26 ± 8,23 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	126,97 ± 4,88 <sup>C</sup> <sub>A</sub>
Molyhos tölgy	158,35 ± 6,29 <sup>BD</sup> <sub>E</sub>	<b>235,75 ± 2,04<sup>EC</sup></b>	142,86 ± 2,47 <sup>AC</sup> <sub>D</sub>	208,51 ± 4,04 <sup>DF</sup> <sub>G</sub>	179,62 ± 6,60 <sup>C</sup> <sub>CD</sub>
Korai juhar	166,48 ± 4,54 <sup>A</sup> <sub>E</sub>	187,28 ± 4,57 <sup>B</sup> <sub>CB</sub>	187,34 ± 2,96 <sup>BC</sup> <sub>E</sub>	182,16 ± 4,52 <sup>B</sup> <sub>EF</sub>	<b>194,96 ± 3,58<sup>C</sup><sub>DE</sub></b>
Csertölgy	257,14 ± 5,44 <sup>BC</sup> <sub>G</sub>	<b>274,81 ± 4,20<sup>CD</sup></b>	189,82 ± 4,05 <sup>A</sup> <sub>E</sub>	235,45 ± 22,96 <sup>BC</sup> <sub>G</sub>	220,87 ± 22,59 <sup>AB</sup> <sub>EF</sub>
Kocsányos t.	<b>199,69 ± 5,42<sup>DF</sup></b>	197,52 ± 6,85 <sup>CD</sup> <sub>B</sub>	125,65 ± 1,05 <sup>A</sup> <sub>B</sub>	140,73 ± 3,56 <sup>B</sup> <sub>CD</sub>	185,72 ± 5,44 <sup>C</sup> <sub>CD</sub>
K.talan tölgy	193,16 ± 7,36 <sup>B</sup> <sub>F</sub>	182,68 ± 2,39 <sup>B</sup> <sub>B</sub>	155,39 ± 3,18 <sup>A</sup> <sub>D</sub>	162,63 ± 2,59 <sup>A</sup> <sub>DE</sub>	<b>214,41 ± 2,35<sup>C</sup><sub>EF</sub></b>
Nyár	92,82 ± 1,67 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	<b>159,29 ± 3,75<sup>DA</sup></b>	125,81 ± 1,48 <sup>B</sup> <sub>B</sub>	137,93 ± 6,32 <sup>C</sup> <sub>CD</sub>	130,53 ± 2,02 <sup>BC</sup> <sub>AB</sub>

3. táblázat: A levelek DPPH antioxidáns kapacitása (átlag ± szórás). A felső indexben lévő betűk az egy fajon belüli hónapok közötti szignifikáns különbséget, míg az alsó index betűjele az egy hónapon belüli, fajok közötti szignifikáns különbséget mutatja  $p < 0,02$  szinten. (IC<sub>50</sub>: milyen mennyiségű extraktanyag szükséges a reakcióelegyben lévő gyökök mennyiségének 50%-ra való csökkentéséhez).

