

SZAKDOLGOZAT

Megyerei Nóra

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Kertészeti Technológiai Intézet
Kertészmérnöki alapképzési szak

**Magyarország történelmi *Ginkgo biloba* egyedeinek összehasonlító
elemzése**

Belső konzulens: Dr. Orlóci László
Tudományos
főmunkatárs/kutatócsoport vezető
Dísznövénytermesztési és
Zöldfelületgazdálkodási
Kutatócsoport, Településtervezési és
Díszkertészeti Intézet

Készítette: **Megyerei Nóra**

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	1
Bevezetés és célkitűzések	2
Bevezetés	2
<i>Ginkgo biloba</i> történelmi áttekintése	2
Magyarország történelmi <i>Ginkgo biloba</i> egyedeinek bemutatása	3
Az elemzés célja	3
Szakirodalmi áttekintés	4
Irodalmi források ismertetése	4
Anyag és módszer	22
Anyagok ismertetése	22
Módszerek ismertetése	26
Levélfelület-mérés.....	26
Sztómaszám vizsgálat	26
Levelek klorofill (a+b) és karotinoid tartalma (µg/g)	29
Az eredmények statisztikai elemzésének módszere	31
Az eredmények és értékelésük	32
Saját vizsgálatok eredményei.....	32
Levélfelület-mérés.....	32
Sztómaszám vizsgálat	35
Levelek klorofill (a+b) és karotinoid tartalma (µg/g)	37
Következtetések	39
A saját vizsgálatokból levonható következtetések bemutatása.....	39
A kapott eredmények további hasznosítására, kiegészítésére tett javaslatok	39
Összefoglalás	40
Irodalomjegyzék	42
Táblázatjegyzék/Ábrajegyzék	44
Mellékletek	46
Köszönetnyilvánítás	47

I. Bevezetés és célkitűzések

I. 1. Bevezetés

A Ginkgo biloba a Ginkgoaceae családba tartozik, nincs szoros rokoni kapcsolatban egyetlen más ma élő növényvel sem. A nemzetségnév a japán „ginkyo” kifejezésből ered, ami ezüst sárgabarackot jelent, míg a „biloba” fajnév a levél két karéjára utal.

Évmilliókon át tartó túlélését genetikai tulajdonságainak köszönheti, melyek által nagy ellenállóképességgel rendelkeznek a betegségekkel és szennyezésekkel szemben. (Bilia, 2002) Bár a *Ginkgo biloba* teljes napfényben fejlődik a legjobban, képes erre rossz fény- és tápanyagellátottsági viszonyok mellett is. Ezen tulajdonságai teszik alkalmassá parkok, utak és utcák fásítására. (Del Tredici, 2000) Nyitvatermő, lombhullató, kétlaki fa, magassága 20-35 m, legyező alakú levelei ősszel élénksárgára színeződnek. (Bilia, 2002) Éves levélmegújulása ellenére is hosszú életű faj. (Duarte et al., 2013) Termésszerű magjának külső húsos burka éréskor vajsav-tartalma miatt kellemetlen szagot áraszt, ezért dísznövényként inkább a hímivarú egyedeket használják. (Bilia, 2002) Morfológiáját az állandóság jellemzi, megjelenése óta szinte semmilyen változás nem történt benne. Filogenetikai helyzetéből adódóan a *Ginkgo biloba* genomja fontos információval szolgál az evolúció, valamint számos kihalt növény megértését illetően. (Chen et al., 2021)

***Ginkgo biloba* történelmi áttekintése**

A Ginkgo nemzetség a kréta földtörténeti időszakában érte el legnagyobb mértékű diverzitását (Del Tredici, 2000). Ebben az időszakban legalább 16 másik nemzetség létezett még a Ginkgón kívül (Zhou et al., 2020), ám később, az erőteljesebb lehűlések eredményeképp változni, csökkenni kezdett ezek elterjedése, változatossága, mert az új körülmények nem feleltek meg az ökológiai igényeiknek. (Del Tredici, 2000) Végül csak egy faj, a *Ginkgo biloba* maradt fenn, az egyik legidősebb ma is élő növényfaj. Több, mint 270 millió éves múltja miatt „élő kövületnek” is nevezik. (Jacobs, Browner, 2000) Egyes kutatók ősenek a Ginkgo adenoides nevű fajt tartják, mert leveleik és női ivarsejtjeik hasonlóak.

Természetes élőhelye Kína, Japán és Korea, azonban Kína keleti, hegyes völgyeiről származik. A 18. századig a növényről szerzett ismeretek forrása Kínára korlátozódott, az első egyedek csak 1730 körül kerültek Európába. Kínában a mai napig nagy jelentőséget

tulajdonítanak a páfrányfenyőnek, számos ezer évnél is idősebb egyedek találunk templomok környékén. (Singh et al., 2008)

Magyarország történelmi *Ginkgo biloba* egyedeinek bemutatása

Kutatásomhoz Magyarország déli részén található idős *Ginkgo biloba* egyedeket választottam. Ezek Pécs, Sellye, Kiskunfélegyháza, Dunaszekcső, Zomba, Baja és Karapancsa települések területén helyezkednek el.

Pécsett a Zsolnay-Negyedben élő fát Zsolnay Júlia ültette az 1800-as évek végén, és feltételezhető, hogy magja Ázsiából származik. Védett területen, a Zsolnay-Negyed parkjában található. A sellyei arborétum területén lévő idős *Ginkgo* egyedek az 1800-as évek közepén ültethették, 1998-ban nyilvánították védetté. Az arborétum a Draskovich-kastély körül terül el. Kiskunfélegyházán a mai Petőfi Emlékház területén található egy közel 200 éves *Ginkgo* fa, amely helyi védettségű táji érték. Feltételezhető, hogy Boczonádi Szabó Sándor ültette a fát, szintén az 1800-as évek közepe felé, amikor új polgárházat emeltetett az egykor Petrovicsék által bérelt lakóház helyére. A dunaszekcsői általános iskola, mely korábban báró Bésán János kastélya volt, az 1870-es évek körül épült. Udvarán egy több mint 100 éves *Ginkgo* található, az épülethez közel. (Orlóci et al. 2023) Zombán, a Spitzer kastély kertjében úgyszintén van egy idős egyed, ez az épület óvodaként működik napjainkban. Az épület helyi egyedi védelem alatt áll. A bajai Bereczki Máté Élelmiszeripari és Mezőgazdasági Szakképző Iskola és Sportiskola udvarán is él egy idős fa. Karapancsa Hercegszántó külterülete, ahol a Karapancsai Kastély és Major található, mely a Gemenc Zrt. részét képezi. Kertjében erdei hangulat uralkodik, ebben a környezetben lelhető fel egy *Ginkgo* egyed, a sétány elején.

Az elemzés célja

A felsorolt történelmi egyedek összehasonlítását morfológiai, mikromorfológiai és klorofill vizsgálatokkal végeztem.

1. Levélfelület-mérés
2. Sztómák számának mérése
3. Klorofillvizsgálat

II. Szakirodalmi áttekintés

II. 1. Irodalmi források ismertetése

A *Ginkgo biloba* levelei egyszerűek, simák, karéjosak. Oldalai egyenesek vagy kissé homorúak, a levélsúcs hullámos. A kiemelkedő levélerek az adaxiális oldalon (a levél színe) sugárirányban helyezkednek el a levélalaptól kiindulva. A zöld, kétoldalú levélnyél halványabb az abaxiális oldalon (a levél fonáka). A levélhullás előtt ez néha mélysárga színűvé válik, csakúgy, mint a levél többi része. Az erek villás elágazásúak, a csúcsot elérve nagyjából 192 található belőlük. A floémában és a chlrenchymában izolált kalcium-oxalát kristályok találhatóak. (Cargo et al., 2000)

Niklas és Christianson 2011-ben *Ginkgo biloba* levelek területének és tömegének mérése közötti különbségeket tanulmányozták, és ennek jelentőségét a fajlagos levélfelület vizsgálatában. A levéllemez felületének (A) és száraztömegének (M) hányadosa a fajlagos levélfelület (SLA). Ez az érték a kifejlett levelekre vonatkozik és összefüggésben van a növény növekedési sebességével, és a taxonok között az élőhelyi preferencia és számos abiotikus ökológiai tényező függvényében változik. A levelek fejlődése a levéllemez felületének és száraztömegének változásával is jár.

A levelek széleskörű, morfológiailag felépített mintavételezése 642 levél alapján készült. Kimutatták, hogy a *Ginkgo biloba* hosszú- és rövidhajtásain lévő, a termős és porzós fák lombkoronáinak juvenilis és reprodukzív részeiben tizenhárom morfológiailag különböző kategóriát alkotnak.

Niklas és Christianson tanulmányukban a *Ginkgo* levelek sokféleségét úgy elemezték, hogy megvizsgálták a levelek felülete és száraztömege közötti különbségeket a kifejlett levelek mind a tizenhárom kategóriájában. Mivel a fák osztályozhatók nemük szerint, a lombkoronák termékeny vagy juvenilis ágakat hozó részei szerint, az ágakon belül rövid- és hosszúhajtások szerint és a hosszúhajtásokon a levelek elhelyezkedése szerint, így a *Ginkgo* nagyszámú adatot nyújt más növényekkel való összehasonlításhoz.

Vizsgálatukhoz két porzós és két termős fáról gyűjtöttek mintát úgy, hogy a levelekről feljegyezték, hogy a fák termékeny vagy juvenilis részeiről származnak-e, továbbá azt is, hogy hosszú- vagy rövidhajtáson fejlődtek-e. Ezen kívül a hosszúhajtásokról származókat további három csoportba osztották aszerint, hogy a hajtás tövénél, csúcsán, vagy megnyúlt részén helyezkedtek el. Összesen 18 hosszúhajtást, 12 porzós és 12 termős rövidhajtást, 11 rövidhajtást

fejlődő maggal és 12 fejlődő mag nélküli rövidhajtást gyűjtöttek a lombkoronák termékeny részeiből, amely végül 642 levelet biztosított.

A hajtásokról leválasztották a leveleket, majd eltávolították a levélnyelet, és megmérték a levelek felületét LiCor levélfelület-mérővel, illetve száraztömegét mikrogrammos mérleggel. A szárítás során a levelek zsugorodása a különböző kategóriákban egyenletes volt, így nem befolyásolta az összehasonlítást.

Eredményeik alapján a kétféle, jellemzően félhold alakú levéllemez, melyek a rövidhajtásokról, illetve a hosszúhajtások alapi részéről származtak, méreteiket tekintve hasonlóak voltak a porzós és a termős fák lombkoronáinak termékeny részén, viszont ez utóbbi juvenilis részein statisztikailag eltérő eredményeket kaptak. Ebből az következik, hogy a félhold alakú levéllemezek nem egyformák minden esetben.

A termős fák juvenilis részein, a hajtáscsúcsához közelebbi részen és a hosszúhajtások megnyúlt részein fejlődött levelek nem különböztek egymástól, ahogyan a mag nélküli és magot hordozó rövidhajtásokról származó levelek sem. Azonban szintén a termős fákon, viszont ezek termékeny részeinek hosszúhajtásain lévő hajtáscsúcsához közeli és a hajtás megnyúlt részén fejlődő levelek különböztek egymástól.

A levélmorfológiát tekintve, mint a rövidhajtások levelei, úgy a hosszúhajtások alapi részein fejlődő levelek is általában félhold alakúak. A levelek, melyek a hosszúhajtások alapi részén növekedtek, mind a juvenilis, mind pedig a termékeny részeken, más méretűek, mint azok, amelyek ugyanezen részek rövidhajtásain fejlődtek.

A termős fák lombkoronáinak szaporodó részein lévő rövidhajtások leveleinek felülete és száraztömege nem tér el attól függően, hogy magot nevelő vagy mag nélküli a rövidhajtás. Azonban eltérést mutatnak a fajlagos levélfelület értékeket tekintve.

A fajlagos levélfelület a levelek tulajdonsága, de azt, hogy mennyi levél fejlődik, a hajtás determinálja. A vizsgálat alapján elmondható, hogy jelentős eltérések figyelhetők meg a különböző hajtásokon, attól is függően, hogy a lombkoronán belül hol helyezkednek el. (Christianson, Niklas, 2011)

Klimko és társai a levél morfológiájával és felépítésével kapcsolatos kutatásokat végeztek 2013-ban 21 termesztett fajtán, illetve két (egy hímvirú és egy nőivirú) *Ginkgo biloba* klónon. A leveleket hosszú hajtásokról gyűjtötték a Dendrológiai és Faiskolai Tanszéken, a poznaí egyetemen, Lengyelországban. Vizsgálatukhoz fénymikroszkópot és pásztázó elektronmikroszkópot (SEM) használtak. Nyolc morfológiai tulajdonságot elemeztek

a leveleken, beleértve a levéllemez és a levélnyelet is. A kutatás kimutatta, hogy jelentősebb különbségek voltak az egyes fajták levelei között, így a levéllemez és levélnyel hosszában, illetve a levéllemez szélességében, mint azt eddigi publikációk közölték volna. A kutatási eredmények felhasználhatók más *Ginkgo biloba* fajták azonosítására, valamint az epikutikuláris jellemzők hasznosak lehetnek fosszilis levelek osztályozásához.

Eddig mintegy 200 *Ginkgo* fajtát választottak ki és írtak le. Ezek különböznek az alapfajtól a levelek alakjában, méretében, színében, ritkábban pedig a koronahabitusukban is.

A *Ginkgo* levelek attól függően különböznek egymástól, hogy milyen hajtásokon fejlődnek. A hosszú hajtásokon a levelek egyesével nőnek. Alapjuknál ék alakúak, és általában a levéllemez közepén egy bemélyedés található, aminek mélysége függ a növény korától. A rövid hajtásokon általában 3-7 levél helyezkedik el egy csokorban.

Klimko és társai tanulmányának hipotézise az volt, hogy a *Ginkgo biloba* fajták és klónok változatosabbak, mint ahogyan arról korábban a szakirodalomban beszámoltak. Céljuk volt a 21 fajta és 2 klón levélmorfológiájának változatosságának leírása, valamint a levélnyel és a levéllemez anatómiájának és a levéllemez mikromorfológiájának dokumentálása. A vizsgált fák korukban nem különböztek egymástól, mindet 20 éve nevelték hasonló élőhelyi körülmények között.

Mindegyik példányt 30 véletlenszerűen gyűjtött levél képviselt, melyeket 2013-ban gyűjtöttek. A levéllemez hosszát a leghosszabb rész kezdetétől annak csúcsáig, szélességét pedig a levéllemez legszélesebb részén mérték. A levélnyel hosszúságát a levéllemez alapjáig mérték, ott, ahol annak szélességét is.

A kapott eredményeknek számtani átlagot és szórást mutattak, az összes említett morfológiai jellemző szerint. Ezeket aztán egyszempontos varianciaanalízissel elemezték mindegyik morfológiai tulajdonság esetében, a fajták közötti különbségek meghatározására.

A teljesen megszárított levelekről mikrofelveleket készítettek egy EVO 40 típusú SEM elektronmikroszkóppal. A megfigyelés előtt az előkészített anyagot 15 másodpercig porlasztották arannyal egy SCB 050 ionporlasztó berendezéssel. Az egyes taxonokból 5-5 levelet vizsgáltak az epidermisz adaxiális és abaxiális helyzete, illetve a viasz és a kutikula szerkezete alapján. A folyamatot minden levélről tíz mikrofotóval dokumentálták.

