

NYILATKOZAT

Név: Vincze Csilla

ELTE Természettudományi Kar, szak: Meteorológus MSc.

NEPTUN azonosító: T9VRZK

Diplomamunka címe:

Az időjárás hatása a méhek méztermelésére

A **diplomamunka** szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló szellemi alkotásom, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Budapest, 2021.05.10.



a hallgató aláírása

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

Az időjárás hatása a méhek méztermelésére.

DIPLOMAMUNKA



Készítette:

Vincze Csilla

Meteorológus mesterszak,
Időjárás-előrejelző specializáció

Témavezető:

Dr. Leelőssy Ádám

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2021

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés	1
2.	A méhészet időjárásfüggése.....	4
2.1.	A mézelő méhek elterjedése, jellemzőik	4
2.2.	A méhek vizsgálatához felhasználható mérőeszközök.....	5
2.3.	Az időjárás hatása a méhpusztulásokra	6
2.4.	A kaptár mikroklímája.....	7
2.5.	Az időjárás hatása a méhek viselkedésére	8
2.6.	Az időjárás hatása a gyűjtésre, mézhozamra	9
2.7.	A klímaváltozás hatásai a méhekre és gyűjtésükre	14
2.8.	A mézelő növények időjárásfüggése	15
2.8.1.	Akác (Robinia pseudoacacia):.....	17
2.8.2.	Napraforgó (Helianthus annuus L.)	20
2.9.	Összefoglalás	22
3.	Felhasznált adatok és módszerek.....	25
3.1.	Felhasznált adatok és mérési helyszínek	25
3.2.	Módszerek	27
4.	Az eredmények bemutatása	31
4.1.	Mért adatok.....	31
4.2.	Statisztikai vizsgálat	38
	Összefoglalás	48
	Köszönetnyilvánítás.....	49
	Irodalomjegyzék:.....	50
	Internetes források:.....	60
I.	Függelék:.....	61
II.	Függelék	63

1. Bevezetés

A méhek rendkívül fontos szerepet töltenek be az ökoszisztémában és a társadalomban (*Williams et al.*, 1991). Vizsgálatuknak fontosságát meghatározza, hogy a gyümölcsfák és a pillangósvirágúak beporzását legnagyobb részben a méhek végzik (*Aizen and Harder*, 2009; *Rader et al.*, 2016). A rovarok mintegy az emberi táplálék 35%-nak a beporzásáért felelősek, közülük a méhek 90%-ot képviselnek (*Klein et al.*, 2007; *Genersch*, 2010; *Potts et al.*, 2010; *Sparks et al.*, 2010; *Tarczay and Feiler*, 2017). Meghatározó mezőgazdasági ágazatot és jövedelemforrást is jelentenek. Az élelmezési célú növények 75%-nak a beporzását is a méhek végzik el (*Ollerton et al.*, 2011; *Rader et al.*, 2013; *FAO*, 2018), amely 9,5%-ot tesz ki a világ mezőgazdasági termeléséből (*Gallai et al.*, 2009). Az élelmiszerbiztonságban és a mezőgazdasági termelékenységben tehát közvetlenül szerepet játszik a méhek egészsége (*Gill et al.*, 2012; *Rader et al.*, 2016). Viszont a függőség térben és időben is változékonyságot mutat. A trópusi területeken 90%-ot képez a rovarok és az állatok általi porzás, míg Európában ez 84%-ot jelent (*Klein et al.*, 2007). Más kutatások is hasonló eredményekre jutottak. A mérséklet területeken az állati eredetű porzás egyes növényfajok esetében 78%, ez az arány a trópusokon 94%-os volt (*Ollerton et al.*, 2011).

A 2000-es években Magyarország mézhozama évi átlagban közelítőleg 15 000 tonna volt, egy méhcsaládra 25 kg-os éves mézhozam jutott (*Márton*, 2011). Az ország nektárkapacitása viszont még ennél is több lenne, nagyobb mértékű vándorlással 80 000 tonna méztermelést eredményezne. Hazánkban a mézfogyasztás több év átlagában 20-30 dkg/fő/év, ezért a megtermelt méz nagyobb hányada (10-15 ezer tonna) exportra kerül, így a 8. helyen állunk a mézexportálók világrangsorában. Az Európai Unió által importált 150 ezer tonna mézből 2001-ben 10% volt Magyarország részaránya. Az ország 2006-ban 11 ezer tonna mézet termelt, ebből 9 725 ezer tonna került exportra (*Bartos*, 2011). Ez egy gyengébb évnek számított 2003-hoz képest, amikor 16 ezer tonna mézet gyűjtöttek be a méhészek, így ekkor hazánk Európa harmadik-negyedik helyét foglalta el a méztermelő országok között. Az országban a méhészet átlagosan 1-1,5%-át teszi ki az agrártermelésnek. A KSH adatai szerint Magyarország 2009-ben az EU méztermelő országai között 2. helyen állva az uniós méztermelés 10,8%-át tette ki (*KSH*, 2012). Továbbá hozzátették, hogy az ország önellátó méz és egyéb méhészeti termékek terén, és a megtermelt méz 80-90%-át értékesítjük külföldön. Hazánkban 17,5 ezer méhészetet regisztráltak 2010-ben, ebből 1,2 ezer volt hivatásos, tehát 150 méhcsaládnál nagyobb állománnyal rendelkező méhészet. Zajác Edit doktori

értekezésében az éves méztermelésről 22,5 ezer tonnáról számolt be, amelyből 55%-ot az akácméz, 20%-ot a napraforgó tett ki (Zajác, 2011).

A 2018-as adatok szerint az EU méztermelő piacán Magyarország a 4. helyet képviselte, ahol 26 ezer tonna/év mézet termeltek, így 2010 óta 57%-os növekedésről számoltak be. A magyarországi méhészek támogatása kormányzati célkitűzés, így 2022-ig több támogatás is várható, amellyel további növekedést várnak a méhészetekben (Agrárminisztérium, 2019). Ennek ellenére a méztermelés 2018-ban 20%-kal kevesebb volt a méhpusztulások és az időjárási körülmények miatt. A következő évet sem tekintették jónak a méhészek. A méhsűrűség jelenleg az országban 12-13 méhcsalád/km², amely kimondottan magasnak tekinthető az EU-s országok között. A kaptáronkénti átlagos éves becsült mézhozam 2018-ban 21 kg volt. Az utóbbi években viszont kaptáronkénti létszámcsökkenésről is beszámolnak a méhészek. Valaha 80 ezer körüli volt a méhek száma egy családban, mára már 50 ezer körüli ez az érték, amelyet főként a méhpusztulásoknak tulajdonítanak (Agrárminisztérium, 2019).

A méheket több évtizede bioindikátornak is tekintik a különböző környezeti terhelések és változások vizsgálatára. Elterjedésük, aktivitásuk és életjelenségeik is erősen függenek a környezeti állapottól. Gyűjtésükkel és raktározásukkal információt tárolnak az adott helyről és a környezetükben lévő szennyező anyagokról (Svoboda, 1962), bár ez főként lokálisan jelenik meg, mivel 1-2 km-es sugarú körben intenzív a gyűjtés és a feltérképezés (Őrösi, 1955). Az 1960-as években felfigyeltek arra, hogy a méhekben és a raktározott méhészeti termékekben (viasz, méz, propolisz, virágpor) a levegőben lévő radioaktív anyagok is kimutathatóak (Celli and Maccagnani, 2003). Legnagyobb részben viszont a nehézfém-szennyeződések mérésére alkalmazzák, amely nem csak a légkörben lévő terhelés kimutatására fontos, hanem a méhekre is hatással van (Thimmegowda et al., 2020). A mézben végzett pollenvizsgálatok is fontosak, történetük az 1950-es évekig nyúlik vissza (Hazslinszky, 1952). 2011-es mézmintákban mikrofoszfátokat is analizáltak, melyek jelenléte a légkörben zajló portranszportra volt visszavezethető (Magyar et al., 2021).

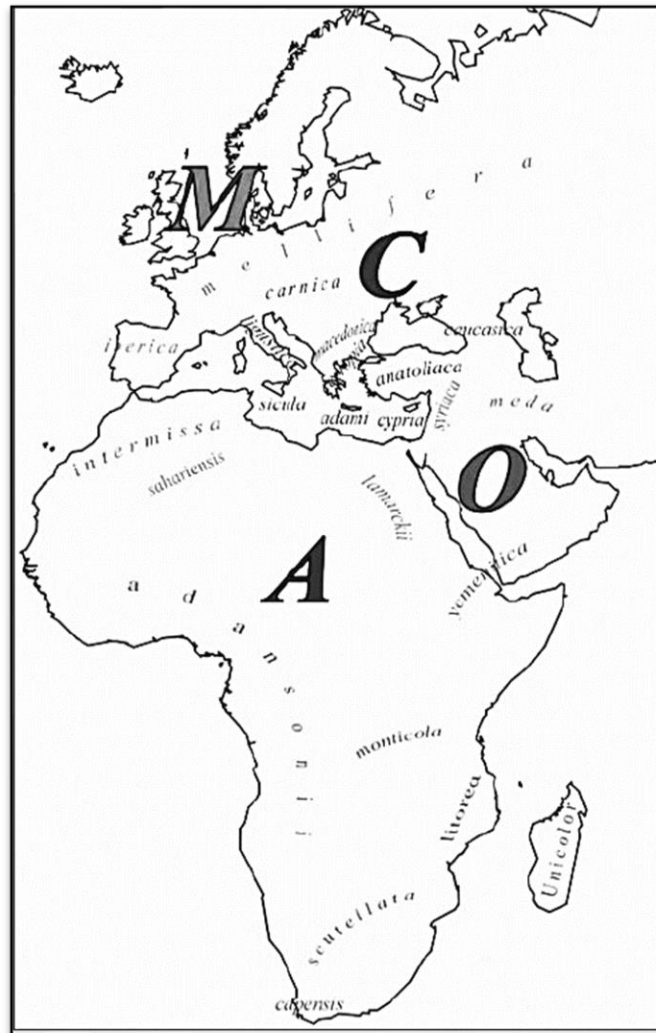
Dolgozatomban a mézelő méhek, azon belül a házi méhek (*Apis mellifera carnica*), a krajnai méh és az egyes virágzó és mézelő növények érzékenységét szeretném meghatározni az egyes meteorológiai állapothatározókra, továbbá fel szeretném tárni az ezen paraméterek közötti összefüggéseket. A méhészet számszerűsítéséhez kaptársúly adatsor áll a rendelkezésemre Debrecenből, melyet 2016.06.14-től mérünk egy digitális kaptármérleggel. Emellett a mézhozam, méhészeti munkálatok és a vegetációs állapot is rögzítésre került (Vincze, 2019). A meteorológiai adatsor a debreceni szinoptikus állomás méréseiből származik.

Legfőképpen a méhészek és a méhészetek számára meghatározó mézelő növényeket, a fehér akácot (*Robinia pseudoacacia*) és a napraforgót (*Helianthus annuus L.*) szeretnénk volna megvizsgálni. A vizsgált növényeknél nagy fontosságú az egyes fajok technológiai érettsége, tehát, hogy mely időszakban mézel és van nektárhordás. Azért is volt fontos vizsgálatuk, mivel tisztaságuk és mennyiségük miatt ezek jelentik a legfőbb bevételt Magyarországon a méhészek számára. Az évet a méhészeti feladatokhoz, virágzásokhoz mérten időszakokra osztottuk fel Faluba Zoltán: Méhek, méhészkedés c. könyve alapján, és A-tól F-ig naponta rögzítettük a fenológiai időszakokat.

2. A méhészet időjárásfüggése

2.1. A mézelő méhek elterjedése, jellemzőik

A méhek (*Apis*) eloszlása a Földön rendkívül diverz. Az *Apis mellifera* (házi méh) fajtái hatalmas területen terjedtek el, különböző környezeti feltételek mellett. 25 alfaját, fajtáját különböztethetjük meg. Az *Apis mellifera* őshonos Európában, Afrikában, Közép-Keleten, Afganisztánban, Kazahsztánban és Kelet-Oroszországban. Az 1. ábrán láthatjuk az elterjedését. A „C” jelű zónában megkülönböztethetjük az *Apis mellifera carnica* (krajnai méh), *ligustica* és *cecropia* fajokat. Vizsgált fajunk, a krajnai méh Közép-Kelet-Európából származik, és Magyarországon is őshonos (Őrösi, 1955; Le Conte and Navajas, 2008; KSH, 2012).



1. ábra Az *Apis mellifera* elterjedése és különböző fajtái (A, M, C, O). Az *Apis mellifera carnica*, *ligustica* és *cecropia tartarica* tartozik a „C” csoportba, melyek a mediterránium északkeleti részén terjedtek el (Le Conte and Navajas, 2008).

A családok méretét és a produktivitást mind a klimatikus viszonyok, mind a gyűjtési szándék meghatározza. Az alkalmazkodás viszont fajtafüggő (*Vicens and Bosch, 2000; Awad et al., 2017*). A krajnai méh a legnyugodtabb, legszelídebben viselkedő méh, és igen gyorsan reagál a környezet változásaira. A zord teleket is kibírja, és mérsékelt élelemfogyasztással tel. A méhek és a házi méhek is családokban élnek. A család az a közösség, ahol a méhközösségben az utódok és a szülők együtt élnek, és együtt végzik a fennmaradás érdekében a tevékenységüket. A család dolgozókból, anyából és herékből áll. Közülük a nektár gyűjtését és tárolását, a viaszépítést, az utódok nevelését és a hőmérsékletszabályozást a dolgozók végzik el. Attól függően, hogy hány napszak a dolgozó méhek, változnak a feladatköreik a családban. A három hétnél idősebb méhek kezdik meg a nektárgyűjtést. A dolgozó méhek nyáron 6 hétig élnek, míg télen néhány hónapig. Számuk 20 000-80 000 között változik. Az anya 2-3 évig él, melyből családonként egy van. Az anya 16, a dolgozó méhek 21, a here pedig 24 nap alatt fejlődik ki (*Sőtér, 1895; Órösi, 1955; Faluba, 1983; Márton, 2011*).

A méhek mézhozamát és fejlődését az időjárási és környezeti tényezőkön túl meghatározza a család egészsége, a méhész szakmai felkészültsége, hogy mennyire tudja kiegyenlíteni a méhállományt, elég hellyel rendelkeznek-e, van-e elég vizük, az anya jól petél-e, van-e valamilyen betegsége, illetve a méhanya kora is meghatározó tényező. A fiatalabb (egyéves) anyáknál a méz mennyisége 26,5%-kal volt magasabb, mint az idős (hároméves) anyák esetén (*Takács and Oláh, 2020*). A méhek ezen túl nagyon érzékenyek az egyes növényvédő szerekre, így folyamatosan követni kell, hogy az adott területen milyen beavatkozások történnek (*Bross, 2007; Márton, 2011*). Az utóbbi években viszont felértékelődött a természetes méhészkedés is, amelynek az egyik alapelve, hogy a méheket minél kevesebb stressz érje az egyes vizsgálatok során (*Chandler, 2014*). Továbbá a gyűjtést meghatározza a méhlegelőn lerakott kaptárak mennyisége és távolságuk az adott mézelő növényektől (*Órösi, 1955; Szabo, 1980*).

2.2. A méhek vizsgálatához felhasználható mérőeszközök

A méhcsaládok monitorozása elengedhetetlen a mezőgazdaság számára, így több műszer is kifejlesztésre került, melyekkel mind tudományos, mind alkalmazási területen nyomon tudják követni a kaptár változásait. Az első és legfontosabb mérés a méhészek által történik, melyet vizuálisan végeznek. Több méhészetben is megtalálható a kaptársúly mérésére alkalmas mérleg, melyet a kaptár alá helyeznek ki (*Hambleton, 1925; Mitchener, 1955; McLellan, 1977; Meikle and Holst, 2015*). Méhegészségügyi és viselkedésvizsgálati célból

fejlesztettek egy összetettebb mérőeszközt. Az eszköz egy meteorológiai állomásból és egy kaptárba helyezhető szenzorból áll, mellyel mérhető az időjárási elemek közül a hőmérséklet, a relatív páratartalom, a szél, csapadék, a légköri összetevők aránya és a napsütéses órák száma. A méheket vizsgáló szenzor a kaptár rezgését, súlyát, illetve a ki- és belépő méhek számát is méri, továbbá felvételt készít a méhekről (*Debauche et al.*, 2018). A kaptár megfigyelésére a WSN technológia is alkalmazható, amely a kaptár bejáratánál elhelyezett infravörös érzékelő segítségével méri a méhek ki és berepülését, ezzel a gyűjtési szándék is meghatározható. Az eszköz továbbá külső és belső hőmérsékletet és páratartalmat is mér (*Jiang et al.*, 2016). Másik módszer a méhek megfigyelésére a ki- és berepülések számlálása. Már 1981-ben létezett olyan eszköz, amely a házi méheket számolja meg és rögzíti, ez az úgynevezett Apicard. Az eszközt a kaptár bejáratánál helyezték el (*Burrill and Dietz*, 1981). A méhészetben meghatározó esemény a rajzás, amely az anya és a dolgozók kaptárelhagyását jelentik, nagy veszteséget okozva a méhészt számára. Ennek a monitorozására készítettek egy akusztikus eszközt, amellyel előrejelezhető a rajzás időpontja (*Ferrari et al.*, 2008). További eszközökkel a gyűjtési időtartam is mérhető (RFID). A műszer rádiófrekvencia hullámokat azonosít, amely az egyes dolgozó méhekre helyezett érzékelőről érkezik be, így megmérve a méhek helyzetét a kaptártól (*Cho et al.*, 2021).

2.3. Az időjárás hatása a méhpusztulásokra

A tél miatti hatalmas veszteségek eredményeképpen rengeteg kutatás indult meg a 2006-2007-es évektől az USA-ban, illetve a Strathclyde Egyetemen (Skócia), és kezdeményezések születtek a méhkutatás elősegítését segítő szervezetek létrehozására (*Gray and Peterson*, 2017). A méhkutatás döntő többségben a méhpusztulással és annak kapcsolataival foglalkozik, hogy mely környezeti, illetve emberi tényezők okozhatják az esetleges elhullásokat. A méhkolóniának a pusztulását, betegségét okozhatják paraziták (*Varroa* atka) (*Genersch*, 2010), növényvédőszer (Gill et al., 2012; Henry et al., 2012, 2014; Goulson, 2013), vírusok, baktériumok, gombák, az anya halála vagy éppen a kora (*Genersch et al.*, 2010), illetve élelmezési problémák (*Brodschneider and Crailsheim*, 2010). Meghatározóak lehetnek egyes környezeti tényezők is mint a felszínborítottság (*Clermont et al.*, 2015) vagy az időjárási (*Switanek et al.*, 2017), klimatikus tényezők (*Le Conte and Navajas*, 2008). Ezek a tanulmányok a tavaszi és az őszi időszakot veszik figyelembe, amikor a méhek legjobban ki vannak téve a növényvédőszer ártalmainak (*Marzaro*, 2013). A növényvédőszer, ezen belül a rovarirtók nem megfelelő használata rendkívül nagy károkat okoz a méhállományban (*Márton*, 2011). A

méhpusztulás nem csak a diverzitás csökkenése, vagy a mézhiány miatt okoz problémákat, hanem az agrokultúrában is nagy deficitet jelent a beporzás csökkenése. A pusztulások döntő többsége atkás megbetegedésekhez köthető, különösképp a téli elhullások (*Brodshneider et al.*, 2010; *Calovi et al.*, 2021). Más kutatások szerint a nyári atkás megbetegedések negatív korrelációban állnak a dolgozók szaporulatával (*Nürnbergger et al.*, 2019). Európai vizsgálatok azt mutatták, hogy a kolóniák csupán 15,7%-a élte túl a telet bármilyen fajta kezelés nélkül. A környezeti tényezők rendkívül nagy hatással voltak a méhpusztulásra, viszont az atkás megbetegedések a fő okok, mivel 38,4%-ot jelentettek a teljes elhullásból (*Büchler et al.*, 2014). Az atkás megbetegedés itthon is komoly kérdéseket vet fel a méhészekben, hiszen a Kárpát-medencében is problémát jelent, kezelés nélkül több ezer méh pusztulását okozná (Békési et al. 1999). Egyes kutatások szerint az atka számára alacsonyabb hőmérsékletek kedvezőbbek (*Márton*, 2011). A védekezéshez hangyasavas eljárásokat alkalmaznak, mely során megfigyelték, hogy a kezelés időpontját érdemes az időjárási viszonyok figyelembevételével megválasztani, hiszen a sav hatása összefüggésben áll a hőmérsékleti, illetve a csapadékviszonyokkal (*Beyer et al.*, 2018). 2017-ben megállapították, hogy a téli elhullások a nyári időjárással állnak kapcsolatban, mivel egy szárazabb és melegebb évben sokkal több volt az elhullás. Ez a kutatás volt az első, amely hosszabb távon vizsgálta meg az időjárás méhpusztulásra gyakorolt hatásait (*Switanek et al.*, 2017). A vizsgált gazdaságban az oxálsavas kezelés mellett döntöttünk az atkák ellen, mivel az tapasztalat szerint kevésbé viseli meg a méheket (ÖMKI, 2015).

2.4. A kaptár mikroklímája

Jelen kutatásban mi nem a méhpusztulásokat, hanem a mézhozamot és szaporulatot szeretnénk vizsgálni, hogy az időjárás függvényében hogyan változik a méhek gyűjtése, viselkedése. Először a belső viszonyokat szeretném bemutatni a kaptárban a külső körülményekhez mérten. A környezeti tényezők és a kaptár mikroklímája közötti összefüggésre több irodalom is felhívja a figyelmet, különösképp a léghőmérséklettel kapcsolatban (*Kronenberg and Heller*, 1982). A kaptár bejáratának hőmérséklete és a külső hőmérséklet között lineáris kapcsolatot találtak (*Fahrenholz et al.*, 1989). A fészek hőmérsékletének a fiasításnál 34,5 °C és 35,5 °C között kell lennie (*Cook et al.*, 2018), ahol 32-36 °C-os kilengés még elfogadható tartományban van (*Southwick and Heldmaier*, 1987; *Bujok et al.*, 2002; *Kleinhenz et al.*, 2003). *Fahrenholz* szerint ez a kilengés nagyobb tartományban is elfogadható (33,8 °C és 37 °C között) (*Fahrenholz et al.*, 1989). E hőmérséklet felett és alatt a méheknek

hűteni vagy fűteni kell a kaptárt, hogy megvédjék a fiasításokat. A fészektől távolodva a hőmérséklet már jobban ingadozik a külső körülményekhez mérten. A fészken kívül a hőmérséklet 25 °C (Simpson, 1961). A páratartalom nem csak a hőérzetüket befolyásolja, hanem a méz érését is. Ha a hőmérséklet kissé emelkedik, a megfelelő páratartalom biztosítása érdekében a méhek vízfogyasztása is megnő. A fiasításos kereteken a páratartalom 40%-os (Órösi, 1955; Human et al., 2006), más megfigyelések 35% és 45% közötti páratartalomról számoltak be (Crane, 1991). A páratartalom az egyes sejtek alján a fiasításoknál 90-95% között mozog, amelynek a változása rendkívül befolyásolja a fiasítás fejlődését és kifejltségét az állományban (Doull, 1976). Nagy ingadozások a fészek hőmérsékletében és a kaptár rezgésében a rajzás előjelei is lehetnek. Megfigyelések szerint amikor a fészek hőmérséklete hirtelen 33 °C-ról 35 °C-ra emelkedik, majd lecsökken 32 °C-ra, akkor megtörtént a rajzás (Ferrari et al., 2008). A méhek ezen szabályozáshoz nagy mennyiségű energiát használnak fel, melyet a szárnyuk, pontosabban a tor izomzatának rezegtetésével érnek el (Cook et al., 2018).

2.5. Az időjárás hatása a méhek viselkedésére

Már 1912 óta mind tudományos, mind alkalmazási területeken nagy egyetértés volt abban, hogy a méhészetben a legnagyobb szerepet az időjárási viszonyok játsszák (Mace, 1912). Egy 1987-es tanulmány szerint az időjárási körülmények, mint a hőmérséklet, légnedvesség, légnyomás, a napsugárzás intenzitása és a szélesebbesség az *Apis mellifera* L. (házi méh) esetében a védekező viselkedést 92%-ban befolyásolta (E. E. Southwick and Moritz, 1987). A méhcsaládokon belül is eltérések mutatkoztak az egyes tagok (dajkák és dolgozók) viselkedései között a különböző fény- és időjárási viszonyok következtében. A vizsgált faj ebben a tanulmányban megegyezik a mi vizsgálati példányunkkal, amely az *Apis mellifera carnica*, krajnai méh (Riessberger and Crailsheim, 1997).

