

Állatorvostudományi Egyetem

Ökológiai Tanszék

**Erdészeti fahasználatok felújulásra
gyakorolt hatásának kísérletes
vizsgálata**

Készítette: Gránitz Zsuzsanna

Biológia BSc

Témavezető: Dr. Tinya Flóra

MTA ÖK, Ökológiai és Botanikai Intézet, Vácrátót

Belső konzulens: Dr. Tóth Zsolt

ÁTE, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék

Budapest, 2019

Tartalomjegyzék

Bevezetés	2
Szakirodalmi áttekintés	2
A téma aktualitása	3
Célkitűzések és kérdések	4
Anyag és módszer	6
Kutatási terület	6
Kísérleti elrendezés /Adatgyűjtés	7
Mért változók	9
Adatelemzés	9
Eredmények	11
Mortalitás	11
Magasság-növekedés	13
Tőátmérő-növekedés	15
Hajtásszám-növekedés	17
Levélfelület-növekedés	19
Diskusszió	21
A különböző fafajok kezelésekre adott válasza	21
A különböző erdészeti beavatkozások hatásainak összehasonlítása	22
Összegzés	23
Összefoglaló	25
Summary	26
Irodalom	27
Köszönetnyilvánítás	29

Bevezetés

Szakirodalmi áttekintés

Már az emberiség megjelenése óta az erdők, a fák, megélhetésünk fontos szempontját képezték. Számos dolgot képtelenek lennénk megcsinálni a faanyagok használata nélkül. Hazánkban kb. a XVIII. századig a fa, mint nyersanyag szinte korlátlan mennyiségben rendelkezésünkre állt, azonban ahogy nőtt az emberiség, és ezzel együtt az ipari igény is, szükségessé vált a különböző fahasználatok szabályozása. Az első ilyen rendeletet Mária Terézia vezette be 1770-ben „*A fának és erdőknek neveléséről és megtartásáról való rendelkezés*” címmel, a magyar országgyűlés pedig az 1791. évi XLVII. törvénycikk által igyekezett csökkenteni az erdők pusztítását (Bartha, 2014). Ezek a korai rendelkezések először csak a faanyagtermelésre fókuszáló rendelkezések voltak, csak később, az 1935-ös erdőtörvényben vették figyelembe a természetvédelmi szempontokat is. Amire már akkor is nagy szükség volt, de azóta is fennállnak olyan környezet- és természetvédelmi szempontok, melynek kiváltó okai a természetes felújítások és a természeteshez közel álló erdőkezelési módszerek hiánya, valamint a természet- és környezetvédelmi szempontból káros fahasználati módszerek (tarvágás, erélyes gyérítések, erdei útépítések stb.) alkalmazása (Mátyás, 1996).

Magyarországon az elmúlt 100-150 évben a tervszerű vágásos gazdálkodást használták, mely bár az évek folyamán fokozottan fejlődött, és próbált alkalmazkodni a természetvédelmi szempontokhoz (emelkedett a vágáskor, több holt- és hagyásfát hagytak meg, fontos szempont lett az elegyesség és a tájidegen fajok kiszorítása, valamint aprózódtak az erdőrésztetek), még így is kevésnek bizonyul a fenntartható erdőgazdálkodáshoz (Tímár, 2016). Ennek egyik oka a vágásos módszerrel kialakuló homogén erdőszerkezet és fafajösszetétel, ami a biodiverzitás szempontjából kedvezőtlen, valamint hátrányát képezi még, hogy ez az erdőkezelési mód nagyon távol áll a természetes erdőfelújulás dinamikájától (Kuuluvainen, 2009). Mivel elképzelhetetlen az, hogy minden területet védetté nyilvánítsunk és kivonjuk a gazdasági kezelések alól, ezért szükség van olyan módszerekre, amelyek a természetvédelmi és a gazdasági elvárásoknak egyszerre tudnak megfelelni.

A 2000-es évektől kezdett hazánkban is kibontakozni az úgynevezett örökerdő üzemmód alkalmazása, amely folyamatos erdőborítást biztosít, valamint a természetes

erdődinamikához nagyon hasonló (általában lékvágásos) módszerrel végzi a fakitermelést, ezzel lehetővé téve a heterogén erdőszerkezet kialakulását és fenntartását. Ám egyelőre ez a módszer nem csak a gyakorlatban, hanem a tudományban is újnak számít, ezért további kísérletek elvégzése szükséges annak jobb megismerésére, alkalmazhatóságára vonatkozóan.

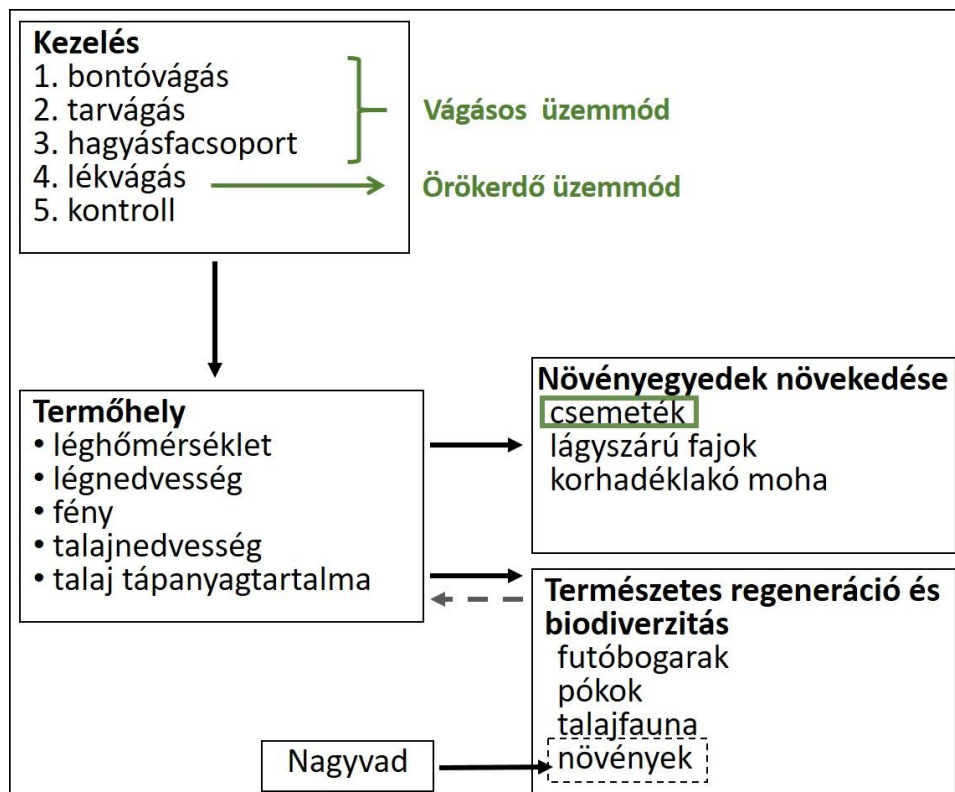
A téma aktualitása

A természetes üde erdők összetételéről, szerkezetéről és dinamikájáról meglehetősen sok információnk van, mivel rendelkezésünkre állnak olyan őserdők, ahol ezek vizsgálata, megfigyelése lehetséges. Számos helyen kimutatták, hogy az árnyéktűrő fajok, mint a bükk és a gyertyán lékdinamikával újulnak (Pickett és White, 1985; Standovár és Kenderes, 2003), ezért erdészeti felújításuk is jól megvalósítható lékvágások révén. Viszont sokkal kevesebb információnk van a száraz erdőkről, tölgyesekről, mivel ebben az esetben alig vannak olyan őserdők, amik vizsgálataink alapjául szolgálhatnának. Napjainkban egyre fokozódó problémaként jelenik meg a tölgyes állományok folyamatos csökkenése, valamint azok természetes felújulásának hiánya és mesterséges felújításuk nehézségei (Cowell és mtsai, 2010; Bobiec 2011). A tapasztalatok szerint a természetes és mesterséges lékekben a különböző árnyékkedvelő fajok, mint például a bükk sokkal könnyebben újulnak fel, és a szukcessziós záródás során fokozatosan kiszorítják a tölgyet (Petritan és mtsai, 2013; Aszalós és mtsai, 2015).

Célkitűzések és kérdések

A mai napig – mind hazai mind nemzetközi viszonylatban – hiányoznak azok az összetett és komplex kísérletek, amelyek egyszerre több kezelést hasonlítanak össze, több vizsgálati szempont alapján is. Ennek a hiánynak a pótlására jött létre a Pilis Kísérlet, melyet az MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézetének Erdőökológiai Kutatócsoportja hozott létre és üzemeltet a Pilisi Parkerdő Zrt. együttműködésében, Dr. Ódor Péter vezetésével. Célja a különböző erdészeti beavatkozásoknak az erdei termőhelyre, az élővilágra, illetve a faállomány felújulására való hatásának a vizsgálata. A projekt két kísérletből áll: az első a 2014-ben indított Pilis Üzem mód kísérlet, ami különböző üzem módhoz tartozó erdészeti kezeléseket hasonlít össze. A második a 2018-ban indult Pilis Lék kísérlet, ami már csak az örökerdő gazdálkodásra fókuszál, és különböző alakú, méretű és kialakítású lékek hatásait hasonlítja össze.

