

DIPLOMAMUNKA

SUGATAGI ANDREA

2023

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
NÖVÉNYVÉDELMI INTÉZET
BUDAPEST

Méhekre nem jelölésköteles négy gombaölő szer, illetve hatóanyagaik keverékének akut
orális toxicitási vizsgálata *Apis mellifera* fajon

Sugatagi Andrea
Növényorvos MSc

Készült a **Rovartani Tanszéken**

Tanszéki konzulens: Dr. Markó Viktor

Külső konzulens: Dr. Mezőfi László

Bírálok:

Budapest, 2023. május 08.

Tanszékvezető/szakirány felelős

Konzulens

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. CÉLKITŰZÉS	5
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
3.1 A növényvédő szerek általános bemutatása	6
3.2 A növényvédő szerek forgalmi adatai globálisan és hazánkban	7
3.3 A növényvédő szerek használatának előnyei	8
3.4 A növényvédő szerek használatának kockázatai	9
3.5 Az európai mézelő méh általános bemutatása	10
3.6 A méhekre ható stressz hatások bemutatása	11
3.6.1 Jelentősebb károsítók	11
3.6.2 Növényvédő szerek okozta méhmérgezés tünetei	12
3.6.3 A gombaölő szerek méhekre gyakorolt toxicitása és szinergista hatásokban játszott szerepe	13
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	16
4.1 A kísérleti hatóanyagok, növényvédő szerek bemutatása és kiválasztásuk szempontjai	16
4.1.1 A kísérletben használt hatóanyagok kiválasztásának szempontjai	16
4.1.2 A kísérletben használt hatóanyagok jellemzése	17
4.1.3 A kísérletben használt növényvédő szerek bemutatása	17
4.2 A kísérleti rendszer bemutatása	18
4.3 A kísérleti hatóanyagok és növényvédő szerek koncentrációinak meghatározása	19
4.4 Referencia teszt	20
4.5 A kísérlet menete	21
5. EREDMÉNYEK	23
5.1 Biológiai eredmények	23
5.2 Analitikai eredmények	24
6. KÖVETKEZTETÉSEK	26
7. ÖSSZEFOGLALÁS	28
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	30
9. IRODALOMJEGYZÉK	31
10. MELLÉKLETEK	36

1. BEVEZETÉS

A méhek szerepe az ökoszisztéma szolgáltatások között, beporzási tevékenységük révén igen jelentős. Világviszonylatban, a globális élelmiszertermelés 35%-a függ valamilyen állati beporzási tevékenységtől, míg Európában a haszonnövényeink több mint 80%-a igényel ilyen jellegű közreműködést. A kereskedelmi célú beporzási szolgáltatások közel 90%-át a mézelő méhek nyújtják, amely alapján az egyik legfontosabb haszonállataink közé tartozik. Habár az elmúlt évtizedekben globálisan a méhcsaládok száma növekszik, a vadon élő beporzók folyamatos csökkenése világszerte aggodalmat vált ki. Ezen aggodalmak következményeként az elmúlt évtizedben intenzívebbé vált a beporzókat – legfőképp a méheket – érintő stressz hatások kutatása, ezek közül is elsősorban a növényvédő szerek kockázatainak tisztázása (Genersch et al., 2010).

Számtalan tanulmány készült ez idáig a növényvédő szerek méhekre gyakorolt negatív hatásairól, melynek eredményeképpen egyre fokozódik a nyomás a készítmények kijuttatásának korlátozására, illetve forgalmazási engedélyük visszavonására (pl. neonikotinoidok) Európában. A rovarölő szerek esetében kézenfekvő, hogy nem csak a célszervezetekre lehetnek hatással, hanem egyéb ízeltlábú fajokra is, beleértve a hasznos szervezeteket. A gombaölő szereket azonban, a közvetlen toxicitási tesztek alapján többnyire ártalmatlannak tekintik a beporzókra nézve. Mindazonáltal egyre több vizsgálat mutat rá a fungicidek lehetséges negatív és szinergista hatásokban való részvételére, amelyeknek letális és szubletális következményei lehetnek mind az egyed-, mind a populáció szintjén. Vizsgálataink során mi is ilyen szinergista hatást kerestünk a hazánkban, méhekből leggyakrabban kimutatott gombaölő szerek és hatóanyagaik tekintetében a mézelő méhen (*Apis mellifera*).

2. CÉLKITŰZÉS

Hazánkban a méhészek által bejelentett vélelmezett méhmérgezéseket, méhelhullásokat a hatóság köteles kivizsgálni a vonatkozó eljárásrend szerint. A helyszíni szemle során mind a méhekből, mind pedig a röpkörzetből gyűjtött növényi mintákból a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) növényvédő szermaradék analitikai vizsgálatokat végez, továbbá a begyűjtött méhminták egy részéből – amennyiben volt méhhulla – a NÉBIH, Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság, Parazitológiai, Hal- és Méhbetegségek Nemzeti Referencia Osztálya méhegészségügyi vizsgálatokat végez nozéma és varroa atka fertőzöttségre nézve. A NÉBIH 2012 óta összefoglaló szakvéleményben értékeli az analitikai és méhegészségügyi eredményeket a bejelentett méhelhullások feltárásának érdekében. Ezen évek során az esetek egy részénél nem lehetett ok-okozati összefüggést kimutatni az elhullás és a méhekben, ill. a látogatott kultúrákban kimutatott növényvédő szer maradáanyagok között. Számos esetben szembesültünk azzal, hogy a méhekben több, „csak” méhekre nem jelölésköteles hatóanyag volt jelen, és mennyiségük az LD₅₀ értékeikhez (amely dózis a kezelt egyedek felének mortalitását okozza) viszonyítva elenyésző volt.

Kísérleteink során a korábbi évek alatt a méhekből leggyakrabban kimutatott, méhekre nem jelölésköteles négy gombaölő szer (Amistar, Cantus, Chorus, Folicur Solo) és hatóanyagaik (azoxistrobin, boszkalid, ciprodinil, tebukonazol) keverékét vizsgáltuk, arra keresve a választ, hogy együttes előfordulásuk jelent-e érdemi toxicitás növekedést a méhekre nézve.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 A növényvédő szerek általános bemutatása

A növényvédő szer fogalmára sok meghatározás született már, azonban a következő definíciót tartom az egyik leginkább megfelelőnek: "A növényvédő szer olyan természetes eredetű, szintetikus vagy vegyi úton előállított készítmény, amely a károsítók gyérítésére, csalogatására, riasztására, vagy a károsítók és növények életfolyamatainak szabályozására – beleértve a növényzet lombtalanítását és leszártását is – alkalmas" (Sörös, 2019).

A növényvédő szereket rendeltetésük és hatásspektrumuk alapján különböző csoportokba soroljuk. Ezek alapján – a teljesség igénye nélkül – megkülönböztetünk rovarölő- (inszekticid), atkaölő- (akaricid), gombaölő- (fungicid), gyomirtó- (herbicid), csigaölő- (molluszkicid), fonálféregölő- (nematocid), rágcsálóirtó- (rodenticid), és növekedésszabályozó szereket (NÉBIH, 2023a).

A rovarölő hatóanyagokat az IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) öt nagyobb élettani csoportba – (1) ideg-izom rendszerre ható, (2) növekedés szabályozásra ható, (3) légzésgátló, (4) gyomorra ható és (5) ismeretlen vagy kevert hatásmechanizmusú hatóanyagok – sorolja a kifejtett hatásmód alapján (IRAC, 2023). A gombaölő hatóanyagokat a FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) a következőként osztályozza a hatásmódok alapján: (1) nukleinsav szintézis gátló, (2) mitózis és sejtosztódás gátló, (3) légzésgátló, (4) aminosav és fehérje bioszintézis gátló, (5) jelátviteli folyamatot gátló, (6) lipid bioszintézis gátló, (7) szteroid bioszintézis gátló, (8) sejtfal kialakítás gátló, (9) növényi aktivátor, (10) ismeretlen hatásmechanizmusú- és (11) több támadáspontú hatóanyagok (FRAC, 2022). A gyomirtó szer hatóanyagokat pedig három nagyobb kategóriába – (1) fotoszintézis gátlók, (2) sejtanyagcsere gátlók és (3) növekedés gátlók – osztja a HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) (HRAC, 2022).

Magyarországon a növényvédő szereket a felhasználás és forgalmazás alapján három kategóriába sorolja az illetékes hatóság. Az I. forgalmi kategóriába tartozó növényvédő szer forgalmazásához, megvásárlásához és felhasználásához felsőfokú növényvédelmi képesítés és I. forgalmi kategóriájú engedély szükséges. A II. forgalmi kategóriába tartozó készítményekkel növényvédelmi tevékenységet az ide vonatkozó rendeletben felsorolt középfokú növényvédelmi képesítéssel rendelkező személy folytathat. A III. kategóriába a szabadforgalmú készítmények tartoznak, amelyek megvásárlása és saját célra való felhasználása engedélyhez nem kötött (NÉBIH, 2020a).

Az elérhető, legfrissebb engedélyezett növényvédő szer jegyzék alapján 1422 növényvédő szer volt forgalomban 2020. december 31-én, melyből 549 készítmény az I., 360 szer a II., 426 készítmény a III., míg 87 növényvédő szer vegyes (I. és II., II. és III.) forgalmi kategóriába tartozott (NÉBIH, 2020b). Látható, hogy az engedélyezett szerek közel egyharmada tartozott/tartozik a III. kategóriába, amivel szemben felmerülhetnek aggályok a szabad felhasználás vonatkozásában.

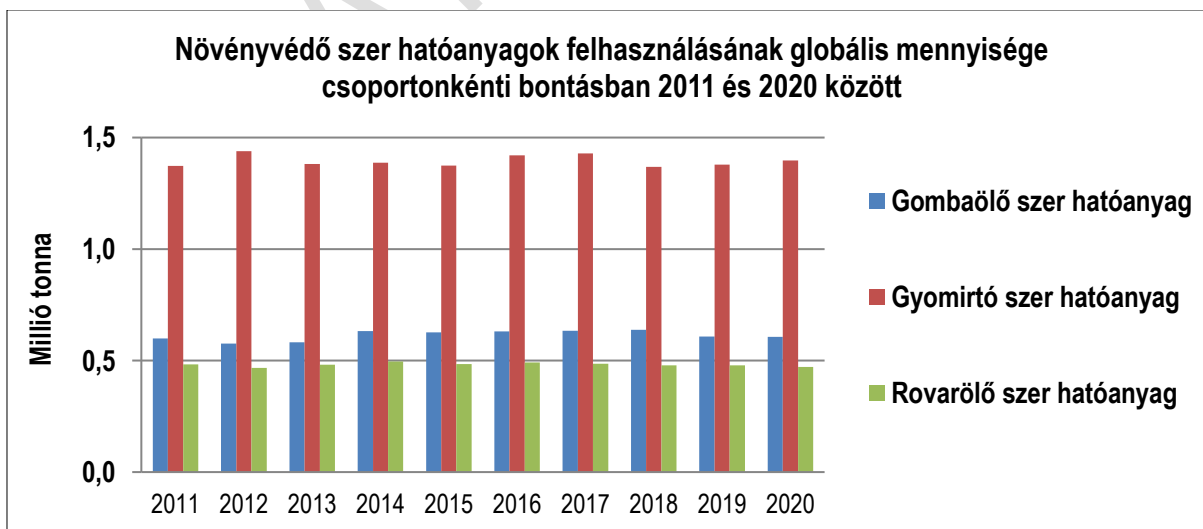
3.2 A növényvédő szerek forgalmi adatai globálisan és hazánkban

Az 1990-es évek elejéhez képest napjainkra, közel 50%-kal nőtt a teljes növényvédő szer hatóanyag felhasználás globálisan (1. ábra). A mezőgazdaságban felhasznált összes hatóanyag 2011 és 2020 között 2,65 és 2,75 millió tonna között mozgott. A teljes növényvédő szer (készítmény) kereskedelem 2020-ban közel 7,2 millió tonna volt, körülbelül 41 milliárd dollár (USD) értékben világszerte (FAO, 2022).



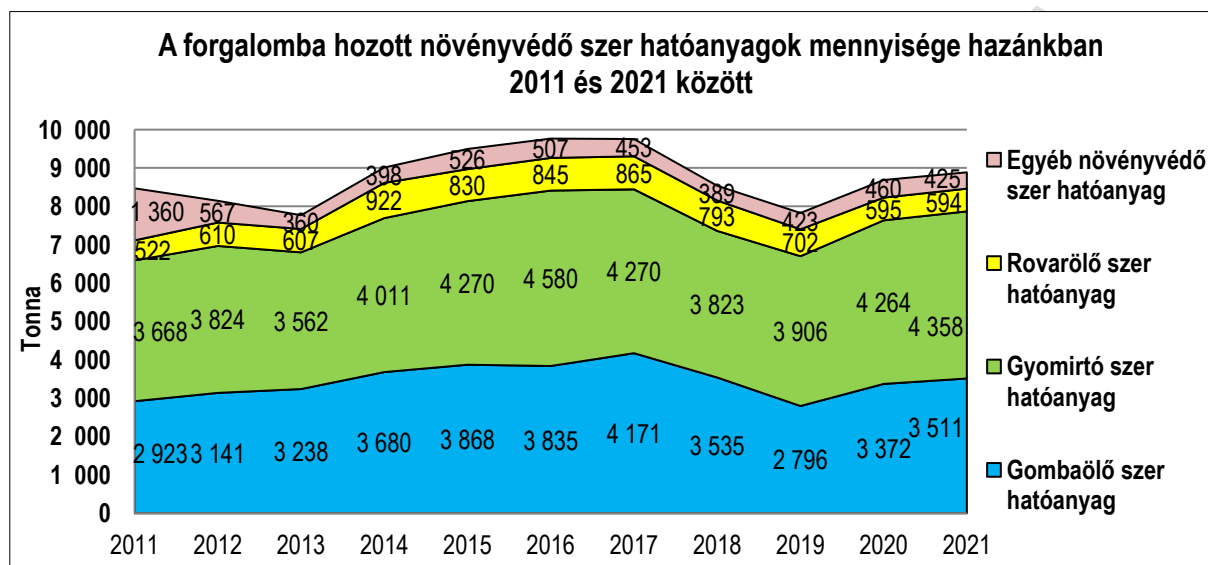
1. ábra: Növényvédő szer hatóanyagok felhasználásának globális mennyisége (millió tonna) 1990 és 2020 között (saját szerkesztésű ábra FAO, 2023 alapján)

A 2. ábrán láthatjuk a főbb peszticid csoportok részarányát 2011 és 2020 között. A teljes piacból felhasznált gyomirtó szer hatóanyagok aránya 52%, a gombaölő szer hatóanyagoké 23%, míg a rovarölő szer hatóanyagok részaránya 18% volt 2020-ban (FAO, 2022).



