

SZAKDOLGOZAT

NYERGES GÁBOR ZSOLT

Szakképzett Méhész Szakirányú Továbbképzés

Gödöllő

2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Szakképzett méhésztanár szakirányú továbbképzési szak**

**POLLENMINTÁK BOTANIKAI ÖSSZETÉTEL ÉS
NÖVÉNYVÉDŐ SZER MARADÉK VIZSGÁLATA A 2019-ES
ÉVBEN**

Belső konzulens:	Dr. Szénási Ágnes egyetemi docens, PhD
Külső konzulens:	Tóth Péter méhészeti szaktanácsadó
Készítette:	Nyerges Gábor Zsolt XUUOF1 Levelező Tagozat Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet Állattani és Ökológiai Tanszék

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. Méhek által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások	5
2.2. Virágpor	7
2.3. A méhek immunrendszere	9
2.4. A növényvédő szerek és a beporzók kapcsolata	11
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	14
3.1. A mintavételezés helyének bemutatása	14
3.4. A vizsgálatok módszerei	16
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	18
4.1. A 2019.04.03-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	18
4.2. A 2019.04.10-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	19
4.3. A 2019.04.22-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	20
4.4. A 2019.04.26-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	21
4.5. A 2019.05.02-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	22
4.6. A 2019.05.09-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	23
4.7. A 2019.05.11-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	24
4.8. A 2019.05.24-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	25
4.9. A 2019.06.26-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	26
4.10. A 2019.07.10-én begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai.....	26
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	31
6. ÖSSZEFOGLALÁS	35
7. IRODALOMJEGYZÉK	37
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	44

1. BEVEZETÉS

A tenyésztett és vadon élő beporzóknak világszerte óriási szerepe van a mezőgazdasági termelésben. A termesztett növényeink háromnegyedének termésmennyisége vagy minősége függ bizonyos mértékben a pollinátorok tevékenységétől (IPBES 2017).

A nyugati mézelő méh (*Apis mellifera*) és a keleti mézelő méh (*Apis cerana*), széleskörűen termelésbe vont fajok, melyek hozzájárulnak a világ agrárgazdaságának bevételeéhez. Magyarországon jelenleg mintegy 1.207.128 méhcsalád és 21.207 méhészet van, valamint a hazai éves méztermelés 15-30 ezer tonna között mozog. (Tóth, et al. 2022).

A világ legfontosabb árunövényei közül sok élvezi az állatok által történő beporzás előnyeit a terméshozam és/vagy a minőség tekintetében, és ezen növények vezető exporttermékeknek számítanak a fejlődő országokban (pl. kávé és kakaó) és a fejlett országokban (pl. mandula), ami több millió ember számára biztosít foglalkoztatást és jövedelmet (IPBES 2016).

Egyértelmű tehát, hogy a méhek jelenléte, egészsége és termelékenysége nem csak a biodiverzitás, hanem beporzó tevékenységük miatt is fontos az ember számára.

Munkájuk során azonban a méhek gyakran a kultúrnövényeket károsító ágensek ellen kijuttatott növényvédő szer maradékokkal találkozhatnak. Ezen lehetséges szermaradékok együttes hatása nehezen követhető, hiszen jelenlétük, összetételük és mennyiségük is folyamatosan változik, továbbá a növényi részek közti eloszlás is különbözhet. A virágpor és az abból készült termék, azaz a méhkenyér és a méhpempő időben eltolt felhasználásából adódóan a méhekre gyakorolt hatása nehezen vizsgálható.

Munkám során a méhek által gyűjtött virágporcsomók növényvédő szermaradék és növényfaji összetétel vizsgálatát végeztem el 2019-ben. Az alkalmazott módszerrel lehetőségem volt a mintákat a kaptárba hordás másnapján elvenni, és fagyasztva tárolni, így a hatóanyagok esetleges utólagos lebomlását minimalizálni. Arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a virágpor, azaz a méhek legfontosabb tápanyagforrása szennyezett-e a növényvédelemi technológiában alkalmazott hatóanyagokkal. Munkám második hipotéziseként pedig azt vizsgáltam, hogy egy-egy méhcsalád virágportermése azonos vagy különböző forrásokból származik-e, ennek megállapítására 3 egymás melletti méhcsaládtól gyűjtöttem a virágpormintákat.

A dolgozatommal a növényorvosi képzésem során folytatott vizsgálataimat folytattam.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Méhek által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások

Az ember által fenntartott méhcsaládok egyre fontosabb részei a profitábilis mezőgazdaságnak, azáltal, hogy eljuttatják a pollent a bibére (Ollerton, 2021). A zárwatermő virágos növények 87,5%-a (~308.000 faj), köztük sok termesztett zöldség- és gyümölcsféle (pl. alma, dinnye, mandula, őszibarack, sárgarépa), dísnövények, szántóföldi kultúrák közül a repce- és napraforgó, egyes takarmánynövények (pl. lucerna) és a vadnövények jelentős része állatok közreműködését igénylik a beporzáshoz (Klein et al. 2007, Ollerton et al. 2011). A különböző növények eltérő mértékben függenek a beporzók tevékenységétől. Míg egyes növények számára ez esszenciális (pl. tökfélék, dinnye, spárga), más növények terméshozama jelentősen (pl. petrezselyem, uborka, sárgarépa, málna, alma, meggy, szilva) vagy kisebb mértékben (pl. burgonya, káposzta, vöröshagyma, paprika) nő a beporzók tevékenysége által (Klein et al. 2007).

Figyelembe véve, hogy a beporzóktól függő növények eltérő mértékben támaszkodnak az állatok által történő megporzásra, a becslések szerint a jelenlegi globális növénytermesztés 5-8 százaléka (melynek éves piaci értéke 235-577 milliárd amerikai dollár volt 2015-ben) tudható be közvetlenül az állatok által történő beporzásnak (IPBES 2016).

A világ legfontosabb árunövényei közül sok élvezi a beporzás előnyeit a terméshozam és/vagy a minőség tekintetében, és ezen növények vezető exporttermékeknek számítanak a fejlődő országokban (pl. kávé és kakaó) és a fejlett országokban (pl. mandula), ami több millió ember számára biztosít foglalkoztatást és jövedelmet (IPBES 2016).

Az egyre intenzívebb mezőgazdasági termelés következtében azonban a megművelt területek mind kevésbé alkalmasak a vadonélő beporzók számára, így az ember által szaporított és hasznossága miatt nagy számban tartott méhfajoktól való függés világszerte növekszik (Aizen et al., 2008; Koh et al., 2016; Jordan et al., 2021).

A világon legnagyobb családszámban tartott méhfaj a nyugati mézelő méh (*Apis mellifera*) melyet mára szerte a glóbuszon elterjesztett az ember. A hazai méhészeti ágazat is a nyugati mézelő méhre épül. Közeli rokona az Ázsiában honos keleti mézelő méh (*Apis cerana*), melyet szintén hasznosítanak méztermelésre. Hazánkban 21.207 méhészet van, mely megközelítőleg

1.207.128 méhcsaládot jelent. Ez Magyarország területére vetítve 12,9 méhcsalád/km²-t jelent (Tóth, et al. 2022).

A háziméhek önmagukban is jelentős szerepet játszanak a kultúrnövényeink megporzásában. Célzott telepíthetőségükkel lehetőség van olyan területek megporzására is, ahol a fokozott növényvédő szer használat vagy pl.: monokultúra, területnagyság miatt a vadonélő beporzók már nem tudják ellátni ezt a feladatot (Pérez-Méndez et al., 2020). Az elmúlt években a háziméheken túl vadméheket is egyre elterjedtebben használnak a szabadföldi mezőgazdasági termelésben is. Számos szabóméhet (*Megachile* sp.) fullánktalan méhet (*Melipononi* sp.) és poszméhfajokat (*Bombus* sp.) is széleskörűen kezdtek alkalmazni a vadonélő beporzók hiányának csökkentésére (Abrol, 2012).

A beporzók hasznosságára sajnos a leggyakrabban csak az ökoszisztéma-szolgáltatásaik hiátusa esetén derül fény. Ökoszisztéma-szolgáltatások alatt azokat a kézzelfogható és kézzel nem fogható javakat (termékeket és szolgáltatásokat) értjük, amelyeket az ökológiai rendszer természetes vagy átalakított formájában nyújt az emberek számára, így növelve a társadalom és tagjainak jóllétét. (Kelemen, 2013)

Sajnálatos módon azonban a mezőgazdaság működése amellet, hogy élelmiszert, energiát és számos javat termel (Cooper & Dobson, 2007), valamint, hogy virágzó és nektárt/virágport adó növények esetén táplálékul szolgál a méheknek, számos helyen károsíthatja a beporzó fajokat. Egyik leggyakrabban hallható ilyen terület a növényvédő szerek által okozott mérgezések, pusztulások.

A növényvédő szerek pozitív hatásuk mellett, számos rizikófaktorral is rendelkeznek. Ilyen például a rezisztens kártevők kialakulásának esélye, valamint a tágabb értelemben vett környezetszennyezés és az emberi egészséggel kapcsolatos aggályok (Van Bruggen et al., 2018; Silva et al., 2019). Bár a rovarölő szereket a kártevők ellen alkalmazzák, a mezőgazdaságban történő használatuk hatással lehet a nem-célszervezet rovarfajokra, amelyek hasznos szolgáltatásokat nyújtanak a mezőgazdaság számára, például kártevők gyérítése vagy beporzás terén. Bár számos hasznos rovar ki lehet téve rovarölő szereknek, a közelmúltban a legtöbb figyelmet a szociális méhek (elsősorban az *Apis* és *Bombus* fajok) különböző szinteken történő vizsgálatára fordították, különös tekintettel a neonikotinoid rovarölőszerekre és azok letális és szubletális hatásaira a molekuláris és sejtszinten át a család és a populáció szintig.

Nem véletlen, hogy a növényvédő szerek hatásait legtöbbször a mézelő méheken és a *Bombus* fajokon vizsgálták, hiszen közvetlen gazdasági jelentőségük nagyobb, valamint a méhészek

könnyebben észlelik, ha a méhcsaláddal gond van, mint amilyen eséllyel egy vad beporzó faj pusztulását esetleg az ökológusok, rovarászok érzékelné tudják (Goulson et al., 2015; Biesmeijer et al., 2006; Ollerton et al., 2014; Potts et al., 2010).

2.2. Virágpor

A virágpor méhek által méhkenyérre alakítva a méhcsalád fő fehérjeforrása, amely lipideket, ásványi anyagokat és vitaminokat is tartalmaz. A virágpor által biztosított fehérje létfontosságú a fiasítás és a fiatal méhek fejlődéséhez (Ellis et al., 2023).

A virágpor a mézelő méhek által használt legváltozatosabb tápanyagforrás, amely jellemzően a következőkből áll:

víz (7%-16%); nyersfehérje (6%-30%); éterkivonat (1%-14%); szénhidrátok (redukáló cukrok (19%-41%), nem redukáló cukrok (0%-9%) és keményítő (0%-11%)); lipidek (5%); hamu (1%-6%); és egyéb (22%-36%).

A különböző forrásokból származó virágpor az egyes összetevőkből eltérő mennyiséget tartalmaz: a méhek számára NEM minden virágpor egyformán tápláló (Ellis et al., 2023).

A virágpor által biztosított fehérje nélkülözhetetlen a méhcsalád növekedéséhez, de a virágporban rendelkezésre álló nyersfehérje mennyisége igen változó: a virágpor teljes száraz tömegének 6-30%-a között mozog. A fehérje aminosavakból áll, amelyek közül 10-et a mézelő méhek számára létfontosságúnak minősítettek. Ezek a treonin, valin, metionin, izoleucin, leucin, fenilalanin, hisztidin, lizin, arginin és triptofán (Ellis et al., 2023).

A virágporban található aminosavak mennyisége és típusa attól függően változik, hogy milyen növényfajról gyűjtötték a virágport (Ellis et al., 2023).

A virágport a porzó termeli, amely a hím virág reprodukív része. A pollent a nem szélbeporzású növényeknél a rovarok, többek között a méhek juttatják el a porzóról a bibére. Növényfajtól függően néha elégséges, ha ugyanazon növény bibéjére kerül a virágpor, más esetben, ha növény nem önmegporzó, akkor egy másik, azonos fajba tartozó növény virágának bibéjére kell eljutnia. Következésképpen egy nagyon bonyolult kapcsolat alakult ki a növények és a beporzók között, mivel mindkét fél egymásra van utalva (Ellis et al., 2023).

A növényfajok különböznek egymástól a megtermelt pollen mennyisége és minősége szempontjából. Egyes növények bőséges mennyiségű virágport termelnek, de a beltartalmat

illetően lehet, hogy gyenge minőségű, míg mások nagyon kevés, de jó minőségű pollent termelnek. A közeli rokonságban álló növényeknek (ugyanazon nemzetségen belül) általában hasonló mennyiségű nyers fehérje van a pollenjükben. Nyersfehérje tartalmát tekintve jó minőségű pollent ad a például a repce (*Brassica napus* - 23%) és a mandula (*Prunus dulcis* - 26%), míg a málna/szeder (*Rubus* spp. - 19%), fűzfa (*Salix* spp. - 17%), napraforgó (*Helianthus annuus* -16%) és a fenyő (*Pinus* spp. - 7%) alacsony nyersfehérje tartalmú virágport ad (Bryś et al., 2021).

A virágporok hasznossága azonban nem csak a fehérjetartalmuktól függ. Megfigyelték például a napraforgó jótékony hatását a méhek immunrendszerére. Jonathan et al. (2018) vizsgálták, hogy miként hat a napraforgópollen poszméhek (*Bombus impatiens*) és nyugati mézelő méheket károsító szervezetekre. A kutatásból kiderült, hogy a poszméhek *Crithidia bambi* egysejtű kórokozójának jelenléte, valamint a mézelő méhek *Nosema ceranae* fertőzöttsége jelentősen csökkent a napraforgó pollent fogyasztó méhek esetén, szemben a hajdina (*Fagopyrum cymosum*) pollent fogyasztó egyedekkel (Jonathan et al. 2018).

Gyűjtögető munkájuk során a mézelő méh dolgozói a virágport inkább a virágporaszemek illata és fizikai kialakítása alapján választják ki, mint a tápérték alapján. Egy átlagos méretű mézelő méhcsalád (kb. 20 000 méhegyed) évente megközelítőleg 57 kg virágport gyűjt, melyet a kijáró méhek 15-30%-a gyűjt össze. Egyetlen méh testtömegének mintegy 35%-át kitevő pollenmennyiséget is képes hazavinni a hátsó lábakon kialakult speciális szörképleten, melyeket "kosárcának" vagy corbiculának neveznek.

