

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**TERMÉSZETKÖZELI ERDŐGAZDÁLKODÁS LEHETŐSÉGEI A SZATMÁR-
BEREGI SÍK ERDEIBEN**

Szalacsi Árpád

Témavezetők:

Dr. Király Gergely, egyetemi tanár

Dr. Veres Szilvia, egyetemi docens



DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen
2018

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az emberiség erdőhöz való viszonya az elmúlt évszázadokban jelentős változásokon ment át. A folyamatos változások háttérében a tulajdonviszonyok változása mellett erdei javak egyre szűkösebb rendelkezésre állása és a napjainkban egyre nyilvánvalóbb társadalmi változások állnak. Az erdőfenntartás 200 éve megfogalmazott alapeszméje nem változott: ne csökkenjen az erdőterület, ne csökkenjen az erdőből évről évre kitermelhető faanyag mennyisége. A társadalom elvárásainak középpontjában, az erdő környezetvédelemben, valamint természetvédelemben betöltött szerepe áll. Az utóbbi egy-két évtizedben egyre több erdészben születik meg az a felismerés, hogy a vágásos erdőgazdálkodás csak az ültetvényszerű erdeinkben követendő módszer, természetszerű erdeinkben más módszert kell alkalmazni. Az ókori egyiptomiak mondása, mely szerint „Az út maga a cél”, az erdőgazdálkodásra - a rendkívül hosszú termesztési ciklusok miatt – minden más ágazathoz képest fokozottan érvényes. Jelenlegi erdőkezelésünk olyan erdőgazdálkodási eljárásokat preferál, melyek az erdő védelmi, közjóléti funkcióit helyezi előtérbe úgy, hogy a faanyagról sem mond le. Napjainkra egyértelművé vált, hogy a jövő útja csak a természet közeli erdőgazdálkodás lehet, amelyben a biológusok, az ökológusok közös, az erdőért aggódó nézete éppúgy szerepel, mint az erdészeink jól megfontolt biológiai-ökonómiai ismeretei. Az erdő életébe csak oly módon lehet beavatkozni, hogy annak épségét, működőképességét az ne zavarja, maradandó sebeket ne hagyjon rajta. Ezt csak folyamatos erdőborítás mellett, a természetes erdőciklusok utánzásával lehet elérni.

Dolgozatom célja az eddigi hagyományos, vágásos szemléletű, fatermesztés orientált erdőgazdálkodásunkhoz képest egy új típusú sokrétűbb tudásanyagot igénylő módszer ismertetése, mely jelentős kihívás a jövő gondolkodó és cselekvő erdésze részére. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a síkvidéki, kötött talajú keményfás ligeterdők, gyertyános tölgyesek ez irányú ismeretanyaga rendkívül szegényes, így a dolgozat sem egy konkrét receptet ad az ilyen szemléletű erdőkezelésre, hanem egy keretet próbál nyújtani más hasonló jellegű területek problémáira, amelyen belül a területet jól ismerő erdész kollégáknak kell a konkrét beavatkozásokat megfogalmazniuk. Célkitűzésem továbbá a módszer helyességét alátámasztó ökofiziológiai paraméterek értékelése az érintett újulat ökofiziológiai plaszticitásának széles körű vizsgálatával.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. Kutatási terület bemutatása

A vizsgált területek a Felső-Tisza vidék középtájban, a Szatmár-Beregi síkon helyezkednek el (Bockerek-erdő). Szomszédos kistájak még a Rétköz és a Bodroghöz is. Az erdészeti táj besorolás szerint a Nagyalföld erdészeti tájcsoporthoz Szatmár-Beregi síkság táján találhatók. A Szatmár-Beregi síkság földrajzi elhelyezkedését tekintve a Kraszna, Tisza vonalától keletre fekvő területet jelenti, mely tájegységnek jelentős része átnyúlik az országhatáron és több kistájra tagolható. A terület 96,4 és 223,0 m közötti tengerszint feletti magasságú, leginkább ártéri szintű, az ármentesítések előtt árvizekkel elöntött tökéletes síkság, ahol két jelentősebb kiemelkedést a tarpai Nagy-hegy (155,6 m) és a barabási Kaszonyi-hegy (223,0 m) jelenti.

A táj éghajlata átmeneti jellegű, a mérsékelt meleg és a mérsékelt hűvös éghajlati öv határán fekszik. Egyrészt az Alföld kontinentális klímája, másrészt a Kárpátok montán klímája mutat jól észrevehető hatást. A kontinentalitás elsősorban a hőmérsékleti maximumok és minimumok közötti (50 °C) eltérésekből jól látszik. A csapadékvizszonyok is sokkal kedvezőbbek, mint a Nagyalföldön. A sokévi átlag 625 mm, a relatív páratartalomról értéke nyáron több mint 70 %.

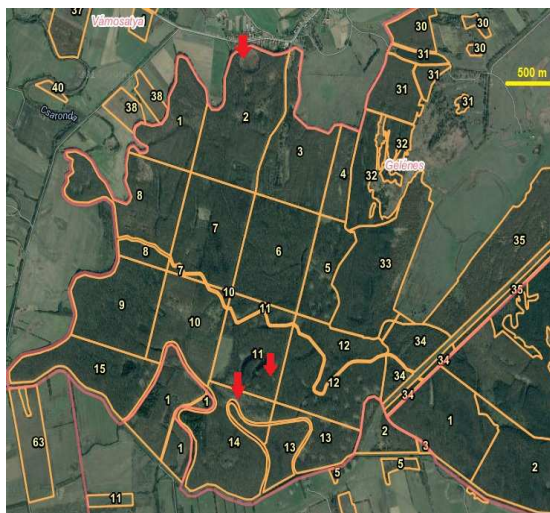
A Bockerek-erdő esetében a szintkülönbség mindössze 2-5 m között változik. A táj lassú, feltöltődése a folyók elöntéséből származott. A kisebb-nagyobb folyók hordaléka hónapokon keresztül az elöntött területeken tartózkodott, így abból a legfinomabb üledék, az agyag is ki tudott ülepedni. Az iszaposabb hordalékok azonban inkább a fás vegetáció megtelepedésének kedveztek, így alakultak ki az öntés erdőtalajok. A klimatikus viszonyok a legmagasabb térszínen a barna erdőtalajok egyes típusainak kialakulását tették lehetővé, nevezetesen az agyagbemosódásos barna erdőtalajt és az agyagbemosódásos pszeudo-glejes barna erdőtalajt.

2.2. Alkalmazott módszerek

2.2.3. Az aljnövényzet- és újulatvizsgálatok terepi módszerei

A vizsgálatok pontos helyszíne

A vizsgálatokra a Szatmár-Beregi-sík erdészeti tájban, a Gelénes és Vámosatya települések között elhelyezkedő Bockerek-erdőben, a Gelénes 2/B, 11/H és 14/A erdőrészekben került sor. A Bockerek-erdő a Szatmár-Beregi Tájvédelmi Körzet része, védett és fokozottan védett területrészekkel (a vizsgált részekből a 11/H fokozottan védett). A Bockerek-erdőben 3 mintaterület-csoportot jelöltünk ki a 2003 óta a területen alkalmazott felújítógáz újulatszerkezetre és az aljnövényzetre gyakorolt hatásnak vizsgálata érdekében. A 2/B erdőrészlet (nem csak a Bockerek-erdőben, hanem az egész Szatmár-Beregi-síkon) az egyetlen, amelyben a kísérleti felújítógáz több lépése megvalósult, így ezt mindenképpen vizsgálni kívántuk. Ezen kívül, a 2/B részlet tapasztalatainak alapuló újabb lékes felújítógáz első fázisát volt módunkban felvételezni a 11/H, 14/A erdőrészekben, ahol már a beavatkozás üzemi jelleggel zajlott (1. ábra).



1. ábra A kutatási terület elhelyezkedése (Gelénese, Bockerek). A vizsgált erdőrészeket piros nyilak jelölik.