2. ábra: Növényvédő szer hatóanyagok felhasználásának globális mennyisége (millió tonna) csoportonkénti bontásban 2011 és 2020 között (saját szerkesztésű ábra FAO, 2023 alapján)

Hazánkban, a KSH (Központi Statisztikai Hivatal) legfrissebb adatai alapján, az értékesített növényvédő szer hatóanyag mennyiségek – a 2019-es mélypont után – újra növekedést mutatnak (3. ábra). Míg 2021-ben a herbicid hatóanyagok részaránya 49% volt, addig a fungicid hatóanyagok aránya 40%-ot tett ki az összes forgalomba hozott hatóanyag vonatkozásában (KSH, 2021). Az értékesített növényvédő szer mennyiség 2021-ben 28 315 tonna volt, melynek 32%-át (9145 tonna) gyomirtó-, 32%-át (8989 tonna) egyéb növényvédő-, 18%-át (5183 tonna) rovarölő- és 18%-át (4998 tonna) gombaölő szerek adták. Az itthoni peszticid piac nettó árbevétele 2021-ben 128 milliárd forint volt (Agrárközgazdasági Intézet, 2022).



3. ábra: A forgalomba hozott növényvédő szer hatóanyagok mennyisége hazánkban 2011 és 2021 között (saját szerkesztésű ábra KSH, 2021 alapján)

A fent bemutatott adatok alapján láthatjuk, hogy habár a peszticid felhasználás növekvő tendenciája megállt az elmúlt években globális szinten, a továbbra is hatalmas mennyiségek felhasználásból származó esetleges negatív hatások – mind az emberi egészségre, a nem cél- és hasznos szervezetekre, illetve a környezetre – nem hagyhatók figyelmen kívül.

3.3 A növényvédő szerek használatának előnyei

Cooper és Dobson (2007) szerint a peszticid használat következményei három fő hatáscsoportba sorolhatóak, melyekből 26 elsődleges és további 31 másodlagos előny származtatható. Hatásnak (hatáscsoportnak), a növényvédő szer használat közvetlen következményeit tekinti a cikk. A peszticidek első és legfontosabb hatása a mezőgazdasági kártevők és vektorok szabályozása. Ebből a csoportból származtatható haszonként például a termés mennyiség növekedésén felül, az élelmiszer minőségének javulása, az élelmiszerbiztonság megteremtése és az inváziós fajok szabályozása. Megjegyzendő, hogy a károsító szervezetek által okozott termés veszteséget 10 és 90% közé, átlagosan 35 - 40%-ra becsülik az összes élelmiszernövény esetében (IUPAC, 2010).

A publikáció szerint a második fontos hatás, az emberi és állati betegségeket okozó kórokozók vektorainak szabályozása. Ebből származtatható haszon az emberi és állati életek megmentése, szenvedéseik csökkenése, ezáltal az emberi és állati életminőség javulása. A harmadik hatásnak (vagy hatáscsoportnak) pedig azt tekinti a tanulmány, hogy a peszticidek szabályozni képesek azokat a kártevő szervezeteket, amelyek valamilyen emberi tevékenységhez kapcsolódóan (közlekedés, építőipar, rekreáció stb.) képesek károsítani (Cooper & Dobson, 2007).

3.4 A növényvédő szerek használatának kockázatai

A számtalan előny mellett azonban foglalkozni kell a peszticidek használatából származó veszélyekkel is. Számolnunk kell a lehetséges direkt és indirekt hatásokkal az emberi egészségre, a felszíni és felszín alatti vizekre, a talajra és talajtermékenységre, levegőre, a nem cél- és hasznos szervezetekre egyaránt (Aktor et al., 2009).

A kijuttatott, fel nem szívódott hatóanyagok sorsa lehet a megcsurgás, elpárolgás, lemosódás és lebomlás. A talajra kerülő hatóanyagok – vízzeloldhatóság esetén – gyorsan lejuthatnak a talajvizekbe, majd onnan az élővizekbe. Habár a hatóanyagok nagy része a talajok felületén UV-fény hatására gyorsan bomlik, a talajban a bomlási folyamat lelassulhat az oxigéntartalom és mikrobiális aktivitás csökkenésével párhuzamosan (Darvas & Székács, 2010).

Egy 2019-ben publikált tanulmány (Silva et al., 2019), 317 Európai Unió mezőgazdasági talajmintát vizsgált növényvédő szermaradéokra. A minták 86%-a tartalmazott valamilyen szermaradványt. A leggyakrabban és legmagasabb koncentrációban kimutatott hatóanyag vagy bomlástermék az AMPA (glifozát), a DDT, a boszkalid, az epoxikonazol és a tebukonazol volt. A DDT és a boszkalid a DT50 értékük (felezési idő a talajban) alapján perzisztensnek, a tebukonazol és az epoxikonazol mérsékelten perzisztensnek számít a talajban (PPDB, 2023).

A vizekben és a talajokban hosszú időn keresztül megmaradó hatóanyagok egyik legfőbb kockázata, hogy a vízi és talajlakó élőlények szöveteiben felhalmozódhatnak (bioakkumulálódhatnak). Ha a hatóanyagok a táplálkozási láncban dúsulnak fel, akkor biomagnifikációról beszélünk. A legjelentősebb környezeti kockázata az úgynevezett POP (persistent organic pollutants) vegyületeknek van, melyek nehezen lebomló, a környezetben és a szervezetben hosszú ideig megmaradó szerves vegyületek. Számos, már kivont növényvédő szer hatóanyag tartozik ebbe a csoportba (aldrin, dieldrin, DDT, lindán, HCB, endrin), melyek még mindig kimutathatóak világszerte a talajokból, vizekből és az élő szervezetekből egyaránt (Darvas & Székács, 2010).

Attól függően, hogy a mérgező hatásnak mennyi ideig volt kitéve az adott szervezet, beszélhetünk akut (heveny) és krónikus (idült) toxicitásról. Az akut hatás röviddel a kitétség után jelentkezik, a szennyező anyag koncentrációja többnyire magas és a kiváltott hatás gyorsan jelentkezik. A krónikus hatás általában kisebb koncentrációban és hosszabb időn keresztül fennálló kitétség esetén alakul ki (Szoboszlai & Kriszt, 2014).

A letális hatások (közvetlen halált/pusztulást okozó) mellett, újabban egyre nagyobb figyelmet kapnak a szubletális hatások, amelyekre az jellemző, hogy azonnali halált/pusztulást nem okoznak és többnyire lassan fejződnek ki. Számos tanulmány rámutat arra, hogy a szubletális hatások viselkedésszerű és fiziológiai

változásokat is előidézhettek, melyek hatással lehetnek a fejlődésre, élettartamra, fekunditásra, mozgásra, tájékozódásra, táplálékkeresésre, táplálék felvételre, illetve a tanulási képességre egyaránt (Desneux et al., 2007). Kimutatták például a deltametrin rovarölő hatóanyag kronotrop (frekvenciaváltozás) és inotrop (kontrakció erősség változás) hatását izolált méh csőszíven. A prokloráz fungicidnél is hasonló hatást figyeltek meg, de erősebbet, mint a deltametrin esetében. Továbbá, amikor a két hatóanyagot kombinálták, a deltametrin 100-szoros kardiotoxicitást mutatott már (Papaefthimiou & Theophilidis, 2001). Vizsgálták ugyanezen két hatóanyag együttes hatását a méhek hőszabályozására is. Az eredmények alapján a deltametrin és prokloráz együtt hipotermiát váltott ki a méhekben, olyan dózisban, amelyben eredetileg csak önmagukban vizsgálva, nem voltak képesek hatást kiváltani a termoregulációban (Vandame & Belzunces, 1998).

Szubletális hatásokat herbicidek esetén is megfigyeltek egyes halaknál. A glifozát hatóanyagot tartalmazó szereknél olyan szubletális tüneteket észleltek, mint például a rendszertelen úszás és nehézlégzés. A 2,4-D gyomirtó hatóanyag esetében pedig csökkent táplálékgyűjtő képességet figyeltek meg szivárványos pisztrángnál (Aktar et al., 2009). A szubletális hatások tekintetében a példákat hosszan sorolhatnánk.

3.5 Az európai mézelő méh általános bemutatása

Az európai mézelő méh (*Apis mellifera*) az ízeltlábúak törzsébe (Arthropoda), a rovarok osztályába (Insecta), a hártájszárnyúak rendjébe (Hymenoptera), a méhfélék családjába (Apidae) és az *Apis* nembe tartozik (EPPO, 1996). Az eredetileg Európában, Afrikában, Közel-Keleten és Nyugat-Ázsiában őshonos faj, mára világszerte elterjedté vált (Marcelino et al., 2022). Fontosabb alfajai Európában az *Apis mellifera carnica*, az *Apis mellifera iberica*, az *Apis mellifera ligustica*, az *Apis mellifera macedonica*, az *Apis mellifera mellifera* és az *Apis mellifera siciliana*. Magyarország fő alfaja az *A. mellifera carnica* vagyis a krajnai méh. Előnyös tulajdonságai közé tartozik, hogy nagyon szelíd, jól tájékozódik, magas a mézproduktója és jól telettethető (Mucsi, 2012).

Szociális életmódot folytató rovarok, amelynek tagjai a dolgozók, herék és az anya. A dolgozók élettanilag fejletlen nőtények, családonkénti számuk 2 és 80 ezer között van. Élettartamuk nyáron kb. hat hét, feladataik között szerepel a fiasítás táplálása, viasztermelés, lépépítés, virágpor-, nektár- és víz gyűjtése, a kaptár hőmérsékletének szabályozása, illetve az őrző-védő feladatok ellátása. A herék (hímek) meg nem termékenyített petékből származnak, feladatuk az anya megtermékenyítése. Számuk nyáron – a család méretétől függően – pár száztól pár ezerig terjed, ősszel a dolgozók a heréket elűzik. Az anya fő feladata a peterakás (naponta akár 1500-2000 db) és feromon termelés, melynek célja a család összetartása és irányítása. Családonként általában egy anya van, élettartamuk néhány év (Mucsi, 2012).

Európában a mezőgazdasági terményeink 84%-a valamilyen részben a beporzók tevékenységétől függ. A beporzó rovarok által a mezőgazdasági termelés részére biztosított ökoszisztéma szolgáltatások az EU-ban éves szinten hozzávetőleg 15 millió Eurót tesznek ki (Európai Parlament, 2021). Jelenleg közel 17 millió méhcsalád és 600 ezer méhészt/méhész van az EU-ban, ebből Magyarországon 1,2 millió méhcsaládot és 21 ezer méhészt/méhészt tartanak számon (Európai Parlament, 2021; Tóth et al., 2022).

3.6 A méhekre ható stressz hatások bemutatása

Rortais és munkatársai (2017) négy fő csoportra (fizikai, kémiai, biológiai, táplálkozási) osztja a méheket érintő negatív hatásokat. Fizikai stressz hatáshoz sorolhatók a környezeti változások, az élőhelyek feldarabolódása és pusztulása. Kémia stressz hatás a mezőgazdasági, ipari és városi tevékenységekből származó vegyi anyagok jelenléte, míg biológiai stressz hatásnak számít a kártevők és betegségek fellépése a kolóniában. A táplálkozást érintő negatív hatások következménye lehet a tápláltsági állapot és a kondíció megváltozása.

A Colony Collapse Disordert (CCD) vagy más néven a kaptárelhagyási rendellenességet/szindrómát először Észak-Amerikában figyelték meg az 1970-es években, de Európa számos országában is jeleztek hasonló eseteket főleg a 2000-es évek elejétől. Jellemző tünete a méhcsaládok hirtelen elnéptelenedése (dolgozók eltűnése miatt), nagyfokú téli elhullás, miközben élelmentartalék és/vagy fedett fiasítás is van a kaptárban (Mucsi, 2012). A rendellenesség hátterében feltételezik a vírus (vírusok), varroa atka és a nozémát okozó károsítók együttes szerepét. Mindezek mellett úgy vélik, hogy az élőhelyek leromlása, a nem megfelelő mennyiségű és minőségű táplálék és a növényvédő szerek használatából származó negatív hatások is szerepet játszhatnak a méhek rendellenes viselkedésében (Sánchez-Bayo et al., 2016).

3.6.1 Jelentősebb károsítók

Az amerikai nyúlós költésrothadás (*Paenibacillus larvae* ssp. *larvae*) a fiasítás legveszélyesebb betegsége. Karantén kórokozó, melynek fellépése esetén a családokat és a kaptárakat megsemmisítik. A fiatal álcák (lárvák) fertőződnek, de a fedett fiasítás pusztul el. A gyöngyfehér bábok színe sötét színű, állaguk ragacsos lesz, míg végül teljesen kiszáradnak (Mucsi, 2012).

