

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Nagy János
egyetemi tanár

Témavezetők:

Dr. Király Gergely, egyetemi tanár
Dr. Veres Szilvia, egyetemi docens

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

Készítette:

Szalacsi Árpád
doktorjelölt

Debrecen
2018

TERMÉSZETKÖZELI ERDŐGAZDÁLKODÁS LEHETŐSÉGEI A SZATMÁR- BEREGI SÍK ERDEIBEN

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztési és kertészeti tudományokban

Írta: Szalacs Árpád okleveles erdőmérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája Növénytermesztési és
Kertészeti Tudományok Programja keretében

Témavezetők: Dr. Király Gergely, egyetemi tanár
Dr. Veres Szilvia, egyetemi docens

Az értekezés bírálói:

<i>Név</i>	<i>Tudományos fokozat</i>	<i>Aláírás</i>
Dr. Csajbók József	PhD	
Dr. Gabnai Ernő	PhD	

A bírálóbizottság:

<i>Név</i>	<i>Tudományos fokozat</i>	<i>Aláírás</i>
Elnök:		
Tagjai:		
.....		
.....		
.....		

Az értekezés védésének időpontja:

TARTALOM

RÖVIDÍTÉSEK, JELÖLÉSEK JEGYZÉKE	5
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. A síkvidéki tölgyes gazdálkodás erdőművelési lehetőségei	8
2.2. A törvényi szabályozás változása és helyzete, különös tekintettel a természetvédelem és erdőgazdálkodás konfliktusaira	11
2.3. Lékvágásos erdőfelújítás ökofiziológiai háttere	12
2.4. Környezeti tényezők változása lékvágásos felújítás hatására	13
2.4.1. Az abiotikus környezeti stressztényezők által kiváltott növényi válaszok	15
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	18
3.1. A kutatási terület bemutatása	18
3.1.1. A táj domborzati viszonyai	18
3.1.2. Geológiai viszonyok kialakulása	18
3.1.3. A táj éghajlata	19
3.1.4. A táj hidrológiai viszonyai	19
3.1.5. A táj talajviszonyai	20
3.2. Alkalmazott módszerek	21
3.2.1. Az aljnövényzet- és újulatvizsgálatok terepi módszerei	21
3.2.2. Az ökofiziológiai mérések módszertan	24
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKESELÉSÜK	31
4.1. A Szatmár-Beregi-sík gyertyános tölgyeseinek erdőművelés-erdőgazdálkodási története	31
4.2. Az aljnövényzet- és újulatvizsgálatok eredményei	33
4.2.1. Az aljnövényzetben bekövetkező változások	33
4.2.2. Az újulat jellemzői	37
4.3. Az ökofiziológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük	39
4.3.1. A vizsgálati évek klimatikus viszonyainak értékelése	39

4.3.2. A vizsgálati időpontok talajnedvesség értékei	42
4.3.3. A talaj elemtartalma	43
4.3.4. A növények szárazanyag tartalmának változása	44
4.3.5. A növények specifikus levélterület (SLA) értékei	47
4.3.6. A fotoszintetikus pigment tartalom változása	49
4.3.7. A klorofill-fluoreszcencia indukció paramétereinek változása	60
4.4. Lék-vágás: egyedi felújítási módszer leírása, indoklása, előnye és korlátai	69
5. KÖVETKEZTETÉSEK.....	72
6. ÖSSZEFOGLALÁS	75
7. SUMMARY	76
8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	78
8. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK	80
10. IRODALOMJEGYZÉK	81
11. ÁBRÁK JEGYZÉKE	95
12. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	99
13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	101
14. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN	102
15. NYILATKOZATOK.....	104
16. MELLÉKLETEK	105

RÖVIDÍTÉSEK, JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

rövidítés/jelölés	jelentés
árnyl	árnyéklevél
BK	nagy lék belső kör
DM%	szárazanyag tartalom %-a
EB	erdős belső
FVB	felújító vágás bontó vágása
fényl	fénylevél
GY	gyertyán
KL	kis átmérőjű lék
KöK	nagy lék középső kör
KST	Kocsányos tölgy
KüK	nagy lék külső kör
LHC	fénygyűjtő komplex
LHCII	2-es fénygyűjtő komplex
MJ	Mezei juhar
NFGY	növedékfokozó gyérítés
NL	nagy átmérőjű lék
PS	fotorendszer
PSI	1-es fotorendszer
PSII	2-es fotorendszer
SLA	specifikus levélterület
SZV	szálaló vágás
TRV	tarvágás

“A kísérlet egy kérdés, amivel a tudomány fordul a Természet felé,
a mérés a Természet válaszának regisztrálása”
Max Planck

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

Az emberiség erdőhöz való viszonya az elmúlt évszázadokban jelentős változásokon ment át. A folyamatos változások háttérében a tulajdonviszonyok változása mellett az erdei javak egyre szűkösebb rendelkezésre állása és a napjainkban egyre nyilvánvalóbb társadalmi változások állnak. Az ember eleinte ösztönösen, majd később egyre tudatosabban használta ki az erdők gazdasági hasznát, tevékenységével az erdők zavartalan működését korlátozta. Ezt az emberi behatást „erdőkielésnek”, erdőelésnek nevezték, nevezhetjük ma is. Az erdők gazdasági hasznát nem csak az értékes faanyag jelentette, hanem beletartozott az erdei gyümölcsöktől kezdve, az erdei legeltetés, makkoltatás, sőt az erdei alom összegyűjtése is. Ráadásul ezt úgy tették, hogy a jövővel mit sem törődtek, melynek eredményeként teljesen kiélt, letarolt erdők keletkeztek. Az erdők kihasználásával állapotuk egyre romlott, és a XVIII. század végére, XIX. század elejére kialakult a tervszerű erdőhasználatok időszaka, miszerint a leromlott erdők átalakítását mezőgazdasági növénytermesztési módszerekkel kezdték megoldani. Így a vetés-aratás mintájára kialakult az a vágásos erdőgazdálkodás, amely még napjainkban is a fő erdőhasználati mód. Az ekkori erdőgazdálkodást már a tartamosság jellemezte, miszerint az erdőből nem lehetett több fát kitermelni egy adott időszak alatt, mint amennyit gyarapodott az idő alatt, sőt az erdők felújításáról is gondoskodni kellett. Ez idő tájt az erdő megannyi termékéhez képest a faanyag hasznosítás elsődlegessé vált, s napjainkban is meghatározó elem. Az erdőfenntartás 200 éve megfogalmazott alapeszméje nem változott: ne csökkenjen az erdőterület, ne csökkenjen az erdőből évről évre kitermelhető faanyag mennyisége. Napjaink társadalmának erdővel kapcsolatos nézetei egyre szélesebb körben látnak napvilágot. A társadalom elvárásainak középpontjában, az erdő környezetvédelemben, valamint természetvédelemben betöltött szerepe áll. Az utóbbi egy-két évtizedben egyre több erdőszben születik meg az a felismerés, hogy a vágásos erdőgazdálkodás csak az ültetvényyszerű 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. Az ilyen elvárásokat kielégítő erdőgazdálkodási formák létjogosultságához, amelyeknek a korábbi évtizedekben már voltak szakmai előzményei, (pl. Roth Gyula kísérlete, a pilisi szálalóvágások, európai Pro-Silva mozgalom) nem férhet kétség. A gyakorló erdész mindennapjai során is vélemények kereszttüzeiben áll. Erdész szakmánk több száz éves ismeretanyaga sem elég a laikusok biztonságával megfogalmazott vélemények magyarázására és kívánságaik teljesítésére. Számos hibás megjegyzést – mint például rablógazdálkodás, erdőirtás, ész nélküli letarolás – vissza kell utasítani, helyette a figyelmet a szakkifejezések egységes értelmezésére, a közös gondolkodásra kell fordítani. 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.

Jelen 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. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A síkvidéki tölgyes gazdálkodás erdőművelési lehetőségei

A kocsányos tölgy legfontosabb erdőművelési jellemzői az alábbiak:

- állományai jól differenciálódnak,
- növekedése tartós, életkora magas,
- sarjadzó és visszaszerző képessége jó,
- képes utóhajtásokat növesztetni,
- ágtisztuló képessége jó,
- fiatalon igen lassan nő,
- hajlamos a böhöncösöedésre,
- hajlamos fattyúhajtások képzésére,
- érzékeny a kései és korai fagyokra,
- a vad erősen károsítja (Koloszár, 2010)

A kocsányos tölgy erdőművelési problémáit elsősorban az erős fényigénye, fiatalkori lassú növekedése, fagy érzékenysége valamint a vad károsítása okozza (Frank, 2015).

A tölgygazdálkodás az Alföldön egyre nehezebb körülmények közé került, a megváltozott éghajlati ezáltal termőhelyi körülmények miatt. A klímaelőrejelzések szerint Európában növekszik az átlaghőmérséklet és a csapadék eloszlásának változékonysága, továbbá fokozódik a száraz időszakok száma és erőssége is (IPCC, 2013). Helyileg, az Alföldön ezt leginkább a Tisza által „hajdan látogatott”, ill. felszín alatti víz utánpótlásának megszűnése okozza. Ezért szíken tölgygazdálkodásról nem igen beszélünk, itt inkább talajvédelmi, talaj-javítási, átalakítási funkció jöhet szóba. A löszön lévő erdőssztyepp zónájú tölgyesek a hegységek lábainál nem bírnak jelentőséggel. Homokon eddig azért állhatott tölgy, mert volt alatta víz, ami mára az eltelt több mint másfél évszázad alatt eltűnt. (Lásd: Tisza szabályozás). Víz nélkül ezért igen nehezen működik. Bréda és munkatársainak eredményei szerint (2006) a talajvíz hiány a gázcserenyílások bezáródásához vezet, mely csökkentve a levél hűtését annak károsodásához vezet. Ugyanakkor a gázcserenyílások vízhiány miatti záródása egyidejűleg káros hatással van a fotoszintetikus gázcserére és a tápanyagok transzportjára is (Barigah et al., 2013;

McDowell, 2011; Mészáros, 1998). A fiziológiai állapot gyengülése másodlagos biotikus stressz megjelenését is okozza igen gyakran (Bréda et al., 2006). Természetes felújulás egész KözépEurópában csak helyenként működik (Löff et al., 1998), felújításuk mesterségesen megoldható, különböző talajművelési-ápolási eljárásokkal (Saha et al. 2012). Részleges talajelőkészítés, lazítás: barna erdő- réti- és csernozjom talajokon lehet sikeresebb, gyengén humuszos homokon már kevésbé. Sikereségüket a megfelelő elegyek (mezei-, tatár juhar, néhány cserje: csíkos kecskerágó, galagonya, stb.) társításával javíthatjuk. A természetes úton történő erdőfelújítás nem mondható sikeresnek. A szaporítóanyag (makk, csemete) olyan extrém (vízhiány, - jelenlévő inváziós fajok: kései meggy, zöld juhar-, fény- és gyökér konkurencia) körülmények közé kerül, amit nem tud elviselni. Az elmúlt évtizedekben az észlelhető klímaváltozást leszámítva erdővédelmi problémák is nehezítették a kocsányos tölgyes gazdálkodást, melyek egymással akár összefüggésben is lehetnek. Így komoly szélterések, hernyórágások, aszályok okoztak hatalmas károkat a síkvidéki tölgyesekben. A nagyobb folyók völgyeiben illetve azoktól távolabb még hatásukat érvényesítő termőhelyeken alakult ki. A homoki, sziki illetve lösz tölgyeseknél itt kedvezőbbek a termőhelyi adottságok, ebből fakadóan több lehetőség nyílik a sikeres felújításra akár a mentett oldalon akár a hullámtéren is. Európai erdeinkben a kocsányos, kocsánytalan tölgyeknek és a bükknek nagyon fontos jelentősége van (Mátyás, 1996). A tölgyek ökológiai versenyképessége alacsonyabb a bükknél, ugyanakkor jobban tudnak alkalmazkodni a kedvezőtlen időjárási és talajt érintő körülményekhez (Mészáros et al., 2009; Thomas és Gausling, 2000). A kocsányos tölgnél elengedhetetlen kérdés a fényviszonyok kezelésének kérdése (Jarvis, 1964; Dech et al., 2008; Mészáros et al., 2007b). Diekmann (1996) és Götmark (2007) eredményei szerint fényigénye közepest, 30-50%-os fény hozzáférhetőségre van szüksége az optimális növekedéshez.

A mesterséges felújításoknál mára a teljes talajelőkészítés nem számottevő. Leginkább a részleges vagy pásztás talajelőkészítéseket alkalmazzák. Lazításos vagy pásztanyitások technológiával. Megbízhatóan nyújtják a sikerességet. Minden esetben fontos az elegyítés, a korábbi állományokból visszamaradó „genetikai lábnyom” miatt, könnyebb és biztosabb. Lehetőleg makkvetést kell alkalmazni, - ha van makk, nem kell sajnálni a vetésből! Optimális termőhelyen biztosítottak a természetes felújítás lehetőségei. Természetes felújítás esetén, legyen az bármelyik (FBV, SZV, lékes) felújítási mód is, elsődleges feladat a csemeték megfelelő időben és ütemben történő többlet fényhez való juttatása. Az erdősítések ápolása speciális tudást igényel mind az irányító, mind a végrehajtó részéről.

Jelenleg a nagyvad állomány miatt kerítés nélkül nem lehetséges sem a természetes, sem a mesterséges felújítást felhozni.

Síkvidéki tölgyesek esetében a tarvágást követő mesterséges felújítási mód volt a meghatározó. A fokozódó természetvédelmi és törvényi elvárásoknak megfelelően minden erdőtervezési körzetben előtérbe kellett helyezni a természetes erdőfelújítási eljárások alkalmazását. A síkvidéki tölgygazdálkodás tekintetében, fontos szempont, hogy különbséget kell tenni az eltérő termőhely típusokon található állományok között. Az elmúlt évtizedben a kocsányos tölgyesek természetes úton történő felújítására tett kísérletek bebizonyították, hogy vannak olyan részei az országnak, ahol alföldi körülmények között is lehetőség van ezen eljárások alkalmazására. Viszont az is elmondható, hogy vannak olyan területek, társulások (Pl.: homoki tölgyesek), ahol a természetes felújításra tett kísérletek nem hozták meg a tőlük elvárt eredményt. Ezek jellemzően határ termőhelyeken álló állományok. Itt mindenképp preferálandó a mesterséges erdőfelújítások alkalmazása. Fontos kiemelni azonban azt is, hogy azokon a területeken, ahol a természetes felújítások lehetőségei adóttak ott is a helyi adottságoknak megfelelő eljárásokat kell alkalmazni. Meg kell találni azokat a felújítási módokat, melyek mind a természetvédelem mind a gazdálkodó elvárásainak megfelelnek, és ami a legfontosabb, hogy felújítást követően olyan erdőt hozzunk létre mely az utókor számára is biztosítani tudja a belőle származó javakat. A megváltozó termőhelyi körülmények, valamint az érvényben lévő törvényi szabályozás egyre inkább beszűkíti a KST termesztés azt a fajta gyakorlatát, ahol az erdőgazdálkodó saját belátása szerint újítja fel erdeit.

A természetközeli erdőgazdálkodás célja természetközeli, vegyes korú, összetett szerkezetű erdők fenntartása az erdőkben zajló természetes folyamatok szimulálásával. Módszerei a természetes folyamatok szabályainak és hajtóerőinek mély ismeretén kell, hogy alapuljanak. A kezelt erdőkben a belső önszabályzás hiánya miatt az erdészeti kezelésnek kell a rendszer stabilitását biztosítania, a külső szabályzás mértékének, módjainak megfelelő megválasztásával (Führer, 2000; Hickey és Innes 2005; Turner et al., 2013).

A síkvidéki gyertyános-tölgyesek (más néven gyertyános-kocsányos tölgyesek) a Kárpát-medencében és szomszédságában klimatikusan határhelyzetben (a gyertyános-tölgyes régió peremén vagy azon kívül elhelyezkedő), inkább edafikus meghatározottságú erdőtársulások (Majer, 1968; Kevey, 2008). Erdőgazdálkodási szempontból a keményfás ligeterdőkkel együtt a minőségi tölgy fatermesztés legfontosabb helyszínei közé tartoznak. Ökológiai és természetvédelmi jelentőségük is kimagasló, ennek egyfajta eredőjeként a

Natura 2000 hálózat kiemelt közösségi jelentőségű élőhelyei (Haraszthy, 2014). Magyarországi térfoglalásuk ma is jelentős (35 ezer ha, Bölöni et al., 2011), bár ezen belül viszonylag magas a jellegtelen állományok aránya.

A síkvidéki gyertyános-tölgyesek állapotával a Kárpát-medencében és térségében kapcsolatban több aggasztó tendencia figyelhető meg (Bodor és Gencsi, 2001; Pernar et al., 2009). Ezek részben függetlenek az erdőgazdálkodástól (pl. állandósult talajvízszint-süllyedés számos tájon, vagy lágyszárú özönnövények terjedése), részben viszont egyértelműen kapcsolatban állnak vele, vagy hatnak rá (pl. erdővédelmi és erdőfelújítási problémák). Emiatt nem meglepő, hogy az állományok művelése az elmúlt 20 évben a hazai erdőgazdálkodás és természetvédelem egyik fő ütközőpontjává vált: túl sok erdészeti érdek és természetvédelmi érték kötődik ehhez a gyors változásban lévő életközösséghez (Baloghné et al., 2000).

A Szatmár-beregi-síkon a Nyírerdő Zrt. Fehérgyarmati Erdészete kezelésében lévő területeken a síkvidéki gyertyános-tölgyesek meghatározó szerepűek. A 2009-es Erdőtörvény előírásaival (pl. a folyamatos erdőborítás szorgalmazása) teljesen átalakította az addig lehetséges, uralkodó gazdálkodási szemléletet. Az erdészetet ez nem érte váratlanul, több kísérleti jellegű próbálkozás után a 2011-től kezdődő erdőtervezések során már üzemi szinten tettek javaslatot természetes kocsányos tölgyes felújítási módszer alkalmazására.

2.2. A törvényi szabályozás változása és helyzete, különös tekintettel a természetvédelem és erdőgazdálkodás konfliktusaira

Jelenleg hatályos 2009. évi XXXVII. „az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról” szóló törvény, háttérbe szorítva az erdő faanyagtermelő elsődleges rendeltetését, nagy hangsúlyt fektet erdeink természetességi állapotának megőrzésére, javítására, valamint arra, hogy az erdőgazdálkodás során lehetőleg minél természet közelebbi eljárásokat alkalmazzunk, ezzel próbálva megfelelni az egyre fokozódó természetvédelmi elvárásoknak.

Az erdőtörvény 7. § (1) bekezdésében leírt és részletezett természetességi állapot, állami tulajdonú erdő esetében alapvetően befolyásolja a törvény hatálybalépését követő erdőgazdálkodást. A 10. § meghatározza, hogy az egyes erdőtervezési körzetekben a védelmi és közjóléti rendeltetésű, első három természetességi kategóriába tartozó állami

tulajdonú erdőben a törvény hatálybalépését követően, milyen arányban kell folyamatos erdőborítást biztosító átalakító, szálaló vagy faanyagtermelést nem szolgáló üzemmódokat alkalmazni. Az is előírásra került, hogy ezekben az erdőkben tiltott a tarvágás.

A probléma abban rejlik, hogy a törvény általánosan fogalmaz, és nem veszi figyelembe az egyes erdőtervezési körzetek termőhelyi sajátosságait, meglévő és megváltozott állomány viszonyait. Az igen szigorú törvényi előírások mellett az erdőtervezés folyamán megfogalmazásra kerülő erdőterv rendeletekben foglaltak is sokszor indokolatlannak mondható plusz terheket rónak a gazdálkodókra. Ezek a plusz elvárások rendszerint a természetvédelmi kezelő nyomására kerülnek be a rendeletekbe.

2.3. Lékvágásos erdőfelújítás ökofiziológiai háttere

A szárazföldi faji sokféleség nagy részben az erdei életközösségek fajainak köszönhető, megőrzésük az emberiség számára számos szempont miatt fontos. A különböző tér- és időléptékű bolygatások szerves részei minden életközösség működésének. A bolygatási rendszer (Gálhidy, 2006) természetes vagy mesterséges megváltozása az életközösség átalakulását is eredményezheti, jelentős hatást gyakorol a növényzet, az életközösség dinamikájára (Laska, 2001). A mérsékelt övi lomberdőkre is jellemző a természetes, elsősorban szélöntések nyomán kialakuló lékdinamika, amely természetközeli állományokban a fajösszetétel és az állományszerkezet kialakításában döntő szerepet játszik (Seidl et al., 2014). Európai erdőkben a természetes fakidölések két fő oka a szél és a kéregkárosító rovarok, melyek 0,13%-ban okoznak fakidölést egy évre vetítve (Schelhaas et al., 2003). Westerling és munkatársainak (2006) eredményei alapján az utóbbi években növekedett a tüzesetek miatti kidölések aránya, de a klímaváltozás is egyre inkább a fő okok közé tartozik (Dale et al., 2001; Seidl et al., 2011). A különböző fajok egyedei más eséllyel vészelik át a különböző bolygatásokat, így a fajösszetételben is jelentős változások történhetnek (Webb, 1999). Az erdők többségében világszerte és így a hazai erdőkben is tervszerű erdőgazdálkodás valósul meg, így az erdei életközösség dinamikus és természetes megőrzését, védelmét eredményes gazdasági tevékenységgel párosulva kell megvalósítani. A szálalóvágás (lékvágásra alapozott eljárása) esetlegesen fokozatos felújító vágással kombinálva az egyik olyan természet közelinek tekinthető erdőkezelési mód, mely csak nyomokban bolygatja meg az erdőt, biztosítva a folyamatos erdőborítást. A lék fogalmát dél-angliai bükkösök vizsgálata nyomán Watt (1925) vezette be, olyan

helyek megnevezésére, ahol a lombátort alkotó egyik egyed elpusztult, és ahol megindult az aktív felújulás. A lék fogalmát Runkle (1985) viszonylag kicsi, bolygatott folt értelmében használja. Léeknek általában a kinyílt lombozat alatti területet tekintjük, de indokolt lehet a „kiterjesztett lék” fogalma is (Runkle, 1982), amely a lék határát, az azt körülvevő fák törzsénél jelöli ki.

A lék mérete befolyásolja a felújulást, melyet mind természetes – fák kidőlése által keletkezett – (Brokaw, 1989; Obiri és Lawes, 2004), mind mesterséges lékekben vizsgáltak (d'Oliveira, 2000; Myersab et al., 2000). Mesterséges lékek létrehozása nagyobb kontrollt jelent a kísérlet eredményeinek értelmezéséhez, hiszen befolyásolni lehet a lék méretét, topográfiáját, orientációját. A mesterséges lék létrehozása lehetőséget nyújt a korai regenerációs fázis vizsgálatára is, melyet számos szerző publikált elsősorban trópusi (Tuomela et al., 1996; Thompson et al., 1998; d'Oliveira, 2000, 2009; Dupuy és Chazdon, 2006, 2008), de mérsékeltövi hegyvidéki erdőket illetően is (Standovár és Kenderes, 2003; Csépanyi, 2008; Gálhidy et al., 2005, 2006; Mihók, 2007; Kelemen et al., 2007, 2008; Kollár, 2013; Webb, 1999).

A síkvidéki kocsányos tölgy erdőállományok felújítási módszereinek kidolgozásában és finomításában, a folyamatos erdőborítást biztosító módszerek megalapozása terén fontos, hogy a létrejövő erdőnek megfelelő vertikális tagozódással kell rendelkeznie, a felújítás idejének elnyújtásával változatos korosztályú erdő jön létre. A technológia kidolgozásakor messzemenően tekintettel kell lenni a meghatározó fafajok élettani tulajdonságaira is, valamint az ökológiai paraméterekkel szembeni érzékenységére. Mind a hazai, mind a nemzetközi kutatások elsősorban csak erdészeti központúak, illetve az eltérő erdészeti kezeléseknek az erdei ökoszisztémákra gyakorolt hatását vizsgálták. A lékdinamikai folyamatok ökofiziológiai jellemzéséről, illetve különböző fafajok ökofiziológiai plaszticitásának jellemzéséről viszonylag kevés hazai, elsősorban hegyvidéki erdőtársulásokban mért eredmények állnak rendelkezésünkre (Mészárosné Draskovits, 1981; Kalapos és Csontos, 2000; Csontos et al., 2001; Láposi et al., 2000, 2009; Mészáros et al., 2007a; 2007b; 2009; 2011; Szöllősi et al., 2008; Oláh et al., 2012).

2.4. Környezeti tényezők változása lékvágásos felújítás hatására

A lék képződését, képzését követően számos környezeti faktor megváltozik, a változás mértéke nagyban függ a lék méretétől (Arriaga, 1988). A természetes felújítás során nyitott

lékekben a megváltozott fény és talajnedvesség viszonyok befolyással vannak az újulat megtelepedési hatékonyságára. Versengés alakul ki mind az ökológiai feltételekért, mind az újulat egyedei között és az anyaállomány tagjaival szemben is. A lék létrejövetele több abiotikus tényező változását is eredményezi. A természetes módon kidőlő fák helyén kialakuló, vagy a mesterségesen megnyitott lék az erdő hidrológiai folyamatait megváltoztatja. Nagyobb lesz a talaj felszínére lejutó csapadék mennyisége és a párolgás/párologtatás viszonyok is változnak, melyek meghatározóak a talajnedvesség szempontjából (Kalicz et al., 2013). 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 fény hozzáférhetősége nő, a gyökerek kompetíciója csökken a lék közepe felé (Brokaw, 1985a, b). A víz és a tápanyagok hozzáférhetősége átmenetileg nőhet (Swaine et al., 1997), ugyanakkor az ezekért folyó versengés folyamatosan emelkedik. A hőmérséklet és a megvilágítás mértékének, mennyiségének változása befolyással van az evaporációs és transzspirációs folyamatokra is. A megvilágítás mennyiségének különbségei eltérő növényi növekedéshez (Tuomela et al., 1996), különböző fokú megerősödéshez és pusztulási arányhoz, valamint eltérő fajösszetételhez vezet (d'Oliveira, 2000). A talajszinti nagyobb megvilágítás csökkenti a relatív páratartalmat és növeli a hőmérsékleti változások amplitúdóját a lékben az erdő állomány alsó szintjéhez képest (Brown, 1993).

A fajok fotoszintetikus hatékonysága, fiziológiai plaszticitásának mértéke fontos felújulási sikerességük tekintetében, hiszen a fotoszintézis a szárazanyag gyarapodást alapvetően meghatározó fiziológiai folyamat. A növények alkalmazkodása a megváltozott és változó környezeti viszonyokhoz elsősorban a fotoszintetikus kapacitásuk megőrzésén alapul, mivel az energia átalakítási folyamatok telítődése esetén a feldolgozatlan fényenergia káros hatású lehet, fotoinhibícióhoz, a fotokémiai rendszer degradálódásához vezethet. Azonban az egyes növényegyedek kiszakítva természetes környezetükből többnyire képesek alkalmazkodni az adott környezeti viszonyokhoz, főképp biokémiai, s részben anatómiai, morfológiai szinten akklimatizálódnak (Lichtenthaler, 1998; Gaspar et al., 2002). Erre a tulajdonságra a növényeknek természetes környezetében is szüksége van, ahol egyes tényezők gyorsan változnak (fény, hőmérséklet), míg mások lassabban (szervesanyag- és vízellátottság). Az akklimáció kifejezést az egyféle környezeti változóhoz való rövid időtartamú alkalmazkodás jelölésére vezették be.

