

XXXVII. ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

**A MAVRIK 24 EW ÉS TOPAS 100 EC NÖVÉNYVÉDŐ
SZEREK HÁZI MÉHEKRE (*APIS MELLIFERA*)
GYAKOROLT AKUT TOXICITÁSÁNAK VIZSGÁLATA
LABORKÍSÉRLETBEN**

*Laboratory study on the acute toxicity of MAVRIK 24 EW and TOPAS 100
EC pesticides to honey bees (*Apis mellifera*)*

Készítette: Szabó Friderika
LR2WMI
Növényorvos, MSc
Nappali tagozat
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Georgikon Campus

Témavezető: Dr. Budai Péter egyetemi docens Magyar Agrár- és
Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Növényvédelmi Intézet,
Növényvédelmi Tanszék

Agrártudományi szekció

2025. április 24-26.

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem Csíkszeredai Kar

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. Célkitűzés.....	5
3. Irodalmi áttekintés.....	6
3.1. A nyugati mézelő/házi méh (<i>Aphis mellifera</i>) bemutatása, morfológiája.....	6
3.2. Méhek állományát csökkentő tényezők bemutatása	10
3.2.1. Emberi tevékenységek hatása a méhállomány csökkenésére	11
3.2.2. Invazív fajok hatása a méhállományra	12
3.2.3. Méhegészségügyi tényezők	12
3.3. Méhek és a mezőgazdaság kapcsolata	16
3.4. Toxikológia áttekintés.....	19
4. Anyag és módszertan	24
4.1. A vizsgálatban felhasznált növényvédő szerek bemutatása.....	24
4.1.1. MAVRIK 24 EW rovarölő szer bemutatása.....	24
4.1.2. TOPAS 100 EC gombaölő szer bemutatása.....	27
4.2. A kísérlet előkészítése.....	31
4.3. A vizsgálat anyagai	32
4.4. A kezelések	33
4.5. A tünetek értékelése	34
4.6. Eredmények statisztikai értékelése.....	34
5. Eredmények és értékelések	35
5.1. Kontakt kezelések eredményei.....	35
5.2. Orális kezelések eredményei.....	37
6. Eredmények következtetése	39
7. Összefoglalás.....	42
8. Irodalomjegyzék.....	44
Köszönetnyilvánítás	50

1. Bevezetés

A fejlődő orvostudomány, a kutatások és az ipari fejlődés hatására a népesség növekedése napjainkban a többszörösére gyorsult. Ez magával hordozza a víz- és élelmiszerhiány kérdéskörét is. Földünk szinte minden pontján felüti fejét e probléma, hiszen a mezőgazdasági termékek iránti kereslet is erősen növekedett (XIONG et al., 2020). Az utóbbi évtizedekben tapasztalt fejlődés a növénytermesztési ágazatban 20-50%-os termésnövekedést is előidézett. Ugyanakkor ez nem elég a világ minden pontján tapasztalható ellátásbéli különbségek mérséklődéséhez (ANTAL, 2008).

Az agrárágazat folyamatosan törekszik a vele szemben támasztott igények kielégítésére, habár ez sokszor nagy kihívásnak ígérkezik, a gazdasági, biotikus és abiotikus tényezőket tekintve. Ugyanakkor az sem könnyítő körülmény, hogy az agrárrollónak nevezett közgazdasági tényező évről évre kedvezőtlen irányba módosul. A mezőgazdaságon belül foglalkoztatottak aránya egyre csökken. Hazánkban például ez mindössze 5-6% a lakosságon belül. Ezeken felül megemlíthető még az egy főre jutó termőterület csökkenése is (ANTAL, 2008).

A mezőgazdasági növények szempontjából nélkülözhetetlen folyamat a megporzás, míg a vadnövények 80%-a, addig a termesztett növények 75%-a rovarbeporzású, tehát a termésképződéshez elengedhetetlen a beporzó rovarok jelenléte. Számos tanulmány hangsúlyozza, hogy a beporzó rovaroknak köszönhetően 90%-kal növekszik a termés. Nélkülük számos zöldség, gyümölcs hiányozna asztalunkról és eltűnnének egyes gazdasági értékkel bíró növényfajok is. A megporzó szervezetek közé több mint 200 000 fajt sorolunk, amelyek közül kiemelkedik a méhek, közülük pedig a házi méh (*Apis mellifera*) jelentősége. Szerepét fokozza a megporzás – mint ökoszisztéma szolgáltatás – mellett, a méhek által előállított termékek (pl. méz) iránti kereslet növekedése is.

A fent említett nyomós érvek miatt az utóbbi két évtizedben egyre jobban foglalkoztatja a kutató közösséget és a laikusok körét is a természetes beporzók egyedszámának és sokféleségének csökkenése. Ennek okaiként számos tényezőt érdemes említeni, többek között az emberi tevékenységet – rovarölő szerek nem előírászerű használata – speciális betegségeket, kórokozókat, parazitákat, a klímaváltozásból adódó időjárási viszonyosságokat, de főként ezek együttesen jelentkező hatását.

Azonban a kémiai növényvédelem elengedhetetlen ilyen nagymértékű élelmiszerigények, újonnan megjelenő kártevők és kórokozók mellett. A növényvédő szerek, ezeken belül is a

neonikotinoid típusú rovarölő szerek egy része, melyek a méhekre jelentősebb kockázattal bírnak, így nem csak a célszervezet, de a beporzó állatok pusztulását is okozza. 2010-ben módosításra került az összes imidakloprid, tiametoxam és klotianidin tartalmú csávázószer forgalomba hozatali és felhasználási engedélyokirata, a méhekre való biztonságos felhasználás és a környezetvédelem szempontjait előtérbe helyezve. Az engedélyokiratok előírják azon eljárásokat, amelyek a csávázószer elsodródására vonatkoznak. Ilyen típusú eljárás volt, a vetés megtiltása erős szélben és a pneumatikus vetőgépek esetében kötelezően alkalmazandó csővezeték (deflektor) használata. A deflektor alkalmazásával a magvakról ledörzsölődő por a talaj felszínére vagy a barázdába kerül. Az Európai Unió 4851/2013/EU végrehajtási rendeletében 2013 december elsejével ideiglenesen felfüggesztette három neonikotinoid, az imidakloprid, a klotianidin és a tiametoxám hatóanyagú csávázószerekkel kezelt vetőmagvak felhasználását többek között a kukorica, repce, napraforgó, szója, mák kultúrák esetében. Tilos továbbá a méhek számára vonzó növények virágzást megelőző permetezése, valamint a neonikotinoidos talajfertőtlenítés is. Az imidakloprid, a klotianidin és a tiametoxám hatóanyagot tartalmazó szereket 2018. december 19-e után kizárólag zárt termesztő berendezésben lehet felhasználni. 2020-tól tilos az Unió tagországaiban a tiakloprid hatóanyagú rovarirtó szer használata.

2. Célkitűzés

Dolgozatomban a növényvédelmi gyakorlatban széles körben alkalmazott két készítmény, a méhekre nem jelölésköteles, penkonazol hatóanyag tartalmú TOPAS 100 EC gombaölő szer és a méhekre nem jelölésköteles, tau-fluvalinát hatóanyag tartalmú MAVRIK 24 EW rovarölő szer méhekre gyakorolt akut egyedi és együttes méreghatását tanulmányoztam laboratóriumi körülmények között. Kísérletem beállítása során igazolni szerettem volna azt, hogy a két növényvédő szer egyedi toxicitásához képest az együttes alkalmazás eredményeként jelentkező interakciós méreghatás jelentősebb károsító hatással bír.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A nyugati mézelő/házi méh (*Aphis mellifera*) bemutatása, morfológiája

A házi méh vagy nyugati mézelő méh (*Apis mellifera*), méztermelésre képes fajok egyikeként tartjuk számon. Rendszertani besorolását tekintve a mézelő méh az állatok (*Animalia*) országán belül az ízeltlábúak (*Arthropoda*) törzsének, a hatlábúak (*Hexapoda*) altörzsébe, a rovarok

(*Insecta*) osztályába, a hártýásszárnyúak (*Hymenoptera*) rendjébe, a fullánkóók (*Aculeata*) alrendjébe, azon belül a méhfélék (*Apidae*) családjába tartozik (BÉKÉSI et. al, 2011). Házasítására tett kísérlet kb. 6000 évre nyúlik vissza. A méhészek világsszerte előszeretettel tartják mézéért és beporzó tevékenységéért. Hazánk majdnem 800 vadméhfaj otthona, melyek morfológiai megjelenésükben nagyon különbözőek. Az *Apoidea* öregcsaládba 11 család tartozik, amelyek közül Európában 7 található meg. Az ősméhek (*Colletidea*), a karcsúméhek (*Halictidae*), a bányásméhek (*Andrenidae*) és a földiméhek (*Melittidae*) családokat a rövidnyelvű méhek csoportjába sorolják. Míg a hosszúnyelvű méhekhez tartoznak a művésméhek (*Megachilidae*), bundásméhek (*Anthophoridae*) és a méhfélék (*Apidae*). Legközelebbi rokonaik a kaparódarazsak (*Sphecidae*) (SÁROSPATAKI, 2005).

A méhek államalkotó rovarok, egy családban akár több tízezer egyed is élhet együtt. A családokon belül különböző kasztok és eltérő morfológiai sajátosságú méhek élnek. A méhanya mérete a leghosszabb (22 mm), majd a here (20 mm) végül a dolgozó (16 mm). A méhanya teste hosszúkás alakú, a here potroha lekerekített és nem található rajta fullánk. A rovar színe fajtától függően lehet aransýrga, de akár fekete is, potrohuk legtöbb esetben jellegzetesen csíkozott. Szőrzetének színe ugyancsak sýrgásbarna, mely idősebb korra elkopik, ezzel felfedve a fényes kitinpáncélt.

A kifejlett méh nőivarú egyedeinek feje egy lefelé néző háromszögre hasonlító alakzat. Két oldalán helyezkedik el az összetett szem, a fejtetőn pedig három darab pontszem. A hímek fejének felépítése eltérő. Fejük kerekded és összetett szemeik a nőnemű egyedeknél lényegesen nagyobbak, fejük tetején össze is érnek, pontszemeik a homlokra tolódtak (KOLTAI, 1985). A kétféle szem funkciója eltérő, az összetett szemek érzékelik a polarizált fényt, a formákat és a színeket. Felépítésük rendkívül összetett, számos ommatidiumból áll. Ezek a szem felületén hatszögletű formákban, úgynevezett facettákban különülnek el. Annak

ellenére, hogy éles képet nem látnak, az állat mégis jól érzékeli a mozgást és az ibolyán túli sugárzást, de nem látja a piros színt. A pontszemek a fény mennyiség érzékelésére szolgálnak (KOLTAI, 1985; LAMPEITL, 1995).

A rovar fejének homloki része az összetett szemek között helyezkedik el, ez alatt van a szájpajzs. Alatta találhatóak a szájnyílás, szájszervek és a pofák. A méh rágókkal ún. szipókával rendelkezik, amelynek nyaló-szívó funkciója van. A fejben kap helyet az agy, az emésztőcsatorna kezdeti szakasza és a nyelőcső alatti idegdúc. A fej homloki részéhez kapcsolódnak a rovar csápjai. Ezek szerepe meghatározó a szaglásban és érintésben. A csápízek üregei között szövethálózat van, amelyet átjárnak idegek és légcsőkapillárisok. Az idegek kapcsolatot biztosítanak az idegközponttal. A második csápízben található a Johnston-féle szerv, amelynek pontos funkciója nem tisztázott. A méh szájszervei csoportosan helyezkednek el szájnyílása körül. Az anya és a dolgozók rágói erősebbek, fejlettebbek a heréknél. Szipókájuk összetett: állkapcsok és az ajakkaréj, áll és nyelv, továbbá az ajaktapogatókból áll. Maga a szipóka főleg táplálék, nektár felszívására funkcionál (KOLTAI, 1985; LAMPEITL, 1995).

A tor a mozgás biztosításában játszik szerepet. Itt találhatóak a lábak, szárnyak és az izmok, amelyek a mozgást lehetővé teszik, valamint itt van három pár légzőnyílás. A tort három szelvény alkotja, továbbá az első potrohrész is e testtáj részét képezi, ezt áltorszelvénynek nevezzük. Az előtorhoz kapcsolódik a fej és az első pár láb. A középtorhoz az első pár szárny és a második pár láb tartozik. Háti oldalának első fele a pajzs, amely kitinbordával biztosítja a szerkezeti szilárdságot a rovar repülése során. Az utótorhoz kapcsolódik a második pár hártvány szárny és a harmadik pár láb (KOLTAI, 1985; LAMPEITL, 1995).

A méhek lábának felépítése döntően megegyezik egy általános rovarláb konstitúcióval. Részei: csípő, tompor, comb, lábszár, lábfej. Lábfejük öt ízből áll és a lábszárhoz csatlakozó sarokkal is rendelkeznek. Utolsó ízhez csatlakozik két karom, ezek között tapadókorong van. Lábaik a mozgáson kívül a virágpor gyűjtésében is hatalmas szerepet töltenek be. A sarkak belső felszínén sűrű szőrzet található egy ún. keféből alkotva, mely a hatékonyabb pollengyűjtést segíti elő. Hátsó lábaik külső felületén van a kosár, ami egy görbült szőrszálakkal körbevett szőrtelen rész. A kosár szolgál segítségül a virágpor és propolisz szállításában (KOLTAI, 1985; LAMPEITL, 1995).

Egyes rovarok, akár csak a méhek életében nagyon fontos szerv a szárny. Két pár hártvány szárnyuk ektodermális eredetű. A szárnyak a második és harmadik torszelvény között kapcsolódnak hozzá a torhoz. Szárnyerezetük megkülönböztethető bélyegként szolgál más fajoktól, akár méhcsaládok azonosítása is lehetséges. Repülésüket az erőteljes repülőizmok mozgása biztosítja. Tori izmaik mozgásával a kaptár melegen tartását is elősegíthetik a dolgozó méhek. Ugyanakkor szárnyuk mozgásával hűthetik is a kaptár levegőjét. Szárnyizmaikkal hang hatás kiadására is képesek (BERENBAUN, 1997). Az elülső és hátulsó szárny pár egyszerre mozog és egy apró horog kapcsolja őket egymásba. Másodpercenként körülbelül 200 szárnycsapásra képesek, melyeknek sebessége eléri a 24 km/órát. Rövid távon képes testtömegével megegyező tömegű rakomány szállítására. Hosszabb távon saját tömegének kétharmadával megegyező teher bírására képes (KOLTAI, 1985; LAMPEITL, 1995).

Toruk a potrohnnyél segítségével kapcsolódik a potrohhhoz. A potroh szelvények száma ivaronként változó, nőivarúaknál 6 darab, hímeknél 7 darab látható. A szelvényeket más néven potrohgyűrűnek nevezik, amelyek kissé egymásba csúsznak, így az adott gyűrű mindig takarja a következő első hányadát. A potrohban helyezkednek el: a szív kamrák és a szív, mézhólyag, középbél, vékonybél, vastagbél (ürülék hólyag), Malpighi-edények (kiválasztó szervek), zsírtest (tartalektápanyagot raktározó szerv), viaszmirigyek, illatmirigyek, ivarnak megfelelő ivarszervek. Ivari és kasztbéli eltérések egyes szervek esetében láthatók (az ivarszerveket leszámítva), pl.: viaszmiriggyel csupán munkás méhek rendelkeznek és csak a nőivarú egyedeknek van fullánkja (KOLTAI, 1985; LAMPEITL, 1995).

