

SZAKDOLGOZAT

Gyuris Rita

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet

felsőoktatási szakképzés

**VADGESZTENYEFÁK TÖRZSINJEKTÁLÁSÁNAK HOSSZÚTÁVÚ
HATÁSAI**

Belső konzulens:	Dr. Szabó Veronika egyetemi adjunktus
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, Dísznövénytermesztési és Dendrológiai Tanszék
Külső konzulens:	Dr. Gutermuth Ádám GreenUnit Kft. cégvezető
Készítette:	Gyuris Rita

Budapest

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1 Közöséges vadgesztenyefa – <i>Aesculus hippocastanum</i> L.	6
2.2 Vadgesztenye aknázómoly	7
2.3 Törzsinjektálás	8
2.4 Évgyűrű vizsgálat	11
2.4.1. Évgyűrű mérés módszerei	13
3. Anyag és módszer	16
4. Eredmények	18
5. Következtetések	23
6. Összefoglalás	24
7. Irodalomjegyzék	26

1. Bevezetés, célkitűzés

A fák a mai felgyorsult és urbanizálódott világban kiemelten fontos szerepet töltenek be életünkben. A szakembereknek egyre nagyobb kihívást jelent a fák jó állapotának fenntartása és sokszor életben tartása. A gyors tempóban változó környezeti körülmények, hőmérséklet ingadozások, globális felmelegedés és környezetváltozás mind befolyásolják a fák növekedési képességét és kondícióját (Bussotti *et al.*, 2014). A városi környezetben élő fáknek átlagosan 1.2-1.5 °C fokkal magasabb hőmérsékletet kell elviselniük és így fejlődniük, azonban más szakirodalom arról számol be, hogy ez az érték ennél sokkal magasabb is lehet, akár 2-10 °C is (Peng *et al.*, 2011; Shepherd, 2005). Egy kutatás kimutatta, hogy a városi fák gyorsabb ütemben növekednek és öregednek, mint a vidéken élő egyedek (Pretzsch *et al.*, 2014). 1960 óta a fák növekedési üteme felgyorsult az erdőkben és vidéki településeken, de leírták, hogy a fák növekedésének felgyorsulása már a városokban is megfigyelhető jelenség, ugyanis már 14-25%-kal gyorsabban növekednek, mint az előző évszázadban. A globális felmelegedés, az elhúzódó tenyészidőszak, magasabb légköri széndioxid koncentráció, a folyamatosan növekvő napi hőmérséklet tartomány mind befolyással vannak a fákra és arra sarkallják, hogy jobban védekezzen és gyorsítsa fel a növekedését, ezáltal ellenállóbb lesz (Pretzsch *et al.*, 2017; Kauppi *et al.*, 2014).

Egy fa jó állapotát úgy tudjuk megőrizni, ha rendszeresen ápoljuk és megfelelő figyelmet szentelünk neki. Azonban olyan sok fa van – már csak Budapesten is megközelíthetőleg 1 millió darab, hogy szinte tarthatatlan minden fának az éves felülvizsgálata és növényvédelme (Hajas, 2021). Permetezéssel történik a fák védelmének a nagy része a gyümölcsösökben, mezőgazdasági területeken és erdőkben, azonban városi környezetben ez nem mindig kivitelezhető. Bár a peszticidek hasznosak a kártevők és kórokozók kezelésére, számos járulékos hatásuk is lehet, mint például a környezetszennyezés (Perry *et al.*, 1991). A fák magasságából kiindulva a permetezési védekezés sokszor nem megoldható, mindemellett a növényvédelem nem megkerülhető feladat. Számos hátránnyal rendelkezik, például szennyezi a környezetet, elsodródhat a permetszer, a felhasználókat érintő kockázatok, szélsőséges hatásspektrumú szerek más élőlényekre is káros hatással vannak (Acimovic *et al.*, 2016; Wise *et al.*, 2014).

A fák endoterápiás kezelése az elmúlt évtizedben bevált és elfogadott növényvédelmi eljárásnak számít díszfák esetében, de számos kutatás született, ahol törzsinjektálás módszerével kezelik már a gyümölcsfákat is. Megfigyeltük, hogy az injektált fák egészségi

állapota sokkal jobb (hosszútávon is), mint a nem kezelt fáké, ezért azt feltételezzük, hogy az injektált fák évgyűrűi az injektálás utáni években megvastagodtak. Jagiello és társai (2019) készítettek hasonló vizsgálatot és kutatásuk alátámasztja az elméletet. A törzsinjektálás hosszútávú hatásairól nagyon kevés szakirodalom található, ezért célul tűztük ki a korábban injektált fák vizsgálatát évgyűrű analízis módszerével.

A fent említett okból kifolyólag célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk a korábbi években injektált fák évgyűrűit. Továbbá célunk, hogy két módszert is kipróbáljunk, egyrészt a rezisztográfot, ahol a fűrésellenállás adatai alapján tudjuk értékelni az eredményt, másrészt növedékfűrő segítségével láthatjuk az évgyűrűk nagyságát a fák kivágása nélkül.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 Közönséges vadgesztenyefa – *Aesculus hippocastanum* L.

A vadgesztenyefák hazánkban igen nagy népszerűségnek örvendenek, hiszen rengeteg helyre telepítették útsorfaként és parkfaként (Gencsi és Vancsura, 1992). Budapesten néhány ezer található meg belőlük, mivel a 2000-es évek előtt rengeteget ültettek el.

Az *Aesculus* nemzetség jelenleg a *Magnoliophyta* (zárvatermők) törzsébe, a *Rosopsida* (valódi kétszikűek) osztályba, a *Sapindales* (szappanfavirágúak) rendbe, *Sapindaceae* (szappanfafélék) családjába tartozik. Európában egyetlen őshonos faj van a jelenlegi 13 *Aesculus* faj közül, ez pedig az *A. hippocastanum*. A nemzetség összes tagja holarktikus elterjedésű, lombhullató magas fa, ritkán cserje (Gencsi és Vancsura, 1992). Lapos tetejű koronával rendelkezik, amely legfeljebb 20 m átmérőjű. Ágai először felfelé ívelnek, majd leereszkednek és alacsonyan elterülő ágakat képeznek, amelyek a végén élesen felfelé fordulnak. Magassága 20-25 m, kérge sötétszürke-barna, amely fiatal korában sima, de az idősebb fákon hosszú, finom pikkelyeket alkotnak. Rügyei nagyok (2,5–5 cm), tojásdad alakúak és enyvesek. Összetett levelei tenyér alakúak, öt-hét levélkéből állnak, melyek alakja tojásdad és szélük fűrészkes (Thomas *et al.*, 2019; Tóth, 2012). A vadgesztenye mézelő növény, nagy fehér bugavirágzata vonzza a méheket. Április elejétől május elejéig is virágozhat, ebben az időszakban a gyümölcsfák már elvirágoztak, de a nyár eleji növények még nem nyíltak ki és ez azért is fontos, mert a növényvédelmet ehhez szükséges időzíteni a méhvédelem szempontjából. Termése húsos (sok esetben tüskés) héjjal körbevett felrepedő toktermés, melyben általában két vagy három barna, köldökfoltos mag található, melyek 2-3 cm nagyságúak (Babulka, 1998). Ezeket előszeretettel használják a gyógyászatban, mivel igen magas keményítő-, szaponin – és keserűanyagtartalma van (Gencsi és Vancsura, 1992).

A vadgesztenyefa törzsének csersavtartalma igen magas, ezért ki szokták vonni a törzsből és a bőrcserző iparban felhasználják. Fájából papírt, cellulózt, hordókat és egyéb fa eszközöket készítenek, mert faanyaga jól bírja a magas páratartalmat (Szentiványi, 1976). Azonban Gencsi és Vancsura (1992) szerint fája homogén állományú puhafa, melynek finom szövetű szerkezete lehetővé teszi, hogy apró tárgyakat és alkatrészeket faragjanak ki belőle.

A vadgesztenyefa különböző részei különböző hasznos vegyületeket tartalmaznak (eszcin, flavonoidok, szterolok, szaponinok), melyeket előszeretettel használnak a gyógyászatban. Ezek a vegyületek leginkább gyulladáscsökkentő, értágító és fényvédő szerepet

töltenek be és leginkább kenőcs formájában találkozhatunk vele (Farkas, 2012). A vadgesztenye leveléből lázcsillapítás, felsőlégúti megbetegedések és köhögés enyhítésére teát készítenek (Babulka, 1998).