A terepi felvételezés módszerei, az adatok értékelése

A terepi felméréseket 2012-ben végeztük el. A mintaterületek minden esetben 30 m^2 -es kör alakú foltok voltak, amelyek középpontját karóval állandósítottuk a későbbi újrakereshetőség érdekében. A már végleges méreteit elért 2/B erdőrészt felújítási területén úgy helyeztük el a véletlenszerű mintákat (3×6 , összesen 18 db), hogy azok reprezentálják a belső (2003-ban végvágott, BK), a középső (2003-ban megbontott, 2007-ben végvágott, KöK) és külső (2007-ben megbontott, 2011-ben végvágott, KüK) területrészt. A 14/A részletben 2009-ben, a 11/H részletben 2011-ben létesített lécek közül 3-3-at vizsgáltunk, mégpedig léckenként 3-3 ismétlésben (a lék D-i árnyas, középső és É-i napos szeletében). A már végleges méretét elért felújítás (az itt elérhető kis mintaszám ellenére) vizsgálatunk fontos eleme, hiszen a térségben egyedül itt tudjuk tanulmányozni a beavatkozás hosszabb távú hatásait. Minden mintakör esetében egy-egy áprilisi és júliusi időpontban felvételeztük a növényzet összetételét. Az újulatban a 2 m-es magasságot meg nem haladó fa- és cserjefajokat egyedszám szerint jegyeztük fel (az ápolások során visszavágott, de élő egyedeit is beszámítva). A lágyszárúszint esetében a fajonként borítást a terepen A-D értékkel rögzítettük, majd a belső feldolgozás alkalmával ezeket (az A-D kategóriák középértékének megfelelően) százalékra váltottuk át. A tavaszi és nyári aszpektusban megállapított értékek közül a nagyobbat vettük számításba az értékelések során. Az aljnövényzet borítását a terepen A-D értékekkel becsültük (Jakucs és Précsényi 1981). A fajok szociális magatartástípusát Borhidi (1993) alapján határoztuk meg. A későbbi értékelések során – a Borhidi-féle szociális magatartás-csoportok alapján – megkülönböztettünk egy „erdei” fajcsoportot, amelybe a generalista, kompetitor és specialista fajokat, ill. egy „gyom” fajcsoportot, amelybe a különböző zavarástűrő csoportok képviselőit soroltuk be. A jelentős részesedésű szociális magatartás-típusú csoportok változásainak értékelése során kétváltozós t-próbát alkalmaztunk.

2.2.4. Az ökofiziológiai mérések módszertan

A növényi anyag

Az ökofiziológiai vizsgálatokhoz kétféle lékméretben történtek. Egyrészt a Bockerek-erdő Gelénes 2F jelű erdőrésztébe lévő 180 méter átmérőjű nagyobb lékben (NL), másrészt a Gelénes 11H erdőrésztet 3db 15m átmérőjű kisebb lékeiben (KL). A vizsgálati időszakok kora tavasszal és a nyár folyamán történtek, a nagyobb lékben 2012. április 24-26; 2012. augusztus 13-13., 2014. július 9-11, a kisebb lékekben 2012. július 6-10 és 2014. július 10-13 voltak. Mindkét méretű lék és az erdőbelső (EB) esetében a következő, két domináns fafaj újulatait vizsgáltuk: kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.), és Közönséges gyertyán (*Carpinus betulus* L.). A nagy lék esetében elsősorban a belső körében (BK) lévő egyedek vizsgálatára koncentráltunk, melyek fény-és árnyékleveleket is mértünk, továbbá a külső kör (KüK) egyedeit. Ugyanakkor a nagy lék középső (KöK) és külső (KüK) körének talajviszonyait is vizsgáltuk. A kis lékekben különböző égtáji kitettségen (észak, dél, kelet, nyugat) lévő egyedek ökofiziológiai paramétereinek összehasonlítását is elvégeztük.

A vizsgálati évek klimatikus viszonyai

A vegetációs időszakok időjárási viszonyainak jellemzésére a havi csapék és havi átlaghőmérséklet értékeit használtuk. Az esetleges szárazság számszerű jellemzésére a klímaindexek közül a Bagnouls-Gaussen-féle (1953) xerotermikus indexet használtuk.

Talajnedvesség tartalom meghatározása

A talaj nedvességtartalmának meghatározását a növényi mintákhoz hasonlóan termogravimetriás módszerrel végeztük. A szabadföldi mérési és mintavételi napjain dél körül, 12-14h körül vettünk talajmintát 0-30 cm mélységből háromszoros ismételten a lékek közepe táján és az erdőbelsőben. A nagyobb lékben a belső körön kívül a két külső gyűrűből (KöK és KüK) is vettünk talajmintát.

Elemtartalom meghatározása

A talaj elemtartalmának meghatározásához az induktív csatolású plazma optikai emissziós (ICP-OES) méréseket IRIS Intrepid II XSP ICP-OES (Thermo Electron Corporation, Németország) típusú készülékkel végeztük háromszoros ismételten.

Növényi szárazanyag tartalom jellemzése

A növények szárazanyag tartalmát termogravimetriás módszerrel határoztuk meg. A mérésekhez OHAUS Explorer (Svájc) típusú analitikai mérleget használtunk. A növény szárazanyag tartalom illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület (specific leaf area=SLA) értékét használtuk (Garnier et al., 2001).

Fotoszintetikus pigmentek meghatározása

Relatív klorofill tartalom mérése

A relatív klorofill tartalom mérését (SPAD-index) SPAD-502 (Minolta, Japán) klorofill mérővel végeztük.

A fotoszintetikus pigmentek mennyiségi és minőségi vizsgálata

A fotoszintetikus pigmentek, azaz a klorofill-a, -b és a karotinoid tartalom meghatározásához a friss levelekről Moran és Porath (1989) módszere szerint vontuk ki. A klorofill-a, -b és a karotinoid mennyiségét Wellburne (1994) képlete alapján számoltuk ki.

Klorofill fluoreszcencia indukció paramétereinek mérése

Az *in vivo* klorofill fluoreszcenciát, a klorofill fluoreszcencia indukció gyors és lassú szakaszát (Schreiber et al., 1986) PAM 2000 típusú fluorométerrel (WALZ GmbH, Németország) vizsgáltuk.

Az eredmények feldolgozásához és a statisztikai elemzésekhez Microsoft Excel 2010, és SigmaPlot 12.0. programokat használtuk.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1. Az aljnövényzet- és újulatvizsgálatok eredményei

Kijelenthető, hogy mindhárom erdőrészletben zárt, többszintes, erősen árnyaló gyertyános-tölgyes faállományok alatt viszonylag fejletlen gyepszint kialakulása jellemző. Két próbaképpen felvett 400 m²-es (hagyományos) cönológiai felvételben (Gelénes 2/A, közvetlenül szomszédos a 2/B-vel) 24, ill. 32 lágyszárú fajt találtuk 15, ill. 20% összborítás mellett. Itt a kora tavaszi aszpektus néhány faja (pl. *Anemone* sp., *Corydalis* cava) nagyobb borítást érhet el, a későbbi aszpektusok viszont (az árnyalás miatt) fajszegények és alacsony borításúak. E kép kialakulását a terület nagyvad-állománya is befolyásolja.

A Gelénes 2B erdőrészletben kialakított felújítási területen a három lékfázisban (2003, 2007 és 2011-es években végvágott részek) összesen 90 lágyszárú faj, a Gelénes 11/H és 14/A részletek korai fázisú lékjeiben összesen 120 lágyszárú faj, az újulatban pedig 17 fásszárú faj előfordulását mutattuk ki. A lágyszárú fajszámban jelentkező különbség oka viszonylag egyszerűen magyarázható, a 2/B erdőrészletben ugyanis termőhelyileg meglehetősen egységes 5 mintaterületen, míg a másik két részletben nagyobb területen elszórt, termőhelyileg változatos 18 mintaterületen gyűjtöttünk adatokat. A nagyobb fajszám kialakulásában az is közrejátszott, hogy a 11/H és 14/A részletek lékjai kétkorúak (1 és 3 évesek) voltak a felméréskor. A már végleges méretű felújításon (Gelénes 2/B) a kezdeti kiugró fajszám fokozatosan, szignifikánsan csökkent. A csökkenésért elsősorban az erdő felnyílása során közvetlenül megjelenő gyomfajok ütemes eltűnése a felelős (az eltűnést az élő fajok megjelenése és kompetitív hatása okozza). Az erdei fajoknál a kezdeti visszaesés az árnyékigényes fajok visszaszorulásából adódik (ezek esetében viszont várható, hogy a későbbi sűrűség vagy vékonyrudas fázis zárt állományaiban ismét megjelennek). A borításértékek

változásból kevesebb jól megalapozott következtetés vonható le, ezek közé tartozik az újulat (fiatalos) záródásában a 9. évre egyértelműen megjelenő árnyalás hatása. A felújítás során erdőművelési, vagy természetvédelmi szempontból veszélyes gyomok csekély mértékben jelentek meg. Az első fázisban a később gyorsan eltűnő *Conyza canadensis*, míg a későbbi fázisokban a *Calamagrostis epigeios* szerepe említhető. E pozitívan megítélhető eredményben a kíméletes (talajsebzéseket nem okozó) termelés és a gyorsan záródó, megfelelő újulat mellett feltehetően az is szerepet játszott, hogy a Bockerek erdőtömbjében ezen fajok nem rendelkeznek nagy, összefüggő állományokkal.