Méhfajaink többsége rendelkezik fullánkkal, de vannak fullánktalan egyedek is, amelyek fegyverként rágóikat használják. A dolgozó méhek fullánkján sok kicsi, visszafelé hajló horog van, ez a bőrbe szakad, így a dolgozó méh elpusztul, miután fullánkját használva megszúr egy emlőst, azonban, amennyiben kitinen hatol át, abban az esetben vissza tudja húzni fullánkját, így életben marad. A méhanya fullánkján 3-5, a munkásméh fullánkján 21-25 visszahajló horog van, ezek a horgok segítik elő, hogy a fullánk a megszúrt egyed bőrében maradjon a méregmirigyekkel együtt és kiszakadjon a méhből. Ezután a méregmirigyet körbevevő izmokat mozgatni kezdik, ezzel együtt bepumpálják az áldozatul esett egyedbe a méreghólyag tartalmát. A méhek fullánkja egy módosult tojócső, mely nem az eredeti funkcióját tölti be. A méhanya csupán rajzáskor használja. A fullánk behatolásával egy időben riasztó feromonok is felszabadulnak, ami jelzés értékkel bír a többi arra repülő méh számára, hogy fullánkjukat az

ellenségbe szúrják. Egy csípéssel 0,1 mg méreganyag kerül az ellenség testébe (BERENBAUN, 1997).

A méhek mirigyek segítségével választják ki a méhviaszt, amely a lépsejtek felépítéséhez elengedhetetlen. Miután a nektárt lenyelik, légcsövükön keresztül ez a mézgyomorba kerül. A mézgyomorban nem emésztik meg, de garatmirigyeik által termelt enzimjeik segítségével hozzálatnak a nektár átalakításához. Többek között lebontják az összetett cukrokat. Gyomruk a mézgyomortól egy egyirányú csapóajtó választja el, amely akaratlagosan is mozgatható. A mézgyomrukban lévő nektárt a dolgozó vagy hazaviszi és visszaöklendezés után átadja egy társának, vagy betölti egy sejtbe (MATTILA - SEELEY, 2007).

Az *Apis mellifera* olyan családokban él, ahol az egyedek többsége főként a rokonait támogatja szaporodásban, euszociálisak. Nyári időszakban 40.000-80.000 rovar tartozik egy családba, ahol csak a méhanya rak petéket. A petékből megtermékenyítés után nőtények kelnek ki, melyek később lehetnek akár méhanyák is, de nagy többségük nemileg inaktív dolgozó lesz. A dolgozó nőtények is rakhatnak petéket, habár erre ritkán kerül sor, ilyenkor álnyának nevezzük őket. Ha a családban nincs méhanya, akkor az álnya által lerakott peték nem lesznek megtermékenyítve, így ezekből hímnemű méhek, vagyis herék lesznek. Ez a parthenogenezis, más néven szűznemzés (MATTILA - SEELEY, 2007).

A méhek haplodiploid ivarmeghatározásúak, tehát a megtermékenyített diploid petékből nőtények, a megtermékenyítetlen haploid petéből hímek fognak kifejlődni, vagyis hím utódot, tehát herét az anya és a dolgozó is egyaránt képes létrehozni. Az anyák 3-6 napos koruktól kezdenek párzani. A peterakás előtt több alkalommal is kirepülhetnek és több tíz herével is pározhatnak. A párzás során kapott spermiumokat a méhanya elraktározza és ebből termékenyíti meg a petéit a későbbiek során. Ha a méhanya nem tud kirepülni két hétig, akkor csak herepetéző lesz (MATTILA - SEELEY, 2007). Egy anya naponta több mint ezer petét is rakhat, a heresejtekbe hím petéket rak, az anyabölcsőbe és a dolgozósejtekbe nőtényeket. A petékből három nap múlva alakul ki az álca, melyeket az anyák méhpempővel etetnek. A lárva nyolc nap után bebábozódik és rá következő két hét múlva kel ki a bábból. Ha egy család nagysága eléri a maximális kapacitást akkor kirajozhat. Rajzási hajlamot növelő tényező a zsúfoltság és sejtek telítettsége (MATTILA - SEELEY, 2007).

A méhek lépeiket viaszból építik, amelyekhez viaszmirigyet választanak ki. Ezt az építő méhek akkor is termelik, mikor már nincs hely az építésre. A sejtekben történik a fiasítás, itt

tárolják a virágport és a mézet. Utóbbi energiaforrás és üzemanyag. A virágpor fehérjetartalma fontos építőeleme a méh testének. Táplálékkul is nektár és virágpor szolgál. Ezt a dolgozó méhek gyűjtögetik. A fiatal dolgozók képesek méhpempő termelésére, amellyel az anyát etetik. A pempő állaga tejszerű és virágporból, illetve nektárból készítik. A méhanya átlagos élettartama 5 év, néhány kutatás szerint akár 12 év, a here és dolgozó élettartama jóval rövidebb kb. 6 hét

(MATTILA - SEELEY, 2007). A méhek testfolyadékuk glükózt tartalmaz a legtöbb rovarral szemben, amelyeké trehalózt. Ebből adódóan a méhek érzékenyebbek a hideg hőmérséklettel szemben (PETERSEN, 1912).

A méhek tájékozódása egy kimondottan érdekes jelenség a rovarvilágban, máshogy érzékelik a fény polarizáltságát. A Nap útját is nyomon követik, így képesek égtájak alapján tájékozódni. Amikor a méh mozgásban van, összetett szemeinek felbontóképessége nagyobb, mint mozdulatlan állapotban. A látott kép interpolációval jön létre. Látás mellett másik fontos érzékelésük a szaglás, hiszen a szaganyagok fontos szerepet töltenek be a kommunikációban. A feromonok jelezni tudják az anyát, illetve annak életkorát is. Az anya által kibocsátott termék leállítja a petefészek működését a dolgozó méheknek.

Van a méheknek egy mozgása, az úgynevezett kommunikációs tánc. Legismertebb ilyen típusú tánc, a helyet jelző tánc, ezt Karl von Frisch írta le és fedezte fel. Ilyen magatartással jelzik a táplálék- és vízforrást, illetve az új fészkelőhelyet. Képesek nagy pontossággal megadni ezeket a helyeket (SEELEY et al., 2006).

A méhekkel foglalkozó tudományos említések kb. 300 évre nyúlnak vissza, azóta külön tudományággá fejlődtek az ehhez kapcsolódó kutatási tevékenységek, amelyek magukba foglalják a méhek viselkedését, megporzását és méztermelését (WHITFIELD et al., 2006).

3.2. Méhek állományát csökkentő tényezők bemutatása

Sokszor nehézséget okoz a beporzó állomány csökkenését nyomon követni, főként, az adathiány, a tér és időbeli variancia, valamint a ritka előfordulás miatt. Mégis minden kontinensről ismerünk kézzel fogható, tudományosan bizonyított adatokat a csökkenésről. Habár a témában még az ismert kutatások is hiányosnak bizonyulnak, az biztosra vehető, hogy az állománycsökkenés jelensége érinti a házasított és vadon élő pollinátorokat, így hatással van a vadnövényekre és a mezőgazdasági termelésbe vont kultúrnövényekre is (WINFREE, 2008). Vadnövényeink kb. 80%-ának szüksége van rovarbeporzó szervezetekre a

terméshozam, vagy maghozam érdekében (KLEIN et al. 2007; POTTS et al., 2010). A specializált beporzó és növény közötti kapcsolatok ritkák, az egyetlen pollinátor fajtól függő fajok esetében azonban egyedszámcsökkenést lehetett megfigyelni (POTTS et al., 2010). Kevés a konkrét adat, de sok információ van a vadnövényekre vonatkoztatva pl. az Egyesült Királyságból vagy Hollandiából, ahol a beporzó szervezetek eloszlása, egyedszáma és diverzitása az utóbbi évtizedekben jelentős mértékben megváltozott. Ezt olyan módon lehet érzékelni, hogy a ritka fajok ritkasága fokozódott, míg a gyakoribb fajok szélesebb körben kezdtek el terjedni (KLUSER - PEDUZZI, 2007).

3.2.1. Emberi tevékenységek hatása a méhállomány csökkenésére

Az egyedszám-csökkenésre vonatkozó adatok döntő többsége a házi méhről (*Apis mellifera* Linnaeus, 1761) áll rendelkezésre (KLEIN et al., 2007; ANZIEN - HARDER, 2009). Az Amerikai Egyesült Államokban az 1947 és 2005 közötti évtizedekben a tenyésztett méhállomány száma 59%-kal csökkent (GOULSON et al., 2015). ANZIEN és HARDER (2009) FAO (Food and Agricultural Organization) jelentése alapján, tisztázott lett az a tény, hogy egyes országokban ugyan jelentős a csökkenés a házi méhek kapcsán, globálisan mégsem lett kisebb az egyedszám, ez abból fakad, hogy a pusztulás mértékét a kaptárak számának növekedése ellensúlyozta (AIZEN - HARDER, 2009). Európában a legjelentősebb pollinátorok a méhek, itt a vadon élő egyedek számának csökkenése fokozottabb, mint házasított társaiké. Sok kutatás bebizonyította, hogy a beporzók állomány és sokféleség csökkenésének okozója főként az élőhely átalakító emberi tevékenységek. Hiszen így megváltozik a pollinátorok szempontjából fontos és elsődleges fészkelő és virágos területek kiterjedése, eloszlása (KREMEN et al., 2007). A mezőgazdaságban egy időben elterjedt monokultúrák létrehozása kiemelten káros, hiszen az alacsony biológiai diverzitás következményeként, kevés beporzó szervezetnek ad táplálkozó helyet. A természetes élőhelyek feldarabolódása egyre nagyobb mértékeket ölt, a monokultúrális termesztés következményeként. A táj homogenizálódik ezáltal csökken a beporzók diverzitása is (HOLZSCHUH et al., 2007, KREMEN et al., 2007).

A mezőgazdaságban alkalmazott növényvédő szerek túlzott használata is káros hatást tud gyakorolni a beporzó szervezetekre, több szempontból megközelítve: egyrészt nem csak a célszervezetek esnek áldozatul az inszekticideknek, hanem sokszor a hasznos pollinátorok. Másrészt a mezőgazdasági termelés számára haszontalan virágos növények egyedszámát lecsökkentik az alkalmazott herbicid készítmények. Pozitív korreláció állítható a virágos növények sokfélesége és a beporzók sokfélesége között, valamint a virágborítottság és a

beporzó egyedszám között. Továbbá, hogy az inszekticidek alkalmazása során csökken ez a diverzitás (KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI et al., 2011; WINFREE et al., 2009).

3.2.2. Invazív fajok hatása a méhállományra

A fent említett okok mellett negatív hatással van hasznos pollinátor szervezetekre az idegenhonos fajok megjelenése is (SPIRA, 2001). Hiszen jól ismert tény, hogy az idegenhonos fajok képesek kiszorítani természetes élőhelyükről az őshonosakat. Az üvegházi termesztésben

hasznosnak bizonyult földi poszméh (*Bombus terrestris* Linnaeus, 1758) e szempontok tekintetében kifejezetten agresszív habitussal rendelkezik. Elfoglalja az őshonos fajok fészkeit, de nem feltétlenül látogatja ugyanazon növényeket, amelyeket az őshonos faj poroz (KEARNS et al., 1998). Az agráriumban ismert legjelentősebb beporzó az *Apis mellifera* elterjesztéséért is az ember felelős. A faj ugyan nem tekinthető invazívnak, mégis sok tulajdonsága erre utal. A rendelkezésre álló erőforrások hasznosításában az őshonos szervezetek kompetitora (PAINI, 2004). Az amerikai kontinens területén problémát jelent, hogy a házi méhek európai alfajának (*Aphis mellifera linguistica*) és afrikai alfajának (*Apis mellifera scutellata*) hibridje, az afrikanizált méh (*A.m. scutellata* x *A. m. linguistica*) kiszorítja az őshonos pollinátorokat, így végső soron a diverzitás csökkenését eredményezheti (KEARNS et al., 1998).

3.2.3. Méhegészségügyi tényezők

További méhállományt csökkentő tényező között szerepel a számos kórokozó, parazita és kártevő faj, amely a házi méhre (*Apis mellifera*) specializálódott. Elsőként legfontosabb megemlíteni a Varroa atkát (*Varroa destructor* Oud.). A Varroa atka (*Varroa destructor* Oud.), vagy nagy ázsiai méhatka, a mézelő méh ektoparazitája. A legveszélyesebb élősködőnek számít méhek tekintetében, ugyanis a méh lárvájával, bábjaival és hemolimfájával is egyaránt táplálkozik. Komolyabb fertőzöttség esetén a rovar nem tud teljesen kifejlődni, ekkor szárnyai, lábai és potroha deformált lesz. Ebből adódóan ezek az egyedek nem életképesek. Az atka közvetett károkozása mellett azt is fontos tudni, hogy vírusvektorként is szolgál. EVANS és ARONSTEIN (2006) szerint méhállományokban a deformáló szárny-vírus (DWF) okozza a legnagyobb gazdasági károkat.

Az utóbbi évtizedekben sok akaricid került forgalomba és számos védekezési módszer látott napvilágot, de csupán az élősködő atkák számát sikerült csökkenteni, végleges megoldást

egyik sem jelentett. A megporzást végző rovarok egyedszámának csökkenése közvetlenül érzékelhető gazdasági következménnyel jár, így nagyon fontos az atka parazitáltsággal kapcsolatos kérdések megválaszolása. A paraziták és patogének hatására a társas rovarok kifejlesztették az egyedi és a csoportos védekező stratégiájukat. A tisztántartás, a fészek higiénia és más ezzel kapcsolatos viselkedésformák egyaránt jellemzőek a társas rovarokra, hogy csökkentsék a baktériumok, gombák és parazita atkák kártételét. JACOB és mtsai (1991) szerint erre klasszikus példa, amikor a dolgozók megtalálják és eltávolítják a fertőzött lárvákat az egészséges fiasítás közül (ANDRÁS et al., 2011).

A *Varroa destructor* nőténye 1,1-1,2 mm hosszú és 1,5-1,6 mm széles, harántovális alakú. Hátdoldala teljes egészében egy barna színű pajzssal borított, ez a hasi oldalra is befordul, mely területén hátrafelé ívelő serteszerű szőrök találhatók. A nőtény e szörképletek segítségével passzív módon képes magát a méhek szőrébe rögzíteni. Testük lapított, lábuk ambulacrumban végződik, amely a könnyebb kapaszkodást segíti elő, így majdnem lehetetlenné téve a méhek számára azt, hogy az atkát lesodorják magukról. A nőtények főként a méhek viaszmirigye felett, a potrohgyűrűk között szeretnek tartózkodni. Fiasításon kívüli időszakban (kb. 20° C) főként a potrohgyűrűk között tartózkodnak, fiasítás időszakában (kb. 34° C) a méhek testén máshol is elhelyezkedhetnek. A nőtények szájszerve a parazita életmódhoz alkalmazkodott, azonban kismértékben rágásra is képesek vele, de elsősorban a táplálék felszívásáért szolgál. Fő táplálékuk a haemolympha. A *V. destructor* hímje méreteiben kisebb a nőténynél, 0,41-0,50 x 0,6-0,67 mm. A hímek kültakaróját szürkésfehér színű, nem túl szilárd kitinváz adja. Szájszervük táplálkozásra nem alkalmas, ebből adódóan táplálkozni nem tudnak és a nőtény megtermékenyítése után pár nappal elpusztulnak (RITTER, 1981).