A gyűjtési hőmérséklet 10 °C és 40 °C között van (Abou-Shaara, 2014; Abou-Shaara et al., 2017). E hőmérséklet felett vagy alatt a méhek úgynevezett teletőfűrtbe rendeződnek, itt 25-30 ezer méh található meg (Kovács, 1883; Stabentheiner et al., 2003). A méhek ilyesfajta védekező képességében a külső hőmérséklet meghatározó, és hatással van rá a napfénytartam is (Nürnbergberger et al., 2018). A túlmelegedés ellen is szárnyuknak rezegtetésével védekeznek, vagy víz párologtatásával (Kühnholz and Seeley, 1997; Nicolson, 2009). Magas külső hőmérséklet esetén fűrtökbe is rendeződhetnek (Starks and Gilley, 1999). A fűrt szélén a méhek a téli hónapokban megdermednek, és 10 °C-on a méhek mozdulatlaná válnak, viszont 0-10

°C-on 2-3 nap alatt elpusztulnak. Fagypon alatti hőmérsékleten nő a pusztulás mértéke, -3 °C-on három óra, -4 °C-on kevesebb mint 1 óra alatt elpusztulnak. Télen a telelőfürt belső hőmérséklete széles hőmérsékleti határok, 20-35 °C között változhat (*Stabentheiner et al.*, 2003), de az átlaghőmérsékletét 21,3 °C-ra állapították meg (*Fahrenholz et al.*, 1989). A magyarországi szakirodalom az ideális fürthőmérsékletet 16-25 °C közé tette, mivel, ha ennél magasabb, az anya petélésbe kezd (*Őrösi*, 1955). Tehát a szaporulat erősen befolyásolja a telelőfürt hőmérsékletét. A fürt általában kora tavasszal aktivizálódik és ez az időszak a méhek számára rendkívül kritikus, mivel energiatöbblettel jár, ezáltal a táplálékkészleteiket fel kell használniuk (*Nürnbergger et al.*, 2018). A hőfejlés a tor izomzatainak rezegtetésével történik, amivel akár -40 °C-os külső hőmérsékletet is képesek túlélni, ha elegendő méh húzódik össze, elegendő táplálékkal rendelkeznek, és a hőmérséklet fokozatosan süllyed (*Őrösi*, 1955; *Márton*, 2011). Az enyhe tél kedvező a méhek számára és a fogyasztás is csekélyebb (*Rácz*, 1921). A teleltetést rendkívül meghatározza a nyári (aktív) időszak időjárása, ahol a meghatározó paraméterek a hőmérséklet és a csapadék alakulása (*Calovi et al.*, 2021). A méhek fogyasztása akkor a legkedvezőbb, ha a külső hőmérséklet 0 °C, kevéssé ingadozik, és a +7 °C-ot nem haladja meg. A napi fogyasztás gyorsan nő a hőmérséklet emelkedésével. Az év elején a tisztulórepülések 10-12 °C léghőmérsékletben kezdődnek (*Valló*, 1914; *Heinrich*, 1996). Kora tavasszal az anyának folyamatos pollenforrásra van szüksége a fiasításhoz (*Grünwald*, 2010). A méhésznek az első tavaszi vizsgálatot akkor kell végeznie, amikor a léghőmérséklet 14-15 °C. A mézfogyasztás napi átlagos növekménye általában márciusban 3-6 kg, áprilistól akácvirágzásig napi 4-9 kg, melyet a szaporulat befolyásol (*Őrösi*, 1955; *Márton*, 2011).

2.6. Az időjárás hatása a gyűjtésre, mézhozamra

A méhek nektárgyűjtésének optimális hőmérséklete 18-25 °C. 10 °C alatt nem, vagy csak kivételesen repülnek ki. A gyűjtés felső határa 35 °C (*Lundie*, 1925) vagy 40 °C (*Abou-Shaara et al.*, 2017), mivel a hőség a nektárképződésre káros hatással van. A szélcsendes, nyugodt, napsütéses idő kedvez a gyűjtésnek. Az 5 m/s-os szélesség már befolyásolja gyűjtőképességüket. A víznek nagy szerepe van a méheknél. Esős, szeles időben a méhek nem gyűjtenek nektárt, hanem a mézkészletet vízzel hígítva fogyasztják. Továbbá a víz párologtatásával hűtik a kaptárt. Vízyűjtésnél a vízhőfok is meghatározó, mivel legszívesebben a 25-35 °C-os vizet gyűjtik. A vízhőfok felső határa 45 °C, az alsó pedig 10 °C (*Faluba*, 1983; *Márton*, 2011). Tehát a méhek aktivitását a külső környezeti tényezők rendkívül

befolyásolják, és már kisebb hőmérsékleti fluktuációk is befolyásolják a gyűjtést (Stone, 1994). A méhek, ha a napi átlagos léghőmérséklet 25 °C felett van, és a napi átlagos relatív páratartalom 60-70% között van, sokkal aktívabbak (Jiang et al., 2016). Más tanulmányok szerint az aktivitás 24-30 °C között magasabb (Rader et al., 2016). A napraforgónektár gyűjtésében az optimumot 20-25 °C-os napi középhőmérsékletben és 65-70% közötti relatív nedvességben határozták meg. Napraforgóvirágzás idején a hőmérséklet és a virágok látogatása között erős lineáris kapcsolat ($R=0,420$) volt (Puškadija et al., 2007). Suhayda (1966) szerint jó gyűjtés magyarországi klímán akácvirágzás közben 20 °C alatt nem várható (Farkas and Zajácz, 2007). Közép-Nyugat-Afrikában az optimális hőmérsékletet a gyűjtéshez 25 °C és 35 °C közé tették (Schweitzer et al., 2013). Mattu szerint a gyűjtést a szél 1,6 km/h felett befolyásolja (Mattu, 2014).

Egy Nagy-Britanniában végzett kutatás szerint a nyári mézhozamot a tavaszi és kora nyári hőmérséklet jelentősen befolyásolta (Holmes, 2002). Egy új-zélandi tanulmány is az időjárási körülmények figyelembevételére hívja fel a figyelmet, mivel egyes környezeti feltételek mellett a méhek akár mérgező növényekről gyűjthetnek mézharmatot, illetve nektárt, ahogyan az 2008-ban is történt (Robertson et al., 2010). A mézharmatot a növények választják ki, mely főként kora tavasszal és késő ősszel képződik. A méhek ezt általában akkor gyűjtik, amikor nektárszükében vannak. A mézharmat a méztermelésben több mint 65%-ot tesz ki egy Görögországban írt tanulmány szerint (Santas, 1983). 2018-ban a hőmérséklet, napsugárzás, légnyomás, páratartalom, csapadék, szélesség és szélirány hatását vizsgálták 2013-2014 között a gyűjtési szándéokra. A méhek kirepülésének ingadozása erős korrelációt mutatott a hőmérséklettel ($R=0,83$) és a globálsugárzással ($R=0,81$), a csapadék pedig negatív ($R=-0,74$) kapcsolatot mutatott. A többi meteorológiai paraméterrel alacsony korrelációkat találtak, mint a légnyomás, szél és a csapadékinzítás (Clarke and Robert, 2018). Devillers és munkatársai (Devillers et al., 2004) kutatásukban azt tanácsolták, hogy érdemes a légnyomást is vizsgálat alá vonni, egy másik tanulmányban viszont ez a paraméter csak 2%-ot javított a regressziós modellen (Clarke and Robert, 2018). A méhek repülési aktivitása és a hőmérséklet között erős korrelációt találtak régebbi kutatásokban is ($R=0,532-0,947$) (Szabo, 1980). A szaporulat és a hőmérséklet, a relatív páratartalom és a csapadék között negatív korrelációt mutattak ki, míg a napsütéses órák számával pozitív korreláció adódott (Varshneya et al., 2007). A gyűjtési szándék és a gyűjtési időtartam ezentúl kapcsolatban áll a levegőminőséggel, a PM koncentrációval is (Fuentes et al., 2016; Cho et al., 2021). McLellan a kaptársúly és a begyűjtött méz mennyiségére egy indexszámot is alkotott (McLellan, 1977), mely a két változó közötti

kapcsolatnak az erősségéről is tanúskodik ($R=0,87$). Szerinte a begyűjtött pollen mennyisége csupán 10%-ot jelent a kaptársúlyban, ekkor az időjárási tényezők és az egyéb környezeti tényezők nem szerepeltek a változók között, így csak az adott területre és időszakra volt használható. Szabo kutatásában a kolónia súlya ugyancsak korrelált 4 meteorológiai paraméterrel, mint a szélsébség, napsugárzás intenzitása, hőmérséklet és a relatív légnedvesség ($R=0,490-0,837$) (Szabo, 1980). Reddy szerint más méhfajok is kapcsolatban állnak az időjárás változásával, különösképp a maximumhőmérséklettel (Reddy *et al.*, 2012). Az *Apis florea* gyűjtése erős korrelációban áll a maximumhőmérséklettel ($R=0,85$). A külső hőmérséklet változása erős hatással van a teletőfűrt viselkedésére. A hőmérséklet növelésével a kolónia sokkal aktívabb volt a hidegebb környezethez képest. Ezzel ellenben egy hosszabb melegebb periódus is csak 30%-kal növelte a fiasításos kereteken az aktivitást (Nürnberg *et al.*, 2018). Harris szerint 6 °C léghőmérséklet alatt a napfénytartam nem befolyásolja a fűrt aktivitását (Harris, 2009). Burkina Fasóban, Közép-Nyugat-Afrikában az átlaghőmérséklet 18,3%-ban, a csapadék 8,5%-ban és a szélsébség 2,6%-ban határozta meg a házi méhek mézprodukciónak varianciáját (Schweitzer *et al.*, 2013).

Azonban a növények nem mindenhol rendelkeznek elég nektárforrással a méhek számára, nem mézelnek, így a méhészeknek több szempontot kell figyelembe venniük az egyes területek kiválasztásánál, az utaztatások során. A lokális nektártermelődé a virágzási időszak alatt rendkívül meghatározó a méhek élelemtartalékaira, illetve természetesen a mézre (Gary, 1992). Ezek a tényezők mind-mind összefüggésben állnak a kaptársúllyal, illetve a méz és a méhsúly értékeivel. Egy nap folyamán is változó a kaptársúly (2. ábra), mivel a méhek éjszaka már nem gyűjtenek. Így a mérlegelés időpontjának kiválasztása is fontos. A méhészek általában esti mérlegelést választanak a napi növekmény megállapításakor.

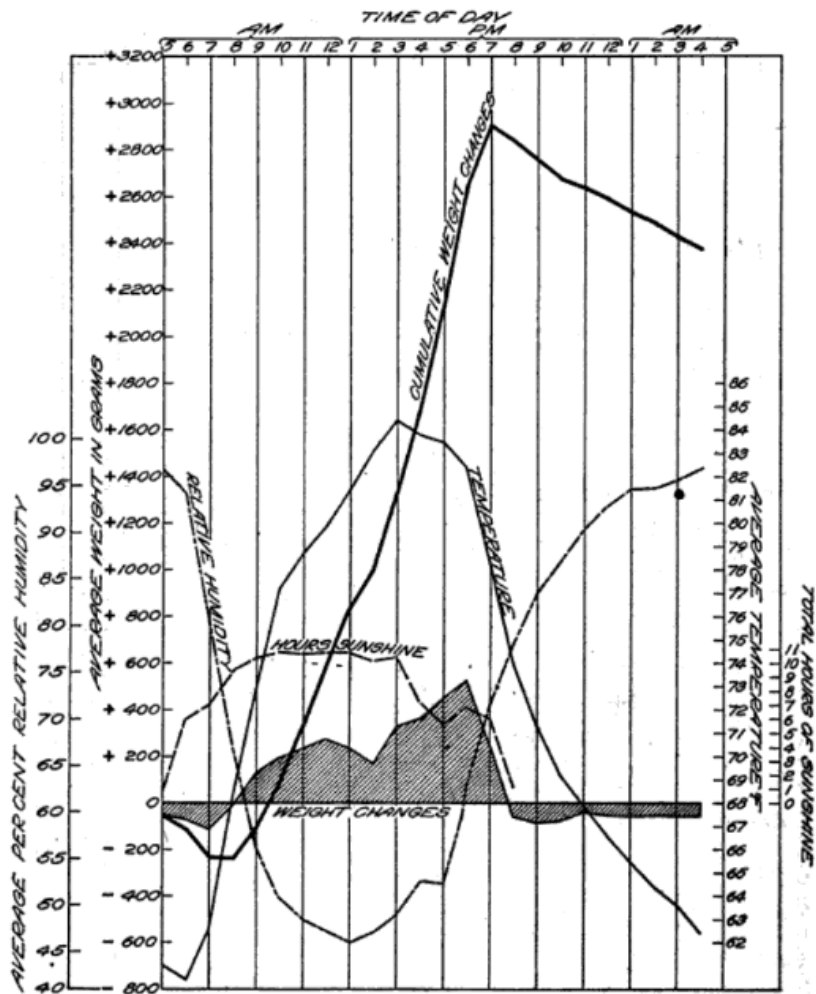


FIG. 7.—Graphs of average hourly weight changes, temperature, relative humidity, and total hours of sunshine. Colony AB, spring period

2. ábra: Grafikon az óras átlagos tömeg, hőmérséklet és relatív légnedvesség változásáról és a napsütéses órák számáról tavaszi szezonban (Hambleton, 1925)

Hambleton kutatásában a kaptársúlyméréseket óras felbontással készítette (Hambleton, 1925). Az eredményeket nagymértékben befolyásolta a légnedvesség, illetve az agrokultúra. Kutatásaiban főként napi szinten vizsgálta a méhek viselkedését a természeti változásokra, és ezeket az összefüggéseket korrelációval is bizonyította. Több nap vizsgálata során kiderült, hogy tavaszi szezonban egy reggeli kaptársúlyminimummal számolhatunk, amely főként a hőmérsékleti minimummal korrelál, és egy déli csökkenésről beszélhetünk, amely feltehetőleg a nektárhozam csökkenése miatt van, amelyet az alacsonyabb relatív nedvesség okoz. Az őszi szezonban a reggeli veszteség sokkal nagyobb, mint ami tavasszal megfigyelhető. A kolónia súlyának változását tavaszi időszakban korreláltatta a különböző meteorológiai változókkal, melyekkel a következő eredményekre jutott: hőmérséklet ($R=0,75$), napsütéses órák száma

($R=0,61$), hőmérsékletingás ($R=0,6$), napsugárzás ($R=0,55$), páratartalom változása ($R=0,42$), átlagos relatív légnedvesség ($R=-0,38$).

Általában a kirepülés gyűjtési időszakban 9 órakor kezdődik, maximuma délután 2 óra és 4 óra között van, és este 9 órakor ér véget (Szabo, 1980). Mások szerint a méhek a legaktívabbak délelőtt 9 és 11 óra között (Rader et al., 2013), az első méhek 5 óra 45 perc környékén már megjelennek a kaptár kijárata előtt (Lundie, 1925) és éjszaka 8-10 óra között térnek vissza a kaptárba (McLellan, 1977). Továbbá a kirepülési aktivitás és a kaptársúly kapcsolata között 30 perces eltolódásról számoltak be (Szabo, 1980). A nektárlelőhelyeket a méhek általában 2 km-es vonzáskörzetben térképezik fel, viszont egyes esetekben messzebb is mehetnek, de a távolság rendkívül befolyásolja a gyűjtést (Crane, 2009). A gyűjtés és a látogatási ráta tájképtől függő és növényfajonként különböző lehet (Ricketts, 2004; Ricketts et al., 2008). 2017-ben egy nagy-britanniai kutatás az első tisztuló repülések, első méhészeti ellenőrzések időpontját, a szüret első és utolsó napját, illetve a szüreteknél a számát vette figyelembe ahhoz, hogy a klímaváltozás hatásait vizsgálja a mézprodukción. Eredményeikben arról számoltak be, hogy szinte az összes változó szignifikáns kapcsolatban állt a hőmérséklettel (Langowska et al., 2017). He és munkatársai az eszések hatásait vizsgálták meg a gyűjtési szándékokra (He et al., 2016). Tapasztalataik szerint a méhek jobban gyűjtenek egy esős időszak előtt, ahol a napi csapadékot $>5\text{mm}$ -nél nagyobbak definiálták. A gyűjtési időtartam és az időjárási tényezők (csapadék, légnyomás, légnedvesség) között erős szignifikáns kapcsolatot találtak.

A méhek reakciója a hőmérsékleti és a sugárzási viszonyokra különböző. A hőmérsékletingadozás lineáris hatással van a méhek aktivitására, míg a sugárzásnál már bonyolultabb a helyzet. Alacsonyabb sugárzási tartományban a méhek aktivitása az intenzitás növekedésével egyenesen arányosan változik, viszont 460 W/m^2 felett a sugárzás növekedésével a méhek kirepülési szándéka csökken. A szerzők az 1981-es tanulmányukban arról is beszámoltak eredményeik alapján, hogy a sugárzás intenzitásától függetlenül a kirepülésnek a minimum hőmérséklete $9\text{ }^\circ\text{C}$ volt (Burrill and Dietz, 1981). A tanulmányban megvizsgálták a méhek aktivitását (kirepülési szándékát) a különböző meteorológiai változókkal. Eredményeik azt mutatták, hogy a hőmérséklettel és a napsugárzással a kirepülés pozitív korrelációban van ($R=0,71$ és $R=0,87$), viszont a páratartalommal negatív korrelációkat kaptak ($R=-0,65$). Lundie doktori munkájában számadatokkal bizonyította a tényt, hogy a méhek repülési szándékát erőteljesen befolyásolják a következő paraméterek: hőmérséklet, napsugárzás intenzitása, szélesség, csapadék, elektromos zavarok, nedvességtartalom, de a

légnymás is (Lundie, 1925). Diagramon ábrázolta egy teljes nap aktivitását, amikor egy zivatar vonult át a területen. Továbbá adatokkal bizonyította azt a megfigyelést, miszerint a kirepülés áprilisban 10 °C felett kezdődik meg. A szélességet 1,5 méteren mérte, és azt állapította meg, hogy minimum 16 km/h szélesség szükséges a repülés befolyásolásához. A szél sebességének emelkedésével a méhek repülési magassága is változik, mivel magasabb értékeknél a lombkorona alacsonyabb tartományaiban gyűjtenek. Az erős szél és a látogatás frekvenciája szignifikáns kapcsolatot mutat (Brittain *et al.*, 2013). A méhek aktivitásának mérésénél, anyagcserével kapcsolatos vizsgálatoknál viszont nem csak a nappali időszakot célszerű figyelembe venni, mivel éjszaka a súlyban akár fogyást is tapasztalhatunk (Hambleton, 1925; McLellan, 1977). Ezek a vizsgálatok főként a légköri szén-dioxid tartalmat (Seeley, 1974), illetve a hőmérsékletet és a légnedvességet (Edward E. Southwick and Moritz, 1987; Human *et al.*, 2006) vették figyelembe.

2.7. A klímaváltozás hatásai a méhekre és gyűjtésükre

Mint a legtöbb rovaré, a méhek környezeti változásokra adott reakciója rendkívül gyors, és a növényzet fenológiai szakaszainak változásaival egyidejűleg viselkedési normájuk is átalakul (Deutsch *et al.*, 2008; Csóka *et al.*, 2018). Az éghajlatváltozással a virágzás kezdete is eltolódik, amely a méhekre és a méhészetre is rendkívül nagy befolyással van (Rader *et al.*, 2013). Egy 2002-es kutatásban azt vizsgálták Nagy-Britanniában közel 400 fajnál, hogy az éghajlati elemek megváltozása hogyan hatott a virágzás kezdetére. Azt találták, hogy a virágzás átlagosan 4,5 nappal korábbra tolódott a megelőző 10 évhez képest (Fitter and Fitter, 2002). Továbbá a klímaváltozás nem csak a virágzás, pollenszórás kezdetét, hanem időtartamát is befolyásolja, és hatással van a légköri pollenkoncentrációra. 1990 óta 20 nappal hosszabbodott meg Észak-Amerikában a pollenszórás és 21%-kal nőtt a légköri pollenkoncentráció. Az ember befolyását a szezonok változásában 50%-nak, míg a koncentráció trendjének változásában 8%-nak állapították meg (Anderegg *et al.*, 2021). 1961 óta a haszonnövények területe átlagosan 1,5%-kal nőtt a fejlődéssel, viszont a méhektől való függés is emelkedett az évek során a mezőgazdaságban (Aizen *et al.*, 2008). Emellett egy lassú növekedés tapasztalható a világ mézprodukciónak is. Az elmúlt 50 évben a méhcsaládok száma 45%-kal nőtt (Aizen and Harder, 2009). A klímaváltozással megjelenő problémákban és a méhekre gyakorolt számos hatással kapcsolatban nagy egyetértés tapasztalható, mind méhészeti, mind mezőgazdasági részről (Menzel *et al.*, 2006; Hegland *et al.*, 2009; Lever *et al.*, 2014; Goulson *et al.*, 2015). A klímaváltozás hatásait az IPCC jelentések szenáriói (A1F1) alapján a mézprodukciónak és a

méhészetekre is elvégezték, ahol 14,5%-os csökkenést prognosztizáltak 2094-2099 között (Rader et al., 2013). Eredményeik a hőmérséklet emelkedése miatt a méhészetiileg aktív szezonnak a kitolódásával számolnak az elkövetkezendő évekre nézve (Langowska et al., 2017). Továbbá a tavaszi időszakban bekövetkező vegetációs változások is erős korrelációt mutatnak a felmelegedéssel Európában (Menzel et al., 2006). Ezek az eredmények azzal is magyarázhatóak, hogy a klímaváltozás csökkenti a gyűjtési képességet, a fejlődés mértékét (Le Conte and Navajas, 2008) és befolyásolja a mézhozamot (Schweitzer et al., 2013). Egy nagyobb kora tavaszi szaporulat egy hidegebb periódus alatt akár a család életébe is kerülhet (Le Conte and Navajas, 2008). Yildiz és Özilgen kiszámolták a kapcsolatot a méhek gyűjtése, a mézhozam és a környezeti változók között, mint a légnyomás, hőmérséklet, szélsőségek, O₂ fogyasztás és CO₂ termelés (Yildiz and Özilgen, 2019). Mialatt a dolgozók gyűjtés közben energiáikat felhasználják, a maximum szén-dioxid- és anyagcserével kapcsolatos hőkibocsátás napsütéses időben 15 °C léghőmérsékleten volt észlelhető, míg a minimum 35 °C-on volt. 3000 méh 1 kg méz előállításához összesen 10,022 kJ/kg energiát használt fel, amikor a léghőmérséklet 35 °C volt, míg 15 °C-on -3,224 kJ energiát használtak fel naponta. A befektetett munka a gyűjtésben a szélsőségekkel is növekszik. A melegebb és a szárazabb periódusok nagy hatással lesznek a mézre, a pollenre, a szaporulatra és a méhpopulációra (Flores et al., 2019). Számos időjárási esemény, különösképp a magasabb hőmérsékletek télen és nyáron, tavaszi fagyok, csökkenő csapadék vagy éppen a hirtelen lezúduló kiadós záporok ugyancsak befolyással vannak a méhcsaládokra, ezáltal az előállított méz mennyiségére (Vercelli et al., 2021). Bár a méhek rendkívül jól tudnak alkalmazkodni a hőhullámokhoz, azok 70%-kal növelhetik a gyűjtés időtartamát, és a megfigyelések alatt hőhullám idején több mint kétszer több dolgozó hordott vizet a kaptárba, ekkor 9,7 %-ról 19,7 %-ra emelkedett a számuk (Bordier et al., 2017).

2.8. A mézelő növények időjárásfüggése

A méz alapanyaga a nektár (Kiss, 1983), egy vizes cukoroldat, melyet a növények nektármirigye választ ki (Shuel, 1955; Nyárádi, 1958; Gulyás, 1983). A víz a nektárban a teljes súlynak a 80%-át is kiteheti (Crane, 1991). A nektár minőségét meghatározza a cukorértéke és a nektárcukrok egymáshoz való aránya, melyet cukorösszetételnek nevezünk (Lajkó, 2002a), ezeknek egy napi menete is van a külső körülmények függvényében (Szalamatova, 1986). A mézelő növények 3-80%-os cukortartalmú nektárt választanak ki. A méhek általában arról a növényről gyűjtnek, melyeknek cukortartalma legalább a 8-10%-ot eléri (Frisch, 1947;

Gulyás, 1983). Viszont a cukortartalom csapadék hatására felhígulhat, így a gyűjtési hajlam is csökkenni fog. Leghatékonyabban a méhek az 50-55% közötti cukortartalmú nektárt tudják gyűjteni, mert ha túl sűrű a nektár (85%), akkor a gyűjtés számukra már nem hatékony, mivel hígítaniuk kell (Ion et al., 2007). Az *Apis mellifera* 13,4-26,6%-os víztartalmú mézet állít elő (Crane, 1991). A nektárképződést szignifikánsan befolyásolja a talaj állapota és szerkezete, vízellátottsága, a hőmérséklet, a besugárzás, a páratartalom, a csapadék és a szél (Benedek, 1983; Gulyás, 1983; Pinzauti, 1986; Crane, 1991; Márton, 2011). A klímaváltozással járó emelkedő hőmérséklet hatással van a cukorösszetételre, és kapcsolatban áll a fenológiai fázisokkal (Bock et al., 2013). A nektárképződés viszont függ a virágoknak lombkoronában elfoglalt helyétől is. Meggy esetében például azt találták, hogy alul hígabb, míg felfelé haladva egyre cukrosabb a nektár (Orosz-Kovács et al., 1986). A nektár milyenségét és mennyiségét így meghatározza a hőmérséklet, a relatív nedvesség, a csapadék és a napsütéses órák száma. A nektár cukortartalma viszont leginkább a hőmérséklet és a páratartalom függvénye (Péter, 1968, 1971, 1978; Pinzauti, 1986). A nektárkiválasztás akkor a legbőségebb, ha az éjszakai középhőmérséklet nem csökken 18 °C alá és nappal 25 °C felett van, viszont ez az optimális hőmérséklet fajonként különböző is lehet (Shuel, 1955; Vrânceanu et al., 1988). A méhek gyűjtése összefüggésben van a nektártermeléssel, mivel főként akkor látogatják a növényt, amikor a nektárkiválasztás maximumában van. Már néhány °C-os hőmérsékletváltozás is eltérő cukortartalmat eredményezhet, így a léghőmérséklet gyűjtéssel való kapcsolata meghatározó az egyes fajoknál (Péter, 1978). A szél a párologtatás növelésén keresztül a nektármennyiség csökkenését és a cukortartalom növekedését eredményezi (Pinzauti, 1986), tehát a nektár sűrűsödését okozza (Zajácz, 2011).

