



INTÉZMÉNYI TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. november 22.

PIRIMIKARB HATÓANYAGÚ INSZEKTICID (PIRIMOR 50 WG) ÉS A DIFENOKONAZOL HATÓANYAGÚ FUNGICID (SCORE 250 EC) INTERAKCIÓS MÉREGHATÁSÁNAK VIZSGÁLATA HÁZITYÚK-EMBRIÓKON

Interaction toxicity study of pirimicarb insecticide (Pirimor 50 WG) and difenoconazole fungicide (Score 250 EC) on chicken embryos

Készítette:

Petes Szabolcs

I2HVFU

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

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Készthely

2023.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Célkitűzés	6
3. Irodalmi áttekintés.....	7
3.1 A házityúk (<i>Gallus gallus domesticus</i>) embrionális fejlődése.....	7
3.2 Vegyi anyagok teratogén hatásának vizsgálata madarakon.....	11
3.3 Karbamát-származék inszekticidek.....	13
3.3.1 Általános jellemzés	13
3.3.2 Hatásmechanizmus, méreghatás	14
3.3.3 PIRIMOR 50 WG	15
3.4 Triazol-típusú fungicidek.....	16
3.4.1 Általános jellemzés	16
3.4.2 Hatásmechanizmus, méreghatás	17
3.4.3 SCORE 250 EC.....	17
3.5 Együttes méreghatás, interakció.....	20
4. Anyagok és módszerek.....	21
4.1 Kísérleti állatok	21
4.2 Tojások tárolása, majd előkészítése	21
4.3 Tojások kezelése	22
4.3.1 Vizsgálati anyagok	22
4.3.2 Kezelések módja	25
4.4 Feldolgozás	27
5. Eredmények és értékelésük	28
5.1 Embrió mortalitás és fejlődési rendellenességek	28
5.1.1 Kontroll.....	28
5.1.2 Score 250 EC	28

5.1.3	Pirimor 50 WG.....	29
5.1.4	Score 250 EC és Pirimor 50 WG	29
5.2	Embrió mortalitás és a fejlődési rendellenességek statisztikai vizsgálata.....	30
5.3	Embrionális testtömegek változásai	31
6.	Összefoglalás	34
7.	Irodalomjegyzék	36
	Internetes források.....	40
	Ábrajegyzék.....	41
	Köszönetnyilvánítás.....	42

1. Bevezetés

A Föld népességének rendkívüli mértékben történő növekedésével, a lehető legtöbb élelmiszert kell előállítani, amelynek alapja a mezőgazdaságban rejlik.

A mezőgazdasági termelésnek az élelmiszer előállításán túl fokozott figyelmet kell fordítania a meg nem újuló nyersanyagok ésszerű felhasználására, valamint az egész élővilágot érő környezetterhelés csökkentésére, elkerülésére vagy jelentős mérséklésére (SZABÓ, 2009).

Földünk megművelhető területe mintegy 1,87 milliárd hektár (INTERNET1). Az infrastrukturális fejlesztések, a helytelen talajművelés, erózió következtében a talajok termőképessége csökken. A művelt, kedvező adottságú területek visszaesnek, talajpusztulás következik be. Ezek a negatív hatások csökkentik az agrárium lehetőségeit, ezért a fő feladat, illetve cél, az egyre kisebb területeken történő, lehető legnagyobb terméshozam elérése. Mindezek érdekében olyan innovatív módszereket alkalmaznak, melyek fellendítették a GMO, és hibridnövények, nemesítés útján előállított növények termesztését. Új típusú, hatékony növényvédő szerek és műtrágyák kerültek piacra. Ezekkel az agrártudományi, agrokémiai és növényvédelmi módszerekkel, és géntechnológiai ismeretekkel lehetővé válik a termesztésre ható negatív tényezőket minimális szintre szorítani, és ezáltal egy jól működő mesterséges környezetet létrehozni.

Negatív tényezők lehetnek az egyes fitopatogén kórokozók, melyek nem csak az adott kultúrában okoznak fejlődési problémákat, de egyes gomba fajok (*Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*) mikotoxin termelésükkel a melegvérű szervezetekre kimondottan nagy veszélyt jelentenek.

Lehetnek fitofág kártevők, amik tömeges megjelenésükkel óriási gazdasági kárt okozhatnak termesztett kultúráinkban.