1. ábra A Pilis Üzem mód kísérlet folyamatábrája (ábra: Kovács Bence)



Saját kutatómunkámat a Pilis Üzem mód kísérlet keretein belül végeztem (1. ábra), ahol a hagyományos vágásos gazdálkodás elemeit (tarvágás, hagyásfacsoport, egyenletes bontás,

zárt erdei kontroll) és a jelenleg bevezetés alatt álló örökerdő gazdálkodás elemeit (lékvágás) hasonlítottuk össze. A projekt keretében rögzítésre kerülnek a mikroklíma, a talaj, és avarviszonyok változásai. A kutatócsoport vizsgálja számos különböző állatcsoport (futóbogarak, legyek, pókok, televényférgék), az aljnövényzet, és a fásszárú újulat változásait, a patás nagyvadak felújulásra gyakorolt hatását, valamint a lebontó folyamatokat. A fontosabb fafajok beültetett csemetéinek növekedését is nyomon követjük, ez utóbbi képezi a dolgozatom témáját. A terepmunkában a 2018-as évben vettem részt, de az általam gyűjtött adatokat a 2015-ös adatokkal együtt elemeztem. A kísérlet egyéb részeiről részletesebb leírás a <https://www.piliskiserlet.okologia.mta.hu/node/27> honlap dokumentumtárában található.

Fő célunk, két eltérő erdőgazdálkodási üzemmódhoz tartozó négy erdőkezelési módszer (egyenletes bontóvágás, tarvágás, hagyásfacsoport és lékvágás) valamint kontroll területek összehasonlításában a regenerációs folyamatok nyomon követése, beültetett facsemeték egyedi válaszreakciójának vizsgálatával. Megfigyelni, hogy az eltérő kezelések hogyan hatnak az egyes beültetett, különböző fajú egyedek túlélésére és növekedésére, és hogy ez a mérhető morfológiai bélyegekből hogyan nyilvánul meg.

Kérdéseink:

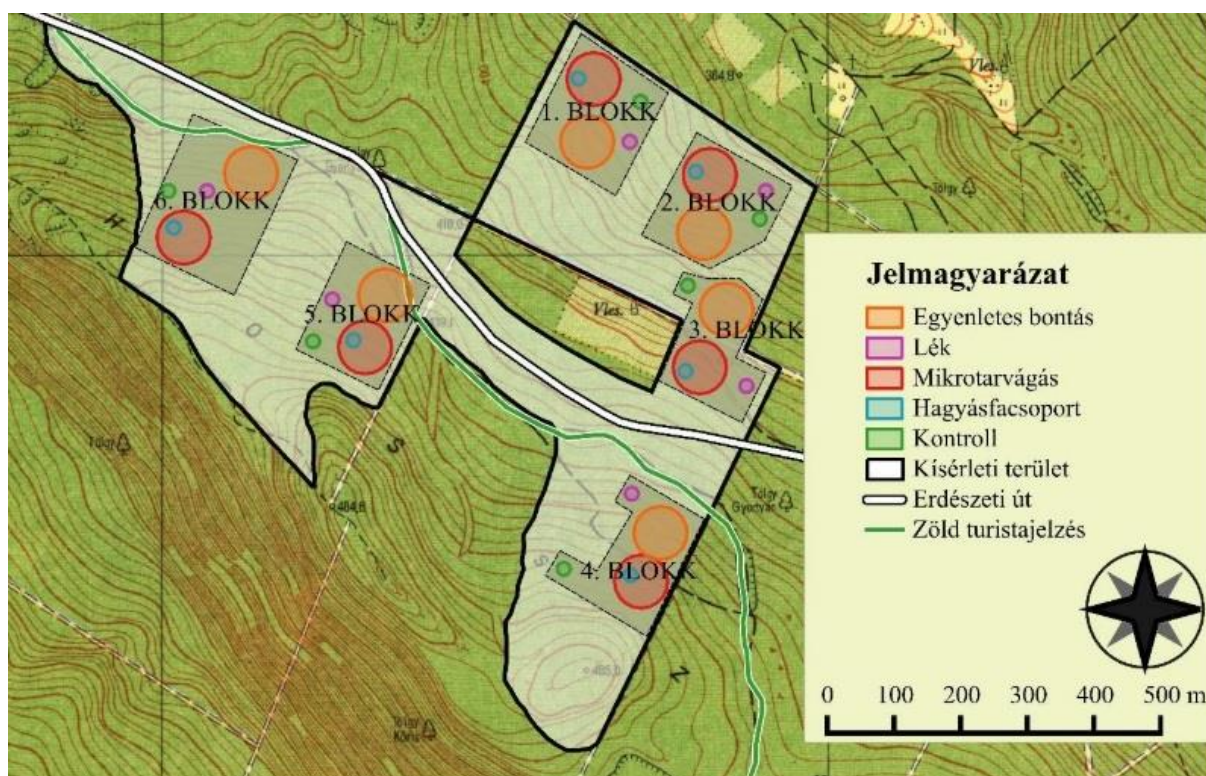
- Mely kezelések kedveztek leginkább a csemeték túléléséhez?
- Mely kezelésekben nőttek a legmagasabbra a csemeték?
- Mely kezelésekben vastagodtak jobban a csemeték?
- Mely kezelésekben nőtt több új hajtásuk a csemetéknek?
- Mely kezelésekben keletkezett nagyobb levéltömege a csemetéknek?

Anyag és módszer

Kutatási terület

A Pilis Üzem mód Kísérlet kutatási területe Pilisszántó közelében, a Hosszú-hegy oldalában található (É47°40', K18°54'). A mintaterületek egy északi kitettségű enyhe (7,0-10,6°) lejtőn, 370-470 m tengerszint feletti magasságon helyezkednek el. Az évi középhőmérséklet 9,0-9,5 °C között van, az évi csapadékmennyiség pedig 600-650 mm. A terület alacsonyabban fekvő részeire vályogos szövetű agyagbemosódásos barna erdőtalaj, míg a magasabb térszínekre barna rendzina talajtípus a jellemző. A kísérletet egy strukturálisan homogén, 40 ha-os, 80 éves gyertyános-tölgyes területén végeztük (Kovács és mtsai, 2018).

2. ábra A kísérleti terület térképe a Pilisszántó melletti Hosszú-hegy oldalában (ábra: Kovács Bence)

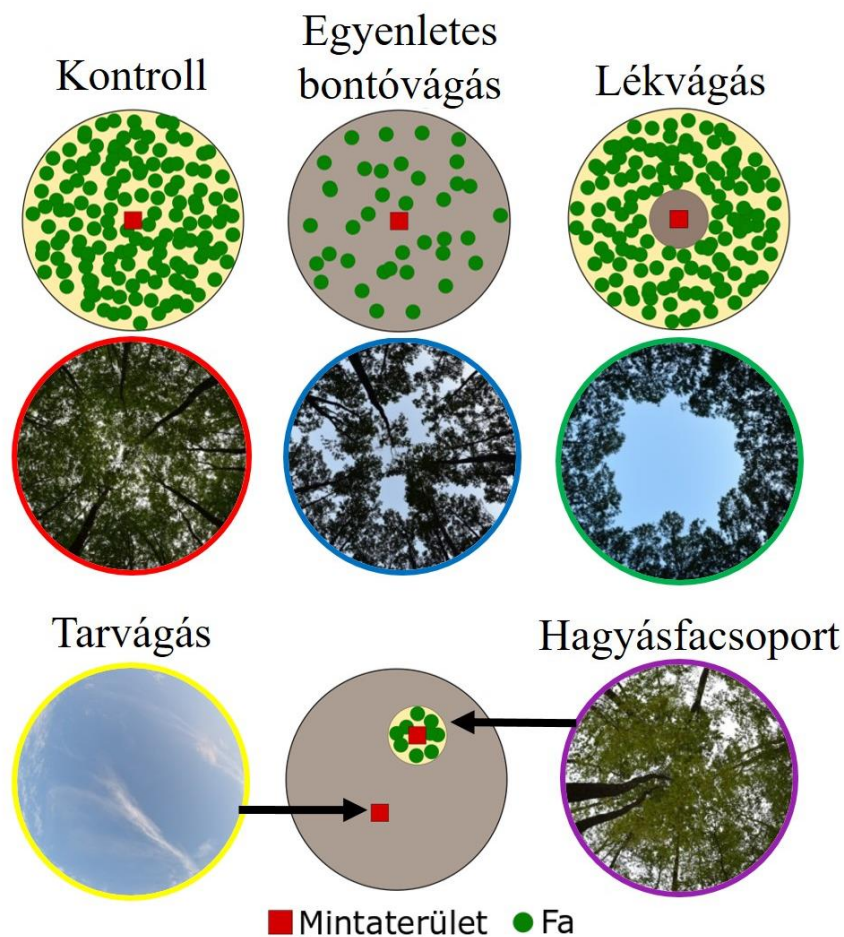


A területet már hosszú ideje vágásos üzemmódban kezelték, ezért a faállomány szerkezete és fajösszetétele meglehetősen homogénnek mondható. A felső lombkorona szint domináns faja a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), míg a gyertyán (*Carpinus betulus*) egy

második lombkorona szintet alkot. Elegyféként még megtalálható a virágos kőris (*Fraxinus ornus*), a bükk (*Fagus sylvatica*), a csertölgy (*Quercus cerris*) és a madárcseresznye (*Cerasus avium*) is. A cserjeszint igen gyér, az aljnövényzet fő alkotója a bükkös sás (*Carex pilosa*) és az egyvirágú gyöngyperje (*Melica uniflora*) (Tinya és mtsai, 2019a).