Az élő anyagot 70%-os alkoholban tartósították az anatómiai vizsgálatokhoz. Hús, 50 µm vastagságú, keresztirányú metszetet készítettek mikrotómmal, minden egyes levélnyélből és a levéllemezek közepéből. Ezeket aztán glicerín-zselatinba ágyazták és fénymikroszkóppal

(Olympus BX 43) vizsgálták, lucida kamera segítségével. A levélnyel és a levéllemez vastagságát az adaxiális és abaxiális felület között mérték, valamint a levéllemez erezett és erezetlen részén.

A vizsgált 23 taxon hosszú hajtásából származó leveleket mind az alak, mind pedig a méret tekintetében nagy változatosság jellemezte. Leghosszabb levéllemeze az amerikai 'Saratoga' és a lengyel 'Mieszko I' fajtának volt. Ezzel szemben a legkisebb és legrövidebb levéllemezzel két lengyel fajta rendelkezett, a 'Władysław Łokietek' és a 'Stefan Batory'. A többi taxonon belül a levéllemezek hossza hasonló volt, átlagosan 50 és 65 mm közötti értékkel. (1. ábra)

A legkeskenyebb levéllemezt a 'Kořinek' fajtánál figyelték meg, a többi taxoné kétszer, vagy akár négyszer is szélesebb volt. Legszélesebbek ezek közül a 'Bolesław Chrobry', a 'Jagiello' és a hímivarú klón voltak. A 'Bolesław Chrobry' rendelkezett ezen kívül a legnagyobb levéllemezfelülettel, levelei erősen hullámosak voltak. A 'Jadwiga' nőivarú fajtánál a levéllemez kis mérete a levelek szerkezetéből adódik, melyek mélyen karéjosak, keskenyek és a levél vállánál ék alakúak. (1. ábra)

A levéllemez bevágása nagyon változatos tulajdonságnak bizonyult. Fajtatól függően a kínai 'Pendula' és a 'Fastigiata' fajtáknál ez a tulajdonság 0 és 6 cm között mozgott, míg a nőivarú klón és a 'Saratoga' fajtáknál ez az érték 8 cm volt. (1. ábra)

A levéllemez közepén átlagosan 4-9 levélér helyezkedett el, amelyek közti átlagos távolság 0,7 és 1,3 mm között változott. A Ginkgo levélnyel hossza még az egyes taxonokon belül is különbözött, hossza 2-től közel 10 cm-ig terjedt. A '10-98' és a 'Jan III Sobieski' fajtáknak volt a leghosszabb, a 'Stefan Batory' és a 'Władysław Łokietek' fajtáknak pedig a legrövidebb a levélnyelük. Ennek szélessége a levélalpnál 1,3 mm és 2,7 mm között változott átlagosan. (1. ábra)

Az adaxiális epidermiszben az erek feletti epidermiszsejtek három rétegben helyezkednek el, keskenyek, megnyúltak és hegyes végűek. A legtöbb fajtánál nem voltak sztómák a levelek színén, kivéve a 'Jan III Sobieski' fajtát és a nőivarú klónt, ahol találtak néhányat. A kutikula felülete minden taxon esetében sima volt, ez alól képzett kivételt a 'Bolesław Chrobry' fajta.

Az abaxiális epidermisz esetén is az erek feletti epidermiszsejtek hosszúkásak voltak, hegyes vagy szögletes végűek, de 3-5 rétegben voltak jelen. A sztómák véletlenszerűen helyezkedtek el, melyeket egy gyűrűs fal vett körül, ami segédsejtekből épült fel. Itt a kutikula

felülete simacsíkos volt a 'Bolesław Chrobry', a 'Jagiełło', a 'Jan III Sobieski', a hímvárú klón, a 'Kořinek', a 'Mieszko I', a belgiumi 'Pendula', a 'Saratoga', a 'Stefan Batory', a 'Variegata' és a 'Władysław Łokietek' fajták esetében, míg a többinél sima.

A levélnyelek körvonala félgömb alakú, adaxiálisan lapított, enyhén homorú, az abaxiális oldalon pedig lekerekített, egyenes vagy enyhén hullámos. Vastagsága a középső részen átlagosan 984,4 μm ('Stefan Batory') és 2321,3 μm ('Bolesław Chrobry') között mozgott.

A levélnyelek epidermiszsejtjeit vastag epikutikuláris réteg (a kutikula felső rétege) borította. Ezeknek átlagos vastagsága az adaxiális oldalon 3,1-5,4 μm , az abaxiális oldalon pedig 2,9-5,9 μm volt. Az adaxiális és az oldalsó részen kis gyakorisággal helyezkedtek el sztómák, elszórtan.

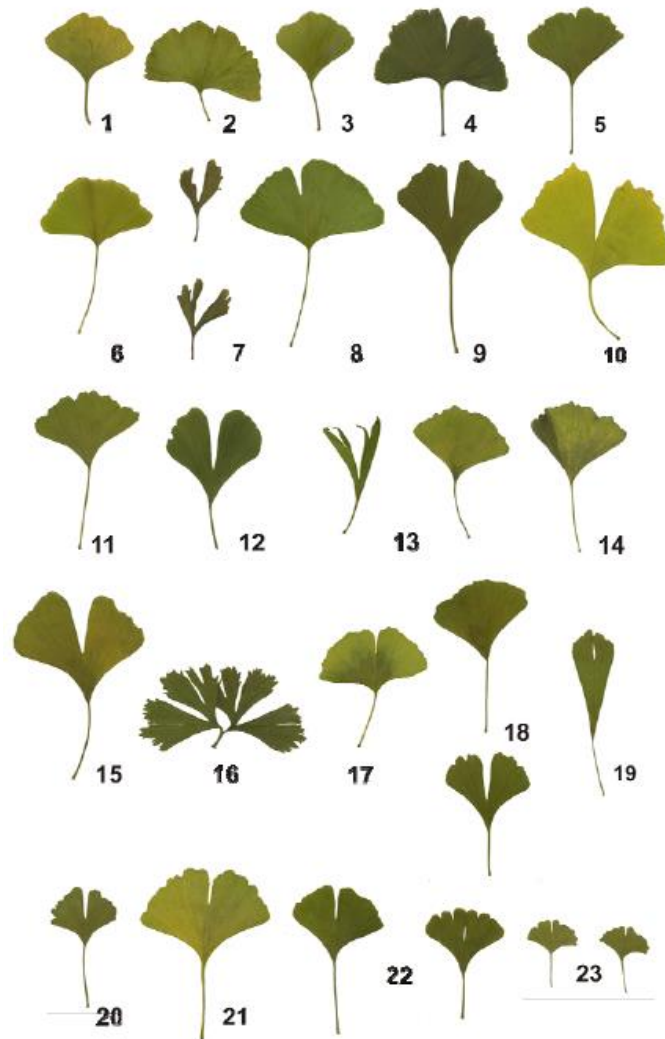
A levéllemez esetében az összes taxonnál a kutikula a fonákon vastagabb volt, mint a színén (kivéve a 'DFS' fajtánál). Az epikutikuláris réteg átlagos vastagsága az adaxiális oldalon 3,3-5,3 μm , az abaxiális oldalon pedig 4,2-6,5 μm volt.

A levél epidermisze minden taxon esetében egyrétegű volt, azonban jelentős különbségeket észleltek ezek vastagsága között. A levél színén ennek értéke 15,9 μm ('Przemysław II') és 25,5 μm ('Jadwiga'), míg a levél fonákján 14,5 μm ('Hunan') és 25,9 μm ('Bolesław Chrobry') között mozgott. Nem volt összefüggés az epidermisz és a levéllemez vastagsága között, a taxonok mind eltértek egymástól, ezen értékek tekintetében. A levéllemez felszíne a keresztirányú metszeten mindkét oldalon majdnem sík volt, mint például a 'Kořinek' fajta esetében és kissé hullámos a 'Jagiełło' és a 'Bolesław Chrobry' fajtánál.

A vizsgálat rámutatott arra, hogy a levél általános morfológiája hasznos információ a fajták azonosításához. A taxonok anatómiai és epidermális jellemzői diagnosztikus jellegűek a nemzetségre nézve. Az összes fajta levelének felülete sima volt, a levélalap és a levélnyél közepén az adaxiális oldalon viszont szőröket találtak néhány fajtánál. A levelek mindkét oldalát viasz borította.

1. ábra: A vizsgált *Ginkgo biloba* fajták leveleinek makroszkopikus jellemzői. '10–98' (1), 'Bolesław Chrobry' (2), 'DFS' (3), 'Fastigiata' (4), 'Gui-Zhi' (5), 'Hunan' (6), 'Jadwiga' (7), 'Jagiełło' (8), 'Jan III Sobieski' (9), 'Kazimierz Wielki' (10), male clone (11), female clone (12), 'Kořinek' (13), 'Mieszko I' (13), 'Pendula' (from Belgium) (15), 'Pendula' (from China) (16), 'Profesor Łukasiewicz' (17), 'Przemysław II' (18), 'Saratoga' (19), 'Stefan Batory' (20), 'Tabulaeformis' (21), 'Variegata' (22), 'Władysław Łokietek' (23)

(Forrás: Klimko et al., 2015 nyomán)



Kimutatták, hogy a ginkgolevél fonáka több diagnosztikai értékű jellemzővel rendelkezik, mint a színe. Klimko és társainak 2015-ös eredményei alapján az egyes termesztett növények jól azonosíthatók a leveleik mérete és alakja, valamint az erek körvonalai alapján, azonban csupán epidermiszük mikromorfológiája nem ad biztos pontot ebben, mert az nagyon hasonló volt a taxonok között, és nem találtak olyan jellemzőt a vizsgált fajtákon, ami diagnosztikai értékű lett volna.

Egyes Ginkgo fajták leveleinek mikromorfológiája és felépítése új, hasznos információkkal szolgált, mint például a kutikula szerkezete, a levélnyel és az epidermisz vastagsága. Az epikutikuláris tulajdonságok segíthetnek a fosszilis levelekben található kutikula töredékek azonosításában, és így további segítség lehet a faj megismerésében. (Klimko et al., 2015)

Egy másik vizsgálatban Dörken (2014) szintén vizsgálta a Ginkgo levelek morfológiáját és felépítését, a növény magjainak csírázóképeségével kiegészítve, majd összehasonlította más nyitvatermőkkel. Az eredmények azt mutatták, hogy egy hosszúhajtásról származó levelet szinte tökéletesen helyettesíteni képes egyetlen rövidhajtás teljes levélfelülete, amely tulajdonság szinte mindegyik lombhullató zárvatermőre jellemző, de hiányzik az összes többi lombhullató nyitvatermőnél. Ennek köszönhetően a Ginkgo valamilyen szinten olyan, mint a zárvatermők, mert a többi hajtásdifferenciált nyitvatermőnél ez az összefüggés nem létezik. Esetükben a rövidhajtás leveleinek felülete sokszorosa egy hosszúhajtáson fejlődő levélnek. A szikleví felépítésének vizsgálata és az eredmények összevetése más nyitvatermő családokkal (például az Araucariaceae, Pinaceae, és Taxaceae családok) bemutatta, hogy a Ginkgo földalatti csírázása reprezentálhatja egy föld felett fejlődő ősenek tulajdonságait, melynek sziklevelei részt vettek a fotoszintézisben. A *Ginkgo biloba* sziklevelei azonban mostanra csupán raktározási céllal rendelkeznek, annak ellenére, hogy még mindig tartalmaznak klorofillt és sztómákat a szikleví mindkét oldalán, akkor is, ha soha nincsenek fénynek kitéve.

A vizsgálatához *Ginkgo biloba* magokat egy szoliter fáról gyűjtött, ami egy konstanzi városi parkban nőtt. Az összehasonlításhoz szükséges másik nyitvatermőről származó magot pedig egy 40 éves *Abies pinsapo* egyedről szerezte be, ami a Bochumban található Ruhr Egyetem botanikus kertjében volt. Ezeket a magokat egy mérsékelt üvegházba vetették, a konstanzi egyetem botanikus kertjében. Júliusban egy, az ugyanezen botanikus kertben található, 20 éves *Ginkgo* egyed hosszú- és rövidhajtásairól is gyűjtött leveleket az anatómiai vizsgálatokhoz. Ugyanúgy, hosszú- és rövidhajtásokról származó leveleket gyűjtött a levélfelület méréséhez a Ruhr Egyetem botanikus kertjéből.

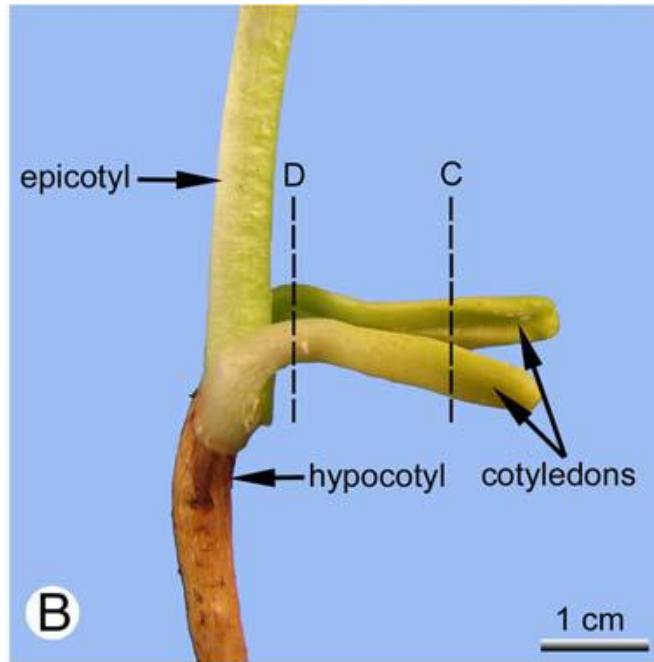
A frissen beszerzett magoncokat és leveleket lefényképezte, FAA-ban (100 ml FAA tartalmaz 90 ml 70%-os etanolt, 5 ml 100%-os ecetsavat és 5 ml 37%-os formaldehid oldatot) rögzítették, majd 70%-os etanolban tárolták. A leveleket paraffinos sorozatmetszetek segítségével vizsgálta, SEM elektronmikroszkóppal. Dörken 50 hosszú- és 50 rövidhajtásról származó levél felületét mérte.

A *Ginkgo biloba* magjai 2-3 cm hosszúak és 1-5,5 cm szélesek. Az érett magokban az endospermium erősen fejlett, az embrió két nagy sziklevível rendelkezik. Fejlődésének megfelelően többféle levelet fejleszt: szikleveleket, ezekből általában kettőt, ritkán hármat is, elsődleges leveleket és a később fejlődő leveleket, amelyek származhatnak hosszú- illetve rövidhajtásról. A hajtáscsúcsot erősen redukálódott rügypikkelyek védik.

A két, körülbelül 2 cm hosszú sziklelevél csaknem teljesen a magban marad. Ezek félhenger alakúak, lapos oldalukkal néznek egymás felé és soha nem egyesülnek. A hipokotil gyengén fejlett, az epikotil pedig erősen megnyúlt. A gyökér függőlegesen nő a talajba. (2. ábra)

2. ábra: A Ginkgo epikotilja, hipokotilja és sziklevelei. A két hipogeikus sziklelevél klorofillban gazdag

(Forrás: Dörken, 2014 nyomán)

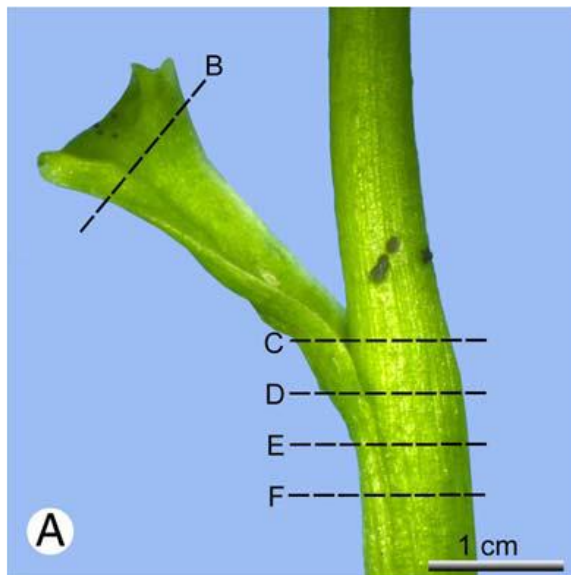


A sziklevelek epidermiszének nincs kutikulája és sejtfalai vékonyak. Abaxiális oldalukon az epidermiszsejtek lényegesen nagyobbak, mint az adaxiális oldalon lévők. A sziklevelek mindkét oldalán szabálytalanul helyezkednek el a sztómák, az abaxiális oldalon nagyobb sűrűséggel.

