

SZAKDOLGOZAT

Vincze Csilla
Szakképzett Méhész

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egylet
Szent István Campus

Szakképzett méhésztan szakirányú továbbképzési szak

EGY DEBRECEN-KÖRNYÉKI FEHÉR AKÁCOS (*ROBINIA PSEUDOACACIA* L.) VIRÁGZÁSA, NEKTÁRTERMELÉSE ÉS AZOK ÖSSZEFÜGGÉSEI AZ IDŐJÁRÁSSAL

Témavezető:	Dr. Zajác Edit tudományos főmunkatárs, osztályvezető Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központ, HGI Méhészeti és Méhbiológiai osztály
Belső konzulens	Dr. Sárospataki Miklós egyetemi docens, tanszékvezető Állattani és Ökológiai Tanszék
Külső konzulens:	Dr. Leelőssy Ádám adjunktus ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék
Készítette:	Vincze Csilla T9VRZK levelező

Gödöllő
2024

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	2
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	3
2.1.	ÁLTALÁNOSÁGBAN A FEHÉR AKÁCRÓL	3
2.1.1.	<i>Elterjedése a világon és hazánkban</i>	4
2.1.2.	<i>Megjelenése</i>	8
2.1.3.	<i>Klimatikus és talajigénye</i>	10
2.1.4.	<i>Méhészeti jelentősége</i>	11
2.1.5.	<i>A klímaváltozás hazai vonatkozásai</i>	12
2.1.6.	<i>Ökológiai veszélyek</i>	13
2.2.	VIRÁGZÁS ÉS NEKTÁRTERMELÉS	14
2.2.1.	<i>Fenológia, morfológia</i>	15
2.2.2.	<i>A nektármirigy szövettani ismertetése</i>	17
2.2.3.	<i>A nektártermelés feltételei, tényezői</i>	18
2.2.4.	<i>Virágzó fajtaváltozatai</i>	22
2.3.	NEKTÁRVIZSGÁLATOK ISMERTETÉSE	23
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER	26
3.1.	MINTATERÜLET	26
3.2.	KAPTÁRMÉRLEGEK	27
3.3.	24 ÓRÁS NEKTÁRMÉRÉS.....	28
3.4.	METEOROLÓGIAI MÉRÉSEK	30
3.5.	STATISZTIKAI MÓDSZEREK	31
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS	32
4.1.	NEKTÁRTERMELÉS ÉS VIRÁGZAT VIZSGÁLATOK	32
4.2.	AZ IDŐJÁRÁS ÉS A NEKTÁRPRODUKCIÓ – IDŐBELI MENETEK.....	36
4.3.	AZ IDŐJÁRÁS ÉS A NEKTÁRPRODUKCIÓ KAPCSOLATA	40
4.4.	AZ IDŐJÁRÁS ÉS A NEKTÁRTERMELÉS HATÁSA A GYŰJTÉSRE.....	43
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	46
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	47
7.	IRODALOMJEGYZÉK	48
8.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	52
9.	MELLÉKLETEK	53

1. BEVEZETÉS

Magyarországon körülbelül 850 olyan növényfajt azonosítottak, amely méhlegelőnek minősül, és amit a méhek valamilyen gyűjtési céllal látogatnak. A világon ezen növényfajok száma akár a 500 ezret is elérheti (Kurucz et al., 2001). Ezek közül az egyik legértékesebb hordásnövényünk a fehér akác, amelynek méhészeti szerepe mellett faipari hasznosítása is jelentős. Kedveltsége köszönhető a nagy mennyiségű és édes nektárjának, amely mellett kevés virágpórt is termel, valamint virágjához a méhek könnyen hozzáférnek (Halmágyi és Keresztesi, 1991).

„Méhlegelő növénynek nevezzük azokat a növényfajokat, amelyek a méheknek táplálékot (nektárt, virágpórt) nyújtanak, illetve olyan más anyagokat is szolgáltatnak, amelyek a méhcsalád életében nélkülözhetetlenek.” (Nyárády, 1958).

Napjainkban a gazdasági helyzet, a klímaváltozás, a rohamosan változó környezet és tájkép mellett elengedhetetlen a különböző agrárterületek, köztük a méhészetek sérülékenységének és az azokra ható környezeti feltételeknek a vizsgálata. Az akác népszerűsége és elterjedése ellenére méhészeti értékéről kevés publikáció született napjainkban, és elenyésző mennyiségű adat áll rendelkezésre.

Szaktervezésemben az adatgyűjtés mellett arra kerestem a választ, hogy hogyan változott a fehér akác virágzása az elmúlt években, és milyen hatással volt erre az időjárás. A vizsgálataim középpontjában az akác nektártermelésének egy héten belüli alakulása és annak a méhek gyűjtésére gyakorolt hatása állt. Továbbá célkitűzésem volt az akác nektártermelésének szezonális megértését, valamint összehasonlítani az eddigi kutatásokkal és eredményekkel. A következő fejezetekben részletesen ismertetem a fehér akác jelenlegi helyzetét, elterjedését a világon és Magyarországon. Méhészeti jelentőségének kiemelése mellett ugyanakkor ökológiai veszélyeit is bemutatom, amelyek invazív jellegéből adódnak. Ezután ismertetem morfológiai jellemzőit, virágzatának és nektármirigyének felépítését, valamint a nektártermelést befolyásoló környezeti és belső (genetikai) feltételeket. Végül az akácnevelés múltját és hazánkban elterjedt fajtákat, változatokat mutatom be. Eredményeimben részletezem az általam mért akác-nektártermelés tulajdonságait, az arra ható meteorológiai tényezőket, és bemutatom a vizsgálati helyszínhez közeli méhészet termelési adatait a virágzási időszakban.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Általánosságban a fehér akácról

A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L., angolul *Black locust* vagy *False acacia*) mai megítélése kettős. Természetvédelmi szempontból gyorsan terjedő, invazív növény, viszont gazdasági értéke miatt kedvelt az erdészek és a méhészek körében is. Észak-Amerikából behurcolt fafaj, amely Közép-Európában széleskörűen elterjedt. Hasznossága és kedveltsége abban rejlik, hogy gyorsan nő, értékes és ellenálló faanyagot ad, talajmegkötésre, -javításra, rekultivációra, erózióvédelemre, méztermelésre, lombtrágyának és takarmánynak is alkalmas növénynek tartják. A talajmegkötést a mélyben szélesen szerteágazó gyökérzetének is köszönheti, amely megelégszik a szerves anyagban szegényebb, laza talajokkal is. Sarjadzása, növekedése rendkívül gyors. Méhészeti értéke a nektár- és pollentermelésében keresendő, amely értékes méhlegelő növényé teszi. Másrésztől azonban nitrogénfixáló pionír növényként meglehetősen gyorsan terjed, amely súlyos problémákat okoz a természetvédelmi területeken (*Keresztesi, 1965; Vítková et al., 2017*).

Invazív terjedése különösen veszélyes a füves és félfüves, sztyepp területek számára. Pillangósként fokozza a talaj nitrogéntartalmát a szimbiotikusan együtt élő *Rhizobium* baktériumok segítségével, így „dajkanövényként” is emlegetik a közé telepített fák számára. Egyik legjelentősebb méhlegelő növényünk, mert kedvező időjárási helyzet esetén 10–12 napig tartó virágzása során bőséges nektárt nyújt a méheknek (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*). Azonban az utóbbi években egyre gyakoribb volt a kedvezőtlen időjárás a virágzás ideje alatt, illetve a szokásostól eltérő korai virágzás, amely során a méhcsaládok még nem érték el a megfelelő fejlettséget (*OMME, 2022*) ([http1](http://)). Nektárja igen nagy mennyiségben termelődik és jó minőségű. A kommersz fajtának a nektártermelése több, mint 1 mg/virág, sőt egyes méhészetileg nemesített fajtaváltozatok 24 órás nektártermelése akár még ezt is jóval meghaladhatja (3 mg/virág), átlagosan 1,9 mg cukor/virág cukorértékkel és hosszabb, illetve későbbi virágzási idővel (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

Hosszú életű fa, akár a 200–250 éves kort is megélheti. Egyes példányainak törzsátmérője eléri az 1 métert is. Éves ciklusát tekintve három nagy fenofázist különíthetünk el: a rügyfakadást, a virágzást és a lombhullást. Ezek becslésére néhányan hőmérsékleti összegeket,

kritériumokat állapítottak meg. Vegetációs idejét átlagosan 177 napra becsülik, természetes élőhelyén ez az érték minimum 180 nap volt (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*).

2.1.1. Elterjedése a világon és hazánkban

Az akác hazája Észak-Amerika, azon belül az Egyesült Államok és Mexikó bizonyos vidékei, ahol a felhagyott meddőhányók rekultivációjára és talajjavításra is alkalmazták. Természetes elterjedési területe körülbelül 19 államot érint a 43. és a 35. szélességi fok között az Appalache-hegység vonulatainak mentén, 1100 m tengerszint feletti magasság alatt (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*). Vadas Jenő (1911) könyvében nyolc őshonos termőterületet különböztetett meg, amelyek sajátos flórával és ökoszisztémával rendelkeztek. Legnagyobb fejlettségét Nyugat-Virginia hegységeiben érte el, ahol a legtöbb besugárzást kapta. Egyes források szerint Európában már a harmadkorban megtalálható volt, mint őshonos flóraelem, viszont idővel eltűnt, és újonnan behurcolva érkezett vissza földrészünkre (*Vadas, 1911*).

Hírnevét annak is köszönheti, hogy ez volt az első fafaj, amit Észak-Amerikából áthoztak Európába a 17. század elején. Érdekeség, hogy Párizs legidősebb fája egy *Robinia pseudoacacia* L., amelyet elsőként 1601-ben ültettek el (*Peabody, 1982*), és a mai napig megtalálható, bár korát egyes források kétségbe vonják (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*). Nemzetségének nevét a párizsi Botanikus Kert igazgatójáról, Jean Robinról kapta (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*). Elsőként dísz-, és szegélyfaként alkalmazták különböző európai országokban, majd a 18. századtól már erdőtelepítésre is hasznosították.

Vítková et al. (2017) által végzett irodalomkutatás alapján becsült elterjedési területe a világon az őshonos zónán kívül körülbelül 30 000 km², és továbbra is folyamatosan növekszik. Más források szerint a becsült előfordulási területe 3,25 millió hektár, ami 32 500 km²-t jelent (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*). A volt Szovjetunió területén az akácerdő előfordulása 40 000 hektárra volt tehető (*Keresztesi, 1965*). Megtalálható Európa 35 országában, Ázsia mérsékelt övi területein, Dél-Amerikában, Afrika északi és déli peremén, Ausztráliában és Új-Zélandon (*Vítková et al., 2017*). Európában és Ázsiában a talaj- és szélrózsió elleni védekezésben alkalmazzák. Ugyanakkor Ausztráliában és Új-Zélandon termesztési tilalmat rendeltek el az emberre és a szarvasmarhákra gyakorolt mérgező hatása miatt (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*). Más források szerint Európában még ennél is nagyobb területen terjedt el (*Sitzia et al., 2016*). 2009-ben publikált adatok alapján 42 országban jelent meg invazív növényként és már 32

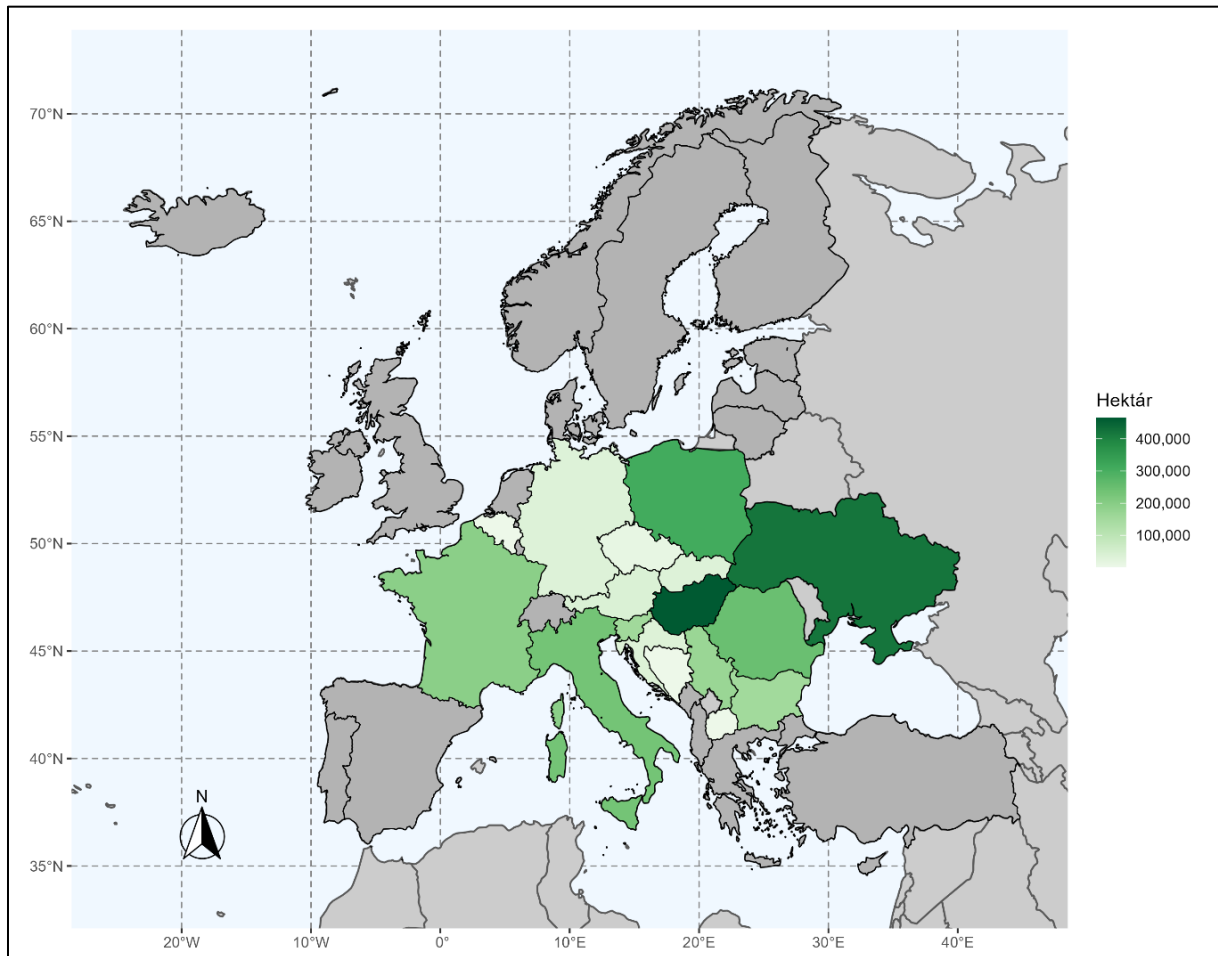
országban honosították (Pyšek et al., 2009). Elterjedéséről Brus et. al (2012) klasszifikációs térképet készített, amelyben kiszámították az egyes fafajok százalékos részesedését a földterületből. Az adatbázis alapján Európában összesen 14 778 km² olyan terület van, ahol 5%-nál nagyobb részesedéssel fordul elő, és ennek Magyarország 0,42%-át adja. Egy korábbi tanulmány szerint az akác összesen 3 millió hektáron van jelen a világban, ebből Magyarországon 446 832 hektárt, azaz közel 15%-ot képvisel (Vítková et al., 2017). A tanulmányban szereplő országokat és adataikat az **1. táblázatban** tüntettem fel.

1. táblázat: Az akácerdők kiterjedése Közép-Európában (ha)
(Forrás: Vítková et al., (2017) nyomán)

Hektár	Ausztria	Cseh-ország	Német-ország	Magyar-ország	Lengyel-ország	Szlovákia	Szlovénia	Svájc
Robinia jelen van	Nincs adat	14 087 (0,5%)	34 000 (0,3%)	446 832 (24%)	273 000 (1,7%)	33 448 (1,7%)	55 189 (4,7%)	2480 (0,2%)
Robinia által uralt állományok	7,774 (0,2%)	3170 (0,1%)	Nincs adat	113 570 (6,1%)	8190 (0,1%)	9794 (0,5%)	3946 (0,3%)	Nincs adat

Európa akácerdőinek elterjedését az **1. ábra** mutatja be, Nicolescu et al. (2020) tanulmánya alapján. Az ábrán zöld színezéssel azok az országok vannak feltüntetve, amelyekre volt elérhető adat. A kutatás szerint Magyarországon összesen 465 000 hektár akácerdő található, amellyel az ország első helyen áll a vizsgált országok között. Hazánk után Ukrajna, Románia, Lengyelország és Olaszország területén is nagy mennyiségben fordul elő a fehér akác.

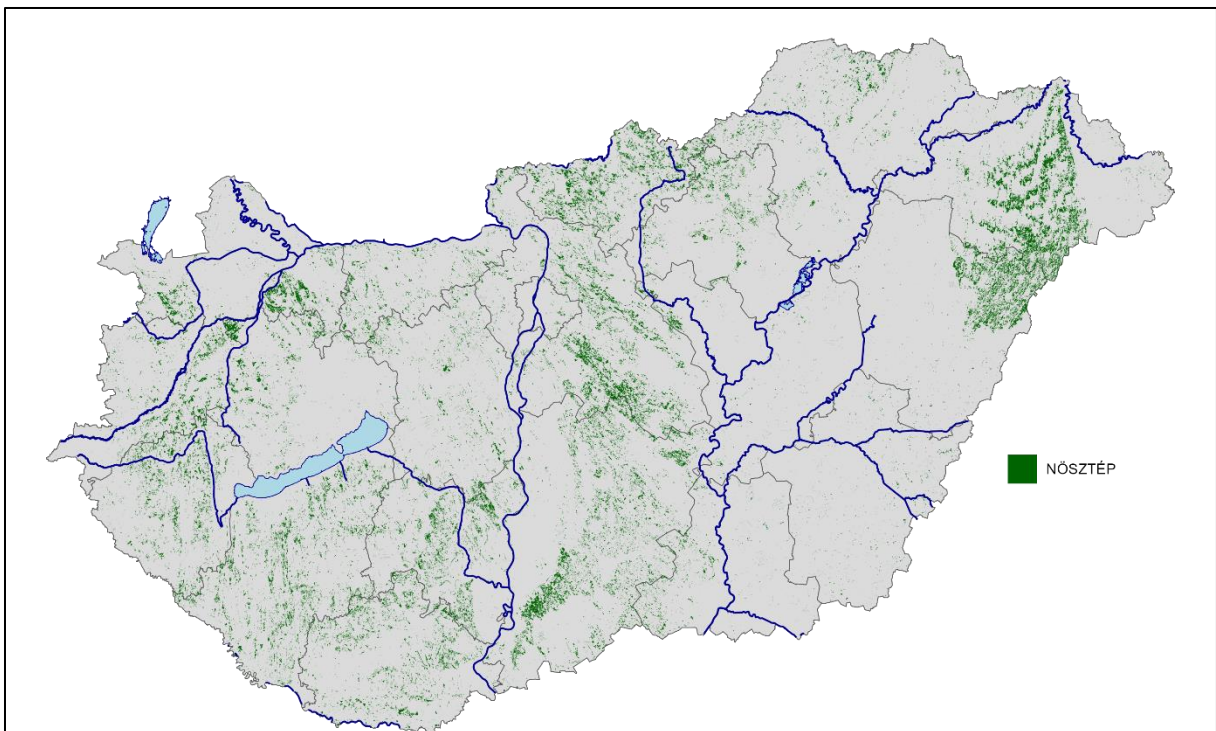
1. ábra: Európa fehér akác-lefedettségi térképe
(Forrás: Saját munka, Nicolescu et al. (2020) nyomán)



Hazánkban a fehér akác a leginkább elterjedt fafajnak mondható. Vadas (1911) szerint 1710–1720 között telepítették be főként olyan területekre, ahol az őshonos fafajainknak az ökológiai termőhelyi feltételei kedvezőtlenek voltak. Elsőként díszfaként alkalmazták, majd idővel megkezdtek a nagy mennyiségű tervezett erdőtelepítéseket (Csiha et al., 2014). Termesztésének céljai hazánkban a talajmegkötés, rekultiváció és faanyagtermelés voltak. Az első tervezett akácerdő-telepítés 1750-ben, tömeges elterjedése 1849 után történt. Kedveltségének köszönhetően az 1970-es évek végére Magyarországon több akácerdő volt, mint Európa országaiban együttvéve. Ekkor a 1 234 595 hektár hazai erdőterületből 272 626 hektárt, azaz 22%-ot foglalt el az akác (Halmágyi és Keresztesi, 1975). Az 1991-es felmérések alapján megállapították, hogy a 280 ezer hektáros területével a legjobban elterjedt fafaj hazánkban (Halmágyi és Keresztesi, 1991). Legszebb akácosainkat a XX. század közepén a nyírségi erdőgazdálkodási területeken találták (Keresztesi, 1965).

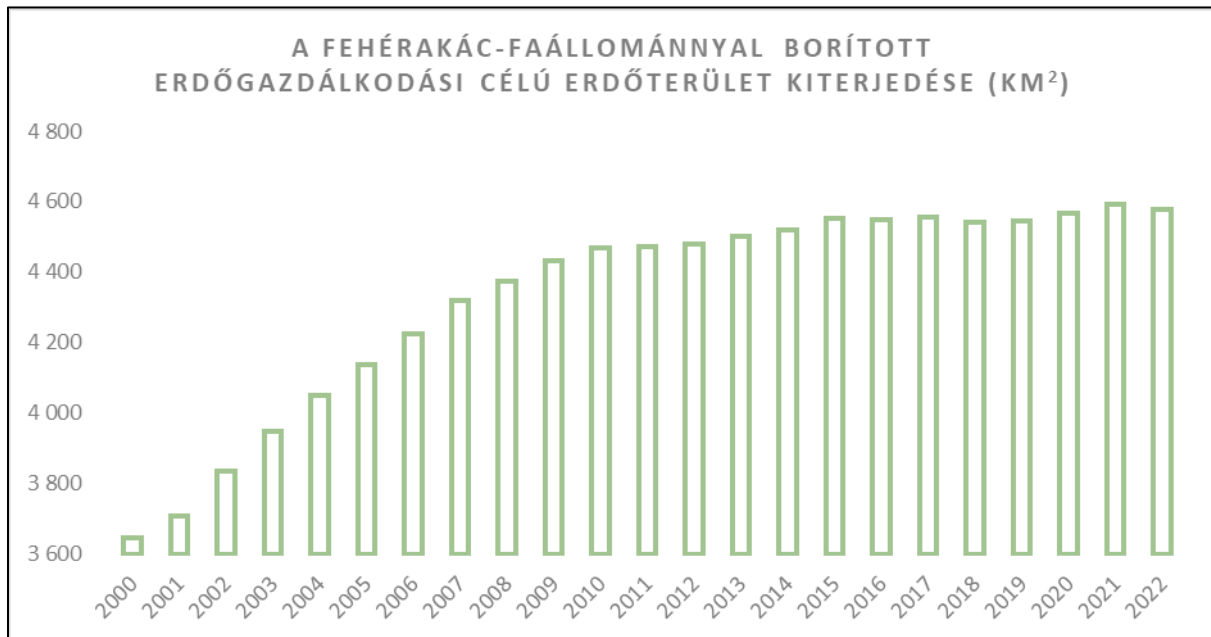
A jelenlegi (2022) erdősültség a KSH (Központi Statisztikai Hivatal) adatbázisa alapján 20 722 km², amely az ország teljes területének 21%-át jelenti. Ebből az akácerdők állománya 4 579 km², amely a teljes erdőgazdálkodási célú erdősültség 24%-a. A NÖSZTÉP (<http2>) (Magyarország Ökoszisztéma Alaptérképe) akáclefedettségi térképe alapján Magyarországon jelenleg 4 165 km² akácerdőterület van, amely az ország teljes területének a 4%-a. Ennek térbeli eloszlását a **2. ábra** mutatja zöld színezéssel.