A vadgesztenyefák azonban manapság egyre kevésbé népszerűek, mert kártevője a vadgesztenye aknázómoly (*Cameraria ohridella*) súlyos esztétikai kárt okoz a levelein, illetve a felerősödő városi ártalmakhoz nem igazán tudnak alkalmazkodni (Tóth, 2012). Ezen kívül számos kórokozója fertőzi hazánkban, mint például a horse chestnut mosaic vírus, *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*, *Septoria hippocastani*, *Erysiphe flexuosa*, *Guignardia aesculi* (Cooper, 1979; Grove, 1935; Thomas *et al.*, 2019). Ezek közül a vadgesztenye guignardiás levélfoltossága ellen szoktak fungicides permetezéssel védekezni.

2.2 Vadgesztenye aknázómoly (*Cameraria ohridella*)

A vadgesztenye aknázómoly tudományos nevén *Cameraria ohridella* (Deschka és Dimić, 1986; *Lepidoptera, Gracillariidae*) a Macedóniában található Ohridi-tó mellől származik. Rövid időn belül délről észak felé haladva elterjedt szinte egész Európában, majd világszerte (Šefrová és Lastuvka, 2001; Ramert *et al.*, 2011; Gninenko *et al.*, 2017; Augustin *et al.*, 2009), Magyarországon 1993-ban írták le. A kifejlett lepkék a szél által nagyon gyorsan messzire jutottak, de gyors elterjedésükhöz hozzájárult az országok közötti infrastruktúra fejlődése. A különböző járműveken a fertőzött levelekben, levéltörredékekben lévő bábok gyorsan eljutottak a többi országba, illetve a fertőzött faiskolai állományok szállításával is terjedtek (Pál *et al.*, 2024). A moly 3-4 mm nagyságú, barnás-arany szárnypikkelyekkel borított, végén boholy-szerű képlet található (Buszko, 2006). Egy évben három nemzedéke alakul ki és a telet báb alakban vészeli át a levélszövetben kialakított aknában (Pschorn-Walcher, 1994). A kártételt a lárva okozza, amely a levélszövetben táplálkozva aknát készít és ürülékével szennyezi azt (1. ábra). Egy levélen rengeteg akna lehet, augusztusban, a harmadik nemzedék megjelenésénél már egészséges levélszövet sokszor nem fellelhető a levéllemezen. A levelek a súlyos kártétel hatására elszáradnak, majd lehullanak, akár a lombzat 100%-a és így a termést nem tudja a fa megfelelően beérlelni (Pschorn-Walcher, 1994; Jenser, 1998; Gilbert és Gregorie, 2003).

1. ábra: Vadgesztenye aknázómoly lárva a levélszövetben, Gyuris, 2023



A védekezés a kártevő ellen mindig a megelőzésen alapszik, hiszen a kialakult aknákat már feleslegesen permetezzük le növényvédőszerrel. Ha időben permetezünk megfigyelve a rajzáscsúcsot, akkor egész nyáron kártételmentes levelek lesznek a fán, azonban a permetezés időzítése nagyon nehéz feladat, főleg a városban, a közterületeken. Permetezni háromszor szükséges a három nemzedék ellen. Ezen kívül érdemes a lehullott lombot megsemmisíteni, hogy az áttelelő populációt csökkentsük (Jenser, 1998; Szócs *et al.*, 2011). Permetezéshez használható hatóanyagok az abamektin, klórántraniliprol, emamektin benzoát és azadiraktin (Internet 1). A permetezésen kívül más alternatív növényvédelmi megoldás is van, a törzsinjektálás.

2.3 Törzsinjektálás

A fák endoterápiás kezelése a mai gyakorlatban bevett szokás olyan területeken, ahol a permetezés nem megoldható (Percival *et al.*, 2012; Ferracini és Alma, 2008). Több kutatás is alátámasztja, hogy az aknázómoly elleni injektálás hatásos és jótékony hatású a fák növekedésére nézve is (Jagiello *et al.*, 2019).

A törzsinjektálás nem újkeletű növényvédelmi eljárás, hiszen a technikát már jó pár évszázaddal ezelőtt is alkalmazták, például Leonardo da Vinci is kísérletezett vele (Roach, 1939). A technika leginkább nyugaton, Amerikában terjedt el igazán a 2000-es évek elején a különböző rovarkártevők elleni védekezésépp közterületeken (Bárány, 2018; Doccola és Wild, 2012). Ezzel a módszerrel a peszticid közvetlenül a fa szállítórendszerébe (xilém) kerül, és célzottan hat a fát károsító egyedekre és a fa minden részébe (levél, virág, termés) elszállítódik (Mota *et al.*, 2009; VanWoerkom *et al.*, 2014; Wise *et al.*, 2014). Ahhoz, hogy a technika működőképes és hatékony legyen, a fának a szállítószövetébe kell injektálni a hatóanyagot, hogy a növény a víz- és tápanyagszállítással együtt a hatóanyagot is szállítsa a növényi részekhez, mert alapvetően a fatest keringési rendszere működteti a technikát (Bárány, 2018). A xilémbe a különböző beinjektált hatóanyagok, növényvédőszeresek más sebességgel haladnak a lombkorona irányába. Például az imidakloprid hatóanyag avokádó fában jóval lassabban szállítódott el a levelekbe, mint az acefát hatóanyag. A hatóanyagok lebomlásának ideje és hatékonyságának hossza fafajonként és hatóanyagonként eltérő. Vannak hatóanyagok, melyek lassan bomlanak le és 2-3 évig is védik a fát a károsítóktól, de az injektált rovarirtó szer maradványi aktivitása is képes védelmet nyújtani a rovarok akár több generációja ellen (Doccola *et al.*, 2012).

Mikro- és makroinjektálási technikákat különböztetünk meg. A makroinjektálásnál a gravitációs erő hatására szállítódik a fatestbe a hatóanyag alacsony nyomással, ilyenkor viszonylag nagy méretű lyukat kell fúrni a fába, melynek átmérője nagyobb, mint 5 mm. Mikroinjektálásnál 3-4 mm átmérőjű lyukat fúrnak a fába, melybe magas nyomással, jóval rövidebb idő alatt kerül be a hatóanyag a xilémbe és egyenletesebb eloszlást biztosít a fában (Costonis, 1981; Bárány, 2018). Az injektálási technikák számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos permetezéssel szemben, például (1) kevesebb peszticid mennyiséget igényelnek, (2) a táplálkozó lárvák tápközege közvetlenül és könnyen elérhető, nem áll fenn toxikokinetikai nehézség, (3) a zárt xilém rendszer hosszan tartó védelmet nyújt a növényvédő hatóanyagoknak, (4) biztonságos a nem célszervezetek számára is (Acimovic, 2014; Burkhard *et al.*, 2015; Doccola 2012; Kiss *et al.*, 2020). A gyümölcsfák törzsinjektálásos növényvédelme iránt is világszerte élénk a kutatási érdeklődés (Costonis, 1981; Roach, 1939, Mokhtaryan *et al.*, 2021; Yamamoto *et al.*, 2022).

A manapság használt injektálási technológiák:

- Mikro-infúziós rendszer a WedgleDirectInject®, ArborSystems
- Mikroinfúziós elven működik a TREE I.V. mikro-infúziós rendszerés Levegő /

- Hidraulika mikro-injektor, Arbojet
- Eco-ject® Mikroinjekciós Rendszer

Az vadgesztenye aknázómoly és injektálás témakörében számos kutatás íródott az elmúlt években. 2003-ban Pavela és Bárnét (2005) 60 fát kezelt azadirachtinnal (NeemAzal) különböző dózisokban Csehországban. 0,08 g/cm, 0,15 g/cm és 0,25 g/cm hatóanyagot injektáltak a fába, törzsmagasságban. A kezelés értékelésénél fánként 30 levelet gyűjtöttek véletlenszerűen és megszámozták az aknák számát, majd megmérték azok méretét mind a kezelt és mind a kontroll fák esetében. Ezenkívül nyomon követték a lárvák fejlődését a leveleken és vizsgálták azok mortalitását. Ezt kétszer végezték el, egyszer a második generáció károsítása után és egyszer a harmadik generációnál. Eredményeik azt mutatják, hogy a legnagyobb és középső dózisok esetében a lárvák mortalitása 100% volt mind a három generáció esetében és a legkisebb dózisonál a mortalitás 78,6% az első generáció esetében és 68,6% a második generáció esetében és csak 23 hétig volt hatása, így a harmadik generációnál már nem volt mortalitás.