Negatív tényezőként nem szabad megfeledkezni a gyomnövények által okozott gazdasági kárról, amelyek által az állományunk környezeti paraméterei megváltoznak, így fokozzák a fitopatogén gombák fertőzésének mértékét amellet, hogy fejlődési problémákat indukálnak gazdasági növényeinkben.

A mezőgazdasági termelésen belül a kémiai növényvédelem az egyik leginkább környezetszennyező terület, mivel különböző xenobiotikumokat, a környezet és a szervezet számára idegen, mesterséges, esetenként mérgező, toxikus hatással rendelkező kémiai

anyagokat juttatunk ki kultúránkra, legtöbb esetben a megfelelő előképzettség megléte nélkül, garantálva a jelentősebb környezeti terhelést.

A környezetbe ily módon bekerülő idegen vegyi anyagok toxikus hatásai nemcsak külön-külön jelentkeznek, hanem azok együttes toxicitása megváltoztathatja az egyedi toxicitást, és gyakran fokozza a káros hatásokat (THOMPSON, 1996).

Az ökotoxikológia térhódításával egyre több olyan ismerettel rendelkezünk, amelyek az embert körülvevő élővilágra gyakorolt kémiai hatásokat írják le. Ezek a vizsgálati eredmények jelentősen hozzájárultak a prevenciót előtérbe helyező szemlélet elterjedéséhez (SINKOVITSNÉ – BENKŐ, 1993). A védekezések során viszont, nem csak a célszervezetre történő hatást kell vizsgálni és limitálni, hanem a non-target szervezetekre gyakorolt hatást is, hiszen az ilyen módon történő szennyezéssel árthatunk ezeknek az élőlényeknek.

Azok a területek, melyeken mezőgazdasági művelés folyik, táplálékot, költő- és bújóhelyet nyújtanak vadmadarainknak. Azonban amennyi pozitív hatása van ezeknek az élőhelyeknek, kockázatot is hordoznak. A mezőgazdasági területek növényvédő szerekkel történő kezelése komoly veszélyt jelenthet az itt élő madarakra, és a tojásaikban lévő embriókra is károsító hatással lehetnek. A különféle kémiai anyagok toxikológiai vizsgálatakor a kémiai összetevőket külön-külön alkalmazzák, viszont a gyakorlatban mindez komplex formában történik. Leggyakoribb például a rovar- és gombaölő szerek egyidejű alkalmazása. Ezekben az esetekben az összetevők több módon hathatnak egymásra: felerősíthetik egymás hatását (szinergizmus), gyengíthetik, vagy csökkenthetik (antagonizmus), illetve összeadódnak ezek a toxikus hatások (addíció). Így számolni lehet az egyidejűleg jelen levő vegyi anyagok együttes méreghatásával, interakciójával, melynek következtében a komponensek egymás toxicitását módosíthatják (VÁRNAGY - BUDAI, 1995).

2. Célkitűzés

Az elvégzésre kerülő vizsgálatom célja az, hogy a növényvédelmi gyakorlatban széles körben alkalmazott pirimikarb hatóanyagú inszekticid (Pirimor 50 WG) és a difenokonazol hatóanyagú fungicid (Score 250 EC) egyedi és együttes embriókárosító hatását tanulmányozzam házityúk szervezetén. Az interakciós vizsgálat alkalmas annak a feltárására, hogy a növényvédő szerek egyedi méreghatásához képest az együttes jelenlétük eredményeként jelentkező károsító hatások milyen formában érvényesülnek a tojásban fejlődő madárembrióban.

