

**SZAKDOLGOZAT**

PAPP LILLES

**2023**

**MAGYAR AGRÁR ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM**  
**Kertészettudományi Intézet**  
**Budapest**

**Vízmegekötő anyag hatásai *Tilia tomentosa* 'Szeleste' fasor fáira Budapesten**

**Papp Illés**

Kertészmérnök alapképzési szak

Készült a Disznővénytermesztési és Dendrológiai tanszéken

Konzulens: dr. Szabó Veronika

Bírálok: \_\_\_\_\_

Budapest, 2023

\_\_\_\_\_  
tanszékvezető/szakirányfelelős

\_\_\_\_\_  
konzulens

## Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS .....	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS .....	6
2.1 A városi fák jótékony hatásai .....	6
2.1.2 Asszimiláció-szén dioxid megkötése .....	6
2.1.3 Szennyező anyagok megkötése .....	6
2.1.4 A városi klíma javítása .....	7
2.1.5 Zajvédelem .....	8
2.1.6 Rázkódások, rezgések elleni védelem .....	8
2.1.7 Talajvédelem .....	8
2.1.8 Műtárgyvédelem .....	9
2.1.9 Megfelelő élettér az élővilág számára .....	9
2.1.10 Megfelelő élettér az emberek számára .....	9
2.2. A fotoszintézis jelentősége .....	10
2.2.1 A fotoszintézis fény szakasza .....	10
2.2.2 Calvin ciklus-CO <sub>2</sub> asszimiláció .....	11
2.3 A fotoszintézis hatékonyságát befolyásoló tényezők .....	11
2.4 Levélfelületindex (LAI=Leaf Area Index) .....	12
2.4.1 Levélfelületindex mérési módszerek .....	13
2.5. Városi hársfákon végzett kutatások .....	13
3. ANYAG ÉS MÓDSZER .....	15
3.1. A vizsgálat helyszíne .....	15
3.1.1. A Kerepesi úti <i>Tilia tomentosa</i> 'Szeleste' fasor jellemzése .....	16
3.1.2. Időjárási viszonyok a kísérlet során .....	16
3.3 A VízŐr talajkondicionáló készítmény .....	18
3.4. A vizsgálatok során végzett mérések .....	19
3.4.1. Levélfelület-index mérése .....	20
3.4.2. Talaj mintavétel .....	20
3.4.3. Az LCi készülék működésének bemutatása .....	20
4. EREDMÉNYEK .....	23
4.1. A 2021-es mérések eredményei .....	23
4.2 A 2022-es mérések eredményei .....	24
4.3 Faméreték .....	26

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK .....	28
6. ÖSSZEFOGLALÁS .....	30
7. IRODALOMJEGYZÉK .....	33

PAPP LILLES

## 1. Bevezetés és célkitűzés

A városi környezetben a fák jelentős részének kedvezőtlen életfeltételei vannak, ezért napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezetterhelés és az ezzel együtt járó klímaváltozás kutatása. Az időjárás változásra jellemző, hogy több hónapnyi csapadékszegény időszakok alakulnak ki, amelyek leginkább a nyári hónapokban jelentkeznek. A városi fák életterére jellemző, hogy kevés helyük van, nemcsak lombkoronájukban, hanem a gyökérzónában is. Különösen nagy gondot okoznak az idős és fiatal fáknál a vízhiányos nyári időszakok. A fenntartók folyamatosan öntözik a fiatal telepítéseket, de előfordul, hogy ezek sem elegendőek. A víz kijuttatása jelentős feladatot ró a fenntartókra.

Az MSZ 12172:2019 Díszfák és díszcserjék ültetése települések közterein című szabvány kimondja, milyen minőségi kategóriájú fákat, illetve cserjéket lehet közterületre telepíteni. Ezeken a minimum követelményeken túl kijelenti, hogy mielőtt fát telepítenének, fontos felmérni a terület adottságait, és ehhez választani meg a fajtát, faját. A városi fák ültetésekor az ültetőgödör kialakítása is rendkívül fontos. Ennek legelső pontjainak egyike hívja fel a figyelmet arra, hogy a faj faj tenyészterületét biztosítani kell, tehát a végleges magasságának, koronaméreteinek megfelelő területet kell tudni biztosítani a fának. Ez egy sok szempontot figyelembe vevő folyamatot jelent (közüzemi védősávok, mindenkor jogszabályok a telepíthető fajok jegyzékére stb.). Ebből is látszik, hogy egy városi fának már a megfelelő helyre kerülése is rengeteg tervezést igényel.

Ezek mellett a fa ültetést követő megeredésének, valamint minél hosszabb életének alapfeltétele a megfelelő ültetés. A nem megfelelő talajt fel kell javítani vagy teljes talajcserét kell eszközölni. A telepítendő fa mérete határozza meg az ültetőgödör méretét. Így nagy termetű fa esetében ez 2×2×2 méteres ültetőgödört jelent, közepes és kis termetű fánál 1,5×1,5×1,5 méterest. Az utómunkálatok közé tartozik a fa megfelelő rögzítése, az indítómetszés, a korona kialakítása, valamint a telepítéskori beöntözés és a rendszeres öntözés.

Ebből is kitűnik, hogy a fent említett szabvány sok részlete irányul a helyes talajbeli feltételek kialakításához. A gyökérzet, habár nem látható, a fák legfontosabb része: tápanyaggal és vízzel látja el a fát, rögzít, jó eseten kommunikál a környező fákkal. Éppen ezért nagyon fontos, hogy városi környezetben is minél jobb feltételeket biztosítsunk a fák gyökérzetének. Ennek egyik elengedhetetlen feltétele a faj igényeinek megfelelő vízmennyiség kijuttatása, és a víz talajban tartása.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszékének a Budapesti Közművek Főkert Divíziójával való együttműködésben a Vízőr® talajkondicionáló szert vizsgáltuk. A projekt célja, hogy a Vízőr® organikus talajkondicionáló készítmény hatását műszeres mérésekkel igazoljuk, amely 30-50%-kal kevesebb öntözési költséget ígér a vízvisszatartó képességének köszönhetően. Budapesten a Kerepesi úton a Főkert Divízió negyven ezüst hárssal való kísérletezést tett lehetővé számomra, mely során fakataszteri, fotoszintetikus és talajméréseket hajthattam végre a kezelt és kezeletlen fákon.

## **2. Irodalmi áttekintés**

### **2.1. A városi fák jótékony hatása**

A városokban a növényzet különleges értékkel bír, mert a lakók számára ez az utolsó kapcsolat a természettel, és nem mellesleg pótolhatatlan eszköze a városokban fellépő káros környezeti hatások kiküszöbölésének.

A városok zöldpolitikájának fontos intézkedései, hogy növeljék a városokban lévő növények számát. Azonban nem mindegy, hogy milyen formában teszik ezt, ugyanis más-más lombkorona szintek más-más hatásokat gyakorolnak a környezetre (Samson et. al. 2017). Ugyanakkor a városi fák fontos elemei a környezetnek, ugyanis összekapcsolják az ökoszisztémákat, és befolyásolják a természetet, az embereket, a széljárást, heves viharok vizeinek lefolyását stb. (Jones et. al. 2012, Willis and Petrokofsky 2017).

A városi fák, növényzet jótékony hatásait a következő alfejezetben foglalom össze.

#### **2.1.2. Asszimiláció**

Ez a folyamat, a fotoszintézis oxigéntermeléssel, és szén-dioxid megkötéssel jár. A folyamat során  $\text{CO}_2$ , víz, és fény segítségével oxigén termelődik a növényt gyarapító cukorvegyület mellett. A folyamat éjszaka fordított menetben zajlik.  $\text{CO}_2$ -t termel a növény, és  $\text{O}_2$ -t használ fel az életfolyamatok fenntartásához. Radó (2001) szerint egy lombköbméter asszimiláló felület egy évben, vegetációs időszakban 650 gramm oxigént termel és 590 gramm szén-dioxidot dolgoz fel.

A növények legnagyobb részénél autotróf asszimilációról beszélünk, amely szerint szervetlen vegyületekből (szén-dioxid, víz, ásványi sók) szerves szénláncot építenek fel.

A városi környezetben a fáknak jelentős a szerepe abban, hogy az elektromos áram előállítása, a mezőgazdasági tevékenységek, a szállítás, közlekedés, szemétegetés, háztartási tevékenységek során felszabaduló nagy mennyiségű szén-dioxidot megkössék (Zhao and Sander 2015).

#### **2.1.3. Szennyező anyagok megkötése**

A káros anyagok valamely részét a városi fák képesek megkötni. A folyamat úgy zajlik, hogy a városokban, ipari területeken kibocsátott (nehézfémek, olajszarmazékok, porszemcsék, korom stb.) ráülepednek a levelekre. A leveleken található szennyeződést az eső lemossa, majd a levelek szűrő hatása újra üzemképessé válik. A megkötő képesség függ a városok, illetve ipari területek közelségétől (Radó, 1981, 2001). „A fák leveleiről begyűjtött por elemzésével azonosíthatóvá válhatnak a szennyezőforrások. A leveleken található por összetételét több

tényező is alakítja (szélirány, szélsébség, ideiglenes pontszerű források stb.)” (Csányi és társai, 2017). Számos tanulmány azt bizonyította, hogy a levél felülete megköti a légkörben található „szállóport” (PM). Han és munkatársai (2020) 3 féle módszert emeltek ki ennek bizonyítására: a „levémosásos módszert”, az „aeroszol regenerátoros módszert, és az „elektronmikroszkópos módszert”. A levémosásos módszer lényege, a levélminta lemosása, majd a lemosott részecskék mennyiségének ellenőrzése. Az aeroszolos módszernél egy mesterséges aeroszollal vizsgálják a levél felületén megkötött anyagokat. Az elektronmikroszkópos módszer magába foglalja a finom és ultrafinom porrészecskék megszámlálását és a mikroszkópos felvételeken látható elemi részecskék összetételének vizsgálatát.

Hrotkó és munkatársai (2021) vizsgálták a budapesti fákon mért levélre rakódott port és nehézfém tartalmukat. A vizsgálatok során megállapították, hogy nem csak a városi fák helyzete, hanem azok fajai is erősen befolyásolják, mennyi port képesek kiszűrni a levegőből. Minél nagyobb lombkoronájúak a fák, annál nagyobb mennyiségű por ülepedik ki a levelükön, így tisztítva a város levegőjét. Tanulmányukban a korai juhar (*Acer platanoides*), a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) és az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*) leveleit vizsgálták, és arra jutottak, hogy a legjobban az ezüsthárs levelei kötötték meg a port.

Braun és társai (2007) ezüst hársakon végzett kísérleteik során arra jutottak, hogy az idősebb fák 60-80%-ban képesek csökkenteni a levegőben található por koncentrációját, mely érzékelhető különbséget tesz a parkok és a nem beültetett, épületekkel beépített területek között. Nowak és társai (2006) szerint a városi fák az Egyesült Államokban mintegy 71100 tonna szennyező anyagot kötöttek meg.

#### **2.1.4. A városi klíma javítása**

A fák párologtatásával és árnyékolásával fontos szerepet töltenek be a klíma javításában. Nyáron az elpárologtatott víz segítségével hűtik a forró klímájú városi területeket, mikroklimát létrehozva ezzel (Radó, 1981, 2001). A hőszigetek jelentőségét elsőként L.Howard demonstrálta Londonban a 19. század elején. A klimatológusok felismerték ennek a jelenségnek a jelentőségét, mind elméleti és gyakorlati szempontból. Miszerint a hőszigeteket nagyon sok tényező határozza meg, mint például az elhelyezkedés, az éghajlati, az időjárási viszonyok, a városok mérete, az utak, az épületek és parkok eloszlása a lakott területeken. Budapest belvárosában 1,2 °C-kal magasabb az éves középhőmérséklet, mint a városon kívüli részeken. A város-vidék hőmérsékleti különbség éves csúcsa januárban éri el a csúcst (1,5 °C) júliusban pedig (1,3°C) (Próbáld 2014). Unger szerint (2010) a nagyvárosokban a hősziget hatás miatt meghosszabodik a fagymentes időszak és ezzel a növények vegetációs periódusa, eltolódnak a fenológiai fázisok, csökken a fagyok intenzitása, megrövidül a hótakaróval borítottág ideje, csökken a téli napok száma, valamint a fűtési napok száma, mely mérsékli a fűtésre felhasznált energia mennyiségét is. Ez utóbbi alapvetően kedvező tényező, de a hősziget hatása jelentősen befolyásolja az emberek közérzetét, hatással van az egészségre is. Ezeket megelőzendő, minél nagyobb hangsúlyt kell fektetni a zöldfelületek bővítésére.