Bizonyos beporzó fajokra jellemző viselkedési forma az úgynevezett virághűség, melyet már Darwin is feljegyzett. Lényege, hogy a mézelő méhek, egyes poszméhfajok és lepkefajok egyedei csak egy bizonyos növényfaj virágait látogatják, még ha a területen rendelkezésre is állna más, akár nagyobb/jobb nektárforrást adó virág. Ez a viselkedési forma egyértelműen kedvez a virágmegporzásnak, hiszen nagyobb eséllyel kerül az adott pollen egyező fajú növényre. Kérdéses azonban, hogy a beporzóknál miért alakult ki ez a magatartási forma, hiszen a nektárgyűjtő egyed nagyobb távolságokat tehet meg, hogy a memóriájában rögzült növényfaj virágáról gyűjthessen, miközben egyéb nektárforrásként szolgáló virágot mellőz. A kérdésre több válaszelmélet is létezik. A leginkább elfogadott álláspont szerint azoknál a fajoknál figyelhető meg a virághűség, melyek memóriája nagyon limitált, és csak egy virágra tudnak „fókuszálni” egyszerre (Lars Chittka 1999).

Miután a méhek a virágpport hazavitték a családba, hozzáadják mirigyváladékukat, mely enzimeket és savakat tartalmaz. Ezek megakadályozzák a káros baktériumtevékenységet, és előkészítik a virágpport a hosszú távú tárolásra. Ezt a betárolt virágpport "méhkenyérnek" nevezik. A méhek hasznos mikrobákat is hozzáadnak a virágpporhoz, melyek olyan enzimeket termelnek, amelyek segítik a virágpport tápanyag- és aminosav-felszabadulását. A méhkenyér a méhcsalád viszonylag gyorsan elfogyasztja, és csak akkor tárolja hónapig, ha van belőle felesleg hivatkozás.

A méheknek virágporra van szükségük a növekedéshez és fejlődéshez. Az fiasítást méhpempő és méhkenyér keverékével etetik. A frissen kikelő méhek méhkenyérrel fogyasztanak, hogy testük kifejlődése befejeződhessen. A méhcsaládok éves pollenszükségletét 15-55 kg-ra, egy dolgozó felneveléséhez szükséges virágpport mennyiségét 124-145 mg-ra becsülik; ez körülbelül 30 mg fehérjét tartalmaz. Egy méhegyed napi virágpportbevitelét 9,5 mg-ban határozták meg. A takarmányban szükséges minimális fehérjeszükségletet 20-25% nyersfehérjére becsülik. Az ebbe a tartományba eső fehérjetartalmú virágpportok a leghasznosabbak a méhcsaládok számára, mert lehetővé teszik számukra, hogy fehérjeszükségletüket könnyen kielégítsék (Crailsheim et al., 1992; Ellis et al., 2023).

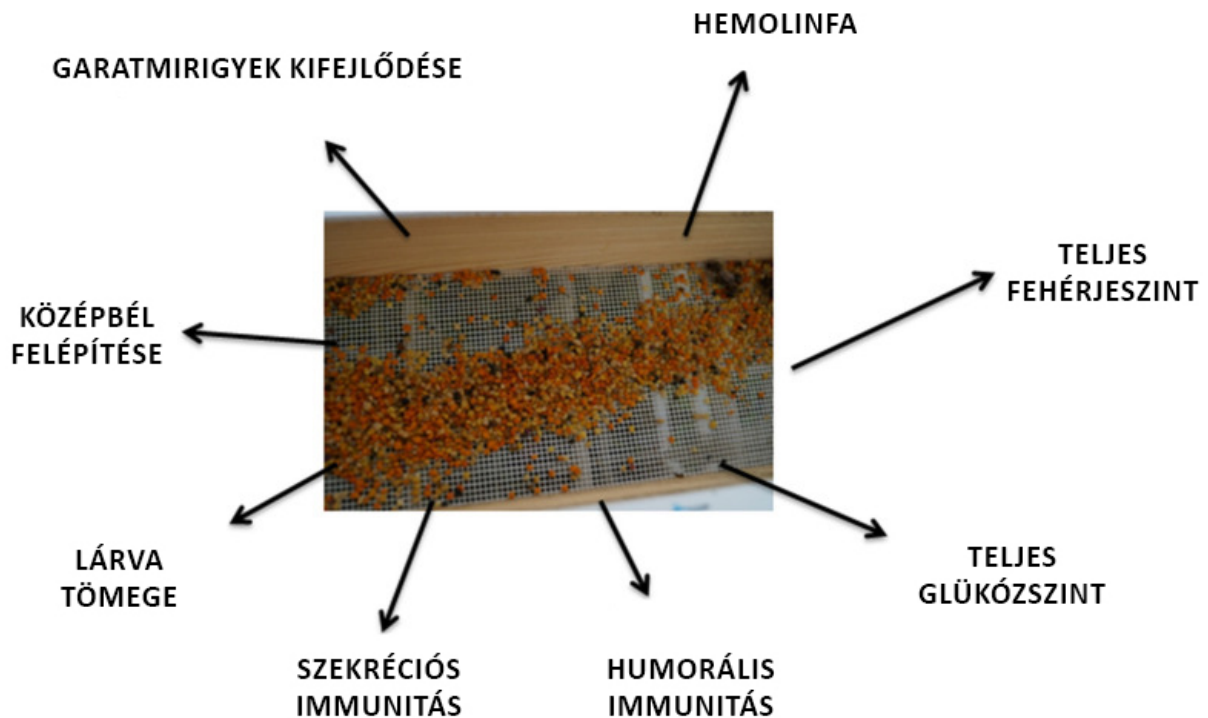
Általánosságban elmondható, hogy a magas fehérjetartalmú virágpportokból álló étrend növeli a dolgozó méhek élettartamát, míg a fehérjeszegény étrend esetén pedig csökken a fiasítás mennyisége (Brys et al., 2021).

A méhészek gyakran fehérjepótlékok adására szorúlnak, különösen a tavaszi és nyári végi időszakban, amikor a természetes méhlegelő még nem képes ellátni a méhcsaládokat a szükséges fehérjemennyiséggel. Erre a célra leginkább magas fehérjetartalmú takarmánykiegészítők (sörélesztő, szójaliszt, ...) cukorlepenybe kevert formája a legmegfelelőbb (Hoover et al., 2022).

2.3. A méhek immunrendszere

A méhek immunrendszere igen összetett, így fenntartása fajlagosan sok energiát igényel. A mézelő méhek individuális és kollektív immunvédelemet is kifejlesztettek. Ezen felül a rovarok rendelkeznek veleszületett és indukált immunválasszal is (**1. ábra**).

Az individuális immunválaszokat celluláris (fagocitózis, kapszulázás, noduláció) és humorális (lizozim, hemmagglutininok, humorális kapszulázás, fenoloxidáz) immunitásra különítik el (Bryś et al., 2021).



1. ábra A virágpór hatása a méhek szervezetére (Forrás: Bryś et al., 2021)

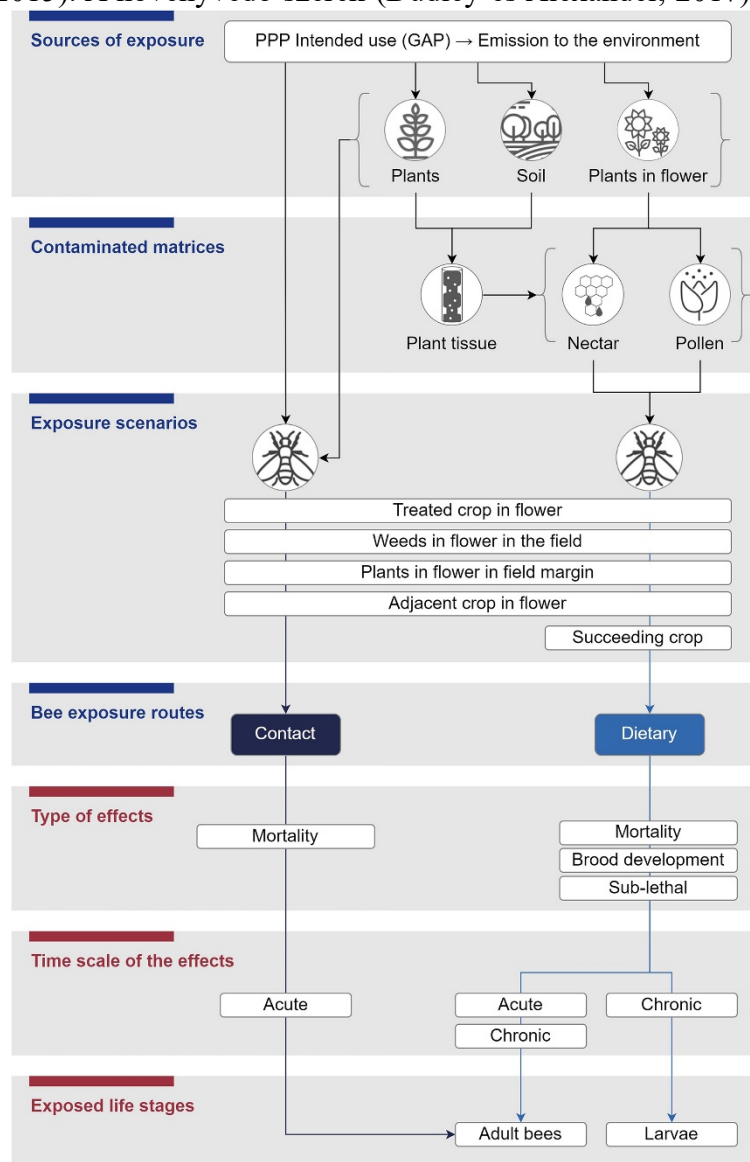
A nem megfelelő táplálékfelvétel gyengítheti az immunrendszer működését és növelheti a dolgozók betegségekkel szembeni fogékonyságát. A szekréciós immunitás, amelyet a méhszekréciókban és -termékekben lévő antimikrobiális vegyületek jelenléte befolyásol, fontos szerepet játszik az álcák és a fiatal méhek táplálásában. A méhpempő például csökkenti a baktériumpopulációt azáltal, hogy a táplálékkal a lárvák emésztő rendszerébe kerül, ahol kifejti baktériumölő és bakteriosztatikus hatását. A méz továbbá lizozimet, fenolsavakat és flavonoidokat tartalmaz. A méz antibakteriális tulajdonságai nagymértékben függenek a hidrogén-peroxid (H_2O_2) feldúsulásától, amelyet a glükóz-oxidáz (GOX) termel (Bryś et al., 2021).

2.4. A növényvédő szerek és a beporzók kapcsolata

A mezőgazdasági termelők annak érdekében, hogy csökkentsék a károsítók (gombák, gyomok, rovarok, ...) okozta termés kiesést, növényvédő szereket alkalmaznak. Az inszekticidek gyakran okoznak mérgezést a hasznos szervezeteknél, de előfordul, hogy fungicid és herbicid hatóanyagok is károsak a beporzó szervezetekre.

Bár a beporzók csökkenéséhez számos tényező járul hozzá, a mezőgazdaság elmúlt hat évtizedben bekövetkezett intenzívebbé válását, és ezzel együtt a szintetikus növényvédő szerek széles körű használatát tekintik a rovarveszteségek egyik fő okozójának (Arena és Sgolastra, 2014; Goulson et al., 2015; Dudley és Alexander, 2017; Rundlöf et al., 2015; Sánchez-Bayo és Wyckhuys, 2019; Williams et al., 2015). A növényvédő szerek (Dudley és Alexander, 2017),

tartósan megmaradhatnak a környezetben (Casado et al., 2019; Silva et al., 2019), potenciálisan kitéve a nem célszervezeteket a toxikus maradékok keverékének (Botiás et al., 2016; Gavrilescu, 2005; Looser et al., 2000). A méhek esetében, melyek pusztulása a figyelem középpontjában áll, a növényvédő szer expozíciós útvonalai közé tartoznak (2. ábra) a levegőben lévő részecskék (por és permet), a nektár, a virágpór, a sár/talaj, a viasz, a víz, a guttációs cseppek, a növényi felületek és a propolisz/gyanta (Boyle et al., 2019). A virágpór és nektár fogyasztásán keresztül történő orális expozíciót tartják a legjelentősebb kitétségi útvonalnak, amely minden méhfaj



2. ábra Méhek növényvédő szer kitétségi útvonalai (Forrás: EFSA journal., 2023)

esetében a legnagyobb kockázatot jelenti (Bireley et al., 2019; Boyle et al., 2019; Cham et al., 2019; Hinarejos et al., 2019; Sgolastra et al., 2019).

Ha a peszticid kijuttatás virágzó kultúrára történik, a nektár és a virágpor közvetlenül szennyeződhet, ezért is fontos, hogy a helyes mezőgazdasági gyakorlat kerüli a méhek által látogatott, virágzó növények permetezését (Larson et al., 2013, 2015). Egyes növényvédő szerek szisztemikus jellege miatt a hatóanyag a talajból a növényi szöveteken keresztül is transzlokálódhat, szennyezve a virágport és a nektárt (Botías et al., 2015; Cowles és Eitzer, 2017; Stoner és Eitzer, 2012). Mivel a méhek a virágport és a nektárt behordják a fészekbe (Poquet et al., 2016; Sánchez-Bayo és Goka, 2014; Sgolastra et al., 2019), ez a hatóanyagok felhalmozódását eredményezheti a tárolt nektárban és virágporban (Boyle et al., 2019), illetve a mézelő méhek esetében a kaptárban és a fészek egyéb anyagaiban (pl. viasz stb.) (Benuszak et al., 2017). Ha ez megtörténik, nemcsak a táplálékkereső méhek, hanem a társas fajok esetében a méhcsalád többi tagja (fiasítás, dajkaméhek, méhanya, herék) is ki van téve a szermaradékok hatásainak (Prado et al., 2019).

Elővizsgálataink (Tóth et al. 2017, Tóth et al. 2020, Nyerges 2018, Török 2019), valamint számos más kutatási eredmény is azt mutatják, hogy számos kemikália (köztük rovarölő szerek, atkaölő szerek, gombaölő szerek és gyomirtó szerek) kimutathatóak a kaptár különböző elemeiből (Johnson et al., 2012; Lambert et al., 2013; Mullin et al., 2010; Wu et al., 2011). A hatóanyagok mellett a méhek a növényvédő szerekben használt adalékanyagoknak is ki lehetnek téve. Ezek kölcsönhatásba lépve a szermaradék „koktélokkal” fokozhatják azok toxikus hatásait (Mullin et al., 2015).