Az elsődleges levelek körülbelül 1-2 (akár 3) cm hosszúak és klorofillban gazdagok. Ez azonban hamar lebomlik a később fejlődő levelek kifejlődése után. A levél nagy részét a lapított levélnyél tölti ki. Gyengén fejlett kutikulája van. Az epidermiszsejtek mindkét oldalon vékonyfalúak és hasonló nagyságúak, méretűek. (3. ábra)

3. ábra: *Ginkgo biloba* elsődleges levele.

(Forrás: Dörken, 2014 nyomán)



A hosszúhajtásról származó később fejlődő levelek általában lényegesen nagyobbak, mint a rövidhajtáson fejlődők. Az 50 levélből számított átlagos felület hosszúhajtás esetén $50,5 \text{ cm}^2$, rövidhajtásnál pedig $28,3 \text{ cm}^2$. Egy rövidhajtáson általában négy levél található, és teljes levélfelülete $113,3 \text{ cm}^2$, tehát majdnem kétszer akkora, mint egyetlen hosszúhajtáson fejlődő levél felülete. A kétféle hajtás levelei nagyfokú változatosságot mutatnak a karéjosodás mértékét illetően.

A hosszúhajtás leveleinek levélnyele 2-5 cm, a rövidhajtáson lévőké pedig 1-4 cm hosszúságú. A benne található két érköteg nem különül el egymástól teljesen. A levélnyel és a levéllemez közti zónában viszont az érkötegek szétválnak, és külön-külön belépnek a két karéjba.

A hosszúhajtásról származó levelek vékony kutikula réteggel rendelkeznek. Az epidermiszsejtek sejtfalai is vékonyak és a levél mindkét oldalán hasonló alakúak és méretűek, csakúgy, mint az elsődleges levelek esetében. A rövidhajtás leveleinek morfológiája és felépítése hasonló a hosszúhajtás leveleiéhez, a korábbiak alapján csak méretükben különböznek.

Az összehasonlítás céljából kiválasztott *Abies pinsapo* magjai körülbelül 1 cm hosszúak és 0,5 cm szélesek. Magjai epigeikus csírázással rendelkeznek, azaz a föld felett csíráznak. A magban fejlődő embrió klorofillban gazdag.

A nyitvatermők többségének csírázása epigeikus, míg a *Ginkgo biloba* mellett még a cikászok és néhány túlevelű faj magja a föld alatt csírázik (hipogeikus). Ugyanakkor, az *Araucaria* nemzetségben mindkét csírázási típus előfordul, így az *Araucaria angustifolia* a föld alatt, az *Araucaria heterophylla* pedig a föld felett csírázik. Előbbi esetében a hipokotil csak gyengén nyúlik meg csírázás közben, ami hasonlóságot mutat a ginkgóval. Ezzel szemben az epigeikus *Araucaria heterophylla* hipokotilja erősen megnyúlik, csakúgy, mint a zöld sziklevek. Ezek bizonyos részei a magból kiszabadulva már részt vesznek a fotoszintézisben. A hipogeikus *Araucaria angustifolia* esetében valószínűleg a sziklevek fő raktározási funkcióját átvette a hipokotil, hogy a sziklevek az embriót tápanyagokkal lássák el elsődlegesen. (4. ábra)

A *Ginkgo biloba* esetében a fiatal embrió sziklevei és hipokotilja kisméretű. Az embrió érése során a sziklevek majdnem olyan hosszúak, mint a mag, de beágyazódva maradnak az erőteljesen fejlett endospermiumba. Ezek később, a mag csírázásának kezdetén indulnak növekedésnek.

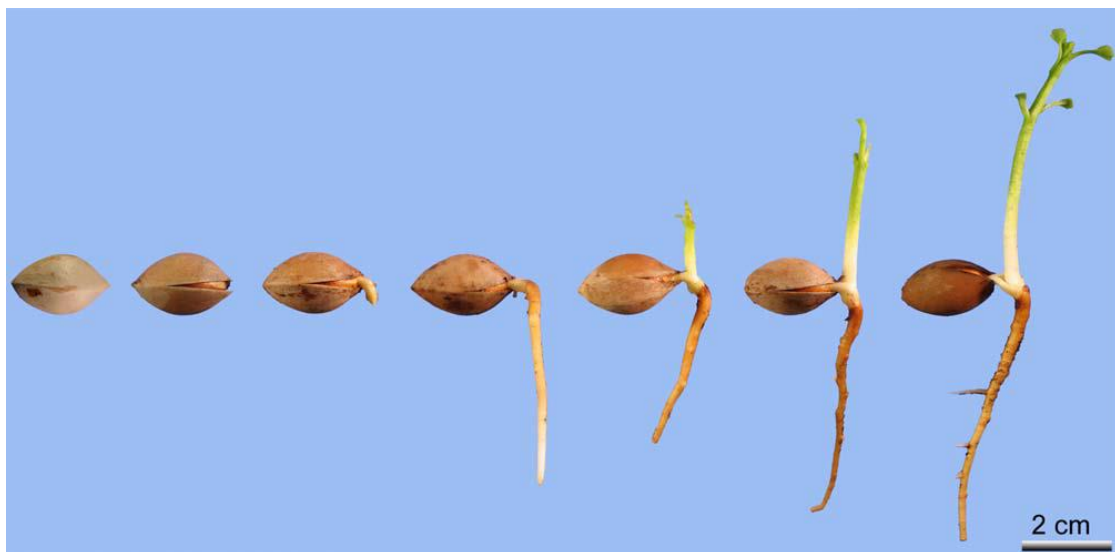
Az *Abies pinsapo* esetében a sziklevek disztális (alaptól távolabb eső) része hosszú ideig az endospermiumban marad, míg az alapi rész viszonylag korán kibontakozik. Az endospermiumban maradó disztális részek nagy hasonlóságot mutatnak a *Ginkgo* szikleveléhez.

Mindezek alapján Dörken arra következtetett, hogy a *Ginkgo biloba* hipogeikus csírázása egy olyan tulajdonság lehet, amely másodlagosan egy ősi, epigeikus csírázásból származik, ahogyan azt az *Araucaria angustifolia* esetében is feltételezik. Ebben az esetben az ősi *Ginkgo* magonc jól fejlett hipokotillal rendelkezhetett, így a sziklevek részt vehettek a fotoszintézisben, valamint tápanyagok felvételében az endospermiumból, mint például az *Araucariaceae* család epigeikus fajai és a *Pinaceae* család képviselői. Az evolúció során a hipokotil redukálódott és a sziklevek már nem bontakoztak ki, csupán raktározó funkcióval rendelkeztek. Ez lehetséges magyarázatként szolgál arra, hogy a hipogeikus sziklevek miért tartalmazznak nagy mennyiségben klorofillt, illetve a sztómák miatt fejlettek a levelek felületén, annak ellenére, hogy sosem éri őket fény. Ha a hipogeikus csírázás egy primitívebb tulajdonságot képviselne, akkor klorofill és sztóma nélküli szikleveket kellene tapasztalni. (4. ábra)

A *Ginkgo biloba* levelei májusban jelennek meg és októberben hullanak le. Az ilyen lombhullás ritka tulajdonság a ma létező nyitvatermők körében és csak néhány nemzetségben található meg. Korábbi vizsgálatok a lombhullás és a rövid- illetve hosszúhajtás differenciálódás között rávilágítottak arra, hogy ezek szoros kapcsolatban állnak a zárvatermők esetében. (Dörken, 2014)

4. ábra: A *Ginkgo biloba* hipogeikus csírázása. A két szikleveél csaknem teljesen a magban marad; a hipokotil gyengén fejlett; az epikotil erősen megnyúlt; a gyökér függőlegesen nő a talajba.

(Forrás: Dörken, 2014 nyomán)



Duarte és társai vizsgálatának (2010) alapja az volt, hogy összehasonlítsanak dél-amerikai és ázsiai *Ginkgo* egyedeket leveleik és száraik mikroszkópos felépítése alapján. Céljuk az volt, hogy kiderítsék, a környezeti tényezők (éghajlat és szennyező anyagok) milyen felépítésbeli különbségeket okozhatnak.

Apikális vegetatív ágakat vizsgáltak, melyek Dél-Amerikában (Curitiba, Brazília) és Ázsiában (Peking, Kína; Hirosima és Tokió, Japán) termesztett *Ginkgo biloba* egyedekről származtak. Ezeket Curitiba városából 2007 májusában, illetve Kínából és Japánból 2010 októberében gyűjtötték. Mindegyik helyszínen található egyed napfénynek, természetes és mesterséges pornak, valamint gépjárművek kipufogógázának volt kitéve.

A negyedik nódusztól kezdődő leveleket és a hajtástól 5-15 cm-re lévő fiatal száracokat FAA 70 17-ben rögzítették és 70%-os etanolban tárolták. A fénymikroszkópos vizsgálathoz csak részben tartós preparátumokat készítettek kézzel, keresztirányú és hosszanti síkban. A tartós preparátumokhoz levél- és szárrészeket dehidratáltak fokozatosan növekvő erősségi fokú

etanol-sorozatban, beágyazták ezeket szintetikus gyantába és rotációs mikrotóm segítségével készítették metszeteket. Ezután pásztázó elektronmikroszkópiát használtak.

Az összes minta hasonlóságot mutatott a levél felépítésében, azonban csak a hirosimai példányok leveleinek epidermiszén volt epikutikuláris viasz, annak mélyedéseiben. Fenolos vegyületek jelen voltak a chlorenchymában, az érkötegek körülöttei sejtekben és a szekréciós üregek epitéliumában. Ezen metabolitok koncentrációi szembetűnően hasonlóak voltak az ázsiai mintákban, és magasabbak a dél-amerikai mintákhoz képest. (5., 6. ábra)

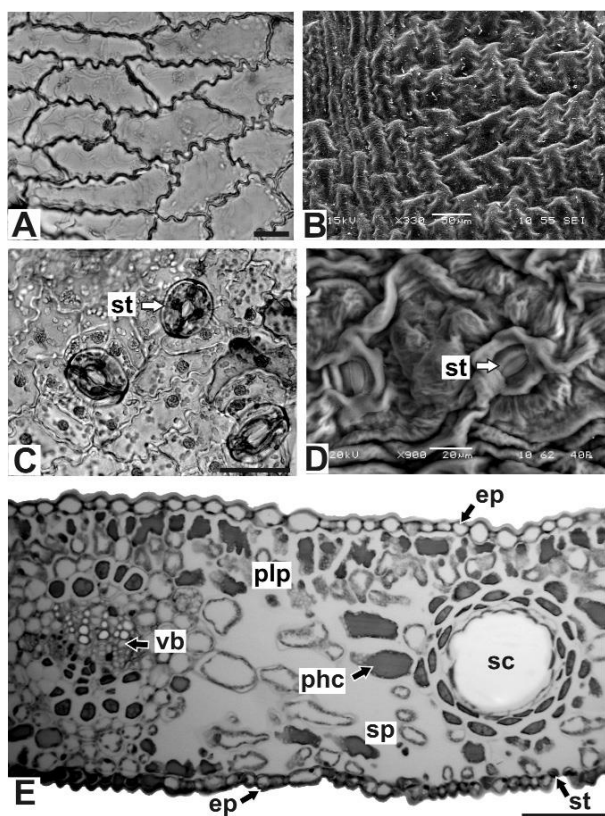
A levélnyelnek keresztmetszetben párhuzamosan domború körvonala van. A szár, kezdődő másodlagos fejlődésében kör alakú keresztmetszetű és egyrétegű, vastag kutikula borítja.

Az ebben a vizsgálatban leírt anatómiai tulajdonságok összehasonlíthatók más szerzők munkáival, akik ezzel a fajjal dolgoztak. Egy korábbi kutatásban azt állították, hogy minden Ginkgo levele egységesen viaszcsövekkel sűrűn borított, azonban ezzel kapcsolatos elváltozás késő nyárig-őszig nem tapasztalható. Duarte és társainak vizsgálata eltért ettől, hiszen ilyen epikutikuláris viasz csak a hirosimai egyedeken volt tapasztalható, annak ellenére, hogy a növényanyagot ősz közepén gyűjtötték. Egy másik tudományos publikációban megállapítottakkal ellentétben jelen vizsgálat azt mutatta ki, hogy a sztómák minden vizsgált egyeden azonos tulajdonságokkal rendelkeztek.

A növények fejlődésére hatással vannak az éghajlati tényezők, mint például a hőmérséklet és a vízellátottság, valamint a földrajzi adottságok, beleértve a földrajzi szélességet és a tengerszint feletti magasságot. A fenolos vegyületek mennyiségén kívül a többi tulajdonságban meglehetősen hasonló jellegeket mutattak a vizsgált egyedek. Az amerikai mintákban lényegesen kevesebb volt belőlük, bár nincs eltérés a csapadékmennyiséget, a hőmérsékletet és a légszennyezettséget illetően a japán és brazil termőhelyek között. A jelen kutatásban a japán minták azonos körülményeknek voltak kitéve, ami eltért a kínaitól, mert ez utóbbi kevesebb átlagos csapadékmennyiség, de magasabb légszennyeződés mellett fejlődött. Ugyanakkor ez nem befolyásolta a vizsgálat körülményeit. (Duarte et al., 2013)

5. ábra: *Ginkgo biloba* brazil egyedek levele. A., B. Az epidermisz adaxiális oldalának felülnézeti képe fény- és elektronmikroszkópban. C., D. Az epidermisz abaxiális oldalának felülnézeti képe fény- és elektronmikroszkópban. E. Keresztirányú metszet az érközi területről. ep: epidermisz, phc: fenolos vegyületek, plp: kurta parenchyma sejtek, sc: szekréción üreg, sp: szivacsos parenchyma sejtek, st: sztóma, vb: érköteg.

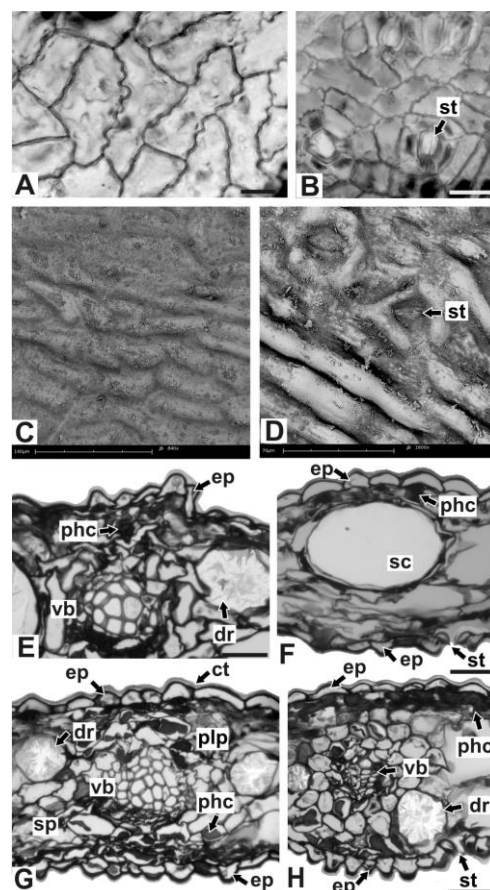
(Forrás: Duarte et al., 2013 nyomán)



6. ábra: *Ginkgo biloba* ázsiai egyedek levele.