2. ábra: Fehéракác-lefedettségi térkép Magyarországon a NÖSZTÉP adatbázis alapján
Összesen: 4 165,461 km²
(Forrás: Saját munka, NÖSZTÉP (2018) adatbázis alapján készített térkép)



A NÖSZTÉP adatbázis akáclefedettségének értékét a 2022-es KSH adatbázis teljes erdősültségéhez viszonyítva 20%-ot kapunk (<http3>). Így csaknem az ország erdőinek 1/5-e akácerdő, amelynek területe évről-évre növekszik (**3. ábra**).

3. ábra: A fehéракác-faállománnyal borított erdőgazdálkodási célú erdőterület kiterjedése Magyarországon
(Forrás: Saját munka, adatok forrása: KSH)



2.1.2. Megjelenése

A *Robinia* nemzetséghez tartozó, akár 25–30 méter magasra növő fákra vagy cserjékre gyakran jellemző a párosan megjelenő tövis, amely a mellék-, vagy pálhalevelekből, valamint a szabálytalanul növő ágak náduszaiból képződött. Leveleinek állása a besugárzás és a hőmérséklet következtében is változik, ezt a jelenséget *fotonasztianak*, vagy *termonasztianak* is nevezik. Nappal, erős besugárzáskor a levélkéek felfelé, szórt fénynél közepén, míg éjszaka és kevés nappali fénynél lefelé állnak. A nemzetség a pillangósvirágúak (*Fabaceae* vagy *Leguminosae*) közé tartozik, termése hosszú hüvelytermés, benne sok vese alakú, mérgező fehérjéket (*robint* és *fazint*) tartalmazó maggal. Kétivarú proterandrikus virágjai váltakozva, levélhónalji állású egyszerű vagy összetett fürtbe rendeződnek a friss hajtáson, amely virágok öt eltérő alakú fehér vagy rózsaszín szirmlelvélből állnak, de előfordulnak bíborszínű változatok is (Vadas, 1911; Keresztesi, 1965; Halmágyi és Keresztesi, 1975; Mihály és Botta-Dukát, 2004).

A levelek szárnyaltak, elhelyezkedésük váltakozó, 7–23 elliptikus vagy tojásdad alakúak, ép szélű levélkéből állnak (4. ábra). A levélkéek apró hegyben végződnek. A levelek nyelecskéken ülnek, tövüknél puha, ár alakú pálhalevéllal. Gyökérzete lefelé törekvő,

kezdetben 1–5 méter mélyen szív alakú gyökérzetet fejleszt, majd sarjadzásra is alkalmas vastag gyökérágakat növeszt. Gyökérszörzetével és a rajta képződő rostokkal veszi fel a tápanyagot, valamint a szimbiotikusan együtt élő *Rhizobium* baktériumokkal, amelyek gumószerű képletek formájában telepednek meg. Törzse hengeres, évgyűrűi jól elkülöníthetőek. A magcsemete az első évben akár az egy méteres magasságot is elérheti, gyors növekedése húsz éves koráig igen erőteljes, majd 35 éves korától már nem számottevő. Törzsének vastagodása az első 10 évben gyors ütemű, majd fokozatosan csökken. Megjelenése, ha szabadon áll, több különálló szintből tevődik össze, csúcsán lekerekített, fényáteresztő koronával (*Vadas, 1911; Halmágyi és Keresztesi, 1975*). Lombkoronájának alakját tekintve három fő típust különíthetünk el fajtától függően: a „*pinnata*”, szárnyalt, vagy tollszerű típust, a „*palmata*”, vagy másnéven tenyérszerű, pálmalevélszerű típust és a „*spreading*”, elterülő típust. Azokat a fajtákat, amelyeknek törzse egyenes, a koronán végigfut, hengeres árbóc jellegűnek is nevezik. Az első ilyen fajta, amelyet Raber 1936-ban leírt, a *R. p* var *rectissima* volt (*Keresztesi, 1984*).

4. ábra: Debreceni akácos a nagycserei erdőben
(Forrás: Saját ábra)



Nevezetesebb változatai közül Vadas (1911) a következőket emelte ki (cv.): *Inermis* a sima vagy tövistelen akác, *Monophylla* az egylevelű akác, *Angustifolia* a keskenylevelű, *Tortuosa*, csavaros vagy kígyóakác, *Umbraculifera* gömbölyű vagy koronaakác, *Decaisneana* a pirosló virágú akác, a *Robinia glutinosa* Sims. = *R. viscosa* Vént. fajtaváltozatából keletkezett kárminvörös akác, *Pyramidalis* a jegenyeakác, *Pendula* a szomorú akác, *Crispa* hort. vagy fodroslevelű akác. Ezeken kívül még említ néhány változatot, amelyek főként levélzetük színében térnek el a közönséges akácétól. Ezek a fajták elsősorban kertészeti kultúrákból kerültek nemesítésre Európában, főként Franciaországban a 20. század első felében (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*).

2.1.3. *Klimatikus és talajigénye*

Természetes élőhelyén eredetileg humid, de melegebb klíma volt jellemző, évi átlagos 1000–1500 mm, a vegetációs időszakban 500–700 mm csapadékkal. Ez az érték kissé elmarad a Magyarországon tapasztalható csapadékviszonyoktól. A júliusi középhőmérséklet 20–27 °C között volt, 30–38 °C-os maximumokkal. Januárban a középhőmérsékletek 2 °C és 8 °C között voltak, a minimum –25 °C és –10 °C között terjedt. A hőmérsékleti szélsőértékeket tekintve viszont rendkívül széles tartományban képes megélni. Nyugat-Virginiában, ahol a legjobb fejlődést mutatta, akár –34 °C – 43 °C is előfordult. A fagymentes napok száma ezeken a területeken 140–220 között változott (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

Manapság, ha az 1991–2020-as éghajlati normált tekintjük, Magyarország évi középhőmérséklete 10–11,5 °C között változik. A januári középhőmérséklet –0,5 °C, míg a júliusi középhőmérséklet 21,5 °C a teljes országra vonatkozóan. Évente átlagosan 15 fagyos nap ($T_{\min} \leq 0$ °C) jellemző napjainkban. A csapadék országos átlagban 617 mm (500–800 mm), amelynek nagy része május–júniusban hullik le. Hőmérsékleti szélsőségeinket tekintve jelenleg az abszolút maximum 41,9 °C (Kiskunhalas 2007. július 20.), az abszolút minimum –35,0 °C (Miskolc-Görömbölytapolca, 1940. február 16.) (<http4>) (*Paszternákné Marton és Szolnoki-Tótván Bernadett, 2023*).

Hazánkban, illetve Német- és Franciaországban a szőlő és a szelídgesztenye határáig igen jól fejlődik a fehér akác, főként azokon a területeken, ahol sok besugárzást kap. Rendkívül fényigényes fa (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*). Hajtásai sosem végződnek csúcsrüggyel, így az elfagyott fiatal, még nem fásodott részek nem okoznak gondot az akác fejlődésében. Sokféle

talajon előfordul, igénye nem számottevő, de a kötöttebb talajokon növekedése lassul. Szereti a mély, melegebb, termékeny, jó vízáteresztő képességű és laza talajokat. Kevésbé fejlődik jól a szikes talajokon, vagy ahol kevés a homoktalajok szervesanyag-tartalma, és magas a vasoxid-tartalma. Az Alföld és Magyarország nagy része a klimatikus és talajviszonyokat tekintve kedvez az akác fejlődésének.

Az akác más fafajokhoz képest általában több vizet párologtat. Kétszer többet, mint az erdei fenyő, és háromszor annyit, mint a feketefenyő. A levél vízvesztése 5 perc alatt a nedves súly százalékában az 1958-as mérések alapján 1,40–4,38% között változik (*Vadas, 1911; Keresztesi, 1984; Halmágyi és Keresztesi, 1991*).

2.1.4. Méhészeti jelentősége

Méhészeti szempontból egy hektárnyi akácerdő akár több, mint 1500 kg mézet adhat, bár ez az érték függ a méhcsaládok számától, távolságától, azok állapotától, a környezeti változásoktól és az évjáratától. Egy méhcsalád egy idény alatt 90 kg mézet is készíthet az akácvirágok nektárjából, átlagban 28 kg-t, minimum 18 kg-ot. Az akácméz kedvező tulajdonságai miatt igen nagy értékű fajtaméz. Számítások alapján 1 kg méz elkészítéséhez 1,5 millió akácvirág szükséges (*Keresztesi, 1965*). A kedvező méhcsaládszám hektáronként átlagosan 8,4 darab (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*), míg mások ideálisnak a 10 kaptárat tartják (*Kurucz et al., 2009*). Újabb számítások alapján a Magyar Méhészeti Nemzeti Programban (2020–2022) a becsült éves fajlagos mézhozam családonként 2018-ban 23,5 kg, 2019-ben 14,9 kg, 2020-ban 12 kg volt, amelyből az akác évtizedekig 50%-ot képviselt, viszont a feltüntetett 3 évben kevesebb, mint 30%-ot jelentett. Ez az érték azonban termelőnként és térségenként változhat. Egy professzionális méhészet ennek a kétszeresét, akár 40 kg/méhcsalád mézet is termelhet évente ([http5](#)).

Hazánk a méhészek és méhek számában is élen jár az Európai Unióban. 2021-ben összesen 20,046 millió méhcsalád volt az EU-ban, amelynek Magyarország a 6%-át adta. Ebben az évben Magyarországon összesen 1,207 millió méhcsalád és 21 207 méhészet volt, és ezek az adatok évek óta növekvő trendet mutatnak ([http5](#)). Így a méhsűrűség 12,9 méhcsalád/km² volt. A legtöbb méhészet Bács-Kiskun és Szabolcs-Szatmár-Bereg vármegyében található (*OMME, 2022*). A KSH ([http6](#)) adatbázisa alapján 2010–2021 között átlagosan 22,6 ezer tonna méz termelődött évente, amely méznek a legnagyobb felvásárlója Olaszország, Németország és

Franciaország volt (http7). A méztermelés döntő hányadát régebben az akác tette ki, átlagosan 50%-kal, ez az érték mára már 30% alá esett az elmúlt évek körülményei miatt (http8). Fritsch (2012) könyvében 2005-ös adatot említ, amely szerint Magyarországon a teljes méztermelés 19,7 ezer tonna volt, amelynek 35%-a, összesen 6,3 tonna volt akácméz. Becslései alapján ideális körülmények mellett Magyarország teljes akácerdő állománya (374 466 hektárra vonatkoztatva) akár 80 ezer tonna méz termelésére is képes lenne. 2018-ban azonban csak 45%-ot; 2019-ben 27%-ot és 2020-ban 29%-ot képzett az akácméz aránya a teljes termelésben (http8). A 2020-as évek gazdasági nehézségei, a méhpusztulások, a mézértékesítési problémák, a növényvédőszerrel okozott károk komoly nehézségek elé állítják a méhészeket és a mezőgazdászokat (Mezőné Oravecz, 2020; Feketéné Ferenczi et al., 2021).

2.1.5. A klímaváltozás hazai vonatkozásai

A jövőre vonatkozó projekciók alapján az akác klimatikus igényéhez egyre nagyobb terület válhat alkalmassá Magyarországon. Keresztesi 1965-ben arról írt – Magyarországot említve példaként – hogy az akác növekedése erőteljesebb lenne, ha a klíma melegedne és csapadékosabbá válna (Keresztesi, 1965). Az utóbbi környezeti feltételre kevesebb az esély az előrejelzések alapján hazánkra vonatkozóan, inkább az aszály erősödése lesz jellemző. A csapadékkal kapcsolatos előrejelzések ellentmondásosak. Az csapadékos napok évi száma hazánkban csökken, viszont az éven belüli csapadékmintázatok változnak. A projekciók alapján a melegedő éghajlat a vízciklus felgyorsulását vonja maga után, ami a telítési vízhiány csökkenésével jár. Ezzel együtt a melegebb levegő több vizet lesz képes megtartani (1 °C-os melegedés 7%-os emelkedést jelent a kapacitásban) (Jánosi et al., 2023). A hőmérséklet emelkedésével erőteljesebb párolgás valószínű. Ezek a változások a nyári időszakban megnövekedett zápor- és zivatar-tevékenységgel függenek össze. A hirtelen lezúduló csapadék jelentős része azonban nem képes beszivárogni a talajba, hanem annak felszínén folyik le. Így összességében nő az aszályhajlam. Az akác terjedése az április 25–30-ig elhúzódó fagyos napok vonalával húzható meg, amely az elmúlt években meglehetősen változott (Keresztesi, 1965; Torma et al., 2020; Lakatos et al., 2021; IPCC, 2022; Simon et al., 2023).

2.1.6. Ökológiai veszélyek

A fehér akác új növényközösséget alkot számos új fajjal, amely merőben eltér az őshonos társulásoktól összetételben és fenológiai ciklusban is. Az akácos növényközösséghez tartozik a kányazsombor (*Alliaria petiolata*), az erdei turbolya (*Anthriscus sylvestris*), a zamatos turbolya (*Anthriscus cerefolium* ssp. *trichosperma*), a vérehulló fecskefű (*Chelidonium majus*), a ragadós galaj (*Galium aparine*), a fekete bodza (*Sambucus nigra*), a tyúkhúr (*Stellaria media*), a piros árvacsalán (*Lamium purpureum*), a borostyánlevelű veronika (*Veronica hederifolia*), a nehézszagú gólyaorr (*Geranium robertianum*) és a nagy csalán (*Urtica dioica*). Ezeken kívül nehezen elegyedik más fásszárú növényekkel, kivételt képez a nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*), a kései meggy (*Prunus serotina*) és a hármalevelű alásfa (*Ptelea trifoliata*). A száraz területeken egyéb xerofil cserjefajok benyomulhatnak, mint a közönséges boróka (*Juniperus communis*), az egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), kökény (*Prunus spinosa*) és a gyepúrózsa (*Rosa canina*). Számos hagymás, gumós és fűféle van, amelynek kedvezőek az akácos nyújtotta körülmények. Sok növény fejlődését azonban károsan befolyásolja *allelopatikus* hatása miatt. Magyarországon ilyen hatást gyakorol a mák, a paprika és a póréghagyma fejlődésére (Mihály és Botta-Dukát, 2004; Vitková et al., 2017).

A vegetációs időszak első felében két különböző fenológiai időszaka van. (1) kora tavasszal a *Robinia* leveleinek megjelenése előtt (március–április) geofitonok és rövid egynyári növények uralják az aljnövényzetet; (2) késő tavasszal (május–június) árnyéktűrő egynyári lágyszárú növények, örökzöldek és fűfélék jelennek meg. A későbbi szezonban ezek a késő tavaszi növények és fűfélék gyakran elszáradnak. A levelek magas lignintartalma miatt a dekompozíció lassú folyamat, így a fa fő nitrogénforrását a gyökérhajszállereken élő *Rhizobium* baktériumok biztosítják, amelyek legmagasabb aktivitása június és szeptember között van. Kedvező nedvességi viszonyok mellett a talaj nitrogénkészlete megnő, így a nitrifikáció és az N-mineralizáció fokozódik a talaj felső rétegében („A” réteg), amely kedvez a nitrofil növényzet kialakulásához. Ez a nagyfokú nitrifikáció csökkenti a felső és az alsó talajréteg pH-ját, és a fontosabb ionok (Ca, Mg, K, Na és PO₄-P) kimosódásához vezet (Mihály és Botta-Dukát, 2004; Vitková et al., 2017). A levelek szervesanyag-tartalma csekély. Különösen a foszfortartalom (P₂O₅) tér el a hazai fás szárú növények lombjától, így a humuszképződéshez kevés szerves anyagot juttat a talajba (Keresztesi, 1965).

Az akác erős sarjadzási képessége miatt nehezen irtható, valamint erős héjú magjai akár 3–4 éven keresztül csíráképesek maradnak. A sarjadzás nem csak a talajfelszín alatt, a gyökérzetről megy végbe, hanem képes a gyökérfő rügyeiből, a tuskókból újra hajtani, viszont a második és a harmadik sarjadzás után már kevesebb fatömeget termel (*Vadas, 1911*). Az előző állítás cáfolatát egy 2004-ben kiadott könyvben olvashatjuk, miszerint a sarjakról való növekedés intenzitását a termőréteg minősége is befolyásolja. Kedvező körülmények mellett a vastag gyökerekről növekedő sarjak növekedtek a legintenzívebben, majd ezt követték a magról keltetett fák, és végül a tósarjak (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*). Jövőbeli terjedését és újabb térhódítását a klímaváltozáshoz való adaptációja, valamint a talajban felhalmozódott magbank is segíti. Magyarországon a természetvédelmi területeken való irtását szükségessé teszi, hogy a magyar flóra egyes példányait veszélybe sodorja. Ilyen például a fokozottan védett magyar nőszirom (*Iris aphylla* subsp. *hungarica* W. et K.) (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*).

2.2. Virágzás és nektártermelés

A fiatal akácfa már ötéves korában virágzik, nagyobb számban hatéves korától hoz virágot (*Mihály és Botta-Dukát, 2004*). A faállomány korával laza összefüggésben van a hektáronkénti virágszám. Minél öregebb az állomány, annál kevesebb virágot hoznak a fák. Egy hektáron a 15–16 éves fák esetében 76–77 millió darab virágra számíthatunk, viszont a 36 éves fák esetén már feleződik ez az érték (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

A fűrtvirágzatok először felfelé állnak, majd csüngőek lesznek. Természetes élőhelyén a virágzás május és június közé esik, körülbelül 1 hónappal a kizöldülés kezdete után. Európa északi és mérsékelt területein a virágzás a lombfakadással együtt következik be. Ezzel szemben Olaszország egyes déli, melegebb klímájú területein a lombfakadás a virághullás után kezdődik. *Vadas* 1911-ben arról számol be, hogy az Alföld egyes területein az akác virágbontása néhány esetben megelőzte a levélzet megjelenését. Magyarországon 1871–1885 között Hegyfokyi Kabos megfigyelései alapján legkorábban április 22-én, legkésőbb június 25-én virágzott. Más megfigyelések alapján már április 14-én virágba borult. A Kárpát-medence különböző területein a virágzások között akár kéthónapnyi eltérés is lehet. Míg régen az 1990-es években két–három területre tudtak vándorolni a méhészek, mára ez a lehetőség lecsökkent. A rügyfakadás legkorábbi helyei a Barcs–Pécs–Szekszárd–Nagykőrös–Szolnok–Túrkeve–Körösszakál vonaltól délre terültek el, míg a legkésőbbi a Magas-Bakonyban, Mátrában, Bükkben volt

jellemző (Keresztesi, 1965). Másodvirágzása is megfigyelhető, viszont ekkor már nem, vagy csak csekély mennyiségű nektárt termel (Keresztesi, 1965; Mihály és Botta-Dukát, 2004).

2.2.1. Fenológia, morfológia

A virágzasmorfológiai vizsgálatok általában a virágzatok felépítését, a virágtakarótáj és porzótáj morfológiáját, a virágok nyílását, a méhek nektárgyűjtésének lehetőségeit vették figyelembe. Az akácnál a virágzati tengely zöld, rózsaszín vagy vörös árnyalatú lehet. A virágok, amelyek fürtvirágzatba rendeződnek, lefelé lógó, vízszintes helyzetű és felfelé álló pozíciót is felvehetnek. Az akácvirágok nyílásának sorrendje *akropetális* törvényszerűséget mutat, amely csúcs felé haladót jelent. A fürtök alakja lehet nyúlánk vagy zömök, amelyeken az egyes virágok akár 2–3 nap késéssel is nyílhatnak. A fürtök száma általában kettő az egyéves hajtásokon (Halmágyi és Keresztesi, 1975).

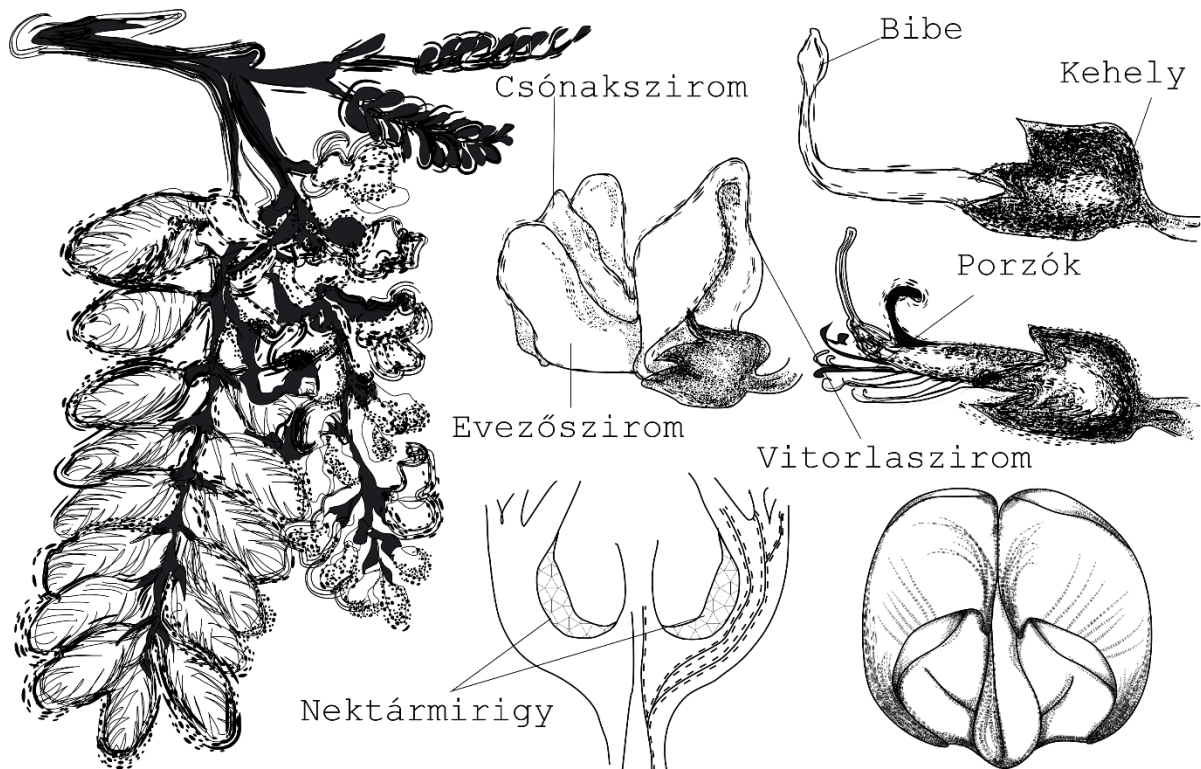
A virág szíromleveleinek (*párta*) elhelyezkedését tekintve 3 részre bontható: a felső lekerekített vitorlára (*vexillum*) belső részén sárgás, külső részén halványvörös folttal; a két különálló, oldalsó, befelé görbülő evezőre (*ala*), amelyeknek belső része ugyancsak sárgás színezetű; és a két alsó csónakra (*carina*). A szíromlevelekkel körbevett belső virágrészben foglalnak helyet a porzók, amelyeknek száma 10, ezek közül 1 szabadon álló, bár ez néhány nemesített fajtánál különböző lehet, pl. a pénzesdombinál (lásd 2.2.4 alfejezet). Pollenje lekerekített, háromszög alakú, erősen tapad. A bibe már akkor ivarérett, amikor a virágportermelés megkezdődött, és a vitorlaszirom kifeszült. A vitorla állásában három alaptípus különíthető el: előrehajlott, függőleges és a hátrahajlott szélű. A szíromlevelek állása is fontos az egyes fajták nemesítésekor, mivel a hátrahajlott szélű, vastag főerű szírom kedvezőtlen a méhek számára. Jellegzetes lehet még a 10. porzó tövén található nyílások megléte. Ez a két nyílás a legtöbb fajtánál megtalálható, ezek hiánya értéktelenné teszi a méhek számára a virágot. Az akácnál még megfigyelhető, hogy a 10., szabad porzó néha visszaalakul szíromszerű képletté, vagy a porzók egy része alakul vissza (Halmágyi és Keresztesi, 1991).