2.4.1. Az abiotikus környezeti stressztényezők által kiváltott növényi válaszok

A lék kialakulásának következtében jelentősen változhat a lékben lévő növények vízellátása, a hőmérséklet- és fényviszonyok az erdőbelső növényzetéhez viszonyítva, mely tényezők hirtelen és tartós megváltozásához a növényeknek alkalmazkodniuk kell. Ezen tényezők hirtelen és nagymértékű megváltozása, melyhez az adott növényfaj egyedei nem tudnak alkalmazkodni, stresszként jelentkezik a növény számára. Az abiotikus stressz tulajdonképpen olyan környezeti hatás, mely gátolja a növények növekedését, a száraz anyag hozam nem éri el az optimumot (Cramer et al., 2011). A környezeti hatások általában komplex módon érik a növényt, ugyanakkor ismertek specifikus növényi válaszreakciók az adott környezeti tényezővel szemben,

A mesterségesen kialakított lékban a megváltozott vízviszonyokhoz való alkalmazkodáson első sorban a víz hiányához való alkalmazkodás értendő, hiszen a kisebb árnyékoltság, a magasabb hőmérséklet a talajfelszín szárazodásához vezethet. A vízhiány gátolja a növény növekedését azáltal, hogy csökken a megnagyobbodó sejt vízfelvétele és enzimatikusan megváltoznak a sejtfal reológiai tulajdonságai, például a reaktív oxigén formák hatása révén a sejtfal enzimeire (Skyricz és Inze, 2010). Továbbá, a vízhiány stressz nem-enzimatikusan is módosítja a sejtfalat, például a pektát és kalcium kölcsönhatás révén (Boyer, 2009). Vízhiány hatására növekedésgátlás lép fel, bármilyen szintű fotoszintézis és légzés gátlás előtt (Hummel et al., 2010). A fotoszintetikus apparátus viszonylag rezisztensnek tekinthető a szárazsággal szemben (Cornic és Massacci, 1996). A vízhiány különböző szintjeinél eltérő fiziológiai változások tapasztalhatóak. Közepes vízhiány – amikor a szöveti vízhiány nem nagyobb, mint 30% (Cornic et al., 1992) – a PSII fotokémiai hatékonyságában nem okoz csökkenést (Martínez-Carrasco et al., 2002). A vízdeficit fokozódása révén bekövetkező sztómazáródás miatt viszont csökken CO_2 hozzáférhetősége, a kloroplasztiszban lecsökken a CO_2 koncentráció, és redukálódik a PSII fotokémiai hatékonysága (Ashraf és Harris, 2013). A vízhiánnyal kapcsolatos egyik fő fiziológiai alkalmazkodási mechanizmus egyike, hogy az ozmotikus szabályozás részeként növekszik az alacsony molekulasúlyú vegyületek, például a prolin vagy a szabad cukrok koncentrációja (Mészáros, 1998; Watanebe et al., 2000). A másik, hogy növekszik az abszcizinsav koncentrációja, amelynek fontos szerepe van az ozmotikus szabályozásban, csökkenti a levél ozmotikus potenciálját, és hatással van a sztómazáródásra (Jia et al., 2001), így próbálva meg őrizni a vizet.

Hazánkban talajnedvesség-tartalom, vízforgalmi jellemzők erdőtársulásokban való vizsgálata elsősorban erdészeti célkitűzésekkel történt, ugyanakkor Hagyó és Rajkai (2004), valamint Rajkai és Standovár (2006) a vízforgalom és az aljnövényzet összefüggéseit is vizsgálta.

A lékben megváltozó vízviszonyok mellett a hőmérséklet is változik, az árnyékolás hiánya, a nagyobb beeső fény mennyisége miatt. Ritter et al., (2005) kimutatták, hogy az általuk vizsgált bükkös lékeinek jelentős részén nagyobb volt a hőmérséklet, mint a zárt állomány alatt és a hőmérséklet ingadozása is jelentősebb. Száraz időszakokban a vízhiány okozta sztómazáródás miatt a transzspirációs hűtés nem működik megfelelően, amely még magasabb levélhőmérsékletet eredményez (Ladjal et al., 2000). A fotoszintézis a leghőérzékenyebb folyamatok egyike, mely magas hőmérsékleten teljes mértékben gátlódik. Magas hőmérséklet hatására csökken a klorofilok, mint fő fotoszintetikus pigmentek mennyisége, mely a bioszintézis gátlásának és a lebomlásnak is köszönhető (Reda és Mandoura, 2011; Ashraf és Harris, 2013). Régóta ismert, hogy magas hőmérséklet hatására sérül a fénygyűjtő antennarendszer (Armond et al., 1980), a reakcióközpontok (Goltsev et al., 1994), valamint a víz-bontó apparátus is (Krause és Weis, 1991). A PSII hőérzékenyebb (Schrader et al., 2004), akárcsak a kloroplasztisz tilakoid membrán permeabilitása, ami a xantofill ciklus működésével kapcsolható össze (Havaux et al., 1996).

A megnyíló lombkorona szintnek köszönhetően a lékekben lévő növények fiziológiai toleranciájában fontos szerepe van a magas fényintenzitáshoz való alkalmazkodásnak. A fény nélkülözhetetlen energiaforrás a növények számára, ökológiai szempontból lényeges a megvilágítás erőssége, a megvilágítási idő hossza és a spektrális energiaeloszlás hatásai. Magas fényintenzitás mellett az abszorbeált fényenergia csak egy része használandó fel a fotoszintetikus elektron-transzportláncban, az akkumulálódó felesleges gerjesztési energia a fotokémiai rendszereket potenciálisan károsíthatja (Siefermann-Harms, 1987). A felesleges mennyiségben abszorbeált energia fénygátlást, vagy súlyosabb esetben fénykárosodást okoz (Powles, 1984). Amikor a fénykárosodás aránya meghaladja a védekezési kapacitás mértékét, akkor a fotoszintetikus hatékonyságban csökkenés következik be, fotoinhibíció áll elő (Osmond, 1994), súlyosabb terhelés esetén a PSII sérüléshez, fotokárosodáshoz vezet, amely általában irreverzibilis (Werner et al., 2001; Li et al., 2011). A nem-fotokémiai gerjesztési energia kioltás emelkedése eredményeként az adott PSII központok fotoinhibíciós lefelé szabályozása, éppen a szomszéd, kapcsolódó PSII központok megóvását szolgálhatja. (Maxwell és Johnson, 2000). A fotoszintézis

rövidtávú akklimációja elsősorban molekuláris szinten zajlik le a fotoszintetikus apparátus elemi összetételének változásai révén, úgymint a fotorendszerek (PS) PS II/PS I, a citokróm b6/f komplex, a Calvin-ciklus enzimek, vagy a fénygyűjtő komplexek (LHC) arányainak változásai révén (Anderson et al., 1995). A hosszú távú akklimációban két fontos folyamatot írtak le, úgy mint a PSII/LHCII méret és a PSI/PSII arány újr szabályozása (Bailey et al., 2001; 2004). A fotoszintetikus pigmentek mennyisége, a klorofill-a és -b arány jól ismert indikátor a PS sztöchiometria és az LHC-antenna nagyság kifejezésére (Dietzel és Pfannschmidt, 2008).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kutatási terület bemutatása

A vizsgált területek a Felső-Tisza vidék középtájban, a Szatmári és a Beregi síkon helyezkednek el (Bockerek-erdő) Szomszédos kistájak még a Rétköz és a Bodrogló is. Az erdészeti táj besorolás szerint a Nagyalföld erdészeti tájcsoport 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.

3.1.1. A táj domborzati viszonyai

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. E sík felszínén az elhagyott medrek, morotvák labirintusa figyelhető meg. Nagy részüket a Tisza és egykori mellékfolyói hagyták hátra. Általánosságban elmondható, hogy az egész területen a pár méteres szintkülönbségnek óriási jelentősége van a vízellátottság szempontjából.

3.1.2. Geológiai viszonyok kialakulása

A Szatmár-Bereg mai képezének kialakulása a pleisztocénban kezdődött, amikor az Északkelet-Kárpátokból és Erdély felől érkező folyók (az Ung, a Latorca, a Borzsa) a pannon rétegekre rakták le hordalékukat, melynek vastagsága cca 150-200 m között változott. Az említett folyók vízhozama jelentősen ingadozott, medrüket gyakran változtatták. Mindez azt eredményezte, hogy a táj folyókkal, hordalékkúpokkal sűrűn átszőtt területté vált. A pleisztocén üledékek a Szatmár-Beregi síkság területén (Túrlicse) általában durvábbak, mint a közeli Nyírségben. A táj képezének kialakulása során igen nagy jelentőségű volt, amikor a Tisza és a Szamos a hordalékkúp nyírségi részéről lecsúsztak, és az Ér-völgyét foglalták el. Ettől kezdve a Szatmár-Beregi síkság folyói az üledékeket már ott rakták le, medrük egyre inkább bevágódott az Ér-völgyébe és a táj mélyebb fekvésű lett, mint a Nyírség. A Szatmár-Beregi síkság a pleisztocén és a holocén határán – mintegy

harmincezer évvel ezelőtt – megsüllyedt, a Tisza, a Szamos elhagyva az Ér-völgyet a fiatal süllyedék területek felé fordultak. Ezután a Nyírség már élővizet nem kapott, az Északkelet-Kárpátokból lefutó vizeket a Tisza fogadta be. A holocén során a vidék folyói sokat váltogatták medrüket, melynek eredményeképpen a területen igen sok az elhagyott folyómeder (Bockerek-erdő, Kömörői-erdő, Túrricsei-erdő). Az így kialakult mélyedésekben kisebb-nagyobb mocsarak, lápok alakultak ki. Az atlantikus fázistól (Kr.e. 5300-300-ig) kezdődően a Szatmár-Beregi síkság beerdősült, így a tájba érkező embert nagy erdőségek, ligetes tájak fogadták. A tájat az ármentesítésig a Tisza és mellékfolyói rendszeresen elöntötték, ennek megfelelően 5-15 cm-es rétegben főként agyagot és iszapot, kisebb részben homokot raktak le.

3.1.3. A táj éghajlata

A táj éghajlata átmeneti jellegű, 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 csapadékviszonyok is sokkal kedvezőbbek, mint a Nagyalföldön. A sokévi átlag 625 mm, és általában északkelet felé haladva emelkedik. Fontos szólni a relatív páratartalomról is. Míg az Alföldön ennek a tényezőnek az értéke nyáron 60-65 % körül mozog, addig a szatmár-beregi síkon már több, mint 70 %. Az erősen mocsaras, vizenyős talajok ezen kívül helyileg olyan mikroklímát eredményeznek, amely a levegő páratartalmát fokozza, a meleget mérsékli. Ezek eredményeként az edafikus jellegű liget és láperdőket a magasabb térszinteken már gyertyános-tölgyesek követik.

3.1.4. A táj hidrológiai viszonyai

A termőhely vízgazdálkodásában döntő jelentőségűek azok a szabad többletvíz féleségek, amelyek a csapadéktól és a talajvíz kapacitásától függetlenek. Ezek a vízféleségek a termőhely hidrológiai viszonyainak kategóriáit jelentik, és víztöbbletként jelentkeznek, melyek a növényzet, a fák növekedését előnyösen vagy hátrányosan befolyásolhatják. A hidrológiai viszonyokkal a múltban nem foglalkoztak, pedig a hidrológiai adottságok ismerete nélkül a fafaj megválasztás, az erdőfelújítási munkák, a faállományok várható növekedésének becslése gyakran bizonytalan lenne. A hidrológiai

viszonyok változása jelentős hatással van a termőhely fatermőképességére, az ott lévő állományok egészségi állapotára. A hidrológia dinamikus tényező, ha kevesebb csapadék hullik, mint pl. az utóbbi 20-30 évben, a hidrológiai adottságok változnak. A változás azt eredményezheti, hogy a többletvízzel érintett termőhelyek területi kiterjedése csökken, míg a többletvízzel nem érintett területeké nő.

3.1.5. A táj talajviszonyai

A terepadottságok alapján az egész Szatmár-Beregi síkon a tengerszint feletti magasság 96,4 és 114,5 m között változik, leszámítva a tarpai Nagy-hegyet (155,6 m) és a barabási Kaszonyi-hegyet (223,0 m). 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 agyag mellett a löszhullásnak is megfigyelhetők a nyomai, és agyagos vályog, vályog, helyenként homokos vályog (Túrricse) fizikai talajféleségű talajokkal találkozhatunk. A terület legmélyebb pontjaiban vízállások alakultak ki, elősegítve ezzel a láposodási folyamatot. A folyamatos feltöltődés eredményeképpen évezredek alatt alakultak ki a tőzegláptalajok és a mocsári erdőtalajok. Ezeken a talajtípusokon fátlan társulások kialakulásának volt leginkább esélye. 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 erdőtalajét és az agyagbemosódásos pszeudo-glejes barna erdőtalajét.

3.2. Alkalmazott módszerek

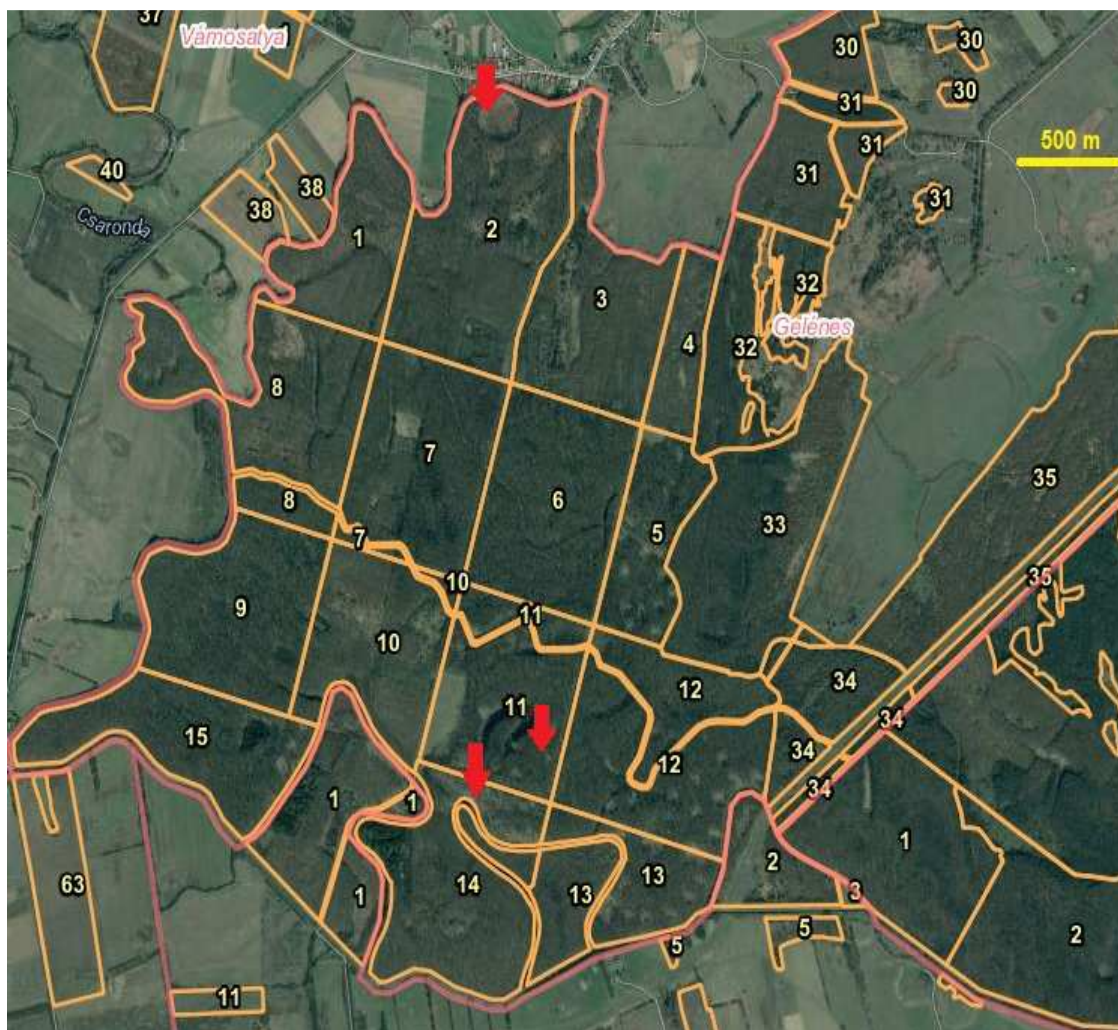
3.2.1. Az aljnövényzet- és újulatvizsgálatok terepi módszerei

A vizsgálatok 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 részletekből a 11/H fokozottan védett). A vizsgált terület 115-120 m tszf. magasságú, legelterjedtebbek a többletvízhatástól független vagy időszakos vízhatású öntés erdőtalajok (valamennyi felvételi helyszín ilyen termőhelyen található), de nem elhanyagolható a réti és agyagbemosódásos erdőtalajok aránya sem. Az erdőben a térszíntől függően az egykori ártéri hátaikon és platókon uralkodik a Nagyalföld keményfás ligeterdeje (*Fraxino pannonicae-Ulmetum*) és gyertyános-kocsányos-tölgyese (*Circaeo-Carpinetum*, syn.: *Quercus robori-Carpinetum*), míg a morotvákban lápi magassásos és harmatkásás társulások, rekettyefűz-lápok és égerlápok fragmentumai figyelhetők meg (Simon 1957; Bartha és Vidéki, 2008).

A kutatás helyszínének erdőtörténete, a korábban alkalmazott erdőművelési eljárások részletesen ismertek. A területet a 20. század első harmadáig viszonylag rövid vágáskorú, jórészt sarj eredetű elegyes keményfás erdők jellemezték, majd áttértek a mageredetű, de intenzív erdőműveléssel járó zömmel mesterséges felújításokra. A térségben az 1990-es évek elején az addig alkalmazott metódust (tarvágást követő mesterséges felújítások) feladva a fokozatos felújítógátások irányába nyitottak.

A Bockerek-erdőben 3 mintaterület-csoportot jelöltünk ki a 2003 óta a területen alkalmazott felújítógátás 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 felújítógátás több lépése megvalósult, így ezt mindenképpen vizsgálni kívántuk. Ezen kívül, a 2/B részlet tapasztalatain alapuló újabb lékes felújítógátás 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 vizsgálati helyszíneken végzett korábbi beavatkozások

Gelénese 2/F (2,00 ha, kora 2003-ban: 71 év)

- Záródás a termelések előtt: 90 % (előző ciklusban NFGY)
- 2003. év: 30 m sugarú léknyitása, körülötte 25 m széles gyűrűben 50 %-os bontás.
- 2004. év: KST makkvetés, kézi ápolás-sorközi kaszálás.
- 2007. év: A bontott állomány végvágása és a következő 25 m széles gyűrűben 50 %-os bontás, ezekben az években közepesen jó makktermés, első körben Gy. és MJ törevágás.

- 2011. év: fennmaradó anyaállomány végvágása. 2011 őszén kiváló KST makktermés.
- Tölgy lisztharmat ellen évente 1-2 alkalommal védekezés.
- Gy, MJ visszaszorítása folyamatos. Terület bekerítve.

Gelénes 11 H (7,87 ha, kora 2011-ben: 104 év)

- Záródás a termelések előtt: 80 % (1986 óta nem történt fahasználat, sok száradék)
- 2011. év: 6 db lék nyitása (0,07 ha/lék.)
- 2012. év: tavaszi fészkes KST makkvetés. A területek bekerítve.
- 2013.év: pótlás, fészkes makkvetés.
- Ápolás (kézi kaszálás) minden évben.

Gelénes 14A (8,24 ha, kora 2009-ben: 77 év)

- Záródás a termelések előtt: 90 % (előző ciklusban NFGY)
- 2009. év: 11 db lék nyitása (0,15 ha/lék), az évben kiváló makktermés. A területek bekerítve.
- 2013. év: lékek körül bontás, 1,79 ha redukált területen.
- Ápolás (kézi kaszálás) minden évben.

A terepi felvételezés módszerei, az adatok értékelése

A terepi felméréseket 2012-ben végzetük el. A mintaterületek minden esetben 30 m²-es kör alakú foltok voltak, amelyek középpontját karóval állandósítottuk a későbbi újrakereshetőség érdekében. A már végleges méreteit elért 2/B erdőrészlet 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 lékek közül 3-3-at vizsgáltunk, mégpedig lékenként 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 magatartás-típusát 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.

3.2.2. Az ökoфизиологические измерения методики

A növényi anyag

Az ökoфизиологические vizsgálatok kétféle lékméretben történtek. Egyrészt a Bockerek-erdő Gelénes 2F jelű erdőrészletébe lévő 180 méter átmérőjű nagyobb lékben (NL 2. ábra), másrészt a Gelénes 11H erdőrészlet 3 db 15 m sugarú kisebb lékeiben (KL 3. ábra). A vizsgálati időszakok kora tavasszal és a nyár folyamán voltak, 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, mely egyedek 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 kitettség (észak, dél, kelet, nyugat) lévő egyedek ökoфизиологические paramétereinek összehasonlítását is elvégeztük.

A laboratóriumot igénylő vizsgálatokat a Debreceni Egyetem, MÉK, Mezőgazdasági Növénytani, Növényélettani és Biotechnológiai tanszék növényélettani laboratóriumában végeztük.



2. ábra A nagy lék külső körének látképe (fotó: Szalacsi, 2012)



3. ábra Az egyik kisebb átmérőjű lék látképe (fotó: Szalacsi, 2012)

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) xerothermikus indexet számoltuk:

$I = N/2T$, ahol

N = havi csapadékmennyiség

T = havi átlaghőmérséklet

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 ismételtsben a lékek közepe táján és az erdőbelsőben. A nagyobb lékben a belső körön kívül a két külső gyűrűből (KöK és KüK) is vettünk talajmintát. A mintákat zárt nylonzacskóba szállítottuk a laboratóriumban 3*3 ismételtsben 10-10g-ot mértünk be főzőpoharakba, és azt 105°C-on szárítottuk 48h-ig. A talajminták nedvességtartalmát a nedves és száraz tömeg különbsége alapján kaptuk meg, és a száraztömeg százalékában adtuk meg.

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 ismételtsben. A pormintákat atmoszférikus nedves roncsolással készítettük elő a méréshez. A mintákhoz 5 cm³ 65 % (m/m) salétromsavat és 1 cm³ 30 % (m/m) hidrogén-peroxidot adtunk, és az elegyet 80°C -on elektromos főzőlapon hevítettük. Az így kapott kivonatokat 10 cm³ végtérfogatra töltöttük. Az Iris Intrepid II Duo xSP típusú készülékkel végeztük.

Növényi szárazanyag tartalom jellemzése

A növényi részek aktuális víztartalmát termogravimetriás módszerrel határoztuk meg. Háromszoros ismételtsben 0.2 g körüli – de pontosan lemért, 4 tizedesjegyig feljegyzett tömegű – növényi mintát kis üvegcsében előre felmelegített 65°C-os szárítószekrénybe helyeztük 48h-ra. A minták szárazanyag tartalmát a frisstömeg százalékában számoltuk ki (DM%). 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). Levelenként 5-5 db ismert területű korongot ($r=0,35$ cm) készítettünk, majd lemértük a friss tömegét. A mintákat szárítószekrénybe tettük (104,5°C) és tömegállandóságig való szárítás után mértük a száraz tömeget. Az SLA értéke a friss levél területének és a szárazanyag tartalmának a hányadosa ($\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$).

Fotoszintetikus pigmentek meghatározása

Relatív klorofill tartalom mérése

A relatív klorofill tartalom mérését (SPAD-index) SPAD-502 (Minolta, Japán) klorofill mérővel végeztük (4. ábra). SPAD-502 klorofill mérő műszer: A mérés lényege, hogy a levélben a kloroplasztiszokban lévő klorofilok (klorofill-a és -b) a különböző hullámhosszúságú fényt különböző mértékben nyelik el. A fényelnyelés mértéke szoros összefüggésben van a levél klorofill tartalmával. A klorofilok fényelnyelési maximuma a kék és vörös hullámhosszon található. Alacsony a sugárzáskioltás a zöld- és sárga- és nulla az infravörös tartományban. Ebből adódóan érdemes az infravörös tartományt viszonyítási értéknek választani és vagy a kék, vagy a vörös tartományt mérésre használni. A SPAD-502 készülék a mérésre vörös fényt használ, mivel ennek az elnyelését nem befolyásolja a levél karotin tartalma. A készülék fénykibocsátó rendszere 650 és 940 nm-en bocsájt ki fényt, azonos fényerősséggel, váltakozva. A megvilágított terület nagysága 6 mm^2 . A kétféle fény áthalad a levéllemezen, és egy része visszaverődik, egy része megkötődik, és a maradék áthatol a levélen. A levélen áthatoló fényt egy fotodiódából álló érzékelő fogja fel, és alakítja át analóg elektromos jellé, melyet felerősít és számjeggyé alakít (Ványiné Széles, 2008). A műszer az össz-klorofill relatív mennyiségéről ad információt. Méréseinket 40-szeres ismételtsben végeztük.



4. ábra A SPAD-502 (Minolta, Japán) relatív klorofill mérő (fotó: Szalacsi, 2012)

A fotoszintetikus pigmentek mennyiségi és minőségi vizsgálata

A fotoszintetikus pigmentek, azaz a klorofill-a, -b és a karotinoid tartalom meghatározásához a friss levelekről 0,05 grammnyi levélkorongot vettünk, amelyekből Moran és Porath (1989) módszere szerint vontuk ki a fotoszintetikus pigmenteket. A levélmintákra 5 ml N,N-dimetil-formamidot helyeztünk és hűtve tároltuk 72 óráig, hogy a fotoszintetikus pigmentek teljesen kioldódjanak a levélkorongokból. A mintákat METERTEK SP-830 típusú spektrofotométerrel 480, 647 és 664 nm-en mértük. A klorofill-a, -b és a karotinoid mennyiségét Wellburne (1994) képlete alapján számoltuk ki.