A. Az epidermisz adaxiális oldalának felülnézeti képe fénymikroszkópban, Peking. B. Az epidermisz abaxiális oldalának felülnézeti képe fénymikroszkópban, Hirosima. C.,D. Az epidermisz adaxiális és abaxiális oldalai elektronmikroszkópban, Hirosima. E., G., H. Az epidermisz részletei, kalcium-oxalát kristályok és egy érköteg kis része. (E: Tokió, G: Peking, H: Hirosima), F. Szekréción üreg, Peking. ct: kutikula, dr: kalcium-oxalát kristályok, ep: epidermisz, phc: fenolos vegyületek, plp: kurta parenchyma sejtek, sc: szekréción üreg, sp: szivacsos parenchyma sejtek, st: sztóma, vb: érköteg.

(Forrás: Duarte et al., 2013 nyomán)



Christianson és Niklas 2011-es vizsgálatukban a fajlagos levélfelületet (SLA) használták a *Ginkgo* lombzatán belüli diverzitás feltárására. Mivel az egységnyi területre jutó tömeg hányadosa is egyfajta jellemző a levéllemezek morfológiáját tekintve, morfológusok, akik a levél felépítése és funkciója iránt érdeklődnek, hasznát vehetik a fajlagos levélfelületnek,

mint egy mennyiségi tulajdonság, ami bemutatja a morfológiai diverzitást egy-egy taxon lombzatán belül.

Összevetésként az *Acer rubrum* SLA mérésének eredményeit használták. A vörös juhar lombkoronáiban a fajlagos levélfelület csökkent, ahogy a fák mérete nőtt, amit a rövid- és hosszúhajtások számának eltolódásával hoztak összefüggésbe. Ez az eltérés teszi a fajlagos levélfelületet fontos morfológiai és fejlődési tulajdonsággá.

Az áttelelő rügyek fejlődésükben megállított lombsleveleket tartalmaznak, melyek tulajdonképpen egyformák a hosszú- és rövidhajtásokon, számukat és általános morfológiájukat illetően. Ez a hasonlóság egy lényeges következménye annak a megfigyelésnek, hogy a hajtások képesek egyik évről a másikra növekedésükben váltani, mint rövid- vagy hosszúhajtás. Leveleik érés kori alakja annak köszönhető, hogy azután teleltek át, hogy levéllemezeik fejlődésnek indultak.

A kutatás jelentős sokféleségről számol be a fajlagos levélfelületet illetően, amelyet 642 levélen vizsgáltak egy helyen termő, hasonló korú fákon. Az egy taxonon belül felmért diverzitás mértéke egy évszak alatt, egy helyen, óriási. Nemcsak a hosszú- és rövidhajtás levelei között vannak számottevő különbségek, hanem a lombzat juvenilis és reproduktív részei, illetve termést hozó rövidhajtások és azok közelében lévő termést nem hozó rövidhajtások között is.

A mintákat két-két reproduktív hím- illetve nőivarú *Ginkgo* fáról gyűjtötték a kaliforniai Hunt Hall egyetem mellől. A rövidhajtások hasonló korúak voltak és azonos átmérőjű ágakról származtak, a köztük talált különbségek tehát nem a korukból adódtak, hanem a juvenilis állapotból a reproduktív állapotba való áttérésből, ami számos fásszárú növénynél előfordul.

A minták gyűjtése 2009 kora szeptemberében történt. A nőivarú fák lombkoronáinak reproduktív részein voltak termést hozó, illetve nem hozó rövidhajtások is. Utóbbiak nem számítanak kis, juvenilis foltoknak a reproduktív részen belül, hanem a megporzás hiánya miatt nem hoztak magot.

Három ágat vágtak le a fák alsóbb részeiről, a talajtól 3-6 m-re. Az ágakat a déli oldalról gyűjtötték, így elkerülték a nap és árnyék okozta különbségeket. Mindegyik mintának szánt ágon volt egy abban az évben fejlődött hosszúhajtás (amelyek korábbi rövidhajtásból alakultak ki) és közvetlenül alatta fekvő többéves rövidhajtás. Ez a mintavételi stratégia biztosította, hogy a mintavételezett hosszúhajtások és a hozzájuk tartozó rövidhajtások hasonló fényviszonyokkal rendelkeztek. Egy kivétellel minden esetben a nőivarú egyedekről származó és a reproduktív

részen fejlődő rövidhajtásokból 2-2-t választottak ki, termést hozókat, illetve nem hozókat. A hímivarú, reproduktív és a juvenilis állapotban lévő nőivarú ágakról összesen két rövidhajtást választottak ki mintának. Ezek alapján tehát négy fa mintáit vizsgálták, mindegyikről 3-3 ágat. Így összesen 18 hosszúhajtást, 12 hímivarú egyedről származó rövidhajtást, 12 rövidhajtást a nőivarú fák juvenilis részeiről, 11 rövidhajtást terméssel és 12 rövidhajtást vizsgáltak termés nélkül, melyek közül két utóbbi a fák reproduktív részeiről származott.

A fajlagos levélfelületet az egyes levelek esetében külön-külön határozták meg. A Ginkgo leveleket tartósították a mérés előtt. A leveleket leválasztották a hajtásokról, majd préselés útján kiszáritották őket. Ezt követően a levélnyeleket eltávolították, a levéllemezek felületét egy LiCor levélfelület-mérővel, tömegüket pedig egy mikromérleggel mérték.

A préseléssel való szárítás közbeni zsugorodást általában minimálisnak feltételezik. Azonban Christianson és Niklas kísérletükben megmérték a szárítás során bekövetkező zsugorodást, ami a Ginkgo levelek esetében 8,1%-os volt.

A mintázott levelek eltérő értékeket mutattak az $\ln(SLA)$ (biológiailag egységes mérték az SLA értékének meghatározására) illetően, attól függően, hogy milyen ivarú fákról származtak, hol helyezkedtek el és a lombzat melyik részéről lettek gyűjtve. A hímivarú egyedek esetében az eltérő érési típusú, de átteleléskor fejlődésükben egyaránt megállított levelek egyforma eloszlást mutattak az $\ln(SLA)$ értékét tekintve. A nőivarú fák esetében azonban a lombzat mind reproduktív, mind pedig juvenilis állapotban lévő részeiről gyűjtött hosszú- és a hozzájuk tartozó rövidhajtások eltértek egymástól. A hosszúhajtások fajlagos levélfelülete folyamatos akropetális csökkenést mutatott.

A hímivarú egyedekről származó hosszúhajtások rendelkeztek a legalacsonyabb SLA értékkel. Legmagasabb értéket a nőivarú, reproduktív részek hosszúhajtásai mutattak, a juvenilis állapotban lévők pedig a két érték között helyezkedtek el.

Csakúgy, mint a hosszúhajtások esetében, a hímivarú fák lombzatából gyűjtött rövidhajtások is a legalacsonyabb fajlagos levélfelület-értékkel rendelkeztek. A nőivarú, reproduktív rövidhajtások nagyobbak voltak, mint a juvenilis rövidhajtások. A termést is hordozó rövidhajtások levelei összességében nagyobbak voltak, mint azok, amelyek nem rendelkeztek terméssel, ami azt mutatja, hogy a levelek részlegesen megnagyobbodtak a beporzás idején. A kutatás rámutatott arra, hogy a fajlagos levélfelület ugyanolyan fontos mennyiségi mértéke a Ginkgo levelek morfológiájának, mint a zárvatermők esetében.

Az eltérő érési típusú és a rügyekben áttelelt levelek hasonlóságot mutattak a fajlagos levélfelületet tekintve, de nem voltak egyformák. A hosszú- és rövidhajtások áttelelő rügyei azonos számú, előre meghatározott alakú leveleket tartalmaznak. Ha az aktuális vegetációs időszak körülményei azt eredményezik, hogy egy adott rügy hosszúhajtásként nő ki, akkor levelei, melyek egyébként rövidhajtáson lennének, a hajtás alapi részéhez legközelebb helyezkednek el. E két levéltípus között apró különbségeket figyeltek meg az $\ln(SLA)$ értékeiben.

Az eredmények alapján összességében a nőivarú egyedek leveleinek fajlagos felülete 131%-kal volt nagyobb, mint a hímivarú egyedeké. A nőivarú fák lombzatának reproduktív részein található levelek 183%-kal nagyobb SLA értékkel rendelkeztek, mint a juvenilis részéről származók. Mivel egyformán termékeny hímivarú fákat választottak a kor és méret okozta eltérések elkerülése érdekében, így a vizsgálat nem mutatta ki, hogy ezen fák juvenilis illetve reproduktív részein lévő levelek különböznek-e fajlagos levélfelületüket illetően, vagy ez a tulajdonság csak a nőivarú egyedekre jellemző-e.

A rövidhajtások levelei 175%-kal nagyobb fajlagos levélfelülettel rendelkeztek, mint a hosszúhajtások levelei. A termést hozó rövidhajtások SLA értéke 114%-kal volt nagyobb, mint azoké a rövidhajtásoké, amelyeken nem volt termés.

A fajlagos levélfelület morfológiailag strukturált felmérései a *Ginkgo biloba* és az *Acer rubrum* esetében azt mutatják, hogy a fel nem ismert morfológiai változatok növelhetik a taxonon belüli szórást annak tekintetében, hogy a fa milyen mértékben rendelkezik levelekkel. Az *Acer rubrum* méretbeli növekedése során, a teljes lombkoronájára vonatkozó, folyamatosan csökkenő fajlagos levélfelület vizsgálata szemléltette, hogy a hosszú- és rövidhajtások felosztásának szabályozása is része annak, hogy a fa hogyan rendelkezik a levelei felett. Christianson és Niklas kutatása rámutatott arra, hogy a hosszú- és rövidhajtások leveleinek SLA értékei közötti különbség nem kizárólag csak az *Acer rubrum* taxonára jellemző, hanem más kládokra is. Mindezek alapján a fajlagos levélfelület egy olyan morfológiai tulajdonság, amely legalább annyira hasznos, mint más egyéb mérések, melyek a levél alakját vagy méretét jellemzik. (Christianson, Niklas, 2011)

A *Ginkgo* nemzetséghez tartozó fosszilis levelek egyre inkább használatosak a mezozoikum és a harmadidőszak környezeti körülményeinek rekonstruálására, ezek sztóma- és szénizotópjellegei alapján. Sun és társai 2003-as kutatásukkal arra törekedtek, hogy egy biztosabb alapot nyújtsanak a nyilvántartott fosszilis növények közti különbségek megértéséhez. Ezt úgy valósították meg, hogy meghatározták a *Ginkgo biloba* napos és

árnyékos leveleinek morfortípusait a jelen szén-dioxid koncentráció és éghajlati viszonyok között, három kínai városban (Lanzhou, Peking és Nanking).

Az éghajlatnak nem volt jelentős hatása a levelek sztómás indexére (a sztómák aránya a levélfelületi sejteken belül), de a sztómák sűrűségének változását okozta. Az éghajlaton kívül a levelek morfortípusa sem váltott ki akkora reakciót a fákból, mint a szén-dioxid mennyiségének növekedése. A levelek szénizotóp értékei Nanking városában voltak a legmagasabbak, ahol a fák meleg és nyirkos körülményeknek voltak kitéve, a legszárazabb területen (Lanzhou) voltak viszont a legalacsonyabbak. A Kínából és az Egyesült Királyságból gyűjtött levelek változatai nagyon hasonlóak voltak a harmadidőszakból és a középidőből származó Ginkgo levelek epidermiszéhez, ami azt sugallja, hogy a levelek szénfelvétele és a vízveszteség szabályozása nagymértékben ugyanolyan maradt a *Ginkgo biloba* esetében, az évmillió év evolúciós változás lehetőségei ellenére is. (7. ábra)

A szén-dioxid-dúsítási kísérletek kimutatták, hogy az élő Ginkgo levelek sztómára vonatkozó jellemzői érzékenyek a szén-dioxid-koncentráció változására. Ez alapján használják leveleit arra, hogy rekonstruálják a gáz mennyiségét a harmadidőszakban, illetve a középidőben.

Az már ismert tény, hogy a lomboszat külső részein, a teljes napfényben fejlődő levelek magasabb számú sztómával rendelkeznek egységnyi felületen, mint azok, amelyek a korona belsejében helyezkednek el. A mikroklíma fejlődés közbeni változásaihoz kapcsolódóan különbségek vannak a napon és az árnyékos helyeken növő levelek élettanában; jellemzően a napon lévő levelek magasabb fotoszintetikus kapacitással rendelkeznek, függetlenül attól, hogy a fák melyik éghajlati régióban találhatók. (7. ábra)

A *Ginkgo biloba* leveleket 1999 augusztusában gyűjtötték ivarérett egyedekről. Három fát a lanzhou-i egyetem kampuszának nyitott területeiről, kettőt a pekingi földtudományi egyetemről, szintén kettőt pedig a nankingi geológiai és paleontológiai intézetről választottak ki. Húsz-húsz napon és árnyékos részen nőtt levelet vizsgáltak. A fák négy égtáj felé néző oldaláról öt-öt mintát gyűjtöttek.

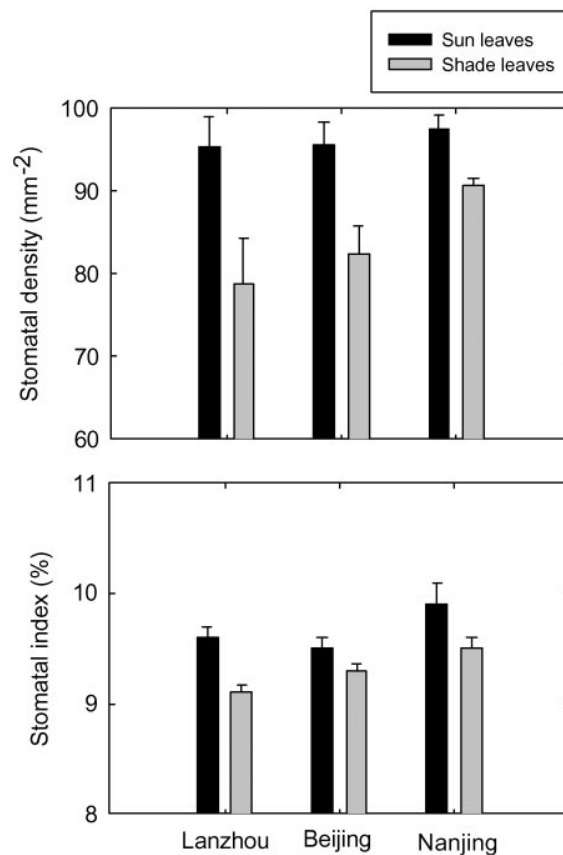
A kutatás eredménye azt mutatta ki, hogy a sötét oldalon fejlődött levelek sztómáinak jellege érzékenyebb a klíma változásaira, mint a napon lévőké, a sejtdifferenciálódás és rügyfakadás idején is. A kevesebb sztómával rendelkező levelek olyan fákon nőttek, amelyek szárazabb környezetben éltek. Több vizet voltak így képesek megtartani, alkalmazkodva a szárazabb körülményekhez.