Rovarmegporzású, *entomofil* faj. A méhek az akácról való gyűjtés közben először az evezőre szállnak, amelyen lábukkal megkapaszkodnak. Súlyuk alatt az evezőszírom lesüllyed a csónakkal együtt. Fejükkel a vitorlasziromot feltolják, hogy a kehelyben felgyűlt nektárhoz férjenek. Ahogyan a csónaksziromot lefelé tolják, a bibe kitolódik, és hozzáér a virágporos potrohukhoz a porzókkal együtt. Megporzás után a bibe nem húzódik vissza, hanem szabadon

marad (Vadas, 1911; Keresztesi, 1965; Halmágyi és Keresztesi, 1975; Mihály és Botta-Dukát, 2004).

A kaptárak elhelyezésénél a méhek repülési távolságát is figyelembe kell venni az adott méhlegelő függvényében. Három év terepi mérés alapján, a méhek táncát dekódolva, átlagosan 1074 métert állapítottak meg pollengyűjtésre, és 1408 métert nektárgyűjtésre. A méhek a tanulmány alapján messzebbre és többen repültek nektárért, mint pollenért (Couvillon *et al.*, 2015). Hasonló kutatás alapján 1137 méh megfigyelésével májustól júliusig az átlagos repülési távolság $1526,1 \pm 37,2$ m, ekkor a medián 1181,5 m volt. A kutatásban a teljes repülési távolság, amelyben a méhek gyűjtöttek, 62,1–10 037,1 méter között változott. Ez a távolság azonban térben és időben változó. Megfigyelték, hogy a virágporgyűjtő méhek gyűjtési távolsága szignifikánsan nagyobb az egyszerű tájképeknél, mint a komplexebbeknél, valamint júniusban, amikor szűkösebb az elérhető pollenforrás (Steffan-Dewenter és Kuhn, 2003). A tömeges hordás a virágzást követő 3–6. napon indul meg a kaptármérlegek adatsorából készített analízis alapján (Halmágyi és Keresztesi, 1991). A virág morfológiai és szövettani felépítése az **5. ábrán** kerül bemutatásra.

5. ábra: A fehér akác virágjának morfológiai és szövettani felépítése
(Forrás: Saját munka, Halmágyi és Keresztesi (1991) nyomán)



2.2.2. A nektármirigy szövettani ismertetése

A növények nektárkiválasztását először Ruellius írta le 1543-ban, viszont a nektárium kifejezést Linné alkotta meg 1763-ban. A gyökérzetén kívül a növénynek minden részén előfordulhat nektárium, így megkülönböztethetünk virágon belüli (*floralis*) és kívüli (*extrafloralis*) nektáriumot. Extrafloralis nektárium van pl. a fehér nyárnak (*Populus alba*), a fehér fűznek (*Salix alba*) és a bálványfának (*Ailanthus altissima*) a levéllemezen. Ezen kívül előfordulhat a levélalapon (*Polygonaceae*), a levélnyélen, farészeken, ágakon és még számos részén a növénynek. A virágban lévő nektármirigy általában több nektárt termel, és gyakran cukrosabb is. A virágon kívüli nektáriumok viszont ásványi sókban és szerves savakban lehetnek gazdagabbak (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

Az akácnál a nektármirigy a csésze alakú vacok belső oldalán, a termő alapja körüli mélyedésben helyezkedik el (**5. ábra**). Ilyen struktúrájú a júdásfa (*Cercis*), a lepényfa (*Gleditsia*), a japánakác (*Sophora*) és a dudafürt (*Colutea*). Ezen kívül a fehér akác esetében extrafloralis nektáriumok is megtalálhatók a levélnyelek tövében. A bőrszövet (*epidermisz*) a felülettel párhuzamos irányban nyúlt meg, és sokszögletű sejtekből áll, *kutikularéteg* fedí. Ezek között gázcsereenyílások, ún. „nektársztómák” találhatóak. A bab alakú zárósejtek között lévő nyílás széles, így a nektár csak passzívan folyik át. Az epidermisz alatt a legfontosabb szövet, az ún. mirigyszövet, vagy *glanduláris* szövet található, amely a nektártermelésért felelős. Ez a szövet apró, sokszögletű, nagy sejtmagvú, plazmában gazdag sejtekből áll, közöttük sejtközötti járatokat, ún. *intercellulárisokat* találhatunk. A nektártermelés a glanduláris szövet vastagságától (a sejtsor mennyiségétől) függ. Ez a szövet kezdetben különféle cukrokat, keményítőt, vitaminokat tartalmaz, majd a szekréció után a csersav halmozódik fel. Élénk anyagcserefolyamat, enzimtevékenység és szintézis zajlik le benne, ami oxigénfogyasztással jár. A szövetben számos *illóolajtartó sejt* is előfordul, ezek a glanduláris szövet és a *nektárium parenchima* határán találhatóak. A nektármirigy további szövettája a *nektárium parenchima*, amely a keményítő raktározásáért felelős. Benne fa- (*xylem*) és háncselemeket (*floem*) is tartalmazó *szállítószöveteket* találhatunk. A nektárkiválasztás a fáknál úgy történik, hogy a lomblevelek által termelt szénhidrátok a háncsszöveten keresztül a növény különböző részeibe szállítódnak. A végső elágazásai a háncselemnek a megtermelt nedvet a nektármirigy *nektárium parenchima* szövetébe vezetik, néha a glanduláris szövetig. A háncsnedv fő összetevője a szacharóz, amely átalakul, és végül a nektármirigy felületére választódik ki. Emiatt a nektár nem számít elsődleges háncsnedvnek, mivel útja során átalakul (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*;

Konarska, 2020). A nedvességkiválasztás ozmotikus nyomásnövekedéssel jár a parenchima szövetekben (Kim et al., 2023). Ezen felül megfigyelték, hogy a bibe is befolyásolja a nektártermelést (Halmágyi és Keresztesi, 1991). A *R. viscosa* var. *hartwigii* nektárszekréción vizsgálata során megállapították, hogy a nektárkiválasztás már a bimbós állapotban megkezdődik, és a virágzás 4. napjáig tart. A fajtaváltozat nektármirigyének átmérője $1,5 \times 1,25$ mm, magassága körülbelül 1,25–1,5 mm volt (Konarska, 2020).

2.2.3. A nektártermelés feltételei, tényezői

A nektár cukorkoncentrációja 3–75% között változhat. Ahhoz, hogy a méhek nektárt gyűjtsenek, annak legalább 10%-os cukortartalommal kell rendelkeznie. A nektárban összesen 31-féle cukrot sikerült már kimutatni, közülük leggyakoribb a szacharóz, fruktóz és glükóz. Az akác nektárjának összetétele nagyrészt a következő: 24% glükóz, 42% fruktóz, 1% szacharóz, 6,5% maltóz, 0,4% izo-maltóz, 2,9% trehalóz, 0,2% gentibióz, 0,2% raffinóz és 1,3% melezitóz. Az egyes cukrok aránya a nektárban a környezettől, időjárástól függő. A méhek 9-féle cukrot, míg az emberek 30-féle cukrot tudnak ízlés alapján megkülönböztetni. Az alacsony pH-értéket (2,7–6,4) a nektárban lévő szerves savak okozzák, máskor a bázikus anyagok miatt akár lúgos értékeket is felvehet (7,2–9). A nektár elem tartalma sok esetben sokkal magasabb, mint a belőle készült méz. A nektár hamutartalma 0,023–0,45% között változik (Halmágyi és Keresztesi, 1991).

Az akác 15 éves korában képes a legtöbb nektárt termelni (Fritsch, 2012). A nektárkiválasztás, valamint nektárgyűjtés számos tényezőtől függ. Többek között befolyásolja a növény általános állapota, az időjárás és a talaj (Mace, 1912; Hambleton, 1925; Lundie, 1925; Vincze et al., 2022), valamint a növény kora is. Ezeket csoportosíthatjuk külső és belső tényezőkre.

A NEKTÁRTERMELÉST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

(1) BELSŐ TÉNYEZŐK:

- a. A növény általános állapota
- b. A nektármirigyek helye
- c. A nektármirigy nagysága
- d. A virág szerkezete
- e. A virág fejlettségi állapota
- f. A nektármirigy felépítése
- g. Anyagcserezavar, betegségek

(2) KÜLSŐ TÉNYEZŐK:

- a. A talaj állapota és szerkezete
- b. Vízellátottság
- c. Hőmérséklet
- d. Légnedvesség
- e. Napsugárzás
- f. Évszak és napszak
- g. A levegő CO₂ és O₂ tartalma
- h. Szél
- i. Köd
- j. Csapadék
- k. Légnyomás
- l. Kitétség, domborzat

Belső tényezők

A fák és cserjék tartalékanyagai az ágakban raktározódnak, és ha az ágakban sok a keményítő, akkor tavasszal jó nektártermelés várható. Ezáltal a keményítőtartalomtól becsülhető a következő év nektártermelése. A nektártermelést befolyásolja, hogy a virágzat a főágon helyezkedik el, vagy a mellékágon. A nektármirigyek nagysága és a termelt nektár mennyisége között szoros kapcsolat van. Abban az esetben, ha a nektármirigy mélyen helyezkedik el a virágban – mint az akácnál –, kevésbé hajlamos kiszáradni. Általános megfigyelés, hogy a virágzás kezdetén és a megporzás előtt több és cukrosabb nektár termelődik. A pillangósok esetében a mirigyek a porzók fejlődésének befejeződése után fejlődnek ki. A bővebb nektártermelés akkor indul meg, mielőtt a virágportokok fejlődésüknek csúcspontját elérik, és a légzőnyílások zárósejtjei teljesen kifejlődnek. A nektártermelés általában a virágportertermelés alatt, illetve a porzószalak elhervadása után is folytatódik, sőt, még meg is növekedhet. A nektármirigyek felépítése is befolyásolja a nektár tulajdonságait: a faelemeket tartalmazó mirigyek híg, míg a hánccselemeket tartalmazók inkább cukrosabb nektárt termelnek. Betegségek esetén a nektártermelés csökkenhet vagy teljesen meg is állhat. Számít, hogy a virágok a lombkorona déli, vagy északi részén, napos, vagy árnyékos oldalán találhatóak. A lombkorona közepén koncentráltabb, míg az alsó és felső virágokban hígabb nektár termelődik. Az ezüsthárson (*Tilia argentea*) végzett megfigyelések alapján a keleti oldalon a legmagasabb az összprodukciónak, míg az északi oldalon, illetve a lombkorona felső részén a legkevesebb (Halmágyi és Keresztesi, 1975).

Külső tényezők

A külső tényezők hatása egy bizonyos intervallumon (toleranciasávon) belül alig érzékelhető, azon kívül viszont csökkenti a nektártermelést (stressz zóna, kritikus zóna), amely növényfajonként különböző. A jól átszellőzött, megfelelő tápanyag- és nedvességtartalmú, hőmérsékletű talaj kedvező a nektártermelés szempontjából. Általában a 60%-os nedvességtartalmú talaj ideális a nektártermelésre. A nektár higroszkópos, tehát a levegőből nedvességet vesz fel, ezáltal a páratartalom is befolyásolja a termelést. Csökkent nektártermeléskor reszorpció történhet, vagy a nektárium felületén kikristályosodnak a cukrok. A hőmérsékletváltozás csak akkor segíti elő a nektár termelődését, ha a meleg nappalokat hűvösebb éjszakák követik, így a nappal keletkezett cukorból éjjel kevés használdik fel. A meleg éjszakák viszont a cukorfogyasztás növekedését idézhetik elő. Amennyiben ez a kontraszt ellentétes, a *disszimiláció* kerül túlsúlyba. Abban az esetben, amikor a hőmérséklet az *asszimilációs* periódus után alacsony marad, akkor a kiválasztott nektár kevés lesz, mert lelassul a kijutása a sejtekből a csökkent áteresztőképesség miatt. A talaj hőmérséklete is befolyásolja a nektártermelést. Csökkentheti a cukor vándorlásának sebességét és növelheti a cukorfogyasztást. A napfénytartam és a napsugárzás intenzitása is befolyásolja a nektártermelést. Az előző év körülményei, valamint az évszak és a napszak is meghatározó a fásszárú növényeknél. A levegő összetétele (szén-dioxid és oxigéntartalma) közvetve befolyásolja a nektártermelést, mivel hatása van a fotoszintézisre. Az oxigéntartalom csökkenése a nektármennyiség fogyását okozza, de ekkor a cukortartalom is megnövekedhet. Általánosan elmondható, hogy a köd káros a virágzásra és a nektártermelésre, de ellentétes megfigyelés is ismert. A kora reggeli harmatképződés növeli az akác nektártermelését és a róla való hordást. Kisebb eső hatására a nektár felhígul, viszont a több napig tartó intenzív csapadék a nektártermelést kedvezőtlenül befolyásolja, mivel kilúgozza a virágokat és a levélzetet, így hervadás indul meg (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

Hőmérsékleti határértékek

A virágzás ideális hőmérséklete 16–20 °C között van, így a nektárhordás 16 °C-on indul meg (*Keresztesi, 1965; Halmágyi és Keresztesi, 1991*). Mások a nektárszekréció optimális hőmérsékletére 20–25 °C-ot, vagy kibővítve 19–27 °C-ot állapítottak meg, 50–70%-os relatív légnedvesség mellett. Az akác azonban az optimális hőmérsékleti határértékek alatt is képes nektárt termelni, akár szeles és hűvös időben is, ellentétben azzal az általános feltételezéssel,

miszerint az akác hideg időben nem termel nektárt. A nektártermelés minimuma 9–11 °C, felső határa 30–32 °C (Keresztesi, 1965; Halmágyi és Keresztesi, 1975). Farkas és Zajác összefoglaló tanulmánya szerint az akác számára ideálisak a meleg, párás éjszakák (15 °C körüli hőmérséklettel), valamint előnyös, ha a nappali hőmérséklet meghaladja a 25 °C-ot. Már akkor is képes nektárt termelni, ha a talajközeli hőmérséklet 13–14 °C között van. A szárazabb levegő negatívan befolyásolja a nektárképződést, míg a magas relatív páratartalom növeli a nektárhozamot. Késő tavaszi fagyok esetén, ha a virágok elfagynak, teljesen megállhat a nektárképződés (Farkas és Zajác, 2007). Márton (2011) megfigyelései alapján az akác nektárképződése szempontjából optimális a szélcsendes, 20–25 °C-os nappali hőmérséklet és a 80–90%-os páratartalom. Pătruică et al. (2017) szakirodalmi áttekintése alapján az akác már 10 °C felett képes nektárt termelni, míg optimuma 16 °C és 25 °C között van, e fölött csökkenő tendenciát tapasztalhatunk egészen 35 °C-ig, ahol a nektártermelés teljesen leáll (Vincze, 2021; Vincze et al., 2023). A szeles idő szárítja a nektárt, így cukortartalma 50–60%-ra is megnőhet, ezzel ellentétben borús, esős időben 30–35% között van a cukorszázaléka. A virágzás elején és végén kevesebb és kevésbé édes nektár termelődik, ehhez hasonlóan a nektártermelésnek napi változása is van a nektártermelésnek. Dél előtt több nektár képződik, estefelé a legkevesebb, viszont a cukortartalom változása éppen ezzel ellentétes (Keresztesi, 1965).

Becslések az akác virágzási idejének kezdetére, hőösszegek

Az akác virágzásának kezdetére egyes kutatások különböző hőmérsékleti határértékeket állapítottak meg. Egy régebbi magyarországi kutatás arról számolt be, hogy a március 15. és május 15. közötti időszak során a napi középhőmérséklet 1 °C-os különbsége, akár 1 hét különbséget jelenthet az akác virágzásának kezdetében (Walkovszky, 1998), így ez az időszak a rügyek fejlődésének szempontjából kiemelt jelentőségű. A XX. századi megfigyelések alapján elmondható, hogy az akác rügyfakadásához 20–25 olyan nap kell, amikor a napi középhőmérséklet 3 °C-nál magasabb, napi > 10 °C-os maximumokkal. Vadas Jenő mérései szerint a virágzás kezdetéig 28–33 nap szükséges, amikor a napi minimumhőmérséklet 4 °C felett van (Mihály és Botta-Dukát, 2004). Viszont Hegyfok Kabos megfigyelései alapján az akác virágzása akkor kezdődik, amikor a megelőző 50 napnak a hőösszege 609 °C ± 12 °C (Vadas, 1911). Ezen megfigyelések közül viszont egyik sem számolt a csapadék mennyiségével, vagy eloszlásával, besugárzással, ami meghatározó tényező a virágzás kezdetében.

2.2.4. Virágzó fajtaváltozatai

Magyarországon a fehér akác méhészeti célú nemesítését a későn virágzó fajtákra 1966-ban kezdték el. Fajtaváltozatai, amelyek fontosak a méhészek számára a virágzási idő meghosszabbítása céljából, a következők: var. *praecox*, var. *galiana*, var. *semperflorens*. Heterozigóta fafaj, így kölcsönös megporzó jellege miatt szelekcióval érhetünk el eredményt (Halmágyi és Keresztesi, 1991).

Virágásfenológiai megfigyeléseiről Magyarország területére összesen 81 év adata áll rendelkezésre 1850–1930 között (Mihály és Botta-Dukát, 2004). Halmágyi és Keresztesi (1975) „*A méhlegelő*” című könyve a szelektált és Magyarországon termesztett fajták közül 54 darabot említ, amelyek céltudatos nemesítésen és szelekción mentek keresztül a méhészeti és faipari hasznosítás céljából. 1975-ben az ország területén összesen 75 törzsfát szelektáltak. Ezen kívül a bajti akác fajta-gyűjtemény még ennél is többet tartalmazott, összesen 163 fajt, fajtát és klónt, különböző nemesítési és keresztezési célokra. Pár évvel később újabb klónok bevonásával már 137 nemesített fajtát vizsgáltak egészen 1987-ig, amelyek közül a 33–38, 39, 24, 41–42, 47–49 fajták bizonyultak kései virágzásúaknak (Halmágyi és Keresztesi, 1991). Ezek a sorszámok a **1. mellékletben** vannak megjelenítve, ahol a virággal megjelölt fajták méhészeti értékük miatt kerültek szelektálásra. Manapság azonban hazánkban csak kilenc szelektált erdészeti hasznosítású fajtát forgalmazzák (Mihály és Botta-Dukát, 2004). Az 1970-ben és 1972-ben végzett virágásfenológiai mérések alapján az 'ostffyasszonyfai-40' fajta virágzott a leghosszabb ideig, míg 1973-ban a debreceni-2, összesen 20 napig. A virágzást leghamarabb az 'ostffyasszonyfai-40' kezdte el 1970-ben, 72-ben az egylevelű és 1973-ban a 'balatonalmádi-1, -2, -3, -4'. Korai virágzásukat tekintve ezek az alanyok a legfagyveszélyesebbek. A glanduláris szövet méretét tekintve kiemelkedőnek bizonyulnak a *R. p.* 'HC-4146', *R. p.* 'decaisneana-A1' – rózsaszín, *R. p.* 'decaisneana-C1' – rózsaszín, *R. p.* 'mátyusi-3' fajták. A legillatosabb fajta a *R. p.* 'decaisneana-B1' – rózsaszín volt (Halmágyi és Keresztesi, 1975).

Keresztesi Béla könyvében a méhlegelőjavításra és díszfának alkalmas fajtáknak a következőket minősítette: *Robinia ambigua* Poir. *decaisneana* cv. 'Rózsaszín-AC', amely fajta az egyik legjobb nektártermő, későn és dúsan virágzik. Egy-egy fürtön átlagosan 28 darab virág található, ez az egyik legjelentősebb méhészeti fajta. A kései fagyoknak Pagony Hubert 1970-es felmérései alapján a 'Pénzesdombi' és a 'Kiscsalai' akác állt legjobban ellen, míg jelentéktelen kárt szenvedtek a 'Kiskunsági' akácok, közepesen károsodtak a 'Császártöltési'

és az 'Appalachia' fajták, a 'Jászkiséri' akácok azonban erős fagykárt szenvedtek. A 'Pénzesdombi' fajtának bár sok virágja van, méhészeti értéke nincs, mivel a 10. porzó tövéénél mindkét nyílás hiányzik, és emiatt a méhek nem férnek hozzá a nektárjához. A 'Kiskunsági' fajtákat a méhek erősen látogatják és dúsan virágznak (Keresztesi, 1984). Más kutatások a virágzás intenzitását nem fajta-, hanem termesztési szempontból vetették össze. A virágzás intenzitása a tősarjakról nevelt csemeték esetében bizonyult a legerősebbnek, majd ezt követték a gyökérsarjakról nevelt, végül az ültetett csemeték (Mihály és Botta-Dukát, 2004).

2.3. Nektárvizsgálatok ismertetése

Az egyes növények mézelési értékének összehasonlítására a szakirodalom általában három adatot hoz (Bolten *et al.*, 1979; Cruden és Hermann, 1984; Pierre *et al.*, 1996; Karp *et al.*, 2004; Symes and Nicolson, 2008; Brown és McNeil, 2009):

- 1) az egy virág által 24 óra alatt kiválasztott nektártömeg [mg/virág],
- 2) a nektár cukortartalma, az ún. cukorszázalék [%],
- 3) az egy virág által megtermelt cukor 24 óra alatt mg cukorban megadva, az ún. cukorérték [mg cukor/virág].

Ezek mellett a fűrt hosszát, a virágszámot és a virágsűrűséget is meghatározhatjuk. A virágok nektárjának begyűjtése többféle módszerrel történhet. Ezeket a módszereket Halmágyi és Keresztesi (1975) alapján foglalom össze:

- (1) *Centrifuga-módszer*: a megszámlált virágokat nikkal dróthálóból készült kosárkába, majd egy üveg centrifuga-küvettába teszik, és 10 percig 2500 fordulat/perc fordulatszámon centrifugálják. Előnye, hogy ezzel a módszerrel az összes nektár kinyerhető, viszont az összetört virágalkotórészekből kifolyt plazma módosíthatja az eredményeket.
- (2) *Üvegkapillárisos módszer*: Ezt alkalmazzák a leggyakrabban, és ez a módszer a legelfogadottabb az újabb tanulmányokban is. Üvegből készült hajszálcsöveket hoznak létre, amellyel kinyerhető a teljes nektármennyiség. A nektárral telt kapilláris tömegének méréséből megkapható a nektár tömege. A cukorkoncentráció, illetve az összetétel meghatározásához egyszerűen kifűjjük a kapillárisból a nektárt. Hátránya a módszernek, hogy a kapillárisok csak egyszer használhatóak, viszont rendkívül gyors és pontos módszer.

- (3) *Kétgömbös üvegszívókák módszere*: A 90°-ban hajlított, két öblösödést is magába foglaló szívókákkal gumicső segítségével szívják ki a nektárt. Átlagolt adatokat ad, tehát egy-egy virág nektártermelésében mutatkozó szórás nem számítható. Hátránya még, hogy kis virágoknál nem alkalmazható.
- (4) *Kimosásos módszer*: A szírom és a lepellevélek által termelt nektár vizsgálatára alkalmazható. Ismert mennyiségű virágot desztillált vízzel átmosnak. A kapott oldat mennyiségéből és szárazanyagtartalmából átszámítással kapható a nektár mennyiségére és minőségére vonatkozó érték.
- (5) *Mikro-szűrőpapírdarabkák módszere*: A virágokból ismert tömegű szűrőpapírcsíkok segítségével itatják fel a nektárt. A papírcsíkok tömegváltozásából következtethetünk a nektár mennyiségére. Ezután desztillált vízzel leoldják a nektárt, később az oldat bepárlásával megkapják a cukor-százalékot. Hátránya, hogy lassú módszer, illetve a nagy párologtató felület növelheti a hibát.
- (6) *Szűrőpapírcsíkok és üvegapillárisok kombinált módszere*: Először üvegapillárisal, majd a szűrőpapírcsíkokkal szívják ki a nektárt. Ezzel a módszerrel nyerhető ki a legnagyobb százalékkal a nektár. Hátránya, hogy rendkívül lassú módszer.