Kísérleti elrendezés /Adatgyűjtés

3. ábra A vizsgált kezelések, a lombkorona eltérő záródásviszonyait illusztráló
halszemoptikás fényképekkel (fotók: Tinya Flóra)

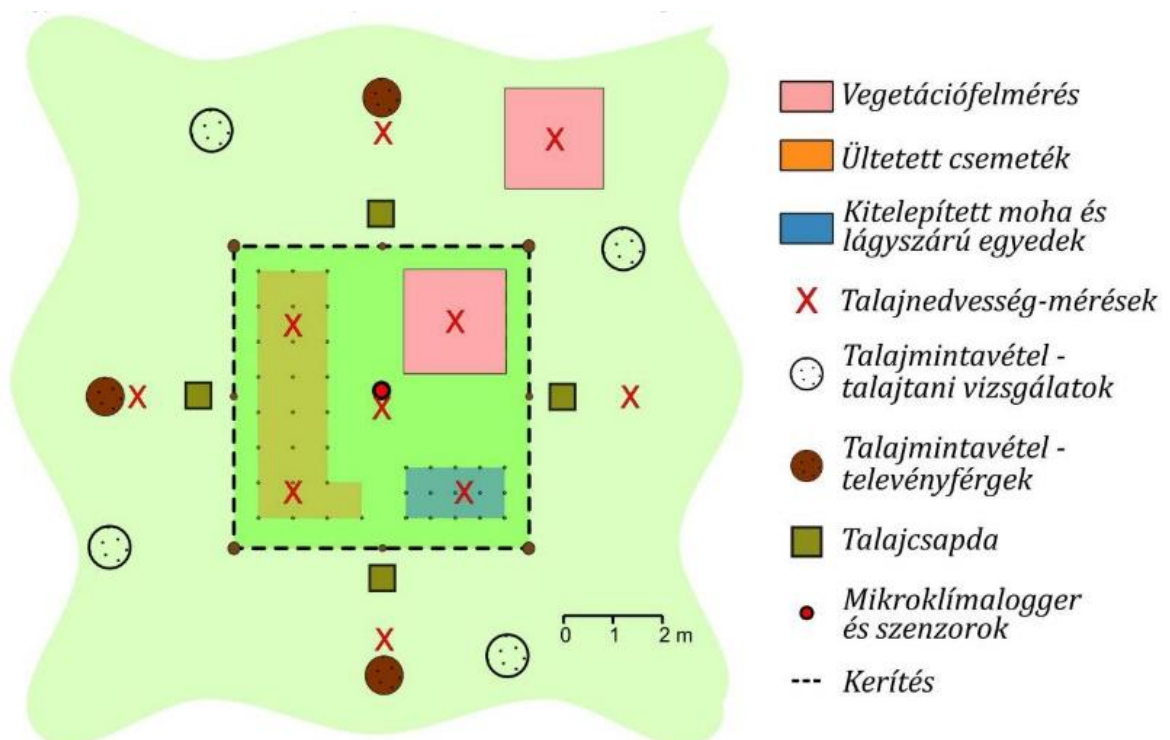


A kísérlet során a fahasználatok hat ismétlésben, teljes blokk elrendezésben valósultak meg (2. ábra). A 2014 telén kialakított kezelések (3. ábra) pedig:

1. Kontroll (K): zárt lombkoronaszint, fahasználat nem történt;
2. Tarvágás (T): zárt erdőállománnyal körülvevett, 80 m átmérőjű, kör alakú mikrotarvágás;
3. Lékvágás (L): zárt állománnyal körülvevett, 20 m (kb. egy fahossznyi) átmérőjű lékvágás;
4. Egyenletes bontóvágás (B): 80 m átmérőjű körben a felső lombkoronaszint 30%-a, az alsó lombkoronaszint 100%-a eltávolításra került egyenletes hálózatban;
5. Hagyásfacsoport (H): kb. 8-12 uralkodó faegyedet tartalmazó, 20 m átmérőjű maradvány folt a mikrotarvágásban.

A kezelésekben kialakítottunk egy-egy 6 m x 6 m-es elkerített területet (4. ábra), ami a vad kizárását szolgálja. A bekerített területen belül lettek elültetve öt, Magyarországon gyakori faj csemetéi: az erdőtípus fő fafajai, a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és a gyertyán (*Carpinus betulus*), a klimatikusan „szomszédos” erdőtípusok fafajai a bükk (*Fagus sylvatica*) és a csertölgy (*Quercus cerris*), valamint még egy üde erdei elegyfaj, a magas kőris (*Fraxinus excelsior*). Mintaterületenként, fajonként 5-5 beültetett egyed volt, tehát összesen 750 csemete került kiültetésre 2014 márciusában.

4. ábra Egy mintaterületen belül elhelyezkedő különböző mérési pontok (ábra: Kovács Bence)



A csemeték random lettek elosztva a 30 mintaparcellában, a randomizálás R-ben történt és külön „csemetetérkép” is készült hozzá minden egyes parcelláról. Az oszlopok és sorok között alapesetben 70 cm a pászta-táv, ettől csak különböző tereptárgyak (pl. nagyméretű kő, élő fa) esetén van eltérés, ezek az áthelyezések térképeken is dokumentálásra kerültek. A csemeték minden esetben egyedi azonosítóval lettek ellátva. 2014-ben megtörtént az egyedek null-állapotának rögzítése, majd az adatgyűjtés 2015-18 között minden év augusztusában történt. Az első év folyamán (még nem kezeléshatásra, hanem inkább az ültetési stressz miatt) elpusztult csemeték 2015 tavaszán pótolva lettek.

Méret változók

- **Magasság:** A leghosszabb (főhajtás vagy annak szerepét átvevő oldalhajtás) hajtás megmérése a talajfelszíntől a csúcsi rügy vonaláig. Ahol szükséges volt, enyhén kiegyenesítettük a hajlott hajtásokat. Alkalmazott pontosság 0,5 cm-1 cm.
- **Tőátmérő:** Az egyedek megmérése közvetlenül a talajfelszín mentén analóg tolómérővel, mm pontossággal, 2017-től digitális tolómérővel mérve.
- **Hajtásszám:** Az összes legalább egy élő (>50%-ban ép és/vagy egészséges) levéllel rendelkező hajtások darabszámának feljegyzése.
- **Átlagos levélfelület:** Hordozható lézeres levélfelület-mérő (CID-202, CID Bio-Science, USA) segítségével egy átlagos méretű levél kiválasztása és megmérése. Ehhez társul egy – a terepen, vizuálisan megbecsült – szorzóérték, amellyel a mért levélfelületet felszorozva a teljes levélfelületet kapjuk.

A csemeték adatgyűjtése nem invazív módon történt.

Adatelemzés

Mivel az erdészeti kezelések 2014-2015 telén történtek, ezért a számolásokhoz a 2015-ös adatokat vettük indulásnak. A statisztikai elemzésekhez a beavatkozás utáni első 3 év teljes növekményét használtuk. Ezt a számot pedig úgy kaptuk, hogy a 2018-as értékekből kivontuk az ugyanahhoz a csemetéhez tartozó 2015-ös mérés eredményét. Mind az öt fajra külön-külön modelleket csináltunk. A túlélés elemzéséhez binomiális eloszlású

általánosított lineáris kevert modelleket készítettünk és prediktált túlélési arányokat számoltunk. A növekedési adatokhoz általános lineáris kevert modelleket alkalmaztunk. Fix faktorként minden modellünkben a kezelés, random faktorként pedig a blokk szerepelt. Ahol szükséges volt, a normalitás elérése érdekében a függő változókon ln transzformációt alkalmaztunk. A modellekben post-hoc tesztekkel ('user-defined contrasts' beállítás) kerestük meg az egymástól szignifikánsan eltérő kezeléseket. Az elemzések során azt is vizsgáltuk, hogy van-e hatása annak, hogy a csemete pótolta-e vagy eredeti, de mivel nem volt, ezért a végső modellbe ez nem került bele. Az adatok elemzését az R programcsomagban végeztük. A túlélés elemzésekhez az „lme4” csomag „glmer”, valamint a „blme” csomag „bglmer” függvényét, a többi változóhoz pedig az „nlme” csomag „lme” függvényét használtuk. Az eredményeket egységesen $p \leq 0,05$ esetén fogadtuk el szignifikánsnak.