Klorofill-a tartalom= $11,65 \cdot a_{664} - 2,69 \cdot a_{647}$

Klorofill-b tartalom= $20,81 \cdot a_{647} - 4,53 \cdot a_{664}$

Karotinoid tartalom= $((1000 \cdot a_{480} - 1,28 \cdot \text{klorofill-a}) - 56,7 \cdot \text{klorofill-b}) / 100$

A mérésekben felhasznált paraméterek:

a480: 480 nm-en mért abszorbancia

a647: 647 nm-en mért abszorbancia

a664: 664 nm-en mért abszorbancia

Klorofill fluoreszcencia indukció paramétereinek mérése

Az *in vivo* klorofill fluoreszcenciát, a klorofill fluoreszcencia indukció gyors és lassú szakaszát (5. ábra) (Schreiber et al., 1986) PAM 2000 típusú fluorométerrel (WALZ GmbH, Németország) vizsgáltuk. A mérések előtt a növényi mintát 30 percig sötétadaptáltuk. A mérés során előbb a sötétadaptált mintát gyenge mérőfényvel ($0.1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) megvilágítottuk, és mértük az alapfluoreszcencia (F_o) szintjét, majd telítési fényimpulzust ($8\,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) alkalmaztunk és detektáltuk a maximális fluoreszcenciát (F_m) (klorofill fluoreszcencia gyors szakasza). Az F_m sötétben kb. 20s elteltével az F_o szintre esik vissza. Ezt követően a klorofill fluoreszcencia indukció lassú szakaszát $1550 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ intenzitású, aktiváló fényvel történő 5 perces megvilágítás mellett szaturációs pulzus módszerrel elemeztük, amely lehetővé teszi, a fotokémiai és a nem fotokémiai klorofill fluoreszcencia kioltási folyamatok jellemezését. A vizsgálatokban használt fluoreszcencia indukciós paraméterek és számolásuk módja a következő:

Gyors fluoreszcencia indukciós szakasz paraméterei:

F_o : alapfluoreszcencia

F_m : maximális fluoreszcencia

$F_v = F_m - F_o$: változó fluoreszcencia

F_v/F_m : a PS II potenciális/maximális fotokémiai hatékonysága

F_v/F_o : a változó fluoreszcencia és alapfluoreszcencia aránya

F_m/F_o : a maximális fluoreszcencia és alapfluoreszcencia aránya

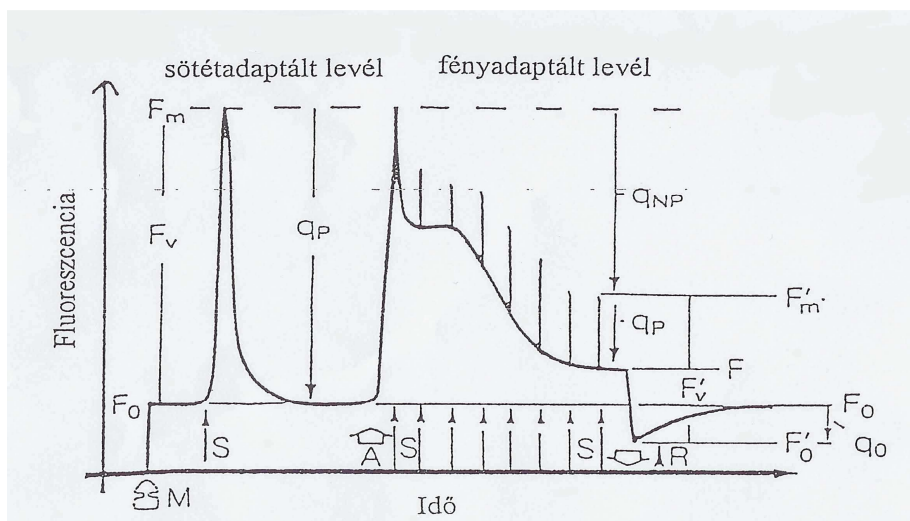
Lassú fluoreszcencia indukciós szakasz paraméterei 5 perc elteltével:

R_{Fd} : relatív fluoreszcencia csökkenés, $(F_m' - F_t)/F_t$ (Lichtenthaler et al., 2005)

qP/qN : fotokémiai és a nem-fotokémiai klorofill fluoreszcencia kioltó folyamatok aránya

Yield: a PSII aktuális fotokémiai hatékonysága, $\Delta F/F_m'$

ETR: elektron transzport ráta, $\text{Yield} * \text{PAR} * 0,5 * 0,84$ (Schreiber, 1995)



5. ábra Az *in vivo* klorofill fluoreszcencia indukciós görbéje

Az eredmények feldolgozásához és a statisztikai elemzésekhez Microsoft Excel 2010, és SigmaPlot 12.0. programokat használtuk. Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel vizsgáltuk. Amennyiben a mintákhoz tartozó eredmények normál eloszlást mutattak, a különbségek kimutatására egy-, két illetve háromtényezős variancia analízist használtuk. Az utóbbi esetben a csoportok elkülönítésére a Tukey-tesztet alkalmaztuk. A normál eloszlást mutató minták páronkénti összehasonlítására t-próbát használtunk. Amikor az adatok normalitás vizsgálata negatív eredményt mutatott, a nem parametrikus tesztek közül a Mann-Whitney próbát és a Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztuk.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A Szatmár-Beregi-sík gyertyános tölgyeseinek erdőművelés-erdőgazdálkodási története

A Tisza és mellékfolyói által bejárt vidéken az őshonos kocsányos tölgy és kísérő fafajai alkottak erdőségeket. A felszínt, a folyók által táplált, nagy kiterjedésű vizes élőhelyek (lápok, mocsarak) valamint nagy kiterjedésű, egybefüggő erdőségek jellemezték. A lakott települések szigeteket alkotva, a domborzat néhány méterrel magasabb térszintjeit foglalták el. Ebben a közegben élt és gazdálkodott a lakosság. Halászatból, vadászatból, legeltetésből, a folyók mentén ún. „dzsungel gyümölcsösök” nyújtotta termésekből tartotta fenn magát. Az erdők zöme főúri családok, közép- és nagybirtokosok, közbirtokosságok kezén volt, tüzelésre, fűtésre, bizonyos feltételek között – az erdővel nem rendelkező – lakosság is kapott és gyűjthetett fát. Zsigmond király korától fogva rendeleti úton is szabályoztatik az erdők védelme és gazdálkodása, felmérése. A XIX. sz. végén pedig megszületik, az 1879. évi Erdőtörvény (XXXI. tc.), ami 213 paragrafusa által az állam, a törvényhatóságok, a községek, az egyházi testületek, alapítványok, a hitbizományok, a közbirtokosságok etc. erdeiről rendelkezik. Az erdőkből kikerülő faanyag ipari célú és méretű felhasználása, javarészt a bányák működését, valamint a lakosság tüzelőanyaggal történő ellátását szolgálta. A szatmári ill. beregi erdőkből kitermelt fa szállítása a felhasználási helyre, a folyók járta, ingoványos, olykor hónapokig járhatatlan szekér nyomokon nem volt jelentős, csak az utak stabilizációja után vált megbízhatóvá. Tő mellőli kiszállításaink napjainkban is időjárás függőek. A Tisza szabályozását követően a faúsztatás, mint szállítási forma is teret nyert, tutajokon a térségből, vagy a Kárpátokból kikerülő fát az Alföldre is leúszatták. Komolyabb fakitermelések a lakosság népességének gyarapodásával, a megnövekedett tüzelőanyag és szántó terület igénye folytán – a folyók szabályozását, 1846-ot követően – kezdődtek (Molnár, 2011). Az 1920-as években végzett üzemtervezéskor leírták, hogy a tölgyesekben zömmel sarjgazdálkodást folytattak, 40-60 éves vágásfordulóval. Az idő tájt tuskók már elvénültek, a gyakori hernyórágások is legyengítették az állományokat. Ezért előírták a mageredetű felújításokat, makkról és csemetével. Az erdősítést megelőzően tuskóírtást, majd mezőgazdasági használatot végeztek, végül következett az eke utáni „makkrakás”. Tuskózás nélkül, a vágás területen a makkot tavasszal kapa után vetették, a „hézagokat” pedig később csemetével pótolták. (A „vizenyős” termőhelyeken nem ritkán amerikai kőrisrel is.) Ezzel együtt a mageredetű tölgy állományok vágáskorát 80 illetve 100 évre

emelték. Az első tisztításig nem volt ápolás a felújított állományban, ami aztán a tölgy elnyomását és a kevésbé értékes fafajok vagy cserjék előtörését eredményezte. Az elhanyagolt, fel nem újított pusztavágások tulajdonosai számára előírták a megszabott határidőre történő erdősítést. Végre nem hajtás esetén pedig, szigorúan kiszabták az „erdő áthágási bírságot”. 1945-ig az erdők részben egyéni, részben pedig közbirtokossági, egyházi tulajdonban voltak. Állami erdő az erdőgazdasági tájban nem volt. A térségben, főleg Fehérgyarmat vonzáskörzetében - a viszonylag kevés erdőből - kikerülő faanyag leginkább a tüzelési, fűtési igényeket, némi részben ipari feldolgozást szolgáltatta. A tűzifa árát vagy árhatósági szinten határozták meg, vagy tő melletti árverésen. A háború alatt végrehajtott tarvágások nyomán, olyan sarjról felterődt állományok keletkeztek, amelyek nagy részben gyomfákból, cserjékből állottak. A tölgy, mint főfafaj alig volt jelen, a gyertyán térhódítása jelentőssé vált. 1945 után, a 100 kh. feletti erdőket állami tulajdonba vonták, a 10-100 kh. közé esők pedig általában tsz. kezelésbe kerültek (Szovják, 1985). A rontott sarjállományok átalakítása fontos állami feladattá vált. A mesterséges erdősítések: tuskózás után, közép mély, ill. mély szántás után csemeteültetéssel, jó makkterméskor makkvetéssel történtek. Ha nem sikerült a pusztavágást kituskózni, a területek időbeni felújítása sokszor elmaradt, a felújítási hátralékok növekedtek. Igen bő makktermésű évek után végzett tarvágások nyomán, sikerült természetes újjulatú tölgyeseket nevelni. Az 1970-es évek közepéig jellemző erdőfelújítási technológia: a tarvágást követő tuskózás, gyökérfésülés, mélyforgatás 60-70 cm, disztillerezés (tárcsázás), simítózás, csemeteültetés vagy makkvetés volt (Tóth és Kaulák, 2013). Az erdősítést 3-5 évig tárcsázták, kapálták, ill. a szükséges pótlásokat elvégezték. Az elegyítés ekkor történt, főleg (magas), magyar kőris, mezei-, hegyi-, korai juhar, mezei-, vénic szil, fehér nyár csemetével. Befejezésre 10 év volt az előírás, ha az idő sürgetett, gyakran nemes nyarat ültetettek a meglévő tölgy sorokba (2,5x2,5 m). Ez 2-3 év alatt annyit fejlődött, hogy sikerült határidőre a fedettséget biztosítani. Ha ez sem volt elég sikeres a műszaki átadáshoz, akkor kényszer befejezéseket alkalmaztak. 1975 után, a tuskózások egyre költségesebbé váltak, az elhasználódott lánctalpas erőgépek és javíttatásuk miatt, ennek okán a felújítások eredményessége nem állt arányban a ráfordított költségekkel szemben. Az erdészeti más utak keresésébe fogott, elsősorban a Danszky-féle munkagépsor megjelenésekor. Fokozatosan elhagytuk az igen költséges tuskózást, helyére lépett a vágástakarítást követő ágzúzós hengerezés, altalajlazítás, lazított sor tárcsázása, makkvetés vagy ültetés. Az arra termőhelyileg alkalmas erdőrészekben a tarvágást megelőzően teljes aljnövényzet takarítást, majd gépi alávetést végeztünk – kiegészítve a természetes makktermést – a meglévő állományban.

Téli véghasználatot követően, tavasszal már megjelent az újulat. Gépi ápolásnál tárcsázás helyett szárzúzózást alkalmaztak. A kapálást felváltotta a kézi kaszálás, sarj leverés. A vadállomány nagysága a kerítés építését ritkán indokolta. Állománynevelés: tisztítás, törzskiválasztó-, növedékfokozó gyérítés és tarvágás. Az 1980-as években előállt klíma szárazulást követően, a talajvíz a térségben drasztikusan lejjebb szállt, egyre gyakoribbá váltak - különösen az extrém kötött termőhelyeken, - a fizikális állapotukban legyengült állományokban fellépő hernyórágások, az ezt követő lisztharmat, kermesz (tölgy kéreg pajzstetű), és egyéb károsítók okozta fapusztulások, majd a szükséges eü. termelések.

A '90-es évek elején az addig bevált gazdálkodási metódust, - a társadalmi elvárások majd a 1996-os LIV. Et. és LIII. Tvt-i törvények hatására, - természetvédő szemléletű erdőkezelés váltotta fel, ami paradigmaváltást követelt az erdőszet szakember gárdájától is (Pommerening és Murphy, 2004). Az egyre fokozódó természetvédelmi nyomás — minden emberi beavatkozásnak a természetvédelem érdekeit kell szolgálnia, ezért pl. a klasszikus erdőkezelés (NFGY, TRV) szerintük nem szolgálta ezt, - védett és fokozottan védett erdőben a fahasználatok tiltásában jelent meg. Ezt követően a 2009-es legújabb XXXVII. Et. az állami szektortól megkövetelt tarvágási tilalommal, természetes felújítási előírásaival, teljesen átalakította az eddigi beidegződött gazdálkodási szemléletet. Az erdőszetet mindez nem érte váratlanul, hiszen már a 2003. évi erdőtervezéskor „fél hivatalos ” rendszerbe emelte a „Pro Silva ” szemléletű, de tartalmában saját szakmai és tapasztalati ismereteire alapozott erdőkezelési technikáját, amit aztán a 2011-ben kezdődött legújabb szemléletű erdőtervezési eljárás során érvényesíteni is tudott.

4.2. Az aljnövényzet- és újulatvizsgálatok eredményei

4.2.1. Az aljnövényzetben bekövetkező változások

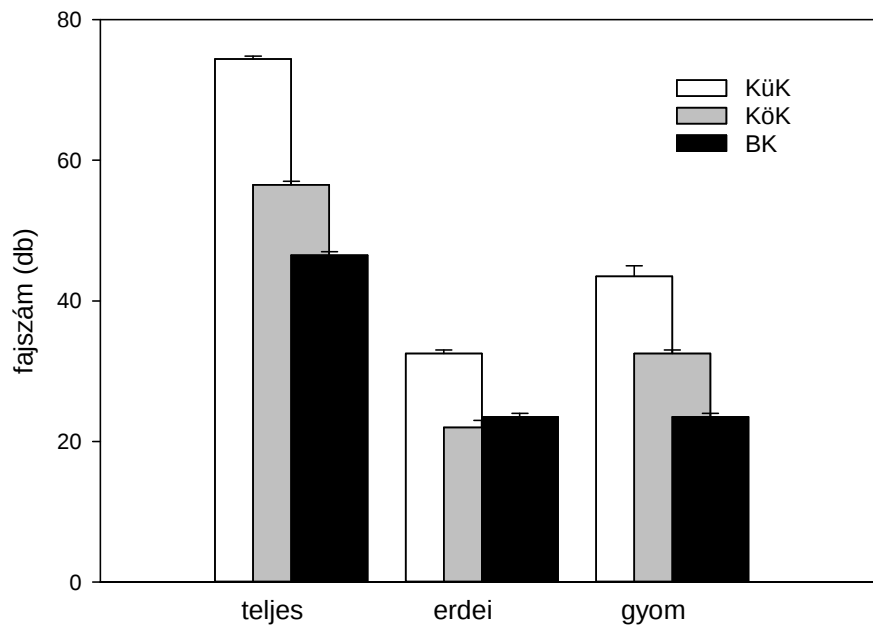
A különböző felújítási területek beavatkozás előtti (tehát zárt erdei) állapotát szisztematikus mintavétellel nem vizsgáltuk, azonban a terepi tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy mindhárom erdőrészletben zárt, többszintes, erősen árnyaló gyertyános-tölgyes faállományok alatt viszonylag fejletlen gyepszint kialakulása jellemző. Két próbaképpen felvett 400 m²-es (hagyományos) cönológiai felvételben (Gelénés 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.

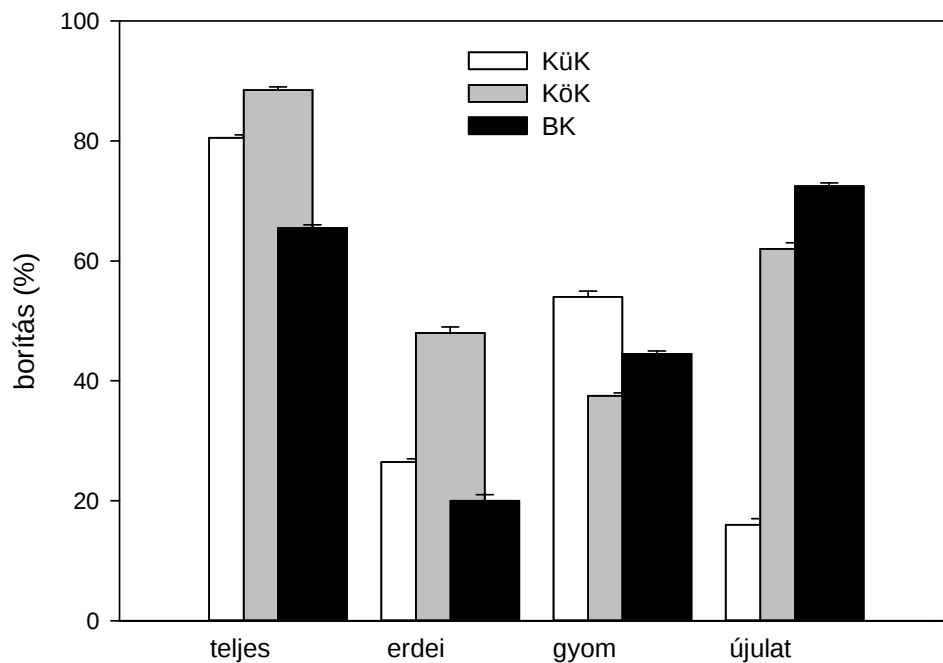
A Gelénes 2B erdőrészletben kialakított felújítási területen a három lékfázisban (2003, 2007 és 2011-es években végvágott részek) összesen 90 lágyszárú faj, a Gelénes 11/H és 14/A részletek korai fázisú lékjeiben összesen 120 lágyszárú faj, az újulatban pedig 17 fásszárú faj előfordulását mutattuk ki. 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 lékjei kétkorúak (1 és 3 évesek) voltak a felméréskor.

A már végleges méretű felújításon (Gelénes 2/B) a kezdeti kiugró fajszám fokozatosan, szignifikánsan csökkent (6. ábra). 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 (7. ábra) 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 *Coryza 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.

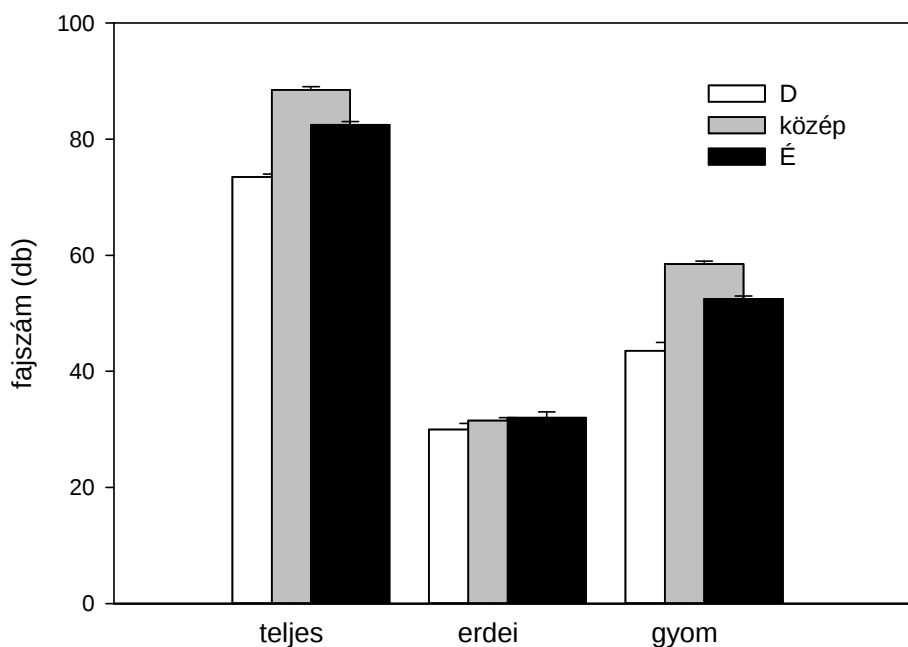


6. ábra Lágyszárú fajszámok változása a Gelénes 2/B erdőrészlet felújításának különböző korú részeiben (KüK=1éves, KöK=5éves, BK=9éves), a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében (minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)

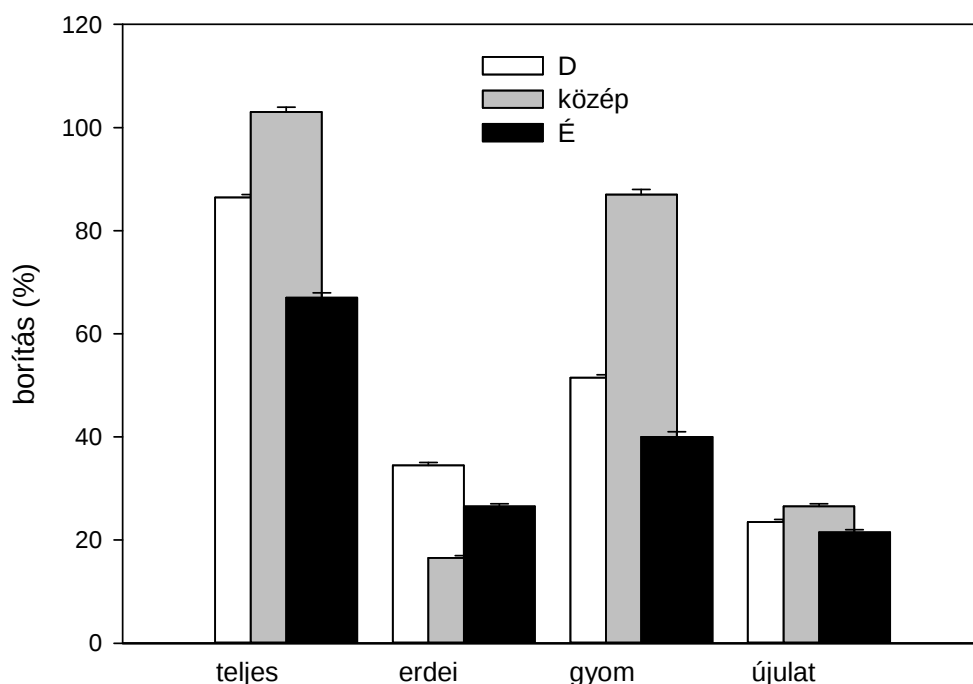


7. ábra Lágyszárúak (a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében), valamint a fásszárú újulat átlagborítás-változása a Gelénes 2/B erdőrészlet felújításának különböző korú részeiben (KüK=1éves, KöK=5éves, BK=9éves; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)

A Gelénes 11/H és 14/A erdőrészek felújítógátásainak 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 termőhelyről áll összefüggésben (8. és 9. ábra).



8. ábra Lágyszárú fajszámok változása a Gelénes 11/H és 14/A erdőrészek lékjeinek különböző pozícióiban, a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében (D: déli lékoldal, közép: a lék közepe, É: északi lékoldal; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)



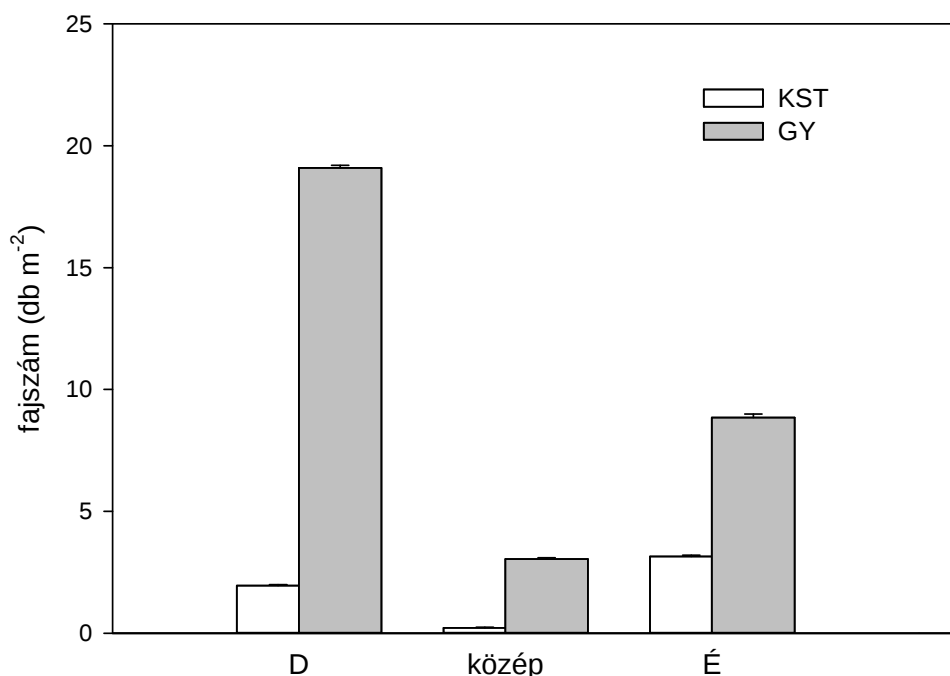
9. ábra A lágyszárúak és az újulat borításának alakulása a Gelénes 11/H és 14/A erdőrészek lékjeinek különböző pozícióiban, a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében (D: déli lékoldal, közép: a lék közepe, É: északi lékoldal; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)

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 erdőrészek 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 felújítóvágás kedvezőtlen hatásának tulajdonítjuk.

4.2.2. Az újulat jellemzői

A Gelénes 11/H és 14/A erdőrészek felújítóvágásainak első fázisú lékjeiben készült felvételekben összesen 17 fa- és cserjefaj újulatát figyeltük meg (1. és 2. melléklet). 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

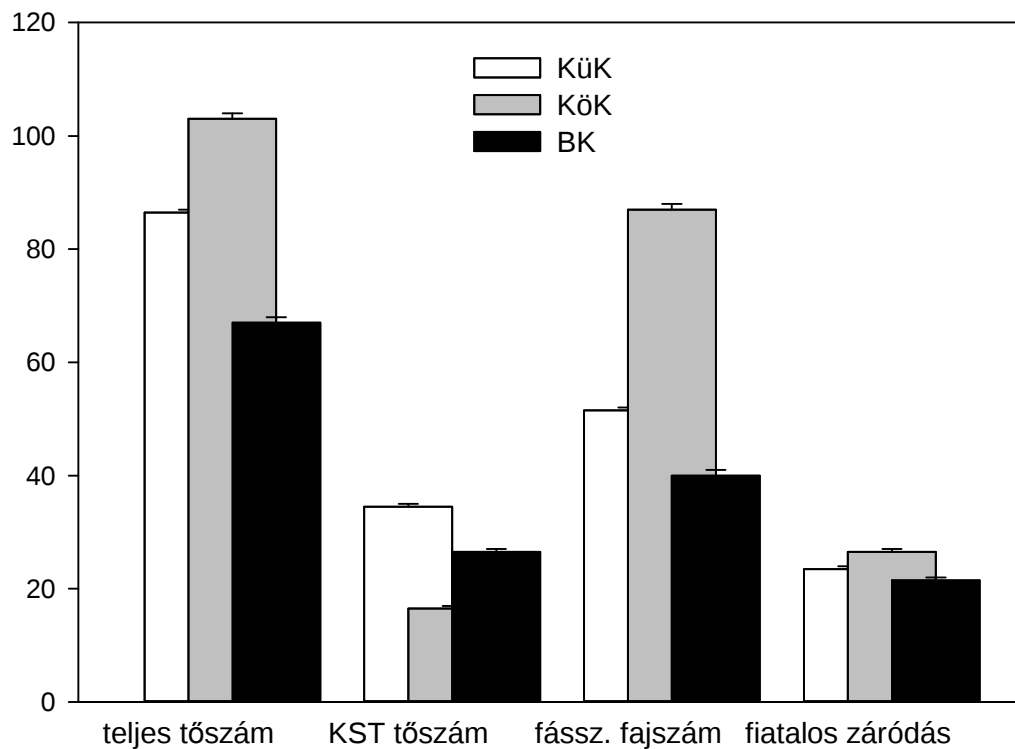
voltak a meghatározók (*Acer campestre*, *Carpinus betulus*), de a 3 éves lékekben a gazdálkodó számára igen fontos *Quercus robur* is 1-60 közötti egyedszámmal valamennyi mintaterületen megvolt. A két erdőrészlet 6 mintaterületén a lékek különböző pozícióiban (árnyas D-i, középső, és erősen benapozott 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 (10. ábra). A D-i (árnyas) oldal gyertyántömege 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.



10. ábra A *Carpinus betulus*, ill. *Quercus robur* újulatismennyisége (db m⁻²) a Gelénes 11/H és 14/A erdőrészletek lékjeinek különböző pozícióiban (GY: *Carpinus betulus*, KST: *Quercus robur*, D: déli lékoldal, közép: a lék közepe, É: északi lékoldal, 2012.)

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. Az erdőrészletben tapasztalt mennyiségi változások jellegét az összegző 11. ábrán kívánjuk érzékeltetni.