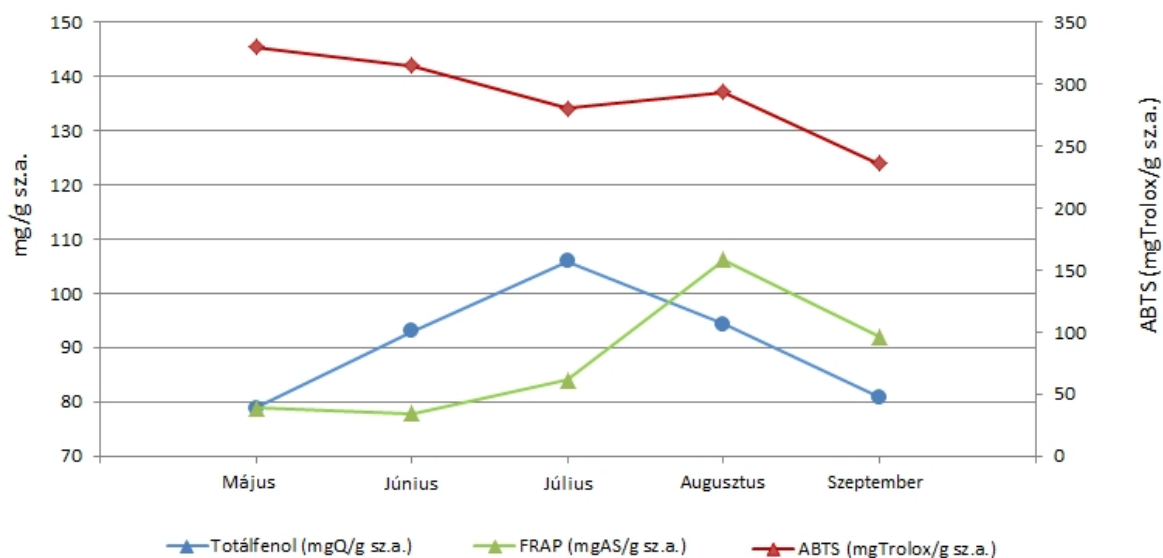
DPPH (IC <sub>50</sub> ) (µg/ml)					
Fajok	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Bükk	<b>10,47 ± 1,25<sup>AB</sup></b>	18,18 ± 1,92 <sup>C</sup> <sub>B</sub>	13,36 ± 0,63 <sup>AB</sup> <sub>CD</sub>	15,23 ± 1,04 <sup>BC</sup> <sub>E</sub>	11,35 ± 0,73 <sup>A</sup> <sub>CDE</sub>
Gyertyán	6,87 ± 0,39 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	6,37 ± 1,90 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	5,51 ± 0,85 <sup>A</sup> <sub>B</sub>	<b>4,63 ± 0,88<sup>A</sup></b>	4,69 ± 0,28 <sup>A</sup> <sub>A</sub>
Sz.geszténye	11,90 ± 4,21 <sup>A</sup> <sub>AB</sub>	9,17 ± 2,98 <sup>A</sup> <sub>AC</sub>	10,53 ± 2,16 <sup>A</sup> <sub>AC</sub>	<b>7,05 ± 0,66<sup>A</sup></b> <sub>ABC</sub>	9,02 ± 0,30 <sup>A</sup> <sub>BCD</sub>
Akác	11,63 ± 1,73 <sup>A</sup> <sub>AB</sub>	18,16 ± 0,35 <sup>BC</sup> <sub>B</sub>	<b>10,19 ± 0,70<sup>A</sup></b> <sub>AC</sub>	22,79 ± 4,50 <sup>C</sup> <sub>F</sub>	12,51 ± 1,23 <sup>AB</sup> <sub>DE</sub>
Molyhos tölgy	8,16 ± 1,49 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	7,82 ± 0,35 <sup>A</sup> <sub>A</sub>	8,05 ± 0,38 <sup>A</sup> <sub>AB</sub>	<b>7,49 ± 0,78<sup>A</sup></b> <sub>ABC</sub>	8,41 ± 0,43 <sup>A</sup> <sub>ABCD</sub>
Korai juhar	6,59 ± 0,81 <sup>AB</sup> <sub>A</sub>	8,21 ± 0,66 <sup>B</sup> <sub>A</sub>	7,32 ± 0,44 <sup>AB</sup> <sub>AB</sub>	6,36 ± 0,31 <sup>A</sup> <sub>AB</sub>	<b>6,30 ± 0,46<sup>A</sup></b> <sub>AB</sub>
Csertölgy	<b>6,02 ± 0,93<sup>A</sup></b>	7,58 ± 0,35 <sup>AB</sup> <sub>A</sub>	7,21 ± 0,47 <sup>AB</sup> <sub>AB</sub>	6,20 ± 0,47 <sup>A</sup> <sub>AB</sub>	8,38 ± 0,89 <sup>B</sup> <sub>ABC</sub>
Kocsányos t.	10,86 ± 2,42 <sup>A</sup> <sub>AB</sub>	<b>10,34 ± 2,68<sup>A</sup></b> <sub>AC</sub>	10,35 ± 0,59 <sup>A</sup> <sub>AC</sub>	10,67 ± 1,20 <sup>A</sup> <sub>BCD</sub>	11,11 ± 1,81 <sup>A</sup> <sub>CDE</sub>
K.talan tölgy	9,16 ± 2,06 <sup>BC</sup> <sub>AB</sub>	14,53 ± 1,38 <sup>D</sup> <sub>BC</sub>	7,73 ± 0,67 <sup>AB</sup> <sub>AB</sub>	11,74 ± 0,22 <sup>CD</sup> <sub>CDE</sub>	<b>5,02 ± 0,40<sup>A</sup></b> <sub>AB</sub>
Nyár	29,98 ± 2,69 <sup>A</sup> <sub>C</sub>	24,40 ± 1,61 <sup>A</sup> <sub>D</sub>	26,57 ± 1,58 <sup>A</sup> <sub>E</sub>	15,70 ± 0,14 <sup>B</sup> <sub>DE</sub>	<b>13,97 ± 2,11<sup>B</sup></b> <sub>E</sub>

