

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

KERTÉSZETTUDOMÁNYI KAR

BUDAPEST

TDK Dolgozat

Adatok magyar és külföldi hársfajták összehasonlító értékeléséhez

Tóth Endre György

Készült a Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszéken

Tanszéki konzulensek: Dr. Hrotkó Károly

Sütöriné dr. Diószegi Magdolna

Budapest, 2011. november 14.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	4
1.1. Bevezetés	4
1.2. Célkitűzés	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. A városi fák és a városfásítás jelentősége	5
2.2. A fasorok érő városi ártalmak	7
2.3. A <i>Tilia</i> nemzetség bemutatása	9
2.3.1. A <i>Tilia</i> nemzetség képviselőinek általános növényteni ismertetése	9
2.3.2. A legjelentősebb <i>Tilia</i> fajok jellemzése	12
2.4. A Magyarországon napjainkban leggyakrabban alkalmazott <i>Tilia</i> fajok és fajták	13
2.5. A <i>Tilia</i> taxonok leggyakoribb kórokozói és kártevői	14
2.6. A növényi fotoszintézis folyamata	17
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	20
3.1. Fajta-összehasonlító kísérleti <i>Tilia</i> fasor telepítése	20
3.2. A vizsgálatok helyszíne	20
3.3. A vizsgált <i>Tilia</i> taxonok bemutatása	22
3.4. A kísérletben használt műszerek és eszközök bemutatása	26
3.5. A kísérleti hársfasoron 2009-2011. során végzett mérések	28
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	31
4.1. A törzskörméret-gyarapodás mérése	31
4.2. A rügyfakadás-dinamika megfigyelése	33
4.3. A virágzás-dinamika megfigyelése	34
4.4. A termésfejlődés megfigyelése	35
4.5. A termésmennyiség becslése	36
4.6. A lombszínűződés megfigyelése	36

4.7. A fotoszintetikus aktivitás mérése LCI készüléssel.....	37
5. KÖVETKEZTETÉSEK	41
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	43
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	45
8. FELHASZNÁLT IRODALOM	46
9. MELLÉKLETEK	49

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

1.1. Bevezetés

Napjainkban a környezetszennyezés fokozódik, különösen a nagyvárosokban. A szennyező anyagok károsítják szervezetünket, de ezen kívül az utcákra, parkokba kiültetett növényeket is. Az útsorfák kénytelenek a legnagyobb szennyeződést, környezeti stresszt elviselni.

A fákat érő ártalmak, abiotikus és biotikus stresszhatások kutatása, illetve az útsorfák növényfiziológiai, morfológiai, fenológiai sajátosságainak megfigyelése, műszeres mérése alapvetően fontos feladat. E vizsgálatok céljából a BCE KETK Dísnövénytermesztési és Dendrológia Tanszéke, valamint a BCE Kísérleti Üzemének és Tangazdaságának munkatársai Soroksáron 2009 decembere elején több taxon felhasználásával *Tilia*-fasort telepítettek a Kísérleti Üzem és Tangazdaság területén.

Azért választottuk ezt a nemzetséget, mert a legfontosabb utcasorfaink egy része a hársak közül kerül ki. Emellett a hársak a hazai flórában őshonos növényei is előfordulnak. A nemzetség fontosságát az is kihangsúlyozza, hogy az első fákként kerültek a kertekbe, melyeket nem hasznukért, hanem díszükért és illatos virágukért telepítettek (Schmidt és Tóth, 2006). A telepítési célok között a fajták összehasonlító vizsgálata és értékelése elsődleges fontosságú, különös tekintettel várostűrő, stressztűrő képességükre.

Az üzem területe kiváló feltételeket biztosít az egyes *Tilia* taxonok összehasonlításához. A területre szabálytalan csapadékeloszlás, intenzív besugárzás, valamint heterogén talajok jellemzők. A leginkább laza szerkezetű homoktalajok rossz vízmegtartó képességgel rendelkeznek. Ezek a feltételek lehetővé teszik a stressztűrési-szemponturnál vizsgálatokat.

1.2. Célkitűzés

A telepítést követően célunk, hogy az egyes fajtákra vonatkozóan minél több összehasonlító adatot gyűjtsünk, mind morfológiai, fenológiai, mind pedig növényfiziológiai vonatkozásban. Ennek érdekében már a telepítést követően mérjük a törzskörméret gyarapodását, illetve fenológiai megfigyeléseket végzünk. A vizsgálatok kiterjednek a rügyfakadásra, virágzásra, termésfejlődésre, a termés mennyiség vizsgálatára, valamint a lombszínéződésre. A fenológiai mérések mellett műszeres vizsgálatokat is folytatunk a fotoszintetikus aktivitás paramétereinek meghatározására és a levélfelületi index megállapítására. A fotoszintetikus aktivitás vizsgálata során mérjük a *Tilia*-taxonok transpirációs rátáját, a nettó CO₂ asszimilációs rátát, valamint a sztómákonduktanciát, emellett mérjük a levélfelszíni-hőmérsékletet, valamint fotoszintetikusan aktív besugárzást.

A vizsgálatok elvégzésével célunk egy későbbi, mélyebb kutatás megalapozása, adatok gyűjtése és a fajták jobb felhasználásának tekintetében azok tanulmányozása. Célunk továbbá, hogy megtaláljuk a magyar környezeti feltételekhez legjobban alkalmazható fajtákat és azokat stressztűrési szempontjából értékeljük. Ehhez nélkülözhetetlen a fent említett fenológiai és élettani vizsgálatok elvégzése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A városi fák és a városfásítás jelentősége

„A korszerű város elképzelhetetlen kellő nagyságú, minőségű, elrendezésű zöldfelület nélkül, melyek védelme és ápolása az emberi környezet egyensúlyának fenntartásához szükséges” (Perényi, 1976)

Nagyvárosi zöldfelületeink jelentősége az urbanizáció folyamatos növekedésével párhuzamosan nő. A korábbi természetközeli, falusi életmódnak nem volt velejárója a környezeti stressz, mely a városlakókra és a városi zöldkörnyezetre is egyaránt kihat. A városok kialakulása egyre több hátrányos, részben környezeti, részben életmódbeli változást hozott, amelynek ellensúlyozásra már a kezdetekben is jelentős zöldfelületekre volt szükség.

A jelen kor városaiban a technikai fejlődés és a motorizáció folyamatosan fokozódó veszélyforrásokat teremt, melyek kompenzálása csak tudatosan tervezett és fenntartott zöldfelületekkel lehetséges. Hazánkban ugyanúgy, mint más országok városaiban, a zöldfelületek rendszert alkotnak. Ez a rendszer három típusra bontató:

-A *gyűrűs zöldfelületi rendszer* a város központját alkotó városmagot egymásra párhuzamos gyűrűvel fogja közre. A gyűrűk között elhelyezkedő lakó- és ipari területeket fogják közre.

-A *sugaras rendszerben* a városközpontból kiindulva, a jelentősebb sugárutak mentén nagy felületű, esetenként egyre szélesedő zöldfelületek tagolják a teret.

-A *szigetes rendszerben* egymástól független szigeteket alkotó zöldfelületi foltok vannak.

A gyakorlatban ezek a rendszerek önmagukban ritkán fordulnak elő, megjelenésük leginkább egymás kombinációjában lehetséges (Kíác és Szendrői, 1980). Az ilyen módon jelenlévő zöldfelületek, nemcsak meghatározzák a városi élet feltételeit, de korunk fő problémájára, a környezetvédelemre is megoldást adhatnak. Az iparosodás és az ipar fejlődésének velejárója a városiasodás és a centralizáció. Míg 1920-ban a népesség 19,4 %-a lakott városokban, 1970-re 38,4 %-ra növekedett a városi lakosok száma. A város, mint mesterséges környezet, a zöldfelületeit is tudatosan hozza létre, részben a környezeti ártalmak kompenzálására, részben pedig az alapvető funkcionális igények, pl.: pihenés, testedzés, pszichikai és szellemi igények kielégítésére (Kíác et al., 1978).

A városi zöldfelületek fái jelentős esztétikai hatással rendelkeznek. Behozzák a természetet a művi környezetbe. Zöld színük nyugalmat áraszt, emellett megtörik az épített környezet egyhangúságát. A fák e mellett árnyékot adnak és kedvező hatást gyakorolnak kedélyállapotunkra.

Emellett a fák önmagukban is jelentősen befolyásolják a helyi mikroklímát és élhetőbbé teszik a környezetet, a fák alkotta zöldfelületek bizonyítottan befolyásolják a városok klimatikus adottságait. A fák az asszimiláció során felhasználják az emberi környezetre káros széndioxidot és helyette oxigént lélegeznek ki. Az asszimiláció során a fák párologtatásukkal hűtik a környezetet. Egy facsoport átlagosan 6-8 Celsius fokkal is

csökkentheti az adott mikroklíma hőmérsékletét. A fák asszimilációja során keletkező produktum ráadásul a fa korával folyamatosan növekszik. A fotoszintetizáció során a növény párologtat is, ez a felszabaduló víz szintén jelentős hatást gyakorol a mikroklímára. A levegő páratartalma a fás területeken legalább 5-6%-al magasabb, mint a paragon álló területeken (Szaller, 2010).

A fák e mellett *árnyékoló hatásukkal* is javítják a klímát. A fák árnyékoló képessége függ a lombzat színétől. A sötétebb lombú, nagyobb levélzetű fajok nagyobb albedóval (visszavert fény) rendelkeznek, ezek áttetszősége és adszorpciós képessége alacsonyabb (Ormos, 1967).

A fák az áramló *levegő sebességét* is jelentősen befolyásolják. A városi tagoltság a szél sebességét jelentősen befolyásolja, ez mérhetően a belvárosokban 25-30 %-al csökken, egyes részeken a szélcsendes napok száma 5-20 %-al nő. A széliránnyal azonos utak szélcsatornaként funkcionálnak, azonban a fákkal szegélyezett részeken, a járdákon a légmozgás 25-30 %-al csökken az út közepéhez viszonyítva (Radó, 2001). A városi környezetben uralkodó *vertikális légáramlatok* is jelentősen változnak. A növényi transpiráció hatására lehűlt levegő helyet cserél a járdafelület felforrósodott könnyebb levegőjével, így kiszorítja azt. Az így létrejövő hőmérséklet csökkenés akár 4-6 Celsius fokkal alacsonyabb a zöldfelület nélküli területeknél (Radó, 1981).

A fák kiemelkedő szerepet játszanak a szilárd szennyezőanyag megkötésében is. A legjelentősebb szilárd szennyezőanyag a *por*. A por a járművek kerekének és utak felületének súrlódása következtében kerül a levegőbe, vagy a légáramlatok hatására emelkedik fel a talajfelszínről. A levegőbe került szálló por a légutakba kerülve az ember számára igen káros. A károsító hatás függ a porszemcsék mennyiségétől, a poros levegőben tartózkodás idejétől és a szervezet alkalmazkodó-, védekező- képességétől. A szálló por megkötésében a városi fák jelentős szereppel bírnak, képesek a levegőben lévő por 70 %-nak lombfelületen történő megkötésére (1-2. ábra). A fák átlagosan 1 lombköbméteren 4,5 kg port képesek megkötni, amely éves szinten 1 hektár zárt faterület esetén 30-60 tonna (Radó, 1981).



1-2. ábra: A lombfelületre kiüledő por a Bajza utcában (Fotó: Saját felvétel, 2010)

A szilárd szennyeződés mellett egyre jelentősebb problémává válik a *zaj* és károsító hatásainak fokozódása. Legjelentősebb forrásai az ipari tevékenységek és a közlekedés, valamint a szolgáltatások. A zaj zavaró a munkavégzésre, kimeríti és fárasztja az embert. Az erős zaj a szervezet fontos szabályozóközpontjait

támadja. Ennek oka a hallószerv csekély adaptációs képessége. A Nehézipari Műszaki Egyetem Ipargazdaságtani Tanszéke a Főkert Nonprofit Zrt. megbízásából méréseket végzett Budapest különböző pontjain, az úttest szélén és a fasor védett oldalán meghatározott távolságokban. A meghatározott értékek alapján kiderült, hogy a különböző pontokon mért eredmények 8-12 dB-el alacsonyabb zajszintet mutattak ki 2000 Hz frekvencia középértéken. A fák a hangrezgéseket felveszik és tompítva továbbítják azt, emellett a szél állandó mozgatásának hatására a levelek összeverődve állandó zajszintet képeznek, ami viszont olyan természetes zaj, amely megnyugtatja az embert.

A városi fák nemcsak földfeletti részeikkel, hanem gyökérzetükkel is jelentősen befolyásolják a városi környezetet. A fák gyökérzetüknek köszönhetően meggátolják a rezgések továbbterjedését a házakra (Radó, 1981).

A városfásítás környezetre gyakorolt hatásaiból arra lehet következtetni, hogy a zöldkörnyezet mindennapokra gyakorolt hatása szükségszerű a jelenkori urbanizálódó társadalomban. Továbbá pihentető, megnyugtató hatása sem számokkal, sem képletekkel nem fejezhető ki és mindenképpen nélkülözhetetlenek a városi környezetben (Radó, 1981).

2.2. A fasorok érő városi ártalmak

A nagyvárosok épületrengetegére jellemző a nagyfokú beépítettség, szennyezett levegő, valamint számos olyan emberi tényező, melyek a természetes környezetben nem vagy csak ritkán tapasztalhatók. A városok fasorait, fáit számos káros környezeti hatás éri a teljesen megváltozott ökológiai körülmények között. Ezek előfordulása miatt a fák rendszeres stresszhatásoknak vannak kitéve, melyek gyakran azok pusztulásához vezetnek (Kovács, 1985). A fák városi környezetének ártalmai külön-külön, de egymással kölcsönhatásban is károsak. Az ilyen ártalmakat csoportosítva megkülönböztethetünk biotikus és abiotikus stressz faktorokat.

Az élő, azaz **biotikus stresszorok** ugyanúgy előfordulnak a városi környezetben, mint a természetes környezetben. A városi környezet azonban gyakran ismételt fajok-fajták előfordulását jelenti, mely lehetővé teszi egyes korokozók, kártevők felszaporodását. Az ilyen módon felszaporodott károsítóknak sem az erősen korlátozott kémiai védekezés, sem a biológiai ellenségek nem tudnak gátat szabni. A természetes ellenségek hiánya miatt gyakran a biológiai egyensúly sem tud kialakulni. További gondot okoznak a gyomnövények, illetve a parazita életmódot folytató növények (Szaller, 2010).

A városi környezetben ható **abiotikus stresszfaktorok** közül elsőként említendő a városi környezetet meghatározó hőmérséklet. A felmelegedést, a városokba érkező sugárzást a növényekkel ellentétben az épületek elnyelik, így azok felmelegednek, a meleget az épületek az éjszaka során visszasugározzák. A felmelegedéshez a városi szennyezett levegőréteg is hozzájárul. Hatása az üvegházhatáshoz hasonló, a napsugarakat a város feletti légkupola átengedi, de a hosszú hullámhosszú hősugarakat visszatartja, visszasugározza (Schmidt, 2003).

A megváltozott hőháztartás következtében a városi területek mindig melegebbek a lakott területeken kívüli részeknél. Budapesten a belső területek 1-1,5 °C-al melegebbek, mint a periféria. Egyes szélsőséges esetekben ez a különbség akár 5-7 °C is lehet (Kovács, 1985).

A városokban további probléma a csapadék gyors lefolyása. Ezáltal rendszeres vízhiány lép fel és a párolgás is csökken. A növényeknek egy liter víz elpárologtatásához $25,12 \times 10^3$ J (600kcal) hő szükséges, azonban a gyors csapadékvesztés következtében a hőelvonás kisebb a növényzet nélküli területeken. A forró napok során mesterséges sivatagi klíma alakul ki, amit a növények többsége igen rosszul visel (Kovács, 1985).

A városi légszennyezés következtében a növények enzimgazdagsága felborul, klorofill pusztulás következik be, mely kihat a fotoszintézis napi menetére, amely erősen befolyásolja a biomassza-termelést (Szaller, 2010). A légszennyezés okozója a füstköd, amely a fent említett hőháztartást is befolyásolja. A foto- vagy Los Angeles típusú szmog redukáló (kén-dioxid) vagy oxidáló (ózon, nitrogén oxid) lehet, illetve a kétféle szennyeződés együttes hatására keletkezik. A városban a szennyező anyagok koncentrációja többszörös (például: 10-15x, kén-dioxid: 20-200x, szén-monoxid: 5-200x), mint a szennyezés mentes területeken (Kovács, 1985).