3. Irodalmi áttekintés

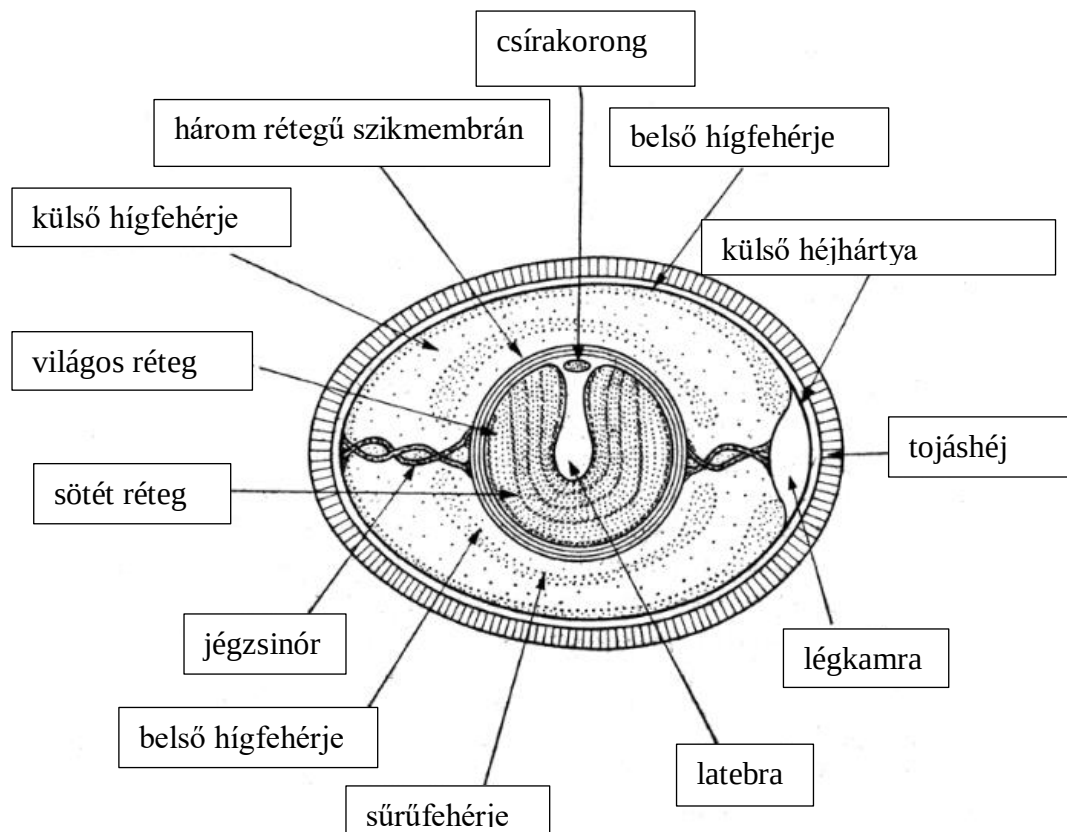
3.1 A házityúk (*Gallus gallus domesticus*) embrionális fejlődése

A testidegen kémiai anyagok madárembriókra kifejtett hatásait csak akkor tudjuk effektíven vizsgálni, ha ismerjük a keltetés folyamán lezajló biológiai folyamatokat a megtermékenyüléstől a kelésig bezáróan.

A madártojás három szerkezeti részből áll. A belső, sárga, kerek központi rész, a sárgája, az érett petesejt (ovum), amely a petefészek tüszőjében alakul ki. A petesejtet a három rétegű szikhártya (vitellin) fedi. A legbelső, az oolemma, amely gyakorlatilag a sejtmembrán (primer petehártya), amelyet a perivitellin membrán (másodlagos petehártya), a petesejt és a granulosa réteg közös terméke, és végül a legkülső réteg, az extravitellin membrán (a terciér petehártya első eleme) alkot, amelyet az infundibulum (tölcsér) termel (PÉCZELY, 2017).

Az extravitellin membrán periferiáján, a petesejt két pólusánál a rostok szétválnak, és kötegeket alkotnak, amelyek kapcsolatot teremtenek a vitellin membrán és a membrán belső rétegének testacea membránja között a tojásfehérjén keresztül. Ez a kemény, rugalmas köteg a chalaza (jégzsinór), amely a spirálisan forgó petesejt sárgájához tapad, ahogy az a petevezetékben lefelé halad, és mivel az is spirálisan forog, rugószerű szerkezetet alkot. A chalazák a petesejtet úgy függesztik fel, hogy a tojás hossz tengelye mentén a hegyes és tompa végekhez, valamint a héjhártyához kapcsolódnak, biztosítva, hogy a tojás forgásakor a petesejt is forogjon, és az üveghártya alatti csírákorong mindig megőrizze helyzetét a felső részen. Ezáltal fontos szerepet játszik a normális embrionális fejlődésben (1. ábra) (PÉCZELY, 2017).