A Gelénes 11/H és 14/A erdőrészletek felújítógágásainak első fázisú lékjeiben azoknak a déli (árnyas), középső (részben benapozott) és északi (benapozott) oldalán készült felvételeket elemeztük. A lékek kora (1 és 3 év), ill. azok mérete (750 és 1500 m²) tekintetében érdemi eltérést nem találtunk a lágyszárú növényzet fajösszetétele és dominanciaviszonyai tekintetében. A felvételekben talált magas fajszám (120 faj) oka az, hogy a lékekben egyaránt megtalálhatóak voltak az árnyéktűrő erdei és a fényigényes zavarástűrő fajok, amely egy nagyobb vágásfolton már egyértelműen az utóbbi fajoknak kedvezett volna. Amennyiben a léken belüli különböző pozíciók lágyszárú növényzetét vizsgáljuk, feltűnő, hogy az erdei fajok nagyjából azonos fajszámmal voltak jelen a lékek különböző mértékben benapozott részein, ezzel szemben borításuk a déli (árnyas) részen szignifikánsan magasabb volt a középső és északi lékterületnél. A gyomjellegű fajok száma és borítása a lék középső részén szignifikánsan magasabb volt a lék szélén tapasztaltnál. Az északi (benapozott) lékterületen tapasztalt viszonylag alacsony (átlagosan 66%-os) lágyszárú borítást nem magyarázhatjuk a kimagasló újulat-záródással, a jelenség valószínűleg az erdei és magaskórós lágyszárúak számára lokálisan túl napos és száraz termőhellyel áll összefüggésben.

A lékekben összesen egy védett növényfajt figyeltünk meg (*Gagea spathacea*), amely (a vad elleni kerítésnek köszönhetően) a lékekben lényegesen nagyobb denzitással került elő, mint a szomszédos erdőállományok alatt. Az érintett erdőrészletek és közvetlen szomszédságuk zárt gyertyános-tölgyeseiben ezen kívül *Dryopteris carthusiana*, *Platanthera* sp. és *Listera ovata* előfordulását mutattuk ki. E faj hiányát a lékekben készült felvételekben leginkább a véletlennek, mintsem a felújítógágás kedvezőtlen hatásának tulajdonítjuk.

3.2. Az újulat jellemzői

A Gelénes 11/H és 14/A erdőrészletek felújítógágásainak első fázisú lékjeiben készült felvételekben összesen 17 fa- és cserjefaj újulatát figyeltük meg. Ezek borítása az 1 éves lékekben 2-5, a 3 éves lékekben 15-80% között, az újulati egyedszám 30 m²-n az 1 éves lékekben 2-40, a 3 éves lékekben 50-600 között változott. Erdőművelési szempontból kiemelendő, hogy mind borítás, mind egyedszám tekintetében az elegyfajok voltak a meghatározók (*Acer campestre*, *Carpinus betulus*), de a 3 éves lékekben a gazdálkodó számára igen fontos *Quercus robur* is 1-60 közötti egyedszámmal valamennyi mintaterületen megvolt. A két erdőrészlet 6 mintaterületén a lékek különböző pozícióiban (árnyas D-i, középső, és erősen benapozott É-i) talált újulatszám a felújítás szempontjából fontos *Quercus robur* és *Carpinus betulus* esetében egyaránt a lékek középső részén volt a legalacsonyabb, míg a tölgy esetében az É-i (benapozott), a gyertyán esetében a D-i (árnyas) mintaterületen volt a legmagasabb. A D-i (árnyas) oldal gyertyán-tömege sugallja, hogy különösen ezen a részen újulatápolás

nélkül a tölgynek nem sok esélye van. Érdekes adalék, hogy a terület zárt erdeiből hiányzó pionír fajok (*Populus alba*, *Salix caprea*) a minták több mint 50%-ában szerepeltek. A Gelénes 2/B erdőrészlet már végleges kontúrjait elért felújítási területén a tendenciák hasonlóak, azaz az elegyfajok (főleg *Carpinus betulus*, ill. a cserjék közül *Cornus sanguinea*) nagy vitalitást mutatnak, de arányuk a felújítás előrehaladtával csökken. A *Quercus robur* egy kivétellel az összes mintaterületen előkerült, a belső (9 éves körben) pedig (egyedszámban nem, de méretben és pozícióban) már meghatározó szerepű volt. E pozíciós dominancia az ápolások következménye, azaz a tölgy szerepét itt a sikeres természetes felújításon (és foltokban mesterséges kiegészítésén) kívül a tudatos, extenzív erdőművelés is segítette. A külső (1 éves) felújítási körben a felvételek felében volt jelen a tölgy, itt kizárólag természetes újulatból.

3.3. Az ökofiziológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük

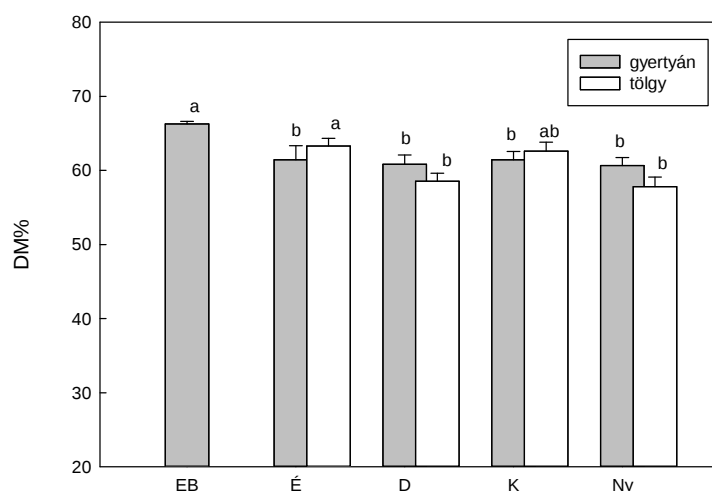
3.3.1. A növények szárazanyag tartalmának változása

A vizsgált fajok viszonylag magas szárazanyag tartalommal (DM%) rendelkeznek (1. táblázat). Tavasszal az erdő belső és a lék belső körében lévő egyedek szárazanyag tartalma között nincs szignifikáns különbség. Tölgy újulat az erdő belsőben gyakorlatilag nem található, főleg nem adott területen megfelelő ismétlésszámban.

1. táblázat Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek szárazanyag tartalma (DM%) tavasszal (2012. április) és nyáron (2012. augusztus) (n=6, $\pm$ s.e.) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; Kük: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat)

	tavasz		nyár			
	EB	BK	EB	BK	Kük	
				fénylevél	árnyéklevél	
gyertyán	68,35 $\pm 0,2$	69,1 $\pm 0,2$	54,9 $\pm 1,3$	48,9 $\pm 0,3$	55,9 $\pm 1,6$	44,6 $\pm 0,6$
tölgy	n.a.	73,7 $\pm 0,1$	n.a.	48,4 $\pm 0,6$	54,9 $\pm 1,4$	46,9 $\pm 2,1$

Eredményeink szerint tavasszal a lék belsejében lévő tölgy szárazanyag tartalma 7%-kal nagyobb, mint a gyertyánnak. Nyáron ez a különbség eltűnik mind az árnyék, mind a fénylevelek tekintetében a fajok között. Mindkét fajnál az árnyéklevelek szárazanyag tartalma 12-13%-kal nagyobb, mint a fény leveleknél. Az árnyék-toleráns fajok levelei, illetve az árnyéklevelek nagyobb szárazanyag tartalommal, nagyobb sűrűséggel jellemezhetőek, mely tulajdonságok hozzájárulnak a nagyobb fizikai és a kártevők elleni védelemhez, melyek meghatározók a levél-élethossza tekintetében. A 2014-es év nyarán a kisebb lékek esetében a lék égtáj szerinti különböző kitettségű részén élő egyedekről is gyűjtöttünk mintát, melyek szárazanyag tartalmának változását tölgy és gyertyán esetén a 2. ábra mutatja be.



2. ábra A lék különböző égtáj szerinti kitettségű (É: észak, D: dél, K: kelet, Ny: nyugat) részeiről és az erdő belsejéből (EB) származó tölgy és gyertyán egyedek leveleinek szárazanyag tartalma (DM%). ^{ab} különböző betűjelzések oszlopainak átlagai szignifikánsan különböznek ($p \leq 0,05$, $n=9$, $\pm s.e.$)

Az erdőbelsőből származó gyertyán levelek szárazanyag tartalma ($66,2\% \pm 0,3$) szignifikánsan különbözik a lék bármely helyéről származó levél szárazanyag tartalmától. Az innen származó egyedek leveleinek szárazanyag tartalma 8-10%-kal több, mint a lékből származó egyedeké. A lék különböző égtáji kitettségű részéről származó gyertyán egyedek leveleinek szárazanyag tartalma között nincs szignifikáns különbség. A tölgy esetében az északi és keleti kitettségű lékrészből származó egyedek levelei szignifikánsan nagyobb szárazanyag tartalmúak, a szárazanyag tartalom meghaladja a gyertyánnál mért értékeket is, ahogyan azt a 2012-es tavaszi eredményeknél láthattuk a nagy lék belső köre és a külső kör egyedeit értékelve. 2014 nyarán a nagy lék belső kör árnyék- és fénylevelét és külső kör gyertyán és tölgy egyedek leveleinek szárazanyag tartalmát is meghatároztuk, az eredményeket az 2. táblázat mutatja be. Az erdő belsejében gyűjtött gyertyán egyedek leveleinek szárazanyag tartalma a 2012-es évhez képest 2014-ben 18%-kal nagyobb volt, ami összességében a csapadékosabb nyárnak köszönhető.