A fák károsító jelentős tényező az utak téli sózása is. Az utakat télen tiszta konyhasóval (NaCl) vagy homokkal kevert konyhasóval szórják síkosságmentesítés céljából, amely meghatározott része oldat formájában visszakerül a növény gyökérzónájába. A Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Karának jogelőde, a Kertészeti Egyetem vizsgálatai szerint a fák károsodását a klorid-ion nagy töménysége okozza. Emellett a nátrium-ion felhalmozódása is károsít. A növényben felhalmozott káros anyagok levélperzselést okoznak. A levélperzselést kiváltó klorid-ion mennyiség a levél szárazanyagtartalmának 0,5-1,8 %-a esetén következik be. A nátrium-ion a tápanyagok felvehetőségét befolyásolja, nagy töménységben gátolja azt (Radó, 1981). A zöldfelületek fáit a sózás károsító hatása különböző mértékben befolyásolja. A sekélyebb gyökérzetű fajoknál nagyobb károsító hatás éri, mert a talaj felső rétegének sókoncentrációja nagyobb. A növények különösen érzékenyek a kihajtás időszakában. Sózásra nagy érzékenységet mutatnak a fiatal fák is, ezeket teljes talajcserével, célszerű telepíteni, az ültető gödör mérete legalább 1 köbméteres legyen. A téli síkosságmentesítés károsító hatása csökkenthető:

- CaCl₂, MgCl₂, KCl, NH₄NO₃ használatával,

- Kevesebb sómennyiség alkalmazásával,

- A fák általános kondíciójának javításával (rendszeres beöntözéssel, műtrágyázással) (Schmidt, 2003).

A technika fejlődésével a fosszilis energiahordozók kiváltására használatos gáz ugyancsak károsító tényezőként van jelen a városi környezetben. A gázszivárgás a beszűkült térben élő fák lassú halálát okozza. A vezetékeket gyakran közvetlenül a fák törvénél helyezik el. A földgáz talajba szivárgásakor a következő folyamat játszódik le: a metángáz (80% CH₄) a metán-oxidáló baktériumok révén széndioxid (CO₂) és vízzé (H₂O) alakul, mialatt a talaj oxigéntartalma elhasználandó. A talaj széndioxidban dúsul, oxigénben elszegényedik. Az oxigénszegény

környezet a fák rövid időn belüli, akár hetek alatti pusztulásához vezet. A károsítás akkor jelentkezik, ha a növények számára kedvező oxigén-széndioxid aránya (16% O₂, 3% CO₂) felborul, a CO₂ aránya megnő (Radó, 1981).

A talajtömörödés sokszor okoz problémát a városi zöldfelületeken. Kiváltó tényezője az intenzív gyalogosforgalom és a gépjárművek indokolatlan parkolása, valamint az aszfaltozás. A talaj szerkezetének tömörödése során a levegőüregek összenyomódnak és megakadályozzák a talaj szellőzését, valamint a talaj szerkezeti károsodásának következtében vízhiány léphet fel. A tömörödés során a fa gyökerei és a talajlakó mikroorganizmusok sem jutnak elég levegőhöz és tápanyaghoz, ez a folyamat végül a növényzet pusztulásához vezethet (Radó, 1981).

A városok jellemző talajproblémája a tápanyaghiány és a talajban felhalmozódó szennyezőanyagok. A talajban felhalmozódó szennyezőanyagok, leginkább a levegőből kiülepedő szennyeződések. Ezek a közlekedés során kerülnek a talajba és a forgalom nagyságával arányosan növekszik a koncentrációja. Leginkább az utak menti 50-100 méteres sáv szennyeződik el (Terbe et al., 2011). A tápanyaghiány a feltöltött városi talajokban jelentkezik leginkább, itt a tápanyag-utánpótlás rendszertelen és a meglévő tápanyagkészlet is viszonylag gyorsan kimerül. 5-8 éves fák esetében már jelentkezhetnek a tápanyaghiány jellemző tünetei. Az alapvető makroelemek hiánya mellett jellemző a vas és a magnézium hiánya is. A tápanyaghiány gátolja a fák növekedését, a növényi hajtások beérését, valamint a fák szerkezetének gyengülését eredményezi (Szaller, 2010). Az iparral, közlekedéssel és élelmiszer felhasználással együtt jár a hulladékképződés, amely hatására egyes elemek túlsúlyba kerülnek a városi talajokban. Ezeknek a szennyező anyagoknak a felhalmozódása igen káros. Az ilyen talajok öntisztulásra képtelenek. A leggyakoribb anyagok a kén, bór (széntüzelés következtében) az olaj, a konyhasó, valamint egyes nehézfémek, mint például az arzén, réz, nikkel, kobalt, cink, ezüst, ólom, higany, mangán, kadmium, vagy a vas és az alumínium. Ezek a mikro- és makroelemek a táplálékláncba beépülve az emberre is károsan hatnak (Kovács, 1985).

2.3. A *Tilia* nemzetség bemutatása

Munkám során különféle *Tilia* taxonokkal foglalkoztam, ezért a következőkben részletesebben áttekintem a nemzetségre, illetve a vizsgált fajokra, fajtákra vonatkozó legfontosabb rendszertani, morfológiai és növényföldrajzi ismereteket.

2.3.1. A *Tilia* nemzetség képviselőinek általános növénytani ismertetése

A *Tilia* nemzetség rendszertani besorolása

Törzs: Zárwatermők (*Magnoliophyta*)

Osztály: Kétszikűek (*Magnoliopsida*)

Rend: Mályvavirágúak (*Malvales*)

Család: Mályvafélék (*Malvaceae*)

Alcsalád: Hársfaformák (*Tilioideae*)

Nemzetség: Hársfák (*Tilia*) (Udvardy, 2008)

A *Malvaceae* család jellemzése

A családba tartozó mintegy 400 növényfaj nagy része a trópusi területekről, részben a mérsékelt éghajlati övből származik. Nagyjából fás-, ritkábban lágy szárú növények vagy félcserjék. Egyszerű leveleik két sorban állón váltakozók, épek vagy karéjosak, levelekkel (Soó, 1965; Terpó, 1987).

A *Tilia* nemzetség bemutatása

A *Tilia* nemzetség tagjait korábban a *Tiliaceae* család-hoz sorolták (Udvardy, 2000), azonban a szakirodalomban 1999-től a *Malvaceae* családba, azon belül a *Tilioideae* alcsaládba sorolják a DNS alapú taxonómiai vizsgálatok alapján (Berry, 2011).

A *Tilia* nemzetség tagjait fűrészszélű, váltakozó állású, szív alakú levelek jellemzik, ősze lombosodnak sárgára színeződik (Tóth, 1969). Kétivarú aktinomorfa, kicsi, sárgás vagy zöldesfehér és többnyire illatos virágaik bogernyőben állnak, rendszerint nyáron nyílnak. A csésze és a pártalevél öttagú, viszont előfordulhat 5 mellékpárta is. Virágképletük: $\text{♀♂ } \overline{K}_{5-4} \overline{C}_{5-4} \overline{A}_{\infty-10} \overline{G}_{(5-1)}$ (Udvardy, 2008). A bogernyők levélhónaljból hajtanak ki. A bimbók a virágban csavarodottak. Rovarok által porzódnak, viszont a trópusokon előfordulhatnak madarakkal porzódó fajok is. A virágzati tengelyre egy hártás, nyelvyszerű repítő murvalevél nőtt, amely a termések szél által történő terjesztését segíti elő (Udvardy, 2008). Egy vagy kétmagvú, fásodó makktermésűek, illetve a termést fel nem nyíló egy magvú makkocskának tekintik (Terpó, 1987; Tóth, 1969; Borhidi, 1998). A magházuk dimér, 5 rekeszű, benne az öt magkezdeményből rendszerint csak egy fejlődik ki (Terpó, 1987).

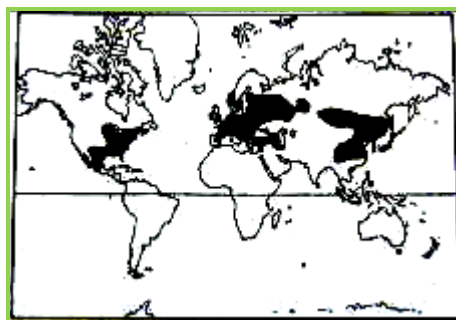
A *Tilia* fajok igen értékes zöldterületi, faipari, méhlegelő és teanövények (Kárpáti, 1968). Több fajuk értékes rostonövény, kérgük kötőzöhanácsot szolgáltat, virágzatuk és kérgük gyógyhatású anyagokat tartalmaz (Borhidi, 1998).

A *Tilia* fajok földrajzi elterjedése

A nemzetség fejlődési centruma a Délkelet- Himalájában található. Taxonómiai vizsgálatok alapján a nemzetségbe 25 fajt sorolnak a botanikusok, amelyek közül 17 Kelet-Ázsiában, 6 Európában, valamint Nyugat-Szibériában és 2 faj Észak-Amerikában fordul elő a leggyakrabban (Gencsi és Vancsura, 1992).

A legészakibb tájakon a *Tilia cordata* él, az észak-skandináviai Peninsula-ban az északi szélesség 66,5°-nál, a legdélibb hársélőhely a *Tilia mexicana*-é az északi szélesség 17°-nál Dél-Mexikóban. Kelet-Európában főként a *Tilia cordata* fordul elő (Írországtól és a Pireneusoktól Nyugat-Szibériáig), Közép és Dél-Európában a *Tilia platyphyllos* a legjellemzőbb, mely általában kerüli a sík vidékeket, de a Kárpát-medencében akár 1000 m-ig is megtalálható.

A *Tilia tomentosa* Horvátországban, Erdély nyugati részein, valamint a Maros-Duna részein gyakran megjelenik, azonban a Dinári-hegységtől Moldáviáig, illetve Kis-Ázsia északnyugati részéig megtalálható. A *Tilia x euchlora* pedig Európa nagy részén előfordul, valószínűsíthető, hogy a Krim-félszigetről származik (Fodor, 2005). A *Tilia* fajok földrajzi elterjedését a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: A *Tilia* nemzetség elterjedése (Krüssmann, 1986)

A *Tilia* fajok magyarországi elterjedése

Hazánkban a *Tilia cordata*, *T. platyphyllos* és a *T. tomentosa* képviselői fordulnak elő.

A legnagyobb hársállomány a Magyar-középhegység mészköves területein található. Esetenként előfordulhatnak andezit és gabbro sziklatörmelékeken, köves lejtőkön, meredek sziklaéleken. A montán bükkös régiókban a délies gerincekre szorultak, amely a posztglaciális mogyoró-fázis kevert erdejének a zárt lomberdők által összeszorított maradványának tekinthető. A Dunántúli-középhegységben ritkábban fordulnak elő hársas-kőrises erdők, itt főként hársas törmeléklejtő erdők (*Mercuriali-Tillietum*) jellemzők, amelyek a hársas-kőrises erdők mezofilabb (bükkös elemekkel dúsult) változatának tekinthetők (Hortobágyi és Simon, 1981, Simon, 1992).

A hársas-kőrises sziklaerdők lazán záródó lombkoronaszintjében a vezető szerep a hársaké (*Tilia platyphyllos*, *T. cordata*), a magaskőriseké (*Fraxinus excelsior*), illetve a juharoké (*Acer platanooides*, *A. pseudoplatanus*). A második lombkorona szinten a *Cornus mas* és a *Corylus avellana* is megjelenhet. A cserjeszinten gyakran előfordul a *Spiraea media*. A társulás legkiemelkedőbb lágyszárúja a *Carex brevicollis* *Waldsteinia geoides*, *Scutellaria altissima*, *Hesperis matronalis* subsp. *candida*. Ha a talajban a szerves anyag, illetve a nitrogén is feldúsul, a következő fajok jelennek meg leginkább: *Chelidonium majus*, *Alliaria petiolata*,

Galium aparine, *Smyrniolum perfoliatum*. A hársas-kőrises erdők leggyakrabban olyan termőterületet foglalnak el, ahol a nagyobb szabású fakitermelések azonnali termőhelyleromlást indíthatnak el (Hortobágyi és Simon, 1981).

A Dél-Dunántúlon és a Nyírségben elsősorban a *Tilia argentea* a jellemző. A *Tilia cordata* főként hegyvidéki erdőkben, tölgyesekben fordul elő, az Alföldön viszont nagyon ritka. A középhegységben, valamint a Dunántúl sziklaerdőiben (*Tilio-Fraxinetum*) a leggyakoribb (Soó, 1965).

2.3.2. A legjelentősebb *Tilia* fajok jellemzése

***Tilia tomentosa* MOENCH- Ezüst hárs (syn.: *T. argentea* DESF., *T. alba* AIT.) – ezüst hárs**

35 méter körüli egyenes törzsű fa. Koronája gyakran sátorozó. Szabad állásban, kezdetben kúpos, majd széles tojásdad koronát fejleszt. Ágai hajlamosak a villásodásra. Kérge sokáig sima ezüstös szürke majd később sötétszürke. Hajtásai zöldes vagy zöldes barnák, sűrűn csillagszőrözöttek, szürkén molyhosak. Leveleik kerekdedek vagy szélesen tojásdadok. A levelek csúcsa hirtelen kihegyesedő, széleik szabályosan vagy egyenetlenül fűrészesek. A levelek fonáka a csillagszőröktől ezüstös, az érzugokban szakállszőrök nem találhatóak. A levelek nyele 3-5 cm hosszú. Virágai álnyílóban nyílnak. A virágok szirmai összezáródók, hónaljukban 1-1 mellékszirom található. A magház gömbölyű és szürkésfehéren molyhos. Július elején virágzik. Termése ovális, vastag falú tok, amely szeptemberben érik be (Gencsi és Vancsura, 1992; Tóth, 1969).

***Tilia americana* (syn.: *T. glabra*, *T. nigra*) - fekete hárs**

Hazájában, Észak-Amerikában 20-25 méteres fa. Koronája tojásdad vagy gömbölyded. Fiatal hajtásai kopaszak és zöldes árnyalatúak. Levelei széles tojásdadok, szíves vagy ferdén levágott levélvállúak, kihegyesedő végűek. A levelek széle fűrészes, színük sötétzöld és kopasz, a fonákon, az oldalerek hónaljában szakállszőrök találhatóak. A levelek mérete 10-15 centiméter. A virágok csüngő álnyílóban helyezkednek el. Július végén virágzik. A termések fala vastag, alakjuk gömbölyded és szürkén molyhos, borda nélküli. A faj termése hazánkban késő szeptemberben érik (Gencsi és Vancsura, 1992; Schmidt és Tóth, 2006).

***Tilia platyphyllos* SCOP. (syn.: *T. grandiflora*, *T. officinarum*) - nagylevelű hárs**

30-40 m-re is megnövő, szabályos kúp vagy széles tojásdad alakú fa. Kérge szürke, sokáig sima, idős korban durván repedezett. Fiatal hajtása zöldesbarna vagy vörösesbarna fényes, csúcsi részen vagy a rügyeknél enyhén szőrös. Levelei széles tojásdadok, többé-kevésbé szimmetrikusak, szíves vagy ferdén vágott vállúak. A levelek 7-12 centiméter hosszúak és hegyes végződésűek, a levéllemezek széle fűrészes. Mindkét oldalukon sima fényesek, valamint az érzugokban fehér szakállszőrök. A virágok csüngő bogernyőben nyílnak. A virágtakaró szétterülő, a virágok nagyok. A szirmok kagylószerűen szétterülőek és zöldessárgák. Általában június második

dekádjában virágzik. Termése gömbölyded vagy megnyúlt, a toktermés többé-kevésbé bordás, fala fásodó (Schmidt és Tóth, 2006; Tóth, 1969; Gencsi és Vancsura, 1992).