A peterakás előtt a nőtényeknek méh lárvákat kell fogyasztaniuk. Ez magyarázattal szolgálhat arra, hogy a nyitott fiasításban is megtalálható az atka a fertőzött családokban. A fertőzöttség mértéke eltérő lehet, 1-8 nőtény is megjelenhet a lefedésre váró álcán, ugyanis a nőtények a fias sejt befedése előtt kapaszkodnak az álcára, hogy petézésüket megkezdhessék. A fejlődő atkák színe fehér. A fejlődési formák sejten kívül sosem életképesek ezért nem találhatóak meg kifejlett méheken. A párzás a fedett sejtben történik meg. A nőtények addig életképesek, amíg a méhek el nem hagyják a cellákat. Az atkák fejlődési adatait érdemes összevetni a méhekével. A méhanya által lerakott pete három nap után álcává alakul. A fedett állapot időtartama meghatározó szerepet játszik az atka elleni védekezés lehetőségeinek megválasztásánál, a viaszfedél alatt. Ugyanis az atka a legtöbb akariciddal szemben tökéletes

védelmet élvez. Az atkák tartózkodási helye családon belül a család fejlődése szerint változik. Fiasítás idején a fejlődő fiasításon találhatók meg. Ősszel és télen, tehát fiasításon kívüli időszakban a kifejlett méheken tartózkodnak inkább (GYÖRGY, 1983).

Az atkafertőzést követően az első pár nap teljesen ártalmatlannak tűnik. Az összeomlás hirtelen következik be. A méhek károsodását az atka táplálkozása idézi elő. A parazita a haemolympha elvonásával csökkenti a méh fehérjetartalékait, így ezzel együtt az életképességét is. Szájszervével sebeket ejt a kifejlett méhen és a lárván is, így fertőzési kaput nyit. Egy fiatal megtámadott méh, pár órán belül testsúlyának 50%-át is képes elveszteni a parazitálás hatására, főként az őszi időszakban. Néhány atka megtelepedése még nem okoz tüneteket, de szaporodásuk következtében a fertőzöttség folyton növekszik. A kikelő méhek nem teljes értékűek. Végtagjaik csonkák és deformáltak, potrohuk rövidebb, szárnyaik rövidebbek vagy összesodródott állapotban vannak, néhány esetben bunkószerűek. Előfordul az is, hogy a fiasítás egy része elpusztul. Az atkák nyugtató hatása érvényesül, ennek következménye a fokozott élelemfogyasztás és kaptáron belüli ürítkezés, ami hatására könnyen a a Nosema betegség is felléphet (GYÖRGY, 1983).

A Varroa atkák természetes öregedésük eredményeként is elpusztulnak, ez az elhullás leginkább ősszel következik be, így érdemes kaptársöpredék vizsgálatot végezni. Ma már tudjuk, hogy az atka ellen csak a fedett fiasítás nélküli, illetve a legkisebb fedett fiasításos időszakokban védekezhetünk eredményesen, mivel a fedett fiasításon szaporodik. Eddig még nem sikerült olyan eljárást kidolgozni, amely egyetlen beavatkozással megszabadítaná a méheket a parazitától. Ennek okai sokrétűek, de hozzá tartozik többek között az, hogy a kezelésre használt vegyi anyagok veszélyeztethetik a méz minőségét, a fiasítás zárt fedele az atkáknak védelmet biztosít, a rezisztencia, a biológiai védekezések nem kielégítőek, illetve kevés azon kémiai anyagok száma, amelyek csupán az atkát pusztítja el és a méhet nem (GYÖRGY, 1983).

A kifejlett méhek gyakori betegsége továbbá a gyomorvész, vagy más néven Nosema. A *Nosema ceranae* egy mikrospórás parazita, amely ismert az *Apis cerana* és *Apis mellifera* méhek parazitálásáról (HIGES et al., 2006). A fertőzés mechanizmusa egy poláris fonal mechanikus befecskendezésén alapul. Kimutatása nagyon nehéz, hiszen nincsen specifikus külső jele a fertőzött méheknél. Pontos diagnózist csupán laboratóriumban végzett kísérletekkel lehet alátámasztani. A betegség főként a tavaszi hónapokban lép fel, mikor valamilyen telelést zavaró körülmény következik be, pl. rossz minőségű élelem, legyengült

egyedek. A *Nosema* egyik tünete a belső ürítkezés, vagy ha túl sok tavasszal az elhalt méh, amelyeknek potrohán duzzanatot lehet megfigyelni (NAGY, 2007).

Méhegészségügyi szempontból szintén fontosnak tekinthető kórokozó a Malpighi amőba (*Malpighamoeba mellificae*). A betegség a méhek kiválasztó szervrendszerének részét, a Malpighi csöveket támadja meg. A méhek ilyenkor az amőbák úgynevezett tartós alakjával, a ciszták felvételével fertőződnek meg. A ciszták kisméretű tokok, amelyben a kórokozó kedvezőtlen körülmények között is akár több hónapig is képes az életben maradásra. A méhek kiválasztószervének csöveit belülről hámsejtek borítják, az elszaporodott amőbák ezek a hámsejteket elpusztítják, ezzel alkalmatlanná téve azokat a felszívásra. Az emésztés után visszamaradt anyagokat, a fertőzött méhek nem tudják eltávolítani, ennek hatására hasmenés következik be. A betegség tünetei hasonlóságot mutatnak a *Nosema ceranae*-val, tehát elsősorban tél végén a méhek elkezdnek a kaptárba ürítkezni, illetve röpképtelenné válnak. A kórokozó kimutatása laboratóriumi vizsgálat útján történik, amihez élő, de már fertőzött méhekből vesznek mintát. Védekezési lehetőség eddig nem született a témában, de a megelőzéshez hozzájárul a méhek higiénikus környezete (BROSS et al., 2015).

A házi méh esetében érdemes kiemelni, hogy a gerinceseknél adott esetekben alkalmazható megelőző vakcinázásra nincs lehetőségünk. Így az immunizálás híján csupán a méhcsalád kolóniaszintű higiénias tevékenységére hagyatkozhat a méhészt (CSÁKI, 2015).

A házi méh fontosabb vírusbetegségei:

- Heveny méhbénulás vírus - Acute bee paralysis virus (ABPV)
- Izraeli heveny méhbénulás vírus - Israeli acute bee paralysis virus (IAPV)
- Idült méhbénulás vírus/Feketekór (CPV)
- Költéstömlősödés vírus - Sacbrood virus (SBV)
- A deformált szárny vírus - Deformed wing virus (DWV)

A házi méh baktériumos betegségei:

- Méhek vérmérgezése (több baktériumfaj is okozhatja)
- Nyúlós költésrothadás/Amerikai költésrothadás – American foulbrood (AFB)
- Európai költésrothadás/Enyhébb költésrothadás

A házi méh gombás betegségei:

- Költésmeszesedés - Chalkbrood (*Ascosphaerosis*)
- Költéskövesedés – Stonebrood (*Aspergillosis*)

Több kutatás az úgynevezett Colony Collapse Disordert (CCD) jelöli meg, a méhpusztulás okának. A kórkép jellegzetessége, hogy néhány kifejlett dolgozó méhet találunk csupán, vagy szélsőséges esetben egyet sem. Annak ellenére áll fenn, hogy a méhanya életben van, és életképes peték, élő lárvák is találhatóak a kereteken. Ilyen esetben rendszerint dolgozó tetemeket sem találunk, így bármiféle akut mérgezésről, vagy egyéb rovarok támadásáról nem beszélhetünk. A kaptárakban található megmaradt egyedek általában különböző ekto- és endoparazitákkal fertőzöttek. Előbbire példa a fent leírt *Varroa destructor*, utóbbira a sporadikus bélrendszeri kórokozó – a *Nosema ceranae*. Összességében a szindróma az Amerikai Egyesült Államok és Európa területeire jellemző (NEOV, 2019).

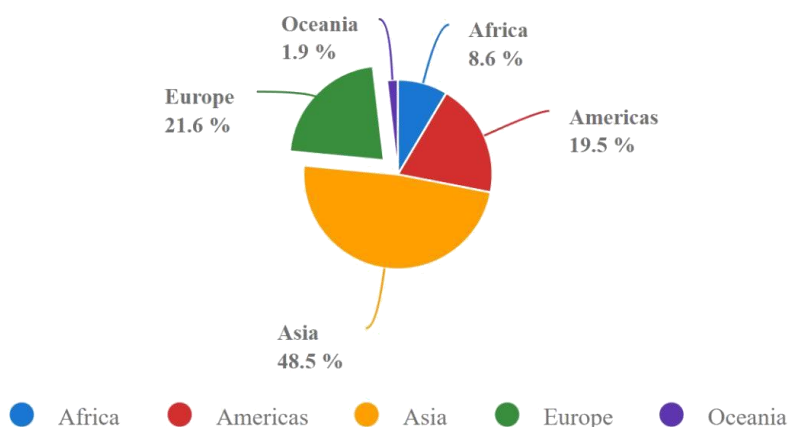
3.3. Méhek és a mezőgazdaság kapcsolata

Az Európai Unió teljes mezőgazdasági kibocsátási értéke a 2022. évre nézve 537 milliárd euró volt. A növénytermesztés kibocsátási értéke 15%-kal növekedett az elmúlt évek adatait tekintve. Legnagyobb mértékű növekedést a burgonya és gabona termékcsoport adott. Hazánk az Unió teljes mezőgazdasági kibocsátásának 2,2%-át szolgáltatta (INTERNET1).

Földünk élelemkészletének egyharmad része valamilyen módon függ a rovarok megporzókéességétől. Ebből adódóan a méhészeti ágazat fenntartása és védelme prioritást élvez (ÁRVÁNÉ, 2011). Kultúrnövényeink 84%-át állati pollinátorok látogatják és porozzák. A beporzást kb. 200 000 állatfaj végzi, melyek közül a legtöbb faj természetesen a rovarok közül kerül ki. Legjelentősebb rovarcsoportokat a *Diptera*, a *Lepidoptera* és a *Coleoptera* rendekbe tartozó egyedek adják. A *Hymenoptera*k az összes rend közül kiemelkedőek az *Apidae* családjukkal, hiszen ide tartoznak a méhek is (ABROL, 2012). Ebből is következik, hogy Európán belül a méhek a legfontosabb beporzó szervezetek (PÁLFY et al., 2009).

A mezőgazdaság ágazatai között a méhészet ugyan jelentéktelennek tűnő arányt képvisel, de annál fontosabb. Az ökoszisztémában és biodiverzitásban is fontos szerepet tölt be a beporzáson keresztül (ORAVECZ et al., 2020a), illetve az előállított méhtermékek által, mint a méz, méhpempő, méhviasz és a propolisz. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének (FAO) kutatása rámutatott arra, hogy a pollinátor szervezetek diverzitásának és mennyiségének növekedése közvetlenül pozitív hatást gyakorol a mezőgazdasági

terméshozamokra és a termelékenységre. A pollinátorként ismert méhfajok szorosan hozzájárulnak az ENSZ által kitűzött fenntartható fejlődés 17 célkitűzése közül 15 teljesítéséhez. A méhészet így ilyen téren is egy nagyon fontos kulcsszerepet betöltő ágazat mind a világ, mind pedig Európa mezőgazdaságában. Az ágazat évente 1 milliárd euróval járul hozzá az európai mezőgazdasági termeléshez és további 22 milliárd euróval a megporzó tevékenységükből adódó kertészeti és mezőgazdasági növények megtermékenyítésével (PAPP, 2015). Az Európai Unió a világ legnagyobb mézimportőrei között szerepel.



1. ábra A világ méztermelésének százalékos megoszlása 2022-ben (Forrás: FAO)

A méz alapvetően elsődleges produktuma a méhészetnek és szerves része a mezőgazdaságnak. FAO adatok alapján (1. ábra) a 2022. évben a világ méztermelése 1,77 millió tonna volt. A legnagyobb méztermelő régió Ázsia, ahol előző évben közel 849 ezer tonna mézet termeltek. Ezt követi Európa, a maga 371 ezer tonnájával (INTERNET2). Az európai uniós tagországok exportja teszi ki az EU export legnagyobb részét, 2019-ben ennek értéke 143,9 ezer tonna volt. Belgium, Németország, Spanyolország, Magyarország és Lengyelország a legnagyobb mézexportőrök. Hazánk a 2017. és 2018. évben a legnagyobb exportőr volt az EU-n belül (INTERNET3). Magyarország 2021. évi méztermelése éves szinten 14 ezer tonna volt a legutóbbi feldolgozott adatok szerint (INTERNET4). A méhészeti ágazatnak a 2018. évben a magyar mezőgazdaság bruttó termelési értékének 1,3%-át köszönhetjük (SZABÓ, 2020). A 2022. évben hazánkban a 5,3 millió ha-on folyt mezőgazdasági művelés (INTERNET5).

Napjainkban ekkora mértékű területen folytatott termelés elképzelhetetlen lenne kémiai növényvédelem nélkül. Hazánkban a 2022-ben közzétett adatok szerint a felhasznált növényvédő szer mennyiség 25 ezer tonna volt. Ennek 33%-a gyomirtó, 19%-a gombaölő,

18% rovarölő és a fennmaradt 30% egyéb szer volt. A gombaölő szerek közül a kén, a tebukonazol és a protiokonazol hatóanyagot tartalmazó készítmények iránt volt a legélénkebb a kereslet. Míg rovarölő szerek között a Force 1,5 G-ből történt a legtöbb értékesítés (INTERNET6). A mezőgazdasági termelés során felhasznált peszticidek (főként inszekticidek), a kezelt kultúrákon és célszervezeteken túl, hatással vannak a környezetre és a non target, tehát nem cél szervezetekre, mint például a méhekre. A várható hatások előrejelzése érdekében, minden engedélyezés során kockázatbecslések elvégzése szükséges. A kockázatbecslések az ökotoxikológiai vizsgálatok eredményein alapulnak, amelyek segítségével megállapítható a peszticidek környezetre gyakorolt hatása és ez alapján felhasználásuk korlátokhoz kötődik a környezeti terhelés csökkentése érdekében. A környezetre gyakorolt kockázatokat csoportokra osztják, amelyből az egyik legfontosabb a beporzó szervezeteket képviselő méhek. Az ehhez szükséges vizsgálatokra és az eredmények értékelésére vonatkozó előírásokat, a növényvédő szerek forgalomba hozatalának és felhasználásának engedélyezéséről, valamint a növényvédő szerek csomagolásáról, jelöléséről, tárolásáról és szállításáról szóló 89/2004. (V. 15.) FVM rendelet, valamint a növényvédő szerek forgalomba hozataláról valamint a 79/117/EGK és a 91/414/EGK tanácsi irányelvek hatályon kívül helyezéséről szóló Európai Parlament és a Tanács 1107/2009/EK rendelete tartalmazza. A fent leírt jogszabályok értelmében, minden peszticid méhekre gyakorolt hatását meg kell vizsgálni, kivételt képez ez alól csupán az a tény, ha a készítmények a felhasználás során nem kerülnek kontaktusba méhekkel. Utóbbi eset lehet a zárt helyen történő élelmiszer tárolás, növényi sérülést gyógyító készítmények, beporzást nem igénylő zárt termesztő berendezések, rágcsálóirtó csalétek. Az előírt vizsgálatokban meg kell határozni a peszticid készítmény akut orális és kontakt közepes, letális dózis (LD50) értékeit.