2. táblázat Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek szárazanyag tartalma (DM%) (2014. július) ($n=6$, $\pm s.e.$) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; KÜK: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat) (tölgy-gyertyán értékek összehasonlítása ^a $p \leq 0,05$; árnyéklevel adathoz hasonlított értékek ^{**} $p < 0,01$; ^{***} $p < 0,001$)

	EB	BK		KüK
		fénylevél	árnyéklevél	
gyertyán	66,3 ±0,3***	44,1 ±1,8**	55,3 ±0,5	48,7 ±0,7***
tölgy	n.a.	49,2 ±0,9***, ^a	54,9 ±0,9	50,3 ±0,5***, ^a

A két faj leveleinek szárazanyag tartalma között szignifikáns különbség van a fényleveleket és a külső kör egyedeinek leveleit vizsgálva. Ugyanakkor az árnyéklevelek között nem mutatható ki jelentős különbség a szárazanyag tartalomba. Adott fajon belül, az árnyéklevelek értékeihez hasonlítva mind a fény-, mind a külső kör és az erdő belsejéből származó levelek szárazanyag tartalma szignifikánsan különbözik

mind a gyertyán, mint a tölgy esetében. Hasonlóan az irodalmi adatokhoz, és a 2012-es nyári eredményekhez az árnyéklevelek szárazanyag tartalma meghaladja a fénylevelekét. A két faj fény- és árnyéklevél szárazanyag tartalmát összehasonlítva a gyertyán esetében az árnyéklevelek szárazanyag tartalma 23%-kal magasabb 2012 nyarán és 21%-kal magasabb 2014 nyarán az árnyéklevelekhez képest. A tölgnél 2012-ben a különbség 22%, míg 2014-ben 11% különbség van csak az árnyék és fénylevelek szárazanyag tartalma között. A tölgy közismerten fénykedvelőbb faj, mint a gyertyán. A gyertyán az eddigi eredményeink alapján is árnyéktűrőbb, melynek azon túl, hogy könnyen terjedőek a magvai nagy szerepe van erdeink elgyertyánosodásában. Az újulat képződés szempontjából a gyertyán árnyéktűrő képessége előnyös, hiszen már kisebb méretű lékek, nyiladékok képződésénél is hatékony növekedésnek indulhat. Ugyanakkor erdészeti szempontból a gyertyán értéktelenebb, kisebb a használati értéke, kisebb a fatömeg produkciója, tömeges felújulása a tölgy és akár a bükk rovására erdeink nagymértékű értékcsökkenésével járna együtt. A fénynek, mint környezeti faktornak különösen nagy jelentősége van az újulat megtelepedésében, erdeinkben, az erdő belsőben a fény hozzáférhetősége az újulat számára elsődleges jelentőségű a megtelepedésben (Barbier et al., 2008). Diekmann (1996) és Götmark (2007) eredményei szerint a *Quercus robur* közepes fényigényt mutat, 30-50%-os fény hozzáférhetőségre van szüksége az optimális növekedéshez. Eredményeink szerint a klimatikusan kedvezőbb 2014-es évben a tölgy fénylevele mintegy 10%-kal több szárazanyag felhalmozásra volt képes, mint a gyertyán fénylevelei.

3.3.2. A növények specifikus levélterület (SLA) értékei

A növényi produkció, a növény szárazanyag tartalom illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület (specific leaf area=SLA) elismerten alkalmazható. Értéke a friss levél területének és annak a szárazanyag tartalmának a hányadosa tulajdonképpen két komponensből áll: levélvastagság és levélsűrűség. Az értéke fajok közötti eltérést mutat, de jól használható az egyes fajok különböző környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodásának jellemzésére is. A vizsgált két faj 2012 tavasz és nyár specifikus levélterület eredményeit az 3. táblázat mutatja be.

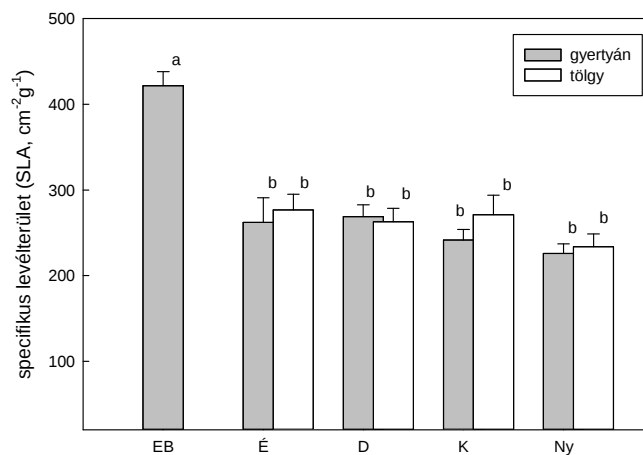
3. táblázat Tölgy és gyertyán újulat egyedeinek specifikus levélterülete (SLA, $\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$) tartalma tavasszal (2012. április) és nyáron (2012. augusztus) (n=6, $\pm$ s.e.) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; KÜK: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat)

	tavasz		nyár			
	EB	BK	EB	BK	KÜK	
SLA ($\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$)			fénylevél		árnyéklevél	
gyertyán	376,4 $\pm$ 4,3	393,5 $\pm$ 6,5	376 $\pm$ 1,2	239,8 $\pm$ 2,8	375,7 $\pm$ 39	182,1 $\pm$ 3,6
tölgy	n.a.	313,6 $\pm$ 0,4	n.a.	163,4 $\pm$ 7,2	289,3 $\pm$ 16	176,9 $\pm$ 6,2

A DM% eredményekkel összehangban tavasszal a nagy lék belső körében (BK) a tölgy esetében nagyobb az adott levélterületen felhalmozott szárazanyag mennyisége, mint a gyertyánál, mintegy 20%-os különbség állapítható meg. A nagyobb SLA érték nagyobb szárazanyaghoz viszonyított N tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitás jelent. Míg a szárazanyag tartalombeli fajok közötti különbség nyárra eltűnt, addig az SLA esetében ez csak a külső körre (KÜK) jellemző. A fény- és árnyékleveleknél is az adott területre vonatkoztatott szárazanyag tartalom mennyisége nagyobb, mint a

gyertyánál. A fénylevelek esetében a különbség nagyobb (32%), mint az árnyékleveleknél (23%) a fajok között. Árnyék és fény levelek SLA értékét összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy az árnyéklevelek SLA értéke mintegy 40%-kal magasabb mind a tölgy, mind a gyertyánál. A lombkorona árnyékoló hatása miatt lecsökken a besugárzás mértéke, elsősorban a látható fény tartományában. A fotoszintetikusan aktív fény mennyisége kisebb, valamint változnak mind a mennyiségi, mind a minőségi jellemzői a beeső fénynek. Az árnyéklevelek viszonylag vékonyak, alacsony a levél tömeg sűrűsége. Alacsony a paliszád parenchima sejtek egységni területre vonatkozó mennyisége. A fény mennyiségének növekedésével csökken az SLA értéke. Az SLA értéke fontos paraméter, összefüggésben áll azzal, hogy a megkötött kémiai energia milyen mértékben hasznosul a növény növekedésére és száraanyag felhalmozódására. Ugyanakkor az SLA értéke meglehetősen érzékeny a külső környezeti és a növény belső, funkcionális változásaira.

A kisebb lékek esetében (2014. nyár) a lék égtáj szerinti különböző kitétségű részén élő tölgy és gyertyán egyedek specifikus levélterület értékeit az 3. ábra mutatja be.



3. ábra A lék különböző égtáj szerinti kitétségű (É: észak, D: dél, K: kelet, Ny: nyugat) részéről és az erdő belsejéből (EB) származó tölgy és gyertyán egyedek leveleinek specifikus levélterület értéke (SLA, cm² g⁻¹). ^{ab} különböző betűjelzések oszlopainak átlagai szignifikánsan különböznek (p<0,05, n=9, ±s.e.)

Eredményeink szerint csak az erdőbelső gyertyán egyedeinek SLA értéke tér el szignifikánsan a többi értéktől, az égtáji kitétség függvényében nem mérhető szignifikáns különbség egyik faj esetében sem. Bartha és Raisz (2002) európai bükk taxonokon levelein végzett alaktani vizsgálatokat. Megállapította, hogy a levél koronán belüli elhelyezkedése: az égtáj szerinti kitétség is valójában a fényviszonyok eltérését jelentheti. Az északi fénylevél a délihez képest hosszabb, szélesebb, kerekdedebb, több az oldalere, rövidebb a nyele, kisebb mértékben szőrözött, és a legszélesebb része jobban el van tolódva a csúcsa felé. Hasonlóan különbözik az árnyéklevél a fénylevélétől, ugyanakkor tényleges, szignifikáns eredmény nem mérhető. 2014 nyarán a nagy lék belső kör árnyék- és fénylevél és külső kör gyertyán és tölgy egyedek leveleinek SLA értékét is meghatároztuk, az eredményeket az 4. táblázat mutatja be.