11. ábra A fásszárú újulat jellemzőinek (teljes tőszám (db); KST tőszám (db); fásszárú fajsza (db); fiatalos záródás (%)) változása Gelénes 2/B erdőrészlet felújításának különböző korú részeiben, 2012. évben (KüK=1éves, KöK=5éves, BK=9éves; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján; KST: *Quercus robur*)

4.3. Az ökofiziológiai vizsgálatok eredményei és értékelésük

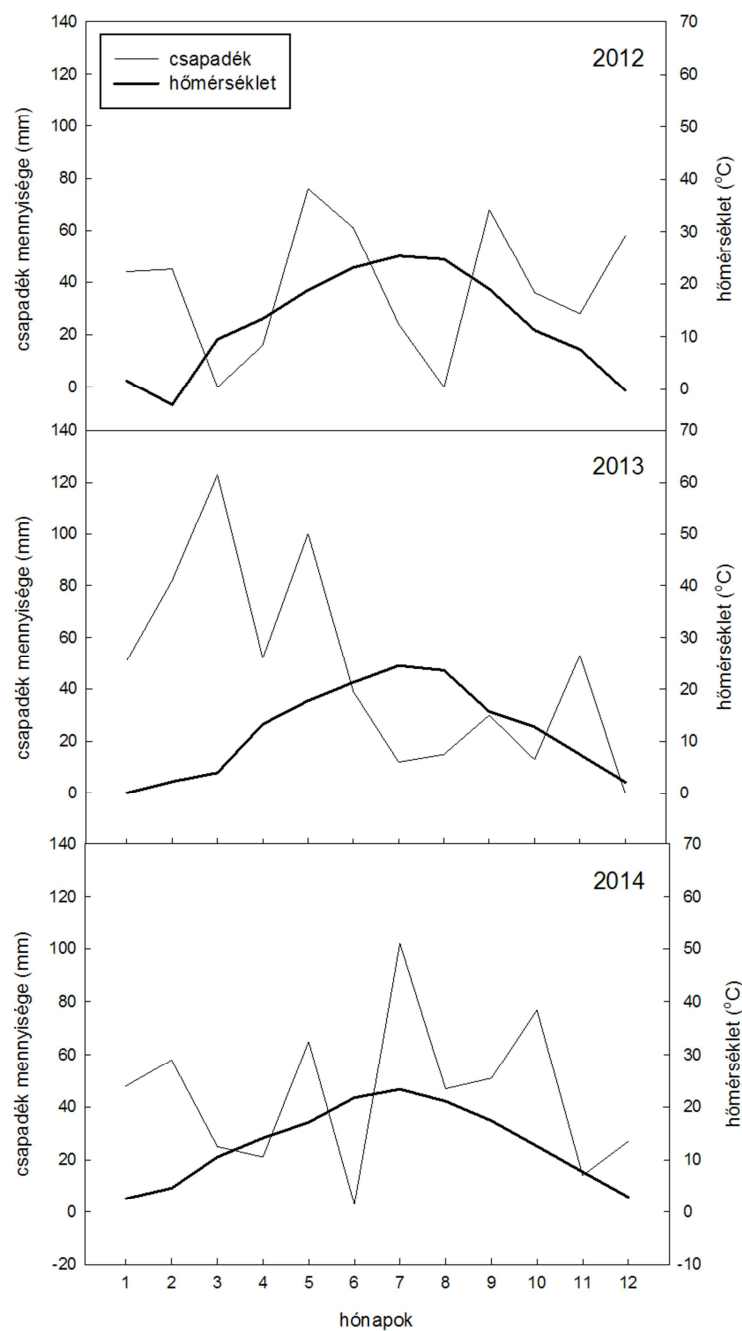
4.3.1. A vizsgálati évek klimatikus viszonyainak értékelése

A 2012-es év viszonylag hideg téllal indult, nulla fok alatti átlaghőmérséklettel. Ugyanakkor hazánk egész területét pozitív hőmérsékleti anomália jellemezte tavaszra. Április az ország nagy részén átlagosan 1,5-2 fokkal melegebb volt a megszokottnál, a hónap utolsó napjaiban azonban jóval átlag feletti hőmérsékleteket regisztráltak, háromszor is megdőlt az országos napi melegrekord. A 2012-es nyár rendkívül meleg volt, a nyári

hónapok átlaghőmérséklete 24,4°C volt, ami az utóbbi száz év egyik legmelegebb nyarának számít. 2012. július a sokéves átlagnál melegebbnek bizonyult, a nyári hónapok tendenciájának megfelelően augusztus is melegebb volt hazánkban a megszokottnál, a havi átlaghőmérséklet több helyen 3-4 fokkal is meghaladta az 1971-2000-es normál értékét. A nagy meleg szárazsággal járt együtt, a 2012-es év első kilenc hónapját súlyos szárazsággal jellemezhetjük. A vizsgálati területen a márciusi és az augusztusi hónapokban gyakorlatilag nem volt csapadék (12. ábra), ahogyan szélsőségesen kevés eső esett országszerte a két hónap során. A 2013-as év átlagosabbnak tekinthető, összességében kevésbé meleg, ugyanakkor csapadékosabb volt. Míg a kísérleti területen 2012-ben 456mm csapadék esett, addig 2013-ban 570mm, melynek jelentősebb mennyisége tavasszal hullott (9. ábra). A 2014-es év a legmelegebb év hazánkban az adatsorok 1901-es kezdete óta, az évi átlaghőmérséklet 13°C volt, míg 2013-ban ez az érték 12,1°C, 2012-ben 12,6°C volt. 2014-es magasabb átlaghőmérséklet a tél és a kora tavaszi melegnek köszönhető. A 2014-es év rendkívül csapadékos volt, a kísérleti területen a nyári hónapokban 152mm csapadék esett, csaknem kétszer annyi, mint 2012-ben. Ugyanakkor az eloszlása egyenetlen volt, mert míg júniusban csak 3mm esett, addig júliusban 102mm volt a mennyiség. A vizsgálati évek és a 30 éves átlag adatait az 1. táblázat a területre a vizsgálati években jellemző klímadiagramot az 12. ábra mutatja be.

1. táblázat A vizsgálati terület klimatikus adatai (csap: havi csapadékmennyiség (mm) és hőm: havi átlaghőmérséklet (°C) 2012., 2013., 2014. és a 30 éves átlag

hónapok	2012.		2013.		2014.		30 éves átlag	
	csap	hőm	csap	hőm	csap	hőm	csap	hőm
április	16mm	13,4°C	52mm	13,3°C	21mm	14,1°C	41mm	11°C
május	76mm	18,8°C	100mm	17,8°C	65mm	17,1°C	59mm	16°C
június	61mm	23,1°C	39mm	21,3°C	3mm	21,8°C	79mm	18°C
július	24mm	25,3°C	12mm	24,5°C	102mm	23,4°C	62mm	20°C
augusztus	0mm	24,7°C	15mm	23,6°C	47mm	21,1°C	60mm	1°C



12. ábra A vizsgálati évek (2012, 2013, 2014) klímadiagramjai (havi csapadékmennyiség (mm) és havi átlaghőmérséklet (°C))

A vizsgálati évek és a vegetációs periódus klimatikus viszonyainak értékelésére Gaussen-Bagnouls-féle (1953) xerothermikus indexet használtunk (2. táblázat). Gaussen és Bagnouls a csapadéktalan napok számának és a legkülönbözőbb csapadékeloszlási típusok vizsgálata, valamint nagyszámú ökológiai tanulmány eredményeinek szintézise alapján alkotta meg a xerothermikus indexet.

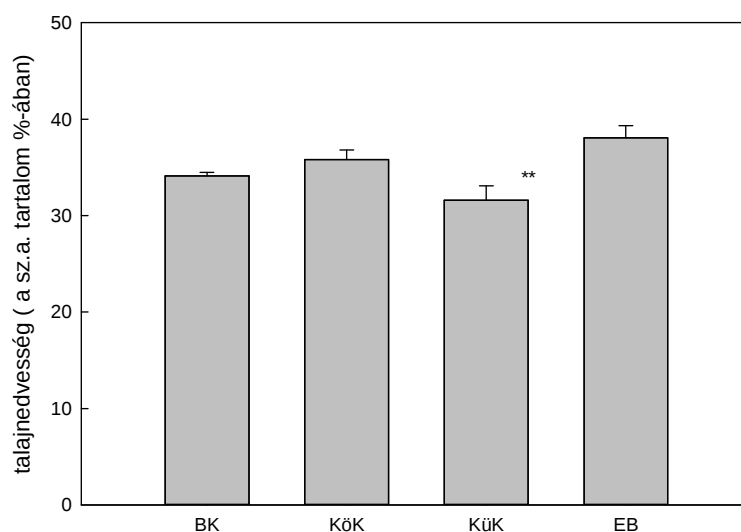
2. táblázat A vizsgálati évek vegetációs periódusaira jellemző Gaussen-Bagnouls-féle xerotermikus index (2012-2014). Vastagítottan kiemelt értékek az ökológiailag száraz hónapokat jelölik

	április	május	június	július	augusztus
2012	0,59	2,02	1,32	0,47	0
2013	1,95	2,81	0,92	0,24	0,32
2014	0,74	1,91	0,07	2,18	1,11

A xerotermikus index értéke szerint ahol a csapadék havi összmenyisége nem éri el a havi középhőmérséklet kétszeresét, az a hónap ökológiailag száraznak tekinthető. Eredményeink szerint 2012- és 2014-es periódusban tavaszi szárazság volt jellemző a területen, míg 2013-ban nem. A május mindhárom évben csapadékosabb volt a többi hónaphoz képest. Kora nyári szárazság a 2014-es évre jellemző, 2012. és 2013. években egymáshoz hasonlóan mind július, mind augusztus száraz hónapok voltak. A 2012-es és 2013-as hasonló nyári jellemzői miatt a dolgozat a 2012-es és 2014-es évek ökofiziológiai eredményeit foglalja össze.

4.3.2. A vizsgálati időpontok talajnedvesség értékei

A termogarvimetriás talajnedvesség meghatározás után a talajminták nedvességtartalmát a nedves és száraz tömeg különbsége alapján kaptuk meg, és a száraztömeg százalékában számoltuk (DM%). A nagy lék esetében 2012 áprilisában összehasonlító vizsgálatot végeztünk a talajnedvesség tekintetében a belső kör (BK), középső kör (KöK) és a külső kör (KüK) viszonylatában. Ahogy azt az 13. ábra mutatja a nagy lékben a külső kör talajának nedvességtartalma 8-12%-kal kisebb, mint a belső és középső kör talajának. Ugyanakkor ez a különbség sem szignifikáns, mint ahogy a belső és a külső kör talajnedvesség tartalma között sincs jelentős (5%), szignifikáns különbség. Az erdőbelső (EB) értékhez viszonyítva a KüK talajnedveség tartalma viszont szignifikánsan kisebb értéket mutatott ($p < 0,01$). 2012 júliusában a belső kör és az erdőbelső közötti különbség a tavaszi eredményekhez hasonló 10-15%-kal volt szárazabb, míg augusztusban 16-18%-os különbség volt mérhető, ami elsősorban a belső kör további szárazodásának köszönhető. A kisebb méretű lékekben az erdőbelsőhöz viszonyítva a talajnedvesség különbsége 10% volt a vizsgálati időszakokban.



13. ábra A nagy lék belső körének (BK), középső körének (KÖK) külső körének (KÜK) és az erdőbelső (EB) talajainak talajnedvesség tartalma a szárazanyag tartalom százalékában. 2012. április 25. n=3, $\pm$ s.e. (**p<0,01)

4.3.3. A talaj elemtartalma

A területen a pleisztocénban az Északkeleti-Kárpátokból és Erdélyből érkező folyók a pannon rétegekre rakták le közel 200m vastag hordalékukat (Marosi és Somogyi, 1990). A Bockerek-erdő talajtani viszonyinak áttekintését Kovács és munkatársai (2008) végezték el. A lékes felújítás kapcsán a talaj elemtartalmi analízise során mintegy 21 elem mennyiségét határoztuk meg induktív csatolású plazma optikai emissziós mérésekkel. Eredményeinket az 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat A vizsgált mesterséges lék belső köréből (BK), középső köréből (KÖK) és külső köréből (KÜK) származó talaj elemtartalma (mg kg⁻¹). n=3, $\pm$ s.e.

	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Zn	Pb	Sn
BK	23470 $\pm$ 203	6,1 $\pm$ 1,5	130 $\pm$ 6,6	1426 $\pm$ 158	3,46 $\pm$ 0,1	19,9 $\pm$ 2	97,3 $\pm$ 3,3	27 $\pm$ 0,9	26310 $\pm$ 269	2233 $\pm$ 131	4150 $\pm$ 230	1273 $\pm$ 12	2,7 $\pm$ 0,1	401 $\pm$ 49	14 $\pm$ 0,4	28,8 $\pm$ 0,8	48,3 $\pm$ 2,4	2,57 $\pm$ 0,6
KÖK	22423 $\pm$ 348	8,03 $\pm$ 1,7	103 $\pm$ 2,5	1387 $\pm$ 192	3,16 $\pm$ 0,1	15,77 $\pm$ 0,6	91,6 $\pm$ 2,1	24,9 $\pm$ 1,7	24827 $\pm$ 888	2137 $\pm$ 66,7	4257 $\pm$ 93	987 $\pm$ 17	2 $\pm$ 0,3	390 $\pm$ 30	11 $\pm$ 1,6	28,9 $\pm$ 2,9	44,7 $\pm$ 2,5	2,7 $\pm$ 0,8
KÜK	22783 $\pm$ 613	8,9 $\pm$ 1,2	107 $\pm$ 11	1857 $\pm$ 350	3,27 $\pm$ 0,2	19,23 $\pm$ 0,72	93,8 $\pm$ 2,9	23,73 $\pm$ 0,6	26350 $\pm$ 830	2193 $\pm$ 139	4863 $\pm$ 165	1055 $\pm$ 55	2 $\pm$ 0,3	465 $\pm$ 42	14 $\pm$ 0,7	28,27 $\pm$ 1,3	46,3 $\pm$ 1,3	2,8 $\pm$ 0,4

A vizsgált elemek közül a mikroelemek mennyisége viszonylag magas, As, B és Se elemek esetében 2 mg kg⁻¹-nél kisebb értékeket kaptunk. Eddigi eredményeink szerint a lék belső talaját a külső gyűrűkkel összehasonlítva minimális különbségek mérhetők. A lék és további gyűrűinek kialakítása óta eltelt idő alatt nem következtek be szignifikáns változások.

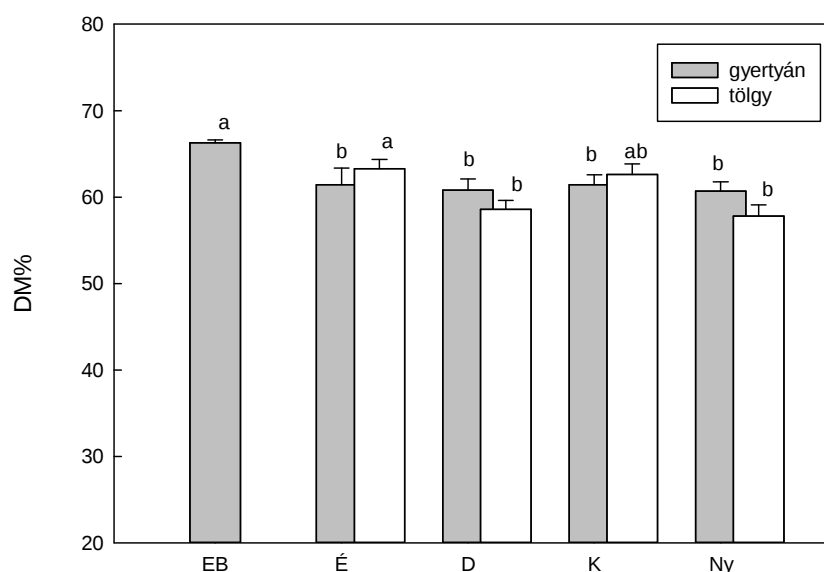
4.3.4. A növények szárazanyag tartalmának változása

A vizsgált fajok viszonylag magas szárazanyag tartalommal (DM%) rendelkeznek (4. 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.

4. 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. Poorter (2009) eredményei is ezt támasztják alá, 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 (Poorter et al., 2004), melyek meghatározók a levél-élethossza tekintetében (Wright és Westoby, 2002). 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 14. ábra mutatja be.



14. 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 (ANNOVA teszt, $p \leq 0,05$, $n=9$, $\pm s.e.$)

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 fénylevél és külső kör gyertyán és tölgy egyedek leveleinek szárazanyag tartalmát is meghatároztuk, az eredményeket az 5. 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.

5. 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 $p \leq 0,05$; árnyéklevél 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 tartalomra. Adott fazon belül, az árnyéklevelek értékeihez hasonlítva mind a fény-, mind a külső kör és az erdő belsőből származó levelek szárazanyag tartalma szignifikánsan különbözik mind a gyertyán, mint a tölgy esetében. Hasonlóan az irodalmi adatokhoz (Poorter, 2009), 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 tölgynél 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, ahogyan az a botanikai felvételezéseink is igazolták (10. ábra). 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 (Niinemets, 2007; 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.

4.3.5. 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 (Witkowski and Lamont, 1991). Az értéke fajok közötti eltérést mutat (Garnier et al., 2001), 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 6. táblázat mutatja be.

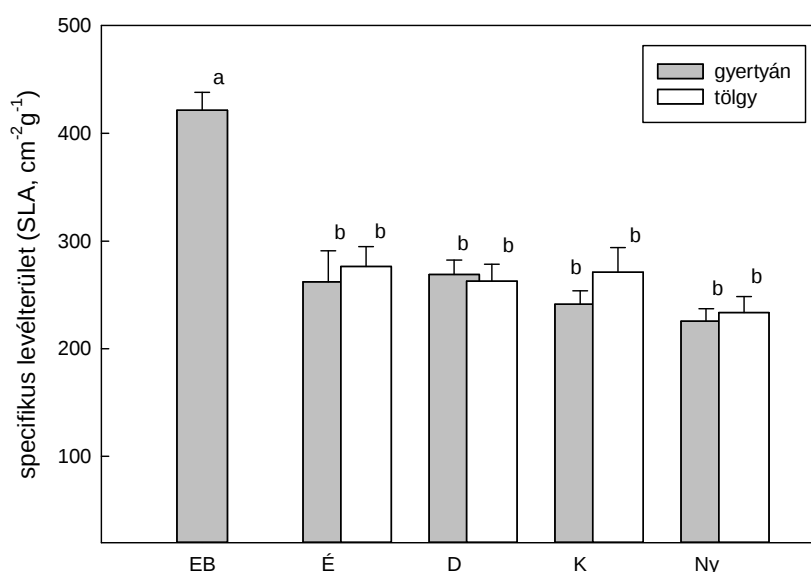
6. táblázat Tölgy és gyertyán újulat egyedeinek specifikus levélterülete (SLA, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) tartalma tavasszal (2012. április) és nyáron (2012. augusztus) ($n=6$, $\pm$ s.e.) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; KüK: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat)

	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 összhangban (4. táblázat) 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 szárazanyag tartalomra vonatkoztatott N tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitás jelent (Reich és Walters, 1994). 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 (Szalacsi et al., 2014), 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 egységnyi területre vonatkozó mennyisége. A fény mennyiségének növekedésével

csökken az SLA értéke (Aleric és Kirkman, 2005). Az SLA értéke fontos paraméter, összefüggésben áll azzal, hogy a megkötött kémiai energia milyen mértékben hasznosul a növény növekedésére és szárazanyag felhalmozódására (Lambers és Poorter, 1992; Niklas et al., 2007). Ugyanakkor az SLA értéke meglehetősen érzékeny a külső környezeti és a növény belső, funkcionális változásaira (Poorter és Nagel, 2000; Westoby et al., 2000; Niinemets, 2001).

A kisebb lécek esetében (2014. nyár) a lék égtáj szerinti különböző kitettségű részén élő tölgy és gyertyán egyedek specifikus levélterület értékeit az 15. ábra mutatja be.



15. 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 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 kitettség függvényében nem mérhető szignifikáns különbség egyik faj esetében sem. Bartha és Raisz (2002) európai bükk taxonokon levelein végzett alaktani vizsgálatokat. Megállapították, hogy a levél koronán belüli elhelyezkedése az égtáj szerinti kitettség 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 fénylevéltől, ugyanakkor tényleges,

szignifikáns eredmény nem mérhető (Bartha és Raisz, 2002). 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 7. táblázat mutatja be.

7. táblázat Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek specifikus levélterület (SLA, cm^2g^{-1}), (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 $p \leq 0,05$; 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
tölgy	n.a.	121,6 ±1,4***, ^a	184,2 ±13***, ^a
			143,8 ±3,1**
			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 belsőbből 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 Rozendaal et al., (2006).

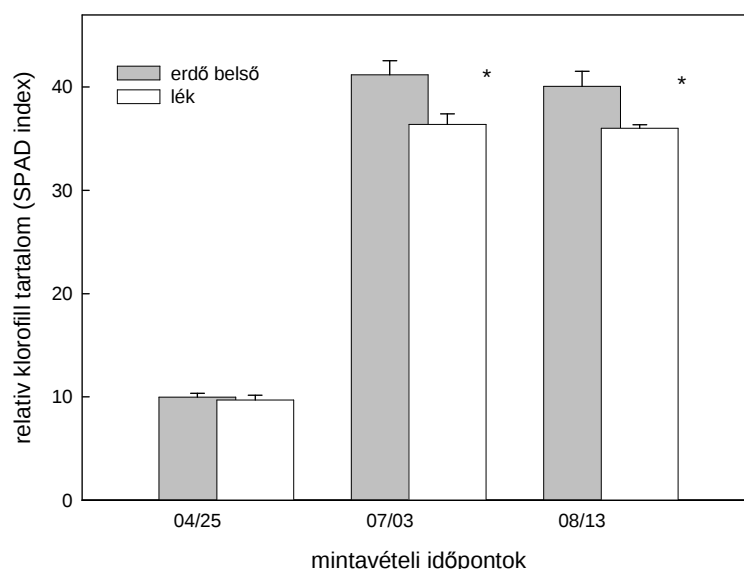
4.3.6. A fotoszintetikus pigment tartalom változása

4.3.6.1. A relatív klorofill tartalom (SPAD index) értékei

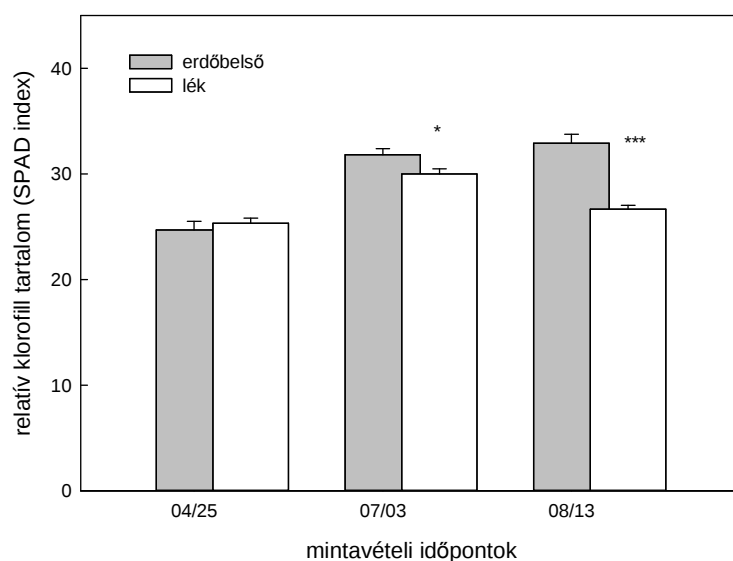
A lék létrejövetele több abiotikus tényező változásával jár együtt, melyek közül a fény az egyik legfőbb abiotikus tényező, melynek hirtelen és tartós változásához a növényeknek alkalmazkodniuk kell. A fény a szervesanyag termelés, a fotoszintézis alapvető feltétele, a fajok fotoszintetikus hatékonysága, fiziológiai változékonyságuk mértéke fontos felújulási sikerességük tekintetében. A fotoszintézis hatékonyságának szempontjából a fotoszintetikus pigmentek, ezen belül is a klorofillok mennyisége meghatározó. A növények relatív klorofill tartalmának mérésére kiválóan alkalmas a SPAD-502-es mérőműszer, melynek segítségével gyors információt kapunk a fotoszintetikus rendszer

teljességéről (Netto et al., 2005). A relatív klorofill tartalom meghatározása gyorsan és roncsolásmentesen történik, a SPAD index pozitívan korrelál a klorofill-tartalommal és megbízható becslést nyújt a klorofill szintről (Tobias et al., 1994).

Vizsgálataink során meghatároztuk a tölgy (16. ábra) és gyertyán (17. ábra) relatív klorofill tartalmának szezonális változását az erdőbelsőben és a lék belső körében összehasonlítva. A lombkorona nyitottság miatt nincs szignifikáns különbség az erdő belső és a lék közepén lévő egyedek relatív klorofill tartalma között mindkét fajnál. A tölgy egyedek relatív klorofill tartalma az erdőbelsőben és áprilisban alacsonyabb a gyertyánhoz képest. A klorofill tartalom változása és a kapcsolat a klorofill koncentráció és a SPAD-értékek között fontos mutató, ami változik a növény korával (Wang et al., 2009). A vegetációs periódus későbbi szakaszában már szignifikáns különbség van a SPAD index értékeiben a lék belsejében illetve az erdő belsőben mért egyedek között mindkét faj esetében. Július elején és augusztus közepén 10-12%-kal kisebb relatív klorofill tartalom értéke az erdő belsőben, mint a lék belsejében. Ugyanakkor augusztus közepén a gyertyán relatív klorofill tartalma közel 20%-kal kisebb a lék belsejében az erdőbelsőhöz képest. A lék belseje illetve az erdőbelső fény- és vízviszonyai a lombzáródás fokozódásával nagy különbséget mutatnak, ami eltérést okoz a fotoszintetikus pigmentek mennyiségi viszonyaiban is.



16. ábra A relatív klorofill tartalom szezonális változása (április 25. (04/25); július 6. (07/06) és augusztus 13. (08/13)) kocsányos tölgy (*Quercus robur*) erdőbelsőben és lék (belső kör) közepében található egyedeinél. Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p \leq 0,05^*$, $n=15$, $\pm s.e.$



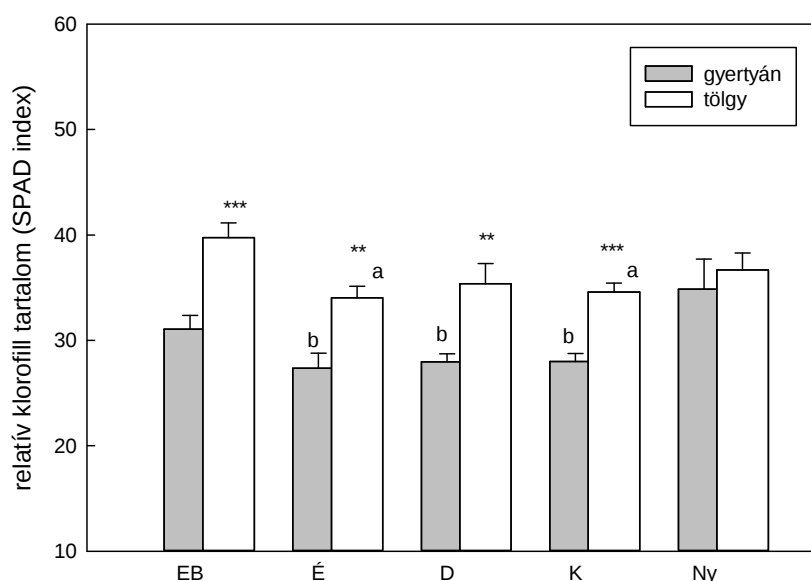
17. ábra A relatív klorofill tartalom szezonális változása (április 25. (04/25); július 6. (07/06) és augusztus 13. (08/13)) gyertyán (*Carpinus betulus*) erdőbelsőben és lék (belső kör) közepében található egyedeinél. Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p \leq 0,05^*$, $p < 0,001^{***}$, $n=15$, $\pm s.e.$

A levelek relatív klorofill-tartalmát több tényező is befolyásolja, például a faj, a levél vastagsága, a levél víztartalma, a levél életkora (Chang és Robison, 2003; Richardson et al., 2002). Adott nemzettség különböző fajai akár azonos termőhelyen is eltérő fotoszintetikus pigment mennyiségi és minőségi jellemzőkkel azonosítható. A vegetációs periódus időjárási viszonyainak megfelelően ez a különbség még további változatosságot is mutathat (Mészáros et al., 2007.; Veres et al., 2007). A nagy belső kör árnyék- és fénylevelek, valamint a külső kör gyertyán és tölgy egyedeinek relatív klorofill tartalmát összehasonlítva (8. táblázat) azt tapasztaltuk, hogy a tölgy levelek SPAD index értéke mindegyik vizsgálati helyen nagyobb volt, mint a gyertyáné.