A növényvédő szer expozíció méhekre gyakorolt hatását az elmúlt években számos laboratóriumi és szabadföldi kísérletben vizsgálták (Arena és Sgolastra, 2014; Cedergreen, 2014; Goulson et al., 2015), és bár a vizsgálati módszerek árának csökkenésével és növekvő érzékenységgel mára már sokkal pontosabban kimutathatóak a méheket érő szermaradékok. Aa hatóanyagok és azok kombinációinak méhekre gyakorolt hatása azonban már sokkal nehezebben vizsgálható, különösen terepen, ahol számos hatóanyag együttesen van jelen, folyamatosan változó mennyiségekben és összetételben. Számos vegyület együttes jelenléte kiválthat szinergista hatást is, melyek tovább bonyolítják a hatásvizsgálatot (Lydy et al., 2004). Emellett a méhek különböző fejlődési állapotokban különbözőképpen reagálnak egy-egy hatóanyagra, valamint nem elég egyed szinten, hanem család szinten végezni a vizsgálatot.

A növényvédő szermaradékok nem csak az egyes területek, növények és évszakok között változnak, de a különböző méhfajok között is más lehet a kitettség abból adódóan, hogy más növénypreferenciával rendelkeznek. A mézelő méhek előnyben részesítik a nagy cukortartalmú nektárt adó növényfajokat, míg egyes vadméhfajok főként a bőséges virágporforrást keresik. (Wood et al., 2017, Botiás et al., 2017)

Elővizsgálataink (Tóth et al. 2017, Tóth et al. 2020, Nyerges 2018, Török 2019) is rámutattak, hogy akár egymás mellett lévő mézelő méhcsaládok is teljesen különböző növényi forrásokból szerzik be szükségleteiket, valamint, hogy mézelő kultúrnövény virágzása esetén is (őszi káposztarepce, napraforgó, ...) felkeresnek más, a méhlegelőn lévő virágokat. Ezen tényezők miatt is nehézkes a kitettségvizsgálat.

Annak érdekében, hogy mégis következtetni tudjunk egy virágporcsomó vagy nektárcsepp méhekre gyakorolt hatására, a veszélyességi hányadost tudjuk alkalmazni, valamint az egyedek által elfogyasztott mennyiség alapján becsült LD₅₀ értéket számítunk (Stoner et al., 2019).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A mintavételezés helyének bemutatása

A vizsgálati helyszín a Közép-Dunántúli régióban, Fejér megyében Aba város közigazgatási területén helyezkedik el (3. ábra)



3. ábra A vizsgált méhészet elhelyezkedése (Forrás: Google Earth)

A terület az Alföld nagytájához, a Mezőföld középtájhoz és a Sárvíz völgye kistájhoz tartozik.

A Sárvíz völgye – földtani adottságait tekintve – É-ÉNy – D-DK-i árokká fejlődött süllyedékben alakult ki. A kialakult löszfalak kedveznek a gyurgyalagoknak (*Merops apiaster*) melyek a méhészetek állományának gyérítésében jelentős szerepet játszhatnak.

Aba területén a legelők az erdőknél nagyobb arányban jelennek meg; itt a gyepek (rétek és legelők) összesített aránya is magasabb a térség átlagánál, mint ahogy az a 2.táblázatban látszik (Podmaniczky 2004).

1. táblázat Aba területének művelési ág szerinti eloszlása (Forrás: Podmanický 2004)

Szántó	Konyhakert	Üvegház/ Fólia	Gyümölcsös	Szőlő	Rét	Legelő	Erdő
Terület (ha)							
5376,74	71,69	0,07	117,38	29,92	401,11	784,66	690,30

A környező szántók talaja jó minőségű, az öntözés a csatornákból megoldható, így a mezőgazdasági területek arányai igen nagy. A területen a művelésbe vont parcellák átlagos aranykorona értéke szántó esetén 28, gyümölcsösöknél 38 míg szőlő esetén megközelíti a 40 - et (Podmaniczky 2004).

A méhészeti szempontból hasznos növények főként a kultúrnövényekből kerülnek ki, valamint kis mennyiségben akác és ezüstfa fasorok is előfordulnak.

3.2. Vizsgált méhészet

A vizsgált méhészet saját tulajdonban áll (**4. ábra**). A kutatásban résztvevő méhcsaládokkal úgynevezett állóméhészkedés folyik, így egész évben ezen a területen maradnak a kaptárok. A méhészetben egységesen Tamási rendszerű rakodó kaptártípust használnak, melynél a fészkek és a méztéri kaptárfiókok is tíz félkeretet tartalmaznak.



4. ábra A vizsgált méhészet kaptárai

A kaptár, a keretek, és minden kiegészítő tartozék fa alapanyagú. A virágporgyűjtéshez használt úgynevezett alsó virágporszedő tálcája műanyag, mely lehetővé teszi annak tisztán tartását (5. ábra).

3.3. A virágporminták begyűjtése

A mintagyűjtést a méhészetben megközelítőleg hetente végeztem. A mintákat utólagosan a méhészeti szezon zárását követően témavezetőmmel Tóth Péterrel válogattuk ki. A kiválasztott minták a kultúrnövények virágzása szerint lettek kijelölve. A begyűjtött minták a virágporszedő ürítése után megközelítőleg 24 óra elteltével lettek begyűjtve, méhcsaládonként külön csomagolva a mintavevő zacskókba. Ezután a minták -20 °C fagyasztóba kerültek, és itt tároltam őket a laborokba szállításig.

A bevizsgált minták	begyűjtési időpontjai:
2019.04.03., 2019.04.10., 2019.05.02., 2019.06.26., 2019.07.10.	2019.04.22., 2019.04.26., 2019.05.11., 2019.05.24.,



5. ábra Alsó virágporszedő

3.4. A vizsgálatok módszerei

A növényvédő szer-maradékok vizsgálatához szűrővizsgálatot végeztünk a NÉBIH NTAI Velencei Növényvédőszer-analitikai Laboratóriumában az MSZ EN 15662:2009 szabvány alapján.

A velencei labor a szűrővizsgálat során több mint 320 növényvédő szer hatóanyagának maradékát méri.

A beérkező növényi mintát – mely jelen esetben csomós virágpór – homogenizálni kell. Ehhez forgóképes aprítót alkalmaznak. A minta tárolása a laboratóriumi feldolgozásig folyamatosan fagyasztott állapotban -18°C alatti hőmérsékleten történik, mely megfelel a mintagyűjtés utáni tárolásnak is.

A homogenizált minta extrakciója ezután az úgynevezett QuECHERS módszerrel (mozaikszó a "quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe", tehát „gyors, egyszerű, olcsó, effektív, robosztus és biztonságos” szavakból) történik (Maggira és Samanidou 2018).

Az így elkészült 0,5 g/ml, illetve 1 g/ml koncentrációjú mintákat összesen négy műszeres módszerrel, négy különböző berendezésen vizsgálják. Amennyiben szükséges ismételt, illetve megerősítő vizsgálatokat végeznek, növelve ezzel az eredmények megbízhatóságát.

A minőségbiztosítási rendszerük keretén belül rendszeresen visszanyerési vizsgálatokat végeznek az alkalmazott eljárás teljesítmény-jellemzőinek folyamatos ellenőrzése érdekében. Az ellenőrző vizsgálatot kb. 10 mintánként az adott mintatípushoz készített standardok keverékét tartalmazó eleggyel végzik általában két különböző szinten, melyből egyik a meghatározási határ szintje. Továbbá minden mintasorozathoz vak minta analízise is történik, mellyel kimutatható, ha a mérés során szennyezés lépne fel.

A HPLC (High-performance liquid chromatography) vizsgálat a Sciex cég 4000 QTRAP® ioncsapdás készülékén történik, mely tömegspektrometriás (MS) egységgel felszerelt.

A gázkromatográfiás mérésekhez a Varian 3800 GC, valamint az ehhez csatlakoztatott Varian MS-4000 tömegspektrometriás berendezést használják. Az elvégzett további két vizsgálat, az ECD és a PFPD (pulsed flame photometric detector) detektorokkal felszerelt gázkromatográfokkal történt.

A kapott eredményeket mg/kg értékben kaptuk meg, melyet ppb-re váltva használtunk fel a dolgozatban. A kontakt és orális LD50 értékeket a University of Hertfordshire Agricultural Substances Database (PPDB)-ből gyűjtöttük ki. Az ott megkapott értékek „ $\mu\text{g bee}^{-1}$ ” mértékegységgel szerepeltek, ezeket, hogy a ppb-re váltott szermaradék mennyiségekkel összevethetővé tegyük (ng peszticid/g méh) értékre váltottuk. A dolgozó méh tömegét 0,1 g-ban határoztuk meg irodalmi adatok (Page és Metcalf, 1984) alapján. A vizsgálati eredményekből elvégeztem a RQ (Risk Quotient) azaz kockázati hányados számítását. Ehhez a mért növényvédőszer mennyiséget (ppb) elosztottam az LD50 értékkel. A kockázati hányadosszámítást orális és kontakt kitétségre is kiszámítottam.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

4.1. A 2019.04.03-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradványai

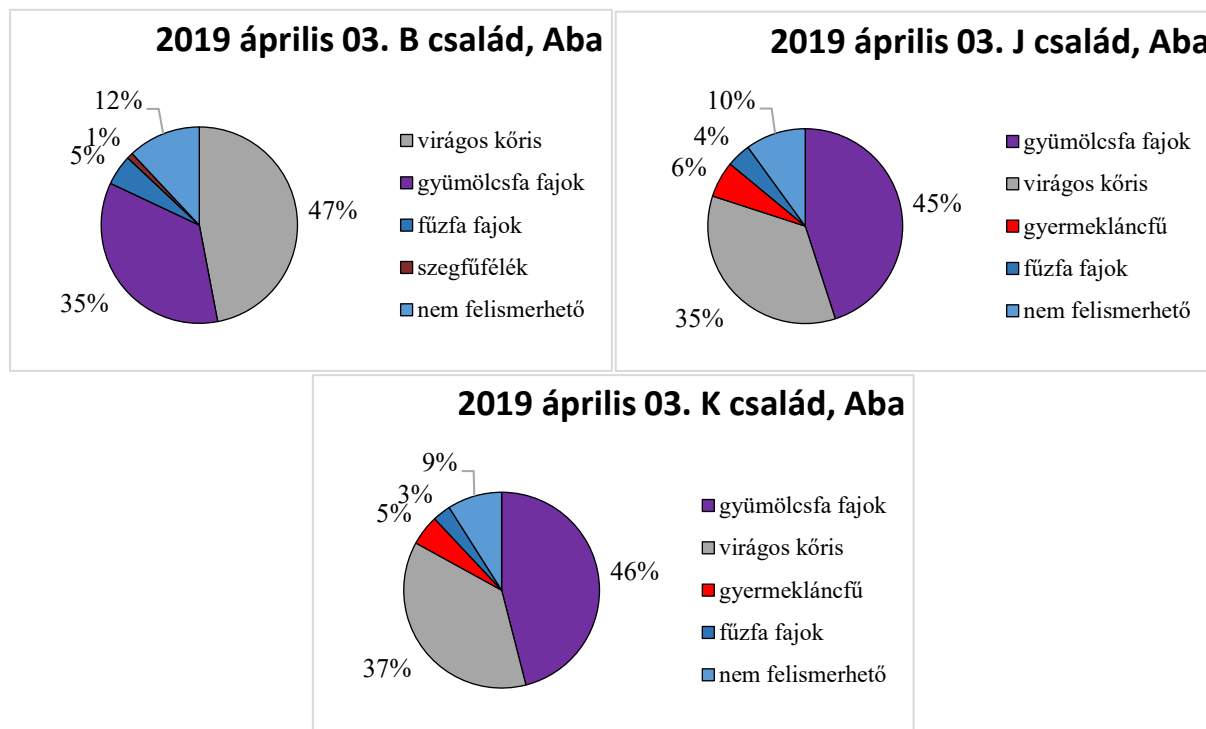
A 2019-es évben elvégzett mintavételezéskor az első bevizsgálható mennyiségű virágpont adó minta április 4-én volt. A szermaradék vizsgálat 2 inszekticid hatóanyagot: klórpírifoszt és lambda-cihalotrint mutatott ki.

Ezenkívül ciprodinil, tebukonazol fungicid és a labor akkreditáltsági méréstartománya alatt terbutilazin herbicid hatóanyag is jelen volt. (3. táblázat).

2. táblázat A 2019. 04. 03-án begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.04.03.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
ciprodinil	fungicid	260
klórpírifosz	inszekticid	9
lambda-cihalotrin	inszekticid	5
tebukonazol	fungicid	140
terbutilazin	herbicid	< 10 (3,0)

A növényfaji vizsgálat (6. ábra) nagy mennyiségű gyümölcsfa és kőris virágpont mutatott ki mindhárom család esetében. Látható, hogy a limitált méhlegelő miatt a családok növényfaji-összetétel eltérései leginkább csak pollenek arányában különbözik.



6. ábra A 2019.04.03-i pollenminta növényfaji összetétele

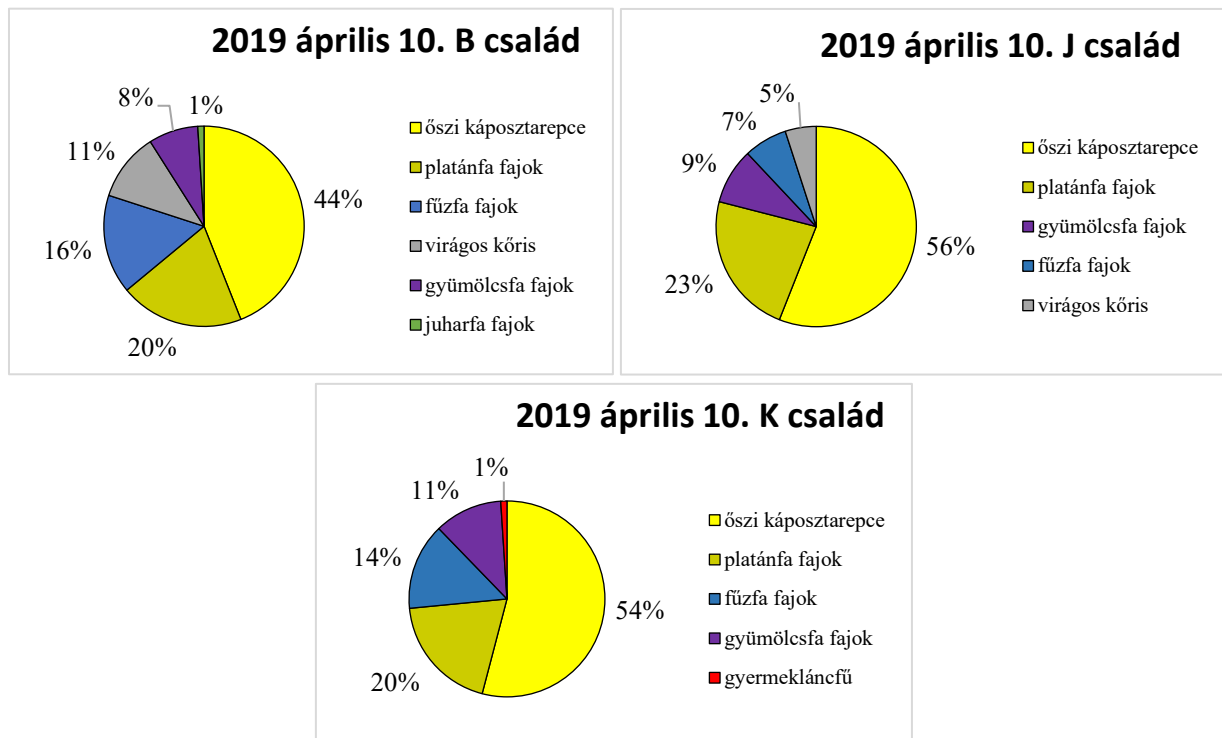
4.2. A 2019.04.10-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

Az április 10-i minta már a repcevirágzás kezdetét mutatja. A növényvédőszeresek közül az amitráz bomlástermékei vélhetően a kaptárban található mézes lépek felkarcolásából felszabaduló mézzel együtt jelent meg a méhcsaládban.