Eredmények

Mortalitás

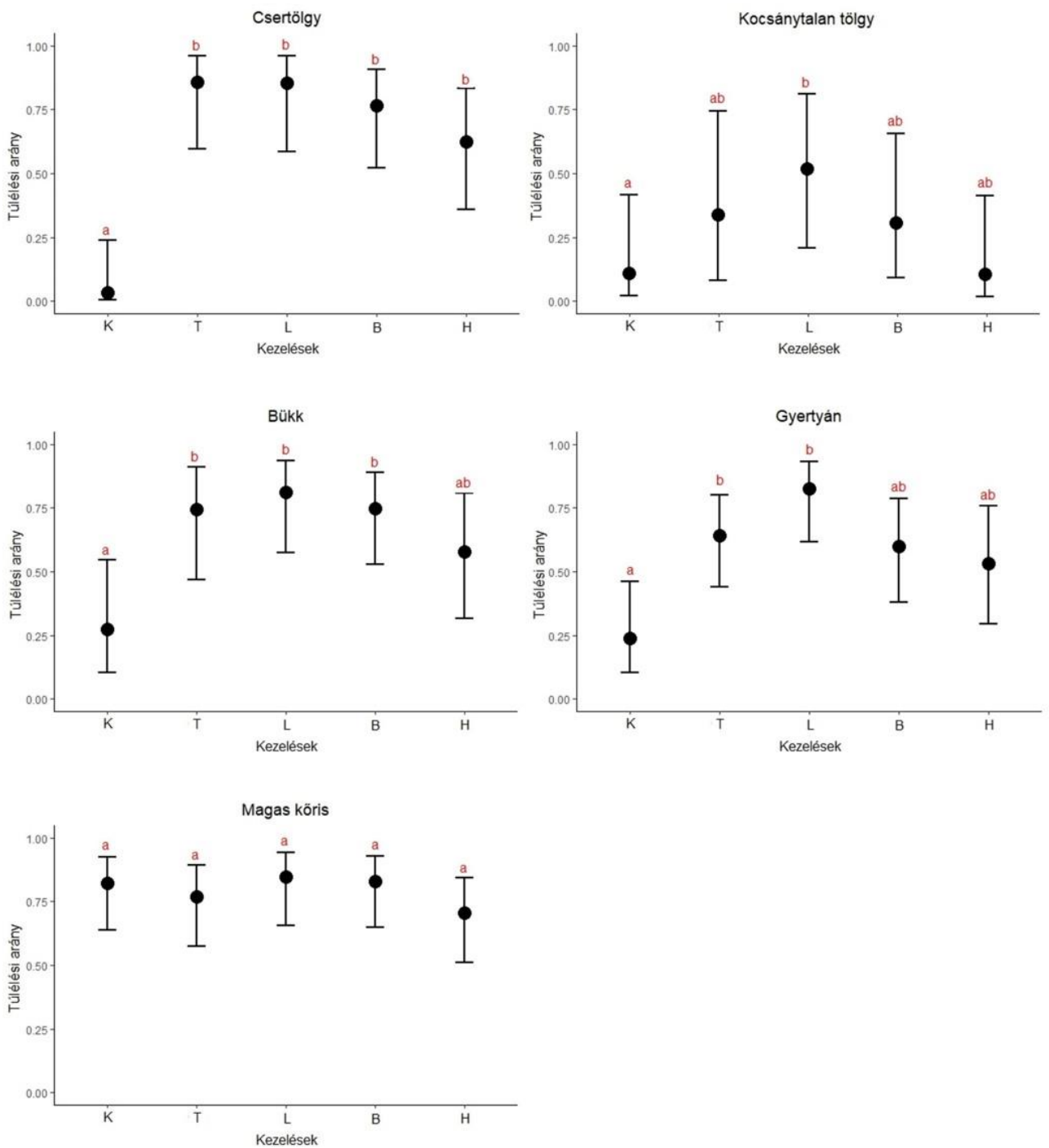
	Csertölgy	Kocsánytalan tölgy	Bükk	Gyertyán	Magas kőris
n	107	61	87	104	136
Chi²	48,11	11,83	12,86	17,08	2,13
p	<0,001	0,019	0,012	0,002	0,712
R²_{GLMM}	0,569	0,374	0,183	0,198	0,027

1. táblázat A mortalitási értékekre számolt általánosított lineáris modellek eredményei az egyes fajoknál

A csertölgynél mindegyik kezelésben szignifikánsan jobb volt a túlélés, mint a zárt állományban (5. ábra). Ezzel ellentétben a kocsánytalan tölgnél csak a lék tért el szignifikánsan, a tarvágás és a bontás pedig köztes helyen szerepelt a kontroll és a hagyásfacsoport után. A büknél a tarvágásban, a lékben és a bontásban is szignifikánsan jobb túlélést mértünk a zárt erdeinél, míg a gyertyánnál csak a lékben és a tarvágásban. A magas kőris pedig minden kezelésben hasonlóan jó túlélést mutatott, itt egyik kezelésnél sem volt eltérés.

A kontroll állományrészekben a cser- és a kocsánytalan tölgy esetében szinte 100%-os mortalitást figyeltünk meg. Mivel ezeknél a fajoknál nem maradt kellő mennyiségű csemete a növekedési változók elemzéséhez, ezért ennél a két fajnál csak a másik 4 kezelés (tarvágás, hagyásfacsoport, bontás, lék) adatait használtuk.

5. ábra A mortalitási ráta alakulása fafajonként



A betűk a kezelések közötti szignifikáns eltéréseket jelölik. (Ha két kezelésnek nincsen egyforma betűjele, akkor azok között a kezelések között $p < 0,05$, azaz nincs szignifikáns eltérés.)

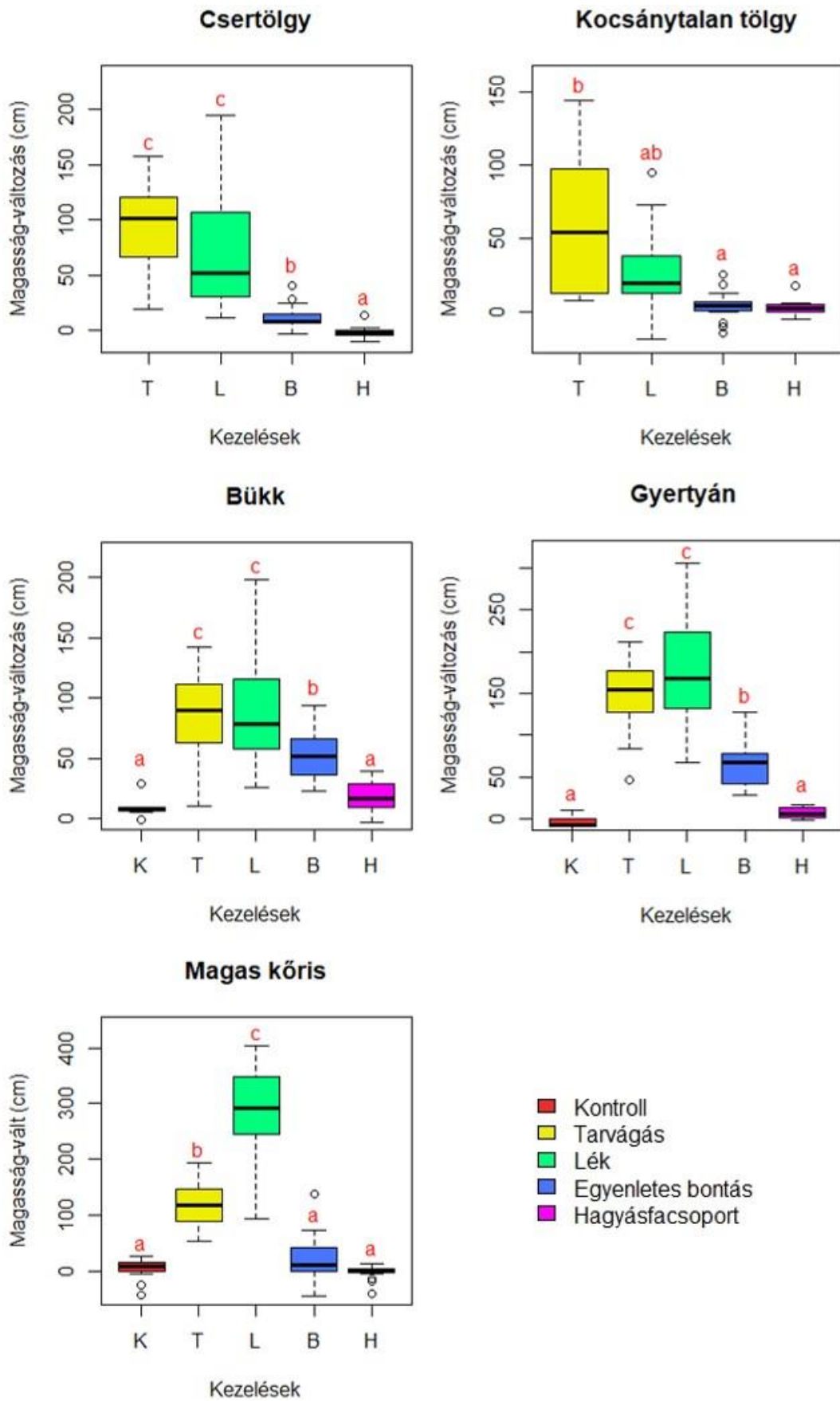
Magasság-növekedés

	Csertölgy	Kocsánytalan tölgy	Bükk	Gyertyán	Magas kőris
n	91	56	85	71	118
F	83,82	6,98	22,29	46,85	61,89
p	<0,001	6e-04	<0,001	<0,001	<0,001