A városi hőszigetek hatásai nem csak a nappali magasabb hőmérsékletben mutatkoznak meg, hanem az éjszakai hőmérsékletváltozásban is. Ennek oka, hogy az épületek és a burkolt felületek a nyári napokon jelentős mennyiségű hőt nyelnek el, amelyet éjjel sugároznak ki magukból, így a hőmérséklet nem tud lecsökkenni éjjel sem. A fák az elnyelt fény hatására nem forrósodnak fel, hiszen vizet használnak. Az éjszakai párologtatásuk pedig kedvezően befolyásolja az őket körülvevő mikroklímát, így hűtve azt (Soltani and Sharifi 2017).

#### **2.1.5. Zajvédelem**

A zajvédelem egy fontos szerepe a városi növényzetnek különösen a nagyobb városokban, vagy forgalmas utak mellett. A növények nem csak megszűrik a zajt, hanem sajátos hangot is generálhatnak, amely megnyugtató hatással lehet az emberek számára.

Mérések igazolják, hogy a háromszintes növényfal (pázsit, cserjék, fák) jobban véd a zajtól, mint egy téglafal. A zajvédő tulajdonság a növények levelei közötti légrétegének, és rugalmasságának köszönhető (Radó, 1981, 2001).

Samara and Tsitoni (2011) kutatásukban arra hívják fel a figyelmet, hogy egy erdős résszel övezett útszakaszon nagyságrendekkel alacsonyabb a közlekedés zaja, mint egy fák nélküli szakaszon.

#### **2.1.6. Rázkódások, rezgések elleni védelem**

A városokban, a forgalmas utakon folyamatos rezgésekkel számolhatunk, amelyek átterjedhetnek a környező utak burkolataira, lakóházak statikai állapotára is. A fák gyökérzete, mindezt kiküszöbölendő, megszakítja a környező építmények folytonosságát az utakkal, így nagy mértékben csökkenti a rezgések erősségét (Radó, 1981, 2001).

#### **2.1.7. Talajvédelem**

Ahol nincs megfelelő növényállomány, ott kezdetét veszik a talaj minőségét károsító folyamatok, mint például erózió, defláció, és a sivatagosodás. A termőtalaj védelme, a vízháztartás fenttartása szempontjából egyaránt fontos szerepet tölt be a növények jelenléte. A talaj megkötése is nélkülözhetetlen feladat a rézsűk, lejtők esetében. Az így a betelepített növények gyökereinek segítségével megelőzhető a talaj mozgása (Radó, 2001, Radó, 1981).

Bargués és munkatársai (2014) kísérletükben karité fákkal (*Vitellaria paradoxa*), természetesen várakkal és beültetetlen felületű talajjal vizsgálták. A kísérletből kiderült, hogy a fás területeken sokkal nagyobb a beszivárgás mértéke, mint az üres területen. A természetesen körbevett fáknál természetesen a beszivárgás mértéke fokozódott.



### 2.1.8. Műtárgyvédelem

Az utak, vasútvonalak, hidak, lakó létesítmények ki vannak téve az időjárás mindennapi viszontagságainak, szél, hóihar stb. Az időjárás káros hatásai ellen megfelelő védelmet biztosíthat pl. a cserjékkel kombinált fasor, amely egyben a közlekedő emberek biztonságát is szolgálja (Radó, 1981, 2001., Lélegzet 1999).

### 2.1.9. Élettér az élővilág számára

”A növényzet az élővilág helyszíne is, azaz biotóp. Ebből a felismerésből származik, hogy 1906 óta megünneplik iskoláinkban a madarak és fák napját” (Radó, 1999).

A növények irtása számos faj kipusztulásához vezethet. A különféle emberi tevékenységek, melyek a növények károsításával járnak, folyamatos rekultivációt kívánnak, hogy fenttartható legyen a biodiverzitás. Nem csak az állatok jóllétében van fontos szerepe a növényeknek. Az embereknek egyaránt kellemesebb élettérrel biztosít, ha van némi növényzet a betondzsungel olykor nem éppen esztétikus épületei között. Nem utolsó sorban, például egy falra felfuttatott növény hozzájárulhat a lakóház megfelelő klímájának biztosításához, és esztétikailag sem mutat rosszul (Radó, 2001).

### 2.1.10. Megfelelő élettér az emberek számára

A természetes környezet és a zöldfelületek olyan ökoszisztémát biztosítanak az emberek számára, mely számos előnnyel jár. Javítják a szellemi jólétet, a mentális és pszichikai egészséget, enyhítik az allergiás megbetegedéseket, a légzőszervi, a szív-és érrendszeri megbetegedéseket (Aerts és társai, 2018).

Kardan és társai (2015) különböző sűrűséggel beültetett területeket hasonlítottak össze Torontóban és Kanadában a közegészségügyre és az egészségügyre vonatkozó magas színvonalú adatsorokkal, demográfiai adatokkal. A tanulmányból arra következtettek, hogy a fák mennyiségének mértéke összefüggésben áll az egészségi állapottal. Tehát a jobban beültetett területeken jellemzően magasabb egészségügyi színvonalon éltek, alacsonyabb volt a szív-és érrendszeri megbetegedések száma.

A *Tilia* fajoknak, mint díszfáknak kiváltságos helyük van az európai mitológiában, hagyományokban, és ez egy nyomós ok, hogy a városaink tájképében igen sűrűn megfordulnak (Tenche-Constantinescu et. al, 2015).

Hazája Délkelet Európa, és Délnyugat-Ázsia. Többnyire lombhullató, de örökzöld erdőkben megtalálható faj. Levelei 5-10 cm hosszúak, szélesek, tojásdad alakúak, levéllemezüik vastag, fűrészszélű. A levél fonáki oldala csillagszőrözött. Virágaik többnyire illatosak, 5 tagúak, sok porzójúak hímnősök. Üde, tápdús, mélyrétegű, humuszos, tápdús talajt kedveli, de a kedvezőtlen körülmények között is elboldogul. Szárazságtűrő mérsékelt, fiatal korban árnyéktűrő, később fényigényes, gyors növekedésű faj (Tóth, 2012). Az ezüst hárs egy nagyon jó

városi fafaj, és ha azt megfelelő odafigyeléssel, korlátozással gondozzák, a városifejlesztési karakterisztikának megfelelően, akkor sok más fajta is hasonlóan jó tulajdonságokkal fog rendelkezni (Day. S et al. 2011).

## 2.2. A fotoszintézis jelentősége

A fotoszintézis majdnem minden fotoszintetizálni képes élőlénynél az elsődleges biológiai tápanyagforrás. A fotoszintézis leegyszerűsítve annyit jelent, hogy napenergia segítségével kémiai energiát állít elő az adott szervezet, mely energia létfontosságú a fennmaradásához. A fotoszintetizáló élőlények fényenergiát felhasználva, ATP-t és NADPH-t állítanak elő, hogy később ezek segítségével szénhidrátot, és majd további szerves anyagokat állíthassanak elő szén-dioxidból és vízből, miközben a légkörbe oxigént juttatnak (Wunderlich és Szarka, 2014).

A fotoszintézis reakcióegyenlete:  $\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{A} + \text{fotonok} \rightarrow [\text{CH}_2\text{O}] + 2\text{A} + \text{H}_2\text{O}$  (Garab, 2018).

A fotofoszforiláció folyamán elektronok áramlanak olyan membrán szállítókon keresztül, mint a kinonok citokrómok és vas-kén fehérjék, miközben a membránon keresztül protonok pumpálódnak át elektrokémiai különbséget létrehozva. Az  $e^-$  transzfert és a protonpumpálást, a mitokondriális III-as komplexhez hasonló szerkezetű, és funkciójú membránkomplex végzi. Az így kialakult membránpotenciál az oxidatív foszforilációhoz hasonlóan történik az ATP szintézise. A fotoszintézis a növényekben 2 folyamatot foglal magában. A fény függő folyamatok (fényszakasz), mely során ATP és NADPH keletkezik, illetve  $\text{CO}_2$  fixációs folyamatokat (Calvin-ciklus) (Wunderlich és Szarka, 2014).

A fotoszintézis folyamataiban a növényi szervek közül a lomblevelek végzik a legtöbb folyamatot, a többi klorofillt tartalmazó rész a fák esetében elhanyagolható mértékben járul hozzá a fényenergia átalakításához. A levelek mezofillumában, az asszimiláló alapszövetben helyezkednek el a kloroplasztiszok, azok a sejtszervecskék melyek a fotoszintézist végzik. A felületen lévő kettős hátyarendszeren belül helyezkedik el a tilakoid, és a sztóma (Pethő, 1998).

### 2.2.1 A fotoszintézis fényszakasza

A fény szakasz a kloroplasztisz tilakoid membránjában zajlik. A fotoszintézis során a klorofillmolekulák elnyelik a fotonokat (fény sugárzás részecskéit). A látható fénytartomány, amely 400-700 nm, nem elegendő a fotoszintézis lezajlásához, ezért egy antenna komplex alakult ki a reakció hatásfokának növelésére. Ezek a transzmembránfehérjék a reakciócentrumban helyezkednek el, ahol a fotoszintézis zajlik. Az antennafehérjék több száz klorofill molekulát tartalmaznak, melyek az elnyelt fotonokat közvetítik a reakciócentrumnak. A fotoszintézisben kétféle aktív klorofill molekula vesz részt, melyek egymástól elkülönülve két fényreakció központjait képezik. Ezek a klorofill-a, és klorofill-b, melyek adszorpciós spektrumaiból megállapítható, hogy a fotoszintézis energia hasznosítási szempontjából a 400-500 nm illetve a 600-700nm hullámhosszúságú fény a fontos (Sarkadi, 2007).

A két központ az 1. fényrendszer PS 1, P700, és a 2. fényrendszer PS 2, P680. Az első fényrendszerben több a klorofill a, mint a klorofill b, így a fényelnyelése 700nm-nél van. A második fényrendszer hasonló felépítésű, ám itt a klorofill mennyiségek a fordítottját mutatják az első rendszerrel szemben (Sarkadi, 2007).

A két rendszerben zajlanak a fotokémiai oxidációs-redukciós folyamatok. A PS 2 fotorendszer reakciócentruma fény hatására gerjesztett állapotba kerül, mely jó elektron donorként viselkedik. Számos fehérje komplex továbbítja az elektronokat amelyek segítségével végül a NADP-ből NADPH-t eredményez (Wunderlich és Szarka 2014).

### 2.2.2. Calvin ciklus-CO<sub>2</sub> asszimiláció

A Calvin ciklus folyamata nem igényli a fény jelenlétét, azonban a fényszakaszban keletkezett NADPH és az ATP mindenképp szükséges a CO<sub>2</sub> redukciójához. „A Calvin ciklust C<sub>3</sub>-as útnak is nevezik, mert az elsődleges reakciótermék a 3-szénatomos 3-foszfoglicerát” (Sarkadi, 2007). „A légköri CO<sub>2</sub> szerves anyagokra történő beépítése az ún. Calvin-Benson ciklus során történik, aminek kulcsfontosságú enzime a ribulóz-difoszfát karboxiláz oxigenáz (RuBisCo)” (Vass,2010).