A kaptárak távolsága és mennyisége nem csak a begyűjtött nektár és pollen mennyiségére, hanem az egyes kultúrnövények terméshozamára is hatással van. Sok kutatás foglalkozik a beporzók látogatási mértékével egyes virágzó növényeknél. A pillangósvirágúak (*Papilionaceae*) és az ajakosvirágúak (*Labiatae*) beporzását legnagyobb részben a méhek végzik. A méhek szerepe rendkívül nagy a gyümölcsösök beporzásánál, mivel a rovarbeporzás 80%-át a méhek végzik el. Kutatásokkal is alátámasztották, hogy a méheknek mekkora a részaránya például az almafák beporzásában. Debrecen-Pallagpusztán 95%-ot, Nyíregyházán 99%-ot, Budatéténynél 98%-ot, Százhalombattán 97%-ot képez a mézelő méhek aránya a beporzásban a virágzó almagyümölcsösökben (Benedek et al., 1976). Viszont meghatározó a kaptárak távolsága és a mennyisége is a virágoktól (Szabo, 1980). Hazai kísérletekben kimutatták, hogy a méhkaptárak távolságától függően a gyümölcsösökben az almatermés

háromszor több lett 216 méternyi távolságban, mint 2000 m távolságban (Pusztai, 1969). A sorban elhelyezett kaptárok a 150 m-ről kapott eredményekhez képest 300 m távolságban 8-18%-os, 600 m távolságban 31-44%-kal kisebb termékenyülést eredményeztek az almánál. Ehhez hasonlóan a kaptár közelsége a körte, málna, feketeribizke, lucerna, káposztarepce, napraforgó terméshozamát is elősegíti (Benedek et al., 1976), a meggyeseknél pedig akár 100-200%-os termésnövelő hatása van (Őrösi, 1955; Márton, 2011). Argentínában a grépfrút beporzását az *Apis mellifera* 95%-ban végezte, más rovarok és állatok között (Chacoff and Aizen, 2006). Az *Apis mellifera* látogatási frekvenciája lineárisan csökken az erdőállomány szélétől távolodva. Az erdőtől távolodva 1000 méterre a látogatási ráta körülbelül már a felére csökkent (Chacoff and Aizen, 2006). A méhlegelőtől távolodva a mézelő méhek gyűjtése erősebb korrelációt mutat a távolsággal (Steffan-Dewenter et al., 2002). Ezentúl a növények nemisége is meghatározó a gyűjtésnél. Néhány kutatási eredmény arról számol be, hogy a nőivarú virágokról a méhek döntően nektárt, míg a hímivarú virágokról pollent gyűjtenek (Greenleaf and Kremen, 2006). Másrészt érdemes megemlíteni, hogy nem mindig csak a háziméhek a meghatározók a beporzásnál, így több kutatás is a vadméheknek a jelentőségére hívja fel a figyelmet, mert egyes esetekben sokkal produktívabbak lehetnek háziasított változatukkal szemben (Kremen et al., 2002; Greenleaf and Kremen, 2006). A diverz beporzó közösségek kínálják a legjobb és legstabilabb beporzást, mivel sokkal stabilabbak és szélesebb a klímatoleranciájuk (Steffan-Dewenter et al., 2002; Ricketts et al., 2008).

Magyarországon a legfontosabb mézelő növény az akác (*Robinia pseudoacacia*) (Keresztesi, 1977; Rédei et al., 2011) és a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) (Zajác, 2011). Más ugyancsak meghatározó pollen- és nektártermelő növények Magyarországon a virágzásuk szerint időrendben: a medvehagyma (*Allium ursium*), repce (*Brassica napus* L.), hárs (*Tilia* spp.), szelídgesztenye (*Castanea sativa* Mill.), facélia, másnéven mézontófü (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), selyemkóró (*Asclepias syriaca* L.) és aranyvessző (*Solidago canadensis* L.) (Farkas and Zajác, 2007).

2.8.1. Akác (*Robinia pseudoacacia*):

A *Robinia pseudoacacia* a 17. század elején Észak-Amerikából behozott fajként jelent meg Magyarországon. Mára meghonosodott a területen, és szinte mindenhol megtalálható. A Nyírségben és a rossz termőképességű területeken főként a homokos talaj megkötésére ültették, de a méhészetnek is nagyon kedvező (Rédei et al., 2011). A fehér akác behurcolt, invazív faj, Magyarországon az 1720-as években jelent meg, és 1983-ra 276 000 ha-on volt jelen, amivel a

teljes erdőállomány 18%-át képezte (Keresztesi, 1983). Állományában 30-35 méter magasra növő fa, melynek pillangós virágai fűtökben nyílnak. Számukra két fenofázis különösen fontos, amely az akác rügyfakadása április második felében, és virágzása május közepe és június közepe között. Másodvirágzása szeptemberre esik, viszont ennek méhészeti értéke rendkívül csekély (Mihály and Botta-Dukát, 2004). 2012-ben a Magyarországi erdőállomány 24%-át képezte (463 ezer hektár). A NYÍRERDŐ Zrt. területén végzett kutatásban a virágzást 6 szakaszra, míg a virágmennyiséget 3 kategóriára bontották. Átlagosan a Nyírerdő Zrt. területén a virágzás hossza közel 13 nap volt. A virágzás hosszát az időjárás rendkívül befolyásolta. Az esetleges időjárási szélsőségek elleni védekezés céljából fontosnak tartották, hogy több fajt ültessenek, ezáltal megnöveljék a hordás időszakát (Csiha et al., 2014).

A méhek legproduktívabb időszaka áprilistól szeptemberig tart (Farkas and Zajác, 2007), amelyek közül a legfontosabb az akácvirágzás, mivel a *Robinia pseudoacacia* virágjából az egyik legtisztább és legegyneműbb mézet készíthetik (Keresztesi, 1977). Viszont a fehér akác virágzásának időpontja is rendkívül erős kapcsolatot mutat a talajjal és az időjárási tényezőkkel (Hazslinszky, 1952), különösképp a hőmérséklettel. Virágja rendkívül fagyérzékeny, és a szélcsendes idő kedvez mézelésének (Hazslinszky, 1952). Az akác fenológiája alapján 0,2 °C-os pontossággal becsülhető a tavaszi középhőmérséklet egy Magyarországon készült 1998-as kutatás szerint, amely miatt alkalmazható bioindikátorként (Walkovszky, 1998; Chmielewski et al., 2005). Az akác rügyfakadása akkor következik be, ha a megelőző 20-25 nap napi középhőmérséklete 3 °C-nál magasabb és a napi maximumhőmérséklet 10 °C felett van. A virágzás kezdetéig 28-33 olyan nap szükséges, amikor a napi minimumhőmérséklet 4 °C felett van. Hegyfokó Kabos megfigyelései alapján az akác virágzása akkor kezdődik, amikor a megelőző 50 napnak a hőösszege $609\text{ °C} \pm 12\text{ °C}$ (Vadas, 1911). A jó vízáteresztő, levegődús talajokat kedveli, ahol a talajvíz legmagasabb állása 100-120 cm mélyen van. Évi 600-700 mm csapadék elegendő az akác nedvességigényének kielégítésére. Tápanyagigénye kicsi. Legoptimálisabb számára a Ramann-féle barna erdőtalaj, a rozsdabarna erdőtalaj, a csernozjom talaj (Mihály and Botta-Dukát, 2004), viszont a homoktalaj is kedvező tulajdonságokkal bír (Hazslinszky, 1952). Az akác nektárképződése szempontjából optimális a szélcsendes, 20-25 °C-os nappali hőmérséklet és a párás, 80-90%-os páratartalmú környezet. Az akác cukortartalma évről évre 18-66% között változik. A legjobb években, ha a feltételek adottak, az akácmézhozam akár 50 kg felett is lehet, viszont gyengébb években alig éri el az 5-10 kg-ot (Márton, 2011). Az akác legjobban akkor mézel, ha az éjszaka a hőmérséklet nem túl alacsony, legalább 15 °C-os, és a nappalok 25 °C vagy afölötti

léghőmérsékletűek (Kardos, 1974; Sajermann, 1983), emellett közepesen nedves a levegő, borult és szélcsendes az időjárás (Farkas and Zajácz, 2007). A fagykár, a szeles, hűvös, csapadékos időjárás negatív hatást eredményez. Az átlagos napi növekmény a hordás elején és végén 1-2 kg, a köztes időszakban viszont 8-10 kg is lehet. Az akác homoktalajon jól mézél, de befolyásolja a napfény, a levegő nedvességtartalma, a köd, a talaj nedvességtartalma és a hőmérséklet is. Kedvező a nappali magasabb és az éjszakai alacsonyabb hőmérséklet, mivel a növény nappal cukrot termel, éjszaka pedig fogyaszt. Az alacsonyabb hőmérséklet csökkenti az éjszakai cukorfogyasztást. A levegő nedvességtartalma a nektár sűrűségére hat. A páratartalom és a nektár mennyisége között pozitív kapcsolat van, viszont cukortartalma csökken a hígulás miatt (Őrösi, 1955). Az akác mézélése függ attól, hogy a talaj az előző év végén és tavasszal mennyi csapadékot kapott (Sajermann, 1983). Ha a talajközeli hőmérséklet 13-14 °C, az akác már képes nektárt képezni. Józsa (1978) szerint az északi szél negatív hatással vannak a nektárprodukciónra, mivel a virágokat kiszárítja. A nedves, meleg, déli légtömegek azonban sokkal jobb feltételekkel szolgálnak. A késő tavaszi fagyok viszont a virágzásra és a nektárhozamra is nagy hatással vannak (Sajermann, 1983).

Az éghajlatváltozás nyomán követésére egyre nagyobb az érdeklődés az utóbbi években a fenológiai modellekre, jelen esetben a fehér akácra. Az éghajlatváltozás hatásai kedvezőek az akác növekedésének szempontjából (Yang *et al.*, 2006). Magyarországon az 1950-2000-es évek között megfigyelt fajok, többek között a *Robinia pseudoacacia*, évtizedeként átlagosan 1,9-4,4 nap eltérést mutattak a virágzás kezdetében. Számos faj viselkedését befolyásolják a NAO index (Észak-atlanti Oszillációs index) késő téli értékei (Szabó *et al.*, 2016). Más kutatások szerint az akác évenként 1,5-2 nappal virágzott korábban (Walkovszky, 1998) és a fenofázisok akár 3-27 nappal korábbi bekövetkezésére számítanak 2050-re (Yang *et al.*, 2006). A hőmérséklet növekedése a fehér akác vegetációs időszakának hosszabbodását eredményezi. A hőmérséklet ezentúl befolyása a legerősebb a virágzás kezdetére (Xu *et al.*, 2004), különösen a tél végi, tavaszi, a virágzást megelőző 20-80 napos időszakban (Lu *et al.*, 2006). Egy magyarországi kutatásban a hazai mérőhálózat fenológiai és meteorológiai adatait használták fel, ahhoz, hogy megvizsgálják az akác fenofázisainak reakcióit az egyes környezeti hatásokra. Eredményeik azt mutatták, hogy az országban 2 hetes ingadozása van a lombosodásnak. Növekvő trendet mutattak ki az akác lombosodás-virágzás időszakának hőösszegében és a fenofázis hosszában (Varga *et al.*, 2012).

2.8.2. Napraforgó (*Helianthus annuus L.*)

A méhlegelő, nektárt termelő növények közül a második legjobban mézelő növény a napraforgó. Magyarország éghajlati adottságai rendkívül kedvezőek számára, mivel virágzási periódusában meleg és csapadékos időjárást igényel (Frank, 1999). A napraforgó virágzási idejéről eltérőek a vélemények. Általában július-augusztus hónapokban 5-10 hétig virágzik, amely június végétől augusztus elejéig tart (Ludányi and Szalai, 1989). Virágzása a tányértől, táblától függően, 1-2 héttől akár 3-5 hétig is eltarthat (Free, 1970; Benedek, 1983).

Tapasztalatok szerint a napraforgó akkor mézel jól, ha a nappali középhőmérséklet 22-24 °C között alakul, a páratartalom 50-80%-os, és a talaj vízkészlete megfelelő (Márton, 2011). Nagyobb hőmérsékleti tartományt állapítottak meg a napraforgó hibridek nektártermelésére, amely a 20-25 °C napi középhőmérsékleten a legkedvezőbb (Zajác, 2011). A kis hőingás, a magas páratartalom és az eső kedvező hatással van a napraforgó nektártermelésére (Gulyás, 1981). A 26-27 °C-nál magasabb nappali hőmérséklet visszaveti a napraforgó nektártermelését, de a magasabb hőingás kevésbé viseli meg (Vrânceanu, 1977; Antal, 2000; Pepó, 2005). Viszont a nektárképződést befolyásolja, hogy mekkora parcellában és milyen hibridek vannak jelen (Zajác, 2006, 2011; Zajác et al., 2006). A legjobb gyűjtést a nagy parcellákban való telepítést eredményezte (Ruff, 1991). A tenyészidőszakban 5 °C feletti hőmérsékletet, 1900-2500 °C aktív hőösszeget és 1100-1400 napsütéses órát igényel (Lesznyák et al., 2007). Eltérő eredmények voltak Morva kutatásában (Morva, 1977), ahol azt állapította meg, hogy a napraforgó mézelését kedvezően befolyásolja, ha a maximumhőmérséklet 30 °C felé emelkedik. A hőmérséklet növekedésével fokozódik a cukorkoncentráció a nektárban (Szabó, 1984; Jakobsen and Kristjánsson, 1994), illetve a páratartalom növekedése a nektár hígulását okozza (Shuel, 1955; Frank and Kurnik, 1970; Péter, 1978; Zajác, 2011). Zajác Edit kutatásában a napi középhőmérséklet nem befolyásolta szignifikánsan a nektármennyiséget, viszont minden egyéb paraméterre hatással volt (Zajác, 2011). A napraforgó hibridek 20-24,9 °C-on termelték a legtöbb és leghígabb nektárt, átlag alatti cukorértékkel. 25-29,9 °C között szignifikánsan sűrűbb és jobb cukorértékű nektárt adtak. A nektár cukortartalmának varianciáját a napi középhőmérséklet 50%-ban határozta meg ($R=0,708$), míg a többi hőmérsékleti paraméter (min, max, nektárvétel órájában mért hőmérséklet) nem mutatott szignifikáns változást. A páratartalom és a cukortartalom között egy közepesen erős negatív kapcsolatot állapított meg ($R=-0,509$). A páratartalom 18%-os emelkedése a virágokban termelődött nektármennyiséget 13%-kal növelte és 11%-kal hígította. Az átlagos napi páratartalom és a napraforgó nektármennyisége között szoros pozitív összefüggést talált

($R=0,808$), amely a nektármennyiség növekedésében 65,4%-ot jelentett, a napi maximum páratartalom pedig 58,2%-ban befolyásolta alakulását. (Zajác, 2011). A napfénytartam és a nektárkiválasztás között is szoros összefüggés van (Shuel, 1955). Borult, hűvös (12-16 °C, 46-55% páratartalom) időben kisebb cukorértékű, de nagyobb mennyiségű nektárt termelnek a növények, így hígabbá válik a nektár (Péter, 1978; Nicolson and Nepi, 2005). A legkevesebb nektár a napi 10-12 óra napsütés esetén termelődik a virágokban, átlag feletti cukorkoncentrációval. A napfénytartam és a cukortartalom között gyenge pozitív kapcsolatot találtak ($R=0,384$) (Zajác, 2011). A csapadék a nektár mennyiségében okoz változást. Napraforgónál 3-8 mm csapadék 10-15%-kal hígabb nektárt eredményez (Péter, 1978). Egy másik kutatás szerint viszont a nektárhozamra csak a 18 mm-nél több csapadék volt kedvező hatással, az ennél kevesebb statisztikailag nem befolyásolta a nektárprodukciónak a változását (Zajác, 2011). A csapadék és a nektárhozam gyenge pozitív kapcsolatot mutatott ($R=0,221$), 15 mm csapadék mintegy 7%-kal hígabb nektárt eredményezett a csöves virágokban. A csapadék szignifikánsabb befolyásolta a cukorértéket is, a legjobb cukorértékű nektárt 2,1-8 mm csapadék esetén termelték a virágok (Zajác, 2011). A napraforgó rendkívül jól alkalmazkodik a termőtalajhoz, és jól alkalmazkodik a szárazsághoz, köszönhetően a gyökérzetének, amely mélyebben lenyúlva jól hasznosítja a tavaszi-őszi időszakban hullott csapadékot (Vrânceanu, 1977; Antal, 2000; Pepó, 2005). A napraforgó a gyengébb vízgazdálkodású talajon nyújt magasabb nektártermelést (Szentés, 2003a), ha a tenyészidőszak megfelelő mennyiségű csapadékot kap. Ha a talaj megfelelő vízellátottságú, akkor a hőségnapokon is van nektárképződés (Zajác et al., 2006). A talaj tápanyagellátottsága is fontos szerepet játszik a nektárképződésben (Shuel, 1955; Gulyás and Halmágyi, 1965). A humuszos homoktalajon átlagosan magasabb nektármennyiségről számolnak be, mint az agyagos vályogtalajon (Szentés, 2003a, 2003b), míg egy másik vizsgálatban ellenkező eredményeket kaptak (Bujáki and Horváth, 2001). Tapasztalatok szerint a szárazság a virágzás idejét elnyújtja (Nyárádi, 1958), míg a magas napi hőmérséklet csökkenti, a nedves idő pedig növeli a virítás idejét (Lajkó, 2002b). A virágzás tartama szempontjából a napi középhőmérséklet és a virágzás kezdetén a napi minimumhőmérséklet is fontos tényező (Vrânceanu, 1977). Méhészeti szempontból rendkívül meghatározó az egyes tányérok mérete. A méhek a nagy tányératméről és több csöves virágot fejlesztő virágokat látogatják szívesebben, melyeket befolyásolja a fajta, csapadék, tápanyagellátottság, állománysűrűség (Vrânceanu, 1977; Frank, 1999). Tehát a napraforgó mézelését a talaj, a hőmérséklet és a nedvesség is befolyásolja. A napraforgó csöves virágai egyenként 2-3 napig nyílnak, egy napraforgótábla 3-5 héten keresztül virágzik. Egyidejűleg 3-7 virágkör van porzós állapotban, így a rendkívül bőséges pollenforrások egyike.

A méhlátogatottság és a hőmérséklet között pozitív kapcsolatot mutattak ki ($R=0,671$) (*Benedek et al.*, 1976). Egy 2002-es horvátországi kutatás szerint a látogatottság 20-25 °C-nál, és 65-75%-os páratartalomnál volt a legnagyobb. A csapadék negatív hatással volt a méhlátogatottságra. Erős pozitív korreláció volt a középhőmérséklet, valamint a napi maximumhőmérséklet és a méhlátogatottság között. A magas páratartalom, csapadék, a szél és az alacsony hőmérséklet negatív hatással volt a napraforgóvirágok látogatására (*Puškadija et al.*, 2007). A napraforgó nektártermelése egyes vizsgálatokban erősnapi menetet mutatott, délelőtt és dél körül magasabb a látogatottság (*Szalamatova*, 1986), amelynek maximuma délelőtt 9 és délután 13 órakor volt (*Pesti*, 1976), míg más vizsgálatokban 10-14 óra között következett be (*Hedtke*, 1997). Más eredmények is 11, 13 órai intenzív hordásról számoltak be (*Parker*, 1981). 1996-ban publikált eredmények szerint a hordás 5 óra 30 perckor kezdődik és 20 órakor fejeződik be (*Bienefeld et al.*, 1996). A napraforgó mézproduktuma az agyagos vályogtalajon átlagosan 16-18 kg családonként (*Szentes*, 2003a). Hazánkban jelenleg a napraforgó méztermelése az 1990-es évekhez viszonyítva sokkal magasabb, amely a megfelelő hibridekkel és a nagyobb táblákban való termesztéssel magyarázható (*Zajác*, 2011). A 2000-es években viszont volt egy visszaesés, amelyet a kedvezőtlen időjárással magyaráztak. Az okokat a túl magas hőmérsékletben, a szárazságban és a homoktalaj vízkészletében keresték (*Szalai* *et al.*, 2001). A napraforgóról pergethető mézhozamot igen jelentősnek találták már az 1990-es években is, viszont sok eltérő eredményről számoltak be évenként és tájegységként

2.9. Összefoglalás

A fejezetben áttekintettem a méhészeti és a meteorológiai változók közötti kapcsolat széles hazai és nemzetközi szakirodalmát. Konszenzus tapasztalható azt illetően, hogy az időjárás mind a nektártermelő növények fenológiáján, mind a méhek viselkedésén keresztül jelentős hatást gyakorol a méztermelésre. A kapcsolat statisztikai erősségét, az egyes állapothatározók fontosságának sorrendjét, illetve a környezeti tűréshatárokat illetően azonban az egyedi méréseken, kiválasztott helyszíneken alapuló tanulmányok eredményei nem mindig vannak összhangban, illetve az eltérő módszertan miatt nem mindig összehasonlíthatók. Emiatt a témában, bár nagy mennyiségű információ áll rendelkezésre, az egységes kép kialakítása nehéz. Az 1-2. táblázatban összefoglalom a felhasznált szakirodalmi források főbb megállapításait az optimális környezeti állapotra (1. táblázat), illetve az időjárási és a méhészeti változók közötti kapcsolat erősségére (2. táblázat) vonatkozóan.

1. táblázat: A méhészeti és meteorológiai változók kapcsolata

Forrás	Méhészeti változó	Meteorológiai változó
(Lundie, 1925)	Nektárgyűjtés	Optimális hőmérséklet 18-25 °C
	Nektárgyűjtés	Hőmérséklet felső határa 35 °C
	Repülés	Befolyásoló szélsébség 16 km/h
(Abou-Shaara, 2014; Abou-Shaara et al., 2017)	Nektárgyűjtés	Hőmérséklet 10 °C és 40 °C között
(Faluba, 1983; Márton, 2011)	Nektárgyűjtés	Befolyásoló szélsébség >5 m/s
(Jiang et al., 2016)	Aktivitás maximuma	Átlagos napi hőmérséklet > 15 °C és 60-70 %-os páratartalom
(Rader et al., 2016)	Aktivitás maximuma	Hőmérséklet 24-30 °C
(Burrill and Dietz, 1981)	Kirepülés	Minimum hőmérséklet 9 °C
(Lundie, 1925; Órösi, 1955; Abou-Shaara et al., 2017)	Kirepülés	Minimum hőmérséklet 10 °C
(Valló, 1914; Heinrich, 1996)	Tisztító repülés	Minimum hőmérséklet 10- 12 °C
(Órösi, 1955; Márton, 2011)	Akác nektárképződése	Optimális hőmérséklet 20-25 °C és Optimális páratartalom 80-90 %
(Kardos, 1974; Sajermann, 1983)	Akác nektárképződése	Éjszakai hőmérséklet ~ 15 °C és a nappalok hőmérséklete >25 °C borult és szélcsendes időjárás esetén
Suhayda (1966) (Farkas and Zajác, 2007)	Akác nektárgyűjtés	Minimum hőmérséklet >20 °C
(Puškadija et al., 2007)	Napraforgó nektárgyűjtés	Optimum hőmérséklet 20-25 °C Optimális relatív légnedvesség 65-70%
(Márton, 2011)	Napraforgó nektárképződése	Optimális nappali középhőmérséklet 22-24 °C és 50-80 %-os páratartalom
(Zajác, 2011)	Napraforgó nektárképződés	Optimális átlagos napi középhőmérséklet hőmérséklet 20-25 °C
(Vrânceanu, 1977; Antal, 2000; Pepó, 2005)	Napraforgó nektárképződése	Optimális nappali középhőmérséklet 22-24 °C
(Puškadija et al., 2007)	Napraforgóvirág látogatottság	Optimális hőmérséklet 20-25 °C és Optimális páratartalom 65-75%
(Órösi, 1955; Faluba, 1983; Southwick and Heldmaier, 1987; Bujok et al., 2002; Kleinhenz et al., 2003)	Fiasítás	Hőmérséklet a kaptárban 34-35 °C, ahol 32-36 °C még elfogadható
(Fahrenholz et al., 1989)	Fészek	Hőmérséklet a kaptárban 33,8-37 °C
(Cook et al., 2018)	Fiasítás	Hőmérséklet a kaptárban 34,5-35,5 °C
(Órösi, 1955; Human et al., 2006)	Fiasítás	Páratartalom a kaptárban 40%
(Crane, 1991)	Fiasítás	Páratartalom a kaptárban 35-45%
(Doull, 1976)	Fiasítás	Páratartalom a sejtek alján a fiasításnál 90-95%
(Ferrari et al., 2008)	Rajzás	A fészek hőmérséklete 33 °C-ról 35 °C-ra nő majd utána lecsökken 32 °C-ra
(Stabentheiner et al., 2003)	Telelőfűrt	Hőmérséklet 20-35 °C
(Fahrenholz et al., 1989)	Telelőfűrt	Átlagos hőmérséklet 21,3 °C (min. 12,0 °C; max 33,5 °C)
(Órösi, 1955)	Telelőfűrt	Hőmérséklet 16-25 °C (ha nem petél az anya)

2. táblázat: Statisztikai kapcsolat a méhészeti és a meteorológiai változók között

Forrás	Méhészeti változó	Meteorológiai változó	Értéke
(Benedek et al., 1976)	Napraforgóvirág méhlátogatottság	Hőmérséklet	R=0,67
(Bordier et al., 2017)	Gyűjtés időtartama	Hőhullámok	70%
(Brittain et al., 2013)	Látogatási frekvencia	Erős szél	$\chi^2=23,19$
(Burrill and Dietz, 1981)	Kirepülési szándék	Napsugárzás	R=0,87
		Hőmérséklet	R=0,71
		Páratartalom	R=-0,65
(Clarke and Robert, 2018)	Gyűjtési szándék	Hőmérséklet	R=0,83
		Napsugárzás	R=0,81
		Hőmérséklet és a napsugárzás	78%
		Csapadék és a gyűjtési szándék	R=-0,74
(Devilleers et al., 2004)	Gyűjtési szándék	Hőmérséklet és a napsugárzás	R ² =0,62-0,72
(Hambleton, 1925)	Kolónia súlyának változása tavasszal	Hőmérséklet	R=0,75
		Napsütéses órák száma	R=0,61
		Hőmérsékletingadozás	R=0,6
		Napsugárzás	R=0,55
		Páratartalom változása	R=0,42
		Átlagos relatív légnedvesség	R=-0,38
(He et al., 2016)	Gyűjtési időtartam	Következő nap időjárása	F=47,38; P <0,001
(Holmes, 2002)	Mézhozam változékonysága	Időjárás	80%
(Rader et al., 2013)	mézprodukción	AIFI scenárió szerint 2094-2099 között	14,5%-os csökkenés
(E. E. Southwick and Moritz, 1987)	Védekező viselkedés	Hőmérséklet, légnedvesség, légnyomás, napsugárzás intenzitása és a szélsébség	92%
(Szabo, 1980)	Repülési aktivitás	Hőmérséklet	R=0,53-0,95
	Kolónia súlya	Szélsébség, napsugárzás intenzitása, hőmérséklet és a relatív légnedvesség	R=0,49-0,84
(Yildiz and Özilgen, 2019)	Gyűjtés entrópiája	A hőmérséklet emelkedése	90%-os növekedés
(Zajác, 2011)	Napraforgónektár cukortartalma	Napi középhőmérséklet	R=0,7; 50,2%
		Páratartalom	R=-0,51
	Napraforgó nektármennyisége	Átlagos napi páratartalom	R=0,81; 65,4%

3. Felhasznált adatok és módszerek

3.1. Felhasznált adatok és mérési helyszínek

A dolgozatban Debrecen környéki családi méhészetünkben mért méhészeti változók időjárásfüggését vizsgáljuk. A meteorológiai adatokhoz az Országos Meteorológiai Szolgálat éghajlati adatsorát használtuk Debrecen városra vonatkozóan. Az állomás napi adatai 1901-től napjainkig érhetőek el. Az adatsor tartalmazza a napi közép- [°C], minimum- [°C] és maximumhőmérsékletet [°C], a napi csapadékösszeget [mm], a csapadék fajtáját, a napfénytartam napi összegét [óra] és a globálsugárzás napi összegét [J/cm^2].