A nektártömeget analitikai mérleggel, míg a cukorszázalékot refraktométerrel vagy kémiai vizsgálatok bevonásával mérhetjük. A virágzatot érdemes a vizsgálat előtt egy nappal fehér tüll anyagú ruhával letakarni a rovarlátogatás gátlásának érdekében. A méréshez mindig célszerű kinyílt, üde virágokat használni (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

A fehér akác kedvező körülmények között átlagosan 2 mg/virág nektárt termel 62%-os cukortartalommal (*Robinia pseudoacacia* var. *vulgaris*) (*Keresztesi, 1965; Mihály és Botta-Dukát, 2004*). Halmágyi és Keresztesi a 1968–1972 közötti években 49 akác fajta nektártermelését vizsgálta meg. Az 5 év alatt összesen 28 000 darab virágból vettek mintát, különböző területekről, parcellákról, napszakokból és időjárási körülmények mellett, hogy a vizsgálat minél diverzebb legyen. 1968-ban 6 fajta bevonásával a cukorszázalék 51,8–62,3%, míg a cukorérték 0,58–1,56 mg cukor/virág között változott, 1810 virágból vett mintából. 1969-ben már 18 fajtát vizsgáltak meg, összesen 4830 virágból vettek mintát, és 43,4–61,3%; 0,46–1,79 mg cukor/virág értékeket kaptak. 1970-ben 7400 virágból; 21 akácfajtaról 33–51,8% és 0,26–1,79 mg cukor/virág eredményeket mértek. 1971-ben 6400 virágból, 23 fajtaról, 41,0–58,3% cukorszázalékot és 0,37–1,89 mg cukor/virág cukorértéket kaptak. 1972-ben 7500 virágot vizsgáltak meg, 16 fajtaról és 35,4–55,3% cukorszázalékot és 0,51–1,14 mg cukor/virág

cukorértéket kaptak. Az öt évben a cukorszázalék 33,0–62,3%, míg a cukorérték 0,26–1,89 mg cukor/virág között változott (*Halmágyi és Keresztesi, 1975*).

A nektármérések alapján kiemelkedő cukorértékeket mutatott a 'Rózsaszín-AC' (1,9 mg cukor/virág) és a 'Császártöltési' (1,8 mg cukor/virág), igen jónak minősítették a 'Kiskunsági' (1,56 mg cukor/virág) és a 'Jászkiséri' (1,48 mg cukor/virág) fajtákat (*Keresztesi, 1984*). A különböző országok és egyéb szakirodalmak nektárszekerációs vizsgálatainak eredményei a **2. táblázatban** kerülnek bemutatásra.

2. táblázat: Különböző nektárvizsgálatok eredményei
(*Forrás: Halmágyi és Keresztesi (1975) nyomán*)

Hivatkozás	Ország	Faj, fajta	Nektártömeg (mg/virág)	Cukorszázalék (%)	Cukorérték (mg cukor/virág)
<i>Goetze (1930)</i>	Németország				1,2
<i>Beutler és Schöntag (1940)</i>	Németország		1,82	55	1
<i>Farkas (1940)</i>	Kolozsvár		Többnapos 37; napi 5,4–6,9		
<i>Barth (1954)</i>	USA			44,6	
<i>Shaw és Shaw (1954)</i>	USA			36,2–49,6 (átl. = 46,3)	
<i>Péter és Halmágyi (1959)</i>	Magyarország	közönséges		57,5–60,2 (üde virág); 23,2–24,8 (elfagyott virág)	0,60–1,19 (üde virág); 0,471–0,479 (elfagyott virág)
<i>Kropáčová (1960)</i>	Csehország		1,26	36,5	0,46
<i>Rosca és társai (1961)</i>	Románia		3,21		
<i>Sanduleac (1961)</i>	Románia	<i>R. decaisneana</i>	2,8–3,0; 3,0	62–63; 60	1,8
<i>Cirnu (1964)</i>	Románia	<i>R. pseudoacacia</i>	2,7		
<i>Halmágyi és Keresztesi (1975)</i>	Magyarország	közönséges	1,04	38,3	0,4
<i>Halmágyi és Keresztesi (1975)</i>	Magyarország	5 éves fajtaátlag		33–62,3	0,26–1,89
<i>Sanduleac, Tomescu, Lazarescu (1962)</i>	Románia	<i>R. pseudoacacia</i> var. <i>vulgaris</i>	2	62	1,24
<i>Kim et al. (2023)</i>	Korea		1,1 ± 0,7 (μL)	44,8 ± 6,1 (40,1–51,4)	

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Mintaterület

A méréseket 2023-ban végeztem el Debrecen, Nagycseréhez közeli méhésztanyán. Ezen a területen több kisebb tanya is megtalálható vegyes, akácos erdőállománnyal. Nagycsere Debrecentől keletre található a 48-as főút mentén. A településhez több tanya is tartozik, valamint arborétumok, pihenő és kiránduló övezetek. A Nyírséget is alkotó, homokos váztalaj található meg, amelyre alacsony szervesanyag-tartalma miatt főként akácosokat, fehérynár-erdőket telepítettek. A fő erdőt alkotó fafajok a következők: fehér akácos, tölgyes, fehér nyaras, fekete fenyves, elegyes nyíres. A területen található erdőrészek a Nyírerdő Nyírségi Erdészeti Zrt. ([http9](http://www.nyirerdok.hu)) körzetébe tartoznak, amelynek védett területei, többek között a Nagycserei Kőrises Arborétum, tölgy-kőrisszil ligeterdő a Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság irányítása alatt van. Az akácosok ezeken a területeken nagy állományokat képeznek, amelyek kiváló méhlegelők, így több tanyán is foglalkoznak méhészettel. Az erdőrészlet csemetéinek magjai Baktalórántházáról származnak, amelyek a 'Nyírségi' fajtához tartoznak.

A *Robinia pseudoacacia* cv 'Nyírségi' akác fűrészrönk-termelésre alkalmas, értékes fajta. Eredetileg a Nyírbátor 35/b erdőrészletből származik, ahol rozsdabarna erdőtalaj jellemző, ezekből árbóc jellegű egyedek kerültek kiválasztásra nemesítési célból. Lombkoronájának alakja *pinnata* típusú, dús, fejlett, törzse egyenes, koronán végigfutó, gyorsan növekedő. Levelei szórt állásúak, elliptikus alakúak, csúcsukon kicsípett, tompa levélkéekkel. Virágja fehér, rövid fűrtbe rendezett, váltakozó számú, a fűrtök átlagosan 16 virággal jelennek meg. Méhészetileg kevésbé hasznosítható, mivel rövid virágzási idővel bír (8–12 nap), és nektárjának cukorértéke (24 órás nektármérésből származó adatból) 0,6 és 1,2 mg cukor/virág között változik, átlagosan 1 mg cukor/virág, ami a közönséges akáchoz hasonló érték (*Keresztesi*, 1984).

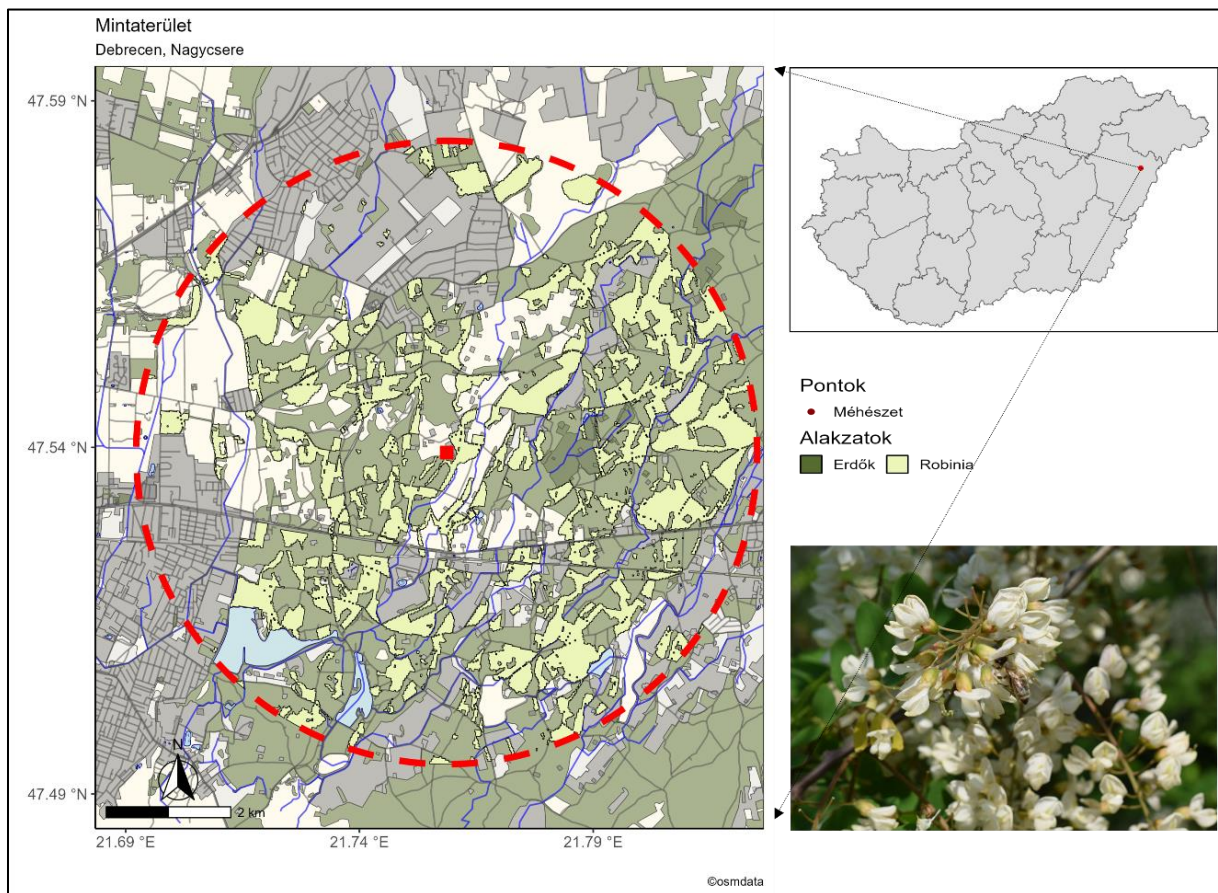
Az akácerdő sűrűségét a területen a **6. ábra** mutatja. A térkép az R nyelven elérhető *osmdata* ([http10](http://www.osmdata.com)) csomag felhasználásával készült, amely az OpenStreetmap ([http11](http://www.openstreetmap.org)) adatbázisából tölt le különböző alakzatokat név és koordináta megjelenítésével. Az akácerdőket a NÖSZTÉP (Magyarország Ökoszisztéma-alaptérképe) alapján jelenítettem meg világos sárga színezéssel.

Az adatbázis alapján 5000 méteren belül 17 446 648 m² akácerdő található a területen. A sötétzöld szín az egyéb erdőket, a szürke szín a településeket jelöli.

6. ábra: A mintaterület akácerdő-borítottsága

Szürke színezéssel a települések, zölddel az erdők, világos színnel a szántók, rétek láthatóak az osmdata adatbázisból. A piros pont jelöli a méhészetet, a szaggatott piros kör az attól számított 3000 méter sugarú távolságot. Világos sárga színű poligonok a NÖSZTÉP adatbázis akácerdőit jelölik.

(Forrás: Saját munka, az osmdata és a NÖSZTÉP adatbázisból)



3.2. Kaptármérlegek

Méhészetünkben digitális GSM (Global System for Mobile Communications) alapon működő kaptármérlegekkel mértem a méhcsaládok tömegét, így kiszámolhattam a napi hordás mértékét és a pergetett méz mennyiségét. A két darab méhészmérleg óras és tíz perces mintavételezéssel mért, valamint az egyik egy fészekhőmérőt is tartalmazott. A mérlegek specifikációjuk alapján képesek a külső hőmérséklet mérésére is. A külső hőmérséklet helyett

azonban a mérleg belső órájának hőmérsékletét mérik, amely eltér a léghőmérséklettől. A besugárzás hatására a fémváz felmelegszik, amely nagy eltéréseket eredményezett a valódi léghőmérséklethez képest.

A méheket egész évben folyamatos megfigyelés alatt tartottuk, és feljegyeztük az összes méhészeti munkálatot, különösen azokat, amelyek tömegváltozással jártak. Rögzítettük a keretek számának változását, a cukorszirupos etetéseket, kezeléseket és a hőszigetelés változását. A méhek a mérés alatt nagyboconádi keretméretű (továbbiakban NB), 18 keretes Tamási rakodókaptárban voltak, amelynek mézterét $\frac{1}{2}$ NB keretes fiókokkal bővítettük. A kaptármérlegek adatainak kiértékelése előtt elsőként tisztítottam a hibáktól a méréseket, valamint szűrtem a nektármérés időszakára. A kaptármérleg (12-es kaptár) 1 óras adatainál a -2 és $+2$ kg-ot állítottam be a szűrés határának, míg a 10 perces mérlegnél sokkal finomabban is el tudtam járni. Itt a határ $-0,2$ és $+0,2$ kg volt.

3.3. 24 órás nektármérés

A nektármérést naponta öt darab, de összesen hét darab egykorú, erdőszéli sarjról nőtt fehér akácfa kijelölésével végeztem néhány méterre a méhészettől. A kijelölés azért esett a sarjakra, mivel az előző évben kijelölt akácerdő-állomány gyérítésen, gallyazáson ment keresztül, így a gyors mintavételhez nem voltak alkalmasak. A fák kiválasztásánál ügyeltem arra, hogy ugyanazt az időpontot betartva, de minden nap másik fáról vegyek mintát.

A virágokat északnyugati irányból, napsütötte oldalról gyűjtöttem, 1,5–2,5 méteres magasság között. A fák egy mezőgazdasági parcella szélén „L” alakban helyezkedtek el. Főként északnyugati, nyugati és délnyugati besugárzást kaptak, mivel északkeletről és délkeletről erdőrészetek árnyékolták. Az 5-ös, 4-es és az 1-es számjelű fa már délelőtt 9–10 órától több sugárzást kapott, míg a 2-es, 3-as, 6-os, 7-es fák inkább a délutáni időszakban 14–15 órától kaptak több napfényt.

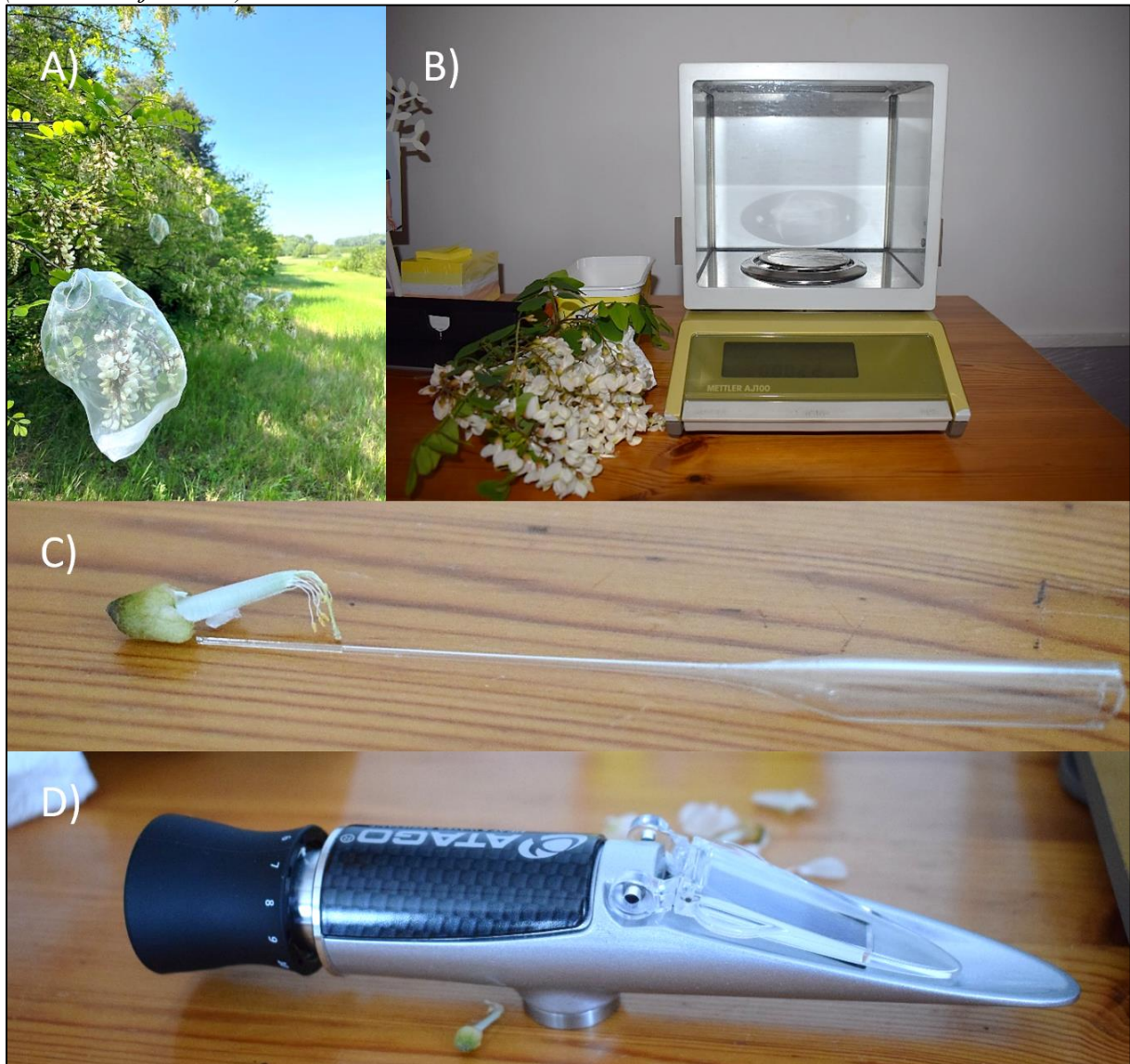
A méréshez minden fáról 20–20 darab virágot számoltam le naponta. A virágyűjtést délelőtt 10 óra körül kezdtem el, és egyszerre csak egy fáról gyűjtöttem öt darab fűrtöt, majd az ideiglenesen berendezett, zárt szobában megmértem a nektár tulajdonságainak mutatóit, majd csak ezután gyűjtöttem be a többi mintát. A méréseket 16 óra környékén fejeztem be. Fűrtönként 4 db virágot gyűjtöttem és mértem, összesen nyolc napon keresztül (2023.05.22–

05.30 között) a nappali órákban, valamint feljegyeztem a fűrtön található teljes virágszámot is. A gyűjtésnél figyeltem arra, hogy a virágok azonos nyílási fázisban legyenek, emellett előző nap védőhálót húztam a fűrtökre a rovarok látogatásának megakadályozására. A gyűjtéshez felhasznált eszközök a **7. ábrán** láthatóak.

7. ábra: A nektármérés eszközei

A) védőháló B) analitikai mérleg C) kapilláris D) refraktométer

(Forrás: Saját ábra)



A virágokból üvegkapillárisok segítségével kinyertem a teljes napi nektármennyiséget, majd analitikai mérleggel lemértem a nektár tömegét (mg/virág) és meghatároztam a cukortartalmat (%) @ATAGO gyártmányú kézi refraktométer segítségével ([http12](http://12)). A két érték

szorzatát százzal osztva megkaptam a 24 órás cukorérték mennyiségét (mg cukor/virág). A virágonként kapható cukorértéket a következő egyenlet (1) adja meg (*Halmágyi és Keresztesi, 1991*):

$$\text{Cukorérték} \left(\frac{\text{mg cukor}}{\text{virág}} \right) = \frac{\text{nektártömeg (mg)} \times \text{cukortartalom (\%)}}{100} \quad (1)$$

A mintavételi időszakban, mivel a kezdetben kijelölt öt darab fa közül kettőről már nem tudtam virágokat gyűjteni, így újabb fákat jelöltem ki vizsgálatra, valamint az időszak közepén egy fáról eggyel több fürtöt is begyűjtöttem, így összesen 804 db mintám lett. Az 1-es, 2-es és a 3-as fákról a nyolc nap alatt fürtönként 160 darab mintát vettem, valamint egy nap ismétlést is csináltam (**3. táblázat**).

3. táblázat: A nektármérés mintaelemszáma
(Forrás: Saját táblázat a mért adatokból)

<i>Fa sorszáma</i>	<i>Időszak</i>	<i>Nap</i>	<i>Fürt</i>	<i>Virág</i>
1	05.22–05.30	8	40	160
2	05.22–05.30	8	40	160
3	05.22–05.30	8	40	160
4	05.22–05.26	5	25	100
5	05.22–05.27	6	31	124
+6	05.27–05.30	3	15	60
+7	05.29–05.30	2	10	40
Összesen:		8	201	804

3.4. Meteorológiai mérések

A meteorológiai mérésekhez egy magyar gyártmányú Boreas ([http13](http://13)) állomást telepítettünk 50 méteren belül a mintavételezés helyszínéhez, amely 2 percenként mérte a hőmérsékletet, páratartalmat, légnyomást, szélsebességet, szélirányt, napsugárzást és a csapadékmennyiséget. Ezen kívül egy olasz gyártmányú AirQino ([http14](http://14)) levegőminőség állomást is telepítettünk a mérőtoronyra, amellyel validáltam a méréseket, emellett levegőminőségre vonatkozó komponenseket is mértem. A mintavétel időpontjában felírtam az aktuális állapotjelzők értékeit, valamint a jelenidőre és a felhözetre vonatkozó, meteorológiában használatos időjárás-jelentő (METAR) ([http14](http://14)) kódokat, megjegyzéseket.

A meteorológiai adatok validációjához a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. ([http16](http://16)) Debrecen, repülőtér tíz perces éghajlati adatsorát használtam fel. A

repülőtéri állomástól körülbelül 10 km-re helyezkedett el a méhészet. A tízperces változók közül felhasználtam a napsugárzást, hőmérsékletet, páratartalmat, légnyomást, szélsébséget, szélirányt és a csapadékmennyiséget. A 2023-as méréseket hasonlítottam az 1991–2020-as klímaátlaghoz, valamint felhasználtam az archív Napijelentés kiadványokat ([http17](http://17)) a szinoptikus helyzet leírásához.

3.5. Statisztikai módszerek

Az ábrákat, térképeket és a statisztikai analízist az R (*version 4.2.2 (2022-10-31 ucrt)*) programnyelvvvel készítettem (*Irizarry és Love, 2015; Irizarry, 2019*). A fák közötti különbségek és az átlagolások jellemzésére varianciaelemzést végeztem. Ehhez az ANOVA (Analysis of Variance) függvényt futtattam le (*Shenoy et al., 2021*). A többszörös páronkénti összehasonlításhoz Tukey tesztet végeztem (*Tukey, 1949*). Ezen kívül a különbségek reprezentálására Taylor diagramot (*Hu et al., 2019*) is készítettem, amelyen feltüntettem az összes mérés szórását, az átlagos négyzetes hiba négyzetgyökével kapcsolatos mennyiséget, az RMSc értéket (Root mean square residual correlations = centrált különbség) és a Pearson-korrelációt. A meteorológiai, méhészeti, valamint nektárméréssel kapcsolatos adatok közötti összefüggések számítására Pearson-korrelációt számítottam. A kapcsolatok elemzéséhez két- vagy többváltozós lineáris regressziót végeztem (MLR = Multiple Linear Regression).

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

4.1. Nektártermelés és virágzat vizsgálatok

A nektárvizsgálati eredmények a kísérleti időszak alatti időjárási paraméterekkel együtt kerülnek bemutatásra, mivel ez utóbbiak befolyásolhatták a nektártermelési eredményeket. Az egymáshoz közel elhelyezkedő akác fákra ugyanolyan időjárási feltételek érvényesültek, ezért az azonos termőhelyről gyűjtött virágok nektármérési adatai, eredményei egymással összehasonlíthatóak. A nektármérés eredményeire és a virágzatok számára vonatkozó alap statisztikai mutatók a **4. táblázatban** kerülnek bemutatásra.

A **fürtvirágzatok** átlagos virágszáma $20,6 \pm 7,2$ volt, a legkisebb fürt 4 virágot, míg a legnagyobb 43 virágot tartalmazott. Az egy-egy virágon belüli **nektármennyiség** széles skálán mozgott: a legtöbb nektárt termelő virágban $12,3$ mg nektárt mértem (2025 május 25., 12:15 óra), és vizsgáltam teljesen üres, nektármentes, azaz száraz virágokat is.