Az 1. ábrán a gyertyán paraméterei láthatók. Mivel a gyertyán rendelkezett a legmagasabb totálfenol-tartalommal és legjobb antioxidáns kapacitással értékekkel, a levél kivonatából elvégeztük az antioxidáns vegyületek részletes azonosítását HPLC-MS/MS technikával (2. ábra).

A gyertyán levél kivonatában a polifenolok széles skálája megtalálható. Legjelentősebb azonosított vegyületszámok a katechinek ((+)-katechin, (-)-epikatechin, (epi)gallokatechin, procianidin B dimerek), a fenolos savak (klorogénsav izomerek, sziringinsav, vanillinsav és észterek), galluszsav, ellagsav, és ezek metilezett származékai, észterek (hidrolizáló tanninok), valamint a flavonoid glikozidok (kvercetin-, miricetin-, izorhamnetin-, kämpferol-, apigenin-, luteoin-hexozidok, pentozidok, ramnozidok) voltak (HOFMANN et al., nem közölt eredmények).

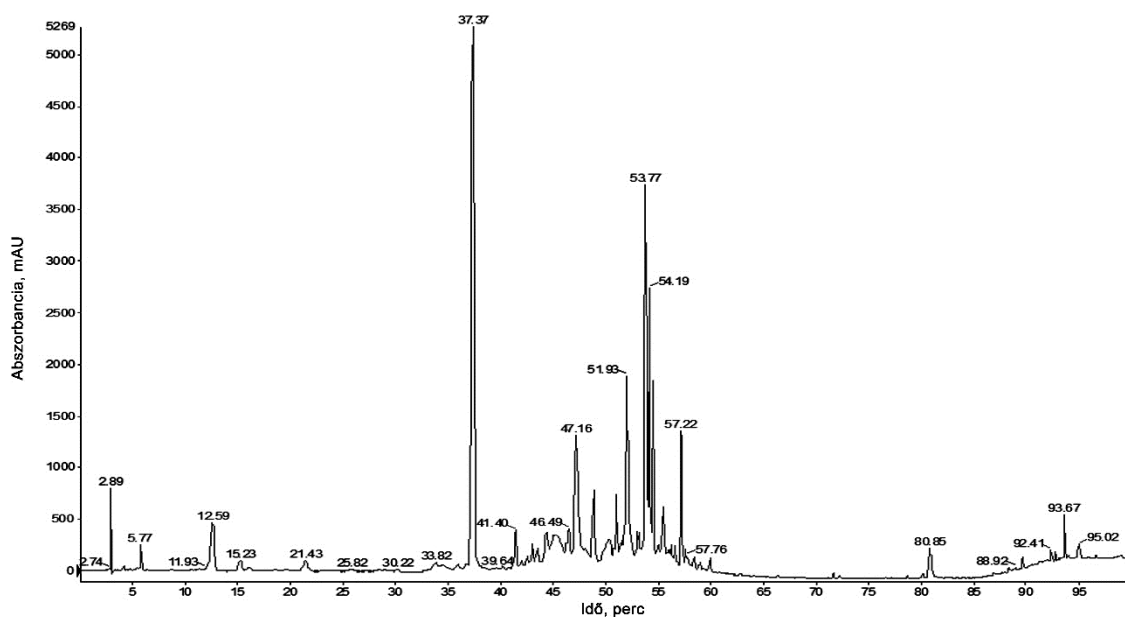
4. táblázat: A levelek FRAP antioxidáns kapacitása (átlag  $\pm$  szórás). A felső indexben lévő betűk az egy fajon belüli hónapok közötti szignifikáns különbséget, míg az alsó index betűjele az egy hónapon belüli, fajok közötti szignifikáns különbséget mutatja  $p < 0,05$  szinten.