A napos részeken nőtt levelek hasonló értékekkel rendelkeztek mindhárom területen (Lanzhou, Peking és Nanking) a sztómák számát és arányát illetően is, míg az árnyékos oldalon lévő levelek nagyobb változékonyságot mutattak. A sztómák aránya kevésbé tért el a két oldalon fejlődő levelek között, ami azt sugallja, hogy a különféle morfortípusokkal rendelkező fosszilis Ginkgo levelek esetében torz szén-dioxid-szint rekonstrukció történt. (7. ábra) (Sun et al., 2003)

7. ábra: Stomatal density (SD): egységnyi felületen a sztómák száma

Stomatal index (SI): a levél felületén lévő sejteken belül a sztómák aránya.

(Forrás: Sun et al., 2003 nyomán)



III. Anyag és módszer

III. 1. Anyagok ismertetése

A vizsgálatokhoz 7 különböző településről gyűjtöttem levelet. A leveleket minden esetben mind a négy főégtájról szedtem, külön megcímkézett műanyag zacskókba. Ezeket a vizsgálatok elvégzéséig fagyasztószekrényben tároltam, -20 °C-on.

A levelek gyűjtésén kívül helyszíni méréseket is végeztem. A fák magasságának méréséhez egy Suunto famagasságmérőt (PM-5/1520) használtam. Ez az eszköz két rögzített értékkel működik (15 és 20 méter), ami azt a távolságot jelenti, amilyen messze kell állnunk a mérni kívánt tárgytól ahhoz, hogy a megfelelő értékeket kapjuk. A mérés még nagyobb pontossága érdekében hozzáadtam 1-1 métert a mért értékekhez, tekintve, hogy álló helyzetben végeztem a méréseket. Ezen kívül egy 50 méteres kézi mérőszalaggal is megmértem a fák törzskörméretét.

Baja

8. ábra: Bajai *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 15 m

Törzskörméret: 247 cm

Ivari jelleg: termős

Helyrajzi szám: Baja 4389/8

Földrajzi szélesség (φ): 46°09'54,67"

Földrajzi hosszúság (λ): 18°57'25,26"

Tengerszint feletti magasság: 108 m

Gyűjtés időpontja: 2023. szeptember 20.

Dunaszekcső

9. ábra: Dunaszekcsői *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 18 m

Törzskörméret: 355 cm

Ivari jelleg: porzós

Helyrajzi szám: Dunaszekcső 732/2

Földrajzi szélesség (φ): 46°05'04,75"

Földrajzi hosszúság (λ): 18°45'36,12"

Tengerszint feletti magasság: 93 m

Gyűjtés időpontja: 2023. október 10.

Karapancsa

10. ábra: Karapancsai *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 17 m

Törzskörméret: 218 cm

Ivari jelleg: porzós

Helyrajzi szám: Hercegszántó 0408/1

Földrajzi szélesség (φ): 46°56'33,78"

Földrajzi hosszúság (λ): 18°51'54,53"

Tengerszint feletti magasság: 89 m

Gyűjtés időpontja: 2023.szeptember 22.

Kiskunfélegyháza

11. ábra: Kiskunfélegyházi *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 19 m

Törzskörméret: 326 cm

Ivari jelleg: porzós

Helyrajzi szám: Kiskunfélegyháza 3093

Gyűjtés időpontja: 2023. szeptember 8.

Pécs

12. ábra: Pécsi *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 18,5 m

Törzskörméret: 272 cm

Ivari jelleg: termős

Helyrajzi szám: Pécs I. kerület 40484

Földrajzi szélesség (φ): 46°04'40,92"

Földrajzi hosszúság (λ): 18°14'54,61"

Tengerszint feletti magasság: 141 m

Gyűjtés időpontja: 2023. szeptember 15.

Sellye

13. ábra: Sellyei *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 29 m

Törzskörméret: 473 cm

Ivari jelleg: porzós

Helyrajzi szám: Sellye 977

Földrajzi szélesség (φ): 45°52'14,19"

Földrajzi hosszúság (λ): 17°50'52,49"

Tengerszint feletti magasság: 111 m

Gyűjtés időpontja: 2023. szeptember 15.

Zomba

14. ábra: Zombai *Ginkgo biloba*

(Forrás: saját fénykép)



Magasság: 14 m

Törzskörméret: 455 cm

Ivari jelleg: porzós

Helyrajzi szám: Zomba 203/1

Földrajzi szélesség (φ): 46°25'09,88"

Földrajzi hosszúság (λ): 18°33'43,97"

Tengerszint feletti magasság: 135 m

Gyűjtés időpontja: 2023. szeptember 21.

III. 2. Módszerek ismertetése

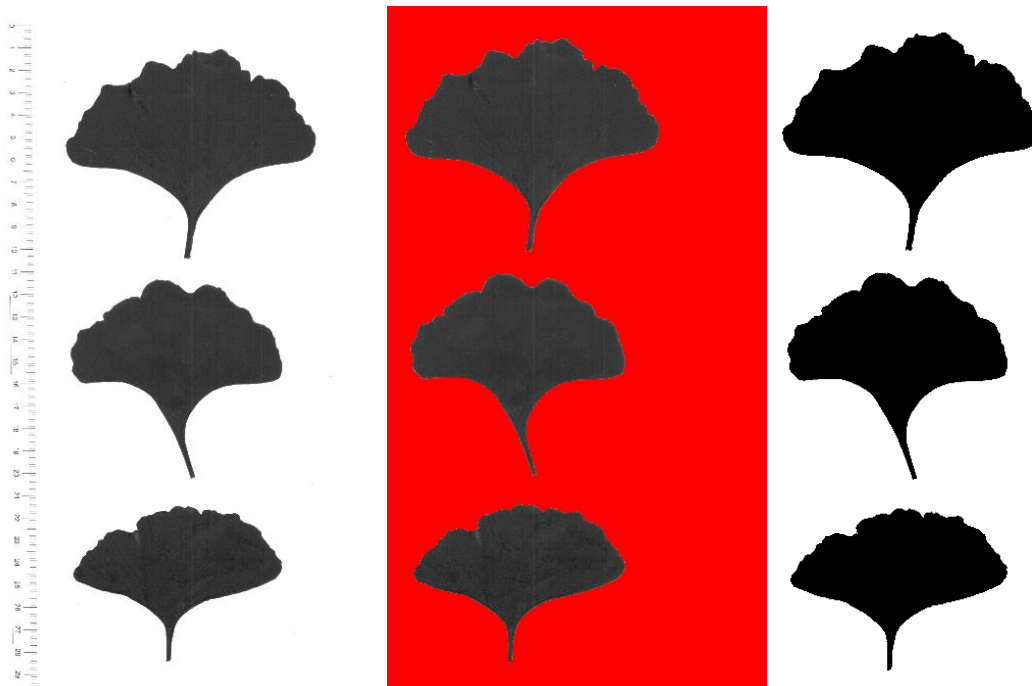
Levélfelület-mérés

A mérést Horotán Katalin, az Eszterházy Károly Katolikus Egyetem Biológiai Intézetének munkatársa végezte. A levélfelület mérése a Fiji (Image J 2) képfeldolgozó programmal történt. A levelekből nagy felbontású szkennelt kép készült, ugyanebben a méretben felvételre került a méretarány is (cm-ben).

A sikeres területméréshez a programba a képek PDF formátumban kerültek betöltésre, így elkerülve a képminőség romlását. A méretskála kalibrálását követően a képeket színes állományból át kellett konvertálni, ez a következőképp történt: RGB rétegre bontást követően, a RED réteg küszöbszintjét módosítva egy fekete háttér-fehér levél fotó ábrázolás vált láthatóvá. Innen egy invertálást követően a levelek fekete színre, míg a háttér fehérre váltott. (15. ábra)

15. ábra: A szkennelt képek előkészítése a méréshez

(Forrás: Horotán Katalin)



Mivel a levélfelület meghatározása volt a cél, ezért a levélnyél nem került mérésre, ez kijelölés után törlésre került a képről és csak a hasznos levélfelület maradt meg. Levelenként egyesével kijelölésre került a körvonal, mely megadta a kerületet, majd a skála és pixelszám alapján a területet is.

Sztómaszám vizsgálat

A hét település fáról gyűjtött levelek sztómáit egy BMS 037 LED fénymikroszkóppal számoltam. (16. ábra)

16. ábra: BMS 037 LED fénymikroszkóp

(Forrás: saját fénykép)



Minden esetben a fák déli oldaláról szedett levelek közül egyet vizsgáltam. A lenyomatok készítéséhez tárgylemezre, áttetsző körömlakkra és celluxra volt szükségem. A levelek fonákján három jól elkülönülő felületet kentem le a körömlakkal, hogy 5x5 mm-es négyzeteket később rá tudjak rajzolni. (17. ábra)

17. ábra: A levélen éppen száradó áttetsző körömlakk

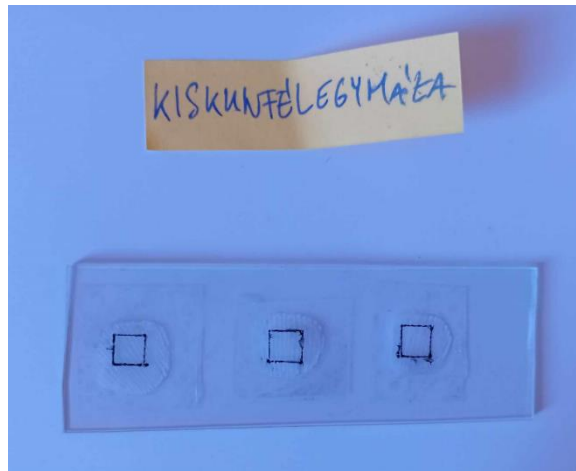
(Forrás: saját fénykép)



15 percet hagytam száradni a körömlakkot, majd kis méretű cellux darabokkal emeltem át és rögzítettem ezeket a tárgylemezeken. Mindegyik tárgylemezre az egyes településekhez tartozó 3-3 mintát helyeztem. Egy vonalzó és egy fekete toll segítségével megrajzoltam a négyzetet, a sztómaszámlálás területét. Az asztalon öntapadó jelölőlapokkal jeleztem, hogy melyik minta honnan származik. (18. ábra)

18. ábra: A három minta celluxszal rögzítve a tárgylemezen

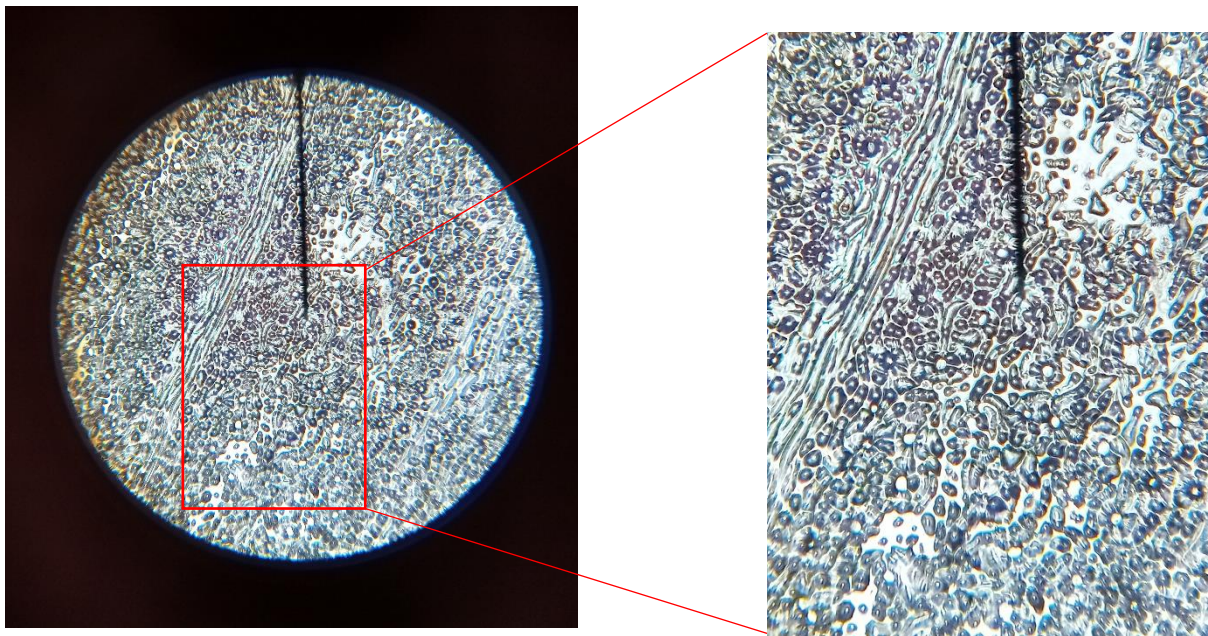
(Forrás: saját fénykép)



A számolást 100-szoros nagyításban végeztem (10/0.25-ös objektívvel és WF10X-es okulárral). Így egy négyzetet 16 részre bontva tudtam vizsgálni. Ezekről mind mobiltelefonnal fényképet készítettem, 4:3-as képaránnyal, 50 MP felbontásban. A fényképek felbontása minden esetben 6120x8160 képpont volt. (19. ábra)

19. ábra: Zombai Ginkgo leveléről készült 3. minta mikroszkópi képe

(Forrás: saját fénykép)



Levelek klorofill (a+b) és karotinoid tartalma ($\mu\text{g/g}$)

A vizsgálatot a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusán, a Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézetében Hamarné Farkas Dóra irányításával és segítségével végeztem.

A vizsgálathoz minden településhez tartozó fáról 4-4 levélből (minden égtájról) állítottam össze 3-3 mintát, nagyjából 100 mg-ot kimérve, abból pép (szuszpenzió) készült 80%-os acetonnal és kevés, késhegynyi kvarchomok hozzáadásával, dörzs mozsárban. (20. ábra)

20. ábra: A minta dörzsölés előtt és után

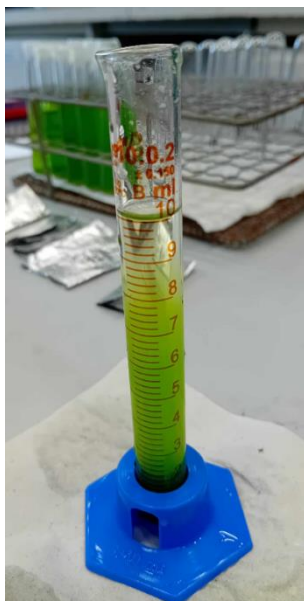
(Forrás: saját fényképek)



A szuszpenziót a mozsárból további 80%-os acetonnal mérőhengerbe áttöltöttük, amit aztán kiegészítettünk szintén 80%-os acetonnal 10 ml-re, majd az egészet átöntöttük kémcsőbe, amit parafilmmel lezártunk, és 24 órán át normál hűtőben tároltuk a spektrofotométeres vizsgálat előtt. (21. ábra)

21. ábra: A szuszpenzió és a 80%-os aceton oldata összerázás előtt és után

(Forrás: saját fényképek)



Az ülepítést követően jól látszik a leülepedett, nem kívánt rész, főleg kvarchomok, esetleges növényi törmelékek. (22. ábra)