8. táblázat A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek relatív klorofill tartalma (SPAD index) 2012. és 2014. nyarán. (BK=belső kör; KüK=külső kör), $n=6$, $\pm s.e.$; (szignifikáns különbség a gyertyán és a tölgy között: $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$)

SPAD index	2012			2014		
	BK		KüK	BK		KüK
	fénylevél	árnyéklevél		fénylevél	árnyéklevél	
gyertyán	26,7 $\pm$ 0,4	32,9 $\pm$ 0,8	21,9 $\pm$ 0,9	26,3 $\pm$ 0,4	33,1 $\pm$ 0,7	35,8 $\pm$ 0,9**
tölgy	36,1 $\pm$ 0,3	42,8 $\pm$ 0,5	36,8 $\pm$ 1,6	37,6 $\pm$ 0,3	44,5 $\pm$ 0,9*	43,7 $\pm$ 2,1**

A fénylevelek SPAD értékei között nincs különbség a vizsgálati évek tekintetében, az árnyéklevelek SPAD értékei 2014-ben nagyobbak, a tölgy esetében a különbség (5%) szignifikáns. A legnagyobb különbséget a külső kör esetében tapasztaltunk mindkét fajnál. A különbségek valószínűleg a 2014-es csapadékosabb nyárnak köszönhetőek. A kisebb lékekben az égtáji kitettség szerinti vizsgálat eredményeit a 18. ábra szemlélteti.



18. 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 relatív klorofill tartalma (SPAD index) 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 $**p < 0,01$; $***p < 0,001$)

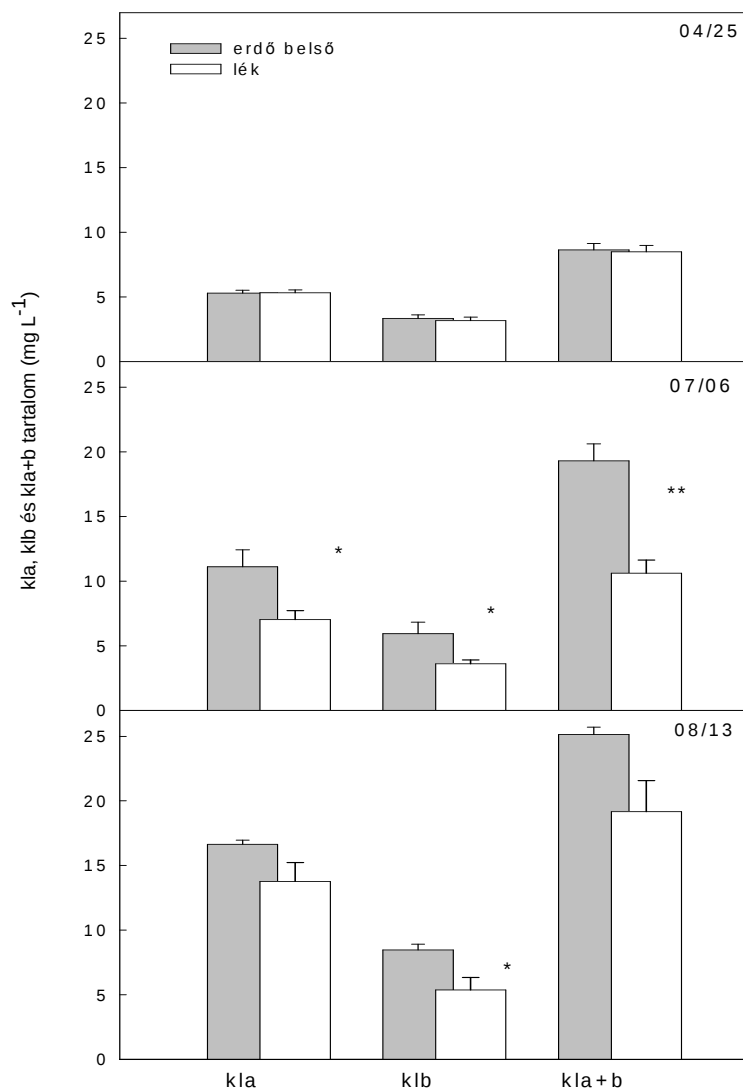
Mindkét fajnál az erdőbelsőben élő egyedek magasabb relatív klorofill tartalommal rendelkeznek. Az árnyéklevelek olyan tulajdonsággal bírnak, melyekkel növelni tudják a fény 'befogási' képességüket: magasabb klorofill koncentráció, alacsonyabb klorofill a/b arány és több nitrogén allokálódik a fény-kötő komplexekben a kloroplasztiszokon belül, mint a fény levelekben (Evans and Poorter, 2001). Ezek a tulajdonságok különösen fontosak alacsony fényintenzitású környezetben, viszont a fényintenzitás növekedésével túlzott mennyiségű gerjesztési energia megkötéséhez vezetnek, mely károsítja a fotoszintetikus apparátust. Ezek a tulajdonságok faji különbségeket mutathatnak esetünkben az erdőbelsőben, de az égtáji kitettségeket tekintve a tölgy nagyobb klorofill tartalommal rendelkezik, átlagosan 15-20%-kal, mint a gyertyán. Demarez et al., (1999)

hasonló eredményre jutott. A lék nyugati részén viszont nincs szignifikáns különbség. A természetes vagy mesterséges lékben kialakult magasabb fényintenzitás csökkent klorofill tartalmat okoz (Guo et al., 2006, Naramoto et al., 2006). A magasabb fényintenzitás (pl. fénylevelek) vastagabb levelet eredményez alacsonyabb SLA értékkel (6. táblázat), ami az extra paliszád rétegeknek és a hosszabb paliszád sejteknek köszönhető (Hanson, 1917). Ez a változás növeli a kloroplasztiszok számát és a fotoszintetikus enzimek mennyiségét, ezáltal fokozva a terület egységre vonatkoztatott fotoszintetikus kapacitást. Ugyanakkor mivel nagyobb a területegységre eső biomasszájuk a szárazanyagra vonatkoztatott fénygyűjtés kevesebb. A magasabb fényintenzitással stimulált növekedés csak fele akkora, mint a területre vonatkoztatott fotoszintézis (Poorter és Nagel, 2000). A kitétségi függvényében vizsgált relatív klorofill tartalom között nincs szignifikáns különbség, tendenciáját tekintve az északi oldalon mértük a legkisebb SPAD értékeket.

4.3.6.2. A fotoszintetikus pigmentek minőségi és mennyiségi jellemzői

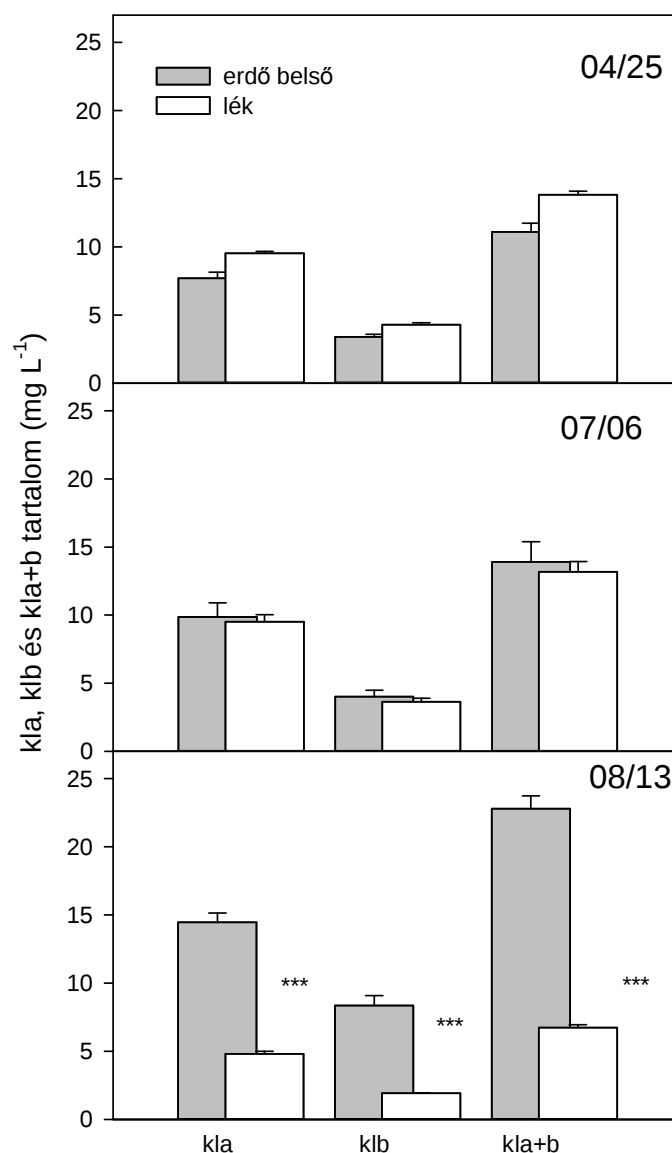
A relatív klorofill tartalom mellett a klorofill-a és -b tényleges, szárazanyagra vonatkoztatott mennyiségi ellenőrzését is elvégeztük. A 19. ábra eredménye szerint a SPAD index értékeinek megfelelően a kora tavaszi periódusban nincs szignifikáns különbség az erdő belső és a nagy lék belső kör egyedeinek (fénylevél) klorofill-a, -b tartalma között tölgy egyedeket vizsgálva.

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 termőhelyen, 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.



19. 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 gyertyán klorofill tartalmának szezonális változását a 20. ábra mutatja be.



20. 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 tölgynél tapasztaltuk (19. ábra). A gyertyán esetében a klorofill-a tartalom is kevesebb a lékben, nemcsak a klorofill-b, mint a tölgynél. A klorofill-a tartalom

csökkenése egyfajta, oxidatív stresszel szembeni szabályzó folyamat is lehet magas fényintenzitás esetében (Kyparissis et al., 2000, Munné-Bosch and Alegre, 2000).

9. 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 $\pm 0,10^{**}$

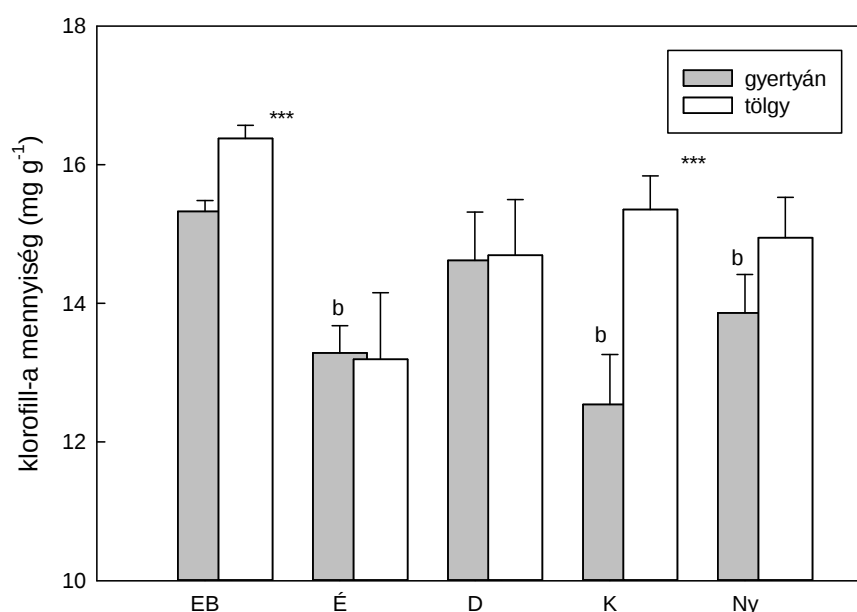
10. táblázat A klorofill-a és -b arányának (kla/klb) szezonális (április 25.; július 6. és augusztus 13.) változása gyertyán eltérő termőhelyein (erdő belső és lék belső (BK)). Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p < 0.01^{**}$ $n=6$, $\pm s.e.$

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 (9. és 10. 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 pigmentprotein komplexek mennyisége is kevesebb (Lichtenthaler és Rinderle, 1988).). A levelek klorofill tartalmának a csökkenése szárazságstressz hatására levélöregedés fokozódhat (Thomas és Smart, 1993) és a vízhiányos szövetekben a fotokémiai folyamatok zavara miatt a klorofillok fotodegradációja megy végbe. A klorofillok stressz alatt lejátszódó degradációját azonban különböző biokémiai, morfológiai és anatómiai sajátosságok mérsékelhetik (Murthy és Rajagopal, 1995). A klorofill tartalom csökkenésében nemcsak a szárazság játszhat közre, hanem más abiotikus környezeti hatás is, így a magas fényintenzitás, a magas hőmérséklet az UV-sugárzás, sóstressz és a

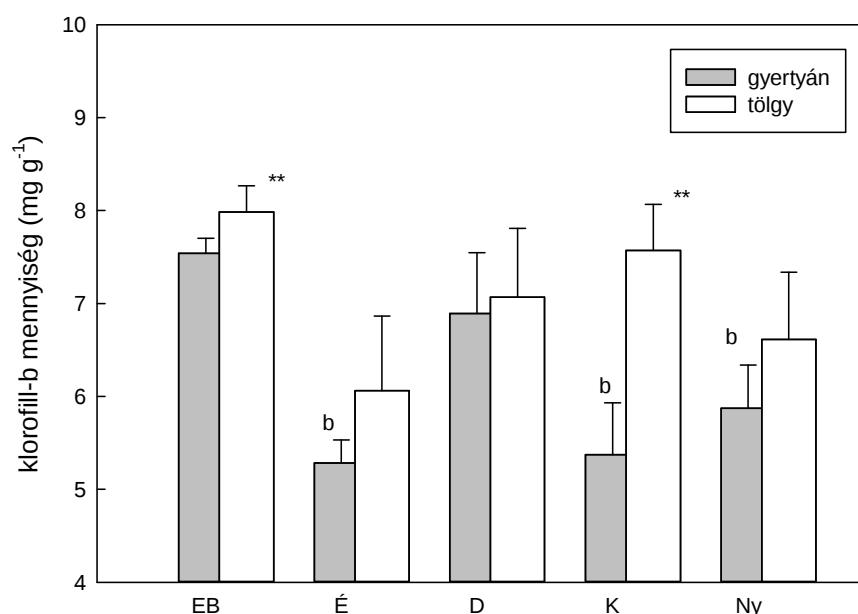
légszennyeződés is (Pjon, 1981, De Luca d'Oro és Trippi, 1987, Giri és mtsai., 2013, Joshi és mtsai., 1991, Jamil és mtsai., 2007, Salama és mtsai., 2011). Egyes szerzők (Munné-Bosch és Alegre, 2000) szerint a klorofill tartalomban bekövetkező csökkenés egyfajta szabályzó mechanizmusként is értékelhető, amely révén csökkent a növény oxidatív stresszel szembeni érzékenysége. A szárazanyagra vonatkoztatott klorofill koncentráció szezonális csökkenését a szárazanyag tartalom változása is befolyásolhatja.

A kisebb lékekben az égtáji kitettség szerinti klorofill-a vizsgálat eredményeit a 21. ábra szemlélteti.



21. 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 klorofill-a tartalma (mg g⁻¹) 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 *** $p < 0,001$)

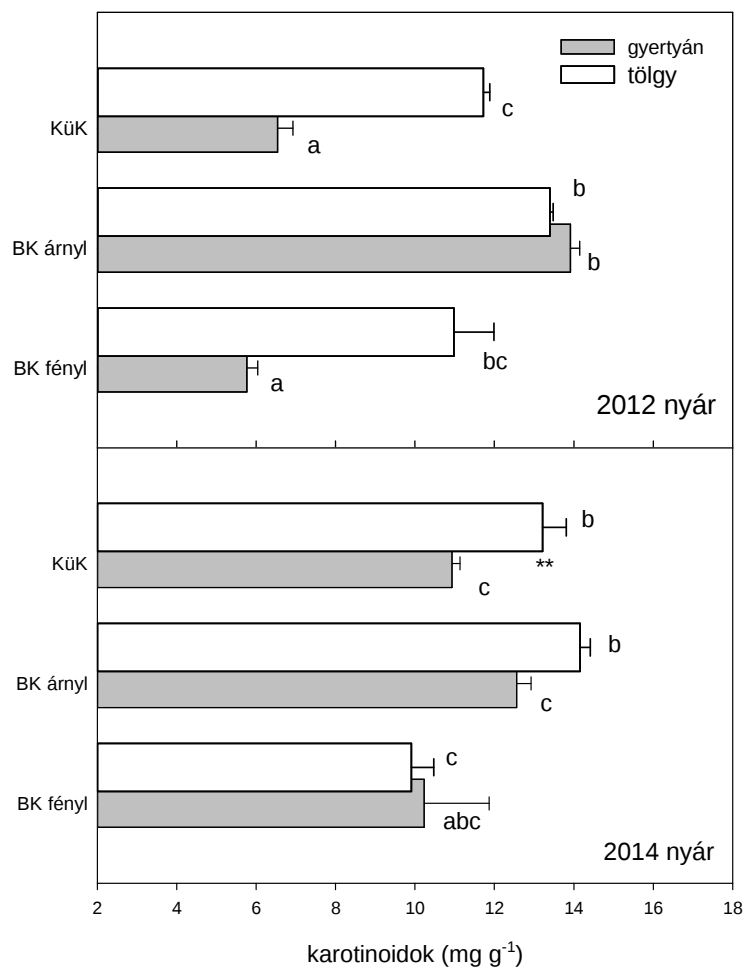
Mindkét fajnál az erdőbelsőben élő egyedek magasabb klorofill-a tartalommal rendelkeznek, ahogyan azt a relatív klorofill tartalom értékei esetében is tapasztaltuk (18. ábra). A lék északi, déli és nyugati részén nincsen faji különbség, az erdőbelsőben, és keleti égtáji kitettségénél a tölgy nagyobb klorofill-a tartalommal rendelkezik, átlagosan 15-40%-kal, mint a gyertyán. A legalacsonyabb klorofill-a tartalmat az északi oldalon mértük, illetve a keleti oldalon a gyertyán esetében, bár viszonylag magas szórásértékkel (12,54 $\pm$ 0,7). Az égtáji kitettség szerinti klorofill-b tartalom értékeit a 22. ábra mutatja be.



22. 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 klorofill-b tartalma (mg g^{-1}) 2014. Július, $n=9$, $\pm \text{s.e.}$, (^{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 ** $p < 0,01$)

Tendenciáját tekintve nagyobb különbség van a klorofill-b tartalomban a fajok és az égtáji kitettségek között.

A karotinoidok a növényi antioxidáns rendszer tagjai (Havaux, 1998), a fotoszintetikus apparátus védelmében is lényeges szerepet töltenek be (Siefermann-Harms, 1987). 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. A felesleges gerjesztési energia eltávolításában, semlegesítésében mind a karotinoknak, mind a xantofilloknak fontos szerepük van. A közvetlen szabadgyök semlegesítés mellett, a xantofill- és lutein-epoxid ciklus révén is a növényi védekező rendszer fontos szereplői (Jahns és Holzward, 2012; Veres, 2005). Vizsgálataink során a karotinoidok mennyiségét is meghatároztuk a klorofilok mellett, a 23. ábra a két vizsgált faj karotinoid mennyisége közötti különbséget mutatja be a nyári, stresszeltebb periódusban.

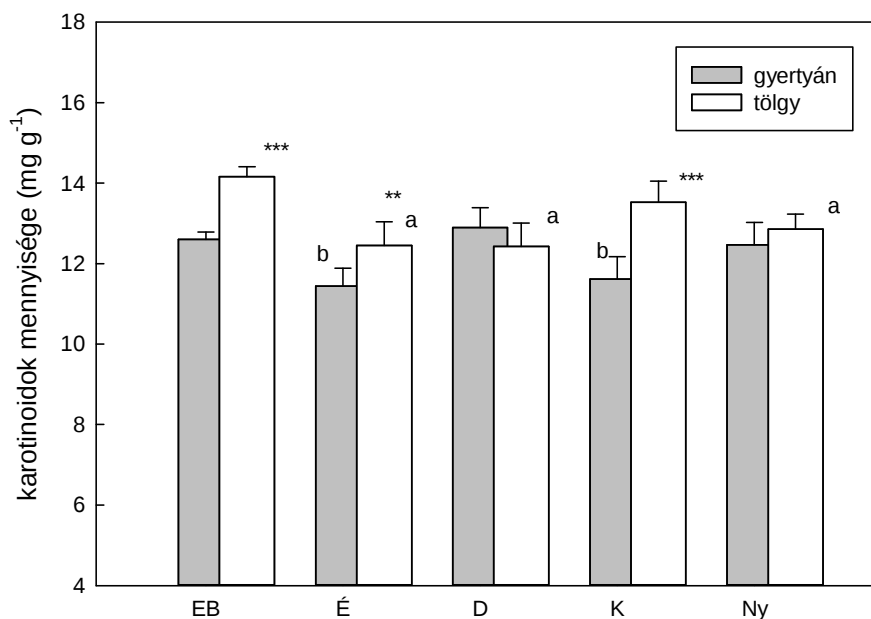


23. ábra A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek össz-karotinoid tartalma (mg g⁻¹) 2012. és 2014. nyarán. (BK=belső kör; KüK=külső kör), a belső körben fény- (BK fényl) és árnyéklevelek (BK árnyl) vizsgálatával. n=9, ±s.e.; (az azonos betűkkel jelölt oszlop-átlagértékek között nincs szignifikáns különbség)

Az árnyéklevelek karotinoid tartalma között 2012-ben nem mutatható ki faji különbség, ugyanakkor magas fényintenzitáson a tölgy magasabb karotinoid tartalommal jellemezhető (BK fénylevél és KüK), 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 tartalomuk volt. Adott, magas fényintenzitás mellett megjelenő más stressztényező növeli a feleslegesen abszorbeált, potenciálisan károsító energiamennyiséget, melyek elleni védekezésben a karotinoidoknak fő szerepe van. A 2014-es kedvezőbb időjárású évben a fényleveleknél nem volt faji

szignifikáns különbség, míg az árnyék és külső kör leveleinél igen, mely okának magyarázata további vizsgálatokat igényel.

Az eltérő égtáji kitettségről származó levelek karotinoid tartalma az erdőbelsőben, keleten és északon faji, szignifikáns különbséget mutat (24. ábra). A tölgy nagyobb karotinoid tartalommal (5-10%) jellemezhető, kivéve a déli kitettségen, de ott nem szignifikánsak a különbségek.



24. 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 karotinoid tartalma (mg g⁻¹) 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 $**p < 0,01$)

Adott nemzetségek különböző fajai akár azonos termőhelyen is eltérő fotoszintetikus pigment mennyiségi és minőségi jellemzőkkel azonosítható. A vegetációs periódus időjárási viszonyainak megfelelően ez a különбözőség még további változatosságot is mutathat (Mészáros et al. 2007.; Veres et al., 2007).

4.3.7. A klorofill-fluoreszcencia indukció paramétereinek változása

A feleslegesen megkötött fény hatásainak kivédésére a növények többféle mechanizmussal rendelkeznek, különböző szerveződési szinteken rövid- és hosszútávú alkalmazkodási mechanizmusokkal (Niyogi, 1999). Ezen mechanizmusok során fontos cél a reaktív oxigén formák képződésének elkerülése, így a növények csökkenthetik a levelek

által elnyelt fény mennyiségét, vagy a már megkötött, de felesleges energiát visszasugározzák hősugárzás formájában, illetve a fotoszintetikus elektron transzport a NADP^+ redukciójától eltérő utakra terelődik, vagy a $\text{NADPH} + \text{H}^+$ és CO_2 megkötéstől eltérő folyamatokban hasznosul.

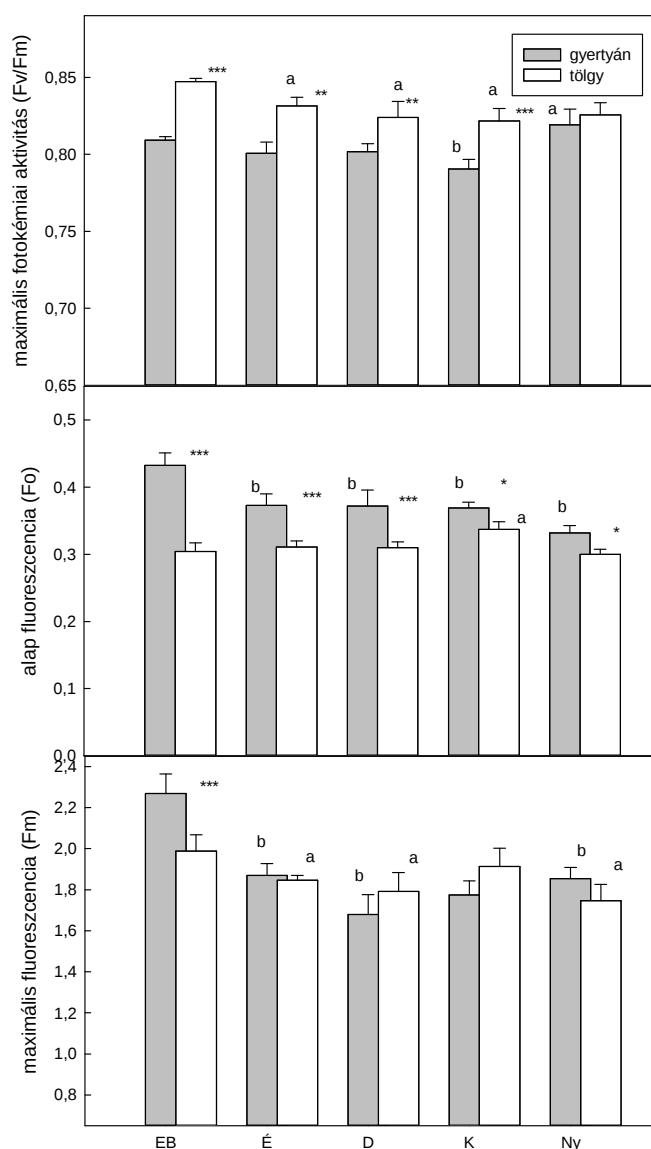
A lék létrejövetele több abiotikus tényező változását is eredményezi. A léken belül és közvetlen környezetében az eredeti erdőhöz képest más fény-, hőmérséklet- és nedvességszempontok alakulnak ki, melyek befolyásolják az újulat mennyiségi és minőségi kialakulását. A fajok fotoszintetikus hatékonysága, fiziológiai plaszticitásának mértéke fontos felújulási sikerességük tekintetében, hiszen a fotoszintézis a szárazanyag gyarapodást alapvetően meghatározó fiziológiai folyamat. A növények alkalmazkodása a megváltozott és változó környezeti viszonyokhoz elsősorban a fotoszintetikus kapacitásuk megőrzésén alapul, mivel az energia átalakítási folyamatok telítődése esetén a feldolgozatlan fényenergia káros hatású lehet, fotoinhibícióhoz, a fotokémiai rendszer degradálódásához vezethet. Azonban az egyes növényegyedek kiszakítva természetes környezetükből többnyire képesek alkalmazkodni az adott környezeti viszonyokhoz, főképp biokémiai, s részben anatómiai, morfológiai szinten akklimatizálódnak (Lichtenthaler, 1998; Gaspar et al., 2002). Erre a tulajdonságra a növényeknek természetes környezetében is szüksége van, ahol egyes tényezők gyorsan változnak (fény, hőmérséklet), míg mások lassabban (szervesanyag- és vízellátottság). Az akklimáció kifejezést az egyféle környezeti változóhoz való alkalmazkodás jelölésére vezették be. A lék kialakulásának következtében a fény az abiotikus tényező, melynek hirtelen és tartós megváltozásához a növényeknek alkalmazkodniuk kell. Számos morfológiai, anatómiai hosszútávú alkalmazkodás mellett kiemelendő a levéllemez heliotropikus mozgása, mellyel akklimatizálódva csökkenthető a fényenergia megkötése. A fotoszintézis rövidtávú akklimációja elsősorban molekuláris szinten zajlik le a fotoszintetikus apparátus elemi összetételének változásai révén, úgymint a fotorendszerek (PS) PS II/PS I, a citokróm b6/f komplex, a Calvin-ciklus enzimeit, vagy a fénygyűjtő komplexek (LHC) arányainak változásai révén (Anderson et al., 1995). A hosszú távú akklimációban két fontos folyamatot írtak le, úgy mint a PSII/LHCII méret és a PSI/PSII arány újraszabályozása (Bailey et al., 2002, 2004). A fotoszintetikus pigmentek mennyisége, a klorofill-a és -b arány jól ismert indikátora a PS sztöchiometria és az LHC-antenna nagyság kifejezésére (Dietzel és Pfannschmidt, 2008).