***Tilia cordata* MILL. (syn.: *T. parvifolia* EHRH., *T. ulmifolia*) Kislevelű hárs**

25-30 métert elérő fa. Jól feltisztuló hengeres törzset nevel. Koronája keskeny vagy kúpos. Ágai elálló az alsó ágak csüngőek. Kérge fiatalon sima és szürkésbarna, idős korban vízszintesen elnyúló paraszemölcsös sötétszürke. Hosszanti hajtásai zezugos növekedésűek. Rügyei kopaszak és zöldessárgák, a napos oldalon vörösesbarnára színeződik. Levelei gyakran ugyanolyan hosszúak, mint szélesek, aszimmetrikusak és szíves vállúak. Kihégyesedő levélcsúcs jellemzi. Levelek felszíne sötétzöld a fonáki oldala kékeszöld, a főerek menti érzugokban rozsdavörös érzugok találhatóak. Virágai álnyílóban nyílnak, sárgásfehér színűek. Hazánkban június végén virágzik. Termései aprók, 5-7 mm hosszúak, gömbös vagy megnyúlt körte alakú tok. A termések vékony falúak és sokáig a fán maradnak. Szeptemberben érnek be (Gencsi és Vancsura, 1992; Schmidt és Tóth, 2006).

2.4. A Magyarországon napjainkban leggyakrabban alkalmazott *Tilia* fajok és fajták

A hársak napjaik legelterjedtebb sor- és parkfái közé tartoznak várostűrűségüknek köszönhetően. Az alábbi összefoglalásban Schmidt és Tóth (1996), Schmidt és mts. (2008) nyomán, valamint az Alsótekeresi Faiskola Kft. 2008-2009. évi árjegyzéke, a Prenor Kertészeti és Parképítő Kft. 200-2012. árjegyzéke, a Tahi Faiskola Kft. 2009-2012. évi árjegyzéke, továbbá a Borostyán Dísznövénytermesztő és Forgalmazó Bt. 2011-2012. évi faiskolai katalógusa, illetve Pirone (1972) munkája alapján bemutatom a hazánkban leggyakrabban kínált, illetve felhasznált hársfélék alkalmazási lehetőségeit.

A *Tilia americana* (amerikai hárs) képviselői nedves, üde tápdús talajt igényelnek, gyökereik mélyre hatolóak, mindezt kevésbé alkalmazhatóak az utak mentén sorfának. Célszerűbb inkább széles zöldsávokba, valamint parkokban kiültetni. Emellett fontos erdészeti faj. Napjainkban leggyakrabban alkalmazott fajtái a 'Nova' és a 'Redmond'.

A *Tilia platyphyllos* (nagylevelű hárs) egyesével vagy csoportosan alkalmazható. Egyes fajtái keskeny koronájuk miatt utcák fásítására is kiválóan alkalmasak, mint például a *Tilia platyphyllos* 'Ági', '-Pallida', '-Favorit'. Házikertbe is javasolhatóak kedvező tulajdonságaik miatt. A kereskedelmi forgalomban-napjainkban kapható további gyakori fajták a *T. platyphyllos* 'Pannónia', '-Rathaus', '-Rubra', '-Tekeres'.

A *Tilia tomentosa* (ezüsthárs) kompakt, tömött ágrendszer miatt kiváló árnyékkadó, parkfaként a legelterjedtebb. A hárs fajok között a legjobban bírja a szárazságot, elviseli a homokos talajok gyors kiszáradását. Az aszályos nyarakon lombja sárgulhat, de ez nem okoz komolyabb károsodást a fában. A legkedveltebb fajták a *T. tomentosa* 'Szeleste', '-Teri', '-Brabant', '-Bori', '-Zentai Ezüst', '-Tekeres'.

A kislevelű hársak (*Tilia cordata*) kiváló útmenti sorfák, ágrendszerük felfelé törő, növekedésük tömött. A gyakran felhasznált fajták a *T. cordata* 'Savaria', -'Greenspire', valamint az -'Erecta'.

Érdemes megemlíteni még a *Tilia x euchlora*-t (krimi hársat) is, amely a legigénytelenebb, legtűrőképesebb hársfélék egyikének tekinthető. A faj a *Tilia cordata* és *dasystyla* hibridje.

2.5. A *Tilia* taxonok leggyakoribb kórokozói és kártevői

A hárs fajokon és fajtákon leggyakrabban előforduló kórokozók a következők:

Hárs levélfoltossága (*Mycosphaerella millegrana*)

A leveleken 3-4 mm átmérőjű feketésbarna kerek vagy ovális foltokat okoz. Kezdetben egynemű barna majd később a foltok közepe világosszürke illetve ezüstösen csillogó lesz. A foltokat barnás-sárga szegély határolja. A foltokban fekete piknidiumok láthatók. Ez idővel a levelek fokozatos sárgulásához majd lehullásához vezet. A védekezésnél a lehullott leveleket kell megsemmisíteni a nyugalmi időszakban. A kémiai védekezésnél általában Cineb, Propineb és Kaptán hatóanyagú szerekkel történik. Az első vegyszeres védekezést az első szíromhullás után kell elvégezni, majd június közepéig kell folytatni (Schmidt et al., 1996).

Hárs gnomóniás betegsége (*Gnomonia tiliae*)

A fertőzéskor 4 mm átmérőjű, először halványsárgás, elmosódott szélű foltok jelentkeznek a leveleken az érközökben, a fonákreszen az erezet megbarnul. A foltok ezután megnagyobbodnak, vörösesbarnára, majd szürkésre színeződnek, és az egész levélre kiterjednek. A foltokat sárga udvar övezi. A fertőzési időszak április közepétől június közepéig tart. Csapadékos időszakban fokozottabb a fertőzési veszély. A levélnyélen és hajtásokon feketés foltok jelennek meg. A fertőzés a levelek idő előtti lehullását okozza. A hajtáskárosodás pedig visszafogja a növekedést. Védekezni a hárs mikoszferellás levélfoltosságához hasonlóan kell, mechanikai eljárással, valamint vegyszeres kezeléssel április közepétől, június közepéig. Megjelenése főként a *Tilia cordata* és a *T. x intermedia* fajokon gyakoribb (Schmidt et al., 1996).

Kéregfekély (*Pyrenochaeta pubescens*)

Főként az ágakon, illetve a törzsön, kezdetben a kéreg kismértékű színváltozása figyelhető meg és a kéreg alatt eleinte sötétbarna, majd szürke, ovális, besüppedő barna foltok jelennek meg, majd a barna foltok mentén a kéreg és a kambium elhal. Ezeken a helyeken a kéreg kirepedezik, és rákos seb keletkezik. A fiatal egy-két éves hajtások gyakran teljesen elpusztulnak. Ezek a nekrotikus foltok, illetve hajtáspusztulás a vegetációs időszak elején, többnyire májusban jelentkeznek. Abban az esetben, ha a foltok szárölelők, akkor a felettük levő rész is elhal. Védekezés: Réztartalmú permetező szerekkel (Schmidt et al., 1996; Folcz, 1990).

A hársakat egyéb, kisebb jelentőségű kórokozók is károsíthatják:

Ilyenek például a **cerkospórás levélfoltosodás** (*Cercospora microsora*) és az (*Asteromella tiliae*). A korhadó, pusztuló hársfákon kórosító gombafajok a **vörösszemölcsös ágszáradás és ágelhalásgomba** (*Nectria cinnabarina*), **hasadtlemező gomba** (*Schizophyllum commune*), a **borostás réteggomba** (*Stereum hirsutum*), a **lilás réteggomba** (*Chondrostereum purpureum*), a **kései laskagomba** (*Pleurotus ostreatus*), a **pisztricgomba** (*Polyporus squamosus*), valamint taplók közül a **bükktapló** (*Fomes fomentarius*), a **vastagkérgű tapló** (*Ganoderma adspersum*) és az **egyszínű egyrétűtapló** (*Cerrena unicolor*), valamint a **gyűrűs tuskógomba** (*Armillaria mellea* s. l.) károsít. Emellett még gyakori a **szenes likacsosgomba** (*Bjerkandera adusta*), az **egyszínű egyrétűtapló** (*Cerrena unicolor*), a **rózsaszínes egyrétűtapló** (*Daedaleopsis confragosa*), a **lila egyrétűtapló** (*Hirschioporus pargamensis*), a **hasadtlemező gomba** (*Schizophyllum commune*), az **őztapló** (*Trametes cervina*), a **púpos egyrétűtapló** (*Trametes gibbosa*), a **lepketapló** (*Trametes versicolor*), valamint a **júdasfüle gomba** (*Auricularia auricula-judae*). Hatásukra az elhalt fa előbb utóbb lebomlik és anyagai visszakerülnek a természetes körforgásba (Szabó, 2010).

A hársak legjelentősebb kártevői a következők:

Hárslevéltetű (*Eucallipterus tiliae*)

Többszörre a levelek fonákán, friss hajtások esetén a rügyeken, a virágokon és a hajtások csúcsán jelennek meg, egyesével vagy tömött kolóniákban. A felnőtt egyedek 1-4 mm nagyságúak is lehetnek. A leveleken szívogatnak, melyek nyomán sárgulás, mélyedések, rendellenes fejlődés és bepöndörödő levelek, valamint növekedési zavarok jelentkezhetnek. Táplálkozás közben a tetvek mézharmatot választanak ki, melyen korompenész telepedhet meg. Az egész tenyészidőszak alatt károsítanak. A levéltetvek tavasszal a zöld hajtások kifejlődése után szoktak megjelenni. Az áttelelő alakok létrehozzák a szárnyas nemzedékeket, melyek feladata a levéltetvek szétterjesztése. A növényeken megtelepedve újabb, már szárnyatlan levéltetű nemzedékek sorát hozzák létre. Az új egyedek telepben élnek, a levelek hátoldalán, és együtt is maradnak. A levéltetvek tavaszi megjelenésüktől őszig élnek és károsítanak a növényeken. A szívogatás okozta kártételen kívül a levéltetvek veszélyes növényi vírusokat is terjesztenek: a vírusfertőzött növény nedvéből kiszívott vírust a következő növénybe tovább viszik és megfertőzik azt.

E kártevők természetes ellenségei például a fátyol atkák (*Chrysopa carnea*), melyekből a levéltetvek kártételének súlyosságától függően 1–20 db alkalmazható növényenként, négyhetente. Ugyancsak biológiai védekezési lehetőséget nyújtanak a gubacsszúnyogok (*Aphidoletes aphidimyza*) és a levéltetűfűrkészek (*Aphidius colemani*).

Inszekticidekkel permetezni pedig még a tetvek felszaporodása előtt célszerű megelőzőképpen, rügyfakadás után. Jellemző előfordulása a *T. cordata*, *T. platyphyllos*, *T. tomentosa* fajokon tapasztalható.

Hársszender (*Smerinthus tiliae*)

Kétnemzedékes, zöld és ferdén csíkos hernyója a lombzatot károsítja. Báb alakban a talajban tel. Védekezés: a hernyók megjelenésekor lombrágó hernyók elleni szerekkel érdemes permetezni (Schmidt et al., 1996).

Hárstakácsatka (*Schizotetranychus tiliarium*, syn.: *Eotetranychus tiliarium*)

Az atkák szívogatása levélbarnulást okoz és ezáltal a lomb idő előtt lehull. A szívásfoltok kezdetben a főér mentén jelennek meg, majd később a sárgulás az egész levélen látható. A levél fonáka pedig porosnak tűnhet (Nagy, 1980). A *Tilia platyphyllos*-on nem okoz jelentős kártételt, a *T. tomentosa* fajt, fajtákat nem károsítja, viszont a *T. cordata* egyedeket tömegesen megtámadja. Védekezés: atkaölő szerekkel (Nagy, 1980, Schmidt et al., 1996).

Hárgubacsatka (*Eriophyes tiliae*)

A leveleken 1-2 mm átmérőjű, szarvszerű képződmények, gubacsok találhatók (4-5. ábra). A gubacsatkák bizonyos fokú szimbiózisban élnek a tápnövénnel, ezért rendszerint nem jelentenek veszélyt a tápnövényre nézve. A fejlődő gubacs teljesen körülveszi a kártevőt, így csak a szomszédos sejtekből táplálkozhat. Az állat számára védelmet nyújt a gubacs, amely a helyváltoztatást megakadályozza. Ez lehetőséget ad a növény számára is, hogy az életműködéshez szükséges szerveit a kártételtől mentesítse (Nagy, 1980). Védekezésre nincs szükség (Schmidt, et al. 1996).



4-5. ábra: A hárgubacsatka kártétele (Fotó: Saját felvétel, 2010)

Hárslevélatka (*Vasates ballei*)

Levélbarnulást és korai lomhullást okoz. A fertőzött levelek deformálódnak, barnulnak, kanalasodnak és kisebbek maradnak. A levelek ráncosodnak és felületükön világos, apró foltok képződnek, az atkakártétel az ízkezők rövidülését és másodrendű hajtásképzést is indukál. Tömeges felszaporodásuk májusban indul meg. Augusztus-szeptember folyamán megkezdődik a telelőhelyre vándorlásuk. A védekezést atkaölő szerekkel már a nyugalmi

időszakban célszerű megkezdeni lemosó permetezéssel. Ezt követően az áttelelt egyedek előjövetele után, majd a nyár folyamán július-augusztusban szükséges lehet még egy permetezés (Schmidt et al., 1996).

Pajzstetvek (*Coccoidea*)

A pajzstetvek szűrő-szívó szájszervükkel átszűrják a szöveteket, és sejtnedvvel táplálkoznak (6-7. ábra). A zöld növényi részeken világos szívásfoltok keletkeznek. A megtámadott növény gyengén fejlődik, nem nő, összeaszalódik, nem virágzik, súlyosabb esetekben el is szárad. A fertőzött részeken a pajzstetvek által kiválasztott, cukorban gazdag "mézharmat"-ra korompenész telepszik. Védekezni pajzstetvek elleni szerekkel lehet ellenük, valamint hormonhatású rovarölő szerekkel. Kitűnő biológiai növényvédő szer a szappanos víz és denaturált szesz oldata. Rövid ideig hatásos, de nem káros a környezetre (Schmidt et al., 1996). Sajnos ez a módszer nagy felületeken, így például városi fasorok, parkok esetében nem valósítható meg.



6-7. ábra: Pajzstetvek tömeges megjelenése (Fotó: Saját felvétel, 2010)

2.6. A növényi fotoszintézis folyamata

Mivel munkám során a hársak fotoszintetikus tevékenységét is tanulmányoztam, röviden bemutatom a folyamat növényélettani hátterét.

A növények fejlődése, növekedése energiaigényes folyamat, ezek szintetikus folyamataihoz szükséges energiát a Nap sugárzó energiájának megkötésével történik. Az energia megkötése és annak felhasználása valamennyi zöld növényi részben megtörténik, amely táplálékkészítő alapszövetet tartalmaz, sensu stricto helye a kloroplasztizsok belső hátyarendszere (Pethő, 1993).

A fotoszintézis az a folyamat, melynek során a növények fényenergia hasznosításával szerves anyagokat állítanak elő. A fotoszintézis a membránban rögzített molekulahalmazok segítségével megy végbe. A folyamat során a jelentős mennyiségű elnyelt fényenergia a víz fotolízisét, a széndioxid szénhidráttá történő szintézisét eredményezi.

A fotoszintézis első lépése a fényszakasz, melynek során végbemegy a NADP redukciója NADPH-vá, az ADP foszforilálása ATP-vé, valamint a víz oxidatív hasítása, mely alatt O_2 képződik. A fotoszintézis második lépése a sötét szakasz, amely során CO_2 asszimilálódik és különböző biomolekulák (pl.: szénhidrátok) jönnek létre (Boross, 1993).

A fényszakasz helyszíne a tilakoid membrán. A beérkező fény hasznosításában a klorofill pigmentek játszanak kulcsfontosságú szerepet. A növényekben összesen ötféle klorofill molekula található meg, melyek közül a legfontosabb a klorofill-a. Magasabb rendű növényekben jelentős még a klorofil-b jelenléte is, azonban ez számos növényből hiányzik anélkül, hogy azok foto szintetizáló képességüket elvesztették volna (Szalai, 1994). A fotoszintézis során a klorofill molekulák halmazokba tömörülnek, ezek a "fotokémiai rendszerek". Ezekben esetenként több száz klorofill molekula és mintegy 50 karotinoid pigment van. Ezek a molekulák a fénysugarak fotonjait elnyelik és ezáltal gerjesztődnek. Az így létrejövő energia-kvantum eljut egy fehérjével összekapcsolt klorofill molekulához, amely ezt kémiai energiává alakítja. Ez a fotokémiai reakciócentrum (Boross, 1993, Farkas, 1978).