22. ábra: A minták az ülepítés után

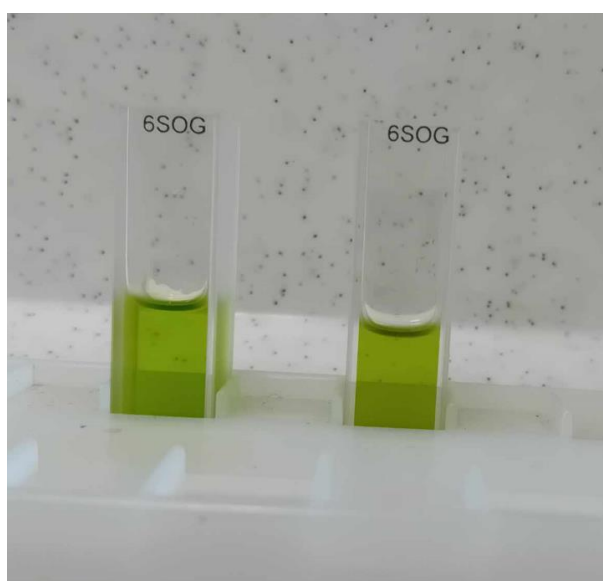
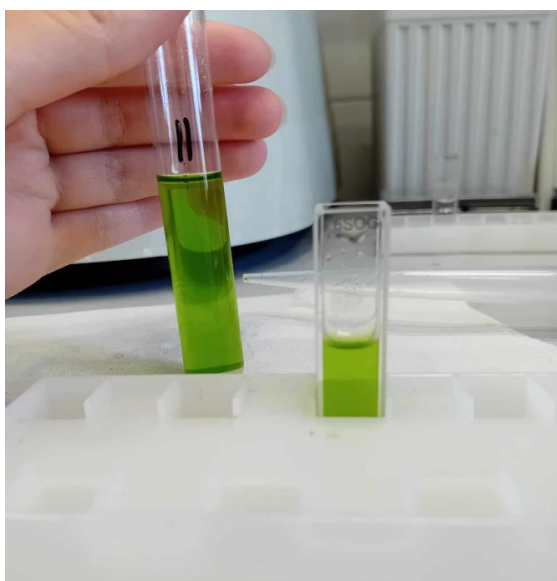
(Forrás: saját fénykép)



A spektrofotometriás vizsgálathoz 2ml-t vizsgáltunk be mindegyik minta (csoportonként 3) felülúszó, tiszta részéből; a küvetába először a vakot (2 ml 80%-os acetont), majd egymás után a levélkivonatokat tettük. (23. ábra)

23. ábra: A kimért minták küvetákban. A jobb oldali képen az 1. (jobb oldali) és a 15. (bal oldali) mintákon jól látszik a színbeli különbség

(Forrás: saját fényképek)



A gép (típus: Genesys 10 VIS) kijelzőjéről leolvastuk az abszorbancia-értékeket, a kapott adatokat pedig Excel táblázatban rögzítettem és kiszámoltam a klorofill (a+b) és karotinoid mennyiséget, a következő képleteket használva:

$$\text{klorofill (a+b) } \mu\text{g/g} = (20,2 \cdot A_{644} + 8,02 \cdot A_{663}) \cdot V/w$$

$$\text{karotinoid } \mu\text{g/g} = (5,01 \cdot A_{480}) /w$$

Ahol

V= szövetkivonat mennyisége (10 ml)

w= a szövet tömege (0,1 g) ez változó lehet (pl.: 0,1-0,105)

A= abszorbancia.

III. 3. Az eredmények statisztikai elemzésének módszere

- Számítási közép (átlag)
Könnyedén alkalmazható és értelmezhető, azonban kiugró adatok esetén nem megfelelően jellemzi a sokaságot. Jele: \bar{A}
Képlete: $\bar{A}(a_1; \dots; a_n) = (a_1 + \dots + a_n) / n$, ahol n darab szám összegének n-ed részét értjük
- Medián
Véges elemszámú sokaság esetén a sorba rendezett adatok közül a középső érték. Ha az elemszám páratlan, akkor az egyértelműen meghatározott középső érték a medián, viszont ha páros, akkor a két érték számítási közepe lesz a medián.
- Módusz
Egy sokaság leggyakrabban előforduló eleme.
- Szórás
A számítási középtől való átlagos eltérés, az adatok elhelyezkedése. Jele: σ
Képlete: $\sigma(A) = \sqrt{[(x_1 - \bar{A})^2 + \dots + (x_n - \bar{A})^2] / n}$
- Terjedelem
A sokaság legnagyobb és legkisebb adatának különbsége.

IV. Eredmények és értékelésük

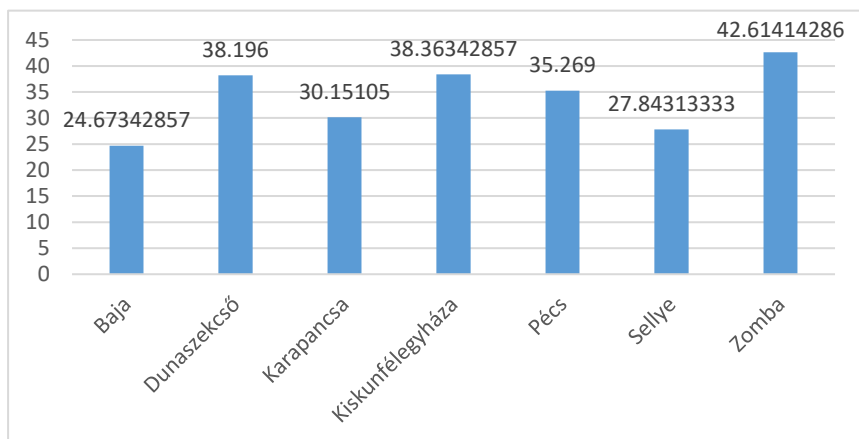
IV. 1. Saját vizsgálatok eredményei

Levélfelület-mérés

Az alábbi táblázat (24. ábra) az egyes Ginkgo egyedek átlagos levélfelületét mutatja be. Az értékek a négy égtájról gyűjtött levelek területének számtani közepe.

24. ábra: *Ginkgo biloba* egyedek levélfelülete cm²-ben

(Forrás: saját munka)



A településeken, valamint az égtájakon belül sem azonos számú levél állt rendelkezésre. A bajai fáról tizennégy, a dunaszekcsőiről tizenhét, a karapancsairól húsz, a kiskunfélegyháziról szintén tizennégy, a pécsiről tizennyolc, a sellyeiről tizenöt és a zombairól is tizennégy levelet használtunk fel a méréshez. Annak ellenére, hogy a Zombán található fáról szedtem az egyik legkevesebb számú levelet, mégis ezeknek volt a legnagyobb a területe. Egészen hasonló eredményeket mutat a dunaszekcsői és a kiskunfélegyházi egyed, azonban a gyűjtött levelek száma nem volt azonos. A legkevesebb minta a bajai fáról származott, és ebben az esetben itt is kaptuk a legkisebb összesített átlagos területet. A fák elhelyezkedéséről az alábbi térkép ad tájékoztatást. (25. ábra)

25. ábra: A vizsgált *Ginkgo biloba* egyedek elhelyezkedése

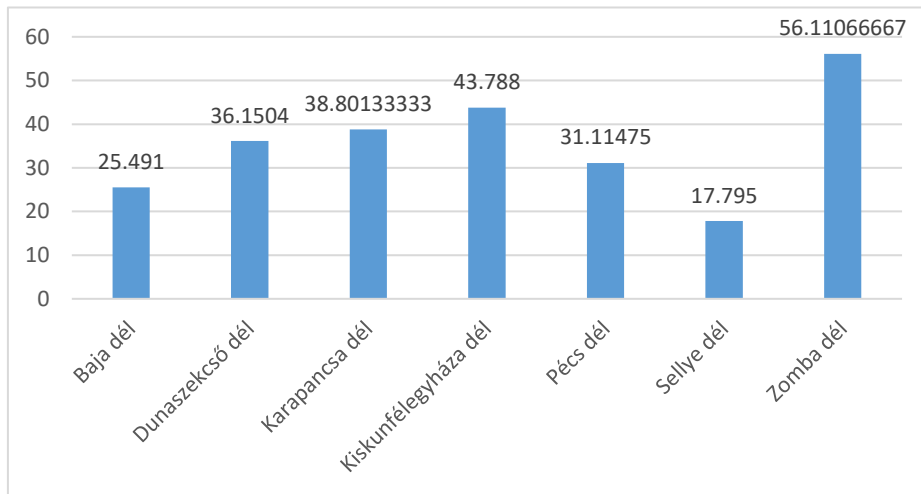
(Forrás: saját szerkesztés)



A levélfelület-mérés eredményeit a déli oldalra vonatkozóan a 25. ábra mutatja be. (A többi égtáj adatai a „Mellékletek” részben találhatóak, 1. sz., 2. sz. és 3. sz. melléklet néven.) Itt legnagyobb levélfelülete a zombai Ginkgónak volt, legkisebb pedig a sellyeinek. Ez jól összevethető az alább látható „Sztómaszám-vizsgálat” részben feltüntetett diagrammal (25. ábra), amelyen látszik, hogy a zombai fa déli oldaláról származó levélen számoltam közel a legtöbb sztómát, a legkevesebbet pedig a sellyei fa levelén. Összehasonlításuként a dunaszekcsői Ginkgo levelei szolgáltathatnak, mert ezek felülete áll legközelebb az összes déli oldalról gyűjtött levél átlagos méretéhez. A három kép mérete azonos, így jól látszik a különbség a levelek nagysága között. (26. ábra)

25. ábra: A hét *Ginkgo biloba* déli oldaláról gyűjtött levelek átlagos mérete cm²-ben

(Forrás: saját munka)



26. ábra: A zombai (bal oldali kép), a dunaszekcsői (középső kép) és a sellyei (jobb oldali kép) *Ginkgo biloba* déli oldaláról szedett levelek

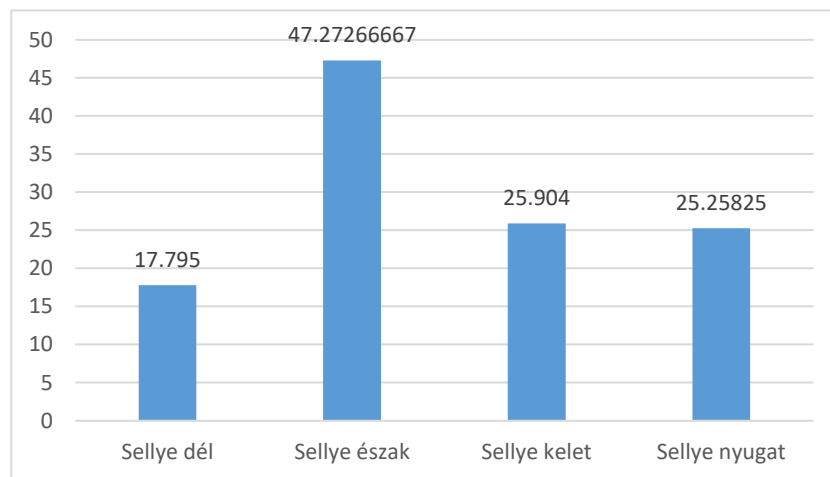
(Forrás: saját képek)



Ahogy azt már említettem, a sellyei Ginkgo levelén volt a legkevesebb sztóma. A 27. ábrán látszik is, hogy a déli oldalról származó levelek voltak a legkisebbek a négy égtáj közül. Azonban az északi oldalról szedett levelek kiugróan magas levélfelülettel rendelkeztek, melyet a 28. ábra szemléltet. (A képek egyforma méretűek.)

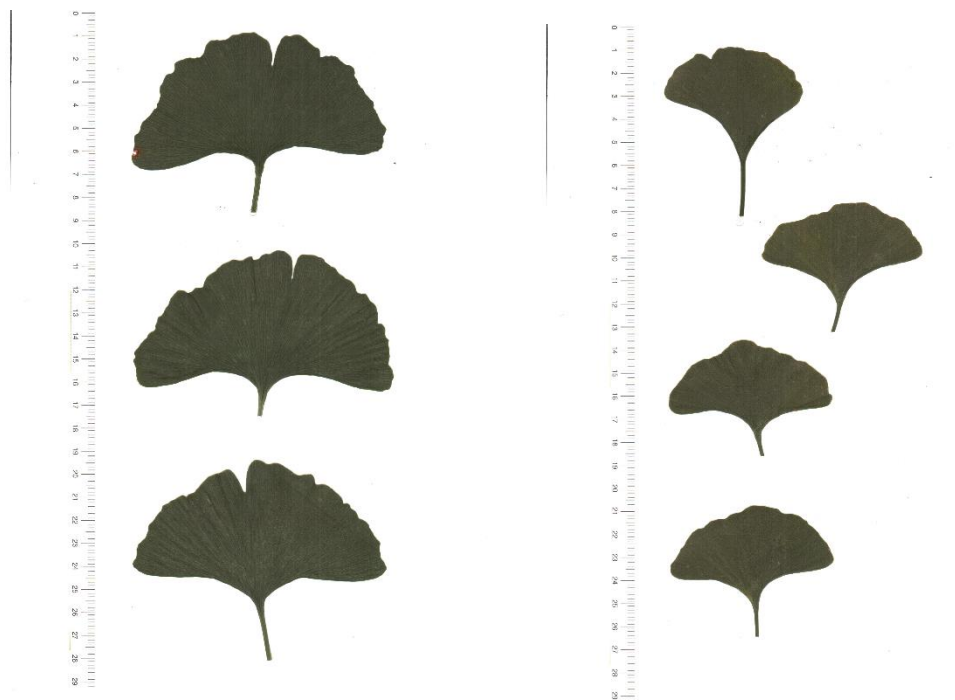
27. ábra: A sellyei Ginkgo égtájankénti átlagos levélfelülete cm²-ben

(Forrás: saját munka)



28. ábra: A sellyei Ginkgo északi és déli oldaláról szedett levelek

(Forrás: saját képek)

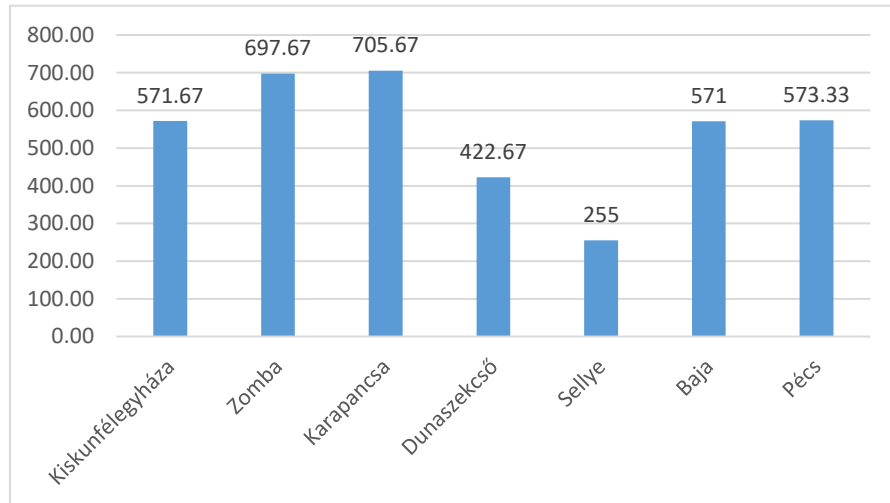


Sztómaszám-vizsgálat

A számlálás eredményét az alábbi diagram foglalja össze. (29. ábra) A megjelenített adatok a településenkénti 3-3 minta eredményeinek számtani közepe.