A Calvin-ciklus 3 szakaszra osztható:

1. CO<sub>2</sub> megkötése
2. Szénhidrát képződés
3. Ribulóz 1,5-bifoszfát újratermelődése (Sarkadi,2007).

Az első szakaszban történik a szén megkötése a biomolekulákban. A karboxilációs szakasznak nevezett reakciót a RuBisCo (ribulóz-1,5-biszfoszfát karboxiláz/oxigenáz) enzim katalizálja. A három CO<sub>2</sub> molekula 3db 5 szénatomos akceptorral reagál, majd egy rövid életű 6-szénatomos terméken keresztül 6db három szénatomos 3-foszfogliceráttá alakul.

A második szakaszban a 3-foszfoglicerát NADPH és ATP felhasználással gliceraldehid-3-foszfáttá alakul. így egy három szénatomos gliceraldehid-3-foszfát a molekula reakcióterméke.

A harmadik, regenerációs szakaszban számos közttermék, sok enzim, és ATP segítségével újra termelődik a szén-dioxidot felvélő ribulóz-1,5 bifoszfát (Sarkadi,2007).

## 2.3. A fotoszintézis hatékonyságát befolyásoló tényezők

A fentiekben láttuk, milyen bonyolult folyamat a fény hasznosítása a növényiszövetekben. A fotoszintézis szempontjából három tényező együttes meglétére van szükség: a fény, a víz és a szén-dioxid. Ez utóbbi állandónak tekinthető, természetett növényeink, így a városi fák esetében is a fény megléte is elegendő. A víz hiánya azonban egyre gyakoribb probléma.

A levelek fonákán található légzőnyílások (sztómák) a növény vízháztartásának megfelelően tudják szabályozni a sejtjeikben a víznyomást, ezáltal az alakjukat, valamint azt, milyen mértékben legyenek nyitva. A víz turgornyomása és biokémiai jelek útján tudják változtatni a légzést (Chaves and Zarrouk, 2012). Ideális vízellátás és magasabb hőmérsékletben a sztómák éjjel nyitottak, és reggel 9 óra körül zárják be a légzőnyílásokat (Gyeviki, 2011). Víziányos állapotban a sztómák zárva maradnak, így a szükséges szén-dioxid mennyiség lecsökken, az elektrontranszport-láncon csökken a gerjesztett elektronok mennyisége, amely elsősorban a PS II centrum sérüléséből adódik.

A fotoszintézis és a vízhasznosítás kölcsönhatását a vízhasznosítási együtthatóval szokták számszerűen jellemezni (WUE- water use efficiency). Ennek a többféle értelmezése lehetséges. Kísérletünket nézve, az alapfogalomnál maradva azt jelenti, hogy a felvett víz mennyiségére vetített biomassza-növekedés. Sokszor fejezik ki a fotoszintetikus aktivitás (A) és a párologtatás (E) hányadosával. Ez jelenthet terménynövekedést, szén-dioxid elnyelést is, amely a vegetáció során sokat változik, mind napszaknak, mind időjárásnak, vízellátottságnak megfelelően (Chaves and Zarrouk, 2012).

#### **2.4. Levélfelületindex (LAI-Leaf Area Index)**

A levélfelületindex mérése nagy szerepet játszik a szakdolgozatom méréseinek eredményeiben, ezért fontosnak tartottam, hogy beszéljek róla.

A levélfelület index lényegében ez egy négyzetméterre jutó levélfelület nagyságát jelenti. Mely fontos ökológiai mutató a biomassza termelés mennyiségének meghatározásában. Összefüggésbe hozható még a fotoszintézissel, illetve a transzspiráció mértékével is. Létezik egy és két oldalas levélfelületi index is. Az egyoldalas esetében a levél csak egy felülete számítható, kétoldalás esetében mindkét oldalt figyelembe veszik. Alapesetben, ha levélfelületi indexről beszélünk, az egyoldalas levélfelületi indexre gondolunk (Huzsvai és társai, 2004).

A különböző mérési módszereknél fontos, hogy minden esetben meghatározzuk a levélzet felületét, és a földfelszín területét, ami felett a levelek elhelyezkednek.

A növényállományt tulajdonképpen a levél felületének nagyságával jellemezhetjük, értéke pedig a talajfelszín mértékéhez viszonyítva adhatjuk meg, és levélfelületindexnek (LAI=Leaf Area Index) nevezzük.

$$LAI=T/t$$

Ahol a T a levélfelület nagyságát jelenti m<sup>2</sup>-ben, a t pedig a növény alatti tenyésztőterület nagyságát m<sup>2</sup>-ben. A LAI fajonként, és fajtánként eltéréseket mutathat. Függ a termesztéstechnológiától, állománysűrűségtől, vízellátottságról tápanyagtól stb. (Lengyel,2009). A növényállomány levélzete csaknem 80%-át elnyeli a beeső sugárzásnak. Az elnyelés az infravörös tartományban 15-20% közötti. Az átbocsátás átlagos értéke 25%-ra tehető, a visszaverődés látható tartományban 20-25%, míg infravörösben 40-45% körüli (Monteith,1995). A levélfelület egy vegetációs időszakban is változik fajtól, fajtától és elsősorban az évszaktól függően (Hrotkó et al. 2014).

#### 2.4.1. Levélfelületindex mérési módszerek

Az alábbi vázlatpontot Richter (2009) szakdolgozati munkája alapján készítettem el.

1. Kiterítéssel mérés. Egyszerűen meghatározható vele a levélfelület nagysága. A folyamat úgy zajlik, hogy a lehullott leveleket felszedik, miután megmérték a lehullott levélterület nagyságát, majd kiterítik az összegyűjtött levelet az adott területre, mint egy gyepszőnyeget, és egy osztással kiszámítható a levélfelületi indexe. Ezen módszer egy másik lehetősége, amikor mm papírra lerajzoljuk a fáról leszakított levelek körvonalát, és ezen a mm papíron meghatározható a LAI. Pontos módszer, de rendkívül lassú. Az erdészek alkalmazzák.

2. Számításos mérés. Olyan mérési módszer, mely során a levél alakját egy geometriai alakzattal azonosítjuk, melynek területét ki lehet számolni lineáris paraméterekkel pl. szélesség-hosszúság. A módszert csak egyszerű geometriai alakzatoknál érdemes alkalmazni. Hibája széles határok között változik fajonként és alakzatokként (Lengyel, 2009).

3. Összehasonlításos eljárás. Ennél a módszernél olyan mintákat alkalmazunk, mely mérete megegyezik a vizsgált faj legtipikusabb levélméretével. „Az eljárás során össze kell hasonlítani az etalonnal a meghatározandó felületeket és mindig a minimális eltérésű etalonfelületet szabad figyelembe venni. Az etalonok készülhetnek keménypapírból, vagy a faj néhány jellemző nagyságú levelei is lehetnek” (Gyeviki, 2011).

4. Tömegmérésen alapuló módszer. Lényege, hogy a levél felülete az alábbi egyenlettel meghatározható:

$$F = m \times b$$

Ahol  $m$  a levél tömegét jelenti,  $b$  pedig az empirikus együtthatót. A leszedett illetve lehullott leveleknél is használható módszer, de az empirikus együttható hibája nagy hatást gyakorol a mérés pontosságára (Hunkár, 1988).

5. Sugárzásmérős módszer. Ez a mérési módszer azért lényeges, mert a szakdolgozatom során készült méréseket ezzel a technikával hajtottam végre. Ezen belül az AccuPAR LP-80 sugárzásmérő műszer mely egy hordozható sugárzásmérő műszer, ami optikai lencsét, szűrőket tartalmaz, és fotoszintetikusan aktív sugárzási tartományban mér.

#### 2.5. Városi hársfákon végzett kutatások

Dahlhausen és társai (2017) Berlinben 252 kislevelű hársról vettek mintát a városközponttól kifelé haladva. Az évgűrű mintákból visszakövezték a fák növekedését az elmúlt 50-100 évre vetítve. Egy lineáris modell becsülésével megállapították, hogy a levegő hőmérséklete és a csapadék mennyisége nagyban befolyásolta a fák növekedését az elmúlt 20 évben. Az ingatlansűrűség figyelembevételével az eredmények azt mutatták, hogy a sűrűbben lakott területen a magasabb léghőmérséklet és a kevesebb csapadék nagyobb növekedési rátát eredményez, mint a ritkábban lakott területeken. Emellett az eredmények azt mutatták, hogy a gyűrűszélesség-

index variáciája szignifikánsan nagyobb a közepesen beépített területeken, mint az alacsony beépítettségű helyszíneken.

Novak és társai (2002) az USA 10 városából származó terepi adatok és a városi fafajok borítottsága vonatkozó adatok alapján becslések szerint a városi fák az USA területén jelenleg 700millió tonna szenet tárolnak (14 300 millió dollár értékben). A városi fák országos átlagos szén-dioxid tárolási sűrűsége 25,1tC/ha míg az erdőállományok 53,5tC/ha szenet képesek tárolni. Ezek az adatok segíthetnek felmérni a városi erdők tényleges és potenciális szerepét a légköri szén-dioxid az egyik üvegházhatású gáz csökkentésében.

PAPP LILLES

### 3. Anyag és módszer

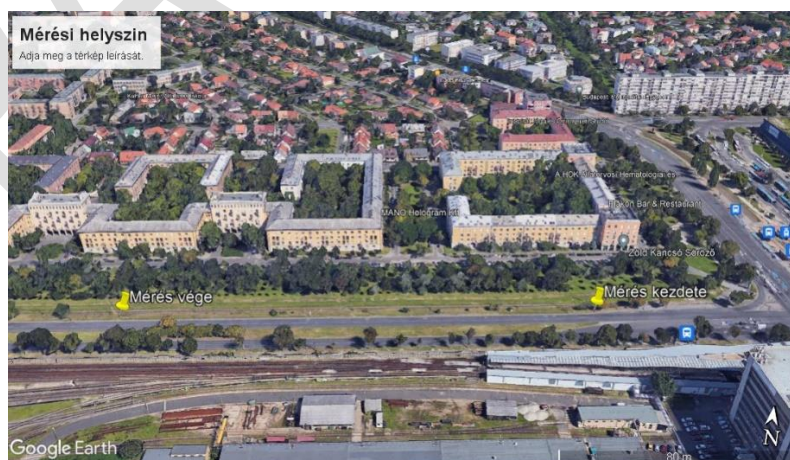
#### 3.1. A vizsgálat helyszíne

A szakdolgozatomhoz kísérleteket vegetációs időszakban a Kerepesi úton Budapesten, azon belül Zuglóban végeztem.

A Keleti pályaudvartól egészen az Sárgarózsa utcáig húzódik (Google térkép)a Kerepesi út. A mi szempontunkból fontos helyszín az Örs vezér tere és a Róna utca közti szakaszra tehető, az egykori 29-es villamos lezárt vonala, illetve az autóút közötti zöld területen (1. ábra). A műholdas képen megjelöltem a közrefogott szakaszt. A műhold felvétel (2. ábra) nem friss, ezért még nem láthatóak rajta a fiatal ezüst hársak.



1. ábra Kerepesi úti ezüst hárs fasor (Saját fotó, 2021. aug. 2.)



2. ábra:Kerepesi úti mérési szakasz Forrás: (Google Earth Pro, 2021.12.17)

Környezeti szempontból a mért fasor meglehetősen ki van téve az elemeknek, ugyanis nap mint nap rengeteg autó mellett a metró is ezen az útvonalon közlekedik. Így a kipufogógázok stb. mellett a rezgéseknek, és a hangzavarnak is nagy mértékben ki vannak téve az itteni lakosok. Az alábbi egybefüggő területen mintegy 40 db *Tilia tomentosa* 'Szeleste' áll rendelkezésünkre mérési szempontból, melyeket a „10.000 új fát Budapestre” program keretein belül telepítettek (Mártonffy,2018).