2. táblázat A magasság-növekedési értékek eltérése az egyes fajoknál

Szinte mindegyik faj szignifikánsan nagyobb magasságnövekedést produkált a lékben és a tarvágásban, mint a többi kezelésben (6. ábra). Egyedül a kocsánytalan tölgy az, ahol csak a tarvágás mutatott szignifikáns eltérést a többi kezeléshez képest, de itt is láthatóvá válik a lékben történt erőteljesebb növekedés is. A csertölgy, bükk és gyertyán esetében a bontás is szignifikáns eltérést mutatott a kontrollhoz és a hagyásfacsoporthoz képest. A kőrisnél a bontás nem mutatott eltérést, de itt a lékben még a tarnál is szignifikánsan nagyobb növekedés volt tapasztalható. A hagyásfacsoport egyik faj esetében sem mutatott szignifikáns eltérést a zárt állománytól.

6. ábra A magasság-növekedés alakulása fajonként



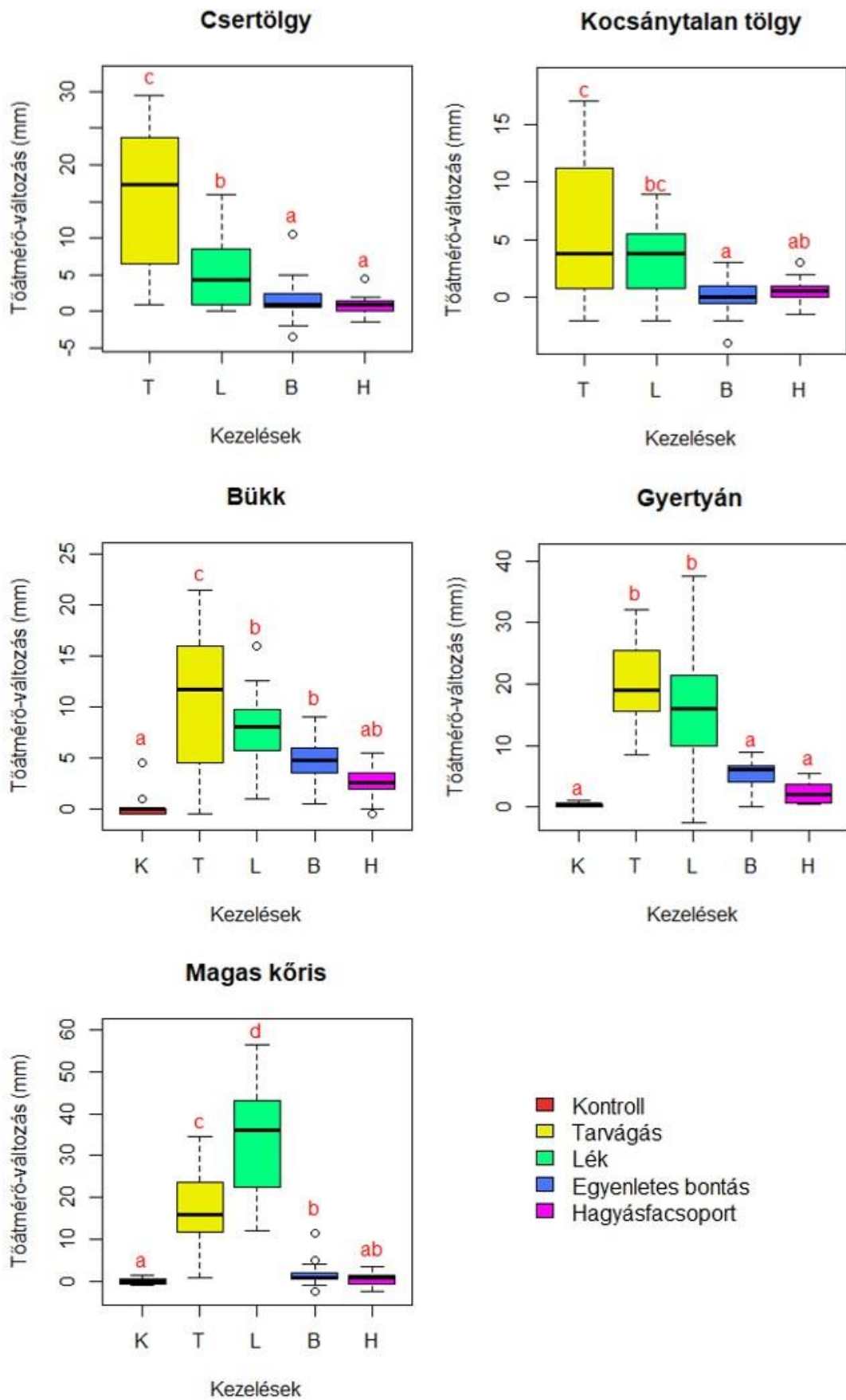
Tőátmérő-növekedés

	Csertölgy	Kocsánytalan tölgy	Bükk	Gyertyán	Magas kőris
n	91	56	85	71	118
F	28,67	6,83	17,08	24,31	142,02
p	<0,001	<.0,001	<0,001	<0,001	<0,001

3. táblázat Tőátmérő-növekedési értékek eltérése a fajoknál

A tőátmérő-változásnál már nem láthatunk olyan egységes eredményt, mint a magasság esetében (7. ábra). Bár láthatóan itt is a lékben és a tarban volt a legnagyobb a növekedés, de az eltérések kisebb mértékűek, mint a magasság-növekedésnél. A csertölgynél a tarvágásban lettek a legvastagabbak a csemeték. A lékben közepes volt a növekedés, a hagyásban és a bontásban pedig egységesen alacsony. A kocsánytalan tölgnél szintén a tarvágás volt a legkedvezőbb és ehhez közeli eredményt mutatott a lék is. A hagyásfacsoportban köztes volt a növekedés, míg a bontásban csekély. A bükknél a tarvágásban vastagodtak a legjobban a fák, majd utána következett a lék és a bontás hasonló értékekkel, a hagyás pedig átmeneti értéket mutatott a bontás és a kontroll között. A gyertyánál csak a tar és a lék mutatott szignifikáns különbséget az összes többi kezeléshez képest. A magas kőrisnél a lékben volt a legintenzívebb a növekedés, utána következett a tarvágás, de még a bontásban is szignifikánsan nagyobb volt a tőátmérő növekedése, mint a kontrollban.