Az európai nyúlós költésrothadás baktériuma (*Melissococcus plutonius*) a fedetlen lárvák közepbelét támadja meg és már a bábozódás előtt elpusztulnak az álcák. Az amerikai nyúlós költésrothadással ellentétben, itt nem figyelhető meg ragacsos, nyúlós állapot (Mucsi, 2012).

A nozéma (*Nosema apis*) vagy másnéven gyomorvész, a kifejlett méhek gombás betegsége, mely a beleket támadja meg. Jellemző tünete a csökkent röpképesség, a hasmenés, a garatmirigy visszafejlődése, a család népességének és élettartamának csökkenése. A nozematózis másik kórokozója a *Nosema ceranae*, mely eredetileg Ázsiára volt jellemző, de mára már globálisan elterjedtté vált. Legjellemzőbb tünete, hogy a tájékozódó képességet csökkenti, melynek következtében a kaptárak elnéptelenedhetnek (Mucsi, 2012).

A varroa atka (*Varroa destructor*) egy ektoparazita élősködő, amely a lárvák, bábok és kifejlett méhek testén él és hemolimfájukkal táplálkozik (Mucsi, 2012). Nagyon jelentős vírusvektor (ABPV, KBV, DWV). Eredetileg az *Apis ceranae* faj parazitája volt, azonban a múlt század közepén megjelent az *A. mellifera*-n is, így mára világszerte elterjedt kártevő lett a méhészetekben (Sánchez-Bayo et al., 2016).

A költésmeszesedés (*Ascophæra apis*) a fiasítás gombás betegsége, amely az álcák mumifikálódását okozza. A gyenge családok hajlamosabbak a betegségre, továbbá a stressz hatások is elősegítik a betegség megjelenését (Mucsi, 2012).

Eddig 24 vírust igazoltak az *A. mellifera* fajhoz kapcsolódóan, melyek közül jelentősebb a Deformed winged virus (DWV), az Acute bee paralysis virus (ABPV), az Israeli acute paralysis virus (IAPV), a Kashmir bee virus (KBV), a Black queen cell virus (BQCV), a Chronic bee paralysis virus (CBPV) és a Slow bee paralysis virus (SBPV). Kutatások alapján a vírus fertőzés befolyásolhatja a méhek emésztőrendszerét, gyűjtési hajlamát, rontja a család fitnessét, fogékonyabbá teszi őket más kórokozók és kártevőkkel szemben, továbbá megzavarhatják az immunfolyamatokat, repülési nehézséget és deformációt okozhatnak (Ullah et al., 2021).

3.6.2 Növényvédő szerek okozta méhmérgezés tünetei

A méhek a peszticideket különféle módokon vehetik fel, például a kezelt növényekről gyűjtött nektár, pollen, guttációs cseppek formájában, közvetlenül a permetezés során, a kezelt mezőgazdasági területen összegyűlt vízből vagy az atkakezelés során (Kiljanek et al., 2016).

Mérgezésre utaló alapvető tünet lehet az elpusztult méhek nagy száma. De, hogy ki, mit tekint nagyszámú elhullásnak, az országonként változik. A FAO (Food and Agriculture Organization) a méhmérgezések megítélésére a következő számokat határozta meg: a természetes napi elhullási ráta 100 egyed körül van családonként, 200 és 400 elpusztult egyed esetén alacsony, 500 és 1000 egyednél közepes, míg 1000 elpusztult egyedszám felett jelentős peszticid mérgezésnek tekinthető (Akratanakul, 1990). Németországban és Lengyelországban a mérgezés kivizsgálására akkor kerül sor, ha legalább 1000 méhhullát be lehet gyűjteni, míg a kanadai PMRA (Pest Management Regulatory Agency) a mérgezéses eseteket nem csak az elhullott egyedszám alapján osztályozza, hanem figyelembe veszi az esetleges abnormális viselkedési formákat is (Kiljanek et al., 2016).

Magyarországon a vélelmezett méhmérgezést haladéktalanul be kell jelenteni az illetékes hatóság felé. A bejelentést követő 24 órán belül megalakul a vizsgáló bizottság (hatósági állatorvosból, növényvédelmi felügyelőből, méhegészségügyi felelősből és a károsult méhészből áll), amely szemlét tart a méhpusztulás helyszínén, továbbá a röpkörzethez tartozó területeken (NÉBIH, 2016). Az OMME (Országos Magyar Méhészeti Egyesület) által kiadott tájékoztató alapján, méhmérgezés gyanúja állhat fent, ha méhhullák tömege található a kaptárak előtt, illetve a méhlakások aljdeszkáin, továbbá az is a tünetek közé tartozhat, ha a méhészt több léptecnyi méh eltűnését tapasztalja (4. és 5. ábra) (Tóth, 2020).

Pashte és Patil (2018) különböző rovarölő szereket vizsgáltak, annak megállapítására, hogy a méhek milyen tüneteket produkálhatnak a különféle peszticid mérgezések esetén. A megfigyelt tünetek között szerepelt a lassú mozgás, remegés, gyors mozgás, nyújtott szipóka, terpesztett szárny, görcsös testtartás, kinyújtott lábak, bélsárürítés vagy a kiengedett fullánk. A tanulmány szerint, különböző típusú inszekticidek (azadirachtin, dimetoát, cipermetrin, fipronil, imidakloprid, indoxakarb) esetében, különböző tünet együtteseket lehetett megfigyelni, amelyek segíthetik az elhullás okának beazonosítását.



4. és 5. ábra: Egy megfogyatkozott Baranya vármegyei kaptár (balra) és a kaptár környéki fűben agonizáló, repcéről visszatérő méhek tömege (jobbra) 2018 áprilisában (Fotó: Báskay Imre, 2018)

3.6.3 A gombaölő szerek méhekre gyakorolt toxicitása és szinergista hatásokban játszott szerepe

A leggyakrabban használt fungicid hatóanyagok méhegészségügyi vonatkozásait több tanulmány is vizsgálta az elmúlt évek során. Egy 2019-es áttekintő tanulmány (Cullen et al., 2019), méhekkal végzett gombaölő- és gyomirtó szerek kísérleteket foglalja össze az elmúlt évtizedekből. A legtöbbször vizsgált hatóanyag a fungicidek körében a propikonazol volt (15 tanulmány), utána következett a boszkalid (13 tanulmány), majd a klorotalonil és piraklostrobin (12-12 tanulmány), majd végül az iprodin és prokloráz (11-11 tanulmány). Összesen 70 tanulmányt találtak, ami valamilyen formában gombaölő szer/hatóanyag hatását vizsgálta méheken, szemben a 29 herbicidekkel foglalkozó értekezések számával. Az összefoglalás alapján a legtöbb vizsgálatot Észak-Amerikában és Európában végeztek. Összesen 73 tanulmány vizsgált felnőtt méheket, míg lárva állapottal 20, báb-, és tojás stádiummal pedig öt és négy vizsgálat foglalkozott. A legtöbb kísérlet a mortalitást vizsgálta (63), amit a fiziológiai/morfológiai hatások (27) tanulmányozása követett. Összességében 58 tanulmány foglalkozott többszörös hatással és 31 foglalkozott csak egy hatással.

Kiljanek és munkatársai (2016) a 2014 és 2015 között, Lengyelországban gyűjtött, 343 méhmintában talált peszticid szermaradékokat tárgyalja. A kimutatási határérték felett 9 rovarölő-, 27 gombaölő- és 4 gyomirtó szermaradék hatóanyagot jeleztek a begyűjtött, élő méhmintákból. A leggyakrabban kimutatott inszekticid a klórpírifosz, tiakloprid és az acetamiprid volt. A fungicidek közül a tebukonazol, boszkalid és trifloxistrobin hatóanyagok jelenléte volt rendszeresen igazolható.

Egy poszméhekkal végzett kísérletben, Angliában szintén azt találták, hogy a begyűjtött méhminták 35%-a tartalmazott boszkalid, 27%-a tebukonazol, 19%-a spiroxamin, 11%-a karbendazim, 8%-a epoxikonazol, 7%-a imidakloprid és metkonazol és 6%-a tiametoxám hatóanyag maradványát. Megjegyzendő, hogy az összes vizsgált minta 61 %-ban találtak valamilyen szermaradékokat (Botás et al., 2017).

A szinergista hatásokkal is egyre több kutatás foglalkozik, igaz a legtöbb tanulmány a rovarölő- és gombaölő szerek egymásra gyakorolt hatását vizsgálja leginkább. Több vizsgálat is kimutatta, hogy a szteroid bioszintézis gátló hatóanyagok (SBI) gátolhatják a méhek citokróm P450 monooxygenáz detoxikációs rendszerét,

ezáltal növelve az acetamiprid, tiaklopid, tau-fluvalinát, kumafosz akut toxicitását (Sánchez-Bayo et al., 2016; Schumann et al., 2022). Az eddigi kutatások alapján, a citokróm P450 monooxygenáz felel például a fitovegyületek és a rovarölő szerek detoxifikációjáért (Mao et al., 2017; Schumann et al., 2022).

Zhang és munkatársai (2021) vizsgálatai is alátámasztják az SBI fungicidek szinergista hatását. Kísérleteik során arra jutottak, hogy a tebukonazol gombaölő hatóanyag és a piperonil-butoxid (PBO) szinergista hatóanyag lassítja az acetamiprid bomlását, mégpedig mindkettő a P450 monooxygenáz enzim aktivitásának csökkentésén/gátlásán keresztül.

Johnson és munkatársai (2013) kísérleteik során pedig atka- és gombaölő hatóanyagok kölcsönhatásait vizsgálták méheken. Azt tapasztalták, hogy egy SBI fungicid, a prokloráz megemelte a toxicitását a tau-fluvalinátnak és a kumafosznak is. További négy SBI fungicid (propikonazol, fenbukonazol, metkonazol, miklobutanil) is befolyásolta a tau-fluvalinát toxicitását dózis függően a kísérletekben. A tau-fluvalinát mind a vizsgált öt akariciddel és nyolc fungiciddel, míg a kumafosz ötből három akariciddel és négyből egy fungiciddel mutatott kölcsönhatást valamilyen formában. Megjegyzendő, hogy Magyarországon a tau-fluvalinátot nem lehet atkaellenes kezelésre használni, jelenleg csak rovarölő szerként van használati engedélye.

Zhu és munkatársai (2014) vizsgálatai is szinergista hatást mutattak ki a kontakt hatású klorotalonil gombaölő hatóanyag és a tau-fluvalinát, illetve a kumafosz között négy napos álcákkal végzett kísérleteikben.

Egy 2003-as tanulmány (Thompson & Wilkins, 2003) két piretroid (alfa-cipermetrin (Contest), lambda-cihalotrin (Hallmark)) és nyolc fungicid (iprodison (Compass), karbendazim (Derosal), prokloráz (Sportak), klorotalonil (Bravo), fluzilazol (Sanction), difenokonazol (Plover), propikonazol (Tilt), tebukonazol (Folicur)) közötti szinergista hatásokat vizsgálta. Eredményeik azt mutatták, hogy hat gombaölő szer (prokloráz, propikonazol, difenokonazol, tebukonazol, fluzilazol, klorotalonil) növelte a lambda-cihalotrin toxicitását, míg az alfa-cipermetrin toxicitását három fungicid (prokloráz, propikonazol, klorotalonil) fokozta.

Tsvetkov és munkatársai (2017) azt vizsgálták méheken, hogy két neonikotinoid hatóanyag (klotianidin és tiametoxám) toxicitására hogyan hat a boszkalid gombaölő hatóanyag. Eredményeik szerint mindkét neonikotinoid toxicitása szignifikánsan megnőtt, ha a dolgozó méhek boszkaliddal szennyezett pollenek voltak kitéve kukorica kultúrában.

A gombaölő szereket a direkt toxicitási tesztek alapján, többnyire ártalmatlannak tekintik a méhekre nézve. Azonban ezek a toxicitási vizsgálatok a szubletális és szinergista hatásokat figyelmen kívül hagyják. Több tanulmány is foglalkozik szubletális hatásokkal, melyek alapján a fungicidek negatívan befolyásolhatják a méhek bélrendszerének és a raktározott táplálékuk (méhkenyér) mikrobiális összetételét, továbbá a táplálékfogyasztást, immunfolyamatokat és anyagcserét is (Simon-Delso et al., 2014; Schumann et al., 2022).

Egy 2015-ös kísérletben (Fisher et al., 2017) három fungicid keverékének hatását vizsgálták kijáró méhekre. A szerválasztásuk alapja a 2012-ben leggyakrabban, mandulaültvényekben alkalmazott gombaölő szerek voltak. Ez alapján azoxistrobin, boszkalid, piraklostrobin és iprodion hatóanyagot tartalmazó növényvédő szereket használtak a kísérlethez. Eredményeik szerint, mindhárom szer kombinációja negatívan befolyásolta a kijáró méhek túlélését.

Egy Belgiumban 2011 és 2012 között végzett kutatás (Simon-Delso et al., 2014) a peszticidek és vírusok hatásait vizsgálta 330 méhcsalád bevonásával. Ebben a kísérletben két kategóriába sorolták a megfigyelt családokat, az egyik csoportba az egészséges, míg a másik csoportba a valamilyen rendellenességet mutató (elpusztult, megfogyatkozott, gyenge családok, méh anya elvesztése, fiasítás károsodása) családok kerültek. Összesen három atka-, öt rovar- és 13 gombaölő hatóanyag maradékot detektáltak a vizsgált mintákból. A legtöbbször kimutatott hatóanyag a boszkalid, az iprodion, a pirimetanil és a ciprodinil volt. Eredményeik alapján, a két csoport között nem találtak szignifikáns különbséget a víruskoncentrációk tekintetében, ugyanakkor a fungicid maradékanyagok jelenléte és a rendellenességet mutató családok száma között már szoros kapcsolat volt megfigyelhető.