### 3.1.1. *Tilia tomentosa* 'Szeleste' jellemzése

A *Tiliaceae*-hársfélék családjába tartozó ezüst hárs egyik fajtája, melynek nemesítése Nádas Mihály és Sipos Elek nevéhez fűződik (1969). 20-30 m magasra, 10-12 m szélesre megnövő egyenes törzsű fa, mely kezdetben kúpos, majd zárt tojásdad alakú koronát képez. A vágágak állása kezdetben sudaras, majd később több vezérágú. Oldalágai felfelé törőek. A levéllemez vastag, színi oldalon sötétzöld, a fonákon hófehér. Dús virágzata sárga színű, illatos. Parkfának kiváló, de megfelelő körülmények között útsorként is alkalmazhatjuk. A fajta a nevét a vas megyei Szeleste község nevéből kapta. Az ott található arborétum előtt volt található a fajta anyanövénye, mely azóta elpusztult (Tóth, 2012, Lukács, 2020).

A *Tilia* fajoknak (hárs), mint díszfának kiváltságos helyük van az európai mitológiában, hagyományokban, és ez egy nyomós ok, hogy a városaink tájképében igen sűrűn megfordulnak (Tenche-Constantinescu et. al, 2015).

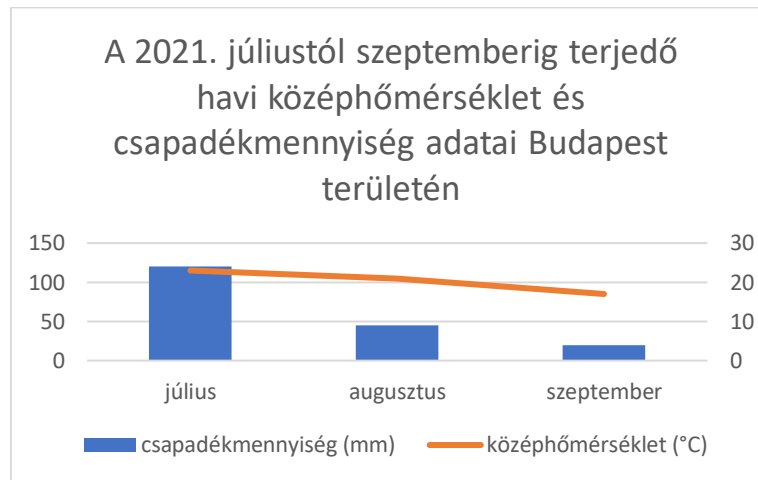
Hazája Délkelet Európa, és Délnyugat-Ázsia. Többnyire lombhullató, de örökzöld erdőkben megtalálható faj. Leveli 5-10 cm hosszúak, szélesek, tojásdad alakúak, levéllemezük vastag, fűrészszélű. A levél fonáki oldala csillagszőrözött. Virágaik többnyire illatosak, 5 tagúak, sok porzójúak hímnősök. Üde, tápdús, mélyrétegű, humuszos, tápdús talajt kedveli, de a kedvezőtlen körülmények között is elboldogul. Szárazságtűrése mérsékelt, fiatal korban árnyéktűrő, később fényigényes, gyors növekedésű faj (Tóth, 2012). Az ezüst hárs egy nagyon jó városi fafaj, és ha azt megfelelő odafigyeléssel, korlátozással gondozzák, a városifejlesztési karakterisztikának megfelelően, akkor sok más fajta is hasonlóan jó tulajdonságokkal fog rendelkezni (Day. S et al. 2011).

### 3.1.2. Időjárási viszonyok a kísérlet során

A 2021.08.02.-i mérés és a 2021.09.20.-i mérés közötti csapadék, illetve hőmérsékleti adatokhoz az Országos Meteorológiai Szolgálat méréseit használtam fel. Az augusztusi átlag csapadékmennyiség 50-60 mm közé tehető Budapest területére. A szeptemberi átlag 20-25 mm közé esett, mely elég szegény csapadékmennyiségre utal. A napi középhőmérsékletek szempontjából augusztusban 22 °C, szeptemberi adatok 20 °C körül alakultak. A mérés előtti egy hónapban is nélkülözhetetlenek a mérés szempontjából az éghajlati viszonyok. A napi középhőmérséklet itt 25-26 °C körül mozgott, a csapadék pedig 100 mm értéket mutatott. A mérések napján a legközelebbi (Újpesti) meteorológiai állomás alapján, 2021. augusztus 2.-án 0,5 mm csapadék,

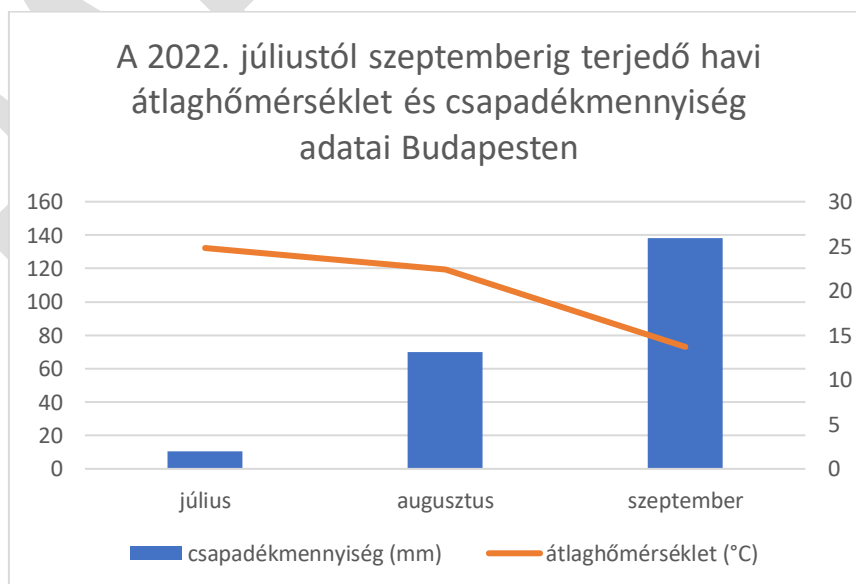


és 30,8 °C-os maximum hőmérséklet volt. 2021. szeptember 20.-án 0 mm csapadék, és 21 °C maximum hőmérséklet. A mérés időszaka alatt az alábbi módon alakultak az időjárási paraméterek (3.ábra).



**3. ábra:** 2021. év júliustól szeptemberig terjedő havi középhőmérséklet és csapadékmennyiség adatai Budapest területén (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

A második évben súlyos aszályos időszakot követően juttattuk ki a Vizőr készítményt. Ezért a mérési napok egy hónappal elcsúsztak. A kiindulási állapotot augusztus végén, míg a kezdést követő mérést október elején végeztük el. A méréseket megelőző 3 hónapban a csapadék és hőmérsékleti viszonyokat (a 4. ábra mutatja).



**4. ábra:** A 2022. júliustól szeptemberig terjedő átlaghőmérséklet és csapadékmennyiség adatai Budapest területén (Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat)

### 3.3 A VízŐr talajkondicionáló készítmény

„A Water Retainer (VízŐr®) egy organikus talajkondicionáló készítmény. Általában 3 hónapig fejti ki hatását, mely alatt a Water Retainer (VízŐr®) szakszerű használatával a talaj, növények számára felvehető vízmegtartó képessége lényegesen megnő. Ha ezt a kiváló képességet a növények fejlődésének kezdeti időszakában érvényesítjük, a fejlődéshez kapott előny, az így jobban fejlődő gyökérzet illetve a jobb víz ellátottság révén a növény egész termesztési időszakában megmarad. Ennek révén az aszály érdemben kisebb kárt okozhat a növényekben. A növények szélsőséges szárazság esetében akár kétszer annyi időt is képesek átvészelni súlyosabb, károsodás nélkül, vagy kisebb stressz révén, amely előnyük a terméseredményekben is fognak látszani, kisebb lehet a termés kiesés. Alkalmazása csökkenti a talaj szárazság okozta változásait, mely többféle hátrányos következménnyel jár. A talaj kiszáradása annak sokkos állapotát idézi elő és vízvisszatartóvá is teszi azt. Így a csapadék esetén is kevesebb vizet képes befogadni, ami növeli a tömörödést, a talaj levegőtlené válását, s kevesebb víz fog hasznosulni a növények számára; mindezek összességében pedig terméseszköket fognak eredményezni. A talaj előnytelen víz-ellátottsága, tömörödése, levegőtlenége akár több éven át ható hátrányos következményt is okozhat. A készítmény révén a kezelt talaj a levegőből is képes nedvességet megkötni. A megfelelő víztartalmú talaj hosszú távú előnyös hatásokat is jelent a gazdálkodásban.

Csökkenthető az öntözővíz felhasználás, mivel a víz párolgást csökkenti a Water Retainer (VízŐr®), mert vízmegkötő képessége révén a talaj felsőbb rétegében megőrzi a vizet” (VízŐr® hivatalos honlap)

A készítményt a fás kultúráknak megfelelő koncentrációban juttatták ki beöntözéssel.

A 2021-es évben a fent leírtaknak megfelelően juttatták ki a talajkondicionáló készítmény oldatát 2021 augusztus elején. A kiindulási méréseket, amelyekről a következő alfejezetben olvashatunk, a kiadagolás előtt vettük fel. A kezelést csak egyszer végezték el, majd azt követően az egyik csoportot (10 faegyed) hetente öntözték, a másodikat kéthetente, a harmadikat háromhetente. A mérések első évében nem volt kifejezetten kontrollnak tekinthető csoport. Itt elsősorban az volt a felvetésünk, hogy a kezelt fák hogyan reagálnak az öntözési gyakoriság csökkentésére.

A következő évben (2022) átgondoltuk a koncepciót, így az augusztus végi, kiindulási mérést és a kijuttatást követően az alábbiak szerint öntözték a Főkert Divízió munkatársai a kijelölt fákat. Az első csoport 10 fáját a kezelést követően hetente öntözték, a második csoportot kéthetente, a harmadikat nem kezelték és hetente kaptak vizet, míg az utolsó csoport szintén kezeletlen volt, kéthetente történő öntözéssel. A kezelések összefoglalását az első táblázat szemlélteti.

**1.táblázat:** A 2021 és a 2022 kezelések és mérések összefoglaló táblázata

2021	2022
kiindulási mérések (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)	kiindulási mérések (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)
kezelt, hetente egyszeri öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)	kezelt, hetente egyszeri öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)
kezelt, kéthetente öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)	kezelt, kéthetente öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)
kezelt, háromhetente öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)	kezeletlen, heti egyszeri öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)
-	kezeletlen, kéthetente öntözés (fotoszintetikus aktivitás, párolgás, talajmintavétel)

### 3.4. A vizsgálatok során végzett mérések

A fásor vizsgálatára két egymást követő évben került sor, amely során az alábbi megfigyeléseket végeztük el. A fák magasságának, koronamagasságának, koronaszélességének és – hosszúságának méréséhez 4 méteres geodéziai rudat használtunk. Az adatokat méterben jegyeztük fel egy tizedesjegy pontossággal. Ezekből az adatokból később lombkorona-térfogatot, valamint koronavetület-területet számoltunk, ahol a kör sugarát a koronahossz és a koronaszélesség felének az átlagából számoltuk. A lombkorona térfogatához Coder (2000) számításait használtuk. A publikációban ismertetett koronaalakok közül úgy véltük, hogy a megnyúlt gömbszerű (elongated spheroid) alak a leginkább azonos a vizsgált fákkal, ezért a henger térfogatának számítását 0,5891 értékű együtthatóval szoroztuk meg. A koronavetület-terület mellett mértük a fák LAI értékét is, hogy számolni tudjunk a koronában található összes levélfelületet. A levélfelület mérését a 3.4.1 alfejezetben ismertetem részletesen.

A kijuttatott szer hatására – a gyártó leírása szerint – a talajban megnövekszik a víztartalom, ennek a méréséhez talajmintát vettünk. Ennek a módszerét a 3.4.2 alfejezetben ismertetem.