Számos, molekuláris szintű akklimatizációs mechanizmus ismert, ezek közül lényeges szerepe van a magas fényintenzitáson fő szerepet kapó nem-fotokémiai kioltó

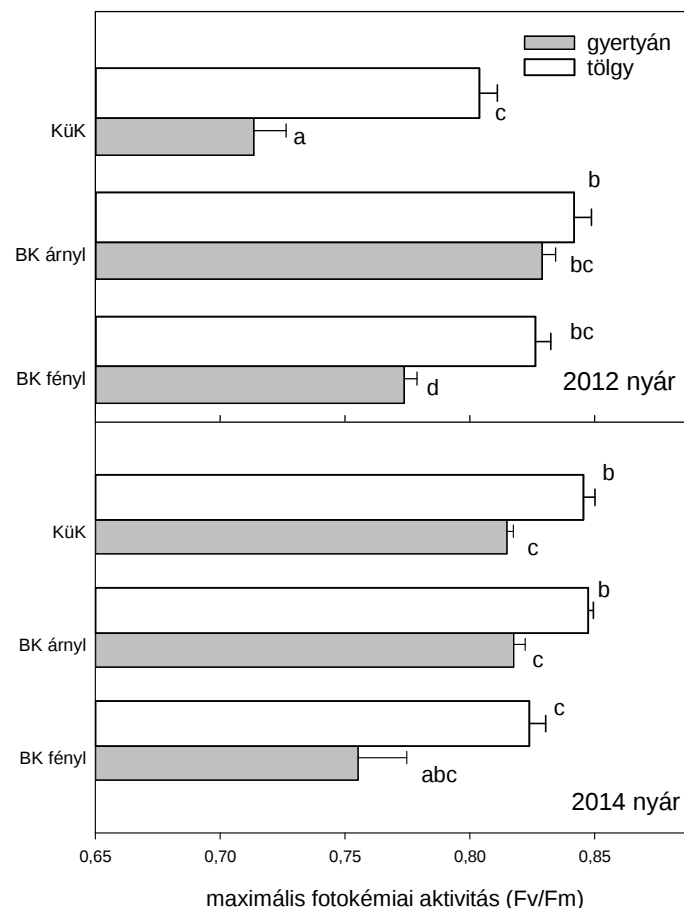
mechanizmusoknak. A nem-fotokémiai kioltó mechanizmusoknak a klorofill-klorofill és a klorofill-karotinoid kölcsönhatások megváltozása következtében a klorofilok felesleges gerjesztési energia kisugárzódásában, felhasználásában van szerepe. Ennek egyik módja a felesleges energia fény formájában történő visszasugárzása, mely a klorofill-fluoreszcencia. Bármely stressz éri a növényt, a PSII károsodása az elsődleges válaszok között van (Li et al., 2009; Mathur et al., 2014). A visszasugárzás indukciós görbéjének jellegzetes pontjai alapján több, a fotoszintetikus rendszer működése és szerveződését jellemző paramétert írtak le (3. ábra) (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 jellemzésére (Maxwell és Johnson, 2000; Kalaji et al., 2011). A PSII maximális fotokémiai hatékonyságának csökkent értékéhez hozzájárulhat a PSI-hez köthető klorofill-fluoreszcencia kibocsátás F_o szinten (Lavergne és Trissl, 1995). Ez a hozzájárulás szignifikán is lehet, főként stresszelt növényeknél, így az F_o/F_m és F_v/F_o hányadosok használata is gyakori (Roháček, 2002). Az F_v/F_o hányados a PSII szerkezeti változását jellemzi (Havaux és Lannoye, 1985). Ez a hányados jelzi az elektron PSII-be való juttatásának hatékonyságát, valamint a fotoszintetikus kvantum átalakulás arányát a PSII központban (Babani és Lichtenthaler, 1996). A klorofill-fluoreszcencia indukciós görbe (3. ábra) F_o és F_m közötti területe arányos a PSII redukáló oldalán lévő redukált PQ mennyiségével. Amennyiben az electron áramlás akadályozott a PSII központ felől a PQ felé, ez a terület drasztikusan csökken. A klorofill-fluoreszcencia mérése széles körben alkalmazott gyors, *in vivo* és *in situ* eljárás dísfák és tütelevélűek esetében is (Percival és Henderson, 2003; Percival, 2004). Ideális körülmények között értéke 0,78 és 0,85 közötti (Demming és Björkman, 1987; Percival, 2004). Az F_v/F_m érték gyors csökkenését mérték, mikor fa egyedeket alacsony fényintenzitásról magas fényintenzitás hatásának tették ki (Krause et al., 2001; Naramoto et al. 2006).

Vizsgálataink során mértük a különböző földrajzi kitettségű helyről származó levelek esetében a maximális fotokémiai aktivitást (F_v/F_m), mely az alap fluoreszcencia (F_o) és a maximális fluoreszcencia értékéből (F_m) származtatható paraméter. Eredményeinket a 25. ábra mutatja be. A tölgy egyedek maximális fotokémiai aktivitása szignifikánsan nagyobb, mint a gyertyáné, kivétel a nyugati kitettség, ahol szintén nagyobb, de a különbség nem szignifikáns. Az eltérés értéke 5-7%, ami ennél az értéknél jelentősnek ítéltető. Mohammad és munkatársainak (2003) eredménye szerint északi mérsékelt övi fák esetében, ha az F_v/F_m érték 0,83-0,76 közé esik, akkor kitűnő az egyed állapota, de 0,75 és

0,70 között is jónak tekinthető. A tölgyre jellemző alapfluoreszcencia érték (25. ábra) kitettségtől függetlenül alacsonyabb, mint a gyertyánál, ahol az erdő belsőben nagyobb értéket mértünk, mint a fénynek jobban kitett helyeken. Az alapfluoreszcencia a sötét-aklimált levél minimális fluoreszcencia értéke, amikor minden PSII központ nyitott, értékének változása, növekedése a PSII központok károsodására utalhat (Krause és Weise, 1984). A maximális fluoreszcencia értékében nincs különbség a fajok között, kivéve az erdő belsőt.



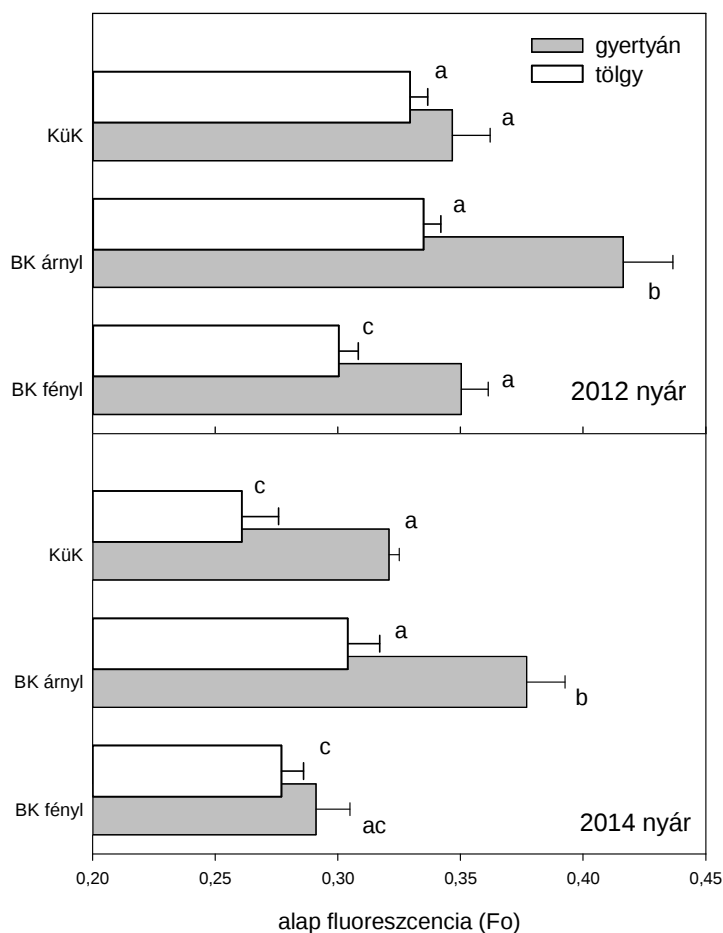
25. ábra A lék különböző égtáj szerinti kitettségű (É: észak, D: dél, K: kelet, Ny: nyugat) részeiről és az erdő belsejéből (EB) származó tölgy és gyertyán egyedek leveleinek maximális fotokémiai aktivitása (Fv/Fm), az alap fluoreszcencia (Fo) és a maximális fluoreszcencia értéke (Fm). 2014. július, 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 * $p \leq 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)



26. 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 gyertyánál 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

menyiségű 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. A szezonális méréseinknél az Fo érték változását a 27. ábra mutatja be.



27. ábra A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek alap fluoreszcencia értéke (Fo) 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)

Az alap fluoreszcencia a minimális fluoreszcencia mértéke sötét akklimált növénynél, amikor az összes PSII reakció központ nyitott. Mindkét vizsgálati évben az Fo értéke kisebb a tölgynél, mint a gyertyánban. Értékének növekedéséből következtethetünk a PSII károsodására (Krause és Weis, 1984), magas fényintenzitás és egyéb stressztényezők hatására, mint a szárazság, vagy a magas hőmérséklet. A 2012-es szárazabb évben ez mérhető is, elsősorban a külső kör egyedeinél és a fénylevelek esetében.

Szezonálisan értékelve a vizsgált újulat fiziológiai plaszticitását a klorofill-fluoreszcencia mérések paraméterei alapján a 2012-es és 2014-es nyári adatokat hasonlítottuk össze (11. táblázat)

11. táblázat Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek klorofill-fluoreszcencia paraméterei (PS II potenciális/maximális fotokémiai hatékonysága (Fv/Fm), 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≤0,05 szinten (n=3, ± s.e.)

	2012				2014			
	<i>Gyertyán</i>		<i>Tölgy</i>		<i>Gyertyán</i>		<i>Tölgy</i>	
	fényl	árnyl	fényl	árnyl	fényl	árnyl	fényl	árnyl
Fv/Fm	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 ^{ab}	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 ^{bc}	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 ^{de}	0,54±0,08 ^{ad}	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 tölgnél 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 gyertyánnál. 2014-ben megmaradt a fajok közötti és az árnyék-, és fénylevelek közötti különbség, ugyanakkor a kapott magasabb értékek a kisebb nem-fotokémiai kioltó folyamatoka jelző qN érték eredménye. Az R_{Fd} érték alapján – mely Lichtenthaler és Rinderle (1988) szerint vitalitási indexként is használható – a fajok között nincs eltérés, a 2012-es évben tölgy árnyéklevelek értékei mutatnak csak szignifikáns különbséget a többi értékhez képest. Lichtenthaler és Rinderle (1988) vizsgálatai alapján az index jól használható a teljes fotoszintézis, azaz a szén-dioxid fixálás aktivitásának értékeléséhez is. Eredményeik szerint a 2,5 és efeletti értékek megfelelő fotoszintetikus aktivitásra utalnak, 1 alatti érték pedig erős stresszhelyzetre. Ezek alapján a vizsgált körülmények között az újulat vitalitása megfelelőként jellemezhető.

4.4. Lék-vágás: egyedi felújítási módszer leírása, indoklása, előnye és korlátai

A törvényi szabályozásból fakadóan a nagy területű véghasználatok kora védett és fokozottan védett területen lejárt. Korábban is végeztünk kísérletképpen kis területű 0,5 ha-os tarvágások utáni felújításokat. Ezeket mesterségesen, soros makkvetéssel erdősítettük újra. A természetvédők szerint még 0,5ha is nagynak bizonyult, mert tudásukat az akkoriban „éledő Pro Silva tanokból”, főleg külföldi és hegyvidéki bükk, lúcfenyő, kocsánytalan tölgy 50-100 m²-es példáiból merítették. Mi a folyamatos erdőborítást kívántuk fenntartani, nagy területű tarvágások nélkül, tulajdonképpen utánozva az erdő természetes folyamatait, amikor például egy őserdőben 2-3 fa kidől, és a már lehullott magokból, sarjából a talajra jutó plusz fény segítségével indul új életnek az erdő. Az első „prototípus” léket (0,3 ha) 2003-ban nyitottuk meg, – amiből aztán felépült a későbbiekben az üzemi gyakorlat – egy véghasználati korú állományban. Későbbiekben több helyen, már nemcsak véghasználati, hanem rudas életfázisú állományokban is történt lék nyitás. Nyilvánvaló, hogy a kocsányos tölgy főfafajú állományok ökológiai igénye miatt, egy az egybe, nem ültethető át a hegyvidéki bükkösökben, esetleg kocsánytalan tölgyesekben alkalmazott Pro Silva eljárás. A lékeket min. 1500 m², vagy ettől valamivel nagyobbra kell méretezni. A 30-35 m magas, zárt második lombkorona- és cserjeszinttel rendelkező állományban 5-700 m²-es lék esetén még nyári időszakban is kevés direkt fény éri a talajt. Az első lékek megnyitásakor a következőket vizsgáltuk: mekkora az optimális lékméret, milyen legyen a lék alakja, tájolása, a lékek körül visszamaradó állományok zártsága, valamint a további bontás szükségessége, lehetősége.

Minden esetben az volt a cél, hogy a lékekbe minél több fény jusson be. A következő megállapításokra jutottunk:

- A léket ÉK-DNY felé kell tájolni.
- Az optimális lékméret 0,15 -0,3 ha.
- Nem feltétlenül a kör alakzat, ami a csemeték legnagyobb számú megmaradását biztosítja. Javasolt az elnyújtott ellipszis, szem alakzat.
- Az már rövid időn belül megfigyelhető volt, hogy a megnyitott lékek DNY-i részein, a tavasszal, nagy tö számmal megjelenő újulat, nyár végére már nem volt ott. A lék

nyitással egyszerre a D-DNY-i szélén a léket övező állományból egy keskeny sávban a második lombkorona és cserjeszint kivágásával fényt kell eresztetni a lékbe.

Az idő előre haladtával bebizonyosodott, hogy a klasszikus Pro Silva elvű bontások, vagyis a kis lékek (néhány tíz-száz m²) nyitása majd „magára hagyása” nem járható út kocsányos tölgy esetében. Ugyanis az tapasztalható, hogy még a legkedvezőbb benapozást elősegítő lék kialakítás ellenére is, három-négy éven belül nagy mennyiségű árnytűrő vagy gyorsabb növekedésű elegyfaj (GY; MJ) jelenik meg és a tölgy nem tudja velük felvenni a versenyt, tehát szükségessé válik a lék bővítése, a benapozás növelése. Míg az erdészeti területén a lékek kísérleti jelleggel (kis számban) voltak jelen, addig az elegyfajok visszaszorítása évi többszöri kézi ápolással megoldható volt, de üzemi méretekben ez nem kivitelezhető. Ahhoz, hogy a lékekben biztosítani tudjuk a megfelelő elegyarányt, úgy, hogy közben az ápolási munkákat is minimalizálni tudjuk, a lékek körüli állomány bontásával, fokozatosan plusz fényt kell biztosítani a tölgy csemeték számára. Így a lékek megnyitását követő negyedik, ötödik évben, (amennyiben a csemeték száma és fejlődése megfelelő), a lékek körül, cca. 30 m-es sávban, bontást végzünk. A bontás erélye nagy, a záródást 50 %-ra redukáljuk, ezzel többlet fényt engedünk a lékbe és egyúttal termésre ösztönözzük a bontott állományrészt. Ezután a makktermések időszakosságát illetve a bontott állományban lévő újulat fejlődését követve végvágunk és gyűrű alakban folytatjuk tovább a bontást és a végvágást. Ezzel a 4 belenyúlással, 15-20 év alatt éri el a felújítás, a 2ha körüli végleges területét. A természetvédelmi szempontokra is figyelve, a lékek között, mindig marad vissza kisebb-nagyobb érintetlenül hagyott rész, hagyásfa csoport. Az így felújított erdőt az jellemzi, hogy elegyes, megfelelő vertikális tagozódással rendelkezik, az őshonos fa- és cserjefajok a nekik megfelelő szintben helyezkednek el. A felújítás idejének elnyújtásával, pedig változatos korosztályú állományokat hozunk létre, ezáltal eleget teszünk a természetvédelmi elvárásoknak is. Véleményünk szerint, a termőhelyi adottságokon kívül, a természetközeli erdőgazdálkodás alkalmazhatóságának egyéb fontos feltétele:

- A munkáját lelkiismeretesen ellátó szakszemélyzet, kiemelve a kerületvezető kollégák szerepét, akiknek nyitottnak és szakmailag felkészültnek kellett lenniük, ahhoz, hogy a hosszú évtizedekig alkalmazott, tarvágást követő mesterséges erdőfelújítás helyett, áttérhessünk a folyamatos erdőborítást eredményező erdőgazdálkodásra.

- Továbbá nagyon fontos kitétel, hogy a vadállomány nagyságát, szabályozni szükséges. Azokon a területeken, ahol magas a vadlétszám, bekerítettük a lékeket. Eleinte azt figyeltük meg, hogy a vad nem próbált bejutni a lékekbe, elkerülték azokat. Azonban, ahogy a lékek száma növekedett, úgy vált egyre gyakoribbá a vadállomány károkozása még a kerítések ellenére is.
- Közfoglalkoztatás megléte. A folyamatos erdőborítást biztosító, természetes felújítások következtében a felújítandó területeken nincs térbeli rend (nincsenek sorok), így az ápolási feladatok gépi erővel nem megoldhatóak. Kevés az olyan, hozzáértő vállalkozó, aki vállalná az ilyesfajta ápolási munkák végrehajtását, egyébként vállalkozók bevonása az erdőfelújítási költségeket irreálisan megnövelné.

Erdészetünk működési területe két erdőtervezési körzetbe esik. A Rétköz-Bereg erdőtervezési körzet tervezése 2013-ban fejeződött be. Az erdőtervezés során az egyik legfontosabb feladat a nagyobb területű, egykorú tölgyes erdőtömbök, felújításának több évtizedre történő elnyújtása volt, úgy hogy megfeleljen a természetvédelem elvárásainak és az erdészet számára is biztosítsa a megfelelő hozamokat. A természetközeli erdőgazdálkodásban gyűjtött tapasztalatok már beépültek az erdészet új erdőtervébe. Ennek köszönhetően a jövőben, a természetvédelemmel történő sorozatos ütközések és üzemtervtől eltérő kérelmek gyakori benyújtása nélkül folytathatunk hatékony gazdálkodást.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A természetvédelem érdekeinek a tulajdonosi (vagyonkezelői) érdekekkel szemben történő érvényesítése – az erdőkkel szemben támasztott társadalmi elvárások változásával - gyakori és jelentős konfliktusok forrásává vált.

Két szélsőséges nézet terjedt el.

1. Az erdőgazdálkodás és a természetvédelem szakterülete antagonisztikus ellentétben áll egymással, mivel a fakitermelés egyenlő a természetkárosítással. A természetvédelem szakterülete részéről általában ellenérzést váltott ki a szerintük nem természetközeli, a rövid távú érdekeket szem előtt tartó nyereség centrikus erdőgazdálkodás.
2. Az erdész nem lehet gátja a természetvédelemnek, mert az erdőgazdálkodás egyenlő a természetvédelemmel. Az erdőgazdálkodás és a természetvédelem közös gyökerekből ered. Az erdész a munkája során egyben a természetet is védi. Az erdőgazdálkodás oldaláról viszont konfliktusokat előidéző tényezőknek tartják az időbeli, térbeli speciális természetvédelmi korlátozásokat, tilalmakat.

Kinek jó ez a permanens szembenállás? Mi lehet mégis a megoldás, ha annak a néhány szakembernek a munkája, aki megpróbálta a konfliktusokat egy közös nyelv kialakításával, a jogszabályok egységes értelmezésével, már eredményeket is adó üzemi kísérletek beállításával tompítani, nem vezettek eredményre? További kérdés, hogy az általam bemutatott, a védett természeti területen és a természetvédelmi oltalom alatt nem lévő erdőkben az ökológiai és ökonómiai egységet képviselő természetvédelmi erdőkezelésnek, illetve természetközeli erdőgazdálkodásnak egyáltalán érvényt lehet-e szerezni? Kutatásainkból levonható eredmények és következtetések reményeink szerint közelebb viszenk az előremutató megoldáshoz.

Botanikai felvételezések eredményeiből levont fontos következtetés, hogy az eredmények értékelésénél figyelembe kell venni, hogy sikerült-e termőhelyileg egységes területeket kijelölni. A termőhely változatossága módosíthatja az adatainak a felújítási módtól függetlenül. Ennek kiküszöbölésére a mintaterületek számát kell növelni, már, ha ez módunkban áll. A fajszám értékelésénél ugyancsak figyelembe kell venni a gyomszámot, hiszen például a már végleges méretű felújításon (Gelénes 2/B) a kezdeti kiugró fajszám fokozatosan, szignifikánsan csökkent. A csökkenés oka, az, hogy megjelennek az erdősülés során az évelő fajok, melyek kompetitív hatása kiszorítja a gyomokat. Egyébként a felújítás során erdőművelési, vagy természetvédelmi szempontból veszélyes gyomok – részben a kíméletes, természetközeli felújításnak köszönhetően – csak csekély mértékben jelentek meg.

A borításértékek változásból kevés jól megalapozott következtetés vonható le, de ezek közé tartozik az a megállapítás, mely szerint az újulat záródása miatt a 9. évre – azaz a belső körben – egyértelműen megjelenik árnyalás hatása. Amennyiben a léken belüli különböző égtáji kitettségű 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. Az északi (benapozott) lékterületen tapasztalt alacsony lágyszárú borítást nem magyarázhatjuk a kimagasló újulat-záródással, a jelenség valószínűleg az erdei és magaskórós lágyszárúak számára lokálisan túl napos és száraz termőhely következménye. Az erdőrészek felújítógátásainak első fázisú lékjeiben készült felvételekben összesen 17 fa- és cserjefaj újulatát figyeltük meg. Erdőművelési szempontból kiemelendő, hogy mind borítás, mind egyedszám tekintetében az elegyfafajok 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. Az 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. Fontos következtetés, az árnyas oldal gyertyán-tömege miatt a tölgynek újulatápolás nélkül nem sok esélye van a megmaradásra. A *Quercus robur* egy kivétellel az összes mintaterületen előkerült, a belső körben meghatározó szerepű. E pozíciós dominanciáj az ápolások következménye, azaz a természetes felújításon kívül a tudatos erdőművelés is segítette. A külső körben a felvételek felében volt jelen a tölgy, itt kizárólag természetes újulattól. A következtetések levonásához hosszútávú vizsgálatok szükségesek, hiszen ahogyan azt ökológiai vizsgálati eredményeink is alátámasztják, a különböző klimatikus évek eltérő eredményeket okozhatnak. A talajtani vizsgált jellemzők közül adott vegetációs periódusban a növények életét a talajnedvesség változása meghatározhatja, az elemtartalmi változásokból azonban biztos következtetések nem vonhatóak le az általunk vizsgált viszonylag rövid periódus alatt. Az ökológiai méréseket az újulat két meghatározó tagjára a *Quercus robur* és *Carpinus betulus* fajokra összpontosítottuk. A gyertyán az ökológiai eredményeink alapján árnyéktűrőbb a tölgyénél, melynek azon túl, hogy könnyen terjedőek a magvai nagy szerepe van erdeink, lékeink elgyertyánosodásában, ahogyan az a botanikai felvételezéseink is igazolták. Az újulat képződés szempontjából a gyertyán árnyéktűrő képessége előnyös, hiszen már kisebb méretű lékek, nyiladékok képződésénél is hatékony növekedésnek indulhat, magasabb fényintenzitáson ugyanakkor kisebb szárazanyag felhalmozási képességgel bír. A

fénykedveléséről közismert tölgy fénylevele a klimatikusan kedvezőbb 2014-es évben a mintegy 10%-kal több szárazanyag felhalmozásra volt képes, mint a gyertyán fénylevelei. Az eltérő, megváltozott fényintenzitáshoz való alkalmazkodás fontos eleme a fotoszintetikus színanyagok mennyiségi és minőségi változása. A tölgy nagyobb fiziológiai alkalmazkodó képességét támasztja alá, azon eredményünk, mely szerint a szárazabb nyarú 2012-es évben nagyobb karotinoid tartalommal rendelkeztek. A nem-fotokémiai kioltó folyamatok nagyobb arány – mely ugyancsak összefügg a magasabb karotinoid tartalommal – ugyancsak azt bizonyítja, hogy akklimatizációs képessége meghaladja a gyertyánét. Az egyéb vizsgált klorofill fluoreszcencia paraméterek többsége alapján is igazolható a tölgy magasabb fényintenzitáshoz való alkalmazkodó képessége. Az égtáji kitettség szerinti vizsgált paraméterek alapján is az északi, benapozott oldalon kedvezőbb elsősorban a tölgy egyedek fejlődése, erdészeti, botanikai eredmények szerint is a lékben az északi oldalon biztosabban marad meg az újulata.