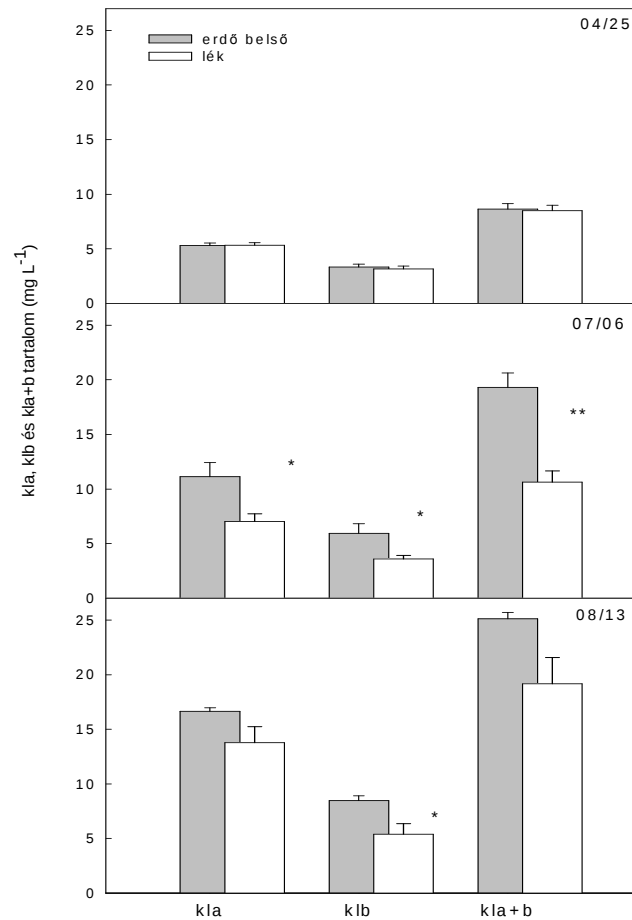
4. táblázat Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek specifikus levélterület (SLA, cm² g⁻¹), (2014. július), (n=6, ± s.e.) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; KüK: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat) (tölgy-gyertyán értékek összehasonlítása ^a p<0,05; árnyéklevél adathoz hasonlított értékek ^{**} p<0,01; ^{***} p<0,001)

	EB	BK		KüK
		fénylevél	árnyéklevél	
gyertyán	376±1,2***	144,9 ±5,1**	255,6 ±9,4	143,8 ±3,1**
tölgy	n.a.	121,6 ±1,4***, ^a	184,2 ±13***, ^a	129,5 ±4,5***, ^a

A két faj leveleinek SLA értéke között szignifikáns különbség van a fényleveleket, az árnyékleveleket és a külső kör egyedeinek leveleit vizsgálva. Adott fajon belül, az árnyéklevelek értékeihez hasonlítva mind a fény-, mind a külső kör és az erdő belsőből származó levelek SLA értéke szignifikánsan különbözik mind a gyertyán, mint a tölgy esetében. Az SLA értékének vizsgálata fontos, a levél elemtartalmával és a klorofill/nitrogén arányával együtt szoros összefüggést mutat a megvilágítás mértékével. A levél ezen jellemzői fontosak az adott fényintenzitás mellett a növekedés maximalizálásához, hiszen szorosan kapcsolódnak a fotoszintetikus kapacitáshoz és a növény szénforgalmához.

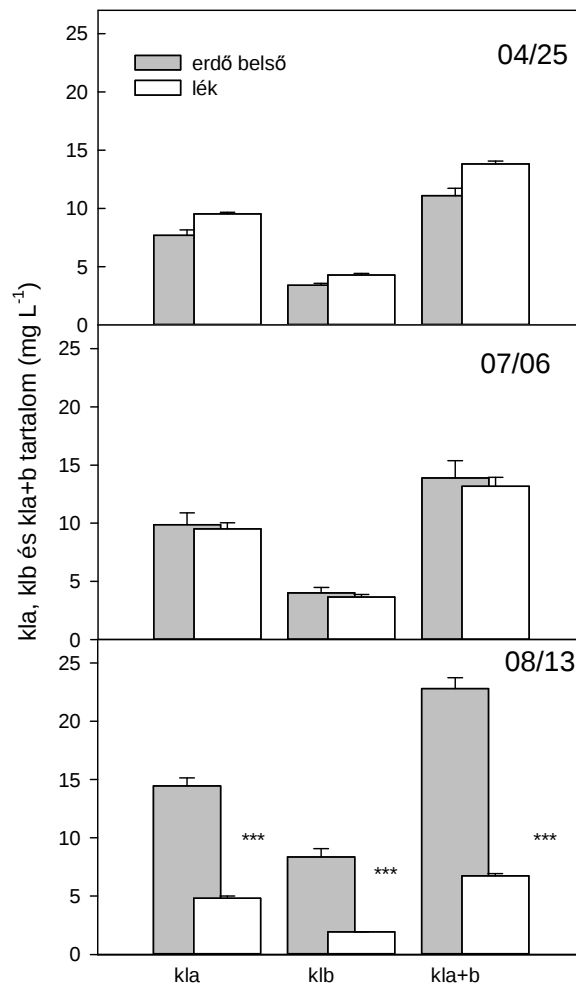
3.3.3. A fotoszintetikus pigmentek minőségi és mennyiségi jellemzői

A relatív klorofill tartalom mellett a klorofill-a és -b tényleges, szárazanyagra vonatkoztatott mennyiségi ellenőrzését is elvégeztük. A 4. ábra eredménye szerint a SPAD index értékeinek megfelelően a kora tavaszi periódusban nincs szignifikáns különbség az erdő belső és a nagy lék belső kör egyedeinek (fénylevél) klorofill-a, -b tartalma között tölgy egyedeket vizsgálva.



4. ábra A klorofill-a (kla), a klorofill-b (klb) és az összklorofill (kla+b) tartalom szezonális (április 25. (04/25); július 6. (07/06) és augusztus 13. (08/13)) változása kocsányos tölgy erdőbelsőben és lékben található egyedeinél. Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ $n=6$, $\pm s.e.$

A nyári, júliusi időpontra már szignifikáns különbség van a lék és az erdőbelső tölgy egyedek leveleinek összklorofill tartalma között, mely egyaránt köszönhető mind a klorofill-a, mind a klorofill-b tartalom lékben mért kisebb értékeinek. A nyitott lék tölgy egyedei esetében 40-46%-kal kisebb klorofill értékeket mértünk. Magas fényintenzitásnak kitett élőhelyen alacsonyabb klorofill tartalom a jellemző, kisebb a fénygyűjtő komplexek aránya is az alacsonyabb fényintenzitású termőhely, jelen esetben az erdő belső esetében. A harmadik mintavételi időpontban a júliuséhoz hasonló tendencia figyelhető meg, ugyanakkor csak a klorofill-b lékben csökkent mennyisége volt szignifikáns. A gyertyán klorofill tartalmának szezonális változását a 5. ábra mutatja be.



5. ábra A klorofill-a (kla), a klorofill-b (klb) és az összklorofill (kla+b) tartalom szezonális (április 25. (04/25); július 6. (07/06) és augusztus 13. (08/13)) változása gyertyán erdőbelsőben és lékben található egyedeinél. Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0.001^{***}$ $n=6$, $\pm s.e.$

A gyertyánál nincs szignifikáns különbség az erdőbelső és a lék egyedeinek klorofill tartalma között sem áprilisban, sem júliusban. Ugyanakkor augusztusban a lék egyedeinek klorofill tartalma 60-70%-kal kisebb, mint az erdőbelső egyedeinek, ami jóval nagyobb különbség, mint azt a tölgnél tapasztaltuk. A gyertyán esetében a klorofill-a tartalom is kevesebb a lékben, nemcsak a klorofill-b, mint a tölgnél. A klorofill-a tartalom csökkenése egyfajta, oxidatív stresszel szembeni szabályzó folyamat is lehet magas fényintenzitás esetében.