A fák levelein mértünk fotoszintetikus aktivitást LCI (infravörös gázanalizátor) készülék segítségével (BioScientific Ltd, Anglia). Ennek a műszernek a részletes leírását, a mintavétel menetét a 3.4. alfejezetben ismertetem.

#### **3.4.1. Levélfelület-index mérése**

A levélfelület-index a korona alatti egységnyi területhez tartozó levélfelület nagyságának értékét adja meg ( $m^2/m^2$ ), tehát egy dimenzió nélküli szám. A mérést első esetben 2021. augusztus 2-án, illetve 2021. szeptember 20-án végeztük a kiválasztott fason. A mérést AccuPar LP-80 műszerrel végeztük. A levélfelület-index (LAI=Leaf Area Index) az egységnyi területre vetülő zöld levélfelület nagyságát jelenti. Mérését az AccuPar műszerrel végeztük, mely 400 és 700 nm közötti hullámhossz tartományba eső sugárzás értéke mér 0-3000  $mmol/(m^2s)$  értékek között. A készülék méri a fotoszintetikusan aktív sugárzást. A méréseket a lombkorona szintje fölött, és közvetlen alatta elvégezve kiszámítja a levélfelület indexet (Gyeviki 2011).

Minden fa esetében öt mérést végeztünk. Először közvetlen napfényben, majd négyszer a fa koronájának árnyékában. A korona árnyékában készült mérések minden esetben a korona sor irányával párhuzamosan, majd merőlegesen, és a szög felezőivel egy irányba tartva készült mérési adat. A készülék érzékelőjének felezőpontját minden esetben a törzshöz illesztettük. A korona alatt mért átlagokból, és a közvetlen napfényen mért értékekből, a készülék kiszámította a levélfelület-index értékét. Minden vizsgálatban szereplő fa LAI értékét mértük, amelyeket kezelésenként átlagoltunk. Az így kapott adatokból és a koronavetület-terület adatából összes levélfelületet számoltunk a kezelésben szereplő egyedek értékeinek átlagában.

#### **3.4.2. Talaj mintavétel**

Talajmintát mindkét alkalommal vettünk az adott fason. Első esetben a „Vízör” kijuttatása előtt mintavétel 15-20 cm mélyen történt minden ötödik fa esetében egy erre a célra kialakított mintavételező rúddal. Az itt begyűjtött mintákat kevertük, majd laboratóriumi körülmények között petri csészékbe helyeztük a talajmintákat 5-5 ismétléssel. Minden esetben 20 grammnyi talajmintát helyeztünk el a csészékbe, majd ezeket szárítószekrényben a súlyállandóig szárítottuk. Ezután lemértük az így keletkezett talaj tömegét, majd az így kapott különbségből megkaptuk a talaj víztartalmának tömegét. A második esetben „Vízör” kijuttatása után a mérések minden második fa esetében megtörténtek, 5-5 mintavétellel, az ez utáni mérések az első alkalommal megegyezően történtek ügyelve a kezelések közötti különbségtételre.

2022.-ben a méréseket ugyanígy végeztük el a talajmintákkal.

#### **3.4.3 Az LCI készülék működésének bemutatása**

A kísérlet során fotoszintetikus aktivitással kapcsolatos méréseket az LCI készülékkel mértük. A készülék vállra illetve derékra csatolható központi egységből, egy csipeszből, egy, a külső levegő felvételére szolgáló kihajtható rúdból, és ezek összekötésére szolgáló vezetékekből, csövekből áll (5. ábra). Cserélhető akkumulátora

10 órás üzemidőt tesz lehetővé. A csipesz fejegysége különböző méréseknek megfelelően cserélhető (BioScientific Ltd, 2004).



5. ábra: LCi készülék (Saját fotó, 2021. 09. 02.)

Az eszköz használata során a vizsgálandó növényi részt, (esetünkben a levél) a készülék mérőkamrájába helyezzük, majd megvárjuk, hogy a kamrában a levél által megváltozott levegő paramétereit megmérje. Ez egy-két percet vesz igénybe. A kezelési útmutató ajánlása szerint a szén-dioxid érték stabilizálódásakor lehet rögzíteni az adatokat. Mivel a készülék nyílt rendszerű műszer, így az adatok azonnal kiszámolásra kerülnek, később sem kell tartani a minták sérüléseitől.

A mérés során az eszköz infravörös gáz analizátorral méri a heteroatomos molekulák ( $H_2O$ ,  $NO$ ,  $CO_2$ ) jelenlétét. A felsorolt gázok koncentrációján kívül, a légnomást, a hőmérsékletet és a fotoszintetikusan aktív sugárzást is méri. Ezekből az adatokból a készülék számára kiszámíthatóvá válik a fotoszintetikus és transzspirációs ráta, a sztómakonduktancia is. A készülék összesen 35 paraméter mérésére képes (BioScientific Ltd, 2004).

A mért paramétereiből a következőket használtuk fel:

- "A" Fotoszintetikus aktivitás (mely  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{-g}/\text{m}^2$ )
- "E" Vízgőz kibocsátás fotoszintézis során (milimol)

A két mérésből megkapható a fák vízhasznosítási együtthatója mely: A:E képlettel számolhatóak ki. A vízhasznosítási együttható megmutatja, hogy egységnyi víz felhasználásával mennyi szén-dioxidot tud az adott növény előállítani, tehát egyfajta teljesítménymutató. Számos kulturában használják ezt az értéket, amely a növény állapotának egy adott pillanatában fejezi ki a vízfelhasználás és a termény (esetünkben szén-dioxid megkötés) közötti összefüggést (Chaves and Zarrouk 2012).

Sajnos 2022 tavaszán a fent ismertetett eszköz tönkrement, így a mérések megkezdése előtt a Dísnövénytermesztési és Dendrológiai tanszék egy új eszközt szerzett be. A második mérésnél a CI-340 kézi fotoszintézis mérő rendszert használtuk, mely egy hordozható, egykezes eszköz. Méri a fotoszintézist, a transzspirációt, a sztómák vezetőképességét a PAR-t és a belső CO<sub>2</sub>-t. Minden olyan paramétert ugyanazon módon mér, mint a korábbi eszköz, és az értékeket is azonos mértékegységben jeleníti meg.



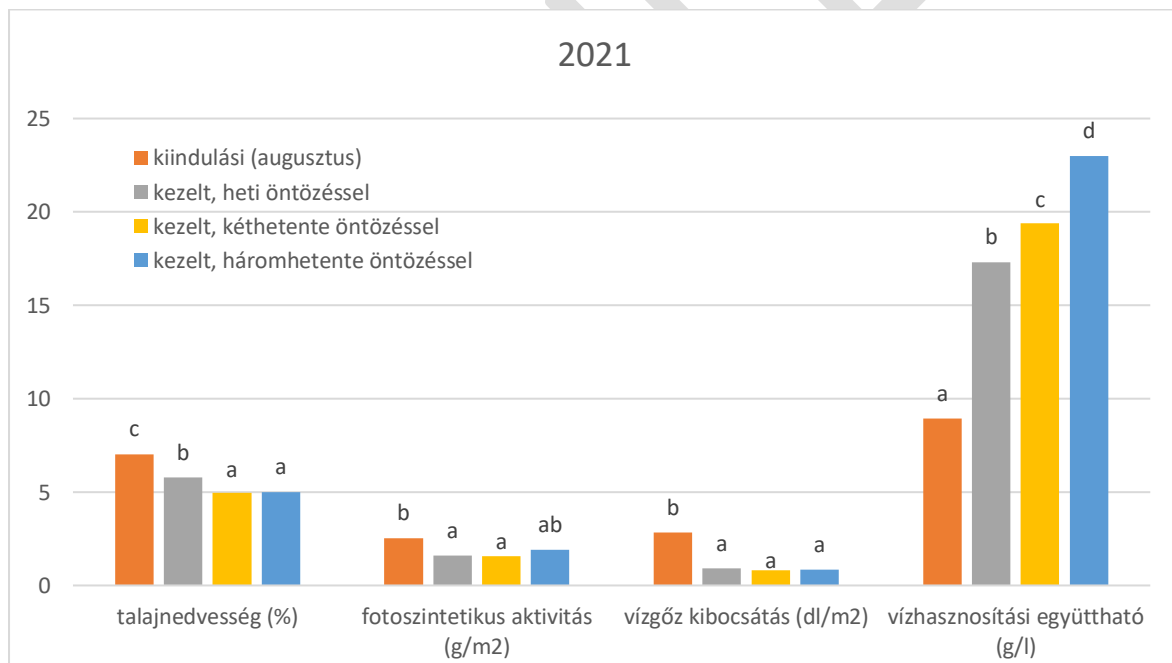
6.ábra: CI-340 készülék (Saját fotó)

## 4. Eredmények

### 4.1. A 2021-es mérések eredményei

A 2021-es őszi mérési eredményeket az alábbi diagram (7.ábra) alapján fogom ismertetni. Az ábrán a kiszámolt talajnedvesség értékek átlagát látjuk kezelésenként, valamint a fotoszintetikus aktivitás, vízpára kibocsátás és ez utóbbi kettőből számolt vízhasznosítási együttható értékeinek átlagát.

A mérési adatokat lefuttattuk egy statisztikai programmal (IBM SPSS) is a pontosabb eltérések feltárásának érdekében. Egytényezős ANOVA-val hasonlítottuk össze az adatokat minden esetben, ahol faktornak megadtuk a kezelési kódokat a talajnedvességet, majd a fotoszintetikus aktivitást majd a vízgőz kibocsátást stb. pedig független változónak. Az oszlopokon (7.ábra) található számadatok melletti betűk a statisztikai eltéréseket jelentik a mért adatok között. A betűk mássága azt jelenti, hogy a mért adatok statisztikailag eltérnek egymástól. Ahol a betűk azonosak egy csoporton belül ott nem mutatott statisztikailag különbséget a program. Ahol viszont két betű található egy oszlopon ott mindkét csoportba beletartozik statisztikailag az adatsor. A legkisebb adat kapja mindig az „a” betűt és attól való eltérésben haladunk előre az „abc’ szerint.



7. ábra: A 2021-es mérések eredményei

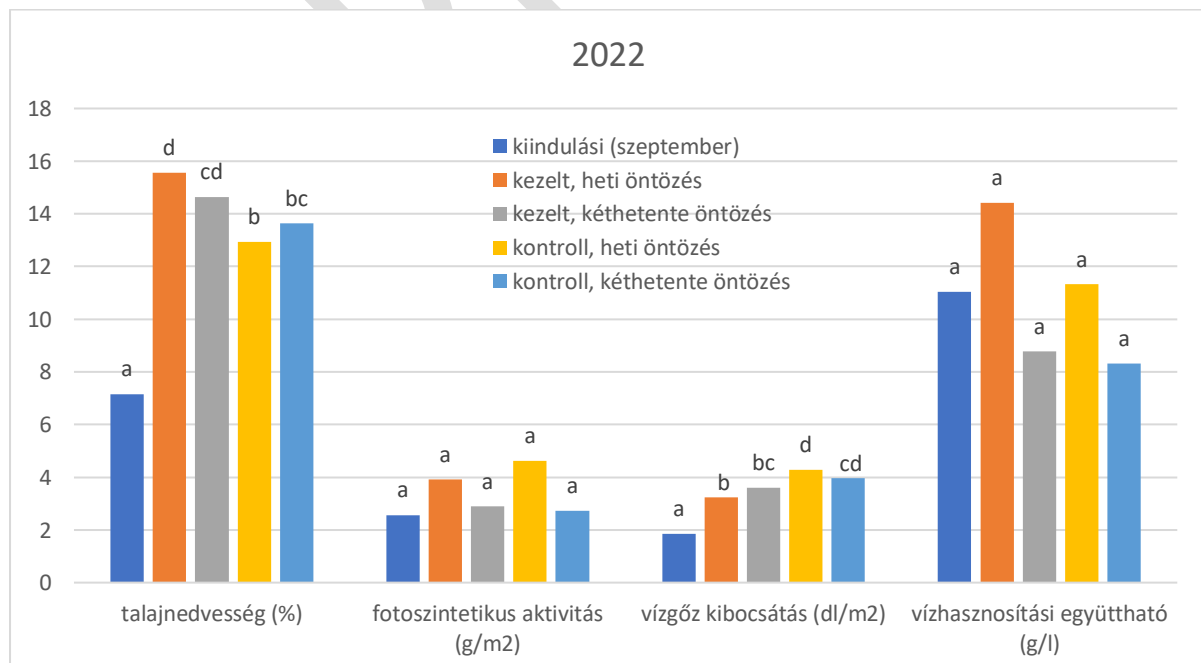
Az első mérést 2021. augusztus 2.-án végeztük. Itt előzetesen fotoszintetikus aktivitást, vízgőz kibocsátást (LCi készülékkel), valamint talajmintát vettünk kézi talajfúróval a talaj felső 15 cm-éből. 2021. augusztus 3.-án kezeltük a kijelölt fákat, majd a fent leírt öntözési módok alapján 2021. szeptember 20.-án újra elvégeztük ugyanezeket a méréseket.