A nektár **cukorkoncentrációja** 0–70% között ingadozott a vizsgált időszakban (a legalacsonyabb 0 értéket a nektármentes virágok kapták), az átlag $43 \pm 1,9\%$ volt. Kim et al. (2023) vizsgálatában az akácvirágok által termelt nektár refrakciója átlagosan $44,8 \pm 6,1\%$ volt, ami alig tér el a kapott eredményeimtől. Halmágyi és Keresztesi méréseiben (1975) ez az érték 33–62,3% között változott.

A **cukorérték** a méhészeti érték jelzőszáma, mivel figyelembe veszi a nektár mennyiségét és cukorkoncentrációját is. Az ezekből kapott cukorérték 0–4,3 mg cukor/virág értékek között változott méréseimben, és az átlag $1 \pm 0,8$ mg cukor/virág volt. Halmágyi és Keresztesi (1975) által közölt eredmények szerint, átlagosan 0,26–1,89 mg cukor volt jelen az akác virágokban. Az akácvirágok kiváló nektártermelést produkáltak a vizsgálati napokon, ugyanakkor az időjárástól függően olykor rendkívül sűrű, magas cukortartalmú nektárt választottak ki a virágok, míg máskor híg nektárt termeltek.

4. táblázat: Fehér akác virágszámlálási és nektármérési eredményeinek főbb statisztikai mutatói a vizsgált időszak átlagában

Átl. = átlag, Sd. = szórás, Med. = medián, Max. = maximum, Min. = minimum

A táblázat utolsó oszlopában dobozdiagramokkal, ún. Box-Whiskers diagramokkal szemléltetem a nektárprodukciónak és a virágszámra vonatkozó változókat. A diagramokon a medián fekete vonallal, míg az átlag kék vonallal van megjelölve az egyes változókra.

	<i>Átl.</i>	<i>Med.</i>	<i>Sd.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Box-Whiskers diagram</i>
Virágok száma (db/fürt)	20,6	20,0	7,2	4,0	43	Virágok száma
Nektármennyiség (mg/virág)	2,3	1,8	1,9	0,0	12,3	Nektármennyiség
Cukorkoncentráció (%)	43,0	47,0	17,8	0,0	70	Cukorkoncentráció
Cukorérték (mg cukor/virág)	1,0	0,8	0,8	0,0	4,3	Cukorérték

Ahhoz, hogy a vizsgált 7 akácfa közötti nektárprodukciónak, illetve a fürtben lévő virágok számának különbségét is meg tudjam vizsgálni, további dobozdiagramokat készítettem, amely eredményeket a **8. ábrán** mutatom be.

A **fürtvirágzatokban lévő virágok számában** az átlag (20,6 db virág/fürt) alatt a 4., 5., 6 sorszámú fa teljesített (4. fa = 17,6; 5. fa = 15,4, 6. fa = 19,0 db virág/fürt), míg a legtöbb virágot egy-egy fürtben az 1. fa hozta (24,8 db virág/fürt).

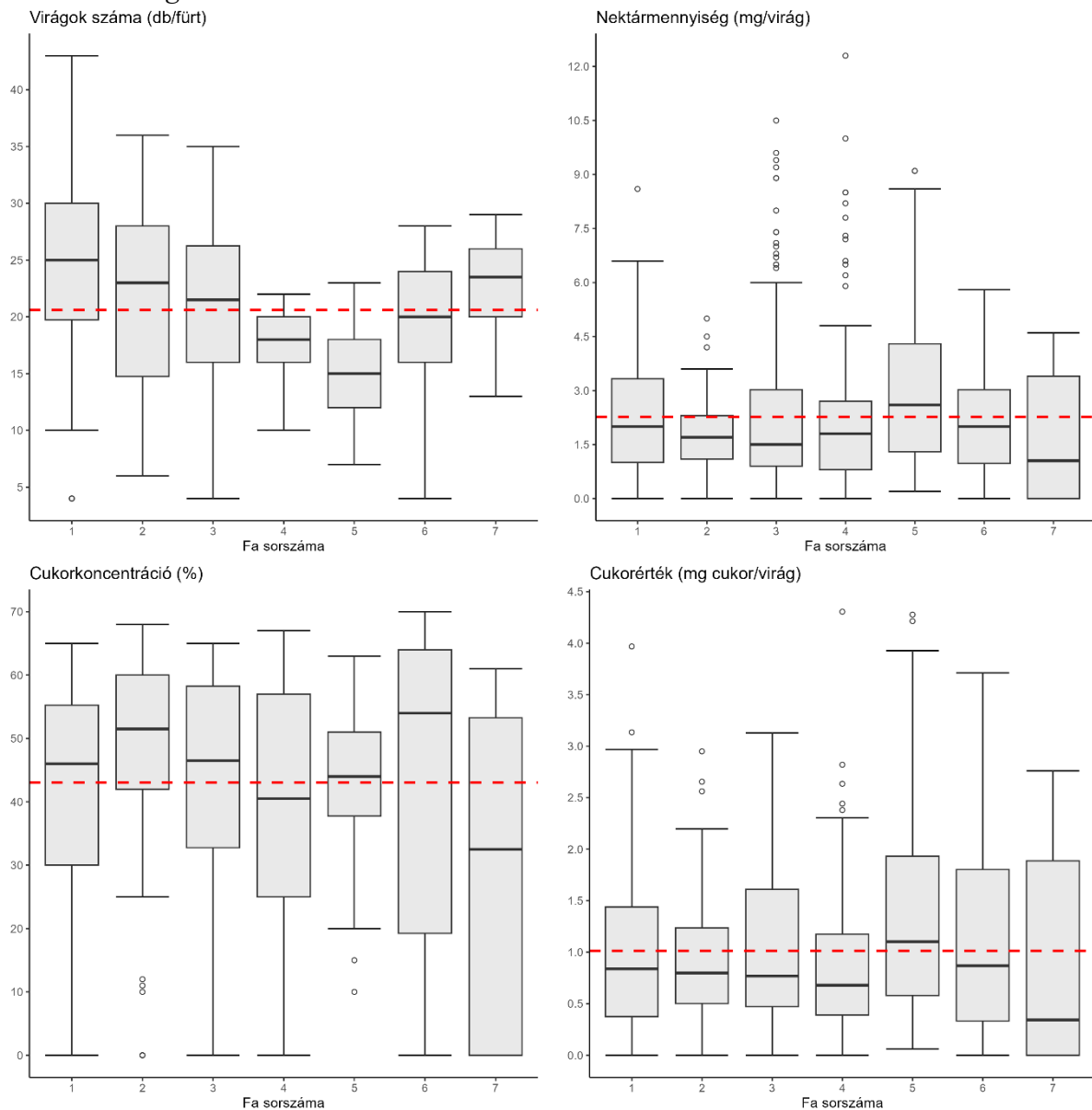
A **legtöbb nektárt** egy-egy virágban átlagosan az 5. fa termelte (3,00 mg/virág), amely az összesített átlag alapján is meghaladta a többi vizsgált fa nektármennyiségét.

A **nektár cukorkoncentrációjának** maximum értékei 51,4–65% között alakultak 6 fa esetében (kivétel a 7. fa), viszont átlagosan 39,5–48,6% között változtak az értékek. A 7. fa esetében többször előfordult, hogy nektármentes virágokat találtam, amely az eredményekben is megmutatkozott. A medián általában az átlagértékek felett alakult (30,7–51,9%).

A **cukorérték** átlagosan 0,80–1,31 mg cukor/virág között változott, ahol a medián értékek általában alacsonyabbak voltak az átlagnál (0,695–1,35 mg cukor/virág). Az eredmények alapján az 5. fa kivételével (1,35 mg cukor/virág) minden fa az átlag alatt teljesített. A nektármennyiség eloszlása hasonló tulajdonságokat mutatott.

8. ábra: A fűrtvirágzatban lévő virágok számának, a nektármennyiségnek, a cukorkoncentrációnak és a cukorértéknek mérőszámai akácfa egyedenként a vizsgált napok átlagában (Box-Whiskers diagram)

Piros szaggatott vonallal az összes fára vett átlagot, míg feketével az egyedenkénti átlagot jelenítettem meg.



Az egyirányú ANOVA teszt alapján, ha a fák+fűrtök sorszámát és a fák+fűrtök+virágok sorszámát is bevontam a vizsgálatba, akkor az egyes fűrtökön lévő virágszám közötti különbség nem volt szignifikáns, tehát a nullhipotézist megtartottam. Amennyiben kizárólag a fák sorszámát (1–7) tekintettem, magas F értéket kaptam, alacsony, $<0,001$ p értékkel ($F = 30,523$; $p = <2 \times 10^{-16}$), így virágszámban lényegesen különböztek egymástól. A szignifikancia a virágokra történő átlagolás után is megmaradt ($<0,05$).

A nektármennyiség vizsgálatakor szignifikáns eredményt kaptam ugyancsak a fák között $<0,001$ és a fák+fürtök sorszámai között is $<0,05$ p-értékkel. A virágok átlagolása után a szignifikancia csökkent, a fürtök között megszűnt, és a fák között $<0,1$ p-érték volt jellemző. A fürtökre és a virágokra való átlagolás után a nektármennyiségek között nem volt szignifikáns különbség.

Cukorszázalékban szignifikáns különbséget csak a fák között találtam, amely az átlagolás után ugyancsak fokozatosan csökkent. A cukorérték vizsgálatakor hasonló eredményre jutottam, mint a nektármennyiségnél.

A fák közötti különbségek további elemzésére Tukey-próbát végeztem. A virágszámot tekintve legnagyobb abszolút különbségek az 5-ös és az 1-es fa között voltak (különbség = $-9,4$), valamint második helyen a 7-5 között (különbség = $+7,2$). A nektármennyiséget vizsgálva a 7-2 (különbség = $-0,2$) és a 7-5 (különbség = $-0,1$) között volt a legnagyobb, illetve a 5-3 (különbség = $-0,002$) és a 6-3 (különbség = $+0,006$) között a legkisebb. A cukorszázalékot vizsgálva a legkisebb különbség a 6-3-as fa, míg a legnagyobb a 7-2 (különbség = $-0,19$) és a 7-5 között volt. A cukorértéknél, hasonlóan a nektármennyiséghez, a legnagyobb különbség a 7-5-ös fa között volt (különbség = $-0,5$) Ezek a különbségek abból adódnak, hogy napos, vagy kevésbé napos a fa kitettsége, és hogy milyen távol helyezkednek el egymástól a fák. A legtávolabb az 5-7 fa volt egymástól. A leghosszabb megvilágítást és a legtöbb sugárzást a 4-es, 5-ös és az 1-es fa kapta, míg a legkevésébbet a 7-es. A virágzás is ebben a sorrendben történt. A leghamarabb a 4-es és az 5-ös fa virágzott el, majd legkésőbb a 6-os és a 7-es fa virágjai nyíltak ki.

A szóráshomogenitás-vizsgálatot a Levente-próbával végeztem el, amely szignifikáns eredményt adott $<0,001$ p értékkel. Ez arra ad következtetést, hogy a fák közötti virágszámban van-e különbség, viszont az átlagolással ez is fokozatosan csökken. A Shapiro-Wilk próba elvégzésekor is szignifikáns értéket kaptam a változókra, így az adatsorom nem homogén és nem normál eloszlásból származik egyik változóra sem a próba alapján.

Az eredmények átlagolása után a virágokra és a fürtökre megállapítható, hogy a virágszám normál eloszlású ($>0,05$ p érték), a cukorkoncentráció és a nektármennyiség azonban más eloszlást követ. Az átlagolások után a szóráshomogenitás-vizsgálatnál a nullhipotézist megtarthattam, adatsorom homogén lett.

4.2. Az időjárás és a nektárprodukción – időbeli menetek

Az akác nektártermelése, virágzata és az időjárás időbeli változása

A nektármérés kezdetén, május 20–22 között a Kárpát-medence időjárását ciklon előoldali hatások jellemezték, záporokkal, zivatarokkal. Május 23-án este a Brit-szigetek felől egy hidegfront érkezett, amelynek köszönhetően éjszaka és másnap reggel sok helyen esett kiadósabb csapadék. A hidegfront mögött szárazabb levegő áramlott Magyarország területére, majd május 25-től a nektármérés végéig egy hűvösebb, szárazabb északi, illetve egy melegebb és nedvesebb déli légtömeg határán helyezkedtünk el, ami labilizálta a légtömeget.

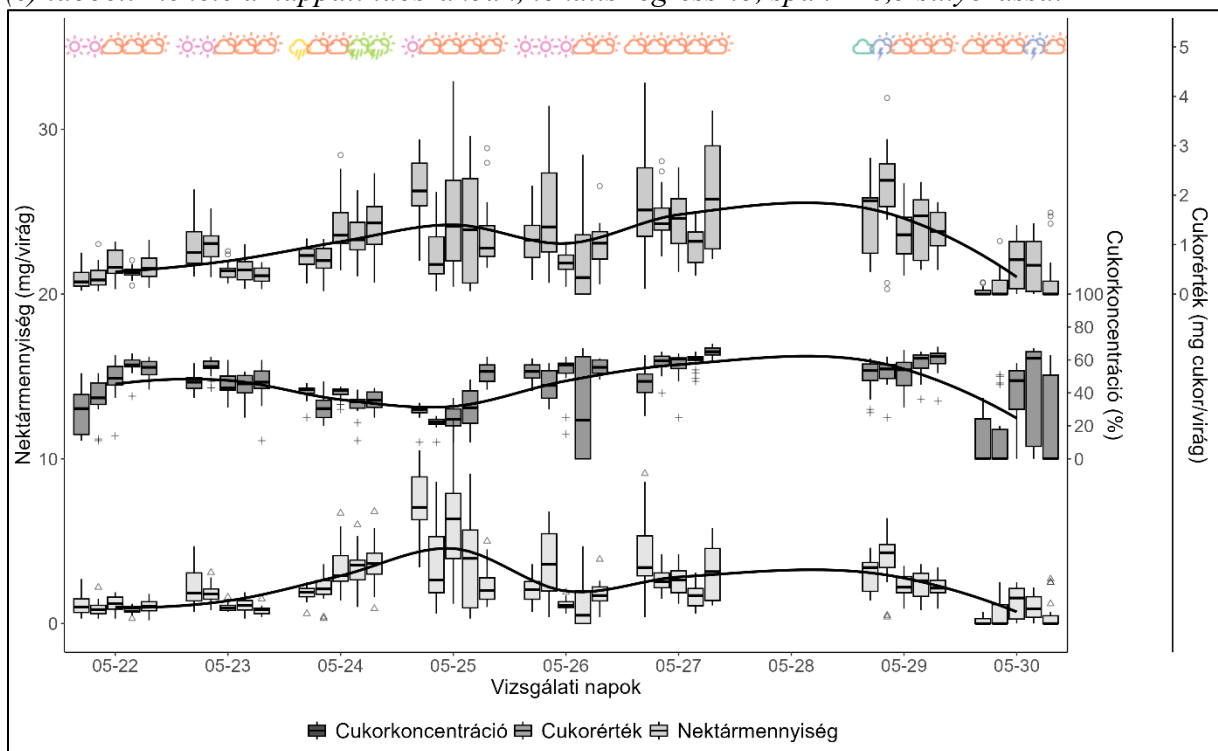
Nagycserén május 24-én csapadékos nap volt (**10. ábra**), amely aznap még kis nektármennyiség-növekedést eredményezett (**9. ábra**). A csapadék hatására másnap jelentősen megemelkedtek a nektármennyiségek, amely már a reggeli órákban történt méréseknél megfigyelhető volt. A többi nap többnyire száraz, napos volt. Kisebb felhőátvonulások és átmeneti felhőzetnövekedés, száraz zivatar volt jellemző. A mérés utolsó két napján (05.29–05.30.) dörgés és felhős idő volt jellemző, viszont csapadék nem volt.

A nektármennyiség csúcса a csapadékot követő napon (05.25.) jelentkezett, míg a vizsgálati időszak végére ellaposodott a görbe, kiegyenlítődték a nektármennyiség értékei (**9. ábra**). Ezzel ellentétesen a nektár cukortartalma másnap jelentősen csökkent az eső hatására. A következő napokban a melegedés hatására a cukorkoncentráció is emelkedett, majd a virágzás utolsó napján már alig volt mérhető, mivel már csak nektármentes (száraz), de ép virágokat tudtam gyűjteni. A vizsgálat utolsó napjaiban még tudtam egészséges virágokat gyűjteni, viszont nektárt alig. Az ebből kapott cukorérték regressziós görbéje kétcsúcsú mintázatot mutat, aminek az értékei május 26-án csökkentek, majd utána újra felfutnak (**9. ábra**).

Az időhöz kötött napi menetekben egységes mintázatot nem fedeztem fel, mivel az időjárás nagyobb hatást gyakorolt a nektár alakulására. A nektármennyiség maximuma, és ezzel ellentétesen a nektár cukortartalmának minimuma az esőt követően másnap a délelőtti órákban következett be. Ezen a napon (05.25.) volt a legnagyobb szórás a nektármennyiség-eredmények között ($SD = 2,86$), míg a cukorkoncentráció esetében 05.30-án ($SD = 2,62$). A cukorérték napon belüli legnagyobb szórása 05.25-én volt ($SD = 0,93$).

9. ábra: Az akácnektár termelődésének és a nektár cukorkoncentrációjának, illetve a cukorértéknek időbeli változása, valamint az időkép

Az akácnektár tulajdonságainak, a mennyiségének (a), cukortartalmának (b) és cukorértékének (c) időbeli menete a nappali időszakban, lokális regresszió, span = 0,5 súlyozással

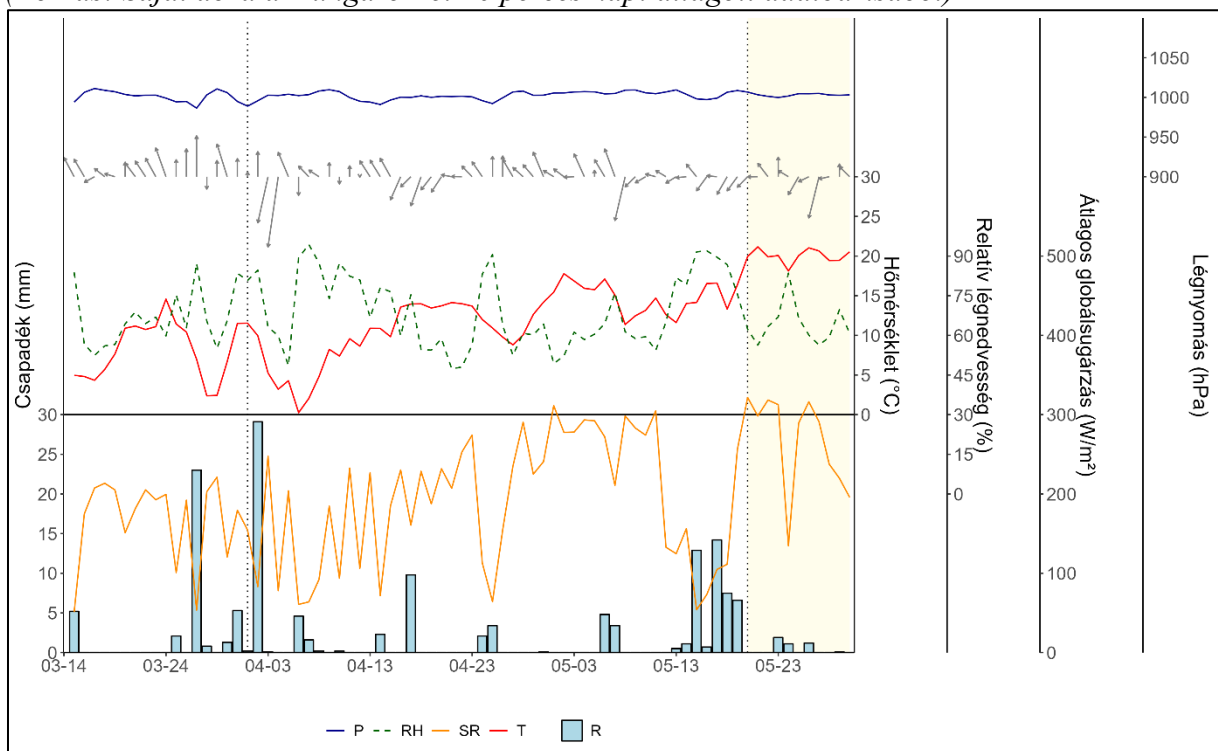


Akác rügyfakadás és virágzás kezdetének becslése a 2023-as évre, hőösszeg-becslések által

Az akác rügyfakadásának idejére vonatkozó becsléshez a virágzást megelőzően (január 1-től számítva) 23 olyan napra volt szükség (20–25 nap), amikor a napi középhőmérséklet $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál, a maximumhőmérséklet pedig $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál volt magasabb. A rügyfakadás 2023-ban 03.14-én volt, ekkor az előző feltétellel számolt hőösszeg $165\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A rügypattanást követően a virágzásig a HungaroMet adatsora alapján összesen 8 fagyos nap volt $-2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os minimummal, ebből 2 fagyos nap április 1. után adódott. A hőmérséklettel kapcsolatos virágzásbecslést április 1-től számítva, 2023-ban 32 olyan nap volt (28–33 nap), amikor a napi minimumhőmérséklet $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál volt magasabb. E feltételnek megfelelően a napi középhőmérsékletből számított hőösszeg $420\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt. A virágzást 2023.05.14-től számítottam, amikor már láttam az erdőben virágzó fákat. Ezek az eredmények jó egyezőséget mutatnak a szakirodalomban található becsléssel, a nevezetes dátumok kijelölésével. A virágzást megelőző 50 napnak a középhőmérsékletből származtatott hőösszege $540\text{ }^{\circ}\text{C}$ volt, amely elmarad a szakirodalomban megtalálható $609\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ -tól (**10. ábra**) (Vadas, 1911).