A növényekben két-féle fotokémiai rendszer létezik. A PS-I és a PS-II. A PS-I hosszú hullámhosszú fénnel gerjeszthető. Reakciócentrumát P-700 –nak nevezik, mivel fényelnyelésének maximuma 700 nm-nél van. A PS-II több a növényekben általánosan elterjedt klorofil-b –t tartalmaz, elnyelési maximuma 680 nm-nél van, ezt P-680-nak nevezzük. A *PS-I gerjesztése során* egy elektron elhagyja a P-700 reakciócentrumot és a $NADP^+$ -ra kerül. A P-700 reakciócentrumban elektronhiány keletkezik, amelyet a PS-II pótol. Továbbá itt lehetőség nyílik a Mitchell féle kemiozmózis kapcsolás elméletének megfelelően egy ADP molekula ATP-vé foszforilálására.

A *PS-II gerjesztésekor* a P-680 reakciócentrum elektronhiányossá válik. A hiány pótlására a víz szolgáltat elektront. Hogy ne keletkezzenek részlegesen oxidált vízmolekulák és szabad gyökök, két molekuláról négy molekulának kell átjutnia a PS-II rendszerre. Átjutásnak olyan gyorsan kell végbemennie, hogy ne keletkezzenek köztes termékek (Boross, 1993, Láng 2002).

A PS-II és PS-I közötti elektronáramlás során is bekövetkezik egy ATP szintézise ADP-ből és szervetlen foszfátnból. Az ATP szintézise a membránhoz rögzített CF_0CF_1 –ATPáz enzim segítségével megy végbe, alapja a H^+ ion koncentráció különbség, a membrán két oldala között. A rendszer sötétben is képes ATP szintézisére, ha mesterséges proton gradienst alakítanak ki (Bányai, 2001).

A fotofoszforilálás vízbontás nélkül is végbemehet, ez a ciklikus fotofoszforilálás. A jelentősége az, hogy ATP-t szintetizál NADPH képződés nélkül, tehát elegendő NADPH jelenlétében képes energiaigényes folyamatokhoz ATP-t létrehozni.

A sötét szakasz helyszíne a sztróma, itt találhatóak a működésben résztvevő kulcsfontosságú enzimek. Itt történik a széndioxid fixációja és szénhidrát szintre történő redukciója a fényszakaszban termelődött NADPH és ATP segítségével (Boross, 1993).

A Calvin-ciklus a CO_2 molekula és a ribulóz-1,5-biszfoszfát reakciójával kezdődik melynek során egy enzim segítségével két molekula glicerinsav-3-foszfát keletkezik. Ez a fényszakaszban keletkezett ATP-vel glicerinsav-1,3-biszfoszfáttá alakul. Ezt követően redukció jön létre, az ugyancsak fényszakaszban keletkezett NADPH felhasználásával. Így keletkezik a glicerinaldehid-3-foszfát. A bioszintézishez a NADPH szállítja az elektronokat. Az ezt követő folyamatok a glikolízis reakciójának megfordításával a glikoneogenezis lépései szerint történnek. A folyamat a foszfatázok segítségével a glükóz szintéziséig tart (Bányai, 2001, Gombkötő, 1973).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Fajta-összehasonlító kísérleti *Tilia* fasor telepítése

2009 decemberének elején összehasonlító vizsgálatok céljából a BCE KETK Dísnövénytermesztési és Dendrológia Tanszéke, valamint a BCE Kísérleti Üzemének és Tangazdaságának munkatársai Soroksáron több taxon felhasználásával *Tilia*-fasort telepítettek a Kísérleti Üzem és Tangazdaság területén. A fákat 12/14 cm törzskörméretű sorfaként, taxononként 8-8 egyeddel, 4 ismétlésben kettesével telepítették. Az ültetőgödrök kiásása traktorral szerelt gödőrúróval történt, a gödrök aljára komposztot szórtunk. A telepítést követően a fákat gondosan beöntöttük, majd törzsükre a vadkár megelőzése céljából törzsvédő hálót raktunk fel. A 2010-2011-es esztendőben az időjárásnak megfelelően öntöttük az állományt (8-9. ábra).

A 13 fajtát tartalmazó kísérleti fasor a következő taxonokat tartalmazza: *Tilia americana* 'Nova', *T. a.* 'Redmond', *Tilia cordata* 'Greenspire', *T. c.* 'Rancho', *T. c.* 'Roelvo', *T. c.* 'Savaria', *Tilia* × *euchlora*, *Tilia* × *intermedia* 'Pallida', *Tilia platyphyllos* 'Favorit', *T. p.* 'Rathaus', *Tilia* 'Szent István', *Tilia tomentosa* 'Szeleste', *T. t.* 'Zentai Ezüst'.



8-9. ábra: A kísérleti hársfasor telepítése 2009 decemberének elején (Fotó: Sütöriné Diószegi, 2009)

3.2. A vizsgálatok helyszíne

A méréseket a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kara, Dísnövénytermesztési és Dendrológiai Tanszéke Soroksári Kísérleti Üzeme és Tangazdasága területén végeztük 2010 tavaszától (10-11. ábra).



10-11. ábra: A *Tilia* kísérleti fasor 2010 júniusában és 2011 augusztusában (Fotó: Saját felvétel, 2011)

A Tangazdaság területe a Pesti-síkságon terül el, ahol a tengerszint feletti magasság 100-150 méter. A helyi talajtani adottságok igen változatosak, a talaj leginkább futóhomok eredetű és laza szerkezetű. Összességében véve heterogén, agyagos és vályogos fizikai féleségek egyaránt előfordulnak. Kémhatásukat tekintve enyhén lúgos vagy közömbös talajokon zajlik a termesztés. A humuszcéteg vastagsága 50-60 cm, humusztartalma 2-3 %. A talajvíz 2-3 méteres mélységben helyezkedik el.

Az évi napsütéses órák összege 2000-2050 óra, melynek megközelítően 71 %-a esik a tenyészidőszakra, az éves középhőmérséklet 10,5-11 °C. A legmelegebb hónap a július, középhőmérséklete 21-22 °C, január a leghidegebb, átlagosan -1--2 °C. A levegő száraz, a relatív páratartalom nyáron alacsony 60-65 %. A területen a csapadék ellátottsága is szabálytalan, átlagosan 500-600 mm. A sorokszári termőhely lehetővé teszi a fent említett fajták környezeti stresszre való reakciójának vizsgálatát és a fajok komplex fenológiai összehasonlítását (Sütöriné Diószegi, 2005).

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), Pestszentlőrincen mért adatai szerint az időjárási körülmények a kísérleti évek alatt a következő képen alakultak:

2010-ben, januártól-decemberig az éves napsütéses órák száma 1947 volt. A csapadékmennyiség jóval meghaladta az átlagos mennyiséget, 886 mm csapadék hullott le. Az éves középhőmérséklet 7-14,9 °C között alakult. Legmelegebb hónap a július volt, a napi középhőmérséklet 24 °C volt. A leghidegebb hónapok a december és a január volt, átlagosan -0,5--1 °C (OMSZ, 2011).

2011-ben januártól-októberig a napsütéses órák száma 2019 volt. A csapadékmennyiség a vártnál jelentősen kevesebb mindössze 285 mm volt. Az egész évben rendkívüli szárazság volt tapasztalható. A kilenc hónap középhőmérséklete 8,7-19 °C között alakult. A legmelegebb hónap az augusztus volt, a napi középhőmérséklet 25,5 °C volt, a legmelegebb napon 38 °C-ot mértek. A leghidegebb hónap a február volt, átlagosan 0,5-1 °C (OMSZ, 2011).

3.3. A vizsgált *Tilia* taxonok bemutatása

A vizsgálatban szereplő fajtákat a következőkben részletesen is bemutatom.

***Tilia americana* 'Nova'**

20-25 m magas, sudaras, széles tojásdad koronájú fa. Régi nevén *Tilia americana* 'Dentata' vagy *Tilia* f. megalodonta. Levelei nagyok, sötétzöldek. Lombja sokáig fennmarad. Erőteljes növekedésű, jó várostűrő fajta. Üde, tápdús, mélyrétegű talajt kedvel. Légszennyezésre kissé érzékeny. Szoliternek, útsorfának vagy csoportokban parkokban alkalmazzák (Ifju, 2009-10, Izer, 2010-11; Retkes és Tóth, 2005; Schmidt és Tóth, 2006)(12. ábra).

***Tilia americana* 'Redmond'**

1920-ban leírt fajta. Először az amerikai Plumfield Faiskola forgalmazta. Kúp alakú koronája tömött és kompakt növekedésű. Fiatal hajtásai vörös színűek. Levelei A *T. a.* 'Nova' leveleinél kissé sötétebb zöldek (Ifju, 2009-10, Krüssmann, 1986; Schmidt és Tóth, 2006)(13. ábra).



12-13. ábra: *Tilia americana* 'Nova' és –'Redmond' fajták (Fotó: Saját felvétel, 2011)

***Tilia cordata* 'Greenspire'**

Egyenes törzsű, 15-20 m magas szelekció útján létrejött fajta. Koronája szabályos kúp alakú, zárt. Már fiatalon is piramis, kúp alakú habitussal rendelkezik. Jó törzsnevelő és egészséges lombzat jellemzi. Gyors növekedésű fajta. Levelei bőrneműek, 6-10 cm nagyságúak, fénylő sötétzöldek. A városi klímát jobban viseli, mint az alapfaj (Izer, 2010-11; Krüssmann, 1986; Retkes és Tóth, 2005; Schmidt és Tóth, 2006)(14. ábra).

***Tilia cordata* 'Rancho'**

9 méter magasra növő, kúpos koronájú fa, szélessége elérheti az 5 métert. Sűrű ágrendszer jellemzi (Krüssmann, 1986)(15. ábra).

***Tilia cordata* 'Roelvo'**

Szabályos, karcsú, szűk piramis alakú, később szélesebb koronájú, 12-15 m magas fajta. Vesszői zöldes vörösesbarnák, levelei fénylő zöldek, szív alakúak, kihegyezett csúcsúak (Ifju, 2009-10)(16. ábra).

***Tilia cordata* 'Savaria'**

Hazai nemesítésű fajta, a fajta nemesítője és fenntartója: Józsa Miklós. Állami elismerés éve: 1998. A fajta nemesítése ismeretlen eredetű magoncpopulációból történt. Koronája sudaras, kúpos. A hajtások csúcsa fiatalon kissé vöröses, később barnásvörös. Levelei sötétzöldek. Jó törzsnevelő, sok illatos virágot hoz, jól mézeli. Jó törzsnevelő és egészséges lombzatú fajta. A szélsőséges talajviszonyoktól és a szennyezett talajoktól eltekintve jól alkalmazható (Izer, 2010-11; Retkes és Tóth, 2005; Schmidt és Tóth, 2006)(17. ábra).



14-15. ábra: A *Tilia cordata* 'Greenspire' és –'Rancho' fajták (Fotó: Saját felvétel, 2011)



16-17. ábra: A *Tilia cordata* 'Roelvo' és –'Savaria' fajták (Fotó: Saját felvétel, 2011)

Tilia × euchlora

A *Tilia cordata* és *Tilia dasystyla* hibridje. A fajt 1860 körül írták le először. 15-20 méterre nő, tojásdad koronájú fa. Hajtásai zöldessárgák, kopaszok. A fiatal hajtások szétállóak, lehajlóak. Levelei ferdén szíves vállúak, 5-10 cm hosszúak, felül fénylő sötétzöldek. Erősen ellenáll a kártevőknek, levéltetvekre nem fogékony. Takácsatka nem károsítja. Virágzása július elejére tehető, termése tojásdad, vastag termésfal jellemzi. Mészkedvelő, a városi klímát jól tűri (Krüssmann, 1986; Retkes és Tóth, 2005; Tóth, 1969)(18. ábra).

***Tilia × intermedia* 'Pallida'**

30-40 méter magasra nő, kúpos koronájú fajta. Szélessége elérheti a 10-15 métert. Ágai felfelé állók. Késő ősszel vesszői és rügyei vörösre színeződnek. Gyors növekedésű fajta. Korábban 'Kaiser Linden' néven vált ismertté. Szélesebb utak, utcák fásítására jól hasznosítható (Barabits, 2010-11; Krüssmann, 1986)(19. ábra).



18-19. ábra: A *Tilia × euchlora* és *Tilia × int.* 'Pallida' fajták (Fotó: Saját felvétel, 2011)

***Tilia platyphyllos* 'Favorit'**

Hazai nemesítésű fajta. 1996-ban lett nemesítve ifj. Barabits Elemér által. Településfásításból szelektált egyed. 10-15 méter magas, közepes növekedési erélyű, kezdetben karcsú termetű fa. A fajta közepes vízigényű, napos vagy félárnyékos helyet kedvel. Ősszel lombja sárgára színeződik (Schmidt, 2008)(20. ábra).

***Tilia platyphyllos* 'Rathaus'**

Hazai nemesítésű fajta. Keskeny kúp alakú, mintegy 14 méter magas, közepes növekedési erélyű fajta. Leveleinek színi oldala fénylő zöld (Schmidt és Tóth, 2006)(21. ábra).

***Tilia* 'Szent István'**

Hazai nemesítésű fajta. Jámborné dr. Benczúr Erzsébet által nemesítve 2000-ben. Többszörös hibrid. 8-10 m-re nő, csepp alakú koronán átmenő sudarú fa. Levelei aszimmetrikusak, hosszúkas szív alakúak. Szennyezett területről szelektált fajta. Virágzása júniusra tehető. Virágai aprók és kevésbé jelentősek. Előnye, hogy a szennyezett városi környezetet és a tápanyagban szegény talajt jól viseli, továbbá, hogy a kórokozók és kártevőkkel szemben ellenálló. A fajta *Tilia platyphyllos*, *Tilia cordata* és *Tilia tomentosa* alanyra egyaránt jól szemezhető (Ifju, 2009-10, Retkes és Tóth, 2005; Schmidt és Tóth, 2006, Schmidt és Tóth, 2000)(22. ábra).



20-21-22. ábra: A *Tilia platyphyllos* 'Favorit', *Tilia platyphyllos* 'Rathaus' és *Tilia* 'Szent István' fajták
(Fotó: Saját felvétel, 2011)

***Tilia tomentosa* 'Szeleste'**

Hazai nemesítésű fajta, 1969-től államilag elismerve. A fajta bejelentője és fenntartója: BCE Kertészettudományi Kar. Anyanövénye a Szelestei Arborétum főbejáratánál álló fa, mely azóta elpusztult. A fajta a Dunántúlról származik. Erős és gyors növekedésű fajta, boltozatos vagy keskeny tojásdad, később kiszélesedő koronájú fa, magassága 20-25 m. Fiatal ágai zöldesszürkék. Mereven felálló hajtásrendszerű fajta, amely kiválóvá teszi útfásításra. Egyetlen hátránya, hogy gyakran válik többsudarúvá, ami később töréshez vezethet. A levelek többé-kevésbé kerekdedek, a levelek fonáka sűrűn csillagszőrös. Illatos, sárga virágai június végén-július elején nyílnak (Izer, 2010-11; Retkes és Tóth, 2005, Schmidt és Tóth, 2006, Schmidt és Tóth, 2000)(23. ábra).

***Tilia tomentosa* 'Zentai Ezüst'**

Hazai nemesítésű fajta. 1996-tól államilag elismert fajta. A fajta bejelentője és fenntartója: BCE Kertészettudományi Kar (Kertészeti Egyetem). A Bánát-ból származó anyafa széles szabályos kúpkoronájú. Magonc sorfákból szelektált egyed. Eleinte erősen oszlopos növekedésű majd karcsú kúpos koronájú fajta. Levelei feltűnően ezüstösek, klímánkat jól tűri. Egyenes és gyors törzsnevelés jellemzi, ágrendszere hajlamos a

villásodásra. Zárt koronája miatt szűk utcák fásítására és házikerti alkalmazásra alkalmas (Ifju, 2009-10., Retkes és Tóth, 2005; Schmidt és Tóth, 2006, Schmidt és Tóth, 2000)(24. ábra).



23-24. ábra: A *Tilia tomentosa* 'Szeleste' és *Tilia tomentosa* 'Zentai Ezüst' fajták (Fotó: Saját felvétel, 2011)

3.4. A kísérletben használt műszerek és eszközök bemutatása

A kísérlet során a fotoszintézis paramétereinek méréséhez LCi hordozható fotoszintézismérő készüléket használtunk (25. ábra). A készülék infravörös gázanalízis elvén méri a növények élettani paramétereit. A készülék kiszámítja a növény transzpirációs rátáját, a nettó CO₂ asszimilációs rátát és a sztóma-konduktanciát, emellett méri a levélfelszíni-hőmérsékletet, valamint fotoszintetikusan aktív besugárzás (PAR) mértékét, mint környezeti tényezőket (Juhász, 2010). Az összes mért paramétert az 1. melléklet tartalmazza.