5. táblázat A klorofill-a és -b arányának (kla/klb) szezonális (április 25.; július 6. és augusztus 13.) változása kocsányos tölgy eltérő termőhelyein (erdő belső és lék belső (BK)). Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ $n=6$, $\pm s.e.$

kla/klb	április 25.	július 6.	augusztus 13.
Erdő belső	1,63 $\pm$ 0,01	1,78 $\pm$ 0,10	1,97 $\pm$ 0,12
Lék	1,71 $\pm$ 0,31	1,94 $\pm$ 0,11*	2,64 $\pm$ 0,10**

6. táblázat A klorofill-a és -b arányának (kla/klb) szezonális (április 25.; július 6. és augusztus 13.) változása gyertyán eltérő termőhelyein (erdő belső és lék belső (BK)). Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0.01^{**}$ $n=6$, $\pm$ s.e.

kla/klb	április 25.	július 6.	augusztus 13.
Erdő belső	1,44 $\pm$ 0,01	2,48 $\pm$ 0,06	1,75 $\pm$ 0,18
Lék	1,45 $\pm$ 0,01	2,61 $\pm$ 0,03	2,49 $\pm$ 0,12 ^{**}

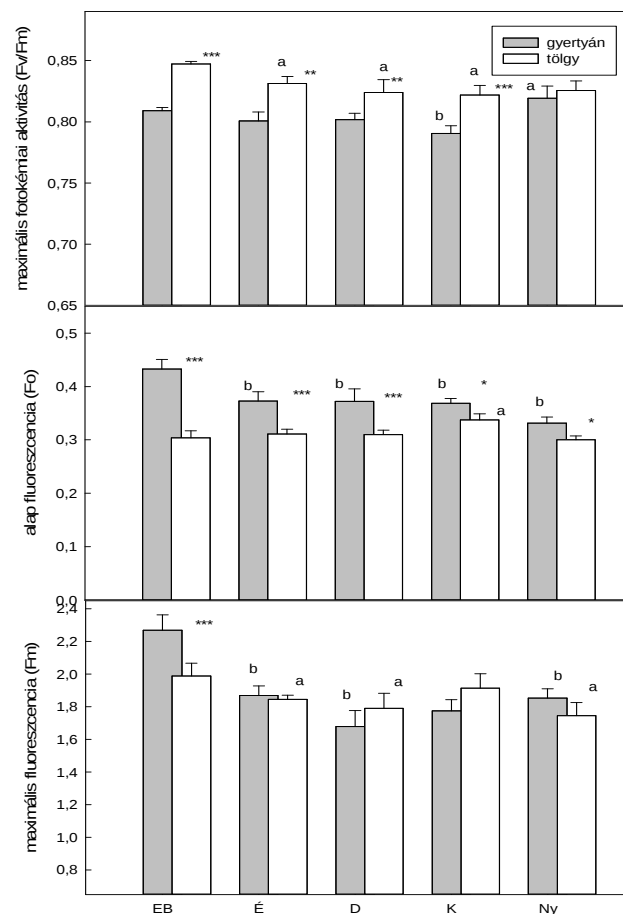
A klorofill-a és -b arány nő a nagyobb fényintenzitás következtében mind a tölgy, mind a gyertyán esetében (5. és 6. táblázat). Eredményeink szerint szezonálisan vizsgálva mindegyik mintavételi időpontban ezt tapasztaltuk, a különbség júliusban és augusztusban szignifikáns a tölgynél és augusztusban a gyertyánál. A lékben mért magasabb kla/klb arány elsősorban a kisebb klorofill-b eredményeknek köszönhető a tölgynél, a gyertyánál augusztusban a klorofill-a tartalom csökkenését is tapasztaltuk. Fény növényekre jellemzően alacsony szárazanyagra vonatkoztatott klorofill tartalommal jellemezhető a tölgy. A magas fényintenzitás mellett élő növényeknél ez azzal magyarázható, hogy az árnyéknövényekhez képest kloroplasztizukat kevesebb tilakoid jellemzi, valamint a kl a+b pigment-protein komplexek mennyisége is kevesebb.

A karotinoidok a növényi antioxidáns rendszer tagjai, a fotoszintetikus apparátus védelmében is lényeges szerepet töltenek be a karotinoidok. Általános tény, hogy a fény intenzitás növelésével intenzívebbé válik a fotoszintézis. Ugyanakkor fajtól – és akár fajtától függően – a nagyobb megvilágításnál a növény fotoszintetizáló rendszere telítődik, és bármekkora fényerősségnél sem képes még több szén-dioxid megkötésre. A feleslegben megkötött gerjesztési energia károsítóvá válhat a fotorendszer számára, szabadgyökök képződhetnek. Az árnyéklevelek karotinoid tartalma között nem mutatható ki faji különbség, ugyanakkor magas fényintenzitáson a tölgy magasabb karotinoid tartalommal jellemezhető, mely a magasabb fényintenzitáshoz való jobb alkalmazkodó képességéhez járul hozzá. A tölgy nagyobb fiziológiai plaszticitását támasztja alá, hogy a szárazabb nyarú 2012-es évben nagyobb karotinoid tartalmuk volt. Adott, magas fényintenzitás mellett megjelenő más stressztényező növeli a feleslegesen abszorbeált, potenciálisan károsító energiamennyiséget, melyek elleni védekezésben a karotinoidoknak fő szerepe van. Az eltérő égtáji kitettségről származó levelek karotinoid tartalma az erdőbelsőben, keleten és északon faji, szignifikáns különbséget mutat. A tölgy nagyobb karotinoid tartalommal (5-10%) jellemezhető, kivéve a déli kitettségen, de ott nem szignifikánsak a különbségek.

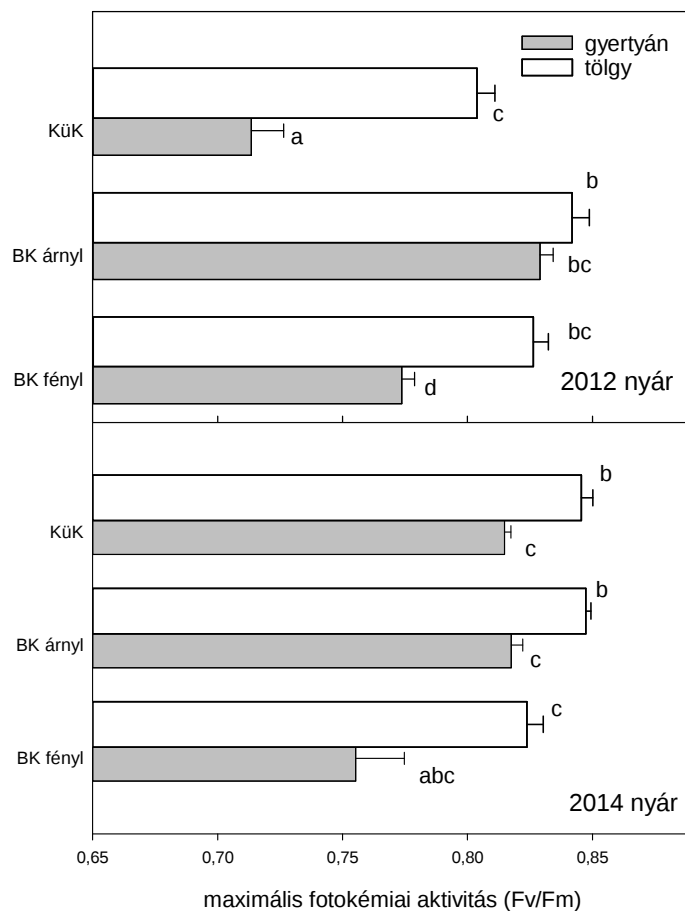
3.3.4. A klorofill-fluoreszcencia indukció paramétereinek változása

A feleslegesen megkötött fény hatásainak kivédésre a növények többféle mechanizmussal rendelkeznek, különböző szerveződési szinteken rövid- és hosszútávú alkalmazkodási mechanizmusokkal. A lék létrejövetele több abiotikus tényező változását is eredményezi. A léken belül és közvetlen környezetében az eredeti erdőhöz képest más fény-, hőmérséklet- és nedvességviszonyok alakulnak ki, melyek befolyásolják az újulat mennyiségi és minőségi kialakulását. A fajok fotoszintetikus hatékonysága, fiziológiai plaszticitásának mértéke fontos felújulási sikerességük tekintetében, hiszen a fotoszintézis a szárazanyag gyarapodást alapvetően meghatározó fiziológiai folyamat. Az egyes növényegyedek kiszakítva természetes környezetükből többnyire képesek alkalmazkodni az adott környezeti viszonyokhoz, főképp biokémiai, s részben anatómiai, morfológiai szinten akklimatizálódnak. Számos, molekuláris szintű

akklimatizációs mechanizmus ismert, ezek közül lényeges szerepe van a magas fényintenzitáson fő szerepet kapó nem-fotokémiai kioltó mechanizmusoknak. A nem-fotokémiai kioltó mechanizmusoknak a klorofill-klorofill és a klorofill-karotinoid kölcsönhatások megváltozása következtében a klorofilok felesleges gerjesztési energia kisugárzódásában, felhasználásában van szerepe. Ennek egyik módja a felesleges gerjesztési energia fény formájában történő visszasugárzása, mely a klorofill-fluoreszcencia. A visszasugárzás indukciós görbéjének jellegzetes pontjai alapján több, a fotoszintetikus rendszer működése és szerveződését jellemző paramétert írtak le (F_v/F_m , F_v/F_o , F_m/F_o). Így az F_v/F_m értéket is, mely a PS II potenciális/maximális fotokémiai hatékonyságát jellemzi. Széles körben alkalmazzák, mint indikátort a fotoszintetikus folyamatok gátlására. A klorofill-fluoreszcencia mérése széles körben alkalmazott gyors, *in vivo* és *in situ* eljárás díszfák és tűlevelűek esetében is. A tölgy egyedek maximális fotokémiai aktivitása (6. ábra) szignifikánsan nagyobb, mint a gyertyáné, kivétel a nyugati kitétség, ahol szintén nagyobb, de a különbség nem szignifikáns. Az eltérés értéke 5-7%, ami ennél az értéknél jelentősnek ítéltető. A maximális fluoreszcencia értékében nincs különbség a fajok között.