3. táblázat A 2019. 04. 10-én begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.04.10.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
amitráz anyavegyület	akaricid	<5
ciprodimil	fungicid	< 10 (7)
klórpírifosz	inszekticid	12
tebukonazol	fungicid	< 10 (5)
terbutilazin	herbicid	< 10 (6)
tiakloprid	inszekticid	42

A klórpírifosz hatóanyag mennyiségének növekedése a repcevirágpor gyűjtésének tudható be, mely a növényfaji összetétel vizsgálatnál megközelítőleg a minták felét adta ki. Meglepő lehet a platánfa virágpor, mely az elővizsgálatainkban nem volt jelen a mintákban. A repce mellett talált virágporok nagy aránya jól mutatja, hogy bár a méhek számára kiváló minőségű virágpor állt rendelkezésre az őszi káposztarepcében, azok mégis felkerestek más növényfajokat is, és nagy arányban hordtak róluk pollent (4. táblázat, 7. ábra).



7. ábra A 2019.04.10-i pollenminta növényfaji összetétele

4.3. A 2019.04.22-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradátkai

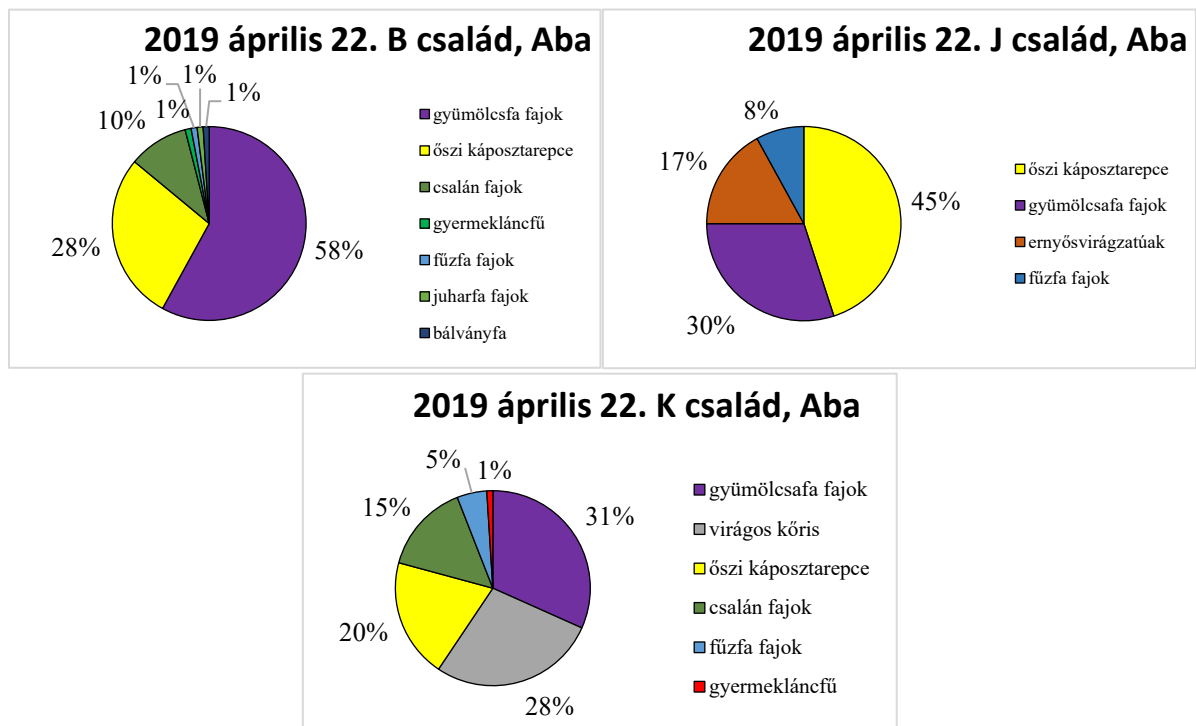
Az április 22-i mintában jelen volt továbbra is klórpírifosz és a terbutilazin (akkreditáltsági méréshatár alatti mennyiségben) valamint megjelent a fenpropimorf hatóanyag is.

Az április 22-i mintában még mindig a gyümölcsfa, őszi

káposztarepce volt a legtöbb pollent adó növényfaj de a közepső (K) méhcsalád nagy mennyiségű virágos kóris pollent is gyűjtött. Emellett csalán és ernyősvirágzatúak pollenét is hordták a méhcsaládok. (5. táblázat, 8.ábra).

4. táblázat A 2019. 04. 22-én begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.04.22.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
amitráz anyavegyület	akaricid	<5
ciprodinil	fungicid	< 10 (7)
klórpírifosz	inszekticid	12
tebukonazol	fungicid	< 10 (5)
terbutilazin	herbicid	< 10 (6)
tiakloprid	inszekticid	42



8. ábra A 2019.04.22-i pollenminta növényfaji összetétele

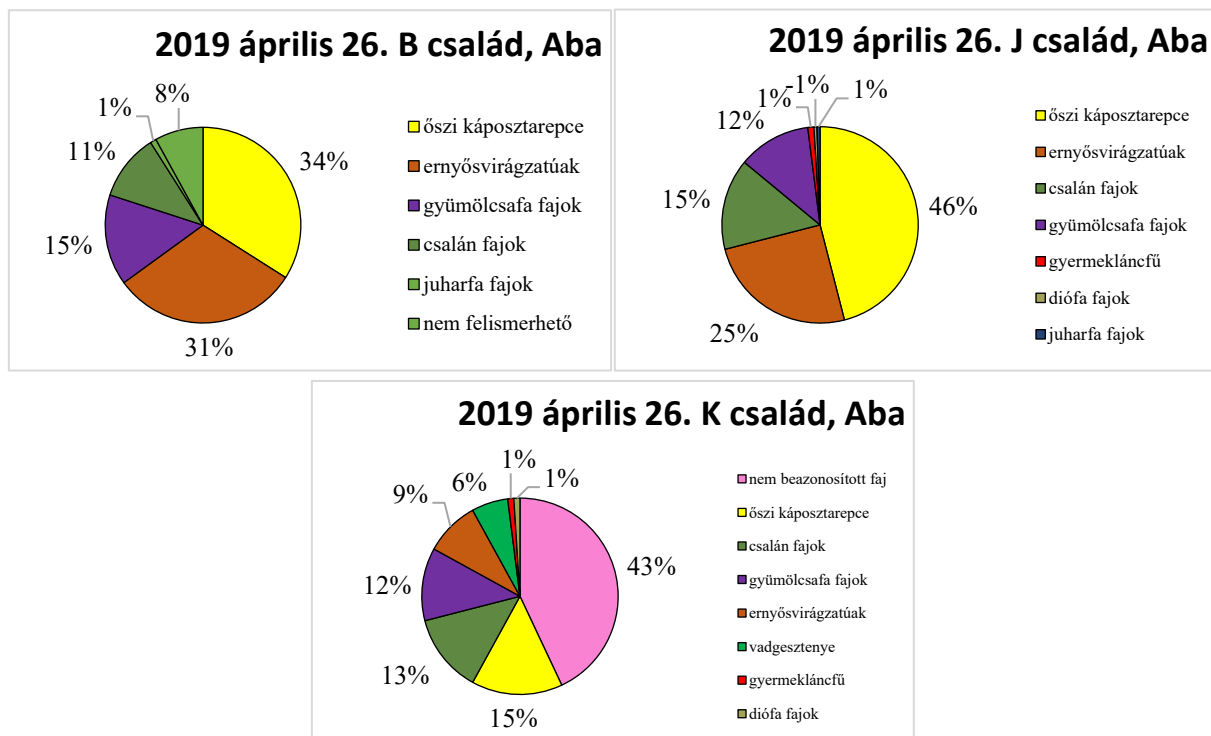
4.4. A 2019.04.26-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

Az április 26-i mintavétel acetamiprid és klórpirifosz rovarölő, továbbá boszkalid, dimoxistrobin és fenpropimorf gombaölő és akkreditáltsági érték alatti terbutilazin gyomirtó szer hatóanyagot mutatott ki.

5. táblázat A 2019. 04. 26-án begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.04.26.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
acetamiprid	inszekticid	10
boszkalid	fungicid	20
dimoxistrobin	fungicid	22
fenpropimorf	fungicid	14
klórpirifosz	inszekticid	65
terbutilazin	herbicide	< 10 (2)

A botanikai összetétel vizsgálat az előzőkéhez hasonló növényfajok pollenét jelenlétét mutatta ki. A középső (K) családnál jelentősen nagyobb mennyiségű a labor által beazonosíthatatlan növényfajhoz tartozó pollen volt (6. táblázat, 9. ábra).



9. ábra A 2019.04.26-i pollenminta növényfaji összetétele

4.5. A 2019.05.02-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

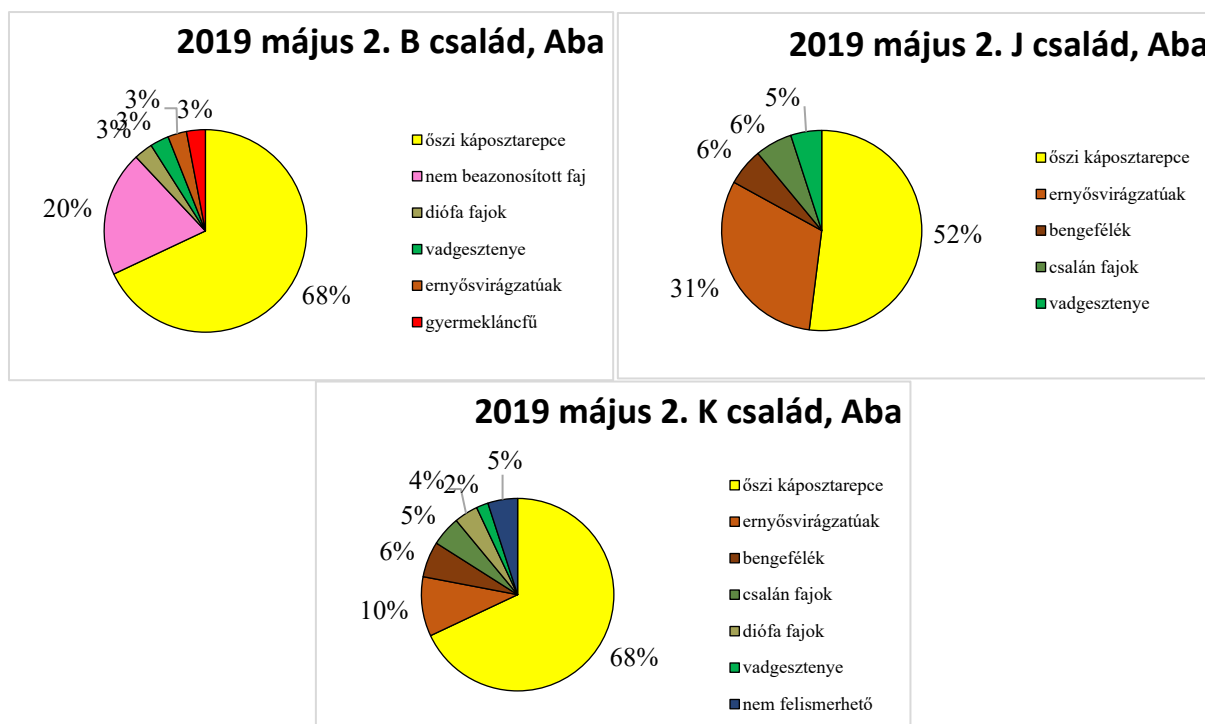
A május 2-án begyűjtött minta a hatóanyag maradékoknövekedését mutatta. Ezzel együtt a mintában a repcepollen aránya nagymértékben növekedett.

A mintában az acetamiprid jelenléte 140 szeresére növekedett. Emellett klórpirifosz továbbra is jelen volt. Továbbá a laborvizsgálat azoxistrobin, ciprokonazol, karbandazim és tiofanát-metil fungicid hatóanyagokk jelenlétét is igazolta. Akkreditáltsági érték alatt mértek pendimetalint is a mintából (7. táblázat).

A növényfaji vizsgálat mindhárom mintánál a repce pollen dominanciát mutatta. Jelentős volt továbbá az ernyősvirágzatú fajok pollene is a mintákban (10. ábra).