- Az akut toxicitás és a fiasításra gyakorolt hatások alapján, ha a vizsgált készítmény orális és/vagy kontakt LD50 értéke kisebb, mint 1 µg/méh, és/vagy káros a fiasításra, a növényvédő szer „méhekre kifejezetten veszélyes” besorolást kap.
- Ha az LD50 értékek 1 és 100 µg/méh érték közöttiek, a készítmény besorolása „méhekre mérsékelten veszélyes”.
- Amennyiben az orális és kontakt LD50 értékek 100 µg/méh értéknél magasabbak, a készítmény a „méhekre nem jelölésköteles” besorolást kapja.

Számos esetben azonban a laboratóriumban elvégzett vizsgálatokon túl, magasabb szintű ketreces és szabadföldi vizsgálatokra is sor kerülhet. Az ilyen jellegű vizsgálatok a készítmény

toxicitása mellett, a felhasználásának módját is figyelembe veszik. A laboratóriumi és a magasabb rendű vizsgálati eredményekből kockázatbecslés történik, amely alapján úgyszintén három kategóriába sorolódnak a növényvédő szerek:

Méhekre kifejezetten veszélyes vagy kifejezetten kockázatos növényvédő szerek közvetlen kontakt toxicitása 90-100%, és a hatóanyagok toxikus hatása 12 óránál tovább fennáll a kezelt kultúrában. Az ilyen készítmények használata tilos virágzó kultúrákban. Virágzáson kívüli időszakban is tilos a használatuk, amennyiben a táblát vagy annak környékét tömegesen virágzó mézelő növények borítják, vagy a táblát a méhek egyéb okokból látogatják. Virágzó kultúrákban vagy az előbb említett okok miatt méhek által látogatott táblákon csak méhekre nem jelölésköteles, vagy méhekre mérsékelten veszélyes vagy mérsékelten kockázatos növényvédő szerek alkalmazhatóak.

Méhekre mérsékelten veszélyes vagy mérsékelten kockázatos készítmények kontakt toxicitása 60-100%, hatóanyagtartalmuk 8 órán belül lebomlik. Ha a szerek engedélyokirata lehetővé teszi, akkor ezen készítményeket kizárólag méhkímélő technológia alkalmazása mellett lehet felhasználni. Ilyen esetben a kezelést a házi méhek napi aktív repülésének befejezése után, legkorábban a csillagászati naplemente előtt egy órával lehet megkezdeni és legkésőbb 23 óráig be kell fejezni, annak érdekében, hogy a növényvédő szernek legyen ideje az éjszaka folyamán lebomlani.

Méhekre nem jelölésköteles növényvédő szerek rendeltetésszerű felhasználása nem veszélyezteti méheket, így azok virágzó kultúrákban és méhek közelében is alkalmazhatóak. Bizonyos esetekben azonban, a készítmények engedélyokirata tartalmazhat korlátozó előírásokat

A fent leírt mindkét féle besorolás megtalálható, minden peszticid okiratban, de a készítmények címkéjén már elegendő a kockázat alapú besorolás feltüntetése. Ugyanis ez a típusú besorolás gyakorlati jelentőségű a készítmény felhasználása során, mert a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet szabályozza a különböző besorolású növényvédő szerek felhasználásának módját (INTERNET7).

3.4. Toxikológia áttekintés

Az utóbbi időben sajnos nagyarányú méhpusztulások jellemzik Földünket, amelynek háttérében számos együttes tényező állhat, sok esetben mégis a méhkímélő technológiák elmulasztása a fő ok. A folyamatosan kialakuló kártevő-rezisztencia kérdésköre újabb

vegyszerek kísérletezését indukálja. Az 1990-es években kerültek piacra a szintetikus neonikotinoidok, amelyek szisztémikus hatású rovarölő idegmérgek és elnyújtott hatásuk miatt, válogatás nélkül mérgezik a növényi nedveket fogyasztó rovarokat (BÉKÉSI, 2015). Ezen típusú inszekticidek kiemelt figyelmet kaptak szer-méh kapcsolatban. A neonikotinoidok a nikotin szintetikus analógjai. Az ingerületi állapotot tartják fenn, a nikotin receptor (nAChR) aktiválásával. A méhek képesek a természetes nikotinok detoxikálásra egy ma még nem tisztázott mechanizmus segítségével. De a neonikotinoid csoporton belül is van szelektivitás a detoxikálást illetően, a molekula szerkezet függvényében. Kétféle felosztás létezik a neonikotinoidok körében: 19 nitroguanidin (klotianidin, tiametoxam, imidakloprid) és cianoguanidin (acetamiprid, tiakloprid) csoportok. A nitroguanidin nikotinoidok rendkívül toxikusak a házi méhekre nézve. Akut LD50 értéke 0,004-0,075 µg/méh között változik. Sokkal kevésbé mérgezőek a cianoguanidin csoportba tartozók. Az itt tapasztalt LD50 értékek 7,1 µg/méh-től a 14,6 µg/méh-ig változtak. A két csoport közötti jelentős különbség valószínűsíthetően a gyorsabb metabolizmusból fakad, mely a citokróm P450 enzimek segítségével valósul meg (JOHNSON, 2015). A citokróm P450-es enzimek számos biotranszformációs folyamatban vesznek részt, többek között testidegen kémiai anyagok metabolizmusának is fontos szereplői. Ebből adódóan, néhány inszekticiddal szembeni rezisztencia is a P450 enzimcsaládokra vezethető vissza. Az *Apis mellifera* esetében a P450 enzimek közül a CYP9Q alcsaládnak tulajdonítanak nagy jelentőséget bizonyos inszekticidek és akarcidek metabolizmusában (WADE et al., 2019).

Európán belül több kutatás és laboratóriumi, illetve szabadföldi kísérlet zajlott, az elmúlt 20 évben. Franciaországban a kétezres évek elején, hároméves terepi felmérést végeztek a mézelő méhek tanulmányozására (*Apis mellifera* L.). A vizsgálat célja az volt, megvizsgálják a méhészeti mátrixokban (méz, virágpor, méhviasz) található inszekticid maradványok és a méhcsaládok közötti lehetséges kapcsolatot. A kutatási eredmények alapján az imidakloprid és a 6-klór-nikotinsav maradványok voltak a leggyakoribbak. Azonban nem találtak statisztikai összefüggést a kolóniák pusztulása, a fiasítás abundanciája és a növényvédőszer-maradványok között (CHAUZAT et al., 2009).

A méhegészségügyi fejezetben említett CCD széleskörű jelentkezése nyomán, az USA-ban mintavételi programok vették kezdetüket szerte az országban. Több mint 800 méh-, virágpor- és viaszmintában vizsgálták 171 peszticid jelenlétét. Ezekből 350 db virágporminta 60%-ában legalább egy csávázószert meg lehetett találni, illetve az esetek közel felében jelen voltak a

kumafosz és a fluvalinát atkairtók és a klórtalonil gombaölő hatóanyag is. Olyan virágporminta is begyűjtésre került, mely 39 különböző hatóanyagot tartalmazott. A dolgozó méhek által gyűjtött pollenben megtalálhatóak voltak a klórtalonil, a boszkalid, a kaptán és a mikrobutanil gombaölők, a karbaril, a klórpiprifosz és az imidakloprid rovarölők, illetve a pendimetalin gyomirtó hatóanyag. A lépminták 98%-ában előfordult a fluvalinát és a kumafosz, illetve kisebb

mennyiségben jelen voltak amitráz bomlástermékek. A virágporminták 98 hatóanyagot és bomlásterméket tartalmaztak, más-más eloszlásban. A legmagasabb koncentráció 214 ppm volt, ez már figyelemre érdemes mennyiség a fiasítás és felnőtt méhek szempontjából is a táplálékukban. Az előbb felsorolt hatóanyagok némelyike szubletális hatásával gyengíti a méhek szervezetét és kombinációs hatásuk eredményeképp a CCD-ben szerepet tölthetnek be. Ez egybevág Van Engelsdrop későbbi feltevésével, mely szerint a méhcsalád pusztulását több faktor együttes hatása idézi elő és nem elhanyagolható a peszticidek szerepe e jelenség kialakulása során (FRAZIER et al., 2011).

TEETERS és mtsai (2012) egy videokövető rendszert használtak a tau-fluvalinát és imidakloprid szubletális expozíció hatásának mérésére a mézelő méhek mozgására, interakcióira és a táplálékforrás közelében töltött időre, egy 24 órás megfigyelési időszak alatt. A méheket vagy helyileg kezelték 0,3, 1,5 és 3 µg tau-fluvalináttal, vagy 0,05, 0,5, 5,0, 50 és 500 ppb imidaklopridnak tették ki cukor-agar kockában elkészítve. A tau-fluvalinát minden dózisszintnél szignifikáns csökkenést okozott a megtett távolságban ($p < 0,05$), akárcsak az 50 és 500 ppb imidakloprid ($p < 0,001$). Az 50 és 500 ppb-nek kitett méhek szignifikánsan több időt töltöttek a táplálékforrás közelében, mint a kontroll méhek ($p < 0,05$). A kölcsönhatási idő mindkét vegyszer esetében csökkent, ahogy nőtt a táplálékzónában töltött idő (TEETERS et al., 2012).

JOHNSON és mtsai (2009) a *Varroa destructor* a mézelő méhek (*Apis mellifera* L.) pusztító kártevőjéhez használt inszekticiddel kísérleteztek. A foszfát hatóanyagú kumafoszttal és a piretroid tau-fluvalináttal sikerült pozitív eredményeket elérni az atka gyérítések kapcsán. Mind a kumafosz, mind a tau-fluvalinát lipofil vegyületek, amelyek felszívódnak a kaptár viaszkomponenséből, ahol stabilak, és ismételt kezelések során felhalmozódhatnak, így a méhek egyszerre mindkét vegyületnek ki lehetnek téve. Bár ezeket a vegyületeket a méhekre gyakorolt alacsony toxicitásuk miatt választották kaptáron belüli akaricidnek, ez az alacsony toxicitás legalábbis részben a citokróm P450 monooxygenáz enzimek (P450) által közvetített

gyors detoxikációtól függ. JOHNSON és mtsai (2009) laboratóriumi vizsgálataik során a tau-fluvalinát toxicitásának nagymértékű növekedését figyelték meg a korábban kumafossal kezelt 3 napos méhek esetében, és a kumafosz toxicitásának mérsékelt növekedését a korábban tau - fluvalináttal kezelt méhek esetében. A megfigyelt szinergizmus a z akaricidek közötti, a detoxikáló P450-ekhez való hozzáférésért folytatott versengésből eredhet. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a mézelő méhek pusztulása egyébként szubletális dózisu akaricidek alkalmazásakor előfordulhat, ha a kaptárban egyidejűleg tau-fluvalinát és kumafosz van jelen (JOHNSON et al., 2009).

A citokróm P450 által közvetített méregtelenítés számos rovarban hozzájárul a piretroid-toleranciához. A CYP3 klán középből P450-eit expresszálták, vizsgálták, és kimutatták, hogy a CYP9Q1, CYP9Q2 és CYP9Q3 metabolizálja a tau-fluvalinátot olyan formává, amely alkalmas a további hasításra a karboxilészterázok által, amelyek szintén hozzájárulnak a tau - fluvalinát-toleranciához. Ezek az *in vitro* vizsgálatok azt jelezték, hogy mindhárom CYP9Q enzim detoxikálja a kumafoszt is. A molekuláris modellek azt mutatják, hogy a kumafosz és a tau-fluvalinát ugyanabba a katalitikus zsebbe illeszkedik, ami lehetséges magyarázatot ad a két vegyület között megfigyelt szinergizmusra. Ezeknek a P450-eknek a független szabályozása hasznos lehet a kaptárban és a mezőgazdasági területeken történő peszticid-expozíció nyomon követésében és megkülönböztetésében (MAO et al., 2011).

JOHNSON (2015) kísérlete alátámasztja, hogy az idősebb dolgozó méhek a kaptártól akár 10 kilométeres távolságra is eltávolodnak élelemkeresés közben. Ekkora távolságok megtétele alatt természetes és szintetikus toxikus anyagokkal is kapcsolatba kerülhetnek, amelyeket lehetőség szerint akár a kaptárba is magukkal vihetnek. A virágpor és a nektár is szennyeződhet a növényvédő szer használat során kijuttatott kémiai anyagoktól. Ezen felül a növények vizet gyűjtenek felszíni vízforrásokból. Ezek a folyadékforrások akár nagy koncentrációban is tartalmazhatnak szisztémikus és természetes inszekticideket (JOHNSON et al., 2015).

A gombaölő szerek különösen alattomos stresszorok lehetnek a beporzók számára, mivel a környezetben mindenütt jelen vannak, és széles körben engedélyezték a növények virágzása idején történő kijuttatásukat. FISHER és munkatársai (2022) tanulmányában a mandula beporzási szezonjának megközelítő időtartamú, négyhetes expozíció során, a mézelő méhcsaládokra gyakorolt hatását vizsgálták egy, boszkalid és piraklostrobin hatóanyagú fungicidnek. Nyáron a boszkalidnak és piraklorostrobinnak való expozíció koraérett

táplálékkeresést idézett elő, és csökkentette a dolgozók élettartamát, ami kisebb kolóniákat eredményezett. Ősszel az expozíció korai táplálékszerzést indukált, de egyébként nem volt jelentős mért hatása. Ősszel a kifejlett egyedek és a költőpopuláció szintje, valamint a pollenfogyasztás és gyűjtés sokkal alacsonyabb volt, valószínűleg a télre való felkészülés miatt (FISHER et al., 2022).

IWASA és munkatársai (2004) kísérleti eredményei alátámasztották, hogy bizonyos szterolbioszintézis gátló fungicidek (például a tebukonazol) jelenléte a méh szervezetében gátolta bizonyos inszekticid (például az acetamiprid) hatóanyagok metabolizmusát, laboratóriumi körülmények között.

WADE és munkatársai (2019) *in vitro* vizsgálatukban gombaölő hatóanyagokat (a szabadföldi tankkeverékek viszonyainak megfelelő koncentrációk) tartalmazó táplálékok méhfiasításra gyakorolt hatásait tanulmányozták. Tanulmányukban alátámasztották, hogy a propikonazol, az iprodion, a boszkalid és a piraklostrobin sem okozott a kontroll csoporthoz képest szignifikáns túlélésbeni eltérést a méhlárvák között.

Magyarországon, Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, 2016-ban, 200 méhcsaládból álló méhészet pusztult el. A megvizsgált méhhullákban Unifosz (diklórfosz) szerepelt a szermaradékok között. Továbbá a vizsgálat során endoszulfán, dimetoát, ciprodinil, bupirimát és penkonazol hatóanyagok jelenlétét is jelezte a laboratóriumi teszt. A laboratóriumi vizsgálatok során jelzett penkonazol szermaradvány értéke 0,02 mg/kg volt. A méhtoxicitási vizsgálatok eredményei alapján az LD₅₀ érték 5 µg/méh. A 0,02 mg/kg mennyiség µg/méh mértékegységben kifejezett értéke 0,0004. A penkonazol szermaradványok esetében az alacsony (<0,1 µg/méh) érték arra utal, hogy ezen hatóanyagú szerek indirekt módon is a méhek szervezetébe juthattak a környező mezőgazdasági kultúrákat látogatva. A méhek röpkörzetében található mezőgazdasági területek, elsősorban gyümölcsösök (alma, barack és meggy) (TAKÁCS - OLÁH, 2017).