6. ábra A lék különböző égtáj szerinti kitétségű (É: észak, D: dél, K: kelet, Ny: nyugat) részéről és az erdő belsejéből (EB) származó tölgy és gyertyán egyedek leveleinek maximális fotokémiai aktivitása (F_v/F_m), az alap fluoreszcencia (F_o) és a maximális fluoreszcencia értéke (F_m). 2014. július, $n=9$, $\pm s.e.$, (^{a,b} szignifikáns különbség az EB és az égtájak között fajon belül (a=tölgy, b=gyertyán) $p \leq 0,05$ szinten; szignifikáns különbség a fajok között * $p \leq 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)



7. ábra A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek maximális fotokémiai aktivitása (Fv/Fm) 2012. és 2014. nyarán. (BK=belső kör; KüK=külső kör), a belső körben fény- (BK fényl) és árnyéklevelek (BK árnyl) vizsgálatával. n=9, $\pm$ s.e.; (az azonos betűkkel jelölt oszlop-átlagértékek között nincs szignifikáns különbség)

Mind a 2012-es, mind a 2014-es nyári időszakban a tölgy maximális fotokémiai aktivitása nagyobb, mint a gyertyáné. Az árnyékleveleknél kisebb a különbség mindkét évben, de a fénynek jobban kitett helyeken 10-12%-os különbség mérhető a tölgy javára. A 2012-es évben az Fv/Fm értékek általánosan alacsonyabbak, ugyanakkor ez 1-2%-os különbséget jelent a tölgy esetében és jellemzően nem szignifikáns a különbség. A gyertyán esetében több mint 10%-kal kisebbek a maximális fotokémiai aktivitás értékek a szárazabb 2012-es évben, főként a külső kör egyedeire jellemzően. Ekkor a talajnedvesség tartalom is kisebb, mint a belső körben, erre a gyertyán érzékenyebben reagált. A tölgy nagyobb ökológiai plaszticitását támasztja alá a karotinoid tartamon túl, hogy a szárazabb nyarú 2012-es évben is nagyobb maximális fotokémiai aktivitással jellemezhető. Adott, magas fényintenzitás mellett megjelenő más stressztényező növeli a feleslegesen abszorbeált, potenciálisan károsító energiamennyiséget, melyek elleni védekezésben a relatíve nagy mennyiségű karotinoidoknak fő szerepe van, így magas Fv/Fm érték fenntartására képesek. Az Fv/Fm értékek fajok közötti eltéréseinek oka, ahogyan azt a kisebb lécek vizsgálatánál is tapasztaltuk az Fo, azaz az alap fluoreszcencia értékének a különbözősége. Szezonálisan értékelve a vizsgált újulat fiziológiai plaszticitását a klorofill-fluoreszcencia mérések paraméterei alapján a 2012-es és 2014-es nyári adatokat hasonlítottuk össze (7. táblázat)

7. táblázat Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek klorofill-fluoreszcencia paraméterei (PS II potenciális/maximális fotokémiai hatékonysága (F_v/F_m), a PSII aktuális fotokémiai hatékonysága (Yield), elektron transzport ráta (ETR), fotokémiai és a nem-fotokémiai klorofill fluoreszcencia kioltó folyamatok aránya (qP/qN), relatív fluoreszcencia csökkenés (R_{Fd})) 2012 és 2014 nyarán a nagyobb lék belső körében lévő egyedeinek árnyék (árnyl) és fénylevelein (fényl) mérve. A különböző betűjelzések adott soron belüli átlagok szignifikáns különbségét jelzik $p \leq 0,05$ szinten ($n=3, \pm$ s.e.).

	2012				2014			
	Gyertyán		Tölgy		Gyertyán		Tölgy	
	fényl	árnyl	fényl	árnyl	fényl	árnyl	fényl	árnyl
F_v/F_m	0,77±0,02 ^a	0,83±0,01 ^b	0,81±0,01 ^b	0,84±0,02 ^b	0,79±0,0 ^a	0,80±0,03 ^a	0,83±0,02 ^b	0,85±0,01 ^b
Yield	0,16±0,02 ^a	0,11±0,02 ^a	0,36±0,02 ^b	0,27±0,01 ^c	0,3±0,07 ^b	0,23±0,03 ^c	0,47±0,05 ^d	0,39±0,07 ^b
ETR	103±10 ^a	70±14 ^b	231±14 ^c	175±6 ^d	196±51 ^d	151±20 ^e	308±35 ^f	257±43 ^c
qP/qN	0,43±0,04 ^a	0,25±0,05 ^b	0,83±0,07 ^c	0,63±0,03 ^d	0,74±0,2 ^d	0,54±0,08 ^a	1,3±0,5 ^f	0,91±0,18 ^f
R_{Fd}	2,83±0,5 ^a	2,27±0,5 ^a	2,84±0,2 ^a	2,02±0,5 ^b	2,54±0,2 ^a	2,75±0,1 ^a	2,75±0,4 ^a	2,76±0,3 ^a

A fajok között nincs jelentős különbség a maximális fotokémia aktivitás tekintetében, a gyertyán fénylevelei mutatnak alacsonyabb értéket a többihez képest mind a 2012-es, mind a 2014-es évben. Az aktuális fotokémiai hatékonyság értéke a tölgyénél nagyobb (átlagosan 50-60%-kal) mindkét vizsgálati évben. A fénylevelek ezen értéke nagyobb, mint az árnyékleveleké, a különbség az árnyéklevélhez képest nagyobb mindkét faj esetében a szárazabb 2012-es évben (gyertyán: 32%; tölgy: 25%), mint 2014-ben (gyertyán: 24%, tölgy: 18%). A 2014-es évben a fény- és árnyéklevél aktuális fotokémiai hatékonysága közötti különbség 8-7%-kal kisebb, ami a csapadékosabb időjárással magyarázható. Hasonló tendencia mutatható ki az elektron transzport ráta értékek között. A tölgy újulat fényleveleinek, a csapadékosabb 2014-es évben a legmagasabb az ETR értéke, ami a kiváló fény-akklimatizációs képességét támasztja alá. Valamivel alacsonyabb ez az érték a 2012-es évben, de ez általánosan jellemző a 2012-es ETR értékekre, hogy az elektron transzport gátlását mértük. A qP/qN arány értékelésénél arra a következtetésre juthatunk, hogy a fajok közötti különbségek oka 2012-ben, hogy a tölgyre jellemző fotokémiai munka (qP), azaz a szénhidrát termelésre fordítódó energia nagyobb, mint a gyertyánál. 2014-ben megmaradt a fajok közötti és az árnyék-, és fénylevelek közötti különbség, ugyanakkor a kapott magasabb értékek a kisebb nem-fotokémiai kioltó folyamatokat jelző qN érték eredménye. Az R_{Fd} érték alapján – mely vitalitási indexként is használható – a fajok között nincs eltérés, a 2012-es évben tölgy árnyéklevelek értékei mutatnak csak szignifikáns különbséget a többi értékhez képest. Az index jól használható a teljes fotoszintetikus folyamat, azaz a széndioxid fixálás aktivitásának értékeléséhez is. Eredményeik szerint a 2,5 és e feletti értékek megfelelő fotoszintetikus aktivitásra utalnak, 1 alatti érték pedig erős stresszhelyzetre. Ezek alapján a vizsgált körülmények között az újulat vitalitása megfelelőként jellemezhető.