29. ábra: A sztómaszámlálás eredményei

(Forrás: saját munka)



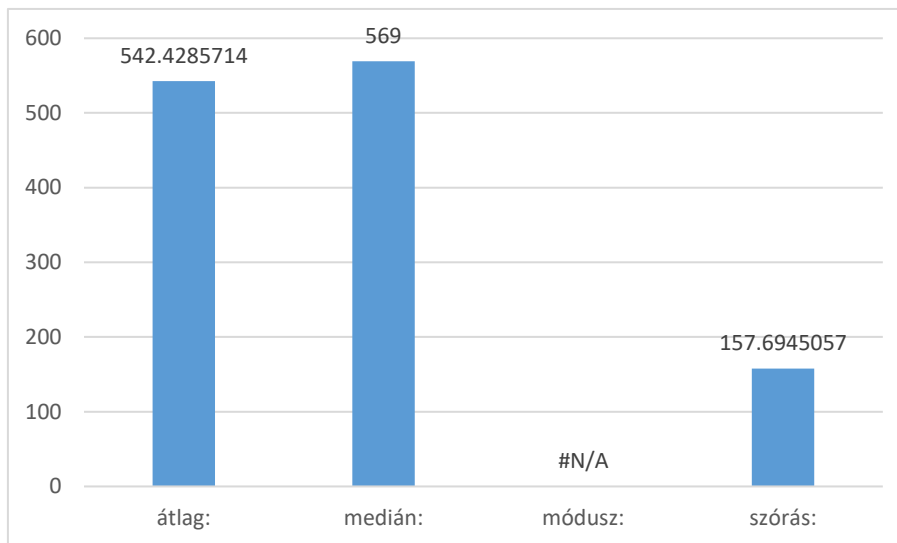
Bár a fák mindegyike Magyarország déli részén található, közvetlen környezeteik eltérése miatt azonban mégis látható különbségek fedezhetők fel. Kis különbséggel a karapancsai és a zombai Ginkgók leveleinek fonákján volt a legtöbb sztóma. A kiskunfélegyházi, a bajai és a pécsi egyedek adatai is közel megegyeznek. A legkevesebb sztómát a sellyei egyednél számoltam.

Az adatok összesített vizsgálata is hasznos információval szolgál. A fák déli oldalán található levelek fonákján átlagosan 542,43 darab sztóma volt. Az adatsorban lévő legkisebb érték (185) a sellyei mintához tartozott, a legnagyobb (790) pedig a zombaihoz.

Azonban ahogy azt az „Anyag és módszer” III. 3. részében is közöltem, a számtani közép nem jellemzi megfelelően a sokaságot a kiugró adatok miatt. Ezért tüntettem fel az eredmények további jellemzésére szolgáló mutatókat is a 30. ábrán.

30. ábra: Az adatok összesített jellemzői

(Forrás: saját munka)



Az adatsor mediánja 569, ami a bajai mintán vizsgált sztómák száma. Az eredményeknek nem volt módusza, tehát pontosan ugyanannyi sztómát egyik mintán sem számoltam. A szórás az átlagtól való átlagos eltérést fejezi ki, tehát a kapott eredményeim átlagosan 157,7-tel tértek el a kiszámolt átlagtól.

Eredményeim összefüggésbe hozhatók a Sun és társai által elvégzett vizsgálattal. A 19. oldal harmadik bekezdésében olvasható, hogy „a lombozat külső részein, a teljes napfényben fejlődő levelek magasabb számú sztómával rendelkeznek egységnyi felületen, mint azok, amelyek a korona belsejében helyezkednek el”. A leveleket minden esetben a korona külső részéről gyűjtöttem, így sztómaszámaik összehasonlítása nem hoz torz eredményeket.

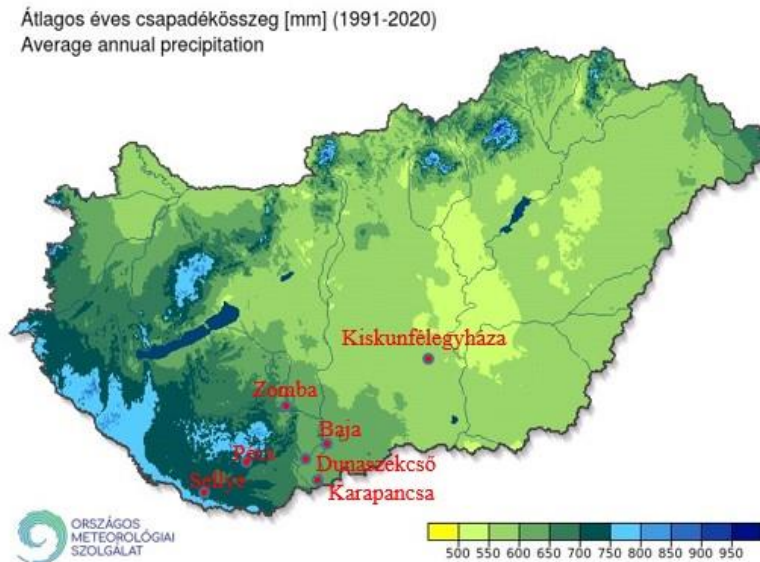
A 19. oldal első bekezdésében olvasható a megállapítás, miszerint „az éghajlatnak nem volt jelentős hatása a levelek sztómás indexére (a sztómák aránya a levélfelületi sejteken belül), de a sztómák sűrűségének változását okozta.” Saját eredményeim nem egyeznek ezzel az állítással, hiszen az éghajlat hasonló Sellye és Pécs területén, a sztómák sűrűségét illetően mégis különbség figyelhető meg, hasonlóság helyett. Ugyanez igaz a bajai, karapancsai és dunaszekcsői mintákra, melyek esetében a fák igen közeli településeken találhatók. Sztómáik sűrűsége mégis szignifikánsan eltér.

A 19. oldal ötödik bekezdése alapján „a kevesebb sztómával rendelkező levelek olyan fákön nőttek, amelyek szárazabb környezetben éltek”. Ez azonban nem vonható összefüggésbe a saját eredményeimmel, hiszen az átlagos éves csapadékösszeg 1991 és 2020 között a

dolgozatban szereplő településeket tekintve Sellyén volt az egyik legmagasabb. A legkevesebb csapadékot a kiskunfélegyházi egyed kapta (550-600 mm), sztómaszáma mégis igen magas volt. (31. ábra)

31. ábra: Átlagos évi csapadékösszeg az 1991-2020 közötti időszak alapján

(Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat weboldala)

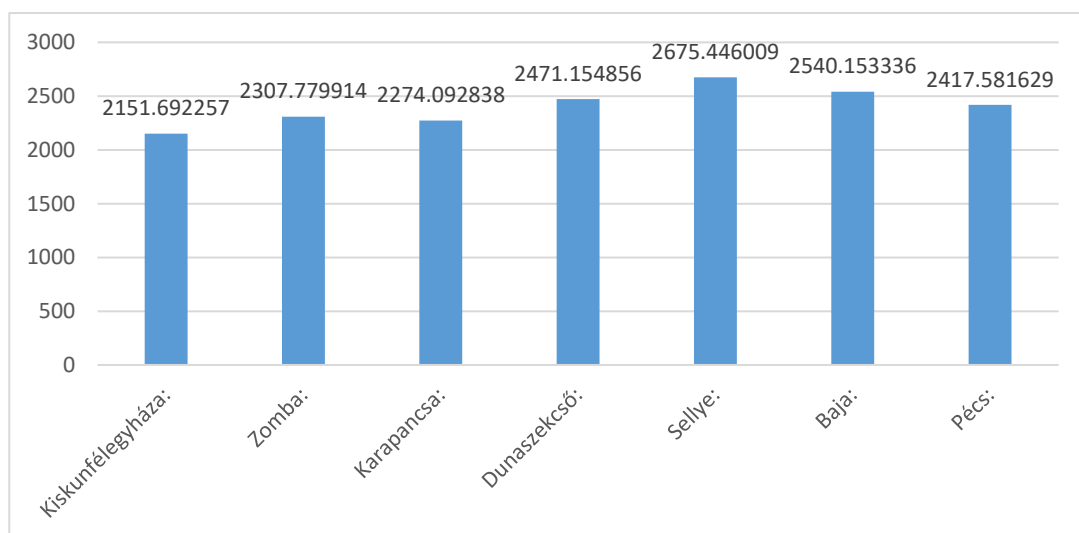


Levelek klorofill (a+b) és karotinoid tartalma ($\mu\text{g/g}$)

A „Módszerek ismertetése” részben bemutatott képletek alapján a következő eredményeket kaptam:

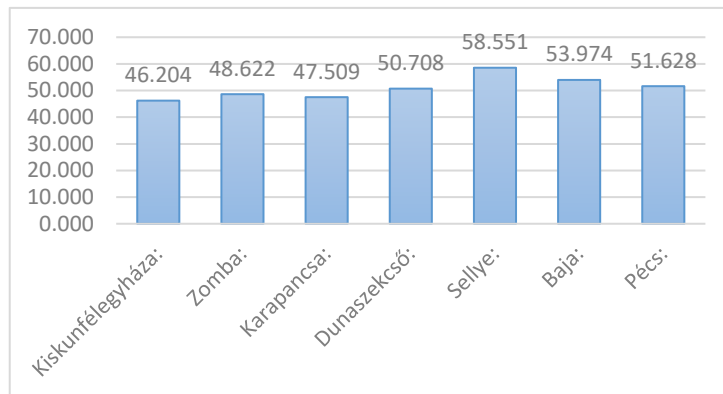
32. ábra: Klorofill (a+b) tartalom

(Forrás: saját munka)



33. ábra: Karotinoid tartalom

(Forrás: saját munka)



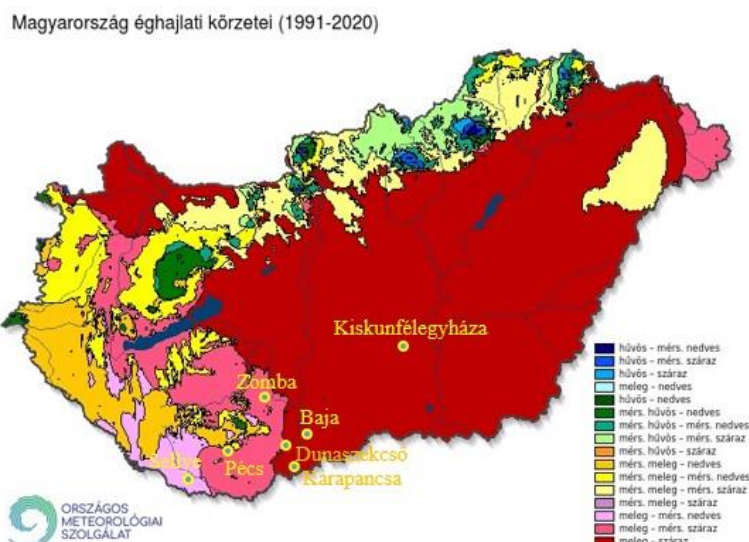
A klorofill (a+b) és karotinoid tartalom az összes fára vonatkozóan hasonló eredményeket mutat. Viszont találunk itt is némiképp kiugró adatokat. Mindkét tényezőt tekintve a sellyei Ginkgo rendelkezik a legmagasabb értékekkel. Ez ellentétben áll a sztóma számlálás során kapott adatokkal, melyek szerint ez a fa tartalmazta a legkevesebbet belőlük.

A legkisebb mennyiségű klorofill (a+b) és karotinoid tartalommal rendelkező fa a kiskunfélegyházi, azonban jelentős különbség nincsen ez, és a zombai, illetve a karapancsai fák között. E két utóbbi rendelkezik viszont a legtöbb sztómával, a számlálási vizsgálat alapján.

A kapott eredmények hasonlósága többféle módon is magyarázható. A legalapvetőbb az, hogy a levelek mind ugyanarról a fajról származtak, így hasonlóak a fotoszintetikus jellemzőik is. A közel azonos éghajlati tényezők is magyarázattal szolgálnak a hasonló eredményekre. A fák többnyire meleg-száraz vagy meleg-mérsékeltlen száraz éghajlati körülmények között élnek. Egyedül a sellyei fa él meleg-mérsékeltlen nedves környezetben. (34. ábra) A levélmintákat mind 2023. szeptemberében gyűjtöttem, ami ugyancsak oka lehet a kapott adatok hasonlóságának, hiszen mindegyik levél ugyanabban a fejlődési szakaszban volt.

34. ábra: Magyarország éghajlati körzetei 1991-2020 időszakban

(Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat weboldala)



V. Következtetések

V. 1. A saját vizsgálatokból levonható következtetések bemutatása

- A levelek területének nagysága nem minden esetben volt egyenesen arányos a sztómák számával. Így például a bajai fa déli oldaláról származó levelek területe volt az egyik legkisebb, az ugyanezen az oldalon számolt sztómák mennyisége mégis igen magas volt.
- A zombai és a karapancsai levelek esetében a déli oldalt erőteljesen éri napsütés.
- A legkevesebb sztómával rendelkező sellyei mintát tekintve a déli oldalt kevésbé éri a napfény.
- A napsütés kisebb mértéke az oka a sztómák alacsonyabb számának, nem pedig a szárazság.
- A szakirodalommal ellentétes eredményeket kaptam. Ez azonban valószínűleg abból adódott, hogy csakis a déli oldalról származó leveleken végeztem a sztómaszámlálást.
- Tekintve, hogy a sztómaszámlálás során csak a déli oldalt, míg a klorofill (a+b) és karotinoid mérésekkel pedig mind a négy égtájat vizsgáltam, így pontos összefüggést nem lehet vonni a két mérés között.
- Az egyes oldalak más és más körülményeknek vannak kitéve, ezért valószínű, hogy ha a sellyei egyed példáját vizsgáljuk, akkor a többi égtáj levelei több napfényt kapnak, ezért lett összességében itt a legmagasabb a klorofill (a+b) és karotinoid érték. A 23. ábra jobb oldali képén látható két küvettában egy sellyei (bal oldali küvetta) és egy kiskunfélegyházi (jobb oldali küvetta) minta van. A sellyei mintán megfigyelhető, hogy élénkebb zöld színű, mint a kiskunfélegyházi, ami tükrözi is a kapott eredményeket.

V. 2. A kapott eredmények további hasznosítására, kiegészítésére tett javaslatok

- A levélfelület-méréshez érdemes lehetne azonos számú mintát vizsgálni, hogy pontosabb eredmények szülessenek.
- Kiegészítésképpen a sztómaszámlálás vizsgálatát javasolnám teljesen elvégezni, mind a négy égtáj figyelembe vételével.
- A sztómaszámláláson kívül a sztómák méretét is érdemes lehet megmérni és összevetni.
- A klorofill (a+b) és karotinoid vizsgálat még részletesebb eredményeket mutatna, ha az egyes égtájak külön-külön is mérve lennének. Így nemcsak a települések között lehetne összehasonlítást végezni, hanem az egyes égtájak között is.
- A vizsgált egyedek leszaporításával, azonos ökológiai feltételek mellett lehetne vizsgálatokat végezni.

VI. Összefoglalás

Szakedolgozatommal a célom az volt, hogy hét, Magyarország déli részén található település területén élő idős *Ginkgo biloba* egyedeket hasonlítsak össze leveleik mérete, sztómaszáma, valamint klorofill (a+b) és karotinoid tartalma alapján. A kiválasztott hét település Baja, Dunaszekcső, Karapancsa, Kiskunfélegyháza, Pécs, Sellye és Zomba volt.

A levélfelület-méréshez a négy égtáj szerint gyűjtöttem leveleket. Ezeket fagyasztva tároltam a vizsgálatok elvégzéséig. A leveleket települések és égtájak szerint csoportosítva szkenneltem be, amely alapján készült a mérés.

A kapott adatokat Excel táblázatban készült diagramokkal szemléltettem. A déli oldalról készült diagramot emeltem ki, hiszen ez hozható összefüggésbe a sztómaszámlálás vizsgálatával. Az egyik legkisebb felületű levelek a bajai fán voltak, mégis magas sztómaszámmal rendelkezett. Ezzel ellentétben a sellyei *Ginkgo* leveleinek területe kicsi is volt, és kevés sztómát is számoltam rajta. Ugyanez a hasonlóság figyelhető meg a zombai fa esetében, amelyről nagy területű levelek származtak, és ebből kifolyólag az egyik legtöbb sztómával is rendelkezett.