4. Anyag és módszertan

4.1. A vizsgálatban felhasznált növényvédő szerek bemutatása

Dolgozatomban a növényvédelmi gyakorlatban széles körben alkalmazott két készítmény, a méhekre nem jelölésköteles, tau-fluvalinát hatóanyag-tartalmú MAVRIK 24 EW rovarölő szer és a méhekre nem jelölésköteles, penkonazol hatóanyag-tartalmú TOPAS 100 EC gombaölő szer kerültek felhasználásra.

4.1.1. MAVRIK 24 EW rovarölő szer bemutatása

Növényvédő szer rendeltetése:	rovarölő permetezőszer
Növényvédő szer formulációja:	olajemulzió vizes fázisban (EW)
Hatóanyaga:	ISO név: tau-fluvalinát JUPAC név: (RS)-α-ciano-3- fenoxibenzil-N-(2-klórα,α,α- trifluor-p-tolil)-D-valinát CAS szám: 102851-06-9 részaránya 240 g/l
Hatóanyag tartalom:	23,3 $\pm$ 1,4 %(m/m)
Fizikai-kémiai tulajdonságok:	Meg kell feleljen az „EW” formuláció FAO követelményeinek
A készítmény p.o. LD ₅₀ értéke (patkányon):	>2000 mg/kg
Vízi szervezetekre való veszélyessége:	kifejezetten veszélyes
Méhveszélyesség:	nem jelölésköteles
Méhveszélyesség toxicitás alapján:	nem jelölésköteles
Méhveszélyesség kockázatbecslés alapján:	nem jelölésköteles
Tűzveszélyességi besorolás:	nem jelölésköteles
Forgalmazási kategória:	II. és III. kategória
Légi kijuttatás:	repcében és napraforgóban 70-80 l/havízmennyiséggel engedélyezett
Munkaegészségügyi várakozási idő:	0nap

Élelmezés-egészségügyi várakozási idő:

kalászosok (őszi búza, rozs, tritikálé, árpa, zab) alma	30 nap
őszi káposztarepce, mustás, olajretek	56 nap
napraforgó	60 nap
szőlő	21 nap

A tau-fluvalinát a piretroid csoportba tartozó rovarölő szer. A piretroid, a *Chrysanthemum cinerariaefolium* és *C. coccineum* virágai által termelt természetes kémiai piretrinekhez hasonló, szintetikus kémiai vegyület. A piretroidok gyakoriak az olyan kereskedelmi termékekben, mint a háztartási rovarirtók és rovarriasztók. A napfény és a légkör hatására általában egy-két nap alatt lebomlanak, és a talajvíz minőségét sem befolyásolják jelentősen, azonban a halakra mérgező hatásúak. Biokémiai hatásukkal az axonmembrán Na^+ áteresztő képességét befolyásolják. Jelenlétük hatására nő a Na^+ -ion-áteresztés, a „nátriumkapu” késve zár, mintha a nyitott állapotot igyekeznének rögzíteni, ezzel az anoxális vezetés zavarát idézik elő. Rendelkeznek néhány figyelemre méltó tulajdonsággal. Viszonylag kis dózis alkalmazása elegendő inszekticid hatás eléréséhez. A rovarok szervezetébe könnyű bejutásuk és gyors taglózó hatást fejtenek ki. A központi és a perifériás idegrendszert bénítják, de emlősökre nem mérgezőek. Széles hatásspektrummal rendelkeznek (LOCH – NOSTICZIUS, 2004).

A tau-fluvalinát a fluvalinát (2R) diasztereomerjei. Szerepe van piretroid-észter rovarölő szerként és piretroid-észter atkaölőszerként is egyaránt. Az egyik legszélesebb körben használt atkaölő szer a méhészetben, hatékonysága és a méhekre gyakorolt alacsony toxicitása miatt. E vegyület intenzív és ismétlődő alkalmazása azonban olyan szelekciós nyomást eredményez, amely - ha hosszú időn keresztül fennmarad - hozzájárul a rezisztens atkák megjelenéséhez a méhcsaládokban, ami veszélyezteti az atkaölő kezelések hatékonyságát (STRAUSS et. al, 2016).

1. táblázat A növényvédő szer felhasználásra vonatkozó előírások. (Forrás: INTERNET8)

Kultúra	Károsító	A kezelések évenkénti maximális száma	Két kezelés között eltelt minimá lis időtarta m (nap)	Dózis (l/ha)	Permetlé (l/ha)	Az utolsó kezelés ideje (fenológiai állapot szerint)
kalászosok (őszi búza, rozs, tritikálé, árpa, zab)	vetésfehérítő bogár, levéltetvek, poloskák	2	10	0,2	300-400	szemképződés (BBCH 70)
őszi káposzta- repcse	repcse- fénybogár repceszár- ormányos, repcebecő- ormányos, repcedarázs, mustárdarázs, levéltetvek	2	14	0,2	300-400 70-80 (légi)	Virágzás (BBCH 67)
mustár, olajretek					300-400	
napraforgó	levéltetvek, poloskák	2	14	0,2	300-400 70-80 (légi)	Virágzás (BBCH 67)
alma	almamoly, aknázómoly, levéltetvek	2	14	0,2-0,3	800-1000	végző gyümölcsméret (BBCH 80)
szőlő	szőlőmolyok, amerikai szőlőkabóca	2	14	0,2-0,3	600-1000	érés kezdete, bogyószemkép- ződés (BBCH 80)

Előírt növényvédelmi technológia:

Kalászosokban: A készítmény felhasználása főként a vetésfehérítő bogarak, levéltetvek és poloskák tömeges betelepülésekor, illetve lárvakelés kezdeti szakaszán indokolt.

Repcében, mustárban, olajretekben: A védekezés szükségességéről a repce-fénybogarak egyedszám felmérése után kapott adatok alapján lehet döntést hozni. Ha ezen rovarok jelenléti küszöbértéke 5 darab/ növény, akkor javasolt a védekezés elvégzése. A tavaszi időszakban a repce-fénybogár, repceszár-ormányos és repcebecő-ormányos ellen a kártevők táblára történő betelepülési időszakában, illetve az imágó létszám figyelemmel kísérése mellett javasolt a védekezést elvégezni.

Napraforgóban: A levéltetvek első kolóniájának megjelenésekor indokolt a védekezést elkezdni. A tábla környezetében elhelyezkedő, egyéb kultúrákból betelepülő, mezei poloskák elleni védekezés szükségességéről növényvizsgálat után lehet dönteni.

Almában: Almamoly ellen szexferomon-csapdás előrejelzési adatokból következtetünk a rajzáscsúcsra, majd tojásrakásra és a tömeges lárvakelésre. A védekezés megindítása legutóbbi esetében indokolt. Aknázómolyok ellen a védekezést a rajzáscsúcsot követő fiatal lárvák megjelenése után kell elkezdni. Elhúzódó rajzás esetén a kezelést 14 nap múlva célszerű megismételni

Szőlőben: Szőlőmolyok elleni védekezést, az előrejelzési adatokra alapozva, az imágók tojásrakását követő, tömeges lárvakelés idejére célszerű időzíteni. Erős fertőzöttség és elhúzódó rajzás esetén, nemzedékenként szükséges lehet két permetezési kör 14 napos időközzel. Az amerikai szőlőkabóca valamennyi fejlődési stádiuma ellen felhasználható, de legcélravezetőbb az L1-L3 fejlettségű lárvákra alapozni a védekezést. Egy tenyészidőszak alatt maximálisan 2 alkalommal juttatható ki a készítmény (1. táblázat; INTERNET8).

4.1.2. TOPAS 100 EC gombaölő szer bemutatása

Növényvédő szer rendeltetése:

Növényvédő szer formulációja:

Hatóanyaga:

Hatóanyag tartalom:

Fizikai-kémiai tulajdonságok:

A készítmény p.o. LD₅₀ értéke (patkányon):

Vízi szervezetekre való veszélyessége:

Méhveszélyesség:

Méhveszélyesség toxicitás alapján:

gombaölő permetezőszer

emulzióképző koncentrátum (EC)

ISO név: **penkonazol**

CAS szám: 66246-88-6

IUPAC név: 1-[2-(2,4-diklór-fenil)pentil]-1H-[1,2,4] triazol

tiszta hatóanyag részaránya **100 g/l**

10 ± 0,5%(m/m)

**Meg kell feleljen az „EC”
formuláció FAO
követelményeinek**

> 2574 mg/ttkg

közepesen veszélyes

nem jelölésköteles

nem jelölésköteles

Méhveszélyesség kockázatbecslés alapján:	nem jelölésköteles
Tűzveszélyességi besorolás: kategória)	tűzveszélyes folyadék (3.
Forgalmazási kategória:	III. kategória
Légi kijuttatás:	nem engedélyezett
Munkaegészségügyi várakozási idő:	0 nap
Élelmezés-egészségügyi várakozási idő:	
alma, körte, birs, naspolya	14 nap
cseresznye, meggy, szilva	7 nap
őszibarack, kajszibarack	14 nap
szőlő (bor, csemege)	35 nap
paprika, paradicsom (hajtatott)	7 nap
uborka, dinnyefélék, tökfélék	3 nap (hajtatott) 7 nap (szabadföldi)
szamóca	3 nap
ribiszke, köszméte	21 nap
közterületi dísfák, dízcserjék, dísnövények	előírászerű felhasználás esetén nem szükséges

A penkonazol, mint hatóanyag a triazolok csoportjába tartozik. A triazolszármazék fungicidek nagy arányban szisztémus hatásúak. Többnyire levélfungicidként és csávázószerként használhatóak, protektív, illetve kuratív hatásúak. Egyaránt felhasználhatóak gyümölcsfák, dísnövények és szántóföldi növények védelmére. Ergoszterolszintézis-gátló hatásuk a sejtfal hibás és működésképtelen megváltozásához vezet, ami a spórák csírázásának, a micéliumok fejlődésének visszatartásában és a spóráképzés gátlásában nyilvánul meg (LOCH – NOSTICZIUS, 2004).

2. táblázat A növényvédő szer felhasználásra vonatkozó engedélyek (Forrás: INTERNET9)

Kultúra	Károsító	A kezelések évenkénti maximális száma	Két kezelés között eltelt minimális időtartam (nap)	Dózis (l/ha)	Permetlé (l/ha)	Az utolsó kezelés ideje (fenológiai állapot szerint)
szőlő	lisztharmat	4	10	0,25-03	600-1000	borsó nagyságú bogyóállapot (BBCH 75)
almatermésűek (alma, körte, birs, naspolya)	lisztharmat, varasodás	3	10	0,5	800-1000	2 héttel betakarítás előtt (BBCH 84)
csonthéjasok (cseresznye, meggy, szilva)	monília, lisztharmat, apiognomó-niás levélfoltosság	4	7	0,5 0,3 0,5	800-1000	1 héttel betakarítás előtt (BBCH 86)
csonthéjasok (őszibarack, kajszibarack)	monília, lisztharmat, apiognomó-niás levélfoltosság	3	7	0,5 0,3 0,5	800-1000	2 héttel betakarítás előtt (BBCH 84)
szamóca	lisztharmat, mikoszfere-lás, gnomóniás-, diplokarponos levélfoltosság	4	8	0,5	300-1000	1 héttel betakarítás előtt (BBCH 86)
ribiszke, köszméte	lisztharmat, mikoszfereállítás levélfoltosság, rozsdabetegségek	4	8	0,25	500-1000	90 %-os bogyófejltség (BBCH 79)
paprika, paradicsom (hajtatott)	lisztharmat	3	8	0,5	600-1500	érés kezdete BBCH 80
kabakosok (hajtatott és szabadföldi)	lisztharmat	4	14	0,35	400-1500	érés kezdete BBCH 80
rózsa	lisztharmat	4	8	0,5	1000-1500	nincs korlátozás
közterületi díszfák, díszcserjék és dísznövények	lisztharmat, apiognomó-niás, gnomóniás-, guignardiás betegség	2	10	0,5	800-1500	nincs korlátozás
Kiskultúrás felhasználás (1107/2009 EK rendelet 51-es cikk szerint). A felhasználás nincs alátámasztva EPPO IV zónás biológiai hatékonysági és növény szelektivitási vizsgálatokkal.						
közterületi díszfák	lisztharmat, apiognomó-niás, gnomóniás-, guignardiás betegség	1	-	0,06-0,2 ml/cm törzssátmérő	-	nincs korlátozás

Előírt növényvédelmi technológia:

Szőlőben: Lisztharmat esetében, az első tünetek megjelenésekor majd fertőzésveszélytől függően további 2-3 alkalommal célszerű védekezni. A kórokozóra fogékonyabb fajtáknál a magasabb dózis alkalmazása javasolt.

Almatermésűekben: Varasodás és lisztharmat ellen zöld-, valamint pirosbimbós állapottól kezdődően a hajtásnövekedési időszak végéig 3 kezelés javasolt. Fokozottabb varasodás veszély esetén érdemes kontakt hatású készítmények használatával kiegészíteni a kezelést (pl., ditiokarbamátok, kaptán).

Csonthéjasokban: Monília hajtás és virágfertőzés elleni védekezést ajánlott a virágzás kezdetére és végére időzíteni. Kevésbé járványveszélyes helyzetben egy kezelés végrehajtása is elegendő, a virágzás kezdeti szakaszában.

Őszibarackban: Lisztharmatra fogékony fajtáknál a védekezést a hajtásnövekedés kezdetén célszerű elvégezni. Majd a fertőzés intenzitásától függően 14 naponta ajánlatos ismételni, maximálisan 3 alkalommal.

Kajszibarackban: Apignomóniás levélfoltosság elleni kezeléseket az előrejelzési adatokra támaszkodva, preventíven kell elkezdni. A permetezéseket 3 alkalommal, 7-10 naponként célszerű megismételni. Magas fertőzési időszakban a felszívódó szert, kontakt hatású készítménnyel javasolt kombinálni (mankoceb, kaptán).

Szamócában: Gombás betegségei ellen, előrejelzési adatokra lapozva, preventíven kell kezelni. Szükség esetén 8-10 napos időközönkénti ismétléssel.

Köszmétében és ribiszkében: Lisztharmat, illetve más gombás betegségek ellen megelőző jelleggel javasolt védekezni. Virágzási utáni bogyónövekedés időszakában 8-12 naponként, 3-4 alkalommal célszerű védekezni.

Hajtatott paprikában és paradicsomban: Lisztharmat kezdeti tüneteinek megjelenésétől 8-12 naponta, 2-3 alkalommal kell védekezni.

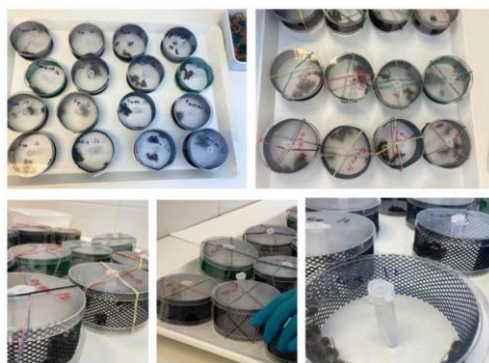
Kabakosokban: Lisztharmat elleni védekezéseket preventív módon, a tüneti megjelenések előtt kell megkezdeni. További védekezéseket 14 naponként 2-3 alkalommal lehet megismételni.

Rózsában: A kezeléseket fajtánként eltérően kell kivitelezni. A lisztharmat első tüneteinek megjelenésétől 8-10 naponként, virágzási és hajtásnövekedési időszakban javasolt végrehajtani.