7. ábra Tőátmérő-növekedés alakulása fajonként



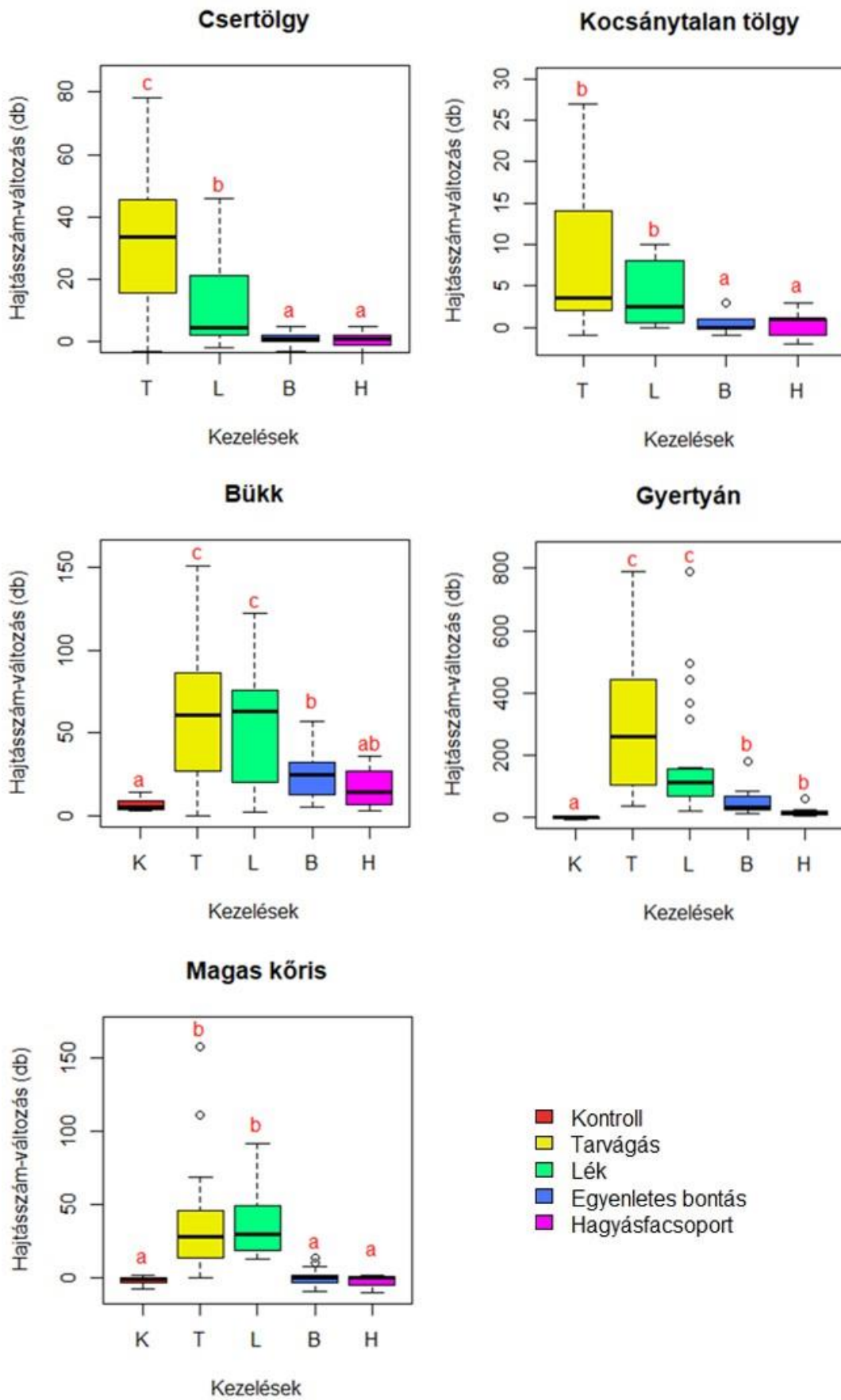
Hajtásszám-növekedés

	Csertölgy	Kocsánytalan tölgy	Bükk	Gyertyán	Magas kőris
n	91	56	85	71	118
F	30,97	8,56	11,05	36,46	59,42
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

4. táblázat *Hajtásszám-növekedési értékek eltérése a fajoknál*

Hasonlóan a magasság-növekedéshez itt is azt figyelhetjük meg, hogy minden faj esetében szignifikánsan nagyobb volt a növekedés a lékben és a tarban, mint a többi kezelésben (8. ábra). A csertölgynél a tarban még a lékben mértnél is nagyobb volt a hajtásszám növekedése. A bükk esetében a bontásban, a gyertyán esetében a bontásban és a hagyásfacsoportban is szignifikánsan nagyobb volt a növekedés, mint a zárt erdőben. A magas kőris és a két tölgy faj hajtásszám-növekedése a bontásban és a hagyásfacsoportban is igen csekély volt.

8. ábra Hajtásszám-növekedés alakulása fajonként



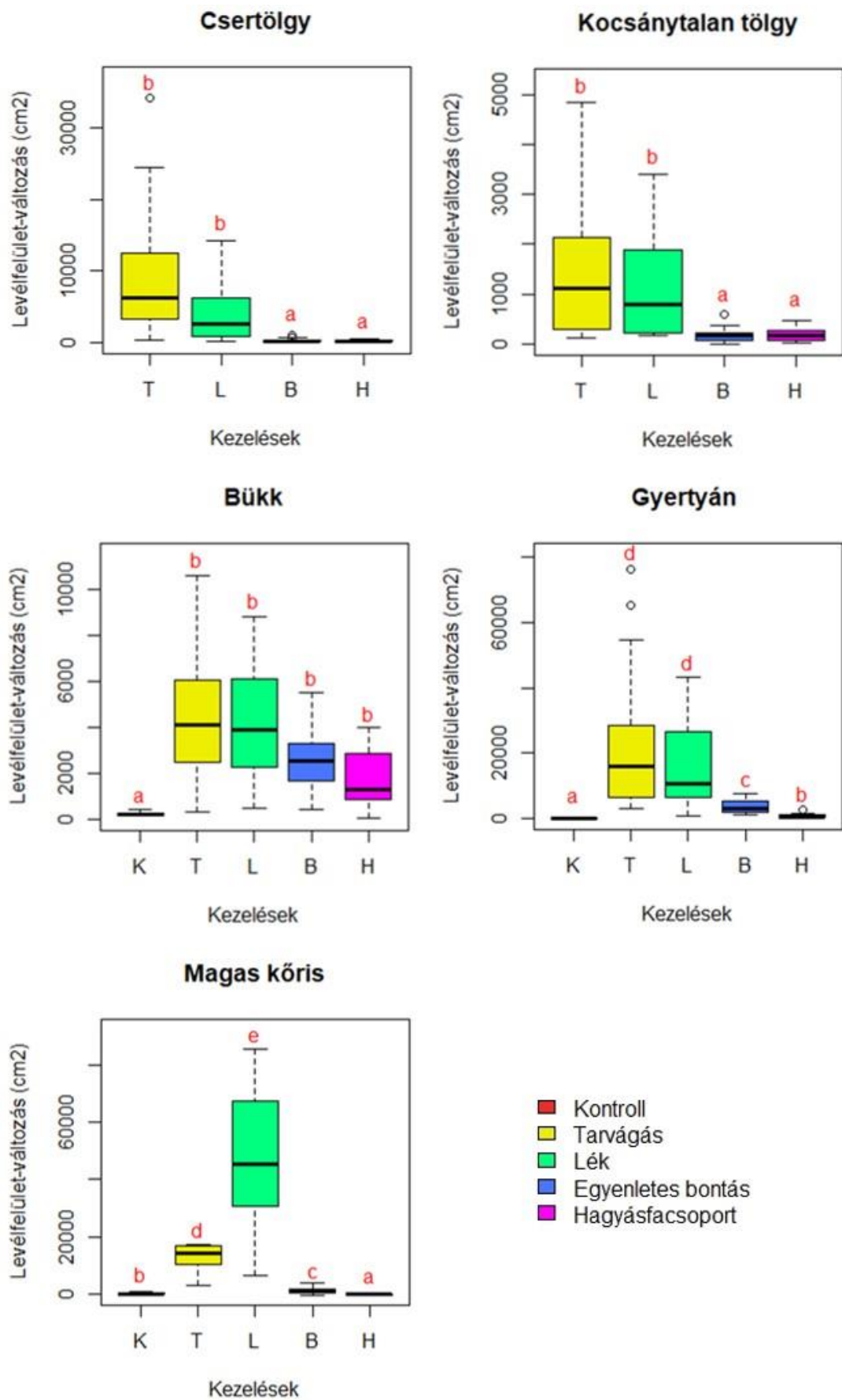
Levélfelület-növekedés

	Csertölgy	Kocsánytalan tölgy	Bükk	Gyertyán	Magas kőris
n	91	56	85	71	118
F	52,72	10,69	16,87	8,49	141,25
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

5. táblázat *Levélfelület-növekedési értékek eltérése a fajoknál*

A levélfelület változásánál is fajfüggő eredményeket kaptunk (9. ábra). A két tölgy fajnál a tarban és a lékben szignifikánsan nagyobb levélfelület-növekedést kaptunk, mint a bontásban és hagyásban. A bükk, a gyertyán és a magas kőris esetében minden kezelésben intenzívebb növekedést kaptunk, mint a zárt állományrészekben. Ám míg a bükk esetében a különböző beavatkozások értékei egymástól nem tértek el szignifikánsan, addig a gyertyánál a lékben és a tarban volt a legnagyobb a változás, a bontásban és a hagyásban pedig közepes volt. A magas kőrisnél minden kezelés szignifikánsan eltért az összes többitől: a legnagyobb levélfelület-gyarapodás a lékben volt tapasztalható, majd sorban következett a tar, bontás és a kontroll, végül a hagyásfacsoportban volt a legkisebb a növekmény. Ez az egyetlen olyan eset, ahol valamely kezelésben még a kontrollnál is gyengébb növekedést kaptunk.