25. ábra: Az infravörös-gázanalizátor készülék (LCi) (Fotó: Sütöriné Diószegi, 2011)

Az LCI készülék, valamint a hasonló vizsgálatokra használt műszerek gyakran a párologtatás mérésére is alkalmasak (porométer funkció). Ezeknél az eszközöknél a működési elv közös. A készülék mérőkamrájába kell helyezni az elemzésre szánt növényi részt. Itt a növény életfolyamatai megváltoztatják a kamrában található gáz összetételét, amit a készülék szenzorjaival érzékel. A legáltalánosabban elterjedtek a nyitott gázáramoltatású műszerek, mint az LCI-készülék. Meghatározzák a gázok összetételét és áramlási sebességét, és átáramoltatják a kamrán, majd onnan a szabad levegőbe. A kamrában található növényi rész, leggyakrabban levél, fotoszintézise során megváltoztatja a gáz paramétereinek (CO_2 és H_2O) koncentrációját (26. ábra). Az így megváltozott gázt analizálja a készülék. A mért paraméterekből kiszámítja a fotoszintézis és párologtatás paramétereit (Bacsó, 2009).



26. ábra: Az LCI készülék mérés közben (Fotó: Sütöriné Diószegi, 2011)

Az infra-vörös gázanalízis mérési elve, hogy a heteroatomos gáz molekulák (CO_2 , H_2O , NO) adott hullámhosszon elnyelik az infra-vörös sugárzást. A készülékben található infra-vörös fényforrás megváltozását egy infra-vörös érzékelő méri. Az eltérő koncentráció adja a gázban található molekulák jelenlétét (Bacsó, 2009). A műszer által mért paramétereket a készülék a következő módon számítja:

Fotoszintetikus ráta: A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

$A = u_s \Delta c$, ahol:

u_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) = a levegő tömegáramlása a levélterületre vonatkoztatva,

Δc ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) = a mérőkamrán átáramló CO_2 koncentrációjának változása, hígítással korrigálva.

Transzspirációs ráta: E ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

$E = \Delta e u_s / p$, ahol:

Δe (mbar) = a vízgőz koncentrációjának különbsége, hígítással korrigálva,

u_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) = a levegő tömegáramlása a levélterületre vonatkoztatva,

p (mbar) = légköri nyomás.

Sztóma konduktancia: g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)

$g_s = 1/r_s$, ahol:

r_s ($\text{m}^2 \text{s}^{-1} \text{mol}^{-1}$) = sztóma ellenállás vízgőzre vonatkoztatva (Juhász, 2010).

A fotoszintetikusan aktív besugárzás (PAR) és levélfelület index (LAI) méréséhez AccuPAR készüléket használtunk. A műszer fénymérő szenzorokból áll, amely a 400 és 700 nm közötti hullámhossztartományba eső sugárzásértékeket mér 0 és 3000 $\text{mmol/m}^2/\text{s}$ értékek között. Ez az a sugárzás, amely a fotoszintézis során hasznosulhat, más néven a fotoszintetikusan aktív besugárzás (PAR). A készülék továbbá a fény és az árnyékviszonyok, tehát a lombkorona feletti besugárzás és a lombkorona alatti besugárzás összefüggéseiből kiszámolja a levélfelületi indexet (LAI). Ez fontos ökológiai mutató a biomassa produkció meghatározásában. A kísérlet során az AccuPAR adatai közül csak a LAI értékeket használtuk fel.

A fenológiai változások megfigyeléséhez FUJI, finepix Z1-es típusú kompakt fényképezőgépet használtunk.

A törzskörméret változásának mérése milliméter beosztású mérőszalagot, és 1 méteres mérőpalcát használtunk, hogy a körméret felvételezése minden esetben azonos magasságban történjen.

3.5. A kísérleti hársfasoron 2009-2011. során végzett mérések

A kiültetett hárs egyedeken az alábbi méréseket végeztük el 2009-2011 között:

- a) A törzskörméret-gyarapodás mérése
- b) A rügyfakadás-dinamika megfigyelése
- c) A virágzás-dinamika megfigyelése
- d) A termésfejlődés megfigyelése
- e) A termésmennyiség becslése
- f) A lombszíneződés megfigyelése
- g) A fotoszintetikus aktivitás mérése LCi készülékkel
- h) A levélfelületi index (LAI) mérése AccuPAR készülékkel

Az egyes vizsgálatok módszere

a) A törzskörméret-gyarapodás mérése: A fák törzsének vastagodását első alkalommal 2010 júniusában mértük, majd az ezt követező év tavaszán, március közepén. Utolsó alkalommal a vegetációs időszak végén, október utolsó hetében. A fák törzskörméretét mérőszalag segítségével mértük a talajfelszín felett 1 méteres magasságban. A kapott adatokat SPSS (PASW 18) program segítségével értékeltük ki, összetartozó mintás varianciaanalízist (repeated measures Anova) végeztünk.

b) Rügyfakadás-dinamika megfigyelése: A rügyfakadás folyamatát 2011 tavaszán hetente figyeltük. A rügyek állapotának meghatározására bonitálást alkalmaztunk. A rügyek fejlettségét 1-5-ig osztályoztuk, ahol az értékek a következők: 1=a rügyek fedőpikkelyei zártak; 2=a rügyek megduzzadtak, a fedőpikkelyek 1-2 mm-t elmozdultak; 3=a rügyek megnyúlnak, láthatóvá válnak az egymást fedő rügpikkelyek, 4=a rügyek megnyúlásának vége, a rügyek vége szétnyílik; 5=láthatóvá válnak a lomblevelek. A fejlődési stádiumokat fajtákra lebontva összesítettük, s a bonitálási értékeket Excel-program segítségével összehasonlítottuk.

c) Virágzás-dinamika megfigyelése: A virágzatok fejlődését 2011 nyár elejétől szintén heti rendszerességgel bonitálással vizsgáltuk. A virágzatok fejlettségét 1-5-ig osztályoztuk a következők alapján: 1=a virágzat jól láthatóvá válik, hosszúsága 1-1,5 cm; 2=a virágzat megnyúlik, 2,5-3 cm hosszú; 3=a megnyúlás befejeződik, jól láthatók a virágbimbók; 4=a virágbimbók megduzzadnak, egyes fajtáknál a csészelevelek színe sárgára színeződik. 5=a csészelevelek szétnyílnak.

d) Termésfejlődés megfigyelése: A termések fejlődését közvetlenül a virágzást követően heti rendszerességgel követtük. A terméseket fejlődésüknek megfelelően három csoportra osztottuk: 1= teljes érésben lévő magkezdemények, melyek belsejében a magot alkotó szöveti részek (szöveltájak) még nem alakultak ki, a magban tejre emlékeztető folyadék található; 2= viaszos érésben a magok szöveltájai elkülöníthetőek, ám azok biológiailag nem érettek; 3= a mag kiszárad elveszti nedvességtartalmát és éretté válik. Az értékeket összegeztük majd %-á alakítva ábráztuk.

e) A termés mennyiség becslése: A termés mennyiségét fánként becsléssel határoztuk meg. A termés mennyisége alapján három kategóriát állítottunk fel: A= kevés termés, a fa nem terem vagy a hajtásokon maximum 1 vagy 2 termés található; B= közepes termés, a termő hajtásokon legalább 2 termés van; C= a fa bőven terem, hajtásokon minden nóduszban vannak termések vagy legalább 2-3, a hajtás méretétől függően.

f) A lombszínéződés megfigyelése: A lombszínéződését október második dekádjától figyeltük, minden fán heti rendszerességgel. A megsárgult levelek százalékos arányát rögzítettük a teljes lombhozathoz viszonyítva.

g) Fotoszintetikus aktivitás mérése LCI készülékkel: A fotoszintetikus aktivitást hordozható LCI készülékkel mértük. A fásor legjobb kondíciójú fáin végeztük a méréseket, fajtánként két-két fán. A vizsgált fákon egyenként 4 levelet mértünk meg, lehetőleg a négy égtájnak megfelelően. A méréseket reggel 6:00-kor kezdtük és két órás periódusokban ismételtük meg. Az utolsó méréssorozatot 18:00 kor kezdtük. Egy sorozatban 48 mérést végeztünk.

A mérés során az adott levelet a műszer mérőkamrájába helyeztük, majd hozzávetőlegesen 1-2 perc alatt a készülék kiszámította a mért paramétereket. Ezt követően az értékek mentésre kerültek a készülék memóriájában. A mért adatokat számítógépre letöltve, SPSS programmal értékeltük ki. Az SPSS (új nevén PASW 18) programban egy tényezőes varianciaanalízist végeztünk (1 TV ANOVA), az ilyen módon kapott értékeket Excel-programban grafikonokon ábrázoltuk.

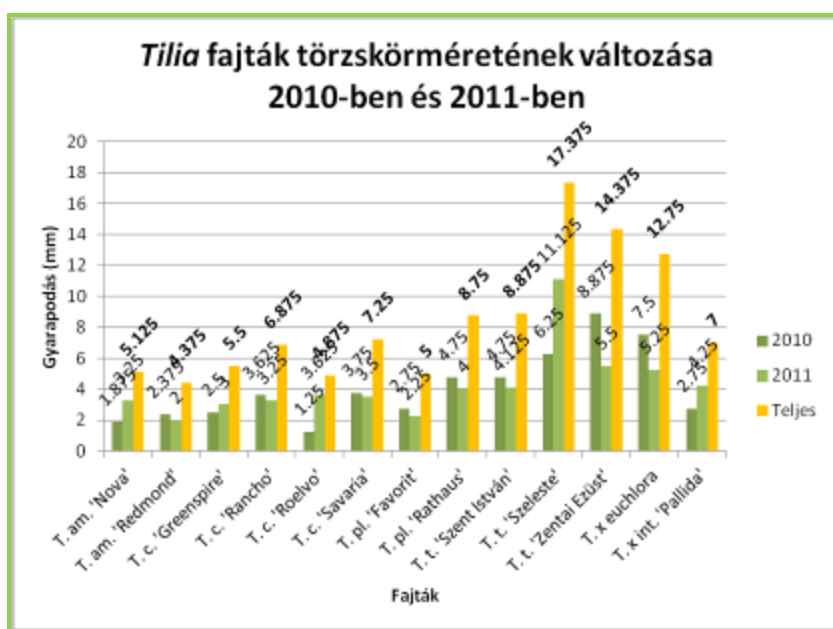
h) Levélfelületi index (LAI) mérése AccuPAR készülékkel: Az AccuPAR készülékkel történő mérést a fotoszintetikus aktivitás vizsgálatával egy időben végeztük. A korona feletti besugárzást a fásor irányától függetlenül végeztük. A lombkorona alatti mérést egyszer a fásor irányával párhuzamosan, ötször ismételve (a készülék átlagot számít és kizárólag a végeredményt menti el), másodszor a fásorra merőlegesen hasonlóan ötször ismételve. A készülékkel történt mérések adatai még nem teljes körűek, a méréseket a következő esztendő tavaszától ismételjük meg, ezért a mérési eredményeket még nem tudjuk közölni.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEKELÉSÜK

Az egyes mérések, megfigyelések adatait, eredményeit az alábbiakban összegzem:

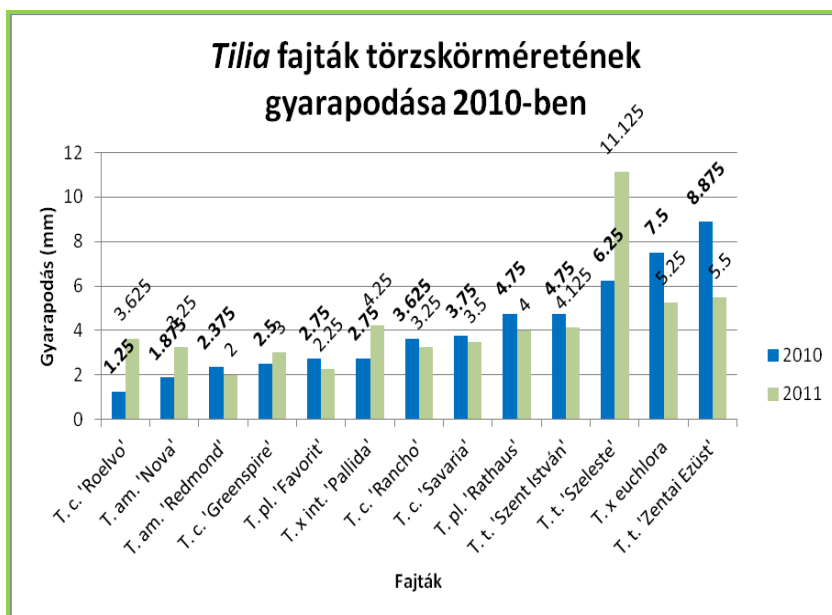
4.1. A törzskörméret-gyarapodás mérése

A hársak törzskörméret-gyarapodásának mérése során megállapítottuk, hogy minden fa egyaránt vastagodott, ám az egyes taxonokra eltérő gyarapodás volt jellemző. A vizsgált két év alatt a legjobban gyarapodóak a *T. tomentosa* fajták, valamint a *T. x euchlora* hibrid volt. A legnagyobb vastagodás a *T. tomentosa* 'Szeleste' fajtáján volt mérhető, 17,3 mm, emellett még jelentős gyarapodást tapasztaltunk a *T. tomentosa* 'Zentai Ezüst'-ön 14,3 mm és a *T. x euchlora* fajtán 12,7 mm-t. Ezzel ellentétben a legkevésbé gyarapodott a *T. americana* 'Redmond' 4,3 mm-t, valamint a *T. cordata* 'Roelvo' 4,8 mm-t (27. ábra). Érdeemes megjegyezni, hogy a hazai szelekcióból származó fajták mutatták a legnagyobb vastagodást.



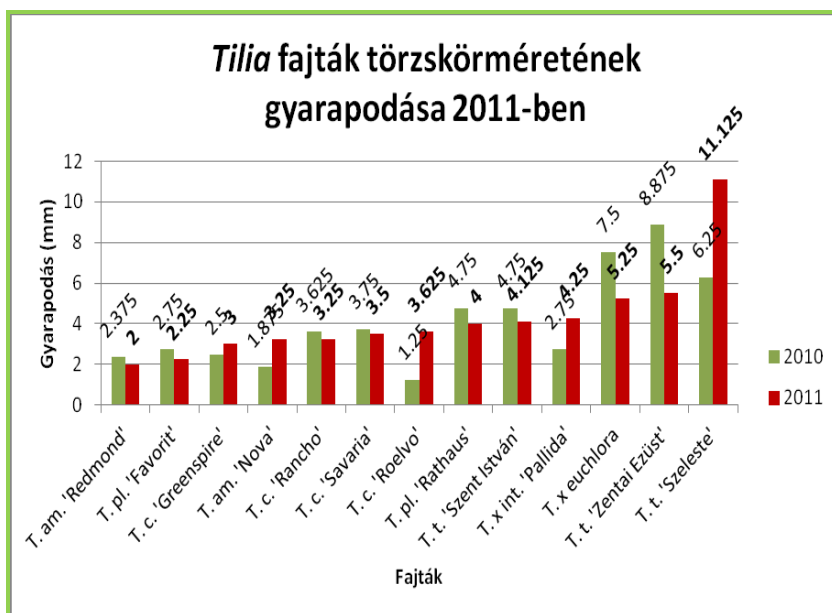
27. ábra: A *Tilia* taxonok törzsének összes gyarapodása 2010-11-ben, mm-ben

A vastagodás menetét tekintve a vizsgálat első évének végére az egyéves vastagodás a *T. tomentosa* 'Zentai Ezüst' fajtánál volt a legnagyobb, itt 8,7 mm-t mértünk. Jelentős gyarapodást figyeltünk meg a *T. x euchlora*, valamint a *T. t.* 'Szeleste' fajtákon is, 7,5 és 6,2 mm-t. A legkisebb vastagodást a *T. c.* 'Roelvo' mutatta, itt 1,2 mm-t figyeltünk meg (28. ábra).