Közterületi dísfák, díszcserjék és dísznövények: Gombás betegségek ellen preventíven, legkésőbb az első tünetek megjelenésekor kell elkezdni a védekezést. Ismételni 10 -14 nap elteltével lehet. A készítmény felhasználható közterületi dísfák injektálásos kezelésére is. Az injektálás alkalmával a fa törzsébe, 5-20 cm magasságban a törzs kerületén 5-15 centiméterenként 3 mm átmérőjű lyukat kell fúrni. Kijuttatás előtt a készítményt, vízzel kell kétszeresére hígítani. Az így kapott 50%-os oldatot kell injektálni 2 mililiterenként a furatokba. A kezelés végeztével egy sebkezelő készítménnyel kell a furatokat lezárni (2. táblázat; INTERNET9).

4.2. A kísérlet előkészítése

Az elvégzett kísérlet során a gyakorlatban is széles körben alkalmazott két készítmény, a MAVRIK 24 EW inszekticid és a TOPAS 100 EC fungicid egyedi és együttes toxicitásának vizsgálata történt. A kísérlet helyszíne a Balatonfüreden található TOXI-COOP Zrt. volt. A laboratóriumi kísérlet elvégzésére 2022. július 11-13. között került sor. A vizsgálathoz 280 db egységes korú és egészséges mézelő méh dolgozó került felhasználásra. A készítményekkel való kezelést megelőzően, CO₂-al történő altatást követően, tízes csoportokba rendeztük az egyedeket. Minden csoport egy célirányosan kialakított ketrecbe került, amely 9 cm átmérőjű Petri-csészéből és 3,5 cm széles merev szúnyoghálóból állt, utóbbi a ketrec oldalát képezte. Így összesen 28 db tesztegység jött létre (2. ábra). A ketrecek tetején található volt egy 1 cm-es nyílás. Ide egy önetetóként szolgáló Eppendorf-cső volt behelyezve, melynek alsó vége, 2-3 mm nagyságú nyílással volt ellátva. Minden tesztegység – azaz ketrec – a kezelés típusa és az alkalmazott kísérleti anyag, illetve az ismétlések száma szerint került feliratozásra.



2. ábra A MAVRIK 24 EW és a TOPAS 100 EC készítményekkel házi méheken elvégzett akut toxicitási vizsgálat tesztegységei (fotó: Szabó Friderika)

4.3. A vizsgálat anyagai

A vizsgálat során az orális kezelésekhez használt készítmények 50 w/v % -os cukoroldatban kerültek feloldásra. A kontakt kezelésekhez oldószerként desztillált vizet alkalmaztunk. A kísérleti koncentrációt készítményenként a maximális kiszórási ráta, illetve annak tízszeres hígítása jelentette. A maximális kiszórási rátát (MUR) a készítmények engedélyokiratában

szereplő adatok (dózis, permetlé, kezelések évenkénti maximális száma) alapján határoztuk meg. A MUR tízszeres hígításával létrejött kísérleti anyagot is alkalmaztuk a kontakt és orális kezelések alkalmával is. Itt a tömény 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyagot adtunk.

Koncentrációk a kezelések során:

MAVRIK 24 EW:

- Orális kezelés: 8 µl / 6 ml cukor oldat
- Kontakt kezelés: 8 µl / 6 ml ioncserélt víz
- **MUR 10 x hígítás orális:** 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyag
- **MUR 10 x hígítás kontakt:** 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyag

TOPAS 100 EC:

- Orális kezelés: 15 µl / 8 ml cukor oldat
- Kontakt kezelés: 15 µl / 8 ml ioncserélt víz
- **MUR 10 x hígítás orális:** 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyag
- **MUR 10 x hígítás kontakt:** 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyag

MAVRIK 24 EW + TOPAS 100 EC

- Orális kezelés: 8 µl MAVRIK 24 EW +15 µl TOPAS 100 EC / 8 ml cukor oldat
- Kontakt kezelés: 8 µl MAVRIK 24 EW +15 µl TOPAS 100 EC / 8 ml ioncserélt víz
- **MUR 10 x hígítás orális:** 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyag
- **MUR 10 x hígítás kontakt:** 0,5 ml MUR oldathoz 5 ml vivőanyag

4.4. A kezelések

Az orális kezelések alkalmával a méhek Eppendorf-csőből kialakított speciális etetőjébe, kétórás éheztetést követően 200 µl / 10 méh mennyiségben került a tesztanyag. Egy méhre átlagos értéket véve 20 µl tesztanyag jutott. Ennek oka, hogy a méhek egymás között egyenlő arányban képesek megosztani a rendelkezésre álló táplálékot, jelen esetben a kísérleti anyagokat. Kontakt kezelések során (3. ábra) az első lépés a méh egyedek szén-dioxiddal történő altatása volt. Következő lépésben a tesztanyag felvitele történt meg egy mikropipetta segítségével, a méhek torának dorzális oldalára, 1 µl/méh mennyiségben. Harmadik lépésként, az előző lépést követően azonnal, cukoroldattal feltöltött önetetők kerültek behelyezésre a méhek tesztegységeibe. A kezelések végeztével minden tesztegység egy speciális inkubátorba került.

A készülékben a méh egyedek 23,5-24,5 °C hőmérsékleten, 50-59%-os páratartalom mellett, sötétben voltak tartva (4. ábra). A kísérlet az OECD guideline-ok (OECD TG 213 és 214) alapján, de nem minden tekintetben azokkal megegyezően került megvalósításra. A tünetek kiértékelése után az összes tesztegység szén-dioxiddal való túlادagoláson esett át. Ezt követően fagyasztás történt, majd veszélyes hulladék minősítéssel elszállításra kerültek.



3. ábra Az MAVRIK 24 EW és a TOPAS 100 EC növényvédő szerekkel házi méheken elvégzett kontakt akut toxicitási vizsgálat (Fotó: Szabó Friderika)



4. ábra A MAVRIK 24 EW és a TOPAS 100 EC növényvédő szerekkel házi méheken elvégzett akut toxicitási vizsgálat tesztegységei inkubátorba helyezve (Fotó: Szabó Friderika)

4.5. A tünetek értékelése

A tünetek kiértékelésére a kísérletet követő 4, 24 és 48 órában került sor. Az értékelés során feljegyzésre kerültek a klinikai tünetek. Előbbiek, kilenc különböző kategóriába csoportosítva értelmezendők, amelyek a következők:

A: Izgatottság	F: Bukdácsolás
B: Részleges bénulás	G: Hipo-, hiperérzékenység
C: Előrehaladt bénulás	D: Csökkent aktivitás
E: Remegés	H: Szárnyak vagy lábak abnormális mozgása
I: Kordinálatlan mozgá	

A tüneti leírásokon túl, a tapasztalt intenzitás is megfigyelésre került.

- enyhe: +
- közepes: ++
- erős: +++

4.6. Eredmények statisztikai értékelése

A vizsgálat során kapott eredmények közötti szignifikancia kapcsolat kiértékelésére, a Fisher - féle egzakt próbát alkalmaztam. A Fischer-féle egzakt próba alacsony mintaszám mellett is jól alkalmazható szignifikancia teszt, amely két dichotóm változó közötti kapcsolat erősségét méri. A teszt alkalmazásához összevontam a két ismétlés adatait, ebből következően egy kezelés során 20 méhre történt meg az értékelés. A könnyebb értelmezhetőség érdekében összevontam a klinikai tüneteket is. Így a kezelések alkalmával az került vizsgálatra, hogy jelentkezett-e bármilyen klinikai tünet. A kezelt csoportok eredményeit ugyanabban a megfigyelési időpontban értékelt kontroll csoporttal vettem össze.

5. Eredmények és értékelések

5.1. Kontakt kezelések eredményei

A kontakt kezelések esetében nem történt mortalitás és klinikai tüneteket sem észleltem a kontroll csoportban, a megfigyelési időpontokban (3. táblázat).

3. táblázat A MAVRIK 24 EW és a TOPAS 100 EC növényvédő szerekkel végzett akut toxicitási vizsgálat kontakt kezelései során megfigyelt elhalások és klinikai tünetek

Kontakt kezelések						
Kezelések	4 órás mortalitás	4 órás tünetek	24 órás mortalitás	24 órás tünetek	48 órás mortalitás	48 órás tünetek
Kontroll	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	9D+	0	0
	0	0	0	1B+, 9D+	0	0
M 10x	0	0	0	10D+	0	0
	0	0	0	1G+, 9D+	0	0
T	0	0	0	1G+	0	0
	0	0	0	1D+	0	0
T 10x	0	0	0	1D++, 9D+	0	0
	0	0	0	1C++, 9D+	0	0
M + T	0	1C, 4B++, 5D++	0	2C, 3B++, 5D++	0	2D+++, 8D+
	0	10D+++	0	2B+, 8D+	0	2D+++, 8D+
M + T 10x	0	4D+++	0	10D+++	0	1D+++, 9D+
	0	0	0	2C+++, 8D+++	0	1D+++, 9D+

A: izgatottság; B: részleges bénulás; C: előrehaladt bénulás; D: csökkent mozgási aktivitás; F: bukdácsolás; G: hipo-, hiperérzékenység; H: szárnyak vagy lábak abnormális mozgása; I: kordinálatlan mozgás; enyhe: +, közepes: ++, erős: +++

A MAVRIK 24 EW készítmény maximális kiszórási rátájával kontakt módon kezelt csoportban az első megfigyelési időpontban, tehát 4 óra elteltével, egy méh sem mutatott klinikai tünetet és nem tapasztaltam mortalitást sem. A második megfigyelési időpont során, vagyis 24 óra elteltével, a mortalitási adat nem változott, azonban az egyedek 95%-ánál jelentkeztek klinikai tünetek ($p < 0,001$). Elsősorban csökkent mozgási aktivitás volt megfigyelhető, de egy méh esetében enyhe részleges bénulást véltem felfedezni. A harmadik, 48 órás megfigyelési

időpontban már nem volt jele klinikai tünetnek, illetve mortalitás sem volt detektálható (3. táblázat).

MAVRIK 24 EW tízszeres hígításával alkalmazott kontakt kezelés a 4 órás megfigyelési időszakban nem mutatott sem klinikai tünetet, sem mortalitást. A 24 órás megfigyelési időszakban az egyedek 100%-ánál tapasztaltam klinikai tüneteket ($p < 0,001$). Ezek egy eset kivételével mind csökkent mozgási aktivitás jeleit mutatták. Az egy eltérő eset hipo-, hiperérzékenység tüneteit produkálta. A 48 órás megfigyelés alkalmával, itt sem tapasztaltam klinikai tünetet és mortalitást (3. táblázat).

TOPAS 100 EC készítmény maximális kiszórási rátájával kontakt módon kezelt méhek a 4 órás megfigyelési időszakban nem mutattak klinikai tünetre utaló jeleket és mortalitást sem detektáltam. A 24 óra elteltével történő megfigyelés során 2 egyed mutatott klinikai tünetet, amely a csökkent mozgási aktivitás és hipo-, hiperérzékenység voltak, halálozás nem jelentkezett. Ez nem jelent szignifikáns különbséget a kontroll csoporthoz képest ($p = 0,244$). Az utolsó, tehát 48 órás megfigyelési időszak során ismét nem volt detektálható mortalitás és klinikai tünet sem (3. táblázat).

TOPAS EC tízszeres hígításával alkalmazott kontakt kezelésnél, a 4 órás megfigyelési időszak alkalmával, nem tapasztaltam elhalást és mérgezési tüneteket a méheken. Azonban 24 óra eltelte után, az egyedek 100%-a produkált tünetet ($p < 0,001$), amelyek főként csökkent mozgási aktivitásban és egy egyed esetében, közepesen előrehaladott bénulásban mutatkoztak meg. A 48 órás vizsgálati időszak szintén nem hozott számokban mérhető eredményeket a mortalitási és tüneti adatok tükrében (3. táblázat).

MAVRIK 24 EW és TOPAS 100 EC készítmények maximális kiszórási rátájával elvégzett együttes kontakt kezelés eredményeként, minden megfigyelési időszakban jelentkeztek klinikai tünetek a kezelt méheken, de mortalitás nem volt leírható itt sem. A 4 órás ellenőrzés után 1 egyed előrehaladott bénulást produkált, 4 részleges bénulást és további 15 csökkent mozgási aktivitást. Így ebben a megfigyelési időszakban a kontroll csoporthoz képest a vizsgált egyedek 100%-a produkálta a különféle tüneteket ($p < 0,001$). 24 óra elteltével is ugyanennyi egyednél tapasztaltam tünetet, csupán a tünetek eloszlásában volt változás. 48 óra letelte után még mindig tapasztaltam az egyedek 100 %-ánál klinikai tüneteket, de ezek már csak az erős csökkent mozgási aktivitás voltak. A két növényvédő szer együttes alkalmazása a kontroll mintához képest, minden megfigyelési időszak során szignifikáns eredményeket mutatott ($p < 0,001$) (3. táblázat).

MAVRIK 24 EW és TOPAS 100 EC készítmények tízszeres hígításával alkalmazott kontakt kezelés, a 4 órás megfigyelési időpontban nem mutatott szignifikáns eredményt ($p=0,053$). Csupán 4 egyednél tapasztaltam csökkent mozgási aktivitást, de mortalitás nem mutatkozott. A 24 órás megfigyelés alkalmával a vizsgálatba vont egyedek 100%-a produkált klinikai tünetet ($p<0,001$). 18 egyednél közepes csökkent mozgási aktivitást, 2 egyednél pedig enyhe előrehaladott bénulást detektáltam. Mortalitási adat ebben az időpontban sem jelentkezett. A 48 órás vizsgálat során szintén szignifikáns adatokat kaptam, hiszen a kísérletbe vont méhek 100%-a mutatta a csökkent mozgási aktivitás enyhe tünetét ($p<0,001$). Elhalás nem volt megfigyelhető (3. táblázat).

5.2. Orális kezelések eredményei

Az orális kezelések esetében nem történt elhalás és klinikai tüneteket sem észleltem a kontroll csoportokban, a kiértékelés időpontjaiban (4. táblázat).

4. táblázat A MAVRIK 24 EW és a TOPAS 100 EC növényvédő szerekkel végzett akut toxicitási vizsgálat orális kezelése során megfigyelt mortalitási és klinikai tünetek

Orális kezelések						
Kezelések	4 órás mortalitás	4 órás tünetek	24 órás mortalitás	24 órás tünetek	48 órás mortalitás	48 órás tünetek
Kontroll	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	5D+	0	0
	0	1B++, 9D	0	1B+, 9D+	0	0
M 10x	0	10D+	0	1A+, 9D+	0	0
	0	10D+	0	10D+	0	0
T	0	0	0	10D+	0	0
	0	0	0	9D+, 1D++	0	0
T 10x	0	0	0	1D+	0	0
	0	0	0	0	0	0
M + T	1	9D+	1	9A+	1	1D+++, 9D+
	0	1C, 9D+	0	1C, 9A+	0	10D+
M + T 10x	0	0	0	2D+	0	10D+
	0	2I	0	2I, 8D+	0	10D+

A: izgatottság; B: részleges bénulás; C: előrehaladt bénulás; D: csökkent mozgási aktivitás; F: bukdácsolás; G: hipo-, hiperérzékenység; H: szárnyak vagy lábak abnormális mozgása; I: kordinálatlan mozgás; enyhe: +, közepes: ++, erős: +++

A MAVRIK 24 EW készítmény maximális kiszórási rátájával orális módon kezelt csoportban az első megfigyelési időben 4 óra elteltével, az egyedek 50%-a mutatott klinikai tünetet ($p<0,001$), amelyek a csökkent mozgási aktivitás és egy esetben részleges bénulás voltak. Mortalitás nem volt detektálható. A második megfigyelési időpont során, vagyis 24 óra elteltével, elhalás nem jelentkezett, azonban az egyedek 75%-ánál jelentkeztek klinikai tünetek ($p<0,001$). Elsősorban csökkent mozgási aktivitás volt megfigyelhető, de egy méh esetében enyhe részleges bénulás jelentkezett. A harmadik, 48 órás megfigyelési időpontban már nem volt jele klinikai tünetnek, illetve mortalitás sem volt detektálható (4. táblázat).