A napi maximumhőmérséklet definíció szerint az előző nap 18 UTC és az aktuális nap 18 UTC között mért legnagyobb hőmérséklet, a napi minimumhőmérséklet pedig ugyanebben az időszakban előforduló legalacsonyabb hőmérséklet. A napi csapadékösszeget az adott nap 6 UTC-től másnap 6 UTC-ig mérték. A globálsugárzás napi összege és a napfénytartam napi összege az adott napra vonatkozik. [1-met.hu] Az éghajlati adatsorból származtattuk a fagyos napok számát, hőségnapok számát és a száraz napok számát. A fagyos nap feltétele, hogy a napi minimumhőmérséklet negatív legyen. Hőségnapnak tekintettük, ha a napi maximumhőmérséklet meghaladta a 30 °C-ot. Továbbá a száraz napok számát is meghatároztuk, melyeknél a napi csapadék 0 mm volt. Mivel a kaptársúlyra vonatkozó adatok nem egyenletes időközönként álltak rendelkezésre, a napi átlagos kaptársúlyt a két mérés közötti időszak átlagos meteorológiai állapotjelzőivel vettem össze.

A méhészeti adatsor Debrecen vonzáskörzetéből, Nagycsere tanyáról (É.sz. 47°32'21,27", K.h. 21°45'31,01", körülbelül 120 méter tengerszint feletti magasságon), egy biharugrai napraforgótáblától (É.sz. 46°58'44,32", K.h. 21°33'29,36") és Szepesről (É.sz. 47°28'40,6", K.h. 21°35'35,8") származik, melyet 2016.06.14-től rögzítettünk. Az összegyűjtött adatok tartalmazzák a méhészeti időszak megjelölését A-tól F-ig, melyet a méhállomány fejlettségétől és a vegetációs periódustól függően naponta határoztunk meg Faluba Zoltán definíciói alapján (Faluba, 1983). Továbbá mértük a kaptársúlyt [kg], a kiépített keretek számát, a fias keretek számát, a mézes keretek számát, a műlépes keretek számát, a gyógyszeres kezeléseket, a cukorszirupos etetések [liter], a pergetések során elvett mézet [kg], mely a mézhozamnak felel meg, és a vegetáció állapotát. A kaptársúlyt egy digitális mérleggel reggel vagy este mértük, mikor a méhek már a kaptárban voltak. A pergetések során a kaptársúly növekményét vettük figyelembe, mivel ha a napi hordás 1 kg-on alul van, akkor már célszerű elszedni a felesleget (Zseltyay, 1941).

A biharugrai telephelyen lévő mintavétel 2017-ben 06.27-től 07.31-ig, 2018-ban 06.20-tól 08.09-ig, 2019-ben 07.11-től 08.02-ig tartott. Következő évben a méheket Szepesre szállítottuk 2020.05.15-től 2020.08.04-ig. A megjelölt időszakokon kívül a méhek Nagycsere telephelyen lettek elhelyezve. 2019.01.09-től rakodókaptárra váltottunk NB 18 keretes fekvő kaptárról (ÖMKI, 2015), így az adatbázisban új változókat vettem fel, melyek a fél NB keretek száma, és a fél fiókok száma (4-5. ábra). 2020.03.06-tól a telephelyen elkezdünk csapadékot is mérni. A méréshez egy egyszerűbb mérőedényt választottunk, amelyet a felszíntől 1,5 méterre helyezve lehetőség szerint legalább 2-3 naponta leolvastunk a szezon alatt (3. ábra).



3.ábra: Csapadékmérő edény



4. ábra: 18 keretes fekvő kaptár és rakódó kaptár fiókja tele félkeretekkel



5. ábra: Képzett NB és képzett fél NB keret

3.2. Módszerek

A méztermelés és az időjárás közötti kölcsönhatások vizsgálatához korrelációs számításokat és Granger-tesztet végeztem. Két valószínűségi változó függőségének és a kapcsolatok erősségének méréséhez számítottam ki a korrelációt, mivel ez a mintából könnyen becsülhető. A korrelációs hányados az x és y változó kovarianciájából és a szórásuk ($\sigma_x \sigma_y$) szorzatából áll elő, amelyeknek hányadosát képezzük. A két változó korreláltságából függőségükre tudunk következtetni. A hányadost ρ -val jelöljük az alábbi egyenletben.

$$\rho = \frac{\text{Cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1)$$

A Pearson-korrelációs hányados, melyet R -el jelölünk, egy egyszerűbb eljárás két folytonos minta kapcsolatának vizsgálatára, amelyet ugyancsak a kovarianciával és a szórással állítunk

elő. A Pearson-korrelációt lineáris kapcsolat szorosságának méréséhez használjuk, amely a következőképp áll elő:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

ahol:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (3)$$

A Pearson-korrelációs hányados $\{-1\} - \{1\}$ zárt intervallumon értelmezett, ahol, ha negatív kapcsolat van a két változó között, akkor $R < 0$, pozitív kapcsolatnál $R > 0$. Az $R = 1$ tökéletes lineáris kapcsolatról árulkodik (Dévényi and Gulyás, 1988; Matyasovszky, 2002). A Spearman-korrelációs hányados egy sorrenden alapuló változata a Pearson korrelációs hányadosnak, másnéven rangkorrelációnak is hívjuk. Ekkor a monoton kapcsolat szorosságát mérjük (Zar, 2005). A minta, vagy a becslés korrelációs hányadosa a következőképpen írható fel:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n ((rank(x_i) - \overline{rank(x)})(rank(y_i) - \overline{rank(y)}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (rank(x_i) - \overline{rank(x)})^2 \sum_{i=1}^n (rank(y_i) - \overline{rank(y)})^2}} \quad (4)$$

ahol a $rank(x_i)$ és $rank(y_i)$ a megfigyelések sorrendje a mintában. A Spearman-korreláció abban különbözik a Pearson-korrelációtól, hogy a hányados értéke nem csak lineáris, hanem nemlineáris, de monoton pozitív kapcsolat esetén is egyenlő eggyel (Chok, 2008; Hauke and Kossowski, 2011). Mivel a korrelációhoz a mintában független és azonos eloszlású valószínűségi változók szükségesek, ami a méhészeti és időjárás változók esetében ritkán teljesül, így a kapcsolat szorosságának helyes meghatározásához a Granger okozati tesztet végeztem el. A teszt két vagy több állapotváltozó között vizsgál meg kapcsolati viszonyt egy idősorban (Edward E. Leamer, 1985; Zhang, 2019). A teszt során valójában nem ok-okozatiságot vizsgálunk, hanem azt, hogy egy adott idősor hogyan jelezhető előre a másik idősor alapján. Azt vizsgáljuk, hogy az x sorozatnak egy változója milyen mértékben magyarázza y egy másik értékének változását. Másképpen, hogy az x minta megelőző megfigyelései mennyiben tartalmaznak hasznos információt az y sorozat előrejelzésében. A nullhipotézisünk az, hogy az $x(t)$ meteorológiai állapotváltozó nem magyarázza az $y(t)$ méhészeti adatsor változását, tehát $x(t)$ nem okozza $y(t)$ -t a Granger-kausalitás alapján, amely akkor vetendő el, ha az F-próba során kapott empirikus érték nagyobb lesz, mint a hozzátartozó szignifikanciaérték (p-érték). Ellenhipotézisünk, hogy az $x(t)$ meteorológiai változó

magyarázza $y(t)$ -nek a változását (Granger, 1969; Cromwell et al., 1994; Jiang et al., 2015; Papagiannopoulou et al., 2017). A Granger-kauzalitás nagysága a megfelelő F statisztika logaritmusával becsülhető meg (Geweke, 1982). A Granger teszt $x(t)$ és $y(t)$ változóra:

$$y_t = \hat{y}_t + \epsilon_{1t} = \beta_{01} + \sum_{p=1}^P (\beta_{11,p}y_{t-p} + \beta_{12,p}x_{t-p}) + \epsilon_{1t} \quad (5)$$

$$x_t = \hat{x}_t + \epsilon_{2t} = \beta_{02} + \sum_{p=1}^P (\beta_{21,p}y_{t-p} + \beta_{22,p}x_{t-p}) + \epsilon_{2t} \quad (6)$$

, ahol P a figyelembe vett múltbeli megfigyelések száma és a β mátrix tartalmazza azok együtthatóit. Az ϵ_1 és ϵ_2 maradványtagok az $x(t)$ és $y(t)$ előrejelzett értékeinek hibái (Chen et al., 2004). Ha a $(\beta_{12,1}, \dots, \beta_{12,P})$ nem nullvektor és $(\beta_{21,1}, \dots, \beta_{21,P})$ nullvektor, akkor azt mondhatjuk, hogy $x(t)$ Granger okozza $y(t)$ -t. Ha $\beta_{(12,1,\dots,12,P)}$ és $\beta_{(21,1,\dots,21,P)}$ sem nullvektor, akkor függetlenség van a két adatsor között. Ha mindkét vektor nullvektor, akkor nincs Granger-kauzalitás (Kodra et al., 2011).

A Granger-kauzalitást a meteorológiában elterjedt módszerként tartják számon. Elsner a tengerfelszín és a globális felszíni hőmérséklet anomáliáit elemezte az atlanti hurrikánok nyomán (Elsner, 2006, 2007). Azt találta, hogy a tengerfelszín-hőmérséklet Granger-okozza az Észak-atlanti Oszcilláció változását (Mosedale et al., 2006). Kauffmann és Stern a Granger-tesztet annak vizsgálatára használták, hogy az északi és a déli félteke hőmérsékletének kapcsolatait elemezzék, ezáltal megállapítsák, hogy a klímaváltozásban az emberi tevékenység nagy szerepet játszott (Kaufmann and Stern, 1997). Emellett a talajnedvesség és a csapadék közötti visszacsatolás kutatására is alkalmasnak bizonyult (Salvucci et al., 2002). A CO₂ szint és a hőmérséklet közötti kapcsolat elemzésekor több cikk is a Granger-tesztet kínálja, mint alkalmas módszert az idősorok közötti kapcsolat megállapításakor (Sun and Wang, 1996). Más tanulmányok szerint azonban nincs szignifikáns Granger-okozati kapcsolat a két változó között (Toda and Yamamoto, 1995; Triacca, 2005). A különbséget az adatok különböző forrása és előkészítése okozhatja, illetve a teszt fajtájának megválasztása, mely lehet klasszikus, nemparametrikus (Hiemstra and Jones, 1994), vagy visszatevéses mintavételezésen alapuló (Hacker and Hatemi-J, 2006).

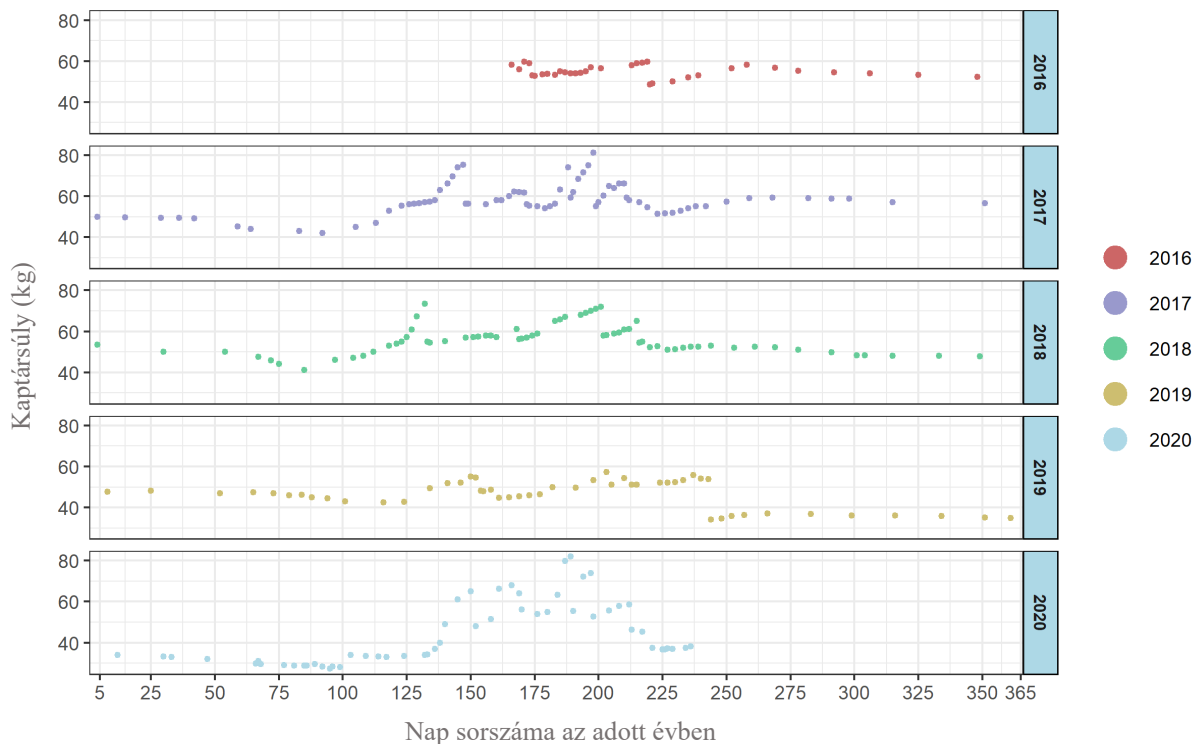
Ebben a dolgozatban a klasszikus Granger-tesztet végeztem el F próbastatisztikával. A tesztet R nyelven valósítottam meg az „lmtest” (Zeileis and Hothorn, 2002) csomag segítségével. A „grangertest” függvényt okozat ~ ok sorrendben írjuk fel. A függvényben megadhatjuk a figyelembe vett késleltetett időlépések P számát. Ha nem állítunk be „order”

paramétert, akkor a program alapbeállítás szerint a Granger-tesztet egy lépésnyi késleltetéssel számítja. A p -értéket és a hozzá tartozó szignifikanciaszintet a Wald-teszt alapján adja meg (*Lafontaine and White, 1986*). A méhészeti adatbázis tartalmazza 2016.06.14-től az egyes méhészeti paramétereket, fenológiai megfigyeléseket, és 2020.02.24-től a csapadékmérést is. Az adatok elemzését és beolvasását R nyelven készítettem el. Az ábrákat a ggplot2 (*Wickham, 2016*) csomaggal készítettem.

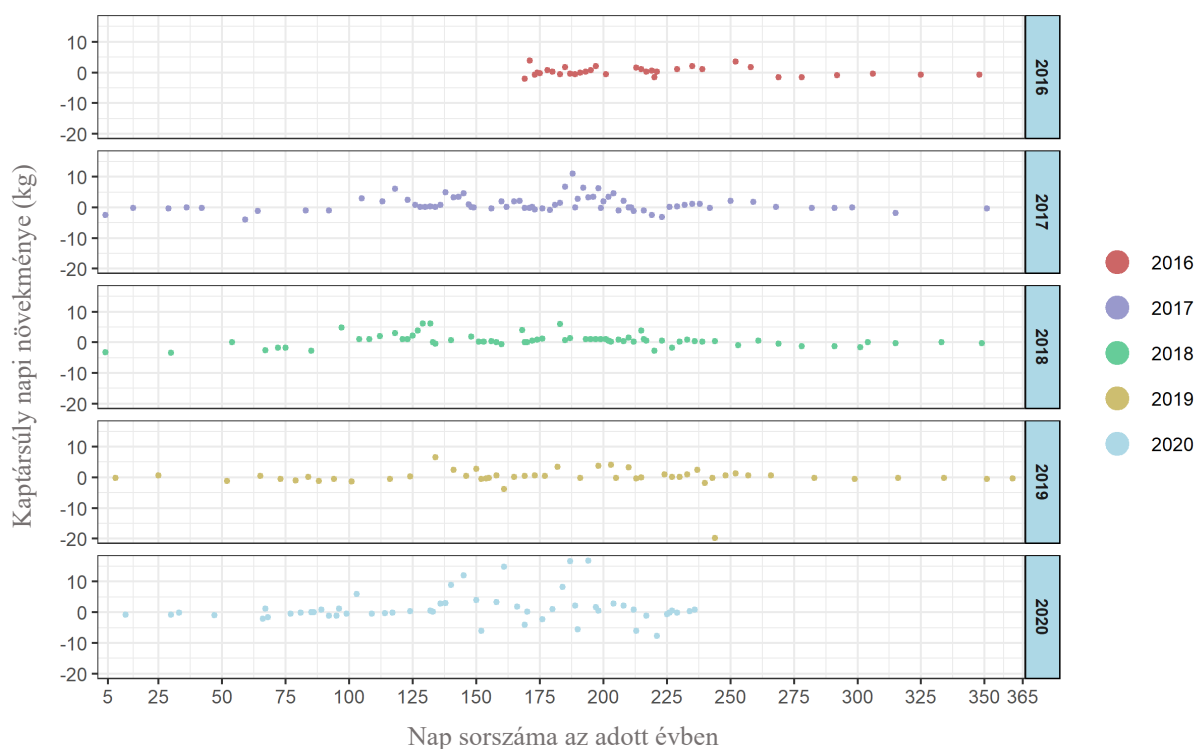
4. Az eredmények bemutatása

4.1. Mért adatok

A méhészeti mérésekből származó kaptársúly (kg) idősorai a 6. ábrán vannak feltüntetve, ahol elkülönítettem az egyes éveket. A mérések 2016.06.14-től kezdődnek. Az ábráról szembetűnő, hogy minden évben körülbelül a 100. naptól van egy erősebb emelkedés a súlyban. Ez az emelkedés az első tavaszi virágok, majd a ~125. naptól kezdve az akác virágzásának köszönhető, ahol már a fejlődés helyett a gyűjtés és a raktározás a jellemző. A nyár során a hirtelen csökkenések a pergetéseket (mézelvételt) jelölik. A ~150. nap környékén ismét felfedezhető egy váltás, ahol a vegyes virágok (hárs, tavaszi virágok, bodza) nyílnak egészen a ~175. napig, amelynél a napraforgó virágzása kezdődik. Ebben az időszakban több nagyobb csökkenés jellemző, mivel ilyenkor akár 3-4 pergetés is jellemző lehet. A gyűjtés a 225-250. napnál fejeződik be, ahonnan a méhész már a télre készíti fel a családokat.



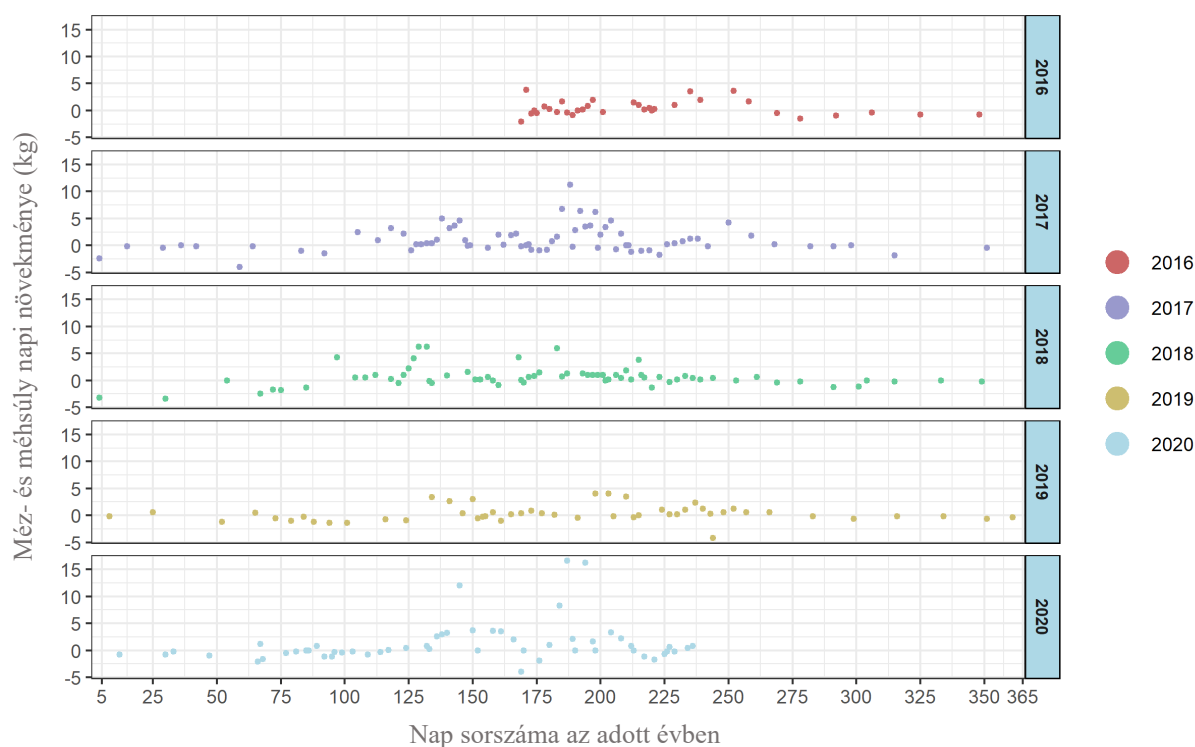
6. ábra Kaptársúly (kg) idősora 2016-tól 2020-ig



7. ábra Kaptársúly napi növekménye (kg) 2016-tól 2020-ig

A méhészeti táblázatban a kaptársúlyt, a méz- és méhsúlyt lineárisan interpoláltuk az adathiányos napokra. 8 napnál hosszabb adathiány esetén nem végeztünk interpolációt. Az interpoláció révén minden napra meghatároztuk az átlagos napi növekményt, amelyben a mézszelvényt is hozzáadtuk a növekményhez, így kiszűrve a pergetések hatását az idősből. A kaptársúly és a méz- és méhsúly napi növekménye a 7. és a 8. ábrán látható. Ezen idősorokat hasonlítottuk össze később a meteorológiai változókkal.

A 6., 7. és a 8. ábrán a 2019-es év kitűnik a többi közül, de akár a méhészeti beavatkozások csökkenése, hiánya is okozhatta, hogy kevésbé volt sikeres az év. A kaptársúlyban változás 2019.09.01-én történt, mivel rakodókaptárra váltottunk, amelynek a súlya különböző volt a korábban használttól. A 2020-as év is elkülönül a többi évtől, mivel kevesebb összsúllyal indult, de sokkal eredményesebb volt, mint az előző években. Ezért is volt célszerű a rakodó kaptárra váltani, mivel azt sokkal dinamikusabb súlyváltozások jellemezték az új kaptártípusnak köszönhetően.

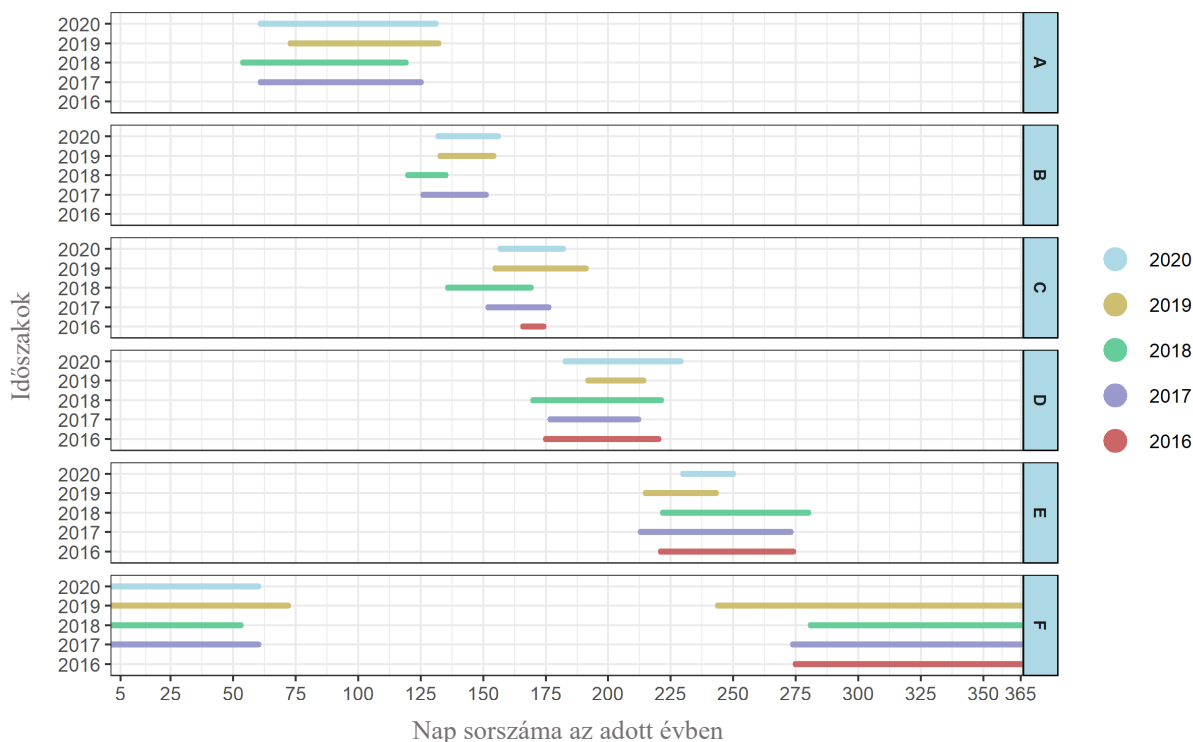


8. ábra A méz- és méhsúly napi növekménye (kg) 2016-tól 2020-ig

A kaptársúly változásánál viszont rendkívül nagy szerepet tölt be a keretek számának a változása, mellyel a méhész elegendő teret biztosít a fejlődésnek, vagy megakadályozza a rajzást. Emiatt készítettem el a méz- és méhsúly napi növekmény változót, melybe ezek a változások már hozzáadódnak. A 8. ábrán ennek az adatsornak az időszora látható. A 2020-as év dinamikája így is feltűnő. A nagyobb csökkenéseket a pergetéskor elvett méz hiánya okozza, mivel ilyenkor felborul a kaptár rendje, és egy ideig megáll a nektár gyűjtése. Ebben az évben összesen ötször pergettünk. Ezt az 3. táblázatban is láthatjuk. Viszont ahhoz, hogy pontosabb kép legyen a gyűjtés dinamikájáról, vagy a beavatkozásokról, sokkal több mérés szükséges egy adott helyen.