Ferracini és Alma (2008) egy négyéves kutatást végzett a vadgesztenye aknázómoly elleni védelemről. Közvetlenül virágzás után, májusban történt a fák kezelése endoterápiás módszerrel imidakloprid és abamektin hatóanyagokkal. A vizsgálat során a leveleken található aknák számát figyelték meg. A kezelt fák leveleinek esetében átlagosan 3 akna volt, míg a kezeletlen kontroll fák levelein átlagosan 64 akna volt. Elmondható, hogy a kezelések hatására átlagosan 82%-kal csökkent a kártétel. A kezelt növények kérgén a legtöbb furat a kezelést követő 6-7 hónapon belül begyógyult.

Kobza és társai (2011) is tesztelték a technológiát Szlovákia területén. 2006-ban 12 helységben 230 vadgesztenyefát, 2007-ben 15 településen 337 fát kezeltek abamektin hatóanyagú készítménnyel (Vivid II.). A kezelések átlagos hatékonysága 95% felett volt a kártevővel szemben. Utána hatóanyag maradvány mérést végeztek a pollenben, amely megmutatta, hogy 0,145 mg/kg hatóanyagmaradék volt mérhető a kezelés után egy nappal. A kezelést követő 8. napon látványosan csökkent, és a kezelést követő 16. napon már nem volt kimutatható.

Pál és társai (2014) 2011-ben összesen 38 vadgesztenyefát injektáltak imidakloprid (Kohinoor 200 SL) és abamektin (Vertimec 1.8 EC) hatóanyagokkal, 46 fát kezeletlen kontrollnak hagytak meg. A vizsgálat azt mutatta meg, hogy az injektált fák esetében a kártétel mértéke nem haladta meg a 10%-ot a leveleken.

Gubka és társai (2020) szintén Szlovákia területén injektált vadgesztenyefákat azadirachtin hatóanyaggal (TreeAzin) 2017-18-ban. A kísérletbe 32 fát vontak be, plusz 18 kontroll fát. A kezelt fák levelein átlagosan 4,2-24,5% volt a levélkárosodás aránya, míg a kezeletlen fák levelein ez az érték jóval magasabb volt: 75,5-94,3%. Szintén megfigyelték, hogy ősszel a lombhullás időszakában a kezelt fák levelei jóval tovább a fán maradtak, mint a kezeletlen fák lombozata. Ezen felül a vizsgálat időtartama alatt az összes kezelt fa koronája statisztikailag és vizuálisan egészségesebb és teltebb volt, mint a kezeletlen fák koronája.

2.4. Évgyűrű vizsgálat

Az évgyűrű a másodlagosan vastagodott fa keresztmetszetében az egy éves vastagodása. Az évgyűrű vizsgálat során megállapíthatjuk a fa korát és az az élőhely jellemzőit adott időszakban. Az évgyűrűk a vegetációs időszak alatt nem egyforma mértékben növekednek, hiszen tavasszal, nyáron és ősszel más-más környezeti körülmények érik őket, ezért megkülönböztetünk tavaszi, nyári és őszi pásztát (Lukács, 2020). Tavasszal a fák tágabb üregű, viszonylag keskeny falú sejteket képeznek, a hirtelen intenzívvé váló vízfelvétel és lombozat kialakítása miatt. A vegetációs idő végén, ősszel a csökkenő vízfelvétel miatt pedig kisebb, szűkebb és vastagabb falú sejtek alakulnak ki és ez a váltakozás adja a gyűrűs szerkezetét a fatestnek. A téli időszakban jön létre az évgyűrűhatár, amikor a sejtkepződés leállt. Ha sugárirányban fúrunk a fában, akkor ez a mintázat jól megfigyelhető (Bóka *et al.*, 2007).

Dendrokronológiának nevezzük, az a tudományágat, amely a fák gyűrűit használja a múltbeli események datálására és a múltbeli környezeti feltételek rekonstruálására. A dendrokronológia naptári évre pontos abszolút dátumokat, valamint a környezeti változások minőségi és mennyiségi rekonstrukcióját nyújtja szezonális és évszázados léptékben (Dean, 1997). A fák minden évben új gyűrűt helyeznek a kéreg alá, amelynek szélessége az éghajlati tényezőktől függően változik. Azonos éghajlati viszonyok között az azonos fajhoz tartozó, egy időben növekvő fák hasonló gyűrűmintázatot mutatnak (Guibal és Guibot, 2021). A fák éghajlati viszonyokra való érzékenységének egyik mutatója a sugárirányú növekedésük, amely a kambiális aktivitás mértéke és jelzi a fa állapotát, amely ki van téve különféle környezeti hatásoknak (Fritts, 1976).

Az évgyűrű növekedésének számos befolyásoló tényezője van, mint például a fa kora, éghajlati viszonyok (csapadék mennyisége, hőmérséklet), a fa elhelyezkedése a környezetben, fát ért stressz az adott hónapokban, években (Biondi, 1993). Azonban a növények növekedési

intenzitásának két fő meghatározója a megfelelő hő- és vízellátás. Mivel ezek nem állandó értékek, ezért a fa évgyűrűinek vastagságából meg tudjuk állapítani, hogy az adott évben mennyire voltak megfelelőek ezek a körülmények a fának (Fritts, 1976). Ha vastag az évgyűrű, akkor jók voltak a környezeti körülmények, ha vékony gyűrűt növesztett a fa, akkor valamiben hiányt szenvedett. Számos kutatás van az évgyűrűvizsgálatról, ez egy igen kutatott téma. A dendrokronológiát alkalmazzák a régészetben is, hiszen rengeteg széles spektrumú információt árul el nemcsak a fák, hanem az egykor élt emberek múltjáról is. Bár a fák növekedési rétegeinek ismerete az ókorból származik, a fagyűrűk dendrokronológiai értelemben vett első feljegyzése 1737-ben történt, amikor Duhamel és Buffon egy kiemelkedő fagykárosodott gyűrűt használt az 1709-es év jelzőjeként Észak-Európában (Dean, 1997). Az elmúlt évszázadból rengeteg feljegyzés van arról, amikor a különböző környezeti körülményeket összefüggésbe hozták a fák évgyűrűivel. Például Texasban Jacob Kuechler (Stallings, 1937), valamint J.C. Kapteyn Németországban és Hollandiában (Schulman 1937) egymástól függetlenül használt egyező fagyűrű-szekvenciákat a természeti események kormeghatározására és az éghajlatra vonatkozó következtetések levonására. Andrew Ellicott Douglassra maradt azonban, hogy a különböző fajok közötti gyűrűszélességeket, mint saját felismeréseit a dendrokronológia tudományává fejlessze (Webb 1983). Douglas Felfedezte, hogy a különböző fák azonos gyűrűszélesség-változékonysági mintákat mutatnak és rájött, hogy ezek a közös jellemzők a fák növekedésének külső éghajlati szabályozását jelzik. Fenyőfák esetében pozitív korrelációt állapított meg a gyűrűszélesség és az előző tél csapadéka között és a történelmi eseményeket naptár pontosan ki tudta következtetni (Douglass, 1914).

Az évgyűrűk és éghajlat együttes megfigyelése fontos információkat közöl a fáról, fafajokról. Garcia-Suarez és társai (2009) egy mélyreható kutatást készítettek négy különböző fafaj évgyűrű vizsgálatáról, ahol kiderítették, hogy a különböző fajok különböző éghajlati paraméterekre reagálnak, például egyesek érzékenyek a nedvességre, mások pedig a hőmérsékletre. Például a bükk és a kőris a legérzékenyebb az éghajlatra, a fagyűrű szélességét a nyár eleji csapadék és talajnedvesség erősebben befolyásolja, mint a hőmérséklet vagy a napsütés. A tölgy a nyári csapadéokra is érzékeny, míg az erdeifenyő a maximális hőmérsékletre és a talaj hőmérsékletére.

A *Cameraria ohridella* által évente okozott korai lombhullás jelentős hatással van a vadgesztenyefák általános állapotára. Jagiello és társai (2019) megvizsgálták az injektálás hosszútávú hatásait. Famintákat, leveleket és rovarokat gyűjtöttek tíz évvel a növényvédőszeres injektálás után. Azt figyelték meg, hogy a kezelt fák esetében a fagyűrűk radiális növekedése

nagyobb volt, mint a kontroll fáknál. Eredményeik azt mutatták, hogy a növényvédő szerek szisztémás alkalmazása gyors és hosszan tartó hatást fejt ki a fák növekedésében kifejezett általános állapotjavítására. Ezenkívül egy évtizeddel a kezelés után a fertőzöttség mértéke háromszor alacsonyabb volt a vegetációs idő közepén, mint a beavatkozás nélkül maradt fáknál. Így a növekedés mellett a fák általános megjelenése is javult, ami a városi zöldkép szempontjából fontos jellemző.