A gombaölő szerek hatását molekuláris szinten is vizsgálták több kísérletben. Moa és munkatársai (2017) kvercetin flavonoid és miklobutanil hatóanyag keverékével etettek adult méheket. Eredményeik szerint, hatból öt mitokondriális gén alulszabályozottságát, továbbá csökkent ATP szintet lehetett megfigyelni a keverékkel etetett méheknél. Degrandi és munkatársai (2015) is hasonló eredményre jutottak, amikor molekuláris szinten vizsgálták a boszkalid és piraklostrobin gombaölő hatóanyagok együttes hatását. A két fungicid keverékével kezelt pollennel etetett méheknél alacsonyabb ATP szintet detektáltak.

A fenti tanulmányok alapján láthatjuk, hogy egyes rovarölő- és gombaölő szerek közti szinergista hatások már bizonyosnak tekinthetők. Arra is több tanulmány mutat rá, hogy csak gombaölő szerek/hatóanyagok keverékénél is megfigyelhetők rendellenességek mind molekuláris, mind egyed szinten. Azt is láthattuk több, különböző vizsgálat alapján, hogy a leggyakrabban kimutatott fungicid a boszkalid és tebukonazol volt, de egyes tanulmányokban megjelent az azoxistrobin és ciprodinil is, ami a hazai tapasztalatainkkal (NÉBIH, nem közölt adatok) is összhangban van. Magyarországon a méhmintákból legtöbbször kimutatott gombaölő szer hatóanyag a ciprodinil, a boszkalid, a tebukonazol, és az azoxistrobin volt az elmúlt években (NÉBIH, nem közölt adatok). A hazai méhelhullások adatai alapján, sokszor csak nem jelölésköteles hatóanyagok voltak kimérhetők a méhekből, amely alapján feltételezhető valamiféle, az említett hatóanyagok közötti erősítő hatás. Kísérleteinkben ezért – figyelembe véve az irodalom és az itthoni méhelhullásokra vonatkozó adatokat – négy gyakori gombaölő szer és hatóanyagaik közötti feltételezett szinergista hatást vizsgáltuk direkt toxicitási tesztekben.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 A kísérleti hatóanyagok, növényvédő szerek bemutatása és kiválasztásuk szempontjai

4.1.1 A kísérletben használt hatóanyagok kiválasztásának szempontjai

A NÉBIH által vezetett adatok alapján, 2018-ban 82, 2019-ben 84, 2020-ban 35, 2021-ben 99, 2022-ben 31 esetben tettek hivatalos bejelentést a méhészek méhelhullással kapcsolatban. Az esetekből 2018-ban 37, 2019-ben 21, 2020-ban 8, 2021-ben 13, 2022-ben pedig csak 9 alkalommal volt bizonyítható a mérgezés kétséget kizáróan (1. táblázat).

A bizonyított mérgezéses esetek túlnyomó részénél a neonikotinoidok (klotianidin, tiametoxám, tiakloprid) és a klórpirifosz dominált mindegyik évben. Az esetek majdnem felében viszont, csak a méhekre nem jelölésköteles hatóanyagok voltak kimutathatóak, és e kategórián belül is nagyon gyakran a gombaölő hatóanyagok voltak túlsúlyban. Jelen kísérleteinkben ezért arra voltunk kíváncsiak, hogy a nem jelölésköteles gombaölő hatóanyagok és ezeket tartalmazó növényvédő szereik toxicitása hogyan változik többmagokkal.

1. táblázat: A 2018 és 2022 között bejelentett méhelhullások adatai (NÉBIH, nem közölt adatok, 2023)

	2018	2019	2020	2021	2022
Bejelentett esetek száma (db)	82	84*	35	99	31
Érintett méhészek száma (fő)	120	114	45	104	32
Bizonyítottan mérgezés (db)	37	21	8	13	9
Nem volt kimutatható szermaradék a méhmintában (db)	15	11	11	24	4
Nem volt méhminta gyűjtve a szemle során (db)	9	11	6	14	4
Történt analitikai mérés a méhmintából, de nem tudni a méhelhullás okát (esetszám db)	21	41	10	48	14

**A fipronil mérgezéseket nem számítva, melyek bizonyítottan valamely állatgyógyászati készítmények szennyezettségéből származtak.*

A 2018 és 2021 közötti adatokból gyűjtöttük ki az összes előforduló gombaölő hatóanyagot, amelyek az analitika során a méhekből kimutathatóak voltak a bejelentett méhmérgezéses esetek kapcsán. Ezekből a leggyakrabban előforduló négy hatóanyagot választottuk ki végül. Az első helyen a ciprodinil (30), a másodikon a boszkalid (29), a harmadikon a tebukonazol (25), míg a negyedik helyen az azoxistrobin (20) állt (1. melléklet).

A kísérleteket a hatóanyagokkal és növényvédő szereikkel is elvégeztük, mert kíváncsiak voltunk, hogy a készítményekhez adott szinergisták, koformulánsok, adjuvánsok érdemben befolyásolják-e a toxicitást a méhekben.

4.1.2 A kísérletben használt hatóanyagok jellemzése

A hatóanyagokat standard formájában a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Velencei Növényvédőszer-analitikai Nemzeti Referencia Laboratórium, Szolnoki Telephelye biztosította. Ezek a standardok nagyon nagy tisztaságú hatóanyagok, melyeket növényvédő szer maradékanyagok kimutatásához használnak a kromatográfiai mérések során az adott mintából.

Azoxistrobin: hatásmódját tekintve a légzés gátlók, mitokondriális komplex III. inhibitor, Qol csoportjába tartozik. Eddig kb. 5000 strobilurin molekulát szintetizáltak (Sörös, 2019), melyek közül hazánkban hat engedélyezett (azoxistrobin, piraklostrobin, dimoxistrobin, fluoxastrobin, trifloxistrobin, mandestrobin) (NÉBIH, 2023b). Az azoxistrobin valódi szisztémicitással rendelkező, széles biológia spektrumú hatóanyag (Sörös, 2019). A hatóanyag méhekre vonatkozó, akut orális toxicitása közepesnek ($LD_{50} > 25 \mu\text{g}/\text{méh}$) tekinthető a vonatkozó adatbázis alapján (PPDB, 2023). Itt érdemes megjegyezni, hogy az akut orális toxicitás és az LD_{50} érték között fordított a kapcsolat, tehát minél alacsonyabb az LD_{50} érték, annál inkább mérgező az adott hatóanyag. A felhasznált standard hatóanyagtartalma 96,4 m/m% volt.

Boszkalid: funkcionálisan a légzés gátlók, mitokondriális komplex II. inhibitorok közé tartozik. Széles spektrumú karbonsavamid fungicid (Sörös, 2019). A hatóanyag méhekre vonatkozó, akut orális toxicitása alacsonynak ($LD_{50} > 166 \mu\text{g}/\text{méh}$) mondható (PPDB, 2023). Az alkalmazott standard hatóanyagtartalma 99,0 m/m% volt.

Ciprodinil: metioninszintézis gátló fungicidek csoportjába tartozik, mely a metionin bioszintézis egyik kulcsenzimének gátlásával fejt ki hatását. A homoszerin $\rightarrow$ homocisztein átalakulást gátolja, melynek következtében a micélium és a spórák növekedése leáll, míg végül a gomba elpusztul. Szűk biológiai hatásspektrumú, szisztémikus fungicid (Sörös, 2019). A hatóanyag méhekre vonatkozó, akut orális toxicitása alacsonynak ($LD_{50} = 112,5 \mu\text{g}/\text{méh}$) tekinthető (PPDB, 2023). A felhasznált standard hatóanyagtartalma 99,9 m/m% volt.

Tebukonazol: hatásmódját tekintve a szteroid bioszintézis gátlók (SBI), DMI (De-Methylation Inhibitors), triazol szerkezetű fungicidjei közé tartozik. A triazol fungicidek a teljes fungicid piac kb. 30%-át fedik le. Viszonylag széles spektrumú, szisztémikus fungicid, mely az ergoszterol bioszintézis során gátolja a C14 demetiláz enzimet (Sörös, 2019). A hatóanyag méhekre vonatkozó, akut orális toxicitása közepesnek ($LD_{50} > 83 \mu\text{g}/\text{méh}$) mondható (PPDB, 2023). Az alkalmazott standard hatóanyagtartalma 99,7 m/m% volt.

4.1.3 A kísérletben használt növényvédő szerek bemutatása

A kísérletek során alkalmazott növényvédő szereket a gyártók biztosították. A készítményeket a hozzáférhetőségük alapján választottuk ki, melyek engedély nélkül is megvásárolhatóak. Kivétel ez alól a tebukonazol, melynek nincs III. forgalmazási kategóriájú készítménye a hatósági adatbázis alapján (NÉBIH, 2023a).

Amistar: 250 g/l (22,8 m/m%) azoxistrobin hatóanyag tartalmú, III.-as forgalmazási kategóriájú készítmény, mely fehér, vizes szuszpenzió koncentrátumként (SC) van kiserelve. Gyártója a Syngenta AG agrárvállalat. Felhasználható búza, árpa, tritikálé, rozs, zab, rizs, napraforgó, burgonya, káposztarepce, olajretek,

mustár, kukorica, cukorrépa, cékla, takarmányrépa, spárga, vöröshagyma, fokhagyma, újhagyma, metélőhagyma, póréhagyma, káposztafélék, sárgarépa, gumós és levél zeller, gyökéretrezselyem, pasztinák, torma, retek, lestyán, édeskömény, uborka, cukkini, sárga és görögdinnye, tökfélék, bab, borsó, fejes saláta, galambbegy saláta, endívia, sóska, paradicsom, paprika, tojásgyümölcs, komló, dohány, mák és dísznövény kultúrában (NÉBIH, 2022a).

Cantus: 500 g/kg (50 m/m%) boszkalid hatóanyag tartalmú, III.-as forgalmazási kategóriájú készítmény, mely barna színű, vízben diszpergálható granulátumként (WG) van kiserelve. Gyártója a BASF S.E. vegyipari vállalat. Felhasználható káposztarepce és szőlő kultúrában (NÉBIH, 2022b).

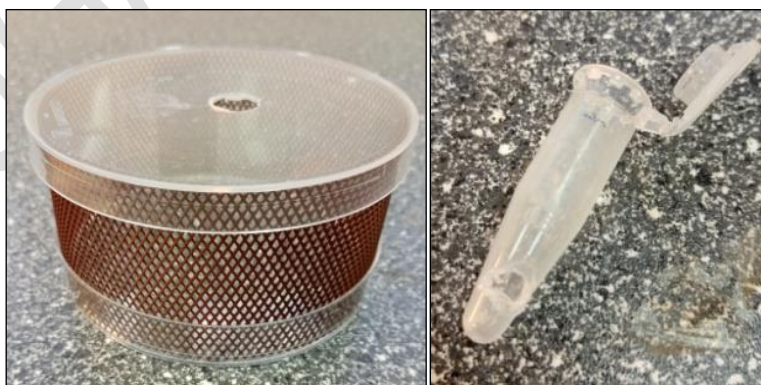
Chorus 50 WG: 500 g/kg (50 m/m%) ciprodinil hatóanyag tartalmú, III.-as forgalmazási kategóriájú készítmény, mely barna színű, vízben diszpergálható granulátumként (WG) van kiserelve. Gyártója a Syngenta AG agrárvállalat. Felhasználható alma, körte, birs, naspolya, cseresznye, meggy, kajszibarack, őszibarack, szilva, mandula, szőlő, málna, szeder, szamóca, spárga kultúrában (NÉBIH, 2019).

Folicur Solo: 250 g/l (25,8 m/m%) tebukonazol hatóanyag tartalmú, II.-es forgalmazási kategóriájú készítmény, mely sárga színű, olaj emulzió vizes fázisként (EW) van kiserelve. Gyártója a Bayer CropScience S.A.S vállalat. Felhasználható búza, rozs, tritikálé, árpa, zab, káposztarepce, meggy, cseresznye, kajszibarack, őszibarack, szilva, alma, szőlő, sárgarépa, zeller, petrezselyemgyökér, pasztinák, torma, spárga, fokhagyma, metélőhagyma, póréhagyma, kerti kömény, díszfák, díszcserjék, pázsitok, gyepek, dió és mandula kultúrában (NÉBIH, 2022c).

4.2 A kísérleti rendszer bemutatása

A kísérleti edényzet (izolátor)

Kísérleti edényként egy körülbelül 9 cm átmérőjű műanyag Petri-csészéből kialakított izolátort használtunk (6. ábra), amelynek a felső felében egy 10 mm-es lyukon behelyezett, oldalt bemetszett mikrocentrifuga cső szolgált a méhek etetésére (7. ábra).



6. és 7. ábra: A bal oldalon a kísérleti edény, a jobb oldalon az etetéshez kialakított mikrocentrifuga cső látható (1,5 ml) (Fotó: Sugatagi Andrea, 2022)

A kísérleti állatok

A kísérletben felhasznált méhek (*A. mellifera*), Márkossy Gábor méhészt (OMME) által biztosított, 9956500 jelű kaptárból származtak, mely a Budaörsi út 141-145. alatti telephelyre lett kihelyezve 2022. május 7-én (8. ábra).

A kísérletek megkezdése előtt 17,20 g méhet egészségügyi vizsgálatra a NÉBIH ÉL Parazitológiai, Hal- és Méhbetegségek Nemzeti Referencia Osztályának küldtünk. A kórtani eredményközlő alapján kevés számú méh (<10%) mutatott idegrendszeri tünetet (nyújtott szipóka/görcsös testtartás), varroa atkától mentesek voltak és nagyon alacsony százalékban lehetett nozéma fertőzöttséget kimutatni (2. melléklet). Az eredmények alapján, a kísérleti állományt állategészségügyileg alkalmasnak találtuk a vizsgálatokhoz.