28. ábra: A hársak törzskörméret-alakulása az első év során

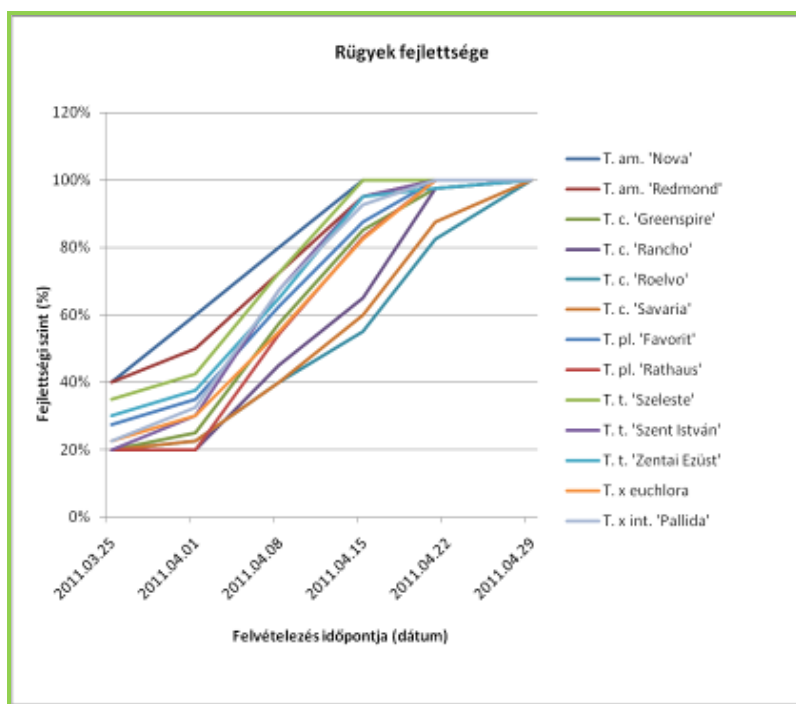
A második évben a legnagyobb változást a *T. tomentosa* 'Szeleste' fajtánál tapasztaltuk, több, mint 11 mm-t vastagodott a törzse. Hasonlóan az előző évhez jelentős gyarapodást mutatott a *T. t.* 'Zentai Ezüst', valamint a *T. x euchlora*. Azonban ellentétben a 2010-es évvel, a legkisebb gyarapodást a *T. americana* 'Redmond' fajtán mértünk, 2 mm-t (29. ábra).



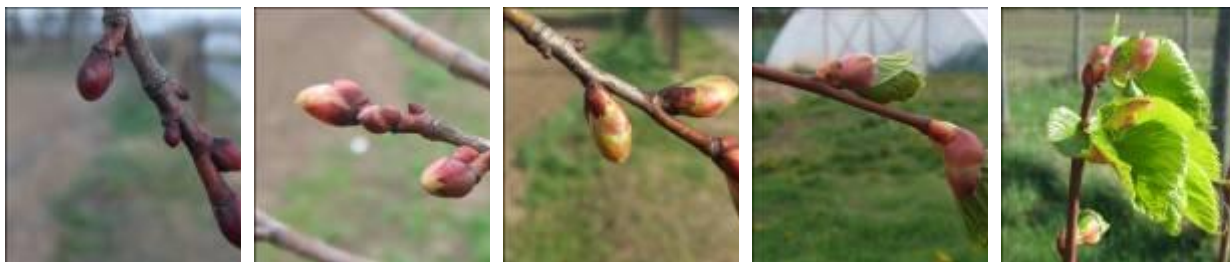
29. ábra: A hársak törzskörméret-alakulása a második évben

4.2. A rügyfakadás-dinamika megfigyelése

A rügyfakadás megfigyelése során azt tapasztaltuk, hogy a legkorábban a *T. a.* 'Nova' és a *T. t.* 'Szeleste' lombosodtak, már április közepén láthatóvá váltak a lomblevelek. Ezzel szemben a legkésőbb a *T. c.* 'Greenspire', *T. c.* 'Rancho', *T. c.* 'Roelvo', *T. c.* 'Savaria', valamint a *T. t.* 'Zentai Ezüst' fajták fakadtak. A legkésőbb lombosodó fajták fejlődése elhúzódott és április legvégén pattantak ki a rügyek. Az egyes fajták rügyfakadásának igen eltérő fejlődési dinamikáját a 4. ábra, illetve a rügyfakadás teljes menetét a *T. × intermedia* 'Pallida', valamint a *T. × euchlora* példáján a 30-31-32. ábra mutatja be.



30. ábra: A *Tilia*-taxonok rügyfakadásának dinamikája 2011 tavaszán



31. ábra: A rügyfakadás menete a *Tilia × intermedia* 'Pallida' fajtánál



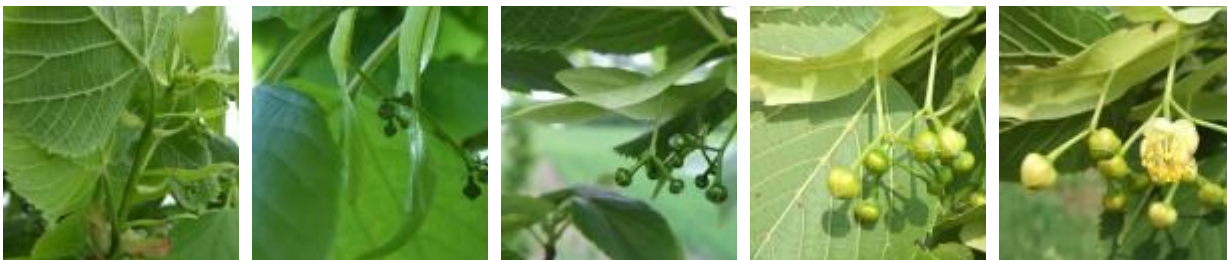
32. ábra: A rügyfakadás menete a *Tilia* × *euchlora* fajtánál

4.3. A virágzás-dinamika megfigyelése

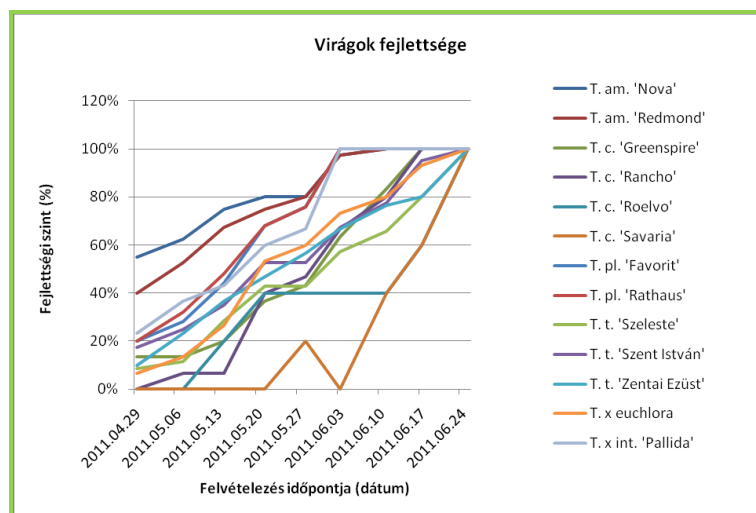
A *Tilia*-k forgó kettős bog virágzatának kifejlődése során a fajokra, fajtákra jellemző eltéréseket tapasztaltunk. A virágzatok a leggyorsabban a *T. americana* fajtákon fejlődtek ki, már június elején virágzott a *T. a.* 'Nova' és - 'Redmond'. Ezt követően a *T. platyphyllos* fajtái nyíltak, például a *T. p.* 'Rathaus' és *T. p.* 'Favorit'. Végül pedig a legkésőbb, június hónap legvégén a *T. cordata*, *T. tomentosa* fajták, valamint a hibrid fajok virágzása kezdődött, pl. a *T. c.* 'Savaria', *T. c.* 'Roelvo' és a *T. t.* 'Szeleste' nyílásával (33-34-35. ábra).



33. ábra: A virágzás menete a *Tilia tomentosa* 'Zentai Ezüst' fajtánál



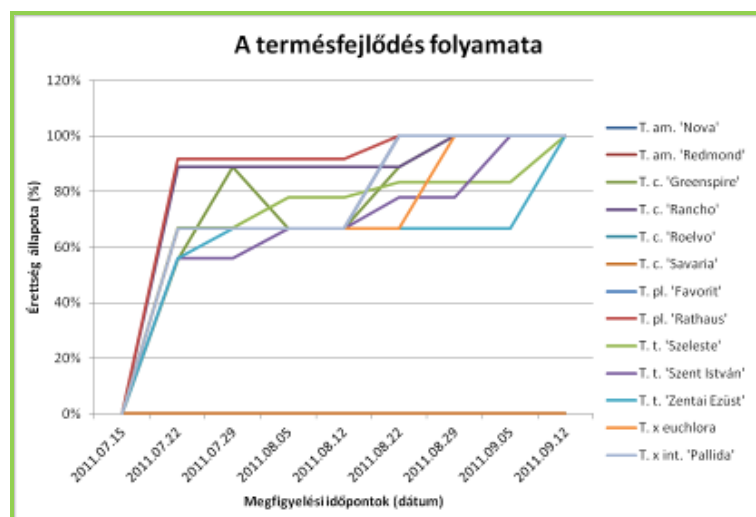
34. ábra: A virágzás menete a *Tilia americana* 'Nova' fajtánál



35. ábra: A *Tilia*-taxonok virágzásának dinamikája 2011 nyár elején

4.4. A termésfejlődés megfigyelése

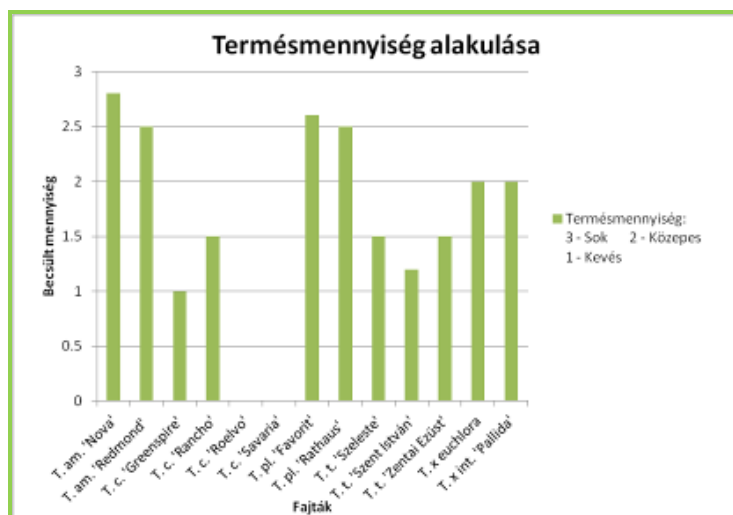
A termések fejlődése során eltérő eredményeket kaptunk (36. ábra). Legkorábban a *Tilia americana* 'Nova' és 'Redmond', valamint a *T. x int.* 'Pallida' termései értek be augusztus első dekádjában. Nem sokkal később, augusztus végén a *T. cordata* 'Rancho' és a *T. c.* 'Greenspire' termései váltak éretté. Érdekes megjegyezni, hogy a legkésőbb a *T. tomentosa* 'Szeleste', továbbá a *T. t.* 'Zentai Ezüst' termései értek, ez szeptember első hetében volt tapasztalható. A későn érő fajták elsősorban a hazai fajták közül kerültek ki, amely valószínűsíthető, hogy hazánk ökológiai adottságainak tulajdonítható.



36. ábra: A *Tilia*-taxonok termésfejlődésének dinamikája 2011 nyár végén

4.5. A termésmennyiség becslése

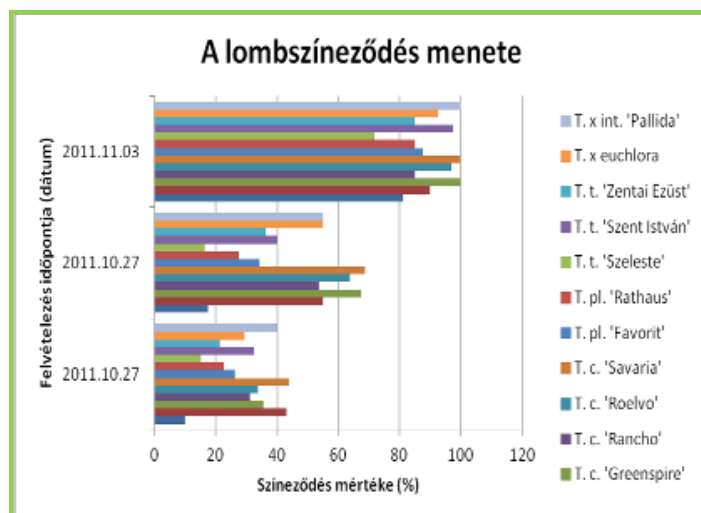
A termésmennyiség bonitált értékei (37. ábra) kimutatták, hogy a legnagyobb termésmennyiséget a *Tilia americana*, valamint a *Tilia platyphyllos* fajták produkálták. A legtöbb termést a *T. americana* 'Nova' fajtán mértük, a legkevesebbet a *T. cordata* 'Greenspire' fajtán. A *T. c.* 'Roelvo' és *T. c.* 'Savaria' termését az aszályos időszak termésvesztesége miatt nem tudtuk mérni.



37. ábra: A *Tilia* taxonok termésmennyiségének alakulása 2011-ben

4.6. A lombszínűződés megfigyelése

A lomblevelek sárgulásánál megfigyeltük, hogy az egyes fajok-fajták eltérő idejű és mértékű lombszínűződést produkáltak. Legkorábban a *T. x int.* 'Pallida', a *T. c.* 'Savaria', valamint a *T. p.* 'Rathaus' fajták lomblevelei kezdtek sárgulni. A legkésőbb a *T. platyphyllos* 'Favorit', valamint a *T. tomentosa* 'Szeleste' lombja kezdett színeződni. Azonban egy gyors október közepi lehűlést követően a később sárgulásnak induló *T. c.* 'Greenspire', *T. c.* 'Roelvo' és *T. t.* 'Szent István' lombja is a legintenzívebb gyorsasággal színeződött. A legkorábban lombjukat hullató fajták a *T. x int.* 'Pallida', a *T. c.* 'Savaria', a *T. c.* 'Greenspire' voltak. A lombszínűződés mértékét a 38. ábra mutatja be.



38. ábra: A *Tilia*-taxonok lombszínéződésének folyamata 2011-ben

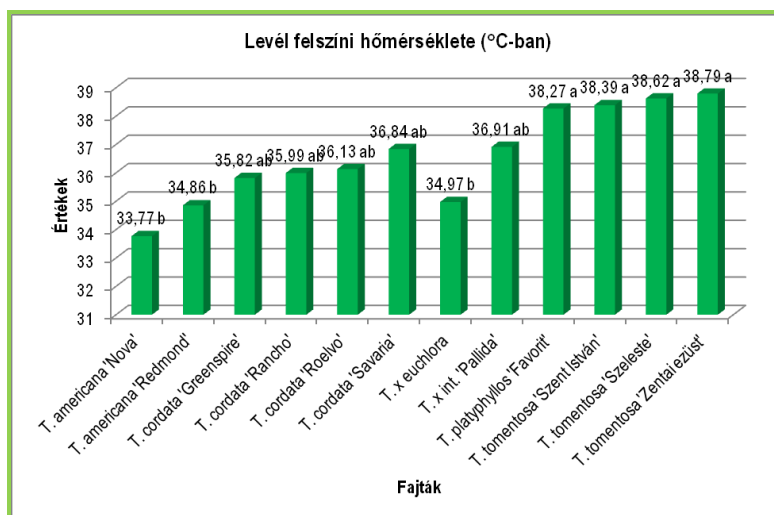
4.7. A fotoszintetikus aktivitás mérése LCi készülékkel

A fotoszintetikus aktivitás paramétereinek mérése 2011. augusztus 22-én, 25-én és 26-án történt. A mérésekhez a már korábban említett LCi készüléket használtuk. A vizsgálat alatt az időjárási feltételek Soroksáron az alábbiak szerint alakultak (1. táblázat).