2.4.1. Évgyűrű mérés módszerei

A fák évgyűrűit többféleképpen is meg lehet vizsgálni. Kíméletlen módszer, ha a fát kivágják, ezért ezt már csak olyan fákon alkalmazzák, melyeket kivágnának vagy már korábban kivágtak. Leggyakrabban láncfűrész használata az elhalt minták teljes vagy részleges keresztmetszete készítésére (Grissino, 2003). Ezzel a módszerrel egy fakorongot kapunk, melyen jól láthatóak az évgyűrűk. Azonban van ennél jóval kíméletesebb módszer is. Növedékfűróval a magját vesszük ki a fának, így a fa nem károsodik nagy mértékben. „A növedékfűró az erdészetben a fa növekedési erejének vizsgálatára használt eszköz, melyet a faápolásban is használnak” (Lukács, 2020). Németországban fejlesztették ki 1855-ben (Pressler, 1866). A növedékfűrőt az élő és elhalt fák magjának kinyerésére használják a növekedési trendek elemzésére a fa évgyűrűmintázatának vizsgálata alapján. Közép-Európában az 1800-as évek közepétől kezdődően a növekedési gyűrűket elemezték, hogy meghatározzák a túlevelűek növekedési ütemét, hogy megállapítsák, mikor és milyen gyakran kell kivágni a fákat.

Növedékfűrók jelenlegi gyártói közé tartozik a Haglof (Svédország), a Suunto (Finnország), a Mattson (Egyesült Királyság) és a Timberline® (Kína) (Grissino, 2003). 10 és 70 cm hosszúságú méreteket gyártanak, érdemes a vizsgálni kívánt fákhöz igazítani a hosszát. A növedékfűróknak a belső átmérőjük is különböző méretű, de a két leggyakoribb átmérő a 4,35 mm és az 5,15 mm. Az utóbbi méretűek mechanikailag erősebbek, így hosszabb az élettartamuk is, ezen felül a nagyobb minta jobb láthatóságot eredményez. Azonban minél nagyobb a növedékfűró átmérője, annál nehezebb a fűrőt mozgatni a törzsben (Józsa 1988). Az eszköznek a hegye éles kell, hogy legyen, különben nagyon nehezen tud haladni a fűró a fában (2. ábra). A mintát javasolt a talajhoz közel venni, ugyanis általában itt a legszélesebb a fatörzs (Wilson, 1984). A fűrés az élő fában kárt tesz, sérülést okoz, de a fa saját védekezőrendszere (CODIT) képes megvédeni önmagát a sejthalál- és a mikroorganizmusok általi fertőzés

terjedésétől (Shigo, 1985). Több kutatás is alátámasztja, hogy a keletkezett lyukat nem érdemes befedni (Grissino, 2003).

2. ábra: Növedékfúró alkalmazás közben (Forrás: Gyuris, 2024)



A növedékfúrón kívül van még egy kíméletes módszer az évgyűrűk detektálására. Ezt a készüléket úgy nevezik, hogy rezisztográf, amely egy olyan műszeres favizsgáló módszer, amely a fának a fúróra gyakorolt ellenállását méri (Lukács, 2020). Nagyon értékes, idősebb fáknál használják a kíméletes eljárás miatt. A rezisztográf egy olyan műszer, amelyet a fa korhadási fokának, üregesedésének és repedéseinek mérésére terveztek (Gruber, 2000). A rezisztográf működésének alapja az elektromos ellenállás. Egy elektronikusan vezérelt fúróellenállás, erős lineáris kapcsolatban áll a fa sűrűségével (Frank, 2012). A rezisztográfval mért sűrűségváltozások mintázatát felhasználva a fák életkorát vizsgálhatjuk (Lukaszkiwicz *et al.*, 2005). Legnagyobb előnye a rezisztográfának a növedékfúróval szemben, hogy sokkal kisebb átmérőjű sebeket hagy a fában (0-2 mm között) és már a 0.1 mm-nél nagyobb évgyűrű szélességet is képes mérni (Oh *et al.*, 2019).

3 ábra: Rezisztográf használat közben (Forrás: Gyuris, 2024)



3. Anyag és módszer

A méréseket a Budapesten, a Fehérvári út 43 szám udvarában álló vadgesztenyefákon végeztük el 2024.04.12-én. A fákat 2018-ban injektálták abamektin hatóanyaggal. Összesen 4 db vadgesztenyefát vizsgáltunk meg növedékfűrő és rezisztográf eszközök segítségével. A fák mellmagasságban mért törzsátmérője 60 és 80 cm között volt és magasságuk körülbelül 17-20 méter. A vizsgált fák idősek, az első vizsgált fát még a ház építésekor ültették 1920-ban, a többit az 1950-1960-as évek környékén (Táblázat 1.). A fák állapotukat tekintve jó kondícióban vannak, csupán egy fában mutatott a rezisztográf műszer korhadást. A kontroll fát a budapesti Kamaraerdei Parkban vizsgáltuk meg, ahol csak rezisztográfval végeztünk mérést 2024.04.18-án. A helyszínen lévő fákat nem permetezték vagy injektálták az eddigi életük során. A növedékfűrővel nem szerettünk volna mintát venni, hiszen a korábban vett mintákon sem igazán látszódnak a gyűrűk, így felesleges sebhelyet nem szerettünk volna okozni a fában.

1. Táblázat: A vizsgálatban szereplő fák adatai

Fa sorszáma	Fa ültetésének ideje	Fa magassága	Fa törzsátmérője
1	1920	20	82
2	kb. 1960	18	66
3	kb. 1960	17	64
4	kb. 1960	18	71
Kontroll	1960	18	66

A mintavételezés során a helyszínről vadgesztenyefamintákat vettünk növedékfűrő (Pressler fűrő) segítségével, köldök magasságban, kb. 150 cm (DBH – diameter breast high) magasságban. A fáknál ügyeltünk, hogy olyat válasszunk, amely egyenesen áll, mert a ferdén növő fák gyűrűi másképp helyezkednek el és ez torzíthatja az eredményt és megnehezíti a mérést. A műszerek esetében figyelni kellett, hogy egyenesen és stabilan tartsuk azokat, hogy ne mozduljanak el, mert a minták így eltörhetnek és a törött mintát nehezebb értelmezni. A mintákat egy műanyag szívószálba tettük, majd mindkét végét lezártuk és feliratoztuk és úgy szállítottuk a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetemre, ahol sztereómikroszkóp segítségével megvizsgáltuk. A vizsgálat előtt azonban a mintákat Wilczyński és társa (2007) munkája nyomán előkezeltük: vízben áztattuk, majd óvatosan megcsiszoltuk. Közvetlenül a növedékfűrő mintavételi hely mellett fűrtünk be a fába a rezisztográf segítségével, hogy a lehető

legpontosabb eredményt kapjuk. A rezisztográf jóval kisebb lyukat hagyott a fában, mint a növedékfúró (4. ábra), így jóval kisebb a keletkezett seb nagysága. A rezisztográf típusa RINNTECH Resistograph R650-EA és 50 cm mély furatot képes készíteni. A furás sebessége 20 m/s volt. A fúró össze volt kötve Bluetooth-al egy hordozható nyomtatóval és a furás kezdetével azonnal nyomtatni kezdte az eredményeket. A fúrót és fúrószárat minden mintavétel és furás után alkohollal fertőtlenítettük, hogy az esetlegesen jelenlévő kórokozókat (gombaspóra, baktérium) ne terjesszük fáról fára. A mintavétel és furás után keletkezett sebeket fagéllel lezártuk.

4 ábra: Rezisztográf és növedékfúró nyoma (Gyuris, 2024)



4. Eredmények

4.1 Növedékfúróval vett minták:

Az ötödik ábraegyüttesen (5.a-5.f) láthatóak a növedékfúróval készített minták. Mivel a vadgesztenye törzsében nehezen kivehetőek az évgyűrűk, ezért a faminták esetében a sztereómikroszkópos vizsgálat során sajnos nem láttuk az évgyűrűket. Később a mintákat még olajjal is lekezeltük és így néhány cm hosszúságon nagyon halványan kivehető egy-egy gyűrű. A kivett mintákból kivehető, hogy bár ránézésre nem tűnik betegnek a fa, a geszt felé haladva korhadás lépett fel a faszövetben. A minta ezen része sötétbarna színű, erősen szagos.