A kezelt, háromhetente öntözött fáknál magasabb értékeket kaptunk a szén-dioxid megkötésben (1,92 g/m<sup>2</sup>) és a vízhasznosításban (23 g/l). A talajnedvesség azonban a kezelt, heti öntözésnél volt mindnél magasabb (5,78 %). A kiindulási mérés a fotoszintetikus aktivitás (2,54 g/m<sup>2</sup>) és a vízgőz kibocsátás (2,83 dl/m<sup>2</sup>) szempontjából magasabb volt, a már kezelt fákhöz képest. Az itt kapott különbségek azzal magyarázhatóak, hogy a második mérési időpontkor (2021. szeptember 20.) a növények aktivitása az előző hónaphoz képest csökkent. A talajnedvesség is különbséget mutat a kiindulási és a kezelt növényekhez képest. Az OMSZ csapadék adatok (3. ábra) alapján az augusztus csapadékosabb hónap volt. A kezelt, kéthetente és háromhetente öntözés nem mutat számottevő különbséget a talajnedvesség (4,95 % valamint 5,01 %), a fotoszintetikus aktivitás (1,58 g/m<sup>2</sup>, valamint 1,92 g/m<sup>2</sup>) és a vízgőz kibocsátás (0,81 és 0,84 dl/m<sup>2</sup>) szempontjából sem.

A vízhasznosítási együttható értékeinél szignifikáns eltérést mutattunk ki a kiindulási adatok és a kezelések adatai között (7. ábra), annak ellenére, hogy a fotoszintetikus aktivitás és a vízpára kibocsátás adatai ellenkező tendenciát adtak. A kezelt csoportok az öntözés rendszeressége és a vízhasznosítás között fordított arányosságot mutatnak. Tehát a gyakrabban öntözött csoportok alacsonyabb vízhasznosítást mutattak, mint a kéthetente öntözöttek és a háromhetente öntözöttek.

#### 4.2. A 2022-es mérések eredményei

A 2022-es mérési eredményeket szintén egy diagram (8. ábra) alapján fogom ismertetni. Jelen esetben is ugyanazokat a paramétereket mértük, azonban ebben az évben módosítottunk a kezelés csoportjain, hogy legyen kezelt és kezeletlen csoportoknál heti és kétheti öntözésű csoportunk.



8.ábra: 2022-es mérések eredményei okt.3



A 2022-es évben a kiindulási méréseket szeptemberben végeztük. A kezelést követően a visszamérést 2022. október 3.-án végeztük el. Az előző évi mérésekhez képest itt már 4 csoportot különböztethetünk meg. Kezelt, hetente és kéthetente öntözés, valamint kontroll, azaz kezeletlen heti és kétheti öntözés. A talajnedvesség a kiindulási mérésnél jóval alacsonyabb, mint a második mérésnél, itt szintén az OMSZ csapadékatok (4.ábra) szerint szeptemberben kétszer annyi eső esett, mint augusztusban. A kezelt heti öntözés (15,57 %) és a kontroll heti öntözés (12,94 %) közötti talajnedvesség szempontjából szignifikáns eltérés látható a kezelt fák javára. Ugyanígy a kétheti kezelt (14,64 %) és kezeletlen (13,63 %) között is fellelhető az eltérés, bár ez utóbbinál inkább tendencia jelleggel.

A fotoszintetikus aktivitás a hetente öntözött fáknál volt a legmagasabb mind a kontroll (4,63g/m<sup>2</sup>), mind a kezelt fák (3,92 g/m<sup>2</sup>) szempontjából. A kéthetente öntözött fáknál a kezelt (2,89 g/m<sup>2</sup>) és a kontroll fák (2,73 g/m<sup>2</sup>) között sem tudunk szignifikáns különbséget kimutatni, noha a heti és a kéthetes öntözések között arányaiban nagyobb a fotoszintetikus aktivitás (8. ábra).

A vízgőz kibocsátásnál a kezelt hársak kevesebbet párologtattak (heti öntözés mellett 3,24 dl/m<sup>2</sup>, kétheti öntözésnél 3,60 dl/m<sup>2</sup>), mint a kezeletlen fák (4,27 dl/m<sup>2</sup>, valamint 3,96 dl/m<sup>2</sup>). Itt a kiindulási mérésnél volt a legkevesebb a párologtatás mértéke (ennek oka a mérések megkezdése előtti aszályos időszak).

A vízhasznosítási együttható a kezelt, hetente öntözött fáknál volt a legmagasabb (14,42 g/l), majd a kontroll, hetente öntözés (11,32 g/l) követte. A „kezelt, kéthetente” (8,78 g/l) és a „kontroll, kéthetente” (8,32 g/l) öntözött fáknál a különbség nem számottevő, de valamelyest látható. Az adatok szórása miatt a kezelések vízhasznosítást befolyásoló hatását statisztikailag nem tudjuk kimutatni, de a kezelés hatása igazán a vízhasznosítási együtthatónál válik láthatóvá. A kezelés hatására a heti öntözés mellett egységnyi vízmennyiség felhasználása mellett megnövekedett a megkötött szén-dioxid mennyisége (14,42 g/l), ugyanakkor az is látható a 8. ábrán, hogy a szintén hetente öntözött kontroll csoport értékei is nagyobbak (11,32 g/l), mint a kezelt (8,78 g/l) és a kezeletlen (8,32 g/l), de kéthetente öntözött csoport fájánál. Ennél a tényezőnél a fák öntözési időszakai jobban befolyásolták az eredményeket, mint a kijuttatott talajkondicionáló készítmény.

A két mérési év adatait összehasonlítva láthatjuk (7. és 8. ábra), hogy a kezelések összességükben más módokon hatottak a fákra. 2021-ben, amikor a méréseket megelőzően volt csapadékos az időjárás (3. ábra) a talajnedvesség alacsonyabb értéket adott a kezeléseknél (4,95-5,78 % között), mint a kiindulási adat (7,02 %). Ezzel szemben a második évben, amikor a teljes nyári időszak során nem esett csapadék (4. ábra), és a fák csak az öntözésből jutottak vízhez, majd a szeptemberi csapadék mellett a talajkondicionáló szer megnövelte a talaj nedvességtartalmát. A fákon vizsgált tényezők is ehhez hasonló évek közötti eltéréseket mutattak az időjárás alakulása szerint.

### 4.3 Faméreték

Az alábbiakban a 2021 őszi mérés és a 2022 őszi mérés dendrometriai eredményeit mutatom be. A 2021 augusztus 2.-án végzett mérésnél 27 mérés állt rendelkezésünkre az adatok átlagolásához. A 2022. évi méréseknél 40 fa adatait vettük fel.

2. táblázat: 2021 őszi fakataszteri mérési eredmények átlagai

<b>Faméreték</b>	
<b>Famagasság (m)</b>	6
<b>Törzsmagasság (m)</b>	2,2
<b>Átlagos koronaátmérő (m)</b>	1,9
<b>Koronamagasság (m)</b>	3,8
<b>Koronatérfogát (m<sup>3</sup>)</b>	8,1
<b>Koronavetület-terület (m<sup>2</sup>)</b>	2,8
<b>LAI</b>	3,41
<b>Összes levélfelület (m<sup>2</sup>)</b>	9,7

3. táblázat: 2022 őszi fakataszteri mérési eredmények átlagai

<b>Faméreték</b>	
<b>Famagasság (m)</b>	5,2
<b>Törzsmagasság (m)</b>	2,1
<b>Átlagos koronaátmérő (m)</b>	2,2
<b>Koronamagasság (m)</b>	3,1
<b>Koronatérfogát (m<sup>3</sup>)</b>	8,8
<b>Koronavetület-terület (m<sup>2</sup>)</b>	3,8
<b>LAI</b>	2,34
<b>Összes levélfelület (m<sup>2</sup>)</b>	8,9

Ami szembetűnő a két táblázat között, hogy a 2022-es évre a famagasság, ebből adódóan a koronamagasság lecsökkent. A LAI értéke is csökkent, amelynek oka elsősorban a kevés mennyiségű víz volt. A 2022-es év nyarán tapasztalt súlyos aszály az öntözések ellenére csúcscsáradást okoztak a fiatal telepítésű fákon. A törzsmagasság kis mértékű csökkenése abból adódhatott, hogy a lombzat kitakarta az első vágásokat, így kissé alacsonyabb értékeket rögzítettünk. Ugyanakkor a korona átmérője kis mértékben (1,9 m és 2,2 m) növekedett,

amely a koronavetület területet is növelte, valamint a korona sűrűségének növekedését jelzi, hogy a korona térfogata is növekedett egy év alatt ( $8,1 \text{ m}^3$  és  $8,8 \text{ m}^3$ ).

A korona térfogatának növekedése ellenére a LAI értéke a mérések második évében alacsonyabb volt, és ez jelentősen befolyásolta az összes lombfelületet. A levélfelület mértéke erősen függ a vegetációs időszak során tapasztalt időjárástól, elsősorban a csapadék mennyiségétől (lásd 3. és 4. ábra). A vegetációs időszak korai szakaszában a levelek egyedi felületét, és ezzel a LAI értékét, valamint az összes levélfelületet is megnöveli a csapadékosabb időjárás. Az augusztusi időszakra a levelek felületének növekedése leéri a csúcspontot, ezt követően a LAI érték csökkenni szokott, mivel kis mértékben, de elkezdődik az őszi lombhullás. Ha a vegetációs időszak elején kevés a csapadék, mint ahogy 2022-ben is tapasztaltuk, a levelek egyedi mérete, a LAI értéke, és ezekkel együtt az összes levélfelület is kevesebb lesz, attól függetlenül, hogy a korona kiterjedése növekedett. Ez jól látszik a 2. és 3. táblázat adataiból, hogy a megnövekedett lombkorona térfogat ellenére a második, aszályos évben a levélfelület index és az összes levélfelület is csökkent.

## 5. Következtetések és javaslatok

A 2021. és a 2022. évben a talaj nedvességtartalmát az adott szer eltérően befolyásolta a felső 15 cm talajban. 2021-ben, amikor a kísérlet előtti időszakban hullott több csapadék, a szer nem tudta kifejteni a hatását. 2022-ben az aszályos nyári időszakot követően, épp a kísérleti időszakban jelentősen megnőtt a csapadék mennyisége, az öntözés és a talajkondicionáló készítmény használata mellett a talaj víztartalma jelentősen megnövekedett. Az öntözés gyakoriságának megfelelően a szer javította a talaj víztartalmát a kezeletlen csoportokéhoz képest is, így megállapíthatjuk, hogy a készítmény megfelelő körülmények között ki tudja fejteni a hatását. A körülményekhez szükséges a rendszeres öntözés, és a talajban már jelenlévő vízmennyiség minél magasabb értéke. Ennek következtében javasolt lehet, hogy a kezelt terület alapos beöntözését követően juttassuk ki a talajkondicionáló szert, ahogy a gyártó is javasolja (VízŐr hivatalos honlapja).