FRAP (mg aszkorbinsav/g sz.a.)					
Fajok	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember
Bükk	30,26 $\pm$ 1,60 <sup>ABC</sup>	40,13 $\pm$ 0,71 <sup>CB</sup>	36,40 $\pm$ 0,53 <sup>BA</sup>	36,71 $\pm$ 0,63 <sup>BC</sup>	<b>53,10 <math>\pm</math> 1,53<sup>DE</sup></b>
Gyertyán	78,79 $\pm$ 0,39 <sup>ABG</sup>	77,89 $\pm$ 1,21 <sup>AF</sup>	84,04 $\pm$ 2,67 <sup>BG</sup>	<b>106,24 <math>\pm</math> 3,10<sup>DI</sup></b>	92,08 $\pm$ 1,21 <sup>CFG</sup>
Sz.gesztenye	80,24 $\pm$ 1,94 <sup>CG</sup>	71,71 $\pm$ 3,37 <sup>BE</sup>	62,85 $\pm$ 2,57 <sup>AE</sup>	83,86 $\pm$ 2,28 <sup>CG</sup>	<b>93,28 <math>\pm</math> 0,39<sup>DG</sup></b>
Akác	34,93 $\pm$ 2,20 <sup>BC</sup>	32,20 $\pm$ 0,49 <sup>BA</sup>	40,55 $\pm$ 2,63 <sup>ABC</sup>	11,59 $\pm$ 0,72 <sup>AA</sup>	<b>51,41 <math>\pm</math> 1,87<sup>DB</sup></b>
Molyhos t.	48,93 $\pm$ 2,20 <sup>AD</sup>	80,38 $\pm$ 2,58 <sup>CF</sup>	67,03 $\pm$ 2,12 <sup>BEF</sup>	<b>96,18 <math>\pm</math> 1,83<sup>DH</sup></b>	79,56 $\pm$ 3,46 <sup>CD</sup>
Korai juhar	46,19 $\pm$ 0,63 <sup>AD</sup>	47,85 $\pm$ 2,54 <sup>AC</sup>	50,05 $\pm$ 1,82 <sup>AD</sup>	64,75 $\pm$ 1,37 <sup>BF</sup>	<b>69,27 <math>\pm</math> 3,45<sup>BC</sup></b>
Csertölgy	<b>106,86 <math>\pm</math> 2,73<sup>CH</sup></b>	70,39 $\pm$ 1,94 <sup>AE</sup>	69,23 $\pm$ 2,28 <sup>AF</sup>	92,60 $\pm$ 2,87 <sup>BA</sup>	87,61 $\pm$ 1,54 <sup>BEF</sup>
Kocsányos t.	60,34 $\pm$ 3,20 <sup>CE</sup>	51,21 $\pm$ 1,82 <sup>BC</sup>	43,09 $\pm$ 2,93 <sup>ABC</sup>	48,78 $\pm$ 0,65 <sup>BE</sup>	<b>82,77 <math>\pm</math> 6,37<sup>DE</sup></b>
K.talan tölgy	68,59 $\pm$ 4,20 <sup>EF</sup>	58,64 $\pm$ 2,11 <sup>AD</sup>	64,21 $\pm$ 2,52 <sup>ABEF</sup>	67,55 $\pm$ 1,43 <sup>BF</sup>	<b>85,92 <math>\pm</math> 1,79<sup>CDE</sup></b>
Nyár	21,68 $\pm$ 2,19 <sup>AA</sup>	40,33 $\pm$ 3,12 <sup>BB</sup>	38,59 $\pm$ 1,27 <sup>AB</sup>	45,19 $\pm$ 0,92 <sup>CDE</sup>	<b>47,88 <math>\pm</math> 1,51<sup>CAB</sup></b>