3. táblázat: Pergetések száma és összes mézhozam az egyes években

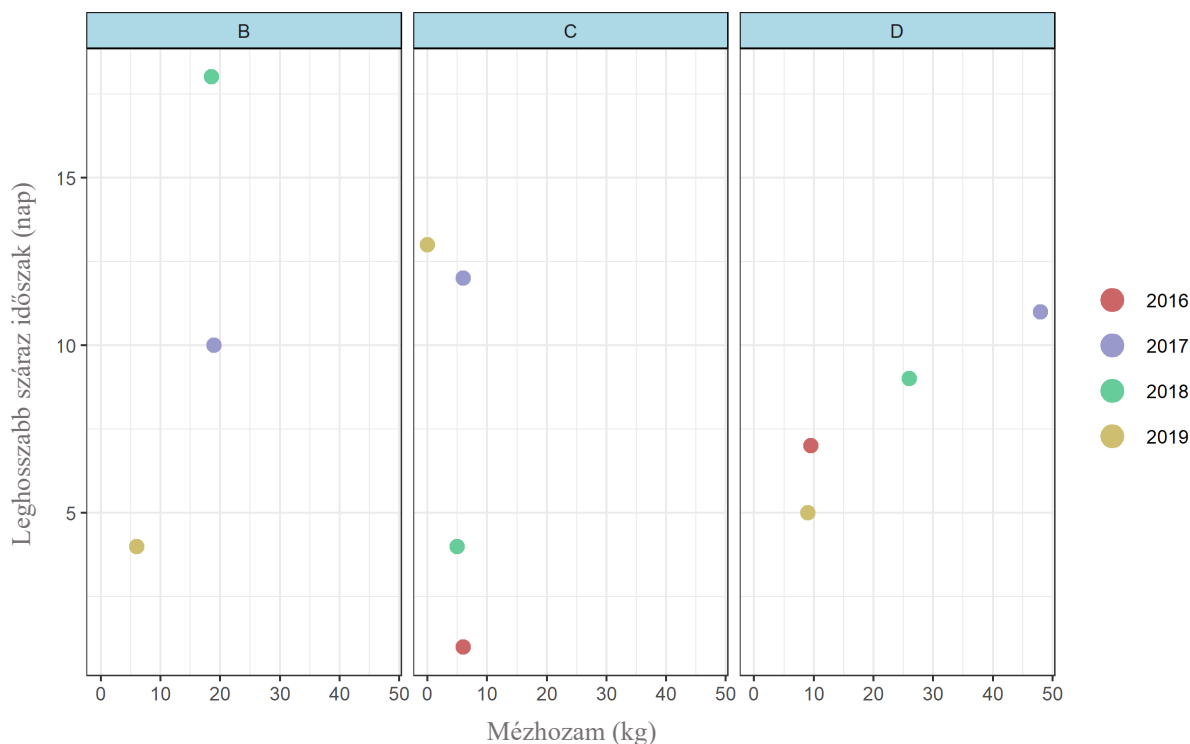
	2016	2017	2018	2019	2020
Pergetések száma (db)	2	5	4	3	5
Összes mézhozam (kg)	15,5	73	49,5	15	67,7



9. ábra Időszakok hossza 2016-tól 2020-ig

(A=Tavaszi felkészülés időszaka, B=Akác virágzásának időszaka, C=Vegyes virágok időszaka, D=Napraforgó virágzásának időszaka, E=Téli felkészülés időszaka, F=Nyugalmi időszak)

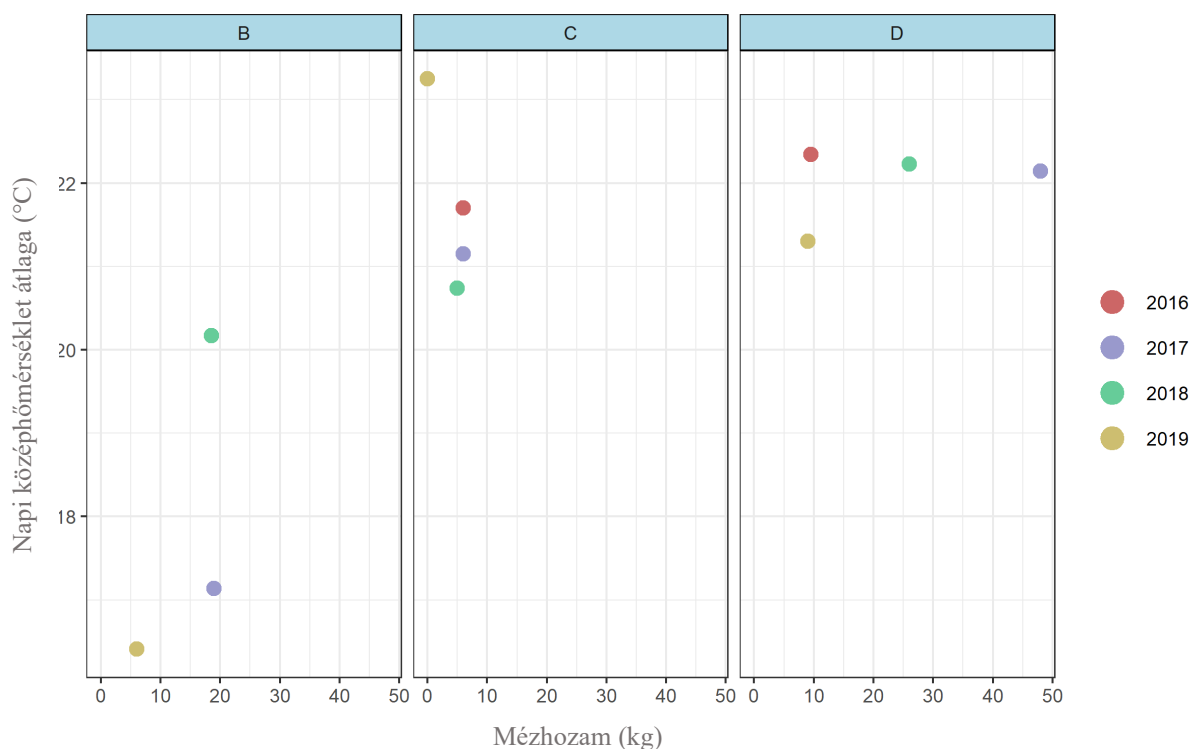
Az évet a vegetációs periódusoknak és méhészeti feladatoknak megfelelően időszakokra bontottuk, melyet naponta rögzítettünk. Az időszakok kiterjedésének látványosabb megjelenítéséhez készítettünk egy pontdiagramot, amely az éveket időtartamok szerint bontja fel, így elemezhető az éves változékonyság. Az ábrán látható mind az időszakok hossza, mind a kezdete és a vége. Különösen a gyűjtési szakasz lényeges, amely jelentős a méhészetekben, mivel ez jelenti bevételük legnagyobb forrását. Az időszakok az egyes méhészeti feladatokat, illetve a mézelő növények vegetációs periódusait követik, melyet a meteorológiai változók határoznak meg. A 2019-es év itt is kitűnik, bár nem olyan meghatározóan, mint a méz- és méhsúly esetében. Megfigyelhető, hogy a napraforgó virágzása a 2019-es évben volt a legrövidebb, és a nyugalmi időszak is sokkal hamarabb kezdődött el (9. ábra).



10. ábra: Éves mézhozam változása a leghosszabb száraz időszak függvényében.
(B=Akác virágzásának időszaka, C=Vegyes virágok időszaka, D=Napraforgó virágzásának időszaka)

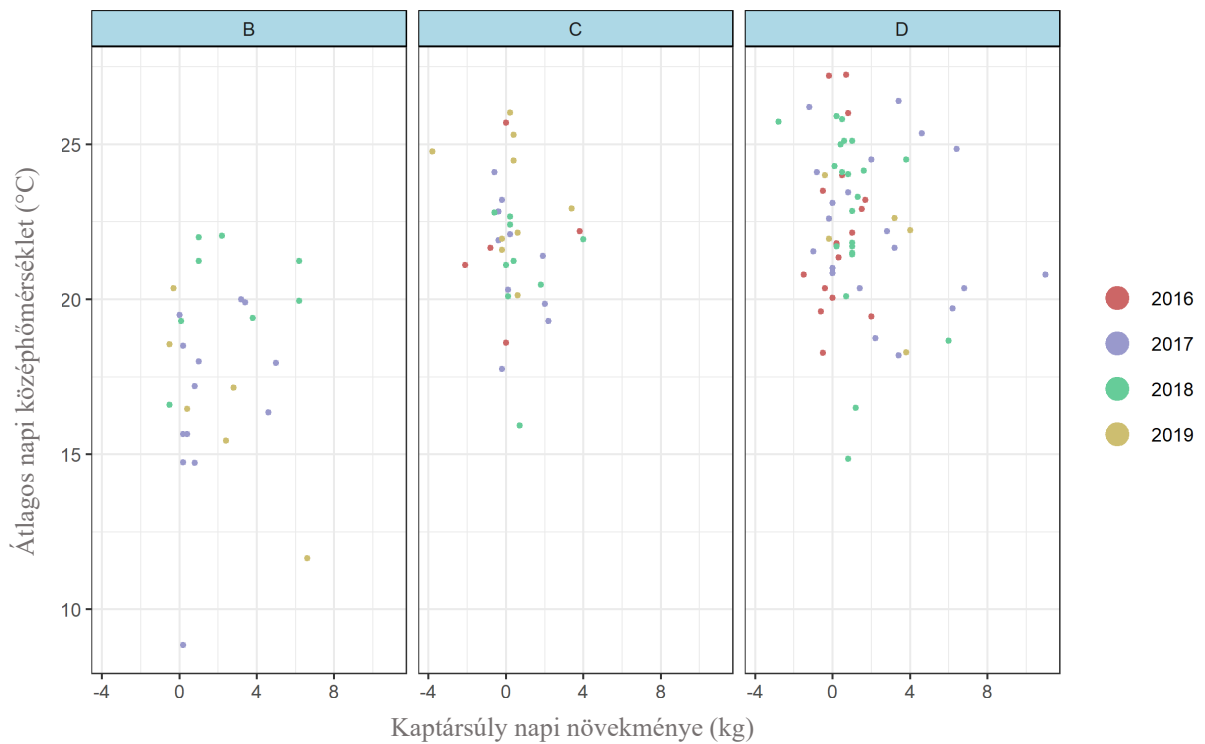
A következőkben a vegetációs ciklusok (B, C, D) kapcsolatát szeretnénk részletesen elemezni a különböző időjárási állapotjelzőkkel és származtatott mennyiségekkel, ahol az x tengelyen a méhészeti, míg az y tengelyen a meteorológiai változók szerepelnek.

Elsőként a száraz napokkal való összefüggést vizsgáltam meg. A 10. ábrán látható betűjelek a méhészeti időszakokat jelentik, amelyek az egyes mézelő fajok tekintetében lettek jelölve (B: akácvirágzás időszaka, C: vegyes virágok gyűjtésének időszaka, D: napraforgóvirágzás időszaka). A mézhozamot, tehát a kipergethető méz mennyiségét meghatározza a leghosszabb száraz időszak a napraforgó virágzásának időszakában (D jelű időszak). A száraz napok számának növekedésével a kitermelhető napraforgóméz mennyisége is emelkedik. Akácos időszakban a száraz időszakokban a kaptársúly napi növekménye is növekszik, tehát ha nem hullik csapadék huzamosabb ideig, akkor a gyűjtés is eredményesebb. Viszont, ha körülbelül 10 napig nem hullik csapadék, akkor utána egy csökkenést is megfigyelhetünk a napi növekményben, mivel a virágok, ha nem kapnak elegendő nedvességet, akkor leszáradnak, így nem tudnak gyűjteni a méhek sem.

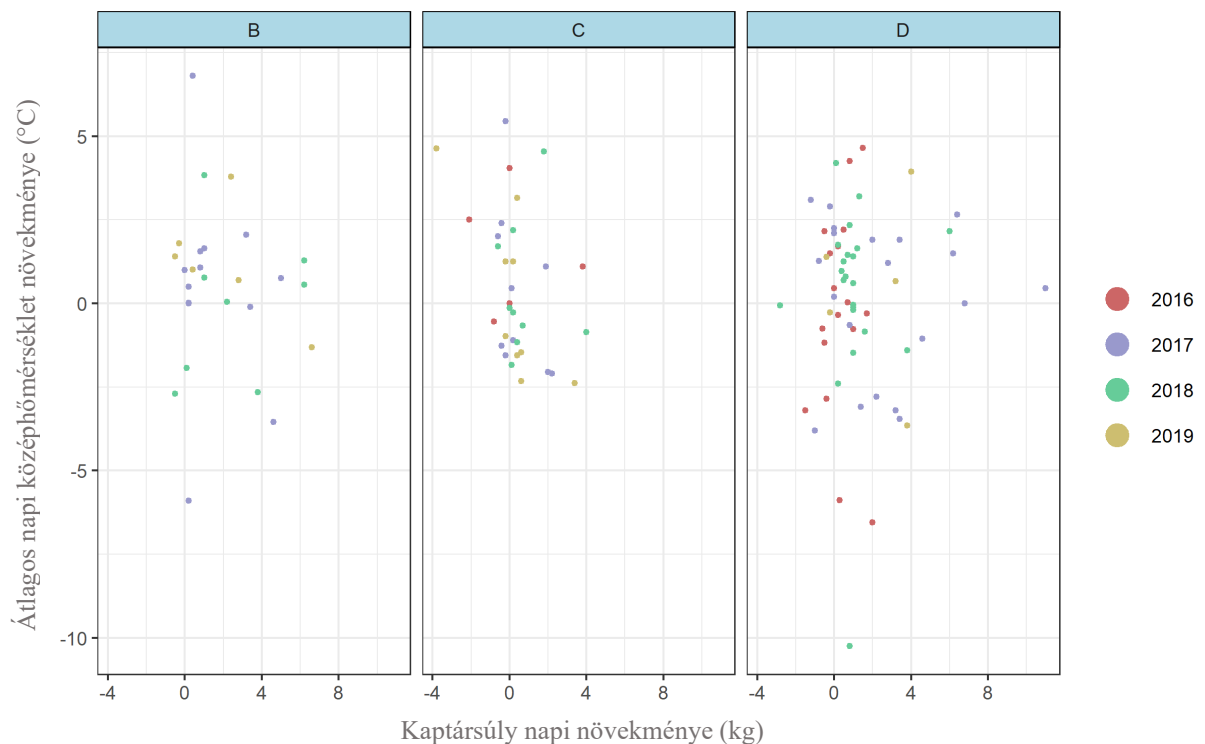


11. ábra: Éves mézhozam változása a napi középhőmérséklet átlagának függvényében. (B=Akác virágzásának időszaka, C=Vegyes virágok időszaka, D=Napraforgó virágzásának időszaka)

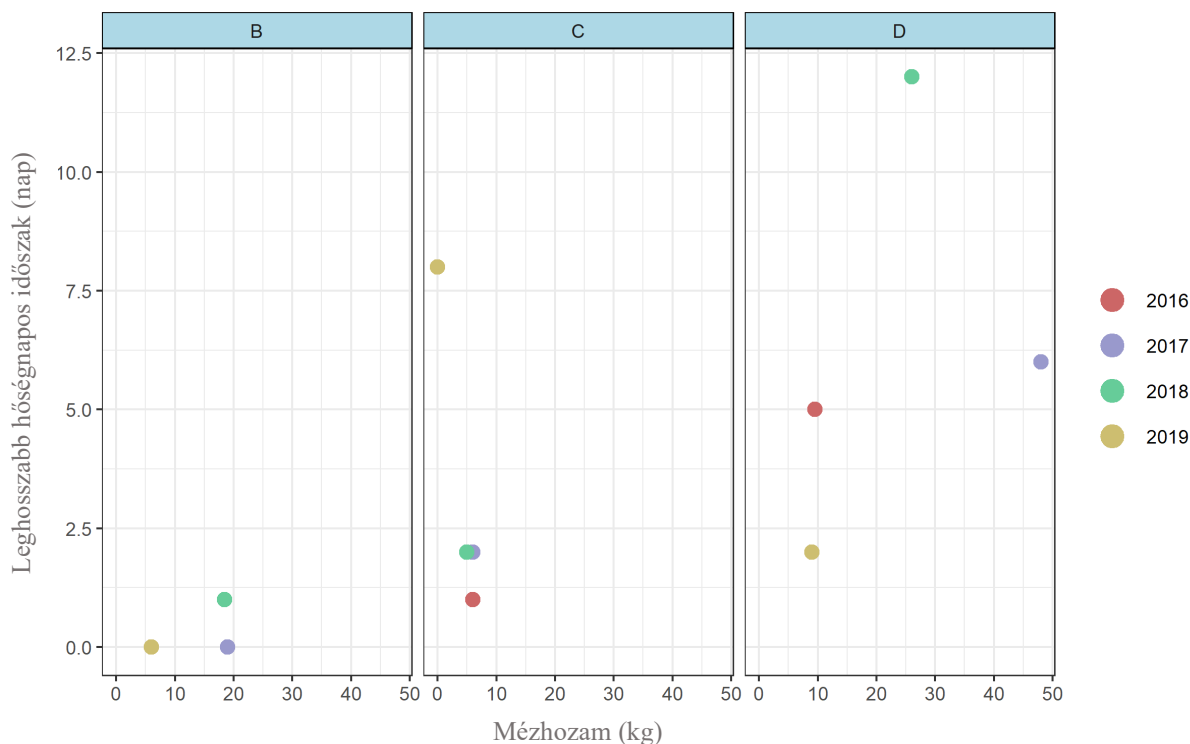
A középhőmérsékletnél a mézhozam függvényében (11. ábra) különösebb mintázatot nem tudunk felfedezni. Ennél a paraméternél az is befolyással lehet, hogy csak nagyon kevés év áll rendelkezésre a vizsgálathoz. Hasonló eredményre jutottam, amikor a méz- és méhsúly napi növekményére készítettem el az ábrákat (12. ábra). További kapcsolat kereséséhez az átlagos meteorológiai paraméterek napi növekményét is kiszámoltam, de az ábrák vizsgálatakor és a korrelációk elvégzésével nem jutottam szignifikáns eredményre (13. ábra).



12. ábra: Kaptársúly napi növekményének változása az átlagos napi középhőmérséklet függvényében. (B=Akác virágzásának időszaka, C=Vegyes virágok időszaka, D=Napraforgó virágzásának időszaka)



13. ábra: A kaptársúly napi növekményének változása az átlagos napi középhőmérséklet növekményének függvényében. (B=Akác virágzásának időszaka, C=Vegyes virágok időszaka, D=Napraforgó virágzásának időszaka)



14. ábra: Éves mézhozam változása a leghosszabb hőségnapos időszak hosszának függvényében. (B=Akác virágzásának időszaka, C=Vegyes virágok időszaka, D=Napraforgó virágzásának időszaka)

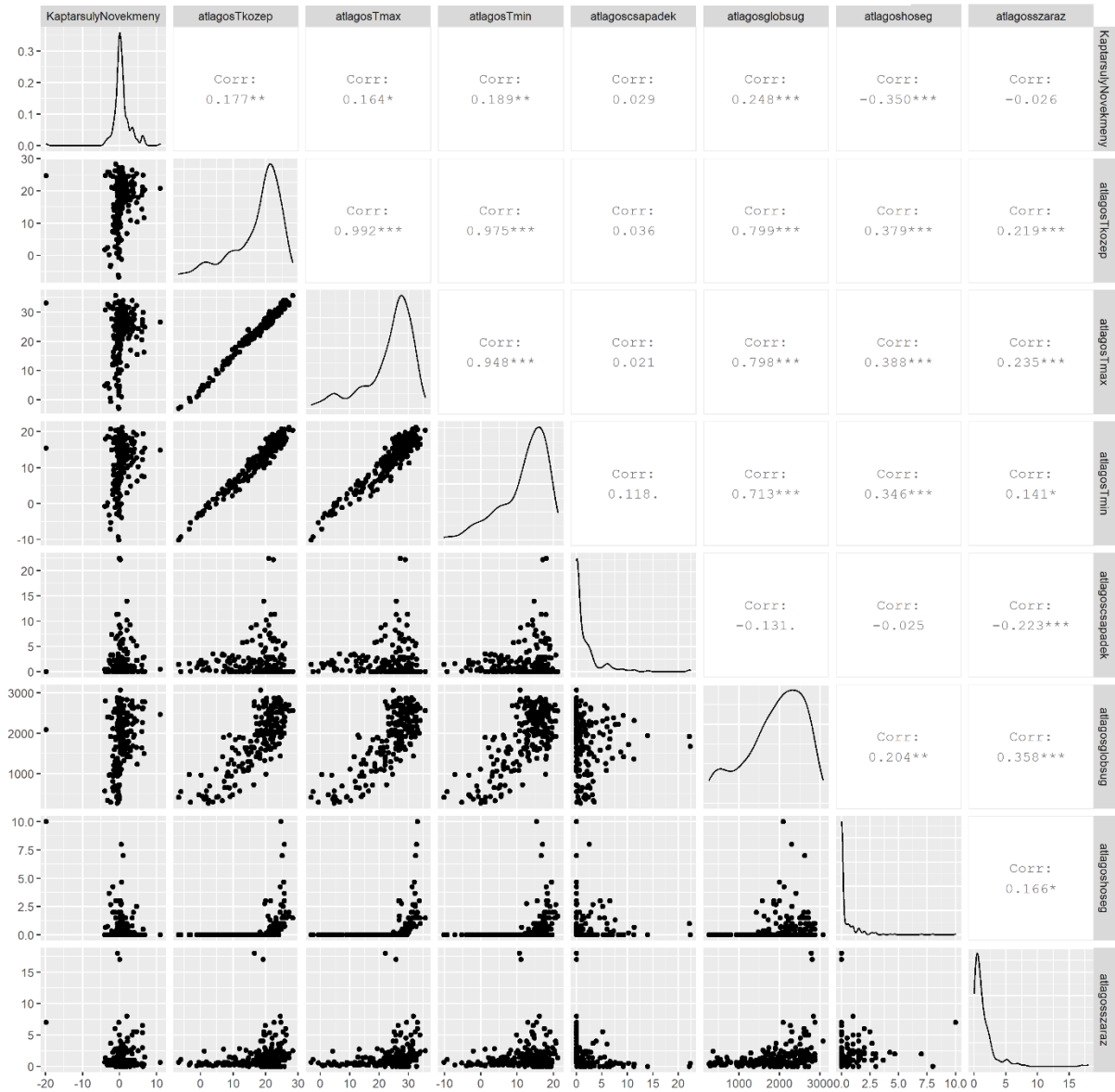
A száraz napok mellett a hőségnapokat is megvizsgáltam (14. ábra), különös tekintettel a napraforgó virágzásának „D” jelű időszakára. A legtöbb hőségnap 2018-ban volt (91 nap) a napraforgó virágzásának idején, míg a legkevesebb 2019-ben (6 nap). A leghosszabb hőségnapos időszak is 2018-ban volt 12 nappal, míg 2019-ben csak két napos volt a leghosszabb periódus, amikor a maximumhőmérséklet 30 °C felett volt Debrecenben. A mézhozamban ez úgy jelenik meg, hogy amíg a hőségnapok hossza napraforgó virágzáskor hét nap körül alakul, addig a mézhozam is növekszik, viszont amikor huzamosabb ideig tart a hőség, a mézbevétel is csökken. Ha összevetjük a száraz napok és hőségnapok maximális számát mind a kaptársúly napi növekményének, mind a mézhozam vizsgálatokor, akkor elmondható, hogy egy szárazabb, de kevésbé forró időszak a napraforgónektár gyűjtésének kedvez.

4.2. Statisztikai vizsgálat

Az időjárási és méhészeti változók kapcsolatának további vizsgálatához korrelációs hányados és Granger-tesztet végeztem el.

Elsőként a korrelációt vizsgáltam egy magyar és egy horvátországi kutatás számításaival való összehasonlítás végett. Benedek Pál kutatásában a napraforgótáblák látogatottságát és a hőmérsékletet korreláltatták. Az eredmény pozitív kapcsolat lett $R=0,671$ korrelációs együtthatóval (Benedek et al., 1976). Hasonlóan a horvátországi kutatásban is a méhlátogatottság és a léghőmérséklet korrelációját vizsgálták a napraforgóvirágra, melynek eredménye $S=0,420$ lett Spearman-korrelációval elvégezve (Puškadija et al., 2007). Az én eredményem a kaptársúly napi növekménye és a középhőmérséklet között napraforgó virágzásának idején Pearson-korrelációval $R=-0,181$ lett, viszont amikor a teljes kaptársúly adatsorral vettem össze a középhőmérsékletet, $R=0,177$ -et kaptam. Spearman-korrelációt végezve napraforgóra $S=-0,136$ -ot, míg a teljes adatsorra nézve $S=0,219$ -et kaptam. Az alacsony korrelációs értékre az is befolyással lehet, hogy napraforgó virágzásának idején a kaptarak Biharugrán voltak, viszont a körülbelül 60 km-re fekvő debreceni hőmérsékletadatokkal korreláltattunk. A korrelációk szemléltetéséhez korrelációs mátrixokat készítettem a „GGally” csomagban található „ggpairs” függvénnyel. Ezek az ábrák az átló alatt találhatóak azok a pontdiagramok, melyeket időszakonként is elkészítettem a változók között. Az első oszlopban a kaptársúly napi növekménye és az egyes meteorológiai állapotathatározók diagramja látható, míg az első sorban az azokhoz tartozó korrelációs értékek. Az átlóban a változók hisztogramjai szerepelnek, míg azok felett a korrelációs hányadosok az egyes adatsorok között.