10. ábra: Az időjárás változása a rügpattanástól a virágzás végéig

A fekete szaggatott vonal a rügpattanást és a virágzás kezdetét jelöli, P = légnyomás, RH = relatív légnedvesség, SR = globálsugárzás, T = középhőmérséklet, R = csapadékösszeg (Forrás: Saját ábra a HungaroMet 10 perces napi átlagolt adatbázisából)



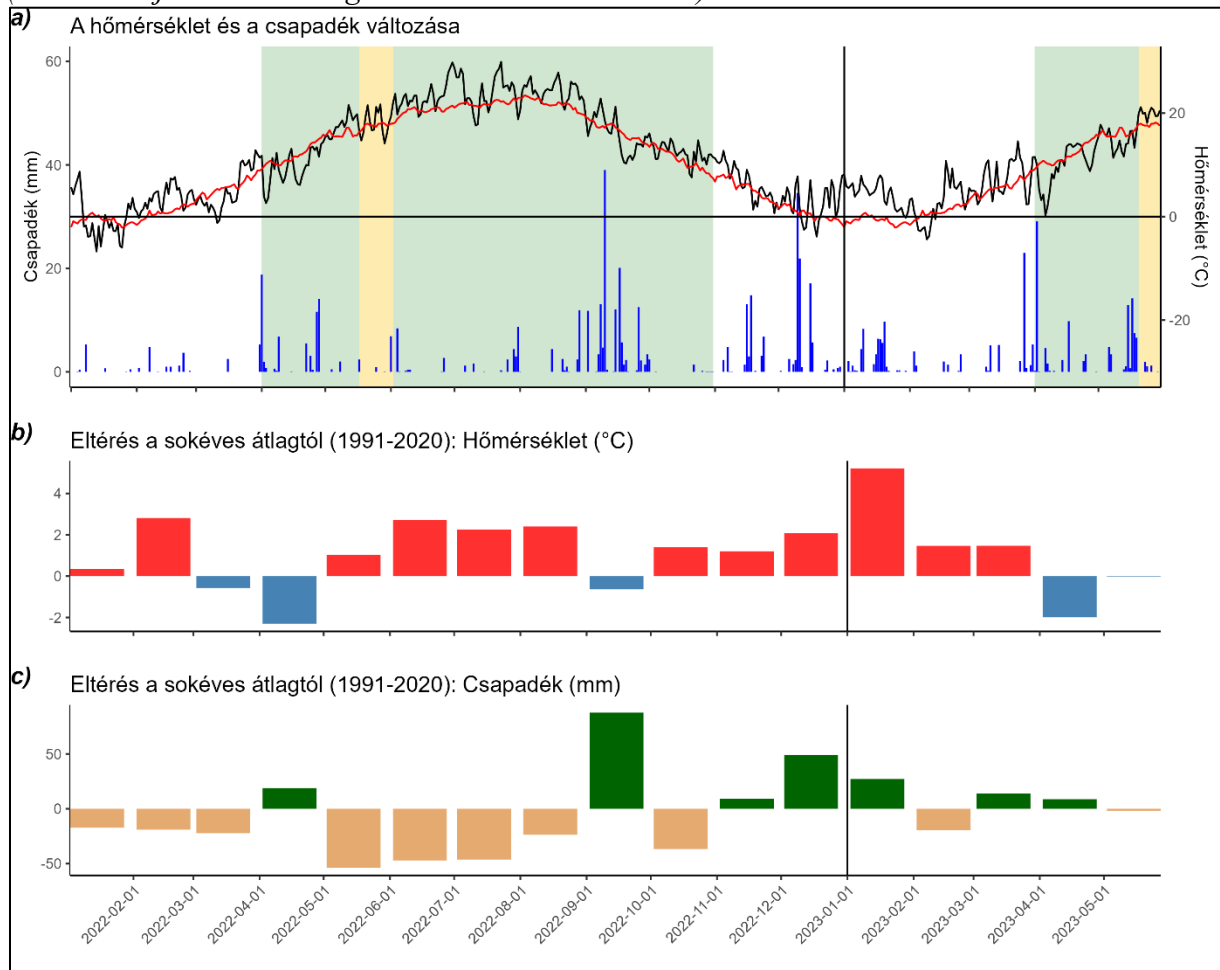
A 2023-as vizsgálati év akácvirágzását megelőző időszak klimatikus viszonyai és összehasonlításuk a sokéves átlaggal (1991-2020)

A fásszárú méhlegelő növények virágzását és nektártermelését a virágzást megelőző téli és tavaszi időszakban esett csapadékmennyiség és a hőmérséklet is jelentősen meghatározza. A mért nektártermelési adatok értékeléséhez ezért megvizsgáltam a fehér akác virágzását megelőző időszak főbb időjárási állapothatározóit, a hőmérsékletet és a csapadékmennyiséget. A 2022–2023-as évek eltérései a sokéves klímaátlagtól (1991–2020) a **11. ábrán** kerültek bemutatásra.

11. ábra: A főbb meteorológiai állapotathározók (hőmérséklet, csapadék) alakulása 2022. január és 2023. május között, eltérések a sokéves átlagtól (1991-2020)

A vegetációs időszak zöld, a virágzás sárga kitöltő színnel van megjelenítve, a) a napi középhőmérsékletet (fekete szín) az átlaggal (piros vonal) és a napi csapadékösszeggel (kék oszlopok), b) a havi átlaghőmérséklet eltérését, c) a havi csapadékösszeg eltérését ábrázolja az átlagtól

(Forrás: Saját ábra a HungaroMet elérhető adataiból)



A HungaroMet Debrecen repülőtér állomásának adatai alapján a 2022-es év átlaghőmérséklete 1,056 °C-kal volt magasabb az 1991–2020-as klímaátlagnál (11,1 °C). Három hónap kivételével (márc., ápr., szept.) az összes hónap középhőmérséklete meghaladta a sokéves átlagot (**11. ábra, b**). Ha a 2023-as év virágzásig tartó hónapjait is megvizsgáljuk (január–május), akkor különösen a 2023-as év januári középhőmérséklete volt kiugróan magas (+4,42 °C), amely +5,2 °C-kal volt magasabb a sokéves átlagnál.

Csapadék tekintetében a 2022-es év 101 mm-rel maradt el a sokéves átlagtól (542 mm). A csapadék nagyrészt az őszi-téli időszakban hullott le (**11. ábra c**). Az egy nap alatt lehullott maximális csapadékösszeg 39 mm volt 2022.09.10-én. A csapadékos napok száma 2022-ben

109 nap volt, míg átlagosan 127 nap jellemző. Emellett a hőségnapok száma csaknem kétszerese volt 2022-ben a sokévi átlagnak (50 nap \leftrightarrow 27,6 nap).

Amennyiben a 2022–23-as nyugalmi időszakot vizsgáljuk meg (okt.31–ápr.1.), összesen 60 nap volt csapadékos, amely hasonló a klímaátlaghoz. A fagyos napok száma ebben az időszakban azonban kevesebb volt a sokévi átlagnál (63 nap \leftrightarrow 85,2 nap). Míg 2023-ban az április hűvösebb volt az átlagnál, addig a január, február és a március melegebb, amely valószínűleg hatással volt az akácvirágzás kezdetére és időtartamára is (**11. ábra b**).

2023. májusban összesen 13 csapadékos nap volt (összesen 56,0 mm csapadék), amelyből 9 nap a virágzást megelőző időszakra esett (05.01–05.21 = 51,7 mm), míg a többi csapadékos nap (4 nap) a virágzás alatt fordult elő (05.22–05.30 = 4,3 mm). A virágzás kezdetét 2023-ban valószínűleg a csapadék késleltethette (**11. ábra a**).

4.3. Az időjárás és a nektárprodukciónak kapcsolata

Mintavételezés időpontjában mért meteorológiai változók

Az aktuális meteorológiai változókat a Boreas helyi meteorológiai állomás mérései alapján vizsgáltam. A korrelációknál magasabb értékeket kaptam, ha a vizsgált virágok szerint átlagoltam, viszont kevesebb adatból került kiszámításra. Ezeket az eredményeket a **3. sz. mellékletben** közlöm. A tulajdonságokat részletezve a következő megállapítások jelenthetőek ki (**5. táblázat**):

1. *Az akácnektár mennyisége:* gyenge negatív korrelációt mutat a mintavételezés órájával, tehát a napszakkal és pozitív korrelációt a relatív páratartalommal ($R = 0,429$), légnyomással ($R = 0,434$). A hőmérséklettel ugyancsak negatív korrelációt kaptam ($R = -0,328$).
2. *Az akácnektár cukortartalma:* ellentétes eredményeket mutatott a nektármennyiséggel. Gyenge pozitív korrelációt mutat a mintavételezés időpontjával ($R = 0,344$), a hőmérséklettel ($R = 0,293$), és gyenge negatív korrelációt a relatív légnedvességgel ($R = -0,293$). A légnyomás nullától való eltérése ebben az esetben alacsonyabb volt, mint a nektármennyég esetében.
3. *Az akácnektár cukorértéke:* már magában foglalja a nektár mennyiségét és a cukortartalmát is. Így az megfigyelhető, hogy a mintavételezés időpontjának a hatása már nem olyan számottevő az előző két paraméterhez képest, de a légnyomás ($R = 0,371$) és a

légnedvesség ($R = 0,248$) gyenge pozitív korrelációt mutat a cukorértékkel, míg az aktuális hőmérséklet gyenge negatív korrelációt ($R = -0,17$).

5. táblázat: Korrelációk az aktuális meteorológiai változókkal

<i>Meteorológia</i>	<i>Mérés órája</i>	<i>Légnedvesség</i>	<i>Légnyomás</i>	<i>Hőmérséklet</i>
<i>Nektár</i>				
<i>Mennyiség</i>	$R = -0,22$	$R = 0,43$	$R = 0,43$	$R = -0,33$
<i>Cukortartalom</i>	$R = 0,34$	$R = -0,29$	$R = -0,11$	$R = 0,29$
<i>Cukorérték</i>	$R = -0,05$	$R = 0,25$	$R = 0,37$	$R = -0,17$

24 órás meteorológiai indexek és átlagok

A meteorológiai állapotatórozók és a nektártulajdonságok kapcsolatának elemzését a vizsgálatokat megelőző 24 órára összegezve, átlagolva is elvégeztem a HungaroMet meteorológiai állomás méréseinek bevonásával (**12. ábra**). Ebben az esetben is megfigyelhető volt, hogy az átlagolással a korrelációk növekedtek. A törzsszövegben az összes változóra, átlagolás nélkül készítettem el a számításokat, míg a **4. számú mellékletben** feltüntetett ábrákon már az átlagolás után végeztem el a korrelációt.

1. *Az akácnektár mennyisége:* A 24 órás csapadékmennyiség és az átlagos relatív légnedvesség közepes pozitív korrelációt ($R = 0,52$), míg a sugárzás átlaga és maximuma negatív kapcsolatot mutatott ($R = -0,351$; $R = -0,282$). Az átlagos és a maximumhőmérséklettel közepes negatív ($R = -0,431$; $R = -0,475$), míg a minimumhőmérséklettel gyenge pozitív kapcsolatban állt ($R = 0,213$).

2. *Az akácnektár cukortartalma:* Hasonlóan a mintavétel időpontjában mért értékekhez, sok esetben ellenkezően alakult a nektármennyiséghez képest. A 24 órás csapadékösszeg és az átlagos relatív légnedvesség negatív ($R = -0,274$; $R = -0,276$), míg a többi változó, mint a maximumhőmérséklet ($R = 0,317$), átlagos szélesség ($R = 0,286$), maximális szélökés ($R = 0,226$), 10 cm-es ($R = 0,258$) és az 5 cm-es ($R = 0,260$) talajhőmérséklet, átlagos légnyomás ($R = 0,146$) pozitív kapcsolatot mutatott.

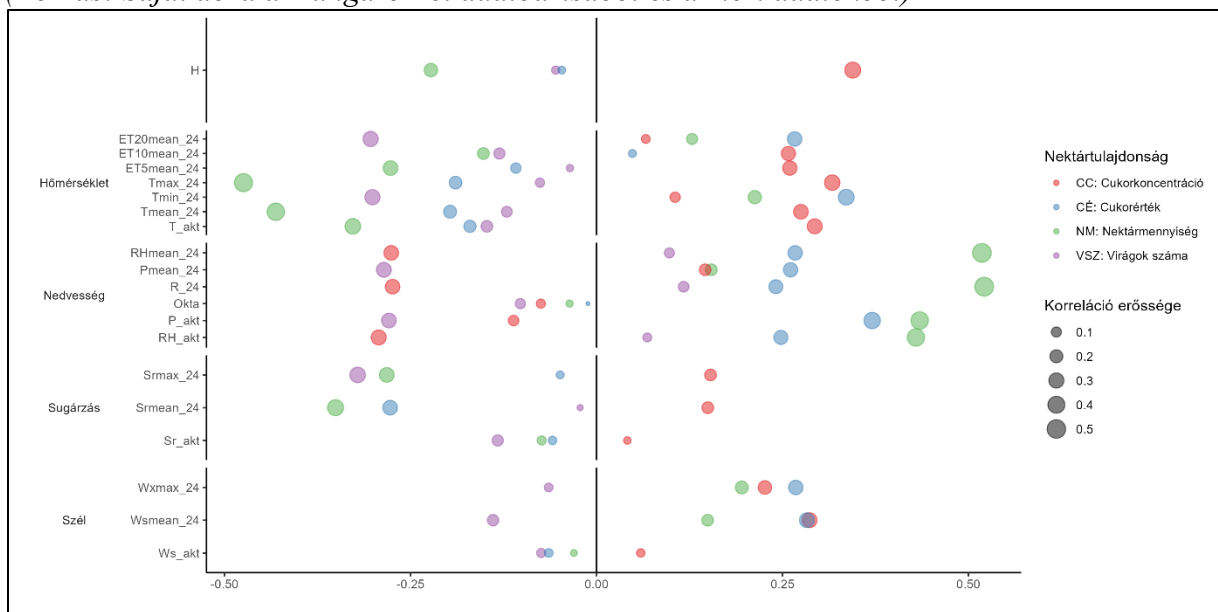
3. *Az akácnektár cukorértéke:* Pozitív korrelációban állt a 24 órás csapadékmennyiséggel ($R = 0,241$), a 20 cm-es átlagos talajhőmérséklettel ($R = 0,266$), az átlagos relatív légnedvességgel és légnyomással ($R = 0,267$; $R = 0,241$), de negatív kapcsolatot mutatott a

maximum- és az átlaghőmérséklettel ($R = -0,190$; $R = -0,197$), továbbá az átlagos globálsugárzással ($R = -0,277$).

12. ábra: Korrelációk az akácvirágok száma, az akácnektár tulajdonságmérői és a meteorológiai változók között

24 órás átlagok és az aktuális, mintavétel időpontjában mért változók (akt.), H = mintavételezés órája, $ET_{20,10,5}$ = 20, 10, 5 cm-es talajhőmérséklet, T_{max} = maximumhőmérséklet, T_{min} = minimumhőmérséklet, T_{mean} = átlaghőmérséklet, T = hőmérséklet, RH = relatív légnedvesség, P = légnyomás, $Okta$ = felhőborítottság oktában, P = légnyomás, Sr_{max} = maximum globálsugárzás, Sr_{mean} = átlagos globálsugárzás, Wx_{max} = maximális szélökés, Ws_{mean} = átlagos szélesség

(Forrás: Saját ábra a HungaroMet adatbázisából és a mért adatokból)



Az optimálisabb időeltolás vizsgálatára korrelációs számítást végeztem 1 órától 24 óráig terjedő eltolással, és megkerestem, hogy mely átlagolási időtartam a legkedvezőbb a nektártermelés összefüggéseinek vizsgálatára. A korrelációk eltolásánál változatos eredményekre jutottam. A nektármennyiség esetében a legnagyobb pozitív korrelációt a 24 órás eltolással kaptam meg az átlagos relatív légnedvesség esetében, míg a legnagyobb negatív korreláció a 18 órás eltolással a maximumhőmérsékletnél jelentkezett. A cukorérték esetében a légnyomás 1 órás eltolásával $R = 0,373$ korrelációt, míg az elmúlt 20 óra maximális globálsugárzásával $R = -0,301$ korrelációt kaptam. A cukorkoncentráció az elmúlt 14 óra átlagos hőmérsékletével állt a legerősebb pozitív kapcsolatban, míg a legerősebb negatív kapcsolatot az elmúlt 13 óra átlagos relatív légnedvességével mutatta.

Az időjárási változók szerepét a nektártermelésben többváltozós lineáris regresszióval is megvizsgáltam, amelynek eredménye a következő. A nektármennyiség modellezésében szignifikáns szerepe volt az aktuális hőmérsékletnek, légnyomásnak, globálsugárzásnak, a felhőborítottságnak, valamint a 24 órás átlagoknak, mint a hőmérséklet, légnyomás, globálsugárzás, relatív légnedvesség, 5, 10, 20 cm-es talajhőmérséklet átlagának, valamint az elmúlt 24 óra maximális szélökésének. A reziduálisok standard hibája $RSE = 0,7$, míg az $R^2 = 0,49$ volt, így az időjárási változók közel 50%-ban magyarázzák a nektármennyiség termelődésének változékonyságát. A cukorkoncentrációban meghatározó változók az aktuális hőmérséklet, légnedvesség, felhőborítottság, mintavételezés órája, légnyomás, a 24 órás csapadékösszeg, valamint a 24 órás átlagok, mint a hőmérséklet, globálsugárzás, szélsébség, légnedvesség, 5, 10, 20 cm-es talajhőmérséklet, 24 órás minimum- és maximumhőmérséklet, valamint az elmúlt 24 óra maximális szélökése. A modell reziduálisoknak a standard hibája (RSE) $0,73$, míg az $R^2 = 0,46$ volt. A cukorérték esetében a koncentrációhoz képest nem volt jelentősége az aktuális légnedvességnek, felhőborítottságnak, a mintavételezés órájának és a 24 órás átlagos szélsébségnek, de szerepet játszott az aktuális globálsugárzás, a 24 órás átlagos globálsugárzás és légnyomás. Az RSE ebben az esetben $0,8$ -nak adódott, míg az R^2 $0,37$ -re csökkent.

4.4. Az időjárás és a nektártermelés hatása a gyűjtésre

Az eredményeket az **6. táblázatban** részletezem, ahol feltüntettem a szűrés előtti (össztömeg) és a szűrés utáni értékeket (relatív változás). A kumulatív változókat a szűrt, relatív kaptártömeg-változásból állítottam elő. Az elemzéshez időben összegeztem a kaptármérleg 10 perces adatsorát, és órás kaptártömeg-növekményt számítottam. A 12-es kaptár átlagban $53,78$ kg volt, amely átlagosan $0,08$ kg-ot változott óránként. 1 óra alatt maximálisan 1 kg tömeggyarapodás és $-1,2$ kg csökkenés volt jellemző. A 18-as kaptár átlagban $13,3$ kg volt, amely annak is köszönhető, hogy a fészektér tárázásra került, viszont az elemzéshez ezt az adatot nem használtam fel, kizárólag a növekményeket. Átlagosan 10 perc alatt $0,02$ kg, maximálisan pozitív irányban $+0,18$ kg, negatív irányban $-0,12$ kg tömegváltozás történt.

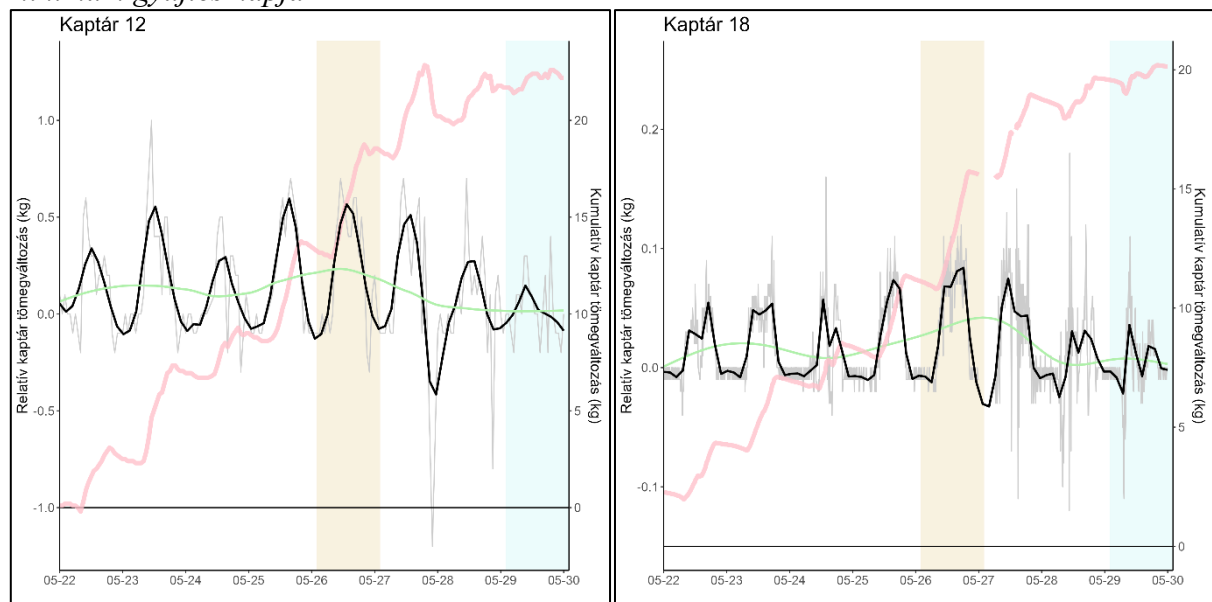
6. táblázat: A kaptármérlegek adatainak leíró statisztikája

Átl = átlag, Med = medián, Sd = szórás, Min = minimum, Max = maximum, Össz. = Össztömeg

	Átl.	Med.	Sd.	Min	Max	Össz.
Össztömeg (12-es kaptár) Kg	53,78	52,3	9,38	39,80	67,2	–
Relatív változás (12-es kaptár) Kg/óra	0,08	0,03	0,288	-1,2	1	22,85
Össztömeg (18-as kaptár) Kg	13,3	8,56	10,1	0	38,67	–
Relatív változás (18-as kaptár) Kg/10 perc	0,016	0	0,04	-0,12	0,18	20,2

13. ábra: A kaptártömeg változása a nektárgyűjtés időszakában

Fekete vonal = relatív tömegváltozás, rózsaszín vonal = kumulatív tömegváltozás, vastag fekete vonal = polinomiális regresszió; span = 0,1 és 0,05, vékony zöld vonal = polinomiális regresszió; span = 0,5, krém színű terület = maximum gyűjtés napja, kék színű terület = minimum gyűjtés napja



A nektárgyűjtés időszakában a 12-es kaptárban a maximum kumulatív tömegváltozás 22,85 kg volt, amely tömeg magában foglalja a méhpopuláció gyarodását és a nektár gyűjtését (13. ábra rózsaszín vonal, 6. táblázat). A 18-as kaptárnál ez 20,2 kg-ot tett ki. A legnagyobb napi tömeggyarapodás a 12-es és a 18-as kaptár esetében rendre 5,2 kg és 4,47 kg volt, amely 05.26-án következett be (13. ábra, krém színű terület). Átlagosan egy nap a méhek 2,47 és 1,98 kg-ot gyűjtöttek, míg a minimum 2,4 kg és 0,5 kg volt. Legkevesebbet a virágzási időszak végén gyűjtöttek a méhek, mindkét kaptár esetében 05.30-án (13. ábra kék színű terület). A 13. ábrán látható, hogy a kaptártömegadatok mind napi (vastag fekete vonal), mind

heti (vékony zöld vonal) menettel rendelkeznek. A csapadék hatása a méhek nektárgyűjtésében már aznap (05.24) jelentkezett a relatív kaptártömegváltozás csökkenésében. Május 26-a volt az a nap, amikor a legtöbbet tudtak gyűjteni a méhek, amely időpont nem esik egybe a nektártermelés maximumával, viszont a méhek több kilométeres körzetben gyűjtöttek, így nem kizárólag a mintavételezett virágok nektártermelése adódott hozzá a gyűjtéshez. Ezen a napon a globálsugárzás és a hőmérséklet is magasabb volt, mint a termelt nektármennyiség maximum napján.

A korrelációkat a 12-es és a 18-as kaptár esetében is kiszámítottam az óras meteorológiai változók átlagával, minimumával és maximumával (HungaroMet adatsor), és a következő kapcsolatokat találtam. A 18-as kaptár esetében a relatív tömegváltozásokat összegeztem az adott órára. A 12-es kaptár esetében a tömegváltozás és az átlagos relatív páratartalom között negatív viszony van ($R = -0,42$), míg az átlagos globálsugárzás és az óras maximális globálsugárzás ($R = 0,57$), valamint az átlag-, maximum- és minimumhőmérséklet pozitív kapcsolatot mutat ($R = 0,53$; $R = 0,54$; $R = 0,52$). A 18-as kaptár esetében is hasonló irányú, de kissé erősebb kapcsolatokat találtam. Negatív korrelációban állt az átlagos relatív légnedvességgel ($R = -0,58$) és pozitív kapcsolatban az átlagos globálsugárzással ($R=0,52$), óras maximális globálsugárzással ($R= 0,53$), a maximum-, minimum- és átlaghőmérséklettel ($R = 0,69$), valamint a maximális széllelkéssel ($R = 0,31$).

A következő esetben a HungaroMet aktuális adatsorát illesztettem a kaptártömeg változásához óras (12-es kaptár) és 10 perces (18-as kaptár) mintavételezéssel, majd többváltozós lineáris függvénnyel becsültem a tömeget. A 12-es kaptárnál szignifikáns változók voltak az aktuális hőmérséklet, globálsugárzás, a szélirány, maximális széllelkés, 50 cm-es talajhőmérséklet a HungaroMet állomás adataiból. Emellett szignifikáns eredményt adott a nektármennyiség, a cukorkoncentráció és a cukorérték és. A további változók a mintavétel időszakában helyben mért meteorológiai állapotthatározók, mint a léghőmérséklet, légnedvesség, globálsugárzás, felhőborítottság és a mérés órája. A modell standard hibája $RSE = 0,33$ és a $R^2 = 0,85$ volt. A 18-as kaptár esetében további változó adott szignifikáns eredményt, mint az időpont, 10 perces maximumhőmérséklet, relatív légnedvesség, légnyomás, globálsugárzás, szélesebesség, szélirány, maximális széllelkés és az iránya, az 5, 10, 20, 50 cm-es talajhőmérséklet, nektármennyiség, cukorérték, valamint hasonlóan a mintavételezés időpontjában helyben mért meteorológiai változók. A standard hiba ebben az esetben $RSE = 0,32$, míg az $R^2 = 0,9$ volt.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az alkalmazott nektármérési módszer alkalmasnak bizonyult a napok közötti különbségek, illetve a meteorológiai változók hatásának vizsgálatára. Az akác virágzása alatt megfigyelt mutatók, mint a virágszám, virágzás időtartama, nektármennyiség, a nektár cukortartalma és a cukorérték a szakirodalomtól nem, vagy csak kis mértékben tértek el. A fák nektártermelése és a virágfürtök virágszáma közötti különbségek az adatok átlagolása után csökkentek, amelyet főként a mintavételezés időpontja, valamint darabszáma is befolyásolt.