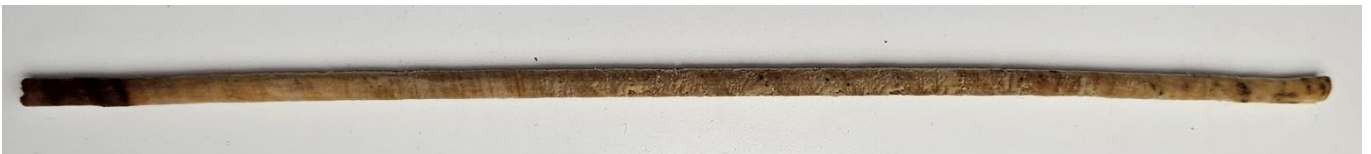
Az első mintavétel során egy 29 cm hosszú furatot sikerült kivenni a fából (5.a ábra). A szövet első 12 cm-e világos színű, egészséges, majd 4,5 cm sötétbarna szövetrész következik. Ezt követően 6,5 cm sötétszínű szövetrész következik, melynek erős szúrós szaga van. Ebből arra lehet következtetni, hogy a geszt körüli barna rész romlásnak indult, esetleg elkezdett korhadni.

5.a. ábra: Első növedékfúróval vett minta (Gyuris, 2024)



A második mintavétel során egy 23,5 cm hosszú furatot vettünk ki a fából (5.b ábra). Jól látszik a 2 cm nagyságú hánccs majd ezt egészséges világos színű faszövet követi. A gyűrűzöttség sajnos itt sem jól kivehető, csak egy kis részén a mintának.

5. b. ábra: Második növedékfúróval vett minta (Gyuris, 2024)



A harmadik mintavétel esetében 21,5 cm hosszú furatot vettünk ki (5.c-d ábrák). A furaton az évgyűrűk nagyon halványan látszódnak és megfigyelhető, hogy méretük hasonlóan alakult, mint a rezisztográffal mért ellenálláson alapuló távolság.

5. c-d ábra: Harmadik fáról vett minta növedékfúróval, távolabbi és közelebbi felvételek (Gyuris, 2024)

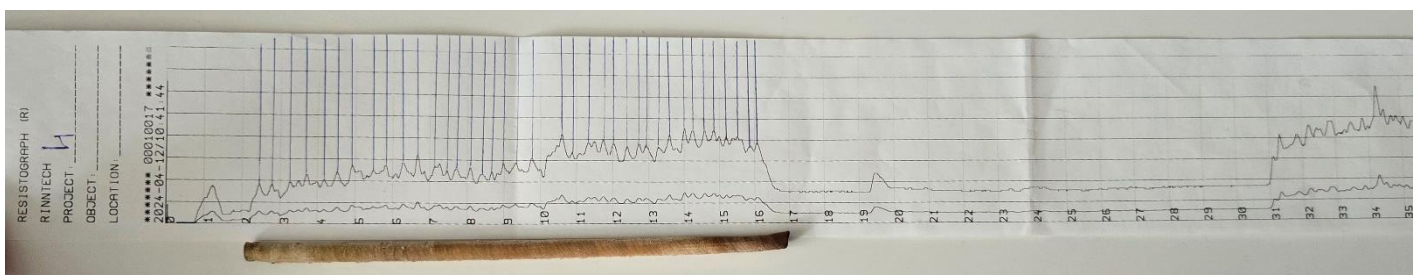


A negyedik mintavétel esetén 15 cm-es furatot tudtunk csak kivenni (5. e ábra), ugyanis a fa belsejében egy nagy üreg található, amely meg volt töltődve vízzel (6. ábra). A fa ránézésre, külső megfigyelés alapján nem mutatott korhadásra, üregre utaló jeleket. Az üreget a rezisztográf is kimutatta, ugyanis az ellenállás megszűnt, majd amikor ismét faszövetbe ütközött a fúrószár, érzékelte az ellenállást és mutatott jelet (5. f ábra).

5. e ábra: Negyedik fáról vett minta növedékfúróval (Gyuris, 2024)



5.f ábra: Negyedik fáról vett minta összehasonlítása a rezisztográf által mutatott eredménnyel (Gyuris, 2024)



6. ábra: A növedékfúrón keresztül az üregben álló víz kiürült a fából (2024, Gyuris)

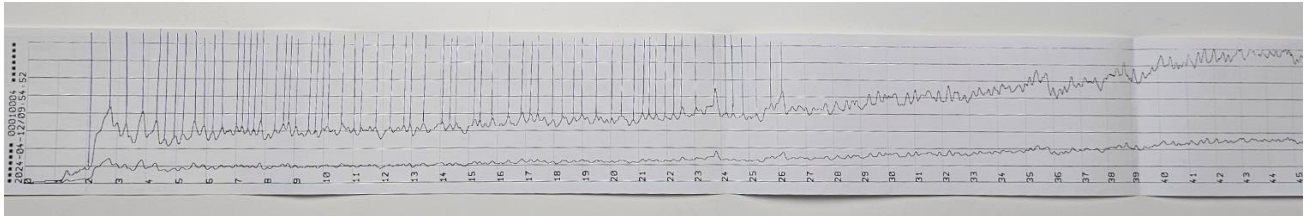


4.2 Rezisztográf vizsgálat

A rezisztográfval mért adatokat papírformában is és a RINNTECH oldaláról letölthető szoftverrel (DECOM 3.16) is megtekintettük. A papír formátumon látható a fúrásellenállás nagysága és a felhasznált áram mennyisége, amely arányos az ellenállás nagyságával. A szoftverrel alkotott ábrán csak a fúrásellenállás nagysága (%) látható, ezért inkább a papír alapú ábrát használtam az elemzéshez. Az ábrán a csúcsok jelzik az új évgyűrűt, tehát ahol kimagaslik az érték, ott van az évgyűrűhatár, a csúcsokat vonallal választottam el egymástól, így látszódik az évgyűrűk nagysága. Ha az ábrán kis csúcs van egy nagy csúcs mellett (mellékcsúcs) vagy dupla csúcs alakult ki, akkor ebben az esetben nem volt elég nagy az ellenállás, tehát az nem egy teljes értékű évgyűrű, hanem úgynevezett álévgyűrű. Ezt olyan esetben növeszti a fa, amikor rossz kondícióban van, például lehullik a lombja idő előtt és újra kihajt még a vegetációs idő végén.

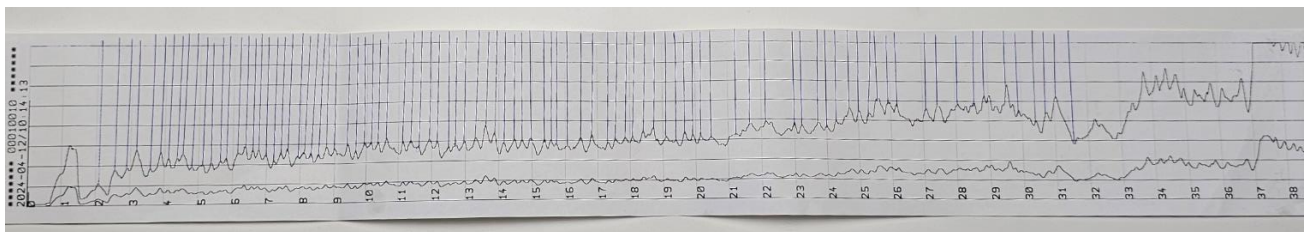
Az első fa esetében a 0-2 cm-ig tartó szakaszon szinte nulla volt az ellenállás, itt a fa kérge található (7.a ábra). Jól látszik, hogy az utolsó 4 évben az évgyűrűk nagysága nőtt, a korábbi években növesztett évgyűrűk méretéhez viszonyítva. Majd az évgyűrűk nagysági ismét vastagodott, ez a 22-es szakasztól látható.

7. a ábra: Első fa rezisztográffal mért adatai (Gyuris, 2024)



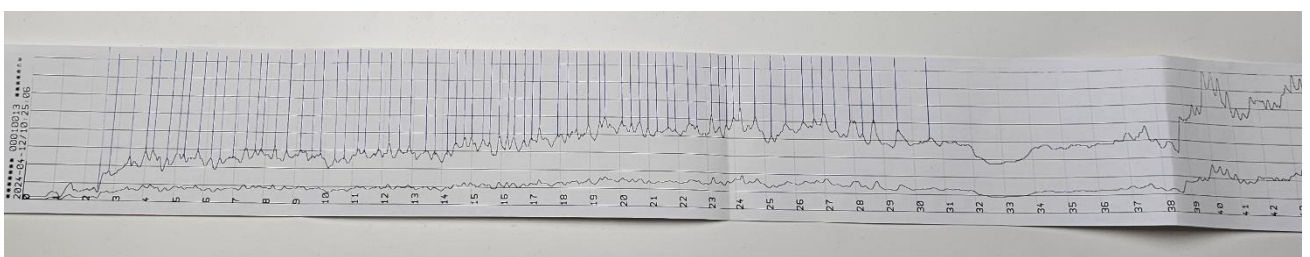
A második vizsgált fánál is jól látható, hogy az utolsó 4 évben vastagabbak voltak az évgyűrűk, utána pedig keskenyebbek (7.b ábra). Megfigyelhető, hogy több évben is növesztett a fa álévgyűrűt. Ez a korábbi években bekövetkezett lombvesztésnek tudható be, melyet a moly okozott. A 21-es szakasztól az évgyűrűk vastagodása látható. A 32-33-as szakasznál értük el a fa középpontját, a gesztet. Ezen az ábrán ez is megfigyelhető.