Az állami szektor szabályozása és maga, az erdők hosszú élettartalma nagyban megnehezíti a gyors reagálást a felújítási módokkal kapcsolatosan. Hosszú távú komplex – talajtani, botanikai, meteorológiai, ökofiziológiai, állattani, vadászati, erdészeti – vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy ténylegesen meghatározó eredményeket kapjunk, melyek az alap kutatás mellett a gyakorlat számára is felhasználhatóak. Ebben a folyamatban jelentenek úttörő munkát a NYÍRERDŐ Zrt. saját kezdeményezésében elindított üzemi kísérletei.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az erdő életébe csak oly módon lehet ideálisan beavatkozni, hogy annak épségét, működőképességét az ne zavarja. Ezt csak folyamatos erdőborítás mellett, a természetes erdőciklusok utánzásával lehet elérni. A dolgozatomban célja volt az eddigi hagyományos, vágásos szemléletű, fatermesztés orientált erdőgazdálkodásunkhoz képest egy új típusú sokrétűbb tudásanyagot igénylő síkvidéken alkalmazandó lékvágásos felújítási módszer ismertetése, alkalmazhatóságának vizsgálata. Botanikai és ökofiziológiai módszerek segítségével teljesítettem célkitűzéseimet. A módszer helyességét alátámasztó ökofiziológiai paramétereket értékeltem, jellemeztem a felújítás által érintett két újulat alkotó fafaj ökofiziológiai plaszticitását.

A síkvidéki kocsányos tölgy erdőállományok felújítási módszereinek kidolgozásában és finomításában, a folyamatos erdőborítást biztosító módszerek megalapozása terén fontos, hogy a létrejövő erdőnek megfelelő vertikális tagozódással kell rendelkeznie, a felújítás idejének elnyújtásával változatos korosztályú erdő jön létre. A technológia kidolgozásakor figyelembe kell venni a meghatározó fafajok élettani tulajdonságait, valamint azok ökológiai paraméterekkel szembeni érzékenységre. Mind a hazai, mind a nemzetközi kutatások elsősorban erdészeti központúak, illetve az eltérő erdészeti kezeléseknél az erdei ökoszisztémákra gyakorolt hatását vizsgálták. A vizsgált kutatási területek a Felső-Tisza vidék középtájában, a Szatmári és a Beregi síkon helyezkednek el. Az erdészeti táj besorolás szerint a Nagyalföld erdészeti tájcsoporthoz Szatmár-Beregi síkság táján találhatók. A vizsgálatokra a Szatmár-beregi-sík erdészeti tájában, a Gelénes és Vámosatya települések között elhelyezkedő Bockerek-erdő erdőrészeleiben került sor: különböző méretű lékekben és az erdőbelsőben. 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. Ökofiziológiai vizsgálatokban két eltérő időjárási viszonyú évet hasonlítottunk össze. A vizsgált botanikai és ökofiziológiai paraméterek alapján is igazolható a tölgy magasabb fényintenzitáshoz való alkalmazkodó képessége. A nem-fotokémiai kioltó folyamatok nagyobb aránya révén akklimatizációs képessége meghaladja a gyertyánét, síkvidéki körülmények között is kiválóan alkalmazható erdeiben a lékvágásos erdőgazdálkodás. Tapasztalataink szerint a lékeket minimum 1500 m², vagy ettől valamivel nagyobbra kell méretezni. Az első lékek megnyitásakor botanikai és ökofiziológiai vizsgálataink alapján arra a megállapításokra jutottunk, hogy a léket ÉK-DNY felé kell tájolni, az optimális lékméret 0,15 - 0,3 ha, melynek nem feltétlenül a kör alakzat a

legmegfelelőbb, ami a csemeték legnagyobb számú megmaradását biztosítja. A növényteni felvételezések eredményeire alapozva a kör helyett javasolt az elnyújtott ellipszis, szem alakzat. Az eredmények szerint a megnyitott lékek DNY-i részein, a tavasszal, nagy töszámmal megjelent az újulat, de a nyár végére már nem volt ott. A lék nyitással egyszerre a D-DNY-i szélén a léket övező állományból egy keskeny sávban a második lombkorona és cserjeszint kivágásával fényt kell eresztetni a lékbe a legjobb eredmény elérése érdekében.

7. SUMMARY

Intervening ideally into the life of forests brings around the necessity of doing it in such a way that it does not interfere with its integrity and functionality. This can be accomplished only by maintaining continuous forest cover, by following schemes of natural forest cycles. The purpose of my dissertation was to describe the leak-renewal method which applies a new type of more complex knowledge in comparison to our traditional, cutting-edge, tree-oriented forest management. By using botanical and eco-physiological methods, I accomplished my goals. I evaluated the eco-physiological parameters supporting the correctness of the method, and characterized the eco-physiological plasticity of the two re-growth forming species affected by the forest renewal.

In the elaboration and refinement of the methods of the flatland oak forest renewal and in the substantiation of permanent forest cover supportive methods, it is essential for the forest to be created to have a vertical division and with the prolongation of the renewal time, a diverse age-group forest is established. When developing the technology, the physiological properties of the dominant tree species must be taken into account as well as their sensitivity to ecological parameters. Both domestic and international researches were primarily focused on forestry and the impact of different forestry treatments on forest ecosystems.

The investigated research sites are located in the middle of the Upper Tisza region on the Szatmári and Beregi planes. According to the forestry classification it is located in the Nagyalföld (Great Plain) forestry region-group, in Szatmár-Bereg forestry plain region. Investigations were carried out in forest subcompartments of the Bockerek forest between settlements of Gelénes and Vámosatya in different sizes and in different forest interior.

The climate of the region falls between the moderately temperate and moderately cool. Both the continental climate of the Great Hungarian Plain and the mountain climate of the Carpathians have a noticeable effect. In eco-physiological studies, we compared two years

with different weather conditions. Based on the examined botanical and eco-physiological parameters, the ability of the oak to adapt to higher light intensity can be justified. Due to the higher proportion of non-photochemical extinction processes, its acclimatization capacity exceeds that of the hornbeams, and leak-cutting forest management can be used well in the lowland conditions.

According to our experience, leaks must be at least 1500 m² in size or slightly larger. When opening the first ones, according our botanical and eco-physiological studies, we found that they should be positioned towards the NW SW, and their optimal size is 0.15 to 0.3 ha. Leaks shape is not necessarily circular, which provides the maximum number of seedlings. Based on the results of botanical surveys, the elongated ellipse, eye shape, is proposed instead of the circular. According to the results, the re-growth appeared in the open-leaks in the SW-parts in the spring, with a large number of stems but these were not found by the end of the summer. At the same time with the opening, at the S-SW edges in a narrow strap from the surrounding stand the second canopy and shrub layer must be removed to let sunlight inside the leak to achieve the best result.

8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Mindkét vizsgált fajnál (*Quercus robur*, *Carpinus betulus*) a lékképzés eredményeképpen a magas fényintenzitás alacsonyabb SLA-t eredményezett. Az erdőbelső alacsony fényintenzitása növelte az SLA-t, melynek fontos szerepe van abban, hogy az adott faj maximalizálja adott területre vonatkoztatott szén nyereségét (sokkal fontosabb szerepe, minthogy relokalizálja a nitrogént a level készletei között: Rubisco, fénygyűjtő). Magas fényintenzitáson a növekvő déli fotoszintézis nagyobb mennyiségű nitrogen allokációt kíván az electron szállító kapacitáshoz és az oldható fehérjékhez.
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 fajszaám (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. 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 fajszaám 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 játszott a főszerepet.
9. Botanikai és ökofiziológiai eredmények alapján megállapítható, hogy a lékekben az északi oldalon biztosabban marad meg az újulat.

8. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK

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 (ez cca. 20-22 m sugarú kör területével egyenlő).
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. Ezért 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 illetve 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. A Pro Silva elvű bontás (0,1 ha vagy kisebb) nem járható út, mert 3-4 éven belül az elegyfajok újulata elnyomja a tölgyét.
9. Üzemi méretekben az elegyfajok visszaszorítása nem kivitelezhető.
10. Amennyiben a főfafaj újulata hiányos, akkor mesterséges kiegészítést javasolt végezni helyi, genetikailag azonos szaporítóanyaggal, fészkes makkvetéssel. A bontás ebben is segít, a bővebb makkterméssel.
11. A természetvédelmi szempontokra is figyelve a lékek között mindig marad vissza érintetlen rész – hagyasfa csoport.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. Aleric, K.M., Kirkman, K.L. (2005): Growth and photosynthetic responses of the federally endangered shrub, *Lindera melissifolia* (Lauraceae), to varied light environments. *American Journal of Botany*, 92(4): 682–689
2. Anderson, J.M., Chow, W.S., Park, Y-I (1995): The grand design of photosynthesis: acclimation of the photosynthetic apparatus to environmental cues. *Photosynthetic Research*, 46:129-139
3. Armond, P.A., Björkman, O., Staehelin, L.A. (1980): Dissociation of supramolecular complex in chloroplast membranes. A manifestation of heat damage to the photosynthetic apparatus. *Biochimica and Biophysica Acta*, 601: 433-442
4. Arriaga, L. (1988): Gap dynamics of a tropical cloud forest in Northeastern Mexico. *Biotropica*, 20: 178–184
5. Ashraf, M., Harris, P.J.C (2013): Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51(2): 163-190
6. Babani, F., Lichtenthaler, H. K. (1996): Light-induced and age-dependent development of chloroplasts in etiolated barley leaves as visualized by determination of photosynthetic pigments, CO₂ assimilation rates and different kinds of chlorophyll fluorescence ratios. *J. Plant Physiol.*, 148: 555–566
7. Bagnouls, F., Gaussen, H. (1953): Les climats biologiques et leur classification. *Annales De Geographie*, 355: 193 – 220
8. Bailey, S., Walters, R.G., Jansson, S., Horton. P. (2001): Acclimation of *Arabidopsis thaliana* to the light environment: the existence of separate low light and high light responses. *Planta*, 213:794–801
9. Bailey, S., Horton, P., Walters, R.G. (2004): Acclimation of *Arabidopsis thaliana* to the light environment: the relationship between photosynthetic function and chloroplast composition. *Planta*, 218:793–802
10. Baloghné, Bokor, Zs., Tóth, J., Koncz, Cs., Molnár, A., Gencsi Z. (2000): Különböző erdőfelújítási módok hatása észak-alföldi gyertyános-kocsányos tölgyes gyepszintjére, talajfaunájára és talajlakó mikroorganizmusaira. *Erdészeti Lapok*, 135(5): 142-145
11. 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

12. Barigah T.S., Charrier O., Douris M., Bonhomme M., Herbette S., Améglio T., et al. (2013): Water stress-induced xylem hydraulic failure is a causal factor of tree mortality in beech and poplar. *Ann. Bot.*, 112: 1431–1437
13. 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
14. Bartha, D., Vidéki, R. (eds.) (2008): A Bockerek-erdő. Nyírerdő Zrt., Nyíregyháza – Sopron. p. 256
15. Berki, I., Rasztovics, E., Móricz, N., Mátyás, Cs. (2009): Determination of the drought tolerance limit of beech forests and forecasting their future distribution in Hungary. *Cereal Research Communications*, 37: 613–616
16. Bodor, L., Gencsi Z. (2001): Sík- és dombvidéki gyertyános-kocsányos tölgyesek. 97-109. In: Bartha D. (ed.): A természetszerű erdők kezelése, a kultúr- és származékerdők megújítása. Átmenet a természetes folyamatokra épülő erdőgazdálkodás felé. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest.
17. Borhidi, A. (1993): A magyar flóra szociális magatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. KTM TVH – JPTE, Pécs. p. 111
18. Boyer, J.S. (2009): Evans Review: Cell wall biosynthesis and the molecular mechanism of plant enlargement. *Functional Plant Biology*, 36(5): 383-394
19. Bölöni, J., Molnár, Zs., Kun, A. (2011): Magyarország élőhelyei. Vegetációtípusok leírása és határozója – ÁNÉR 2011. MTA ÖBKI, Vácrátót. p. 211
20. Bréda N., Huc R., Granier A., Dreyer E. (2006): Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Ann. For. Sci.*, 63 625–644
21. Brokaw, N.V.L. (1989): Species composition in gaps and structure of a tropical forest. *Ecology*, 70: 538–541
22. Chang, S.X., Robison, D.J. (2004): Nondestructive and rapid estimation of hardwood foliar nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter. *Forest Ecology and Management*, 181(3): 331-38
23. Cornic, G., Massacci, A. (1996): Leaf photosynthesis under drought stress. In: Baker, N.R.(eds.): *Photosynthesis and the Environment*, 14: 347-366, Kluwer Academic Publishers, 1996
24. Cornic, G., Ghashghaie, J., Genty, B., Briantais, J.M. (1992): Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. *Photosynthetica*, 27: 295-309

25. Csépanyi, P. (2008): A tölgy és a folyamatos erdőborítás. Erdészeti Lapok 143 (10): 294-297
26. Csontos, P., Tamás, J., Kalapos, T. 2001: Correlation between age and basal diameter of *Fraxinus ornus* L. in three ecologically contrasting habitats. Acta Botanica Hungarica, 43: 127-136
27. Dale, V.H., Hubery, K.J. (2001): Climate change and forest disturbances. BioScience. 51: 723–734
28. Diaci, J., Gyoerek, N., Gliha, J., Nagel, T.A. (2008): Response of *Quercus robur* L. seedlings to north-south asymmetry of light within gaps in floodplain forests of Slovenia. Annals of Forest Science 65, <http://dx.doi.org/10.1051/forest:2007077>
29. Dech, J.P., Robinson, L.M., Nosko, P. (2008): Understorey plant community characteristics and natural hardwood regeneration under three partial harvest treatments applied in a northern red oak (*Quercus rubra* L.) stand in the Great Lakes-St. Lawrence forest region of Canada. Forest Ecology and Management, 256: 760–73
30. Demmig, B., Björkman, O. (1987): Comparison of the effect of excessive light on chlorophyll fluorescence (77K) and photon yield of O₂ evolution in leaves of higher plants. Planta, 171(2): 171-184
31. Grant, R., Cramer, G.R., Urano, K., Delrot, K., Pezzotti, M., Shinozaki, K. (2011): Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. BMC Plant Biology, 11(163): 1-14
32. Guo, X.R., Cao, K.F., Xu, Z.F. (2006): Acclimation to irradiance in seedlings of three tropical rain forest *Garcinia* species after simulated gap formation. Photosynthetica, 44:193–201
33. Csépanyi P. (2008): A tölgy és a folyamatos erdőborítás. Erdészeti Lapok, 143(10): 294–297
34. Demarez, V., Gastellu-Etchegorry, G.P., Mougin, E., Marty, G., Proisy, C. (1999): Seasonal variation of leaf chlorophyll content of a temperate forest. Inversion of the PROSPECT model. International Journal of Remote sensing, 20(5): 879-894
35. 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
36. Dietzel, L., Pfannschmidt, T. (2008): Photosynthetic acclimation to light gradients in plant stands comes out of shade. Plant Signaling and Behavior, 3(12): 1116-1118

37. d'Oliveira, M.V.N., (2000): Sustainable forest management for small farmers in Acre State in the Brazilian Amazon. D. Phil. Thesis. University of Aberdeen, Scotland, 176 pp.
38. d'Oliveira, M.V.N., 2009. Regenerac, ão florestal em clareiras artificiais após dois anos de abertura de dossel no Estado do Acre: amazônia Ocidental. In: Gonc, alvez,R.C., de Oliveira, L.C. (Eds.), Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia. Embrapa Acre. cap. 3, Rio Branco, AC, pp. 68–96
39. Dupuy, J.M., Chazdon, R.L. (2006): Effects of vegetation cover on seedling and sapling dynamics in secondary tropical wet forests in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 22: 65–76
40. Dupuy, J.M., Chazdon, R.L. (2008): Interacting effects of canopy gap, understorey vegetation and leaf litter on tree seedling recruitment and composition in tropical secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 255: 3716–3725
41. Evans, J.R., Poorter., H. (2001): Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen in maximizing carbon gain. *Plant Cell Environment*, 24:755–767
42. Frank, N. (2015): A kocsányos tölgy (*Quercus robur* L.) erdőművelési tulajdonságai. *Erdészeti Lapok*, CL(10): 314-315
43. Führer, E. (2000): Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*, 132: 29-38
44. Führer, E., Marosi, Gy., Jagodics, A., Juhász, I. (2011): A klímaváltozás egy lehetséges hatása az erdőgazdálkodásban. *Erdészettudományi Közlemények*, 1(1): 17-28
45. 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
46. Gaspar, T., Franck, T., Bisbis, B., Kevers, C., Jouve, L., Hausman, J.F., Dommes, J. (2002): Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. *Plant Growth Reg.*, 37:263-285
47. Gálhidy, L., Mihók, B., Hagyó, A., Kelemen, K., Ruff, J. (2005): Felújulás egy bükkállomány mesterséges lékjeiben – a lékméret hatása az újulat változásaira, *Erdészeti Lapok*, 140(12): 358–361
48. Gálhidy, L., Mihók, B., Hagyó, A., Rajkai, K., Standovár T. (2006): Effects of gap size and associated changes in light and soil moisture on the understorey vegetation of a Hungarian beech forest. *Plant Ecology*, 183(1): 133-145

49. Goltsev, V., Yordanov, I., Tsonev, T. (1994): Evaluation of relative contribution of initial and variable chlorophyll fluorescence measured at different temperatures. *Photosynthetica*, 30: 629-643
50. Götmark, F. (2007): Careful partial harvesting in conservation stands and retention of large oaks favour oak regeneration. *Biological Conservation*, 140: 349–358
51. Hagyó, A., Rajkai, K. (2004): A talajnedvesség-tartalom alakulása egy bükkös erdőben és benne kialakított lékekben. *Agrokémia és Talajtan*, 53: 17-34
52. Hanson H.C. (1917): Leaf-structure as related to environment. *American Journal of Botany*, 4: 533–560
53. Haraszthy, L. (ed.) (2014): Natura 200 fajok és élőhelyek Magyarországon. Pro Vértes Alapítvány, Csákvár.
54. Havaux, M., Tardy, F. (1996): Temperature-dependent adjustment of the thermal stability of photosystem II in vivo: possible involvement of xanthophyll-cycle pigments. *Planta*, 198: 324-333
55. Havaux, M., Lannoye, R. (1985): *In vivo* chlorophyll fluorescence and delayed light emission as rapid screening techniques for stress tolerance in crop plants. *Z.Pflanzen.*, 95:1-13
56. Hickey, G.M., Innes, J.L. (2005): Scientific Review and Gap Analysis of Sustainable Forest Management Criteria and Indicators Initiatives. FORREX series 17, p. 64, ISBN 1-894822-37-4
57. Houšková, K. (2006): Light treatment and growth of plants in the self-seeding of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in floodplain forests. *Ekológia*, 25(2): 138–150
58. Hummel, I., Pantin, F., Sulpice, R., Piques, M., Rolland, G., Dauzat, M., Christophe, A., Pervent, M., Bouteille, M., Stitt, M., Gibon, Y., Muller, B. (2010): Arabidopsis plants acclimate to water deficit at low cost through changes of carbon usage: an integrated perspective using growth, metabolite, enzyme, and gene expression analysis. *Plant Physiology*, 154(1): 357-372
59. IPCC (2013): “Climate change 2013: the physical science basis,” in *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., editors. (New York, NY: Cambridge University Press;).
60. Jakucs, P., Précsényi, I. (1981): A fitocönózisok. 192-225. In: Hortobágyi T. és Simon T. (eds.): *Növényföldrajz, társulástan, ökológia*. Tankönyvkiadó, Budapest. p. 311

61. Jarvis PG. (1964): The Adaptability to Light Intensity of Seedlings of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. *Journal of Ecology*, 52: 545–71
62. Jia, W., Zhang, J., Liang, J. (2001): Initiation and regulation of water deficit-induced abscisic acid accumulation in maize leaves and roots: cellular volume and water relations. *Journal of Experimental Botany*, 52(355): 295-300
63. Kalaji, M.H., Govindjee, B.K., Kościelniak, J., Zuk-Gołaszewska, K. (2011): Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces. *Environ Exp Bot.*, 73:64–72
64. Kalapos, T., Csontos, P. (2000): A lomblevél szerkezeti és működési sajátosságainak változatossága különböző termőhelyen nőtt *Fraxinus ornus* populációknál. V. Magyar Ökológus Kongresszus, Debrecen, 2000. október 25-27. *Acta Biologica Debrecina.*, Suppl. *Oecologica Hungarica*, 11: 242
65. Kalicz, P., Zagyvainé Kiss, K., Gribovszki, Z., Király, G., Brolly, G., Kollár, T., Manninger, M. (2013): In: *Silva naturalis* (szerk. Bartha, D., Puskás, L.) Series on Theory and Practice of Continuous Forest Cover. ISBN 978 963 334 208 4
66. Kenderes, K., Aszalós, R., Ruff, J., Barton, Z., Standovár, T. (2007): Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology*, 8: 209-220
67. Kenderes, K., Mihók, B., Standovár, T. (2008): Thirty years of gap dynamics in a Central European beech forest reserve. *Forestry*, 81(1): 111-123
68. Kevey, B. (2008): Magyarország erdőtársulásai. *Tilia*, 14: 1-488
69. Kollár, T. (2013): Lékek fényviszonyainak vizsgálata hemiszférikus fényképek segítségével. *Erdészettudományi Közlemények*, 3(1): 71-78
70. Kovács, G., Bidló, A., Heil, B., Varga, B. (2008): A Bockerek-erdő termőhelyének és erdőállományának változása. *Talajvédelem különszám* (Simon L. szerk.), 121-130
71. Krause, G.H., Weis, E. (1991): Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annual. Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 42: 313-349
72. Krause, G.H., Koroleva, O.Y., Dalling, J.W., Winter, K. (2001): Acclimation of tropical tree seedlings to excessive light in simulated tree-fall gaps. *Plant Cell Environ*, 24:1345–1352
73. Kyparissis, A., Drilias, P., Manetas, Y. (2000): Seasonal fluctuations in photoprotective (xanthophyll cycle) and photoselective (chlorophylls) capacity in eight Mediterranean

- plant species belonging to two different growth forms. Australian Journal of Plant Physiology, 27: 265-272
74. Ladjal, M., Epron, D., Ducrey, M. (2000): Effects of drought preconditioning on thermotolerance of PSII and susceptibility of photosynthesis to heat stress in cedar seedlings. Tree Physiology, 20: 1235-1241
 75. Lambers, H., Poorter, H. (1992): Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. Advance in Ecological Research, 23: 187-261
 76. Láposi, R., Mészáros, I., Veres, Sz., Mile, O., Bai, E. (2000): A fényklíma hatásai szubmontán bükkös fajok fotoszintézis-ökofiziológiai sajátosságaira. Acta biologica Debrecina. Supplementum oecologica hungarica, ISSN 0236-8684. 11(1): 259
 77. Láposi, R., Veres, S., Lakatos, G., Oláh, V., Fieldsend, A., Mészáros, I. (2009): Responses of leaf traits of beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings to supplemental UV-B radiation and UV-B exclusion. Agricultural and Forest Meteorology, 149: 745-755
 78. Lawlor, D.W. Cornic, G. (2002): Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher higher plants. Plant Cell Environment, 25: 275-294
 79. Łaska, G. (2001): The disturbance and vegetation dynamics: a review and an alternative framework. Plant Ecology, 157: 77-99
 80. Li, W., Zhao, Y.S., Zhou, Z.Q. (2011): Difference in photoinhibition and photoprotection between seedlings and saplings leaves of *Taxus cuspidate* under high irradiance. African Journal of Microbiology Research, 5(32): 5978-5984
 81. Lichtenthaler, H. K. (1998): The Stress Concept in Plants: An Introduction. Ann. NY Acad. Sci., 851:187–198
 82. Lichtenthaler, H.K., Rinderle, U. (1988): The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. Critical Reviews in Analytical Chemistry, 19: 329-383
 83. Löf, M., Gemmel, P., Nilsson, U., Welander, N.T. (1998): The influence of site preparation on growth in *Quercus robur* L. seedlings in a southern Sweden clear-cut and shelterwood. Forest Ecology and Management, 109: 241–49
 84. Majer, A. (1968): Magyarország erdőtársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest
 85. Marosi, S., Somogyi, S. (szerk.) (1990): Magyarország kistájainak katasztere, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest

86. Martínez-Carrasco, R., Sánchez-Rodríguez, J., Pérez, P. (2002): Changes in chlorophyll fluorescence during the course of photoperiod and in response to drought in *Causuarina equisetifolia* Forst. and Forst. *Photosynthetica*, 40: 363-368
87. Mátyás Cs. (1996): Erdészeti Ökológia. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 69–70
88. Mátyás, Cs., Czímber, K. (2004): A zonális zárt erdőtakaró alsó határának klímaérzékenysége Magyarországon – előzetes eredmények. In: Mátyás, Cs., Vigh, P. (szerk.) Erdő és Klíma IV., Sopron: NYME, 35-44
89. McDowell, N.G. (2011): Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. *Plant Physiol.*, 155: 1051–1059
90. Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000): Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668
91. Mészárosné-Draskovits, R. (1981): Photosynthetic activity of species in a beechwood II. Spring-Summer aspects. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae - Sectio biologica*, 22/23: 57-64
92. Mészáros, I. (1998): Szárazságstressz alatti növényfiziológiai válaszok és védekezési mechanizmusok. Kutatási Beszámoló OTKA T6196
93. Mészáros, I., Koncz, P., Veres, Sz., Oláh, V., Kanalas, P., Szöllősi, E. (2007a): A kocsánytalan tölgy és a csertölgy ökofiziológiai sajátosságai kontrasztos időjárású években. Mátyás Cs, Víg P. (szerk), Erdő és Klíma V, 183-198.
94. Mészáros, I., Veres, Sz., Kanalas, P., Oláh, V., Szöllősi, E., Sárvári, É., Lévai, L., Lakatos, Gy. (2007b): Leaf Growth and Photosynthetic Performance of Two Co-existing Oak Species in Contrasting Growing Seasons. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 3: 7-20
95. Mészáros, I., Fenyvesi, A., Kanalas, P., Szöllősi, E., Oláh, V., Ander, I., Veres, Sz., Láposi, R. (2009): Középhegységi zonális erdők fafajainak ökofiziológiája, különös tekintettel a klímaérzékenységükre. *Botanikai Közlemények*, 96: 15-17
96. Mészáros, I., Kanalas, P., Fenyvesi, A., Kis, J., Nyitrai, B., Szöllősi, E., Oláh, V., Demeter, Z., 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 environmental stress. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 7: 97-108
97. Mihók, B. (2007): Lékek fénymintázata és növényzeti regenerációja bükkös állományban. PhD értekezés, ELTE, TTK, p. 144
98. Mohammed, G.H., Tejada, P.Z., Miller, J.R. (2003): Application of Chlorophyll Fluorescence in Forestry and Ecophysiology. In: Practical Application of Chlorophyll

- Fluorescence in Plant Biology. (deEll, J.R. és Toivonen, P.M.A. szerk.) Springer Science and Business Media LLC, ISBN 978-1-4615-0415-3 (eBook), p. 79-125
99. Molnár, I. (2011): Az ártéri gazdálkodás környezettörténeti szempontú vizsgálata két alföldi mintaterület alapján. PhD értekezés, SZTE TTIK, Földtani és Őslénytani Tanszék, p. 125
 100. Moran, R., D. Porath (1980): Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethyl formamide. *Plant Physiology*, 65: 478–479
 101. Munné-Bosch, S., Alegre, L. (2000): Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. *Planta*, 210: 925-931
 102. Myersab, P.G., Newtona, A.C., Melgarejoc, O. (2000): The influence of canopy gap size on natural regeneration of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) in Bolivia. *Forest Ecology and Management*, 217: 119-128
 103. Naramoto, M., Katahata, S., Mukai, Y., Kakubari, Y. (2006): Photosynthetic acclimation and photoinhibition on exposure to high light in shade-developed leaves of *Fagus crenata* seedlings. *Flora*, 201:120–126
 104. Netto, A.T., Campostrini, E., Gonc, J., Oliveira, A., Bressan-Smith, R.E. (2005): Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, 104: 199–209
 105. Niinemets, U. (2001): Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs. *Ecology*, 82: 453–469
 106. Niinemets, U., (2007): Photosynthesis and resource distribution through plant canopies. *Plant Cell Environ*, 30: 1052–1071
 107. Niklas, K.J., Cobb, E.D., Niinemets, Ü., Reich, P.B., Sellin, A., Shipley, B., Wright, I.J. (2007): ‘Diminishing returns’ in the scaling of functional leaf traits across and within species groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 8891–8896
 108. Niyogi, K.K. (1999): Photoprotection revisited: genetic and molecular approaches. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50: 333-359
 109. Obiri, J.A.F., Lawes, M.J. (2004): Chance versus determinism in canopy gap regeneration in coastal scarp forest in South Africa. *Journal of Vegetation Science*, 15: 539–547