A mintavételezés időpontjában mért aktuális időjárási állapotjelzők kapcsolata a nektár tulajdonságainak mutatóival alacsony korrelációkat eredményezett, különösen a napsugárzás intenzitásának, szélesebbségnek, széliránynak és a borultságnak volt elenyésző a hatása. A szél hatása a 24 órás átlagos szélesebbség és a maximális szélökés révén mindig pozitív korrelációt mutatott a nektártulajdonság-mutatókkal. Ez a frontátvonulásokkal kapcsolatos szélgyorsítással is kapcsolatban állhat. Ezzel szemben a nagyobb besugárzás negatív kapcsolatban állt a nektármennyiséggel és a cukorértékkel, de pozitívan hatott a cukorszázalékra a szárító hatás miatt. A csapadékmennyiség hatása a feltételezéseket igazolva magasabb pozitív korrelációt mutatott a nektármennyiséggel és negatív a cukorszázalékkal (a hígulás miatt). Az átlaghőmérséklet és a maximumhőmérséklet emelkedése negatívan befolyásolta a nektármennyiséget és cukorértéket, de pozitívan a cukorszázalékot. Amíg a minimumhőmérséklet a cukorszázalékra és a nektármennyiségre pozitívan hatott, addig a cukorértékre negatívan. A csapadék hatása nem közvetlenül, hanem egy nappal később jelentkezett a cukorszázalék csökkenésében és a nektármennyiség növekedésében. A csapadék hatására a virágzási időszak is rövidült, mivel másnap erős fonnyadásnak indultak a kinyílt virágok. A korreláció erősödött az átlagolással, viszont változatos eredményeket mutatott az átlagolás időbeli eltolásával.

A Debrecen Nagycserén telepített két meteorológiai állomás mérései a HungaroMet repülőtéri állomásához viszonyítva kevés hibát mutattak. A két helyszín közötti különbségek az idősorok vizsgálata alapján inkább a mikroklímából adódtak, mint a műszerek hibájából. A mikroklimatikus különbségek a hidegfront érkezésekor a vártnak megfelelően csökkentek. Nagyobb, jelentős különbség a hőmérséklet napi ingásában volt, így a minimum- és a maximumhőmérséklet abszolútértékben magasabb volt a reptérhez viszonyítva.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Szaktervezésemben egy debreceni akácosban végeztem nektártermelésre vonatkozó méréseket 2023-ban egy közeli, saját méhészet termelési adatainak bevonásával. Céloom az időjárás nektártermelésre gyakorolt hatásának vizsgálata volt, összehasonlítva a szakirodalomban megtalálható eredményekkel. 804 pillangósvirágot gyűjtöttem össze hét fáról, nyolc nap alatt, megszámlálva az egy-egy fűrtön lévő virágok számát, valamint a 24 órára izolált virágokból a nektártömeget, a nektár cukorkoncentrációját, és kiszámítottam a cukorértéket. Eredményeim alapján a nektármennyiség 0,0–13,2 mg/virág között ingadozott, amely nem különbözött a szakirodalomban található értékektől. A cukorkoncentráció méréseim alapján átlagosan $43,0 \pm 17,8\%$ közötti értéket mutatott, amely hasonló Kim et al. (2023) vizsgálatában kapott eredményekhez, viszont azoknál jelentősebb szórással ($44,8 \pm 6,1\%$). A cukorérték átlaga $1 \pm 0,8$ mg cukor/virág volt, amely nem tér el Halmágyi és Keresztesi (1975) méréseitől $0,26$ – $1,89$ mg cukor/virág. Megfigyeltem, hogy a nektármennyiség szórása a csapadékos napot követően emelkedett, míg a cukorkoncentráció szórása a mérési időszak végén volt magasabb. A meteorológiai méréseket helyben telepített állomás szolgáltatta, két gyártótól beszerzett műszer által. A validációhoz a HungaroMet Debrecen repülőtér adatsorát használtam fel, amelynek adatai nem sokban különböztek a Nagycserén telepített állomásokétól (órás átlaghőmérséklet különbsége = $-5,18$ °C és $+3,57$ °C). A meteorológiai állomások közötti különbségek a mikroklimából adódtak, így hosszabb idősorok bevonásával dolgoztam. Kiszámítottam, vizsgáltam a fellelhető hőösszegek egyezőségét, eredményeit, valamint összehasonlítottam az aktuális és a megelőző év méréseit az előző évek klimatikus átlagával. Feljegyeztem a szinoptikus helyzetet, és azt találtam, hogy a csapadék valószínűleg rövidíthette és késleltethette a virágzást. A legmagasabb korrelációt a 24 órás relatív légnedvesség átlagával és a csapadékösszeggel kaptam ($R = 0,58$). A kapcsolatokat többváltozós lineáris regresszióval és időben eltoltsági korrelációval is elvégeztem. A mézelő méhek nektárgyűjtését digitális kaptármérlegekkel óránként mértem két Tamási típusú rakodókaptár kiválasztásával. Az eredmények azt mutatták, hogy a méhek egy nap alatt a legtöbb nektárt a nektártömeg maximumát követő napon gyűjtötték. Eredményeim alapján megállapítottam, hogy a figyelembe vett meteorológiai változók jelentős hatással vannak az akácvirágok nektártermelésére és a méhek aktivitására. A nektármérések, valamint a sűrű időbeli felbontású kaptármérlegek alkalmazása segíthet a méhészetek hozambecsléseinek pontosabb meghatározásában, valamint agrometeorológiai modellek megalkotásában.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- 1) Bolten, A.B., Feinsinger, P., Baker, H.G., and Baker, I., 1979: On the calculation of sugar concentration in flower nectar. *Oecologia*, 41, 301–304. doi:10.1007/BF00377434
- 2) Brown, A.O., and McNeil, J.N., 2009: Pollination ecology of the high latitude, dioecious cloudberry (*Rubus chamaemorus*; Rosaceae). *American Journal of Botany*, 96, 1096–1107. doi:10.3732/ajb.0800102
- 3) Brus, D.J., Hengeveld, G.M., Walvoort, D.J.J., Goedhart, P.W., Heidema, A.H., Nabuurs, G.J., and Gunia, K., 2012: Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 131, 145–157. doi:10.1007/s10342-011-0513-5
- 4) Couvillon, M.J., Riddell Pearce, F.C., Accleton, C., Fensome, K.A., Quah, S.K.L., Taylor, E.L., and Ratnieks, F.L.W., 2015: Honey bee foraging distance depends on month and forage type. *Apidologie*, 46, 61–70. doi:10.1007/s13592-014-0302-5
- 5) Cruden, R.W., and Hermann, S.M., 1984: *Studying nectar? Some observations on the art*. Columbia University Press, New York, USA, 223–241 p.
- 6) Csiha I., Rédei K., Keserű Z., Rásó J., and Kamandiné Végh Á., 2014: Akác virágzásbiológiai vizsgálatok Alföldi erdőgazdaságoknál, In: XXII. Kutatói nap. Tudományos eredmények a gyakorlatban, Alföldi Erdőkért Egyesület, Lakitelek, 19–25.
- 7) Farkas, A., and Zajácz, E., 2007: Nectar Production for the Hungarian Honey Industry. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 125–151.
- 8) Feketéné Ferenczi A., Szűcs I., and Vida V., 2021: A hazai méhészeti ágazat helyzetének elemzése (termelés, kereskedelem). *The Hungarian Journal of Nutrition Marketing*, 8, 21–34. doi:https://doi.org/10.20494/TM/8/2/2
- 9) Fritsch, O., 2012: *Erdei méhlegelő, kézikönyv gyakorló méhészek számára, Akác*, 2. ed. Magánkiadás, Magyarország.
- 10) Halmágyi, L., and Keresztesi, B., 1975: *A méhlegelő*, . ed. Akadémiai Kiadó, Budapest, 309 p.
- 11) Halmágyi, L., and Keresztesi, B., 1991: *A méhlegelő*, II. ed. Akadémiai Kiadó, Budapest, 309 p.
- 12) Hambleton, J.I., 1925: The Effect of Weather Upon the Change in Weight of a Colony of Bees During the Honey Flow. U.S. Department of Agriculture, 60 p.
- 13) Hu, Z., Chen, X., Zhou, Q., Chen, D., and Li, J., 2019: DISO: A rethink of Taylor diagram. *International Journal of Climatology*, 39, 2825–2832. doi:10.1002/joc.5972
- 14) IPCC, 2022: Chapter 2: Terrestrial and Freshwater Ecosystems and their Services, In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, V., Okem, A., and Rama, B.). Cambridge University Press. In Press.
- 15) Irizarry, R.A., and Love, M.I., 2015: *Data Analysis for the Life Sciences*. Leanpub.
- 16) Irizarry, R.A., 2019: *Introduction to Data Science: Data Analysis and Prediction Algorithms with R*. Chapman and Hall/CRC, New York, 743 p. doi:10.1201/9780429341830
- 17) Jánosi, I.M., Bíró, T., Lakatos, B.O., Gallas, J.A.C., and Szöllosi-Nagy, A., 2023: Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate*, 11, 118. doi:10.3390/cli11060118
- 18) Karp, K., Mänd, M., Starast, M., and Paal, T., 2004: Nectar production of *Rubus arcticus*. *Agronomy Research*, 2, 57–61. doi:10.5555/20043098084
- 19) Keresztesi, B., 1965: *Akáctermesztés Magyarországon*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Magyarország.

- 20) Keresztesi B., 1984: *Az akác*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.
- 21) Kim, Y.K., Kim, M.S., Nam, J.I., Song, J.H., and Kim, S.H., 2023: Analysis on floral nectar characteristics among the selected black locust (*Robinia* spp.) individuals. *Journal of Apicultural Research*, 62, 923–931. doi:10.1080/00218839.2021.1891743
- 22) Konarska, A., 2020: Microstructure of floral nectaries in *Robinia viscosa* var. *hartwigii* (Papilionoideae, Fabaceae)—a valuable but little-known melliferous plant. *Protoplasma*, 257, 421–437. doi:10.1007/s00709-019-01453-4
- 23) Kurucz, B., Szalay, L., and Tóth, Á., 2001: *A méhlegelő és a megporzás*. Szent István Egyetem Gazdaság és Társadalomtudományi Kar Közép-Magyarországi Regionális Távoktatási Központ, Gödöllő.
- 24) Kurucz, B., Szalay, L., and Tóth, Á., 2009: *A méhlegelő és a megporzás*. Szent István Egyetem, Felnőttképzési Központ, Közép-Magyarországi Regionális Távoktatási Központ, Gödöllő.
- 25) Lakatos, M., Bihari, Z., Izsák, B., and Szentes, O., 2021: Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas*, 2, 164–171. doi:10.1556/112.2021.00037
- 26) Lundie, A.E., 1925: The Flight Activities of the Honeybee. United States Department of Agriculture, 66 p.
- 27) Mace, H., 1912: The Influence of Weather on Bees. *Nature*, 89, 62–65. doi:10.1038/089062c0
- 28) Márton, Á., 2011: *Méhészet (in Hungarian)*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 84 p.
- 29) Mezőné Oravecz T.É., 2020: A hazai mézpiac fogyasztói és szervezeti sajátosságainak marketing szemléletű összefüggései. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- 30) Mihály B., and Botta-Dukát Z. (Eds.), 2004: *Özönnövények II.: biológiai inváziók Magyarországon*, A KvVM Természetvédelmi Hivatalának tanulmánykötetei. Természetbúvár Alapítvány, Budapest, 412 p., 37–67 p.
- 31) Nicolescu, V.-N., Rédei, K., Mason, W.L., Vor, T., Pöetzelsberger, E., Bastien, J.-C., Brus, R., Benčat, T., Dodan, M., Cvjetkovic, B., Andrašev, S., La Porta, N., Lavnyy, V., Mandžukovski, D., Petkova, K., Roženberger, D., Waśsik, R., Mohren, G.M.J., Monteverdi, M.C., Musch, B., Klisz, M., Perić, S., Keça, L., Bartlett, D., Hernea, C., and Pástor, M., 2020: Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a non-native species integrated into European forests. *Journal of Forestry Research*, 31, 1081–1101. doi:10.1007/s11676-020-01116-8
- 32) Nyárády, A., 1958: *A méhlegelő és növényei*. Bukarest.
- 33) OMME, 2022: *Magyar Méhészeti Nemzeti Program, Környezetterhelési Monitoringvizsgálat 2021-2022*. OMME, Országos Magyar Méhészeti Egyesület 1094 Budapest, Viola u. 50.
- 34) Paszternákné Marton, A., and Szolnoki-Tótván Bernadett, 2023: 2023 tavaszának időjárása. *Léggör*, 68, 168–173.
- 35) Peabody, F.J., 1982: A 350-Year-Old American Legume in Paris. *Castanea*, 47, 99–104.
- 36) Pierre, J., Guen, J.L., Delègue, M.H.P., Mesquida, J., Marilleau, R., and Morin, G., 1996: Comparative study of nectar secretion and attractivity to bees of two lines of spring-type faba bean (*Vicia faba* L var *equina* Steudel). *Apidologie*, 27, 65–75. doi:10.1051/apido:19960201
- 37) Pyšek, P., Lambdon, P.W., Arianoutsou, M., Kühn, I., Pino, J., and Winter, M., 2009: Alien Vascular Plants of Europe, In: Handbook of Alien Species in Europe, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology. Springer Netherlands, Dordrecht, 43–61. doi:10.1007/978-1-4020-8280-1_4

- 38) Pătruică, S., Dezmirean, D.S., Bura, M., Jurcoane, R., and Sporea, A., 2017: Monitoring of Bee Colonies' Activity During the Major Gatherings in 2017. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 74. doi:10.15835/buasvmcn-asb: 0001
- 39) Shenoy, M., Raju, P.V.S., and Prasad, J., 2021: Optimization of physical schemes in WRF model on cyclone simulations over Bay of Bengal using one-way ANOVA and Tukey's test. *Scientific Reports*, 11, 24412. doi:10.1038/s41598-021-02723-z
- 40) Simon, C., Kis, A., and Torma, C.Z., 2023: Temperature characteristics over the Carpathian Basin-projected changes of climate indices at regional and local scale based on bias-adjusted CORDEX simulations. *International Journal of Climatology*, 43, 3552–3569. doi:10.1002/joc.8045
- 41) Sitzia, T., Cierjacks, A., de Rigo, D., and Caudullo, G., 2016: Robinia pseudoacacia in Europe: distribution, habitat, usage and threats, In: European Atlas of Forest Tree Species. Publications office of the European Union, Luxembourg.
- 42) Steffan-Dewenter, I., and Kuhn, A., 2003: Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270, 569–575. doi:10.1098/rspb.2002.2292
- 43) Symes, C.T., and Nicolson, S.W., 2008: Production of copious dilute nectar in the bird-pollinated African succulent *Aloe marlothii* (Asphodelaceae). *South African Journal of Botany*, 74, 598–605. doi:10.1016/j.sajb.2008.02.008
- 44) Torma, C.Z., Kis, A., and Pongrácz, R., 2020: Evaluation of EURO-CORDEX and Med-CORDEX precipitation simulations for the Carpathian Region: Bias corrected data and projected changes. *Időjárás*, 124, 1–144. doi:DOI:10.28974/idojaras.2020.1.2
- 45) Tukey, J.W., 1949: Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, 5, 99–114. doi:10.2307/3001913
- 46) Vadas J., 1911: *Az ákácfa monográfiája, különös tekintettel erdőgazdasági jelentőségére*. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 270 p.
- 47) Vincze, C., 2021: Az időjárás hatása a méhek méztermelésére. Diplomadolgozat. Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- 48) Vincze C., Leelőssy Á., and Mészáros R., 2022: A háziméhek gyűjtésének mérési és modellezési lehetőségei, az időjárás hatása a kaptártömegre, In: Egyetemi meteorológiai füzetek, Aktuális meteorológiai kutatások: Az éghajlatváltozás és hatásainak vizsgálata, levegőtisztasági elemzések. ELTE Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A., Budapest, Magyarország, 95–103.
- 49) Vincze C., Leelőssy Á., and Mészáros R., 2023: A légköri állapotváltozók és a változó éghajlat hatása a háziméhekre. *Léggör*, 68, 118–180. doi:10.56474/legkor.2023.3.4
- 50) Vítková, M., Müllerová, J., Sádlo, J., Pergl, J., and Pyšek, P., 2017: Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: A story of an invasive tree in Central Europe. *Forest Ecology and Management*, 384, 287–302. doi:10.1016/j.foreco.2016.10.057
- 51) Walkovszky, A., 1998: Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 41, 155–160. doi:10.1007/s004840050069

Internetes hivatkozások

http1 – <http://www.omme.hu/>

http2 – <http://alapterkep.termeszetem.hu/>

http3 – https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0058.html

http4 – <https://www.met.hu/>

http5 – https://agriculture.ec.europa.eu/farming/animal-products/honey/national-apiculture-programmes_en

http6 – https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0034.html

http7 – <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/HUN/year/2021/tradeflow/Exports/partner/ALL/product/0>

http8 – https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/1788fa09-dfb0-4131-87e1-58174ff7d78b_hu?filename=nap-hu_hu.pdf&prefLang=en

http9 – <https://nyirerdo.hu>

http10 – <https://cran.r-project.org/web/packages/osmdata/vignettes/osmdata.html>

http11 – <https://www.openstreetmap.org>

http12 – <https://www.atago.net/en/products-master-top.php>

http13 – <http://www.boreas.hu/>

http14 – <https://www.airqino.it/en/>

http15 – https://www.weather.gov/media/wrh/mesowest/metar_decode_key.pdf

http16 – <https://odp.met.hu/>

http17 – https://met.hu/idojaras/aktualis_idojaras/napijelentes/

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni mindazoknak, akik kutatásom anyagának összegyűjtésében, az adatok feldolgozásában és a munkám elvégzése során segítségemre voltak.

Köszönettel tartozok témavezetőmnek Dr. Zajácz Editnek és konzulensemnek Dr. Leelőssy Ádámnak, akik időt és energiát nem kímélve segítettek tudományos előrehaladásomat, és támogatást adtak a dolgozat és a mérések elkészítéséhez. Köszönöm Dr. Sárospataki Miklósnak dolgozatom alapos átnézését.

Köszönöm a Nyereg utcai varróklubnak, hogy a mérést megelőző éjszaka segítettek a védőzsákok elkészítésében. Köszönöm Dr. Szalai Istvánnak, az ELTE Analitikai Kémiai Tanszék egyetemi tanárának, hogy rendelkezésemre bocsájtotta analitikai mérlegét. Köszönöm vőlegényemnek, Ilyés Barnabásnak, hogy segített a mérésekben, a meteorológiai állomás felállításában és lelki támogatást nyújtott a dolgozat elkészítésében. Továbbá szeretném megköszönni az ELTE Meteorológiai Tanszékének és Dr. habil Mészáros Róbertnek a meteorológiai és méhészeti műszereket, amelyek nélkül nem jöhetett volna létre a mérés. Szeretném megköszönni családomnak, hogy támogatást adtak, valamint minden erejükkel segítettek munkámat.

A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2021 számú projekt keretében valósult meg.

9. MELLÉKLETEK

Ábra és táblázatfüggelék

1. melléklet: Az akácfa méhészeti jelentősége, virágzásának különbségei

Az 1. *R. p. vulgaris* a kontroll fajta a vizsgálatban, a legrövidebb ideig virágzó és a leghamarabb kezdődő virágzó fajta = szürke színezés, a leghosszabb ideig és legkésőbb kezdődő virágzó alanyok = világos sárga színezés, glanduláris szövet = (+ = 6–9; ++ = 9–11; +++ = 11–16 sejtsor vastagságú)

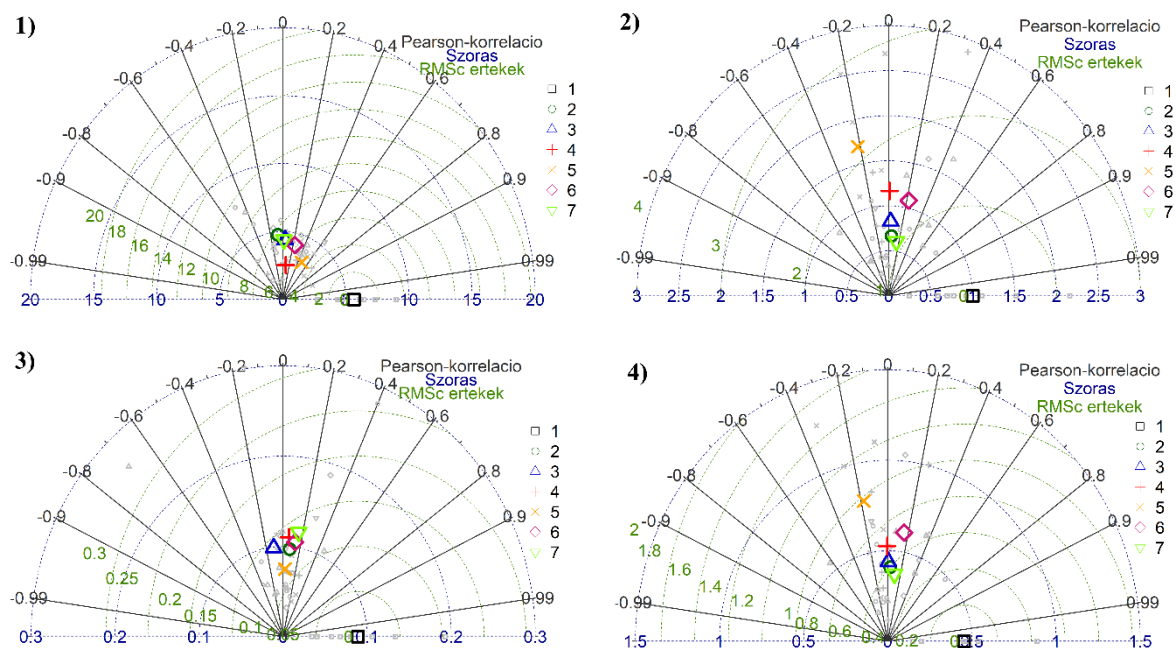
(Forrás: Halmágyi és Keresztesi (1975) nyomán, a 31., 34., 35., 38. táblázat alapján)