8. ábra: A NÉBIH Budaörsi úti telephelyén elhelyezett kaptár a kísérletekhez (Fotó: S. A., 2022)

A kísérleti környezet

A kísérlet ideje alatt, a méheket tartalmazó edényeket egy inkubátorban helyeztük el, melyben a hőmérsékletet 25 ± 2 °C-on tartottuk. Az OECD vonatkozó vizsgálati irányelvének megfelelően (OECD, 1998), a méhek tartása a kísérlet időtartama alatt sötétben történt, kivéve a napi megfigyelések és leolvasások időszakait.

4.3 A kísérleti hatóanyagok és növényvédő szerek koncentrációinak meghatározása

A koncentrációk meghatározásának alapja a már fent említett 2018 és 2021 között, a méhelhullási esetek során a méhekből kimért legmagasabb szermaradék mennyiségek (mg/kg) voltak. Biztonsági tényezőként a készítményes kísérletek során, ezeknek az értékeknek a 100-, 200-, és 400-szorosát vizsgáltuk külön tesztekben, míg a hatóanyagok (standard) esetében csak egy vizsgálat lett beállítva a kimutatott legmagasabb

mennyiségek 100-szorosával (2. és 3. táblázat). A mg/kg-ot átváltottuk µg/méh dimenzióba (egy méh súlya körülbelül 0,1 gramm), hogy ki tudjuk számolni egy méhre mennyi hatóanyagot kell bemérni a kísérlet során az adott szerből/hatóanyagból. Egy-egy teszt során az adott dózisnak megfelelő négy készítmény/hatóanyag mennyiségét mértük be cukorszirupba, amit a homogenizálás után az etetőcsőbe pipettáztunk.

2. táblázat: A vizsgálatba bevont hatóanyagok és az alkalmazott koncentrációk a csak hatóanyagot (standard) tartalmazó kísérletben, 100-szoros dózis esetén. A második oszlopban a 2018 és 2021 között kimért legmagasabb szermaradék hatóanyag mennyiségek láthatóak, míg a harmadik oszlopban a µg/méh dimenzióra átváltott értékek vannak feltüntetve (Budapest, 2022)

Hatóanyag	mg/kg	µg/méh	100* (µg/méh)
Azoxistrobin	0,21	0,021	2,10
Boszkalid	0,43	0,043	4,30
Ciprodinil	0,42	0,042	4,20
Tebukonazol	1,1	0,110	11,00

3. táblázat: A vizsgálatba bevont gombaölő szerek és az alkalmazott koncentrációk 100-, 200- és 400-szoros dózis esetén a hatóanyagtartalom függvényében (Budapest, 2022)

Készítmény		100 × dózis	200 × dózis	400 × dózis
		(µg/méh)	(µg/méh)	(µg/méh)
AMISTAR	250 g/l azoxistrobin	8,40	16,80	33,60
CANTUS	500 g/kg boszkalid	8,60	17,20	34,40
CHORUS 50 WG	500 g/kg ciprodinil	8,40	16,80	33,60
FOLICUR SOLO	250 g/l tebukonazol	44,00	88,00	176,00

4.4 Referencia teszt

Az OECD vonatkozó vizsgálati irányelvének megfelelően (OECD, 1998) referencia tesztet végeztünk az ökotoxikológiai vizsgálatokban felhasznált mézelő méh (*A. mellifera*) állomány érzékenységeinek meghatározására. A vizsgálat során a kifejlett dolgozó méheknek vizes cukoroldatban a dimetoát rovarölő hatóanyag különböző dózisait adagoltuk. 24 óra múlva feljegyeztük a méhek elhullását a koncentrációk függvényében és probit analízissel (SPSS statisztikai programcsomag segítségével) meghatároztuk az időszakra vonatkozó LD₅₀ értéket. A méhállomány akkor használható ökotoxikológiai vizsgálatokra, ha ez az érték a 0,10-0,34 µg/méh tartományba esik.

A dimetoát egy szerves foszforsav-észter típusú, felszívódó inszekticid, mely az acetilkolin észteráz enzimet gátolja. Hatása során extrém idegrendszeri izgalom lép fel, míg végül a teljes légzésbénulás miatt elpusztul a rovar (Sörös, 2019). Engedélyét az Európai Unió 2019-ben vonta vissza, türelmi ideje 2020-ban járt le

(NÉBIH, 2023b), azonban ökotoxikológiai kísérletek során végzett referencia tesztekhez az OECD ajánlásában ez a hatóanyag van nevesítve.

A referencia tesztet 2022. május 23. és május 24. között (24 óra) hajtottuk végre. A vizsgálat érvényességének feltétele az volt, hogy a kontrollban a pusztulás mértéke ne haladja meg a 10 %-ot. Az etetés során a méheket két óráig éhezettük a kaptárból való kivétel után, majd négy órán át dimetoáttal kezelt cukoroldatot kaptak. A letelt négy óra után a kezelt méhek 50%-os sima cukoroldatot kaptak a kísérlet végéig a kontroll méhekhez hasonlóan. A referencia teszt során öt koncentrációt használtunk három ismétlésben és izolátoronként (kontroll, teszt) 10 db méhet helyeztünk el a vonatkozó OECD ajánlásnak megfelelően. Kísérleti koncentrációnként összesen 30 db méhet (3*10 db) használtunk, míg a hat kontroll edényben 60 db méhet (6*10 db) helyeztünk el. A dimetoát hatóanyagot standard formában a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Velencei Növényvédőszer-analitikai Nemzeti Referencia Laboratórium, Szolnoki Telephelye biztosította.

4. táblázat: A referencia teszt során használt csoportonkénti dózis és méhelhullás (Budapest, 2022)

	Csoportonkénti dózis (µg/méh)	Elpusztult egyedek száma és az elhullási arány (db / %)
1	0,576	30/100,00
2	0,36	29/96,67
3	0,225	24/80,00
4	0,1406	24/80,00
5	0,0879	3/10,00
6	Kontroll	0/0,00

Az 4. táblázatban látható az öt kialakított koncentráció és a hozzájuk tartozó pusztulási ráta. Ezekkel az adatokkal – SPSS statisztikai szoftver segítségével – határoztuk meg probit analízis során az LD₅₀ értéket. Eredményre **0,12912 µg/méh** értéket kaptunk, mely a korábban említett tartományba esett, így kísérletben az állományt felhasználhattuk (3. melléklet).

4.5 A kísérlet menete

Összesen négy kísérletet hajtottunk végre, háromszor a készítmények (100-, 200-, 400-szoros dózisban), és egyszer pedig csak a hatóanyagok keverékével (100-szoros dózisban). Egyszerre egy, az adott dózisnak megfelelő koncentrációt teszteltünk 10 ismétlésben. A kontroll méhek száma a teszt méhek számával megegyezett mind a négy kísérletben. A fiatal dolgozó méhek a kísérlet előtt közvetlenül a kaptárból lettek begyűjtve (a szélső keretekről való lesöpréssel/lerázással egy zárható dobozba) a reggeli órákban, majd CO₂ gázzal kábítottuk el ezeket, és izolátoronként 10-10 db méhet helyeztünk el (9. és 10. ábra). A kivett méheket két órán át éhezettük az izolátorokban. A kontroll méhek az 50%-os cukorszirupos oldatot ad libitum ehatták a kísérlet teljes ideje alatt, míg a kezelt méhek 50%-os cukorszirupban oldott kísérleti anyagot kaptak négy

(maximum hat) óráig. A letelt négy óra után a kezelt méhek ad libitum tiszta 50%-os cukorszirup oldatot kaptak a kísérlet végéig. A kezelt és kezeletlen cukorsziruppal megtöltött etetőcsövek súlyát a kísérlet előtt és a négy óra letelte után is feljegyeztük, amiből kiszámoltuk a tápfogyasztás (a felkínált táplálék elfogyasztott aránya) mértékét. Megjegyzendő, hogy a dolgozó méhek egymást is etetik, ezért feltételezhetjük, hogy a teszt méhek mindegyike közel egyformán fogyasztott a kezelt táplálékból. 24 és 48 óra után megszámoltuk az elpusztult egyedek számát minden izolátorban, illetve feljegyeztük az észlelt rendellenes magatartást is. A kísérletet akkor tekinthettük érvényesnek, ha a kontrollban az elpusztult egyedek százalékos aránya a 10%-ot nem haladta meg. A kísérletek végén, 48 óra után mind a kontroll, mind a kezelt állományokból, a 100-100 méh egyesített mintáiból került visszamérésre a négy hatóanyag, melyeket az analitikai mérésig fagyaszttva tároltunk.



9. és 10. ábra: A bal oldali képen a széndioxidos kábítás folyamata, a jobb oldali képen pedig a kiszámolt 10 db méh látható közvetlenül a kábítás után (Fotó: S. A., 2022)

5. EREDMÉNYEK

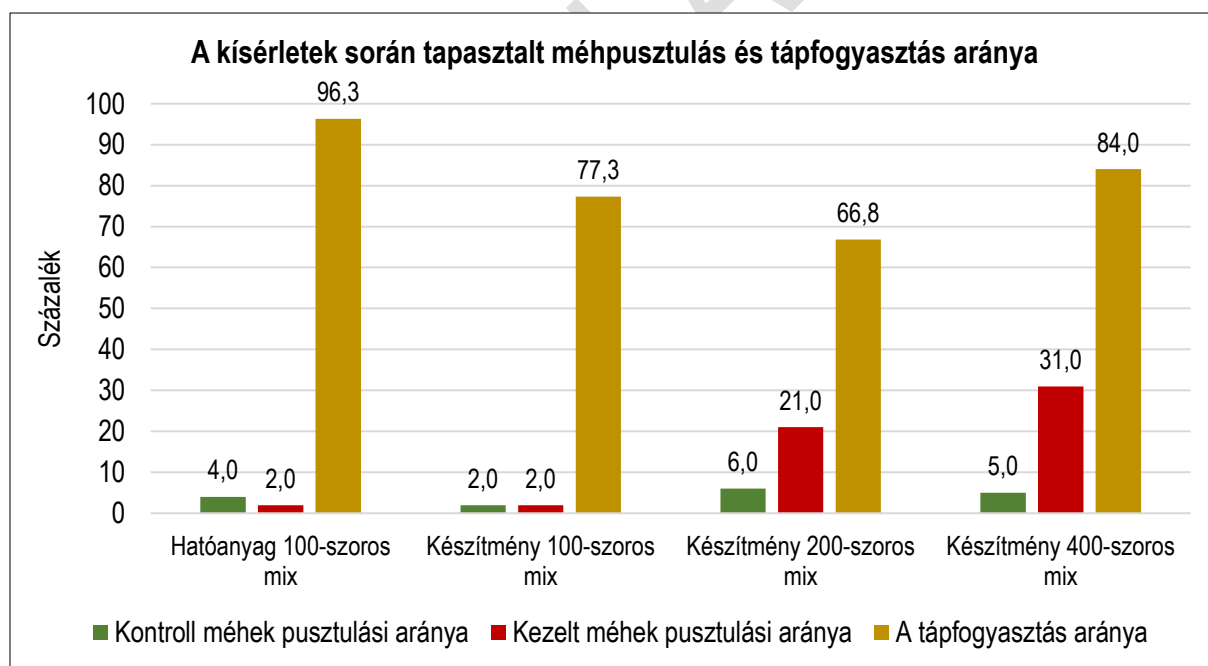
5.1 Biológiai eredmények

A négy kísérlet során megfigyelt pusztulás és tápfogyasztás %-os arányait a 11. ábrán szemléltetem. A négy gombaölő hatóanyag standardból beállított, 100-szoros koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása nagyon magas, 96,3%-os volt a kontrollhoz viszonyítva. Míg a kontrollban 4%-os pusztulást tapasztaltunk, addig a kezelt állományban csak 2%-ot (4. melléklet).

A négy készítmény 100-szoros koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 77,3%-os volt a kontrollhoz viszonyítva. Mind a kontrollban, mind a kezelt állományban minimális (2%-os) pusztulást tapasztaltunk (5. melléklet).

A négy szer 200-szoros koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 66,8%-os volt a kontrollhoz viszonyítva. A kontrollban 6%-os pusztulást tapasztaltunk, míg a kezelt állományban 21%-ot (6. melléklet).

A négy készítmény 400-szoros koncentrációban alkalmazott keverékének tápfogyasztása 84,0%-os volt a kontrollhoz viszonyítva. Míg a kontrollban 5%-os pusztulást tapasztaltunk, addig a kezelt állományban már 31%-ot (7. melléklet).



11. ábra: Összefoglaló ábra a kísérletek során tapasztalt méhpusztulás és tápfogyasztás %-os arányairól

Az 5. táblázatban pedig bemutatom, hogy mennyi a méhek által valóban megevett hatóanyagok dózisa, amit a tápfogyasztás mértékével korrigálva számoltunk ki. A készítmények esetében a hatóanyagtartalom figyelembevételével számoltuk ki a valóban elfogyasztott hatóanyag mennyiségeket.

5. táblázat: A valóban elfogyasztott, tápfogyasztással korrigált hatóanyagok mennyiségei és százalékos arányuk az LD₅₀ értékeikhez képest (Budapest, 2023)

	Azoxistrobin		Boszkalid		Ciprodinil		Tebukonazol	
	Korrigált fogyasztás (µg/méh)	LD ₅₀ érték %-a	Korrigált fogyasztás (µg/méh)	LD ₅₀ érték %-a	Korrigált fogyasztás (µg/méh)	LD ₅₀ érték %-a	Korrigált fogyasztás (µg/méh)	LD ₅₀ érték %-a
100-szoros standard mix	2,022	8	4,141	2	4,045	4	10,593	13
100-szoros készítmény mix	1,623	6	3,324	2	3,247	3	8,503	10
200-szoros készítmény mix	2,806	11	5,745	3	5,611	5	14,696	18
400-szoros készítmény mix	7,056	28	14,448	9	14,112	13	36,96	45

5.2 Analitikai eredmények

Az analitikai vizsgálatokat a NÉBIH, Velencei Növényvédőszer-analitikai Nemzeti Referencia Laboratórium Szolnoki Telephelye végezte el.