6. táblázat A 2019. 05. 02-án begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.05.02.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
acetamiprid	inszekticid	1400
azoxistrobin	fungicid	2800
ciprokonazol	fungicid	1700
karbandazim	fungicid	1100
klórpirifosz	inszekticid	13
pendimetalin	herbicid	< 10 (8)
tiofanát-metil	fungicid	3300



10. ábra A 2019.05.02-i pollenminta növényfaji összetétele

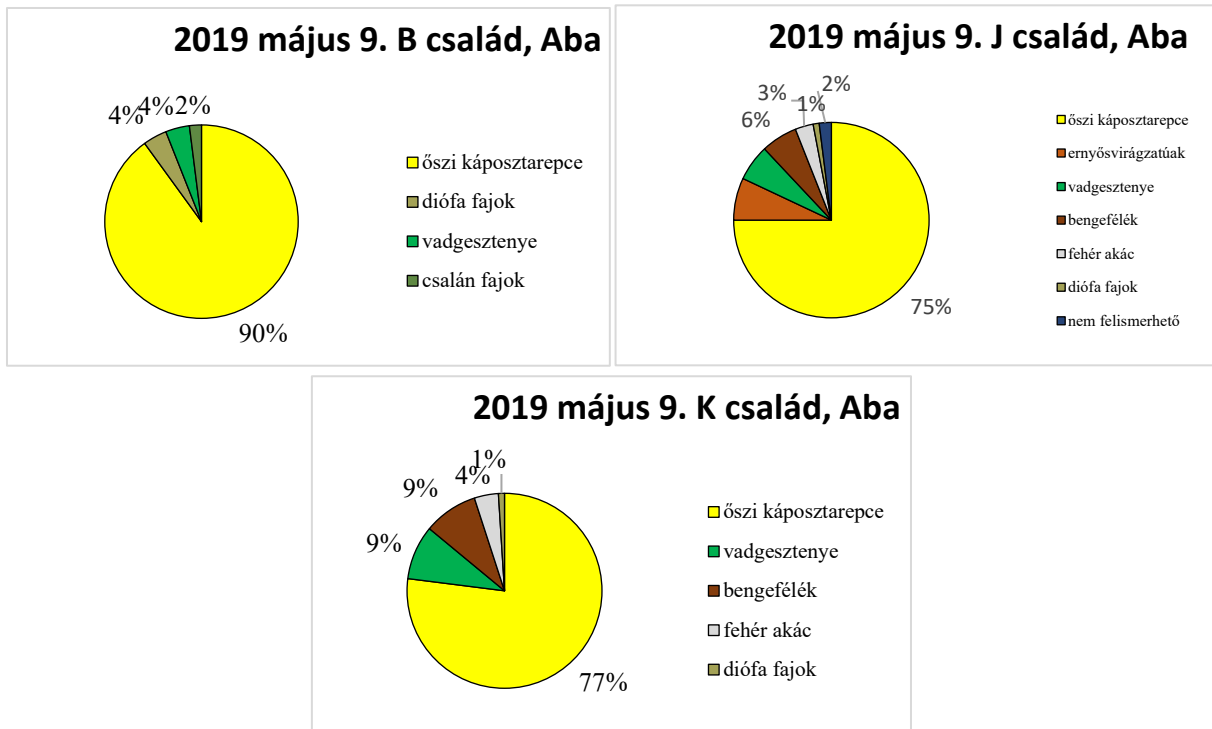
4.6. A 2019.05.09-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

A május 9-i mintában a terbutilazin hatóanyag jelent meg, valamint a pendimetalin mennyisége növekedett. Ezenkívül minden az egy héttel ezelőtti mintában megtalálható hatóanyag itt is jelen volt. Az acetamiprid jelenléte megközelítőleg a tizedére, a klórpirifosz mennyisége pedig felére csökkent. A tiofenát-metil jelenléte feltételezhetően szer elsodródás révén, gyümölcsös kultúráról került a pollent adó virágra (8. táblázat).

Növényfaji összetétel szempontjából a repce pollene tette ki a minta több mint háromnegyedét mindhárom családnál, valamint jelen volt vadgesztenye, dió és csalán virágpor is. Két minta esetében megjelent a fehér akác pollen (11. ábra).

7. táblázat A 2019. 05. 09-án begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.05.09.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
acetamiprid	inszekticid	130
azoxistrobin	fungicid	66
ciprokonazol	fungicid	36
karbendazim	fungicid	55
klórpirifosz	inszekticid	6
pendimetalin	herbicide	16
terbutilazin	herbicide	< 10 (4)
tiofenát-metil	fungicid	11



11. ábra A 2019.05.09-i pollenminta növényfaji összetétele

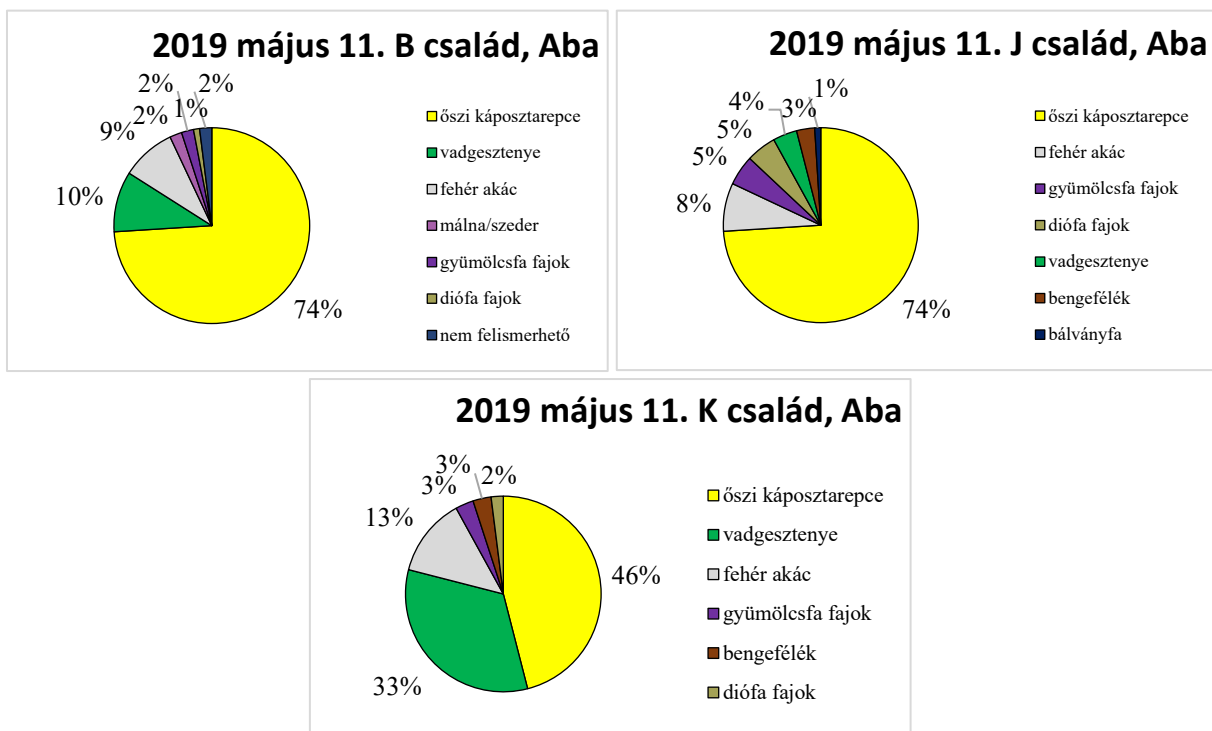
4.7. A 2019.05.11-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

A május 11-i minta már az akácvirágzás kezdetét jelzi, de még jelentős mennyiségű repcevirágport is hordtak a családok. A szermaradékok nagyon hasonlóak az elmúlt két mintához képest, a két nappal ezelőtti mintához képest is kismértékben csökkennek a szermaradékok, viszont az acetamiprid mennyisége nem változott. A tiofenát-metil már nem volt jelen a mintában (9. táblázat).

8. táblázat A 2019. 05. 11-én begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.05.11.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
acetamiprid	inszekticid	130
azoxistrobin	fungicid	12
ciprokonazol	fungicid	30
karbandazim	fungicid	15
klórpirifosz	inszekticid	< 5 (4)
pendimetalin	herbicid	< 10 (9,6)
terbutilazin	herbicid	< 10 (4)

A pollenanalízis a repce virágporának kismértékű csökkenését és a fehér akác virágpormennyiségének növekedését mutatta meg (12. ábra).

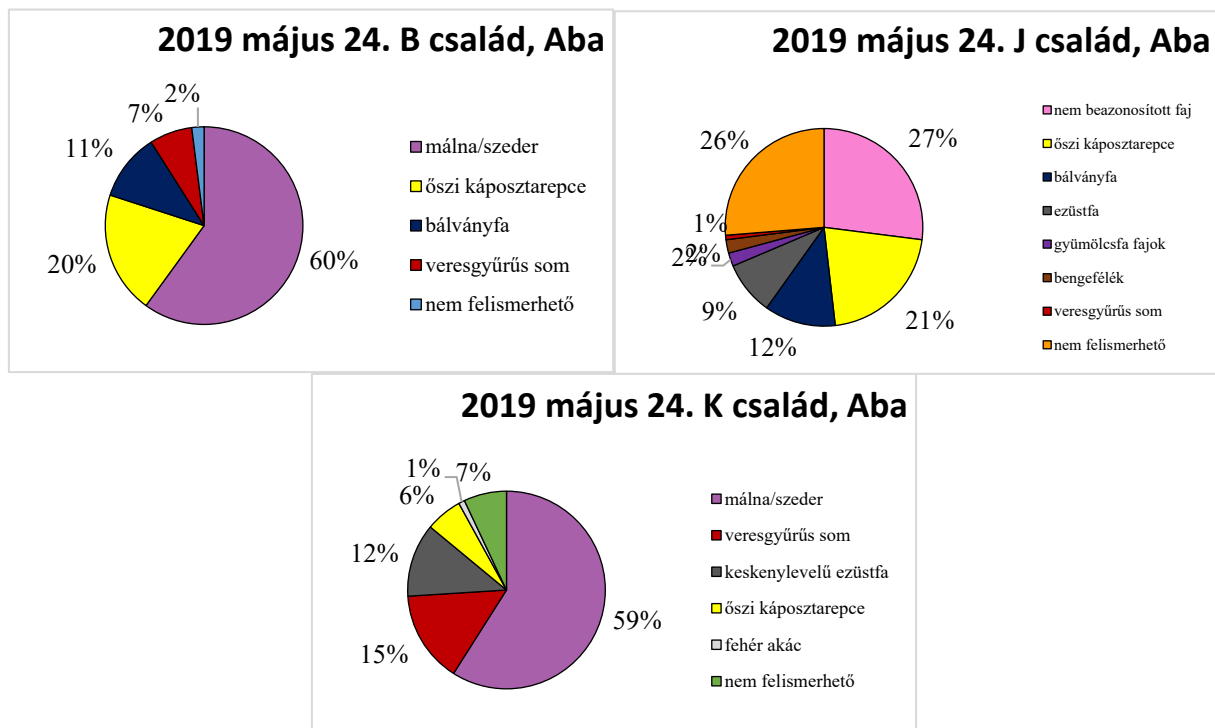


12. ábra A 2019.05.11-i pollenminta növényfaji összetétele

4.8. A 2019.05.24-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradványok

A 2019-es mintavételek 10 mintájából egyedül a május 24-i minta nem mutatott növényvédő szer maradvány jelenlétet.

A mintákban meglepő a repce virágporának jelenléte és mennyisége (13. ábra). Vélhetően valamilyen árvakelésből származó virágról gyűjthették a méhek. Az árvakelésről gyűjtött repce virágpor, valamint a nem rudeális területekről (pl. erdőszélről, fasorokból) gyűjtött keresztes gyomokból származó virágporok köszönhető, hogy nem találtunk növényvédő szer maradványt a mintában. A „B” és „K” család esetén a szeder/málna pollen dominált a begyűjtött mintában, melynek ebben az időszakban nem jellemző a permetezése.

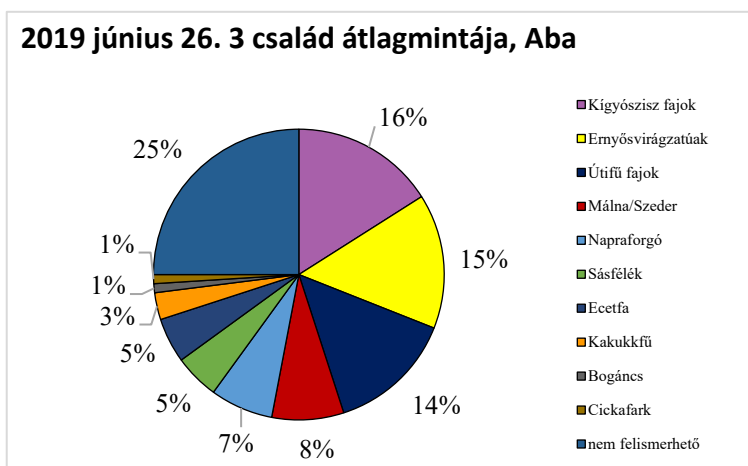


13. ábra A 2019.05.24-i pollenminta növényfaji összetétele

4.9. A 2019.06.26-án begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

A június 26-i minta a napraforgó virágzásának elején gyűjtött minta. A kémiai vizsgálat azoxistrobin gombaölő hatóanyag akkreditálási szint alatti mennyiségét, (6 ppb) mutatott ki.

A növényfaji meghatározáshoz átlagminta gyűjtésére volt lehetőségünk, de jól látszik, hogy a napraforgó mellett számos más növényről is tudtak hordani a méhek. A mintában a kígyószisz fajok, az ernyősvirágzatúak és az útifű fajok pollenei domináltak.



14. ábra A 2019.06.26-i pollenminta növényfaji összetétele

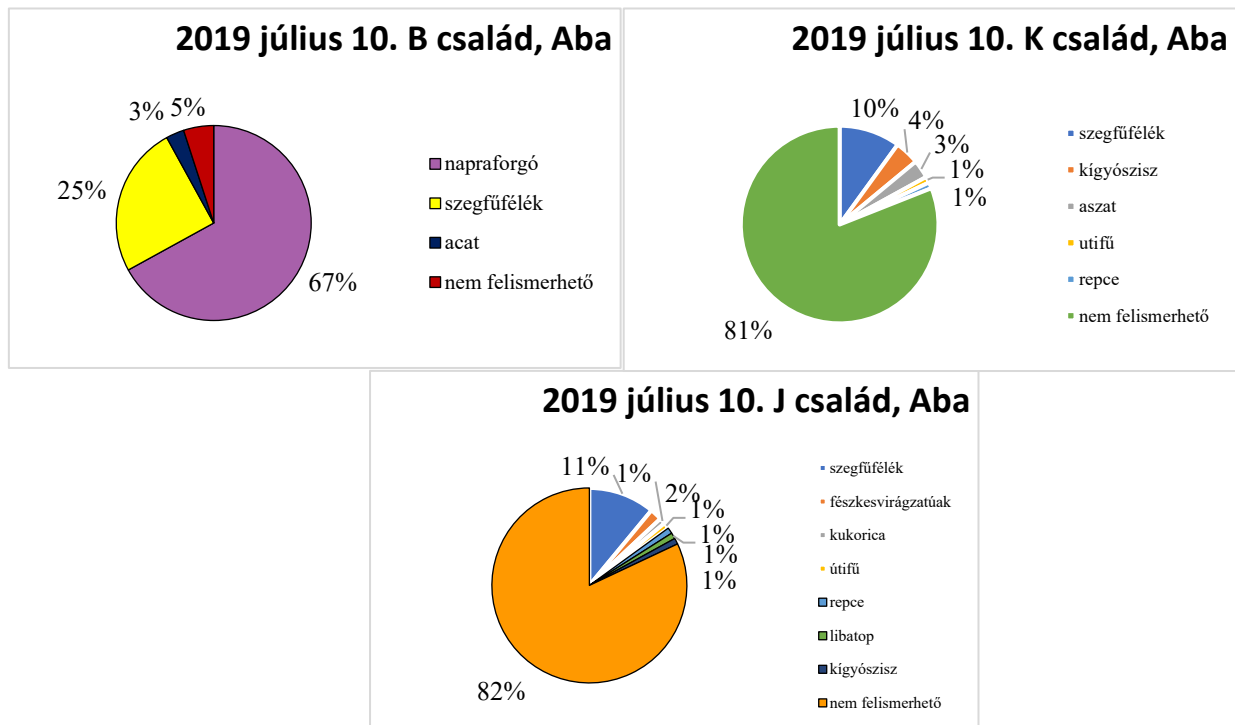
4.10. A 2019.07.10-én begyűjtött minta növényfaji összetétele és növényvédő szer maradékai

A 2019-ben utolsó mintaként vizsgált július 10-i minta a napraforgó virágzásának végét mutatja. A mintákban dimoxistrobin volt kimutatható, valamint azoxistrobin, boszkalid és difenokonazol hatóanyagok a labor akkreditálási határértéke alatt (10.táblázat).