A zombai *Ginkgónak* volt a legnagyobb átlagos levélfelülete. Azonban erről a fáról szedtem az egyik legkevesebb számú mintát, ahogyan a bajai fáról is, viszont ez utóbbinak volt a legkisebb a leveleinek átlagos területe.

A sztómaszámlálást egy BMS 037 LED fénymikroszkóppal végeztem. Minden egyed esetében egy, a déli oldalról gyűjtött levelet vizsgáltam. Minden levélről három minta készült, mégpedig úgy, hogy áttetsző körömlakkot festettem a levelek három, jól elkülönülő részére. Ezeket 15 perc száradás után cellux segítségével áthelyeztem a tárgylemezre. Mindegyik tárgylemez egy-egy település *Ginkgo biloba* egyedét képviselte. Ezeket a fénymikroszkóp alatt, 100-szoros nagyításban vizsgáltam.

A számlálás alapján a sellyei *Ginkgo* levelén volt a legkevesebb sztóma, a karapancsai levelén pedig a legtöbb. A szakirodalom alapján ebből arra következtettem, hogy a sellyei egyed déli oldala jelentősen kevesebb napfényt kap, mint a többi fa ugyanezen oldala.

A sztómaszámban való eltérés magyarázata a saját vizsgálatomban nem egyezett a szakirodalomban leírtakkal. Az éghajlat változatossága esetemben nem ad megfelelő magyarázatot az eltérésekre, hiszen a településeken hasonló éghajlati tényezők uralkodnak, a kapott eredmények mégis szignifikánsan eltértek egymástól. Az eltéréseket valószínűleg az okozta, hogy csupán a déli oldalról gyűjtött levelekről származó adat állt rendelkezésre, így nem volt egy olyan érték, ami átlagosan jellemezte volna a fákat, és ami alapján teljes képet kaptam volna a sztómaszámuikat illetően.

Egy, a szakirodalomban található másik állítás szerint a kevés csapadék is oka lehet a sztómák kis számának. Azonban saját eredményeim ennek is ellent mondanak. Sellye kapta az elmúlt 30 évben a legtöbb csapadékot a hét vizsgált település közül, mégis az itt lévő *Ginkgo* levelének fonákján volt a legkevesebb sztóma. Ennek ugyancsak az lehet a magyarázata, hogy nem volt adatom az összes égtájáról szedett levélről, illetve a talajtani és talajvíz viszonyok is befolyásolhatták.

Az adatok kiegyensúlyozottabb összehasonlítása érdekében érdemes lenne elvégezni a sztómaszámlálást a többi égtájról származó leveleken is. A sztómák számán kívül a méretüket is érdemes vizsgálni.

A klorofill (a+b) és karotinoid vizsgálat során 3x100 mg mintát mértünk mind a négy égtájról szedett levelekről egyben, településenként. A mintákhoz 80%-os acetont és kevés kvarchomok adtunk hozzá, hogy dörzsmozsárban szuszpenziót készítsünk belőlük. A kívánt állapot elérése után kiegészítettük a szuszpenziót 10 ml-re, majd az ülepedés után ezek felülúszó, tiszta részéből mértünk ki 2 ml-t a spektrofotometriás vizsgálatához.

Az eredményeket tekintve nem volt jelentős eltérés a levelek között. Azonban az megállapítható, hogy a legnagyobb értékekkel a sellyei fa rendelkezett, a legalacsonyabbakkal pedig a kiskunfélegyházi. Az eredmények közötti hasonlóság azzal magyarázható, hogy a levelek azonos fejlődési szakaszban voltak a gyűjtés időpontjában. Az is oka lehet ennek, hogy a levelek mind ugyanarról a fajról származtak, illetve hogy a fák közel azonos éghajlati körülmények között élnek.

Az adatok bővítése érdekében hasznos lehetne a fákról szedett levelek égtájankénti vizsgálatát is elvégezni. Így még részletesebb képet lehetne kapni a Ginkgók tulajdonságairól.

Irodalomjegyzék

1. BILIA, A. R. (2002): *Ginkgo biloba* L. *Fitoterapia*. 73. évf. 3 sz. p. 276-279. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367326X02000710>
2. CHEN, Y. - FU, C. - WU, Z. - XU, H. - LIU, H. - SCHNEIDER, H. - LIN, J. (2021): *Ginkgo biloba*. *Trends in Genetics*. 37 évf. 5 sz. p. 488-489. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168952521000421>
3. CHRISTIANSON, M. L. - NIKLAS, K. J. (2011): Patterns of diversity in leaves from canopies of *Ginkgo biloba* are revealed using Specific Leaf Area as a morphological character. *American Journal of Botany*. 98 évf. 7 sz. p. 1068-1076. <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.3732/ajb.1000452>
4. DEL TREDICI, P. (2000): The Evolution, Ecology, and Cultivation of *Ginkgo biloba*. *CRC Press*. p. 7-23. https://www.researchgate.net/profile/Peter-Del-Tredici/publication/284761587_The_evolution_ecology_and_cultivation_of_Ginkgo_biloba/links/597a42230f7e9b0469b22d9d/The-evolution-ecology-and-cultivation-of-Ginkgo-biloba.pdf
5. DÖRKEN, V., M. (2014): Morphology, anatomy and vasculature in leaves of *Ginkgo biloba* L. (Ginkgoaceae, Ginkgoales) under functional and evolutionary aspects. *Feddes Repertorium*. 124 évf. p. 80-97. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/fedr.201400008>
6. DUARTE, M. R. - SOUZA, D. C. - COSTA, R. E. (2013): Comparative Microscopic Characters of *Ginkgo biloba* L. from South America and Asia. *Latin American Journal of Pharmacy*. 32 évf. 8 sz. p. 1118-1123. <https://bibliotekanauki.pl/articles/11543003>
7. JACOBS, B. P. - BROWNER, W. S. (2000): *Ginkgo biloba*: A Living Fossil. *The American Journal of Medicine*. 108 évf. 4 sz. p. 341-342. [https://www.amjmed.com/article/S0002-9343\(00\)00290-4/pdf](https://www.amjmed.com/article/S0002-9343(00)00290-4/pdf)
8. KLIMKO, M. - KORSZUN, S. - BYKOWSKA, J. (2015): Comparative morphology and anatomy of the leaves of *Ginkgo biloba* L. cultivars. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. 14 évf. 4 sz. p. 169-189. <https://bibliotekanauki.pl/articles/11543003.pdf>
9. MC. CARGO, J. - GATTUSO, S. - GATTUSO, M. (2000): Morphoanatomical and micrographic characters of *Ginkgo biloba* L. (Ginkgoaceae) Leaf. *Acta Farm. Bonaerense*. 19 évf. 1 sz. p. 35-39. <https://www.semanticscholar.org/paper/Morphoanatomical-and-micrographic-characters-of-L.-Cargo-Gattuso/83e0738679ac96c039489eb04816a8bb2f66faa4>
10. NIKLAS, K. J. - CHRISTIANSON, M. L. (2011): Differences in the scaling of area and mass of *Ginkgo biloba* (Ginkgoaceae) leaves and their relevance to the study of specific leaf area. *American Journal of Botany*. 98 évf. 8 sz. p. 1381-1386. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21821596/>
11. ORLÓCI L. - HOROTÁN K. - KISVARGA SZ. (2023): *Kortalan fa*. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó Kft.
12. SINGH, B. - KAUR, P. - GOPICHAND, SINGH, R. D. - AHUJA, P. S. (2008): Biology and chemistry of *Ginkgo biloba*. *Fitoterapia*. évf. 79. sz. p. 401-418. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367326X0800124X>

13. SUN, B. - DILCHER, D. L. - BEERLING, D. J. - ZHANG, C. - YAN, D. - KOWALSKI, E. (2003): Variation in *Ginkgo biloba* L. leaf characters across a climatic gradient in China. *PNAS*. 100 évf. 12 sz. p. 7141-7146. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC165843/>

Táblázatjegyzék/Ábrajegyzék

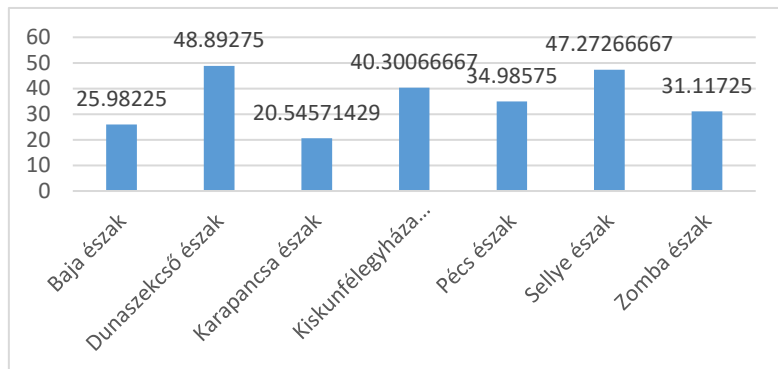
1. ábra: A vizsgált <i>Ginkgo biloba</i> fajták leveleinek makroszkopikus jellemzői	8
2. ábra: A <i>Ginkgo</i> epikotilja, hipokotilja és sziklevelei	11
3. ábra: <i>Ginkgo biloba</i> elsődleges levele	12
4. ábra: A <i>Ginkgo biloba</i> hipogeikus csírázása	14
5. ábra: <i>Ginkgo biloba</i> brazil egyedek levele	16
6. ábra: <i>Ginkgo biloba</i> ázsiai egyedek levele	16
7. ábra: Egységnyi felületen a sztómák száma, és a levél felületén lévő sejteken belül a sztómák aránya	21
8. ábra: Bajai <i>Ginkgo biloba</i>	22
9. ábra: Dunaszekcsői <i>Ginkgo biloba</i>	23
10. ábra: Karapancai <i>Ginkgo biloba</i>	23
11. ábra: Kiskunfélegyházi <i>Ginkgo biloba</i>	24
12. ábra: Pécs <i>Ginkgo biloba</i>	24
13. ábra: Sellyei <i>Ginkgo biloba</i>	25
14. ábra: Zombai <i>Ginkgo biloba</i>	25
15. ábra: A szkennelt képek előkészítése a méréshez	26
16. ábra: BMS 037 LED fénymikroszkóp.....	27
17. ábra: A levélen éppen száradó áttetsző körömlakk	27
18. ábra: A három minta celluxszal rögzítve a tárgylemezen	28
19. ábra: Zombai <i>Ginkgo</i> leveléről készült 3. minta mikroszkópi képe.....	28
20. ábra: A minta dörzsölés előtt és után.....	29
21. ábra: A szuszpenzió és a 80%-os acetონ oldata összerázás előtt és után	29
22. ábra: A minták az ülepités után	30
23. ábra: A kimért minták küvettákban	30
24. ábra: <i>Ginkgo biloba</i> egyedek levélfelülete cm ² -ben.....	32
25. ábra: A vizsgált <i>Ginkgo biloba</i> egyedek elhelyezkedése	32
26. ábra: A zombai, a dunaszekcsői és a sellyei <i>Ginkgo biloba</i> déli oldaláról szedett levelek	33
27. ábra: A sellyei <i>Ginkgo</i> égtájankénti átlagos levélfelülete cm ² -ben.....	34
28. ábra: A sellyei <i>Ginkgo</i> északi és déli oldaláról szedett levelek	34
29. ábra: A sztómaszámlálás eredményei.....	35

30. ábra: Az adatok összesített jellemzői	36
31. ábra: Átlagos évi csapadékösszeg az 1991-2020 közötti időszak alapján	37
32. ábra: Klorofill (a+b) tartalom	37
33. ábra: Karotinoid tartalom	38
34. ábra: Magyarország éghajlati körzetei 1991-2020 időszakban	38

Melléletek

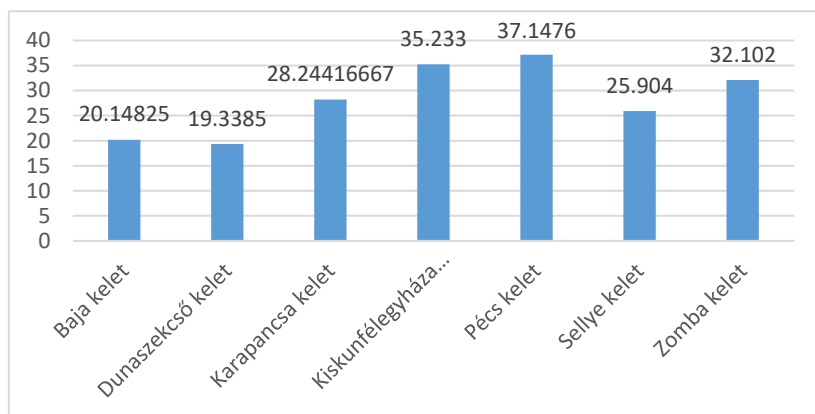
1. sz. melléklet: A hét *Ginkgo biloba* északi oldaláról gyűjtött levelek átlagos mérete cm²-ben

(Forrás: saját munka)



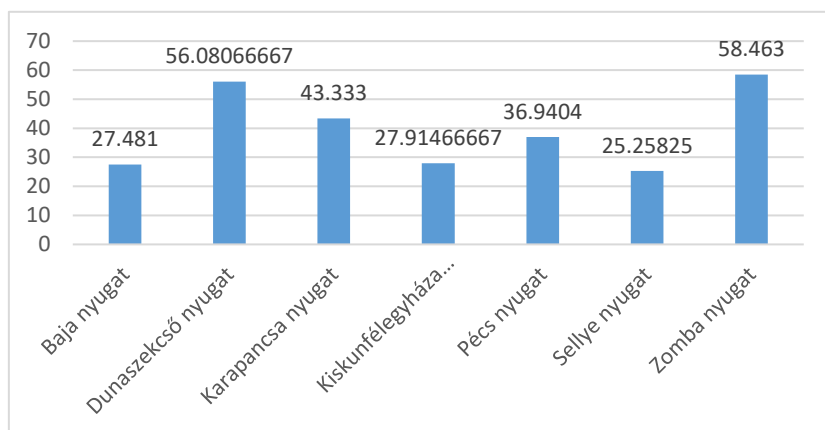
2. sz. melléklet: A hét *Ginkgo biloba* keleti oldaláról gyűjtött levelek átlagos mérete cm²-ben

(Forrás: saját munka)



3. sz. melléklet: A hét *Ginkgo biloba* nyugati oldaláról gyűjtött levelek átlagos mérete cm²-ben

(Forrás: saját munka)



Köszönetnyilvánítás

Köszönöm dr. Neményi András Tanár Úrnak, hogy bemutatott dr. Orlóci Lászlónak, aki végül a konzulensem lett. Köszönöm a munkám során nyújtott segítséget, és kérdéseimre adott készséges válaszokat. Köszönet Hamarné Farkas Dórának és Horotán Katalinnak a vizsgálatokban nyújtott segítségért és azért, hogy a dolgozatom megvalósulhatott.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve: MEGYEREI NÓRA

A Hallgató Neptun kódja: LZHAMP

A dolgozat címe: MAGYARORSZÁG TÖRTÉNELMI GINKGO BILOBA EGYEDEINEK ÖSSZEKÖLÖLTŐ ELEMZÉSE

A megjelenés éve: 2023.

A konzulens intézetének neve: TELEPÜLÉSTERVEZÉSI ÉS DÍSZKERTÉSZETI INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve: DÍSZNÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS ZÖLDFELÜLETGAZDÁLKODÁSI KUTATÓCSOPORT

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 11. hó 05. nap

Megyerei Nóra
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.1. sz. melléklete: Konzulensi nyilatkozat

NYILATKOZAT

Megyerei Nóra (név) (hallgató Neptun azonosítója: LZHAMP)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023. év 11. hó 05 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.