6. táblázat: A méhekből a kísérletek után visszamért hatóanyag maradékok mennyiségei és a kísérletek időpontjai (Budapest, 2023)

	Azoxistrobin (mg/kg)	Boszkalid (mg/kg)	Ciprodinil (mg/kg)	Tebukonazol (mg/kg)
Kontroll	<0,010 *	<0,010 *	0,093	0,099
100-szoros standard mix (2022.07.11 – 07.13)	0,234	0,146	0,574	3,583
Kontroll	<0,010 *	<0,010 *	<0,010 *	<0,010 *
100-szoros készítmény mix (2022.06.01 – 06.03)	0,678	2,955	1,414	3,465
Kontroll	<0,010 *	0,347	0,029	0,035
200-szoros készítmény mix (2022.06.20 – 06.22)	1,266	3,674	3,128	8,569
Kontroll	0,043	0,104	0,056	0,111
400-szoros készítmény mix (2022.06.07 – 06.09)	3,912	10,609	5,866	16,938

*Akkreditált meghatározási határ alatt.

A 6. táblázatban látható a kísérletek után visszamért hatóanyag maradékok mennyiségei. Megfigyelhető, hogy helyenként a kontroll méhek esetében az akkreditált meghatározási határ felett is kimutathatóak voltak hatóanyag maradékok. Érdekes eltérés mutatkozik a standard 100-szoros dózisú kísérlet eredményeiben a készítmény 100-szoros dózisú értékeihez képest. Az azoxistrobin, boszkalid, ciprodinil esetében a készítményes kísérletek analitikai eredményeinél magasabb értékek születtek, mint a standardosnál, viszont a tebukonazol mennyisége közel azonos volt mindkettőnél.

7. táblázat: Összehasonlító táblázat a négy kísérlet és az eredeti, kiindulási szermaradék mennyiségeiről (Budapest, 2023)

Analitika	Azoxistrobin (mg/kg)	Boszkalid (mg/kg)	Ciprodinil (mg/kg)	Tebukonazol (mg/kg)
A méhhullák legmagasabb kimért szermaradék mennyisége	0,21	0,43	0,42	1,1
100-szoros standard mix	0,234 (111%)	0,146 (34%)	0,574 (137%)	3,583 (326%)
100-szoros készítmény mix	0,678 (323%)	2,955 (687%)	1,414 (337%)	3,465 (315%)
200-szoros készítmény mix	1,266 (603%)	3,674 (854%)	3,128 (745%)	8,569 (779%)
400-szoros készítmény mix	3,912 (1863%)	10,609 (2467%)	5,866 (1397%)	16,938 (1540%)

Ha összehasonlítjuk a 7. táblázatban a kísérletek után visszamért szermaradékok százalékos arányát az elmúlt évekbeli legmagasabb mennyiségekhez képest, láthatjuk, hogy a készítmények esetén a legalacsonyabb 100-szoros koncentrációnál is minimum a 315%-át tették ki a korábbi mennyiségeknek. Megjegyzendő, hogy itt alig 2%-os pusztulás volt megfigyelhető. Ha tovább megyünk a 200-szoros koncentrációhoz, ott azt látjuk, hogy az eredeti érték minimum 603%-a, míg a 400-szoros dózisonál minimum 1397%-a volt visszamérhető a korábbi mennyiségekhez képest. A standardos kísérlet esetében viszont az eredeti értékhez közeli százalékot láthatunk az azoxistrobinnál (111%) és ciprodinilnél (137%), míg a boszkalid (34%) nem érte el, a tebukonazol (326%) meg jócskán meghaladta az eredeti kiindulási érték százalékos arányát.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

Mivel egyik kísérletünkénél sem haladta meg a kontroll méhek pusztulási aránya a maximálisan megengedett 10%-ot, így mind a négy tesztet érvényesnek fogadhatjuk el. Mind a két 100-szoros dózisú kísérletnél (készítmény, standard) 2%-os pusztulást lehetett megfigyelni, annak ellenére, hogy a visszamért szer/hatóanyag maradékainak mennyisége eltért a két esetben. Megállapítható az analitikai mérések alapján, hogy az eredeti, alapul vett mennyiségek közel háromszoros túllépése sem okozott pusztulást. Ha megnézzük a 200-szoros dózisú készítményes kísérletet, akkor ugyan ott már 21%-os elhullást láthatunk, de a visszamért szermaradék mennyiségek függvényében, még ez sem számít jelentősnek, hiszen az eredeti mennyiségek minimum hatszorosa okozta ezt a mértékű pusztulást. A 400-szoros dózisonál az eredeti mennyiségek legkevesebb 14-szerese okozott „csak” 31%-os pusztulást, ami egy ilyen túldozírozott koncentrációnál még mindig nem kiemelkedő.

A 6. táblázatban látható, a kontroll méhekből kimért hatóanyagok, valószínűleg a kísérleti edények átszennyeződéséből származtak. Míg az első kísérlet (100-szoros készítmény mix) kontroll méheiből az analitika nem mutatott ki szermaradékot, addig a többi kísérlet során újra felhasznált edényekből táplálkozó kontroll méhekben már jelen voltak több alkalommal is. Az edényeket a kísérletek után elmosogattuk és felhasználtuk a következő tesztek alkalmával. A mosogatás során a szétszedett izolátorokat egy órán át áztattuk fertőtlenítőszeres (hipós) vízben, majd a mechanikai tisztítás és ötszöri desztillált vizes öblítés után szárítottuk őket. Az analitikai visszamérés eredménye alapján ez a tisztítási folyamat nem volt megfelelő/elegendő, így a jövőbeni kísérletek során ajánlott minden alkalommal új izolátorokkal dolgozni. Megjegyzendő viszont, hogy a kontroll méhek szennyezettsége érdemben nem befolyásolta a kísérletek eredményeit, hiszen a kontroll méheknél megengedett 10%-os pusztulási ráta alatt volt a méheink elhullási aránya.

A négy készítmény 100-szoros koncentrációjában a tápfogyasztás a kontrollhoz viszonyítva 77,3%-os volt, a 200-szoros koncentrációban 66,8%-os, míg a 400-szoros koncentrációban 84%-os volt. Ha összehasonlítjuk őket a standardokból beállított 100-szoros kísérlettel, láthatjuk, hogy ott a táplálékfogyás már 96,3%-os volt. Az első esetben a táplálékfogyás a standard kísérleti tápfogyasztás 80,3%-a, a második esetben a 69,4%-a, míg a legnagyobb koncentrációban a 87,2%-a volt. Ennek egyik oka az lehet, hogy a készítmények keverése során a méhek fizikailag nehezebben tudták felvenni a sűrűbb cukorszirupot, mint a standardos „csak” hatóanyagok esetében. További ok lehet még esetleg, hogy a készítmények valamelyikének/mindegyikének íze befolyásolta negatívan a táplálék felvételt. Annak megállapítására, hogy miért a legmagasabb és legsűrűbb koncentrációban ettek többet a készítményes kísérletnél a teszt méhek, további vizsgálatok javasoltak. Azonban elképzelhető, hogy nem volt elég homogén a cukorszirup a 100-, és 200-szoros dózisonál, ami így megnehezítette a táplálék felvételét a méhek számára.

A készítményes kísérleteknél – a boszkalidot leszámítva – a visszamért mennyiségek a koncentrációk arányait többé-kevésbé tükrözik (6. táblázat). Azonban a négy készítmény 100-szoros koncentrációjának kimérésénél feltehetőleg, a Cantus (boszkalid) mennyisége közel 200-szoros dózisban lett bemérve véletlenül.

Megjegyzendő azonban, hogy érdemben ez sem befolyásolta a teszt méhek pusztulását, hiszen alig 2%-os volt az elhullás.

A 6. táblázatban bemutatott analitikai eredmények alapján látható, hogy a két 100-szoros kísérletnél (készítmény és hatóanyag) eltérés van a szer/hatóanyag maradékok tekintetében (azoxistrobin, boszkalid, ciprodinil), holott ugyanazokból az eredeti mennyiségekből indultunk ki és ugyanúgy 100-szoros volt a kezdeti koncentráció. Erre egyrészt, esetleg válasz lehet a metabolizációs folyamatok különbözősége a szer és hatóanyag tekintetében, hiszen nem tudjuk, hogyan befolyásolják a szerekhez hozzáadott egyéb anyagok a hatóanyagok lebonthatóságát a méhekben. Azonban, mint láttuk a tebukonazol esetében, a két hatóanyag mennyiség itt megegyezett, így ez a verzió nem biztos, hogy helytálló. A másik kézenfekvő lehetőség, hogy rosszul lettek bemérve a standard mennyiségek az azoxistrobin, boszkalid és ciprodinil esetében. Azonban, még ha ez így is történt, a teszt végeredményét nem befolyásolta, hiszen az eredeti értékeknél nagyobb mennyiségeket mért vissza az analitika (kivéve a boszkalid) és nem volt szignifikáns pusztulás még így sem.

Összességében, a 7. táblázatban bemutatott igen magas százalékos arányok az eredeti mennyiségekhez képest, azt mutatják, hogy bár a 200- és 400-szoros koncentrációban már volt valamennyi elhullás (21% és 31%), de olyan magas hatóanyag mennyiségeket kellett ehhez bemérnünk, amivel egy méh alapesetben valószínűleg nem találkozik táplálkozása és élete során. A valósághoz legközelebb álló 100-szoros koncentrációkban pedig csak minimális mértékű, 2%-os pusztulást lehetett megfigyelni mind a készítményes, mind a hatóanyagos kísérletben. A négy bemutatott hatóanyag és gombaölő szerek kombinációjával végzett kísérletek alapján, a két 100-szoros dózis esetében nem lehetett szinergista hatást igazolni. A 200- és 400-szoros dózisban végrehajtott készítményes kísérletek eredményei alapján, ugyan nem zárható ki szinergista hatás, azonban nagy valószínűséggel már a tebukonazol elfogyasztott mennyisége (az LD₅₀ érték 18%-a és 45%-a) önmagában is okozhatott ilyen mértékű elhullást mindkét esetben (5. táblázat).

A jövőben érdemes lenne ugyanezeket a kísérleteket elvégezni különböző betegségű és fertőzőtségi szintű méhállománnyal is, hiszen a méhelhullások állategészségügyi vizsgálatai során gyakran tapasztalnak a kollégák magas nozéma és varroa atka fertőzőtséget egyaránt. Azt azonban érdemes hozzátenni, hogy a NÉBIH nem vizsgál ezen állategészségügyi vizsgálatok során vírusos betegségekre, így könnyen elképzelhető, hogy az elhullások hátterében valamilyen nem vizsgált állategészségügyi ok is szerepet játszhat az esetek egy részében. Mindezek mellett, az irodalmi áttekintés alapján, célszerű volna toxicitási kísérletekben vizsgálni a méhészek által széles körben és nagy mennyiségben használt atkaölő hatóanyagok/készítmények együttes hatását fungicidekkel, hiszen nagyon gyakran fellelhetők ezek a szermaradék anyagok is az analitika során. Továbbá, mivel több tanulmány is rámutatott a tau-fluvalinát rovarölő hatóanyag és bizonyos fungicidek (főleg SBI) közötti kölcsönhatásokra, javasolnám az ilyen irányú vizsgálatok elvégzését is.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A gombaölő szereket a közvetlen toxicitási tesztek alapján többnyire ártalmatlannak tekintik a beporzókra nézve, azonban egyre több vizsgálat mutat rá a fungicidek lehetséges negatív és szinergista hatásokban való részvételére egyaránt. Kísérleteink során ezért, a korábbi évek alatt a méhekből leggyakrabban kimutatott, méhekre nem jelölésköteles négy gombaölő szer (Amistar, Cantus, Chorus, Folicur Solo) és hatóanyagaik (azoxistrobin, boszkalid, ciprodinil, tebukonazol) közötti feltételezett szinergista hatást vizsgáltuk direkt toxicitási tesztekben.

A 2018 és 2021 közötti adatokból gyűjtöttük ki az összes előforduló gombaölő hatóanyagot, amelyek az analitika során a méhekből kimutathatóak voltak a bejelentett méhmérgezéses esetek kapcsán. Ezekből a leggyakrabban előforduló négy hatóanyagot választottuk ki. A kísérleteket a hatóanyagokkal és növényvédő szerekkel is elvégeztük, mert kíváncsiak voltunk, hogy a készítményekhez adott szinergisták, koformulánsok, adjuvánsok érdemben befolyásolják-e a toxicitást a méhekben.

A koncentrációk meghatározásának alapja a méhelhullási esetek során a méhekből kimért legmagasabb szermaradék mennyiségek (mg/kg) voltak. Biztonsági tényezőként a készítményes kísérletek során, ezeknek az értékeknek a 100-, 200-, és 400-szorosát vizsgáltuk külön tesztekben, míg a hatóanyagok esetében csak egy vizsgálat lett beállítva a kimutatott legmagasabb mennyiségek 100-szorosával. Egyszerre egy, az adott dózisnak megfelelő koncentrációt teszteltünk 10 ismétlésben, izolátoronként 10 db méhvel. A kontroll méhek az 50%-os cukorszirupos oldatot ad libitum ehatték a kísérlet teljes ideje alatt, míg a kezelt méhek 50%-os cukorszirupban oldott kísérleti anyagot kaptak négy óráig. A letelt négy óra után, a kezelt méhek szintén ad libitum tiszta 50%-os cukorszirup oldatot kaptak a vizsgálat végéig. A kezelt és kezeletlen cukorsziruppal megtöltött etetőcsövek súlyát a kísérlet előtt és a négy óra letelte után is feljegyeztük, amiből kiszámoltuk a tápfogyasztás százalékos arányait és a valóban elfogyasztott hatóanyagok mennyiségeit. Az elhullás mértékének megállapításához, 24 és 48 óra után megszámoltuk az elpusztult egyedek számát minden izolátorban. A kísérletek befejeztével, mind a kontroll, mind a kezelt állományokból, 100-100 méh egyesített mintáiból került analitikai visszamérésre a négy hatóanyag.