MAVRIK 24 EW tízszeres hígításával elvégzett orális kezelés a 4 órás megfigyelési időszakban szignifikáns adatot mutatott a kontroll mintához képest ($p<0,001$), az egyedek 100%-a produkálta a csökkent mozgási aktivitás tüneteit, de mortalitás nem volt észlelhető. A 24 órás megfigyelési időszakban szintén az egyedek 100%-ánál tapasztaltam klinikai tüneteket ($p<0,001$). Ezeken egy esetet/egyedet leszámítva, a csökkent mozgási aktivitás jeleit lehetett észlelni. Az egy eltérő eset/egyed izgatottság jeleit mutatta. Mortalitást nem tapasztaltam. A 48 órás megfigyelés alkalmával már klinikai tünetek nem jelentkeztek és halálozás továbbra sem volt észlelhető (4. táblázat).

TOPAS 100 EC készítmény maximális kiszórási rátájával orális módon kezelt méhek csupán a 24 órás megfigyelési időszakban mutattak klinikai tünetet, amely a csökkent mozgási aktivitás, különböző fokozatú jelei voltak. Itt a vizsgált méhek 100%-ánál figyeltem meg tünetet ($p<0,001$), de mortalitási adat nem volt leírható. Nem mutatott tünetet és mortalitást, a 4 és 48 órás vizsgálati időszakban egy egyed sem (4. táblázat).

TOPAS EC tízszeres hígításával elvégzett orális kezelés alkalmával egyik megfigyelési időpontban sem tapasztaltam mortalitást. Klinikai tünetet is csupán egy egyed produkált a 24 órás ellenőrzés után, ez enyhe csökkent mozgási aktivitás jeleit mutatta, de nem tekinthető szignifikánsnak a kontroll mintához viszonyítva ($p=0,5$) (4. táblázat).

MAVRIK 24 EW és TOPAS 100 EC készítmények maximális kiszórási rátájával elvégzett együttes orális kezelés eredményeként, minden megfigyelési időszakban mutatkoztak klinikai tünetek a kontroll mintákhoz képest, és egy esetben mortalitás is detektálható volt. A 4 órás ellenőrzés után 1 egyed előrehaladott bénulást produkált, a további 18 pedig csökkent mozgási aktivitást. Mortalitást egy esetben tapasztaltam, ami nem tekinthető szignifikánsnak a kontroll csoporthoz képest ($p=0,5$). A 24 órás megfigyelési időpontban új elhalás nem

jelentkezett, klinikai tünetet pedig a megmaradt 19 egyed produkált. Ez izgatottság jeleiben mutatkozott meg, és egy esetben előrehaladott bénulásban. Így szignifikáns eltérést tapasztaltam a vizsgált egyedek és a kontroll minta között ($p < 0,001$). 48 órás megfigyelés alkalmával további mortalitás már nem volt detektálható, de az élő egyedek 100%-ánál mutatkoztak a klinikai tünetek ($p < 0,001$). A csökkent mozgási aktivitás különböző fokozatai voltak észlelhetők (4. táblázat).

MAVRIK 24 EW és TOPAS 100 EC növényvédő szerek tízszeres hígításával alkalmazott orális kezelésnél, a 4 órás megfigyelési időpontban nem mutatkozott szignifikáns eredmény ($p = 0,243$). Csupán 2 egyednél tapasztaltam koordinálatlan mozgást, de mortalitás nem mutatkozott. A 24 órás megfigyelés alkalmával a vizsgálatba vont egyedek 60%-a produkált klinikai tünetet ($p < 0,001$). 10 egyednél enyhe csökkent mozgási aktivitást, 2 egyednél pedig koordinálatlan mozgást detektáltam. Elhalás ebben az időpontban sem volt megfigyelhető. A 48 órás vizsgálat során szintén szignifikáns adatokat kaptam, hiszen a kísérletbe vont méhek 100%-a mutatta a csökkent mozgási aktivitás enyhe tünetét ($p < 0,001$). Mortalitás ebben a vizsgálati időben sem jelentkezett (4. táblázat).

6. Eredmények következtetése

A MAVRIK 24 EW méhveszélyesség szempontjából nem jelölésköteles rovarölő készítmény. Virágzó kultúrákban nappali kijuttatás során is alkalmazható. Kontakt hatású (nem felszívódó) növényvédő szer. Viszonylag kis dózis alkalmazása elegendő az inszekticid hatás eléréséhez. A rovarok szervezetébe könnyen bejutnak és gyors taglózó hatást fejtenek ki. A központi és a perifériás idegrendszert bénítják, de emlősökre nem mérgezőek és széles hatásspektrummal rendelkeznek (LOCH – NOSTICZIUS, 2004). Mérgező hatását viszonylag gyorsan kifejtette az orális expozíció során, a maximális kiszórási rátájával kezelt csoportokban. 4 óra elteltével a méhek 50%-ánál jelentkeztek klinikai tünetek a maximális kiszórási rátával történő kezelés, és 100%-ban a tízszeresére hígított kezelés alkalmával. Az orális kezelések után előbb tapasztaltam a klinikai tünetek megjelenését, mint a kontakt kezelések során. Az orális expozíciót követő 4 órás megfigyelési időpontban tapasztalt tünetek szabadföldi körülmények között a méh navigációs képességét és erőnlétét olyan módon tudják befolyásolni, hogy a legyengült rovar, nem tud visszatérni a kaptárba. Emiatt a kirepülő dolgozók megfoghatkozása kedvezőtlenül befolyásolhatja a kolónia életképességét. A 24 órás megfigyelési időpontban a vizsgált méhek 75 %-ánál észleltem klinikai tünetet a

maximális kiszórási rátával történő készítmény alkalmazása során és 100%-ánál a tízszeres hígítás alkalmával. De a 48 órás ellenőrzés alkalmával, a szubletális expozíciót követően a méhek képesek voltak felgyógyulni a mérgezésből az inszekticid gyors metabolizmusának köszönhetően mérgezési tünet nem volt megfigyelhető.

Az akut kontakt kezelések vizsgálata csupán a 24 órás vizsgálati időpontban mutatott klinikai tüneteket. A maximális kiszórási rátával történő kezelés alkalmával, az egyedek 95%-a, tízszeres hígítás alkalmával pedig a méhek 100%-a produkált klinikai tünetet. Mortalitás nem volt detektálható a kontakt és az orális kezelések után sem.

TEETERS és munkatársainak (2012) videókövető rendszerrel végzett kísérlete alkalmával, a tau-fluvalinát és imidakloprid szubletális expozíciójának hatását vizsgálták a mézelő méhek mozgására, interakcióira és a táplálékforrás közelében töltött időre, egy 24 órás megfigyelési időszak során. A tau-fluvalinát minden dózisszintnél szignifikáns csökkenést okozott a megtett távolságban, tehát a méheknél mozgáskordinációs problémákat okoztak.

TOPAS 100 EC fungicid méhveszélyesség alapján nem jelölésköteles készítmény. Penkonazol hatóanyag-tartalmú, és szisztémikus hatású. Az akut kontakt toxicitási vizsgálat során a méheknél csupán a 24 órás megfigyelés alkalmával tapasztaltam minimális klinikai tüneteket mind, a maximális kiszórási rátával alkalmazott készítmény és mind a tízszeres hígításban alkalmazott készítmény használata után. Maximális kiszórási rátánál az egyedek 10%-a produkált tünetet. A tízszeres hígítás alkalmazása után az egyedek 100%-a mutatott klinikai tünetet.

Az orális expozíció ugyancsak a 24 órás ellenőrzés alkalmával hozott eredményeket. A maximális kiszórási rátával alkalmazott készítmény után a vizsgált egyedek 100%-ánál mutatkoztak a klinikai tünetek, míg a tízszeres hígítás alkalmával csupán 5%-nál, amely nem szignifikáns eredmény a kontroll mintához képest. 48 órával az expozíciót követően a méhek képesek felgyógyulni a mérgezésből a fungicid detoxikus metabolizmusának köszönhetően. Mortalitási adatot nem észleltem a fungicid alkalmazása során sem.

WADE és munkatársai (2019) *in vitro* vizsgálatukban tanulmányukban alátámasztották, hogy a propikonazol, az iprodion, a boszkalid és a piraklostrobin sem okozott a kontroll csoporthoz képest szignifikáns túlélésbeni eltérést a méhlárvák között.

MAVRIK 24 EW inszekticid és TOPAS 100 EC fungicid együttes alkalmazása során a maximális kiszórási rátával kontakt módon kezelt csoportban, a 4 órás megfigyelési

időpontban az egyedek 100 %-a, tízszeres hígítás esetén pedig 20%-a mutatta jeleit különböző klinikai tüneteknek. Ezek a 24 és 48 órás vizsgálati ellenőrzés során, mind a maximális kiszórási rátával alkalmazott készítmény, mind a tízszeresére hígított készítménnyel való kezelés alkalmával 100%-os eredményeket mutattak. A tünetek mennyiségében nagy eltérést nem tapasztaltam a hígítással és a maximális kiszórási rátával alkalmazott készítmény során. Azonban azt mindenképpen érdemes megemlíteni, hogy a hígított készítmény által előidézett tünetek intenzitása enyhébb volt, mint a maximális kiszórási rátával alkalmazott készítményé.

MAVRIK 24 EW inszekticid és TOPAS 100 EC fungicid együttes alkalmazása során, a maximális kiszórási rátával orális módon kezelt csoportban az első megfigyelés időpontjában, 4 óra elteltével egy mortalitás is detektálható volt, vagyis az egyedek 5%-a elpusztult és az életben maradt egyedek 100%-ánál fedeztem fel klinikai tüneteket. Illetve 10%-ánál tapasztaltam klinikai tünetet a tízszeres hígítással való kezelés során. A további vizsgálati időpontok alkalmával a mortalitási adatok nem növekedtek. A maximális kiszórási rátával történő kezeléseknél 24 és 48 óra elteltével is mutatkoztak klinikai tünetek, a vizsgált egyedek 100%-ánál. A tízszeres hígításban alkalmazott készítmények 24 óra után az egyedek 60%-ánál idéztek elő tüneteket, amelyek a 48 órás vizsgálati időpont végére 100%-ra növekedtek.

Összességében elmondható, a MAVRIK 24 EW inszekticid és TOPAS 100 EC fungicid együttes alkalmazása során a maximális kiszórási rátával elvégzett kezelés korábban kifejtette együttes méreghatását orális és kontakt expozíció során is, amely az orális kezelések esetében 5%-os mortalitási adatot is mutatott. A tízszeres hígítás a kontakt kezelések alkalmával előbb idézett elő magasabb százalékos klinikai tünetet, mint az orális expozíció. Azonban a 48 órás expozíció során már egyforma volt a toxicitás mértéke. De mindent egybe vetve az orális kezelések alkalmával volt nagyobb a toxicitás, hiszen ezen készítmények a kutikulán lassabban és kisebb mennyiségben szívódnak fel, mint a tápcsatornában keresztül.

A klinikai tünetek időbeli csökkenését figyelembe véve, javasolnám az inszekticid és a fungicid együttes expozíciója esetén végbemenő metabolikus folyamatok vizsgálatát. A növényvédő szerekkel szennyezett táplálék (pl. virágpór vagy nektár) kaptárba jutása révén a fiasítás is kapcsolatba kerülhet a növényvédő szerekkel, vagy azok bomlástermékeivel, így azok mérgező hatásukat – a felnőtt egyedek mellett – a méhlárvákra is kifejtethetik. Súlyos esetben a szennyezett táplálék a fiasítás pusztulását is okozhatja. Ebből adódóan, a növényvédő szerek kockázatelemzési gyakorlatához igazodva, hasznos adatokat szolgáltatna az együttes expozíció fiasításra gyakorolt hatásainak vizsgálata.

MAO és munkatársai (2011) vizsgálatai alátámasztották, hogy a citokróm P450 által közvetített méregtelenítés számos rovarban hozzájárul a piretroid-toleranciához. Kimutatták, hogy a CYP9Q1, CYP9Q2 és CYP9Q3 metabolizálja a tau-fluvalinátot olyan formává, amely hozzájárul a toleranciához.

HAAS és NAUEN (2021) a házi méhek citokróm P450 enzimeinek vizsgálatával, az azolszármazékoknak a CYP9Q2/CYP9Q3 enzimekre gyakorolt inhibitor hatásait tanulmányozva megállapították, hogy az azoloknak a házi méhek CYP9Q2/CYP9Q3 enzimjeire gyakorolt gátló hatásának fontos szerepe lehet a szinergista következményekben. Erre a tartálykeverékeknél gyakorlati körülmények között megfigyelt kombinációs toxikus hatásokra jó magyarázatot adnak.

7. Összefoglalás

Az agrártermékek szempontjából nélkülözhetetlen folyamat a megporzás. Míg a vadnövények 80%-a, addig a termesztett növények 75%-a rovarbeporzású, tehát a termésképződéshez elengedhetetlen a beporzó rovarok jelenléte. A megporzó szervezetek közül kiemelkedik a házi méh (*Apis mellifera*) jelentősége. Szerepét fokozza a megporzás – mint ökoszisztéma szolgáltatás – mellett, a méhek által előállított termékek (pl. méz) iránti kereslet növekedése is.

A méhpusztulások okaira irányuló vizsgálatok eredményei alapján számos kórokozó, parazita, az időjárás változás, az intenzív mezőgazdaság, a nagymértékű növényvédő szer felhasználás és a méhészeti technológia fejlődése következtében kialakuló stresszhatások együttesen állhatnak a háttérben. Nagy jelentőséget tulajdonítanak a növényvédő szerek méhekre gyakorolt káros hatásának és a nagymértékű növényvédő szer felhasználásnak. Az eddig elvégzett vizsgálatok alátámasztják, hogy a növényvédő szerekhez köthető pusztulások háttérében a nem rendeltetésszerű felhasználás áll. Egyes vizsgálatok felhívják a figyelmet az méhekre nem jelölés köteles szerek együttes alkalmazása során érvényesülő szinergista méreghatásra.

Dolgozatomban a növényvédelmi gyakorlatban széles körben alkalmazott két készítmény, a méhekre nem jelölésköteles, penkonazol hatóanyag-tartalmú TOPAS 100 EC gombaölő szer és a méhekre nem jelölésköteles, tau-fluvalinát hatóanyag-tartalmú MAVRIK 24 EW rovarölő szer méhekre gyakorolt akut egyedi és együttes méreghatását tanulmányoztam

laboratóriumi körülmények között. Kísérletem beállítása során igazolni szerettem volna azt, hogy a két növényvédő szer egyedi toxicitásához képest az együttes alkalmazás eredményeként jelentkező interakciós méreghatás jelentősebb károsító hatással bír.