9. ábra Levélfelület-növekedés alakulása fajonként



Diszkusszió

A különböző fafajok kezelésekre adott válasza

Korábbi tanulmányok mind a csertölgynél, mind a kocsánytalan tölgnél kimutatták, hogy ezen fajok a csírázás után pár évig még árnyéktűrők, de ha utána nem jutnak extra mennyiségű fényhez, akkor a csemeték elpusztulnak (von Lüpke, 1998; Ostrogović és mtsai, 2010). Tinya és mtsai (2019b) őrségi zárt erdőkben vizsgálva az újulat egyes fajainak meghatározó tényezőit, azt találták, hogy már viszonylag kis méretű kocsánytalan tölgy csemeték számára is kiemelt fontosságú a fény mennyisége. Vizsgálatunk során a két tölgy faj kontrollban tapasztalt nagy mortalitási aránya szintén megerősíti, hogy ez 4-5 év után bekövetkezik, zárt állományban külső beavatkozás nélkül nem tudnak felújulni a tölgy fajok.

A bontásban és a hagyásfacsoportban csak csekély növekedést tapasztaltunk, ezek a kezeléseket hasonlóan a zárt állományhoz túl árnyasak voltak a fénykedvelő fajok megfelelő növekedéséhez. Növekedési szempontból a tarvágás volt a legkedvezőbb, amit szorosan utána követett a lék. Nem számít meglepőnek, hogy a tölgyek jól újulnak a tarvágásban, hiszen tudjuk, hogy számukra kedvező hatással vannak az olyan nagy léptékű bolygatások is, mint a tűz, a legeltetés, a szél és a jég, vagy akár a patogének által okozott nagy területű fapusztulások is. Számos vizsgálat azt mutatta, hogy a tölgyek elsősorban nagy kiterjedésű, fényben gazdag területeken újulnak jól (Cowell és mtsai, 2010; Bobiec és mtsai, 2011; Saniga és mtsai 2014; Aszalós és mtsai, 2015). Ezzel ellentétben az általunk a lékben tapasztalt, a tarvágással közel azonos növekedési siker számos korábbi tapasztalatnak ellentmond, miszerint a tölgy nem újulna fel lékekben (Mátyás, 1996; Cowell és mtsai, 2010; Bobiec és mtsai, 2011; Petritan és mtsai, 2013). Egyes kutatások azonban korábban is kimutatták, hogy lehetséges a tölgy lékben való felújítása, de csak külön beavatkozások – a dominánssá váló üde erdei fajok visszaszorítása – mellett (von Lüpke, 1998; Szalacsi és mtsai, 2015).

A bükknél és a gyertyánál nagyon hasonló eredményeket kaptunk, mint a két tölgy fajnál. A lékben, a tarvágásban és a bontásban mutatták a legjobb túlélést. Mindkét faj a lékben és a tarvágásban növekedett a leggyorsabban, míg a bontásban és a hagyásfacsoportban mérsékelt növekedést, a zárt állományban pedig csak kismértékű növekedést mértünk.

A magas kőrishnél az összes kezelésben, még a zárt állományban is hasonlóan jó túlélést tapasztaltunk. Növekedés szempontjából azonban minden változó esetében egyöntetűen a lék bizonyult a legkedvezőbbnek, és csak utána következett a tarvágás, majd a bontás, és végül a hagyásfacsoport és a kontroll. Számos más kutatás is jutott már arra az eredményre, hogy a lék kedvezően hat az üde erdei elegyfák növekedésére (Bobic, 2007; Petritan és mtsai, 2013; Szalacsi és mtsai, 2015).

A különböző erdészeti beavatkozások hatásainak összehasonlítása

A kontrollban az alacsony megvilágítottság limitálja a fajokat. Az üde erdei fajok egy darabig így is túlélnek, de a növekedésre már ők sem képesek. Ennek alapja, hogy az üde erdőkre jellemző természetes lékdinamika során a kicsi csemeték sokáig túlélnek zárt állomány alatt, hogy aztán egyszer, amikor keletkezik felettük egy lék (egy nagy fa kiöregedésével vagy valamilyen finom léptékű bolygatással) akkor a megnövekedett fény és talajnedvesség hatására beinduljon a növekedésük (Canham és Marks, 1985).

A tarvágásban gyenge túlélést mutatott a kocsánytalan tölgy, közepesen jól élt túl a csertölgy, a bükk és a gyertyán, valamint még ennél is jobb túlélést mutatott a magas kőrish. A vágásterületen extrém módon megnövekedett a fény és a talajnedvesség is (Kovács és mtsai, 2018), ami hirtelenjében kedvezően hatott a csemeték növekedésére, a tölgyek, a bükk, a gyertyán és csak kisebb mértékben, de a magas kőrish esetében is. Ugyanakkor a mikroklíma itt a legszélsőségesebb és legingadozóbb (Kovács és mtsai, 2018), illetve nagyon sűrűvé válik az aljnövényzet (dominánsan a bükkös sás [*Carex pilosa*] jelent meg, Tinya és mtsai, 2019a), ami kérdésessé teszi, hogy ez a fajta kezelés hosszú távon is kedvező lesz-e a csemeték számára.

A lék túlélés és növekedés szempontjából is mindegyik fajnak kedvező volt. Itt jól megőrződtek az erdei mikroklimatikus viszonyok, de azért volt némi extra fény és talajnedvesség is (Kovács és mtsai, 2018). Azonban azzal számolni kell, hogy az aljnövényzet tömegessége itt is nagyon megnő (Tinya és mtsai, 2019a) és ez kompetíciót jelenthet az újulat számára. A megfelelő lékméret és lékalak megválasztásával, illetve azzal, ha két lépésben alakítják ki a lékeket, ezek a gondok orvosolhatóak, de ezzel a kérdéssel részletesebben már a Pilis Lék kísérlet foglalkozik.

A bontásban közepes túlélést mutatott a kocsánytalan tölgy és a gyertyán, jó túlélést pedig a csertölgy, a bükk és a magas kőris. Növekedési szempontból kedvezőtlennek bizonyult a tölgyek és a kőris számára, az árnyékkedvelő fajok a bükk és a gyertyán pedig közepesen jól növekedett benne. Ez a közepes mértékű felújulás, a közepes mértékű extra fénynek és az erdei mikroklíma közepes mértékű megőrződésének köszönhető.

A hagyásfacsoportban – bár a legtöbb faj számára kedvezőbb volt, mint a zárt állomány – egyedül a magas kőris mutatott jó túlélési eredményt. Növekedés szempontjából pedig szintén csak az árnyékkedvelő fajoknak, a gyertyánnak, és főként a bükknek volt kedvező, de számukra is csak kis mértékben, mert bár van némi plusz fény, és nagyon gyér az aljnövényzet, de túl száraz a talaj a megfelelő növekedéshez (Kovács és mtsai, 2018)

Összegzés

Összességében elmondhatjuk, hogy a lékben és a tarvágásban nőttek a leggyorsabban a csemeték. Bár egyes esetekben a tarvágásban intenzívebb növekedést figyeltünk meg, ugyanakkor azt is figyelembe kell vennünk, hogy ez legfőképp a tőátmérő és hajtásszám változók esetében mutatkozott meg. Ennek valószínűsíthető oka, hogy a tarvágásban a nagy mennyiségű, fentről és oldalirányból egyaránt érkező fény miatt sokkal terebélyesebbeké váltak a csemeték, mint a többi kezelésben. Ez viszont gazdasági szempontból hátrányos, hiszen a cél az, hogy minél gyorsabban, magas, elágazásmentes faegyedeket neveljünk.

A vágásos és az örökerdő gazdálkodást összehasonlító vizsgálatok alapján a természetes erdődinamikát nagyobb mértékben imitáló örökerdő gazdálkodás számos szempontból (természetvédelmi, fenntartható erdőgazdálkodási megfontolásokból) kedvezőbb hatásokkal bír a vágásos gazdálkodásnál (Pommerening és Murphy, 2004, Lindenmayer és mtsai, 2012). A Pilis Kísérlet egyéb részvizsgálatainak eredményei is alátámasztják, hogy a számos erdei élőlénycsoport fennmaradása jobban biztosítható a finomabb térléptékű beavatkozásokra alapuló örökerdő gazdálkodás révén (Elek és mtsai, 2018; Boros és mtsai, 2019; Tinya és mtsai, 2019a). Jelen dolgozat eredményei alapján pedig kijelenthetjük, hogy örökerdő gazdálkodás alkalmazásával a faállomány sikeres felújítása is legalább olyan jól biztosítható, mint vágásos gazdálkodással. Nemcsak az üde erdei fafajok (bükk, gyertyán), hanem a tölgyek felújulása is éppen olyan sikeres volt a lékekben, mint a vágásterületeken, ezen

túlmenően pedig a lék az elegyfajok (jelen esetben a magas kőrös) felújulása szempontjából a legkedvezőbb kezeléstípusnak bizonyult.