A négy gombaölő hatóanyag standardból beállított, 100-szoros koncentrációban alkalmazott keverékénél, a kontroll esetében 4%-os, míg a kezelt állománynál csak 2%-os pusztulást tapasztaltunk. A négy készítmény 100-szoros koncentrációban alkalmazott keverékénél, mind a kontrollban, mind a kezelt állományban minimális (2%-os) pusztulást figyeltünk meg. A négy szer 200-szoros koncentrációban alkalmazott keverékénél, a kontrollban 6%-os, míg a kezelt állományban 21%-os elhullás volt megfigyelhető. A négy készítmény legmagasabb koncentrációjában alkalmazott keverékénél a kontroll esetében 5%-os, a kezelt állományban pedig 31%-os pusztulást észleltünk.

Összességében az eredmények azt mutatják, hogy bár a 200- és 400-szoros koncentrációban már volt valamennyi pusztulás (21% és 31%), azonban olyan magas hatóanyag mennyiségeket kellett ehhez bemérnünk, amivel egy méh valószínűleg nem találkozik élete során. A valósághoz legközelebb álló 100-szoros koncentrációban minimális mértékű, 2%-os pusztulást lehetett megfigyelni mind a készítményes, mind a hatóanyagos kísérletben, ami alapján kijelenthető, hogy a két 100-szoros dózisú kísérlet esetében, nem lehetett

szinergista hatást igazolni. A 200- és 400-szoros dózisban végrehajtott készítményes kísérletek eredményei alapján, ugyan nem zárható ki szinergista hatás, azonban nagy valószínűséggel már a tebukonazol elfogyasztott mennyisége (az LD₅₀ érték 18%-a és 45%-a) önmagában is okozhatott ilyen mértékű elhullást mindkét esetben.

Javasolnám – az irodalmi adatokat figyelembe véve – a kísérletek folytatását ugyanezen fungicidekkel, mind valamilyen állategészségügyi problémával (nozéma, varroa atka, vírusok), mind pedig valamilyen állatgyógyászati hatóanyaggal (amitráz, kumafosz, tau-fluvalinát) kombinálva.

SUGATAGI ANDREA

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni kollégáimnak, Dobó Zoltánnak és Báskay Imrének (NÉBIH, Vízélettani és Ökotoxikológiai Részleg) a kísérletekben való együttműködést és a számtalan segítséget, amit nyújtottak.

Köszönettel tartozom konzulenseimnek, Dr. Mezőfi Lászlónak és Dr. Markó Viktornak a diplomamunkám megírásával kapcsolatos javaslatokért és segítségért.

Köszönetet szeretnék mondani a NÉBIH, Velencei Növényvédőszer-analitikai Nemzeti Referencia Laboratórium Szolnoki Telephelyén dolgozó kollégáknak az analitikai, továbbá a NÉBIH, Parazitológiai, Hal- és Méhbetegségek Nemzeti Referencia Osztály kollégáinak az elvégzett méhegészségügyi vizsgálatokért.

Végül szeretném megköszönni Márkosy Gábor (OMME) méhésznek a kísérletekhez biztosított méhcsaládot és segítségét a kaptár fenntartásában.

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. Agrárközgazdasági Intézet. 2022. Statisztikai jelentések, növényvédő szerek értékesítése, 2021. év. XXI. évfolyam, 1. szám. <https://www.aki.gov.hu/termek/novenyvedo-szerek-ertekesitese-2021-ev/> (megtekintve: 2023. 04. 15).
2. Akwatanakul, P. 1990. Pesticides and beekeeping. In beekeeping in Asia. Rome: FAO Agricultural Services Bulletin 68/4.
3. Aktar, MW., Sengupta, D., Chowdhury, A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology* 2(1), 1–12.
4. 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.
5. Cooper, J., Dobson, H. 2007. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection* 26, 1337–1348.
6. Cullen, M.G., Thompson, L.J., Carolan, J.C., Stout, J.C., Stanley, D.A., 2019. Fungicides, herbicides and bees: a systematic review of existing research and methods. *PLOS ONE* 14 (12), e0225743.
7. Darvas, B. (szerk.), Székács, A. (szerk.). 2010. Mezőgazdasági ökotoxikológiai. Budapest. L Harmattan. p. 269–270, 294–303.
8. Degrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Watkins Dejong, E., Chambers, M.L., Hidalgo, G., 2015. Effects of oral exposure to fungicides on honey bee nutrition and virus levels. *Journal of Economic Entomology* 108 (6), 2518–2528.
9. Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, JM. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology* 52, 81–106.
10. EPPO Global Database. 1996. *Apis mellifera*. <https://gd.eppo.int/taxon/APIISME> (megtekintve: 2023. 04. 17).
11. Európai Parlament. 2021. A méhek és más beporzó fajok csökkenésének okai és következményei. <https://www.europarl.europa.eu/news/hu/headlines/society/20191129STO67758/a-mehek-es-mas-beporzo-fajok-csokkenesenek-okai-es-kovetkezményei> (megtekintve: 2023. 04. 17).
12. FAO. 2022. Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators – Global, regional and country trends, 1990–2020. FAOSTAT Analytical Briefs, no. 46. Rome.
13. FAO. 2023. Pesticides Use. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP> (megtekintve: 2023. 04. 15).

14. Fisher, A., Coleman, C., Hoffmann, C., Fritz, B., Rangel, J., 2017. The synergistic effects of almond protection fungicides on honey bee (Hymenoptera: Apidae) forager survival. *Journal of Economic Entomology* 110 (3), 802–808.
15. FRAC. 2022. FRAC Code List 2022. https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022--final.pdf?sfvrsn=b6024e9a_2 (megtekintve: 2023. 04. 16).
16. Genersch, E., von der Ohe, W., Kaatz, H., Schroeder, A., Otten, C., Böhler, R., Berg, S., Ritter, W., Mühlen, W., Gisder, S., Meixner, M., Liebig, G., 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.
17. HRAC. 2022. HRAC Mode of Action Classification 2022 Map. <https://hracglobal.com/tools/hrac-mode-of-action-classification-2022-map> (megtekintve: 2023. 04. 16).
18. IRAC. 2023. Mode of Action Classification. <https://irac-online.org/documents/moa-structures-poster-english/> (megtekintve: 2023. 04. 16).
19. IUPAC. 2010. History of Pesticide Use. https://agrochemicals.iupac.org/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=3&sobi2Id=31 (megtekintve: 2023. 04.15).
20. Johnson, R.M., Dahlgren, L., Siegfried, B.D., Ellis, M.D., 2013. Acaricide, fungicide and drug interactions in honey bees (*Apis mellifera*). *PLOS ONE* 8, e54092.
21. Kiljanek, T., Niewiadowska, A., Posyniak, A. 2016. Pesticide Poisoning of Honeybees: A Review of Symptoms, Incident Classification, and Causes of Poisoning. *Journal of Apicultural Science* 60 (2), 5–24.
22. KSH. 2021. Forgalmába hozott növényvédőszer-hatóanyagok mennyisége. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0045.html (megtekintve: 2023. 04. 15).
23. Mao, W., Schuler, M. A., Berenbaum, M. R. 2017. Disruption of quercetin metabolism by fungicide affects energy production in honey bees (*Apis mellifera*). *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 114(10), 2538–43.
24. Marcelino, J., Braese, C., Christmon, K., Evans, J. D., Gilligan, T., Giray, T., Nearman, A., Niño, E. L., Rose, R., Sheppard, W. S., vanEngelsdorp, D., Ellis, J. D. 2022. The Movement of Western Honey Bees (*Apis mellifera* L.) Among U.S. States and Territories: History, Benefits, Risks, and Mitigation Strategies. *Frontiers in Ecology and Evolution* 10, 850600.
25. Mucsi, I. (szerk.). 2012. Gazdaságos méztermelés. Hódmezővásárhely. Tudás alapítvány. p. 9–18, 109–138.

26. NÉBIH. 2016. A méhmérgezések hatásági kivizsgálásának rendje. <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-mehmergezések-hatásági-kivizsgálásának-rend-1> (megtekintve: 2023. 04. 27).
27. NÉBIH. 2019. Chorus 50 WG engedélyokirat.
https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/DocumentHandler.ashx?documentId=285932936es285935038&documentName=Chorus+50+WG_mod_20190401.pdf (megtekintve: 2023. 04. 29).
28. NÉBIH. 2020a. A növényvédő szerek csoportosítása forgalmi kategóriák szerint. <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-novenyvedo-szerek-csoportositasa-forgalmi-kategoriak-szerint> (megtekintve: 2023. 04. 16).
29. NÉBIH. 2020b. Növényvédő szer engedélyek jegyzéke. <https://portal.nebih.gov.hu/web/guest/-/novenyvedoszer-engedelyek-jegyzeke-list-of-authorizations-of-plant-protection-products-> (megtekintve: 2023. 04. 16).
30. NÉBIH. 2022a. Amistar engedélyokirat.
https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/DocumentHandler.ashx?documentId=326208643es326889002&documentName=Amistar_fel%c3%bclvizsgalat_2022_indokl%c3%a1s+n%c3%a9lk%c3%bcl+final.pdf (megtekintve: 2023. 04. 29).
31. NÉBIH. 2022b. Cantus engedélyokirat.
https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/DocumentHandler.ashx?documentId=327058378es327068490&documentName=Cantus_mod_20220511.pdf (megtekintve: 2023. 04. 29).
32. NÉBIH. 2022c. Folicur Solo engedélyokirat.
https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/DocumentHandler.ashx?documentId=328520936es328507592&documentName=FolicurSolo_m%c3%b3d_p_20220914.pdf (megtekintve: 2023. 04. 29).
33. NÉBIH. 2023a. Növényvédő szerek adatbázisa.
<https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso> (megtekintve: 2023. 04. 16).
34. NÉBIH. 2023b. Az EU-ban engedélyezett, valamint a 2011-től visszavont növényvédő szer hatóanyagok.
<https://portal.nebih.gov.hu/novenyvedo-szer-hatoanyag-lista> (megtekintve: 2023. 04. 29).
35. OECD. 1998. OECD Guidelines For Testing of Chemicals, N° 213 Honeybees, Acute Oral Toxicity Test.
36. Papaefthimiou, C. Theophilidis, G. 2001. The cardiotoxic action of the pyrethroid insecticide deltamethrin, the azole fungicide prochloraz, and their synergy on the semi-isolated heart of the bee *Apis mellifera macedonica*. Pesticide Biochemistry and Physiology 69, 77–91.
37. Pashte, V. V., Patil, C. S. 2018. Toxicity and Poisoning Symptoms of selected Insecticides to Honey Bees (*Apis mellifera mellifera* L.). Archives of Biological Sciences 70, 5–12.

38. PPDB: Pesticide Properties DataBase. 2023. <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm> (megtekintve: 2023. 04. 15).
39. Rortais, A., Arnold, G., Dorne, J.-L., More, S.J., Sperandio, G., Streissl, F., Szentes, C., Verdonck, F., 2017. Risk assessment of pesticides and other stressors in bees: principles, data gaps and perspectives from the European Food Safety Authority. *Science of Total Environment* 587, 524–537.
40. Sánchez-Bayo, F., Goulson, D., Pennacchio, F., Nazzi, F., Goka, K., Desneux, N., 2016. Are bee diseases linked to pesticides? A brief review. *Environment International* 89, 7–11.
41. Schumann, A., Schmid, A. P., Manzer, S., Schulte, J., Scheiner, R. 2022. Interaction of Insecticides and Fungicides in Bees. *Frontiers in Insect Science* 1, 808335.
42. 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.
43. Simon-Delso, N., San Martin, G., Bruneau, E., Minsart, L.-A., Mouret, C., Hautier, L., 2014. Honeybee colony disorder in crop areas: the role of pesticides and viruses. *PLOS ONE* 9 (7), e103073.
44. Sörös, Cs. 2019. Növényvédelmi kémia és toxikológia. Budapest. Typotex. p.13, 103, 106, 111–114, 119, 121, 137–138.
45. Szoboszlai, S., Kriszt, B. 2014. Környezeti elemek védelme. Gödöllő. Szent István Egyetemi Kiadó. p. 13.
46. Thompson, H., Wilkins, S., 2003. Assessment of the synergy and repellency of pyrethroid/fungicide mixtures. *Bulletin of Insectology* 56, 131–134.
47. Tóth, P. 2020. OMME. Teendők méhmérgezés esetén. <http://www.omme.hu/wp-content/uploads/2020/04/Teendok-165x235-2020.pdf> (megtekintve: 2023. 04. 27).
48. Tóth, P., Csaba, Gy., Hampuk, G., Lászlóffy, Zs., Dobóné, D. J., Hegedűs, Sz. 2022. Környezetterhelési monitoringvizsgálat 2021-2022. Budapest. Országos Magyar Méhészeti Egyesület. p. 15-17.
49. Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K., Patel, H.S., Malena, D.A., Gajiwala, P.H., Maciukiewicz, P., Fournier, V., Zayed, A., 2017. Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. *Science* 356, 1395–1397.
50. Ullah, A., Tlak, G. I., Majoros, A., Dar, S.A., Khan, S., Kalimullah., Haleem Shah, A., Nasir Khabir, M., Hussain, R., Khan, H.U., Hameed, M., Anjum, S.I. 2021. Viral impacts on honey bee populations: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences* 28, 523–530.