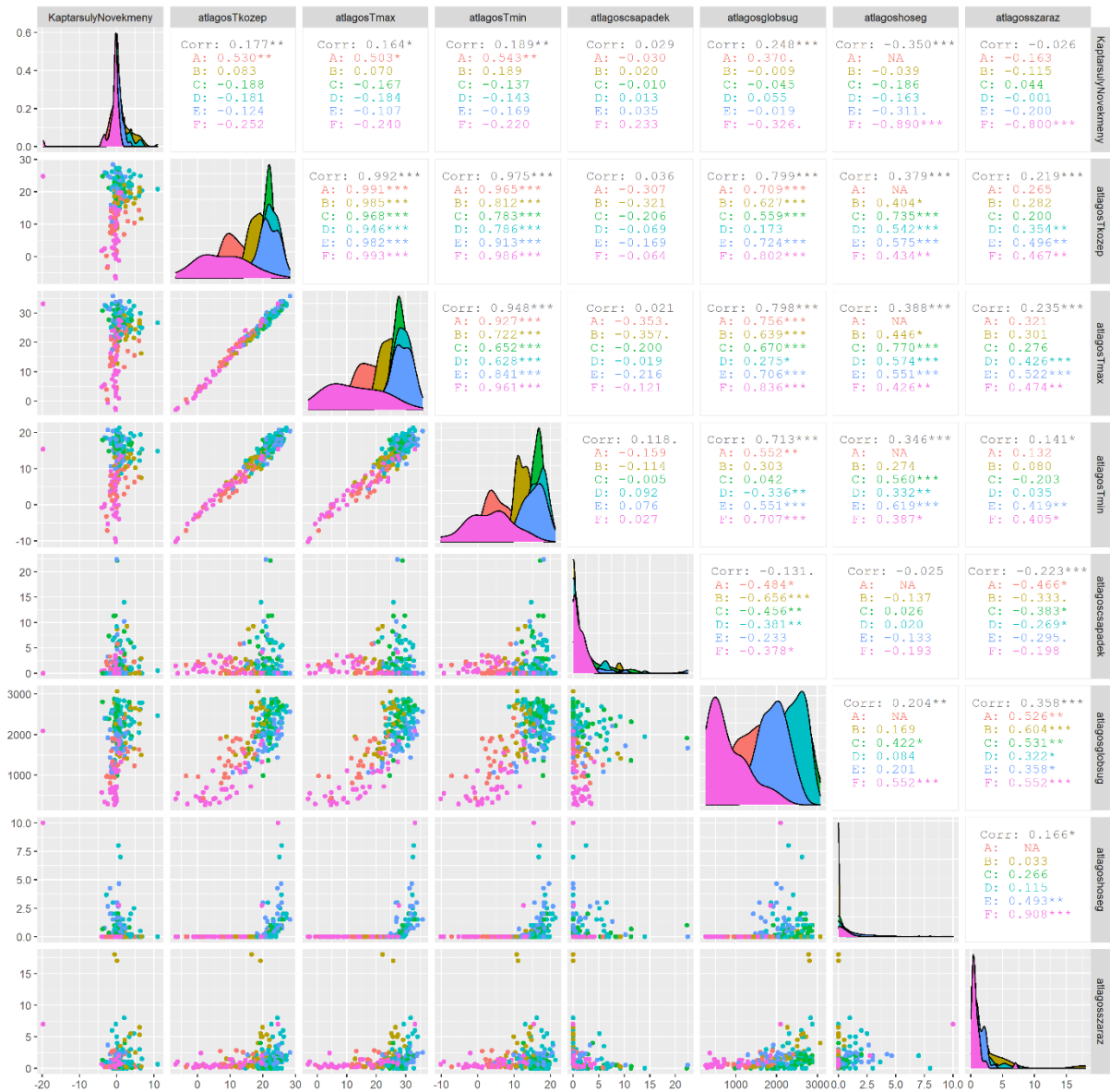
A kaptársúly napi növekménye (kg) és az átlagos meteorológiai paraméterek Pearson-korrelációja



15. ábra: Korrelációs mátrix a kaptársúly napi növekménye és az átlagos meteorológiai változók között a teljes időszakra, Pearson-korrelációval.

A mátrixban a kaptársúly napi növekményét, az átlagos középhőmérsékletet, minimumhőmérsékletet, maximumhőmérsékletet, csapadékot, globálsugárzást és a száraz napok számát korreláltattam egymással Pearson-korrelációval. A legnagyobb korreláció a kaptársúly napi növekménye és a globálsugárzás, illetve a hőségnapok száma között van a teljes időszakra nézve, $R=0,248$ és $R=-0,350$ (15. ábra).

A kaptársúly napi növekménye (kg) és az átlagos meteorológiai paraméterek Pearson-korrelációja



16. ábra: Korrelációs mátrix a kaptársúly napi növekménye és az átlagos meteorológiai változók között a teljes, illetve a leválogatott időszakokra, Pearson-korrelációval.

Ahhoz, hogy időszakonként tudjuk vizsgálni az egyes változókat, a feljegyzett periódusok szerint kiszíneztem és leválogattam az éveket. Ekkor a legnagyobb értékeket az „A” jelű időszakban kapjuk, amely a tavaszi felkészülés időszaka (16. ábra). Ekkor még nincs nagy hordás, erre az időszakra főként a szaporulat jellemző, amellyel legjobban az átlagos minimumhőmérséklet korrelál $R=0,543$, illetve az átlagos középhőmérséklet $R=0,530$ korrelációs hányadossal. A hőségnapok száma az „F”, nyugalmi időszakban korrelál a legjobban a kaptársúlynövekménnyel ($R=-0,890$), a teljes időszakra nézve a korreláció $R=-0,350$.

A méz- és méhsúly napi növekménye (kg) és az átlagos meteorológiai paraméterek Pearson-korrelációja



17. ábra: Korrelációs mátrix a méz- és méhsúly napi növekménye és az átlagos meteorológiai változók között a teljes, illetve a leválogatott időszakokra, Pearson-korrelációval.

A korrelációs számítást elvégeztem a méz- és méhsúly napi növekményére is (17. ábra). Az átlagos globálsugárzás, illetve és a méz- és méhsúly napi növekménye között $R=0,314$ korreláció adódott, ez az érték magasabb lett, mint amit a kaptársúlynövekménnyel kaptunk. Akácvirágzáskor a korrelációs érték a minimumhőmérséklettel $R=0,300$, míg a hőségnapok számával $R=-0,118$ volt. Spearman-korrelációt végezve ennél alacsonyabb értékeket kaptam, a minimumhőmérsékletet esetében $S=0,279$ adódott a teljes időszakra és $S=0,192$ lett akácvirágzáskor.

Ezután Granger-kausalitás tesztet végeztem az egymást követő mintavételek összefüggősége miatt. A tesztet a kaptársúly napi növekménye és az átlagos meteorológiai paraméterek között végeztem el elsőként. A teszttel akkor juthatunk szignifikáns eredményre, ha az F teszt statisztika értéke minél jobban távolodik a Pr (valószínűség) értéktől. A késleltetés növelésével egyre kisebb különbséget tapasztaltam az F és a Pr érték között. Ezzel arra a következtetésre jutottam, hogy a méhek igen gyorsan reagálnak az egyes környezeti változásokra, amelyet a szakirodalom is megerősít. A tesztnél figyelemmel kell lenni, hogy milyen irányban végezzük el. Ellenőrzésképp elvégeztem visszafelé is, tehát, hogy a kaptársúly változása irányítja-e a meteorológiai paraméterek változását. Amikor a teljes időszakra számítottam ki a Granger-tesztet, akkor szignifikáns eredményt az átlagos globálsugárzással ($F=12,7$; $Pr=0,0004$) kaptam a kaptársúlynövekményt vizsgálva (4. táblázat). Késleltetést nem alkalmaztam a tesztek során, a méhek gyors alkalmazkodása miatt. Leginkább tehát a globálsugárzás meghatározó a méhek gyűjtésénél. A táblázatban az „F-vissza” és a „Pr-vissza” oszlopok az ellenőrző Granger-tesztet jelölik.

4. táblázat: Granger-teszt a kaptársúlynövekmény és az átlagos meteorológiai paraméterek között.

Ősszes 2016-2019	F	Pr	F-vissza	Pr-vissza
átlagos $T_{közép}$	2,09	0,15	2,43	0,12
átlagos T_{max}	1,63	0,20	2,40	0,12
átlagos T_{min}	1,76	0,19	0,98	0,32
átlagos csapadék	0,28	0,60	0,02	0,90
átlagos globálsugárzás	12,70	0,0005	2,40	0,12

Következőként igyekeztem időszakonként leválogatva, ugyanakkor az éveket összesítve vizsgálatokat végezni (5-6. táblázat). Bár az akácnál a „B” jelű időszakban látható a kapcsolat a globálsugárzással ($F=3,52$; $Pr=0,073$) viszont napraforgónál, a „D” jelű időszakban nem. A Granger-tesztnél fontos figyelembe venni, hogyan illesztjük össze az adatsort. 2016-2019 között akác esetében kétszer, napraforgó esetében háromszor törik meg az adatsor az összeillesztéseknél, így ekkor egyik irányban sem kaptam szignifikáns eredményt. Akácnál valószínűsíthetőleg azért jutottam eredményre ilyen beállításnál is, mivel kevesebb szakadás van az adatsorban, mint a napraforgónál.

5. táblázat: Granger-teszt a kaptársúlynövekmény és az átlagos meteorológiai paraméterek között akác („B”) időszakban

Akác időszakban 2016-2019	F	Pr	F-vissza	Pr-vissza
átlagos $T_{közép}$	1,09	0,31	1,25	0,27
átlagos T_{max}	1,05	0,32	0,91	0,35
átlagos T_{min}	1,19	0,29	0,68	0,42
átlagos csapadék	2,66	0,12	1,48	0,24
átlagos globálsugárzás	3,52	0,07	1,90	0,18

6. táblázat: Granger teszt a kaptársúlynövekmény és az átlagos meteorológiai paraméterek között napraforgó („D”) időszakban

Napraforgó időszakban 2016-2019	F	Pr	F-vissza	Pr-vissza
átlagos $T_{közép}$	1,39	0,24	0,08	0,78
átlagos T_{max}	2,32	0,13	0,02	0,90
átlagos T_{min}	1,83	0,18	0,74	0,39
átlagos csapadék	1,72	0,19	1,16	0,29
átlagos globálsugárzás	2,06	0,16	0,31	0,58

A kevés adat ellenére elvégeztem a tesztet évekre és időszakokra bontva. Érdeemes figyelembe venni a kapott eredményeknél, hogy nem sok mérés állt rendelkezésünkre, emiatt a kapott eredmények sem biztos, hogy fedik a valóságot, de egy előzetes következtetésre juthatunk, hogy miket érdemes megvizsgálni a jövőben. Napraforgónál 2018 és 2019-et tekintve szignifikáns eredményt kaptam, amikor a hőmérsékleteket vettem figyelembe (7. táblázat). Leginkább a 2019-es évben volt meghatározó a maximumhőmérséklet ($F=227,995$; $Pr=0,042$).

Amikor a tesztet a másik irányban végeztem el, napraforgó „D” időszakban az F teszt eredménye 2019-ben volt legnagyobb a csapadék és a kaptársúlynövekmény között ($F=88,756$; $Pr=0,067$), amely egy fals eredmény, és a csapadékatatok nagy változékonyságának is köszönhető (8. táblázat). Az ellenkező irányban elvégzett teszteknel az is szerepet játszhat, hogy nincs időbeli eltolás az adatsorok között. Tehát napraforgóvirágzáskor a hőmérsékleteket és a globálsugárzást érdemesnek tartom vizsgálni.

7. táblázat: Granger-teszt a kaptársúlynövekmény és az átlagos meteorológiai paraméterek között a napraforgó („D”) időszakban a 2018. és 2019. évre vonatkozóan.

Napraforgó időszakban 2018/2019	F-2018	Pr-2018	F-2019	Pr-2019
átlagos $T_{közép}$	4,08	0,06	168,4	0,08
átlagos T_{max}	4,99	0,04	228,0	0,04
átlagos T_{min}	2,86	0,11	10,0	0,19
átlagos csapadék	2,22	0,15	0,46	0,62
átlagos globálsugárzás	0,82	0,38	0,06	0,84

8. táblázat: Ellenőrző Granger-teszt az átlagos meteorológiai paraméterek és a kaptársúlynövekmény között („visszafelé”) napraforgó („D”) időszakban 2018. és 2019. évre vonatkozóan

Napraforgó időszakban 2018/2019 visszafelé	F-2018	Pr-2018	F-2019	Pr-2019
átlagos $T_{közép}$	0,08	0,77	0,0001	0,99
átlagos T_{max}	1,27	0,27	0,37	0,65
átlagos T_{min}	3,10	0,10	0,35	0,66
átlagos csapadék	0,48	0,50	88,8	0,07
átlagos globálsugárzás	3,67	0,07	0,22	0,72

Hasonlóan a napraforgó esetéhez a Granger-tesztet elvégeztem az akác virágzásának „B” időszakában is. A teszt eredményeit a 9., és az ellenőrző tesztet a 10. táblázatban tüntettem fel. Ekkor a 2017-es és a 2019-es éveket vettem figyelembe. 2019-ben a maximumhőmérséklet ($F=33,376$; $Pr=0,0287$) volt a meghatározó (9. táblázat). A 10. táblázatban az ellenkező irányban elvégzett ellenőrző Granger-teszt látható, ekkor 2017-ben kaptam az átlagos minimumhőmérséklettel szignifikáns eredményt. A jövőben az akácnektár gyűjtését érdemes lesz tovább vizsgálni a hőmérséklettel és a száraz napokkal való összefüggésben, mivel kapcsolat fedezhető fel a két paraméter és a kaptársúly növekménye között.

9. táblázat: Granger-teszt a kaptársúlynövekmény és az átlagos meteorológiai paraméterek között akác („B”) időszakban 2018. és 2019. évre vonatkozóan

Akác időszakban 2017/2019	F-2017	Pr-2017	F-2019	Pr-2019
átlagos $T_{közép}$	1,30	0,28	5,49	0,14
átlagos T_{max}	1,25	0,29	33,4	0,03
átlagos T_{min}	0,41	0,54	1,78	0,31
átlagos csapadék	0,38	0,55	0,49	0,56

10. táblázat: Ellenőrző Granger-teszt az átlagos meteorológiai paraméterek és a kaptársúlynövekmény között („visszafelé”) akác („B”) időszakban 2018. és 2019. évre vonatkozóan

Akác időszakban 2017/2019 visszafelé	F-2017	Pr-2017	F-2019	Pr-2019
átlagos $T_{közép}$	0,81	0,39	0,38	0,60
átlagos T_{max}	0,26	0,62	0,29	0,65
átlagos T_{min}	5,58	0,04	0,67	0,50
átlagos csapadék	0,62	0,45	0,14	0,74

A kaptársúlynövekménnyel való összevetés után elvégeztem a Granger-tesztet a méz- és méhsúlynövekménnyel a normál és az ellenkező irányban is. Az eredmények a teljes időszakra nézve a 11. táblázatban láthatóak. A méz- és méhsúly növekményének vizsgálatakor a kaptársúlynövekményhez képest szignifikáns eredményt nem csak az átlagos globálsugárzás ($F=19,764$; $Pr=1,40 \cdot 10^{-5}$), hanem az átlagos hőmérsékletek vizsgálatakor is kaptam. Ekkor a keretek számának változása már nem befolyásolja az adatsort, mint az előzőekben. Viszont az átlagos globálsugárzás az ellenkező irányban is szignifikáns volt.

A kaptársúlynövekménnyel szemben nem kaptam szignifikáns eredményt a teljes akáchordás időszakra nézve az átlagos globálsugárzással, és az összevont napraforgóvirágzás időszakára sem lett kapcsolat a változók között az illesztések miatt. Viszont amikor a 2018-2019-es évet vizsgáltam napraforgóvirágzáskor „D”, az átlagos hőmérsékleti változókkal szignifikáns eredményre jutottam. A két év Granger-tesztje napraforgóvirágzáskor a 12. táblázatban látható, ahol a szignifikáns eredmények sárga színnel vannak feltüntetve. Az összesített eredményeket a két méhészeti paraméterről a 13. és a 14. táblázatban láthatjuk, ahol a szignifikáns eredményeket pipával jelöltem meg. Az eredmények egyidejű ok-okozatiságra 95%-os szignifikancia szinten vonatkoznak Granger-teszt alapján.

11. táblázat: Granger-teszt a méz- és méhsúly növekménye és az átlagos meteorológiai paraméterek között.

Összes 2016-2019	F	Pr	F-vissza	Pr-vissza
átlagos $T_{közép}$	6,82	0,01	1,69	0,19
átlagos T_{max}	5,97	0,02	2,50	0,12
átlagos T_{min}	5,83	0,02	0,41	0,53
átlagos csapadék	0,62	0,43	0,02	0,87
átlagos globálsugárzás	19,8	0,00001	3,65	0,06

12. táblázat: Granger-teszt normál és az ellenőrző irányban a méz- és méhsúly növekménye és az átlagos meteorológiai paraméterek között napraforgóvirágzás („D”) idején a 2018/2019-es évben

Napraforgó időszakban 2019/2018	F-2019	Pr-2019	F-2019 vissza	Pr-2019 vissza	F-2018	Pr-2018	F-2018 vissza	Pr-2018 vissza
átlagos $T_{közép}$	613,5	0,03	0,005	0,95	4,10	0,06	0,12	0,73
átlagos T_{max}	201,9	0,04	0,28	0,69	4,61	0,05	1,37	0,26
átlagos T_{min}	6,98	0,23	0,25	0,71	3,68	0,07	3,05	0,10
átlagos csapadék	0,46	0,62	38,6	0,10	3,08	0,10	0,56	0,47
átlagos globálsugárzás	0,04	0,87	0,28	0,69	1,28	0,27	3,90	0,06

13. táblázat: Szignifikáns eredmények a kaptársúly napi növekménye vizsgálatokor

Kaptársúly napi növekménye		Átl. globálsugárzás	Átl. $T_{közép}$	Átl. T_{max}	Átl. T_{min}
Teljes adatsor		✓			
Akác	Teljes	✓			
	2019			✓	
Napraforgó	2018		✓	✓	
	2019		✓	✓	✓

14. táblázat: Szignifikáns eredmények a méz- és méhsúly napi növekményének vizsgálatokor

Méz- és méhsúly napi növekménye		Átl. globálsugárzás	Átl. $T_{közép}$	Átl. T_{max}	Átl. T_{min}
Teljes adatsor		✓	✓	✓	✓
Akác	Teljes				
	2019				
Napraforgó	2018		✓	✓	✓
	2019		✓	✓	✓

Összefoglalás

A méhészeti és az időjárási változók összefüggésének vizsgálata során a legjobb kapcsolatot minden vizsgálatban a globálsugárzás mutatta a mézhozammal, illetve a kaptársúllyal. Rövidebb időszakokat tekintve, melyek során nem volt méhészeti beavatkozás, a hőmérsékleti paraméterek, mint a középhőmérséklet, minimumhőmérséklet és maximumhőmérséklet is megjelentek, mint szignifikáns változók. Továbbá a száraz napok száma kapcsolatot mutatott a kaptársúlynövekménnyel akác virágzásának idején. A leghosszabb száraz időszak hossza napraforgó esetében is szignifikáns kapcsolatot mutatott a mézhozammal, bár itt is csak 4 év adata állt rendelkezésemre. A hőségnapok számát is fontos változónak tartom a későbbiekben.

A korrelációkat tekintve is a globálsugárzás mutatta a legerősebb kapcsolatot a méz- és méhsúlynövekménnyel, a teljes időszakra nézve $R=0,314$ -es Pearson-korreláció adódott. A hőmérsékleti változók pozitív korrelációt mutattak a kaptársúlynövekménnyel. Amikor időszakonként végeztük a korrelációs számítást, nem jutottunk eredményre a kevés adat és a megfigyelések összefüggősége miatt. Következtetésképp további vizsgálatokat célszerű végezni további meteorológiai paraméterek bevonásával, mint a 10 perces átlagszél, széllelés és a páratartalom. Ezentúl a méhészeti méréseket is célszerű óránként végezni nappal és éjszaka is. A mézelő növényzet vizsgálatánál a hőmérsékletnél célszerűnek tartom intervallumok kijelölését, amikor a kaptársúlynövekménnyel keresünk kapcsolatot, hasonlóan a hőségnapok meghatározásához. Több méréssel alkalmasnak tartom a méhek gyűjtésének és a meteorológiai változók közötti kapcsolatnak a vizsgálatát és modellezését egyes időszakok, helyszínek kijelölésével.

A méhek környezeti feltételekhez való gyors alkalmazkodását számításaim is igazolják, mivel a Granger-tesztrel a legjobb eredményeket egyidejű adatsorokkal értem el, és minél inkább késleltettem a kaptársúly adatsorát a meteorológiai változókhoz mérten, annál rosszabb eredményekre jutottam. A tesztet a későbbiekben órás adatsorokra is célszerű elvégezni, ezáltal a méhek reakciója az egyes környezeti változásokra pontosabban is meghatározható.

Köszönetnyilvánítás

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

Köszönettel tartozok témavezetőmnek dr. Leelőssy Ádámnak, aki időt, energiát és fáradságot nem kímélve segítette a szakmai előrehaladásomat, útmutatást adott az adatok kezelésében és a kapott eredmények szakszerű és precíz kiértékelésében és mindeznek a dolgozatban való színvonalas megjelenésében.

Szeretném megköszönni Vincze Ferenc debreceni méhésznek, édesapámnak, aki adataival és szakmai tapasztalatával hozzájárult a kutatásom sikerességéhez és pontosságához, továbbá családtagjaimnak, barátaimnak, akik segítettek a méhészeti mérésekben.

Irodalomjegyzék:

- Abou-Shaara, H., 2014: The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: A review. *Veterinarni Medicina*, 59, 1–10. doi:10.17221/7240-VETMED
- Abou-Shaara, H.F., Owayss, A.A., Ibrahim, Y.Y., and Basuny, N.K., 2017: A review of impacts of temperature and relative humidity on various activities of honey bees. *Insectes Sociaux*, 64, 455–463. doi:10.1007/s00040-017-0573-8
- Agrárminisztérium, 2019: *Magyar Méhészeti Nemzeti Program Értékelés 2016-2019 és Tervezés 2019-2022*. Budapest.
- Aizen, M.A., Garibaldi, L.A., Cunningham, S.A., and Klein, A.M., 2008: Long-Term Global Trends in Crop Yield and Production Reveal No Current Pollination Shortage but Increasing Pollinator Dependency. *Current Biology*, 18, 1572–1575. doi:10.1016/j.cub.2008.08.066
- Aizen, M.A., and Harder, L.D., 2009: The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19, 915–918. doi:10.1016/j.cub.2009.03.071
- Anderegg, W.R.L., Abatzoglou, J.T., Anderegg, L.D.L., Bielory, L., Kinney, P.L., and Ziska, L., 2021: Anthropogenic climate change is worsening North American pollen seasons. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118. doi:10.1073/pnas.2013284118
- Antal, J., 2000: *Növénytermesztők zsebkönyve*, 3rd ed. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 391 p.
- Awad, A.M., Owayss, A.A., Alqarni, A.S., Awad, A.M., Owayss, A.A., and Alqarni, A.S., 2017: Performance of two honey bee subspecies during harsh weather and *Acacia gerrardii* nectar-rich flow. *Scientia Agricola*, 74, 474–480. doi:10.1590/1678-992x-2016-0101
- Bartos S.A., 2011: A dél-dunántúli régió méhészeteinek elemzése különös tekintettel a gazdasági együttműködésben rejlő lehetőségre. Doktori értekezés. Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Kar Vállalatgazdasági és Szervezési Tanszék, Kaposvár.
- Benedek, P., Manninger, S., and Virányi, S., 1976: *Megporzás mézelő méhekkel*, 2. ed. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 189 p.
- Benedek, P., 1983: *A méhészet és a mezőgazdasági növénytermesztés*. In: Nikovitz A. (Szerk.): *A méhészet kézikönyve I.-II.* Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont, Hungaronektár, Budapest, 826 p., 577–672 p.
- Beyer, M., Junk, J., Eickermann, M., Clermont, A., Kraus, F., Georges, C., Reichart, A., and Hoffmann, L., 2018: Winter honey bee colony losses, *Varroa destructor* control strategies, and the role of weather conditions: Results from a survey among beekeepers. *Research in Veterinary Science*, 118, 52–60. doi:10.1016/j.rvsc.2018.01.012
- Bienefeld, K., Hedtke, C., Radtke, J., Baselau, A., Blomberg, W., Etzold, E., Gerber, U., Hullmann, K., Keller, R., Kühn, P., Meinhardt, C., Neumann, M., Pritsch, G., Scheffe, G., Schröder, M., and Zautke, F., 1996: Länderinstitut für Bienenkunde Hohen Neuendorf e.V. Tätigkeitsbericht 1995. *Deutsches Bienen Journal*, 4, 315–319.
- Bock, A., Sparks, T.H., Estrella, N., and Menzel, A., 2013: Climate-Induced Changes in Grapevine Yield and Must Sugar Content in Franconia (Germany) between 1805 and 2010. *PLOS ONE*, 8, e69015. doi:10.1371/journal.pone.0069015
- Bordier, C., Dechatre, H., Suchail, S., Peruzzi, M., Soubeyrand, S., Pioz, M., Pélissier, M., Crauser, D., Conte, Y.L., and Alaux, C., 2017: Colony adaptive response to simulated heat waves and consequences at the individual level in honeybees (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*, 7, 3760. doi:10.1038/s41598-017-03944-x
- Brittain, C., Kremen, C., and Klein, A.-M., 2013: Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology*, 19, 540–547. doi:https://doi.org/10.1111/gcb.12043