1. táblázat: Időjárási paraméterek a BCE Kísérleti Üzemében és Tangazdaságában 2011. augusztus 22-25-26-án

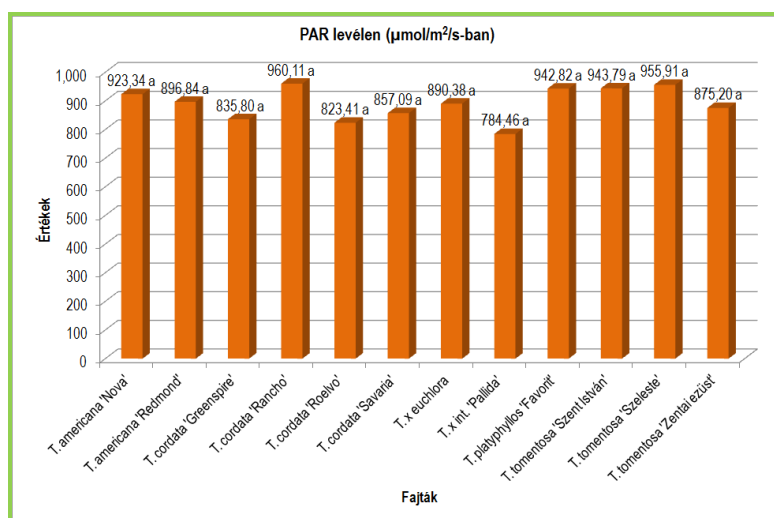
	Csapadék (mm)	Max. hőmérséklet (°C)	Min. hőmérséklet (°C)	Radiációs minimum	Napos órák száma	Napi középhőmérséklet (°C)
2011. aug. 22.	0	30	16	9	13	23
2011. aug. 25.	0	36	22	16	13	29
2011. aug. 26.	0	38	21	15	13	29.5

A *Tilia*-taxonok levélfelszíni hőmérsékletét a fotoszintetikus aktivitás paramétereivel együtt mértük. A fajták levélfelszíni hőmérséklete a mérés napján 33-38 °C között változott. Statisztikailag szignifikáns különbséget nem találtunk, bár eltéréseket tapasztaltunk egyes fajták között. A legmagasabb levélhőmérsékletet a *T. t. 'Zentai Ezüst'* fajtán mértük, 38,7 °C–ot. A legalacsonyabb hőmérsékleteket a *T. americana 'Nova'*-n (33,7 °C), *T. americana 'Redmond'* fajtán (34,8 °C), valamint *T. x euchlora* (34,9 °C) fajtán mértük. A legalacsonyabb levélhőmérsékletek 33,7-34,9 °C között alakultak (39. ábra).



39. ábra: *Tilia*-taxonok levélfelszíni hőmérsékletének alakulása

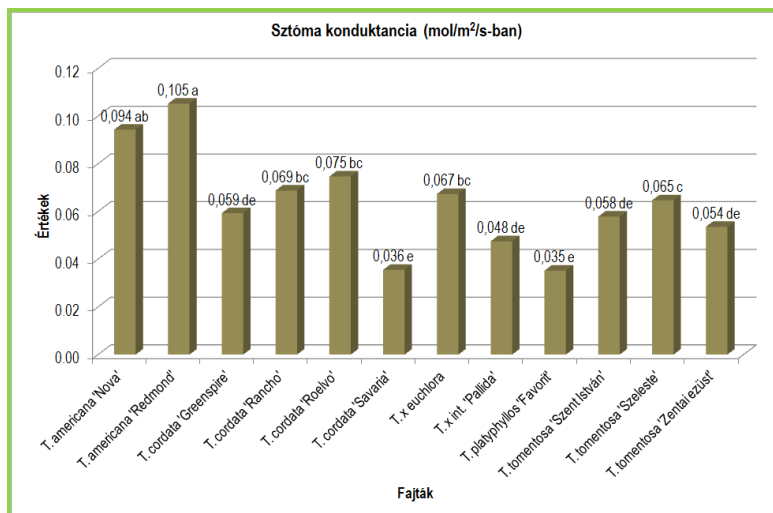
A fotoszintetikusan aktív besugárzás (PAR) mérése során azt tapasztaltuk, hogy a besugárzások között nincs szignifikáns különbség. A fasor tagjai egy ökológiai térben helyezkednek el és a további fotoszintetikus aktivitásra vonatkozó méréseket ezáltal nem befolyásolja. A besugárzás a vizsgált fajtákon 784,4 és 960,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ között alakult. A legnagyobb besugárzást a *T. c.* 'Rancho' fajtán a legalacsonyabbat a *T. x int.* 'Pallida' mértük (40. ábra).



40. ábra: A PAR alakulása *Tilia*-taxonok levelén

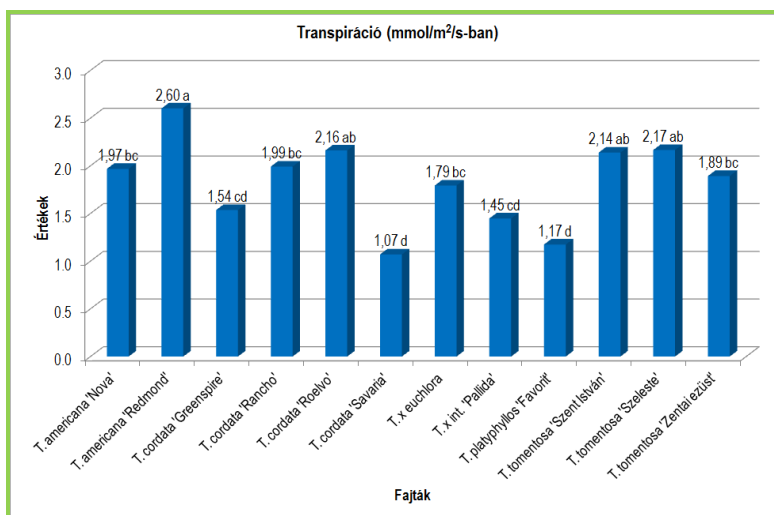
A sztóma-konduktancia vizsgálata során eltérő eredményeket kaptunk (41. ábra). A legnagyobb sztóma nyitottságot a *T. americana* 'Redmond' fajtánál mértük. A legalacsonyabb értéket a *T. platyphyllos* 'Favorit' és a *T. cordata* 'Greenspire'-nél mértük. A sztómák konduktanciáját a levélfelszíni hőmérséklettel összehasonlítva viszont nem tapasztaltunk összefüggést. Azonban szoros összefüggést figyeltünk meg a transpiráció, valamint a CO_2

asszimiláció között. A legnagyobb sztómakonduktanciájú *T. a.* 'Redmond' fajta intenzív transpirációt is folytat. Ennél a fajtánál tapasztaltuk a legnagyobb CO₂ asszimilációs rátát is. A legalacsonyabb sztómakonduktanciát mutató növényeknél alacsony transpirációt és CO₂ asszimilációt figyeltünk meg.



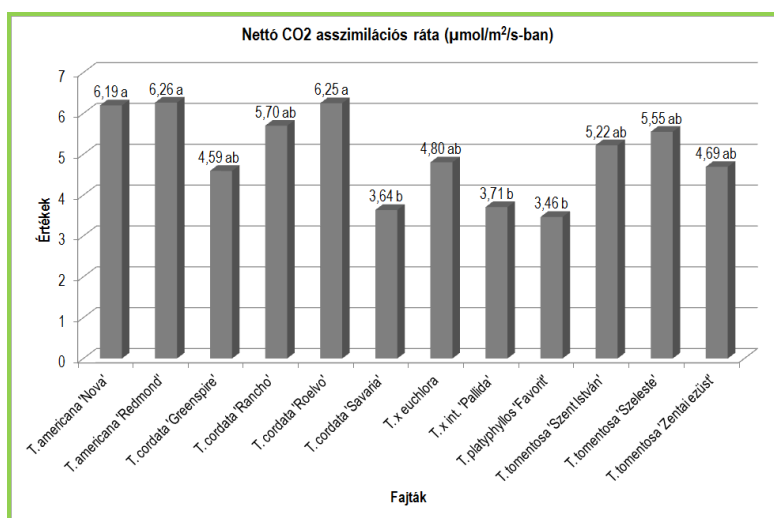
41. ábra: A *Tilia*-taxonok sztoma konduktanciája

A fajták transpirációját tekintve szignifikáns különbségeket találtunk (42. ábra). A legnagyobb mértékű párologtatást a *T. a.* 'Redmond' fajtánál tapasztaltuk. A legalacsonyabb mértékű transpirációt a *T. c.* 'Savaria' folytatta a mért időszakban. Érdekes megfigyelés volt, hogy a *T. platyphyllos* 'Favorit' magas PAR értékek mellett is alacsony transpirációt folytatott, valamint az, hogy a statisztikailag eltérést nem mutató *T. cordata* fajták közül kizárólag a 'Savaria' fajtának volt alacsony a transpirációja. A *T. c.* 'Savaria' hazai nemesítésű fajta, ellentétben a többi vizsgált *T. cordata* fajtával szemben. Emiatt valószínűsíthető, hogy várostűrése jobb.



42. ábra: *Tilia*-taxonok transpirációja

A nettó CO₂ asszimilációs (fotoszintetikus ráta) rátát tekintve, a legtöbb CO₂-t felhasználó fajta a *T. americana* 'Redmond' és a *T. cordata* 'Roelvo' (43. ábra). A legalacsonyabb fotoszintetikus rátát a *T. cordata* 'Savaria', *T. x int.* 'Pallida', és *T. platyphyllos* 'Favorit' fajtákon mértünk. Továbbá megfigyeltük, hogy a CO₂ asszimilációs ráta nagyon szoros összefüggést mutat a transpirációval és a sztómakonduktanciával.



43. ábra: *Tilia*-taxonok fotoszintetikus rátája

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink során a különböző *Tilia* taxonok esetében számos adatot kaptunk növényfiziológiai és morfológiai tulajdonságaikra vonatkozóan. Mivel a vizsgálatok első esztendeiben járunk, természetesen messzemenő következtetéseket levonni az adatokból még nem célszerű, ugyanakkor mégis érdekes és iránymutató értékeket kaptunk az egyes fajok, fajták vonatkozásában.

A fenológiai vizsgálatok során törzskörméret gyarapodásánál megállapítottuk, hogy a legjobban vastagodó hársak leginkább a hazai nemesítésű fajták közül kerültek ki, ilyenek voltak a *T. t.* 'Szeleste' és a *T. t.* 'Zentai Ezüst', emellett a *T. x. euchlora* törzsének gyarapodása is figyelemre méltó volt, valószínűleg a számukra kedvező ökológiai optimum miatt.

A rügyfakadás tekintetében az amerikai fajták jelentős gyorsaságot mutattak. A legkorábban a *T. a.* 'Nova' lombosodott ki. Legkésőbb a *T. c.* 'Roelvo' és a *T. c.* 'Savaria' rügyei pattantak ki. A rügyfakadás dinamikáját tekintve eltérő eredményeket kaptunk, így azok inkább fajtulajdonságnak tekinthetők, mint valamely környezeti tényező hatásának.

A virágzatok fejlődése eltérően alakult. A virágzatok a leggyorsabban a *T. a.* 'Nova' és a *T. a.* 'Redmond' fajtákon fejlődtek ki, leglassabban, június hónap legvégén a *T. cordata*, *T. tomentosa* fajtákon. A virágzatok és a termések fejlődése között hasonlóságot tapasztaltunk. A termések legkorábban, a *Tilia americana* 'Nova' és *T. a.* 'Redmond' fajtákon fejlődtek ki, legkésőbb a *T. tomentosa* 'Szeleste' és a *T. t.* 'Zentai Ezüst' fajtákon.

A termés mennyiség bonitálásával megállapítottuk, hogy a legtöbb termést a *T. americana* 'Nova' hozta, még a legkevesebbet a *T. cordata* 'Greenspire'. A termés mennyiség alakulása során arra következtethetünk, hogy a mennyiséget az alapfaj jelentősen meghatározza, de a termések kötődését, és azok beérését az időjárás is befolyásolja, a termésérés alatti aszályos időszak a *T. c.* 'Roelvo' és *T. c.* 'Savaria' termésének időelőtti hullását okozta.

A lombszínéződés vizsgálata során megfigyeltük, hogy legkorábban a *T. x. int.* 'Pallida', a *T. c.* 'Savaria', valamint a *T. pl.* 'Rathaus' fajta lomblevelei kezdtek sárgulni. Legkésőbb a *T. platyphyllos* 'Favorit', valamint a *T. tomentosa* 'Szeleste' levelei sárgultak. A lombszínéződés mértéke fajtára jellemző tulajdonság, ám annak menete, valamint intenzitása az őszi csapadékmennyiség és a hőmérséklet függvénye is.

Az élettani paraméterek vizsgálata során változó eredményeket kaptunk. A levélfelszíni hőmérséklet és a fotoszintetikusan aktív besugárzás esetében szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk a fajták között. A fajtagyűjtemény minden tagja egy ökológiai térben helyezkedett el, a PAR értéke 784,4 és 960,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ között alakult. A levélfelszíni hőmérsékletnél a fajtákon tapasztaltunk eltéréseket, ám azok statisztikailag nem tekinthetők szignifikánsnak. A mért 1-2 °C-os hőmérsékletkülönbség fajtánként eltér, leginkább fajtulajdonságnak mondható.

A sztóma-konduktancia, transpiráció és nettó CO₂ asszimiláció esetében szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a taxonok között. A legnagyobb sztóma-konduktanciát a *T. a.* 'Redmond' fajtánál tapasztaltuk. A legalacsonyabb sztóma-konduktanciát mutató növényeknél, mint például a *T. c.* 'Savaria' és a *T. pl.* 'Favorit', alacsony transpirációt és CO₂ asszimilációt figyeltünk meg. Ezek a fajták jellemzően jobb szárazságtűrőnek tekinthetők élettani adottságaik alapján. Kiemelendő továbbá a *T. cordata* fajták közül a *T. c.* 'Savaria', melynek alacsony a transpirációja, és a sztómái zártabbak a többi fajtához képest. A *T. c.* 'Savaria' hazai nemesítésű fajta, esetében a méréseink kiemelkedően jó eredményeket produkáltak, melyek alátámasztják a városfásítási tapasztalatok alapján is ismert jó várostűrését.

A stresszhatások növekedése az urbanizáció folyamatos növekedésének elkerülhetetlen velejárója, különös tekintettel az emberi tényező hatására kialakuló abiotikus stresszhatásokra. A tudatos fajtaválasztás megoldást jelenthet napjaink fokozódó városi környezet problémáira. Kísérletünk tárgyai, a *Tilia* nemzetség fajtái napjaink leggyakrabban használt sor- és parkfái közé tartoznak, így a vizsgálatuk kiemelt jelentőségű. A fajták ismeretének tekintetében lehetővé válik azok megfelelő helyen történő alkalmazása és további nemesítési célok kitűzése. Fontos szem előtt tartanunk, hogy a hazai ökológiai paraméterek eltérnek más országok adottságaitól, így a fajták viselkedése specifikusan alakul. A hazai viszonyokhoz nemesített fajták jelentősen jobban alkalmazkodtak a helyi életfeltételekhez.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az urbanizáció folyamatos növekedésével, a városi környezetben található fákat, egyre nagyobb biotikus és abiotikus stresszhatások érik. A városban található növények folyamatos környezeti terhelésnek vannak kitéve, melyek a természetes élőhelyükön nem, vagy csak igen kis mértékben fordulnak elő. Legnagyobb problémát az abiotikus stresszhatások okozzák, mint például a magas hőmérséklet, a szennyezett levegő és talajok, a csapadék gyors lefolyása, a tápanyaghiány, valamint a téli sózás. Ilyen feltételek mellett az egyetlen megoldás a városi környezet élhetőbbé tételére a tudatos fajtaválasztás, mely lehetővé teszi, hogy a szélsőséges feltételek mellett is fákat telepítsünk.

Célunk adatok gyűjtése volt későbbi kutatások megalapozásához, továbbá, hogy a magyar környezeti feltételekhez legjobban alkalmazható fajtákat megtaláljuk és azokat stressztűrési szempontjából értékeljük. Vizsgálatainkat a BCE KETK soroksári Kísérleti Üzeme és Tangazdasága területén végeztük. A mérések elvégzéséhez a BCE KETK Dísznövénytermesztési és Dendrológia Tanszéke 2009 decemberében, több taxon felhasználásával *Tilia* fasort telepített.

A kísérlet során vizsgáltuk a törzskörméret gyarapodását, illetve fenológiai megfigyeléseket végeztünk. A vizsgálatok kiterjedtek a rügyfakadásra, virágzásra, termésfejlődésre, a termésmennyiség vizsgálatára, valamint a lombosodásra. A fenológiai mérések mellett műszeres vizsgálatokat is folytattunk a fotoszintetikus aktivitás paramétereinek meghatározására és a levélfelületi index megállapítására. A fotoszintetikus aktivitás vizsgálata során mértük a *Tilia*-taxonok transpirációs rátáját, a nettó CO₂ asszimilációs rátát, valamint a sztóma-konduktanciát, emellett mértük a levélfelszíni-hőmérsékletet, valamint fotoszintetikusan aktív besugárzást.