51. Vandame, R., Belzunces, L. P. 1998. Joint actions of deltamethrin and azole fungicides on honey bee thermoregulation. *Neuroscience Letters* 251, 57–60.
52. Zhang, Y., Chen, D., Du, M., Ma, L., Li, P., Qin, R., Yang, J., Yin, Z., Wu, X., Xu, H. 2021. Insights into the degradation and toxicity difference mechanism of neonicotinoid pesticides in honeybees by mass spectrometry imaging. *Science of the Total Environment* 774, 145170.
53. Zhu, W., Schmehl, D. R., Mullin, C. A., Frazier, J. L. 2014. Four common pesticides, their mixtures and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. *PLOS One* 9(1), e77547.

10. MELLÉKLETEK

1. melléklet: A begyűjtött méhullákból leggyakrabban kimutatott gombaölő hatóanyagok és mennyiségeik (mg/kg) a 2018 és 2021 közötti időszakban. Kiemeléssel jeleztem a legmagasabb mért mennyiséget hatóanyagonként (NÉBIH, nem közölt adatok).

	2018				2019				2020				2021			
	Azoxistrobin	Boszkalid	Ciprodinil	Tebukonazol	Azoxistrobin	Boszkalid	Ciprodinil	Tebukonazol	Azoxistrobin	Boszkalid	Ciprodinil	Tebukonazol	Azoxistrobin	Boszkalid	Ciprodinil	Tebukonazol
1	0,013	0,014	0,016	0,13	0,089	0,021	0,073	0,014	0,021		0,045	0,28	0,054	0,017	0,27	0,058
2	0,009	0,012	0,42	0,12	0,21	0,024	0,22	0,02			0,18		0,093	0,03	0,069	
3	0,02	0,015	0,029	0,13	0,011	0,017	0,055	0,014			0,04		0,095	0,05	0,01	
4	0,016	0,015	0,027	0,075	0,02	0,043	0,085	0,012					0,077	0,051		
5	0,011	0,015	0,007	0,069	0,022	0,3	0,024	0,017					0,012	0,033		
6	0,01	0,026	0,011	0,054		0,039	0,28	0,11					0,06	0,024		
7	0,041			0,033		0,069	0,066	0,033					0,043	0,063		
8				0,031		0,021	0,064	1,1						0,038		
9				0,045		0,036	0,018							0,047		
10				0,057		0,013	0,014							0,18		
11				0,048		0,16	0,018									
12				0,054		0,24	0,17									
13				0,053		0,43	0,32									
14				0,045			0,36									
15				0,011			0,03									
16							0,12									
17							0,017									
18							0,23									

2. melléklet: Kórtani eredményközlő a kísérletbe vont méhek egészségügyi állapotáról (az iktatás csak 2023-ban történt meg utólag).





Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság

1095 Budapest, Mester u. 81.
 Tel: 06/1/456-3010 Fax: 06/1/215-6851
 A NAH által NAH-1-1879/2020 számon akkreditált vizsgálólaboratórium.
 Adóigazgatósági szám: 15598347-2-41 MÁK: 1003200-00289782-00000000

Eredményközlő azonosító:
ÁDI/2023/0009095/EK-XV5EFL

Oldal: 1 / 3.
 Budapest
 2023.02.03.



VIZSGÁLATI EREDMÉNYKÖZLÉS

Iktatás időpontja:
2023.02.03.

Állattartó/Mintaadó partner:
Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, FELIR azonosító:
AA2674144

Eljáró állatorvos:
Nem Azonosítható

Illetékes kormányhivatal:
Pest Vármegyei Kormányhivatal

Vizsgáló laboratórium:
Parazitológiai, Hal- és Méhbetegségek Nemzeti Referencia
Osztály

Tel: 36 (1) 456-3010
 E-mail: parahalmeh@nebih.gov.hu
 Budapest, 1095, Mester utca 81.

Ugyintéző:
Dr. Timár Attila

Mellékletek (1 db):
M1: vizsgálati megrendelő

2022. május 16-án történt mintavétel. 17,20 g minta érkezett a laboratóriumunkba. Kéves méh (10%) mutatott idegrendszeri tünetet (nyújtott szipolka/görcsös testtartás); Varroa-atkától mentes volt, nagyon kis mennyiségben találtunk Nosema-t, ez egy enyhe fertőzést jelent.

Minta összesítő:

#	Faj	Minta	Származás	Tenyésztkód	Mintaszám
I	Méh	Hulla	Budapest (Budapest)		1 db

Minta és vizsgálat adatok:

#	Faj	Minta	Származás	Tenyésztkód	Mintaszám
I	Méh	Hulla	Budapest (Budapest)		1 db
Nosemosis vizsgálata mikroszkopos módszerrel, OIE Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, 2018 Chapter 3.2.4. B.1.1. Eredmény: Nosema Pozitív Nagyon enyhe fertőzőség.					
Varroosis vizsgálata makroszkopos módszerrel, OIE Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, 2018. Chapter 3.2.7. B.1 Eredmény: Varroa Negatív					

A vizsgálat eredménye a beküldött mintára vonatkozik. Ez a dokumentum a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Élelmiszerlánc-biztonsági Laboratórium Igazgatóság írásos engedélye nélkül csak teljes terjedelmében másolható, továbbítható.

3. melléklet: A referencia teszthez végzett probit analízis eredménye (0,50 értékhez (LD₅₀) 0,12912 µg/méh tartozik).

* * * * * P R O B I T A N A L Y S I S * * * * *			
Confidence Limits for Effective Koncentr			
Prob	Koncentr	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper
,01	,04139	2,61541E-012	,08336
,02	,04729	3,32012E-011	,09000
,03	,05147	1,66306E-010	,09458
,04	,05485	5,58486E-010	,09825
,05	,05776	1,49532E-009	,10139
,06	,06036	3,45625E-009	,10419
,07	,06274	7,20256E-009	,10674
,08	,06495	,00000	,10912
,09	,06702	,00000	,11136
,10	,06899	,00000	,11350
,15	,07778	,00000	,12325
,20	,08555	,00000	,13241
,25	,09284	,00001	,14175
,30	,09991	,00005	,15196
,35	,10694	,00017	,16387
,40	,11407	,00054	,17884
,45	,12142	,00165	,19953
,50	,12912	,00474	,23190
,55	,13730	,01258	,29179
,60	,14615	,02918	,42875
,65	,15589	,05455	,81453
,70	,16686	,08118	2,08099
,75	,17957	,10381	6,87806
,80	,19487	,12278	28,94648
,85	,21435	,14016	164,65780
,90	,24164	,15846	1533,12773
,91	,24874	,16255	2638,77931
,92	,25669	,16692	4765,79124
,93	,26572	,17163	9140,57126
,94	,27619	,17683	18942,05875
,95	,28863	,18269	43546,21101
,96	,30396	,18953	115975,80130
,97	,32393	,19793	387401,26891
,98	,35252	,20916	1929766,74913
,99	,40280	,22725	24342249,9658
Abbreviated Name	Extended Name		
Koncentr	Koncentráció		

4. melléklet: A 100-szoros dózisú négy hatóanyag keverékének koncentrációja és a méhhullás mértéke.
(A kísérletet 2022. 07. 11 és 2022. 07. 13 között végeztük el).

Hatóanyag	100 × dózis
	µg/méh
Azoxistrobin	2,10
Boszkalid	4,30
Ciprodinil	4,20
Tebukonazol	11,00

Edény jele	Elpusztult méhek (db)	Elpusztult méhek (db)	Pusztulás mértéke (%)	Pusztulás mértéke (%)	Átlagos pusztulás (%)
	24 óra	48 óra	24 óra	48 óra	48 óra
Teszt 1	0	0	0	0	2
Teszt 2	0	0	0	0	
Teszt 2	0	0	0	0	
Teszt 4	0	0	0	0	
Teszt 5	0	0	0	0	
Teszt 6	0	0	0	0	
Teszt 7	0	0	0	0	
Teszt 8	1	1	10	10	
Teszt 9	0	1	0	10	
Teszt 10	0	0	0	0	
Kontroll 1	0	0	0	0	4
Kontroll 2	0	2	0	20	
Kontroll 3	0	0	0	0	
Kontroll 4	0	0	0	0	
Kontroll 5	0	0	0	0	
Kontroll 6	0	0	0	0	
Kontroll 7	0	1	0	10	
Kontroll 8	0	0	0	0	
Kontroll 9	0	1	0	10	
Kontroll 10	0	0	0	0	

5. melléklet: A 100-szoros dózisu négy készítmény keverékének koncentrációja és a méhullás mértéke.
(A kísérletet 2022. 06. 01 és 2022. 06. 03 között végeztük el).

Készítmény		100 × dózis
		µg/méh
AMISTAR	250 g/l azoxistrobin	8,40
CANTUS	500 g/kg boszkalid	8,60
CHORUS 50 WG	500 g/kg ciprodinil	8,40
FOLICUR SOLO	250 g/l tebukonazol	44,00

Edény jele	Elpusztult méhek (db) 24 óra	Elpusztult méhek (db) 48 óra	Pusztulás mértéke (%) 24 óra	Pusztulás mértéke (%) 48 óra	Átlagos pusztulás (%) 48 óra
Teszt 1	0	0	0	0	2
Teszt 2	0	0	0	0	
Teszt 2	0	0	0	0	
Teszt 4	0	0	0	0	
Teszt 5	0	1	0	10	
Teszt 6	0	0	0	0	
Teszt 7	0	1	0	10	
Teszt 8	0	0	0	0	
Teszt 9	0	0	0	0	
Teszt 10	0	0	0	0	
Kontroll 1	0	0	0	0	2
Kontroll 2	0	2	0	20	
Kontroll 3	0	0	0	0	
Kontroll 4	0	0	0	0	
Kontroll 5	0	0	0	0	
Kontroll 6	0	0	0	0	
Kontroll 7	0	0	0	0	
Kontroll 8	0	0	0	0	
Kontroll 9	0	0	0	0	
Kontroll 10	0	0	0	0	

6. melléklet: A 200-szoros dózisú négy készítmény keverékének koncentrációja és a méhullás mértéke.
(A kísérletet 2022. 06. 20 és 2022. 06. 22 között végeztük el).

Készítmény		200 × dózis
		µg/méh
AMISTAR	250 g/l azoxistrobin	16,80
CANTUS	500 g/kg boszkalid	17,20
CHORUS 50 WG	500 g/kg ciprodinil	16,80
FOLICUR SOLO	250 g/l tebukonazol	88,00

Edény jele	Elpusztult méhek (db) 24 óra	Elpusztult méhek (db) 48 óra	Pusztulás mértéke (%) 24 óra	Pusztulás mértéke (%) 48 óra	Átlagos pusztulás (%) 48 óra
Teszt 1	1	1	10	10	21
Teszt 2	0	2	0	20	
Teszt 2	1	2	10	20	
Teszt 4	2	3	20	30	
Teszt 5	1	2	10	20	
Teszt 6	3	3	30	30	
Teszt 7	2	3	20	30	
Teszt 8	0	1	0	10	
Teszt 9	2	1	20	10	
Teszt 10	2	3	20	30	
Kontroll 1	0	0	0	0	6
Kontroll 2	0	0	0	0	
Kontroll 3	0	0	0	0	
Kontroll 4	0	1	0	10	
Kontroll 5	1	2	10	20	
Kontroll 6	1	1	10	10	
Kontroll 7	0	0	0	0	
Kontroll 8	0	1	0	10	
Kontroll 9	0	0	0	0	
Kontroll 10	0	1	0	10	

7. melléklet: A 400-szoros dózisú négy készítmény keverékének koncentrációja és a méhullás mértéke.
(A kísérletet 2022. 06. 07 és 2022. 06. 09 között végeztük el).

Készítmény		400 × dózis
		µg/méh
AMISTAR	250 g/l azoxistrobin	33,60
CANTUS	500 g/kg boszkalid	34,40
CHORUS 50 WG	500 g/kg ciprodinil	33,60
FOLICUR SOLO	250 g/l tebukonazol	176,00

Edény jele	Elpusztult méhek (db) 24 óra	Elpusztult méhek (db) 48 óra	Pusztulás mértéke (%) 24 óra	Pusztulás mértéke (%) 48 óra	Átlagos pusztulás (%) 48 óra
Teszt 1	1	3	10	30	31
Teszt 2	1	5	10	50	
Teszt 2	2	2	20	20	
Teszt 4	1	1	10	10	
Teszt 5	2	2	20	20	
Teszt 6	1	4	10	40	
Teszt 7	4	4	40	40	
Teszt 8	3	5	30	50	
Teszt 9	4	4	40	40	
Teszt 10	1	1	10	10	
Kontroll 1	0	0	0	0	5
Kontroll 2	0	0	0	0	
Kontroll 3	0	0	0	0	
Kontroll 4	0	0	0	0	
Kontroll 5	0	0	0	0	
Kontroll 6	0	0	0	0	
Kontroll 7	0	3	0	30	
Kontroll 8	0	1	0	10	
Kontroll 9	0	0	0	0	
Kontroll 10	0	1	0	10	

1. FÜGGELÉK

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Sugatagi Andrea
A Hallgató Neptun kódja: WH4CS7
A dolgozat címe: Méhekre nem jelölésköteles négy gombaölő szer, illetve hatóanyagaik keverékének akut orális toxicitási vizsgálata *Apis mellifera* fajon
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Rovartani Tanszék

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

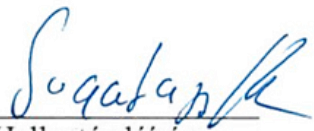
Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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.

Kelt: 2023. év május hó 8. nap


Hallgató aláírása

2. FÜGGELÉK

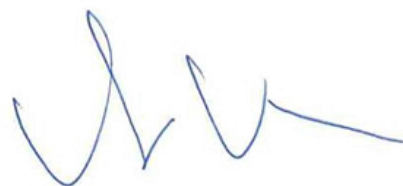
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

SUGATAGI ANDREA (név) (hallgató Neptun azonosítója: **WH4CS7**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem**

Kelt: 2023. év május hó 4. nap



Belső konzulens