Az akut orális és kontakt toxicitási vizsgálathoz 280 db egységes korú, egészséges mézelő méh dolgozó került felhasználásra, melyeket tízesével csoportosítottam tesztegységenként. A kezelések során felhasznált növényvédő szernél a maximális kiszórási rátát és annak tízszeres hígítását alkalmaztuk. A kontakt kezelés során a vizsgálati anyagok 1 µg/méh mennyiségben kerültek kijuttatásra a méhek torának dorzális oldalára. Az orális kezelések alkalmával a vizsgálati anyagokat 50 w/v %-os cukoroldatban kapták a méhek. Minden egyes kezelés két ismétlésben került elvégzésre. A klinikai tünetek és a mortalitás vizsgálatára a kezelést követő 4., 24. és 48. órában került sor. Feljegyeztem az élő állatokon megfigyelt mérgezési tüneteket, ezeknek intenzitását, valamint a mortalitási adatokat. Az eredmények biometria értékeléséhez a Fisher-féle egzakt tesztet alkalmaztam.

Az orális tesztek eredményei alapján elhalás egyedül a MAVRIK 24 EW inszekticiddal és a TOPAS 100 EC fungiciddal együttesen kezelt csoportban jelentkezett. 4 óra elteltével a méhek 5%-a, pusztult el és ez az adat konstans maradt a kísérlet végéig. Az kontakt kezelések eredményeként nem volt megállapítható mortalitási adat.

Kísérleti eredményeimből ugyan nem számottevően, de megállapítható, hogy MAVRIK 24 EW inszekticid és TOPAS 100 EC fungicid esetében az orális expozíció a kontaktnál erősebb méreghatást fejtett ki, melynek oka az, hogy ezen készítmények a kutikulán lassabban és kisebb mennyiségben szívódnak fel, mint a tápcsatornán keresztül. A méhtoxicitási tesztek eredményei arra utalnak, hogy a nem jelölésköteles növényvédő szerekkel elvégzett kombinációs kezelések során jelentkező együttes méreghatások súlyosabb formában érvényesülnek az egyedi méreghatásokhoz képest laboratóriumi körülmények között.

A MAVRIK 24 EW inszekticid és a TOPAS 100 EC fungicid együttes méreghatásának alapos tanulmányozásához további modellüzemi vagy szabadföldi toxicitási vizsgálatok elvégzése szükséges, amelyek jobban tudják modellezni a növényvédelmi gyakorlatban érvényesülő expozíciós viszonyokat. A növényvédő szerek technológiai fejlődése, valamint a körülményekintőbb és szigorúbb szabályozások nagy szerepet játszottak a méhpusztulások mérséklése terén. Ugyanakkor – a jelen kísérletben tapasztalt klinikai tünetek alapján is, többek között – nem hanyagolható el a kifejlett egyedekre gyakorolt szubletális hatások

kérdése. Továbbá a növényvédő szerek a kaptárban is jelen lehetnek, főként a táplálék (nektár és virágpor) útján, és így érdemesnek tartom a fiasításra gyakorolt hatások feltérképezését is. Kiemelve ez esetben is az együttes expozíció jelentette mérgezési veszélyeket, hiszen a méhek egyszerre többféle, valószínűsíthetően különböző növényvédő szerekkel kezelt növényvel is kapcsolatba kerülhetnek egy adott időszakban.

8. Irodalomjegyzék

ABROL, D. P. (2012): Pollination Biology. Springer, New York. p. 812.

ANDRÁS, Z. E. O. J. J., & SZILVIA, K. (2011): Az alh, hr78 és nd gének expressziójának változása atkafertőzöttség (*varroa destructor* oud.) Hatására mézelő méhben (*Apis mellifera* l.). Állattenyésztés, takarmányozás. pp. 60(1), 57-65.

ANTAL J., JOLÁNKAI M. (2008): Növénytermesztés tan 1. - A növénytermesztés alapjai, gabonafélék. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest. pp. 2-8.

ANZIEN, M. A., HARDER, L. D. (2009): The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current Biology* 19: pp. 1-4.

ÁRVÁNY V. G. (2011): A mézpiac marketing szempontú elemzése különös tekintettel a fogyasztói és vásárlói magatartásra. Doktori (PhD) értekezés. Debrecen. p. 5.

BÉKÉSI L. (2015): A mezőgazdaság és a neonikotinoidok környezetünk tükrében. *Méhészet*. 63. 6: pp. 28–29.

BÉKÉSI L., SZALAINÉ M. E., HARKA L., HEGEDŰS D., ALBERT A. (2011): Comparison of Fumagillin and Nonosz against *N. ceranae* noseosis of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Állattenyésztés és Takarmányozás* 60.4: pp. 363-369.

BENDIÁK I. (2010): Egyes növények mérgező hatása a méhekre. *Méhészet*. 58. 5: p. 22.

BROSS P., CSUJA L., HEGEDŰS D., RÁDI T., SZABÓ G. (2015): Méhegészségügy az ökológiai méhészetben. p. 26.

CHAUZAT, M. P., CARPENTIER, P., MARTEL, A. C., BOUGEARD, S., COUGOULE, N., PORTA, P., FAUCON, J. P. (2009): Influence of pesticide residues on honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colony health in France. *Environmental Entomology*, 38(3), pp. 514-523.

CSÁKI T. (szerk.) (2015): Méhegészségügy az ökológiai méhészetben. Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, Budapest. pp. 8-29.

EVANS, J. D., ARONSTEIN, K., CHEN, Y. P., HETRU, C., IMLER, J. L., JIANG, H., ... & HULTMARK, D. (2006). Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera*. *Insect molecular biology*, 15(5), pp.645-656.

FISHER, I. A., GLASS, J. R., OZTURK, C., DESJARDINS, N., RAKA, Y., DEGRANDI - HOFFMAN, G., HARRISON, J. F. (2022): Seasonal variability in physiology and behavior affect the impact of fungicide exposure on honey bee (*Apis mellifera*) health. *Environmental Pollution*, 311, 120010.

FRAZIER, J., MULLIN, C., FRAZIER, M., ASHCRAFT, S. (2011): Pesticides and Their involvement in Colony Collapse Disorder. *American Bee Journal*, 151 (8): 779-783.

GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTIAS, C., ROTHERAY, E. L. (2015): Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flower. *Science* 347-pp. 1435-1444

GYÖRGY CS. (1983): *Varroa jacobsoni* (Oudemans, 1904), a mézelő méh (*Apis mellifera*) atkája és a varroosis. pp.1-3.

HAAS, J., NAUEN, R. (2021): Pesticide risk assessment at the molecular level using honey bee cytochrome P450 enzymes: A complementary approach. *Environment International* 147 (2021) 106372. 1-8.

HIGES, M., MARTÍN, R., MEANA, A. (2006): *Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in Europe. *J. Invertebr. Pathol.* 92, pp. 81–83.

HOLZSCHUH, A., STEFFAN-DEWENTER, I., KLEIJN, D., TSCHARNTKE, T. (2007): Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, 44(1), pp. 41-49.

IWASA, T., MOTOYAMA, N., AMBROSE, J. T., ROE, R. M. (2004): Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop protection*, 23(5), 371-378.

JOHNSON, R. M. (2015): Honey Bee Toxicology. *Annu. Rev. Entomol.*, 60: pp. 415–434.

JOHNSON, R. M., POLLOCK, H. S., BERENBAUM, M. R. (2009): Synergistic interactions between in-hive miticides in *Apis mellifera*. Journal of economic entomology, 102(2), pp. 474-479.

KEARNS, C. A., INOUE, D. W., WASER, N. M. (1998): Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. Annual review of ecology and systematics, 29(1), pp. 83-112.

KLEIN, A. M., VASSIÈRE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TCSHARNTKE, T. (2007): Importans of pollinators in changing landscapes for world crops-Proceedings of the Royal Society B 274: pp. 303-313.

KLUSER, S., PEDUZZI, P. (2007): Global Pollinator Decline: A Literature Review-UNEP/GRID-Europe. UNEP, Geneva, Switzerland. pp. 3-8.

KOLTAI L. (1985): A méhbetegségek megelőzése és gyógyítása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 1-27.

KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI A., BATÁRY P., BÁLDI A. (2011): Local and landscape effects on bee communities of Hungarian winter cereal fields. Agricultural and Forest Entomology, 13(1), pp. 59-66.

KREMEN, C., WILLIAMS, N. M., AIZEN, M. A., GEMMILL-HERREN, B., LEBUHN, G., MINCKLEY, R., RICKETTS, T. H. (2007): Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. Ecology letters, 10(4), pp. 299-314.

LAMPEITL F. (1995): Méhészkedés. HOGYFEDITIO BUDAPEST. Budapest. pp. 11-31., pp. 59-60.

LOCH, J., & NOSTICZIUS, Á. (2004). *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda. pp.0135-138.

MAO, W., SCHULER, M. A., BERENBAUM, M. R. (2011): CYP9Q-mediated detoxification of acaricides in the honey bee (*Apis mellifera*). Proceedings of the National Academy of Sciences, 108(31), pp. 12657-12662.

MATTILA, H. R., SEELEY, T. D. (2007): Genetic diversity in honey bee colonies enhances productivity and fitness. *Science*, 317(5836), pp. 362-364.

NAGY I. (2007). A méhészeti termelés technológiai, gazdasági, társadalmi összefüggéseinek vizsgálata (Doktori disszertáció, NYME).

NEOV, B., GEORGIEVA, A., SHUMKOVA, R., RADOSLAVOV, G., HRISTOV, P. (2019): Biotic and Abiotic Factors Associated with Colonies Mortalities of Managed Honey Bee (*Apis mellifera*). *Diversity*, 11: p. 237.

ORAVECZ T., MUCHA L., ILLÉS B. CS. (2020): A magyar méhészeti ágazat elmúlt 20 éve – Termelési alapok. *Gazdálkodás: Scientific Journal on Agricultural Economics*. 2020a 64 (5) pp. 435–451.

PAINI, D. R. (2004): Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (*Hymenoptera: Apidae*) on native bees: a review. *Austral ecology*, 29(4), pp. 399-407.

PÁLFY A., BÁLDI A., KOVÁCS A. (2009): Méhek fajszerkezetének és abundanciájának eloszlása három különböző mezőgazdasági kultúra szegélyében. *Természetvédelmi Közlemények*, 15. pp. 269-279.

PAPP L. (szerk.) (2015): A helyi termékértékesítés tapasztalatai Európában Leader térségek közötti együttműködési program Mecseki Mézes Körút c. projekt keretében készült tananyag. Landart Kft. pp. 24-27-

PETERSEN, H. (1912): Beiträge zur vergleichenden Physiologie der Verdauung: V. Die Verdauung der Honigbiene. *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 145(1-4), pp. 121-151.

POTTS, S.G., BIESMEIJER, J. C., KREMEN, J. C., NEUMAN, P., SCHWEIGER, O., KUNIN,

W. E. (2010): Global pollinator declines: trends, impacts and drivers-Trends in Ecology and Evolution 25: pp. 345-353.

RITTER, W. (1981): *Varroa disease* of the honey bee *Apis mellifera*. - *Bee World*, pp. 62: 141-153.

SÁROSPATAKI M. (2005): A méhészet biológiai alapjai. Egyetemi jegyzet. Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő. p. 42.

SPIRA, T. P. (2001): Plant-pollinator interactions: a threatened mutualism with implications for the ecology and management of rare plants. *Natural Areas Journal*, 21(1), pp. 78-88.

STRAUSS, U., DIETEMANN, V., HUMAN, H., CREWE, R. M., PIRK, C. W. (2016): Resistance rather than tolerance explains survival of savannah honeybees (*Apis mellifera scutellata*) to infestation by the parasitic mite *Varroa destructor*. *Parasitology*, p. 143(3), 374-387.

SZABÓ A. (2020): Infojegyzet Méhészet, mézpiac. Képviselői Információs Szolgálat. Budapest. p. 29.

TAKÁCS M., OLÁH J. (2017): Honey bee mortalities caused by direct and indirect poisoning in Hungary. *Acta Agraria Debreceniensis*, (73), pp. 101-107.

TEETERS, B. S., JOHNSON, R. M., ELLIS, M. D., SIEGFRIED, B. D. (2012): Using video-tracking to assess sublethal effects of pesticides on honey bees (*Apis mellifera* L.). *Environmental Toxicology and Chemistry*, p. 31(6), 1349-1354.

WADE, A., LIN, C. H., KURKUL, C., REGAN, E. R., JOHNSON, R. M. (2019): Combined Toxicity of Insecticides and Fungicides Applied to California Almond Orchards to Honey Bee Larvae and Adults. *Insects*. p. 10(1): 20.

WHITFIELD, C. W., BEN-SHAHAR, Y., BRILLET, C., LEONCINI, I., CRAUSER, D., LECONTE, Y., ROBINSON, G. E. (2006): Genomic dissection of behavioral maturation in the honey bee. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, p. 03(44), 16068-16075.

WINFREE, R., (2008): Pollinator-dependent crops: an increasingly risky business- *Current Biology* 18: pp. 968-969.

XIONG, J., HSWEN, Y., NASLUND, J. A. (2020): Digital surveillance for monitoring environmental health threats: A case study capturing public opinion from twitter about the 2019 Chennai water crisis. *International journal of environmental research and public health*, 17(14), 5077.

Internetes források:

INTERNET1: <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-mezogazdasag-teljesitmenye-mezogazdasagi-szamlarendszer-2022-masodik-becsles/index.html> (2023. 09.13)

INTERNET2: <https://www.fao.org/faostat/en/?#data/QCL/visualize> (2023. 09.13.)

INTERNET3: Eurostat: EU Trade Statistics. 2021. <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/statistics?includeUK=true> (2023.10.03.)

INTERNET4: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0034.html (2023.10.03.)

INTERNET5: https://hungary.representation.ec.europa.eu/strategia-es-prioritasok/fontosabb-unios-szakpolitikak/mezogazdasag_hu (2023.10.03.)

INTERNET6: <https://www.aki.gov.hu/termek/novenyvedo-szerek-ertekesitese-2022-ev/>
(2023.10.03.)

INTERNET7: <https://portal.nebih.gov.hu/-/a-novenyvedo-szerek-csoportositasa-a-kornyezeti-kockazat-szerint> (2023.09.20.)

INTERNET8: <https://cdn.nufarm.com/wp-content/uploads/sites/34/2019/06/14142826/Mavrik-24-EW-enged%C3%A9lyokirat-20181001.pdf> (2023.09.20.)

INTERNET9: https://www.syngenta.hu/sites/g/files/kgtney1461/files/media/document/2023/04/03/topas_100_ec_engokirat_mod_6700_900_2_2023.pdf (2023.09.20.)

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik dolgozatom létrejöttéhez hozzájárultak és segítséget nyújtottak. Elsősorban hálásan köszönöm konzulensemnek és témavezetőmnek, Dr. Budai Péter egyetemi docensnek, a szakmai tanácsokat, az iránymutatást és munkám ellenőrzését. Köszönettel tartozom Hernádi Dalmának és a TOXI-COOP Zrt. munkatársainak a kísérlet lebonyolításában nyújtott elengedhetetlen segítségükért, a helyszín és eszközök biztosításáért. Továbbá ezúton is köszönöm Dr. Szabó Rita egyetemi docens és Major László PhD hallgató szakmai tanácsát és segítségét. Őszintén remélem, hogy az Önök segítségéhez és munkájához méltó dolgozat született.