Fontos megjegyezni, hogy ezen eredmények a felújulásnak csak az első fázisát vizsgálták, ezért érdemes hosszabb távon a továbbiakban is folytatni a megfigyeléseket, hiszen könnyen elképzelhető, hogy a tarvágásban kialakult szélsőséges mikroklíma, valamint az aljnövényzet tömegességének növekedése a későbbiekben akár ellenkező hatást is kiválthat a csemeték növekedése szempontjából. Ezzel szemben feltételezzük, hogy a lékekben megőrződött erdei mikroklíma hosszabb távon is segíti a csemeték növekedését.

Összefoglaló

Az erdészeti kezelések hatással vannak mind a biodiverzitásra, mind a regenerációra, ezért nagyon fontos a különböző módszerek hatásainak részletes megismerése. Kutatásom célja a regenerációs folyamatok nyomon követése volt különféle erdészeti kezelésekben, beültetett facsemeték egyedi válaszreakciójának vizsgálatával. Vizsgált kezeléseink a vágásos gazdálkodáshoz tartozó tarvágás, hagyásfacsoport és egyenletes bontóvágás, valamint az örökerdő üzem módhoz tartozó lékvágás voltak. Öt különböző fafaj beültetett csemetéinek (bükk, gyertyán, magas kőris, csertölgy és kocsánytalan tölgy) vizsgáltuk a túlélését és a növekedési változóit (magasság, tőátmérő, hajtásszám és levélfelület) az első négy év során. Vizsgálatunkból kiderült, hogy nem csak az árnyékkedvelő fajok – mint a bükk és a gyertyán – tudnak jól újulni a lékvágás hatására, hanem a finom léptékű beavatkozások a fénykedvelő csertölgyre és kocsánytalan tölgyre is kedvező hatással vannak, míg az elegyfákat képviselő magas kőrisnek egyértelműen ez a kezelés volt a legkedvezőbb. Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy gyertyános-tölgyesben a faállomány felújítása legalább olyan sikeres lehet a – természetvédelmi szempontból kedvezőbb – örökerdő üzem mód alkalmazásával, mint a vágásos gazdálkodással.

Summary

Effects of experimental forestry treatments on forest regeneration

Forest management affects both biodiversity and regeneration, therefore, getting to know these methods is of utmost importance. The aim of my research was to follow the regeneration processes in different forest treatments by examining the individual response of planted tree seedlings. The investigated treatments were the clear-cutting, the retention tree group and the preparation cutting (from the shelterwood forestry system) and the gap-cutting as the basic element of the continuous cover forestry system. Planted seedlings of five different species (beech, hornbeam, European ash, Turkey oak, and sessile oak) were tested for survival and growth variables (height, stem diameter, shoot number, and leaf area) and were measured yearly. We analyzed the results of the first four years after the interventions. Based on our investigations, for the shade-tolerant species gap-cutting proved to be the best treatment, and for oaks, it was similarly suitable as clear-cutting. Thus, we can state that continuous cover forestry – which is more favourable from conservational aspects – ensures convenient tree regeneration as well as rotation forestry.

Irodalom

Aszalós R., Horváth F., Mázsa K., Ódor P., Lengyel A., Kovács G., Bölöni J. (2015): A faállomány-szerkezet és összetétel változása egy középhegységi cseres-tölgyesben négy évtizedes felhagyás után In: Bölöni János (szerk.): Tanulmányok a félszáraz tölgyesek ökológiai viszonyairól. MTA Ökológiai Kutatóközpont Tanulmányai 1., 19-29.

Bartha, D., Csiszár, Á., Korda, M., Zagyvai, G., Tiborcz, V., Kispál, D., ... & Bende, A. (2014): A folyamatos erdőborítás fajösszetétel és fajdiverzitás vizsgálata. In: Bartha D. és Puskás L. (szerk.): *Silva Naturalis*, 6, 119-147. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.

Bobiec, A., Jaszcz, E., Wojtunik, K. (2011): Oak (*Quercus robur* L.) regeneration as a response to natural dynamics of stands in European hemiboreal zone. *European Journal of Forest Research* 130:785–797.

Boros, G., Kovács, B., Ódor, P. (2019): Green tree retention enhances negative short-term effects of clear-cutting on enchytraeid assemblages in a temperate forest. *Applied Soil Ecology* 136:106-115.

Canham C., Marks P. 1985: The response of woody plants to disturbance: patterns of establishment and growth. W: Pickett S. T., White P. S. [ed.]. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press

Cowell, C. M., Hoalst-Pullen, N., & Jackson, M. T. (2010): The limited role of canopy gaps in the successional dynamics of a mature mixed *Quercus* forest remnant. *Journal of Vegetation Science*, 21(1), 201-212.

Elek, Z., Kovács, B., Aszalós, R., Boros, G., Samu, F., Tinya, F., Ódor, P. (2018): Taxon-specific responses to different forestry treatments in a temperate forest. *Scientific Reports* 8, 16990

Kelemen, E., Lazányi, O., Arany, I., Aszalós, R., Bela, G., Czúcz, B., & Kertész, M. (2015): Ökoszisztéma szolgáltatásokról a kiskunsági Homokhátság társadalmának szemszögéből. *Természetvédelmi Közlemények*, 21, 116-129.

Kovács, B., Tinya, F., Guba, E., Németh, Cs., Sass, V., Bidló, A. & Ódor, P. (2018): The effects of experimental forestry treatments on site conditions: short response study from an oakhornbeam forest. *Forests*. 9. 406.

Ostrogović, M. Z., Sever, K., & Anić, I. (2010): Influence of Light on Natural Regeneration of Pedunculate Oak (*Quercus robur* L.) in the Maksimir Forest Park in Zagreb. *Šumarski list*, 134(3-4), 115-122.

Petritan, A. M., Nuske, R. S., Petritan, I. C., & Tudose, N. C. (2013): Gap disturbance patterns in an old-growth sessile oak (*Quercus petraea* L.)–European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest remnant in the Carpathian Mountains, Romania. *Forest Ecology and Management*, 308, 67-75.

Pickett, S. T., & White, P. S. (1985): *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press

- Saniga, M., Balanda, M., Kucbel, S., & Pittner, J. (2014): Four decades of forest succession in the oak-dominated forest reserves in Slovakia. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 7(5), 324.
- Standovár, T., & Kenderes, K. (2003): A review on natural stand dynamics in beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1(1), 19-46.
- Szalacsi, Árpád, Király, G. & Veres, S. (2015): “Seasonal changes of photosynthetic parameters as a results of forest gap model”, *Acta Agraria Debreceniensis*, (63), 133-136.
- Tímár G. (2016): A jelenlegi erdőgazdálkodási módok áttekintése. In: Korda M. (szerk.): Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Tanulmánygyűjtemény. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság. Budapest. 11–30.
- Kuuluvainen, T. (2009): Forest Management and Biodiversity Conservation Based on Natural Ecosystem Dynamics in Northern Europe: The Complexity Challenge, *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 38(6).
- Tinya, F., Kovács, B., Prättälä, A., Farkas, P., Aszalós, R. & Ódor, P. (2019a): Initial understory response to experimental silvicultural treatments in a temperate oak-dominated forest. *European Journal of Forest Research*, 138(1): 65-77.
- Tinya, F., Márialigeti, S., Bidló, A., Ódor, P. (2019b): Environmental drivers of the forest regeneration in temperate mixed forests *Forest Ecology and Management* 433: 720-728.
- Varga, B. (szerk., 2013): A folyamatos erdőborítás fenntartása melletti erdőgazdálkodás alapjai. *Silva naturalis* Vol. 1. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron.
- von Lüpke, B. (1998): Silvicultural methods of oak regeneration with special respect to shade tolerant mixed species. *Forest Ecology and Management*, 106(1), 19-26.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Tinya Flórának a rengeteg segítségért és útmutatásért, Ódor Péter projekt vezetőnek, valamint az egész kísérleti infrastruktúra biztosítójának, hogy lehetővé tette szakdolgozati munkám megvalósítását az MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézetben.

Köszönöm Tóth Zsoltnak a belső konzulensi munkáját, a rengeteg jó tanácsot és segítséget.

Köszönettel tartozom Kovács Bencének, aki a csemetéket ültette, és az első években mérte is, valamint a túlélési modelleket elkészítette, továbbá Guba Erikának, Németh Csabának és Vadas Ákosnak a terepmunkában nyújtott segítségért.

Az egész kutatócsoportnak is külön szeretném megköszönni, hogy befogadtak, és hogy általuk rengeteg új ismeretre tehettem szert egy olyan témában, ami mindig is nagyon közel állt hozzám.

Köszönet a Pilisi Parkerdő Zrt.-nek a kísérleti terület biztosításáért és Csépanyi Péternek a projektben való együttműködésért.

Köszönöm még a családomnak és a barátaimnak, azt a rengeteg támogatást, hitet és bizalmat, ami nélkül nem lettem volna képes a dolgozat megírására.

A kutatást az OTKA K111887-as projektje támogatta.