- Brodschneider, R., and Crailsheim, K., 2010: Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41, 278–294.
- Brodschneider, R., Moosbeckhofer, R., and Crailsheim, K., 2010: Surveys as a tool to record winter losses of honey bee colonies: a two year case study in Austria and South Tyrol. *Journal of Apicultural Research*, 49, 23–30. doi:10.3896/IBRA.1.49.1.04
- Bross, P., 2007: *Méhégeszségügyi ismeretek Szemelvények külföldi tapasztalatok alapján 2.*, 2. Magyar Méhészeti Nemzeti Program, Budapest, 225 p.
- Büchler, R., Costa, C., Hatjina, F., Andonov, S., Meixner, M.D., Conte, Y.L., Uzunov, A., Berg, S., Bienkowska, M., Bouga, M., Drazic, M., Dyrba, W., Kryger, P., Panasiuk, B., Pechhacker, H., Petrov, P., Kezić, N., Korpela, S., and Wilde, J., 2014: The influence of genetic origin and its interaction with environmental effects on the survival of *Apis mellifera* L. colonies in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 53, 205–214. doi:10.3896/IBRA.1.53.2.03
- Bujáki, G., and Horváth, Z., 2001: Előzetes kísérletek a nektárminőség és a méhek viráglátogatási gyakorisága közti összefüggés felmérésére. *Méhészújság*, 14, 417–418.
- Bujok, B., Kleinhenz, M., Fuchs, S., and Tautz, J., 2002: Hot spots in the bee hive. *Naturwissenschaften*, 89, 299–301. doi:10.1007/s00114-002-0338-7
- Burrill, R.M., and Dietz, A., 1981: The response of honey bees to variations in solar radiation and temperature. *Apidologie*, 12, 319–328. doi:10.1051/apido:19810402
- Calovi, M., Grozinger, C.M., Miller, D.A., and Goslee, S.C., 2021: Summer weather conditions influence winter survival of honey bees (*Apis mellifera*) in the northeastern United States. *Scientific Reports*, 11, 1553. doi:10.1038/s41598-021-81051-8
- Celli, G., and Maccagnani, B., 2003: Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56, 137–139.
- Chacoff, N.P., and Aizen, M.A., 2006: Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43, 18–27. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01116.x
- Chandler, P.J., 2014: *Méhészkedés természetesen: Egyszerű, gyakorlatias megközelítés a kistermelői méhészkedéshez, szabadépitményes fekvőkaptár használatával.* Rónaőrző Természetvédelmi Egyesület, Debrecen.
- Chen, Y., Rangarajan, G., Feng, J., and Ding, M., 2004: Analyzing multiple nonlinear time series with extended Granger causality. *Physics Letters A*, 324, 26–35. doi:10.1016/j.physleta.2004.02.032
- Chmielewski, F.M., Müller, A., and Kuchler, W., 2005: Possible impacts of climate change on natural vegetation in Saxony (Germany). *International Journal of Biometeorology*, 50, 96–104. doi:10.1007/s00484-005-0275-1
- Cho, Y., Jeong, S., Lee, D., Kim, S.-W., Park, R.J., Gibson, L., Zheng, C., and Park, C.-R., 2021: Foraging trip duration of honeybee increases during a poor air quality episode and the increase persists thereafter. *Ecology and Evolution*, 11, 1492–1500. doi:https://doi.org/10.1002/ece3.7145
- Chok, N.S., 2008: Pearson's Versus Spearman's and Kendall's Correlation Coefficients for Continuous Data. MSc Thesis. Winona State University, Winona, Minnesota, USA.
- Clarke, D., and Robert, D., 2018: Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie*, 49, 386–396. doi:10.1007/s13592-018-0565-3
- Clermont, A., Eickermann, M., Kraus, F., Hoffmann, L., and Beyer, M., 2015: Correlations between land covers and honey bee colony losses in a country with industrialized and rural regions. *Science of The Total Environment*, 532, 1–13. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.05.128
- Cook, D., Hauxwell, C., McGree, J., and Blackler, A., 2018: Stress and the bee: The impacts of hive design and management practice on honey bees, *Apis mellifera* L., In: SIP 2018: The 2018 International Congress of Invertebrate Pathology and Microbial Control and the 51st Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology. SIP 2018: The 2018 International Congress of Invertebrate Pathology and Microbial Control and the 51st Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology, 81–81.
- Crane, E., 1991: Honey from honeybees and other insects. *Ethology Ecology & Evolution*, 3, 100–105. doi:10.1080/03949370.1991.10721919

- Crane, E., 2009: Chapter 19 - Beekeeping, In: Encyclopedia of Insects (eds. Resh, V.H., and Cardé, R.T.). Academic Press, San Diego, 66–71. doi:10.1016/B978-0-12-374144-8.00019-9
- Cromwell, J.B., Labys, W.C., and Terraza, M., 1994: *Univariate Tests for Time Series Models*. SAGE Publications, Thousand Oaks, California, USA, 106 p.
- Csiha, I., Rédei, K., Kovács, C., Keserű, Z., Rásó, J., and Kamandiné Végh, Á., 2014: XXII. Kutatói nap Tudományos Eredmények a gyakorlatban: Akác virágzásbiológiai vizsgálatok alföldi erdőgazdaságoknál. Alföldi Erdőkért Egyesület, Lakitelek, 111 p., 19–25 p.
- Csóka, G., Csókáné Hirka, A., Csepelényi, M., Szőcs, L., Molnár, M., Tuba, K., Hillebrand, R., and Lakatos, F., 2018: Response of forest insects to the climate change (case studies). *Erdészettudományi Közlemények*, 8, 149–162.
- Debauche, O., Moulat, M.E., Mahmoudi, S., Boukraa, S., Manneback, P., and Lebeau, F., 2018: Web Monitoring of Bee Health for Researchers and Beekeepers Based on the Internet of Things. *Procedia Computer Science, The 9th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2018) / The 8th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2018) / Affiliated Workshops* 130, 991–998. doi:10.1016/j.procs.2018.04.103
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C., and Martin, P.R., 2008: Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 6668–6672. doi:10.1073/pnas.0709472105
- Dévényi, D., and Gulyás, O., 1988: *Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában: egyetemi tankönyv*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Devillers, J., Doré, J.C., Tisseur, M., Cluzeau, S., and Maurin, G., 2004: Modelling the flight activity of *Apis mellifera* at the hive entrance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 42, 87–109. doi:10.1016/S0168-1699(03)00102-9
- Doull, K.M., 1976: The effects of different humidities on the hatching of the eggs of honeybees. *Apidologie*, 7, 61–66. doi:10.1051/apido:19760104
- Edward E. Leamer, 1985: Vector autoregressions for casual inference? *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 22, 255–304.
- Elsner, J.B., 2006: Evidence in support of the climate change–Atlantic hurricane hypothesis. *Geophysical Research Letters*, 33. doi:10.1029/2006GL026869
- Elsner, J.B., 2007: Granger causality and Atlantic hurricanes. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 59, 476–485. doi:10.1111/j.1600-0870.2007.00244.x
- Fahrenheit, L., Lamprecht, I., and Schrick, B., 1989: Thermal investigations of a honey bee colony: thermoregulation of the hive during summer and winter and heat production of members of different bee castes. *Journal of Comparative Physiology B*, 159, 551–560. doi:10.1007/BF00694379
- Faluba, Z., 1983: *Méhek, méhészkedés*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 252 p.
- FAO, 2018: Why bees matter: The importance of bees and other pollinators for food and agriculture.
- Farkas, Á., and Zajácz, E., 2007: Nectar Production for the Hungarian Honey Industry. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 125–151.
- Ferrari, S., Silva, M., Guarino, M., and Berckmans, D., 2008: Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period. *Computers and Electronics in Agriculture, Smart Sensors in precision livestock farming* 64, 72–77. doi:10.1016/j.compag.2008.05.010
- Fitter, A.H., and Fitter, R.S.R., 2002: Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. *Science*, 296, 1689–1691. doi:DOI: 10.1126/science.1071617
- Flores, J.M., Gil-Lebrero, S., Gámiz, V., Rodríguez, M.I., Ortiz, M.A., and Quiles, F.J., 2019: Effect of the climate change on honey bee colonies in a temperate Mediterranean zone assessed through remote hive weight monitoring system in conjunction with exhaustive colonies assessment. *Science of The Total Environment*, 653, 1111–1119. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.004
- Frank, J., and Kurnik, E., 1970: Nektárvizsgálatok hazai és szovjet napraforgófajtákon. *Takarmánybázis*, 10, 65–69.
- Frank, J., 1999: *A napraforgó biológiája, termesztése*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 422 p.

- Free, J.B., 1970: *Insect pollination of crops*. Academic Press, London és New York, 544 p.
- Frisch, K.W., 1947: *Duftgelenkte Bienen im Dienste der Landwirtschaft und Imkerei*. Springer Verlag, Wien, 189 p.
- Fuentes, J.D., Chamecki, M., Roulston, T., Chen, B., and Pratt, K.R., 2016: Air pollutants degrade floral scents and increase insect foraging times. *Atmospheric Environment*, 141, 361–374. doi:10.1016/j.atmosenv.2016.07.002
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J., and Vaissière, B.E., 2009: Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810–821. doi:10.1016/j.ecolecon.2008.06.014
- Gary, N.E., 1992: *Activities and behavior of honey bees*. In: Graham, J.M. (ed.) *The hive and the honey bee*. Dadant and Sons, Hamilton, 269–372 p.
- Genersch, E., 2010: Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87, 87–97. doi:10.1007/s00253-010-2573-8
- Genersch, E., von der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Büchler, R., Berg, S., Ritter, W., Mühlen, W., Gisder, S., Meixner, M., Liebig, G., and Rosenkranz, P., 2010: The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie*, 41, 332–352. doi:10.1051/apido/2010014
- Geweke, J., 1982: Measurement of Linear Dependence and Feedback between Multiple Time Series. *Journal of the American Statistical Association*, 77, 304–313. doi:10.1080/01621459.1982.10477803
- Gill, R.J., Ramos-Rodriguez, O., and Raine, N.E., 2012: Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 491, 105–108. doi:10.1038/nature11585
- Goulson, D., 2013: REVIEW: An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50, 977–987. doi:https://doi.org/10.1111/1365-2664.12111
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., and Rotheray, E.L., 2015: Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347. doi:10.1126/science.1255957
- Granger, C.W.J., 1969: Investigating Casual Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37, 424-438.
- Gray, A., and Peterson, M., 2017: Investigating honey bee colony losses from surveys of beekeepers, In: Royal Statistical Society Conference. Glasgow.
- Greenleaf, S.S., and Kremen, C., 2006: Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103, 13890–13895. doi:10.1073/pnas.0600929103
- Grünwald, B., 2010: Is Pollination at Risk? Current Threats to and Conservation of Bees. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 19, 61–67. doi:10.14512/gaia.19.1.13
- Gulyás, S., and Halmágyi, L., 1965: A növények nektártermelésének szabályozói. *Méhészet*, 13, 28–30.
- Gulyás, S., 1981: A napraforgó mézélése. *Méhészet*, 29, 127.
- Gulyás, S., 1983: *A nektár*. In: Nikovitz A. (Szerk.): *A méhészet kézikönyve I.-II.* Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont, Hungaronektár, Budapest, 826 p., 510 p.
- Hacker, R.S., and Hatemi-J, A., 2006: Tests for causality between integrated variables using asymptotic and bootstrap distributions: theory and application. *Applied Economics*, 38, 1489–1500. doi:10.1080/00036840500405763
- 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.
- Harris, J.L., 2009: Development of honey bee colonies on the Northern Great Plains of North America during confinement to winter quarters. *Journal of Apicultural Research*, 48, 85–90. doi:10.3896/IBRA.1.48.2.01
- Hauke, J., and Kossowski, T., 2011: Comparison of Values of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficients on the Same Sets of Data. *Quaestiones Geographicae*, 30, 87–93. doi:10.2478/v10117-011-0021-1

- Hazslinszky, B., 1952: Magyar akácmézek kvalitatív és kvantitatív pollenanalitikai vizsgálata. *A MTA Biológia osztályának közleményei*, 1.
- He, X.-J., Tian, L.-Q., Wu, X.-B., and Zeng, Z.-J., 2016: RFID monitoring indicates honeybees work harder before a rainy day. *Insect Science*, 23, 157–159. doi:10.1111/1744-7917.12298
- Hedtke, C., 1997: Pollenverbreitung von transgenen Pflanzen durch Wind und Insekten- eine Risikoabschätzung. *Deutsches Bienen Journal*, 5, 266–269.
- Hegland, S.J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjercknes, A.-L., and Totland, Ø., 2009: How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12, 184–195. doi:https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x
- Heinrich, B., 1996: How the honey bee regulates its body temperature. *Bee World*, 77, 130–137. doi:10.1080/0005772X.1996.11099304
- Henry, M., Béguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J.-F., Aupinel, P., Aptel, J., Tchamitchian, S., and Decourtye, A., 2012: A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science*, 336, 348–350. doi:10.1126/science.1215039
- Henry, M., Bertrand, C., Féon, V.L., Requier, F., Odoux, J.-F., Aupinel, P., Bretagnolle, V., and Decourtye, A., 2014: Pesticide risk assessment in free-ranging bees is weather and landscape dependent. *Nature Communications*, 5, 1–8. doi:10.1038/ncomms5359
- Hiemstra, C., and Jones, D.J., 1994: Testing for Linear and Nonlinear Granger Causality in the Stock Price-Volume Relation. *The Journal of Finance*, 49. doi:https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1994.tb04776.x
- Holmes, W., 2002: The influence of weather on annual yields of honey. *The Journal of Agricultural Science*, 139, 95–102. doi:10.1017/S0021859602002277
- Human, H., Nicolson, S.W., and Dietemann, V., 2006: Do honeybees, *Apis mellifera scutellata*, regulate humidity in their nest? *Naturwissenschaften*, 93, 397–401. doi:10.1007/s00114-006-0117-y
- Ion, N., Stefan, V., Ion, V., Fota, G., and Coman, R., 2007: Results concerning the melliferous characteristics of the sunflower hybrids cultivated in Romania. *Zootecnie si Biotehnologii*, 40, 80–90.
- Jakobsen, H.B., and Kristjánsson, K., 1994: Influence of temperature and floret age on nectar secretion in *Trifolium repens* L. *Annals of Botany*, 74, 327–334.
- Jiang, B., Liang, S., and Yuan, W., 2015: Observational evidence for impacts of vegetation change on local surface climate over northern China using the Granger causality test. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 120, 1–12. doi:10.1002/2014JG002741
- Jiang, J.-A., Wang, C.-H., Chen, C.-H., Liao, M.-S., Su, Y.-L., Chen, W.-S., Huang, C.-P., Yang, E.-C., and Chuang, C.-L., 2016: A WSN-based automatic monitoring system for the foraging behavior of honey bees and environmental factors of beehives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 304–318. doi:10.1016/j.compag.2016.03.003
- Kardos, I., 1974: Megfigyelések az akácról. *Méhészet*, 66–67.
- Kaufmann, R.K., and Stern, D.I., 1997: Evidence for human influence on climate from hemispheric temperature relations. *Nature*, 388, 39–44. doi:10.1038/40332
- Keresztes, B., 1977: Robinia Pseudoacacia: The Basis of Commercial Honey Production in Hungary. *Bee World*, 58, 144–150. doi:10.1080/0005772X.1977.11097669
- Keresztes, B., 1983: Breeding and cultivation of black locust, Robinia pseudoacacia, in Hungary. *Forest Ecology and Management, Forest Genetics and Intensive Forest Management* 6, 217–244. doi:10.1016/S0378-1127(83)80004-8
- Kiss, T., 1983: A méz. In Nikovitz A. (Szerk.): *A méhészet kézikönyve I.-II.* Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóközpont, Hungaronektár, Budapest, 826 p., 383–424 p.
- Klein, A.-M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., and Tscharntke, T., 2007: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274, 303–313. doi:10.1098/rspb.2006.3721
- Kleinhenz, M., Bujok, B., Fuchs, S., and Tautz, J., 2003: Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. *Journal of Experimental Biology*, 206, 4217–4231. doi:10.1242/jeb.00680

- Kovács, A., 1883: Az 1883-iki méhészeti esztendő s a betelelés főbb kellékei. *Természettudományi Füzetek*, 7, 93–97.
- Kremen, C., Williams, N.M., and Thorp, R.W., 2002: Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 16812–16816. doi:10.1073/pnas.262413599
- Kronenberg, F., and Heller, H.C., 1982: Colonial thermoregulation in honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of comparative physiology*, 148, 65–76. doi:10.1007/BF00688889
- KSH, 2012: A méhészet, méztermelés helyzete és lehetőségei, különös tekintettel Észak-Magyarország megyéire.
- Kühnholz, S., and Seeley, T.D., 1997: The control of water collection in honey bee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 41, 407–422. doi:10.1007/s002650050402
- Lafontaine, F., and White, K.J., 1986: Obtaining any Wald statistic you want. *Economics Letters*, 21, 35–40. doi:10.1016/0165-1765(86)90117-5
- Lajkó, L., 2002a: A napraforgó nektártermelése. *Méhészet*, 50, 12–13.
- Lajkó, L., 2002b: A napraforgó virágportermelése. *Méhészet*, 50, 6–7.
- Langowska, A., Zawilak, M., Sparks, T.H., Glazaczow, A., Tomkins, P.W., and Tryjanowski, P., 2017: Long-term effect of temperature on honey yield and honeybee phenology. *International Journal of Biometeorology*, 61, 1125–1132. doi:10.1007/s00484-016-1293-x
- Le Conte, Y., and Navajas, M., 2008: Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue scientifique et technique*, 13.
- Lesznyák, M. -né, Csajbók, J., Borbélyné, H.É., and Zsombik, L., 2007: Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme II. FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 456 p.
- Lever, J.J., van Nes, E.H., Scheffer, M., and Bascompte, J., 2014: The sudden collapse of pollinator communities. *Ecology Letters*, 17, 350–359. doi:10.1111/ele.12236
- Lu, P., Yu, Q., Liu, J., and Lee, X., 2006: Advance of tree-flowering dates in response to urban climate change. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138, 120–131. doi:10.1016/j.agrformet.2006.04.002
- Ludányi, I., and Szalai, Z., 1989: A napraforgó előnyei és hátrányai. *Méhészet*, 37, 12–13.
- Lundie, A.E., 1925: *The Flight Activities of the Honeybee*. United States Department of Agriculture, 66 p.
- Mace, H., 1912: The Influence of Weather on Bees. *Nature*, 89, 62–65. doi:10.1038/089062c0
- Magyar, D., Dumitrica, P., Mura-Mészáros, A., Medzihradsky, Z., Leelőssy, Á., and Martin, S.S., 2021: The Occurrence of Skeletons of Silicoflagellata and Other Siliceous Bioparticles in Floral Honeys. *Foods*, 10, 421. doi:10.3390/foods10020421
- Márton, Á., 2011: *Méhészet*. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 84 p.
- Marzaro, M., 2013: Corn seed coated with neonicotinoids: environmental contamination and bee losses in spring. Doktori értekezés. Università degli Studi di Padova, Padova, Olaszország.
- Mattu, V.K., 2014: Role of honeybees and other pollinators in crop productivity and impacts of climate change. Workshop on Promotion of Honeybee Keeping in Haryana.
- Matyasovszky, I., 2002: *Statisztikus klimatológia*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- McLellan, A.R., 1977: Honeybee Colony Weight as an Index of Honey Production and Nectar Flow: A Critical Evaluation. *Journal of Applied Ecology*, 14, 401–408. doi:10.2307/2402553
- Meikle, W.G., and Holst, N., 2015: Application of continuous monitoring of honeybee colonies. *Apidologie*, 46, 10–22. doi:10.1007/s13592-014-0298-x
- Menzel, A., Sparks, T.H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kübler, K., Bissolli, P., Braslavská, O., Briede, A., Chmielewski, F.M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, Á., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Måge, F., Mestre, A., Nordli, Ø., Peñuelas, J., Pirinen, P., Remišová, V., Schejfinger, H., Striz, M., Susnik, A., Vliet, A.J.H.V., Wielgolaski, F.-E., Zach, S., and Züst, A., 2006: European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology*, 12, 1969–1976. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x

- 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.
- Mitchener, A.V., 1955: Manitoba Nectar Flows 1924-1954, with Particular Reference to 1947-1954. *Journal of Economic Entomology*, 48, 514–518. doi:10.1093/jee/48.5.514
- Morva, F., 1977: A napraforgóról. *Méhészet*, 25, 127.
- Mosedale, T.J., Stephenson, D.B., Collins, M., and Mills, T.C., 2006: Granger Causality of Coupled Climate Processes: Ocean Feedback on the North Atlantic Oscillation. *Journal of Climate*, 19, 1182–1194. doi:10.1175/JCLI3653.1
- Nicolson, S.W., and Nepi, M., 2005: Dilute nectar in dry atmospheres: nectar secretion patterns in *Aloe castanea* (Asphodelaceae). *International Journal of Plant Science*, 166, 227–233.
- Nicolson, S.W., 2009: Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. *Journal of Experimental Biology*, 212, 429–434. doi:10.1242/jeb.022343
- Nürnberg, F., Härtel, S., and Steffan-Dewenter, I., 2018: The influence of temperature and photoperiod on the timing of brood onset in hibernating honey bee colonies. *PeerJ*, 6, e4801. doi:10.7717/peerj.4801
- Nürnberg, F., Härtel, S., and Steffan-Dewenter, I., 2019: Seasonal timing in honey bee colonies: phenology shifts affect honey stores and varroa infestation levels. *Oecologia*, 189, 1121–1131. doi:10.1007/s00442-019-04377-1
- Nyáradi, A., 1958: *A méhlegelő növényei*. Mezőgazdasági és Erdészeti Állami Könyvkiadó, Bukarest, 435 p.
- Ollerton, J., Winfree, R., and Tarrant, S., 2011: How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321–326. doi:https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x
- ÖMKI, 2015: *Méhegészségügy az ökológiai méhészetben*. Ömki, Budapest.
- ÖMKI, 2015: *Szakmai feladatok az ökológiai méhészetben*. Ömki, Budapest.
- Őrösi, P.Z., 1955: *Méhek között*, 4. ed. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 663 p.
- Orosz-Kovács, Zs., Inhof, L., Horváth, Sz., Bodor, E., and Gulyás, S., 1986: A Pándy-meggy nektártermelése. *Méhészet*, 34, 13.
- Papagiannopoulou, C., Miralles, D., Decubber, S., Demuzere, M., Verhoest, N., Dorigo, W.A., and Waegeman, W., 2017: A non-linear Granger-causality framework to investigate climate-vegetation dynamics. *Geoscientific Model Development*, 10, 1945–1960. doi:10.5194/gmd-10-1945-2017
- Parker, F.D., 1981: Sunflower pollination: abundance, diversity and seasonality of bees and their effect on seed yields. *Journal of Apicultural Research*, 20, 49–61.
- Pepó, P., 2005: Napraforgó. In: ANTAL J. (Szerk.): *Növénytermesztés 2. Gyökérés gumós növények. Hüvelyesek. Olaj- és ipari növények. Takarmánynövények*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 595 p., 224–248 p.
- Pesti, J., 1976: Daily fluctuations in the sugar content of nectar and periodicity of secretion in the Compositae. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 25, 5–17.
- Péter, J., 1968: Néhány növény nektárszokréciónak vizsgálata. *Mosonmagyaróvári Agrártudományi Főiskola Közleményei I.*, 11, 17–24.
- Péter, J., 1971: Florális nektárszokréción vizsgálatok szántóföldi növényeken. *Acta Agronomica Ovariensis*, 14, 5–35.
- Péter, J., 1978: Környezeti tényezők hatása a florális nektárszokréción mennyiségére és minőségére. Kandidátusi értekezés tézisei, Mosonmagyaróvár.
- Pinzauti, M., 1986: The influence of the wind on nectar secretion from the melon and on the flight of bees: the use of an artificial wind-break. *Apidologie*, 17, 63–72.
- Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., and Kunin, W.E., 2010: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 345–353. doi:10.1016/j.tree.2010.01.007

- Puškadija, Z., Štefanić, E., Mijić, A., Zdunić, Z., Parađiković, N., Florijančić, T., and Opačak, A., 2007: Influence of weather conditions on honey bee visits (*Apis mellifera carnica*) during sunflower (*Helianthus annuus* L.) blooming period. *Poljoprivreda*, 13, 230–233.
- Pusztai, J., 1969: *Alma és vöröshere megporzási kísérletek tanácskozás Zala megyében*. Zala megyei Nyomda, Nagykanizsa.
- Rácz B., 1921: Apró közlemények: Időjárás és méhészet a Nagy Alföld közepén 1920. október, november, december, 1921. január és február (12–14). — Március (30). — Április és május (47–48). — Június és július (63–64). — Augusztus (80/a. borítékon). — Szeptember és október (94–95). — Az idei április 8.-i napfogyatkozás (30–31) — A hetek óta tartó abnormális hőség (80/b. borítékon). *Időjárás*, 25.
- Rader, R., Reilly, J., Bartomeus, I., and Winfree, R., 2013: Native bees buffer the negative impact of climate warming on honey bee pollination of watermelon crops. *Global Change Biology*, 19, 3103–3110. doi:<https://doi.org/10.1111/gcb.12264>
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L.A., Garatt, M.P.D., Howlett, B.G., Winfree, R., Cunningham, S.A., Mayfield, M.M., Arthur, A.D., Andersson, G.K.S., Bommarco, R., Brittain, C., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Entling, M.H., Foully, B., Freitas, B.M., Gemmill-Herren, B., Ghazoul, J., Griffin, S.R., Gross, C.L., Herbertsson, L., Herzog, F., Hipólito, J., Jaggard, S., Jauker, F., Klein, A.-M., Kleijn, D., Krishnan, S., Lemos, C.Q., Lindström, S.A.M., Mandelik, Y., Monteiro, V.M., Nelson, W., Nilsson, L., Pattemore, D.E., Pereira, N. de O., Pisanty, G., Potts, S.G., Reemer, M., Rundlöf, M., Sheffield, C.S., Scheper, J., Schüepp, C., Smith, H.G., Stanley, D.A., Stout, J.C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Vergara, C.H., Viana, B.F., and Woyciechowski, M., 2016: Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *PNAS*, 113, 146–151.
- Reddy, P.V.R., Verghese, A., and Rajan, V.V., 2012: Potential impact of climate change on honeybees (*Apis* spp.) and their pollination services. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 18, 7.
- Rédei, K., Csiha, I., Keserű, Z., Kamandiné Végh, Á., and Györi, J., 2011: The Silviculture of Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in Hungary: a Review. *South-east European forestry : SEEFOR*, 2, 101–107. doi:[10.15177/see-for.11-11](https://doi.org/10.15177/see-for.11-11)
- Ricketts, T.H., 2004: Tropical Forest Fragments Enhance Pollinator Activity in Nearby Coffee Crops. *Conservation Biology*, 18, 1262–1271. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00227.x>
- Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Gemmill-Herren, B., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng', A., and Viana, B.F., 2008: Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11, 499–515. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01157.x>
- Riessberger, U., and Crailsheim, K., 1997: Short-term effect of different weather conditions upon the behaviour of forager and nurse honey bees (*Apis mellifera carnica* Pollmann). *Apidologie*, 28, 411–426. doi:[10.1051/apido:19970608](https://doi.org/10.1051/apido:19970608)
- Robertson, L.M., Edlin, J.S., and Edwards, J.D., 2010: Investigating the importance of altitude and weather conditions for the production of toxic honey in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38, 87–100. doi:[10.1080/01140671003781702](https://doi.org/10.1080/01140671003781702)
- Ruff, J., 1991: A méztermelés növelése vándorlással egyéb növényeknél. A napraforgó. In: Halmágyi L., Keresztesi B. (Szerk.): *A méhlegelő*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 308 p., 289-199 p.
- Sajermann, G., 1983: Méhészetünk alapja az akác. *Méhészet*, 4–5.
- Salvucci, G.D., Saleem, J.A., and Kaufmann, R., 2002: Investigating Soil Moisture Feedbacks on Precipitation With Tests of Granger Causality. *AGU Spring Meeting Abstracts*, 42, B42A-02.
- Santas, L.A., 1983: Insects producing Honeydew Exploited By Bees in Greece. *Apidologie*, 14, 93–103.
- Schweitzer, P., Nombri, I., and Boussim, J.I., 2013: Honey Production for Assessing the Impact of Climatic Changes on Vegetation 5.
- Seeley, T.D., 1974: Atmospheric carbon dioxide regulation in honey-bee (*Apis mellifera*) colonies. *Journal of Insect Physiology*, 20, 2301–2305. doi:[10.1016/0022-1910\(74\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0022-1910(74)90052-3)
- Shuel, R.W., 1955: Nectar secretion. *American Bee Journal*, 95, 229–234.
- Simpson, J., 1961: Nest Climate Regulation in Honey Bee Colonies. *Science*, 133, 1327–1333.