7.b ábra: Második fa rezisztográffal mért adatai (Gyuris, 2024)



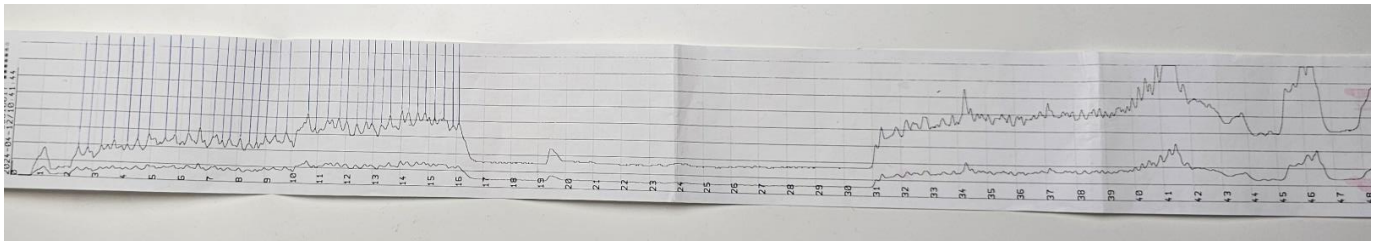
A harmadik vizsgált fánál már nem olyan szembetűnő a különbség, azonban az első 4-6 évgyűrű vastagabb, a korábbi évgyűrűkhöz képest (7.c ábra). A geszthez közeledve az évgyűrűk nagysága ismételen növekedést mutat (24-es szakasztól), de ez megtévesztő lehet, ugyanis álévgyűrűk is nőttek ebben az időszakban. Szintén a 32-33-as szakasznál értük el a gesztet.

7.c ábra: Harmadik fa rezisztográffal mért adatai (Gyuris, 2024)



A negyedik vizsgált fánál nem látható az injektálás pozitív hatása, tehát utolsó 6 évben növesztett évgyűrűk nagysága és az előtte növesztett évgyűrűk nagysága látványosan nem tér el (7.d ábra). A fában kialakult korhadás 16,5 cm-től azonban jól látszik. Valószínűleg azért sem tud nagy méretű évgyűrűket növesztetni a fa, mert nem egészséges és a túlélésre törekszik.

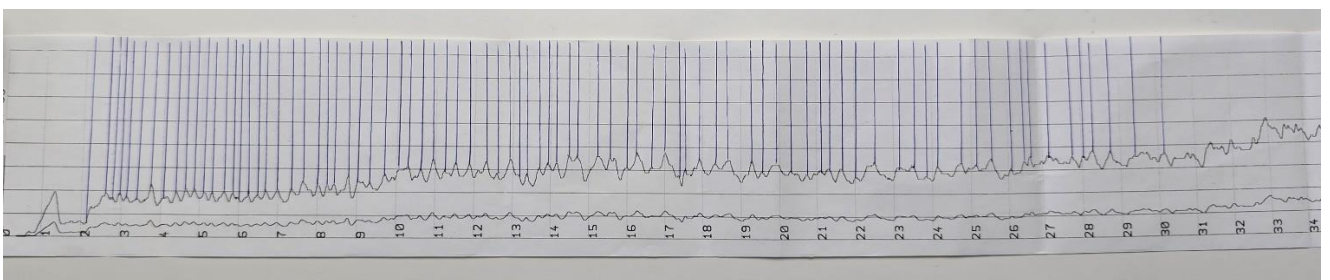
7.d ábra: Negyedik fa rezisztográffal mért adatai (Gyuris, 2024)



Kontroll fa vizsgálata:

A kontroll fa vizsgálatánál jól kivehető, hogy a fa az utóbbi harminc évben nem tudott nagy méretű évgyűrűket növesztetni (7.e ábra). A kártevő megjelenése előtt azonban vastagabbak voltak az évgyűrűk (22-es szakasztól). Azonban a hosszú évek óta tartó kora őszi, nyár végi lombhullás nincs jó hatással a fa egészségére, ugyanis sok dupla csúcs látható,

7.e ábra: Kontroll fa rezisztográffal mért adatai (Gyuris, 2024)



5. Következtetések és javaslatok

Két vizsgálati módszert alkalmaztunk a vadgesztenyefák évgyűrűvizsgálatához. A Pressler fúróval készített mintákat Wilczyński és társa (2007) módszer alapján készítettük elő a vizsgálathoz, de sajnos nem értük el a kívánt hatást. Megállapítható, hogy a vadgesztenye gyűrűi nem látványosak, nehezen kivehetőek. Mivel a növedékfúróval végzett mintavétel nem adott megbízható eredményt, így nehéz más kutatási eredményekhez viszonyítani eredményeinket. Azonban Cedro és társa 2021-ben készített egy hasonló elemzést növedékfúróval, melyben az aknázómoly kártételének hatására bekövetkező változásokat vizsgálták az évgyűrű méretek vonatkozásában. Amikor az aknázómoly megjelent és károsítani kezdte a fákat, akkor az évgyűrűk nagysága csökkent, de ez a csökkenés csak néhány évig tartott, utána az évgyűrűk ismét vastagabban lettek hasonlóan a károsítás előtti időszakhoz. Az időjárási körülmények változása hatással voltak az évgyűrűkre a kártevő megjelenése előtt és jól látható volt a megfelelő mennyiségű csapadék jótékony hatása az évgyűrűkre.

A rezisztográffal mért adataink alapján jól látni, hogy az első három fa esetében az injektálás hatására az évgyűrűk nőttek az utóbbi 4-5 évben. Több esetben megfigyelhető, hogy dupla csúcs keletkezett, (melyet én berajzoltam vonalként) de ebben az esetben álévgyűrűk keletkeztek. Sajnos a moly kártétele olyan súlyos lombvesztéséget okozott, hogy a fa késő nyáron vagy ősszel újra kihajtott, így keletkezett álévgyűrű. Ez azonban megtévesztő lehet, amikor az évgyűrűket vizsgáljuk. A moly megjelenése Magyarországon körülbelül 30 évvel ezelőtre tehető (Pál *et al.*, 2024). Ha figyelembe vesszük az álévgyűrűket is, akkor látható, hogy a második és harmadik vizsgált fa esetében a 30 évvel ezelőtti (moly által nem károsított) állapotban az évgyűrűk ismét vastagabbak.

Mivel az injektálás hosszútávú hatásairól nem áll sok szakirodalom rendelkezésünkre, ezért szeretnénk a jövőben további injektált fákat vizsgálni és a kapott eredményeket elemezni. Elérhető a Rezisztográf eszközhöz egy újabb szoftver, amely pontosabban tudja analizálni a kapott mérési eredményeket, a későbbiekben szeretnénk ezt megvásárolni, amint lesz rá forrásunk. Továbbá javasoljuk a megoldás keresését a növedékfúróval kivett vadgesztenyeminták színezéséhez, hogy jobban kirajzolódjanak az évgyűrűk.