110. Oláh, V., Szöllősi, E., Lakatos, Á., Kanalas, P., Nyitrai, B., Mészáros, I. (2012): Springtime leaf development of mature sessile oak trees as based on multi-seasonal monitoring data. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 8: 21-30
111. Osmond, C.B. (1994): What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: Baker, N.R. és Bowyer, J.R. (ed) *Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the Field*, Bios Scientific Publishers, Oxford, 1-24
112. Percival, G.C., Henderson, A. (2003): An assessment of the freezing tolerance of urban trees using chlorophyll fluorescence. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 78(2):254–260
113. Percival, G.C. (2004): Evaluation of physiological tests as predictors of young tree establishment and growth. *J. Arboric.*, 30(2):80–92
114. Pernar, N., Klimo, E., Matić, S., Bakšić, D., Lorencová, H. (2009): Different technologies of floodplain forest regeneration from the aspect of soil changes. *Journal of Forest Science*, 55: 357-367
115. Pommerening, A., Murphy, S.T. (2004): A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, 77(1): 27-44
116. Poorter, H., Nagel, O. (2000): The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 595–607
117. Poorter, L. (2009): Leaf traits show different relationships with shade tolerance in moist versus dry tropical forests. *New Phytologist*, 181: 890-900
118. Poorter, L., van de Plassche, M., Willems, S., Boot, R.G.A. (2004): Leaf traits and herbivory rates of tropical tree species differing in successional status. *Plant Biology*, 6: 746–754
119. Powles, S.B. (1984): Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Review of Plant Physiology*, 35: 15-44
120. Reda, F., Mandoura, H.M.H. (2011): Response of enzymes activities, photosynthetic pigments, proline to low or high temperature stressed wheat plant (*Triticum aestivum* L.) in the presence or absence of exogenous proline or cysteine. *International Journal of Academic Research*, 3: 108-115
121. Reich, P.B., Walters M.B. (1994): Photosynthesis-nitrogen relations in Amazonian tree species. II. Variation in nitrogen vis-avis specific leaf area influences mass- and area-based expressions. *Oecologia*, 97: 73-81

122. Richardson, A.D., Duigan, S.P., Berlyn, G.P. (2002): An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, 153:185–194
123. Ritter, E., Dalsgaard, L., Einhorn, K.S. (2005): Light, temperature and soil moisture regimes following gap formation in a semi-natural beech-dominated forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 206: 15–33
124. Rohacek, K., (2002): Chlorophyll fluorescence parameters: The definitions, photosynthetic meaning and mutual relationships. *Photosynthetica*, 40: 13-29
125. Rozendaal, M.A., Hurtado, V.H., Poorter, L. (2006): Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. *Functional Ecology*, 20: 207-216
126. Runkle, J.R. (1982): Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of the eastern United States. *Ecology*, 62: 1533-1546
127. Runkle, J.R. (1985): Disturbance Regimes in Temperate Forests. In: Pickett, S.T.A. and P.S. White (eds.) *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academic Press. Orlando, Florida. pp. 17-33
128. Saha, S., Kuehne, C., Kohnle, U., Brang, P., Ehrling, A., Geisel, J. (2012): Growth and quality of young oaks (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) grown in cluster plantings in central Europe: A weighted meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 283: 106–18
129. Schelhaas, M.J., Nabuurs, G., Schuck, A. (2003): Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9:1620–1633
130. Schrader, S.M., Wise, R.R., Wacholtz, W.F. (2004): Thylakoid membrane responses to moderately high leaf temperature in Pima cotton. *Plant Cell Environment*, 27: 725-735
131. 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
132. Schreiber, U., Bilger, W., Neubauer, C. (1995): Chlorophyll fluorescence as a noninvasive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In Schulze, E.D., Caldwell, M.M. (szerk): *Ecophysiology of Photosynthesis*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 49–70
133. Seidle, R., Rammer, W., Spies, T.A. (2014): Disturbance legacies increase the resilience of forest ecosystem structure, composition, and functioning. *Ecological Applications*, 24(8): 2063-77

134. Seidl R, Schelhaas M-J, Lexer MJ. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 47:25-31
135. Siefermann-Harms, D. (1987): The light-harvesting and protective functions of carotenoids in photosynthetic membranes. *Physiologia Plantarum*, 69: 561-568
136. Simon, T. (1957): Die Wälder des Nördlichen Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest.
137. Skirycz, A., Inze, D. (2010): More from less: plant growth under limited water. *Current Option in Biotechnology*, 21(2):197-203
138. Standovár, T., Kenderes, K. (2003): A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1: 1-46
139. Szalacsi, Á., Király, G., Veres Sz. (2014): A folyamatos erdőborítás fenntartásának növényélettani háttere. LVI. Georgikon Napok Tudományos Konferencia kötete, Keszthely, október 2-3., p. 132-136, ISBN 978-963-9639-59-1
140. Szovják, J. (1985): Az erdők államosítása. *Erdészeti Lapok*, 34(120)10: 451-453
141. Ványiné Széles, A. (2008): Spad-érték és a kukorica (*zea mays* L.) Termésmennyisége közötti összefüggés elemzése különböző tápanyag- és vízellátottsági szinten. PhD dolgozat, Kerpely Kálmán növénytermesztési- és kertészeti tudományok doktori iskola [113]
Kódszám: D53; Előző név: Interdiszciplináris: agrártudományok és természettudományok doktori iskola
142. Szöllősi, E., Koncz, P., Kanalas, P., Veres, Sz., Mészáros, I.: (2008): Effects of drought on some ecophysiological traits of sessile oak (*Quercus petraea* L.). *Cereal Research Communications*, 36: 295-298
143. Thomas F.M., Gausling T. (2000): Morphological and physiological responses of oak seedlings (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. *Ann. For. Sci.* 57 325–333
144. Thompson, J., Proctor, J., Scott, D.A., Fraser, P.J., Marrs, R.H., Miller, R.P., Viana, V. (1998): Rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil: artificial gaps and plant response to them. *Forest Ecology and Management*, 102: 305–321
145. Tobias, D.J., Yosihkawa, K., Ikemoto, A. (1994): Seasonal changes of leaf chlorophyll content in the crowns of several broad-leaved tree species. *J Jap Soc Reveget Technology*, 20(1): 21-32

146. Tóth, J., Kaulák, G. (2013): A Szatmár-Beregi kocsányos tölgyesek erdőgazdálkodási tapasztalatai. 32-38. In: Lipták L. (ed.): Kutatói nap – Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, Lakitelek.
147. Tuomela, K., Kuusipalo, J., Vesa, L., Nuryanto, K., Sagala, A.P.S., Adjers, G. (1996): Growth of dipterocarp seedlings in artificial gaps: an experiment in a loggedover rainforest in south Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 81: 95–100
148. Turner, M.G., Donato, D.C., Romme, W.H. (2013): Consequences of spatial heterogeneity for ecosystem services in changing forest landscapes: priorities for future research. *Landscape Ecology*. 28:1081–1097
149. Veres, Sz. (2005): A karotinoidok szerepe homokpuszta gyepek fajainak stressztoleranciájában. PhD értekezés, DE, Környezettudományi Doktori Iskola p. 121
150. Veres, Sz., Láposi, R., Oláh, V., Lévai, L., Koncz, P., Szöllősi, E., Mészáros, I. (2007): Eltérő bükk származások összehasonlító ökofiziológiai jellemzése In: Mátyás Cs, Vig P (szerk.) V. Erdő- és Klíma. 384 p. ISBN 978-963-9364-88-2, Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem, 2007. pp. 199-212
151. Wang, Y., Hong, W., Wu, C.H., Lin, H., Fan, H., Chen, C., Li, J. (2009): Variation of SPAD values in uneven-aged leaves of different dominant species in *Castanopsis carlessi* forest in Lingshishan National Forest Park. *Journal of Forestry Research*, 20(4): 362–366
152. Watanabe, S., Kojima, K., Ide, Y., Sasaki, S. (2010): Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in *Populus euphratica* in vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 63: 199-206
153. Watt, A.S. (1925): On the ecology of British beechwoods with special reference to their regeneration. Part II (continued). *Journal of Ecology*, 13: 27-73
154. Webb, S. (1999): Disturbance by wind in temperate-zone forests. In: Walker, L.R. 1999. *Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier. pp. 187-222
155. 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
156. Werner, C., Ryel, R.J., Correia, O., Beyschlag, W. (2001): Effects of photoinhibition on whole-plant carbon gain assessed with a photosynthesis model. *Plant Cell and Environment*, 24: 27-40
157. Westoby, M., Warton, D., Reich, P.B. (2000): The time value of leaf area. *The American Naturalist*, 155: 649–656

158. Witkowski, E.T.F., Lamont, B.B. (1991): Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*, 88: 486-493
159. Wright, I.J., Westoby, M. (2002): Leaves at low versus high rainfall: coordination of structure, lifespan and physiology. *New Phytologist*, 155: 403–416

11. ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. *ábra* A kutatási terület elhelyezkedése (Gelénes, Bockerek). A vizsgált erdőrészteket piros nyilak jelölik.
2. *ábra* A nagy lék külső körének látképe (fotó: Szalacsi, 2012)
3. *ábra* Az egyik kisebb átmérőjű lék látképe (fotó: Szalacsi, 2012)
4. *ábra* A SPAD-502 (Minolta, Japán) relatív klorofill mérő (fotó: Szalacsi, 2012)
5. *ábra* Az *in vivo* klorofill fluoreszcencia indukciós görbéje
6. *ábra* Lágyszárú fajszámok változása a Gelénes 2/B erdőrésztlet felújításának különböző korú részeiben (KüK=1éves, KöK=5éves, BK=9éves), a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében (minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)
7. *ábra* Lágyszárúak (a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében), valamint a fásszárú újulat átlagborítás-változása a Gelénes 2/B erdőrésztlet felújításának különböző korú részeiben (KüK=1éves, KöK=5éves, BK=9éves; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)
8. *ábra* Lágyszárú fajszámok változása a Gelénes 11/H és 14/A erdőrésztelek lékjeinek különböző pozícióiban, a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében (D: déli lékoldal, közép: a lék közepe, É: északi lékoldal; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)
9. *ábra* A lágyszárúak és az újulat borításának alakulása a Gelénes 11/H és 14/A erdőrésztelek lékjeinek különböző pozícióiban, a teljes fajkészlet, az erdei és a gyom jellegű fajok esetében (D: déli lékoldal, közép: a lék közepe, É: északi lékoldal; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján, 2012.)

10. *ábra* A *Carpinus betulus*, ill. *Quercus robur* újulatmennyisége (db m⁻²) a Gelénes 11/H és 14/A erdőrészek lékjeinek különböző pozícióiban, 2012-ben (GY: *Carpinus betulus*, KST: *Quercus robur*, D: déli lékoldal, közép: a lék közepe, É: északi lékoldal)

11. *ábra* A fásszárú újulat jellemzőinek (teljes tőszám (db); KST tőszám (db); fásszárú fajsza (db); fiatalos záródás (%)) változása Gelénes 2/B erdőrészlet felújításának különböző korú részeiben 2012-ben (KüK=1éves, KöK=5éves, BK=9éves; minden esetben 6-6 mintaterület átlagértékei alapján; KST: *Quercus robur*)

12. *ábra* A vizsgálati évek (2012, 2013, 2014) klímadiagramjai (havi csapadékmennyiség (mm) és havi átlaghőmérséklet (°C))

13. *ábra* A nagy lék belső körének (BK), középső körének (KöK) külső körének (KüK) és az erdőbelső (EB) talajainak talajnedvesség tartalma a szárazanyag tartalom százalékában. 2012. április 25. n=3, $\pm$ s.e. (**p<0,01)

14. *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 (ANNOVA teszt, p≤0,05, n=9, $\pm$ s.e.)

15. *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 specifikus levélterület értéke (SLA, cm⁻²g⁻¹). ^{ab} különböző betűjelzések oszlopainak átlagai szignifikánsan különböznek (p≤0,05, n=9, $\pm$ s.e.)

16. *ábra* A relatív klorofill tartalom szezonális változása (április 25. (04/25); július 6. (07/06) és augusztus 13. (08/13)) kocsányos tölgy (*Quercus robur*) erdőbelsőben és lék (belső kör) közepében található egyedeinél. Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között p≤0,05*, n=15, $\pm$ s.e.

17. *ábra* A relatív klorofill tartalom szezonális változása (április 25. (04/25); július 6. (07/06) és augusztus 13. (08/13)) gyertyán (*Carpinus betulus*) erdőbelsőben és lék (belső kör)

közepében található egyedeinél. Szignifikáns különbség az erdő belső és a lék eredmények között $p \leq 0,05^*$, $p < 0,001^{***}$, $n=15$, $\pm s.e.$

18. *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 relatív klorofill tartama (SPAD index) 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 $**p < 0,01$; $***p < 0,001$)
19. *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 $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$ $n=6$, $\pm s.e.$
20. *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 $p < 0,001^{***}$ $n=6$, $\pm s.e.$
21. *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 klorofill-a tartalma (mg g^{-1}) 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 $***p < 0,001$)
22. *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 klorofill-b tartalma (mg g^{-1}) 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 $**p < 0,01$)
23. *ábra* A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek össz-karotinoid tartalma (mg g^{-1}) 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)

24. *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 karotinoid tartalma (mg g^{-1}) 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 $**p < 0,01$)
25. *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 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 $*p \leq 0,05$; $**p < 0,01$; $***p < 0,001$)
26. *ábra* A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek maximális fotokémiai aktivitása (F_v/F_m) 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)
27. *ábra* A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek alap fluoreszcencia értéke (F_o) 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)

12. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. *táblázat* A vizsgálati terület klimatikus adatai (csap: havi csapadékmennyiség (mm) és hőm: havi átlaghőmérséklet (°C) 2012., 2013., 2014. és a 30 éves átlag
2. *táblázat* A vizsgálati évek vegetációs periódusaira jellemző Gaussen-Bagnouls-féle xerotermikus index (2012-2014). Vastagítottan kiemelt értékek az ökológiailag száraz hónapokat jelölik
3. *táblázat* A vizsgált mesterséges lék belső köréből (BK), középső köréből (KöK) és külső köréből (KüK) származó talaj elemtartalma (mg kg⁻¹). n=3, ±s.e.
4. *táblázat* Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek szárazanyag tartalma (DM%) tavasszal (2012. április) és nyáron (2012. augusztus) (n=6, ± s.e.) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; KüK: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat)
5. *táblázat* Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek szárazanyag tartalma (DM%) (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; árnyéklevel adathoz hasonlított értékek ** p<0,01; *** p<0,001)
6. *táblázat* Tölgy és gyertyán újulat egyedeinek specifikus levélterülete (SLA, cm⁻² g⁻¹) tartalma tavasszal (2012. április) és nyáron (2012. augusztus) (n=6, ± s.e.) (EB: erdőbelső; BK: nagy lék belső köre; KüK: nagy lék külső köre; n.a.: nincs adat)
7. *táblázat* Újulat (tölgy és gyertyán) egyedeinek specifikus levélterület (SLA, cm⁻²g⁻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; árnyéklevel adathoz hasonlított értékek ** p<0,01; *** p<0,001)
8. *táblázat* A vizsgált nagy lék tölgy és gyertyán egyedek relatív klorofill tartalma (SPAD index) 2012. és 2014. nyarán. (BK=belső kör; KüK=külső kör), n=6, ±s.e.; (szignifikáns különbség a gyertyán és a tölgy között: p≤0,05*, p<0,01**)

9. *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 $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ $n=6$, $\pm s.e.$
10. *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 $p < 0.01^{**}$ $n=6$, $\pm s.e.$
11. *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 különbözőségét jelzik $p \leq 0,05$ szinten ($n=3$, $\pm s.e.$)

13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt köszönöm témavezetőim, *Dr. Király Gergely* egyetemi tanár és *Dr. Veres Szilvia* egyetemi docens munkáját, akiknek mindenre kiterjedő segítsége és támogatása nélkül ez a dolgozat nem készülhetett volna el.

Köszönet illeti kollégáimat, aszisztensemet, továbbá mindenkit, aki a legkisebb mértékben is hozzájárult a termőhelyi vizsgálatok, a laboratóriumi kísérletek és a dolgozat összeállításának sikeres megvalósításához. Külön köszönöm *Csákyné Faragó Erzsébet* terepi és laboratóriumi segítségét.

Köszönetemet fejezem ki dolgozatom bírálóinak, *Dr. Csajbók Józsefnek* és *Dr. Gabnai Ernőnek*, hogy opponensi észrevételeikkel, szakmai javaslataikkal hozzájárultak a doktori értekezés végleges formájának az elkészítéséhez.

Köszönöm családom biztatását és végtelen türelmét, melyet, ahogy mindig, a munkám során irányomban tanúsítottak, tanúsítanak.

14. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



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)

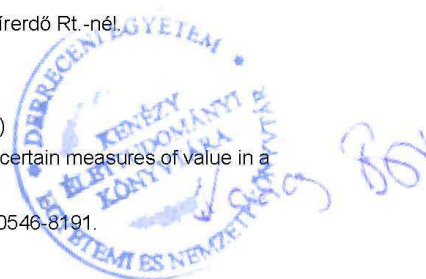
1. **Szalacsi, Á.**: Természetközeli erdőgazdálkodás Szatmár-Beregben.
In: A Bockerek-erdő. Szerk.: Bartha Dénes, Vidéki Róbert, Nyírerdő Nyírségi Erdészeti ZRt.,
Nyíregyháza-Sopron, 263-268, 2008. ISBN: 9789630659727

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 Nyírerdő 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 poszttereinek 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 tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.09.28.



15. NYILATKOZATOK

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem, Kerpely Kálmán Növénytermesztési, Kertészeti és Regionális Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem el, a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen,

.....

a jelölt aláírása
Szalacsi Árpád

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Szalacsi Árpád doktorjelölt a fent nevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezéshez foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen,.....

.....

témavezető aláírása
Dr. Király Gergely

.....

témavezető aláírása
Dr. Veres Szilvia

16. MELLÉKLETEK

1. melléklet: Az erdei lék mintaterületek adatai a Bockerek-erdőben (Gelénes)

Sorszám	Besorolás	EOVX	EOVY	1. felv. ideje	2. felv. ideje	B szint záródás (%)	B szint magasság (cm)	C szint borítás (%)
1	2F külső kör	899139	321739	2012-04-25	2012-07-17	25	-80	100
2	2F külső kör	899081	321672	2012-04-25	2012-07-17	20	-80	100
3	2F külső kör	899150	321603	2012-04-25	2012-07-17	15	-80	95
4	2F külső kör	899215	632656	2012-04-25	2012-07-17	10	-50	90
5	2F külső kör	899193	321710	2012-04-25	2012-07-17	15	-50	85
6	2F középső kör	899147	321703	2012-04-25	2012-07-17	50	-200	100
7	2F középső kör	899092	321661	2012-04-25	2012-07-17	75	-300	85
8	2F középső kör	899152	321623	2012-04-25	2012-07-17	60	-300	95
9	2F középső kör	899192	321660	2012-04-25	2012-07-17	50	-200	100
10	2F középső kör	899177	321699	2012-04-25	2012-07-17	70	-200	90
11	2F belső kör	899153	321673	2012-04-25	2012-07-17	80	-400	80
12	2F belső kör	899145	321657	2012-04-25	2012-07-17	60	-300	80
13	2F belső kör	899158	321648	2012-04-25	2012-07-17	50	-250	95
14	2F belső kör	899164	321658	2012-04-25	2012-07-17	90	-500	50

15	2F belső kör	899157	321661	2012-04- 25	2012-07- 17	80	-500	85
16	11H_1_1	899230	319270	2012-04- 25	2012-07- 17	2	-30	80
17	11H_1_2	899241	319282	2012-04- 25	2012-07- 17	5	-30	65
18	11H_1_3	899244	319296	2012-04- 25	2012-07- 17	2	-30	70
19	11H_2_1	899315	319244	2012-04- 25	2012-07- 17	5	-30	50
20	11H_2_2	899324	319257	2012-04- 25	2012-07- 17	2	-30	85
21	11H_2_3	899328	319272	2012-04- 25	2012-07- 17	10	-50	40
22	14A_1_1	899204	319189	2012-04- 25	2012-07- 17	20	-50	100
23	14A_1_2	899200	319202	2012-04- 25	2012-07- 17	50	-100	50
24	14A_1_3	899195	319213	2012-04- 25	2012-07- 17	70	-200	50
25	14A_2_1	899190	319129	2012-04- 25	2012-07- 17	80	-100	50
26	14A_2_2	899187	319134	2012-04- 25	2012-07- 17	20	-100	95
27	14A_2_3	899184	319144	2012-04- 25	2012-07- 17	15	-50	90
28	14A_3_1	899112	319213	2012-04- 25	2012-07- 17	10	-50	90
29	14A_3_2	899105	319231	2012-04- 25	2012-07- 17	60	-200	90
30	14A_3_3	899106	319242	2012-04- 25	2012-07- 17	15	-50	95

2. melléklet: Az erdei lék mintaterületeken készült cönológiai felvételek (A-D értékekkel) a Bockerek-erdőben (Gelénes)

FAJOK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Cserje- és újulati szint (egyed)																														
<i>Acer campestre</i>	10	20	15		5	5	10	5	10		15	1	1			2	1	1	2	1	5	1	25	30	10	5	15	5	5	15
<i>Acer tataricum</i>	10	5		5		1	5		2		2				2															
<i>Carpinus betulus</i>	20	80	30	15	20	20	80	30	15	15	30	15	2	8	10		6	1	5		30	40	50	100	500	20	100	30	15	30
<i>Corylus avellana</i>	20	1		1			5		2						4															
<i>Cornus sanguinea</i>	10	30	1	25	30	10	5	30	30	5	10		10	6	10							5	10	20	5	5	1			5
<i>Crataegus monogyna</i>			5		1	2	1			5		5	2												5					
<i>Crataegus laevigata</i>	2		5	15		2		3	5	2	2	2		3	2			3	1			1	2							
<i>Euonymus europaeus</i>	10	5	1	5	2	5	20	20	10	5	5		10	5	5								3							2
<i>Fraxinus angustifolia</i>																					2					2	5			
<i>Frangula alnus</i>									1	1																2	1			1
<i>Ligustrum vulgare</i>	5	10																												
<i>Malus sylvestris</i>	2		10			1							1	5	5															
<i>Populus alba</i>																1	1													

FAJOK	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>Populus tremula</i>								8																	1					
<i>Prunus domestica</i>							2																							
<i>Prunus spinosa</i>							1						5																	
<i>Pyrus pyraeaster</i>			1																											
<i>Quercus robur</i>	20	10				25	8	6	5	20	30	25	25	16	25							6	3	40	50	2	50	2	1	5
<i>Rhamnus catharticus</i>						5																								
<i>Rosa canina</i>																					1			1						
<i>Salix caprea</i>																1	2		2	1			2		2		15			
<i>Salix cinerea</i>																									30	1	10	30	100	5
<i>Sambucus nigra</i>		1			1																	1	1				3	2		
<i>Tilia platyphyllos</i>		1																												
<i>Ulmus minor</i>																													1	
<i>Ulmus laevis</i>																						1	20	15						
<i>Viburnum opulus</i>		1			15																									

Gyepszint (A-D érték)

[illegible]

<i>Brachypodium sylvaticum</i>	3	2	2	+		+	2	2	1	+	3	2	2	1	2	+	2	+	+	1		+	1-2	1		+		1	
<i>Calamagrostis epigeios</i>	2	2	2	2	+	3	+	2	2	3	2	2	2		3	+			+			+	1	2	+	+	+	+	+
<i>Cardamine impatiens</i>										+	+		+																
<i>Carex acutiformis</i>											+		+										2						
<i>Carex brizoides</i>		4				+	4	+	4		1		2									4	3		1	3		2	3
<i>Carex hirta</i>				1			+	2	+	1	1		+																
<i>Carex riparia</i>													+									+	+				+		
<i>Carex spicata</i>						+		+	+	+					+	+	+		1			+	+						
<i>Carex sylvatica</i>	+			+			4	+			1				+	+	+		+									1	
<i>Carex vulpina s.l.</i>									+									+			+	+							
<i>Cerastium fontanum</i>																			+										
<i>Cerastium sylvaticum</i>																			+										
<i>Chaerophyllum temulum</i>																						+			+		+		
<i>Chamaenerion angustifolium</i>																							+						
<i>Chelidonium majus</i>							+		+																				
<i>Chenopodium album</i>															+				+	+									
<i>Circaea lutetiana</i>	+			+	+										+	+	+	+	+		1	1		+	+	+	+	+	

<i>Cirsium arvense</i>	1	+	1	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	1				
<i>Cirsium vulgare</i>	1		+	+						+		+	+	+			+				
<i>Clinopodium vulgare</i>			+	+		+		1						+							
<i>Conyza canadensis</i>										+	+	+	+	+	+						
<i>Cucubalus baccifer</i>	+		+			+		+	1	+	+										
<i>Dactylis sp.</i>	+	+	+							+	+			+			2				
<i>Deschampsia caespitosa</i>										+			+	+		+					
<i>Echinochloa crus-galli</i>											+	+		+							
<i>Elymus caninus</i>					+	+		1													
<i>Epilobium tetragonum</i>			+	+								+	+	+	+	+	+				
<i>Erigeron annuus</i>	2	3	3	4					+		+	1	+	+	1	+					
<i>Euphorbia cyparissias</i>					+	+															
<i>Festuca gigantea</i>		1	+	+	+			+			+	1	+			+	+	1	2		
<i>Ficaria verna</i>		2			+	1	+	+	1	+	+	+	2	+	2		1	1	2	1-2	2
<i>Fragaria vesca</i>	1	+		+	+		+	+	1	+		+			+	+			+		
<i>Gagea lutea</i>					+			+	+	2	+	+	+								
<i>Gagea spathacea</i>													+	+				+		+	

[illegible]

<i>Lathyrus pratensis</i>	+	2	+	1	+	1		+	1	+		+	+	+		+		+
<i>Lotus corniculatus</i>												+						
<i>Lychnis flos-cuculi</i>			+	+		+						+		+	+			
<i>Lycopus europaeus</i>	+		+									+	+	+	+	+	+	+
<i>Lysimachia nummularia</i>	1		1	+	1	2		1-2	2	+		1-2	+	1		+	2	1
<i>Lythrum salicaria</i>																+	+	+
<i>Matricaria inodora</i>												+		+				
<i>Melampyrum nemorosum</i>	1-2	+			+			+		+								
<i>Milium effusum</i>		+			+-1			+		+								
<i>Moehringia trinervia</i>			+									+	+	+	+	1	1	+
<i>Myosoton aquaticum</i>												1			+	+	+	+
<i>Oenanthe banatica</i>		+													+		+	1-2
<i>Oxalis stricta</i>	+		+	+		+		+	+			+	+	+	+			
<i>Plantago major</i>	+			+								+		+	+		+	
<i>Poa angustifolia</i>			1	3		+				1	+							
<i>Poa palustris</i>	+		+									+						
<i>Poa trivialis</i>	+	+	+					+				+	+	+	+	1	+	+

[illegible]

<i>Vicia tetrasperma</i>	+		+	+		+				+		+	+	+						
<i>Viola suavis</i>						+				+										
<i>Viola reichenbachiana</i>		+	+	+	+	+	1	+		+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+