A 2021. kiindulási méréseknél látható a talajnedvesség esetében, hogy magasabb a többi méréshez képest. Ez a csapadék mennyiségével magyarázható (3. ábra). Ebben az esetben a fotoszintetikus aktivitás és a vízgőz kibocsátás viszont csökkent a kiindulási mérésekhez képest, ami magyarázható a mérés időpontjával, tehát a fák már kevésbé voltak aktívak az előző mérési hónaphoz képest.

Az első vizsgálati évben a szer hatását nem tudtuk kimutatni. Ez abból adódhatott, hogy a szert – forgalmazó utasításainak megfelelően – oldat formájában juttatták ki, és az alsóbb rétegekbe behatolva fejtette ki vízmegtartó hatását. Erre a tapasztalatra alapozva a későbbiekben érdemes gépi mintavétellel talajmintát venni, hogy az alsóbb rétegekben 20-30 cm mélyen lévő mintákat elemezhessünk ki.

Ugyanakkor a növényeken mért fiziológiai paraméterek jeleztek változást a 2021. őszi méréseknél, azonban ez magyarázható az öntözések gyakoriságával (egy-, két- illetve háromhetente) is. Mind a fotoszintetikus aktivitásuk, mind a vízpára kibocsátásuk is kevesebb volt a kiinduló adatokhoz képest, azonban ezek inkább az évszakok változásának és az ezzel járó fiziológiai folyamatoknak a hatása, mint a készítményé, így megállapíthatjuk, hogy az első vizsgálati évben a szer hatását pusztán a fákön mért fotoszintézishez kötődő tényezők alapján nem tudtuk volna igazolni. Azonban a vízhasznosítási együttható jól mutatja, hogy a kevesebb vizet jobb hatásfokkal tudták felhasználni a kezelést kapott fák, mint a kiinduláskor vett érték. Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a kezelés időpontjának megválasztásához a továbbiakban javasoljuk, ne évszakváltáshoz közeli időszakot válasszunk, mert a fiziológiai folyamatok változása befolyással lehet a kapott eredményekre. Ugyanígy alkalmasabb lenne az öntözés mellett olyan időszakot találni, amely egyenletesebb csapadékeloszlást nyújt a vizsgálat tartamára.

A 2022-es méréseknél csúcshártya lépett fel a hársaknál, feltételezhetően emiatt lett kisebb a famagasság, a koronamagasság. A LAI értékének csökkenésére is nagy hatással van a korábbi időszak (a vegetáció kezdeti kihajtás és csapadékeloszlás mértéke). A levelek felületének növekedése a kihajtás kezdetén gyorsan növekszik, majd a nyár közepére lelassul, és augusztus elejére eléri az adott vegetációs időszakra jellemző értéket (Hrotkó et al. 2014). Ezek alapján a második évben a száraz időszak miatt a levelek mennyisége (LAI) a

koronán belül kevesebb volt, annak ellenére, hogy a korona térfogata, az ezüsthárs növekedési üteméhez igazodva, növekedett.

A 2022. évben vett talajmintáknál látható minimális eltérés a kezelt és a kezeletlen fák esetében, azonban ez nem számottevő különbség, szemben a kiindulás során vett mintával, amely fele mennyiségű víztartalmat mutat a talajban. Ennek oka abból adódhatott, hogy a kezeléseket követő, lezáró mérések előtt esett az eső. A kezelések között tapasztaltak alapján elmondhatjuk, hogy az öntözésből és a csapadékból adódó bőségesebb vízellátás során a talajkondicionáló szer kimutathatóan növelte a talaj nedvességét. Itt kezelés és a heti öntözés kombinációja javasolható a későbbiek során, és itt a kétheti öntözés jobban tartotta a vízmennyiséget a talajban, mint a kezelés nélküli csoportok. Ezt a hatást további években célszerű volna megismételni, mert a vizsgálat során hullott csapadék a szer hatásának egyértelmű eredményeit valószínűleg befolyásolta.

A fotoszintetikus aktivitás esetében a kezelt, hetente öntözött és a kontroll, hetente öntözött fáknál a kontroll jobban teljesített, de itt nem tudtuk igazolni a statisztikai eltérést a két csoport között. Ennek okának tisztázásához további kísérletek beállítása javasolt. A kezelt, kéthetente öntözött és a kontroll, kéthetente öntözött esetében is ugyanez a helyzet lépett fel, tehát a szer nem befolyásolta a fotoszintetikus aktivitást. Eredményeink alapján azt is megállapíthatjuk, hogy a vízpára kibocsátásánál elsősorban a vizsgálat közben hullott csapadék mennyisége növelte meg ezt az értéket, a kijuttatott szer és az öntözés gyakorisága legfeljebb tendenciájában mutatott pozitív hatást a fák vízháztartására 2022-ben.

A vízhasznosítási együttható ebben az esetben a kezelt, heti rendszerességgel öntözött egyedek esetében volt a legmagasabb, ugyanakkor a kezeletlen, hetente öntözött fák is kiugró számokat mutattak. Ebben az esetben feltételezhetően az öntözés gyakorisága volt a mérvadó magyarázat a különbségekre. Ezt támasztja alá az is, hogy a kezelt és kezeletlen, de csak kéthetente öntözött csoportok vízhasznosítása alacsonyabb. Ennek oka lehet a vízellátottság eltéréséből adódó különbség (Chaves and Zarrouk, 2012).

Eredményeink és következtetéseink alátámasztására további kísérleteket javasolunk, hogy az időjárási hatásokat, az évjárathatást ki tudjuk küszöbölni, és a szer hatására több vizsgálati tapasztalatot nyerjünk. Továbbá az is javasolható, hogy legyen egy abszolút kontroll csoport, ahol sem kezelést, sem öntözést nem kapnak a fák.

## 6. Összefoglalás

A városi környezetben a fák jelentős részének kedvezőtlen életfeltételei vannak, ezért napjainkban egyre nagyobb hangsúlyt kap a környezetterhelés és az ezzel együtt járó klímaváltozás kutatása. Az időjárás változásra jellemző, hogy több hónapnyi csapadékszegény időszakok alakulnak ki, amelyek leginkább a nyári hónapokban jelentkeznek. A városi fák életterére jellemző, hogy kevés helyük van, nemcsak lombkoronájukban, hanem a gyökérzónában is. Különösen nagy gondot okoznak az idős és fiatal fáknál a vízhiányos nyári időszakok. A fenntartók folyamatosan öntözik a fiatal telepítéseket, de előfordul, hogy ezek sem elegendőek. A víz kijuttatása jelentős feladatot ró a fenntartókra. Ugyanakkor az életterük csökken, és életfeltételeik biztosítására egyre nagyobb hangsúlyt kell fektetni.

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszékének a Budapesti Közművek Főkert Divíziójával való együttműködésben a Vízőr® talajkondicionáló szert vizsgáltuk. A projekt célja, hogy a Vízőr® organikus talajkondicionáló készítmény hatását műszeres mérésekkel igazoljuk, amely 30-50%-kal kevesebb öntözési költséget ígér a vízvisszatartó képességének köszönhetően. Budapesten a Kerepesi úton a Főkert Divízió negyven ezüst hárssal való kísérletezést tett lehetővé számomra, mely során fakataszteri, fotoszintetikus és talajméréseket hajthattam végre a kezelt és kezeletlen fákon.

A városi fák ökológiai szolgáltatásai jelentősek. A fotoszintézis során oxigént termelnek, és szén-dioxidot kötnek meg, emellett árnyékot adnak, növelik a környezetük páratartalmát, így javítva a környezetük mikroklimáját. A városokban jelentkező erős zajok és rezgések ellen is nyújtanak némi védelmet. Esztétikai, az emberi egészségre gyakorolt hatásuk is egyre nagyobb hangsúlyt kap.

Budapesten a Kerepesi úton jelöltünk ki ezüst hárss "Szeleste" fajtájából álló, fiatal fasorból 40 példányt a kísérleteink elvégzéséhez. Két egymást követő évben kezeltük a fák talaját VízŐr talajkondicionáló készítménnyel a fás kultúrában alkalmazott töménységben, a gyártó ajánlása alapján. A vizsgálat során a kiindulási adatokat és a kezelést követő adatokat az alábbi paraméterekről vettük fel: talajnedvesség tartalom, fotoszintetikus aktivitás, vízpára kibocsátás, vízhasznosítási együttható. Ezekon túl mindkét évben megmértük a fák méreteit (famagasság, törzsmagasság, koronaterfogat, összes levélfelület, LAI).

A 2021. és a 2022. évben a talaj nedvességtartalmát az adott szer eltérően befolyásolta a felső 15 cm talajban. 2021-ben, amikor a kísérlet előtti időszakban hullott több csapadék, a szer nem tudta kifejteni a hatását. 2022-ben az aszályos nyári időszakot követően, épp a kísérleti időszakban jelentősen megnőtt a csapadék mennyisége, az öntözés és a talajkondicionáló készítmény használata mellett a talaj víztartalma jelentősen megnövekedett. Az öntözés gyakoriságának megfelelően a szer javította a talaj víztartalmát a kezeletlen csoportokéhoz képest is, így megállapíthatjuk, hogy a készítmény megfelelő körülmények között ki tudja fejteni a hatását. A körülményekhez szükséges a rendszeres öntözés, és a talajban már jelenlévő vízmennyiség minél magasabb értéke. Ennek következtében javasolt lehet, hogy a kezelt terület alapos beöntözését követően juttassuk ki a talajkondicionáló szert, ahogy a gyártó is javasolja (VízŐr hivatalos honlapja).

A 2021. kiindulási méréseknél látható a talajnedvesség esetében, hogy magasabb a többi méréshez képest. Ez a csapadék mennyiségével magyarázható (3. ábra). Ebben az esetben a fotoszintetikus aktivitás és a vízgőz kibocsátás viszont csökkent a kiindulási mérésekhez képest, ami magyarázható a mérés időpontjával, tehát a fák már kevésbé voltak aktívak az előző mérési hónapokhoz képest. Az első vizsgálati évben a szer hatását nem tudtuk kimutatni. Ez abból adódhatott, hogy a szer – forgalmazó utasításainak megfelelően – oldat formájában juttatták ki, és az alsóbb rétegekbe behatolva fejtette ki vízmegtartó hatását. Erre a tapasztalatra alapozva a későbbiekben érdemes gépi mintavétellel talajmintát venni, hogy az alsóbb rétegekben 20-30 cm mélyen lévő mintákat elemezhessünk ki. Ugyanakkor a növényeken mért fiziológiai paraméterek jeleztek változást a 2021. őszi méréseknél, azonban ez magyarázható az öntözések gyakoriságával (egy-, két- illetve háromhetente) is. Mind a fotoszintetikus aktivitásuk, mind a vízpára kibocsátásuk is kevesebb volt a kiinduló adatokhoz képest, azonban ezek inkább az évszakok változásának és az ezzel járó fiziológiai folyamatoknak a hatása, mint a készítményé, így megállapíthatjuk, hogy az első vizsgálati évben a szer hatását pusztán a fákon mért fotoszintézishez kötődő tényezők alapján nem tudtuk volna igazolni. Azonban a vízhasznosítási együttható jól mutatja, hogy a kevesebb vizet jobb hatásfokkal tudták felhasználni a kezelést kapott fák, mint a kiinduláskor vett érték. Így arra a következtetésre jutottunk, hogy a kezelés időpontjának megválasztásához a továbbiakban javasoljuk, ne évszakváltáshoz közeli időszakot válasszunk, mert a fiziológiai folyamatok változása befolyással lehet a kapott eredményekre. Ugyanígy alkalmasabb lenne az öntözés mellett olyan időszakot találni, amely egyenletesebb csapadékeloszlást nyújt a vizsgálat tartamára.