6. Összefoglalás

A vadgesztenyefák kiemelten fontos szerepet játszanak országunkban, hiszen nem csak gyönyörködtetnek, hanem árnyékot is biztosítanak a nagy melegben. Mióta Magyarországon is megjelent a vadgesztenye aknázómoly, a vadgesztenyék sorban veszítenek értékükből és állapotuk fokozatosan romlik. A lombhullás, amely szélsőséges esetekben a lombzat teljes elvesztéséhez vezet, erősen befolyásolja a fa állapotát. Eközben az urbanizáció negatív hatásai is fenyegetnek, amely száraz, egyre meleg éghajlatot von maga után. A fák jó állapotának és egészségének megtartása kihívás lett az utóbbi években. A permetezéssel történő növényvédelem az aknázómoly ellen hatásos abban az esetben, ha évente háromszor meg tudjuk ismételni a kezelést. Sajnos sok területen nem megoldható a permetezés etikai és fizikai okokból. Ilyen esetben sem kell lemondanunk a fákról, ugyanis lehet törzsinjektálást alkalmazni. Ezt az endoterápiás technológiát már hosszú évek óta sikeresen alkalmazzák nem csak hazánkban, hanem külföldön is (Gubka és társai, 2020). Korábbi vizsgálatok kimutatták, hogy az injektálásnak van hosszútávú hatása, még 10 év után is sokkal kevesebb a moly kártételének mértéke, mint a kontroll fákra (Jagiello és társai, 2019). Az injektálás évgyűrű nagyságra gyakorolt hatásairól hazánkban nem igazán esik szó a szakirodalomban, ezért dolgozatunk e tekintetben hiánypótlónak tekinthető. A dendrokronológia a fák korának és állapotának meghatározására alkalmas tudományág. Ennek segítségével meg tudjuk határozni, hogy a fa hány éves, milyen környezeti körülmények és egyéb hatások érték a múltban. Ha a fa egészséges és számára optimális környezet veszi körül, akkor nagy évgyűrűt növeszt (0,5-1,5 cm), ha rosszak az őt körülvevő körülmények, akkor kis méretű évgyűrűt növeszt (0,2-0,4 cm). Ha a vadgesztenye aknázómoly kártétele miatt a fa lombkoronája már augusztus közepén lehullik, akkor a fa nem tud megfelelő nagy méretű évgyűrűt növeszteni. Azonban a sikeres növényvédelmi kezelés hatására az évgyűrűk nagysága újra normális méretű lesz.

Munkánk során 4 idős vadgesztenyefát vizsgáltunk meg, melyet 2018-ban injektáltak abamektin hatóanyaggal. A vizsgálatot műszeres rezisztográfjal és kézi növedékfűrővel is elvégeztük. A rezisztográf 3 fánál sikeresen megmutatta, hogy az injektálást követő években az évgyűrűk nagysága nőtt a korábbi évekhez képest. A negyedik fa esetében kiderült, hogy a fa korhadt és benne nagy mennyiségű víz volt és mivel nem egészséges a fa, nem növesztett vastag gyűrűket. A növedékfűrővel végzett mintavétel sajnos nem mutatott ki értelmezhető eredményt, mert a vadgesztenye törzsén kialakuló gyűrűk nem látványosak, nagyon halványak. Így következtetést nem lehet levonni. A kontroll fához viszonyítva a törzsinjektálásnak van pozitív

hosszútávú hatása, hiszen a kontroll fák évgyűrű méretei csökkentek a kártétel előtti évekhez képest. A kezelt fák egészségesebbek, vastagabb évgyűrűt növesztettek és vitalitásuk növekedett. Összességében elmondható, hogy a törzsinjektálás, mint növényvédelmi kezelés a vadgesztenyefákra hosszútávon is pozitív hatással bír és nemcsak a lomb lesz ős végéig szép zöld, hanem az évgyűrűk is nagyobbak lesznek.

7. Irodalomjegyzék

1. Acimovic, S.G. (2014): Disease management in apples using trunk injection delivery of plant protective compounds. Michigan State University. Plant Pathology.
2. Acimovic, S.G., Cregg, B.M., Sundin, G.W., Wise, J.C., (2016): Comparison of drill- and needle-based tree injection technologies in healing of trunk injection ports on apple trees. Urban For. Urban Green., Special Section: Power in urban social-ecological systems: Processes and practices of governance and marginalization, 19, pp. 151–157.
3. Augustin S., Guichard S., Heitland W., Freise J., Svatos A., Gilbert M. 2009. Monitoring and dispersal of the invading Gracillariidae *Cameraria ohridella*. Journal of applied entomology.
4. Babulka P., Goetz P. (1998): Les Plantes dans le Traitement des Rhumatismes. De la Médecine Traditionnelle Hongroise à la Phytothérapie Européenne Actuelle, Partie I. Rhumatismes et Médecine Traditionnelle Hongroise, Nouvelle Revue de Phytothérapie Pratique, 2.: 12-18.
5. Bárány L. (2018): A törzsinjektálás gyakorlata és következményei a közönséges vadgesztenyéken, Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Növénykórtani Tanszék, Diplomamunka, Budapest.
6. Biondi F (1993): Climatic signals in tree rings of *Fagus sylvatica* L. from central Apennines, Italy. Acta Oecol 14:57–71
7. Bóka K., Jakucs E., Zoltán K., Vági P., (2007): Növény szerkezeti gyakorlatok, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 202.
8. Burkhard, R., Binz, H., Roux, C.A., Brunner, M., Ruesch, O., Wyss, P. (2015): Environmental fate of emamectin benzoate after tree micro injection of horse chestnut trees. Environ Toxicol Chem 34:297–302.
9. Bussotti, F., Pollastrini, M., Killi, D., Ferrini, F. & Fini, A. (2014): Ecophysiology of urban trees in a perspective of climate change. Agrochimica 58, 247–268.
10. Cedro A, Nowak G: (2021): Effect of the outbreak of horse-chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimić) on tree-ring width in common horse-chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.), 28 April 2021, PREPRINT (Version 1) Research Square
11. Cooper J.I. (1979): Virus Diseases of Trees and Shrubs, Institute of Terrestrial Ecology, c/o Unit of Invertebrate Virology, Oxford.

12. Costonis, A. C. (1981): Tree Injection: Perspective macro-injection/micro-injection. *Journal of Arboriculture*. 7(10). 275-277.
13. Dean, J.S. (1997): Dendrochronology. In: Taylor, R.E., Aitken, M.J. (eds) *Chronometric Dating in Archaeology*. Advances in Archaeological and Museum Science, vol 2. Springer, Boston, MA.
14. Doccola J. J., Smitley D. R., Davis T. W., Aiken J. J., Wild P. M. (2011): Tree wound responses following systemic injection treatments in Green ash (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh) as determined by destructive autopsy. *Arboriculture & Urban Forestry*, 37(1): 6-12.
15. Doccola J.J., Wild P.M. (2012): *Tree Injection as an Alternative Method of Insecticide Application*, Arborjet, Inc., Woburn, MA, USA.
16. Doccola J.J., Hascher W., Aiken J. J., Wild P. M. (2012): Treatment Strategies Using Imidacloprid in Hemlock Woolly Adelgid (*Adelges tsugae* Annand) Infested Eastern Hemlock (*Tsuga canadensis* Carrière) Trees, *Arboriculture & Urban Forestry* 2012. 38(2): 41–49.
17. Farkas Ágnes (2012): A vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*), *Farmakognóziai Hírek*, Pécsi Tudományegyetem ÁOK, Gyógyszerésztudományi Szak, Farmakognóziai Intézet, 2012. szeptember, VII. évf. 25. szám, ISSN: 2060-1387.
18. Ferracini C., Alma A. (2008): How to preserve horse chestnut trees from *Cameraria ohridella* in the urban environment, *Crop Protection*, Volume 27, Issue 9, September 2008, Pages 1251-1255.
19. Frank R. (2012): Basics of micro-resistance drilling for timber inspection. *Holztechnologie*. 53(3):24-29.
20. Fritts HC (1976): *Tree-rings and climate*. Academic, New York
21. Garcia-Suarez A.M., Butler C.J., Baillie M.G.L. (2009): Climate signal in tree-ring chronologies in a temperate climate: A multi-species approach, *Dendrochronologia*, Volume 27, Issue 3, 2009, Pages 183-198.
22. Gencsi L., Vancsura R. (1992): *Dendrológia*, Mezőgazda Kiadó, 594-600.
23. Gilbert, M., Grégorie, J.C. (2003): Visual, semi-quantitative assessment allow accurate estimates of leafminer population densities: an example comparing image processing and visual evaluation of damage by the horse-chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lep., Gracillariidae). *Journal of Applied Entomology*.
24. Gninenko Y.I., Muhamediev N.S., Ashikbaev N.Z. (2017): *Cameraria ohridella*: the first record in Central Asia. — *Russ. J. Biol. Invas.* 8: 10–13.