Minta begyűjtésének dátuma: 2019.07.10.		
Hatóanyag neve	Hatóanyag kategória	Detektált mennyiség (ppb)
azoxistrobin	fungicid	< 10 (4)
boszkalid	fungicid	< 10 (9)
difenokonazol	fungicid	< 10 (4)
dimoxistrobin	fungicid	10

9. táblázat A 2019. 07. 10-én begyűjtött virágpormintákból kimutatott peszticid hatóanyagok

A növényfaji meghatározás (15. ábra) alapján 1 méhcsalád gyűjtött jelentős mennyiségű napraforgó virágport, valamint minden méhcsalád gyűjtötte szegfűfélék virágporát. Két mintában jelentős volt a beazonosíthatatlan virágporok mennyisége.



15. ábra A 2019.07.10-i pollenminta növényfaji összetétele

A 11. táblázatban a 2019. évi mintavételezések időpontjai, valamint növényvédő szermaradék-tartalmuk látható. A hatóanyagok méhekre gyakorolt LD50 értékei is feltüntetésre kerültek a táblázatban. A zárójeles értékek a labor által nem akkreditált mérési tartományban mért mennyiségek.

A 12. táblázatban a számított kockázati hányadosok láthatóak orális és kontakt kitettség esetén. Az eredmények a 29. oldalon találhatóak meg.

A 13. táblázatban kiszámítottam, hogy a méhek által naponta elfogyasztott (9,5 mg) virágporban a detektált szermaradékok szerinti szennyezés esetén az orális és kontakt LD50 értéknek hány százalékát veheti fel egy-egy méhegyed naponta.

10. táblázat A detektált növényvédő szer maradék hatóanyagok dátum szerint

Mért hatóanyag (mg/kg)	Hatóanyag-kategória	LD50 érték (Apis mellifera)		Mintában detektált növényvédő szermaradék mennyisége (ppb (µg/kg))												
		kontakt ld50 (µg bee ⁻¹)	orál LD50 (µg bee ⁻¹)	2019.04.03	2019.04.10	2019.04.22	2019.04.26	2019.05.02	2019.05.09	2019.05.11	2019.05.24	2019.06.26	2019.07.10			
acetamiprid	inszekticid	8,09	14,53	-	-	-	10	1400	130	130	-	-	-	-	-	-
amitráz anyavegyület	akaricid	50	-	-	<5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
azoxitrobin	fungicid	200	25	-	-	-	-	2800	66	12	-	-	-	< 10 (6)	-	< 10 (4)
boszkalid	fungicid	200	166	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 (9)
ciprodinil	fungicid	784	112,5	260	< 10 (7)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ciprokonzol	fungicid	> 100	> 100	-	-	-	-	1700	36	30	-	-	-	-	-	-
difenokonazol	fungicid	100	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	< 10 (4)
dimoxistrobin	fungicid	>100	79,4	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	10
fenpropimorf	fungicid	>100	>95,6	-	-	29	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
karbendazim	fungicid	50	756	-	-	-	-	1100	55	15	-	-	-	-	-	-
klórpifosz	inszekticid	0,059	0,25	9	12	< 5 (4,5)	65	13	6	< 5 (4)	-	-	-	-	-	-
lambda-cihalotrin	inszekticid	0,038	0,91	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pendimetalin	herbicid	100	>101,2	-	-	-	-	< 10 (8)	16	< 10 (9,6)	-	-	-	-	-	-
tebukonazol	fungicid	200	83,05	140	< 10 (5)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
terbutilazin	herbicid	>32	>22,6	< 10 (3,0)	< 10 (6)	< 10 (2)	< 10 (2)	-	< 10 (4)	< 10 (4)	-	-	-	-	-	-
tiakloprid	inszekticid	38,82	17,32	-	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tiofanát-metil	fungicid	100,00	114,70	-	-	-	-	3300	11	-	-	-	-	-	-	-

11. táblázat A detektált mennyiségek alapján számított Hazard Quotient (HQ) érték

Mért hatóanyag (µg/kg)	Hatóanyag- kategória	LD50 érték (Apis mellifera)	Mintában detektált növényvédő szermaradék mennyisége (ppb (µg/kg))														
			2019.04.03 mért mennyiség	2019.04.03 kontakt HQ	2019.04.03 oral HQ	2019.04.10 mért mennyiség	2019.04.10 kontakt HQ	2019.04.10 oral HQ	2019.04.22 mért mennyiség	2019.04.22 kontakt HQ	2019.04.22 oral HQ	2019.04.26 mért mennyiség	2019.04.26 kontakt HQ	2019.04.26 oral HQ	2019.05.02 mért mennyiség	2019.05.02 kontakt HQ	2019.05.02 oral HQ
acetamiprid	insekticid	8,09	14,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
amitráz anyavegyület	akaricid	50	-	-	5	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
azoxitrobin	fungicid	200	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
boszkalid	fungicid	200	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ciprodinil	fungicid	784	112,5	2,31	7	0,01	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ciprokonazol	fungicid	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
difenokonazol	fungicid	100	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dimoxistrobin	fungicid	100	79,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
feopropimorf	fungicid	100	95,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
karbendazim	fungicid	50	756	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
klorpirifosz	insekticid	0,059	0,25	36,00	12	203,39	48,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lambda-cihalorin	insekticid	0,038	0,91	5,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pendimetalin	herbicide	100	101,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tebukonazol	fungicid	200	83,05	1,69	5	0,03	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
terbutilazin	herbicide	32	22,6	0,13	6	0,19	0,27	2,00	0,06	0,09	2,00	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08
tiakloprid	insekticid	38,82	17,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tiofanat-metil	fungicid	100,00	114,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mért hatóanyag (µg/kg)	Hatóanyag- kategória	LD50 érték (Apis mellifera)	Mintában detektált növényvédő szermaradék mennyisége (ppb (µg/kg))														
		kontakt LD50 (µg bee ⁻¹)	2019.05.09 mért mennyiség	2019.05.09 kontakt HQ	2019.05.09 oral HQ	2019.05.11 mért mennyiség	2019.05.11 kontakt HQ	2019.05.11 oral HQ	2019.05.24 mért mennyiség	2019.05.24 kontakt HQ	2019.05.24 oral HQ	2019.06.26 mért mennyiség	2019.06.26 kontakt HQ	2019.06.26 oral HQ	2019.07.10 mért mennyiség	2019.07.10 kontakt HQ	2019.07.10 oral HQ
acetamiprid	insekticid	8,09	14,53	130,00	16,07	130,00	16,07	8,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
amitráz anyavegyület	akaricid	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
azoxitrobin	fungicid	200	25	66,00	0,33	12,00	0,06	0,48	-	-	-	6,00	0,03	0,24	4,00	0,02	0,16
boszkalid	fungicid	200	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,00	0,05	0,05
ciprodinil	fungicid	784	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ciprokonazol	fungicid	100	100	36,00	0,36	30,00	0,30	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
difenokonazol	fungicid	100	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
dimoxistrobin	fungicid	100	79,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
feopropimorf	fungicid	100	95,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
karbendazim	fungicid	50	756	55,00	1,10	15,00	0,30	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
klorpirifosz	insekticid	0,059	0,25	6,00	101,69	4,00	67,80	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
lambda-cihalorin	insekticid	0,038	0,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pendimetalin	herbicide	100	101,2	16,00	0,16	9,60	0,10	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tebukonazol	fungicid	200	83,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
terbutilazin	herbicide	32	22,6	4,00	0,13	4,00	0,13	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tiakloprid	insekticid	38,82	17,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
tiofanat-metil	fungicid	100,00	114,70	11,00	0,11	-	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

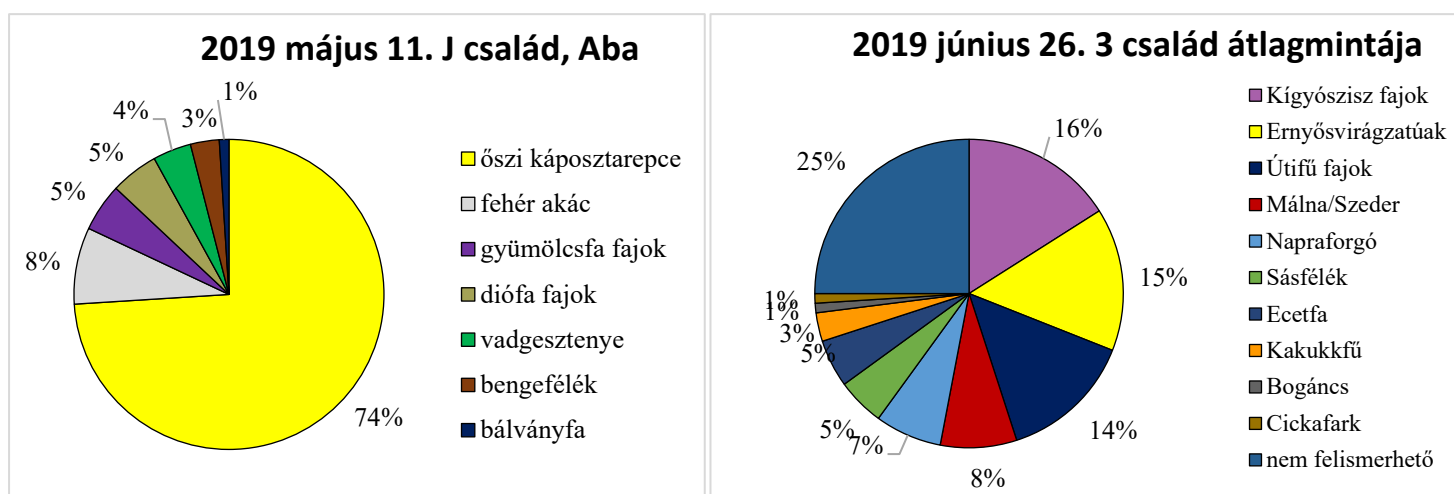
12. táblázat A mért szermaradék tartalom méhek által naponta elfogyasztott (9,5 mg) virágporban található mennyisége az LD50 értéknek hány százalékát teszi ki

Mért hatóanyag (ng/kg)	2019.04.03			2019.04.10			2019.04.22			2019.04.26			2019.05.02		
	LD50 érték (A _{phs} mellifera)	orál LD50 érték (µg bee ⁻¹)	mért mennyiség (ppb)	mélnap beviteli mennyiség (ng ai)	kontakt LD50 érték méhgyed által bevitt mennyisége százalékban /nap	orál LD50 érték méhgyed által bevitt mennyisége százalékban /nap	mért mennyiség	mélnap beviteli mennyiség (ng ai)	kontakt LD50 érték méhgyed által bevitt mennyisége százalékban /nap	orál LD50 érték méhgyed által bevitt mennyisége százalékban /nap	mért mennyiség	mélnap beviteli mennyiség (ng ai)	kontakt LD50 érték méhgyed által bevitt mennyisége százalékban /nap	orál LD50 érték méhgyed által bevitt mennyisége százalékban /nap	
acetaminofén	8,09	14,53	-	-	-	-	10,00	0,10	0,0012	0,0007	1400,00	13,30	0,1644	0,0915	
amitraz anyavegyület	50	-	-	5	0,0475	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	
azoxitrobin	200	25	-	-	-	-	-	-	-	-	2800,00	26,60	0,0133	0,1064	
boszkalid	200	166	-	-	-	-	20,00	0,19	0,0001	0,0001	-	-	-	-	
ciprodinil	784	112,5	260	7	0,0665	0,0000	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	
ciprokonzol	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
difenokonzol	100	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
dinoxitrobin	100	79,4	-	-	-	-	22,00	0,21	0,0002	0,0003	-	-	-	-	
fenpropimorf	100	95,6	-	-	-	-	14,00	0,13	0,0001	0,0001	-	-	-	-	
karbendazim	50	756	-	-	-	29,00	0,28	0,0003	0,0003	0,0003	-	-	-	-	
lambda-chlortalotrin	0,059	0,25	9	12	0,114	0,1932	0,0456	0,04	0,0725	0,0171	65,00	0,62	1,0466	0,2470	
klorpirifosz	0,038	0,91	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pendimetalin	100	101,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
tebukonzol	200	83,05	140	5	0,0475	0,0000	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	
terbutilazín	32	22,6	3	6	0,087	0,0002	0,0003	0,02	0,0001	0,0001	2,00	0,02	0,0001	0,0001	
tiakloprid	38,82	17,32	-	42	0,399	0,0010	0,0023	-	-	-	-	-	-	-	
triflómét-metil	100,00	114,70	-	-	-	-	-	-	-	-	3300,00	31,35	0,0314	0,0273	
acetaminofén	8,09	14,53	130,00	1,24	0,0153	0,0085	130,00	1,24	0,0153	0,0085	-	-	-	-	
amitraz anyavegyület	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
azoxitrobin	200	25	66,00	0,63	0,0003	0,0025	12,00	0,11	0,0001	0,0005	6,00	0,06	0,0000	0,0002	
boszkalid	200	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ciprodinil	784	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ciprokonzol	100	100	36,00	0,34	0,0003	0,0003	30,00	0,29	0,0003	0,0003	-	-	-	-	
difenokonzol	100	177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
dinoxitrobin	100	79,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
fenpropimorf	100	95,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
karbendazim	50	756	55,00	0,52	0,0010	0,0001	15,00	0,14	0,0003	0,0000	-	-	-	-	
klorpirifosz	0,059	0,25	6,00	0,06	0,0966	0,0228	4,00	0,04	0,0644	0,0152	-	-	-	-	
lambda-chlortalotrin	0,038	0,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pendimetalin	100	101,2	16,00	0,15	0,0002	0,0002	9,60	0,09	0,0001	0,0001	-	-	-	-	
tebukonzol	200	83,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
terbutilazín	32	22,6	4,00	0,04	0,0001	0,0002	4,00	0,04	0,0001	0,0002	-	-	-	-	
tiakloprid	38,82	17,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
triflómét-metil	100,00	114,70	11,00	0,10	0,0001	0,0001	-	-	-	-	-	-	-	-	

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Szakedolgozatom irodalmi áttekintésében megismertettem az olvasót a virágpor méhcsaládban betöltött fontos szerepével. Egyértelmű, hogy a virágpor a méhek számára esszenciális táplálék, hiszen fejlődésük során fehérje, aminosav, vitamin és ásványianyag forrásként szolgál.