A törzskörméret-gyarapodás mérése során megállapítottuk, hogy a legjobban a *T. t.* 'Szeleste', *T. t.* 'Zentai Ezüst', valamint a *T. x euchlora* gyarapodott. A legtöbbet vastagodó *T. t.* 'Szeleste' 17,3 mm-t, a legkevesebbet a *T. americana* 'Redmond' 4,3 mm-t gyarapodott. A vizsgálat első évében (2010) a legjelentősebb vastagodást a *T. tomentosa* 'Zentai Ezüst' produkálta. A legkisebb vastagodást a *T. c.* 'Roelvo' mutatta, amelyen 1,2 mm-t figyeltünk meg. A második évben a legnagyobb változást a *T. tomentosa* 'Szeleste' fajtánál tapasztaltuk, a legkisebb vastagodást a *T. americana* 'Redmond' fajtán mértünk, 2 mm-t.

A fenológiai vizsgálatok során megfigyeltük, hogy legkorábban a *T. a.* 'Nova' és a *T. t.* 'Szeleste' lombosodtak, legkésőbb a *T. c.* 'Greenspire', *T. c.* 'Rancho', *T. c.* 'Roelvo', *T. c.* 'Savaria', valamint a *T. t.* 'Zentai Ezüst' fajták. A legkésőbb lombosodó fajták fejlődése elhúzódott és április legvégén pattantak ki a rügyek.

A forgó kettősbog virágzat fejlődésének tanulmányozásával kiderült, hogy a virágzatok leggyorsabban a *T. a.* 'Nova' és *T. a.* 'Redmond' fajtákon fejlődtek ki. Ezt követően a *T. platyphyllos* fajtái nyíltak, június első hetében. Leglassabban, június hónap legvégén a *T. cordata*, *T. tomentosa* fajtái virágoztak.

A termésfejlődés vizsgálata alapján eltérő következtetéseket vontunk le a fajtákról. Legkorábban a *Tilia americana* 'Nova' és *T. a.* 'Redmond', valamint a *T. x int.* 'Pallida' termései értek be, legkésőbb a *T. tomentosa* 'Szeleste', továbbá a *T. t.* 'Zentai Ezüst'.

A termésmennyiség bonitált értékei kimutatták, hogy a legtöbb termést a *T. americana* 'Nova' hozta, míg a legkevesebbet a *T. cordata* 'Greenspire'. Jelentős termésmennyiséget produkált a *T. p.* 'Favorit', *T. p.* 'Rathaus', valamint a *T. americana* 'Redmond' fajta is. A *T. c.* 'Roelvo' és *T. c.* 'Savaria' az aszályos idő következtében termését elvesztette, így azok nem voltak mérhetőek.

A lombszíneződés tekintetében megfigyeltük, hogy legkorábban a *T. x int.* 'Pallida', a *T. c.* 'Savaria', valamint a *T. p.* 'Rathaus' fajta lomblevelei kezdtek sárgulni. Legkésőbb a *T. platyphyllos* 'Favorit', valamint a *T. tomentosa* 'Szeleste'. A legkorábban lombjukat hullató fajták a *T. x int.* 'Pallida', a *T. c.* 'Savaria', a *T. c.* 'Greenspire' voltak.

A fotoszintetikus aktivitás paramétereinek mérése során eltérő eredményeket kaptunk. A levélfelszíni hőmérséklet és a fotoszintetikusan aktív besugárzás esetében szignifikáns különbséget nem tapasztaltunk a fajták között. A környezeti tényezők minden fajta esetében hasonlóan alakultak. A fajták levélfelszíni hőmérséklete a mérés napján 33-38 °C között változott. A legalacsonyabb hőmérsékletet a *T. americana* 'Nova' fajtán mértünk, 33,7 °C-ot. A fotoszintetikusan aktív besugárzás esetében statisztikailag szignifikáns különbséget nem találtunk, a besugárzás 784,4 és 960,1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ között alakult.

A sztóma-konduktancia, transpiráció és nettó CO_2 asszimiláció esetében szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a taxonok között. A legnagyobb konduktanciát a *T. americana* 'Redmond' fajtánál mértük. A legalacsonyabb értéket a *T. platyphyllos* 'Favorit' és a *T. cordata* 'Greenspire'-nél mértük. Szoros összefüggést figyeltünk meg a transpiráció, valamint a CO_2 asszimiláció között. A legalacsonyabb sztóma-konduktanciát mutatott növényeknél ugyancsak alacsony transpirációt és CO_2 asszimilációt figyeltünk meg. A legnagyobb transpirációt a *T. a.* 'Redmond' fajtánál tapasztaltuk, a legalacsonyabb transpirációval pedig a *T. c.* 'Savaria' rendelkezett. A nettó CO_2 asszimilációs (fotoszintetikus ráta) rátát tekintve a legtöbb CO_2 -t hasznosító fajta a *T. americana* 'Redmond' és a *T. cordata* 'Roelvo' voltak.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani mindazoknak, akik segítettek, hogy ez a Tudományos Diákköri dolgozat sikeresen elkészüljön. Tanszékvezető konzulensemnek és tanáromnak, *dr. Hrotkó Károlynak*, konzulensemnek *Sütöriné dr. Diószegi Magdolnának*, aki szakmai tanácsokkal látott el a kísérletek elvégzéséhez, és felkészített a TDK konferenciára. Továbbá tanácsokkal látott el, és ezért köszönettel tartozom *Forrai Mihálynak*, *dr. Halász Krisztiánnak* és *Pap Nórának*.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. BACSÓ R. 2009. A szárazságtűrés élettani hátterének vizsgálata *Arabidopsis* modellnövényen és transzgenikus szárazságtűrő növények előállítására. Budapest. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Növényélettani és Növényi Biokémiai Tanszék. Doktori Értekezés
2. BARABITS E. 2010-2011. Alsótekeresi Faiskola Kft. Enying. Faiskolai árjegyzék
3. BALÁZS K. 1962. Városi zöldterületek kialakításában szereplő juhar (*Acer*) és hárs (*Tilia*) félék kártevői. Budapest. Kertészeti és Szőlészeti Főiskola. Diplomamunka
4. BÁNYAI É. Szerk. 2001. Biokémia, jegyzet. Budapest. Szent István Egyetem
5. BARABITS E. 2008-2009. Alsótekeresi Faiskola Kft. Enying. Faiskolai árjegyzék
6. BARABITS E. 2010-2011. Alsótekeresi Faiskola Kft. Enying. Faiskolai árjegyzék
7. BERRY, P. E. Encyclopaedia Britannica. 2011. Malvaceae. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/360675/Malvaceae>
8. BEAN, W. J., 1980. Trees and shrubs; Hardy in the British Isles. Great Britain. Butler and Tanner Ltd.
9. BORHIDI A. 1998. A zárva termők fejlődéstörténeti rendszertana. Budapest. Nemzeti Tankönyvkiadó
10. BOROSS L. és SAJGÓ M. 1993. A biokémia alapjai. Budapest. Mezőgazda Kiadó
11. FARKAS G. 1978. Növényi biokémia. Budapest. Akadémiai Kiadó
12. FODOR S. 2005. Hársak mikroszaporítása és genetikai vizsgálata. Budapest. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék
13. FOLCZ T. Erdészeti Lapok 1990. 39. (125.) évf. 4. Füzet
14. GENCSI L., VANCSURA R. 1992. Dendrológia, Erdészeti növénytan II. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
15. GLITS M., FOLK GY., H. IMRE K. 1978. Növénykórtan II. Budapest. Kertészeti Egyetem. Egyetemi jegyzet
16. GOMBKÖTŐ G. 1973. Növényi biokémia. Budapest. Kertészeti Egyetem Jegyzete
17. HORTOBÁGYI T., SIMON T. 1981. Növényföldrajz, társulástani és ökológia. Budapest. Tankönyvkiadó
18. IZER G. 2009-2010. Prenor Kertészeti és Parképítő Kft. Szombathely. Díszfaiskolai árjegyzék
19. IZER G. 2010-2011. Prenor Kertészeti és Parképítő Kft. Szombathely. Díszfaiskolai árjegyzék
20. IZER G. 2011-2012. Prenor Kertészeti és Parképítő Kft. Szombathely. Díszfaiskolai árjegyzék
21. IFJU Z. 2009-2010. Tahi Faiskola Kft. Faiskolai árjegyzék. Leányfalu. Botanika Kft.
22. IFJU Z. 2011-2012. Tahi Faiskola Kft. Faiskolai árjegyzék. Leányfalu. Botanika Kft.
23. JUHÁSZ A. 2010. Különböző alanyú cseresznyeoltványok élettani paramétereinek műszeres vizsgálata. Budapest. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék. Diplomamunka
24. KÁRPÁTI Z. 1968. Kertészeti növénytan. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó

25. KÁRPÁTI Z., TERPÓ A. 1968. Növényrendszertan. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
26. KIÁ CZ GY., SZENDRŐI J. 1980. A zöldfelületek fenntartása. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
27. KOVÁCS M. 1985. A nagyvárosok környezete. Budapest. Gondolat
28. KRÜSSMANN, G. 1986. Manual of cultivated broad-leaved trees and shrubs. Oregon. Timber Press
29. LÁNG F. Szerk. 2002. Növényélettan, a növényi anyagcsere I. Budapest. ELTE Eötvös Kiadó
30. NAGY B. 1980. Díszfák, díszcserjék termesztése és felhasználása Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
31. ORMOS I. 1967. A kerttervezés története és gyakorlata. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
32. PÁLFI P. 2011-2012. Borostyán Dísznövénytermesztő és Forgalmazó Bt. Budapest. Faiskolai katalógus
33. PETHŐ M. 1993. Mezőgazdasági növények élettana. Budapest. Akadémiai Kiadó
34. PIRONE, P. P. 1972. Tree maintenance. New York. Oxford University Press
35. RADÓ D. 2001. A növényzet szerepe a környezetvédelemben. Budapest. Zöld Érdek Alapítvány és Levegő Munkacsoport
36. RADÓ D. 1983. Városok zöld szigetei. Budapest. Építésügyi Tájékoztatási Központ
37. RADÓ D. 1981. Fák a betonrengetegben. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
38. RETKES J., TÓTH I. 2005. Lombos fák, cserjék. Budapest. Botanika Kft.
39. SCHMIDT G. 2008. Tanulmány, 3. sz. részfeladat , Magyar Dísznövények Gondnoksága: Specifikus fajták meghatározása és kiválasztása:
<http://www.magyardisznoveny.hu/magyar/hirek/tanulmanyok/25/19/25/25/1/1>
40. SCHMIDT G., TÓTH I. 2006. Kertészeti dendrológia. Budapest. Mezőgazda Kiadó
41. SCHMIDT G.(szerk.) 2003. Növények a kertépítészetben. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
42. SCHMIDT G., TÓTH I. 2000. Fajtaismertető díszfákról, díszcserjékről. Budapest. Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar
43. SCHMIDT G., TÓTH I. 1996. Díszfaiskola. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
44. SCHMIDT G., TÓTH I., SÜTÖRINÉ DIÓSZEGI M. 2008. Dendrológia kertészmérnök és tájépítész BSc hallgatók részére. Tanulmányi segédlet. BCE KETK Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék
45. SIMON T. 1992. A magyarországi edényes flóra határozója. Budapest, Nemzeti Tankönyvkiadó
46. SÜTÖRINÉ DIÓSZEGI M. 2005. Kézenböltés különböző alany-nemes kombinációkkal a *Cupressaceae* családban. Doktori értekezés, BCE KETK
47. SOÓ R. 1965. Fejlődéstörténeti Növényrendszertan. Budapest. Tankönyvkiadó
48. SZABÓ I. Erdészeti Lapok 2010. július- augusztus. Budapest. 145. évf. 7-8 szám
49. SZALAI I. 1994. A növények élete I. Szeged. JATEPress

50. SZALLER V. 2010. Az épített környezetben élő fák állapotleromlásának biotikus és abiotikus okai.
Budapest. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék
51. TANG Y., ZHUGE R. 1996. Geographical distribution of *Tilia* Linn. Beijing. *Acta Phytotaxonomica Sinica*
52. TÓTH I. 1969. Díszfák, díszcserjék. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
53. TERBE I., SLEZÁK K., KAPPEL N. 2011. Kertészeti és szántóföldi növények fejlődési rendellenességei.
Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
54. TERPÓ A. 1987. Növényrendszertan az ökonómbotanika alapjaival II. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
55. TERPÓ A. 1978. A fák és a város. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
56. TÓTH I. 1969. Díszfák, díszcserjék. Budapest. Mezőgazdasági Kiadó
57. UDVARDY.2000. A Kertészeti növénytan Növényismereti Kompendiuma. Szent István Egyetem
Kertészettudományi Kar, Növénytani tanszék, Soroksári Botanikus Kert
58. UDVARDY.2008. A Kertészeti növénytan Növényismereti Kompendiuma. Budapesti Corvinus Egyetem
Kertészettudományi Kar

9. MELLÉKLETEK

1.Melléklet: Az LCi készülék által mért összes paraméter:

Rövidítés	Jellemző	Mértékegység	Típus	Határértékek
Uset	kívánt moláris levegő áramlási ráta	$\mu\text{mols s}^{-1}$	G	68-341
Us	egységnyi levélterületre vonatkoztatott áramlás	$\mu\text{mols m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Ca	-
P	légnomás	mBar	M	600-1100
Rb	határellenállás vízre nézve	$\text{m}^2 \text{s mol}^{-1}$	G	0,1-9
rb set	határellenállás teljesátáramlás esetén	$\text{m}^2 \text{s mol}^{-1}$	G	0,1-9
C'an	CO ₂ szint (hígítással korrigált)	vpm	M,Co	0-2000
^C	CO ₂ változás (Cref - C'an)	vpm	Ca	+/-2000
Cref	referencia CO ₂ szint	vpm	M,Co	0-2000
Ci	szubsztomatális CO ₂ szint	vpm	Ca	0-2000
Hfac	H faktor - energia konverziós faktor			0,1-1
e'ad	H ₂ O szint, hígítással korrigált	mBar	Ca,Co	0-75
w'ad	H ₂ O szint, hígítással korrigált	%RH	Ca,Co	0-100
^e	H ₂ O változás (w'an-Wref), parciális nyomás	mBar	Ca	+/-75
^w	H ₂ O változás (w'an-Wref), %RH formában	%RH	Ca	+/-100
Eref	H ₂ O referencia, parciális nyomás	mBar	Ca,Co	0-75
Wref	H ₂ O referencia %RH formában	%RH	M,Co	0-100
Area	vizsgált levélterület	cm ²	G	0,1-100
Tch	mérőkamra hőmérséklete	°C	M	-5 - +50
u	ASU tömegáramlás (mért)	$\mu\text{mol s}^{-1}$	M	68-341
Trw	mérőablak transzmissziós faktor		F,G	0,25-1
tleaf	levélfelület hőmérséklete	°C	M,G	-5 - +50
Q	P.A.R. a mérőablaknál	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	M	0-3000
Qleaf	P.A.R. a levélfelszínen	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Ca	0-3000
A	fotoszintetikus ráta	$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Ca	0-100
gs	sztóma vezetőképesség CO ₂ -ra	$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Ca	0,00-1,00
rs	sztóma ellenállás CO ₂ -ra	$\text{m}^2 \text{s mol}^{-1}$	Ca	0-100
E	transzspirációs ráta	$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Ca	0-1
[cab]a	a CO ₂ infravörös elnyelése	%		0-40

[w]a	alap H ₂ O szint beolvasás	A/D számítva		
[cab]r	referencia CO ₂ infravörös elnyelése	%		0-40
[w]r	alap H ₂ O referencia beolvasás	A/D számítva		
[c]z	alap CO ₂ zéró beolvasás	A/D számítva		
Wflux	nettó H ₂ O kicserélési ráta	Mmol m ⁻² s ⁻¹	Ca	
Ce	talaj párolgás	vpm	Ca	
NCER	nettó CO ₂ kicserélési ráta	μmol m ⁻² s ⁻¹	Ca	0-100

A „Típus” oszlop rövidítései :

Ca = számított érték

Co = korrigált érték

F = Faktor (kísérletileg megállapított érték)

G = megadott érték, például a felhasználó által

K = konstans (fizikai vagy tudományos)

M = mért alapértékek (az LCI szenzorai által)