- Sőtér, K., 1895: *A méh és világa : Elméleti és gyakorlati bevezetés a méhek alapos ismerete és sikeres tenyésztésébe.* Erdélyi Méhészegylet, Kolozsvárt.
- Southwick, E.E., and Heldmaier, G., 1987: Temperature Control in Honey Bee Colonies. *BioScience*, 37, 395–399. doi:10.2307/1310562
- Southwick, E. E., and Moritz, R.F.A., 1987: Effects of meteorological factors on defensive behaviour of honey bees. *International Journal of Biometeorology*, 31, 259–265. doi:10.1007/BF02188929
- Southwick, Edward E., and Moritz, R.F.A., 1987: Social control of air ventilation in colonies of honey bees, *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, 33, 623–626. doi:10.1016/0022-1910(87)90130-2
- Sparks, T.H., Langowska, A., Głazaczow, A., Wilkaniec, Z., Bieńkowska, M., and Tryjanowski, P., 2010: Advances in the timing of spring cleaning by the honeybee *Apis mellifera* in Poland. *Ecological Entomology*, 35, 788–791. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2010.01226.x
- Stabentheiner, A., Pressl, H., Papst, T., Hrasnigg, N., and Crailsheim, K., 2003: Endothermic heat production in honeybee winter clusters. *Journal of Experimental Biology*, 206, 353–358. doi:10.1242/jeb.00082
- Starks, P.T., and Gilley, D.C., 1999: Heat Shielding: A Novel Method of Colonial Thermoregulation in Honey Bees. *Naturwissenschaften*, 86, 438–440. doi:10.1007/s001140050648
- Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., and Tschardt, T., 2002: Scale-Dependent Effects of Landscape Context on Three Pollinator Guilds. *Ecology*, 83, 1421–1432. doi:https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1421:SDEOLC]2.0.CO;2
- Stone, G.N., 1994: Patterns of Evolution of Warm-Up Rates and Body Temperatures in Flight in Solitary Bees of the Genus *Anthophora*. *Functional Ecology*, 8, 324–335. doi:10.2307/2389825
- Sun, L., and Wang, M., 1996: Global Warming and Global Dioxide Emission: An Empirical Study. *Journal of Environmental Management*, 46, 327–343. doi:10.1006/jema.1996.0025
- Svoboda, J., 1962: Teneur en strontium 90 dans les abeilles et dans leurs produits. *Bulletin Apicole*, 5, 101–103.
- Switanek, M., Crailsheim, K., Truhetz, H., and Brodschneider, R., 2017: Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. *Science of The Total Environment*, 579, 1581–1587. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.11.178
- Szabó, B., Vincze, E., and Czucz, B., 2016: Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 60, 1347–1356. doi:10.1007/s00484-015-1128-1
- Szabo, T.I., 1980: Effect of Weather Factors on Honeybee Flight Activity and Colony Weight Gain. *Journal of Apicultural Research*, 19, 164–171. doi:10.1080/00218839.1980.11100017
- Szabó, T.I., 1984: Nectar secretion in dandelion. *Journal of Apicultural Research*, 23, 204–208.
- Szalai, M., Zajác, E., Szalai, T., and Szél, Zs., 2001: Napraforgó hibridek méhészeti értéke. *Méhészet*, 49, 12–13.
- Szalamatova, T.Sz., 1986: *A növényi sejt élettana.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 251 p.
- Szentes, Cs., 2003a: Miért nem mézel a napraforgó? II. *Méhészet*, 51, 14–15.
- Szentes, Cs., 2003b: Miért nem mézel a napraforgó? I. *Méhészet*, 51, 16–17.
- Takács M., and Oláh J., 2020: A méhanya életkorának hatása a méhcsaládok (*Apis mellifera* L.) 2018. évi tavaszi fejlődésére és méztermelésére. *Animal Welfare, Etológia és Tartástechnológia*, 16, 70–78.
- Tarczay, K., and Feiler, J., 2017: Challenges of climate change to the life of bees and apiaries. *Légekör*, 62, 171–174.
- Thimmegowda, G.G., Brockmann, A., Dhandapany, P.S., and Olsson, S.B., 2020: Reply to Negri et al.: Air pollution and health impacts on bees: Signs of causation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, 26578–26579. doi:10.1073/pnas.2017972117
- Toda, H.Y., and Yamamoto, T., 1995: Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225–250. doi:10.1016/0304-4076(94)01616-8

- Triacca, U., 2005: Is Granger causality analysis appropriate to investigate the relationship between atmospheric concentration of carbon dioxide and global surface air temperature? *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 133–135. doi:10.1007/s00704-004-0112-1
- Vadas J., 1911: *Az akácfa monografiája, különös tekintettel erdőgazdasági jelentőségére*. Országos Erdészeti Egyesület, Budapest, 270 p.
- Valló, Á., 1914: *A méhtenyésztés vezérfonala*, A m. kir. földművelésügyi minister kiadványai 1914. Pallas Ny., Budapest.
- Varga, Z., Varga-Haszonits, Z., Enzsölné Gerencsér, E., Lantos, Zs., and Milics, G., 2012: A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése. *Acta Agronomica Óváriensis*, 54, 35–52.
- Varshneya, I., Pandey, K.A., and Rathore, R.R.S., 2007: Effect of weather parameters on brood development of European honey bee, *Apis mellifera* Linn. in different seasons-Indian Journals. *Journal of Entomological Research*, 31, 347–354.
- Vercelli, M., Novelli, S., Ferrazzi, P., Lentini, G., and Ferracini, C., 2021: A Qualitative Analysis of Beekeepers' Perceptions and Farm Management Adaptations to the Impact of Climate Change on Honey Bees. *Insects*, 12, 228. doi:10.3390/insects12030228
- Vicens, N., and Bosch, J., 2000: Weather-Dependent Pollinator Activity in an Apple Orchard, with Special Reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*, 29, 413–420. doi:10.1603/0046-225X-29.3.413
- Vincze, C., 2019: *A méhészet és a klíma(változás) összefüggései*. Szakdolgozat. Debreceni Egyetem, Debrecen, 44 p.
- Vrânceanu, A.V., 1977: *A napraforgó. (Ford.)*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 313 p.
- Vrânceanu, A.V., Stoenescu, F.M., and Pirvu, N., 1988: *Genetic progress in sunflower breeding in Romania*. In: *24 Proc. 12th Int. Sunflower Conf., Novi Sad, Yugoslavia. 25-29. July. Int. Sunflower Assoc.*, Paris, France, 404–410 p.
- 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
- Wickham, H., 2016: *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, New York.
- Williams, I.H., Corbet, S.A., and Osborne, J.L., 1991: Beekeeping, Wild Bees and Pollination in the European Community. *Bee World*, 72, 170–180. doi:10.1080/0005772X.1991.11099101
- Xu, Y., Lu, P., and Yu, Q., 2004: Impacts of climate change on first-flowering dates of *Robinia pseudoacacia* L. and *Syringa amurensis* Rupr. in China. *Journal of Beijing Forestry University*, 26, 94–97.
- Yang, Y., Watanabe, M., Li, F., Zhang, J., Zhang, W., and Zhai, J., 2006: Factors affecting forest growth and possible effects of climate change in the Taihang Mountains, northern China. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 79, 135–147. doi:10.1093/forestry/cpi062
- Yildiz, C., and Özilgen, M., 2019: Thermodynamic assessment of the impact of the climate change on the honeybees. *International Journal of Global Warming*, 17, 185–218. doi:10.1504/IJGW.2019.097864
- Zajác, E., 2006: Nektárprodukción vizsgálatok egyes napraforgó-hibrideknél. *Gyakorlati Agrofórum*, 17, 51–52.
- Zajác, E., Zaják, A., Szalainé, M., and Szalai, T., 2006: Nectar production of some sunflower hybrids. *Journal of Apicultural Science*, 50, 109–113.
- Zajác, E., 2011: *Napraforgó hibridek nektártermelési és egyes területi elhelyezési kérdései eltérő agroökológiai adottságok esetén*. Doktori értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Zar, J.H., 2005: Spearman Rank Correlation, In: *Encyclopedia of Biostatistics*. American Cancer Society. doi:10.1002/0470011815.b2a15150
- Zeileis, A., and Hothorn, T., 2002: Diagnostic Checking in Regression Relationships. *R News*, 2, 7–10.
- Zhang, Y., 2019: Dynamic effect analysis of meteorological conditions on air pollution: A case study from Beijing. *Science of The Total Environment*, 684, 178–185. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.05.360
- Zseltvay, E., 1941: *Junius havi teendők*. MÉH, *A magyar méhészek lapja*, 23.

Internetes források:

[1-met.hu]

https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Debrecen/leirasok/szamitasok/

I.Függelék:



Rakodó kaptár higénikus alja



Rakodó kaptár teteje

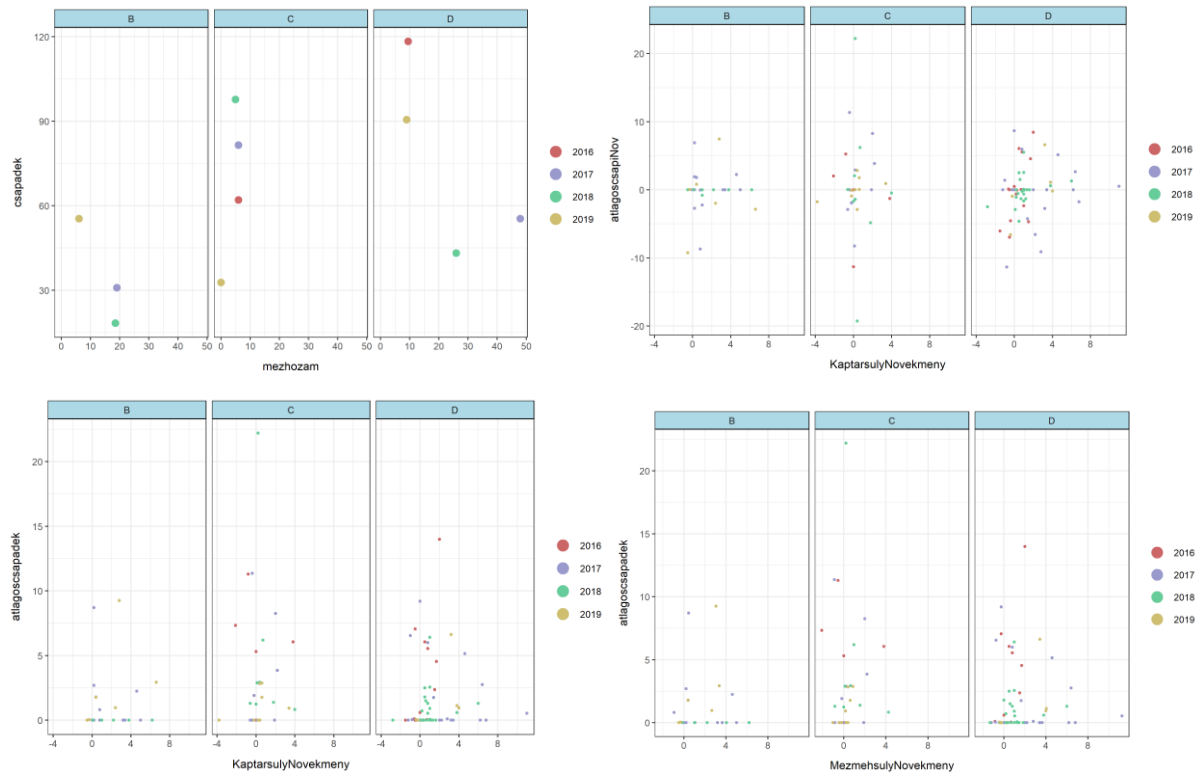


Rakodó kaptár menekülő tere

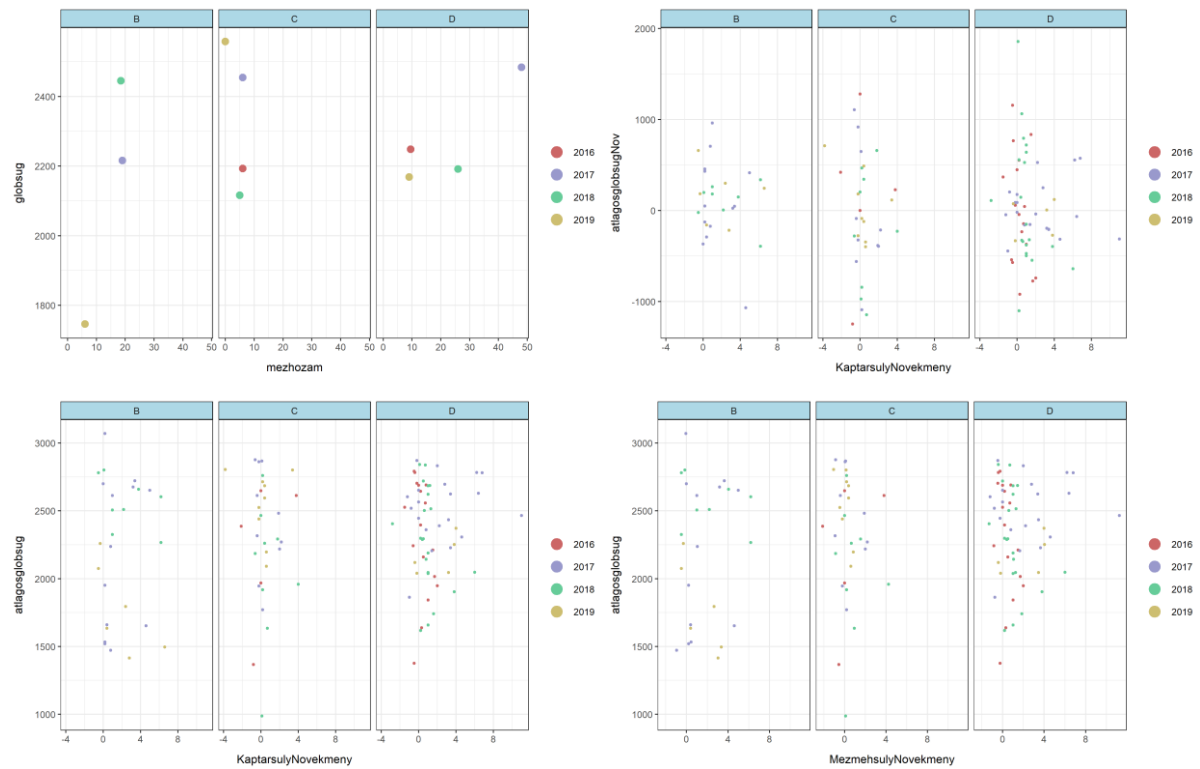


Műlépes keret

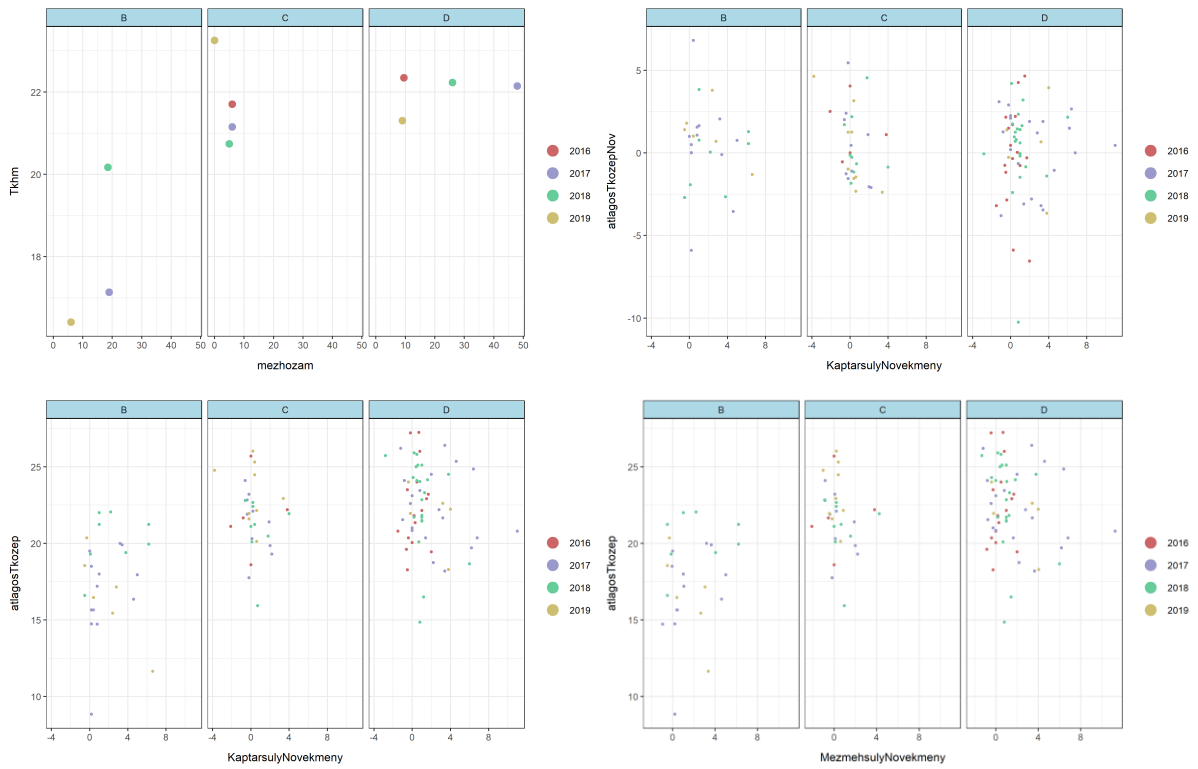
II.Függelék



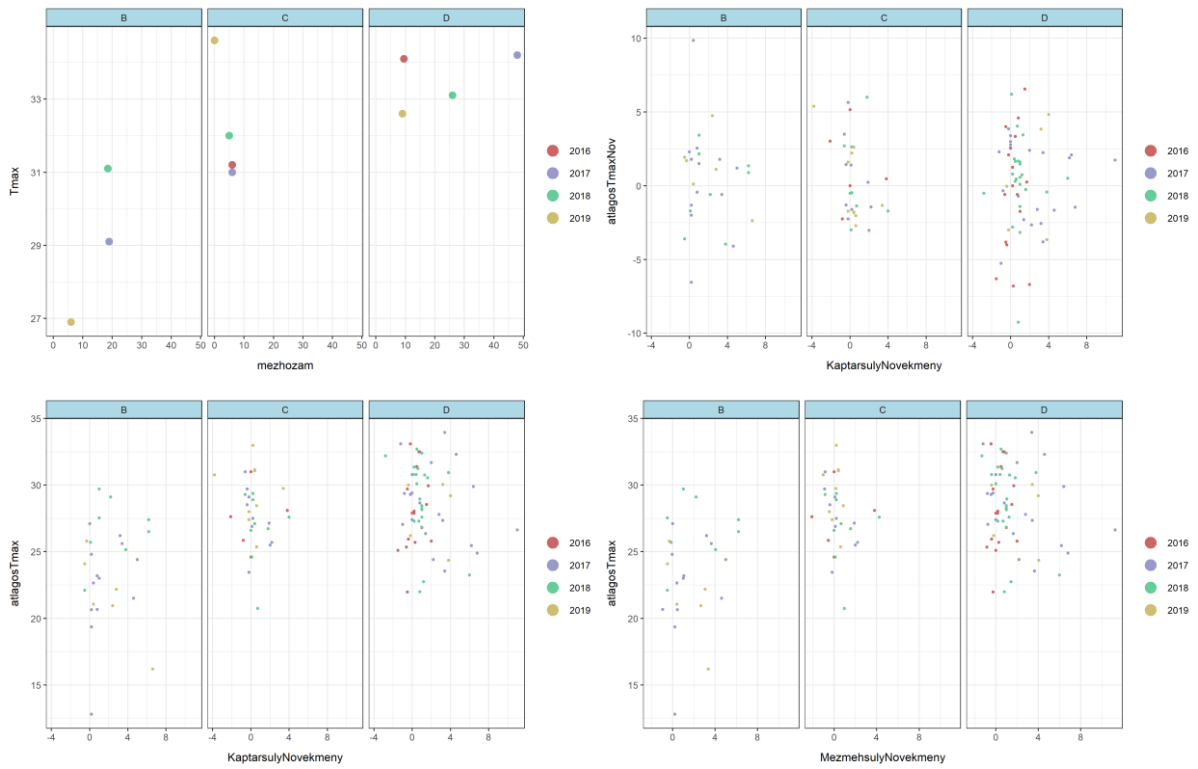
A csapadék és a méhészeti változók kapcsolata



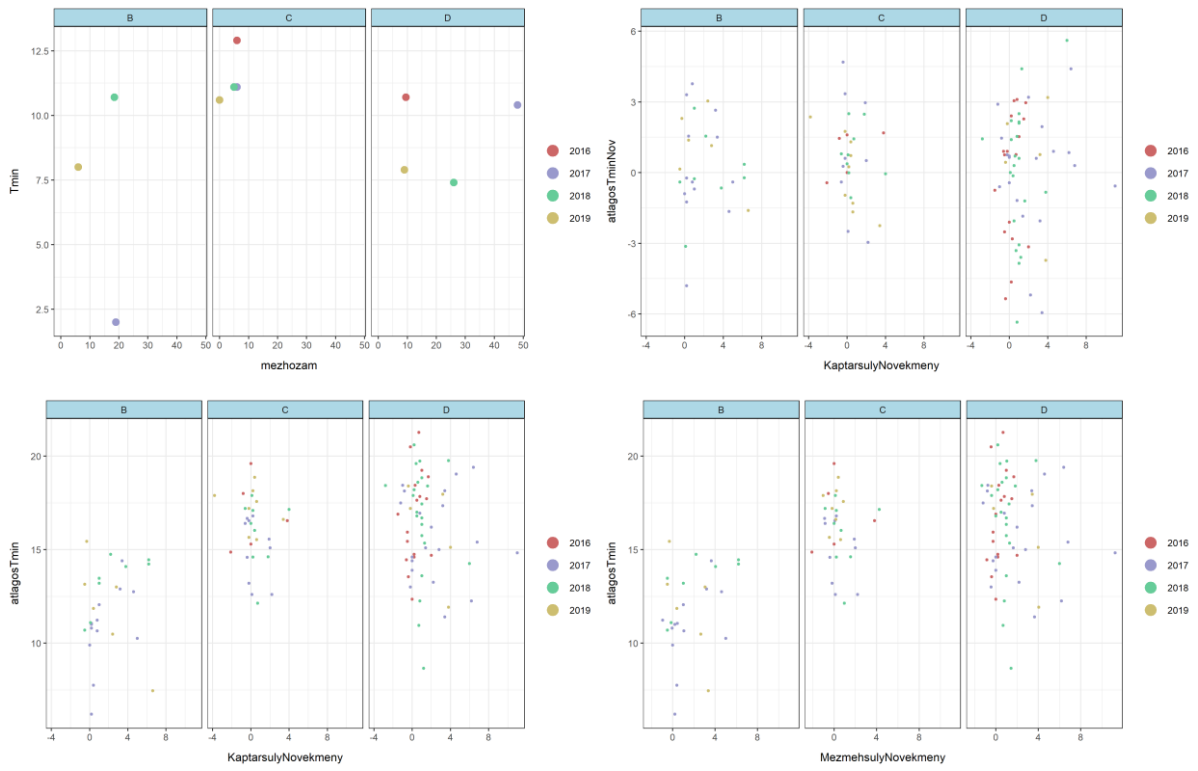
A globálsugárzás és a méhészeti változók kapcsolata



A középhőmérséklet és a méhészeti változók kapcsolata



A maximumhőmérséklet és a méhészeti változók kapcsolata



A minimumhőmérséklet és a méhészeti változók kapcsolata