A vizsgálati eredményekből jól látható (**16. ábra**), hogy bár egyes kultúrnövényeink a méhek számára igen vonzóak és jelentős méhlegelőként tarjuk őket számon, mégis dandárvirágzásuk alatt sem kizárólagosan ezeket a növényfajokat látogatják a méhcsaládok, hanem felkeresik más növények virágait is. Ez egyfelől jó hír, hiszen a méhek így szélesebb virágporszortimentből válogatnak, ami komplexebb tápanyagforrást is jelent egyben. Ugyanakkor a vegyes virágporhordás igénye egyre kevésbé kielégíthető a nagyparcellás tájművelés, a szegélyek és a tarlók gyomirtása miatt.



16. ábra A 2019.05.11-i és 06.26- pollenminta növényfaji összetétele

Emellett kiderült, hogy a méhmérgezések eredetének felkutatásakor nem elégséges a szokványos méhlegelő vizsgálat, mintagyűjtése, hanem szükséges lehet az ültetvények, sorközök, kisebb kultúrák, tarlók mintázása is.

Az eredmények számos érdekes méhlegelőt is megmutattak. Ilyen például a napraforgó és kukorica virágzása alatt tapasztalt nagymennyiségű útifűvirágpor jelenléte, valamint a szélmegporzású sásfélék pollenje.

Az elfogyasztott mennyiség alapján kiszámított LD₅₀ érték szerinti szermaradék bevitel (**13. táblázat**) jól mutatja, hogy minden peszticid szennyezés jóval a pusztulást okozó mennyiség alatt maradt a virágpormintákban. Ez nem meglepő, hiszen a kaptárba csak azon méhek tudják behordani a virágporcsomókat, amelyek nem kaptak letális mennyiségű növényvédő szer

terhelést. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy a méhegyedekre és a méhcsaládra ezek a kis mennyiségek nincsenek hatással, csak éppen azonnali elhullást nem okozott. Ez több problémát, megoldandó kérdést is felvet. Egyrészt a szubletális hatások vizsgálatára több energiát kell fordítanunk, hiszen az intenzív agrárium egyre több hatóanyag-összetételű növényvédő szert juttat ki, ami a szermaradékkontólok összetettségét növeli.

Emellett a hatóanyagok együttes hatását, szinergizáló tulajdonságát is fokozottan vizsgálni kell, hiszen gyakran 6-7 hatóanyag is együttesen van jelen a méhek táplálékában, amik, ha külön-külön szubletális hatásúak is, együttesen lehetséges, hogy pusztulást okoznak a méhcsaládban. Továbbá az LD₅₀ értékek kifejlett méhegyedekre vannak meghatározva, kérdéses, hogy a fejlődő méhlárva és dajkaméhek esetében ezek az értékek miként alakulnak.

A 14. táblázatban látható adatok alapján, a megtalált 16 növényvédő szer hatóanyagból 4 inszekticid kategóriába tartozott, valamint összesen 13 mintában találtak rovarölő hatóanyagot a

13. táblázat A szermaradék detektálások típusra bontva

Peszticid típus	Detektálás (db)	Összes detektáláshoz viszonyítva (%)
inszekticid	13	28%
akaricid	1	2%
fungicid	24	51%
herbicide	9	19%

virágporokban, ami az összes detektálás 28%-a volt.

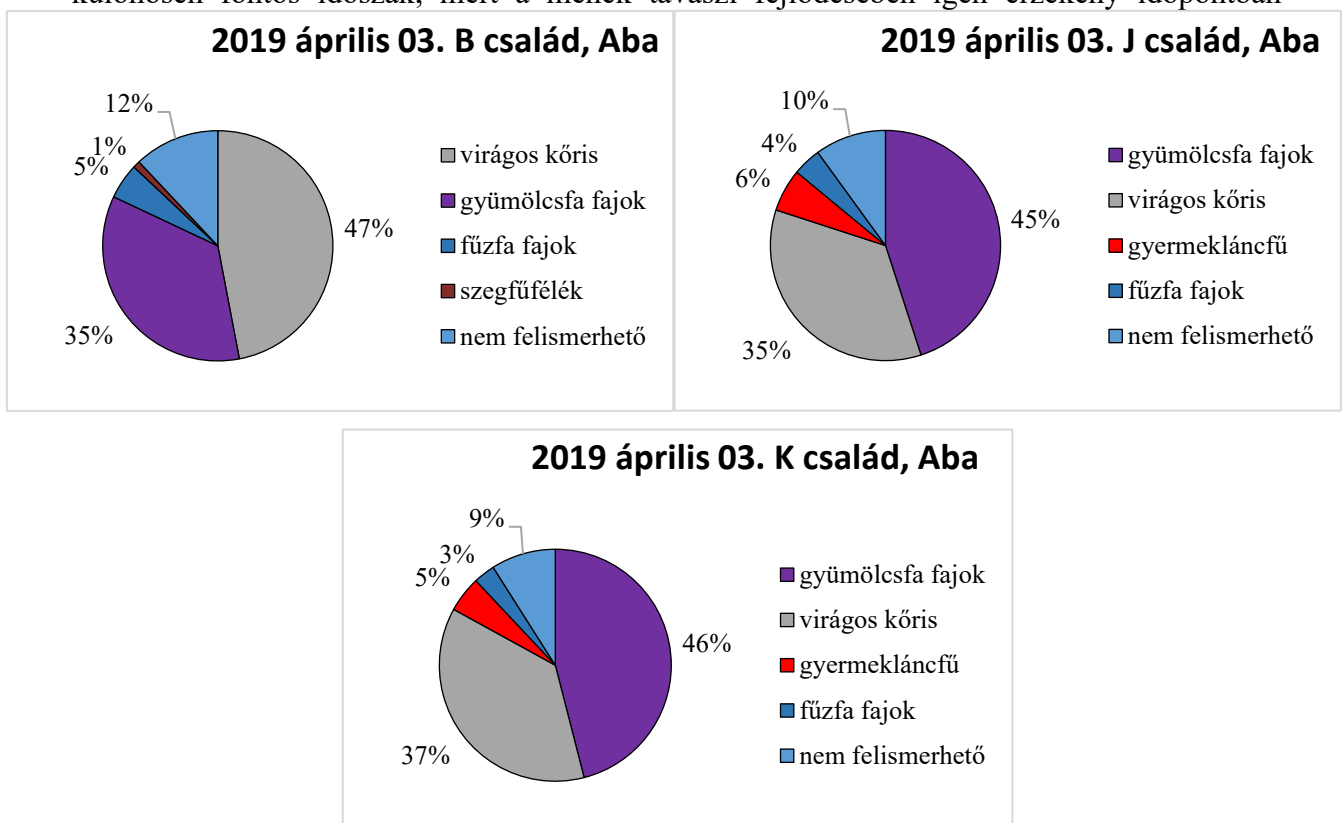
A klórpíriofosz szennyezés összesen 7 egymásutáni mintavételnél volt kimutatható a vizsgált minták alapján áprilistól egészen május közepéig, változó mennyiségben. Fontos megemlíteni, hogy a klórpíriofosz hatóanyagot a mintavétel után kivonták, felhasználásának utolsó (legális) időpontja 2020. április 16.

A terbutilazin illetve a pendimetalin hatóanyagok jelenlétére a környéken folytatott kukorica gyomirtási munkák adhatnak magyarázatot, a gyomirtási feladatok felszaporodásával együtt megfigyelhetően nőtt a mennyiségük. A pollenmintákba vélhetően elsodródás miatt kerülhettek.

A gyakori szermaradék jelenlét elkerülése érdekében a méhkímélő technológia alkalmazásának kiszélesítésére is szükség lenne. Egyes hatóanyagok, hatóanyag csoportok megjelenése a virágporban azok gyors bomlása miatt elkerülhető lenne. Ilyen hatóanyag a labda-cihalotrin, amely 5 ppb mennyiségben volt jelen a 2019.04.03-án gyűjtött mintában.

Az eredményekből az is látható, hogy a vizsgált időszakok alapján a gyümölcsösök és az őszi káposztarepce virágzása idején, azaz a permetezési főszezonban tapasztalható a legjelentősebb növényvédő szermaradék terhelés. És bár a méhészeknek javasolható lenne ezen kultúrák kerülése, és akár feltételezve, hogy ez sikerülhet, akkor a méhészetek méztermelés híján jövedelmezőségüket elveszítik, továbbá ez a felfogás a vadonélő beporzóknál nem is alkalmazható. Termelői oldalról megfontolandó lenne a beporzók életfeltételeit nem rongáló növényvédelmi technikák alkalmazása, hiszen pl. a fent említett kultúrák jelentős mértékben függenek a beporzók munkájától.

A legelső vizsgált minta (17. ábra) esetében a növényfajok pollen alapján történt meghatározása szerint csak a gyümölcsfafajok lehettek a növényvédelmet igénylő kultúrnövények. Ebben a mintában a 14. táblázatban bemutatott gombaölő és gyomirtó szermaradék mellett, klórpirifosz és lambda-cihalotrin hatóanyagok is jelen voltak. Ez azért különösen fontos időszak, mert a méhek tavaszi fejlődésében igen érzékeny időpontban



17. ábra A 2019.04.03-i pollenminta növényfaji összetétele

találkozik a méhcsalád ezekkel a szermaradékokkal. A népességváltás időszakában az áttelelő méhek már előregedve, legyengülve szolgálják ki a tavaszi fiasítás és fiatal méhek igényeit. Az ekkor bekövetkező letális, szubletális mérgezés nagyobb eséllyel rövidíti a méhek életét, így csökkentve a kitelelés eredményességét, mely során a fészek fűtéséhez igen nagy szükség van a méhtömegre.

Pozitív eredmény, hogy a vizsgálatok nem mutattak ki nem engedélyezett vagy már kivont hatóanyagokat (pl. neonikotinoidokat). Természetesen azt, hogy adott készítményeket az engedélyokiratnak megfelelően juttatták-e ki, nem tudtuk vizsgálni.

Összességében az eredmények ismeretében a méhészeknek javasolható lenne az intenzív mezőgazdasági kultúrák elkerülése, különös tekintettel a tavaszi időszakban virágzó gyümölcsösökre. Azonban ebben az esetben a termelőknek számolniuk kell a hiányos beporzás okozta termés kieséssel, minőségromlással.

A beporzó fajok védelme érdekében a méhlegelőt jelentő kultúrák esetében a méhkímélő technológia alkalmazása segíthetne csökkenteni a méhek táplálékába jutó növényvédő szerek mennyiségét, valamint a kontakt érintkezések száma is csökkenthető volna ezáltal.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az ember által fenntartott méhcsaládok egyre fontosabb részei a profitábilis mezőgazdaságnak, azáltal, hogy eljuttatják a pollent a bibére. A zárvatermő virágos növények 87,5%-a (~308.000 faj), köztük sok termesztett zöldség- és gyümölcsféle, dísznövények, szántóföldi kultúrák közül a repce- és napraforgó, egyes takarmánynövények és a vadnövények jelentős része állatok közreműködését igénylik a beporzáshoz. A különböző növények eltérő mértékben függenek a beporzók tevékenységétől, ugyanis míg egyes növények számára ez esszenciális, más növények termés hozama jelentősen vagy kisebb mértékben nő a beporzók tevékenysége által.

Vizsgálataim során a saját méhészetem méhállományát használtam fel. A 2019-es évben 10 alkalommal gyűjtöttem virágport a méhcsaládoktól, oly módon, hogy a méhek lábáról a beérkező még feldolgozatlan virágporcsonókat egy rács segítségével eltávolítottam, majd az összegyűlt virágporcokat méhcsaládonként és dátumonként külön csomagoltam és lefagyasztottam. Az összegyűjtött virágpormintákat ezután növényfaji meghatározásra és növényvédő szermaradék vizsgálatra vittem. A növényfaji vizsgálat bebizonyította, hogy a fő méhlegelők mellett a méhek (ha lehetőségük van rá) más növényfajok pollenjével diverzifikálják a begyűjtött pollenkészletüket, ezzel elkerülve a monodiétás étrendet és fokozva a változatos táplálékbevitel lehetőségét.

A növényvédő szer maradék vizsgálat számos hatóanyag jelenlétét mutatta ki a virágporcsonókból. Természetesen a mintavétel célzottan a növényvédelem szempontjából hangsúlyos időszakban történt, a bevizsgált minták nem arányosan oszlanak el a méhészeti szezon alatt. 10 mintából 9 esetben találtunk valamiféle szennyezést, sajnos csak egy minta esetében nem volt kimutatható növényvédő szer terhelés. A klórpírifosz szennyezés a tavaszi időszak mintáiban sorra megtalálható volt változó mennyiségben, összesen 7 egymás utáni mintából tudtuk kimutatni 4ppb-től egészen 65 ppb mennyiségig.

A méhegyedek által elfogyasztható virágpormennyiség figyelembevételével kiszámolt, egy méhegyedre jutó napi szermaradék terhelés jóval az LD₅₀ értékek alatt maradt minden detektált növényvédő szer maradék esetén, ez azonban nem jelenti azt, hogy a méhcsaládok és a méhegyedek életére nincs hatással az adott terhelés, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a virágpór a fejlődő méhlárvák és fiatal méhek tápláléka, melyek esetében az LD₅₀ érték különbözhet a kifejlett méheknél mért értékektől.