25. Grissino-Mayer, H.D. (2003): A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. *Tree-Ring Research* 59(2):63-79.
26. Grove W. B. (1935): *British Stem- and Leaf-Fungi (Coelomycetes)*, Vol. 1., Cambridge University Press, Cambridge.
27. Gruber F. (2000): Vergleichende Messergebnisse zur Identifizierung von Schadstellen im Fichtenholz (*Picea abies* L. Karst.) mit den Bohrmessgeäten Teredo, Resistograph 1410 und Impulshammer – Schallmesssystem. *Allgemeine Forest und Jagdzeitung*. p. 172.
28. Gubka A., Zubrik M., Rell S., Gareau N., Goble T., Nikolov C., Galko J., Vakula J., Kunca A., Dejonge R. (2020): The effectiveness of the neem product TreeAzin® in controlling *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae: Lithocolletinae), *European Journal of Entomology*, 117: 463–473.
29. Guibal, F., Guiot, J. (2021): Dendrochronology. In: Ramstein, G., Landais, A., Bouttes, N., Sepulchre, P., Govin, A. (eds) *Paleoclimatology*. *Frontiers in Earth Sciences*. Springer, Cham.
30. Hajas Gyula Bence, (2021): Appokkal a fővárosi fák nyomában, Greendex, <https://greendex.hu/appokkal-a-fak-nyomaban/>
31. Jagiello R., Walczak U., Iszkulo G., Karolewski P., Baraniak E., Giertych M.J. (2019): Impact of *Cameraria ohridella* on *Aesculus hippocastanum* growth and long-term effects of trunk injection with pesticides. — *Int. J. Pest Manag.* 65: 33–43.
32. Jenser G., (1998): A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. *Mezőgazda Kiadó Kft.* p. 320-322.
33. Jozsa, L. A. (1988): *Increment Core Sampling Techniques for High Quality Cores*. Forintek Canada Special Publication SP30, 26 pp.
34. Kauppi, P. E., Posch, M. & Pirinen, P. (2014): Large Impacts of Climatic Warming on Growth of Boreal Forests since 1960. *PLoS ONE* 9, e111340.
35. Kiss, M., Hachoumi, I., Nagy, V. (2021): Preliminary results about the efficacy of abamectin trunk injection against the walnut husk fly (*Rhagoletis completa*). *J Plant Dis Prot* 128, 333–338.
36. Kobza M., Juhássová G., Adamčíková K., Onrušková E. (2011): Tree Injection in the Management of Horse-Chestnut Leaf Miner *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae), *Gesunde Pflanzen*, 62:139–143.
37. Lukács Zoltán (2020): *Faápolás*, Garden Kft., ISBN: 9786150084015.

38. Lukaszkiwicz J., Kosmala M., Chrapka M., Borowski J. (2005): Determining the age of streetside *Tilia cordata* trees with a DBH-BASED model. *Journal of Arboriculture*. 31(6):280-284.
39. Mokhtaryan, A., Sheikhiharjan, A., Arbab, A., Mohammadipour, A., Ardestanirostami, H. (2021): The efficiency of systemic insecticides and complete fertilizer by trunk injection method against leopard moth in infested walnut trees. *JoBAZ* 82, 55.
40. Mota-Sanchez D., Cregg B.M., McCullough D.G., Poland T.M., Hol-lingworth R.M. (2009): Distribution of trunk-injected ¹⁴C-imidacloprid in ash trees and effects on emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) adults. *Crop Protect* 28:655–661.
41. Oh J.A., Seo J.W., Kim B.R. (2019): Verifying the possibility of investigating tree ages using resistograph. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*. 47(1):90-100.
42. Pavela, R., Bárnét, M. (2005): Systemic applications of neem in the control of *Cameraria ohridella*, a pest of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*). *Phytoparasitica* 33, 49–56.
43. Pál M., Bálint J., Balog A. (2014): Using the technique of vegetal endoterapy against the horse chestnut's leaf miner (Lepidoptera: *Cameraria ohridella* Deschka & Dimie).
44. Peng, S. et al. (2011): Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environ. Sci. Technol.* 46, 696–703.
45. Perry, T.O., Santamour, F.S., Stipes, R.J., Shear, T. (1991): Exploring Alternatives to Tree Injection, vol. 17, pp. 217–226.
46. Percival G.C., Banks J., Keary I. (2012): Evaluation of organic, synthetic and physical insecticides for the control of horsechestnut leaf miner (*Cameraria ohridella*). — *Urban For Urban Green*. 11: 426–431.
47. Peter A. Thomas, Omar Alhamd, Grzegorz Iszkuło, Monika Dering, Tarek A. Mukassabi (2019): Biological Flora of the British Isles: *Aesculus hippocastanum*; *Journal of Ecology*; British Ecological Society. 2019. february.
48. Pressler, M. R. (1866): Der forstliche Zuwachsbohrer neuester Construction. *Tharandter forstliches Jahrbuch* 17:155 -223.
49. Pretzsch, H., Biber, P., Schütze, G., Uhl, E. & Rötzer, T. (2014): Forest stand growth dynamics in Central Europe have accelerated since 1870. *Nat. Commun.* 5, 4967.
50. Pretzsch, H., Biber, P., Uhl, E. (2017): Climate change accelerates growth of urban trees in metropolises worldwide. *Sci Rep* 7, 15403.

51. Pschorn-Walcher H. (1994): Freiland- Biologie der eingeschleppten Rosskastanien, Miniermotte *Cameraria ohridella* Deschka et Dimic (Lep., Gracillariidae) im Wienerwald, Linz. biol. Beitr, 26:633-642.
52. Ramert B., Kenis M., Karnestam E., Nyström M., Rannback L.M. (2011): Host plant suitability, population dynamics and parasitoids of the horse chestnut leafminer *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in southern Sweden. — Acta Agric. Scand. (B) 61: 480–486.
53. Roach W. A. (1939): Plant injection is a physiological method, Ann. Botany. 3:155-226.
54. Šefrová H. & Lastuvka Z. (2001): Dispersal of the horse-chestnut leafminer, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić, 1986, in Europe: its course, ways and causes (Lepidoptera: Gracillariidae). — Entomol. Z. 111: 194–198.
55. Shepherd, J. M. (2005): A review of current investigations of urban-induced rainfall and recommendations for the future. Earth Interact. 9, 1–27.
56. Shigo, A. L. (1985): Compartmentalization of decay in trees. Scientific American 252(4):96 -103.
57. Stallings, W.S. (1937): Some early papers on tree rings I: Kuechler. Tree-Ring Bulletin 3: 27-28.
58. Schulman, E. (1937): Some early papers on tree rings II: Kapteyn. Tree-Ring Bulletin 3: 28-29.
59. Szentiványi P. (1976): Gesztenye, Mezőgazdasági Könyvkiadó.
60. Szócs G., Nagy Z., Kerényiné Nemeskóti K., Demeter T., Reiderné Saly K., Cs. Tóth A., (2011): Hogyan időzítsük a vadgesztenyelevél-aknázómoly (*Cameraria ohridella*) elleni vegyszeres védekezést a feromoncsapdák fogási adatai alapján? Növényvédelem.
61. VanWoerkom, A.H. VanWoerkom, S.G. Aćimović, G.W. Sundin, B.M. Cregg, D. Mota-Sanchez, C. Vandervoort, J.C. Wise (2014): Trunk injection: an alternative technique for pesticide delivery in apples, Crop Prot., 65, pp. 173-185.
62. Webb, G.E. (1983): Tree Rings and Telescopes: The Scientific Career of A.E. Douglass. Tucson, Arizona, The University of Arizona Press.
63. Webberley K.M., Buszko J., Isham G., Hurst D.D. (2006): Sexually transmitted disease epidemics in a natural insect population, Animal ecology: Volume 75, Issue 1., pg.: 33-43.

64. Wilczyński S. & Podlaski R (2007): The effect of climate on radial growth of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in the Świętokrzyski National Park in central Poland. *Journal of Forest Research*. 12. 24-33. 10.1007/s10310-006-0246-3.
65. Wilson, B. E (1984): *The Growing Tree*. University of Massachusetts Press, Amherst, 138 pp.
66. Wise, J.C., VanWoerkom, A.H., Acimovic, S.G., Sundin, G.W., Cregg, B.M., Vandervoort, C., (2014): Trunk injection: a discriminating delivering system for horticulture crop IPM. *Entomol. Ornithol. Herpetol. Curr. Res.* 3, 7.
67. Yamamoto, Y., Kaneko, S., Yoshimura, T. (2022): Effects of dinotefuran trunk injection against the red-necked longhorn beetle *Aromia bungii* (Coleoptera: Cerambycidae) in Japanese flowering cherry trees, *Journal of Forest Research*.

Internet:

1. Nébih: (2023): <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (2024. 04. 18.)

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve: GYURIS RITA
A Hallgató Neptun kódja: GFNOWP
A dolgozat címe: Vadgazta megfázás törzsinjektivitásával kapcsolatos hatásai
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Tájékoztató, Településtervezési és Díszművelő Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Díszművelési és Dendrológiai Tanszék

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.

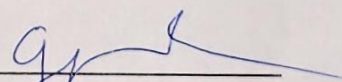
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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 eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024 év 04 hó 27 nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Gyuris Rita (hallgató Neptun azonosítója: **GFN0WP**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2024. április 23.

Dr. Szabó Veronika

belső konzulens