A tézis irodalomjegyzéke

- Bagnouls, F., Gaussen, H. (1953): Les climats biologiques et leur classification. Annales De Geographie, 355: 193 – 220
- Barbier, S., Gosselin, F., Balandier, P. (2008): Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – a critical review for temperate and boreal forests. Forest Ecology Management, 254: 1–15

- Bartha, D., Raisz, Á. (2002): Összehasonlító vizsgálatok európai bükk taxonok levelein I. A levélalak-változatosság a lombkoronán belül. *Botanikai Közlemények*, 89(1-2): 49-64
- Diekmann, M. (1996): Ecological behaviour of deciduous hardwood trees in Boreonemoral Sweden in relation to light and soil conditions. *Forest Ecological Management*, 86: 1–14
- Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C., Laurent, G. (2001): A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology*, 15(5): 688-695
- Götmark, F. (2007): Careful partial harvesting in conservation stands and retention of large oaks favour oak regeneration. *Biological Conservation*, 140: 349–358
- Moran, R., D. Porath (1980): Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethyl formamide. *Plant Physiology*, 65: 478–479
- Schreiber, U., Schliwa, U., Bilger, W. (1986): Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthetic Research*, 10: 51-62
- Wellburn, A.R. (1994): The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144: 307-313

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Mindkét vizsgált faj (*Quercus robur*, *Carpinus betulus*) esetében a lékképzés eredményeképpen a magas fényintenzitás alacsonyabb SLA értéket eredményezett. Az erdőbelső alacsony fényintenzitása növelte az SLA-t, melynek fontos szerepe van abban, hogy az adott faj maximalizálja adott területre vonatkoztatott szén nyereségét.
2. Tavasszal a gyertyán nagyobb klorofill tartalommal rendelkezik, mint a tölgy. Ugyanakkor a később a vegetációs periódus során, nyáron a tölgy klorofill tartalma meghaladja a gyertyánét. A tölgy nagyobb fiziológiai plaszticitását támasztja alá, hogy a szárazabb nyarú 2012-es évben nagyobb karotinoid tartalmuk volt.
3. Az égtáji kitettség szerinti vizsgált paraméterek alapján az északi oldalon kedvezőbb elsősorban a tölgy egyedek fejlődése, erdészeti eredmények szerint is a lékben az északi oldalon biztosabban marad meg az újulat.
4. A klorofill fluoreszcencia paraméterek alapján is igazolható a tölgy magasabb fényintenzitáshoz való alkalmazkodó képessége. A nem-fotokémiai kioltó folyamatok nagyobb arány révén akklimatizációs képessége meghaladja a gyertyánét.
5. A cönológiai felvételekben talált magas fajszám oka az, hogy a lékekben egyaránt megtalálhatóak voltak az árnyéktűrő erdei és a fényigényes zavarástűrő fajok, amely egy nagyobb vágásfolton már egyértelműen az utóbbi fajoknak kedvezett volna. A léken belüli különböző pozíciók vizsgálatakor feltűnő, hogy az erdei fajok azonos fajszámmal voltak jelen a lékek különböző mértékben benapozott részein.
6. A vizsgált lékek különböző pozícióiban (árnyas D-i, középső, és erősen benapozott É-i) talált újulatszám a felújítás szempontjából fontos *Quercus robur* és *Carpinus betulus* esetében egyaránt a lékek középső részén volt a legalacsonyabb, míg a tölgy esetében az É-i (benapozott), a gyertyán esetében a D-i (árnyas) mintaterületen volt a legmagasabb. A D-i (árnyas) mintaterületeken a gyertyán dominancia csak ápolás segítségével korlátozható.
7. A vizsgált befejezett felújításon a kezdeti kiugró fajszám fokozatosan csökkent, amelyért az erdő felnyílása során közvetlenül megjelenő gyomfajok ütemes eltűnése a felelős.
8. A felújítás során erdőművelési, vagy természetvédelmi szempontból veszélyes gyomok csekély mértékben jelentek meg. E pozitívan megítélhető eredményben a kíméletes termelés és a gyorsan záródó, megfelelő újulat játszotta a főszerepet.
9. Botanikai és ökofiziológiai eredmények alapján megállapítható, hogy a lékekben az északi oldalon biztosabban marad meg az újulat.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. A kocsányos tölgy esetében a cseres és kocsánytalan tölgyes főfafajú állományok tapasztalatai korlátozottan alkalmazhatók a magas fényigény és konkurenciaérzékenység miatt.
2. A minél több fény bejuttatása érdekében a kör alakú lékek helyett az elnyújtott ellipszis alakot részesítsük előnyben. Ennek tájolása ÉNY-DNY-i, optimális mérete 0,15 ha legyen.
3. A lék nyitásával egyidejűleg a déli oldalon 1 fahossznyi (cca 30 m) 50-70%-os mértékű bontást kell végeznünk a nagyobb mértékű fény biztosításához. Ezáltal elősegítjük a további makktermést, illetve a benapozást. Zárt, többszintes állományoknál ez kifejezetten kívánatos.
4. A botanikai felvételezések és az ökofiziológiai vizsgálati eredmények alapján - melyek szerint az északi oldalon biztosabban marad meg az újulat – a lék bővítését észak felé javasoljuk folytatni, úgynevezett „süveg” alakban.
5. A lék megnyitását követően a 4-5. évben a lék É-i oldala mentén 25-30 m-es sávban (süveg) bontást végzünk, ezzel a záródást 50%-ra redukáljuk.
6. Gyakorlati szempontból fontos, hogy a csemeték nagymértékű fényigénye miatt a bontást követően megjelenő újulatról az anyaállományt minél hamarabb el kell távolítani.
7. A makktermések időszakosságát ill. az újulat fejlődését követve végvágunk, és a megkezdett alakban folytatjuk tovább a bontást és a végvágást. A 4 belenyúlással 15-20 év alatt éri el a felújításunk a 2 ha területet.
8. Üzemi méretekben az elegyfajok visszaszorítása nem kivitelezhető.
9. Amennyiben a főfafaj újulata hiányos, akkor mesterséges kiegészítést javasolt végezni helyi, genetikailag azonos szaporítóanyaggal, fészkes makkvetéssel. A bontás ebben is segít, a bővebb makkterméssel.
10. A természetvédelmi szempontokra is figyelve a lékek között mindig marad vissza érintetlen rész – hagyásfa csoport.



Nyilvántartási szám: DEENK/298/2017.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Szalacsi Árpád
Neptun kód: KI3X3N
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10054873

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

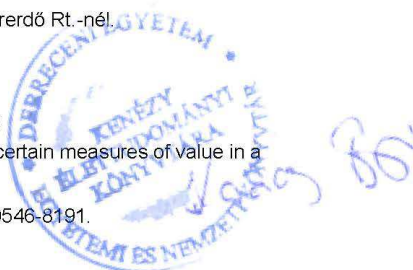
1. **Szalacsi, Á.**: Természetközeli erdőgazdálkodás Szatmár-Beregben.
In: A Bockerek-erdő. Szerk.: Bartha Dénes, Vidéki Róbert, Nyírerőd Nyírségi Erdészeti ZRt.,
Nyíregyháza-Sopron, 263-268, 2008. ISBN: 9789630659727

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

2. **Szalacsi, Á.**, Király, G., Veres, S.: Síkvidéki gyertyános-tölgyes uralkodó fafajainak fiziológiai
plaszticitása lékvágásos felújítás következményeként.
Agrártud. közl. 68, 99-105, 2016. ISSN: 1587-1282.
3. **Szalacsi, Á.**, Veres, S., Király, G.: Adatok a síkvidéki gyertyános-tölgyesek erdőműveléséhez:
lékes felújítógáz alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai és növényzeti hatásai a Szatmár-
bereg síkon.
Erdtud. közl. 5 (1), 85-99, 2015. ISSN: 2062-6711.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2015.006>
4. **Szalacsi, Á.**, Király, G., Veres, S.: Fotoszintetikus paraméterek szezonális változása lékvágásos
erdőgazdálkodás következményeként.
Agrártud. közl. 63, 133-136, 2015. ISSN: 1587-1282.
5. Ivánczi, J., **Szalacsi, Á.**: Vonalkódos rönkazonosítás a Nyírerőd Rt.-nél.
Erd. lapok. 137 (2), 44-45, 2002. ISSN: 1215-0398.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

6. **Szalacsi, Á.**, Veres, S., Ványiné Széles, A.: Evaluation of certain measures of value in a
pedunculate oak forest.
Növénytermelés. 64 (Supp1), 229-232, 2015. ISSN: 0546-8191.





Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

7. **Szalacsi, Á.**, Király, G., Veres, S.: A folyamatos erdőborítás fenntartásának növényélettani háttere.

In: LVI. Georgikon Napok, Nemzetközi Tudományos Konferencia: Programfüzet / [közread. a] Pannon Egyetem Georgikon Kar, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 407-413, 2014. ISBN: 9789639639591

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (1)

8. **Szalacsi, Á.**, Veres, S., Király, G.: Természetközeli erdőgazdálkodás lehetőségei a Szatmár-beregi sík gyertyános-kocsányos tölgyeseiben.

In: V. Kari tudományos konferencia : a konferencia előadásainak és posztereinek kivonatai : 2015. október 21.. Szerk.: Bidló András, Facskó Ferenc, Nyugat-magyarországi Egyetem K., Sopron, 17-18, 2015. ISBN: 9789633342374

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetria ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.09.28.