1. ábra: A gyertyán levél kivonat totálfenol-tartalma és antioxidáns kapacitása





2. ábra: A gyertyán levél kivonat UV (250 - 380nm) kromatogramja

#### 4. Összefoglalás

Munkánk során 10 magyarországi lombhullató fajfaj leveleinek totálfenol-tartalmának és antioxidáns kapacitásának összehasonlító vizsgálatát végeztük el a vegetációs időszak során. Megállapítottuk, hogy a levelek totálfenol-tartalma általában késő nyáron/kora ősszel volt a legmagasabb, míg az antioxidáns kapacitás értékek nem minden esetben követték ezt a tendenciát. Mivel a DPPH-, FRAP- és ABTS- módszerek esetében bizonyos típusú antioxidánsok „láthatatlanok” maradnak a mérés során (módszerek eltérő szelektivitása), ez is magyarázhatja azt, hogy maximum-értékeik más-más időpontban voltak. Az egymást kiegészítő módszerek együttes alkalmazása fontos, hogy megfelelő képet kaphassunk a növényi részek komplex antioxidáns tulajdonságairól.

A legjobban teljesítő fajok a gyertyán (TF, ABTS, FRAP, DPPH), molyhos tölgy (TF), szelídgesztenye (ABTS), csertölgy (FRAP) és kocsányos tölgy (DPPH) voltak. Az összességében legjobb eredményt mutató gyertyán esetében elvégeztük az extraktumok HPLC-MS/MS vizsgálatát, és számos polifenolt azonosítottunk. Munkánk hiánypótlásnak is tekinthető, hiszen a gyertyán levelének polifenolos összetételét eddigi ismereteink szerint még nem írták le.

Jövőbeni céljaink között szerepel, hogy a gyakorlati felhasználás szempontjából is vizsgáljuk a kivonatokat. Gombaállósági- illetve más biológiai tesztek is szeretnénk elvégezni a kivonatokkal.

*Köszönetnyilvánítás* – A kutatás a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával és a VKSZ\_12-1-2013-0034 Agrárklíma.2 pályázat finanszírozásával készült.

#### *Irodalomjegyzék*

- BENZIE I. F. F. és STRAIN J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. - *Analytical Biochemistry* 239: 70-76.
- IQBAL S. és BHANGER M. I. (2006): Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. - *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 544-551.

- NEBEHAJ E., STEFANOVITS-BÁNYAI É., HOFMANN T. (2013): Falevelek totálfenol tartalmának és antioxidáns értékének meghatározása különböző fajok esetében. – NymE, EMK, Kari Tudományos Konferencia, Sopron (H), 2013.12.10, p. 45.
- SHARMA O. P. és BHAT T. K. (2009): DPPH antioxidant assay revisited. – Food Chemistry 113: 1202-1205.
- SINGLETON V. L. és ROSSI J. A. (1965): Colometry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. - American Journal of Enology and Viticulture 161:144-158.
- STRATIL P., KLEJDUS B., KUBAN V. (2007): Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. - Talanta 71: 1741-1751.