Sajnos a hatóanyagok „koktéljának” hatásait nem volt lehetőségünk vizsgálni, de több alkalommal tudtunk akár 7 hatóanyagot egyszerre kimutatni egy-egy virágpormintából, ezek együttes hatásainak megállapítására további vizsgálatokra van szükség.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Abrol, D. P. (2012). *Pollination Biology*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2>

Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., & 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(20), 1572–1575. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.08.066>

Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324–334. <https://doi.org/10.1007/s10646-014-1190-1>

Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324–334. <https://doi.org/10.1007/s10646-014-1190-1>

Authority (EFSA), E. F. S., Adriaanse, P., Arce, A., Focks, A., Ingels, B., Jölli, D., Lambin, S., Rundlöf, M., Süßenbach, D., Del Aguila, M., Ercolano, V., Ferilli, F., Ippolito, A., Szentes, C., Neri, F. M., Padovani, L., Rortais, A., Wassenberg, J., & Auteri, D. (2023). Revised guidance on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. And solitary bees). *EFSA Journal*, 21(5), e07989. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7989>

Benuszak, J., Laurent, M., & Chauzat, M.-P. (2017). The exposure of honey bees (*Apis mellifera*; Hymenoptera: Apidae) to pesticides: Room for improvement in research. *Science of The Total Environment*, 587–588, 423–438. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.062>

Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A. P., Potts, S. G., Kleukers, R., Thomas, C. D., Settele, J., & Kunin, W. E. (2006). Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351–354. <https://doi.org/10.1126/science.1127863>

Bireley, R., Borges, S., Cham, K., Epstein, D., Garber, K., Hart, C., Hou, W., Ippolito, A., Pistorius, J., Poulsen, V., Sappington, K., & Steeger, T. (2019). Preface: Workshop on Pesticide Exposure Assessment Paradigm for Non- *Apis* Bees. *Environmental Entomology*, 48(1), 1–3. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy134>

Botías, C., David, A., Hill, E. M., & Goulson, D. (2016). Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, and implications for non-target insects. *Science of The Total Environment*, 566–567, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.065>

- Botías, C., David, A., Hill, E. M., & Goulson, D. (2017). Quantifying exposure of wild bumblebees to mixtures of agrochemicals in agricultural and urban landscapes. *Environmental Pollution*, 222, 73–82. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.001>
- Botías, C., David, A., Horwood, J., Abdul-Sada, A., Nicholls, E., Hill, E., & Goulson, D. (2015). Neonicotinoid Residues in Wildflowers, a Potential Route of Chronic Exposure for Bees. *Environmental Science & Technology*, 49(21), 12731–12740. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03459>
- Boyle, N. K., Pitts-Singer, T. L., Abbott, J., Alix, A., Cox-Foster, D. L., Hinarejos, S., Lehmann, D. M., Morandin, L., O'Neill, B., Raine, N. E., Singh, R., Thompson, H. M., Williams, N. M., & Steeger, T. (2019). Workshop on Pesticide Exposure Assessment Paradigm for Non- Apis Bees: Foundation and Summaries. *Environmental Entomology*, 48(1), 4–11. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy103>
- Casado, J., Brigden, K., Santillo, D., & Johnston, P. (2019). Screening of pesticides and veterinary drugs in small streams in the European Union by liquid chromatography high resolution mass spectrometry. *Science of The Total Environment*, 670, 1204–1225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.207>
- Cedergreen, N. (2014). Quantifying Synergy: A Systematic Review of Mixture Toxicity Studies within Environmental Toxicology. *PLoS ONE*, 9(5), e96580. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0096580>
- Cham, K. O., Nocelli, R. C. F., Borges, L. O., Viana-Silva, F. E. C., Tonelli, C. A. M., Malaspina, O., Menezes, C., Rosa-Fontana, A. S., Blochtein, B., Freitas, B. M., Pires, C. S. S., Oliveira, F. F., Contrera, F. A. L., Torezani, K. R. S., Ribeiro, M. D. F., Siqueira, M. A. L., & Rocha, M. C. L. S. A. (2019). Pesticide Exposure Assessment Paradigm for Stingless Bees. *Environmental Entomology*, 48(1), 36–48. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy137>
- Cooper, J., & Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection*, 26(9), 1337–1348. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.03.022>
- Crailsheim, K., Schneider, L. H. W., Hrassnigg, N., Bühlmann, G., Brosch, U., Gmeinbauer, R., & Schöffmann, B. (1992). Pollen consumption and utilization in worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): Dependence on individual age and function. *Journal of Insect Physiology*, 38(6), 409–419. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(92\)90117-V](https://doi.org/10.1016/0022-1910(92)90117-V)

- Dudley, N., & Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: A review. *Biodiversity*, 18(2–3), 45–49. <https://doi.org/10.1080/14888386.2017.1351892>
- Ellis, A., Ellis, J. D., O'Malley, M. K., & Nalen, C. M. Z. (2023). The Benefits of Pollen to Honey Bees. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN868>
- Gavrilescu, M. (2005). Fate of Pesticides in the Environment and its Bioremediation. *Engineering in Life Sciences*, 5(6), 497–526. <https://doi.org/10.1002/elsc.200520098>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Gregorc, A., Silva-Zacarin, E. C. M., & Nocelli, R. C. F. (2011). Cellular Response in Honey Bees to Non-Pathogenic Effects of Pesticides. In D. Sammataro & J. A. Yoder, *Honey Bee Colony Health* (1. kiad., o. 161–180). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11318-15>
- Hinarejos, S., Abbott, J., Alix, A., Bibek, S., Cabrera, A., Joseph, T., O'Neill, B., Singh, R., & Thompson, H. (2019). Non- Apis Bee Exposure Workshop: Industry Participants' View. *Environmental Entomology*, 48(1), 49–52. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy138>
- IPBES. (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3402857>
- Jonathan, J. Giacomini, Leslie J., R. Tarpy David, C. Palmer-Young Evan, E. Irwin Rebecca, és S. Adler Lynn. 2018. Medicinal value of sunflower pollen against bee pathogens. *Scientific reports*. DOI:10.1038/s41598-018-32681-y
- Jordan, A., Patch, H. M., Grozinger, C. M., & Khanna, V. (2021). Economic Dependence and Vulnerability of United States Agricultural Sector on Insect-Mediated Pollination Service. *Environmental Science & Technology*, 55(4), 2243–2253. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04786>

Kelemen, E. (2013): Az ökoszisztéma szolgáltatások közösségi részvételen alapuló, ökológiai közgazdaságtani értékelése. – Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő.

Klein, A.-M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>

Koh, I., Lonsdorf, E. V., Williams, N. M., Brittain, C., Isaacs, R., Gibbs, J., & Ricketts, T. H. (2016). Modeling the status, trends, and impacts of wild bee abundance in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 140–145. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517685113>

Lambert, O., Piroux, M., Puyo, S., Thorin, C., L’Hostis, M., Wiest, L., Buleté, A., Delbac, F., & Pouliquen, H. (2013). Widespread Occurrence of Chemical Residues in Beehive Matrices from Apiaries Located in Different Landscapes of Western France. *PLoS ONE*, 8(6), e67007. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067007>

Lars Chittka, James D. Thomson & Nickolas M. Waser. 1999. „Flower Constancy, Insect Psychology, and Plant Evolution.” *Naturwissenschaften* 86: 361–377.

Larson, J. L., Redmond, C. T., & Potter, D. A. (2013). Assessing Insecticide Hazard to Bumble Bees Foraging on Flowering Weeds in Treated Lawns. *PLoS ONE*, 8(6), e66375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066375>

Larson, J. L., Redmond, C. T., & Potter, D. A. (2015). Mowing mitigates bioactivity of neonicotinoid insecticides in nectar of flowering lawn weeds and turfgrass guttation. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(1), 127–132. <https://doi.org/10.1002/etc.2768>

Looser, R., Froescheis, O., Cailliet, G. M., Jarman, W. M., & Ballschmiter, K. (2000). The deep-sea as a final global sink of semivolatile persistent organic pollutants? Part II: organochlorine pesticides in surface and deep-sea dwelling fish of the North and South Atlantic and the Monterey Bay Canyon (California). *Chemosphere*, 40(6), 661–670. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00462-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00462-2)

Lydy, M., Belden, J., Wheelock, C., Hammock, B., & Denton, D. (2004). Challenges in Regulating Pesticide Mixtures. *Ecology and Society*, 9(6), art1. <https://doi.org/10.5751/ES-00694-090601>

Mullin, C. A., Chen, J., Fine, J. D., Frazier, M. T., & Frazier, J. L. (2015). The formulation makes the honey bee poison. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 120, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.12.026>

Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D., & Pettis, J. S. (2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLoS ONE*, 5(3), e9754. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>

Nyerges Gábor Zsolt (2018) Mézelő méh (*Apis mellifera*) által gyűjtött virágporminták botanikai összetétel és növényvédő szer maradék vizsgálata. Diplomadolgozat, Szent István Egyetem, Gödöllő.

Ollerton, J. (2021). *Pollinators & Pollination: Nature and Society*.

Ollerton, J., Erenler, H., Edwards, M., & Crockett, R. (2014). Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*, 346(6215), 1360–1362. <https://doi.org/10.1126/science.1257259>

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>

Page, R. E., & Metcalf, R. A. (1984). A Population Investment Sex Ratio for the Honey Bee (*Apis mellifera* L.). *The American Naturalist*, 124(5), 680–702. <https://doi.org/10.1086/284306>

Pérez-Méndez, N., Andersson, G. K. S., Requier, F., Hipólito, J., Aizen, M. A., Morales, C. L., García, N., Gennari, G. P., & Garibaldi, L. A. (2020). The economic cost of losing native pollinator species for orchard production. *Journal of Applied Ecology*, 57(3), 599–608. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13561>

Poquet, Y., Vidau, C., & Alaux, C. (2016). Modulation of pesticide response in honeybees. *Apidologie*, 47(3), 412–426. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0429-7>

Prado, A., Pioz, M., Vidau, C., Requier, F., Jury, M., Crauser, D., Brunet, J.-L., Le Conte, Y., & Alaux, C. (2019). Exposure to pollen-bound pesticide mixtures induces longer-lived but less efficient honey bees. *Science of The Total Environment*, 650, 1250–1260. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.102>

- Roszko, M. Ł., Kamińska, M., Szymczyk, K., & Jędrzejczak, R. (2016). Levels of Selected Persistent Organic Pollutants (PCB, PBDE) and Pesticides in Honey Bee Pollen Sampled in Poland. *PLOS ONE*, 11(12), e0167487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167487>
- Rundlöf, M., Andersson, G. K. S., Bommarco, R., Fries, I., Hederström, V., Herbertsson, L., Jonsson, O., Klatt, B. K., Pedersen, T. R., Yourstone, J., & Smith, H. G. (2015). Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature*, 521(7550), 77–80. <https://doi.org/10.1038/nature14420>
- Sanchez-Bayo, F., & Goka, K. (2014). Pesticide Residues and Bees – A Risk Assessment. *PLoS ONE*, 9(4), e94482. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094482>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Sgolastra, F., Hinarejos, S., Pitts-Singer, T. L., Boyle, N. K., Joseph, T., Lückmann, J., Raine, N. E., Singh, R., Williams, N. M., & Bosch, J. (2019). Pesticide Exposure Assessment Paradigm for Solitary Bees. *Environmental Entomology*, 48(1), 22–35. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy105>
- Silva, V., Mol, H. G. J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., & Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. *Science of The Total Environment*, 653, 1532–1545. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>
- Stoner, K. A., & Eitzer, B. D. (2012). Movement of Soil-Applied Imidacloprid and Thiamethoxam into Nectar and Pollen of Squash (*Cucurbita pepo*). *PLoS ONE*, 7(6), e39114. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039114>
- Stoner, K. A., Cowles, R. S., Nurse, A., & Eitzer, B. D. (2019). Tracking Pesticide Residues to a Plant Genus Using Palynology in Pollen Trapped from Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) at Ornamental Plant Nurseries. *Environmental Entomology*, 48(2), 351–362. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz007>
- Tóth P., Csaba Gy., Rusvai M., Paulus P., Péntes B., Fail J., Szabó Á., Véték G., Hampuk G., Lászlóffy Zs. (2017). Környezetterhelési monitoringvizsgálat, 2015–2016. Országos Magyar Méhészeti Egyesület, Budapest 47-52.

Tóth Péter, Nyerges Gábor, Harmadás Joakim, Szénási Ágnes, Medzihradzky Zsófia, Bódis Judit (2020) Honnan gyűjtenek méheink? MÉHÉSZ ÚJSÁG: AZ ORSZÁGOS MAGYAR MÉHÉSZETI EGYESÜLET LAPJA 2020 : 05 pp. 10-14. , 5 p.

Török Alexandra (2020) Házi méh (*Apis mellifera*) által gyűjtött pollen botanikai összetétel és növényvédő szermaradék vizsgálata. Diplomadolgozat, Szent István Egyetem, Gödöllő.

Van Bruggen, A. H. C., He, M. M., Shin, K., Mai, V., Jeong, K. C., Finckh, M. R., & Morris, J. G. (2018). Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *The Science of the Total Environment*, 616–617, 255–268. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.309>

Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., Neumann, P., & Gauthier, L. (2015). Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5(1), 14621. <https://doi.org/10.1038/srep14621>

Wu, J. Y., Anelli, C. M., & Sheppard, W. S. (2011). Sub-Lethal Effects of Pesticide Residues in Brood Comb on Worker Honey Bee (*Apis mellifera*) Development and Longevity. *PLoS ONE*, 6(2), e14720. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014720>

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm konzulenseim munkáját és segítségét. Dr. Szénási Ágnes odaadó támogatása, és tapasztalatai nélkül nem juthattam volna ideáig szakdolgozatom kialakítása és elkészítése során.

Tóth Péter méhészeti szaktanácsadó és növényorvos szakmai hozzáértése és témában való jártassága, valamint kutatási tervei nélkül nem jöhetett volna létre ez a dolgozat.

Köszönetemet szeretném kifejezni családomnak, Nyergesné Kovács Gabriellának és Nyerges Józsefnek folyamatos támogatásukért, szakmai, valamint anyagi és szellemi segítségükért, és mindenért, amit az elmúlt években tettek értem. A vizsgált telephely, és az ott lévő méhcsaládok családi vállalkozásunkban folyamatos termelő méhészet részeként működik. Ennek köszönhetően volt lehetőségem a diplomadolgozatom elkészíteni.

A dolgozatom alapjául szolgáló kutatást az Országos Magyar Méhészeti Egyesület, a Magyar Méhészeti Nemzeti Program (4/2017(I.23) FVM. rendelet 26.) anyagi támogatásával, Tóth Péter szakmai vezetése alatt végzett Méhegészségügyi és Környezetterhelési Monitoring Vizsgálat részeként végezhettem el. Ezúttal is köszönöm, hogy részt vehettem a programban.


NYILATKOZAT

Nyerges Gábor (XUUOF1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom¹.

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

Kelt: Gödöllő, 2023 év november hó 13 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /

diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

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

A hallgató neve:

Nyerges Gábor Zsolt

A Hallgató Neptun kódja:

XUUF1

A dolgozat címe:

Mézlepkék (Apis mellifera) által gyűjtött virágporminták botanikai ökoszisztémák növényvilágának szerkezetének vizsgálata a 2019-es évben

A megjelenés éve:

2023

A konzulens intézetének neve:

NÖVÉNYVÉDELMI INTÉZET

A konzulens tanszékének a neve:

INTEGRÁLT NÖVÉNYVÉDELMI TANSZÉK

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

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

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

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

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

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

Kelt: ADA, 2023 év 11 hó 09 nap

Nyerges Gábor
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.