A 2022-es méréseknél csúcscsáradás lépett fel a hársaknál, feltételezhetően emiatt lett kisebb a famagasság, a koronamagasság. A LAI értékének csökkenésére is nagy hatással van a korábbi időszak (a vegetáció kezdeti kihajtás és csapadékeloszlás mértéke). A levelek felületének növekedése a kihajtás kezdetén gyorsan növekszik, majd a nyár közepére lelassul, és augusztus elejére eléri az adott vegetációs időszakra jellemző értéket (Hrotkó et al. 2014). Ezek alapján a második évben a száraz időszak miatt a levelek mennyisége (LAI) a koronán belül kevesebb volt, annak ellenére, hogy a korona térfogata, az ezüsthárs növekedési üteméhez igazodva, növekedett.

A 2022. évben vett talajmintáknál látható minimális eltérés a kezelt és a kezeletlen fák esetében, azonban ez nem számottevő különbség, szemben a kiindulás során vett mintával, amely fele mennyiségű víztartalmat mutat a talajban. Ennek oka abból adódhatott, hogy a kezeléseket követő, lezáró mérések előtt esett az eső. A kezelésekek között tapasztaltak alapján elmondhatjuk, hogy az öntözésből és a csapadékból adódó bőségesebb vízellátás során a talajkondicionáló szer kimutathatóan növelte a talaj nedvességét. Itt kezelés és a heti öntözés kombinációja javasolható a későbbiek során, és itt a kétheti öntözés jobban tartotta a vízmennyiséget a talajban, mint a kezelés nélküli csoportok. Ezt a hatást további években célszerű volna megismételni, mert a vizsgálat során hullott csapadék a szer hatásának egyértelmű eredményeit valószínűleg befolyásolta.

A fotoszintetikus aktivitás esetében a kezelt, hetente öntözött és a kontroll, hetente öntözött fáknál a kontroll jobban teljesített, de itt nem tudtuk igazolni a statisztikai eltérést a két csoport között. Ennek okának tisztázásához további kísérletek beállítása javasolt. A kezelt, kéthetente öntözött és a kontroll, kéthetente öntözött

esetében is ugyanez a helyzet lépett fel, tehát a szer nem befolyásolta a fotoszintetikus aktivitást. Eredményeink alapján azt is megállapíthatjuk, hogy a vízpára kibocsátásánál elsősorban a vizsgálat közben hullott csapadék mennyisége növelte meg ezt az értéket, a kijuttatott szer és az öntözés gyakorisága legfeljebb tendenciájában mutatott pozitív hatást a fák vízháztartására 2022-ben. A vízhasznosítási együttható ebben az esetben a kezelt, heti rendszerességgel öntözött egyedek esetében volt a legmagasabb, ugyanakkor a kezeletlen, hetente öntözött fák is kiugró számokat mutattak. Ebben az esetben feltételezhetően az öntözés gyakorisága volt a mérvadó magyarázat a különbségekre. Ezt támasztja alá az is, hogy a kezelt és kezeletlen, de csak kéthetente öntözött csoportok vízhasznosítása alacsonyabb. Ennek oka lehet a vízellátottság eltéréséből adódó különbség (Chaves and Zarrouk, 2012). Eredményeink és következtetéseink alátámasztására további kísérleteket javasolunk, hogy az időjárási hatásokat, az évjárathatást ki tudjuk küszöbölni, és a szer hatására több vizsgálati tapasztalatot nyerjünk. Továbbá az is javasolható, hogy legyen egy abszolút kontroll csoport, ahol sem kezelést, sem öntözést nem kapnak a fák.



## 7. Irodalomjegyzék

1. Aerts, R., Honnay, O., and Van Nieuwenhuysse, A. (2018). *Biodiversity and human health: mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces*. British Medical Bulletin. doi:10.1093/bmb/ldy021
2. Bargués Tobella, A., Reese, H., Almaw, A., Bayala, J., Malmer, A., Laudon, H., & Ilstedt, U. (2014). *The effect of trees on preferential flow and soil infiltrability in an agroforestry parkland in semiarid Burkina Faso*. *Water Resources Research*, 50(4), 3342–3354. doi:10.1002/2013wr015197
3. BIOSCIENTIFIC LTD. 2004. LCi manual.
4. Borlea, G.F., (2015). *Tilia sp. - Urban Trees for Future*. *Not Bot Horti Agrobo* 43, 259–264.
5. Braun, M., Margitai, Z., Toth, A. and Leermakers, M., 2007, Environmental monitoring using linden tree leaves as natural traps of atmospheric deposition: a pilot study in Transilvania, Romania, *AGD Landscape & Environment*, 1 (1), 24-35
6. Chaves M.M and Zarrouk O. 2012. Crop Responses to Available Soil Water. in Murchie and Reynolds (ed.) Reference Work Entry.
7. Coder, K. D. 2000. Crown Shape Factors and Volumes. Tree Biomechanics Series. University of Georgia. Warnell School of Forest Resources. [www.forestry.uga.edu/warnell/service/library](http://www.forestry.uga.edu/warnell/service/library) in pdf.
8. Csányi K, Farsang A, Mártonné Szalay E. 2017, Ülepedő porok nehézfém-tartalmának és mágneses szuszceptibilitásának hársfa levelek segítségével Szegeden. In: Interdiszciplináris Tájékozott kutatás a XXI. században, A VII. Magyar Tájökológiai Konferencia Tanulmányai. 2017.05.25-27 p. 81.
9. Dahlhausen, J., Rötzer, T., Biber, P., Uhl, E., & Pretzsch, H. (2017). *Urban climate modifies tree growth in Berlin*. *International Journal of Biometeorology*, 62(5), 795–808. doi:10.1007/s00484-017-1481-3
10. Day, S. D., and Amateis, R. L. (2011). Predicting canopy and trunk cross-sectional area of silver linden (*Tilia tomentosa*) in confined planting cutouts. *Urban Forestry & Urban Greening*, 10 (4), 317-322
11. Garab Gy. (2018) Élet a fényből. Fotoszintézis: Molekuláris folyamatok -Globális hatások In: Magyar tudomány 179(2018)8, pp.1119-1131
12. Gyevíki M. 2011. Cseresznye oltványok produktívitásának egyes tényezői. Doktori (Phd) értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem. Kertészettudományi Doktori Iskola pp. 30-31
13. Han, D. H.S., W.D., L.C., (2020) A review on particulate matter removal capacity by urban forests at different scales. in *Urban Forestry & Urban Greening* 48:126565 pp. 2
14. Hrotkó K, Steiner M., Forrai M., Tóth Gy.E., Vértessy M., Leelőssy Á., Kardos L., Sütöriné Diószegi M., Magyar L. és Mészáros R. 2014. Investigation on Environmental Benefits of Urban Trees az Corvinus University of Budapest. *Plants in Urban Areas and Landscape*. Slovak University of Agriculture in Nitra. p. 24-27.

15. Hunkár M. (1988). A klímaváltozás hatása a mezőgazdasági növények élettani folyamataira. In: Az éghajlatváltozás és következményei, Meteorológiai Tudományos Napok '97, OMSZ, Budapest 173-179.
16. Huzsvai L., Rajkai K., Szász G., 2004. Az agroökológia modellezéstechnikája. Debrecen. Debreceni Egyetem
17. Jones, R. E., Davis, K. L., & Bradford, J. (2012). The Value of Trees. *Environment and Behavior*, 45(5), 650–676.
18. Kardan, O., Gozdya, P., Misic, B., Moola, F., Palmer, L. J., Paus, T., and Berman, M. G. (2015). Neighborhood greenspace and health in a large urban center. *Scientific Reports*, 5(1).  
Doi:10.1038/srep11610
19. Lengyel Sz. 2009. Alanyok hatása cseresznyefák növekedésére, levélfelületére és terméshozamára. Szakdolgozat, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar
20. Lukács Z. 2020, Közterületi sorfák jegyzéke 2020, Magyar Díszkertészek Szövetsége
21. Mártonffy M. (2018) Városi fák és közművek kapcsolata, Tervezési útmutató, (Budapest) Zöldinfrastruktúra füzetek 4. p. 18
22. Monteith, J. L (1995). A reinterpretation of stomatal responses to humidity. In: *Plant, Cell and Environment* 18, 357-364
23. Nowak, D. J., & Crane, D. E. (2002). *Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environmental Pollution*, 116(3), 381–389. doi:10.1016/s0269-7491(01)00214-
24. Nowak, D. J., Crane, D. E., and Stevens, J. C. (2006) Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), 115–123. doi:10.1016/j.ufug.2006.01.007
25. Pethő M. (2016). A növényélettan alapjai (Digitális kiadás.) Budapest: Akadémiai Kiadó.
26. Próbáld F. (2014) The urban climate of Budapest: past, present and future in *Hungarian Geographical Bulletin* 63 (1) (2014) 69-79
27. Radó D. 2001. A növényzet szerepe a környezetvédelemben, Budapest. Zöld Érdek Alapítvány és Levegő Munkacsoport pp. 97-100
28. Richter P. 2009. A levélfelületi index mérése és modellezése. Budapest. Eötvös Loránd Tudományegyetem.
29. Samara, T. and Tsitsoni, T. 2011. The effects of vegetation on reducing traffic noise from city ring road. *Journal of Noise Control Eng.* DOI:10.3397/1.3528970.
30. Samson, R., Grote, R. Calfapietra, C., Carinanos, P. Fares, S., Paoletti, E., & Tiwary, A. (2017). Urban Trees and Their Relation to air Pollution. *The Urban Forest, Future city* 7. 21-30
31. Sarkadi L, 2007, Biokémia mérnök szemmel, Budapest, Typotex kiadó, pp. 172-184
32. Schmidt, G., Tóth, I. 2006. Kertészeti dendrológia. [Horticultural Dendrology (in Hungarian)] Mezőgazda Kiadó, Budapest.
33. Soltani A. and Sharifi E. 2017 Daily variation of urban heat island effect and its correlations to urban greenery: A case study of Adelaide. *Frontiers of Architectural Research* 6:529-538.

34. Ţenche-Constantinescu, A.M., Chira, D., Madoş, E., Hernea, C., Ţenche-Constantinescu, R.-V., Lalescu, D.,
35. Tóth I. 2012. Lomlevelű diszfák és diszcserjék kézikönyve. Dunaharaszti. Tarkavirág Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. pp 648-655.
36. Unger J. (2010) A városi hősziget-jelenség néhány aspektusa, MTA Doktori Értekezés, Szeged, pp. 24-25
37. Vass I. (2010). Megújuló fotoszintetikus energiatermelés napfényből és vízből -Elvi Lehetőség vagy gyakorlati realitás? In: Magyar tudomány 2010/11 p. 1346
38. Willis, K.J. and Petrokofsky, G. 2017. The natural capital of city trees. Science. 356(6336):374-376. doi:10.1126/science.aam9724
39. Wunderlich L. és Szarka A., 2014, A biokémia alapjai, Budapest, Műszaki és Gazdaságtudományi egyetem pp.124-129
40. Zhang, Ch and Sander, H.A. 2015. Quantifying and Mapping the Supply of and Demand for Carbon Storage and Sequestration Service from Urban Trees. PloS ONE 10(8): e0136392. doi: 10.1371/journal.pone.136392.
41. <https://cid-inc.com/plant-science-tools/photosynthesis-measurement-plants/ci-340-handheld-photosynthesis-system/>
42. <https://vizor.co.hu/rolunk>

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Papp Illés  
A Hallgató Neptun kódja: G84EYD  
A dolgozat címe: Vízmegkötő anyag hatásai *Tilia tomentosa* 'Szeleste' fasor fáira  
Budapesten  
A megjelenés éve: 2023  
A konzulens tanszék neve: Dísznövénytermesztési és Dendrológiai tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023. év április hó 26. nap

Papp Illés

Hallgató aláírása

## KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

**Papp Illés** (hallgató Neptun azonosítója: **G84EYD**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2023. április 27.

Dr. Szabó Viktória

Belső konzulens

PAP