	A fajta neve és elnevezése	⊗	Virágzás hossza			Virágzás kezdete			Glanduláris szövet	Illó Olaj
			1970	1972	1973	1970	1972	1973		
1	<i>R. p. vulgaris</i>		14	12	12	VI. 2	V. 22	V. 20	++	+
2	<i>R. p. 'rectissima'</i> – árbóc akác		12	12	10	VI. 5	V. 22	V. 21	++	+
3	<i>R. p. 'zalai'</i>		18	15	14	VI. 3	V. 23	V. 21	+	
4	<i>R. p. 'kiskunsági'</i>		18	15	12	VI. 2	V. 22	V. 22		
5	<i>R. p. 'nyírségi'</i>		8	10	11	VI. 7	V. 23	V. 23	+	+
6	<i>R. p. 'császártöltési'</i>		16	14	13	VI. 5	V. 23	V. 21	++	+
7	<i>R. p. 'jászkiséri'</i>			10	11		V. 23	V. 23	+	
8	<i>R. p. 'pézesdombi'</i>		15	11	8	VI. 3	V. 25	V. 23	+	+
9	<i>R. p. 'appalachia'</i>		9	12	11	VI. 5	V. 25	V. 23		
10	<i>R. p. 'HC-4146'</i>				10			V. 23	+++	
11	<i>R. p. 'HC-4148'</i>		13	12	12	VI. 7	V. 25	V. 23		
12	<i>R. p. 'HC-4149'</i>		16	12	10	VI. 1	V. 24	V. 23	++	
13	<i>R. p. f. unifolia</i> – egylevelű		9	12	12	VI. 4	V. 21	V. 19	+	+
14	<i>R. p. 'semperflorens-1'</i> – folytonvirágzó	⊗		12	12		V. 23	V. 23	+	+
15	<i>R. p. 'semperflorens-3'</i> – folytonvirágzó	⊗		12	10		V. 25	V. 25	+	+
16	<i>R. p. 'ostffyasszonyfai'</i>	⊗	13	13	16	VI. 6	V. 25	V. 23	+	+
17	<i>R. p. 'nem virágzó'</i>									
18	<i>R. p. 'üllői'</i>		15	11	10	VI. 1	V. 22	V. 21	++	
19	<i>R. p. 'röjtökmuzsaji'</i>		12	9	11	VI. 2	V. 25	V. 23	+	+
20	<i>R. p. 'góri'</i>		9	11	10	VI. 5	V. 23	V. 23	+	
21	<i>R. p. 'ricsikai'</i>	⊗	17	13	11	VI. 3	V. 24	V. 23	+	
22	<i>R. p. 'szajki'</i>		12	11	9	VI. 5	V. 23	V. 23	++	+
23	<i>R. p. x neomexicana</i> – sötétrózsaszín	⊗	14	14	16	VI. 2	V. 25	V. 23	+	+
24	<i>R. p. dubia</i> – halványrózsaszín	⊗	16	16	18	VI. 5	V. 27	V. 25	+++	
25	<i>R. p. 'erti'</i>	⊗	16	16	18	VI. 6	V. 27	V. 25	++	+
26	<i>R. p. 'ostffyasszonyfai-39'</i>	⊗	18	14	18	VI. 2	V. 27	V. 25	+	+
27	<i>R. p. 'ostffyasszonyfai-40'</i>	⊗	24	19	18	V. 31	V. 25	V. 23	+	
28	<i>R. p. 'ostffyasszonyfai-41'</i>	⊗	18	18	18	VI. 3	V. 25	V. 23	+	
29	<i>R. p. 'ostffyasszonyfai-42'</i>	⊗	20	12	18	VI. 1	V. 25	V. 23	++	+
30	<i>R. p. 'ostffyasszonyfai-43'</i>	⊗	18	16	16	V. 31	V. 25	V. 23	++	+
31	<i>R. p. 'gércei-44'</i>	⊗	16	16	14	VI. 6	V. 23	V. 23	+	
32	<i>R. p. 'váci-45'</i>	⊗	17	13	18	VI. 2	V. 25	V. 23	++	+
33	<i>R. p. 'decaisneana-A1'</i> – rózsaszín	⊗	18	17	16	VI. 3	V. 27	V. 23	+++	+
34	<i>R. p. 'decaisneana-A2'</i> – rózsaszín	⊗	16	16	16	VI. 5	V. 27	V. 23	++	+
35	<i>R. p. 'decaisneana-B1'</i> – rózsaszín	⊗	17	15	20	VI. 5	V. 28	V. 23	++	++

	A fajta neve és elnevezése	☼	Virágzás hossza			Virágzás kezdete			Glanduláris szövet	Illó Olaj
			1970	1972	1973	1970	1972	1973		
36	R. p. 'decaisneana-B2' – rózsaszín	☼	16	15	18	VI. 5	V. 28	V. 25	++	+
37	R. p. 'decaisneana-C1' – rózsaszín	☼	18	14	14	VI. 4	V. 29	V. 25	+++	+
38	R. p. 'decaisneana-C2' – rózsaszín	☼	18	14	14	VI. 3	V. 29	V. 25	++	+
39	R. p. 'váti-46'	☼	19	16	16	VI. 3	V. 25	V. 25	+	+
40	R. p. 'debreceni-2'	☼	22	14	20	VI. 1	V. 25	V. 23	+	+
41	R. p. 'debreceni-3'	☼		14	18		V. 27	V. 25	++	+
42	R. p. 'debreceni-4'	☼		14	18		V. 27	V. 25	+	+
43	R. p. 'nyimi-1'	☼	9	10	12	VI. 12	V. 25	V. 23	++	+
44	R. p. 'nyimi-2'	☼	16	12	12	VI. 5	V. 25	V. 23	++	+
45	R. p. 'nyimi-3'	☼		12	12		V. 25	V. 23	++	+
46	R. p. 'nyimi-4'	☼		10	10		V. 25	V. 25	+	+
47	R. p. 'mátyusi-1'	☼		13	18		V. 31	V. 25		
48	R. p. 'mátyusi-2'	☼		12	16		V. 31	V. 25		
49	R. p. 'mátyusi-3'	☼		13	16		V. 31	V. 27	+++	+
50	R. p. 'balatonalmádi-1'	☼			13			V. 16		
51	R. p. 'balatonalmádi-2'	☼			13			V. 16		
52	R. p. 'balatonalmádi-3'	☼			13			V. 16		
53	R. p. 'balatonalmádi-4'	☼			13			V. 16		
54	R. p. 'balatonalmádi-5'	☼			13			V. 16		

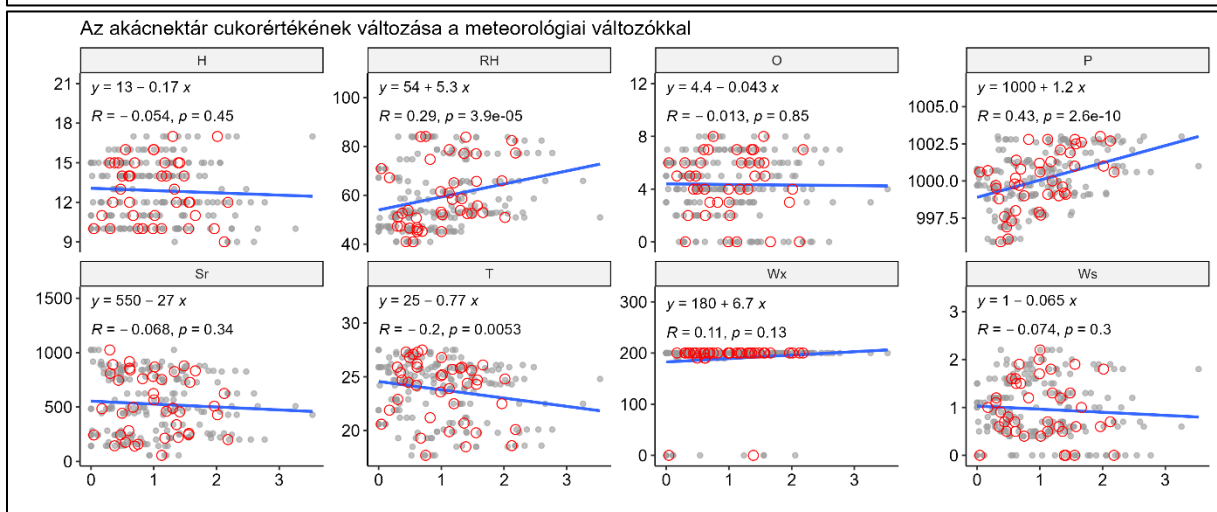
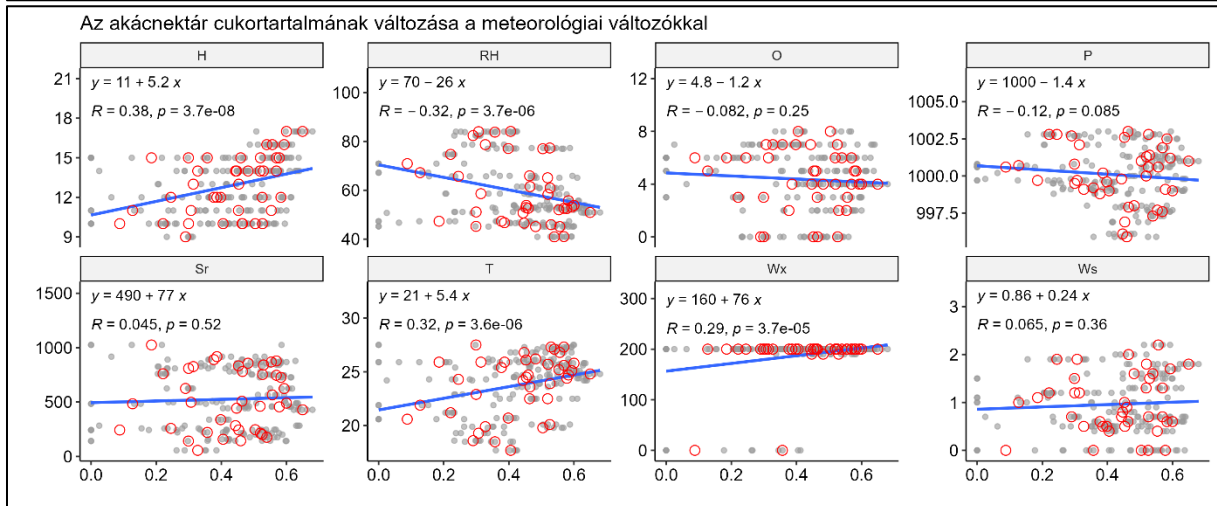
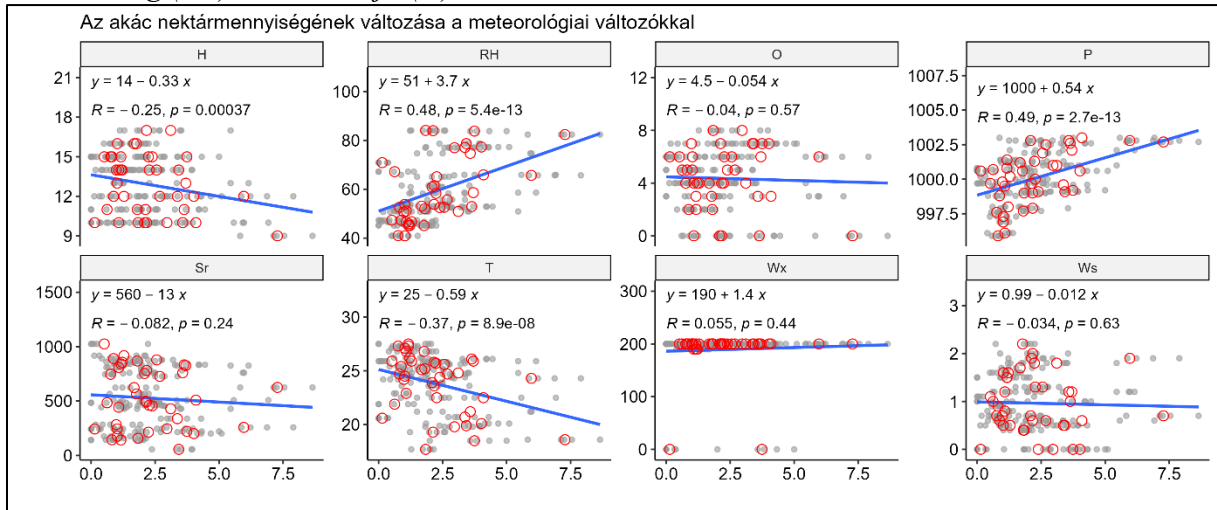
2. melléklet: A vizsgált akácfa közötti különbségek (2023, Taylor-diagram)

A nektárprodukciónak mérőszámainak egymástól vett különbsége egyes faegyedeként. A referenciának kijelölt fa az 1-es sorszámú volt. Az ábrán a korreláció, szórás, RMSc értékek vannak megjelenítve. Az értékekhez tartozó naponkénti korreláció és szórás számítás színnel van jelölve. 1. Virágszám, 2. Nektármennyiség, 3. Cukorkoncentráció, 4. Cukorérték

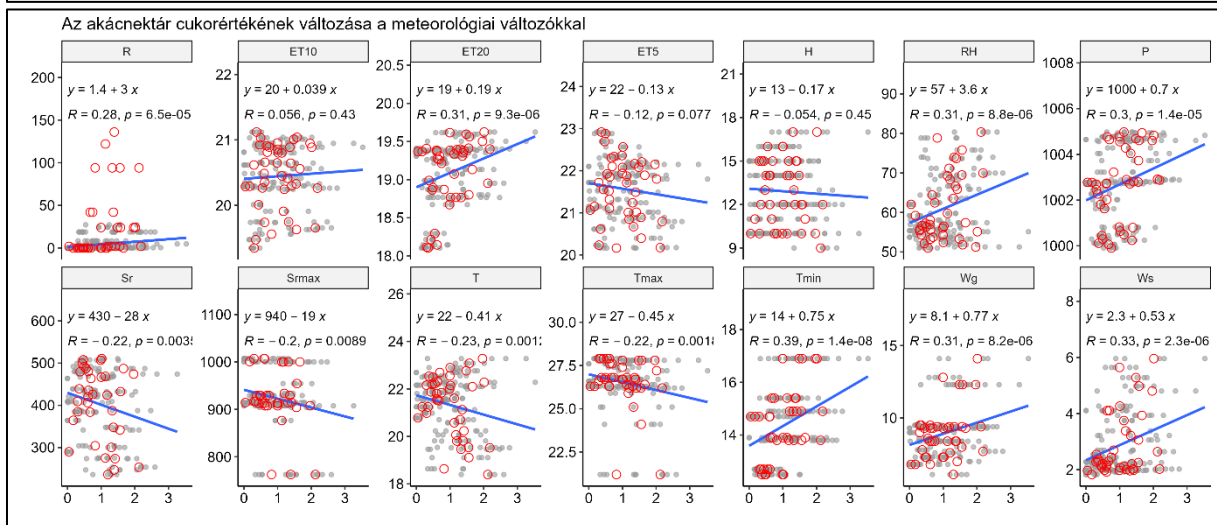
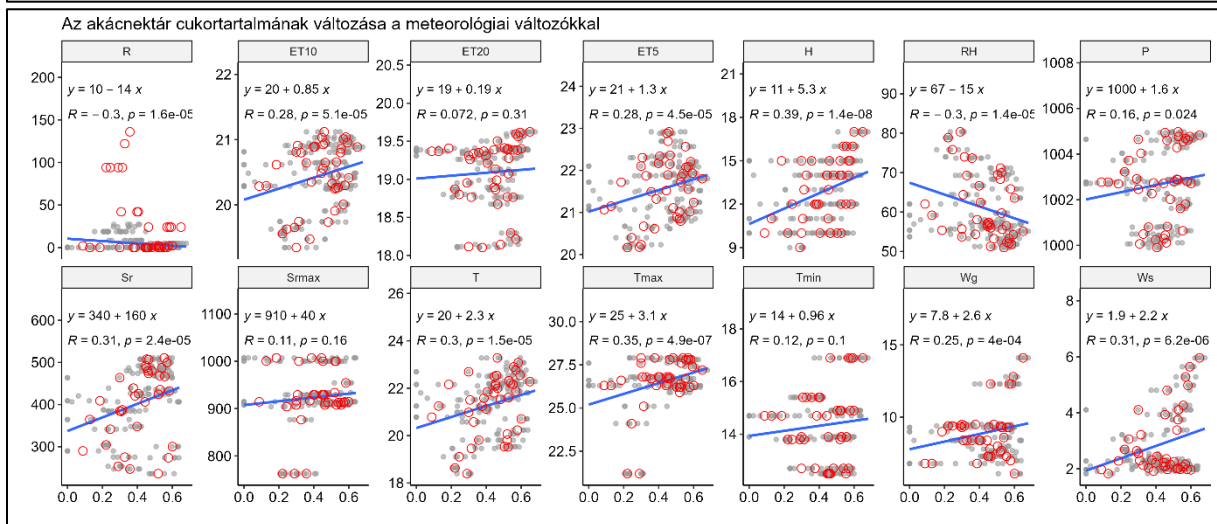
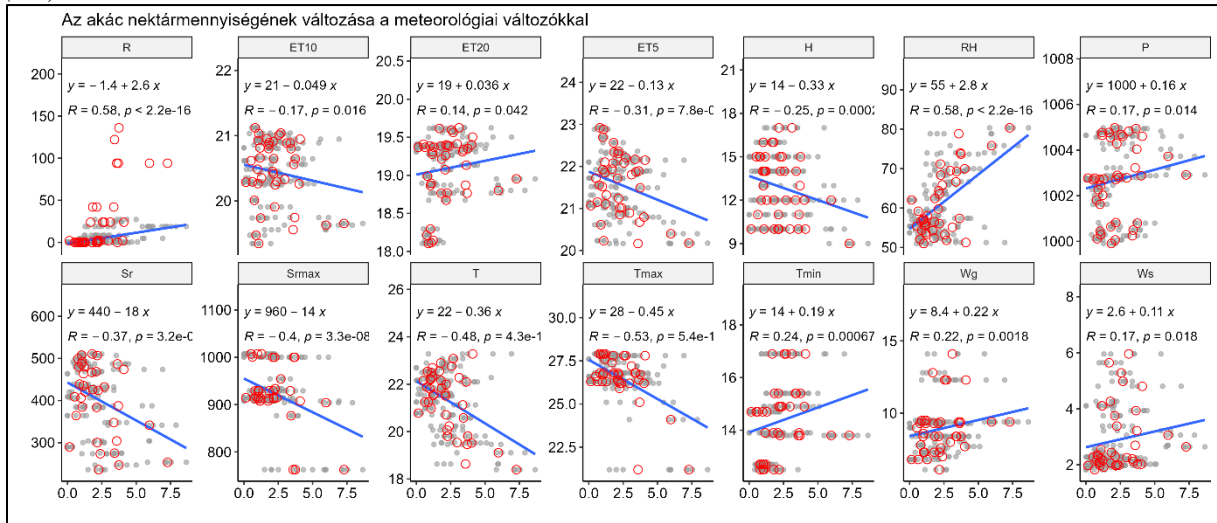


3. melléklet: A nektártulajdonságok változása az aktuális meteorológiai változókkal

A szürke telt karikák az összes mért adatot, az arra illesztett egyenest kék szín jelöli. A fürtönként és a virágonként vett átlagokat a piros karikák jelölik. Magyarázó változók: légnedvesség (RH), légnyomás (P), felhőborítottság (O), napsugárzás (Sr), hőmérséklet (T), szélirány (Wx), szélsébség (Ws), mérés órája (H).



4. melléklet: A nektártulajdonságok változása a 24 órás meteorológiai változókkal
 Magyarázó változók: 24 órás csapadékösszeg (R), átl. légnedvesség (RH), átl. légnyomás (P),
 átl. és max. napsugárzás (Sr, S_{rmax}), átl., min., max. hőmérséklet (T, T_{min}, T_{max}), max.
 szélökés (Wg), átl. szélesség (Ws), mérés órája (H). 5, 10, 20 cm-es átl. talajhőmérséklet
 (ET),



Adatbázisok jegyzéke

5. melléklet: A felhasznált adatbázisok jegyzéke

Kiállító szervezet	Adat típusa	Elérhetősége	Utolsó letöltés
KSH (Központi Statisztikai Hivatal)	Akác, erdőterületek	https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0004.html https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0005.html https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0006.html https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0058.html	2024.02.08
NÖSZTÉP (Magyarország Ökoszisztéma Alaptérképe)	Akác erdőterületek	http://alapterkep.termeszetem.hu/	2024.02.08
OpenStreetMap	Térképelemek	https://www.openstreetmap.org/	2024.02.08
KSH (Központi Statisztikai Hivatal)	Mézőstermelés	https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0034.html	2024.02.08
OMME (Monitoring vizsgálat 2022)	Méz, méhészetek, méhek	http://www.omme.hu/wp-content/uploads/2022/12/largeMonitoring_2022_web_2.pdf	2024.02.08
FAO (Food and Agricultural Organization)	Méhek, Méz, Viasz	https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL	2024.02.08
EUROSTAT (Európai Statisztikai Hivatal)	Méhcsaládok száma az Unióban	https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/EDN-20230519-1	2024.02.08
NAP (National Apiculture Programmes), European Commission	Méz és méhészeti adatok az Unióban 2020–2022 között	https://agriculture.ec.europa.eu/farming/animal-products/honey/national-apiculture-programmes_en	2024.02.08
EC (European Commission)	Mézkereskedelem az Unióban	https://agriculture.ec.europa.eu/farming/animal-products/honey_en	2024.02.08
WITS	Mézkereskedelem a világon	https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/HUN/year/2021/tradeflow/Exports/partner/ALL/product/040900	2024.02.08
Copernicus database	Meteorológiai adatok	https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record	2024.02.09
ODP HungaroMet	Meteorológiai adatok	https://odp.met.hu/	2024.02.09

Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: Európa fehér akác-lefedettségi térképe	6
2. ábra: Fehéракác-lefedettségi térkép Magyarországon a NÖSZTÉP adatbázis alapján	7
3. ábra: A fehéракác-faállománnyal borított erdőgazdálkodási célú erdőterület kiterjedése Magyarországon	8
4. ábra: Debreceni akácos a nagycserei erdőben	9
5. ábra: A fehér akác virágjának morfológiai és szövettani felépítése	16
6. ábra: A mintaterület akácerdő-borítottsága	27
7. ábra: A nektármérés eszközei	29
8. ábra: A fűrtvirágzatban lévő virágok számának, a nektármennyiségnek, a cukorkoncentrációnak és a cukorértéknek mérőszámai akácfa egyedenként a vizsgált napok átlagában (Box-Whiskers diagram).....	34
9. ábra: Az akácnektár termelődésének és a nektár cukorkoncentrációjának, illetve a cukorértéknek időbeli változása, valamint az időkép.....	37
10. ábra: Az időjárás változása a rügypattanástól a virágzás végéig.....	38
11. ábra: A főbb meteorológiai állapotváltozók (hőmérséklet, csapadék) alakulása 2022. január és 2023. május között, eltérések a sokéves átlagtól (1991-2020)	39
12. ábra: Korrelációk az akácvirágok száma, az akácnektár tulajdonságmérői és a meteorológiai változók között	42
13. ábra: A kaptártömeg változása a nektárgyűjtés időszakában.....	44
1. táblázat: Az akácerdők kiterjedése Közép-Európában (ha).....	5
2. táblázat: Különböző nektárvizsgálatok eredményei.....	25
3. táblázat: A nektármérés mintaelemszáma	30
4. táblázat: Fehér akác virágszámlálási és nektármérési eredményeinek főbb statisztikai mutatói a vizsgált időszak átlagában	33
5. táblázat: Korrelációk az aktuális meteorológiai változókkal	41
6. táblázat: A kaptármérlegek adatainak leíró statisztikája.....	44
1. melléklet: Az akácfa méhészeti jelentősége, virágzásának különbségei	53
2. melléklet: A vizsgált akácfa közötti különbségek (2023, Taylor-diagram).....	54
3. melléklet: A nektártulajdonságok változása az aktuális meteorológiai változókkal	55
4. melléklet: A nektártulajdonságok változása a 24 órás meteorológiai változókkal.....	56
5. melléklet: A felhasznált adatbázisok jegyzéke	57

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Vincze Csilla _____
A Hallgató Neptun kódja: T9VRZK _____
A dolgozat címe: Egy Debrecen-környéki fehér akácos (*Robinia pseudoacacia* L.) virágzása, nektártermelése és azok összefüggései az időjárással _____
A megjelenés éve: 2024 _____
A konzulens intézetének neve: Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet _____
A konzulens tanszékének a neve: Állattani és Ökológiai Tanszék _____

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat 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 szellemitulajdonkezelési 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: 2024 év 04 hó 18 nap



Hallgató aláírása

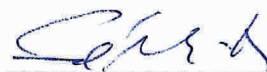
NYILATKOZAT

____Vincze Csilla_____ (név) (hallgató Neptun azonosítója: _____T9VRZK_____) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot 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 javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Gödöllő²⁰²⁴ év 04 hó 18 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.