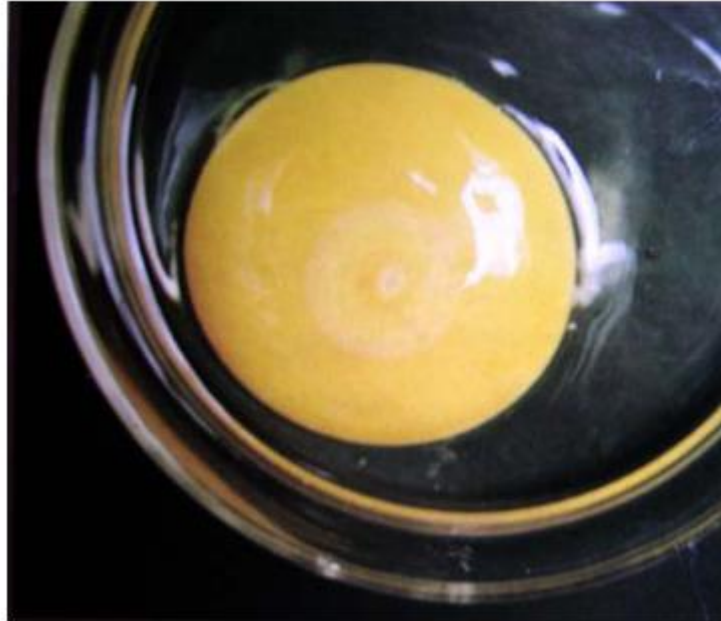
Az albumin (tojásfehérje) a legvastagabb harmadlagos petesejt-burok. Leginkább a petefészek magnumában (fehérjetermelő szakaszban) termelődik, azonban jelentős mennyiségű víz- és fehérjekomponens is beépül a fejlődő petesejtbe, még a petevezetőben és a méhben is. A frissen lerakott petesejtben három albuminréteg különböztethető meg. Bár e három réteg összetevői különböző időpontokban rakódnak le a petevezetékben lévő fehérjébe, ezek a rétegek csak a petevezeték legalsó szegmensében válnak szét, azaz a jellegzetes szétválás még nem látható, amikor a fejlődő petesejt elhagyja a magnumot (fehérjetermelő szakaszt) (PÉCZELY, 2017).



1. ábra A tyúktojás szerkezete (PÉCZELY, 2017)

A tyúkembrió fejlődésének két szakaszát különböztetjük meg. A 8-9. napig tartó embrionális szakaszt, és az ezt követő magzati időszakot. Az embrionális szakaszban az embrió fejlődésében minőségi változások mennek végbe. A szervezdemények, szervek és a végtagok ekkor alakulnak ki. A magzati időszakot a mennyiségi fejlődés, gyarapodás jellemzi. Ez időszak alatt alakul ki az embrió végleges formája (BOGENFÜRST, 2004).

A keltetés első három napjára az intenzív növekedés jellemző. Az első napon az addig gyűrű alakú (2. ábra) csírákorong megnyúlik, és körte alakot vesz fel, kialakul az őscsík, majd az ectoderma és az entoderma között megjelenik új réteggként a mesoderma. A későbbiek folyamán ebből a három alaprétegből alakulnak ki a különböző szövetek és szervek. A keltetés 21. órájában az őscsík mindkét oldalán megjelennek a gerinchúri összelvények (szomiták), amelyekből a későbbiekben fejlődik ki az izomzat és a csontozat. Az első nap végére megjelennek az emésztőszervek, a gerincoszlop, a fej és az idegrendszer kezdeményei (ZBORAY, 2007).



2. ábra Termékeny házityúk tojás a keltetés megkezdésének napján
(Forrás: HUNT - REINHART, audiovizuális prezentáció)

A második nap megkezdődik a szív és a véredények, a hajszálerek, a kiválasztó-, halló- és szaglószervek kezdeményeinek fejlődése. Nagyjából a keltetés 42. órájában megindul a szívverés és a véráramlás. Az idegrendszer kezdeményei létrehozzák a velőcsövet, annak első szakaszából az agy, hátulsó szakaszából a gerincvelő fejlődik (FEJES, 2005).

A harmadik nap folyamán jelennek meg a végtagkezdemények, a láb, a szárnyak és a farok, továbbá az orr és a csőr. A keringési rendszeren gyorsabb ütemű fejlődést lehet megfigyelni, mivel az embrió megkezdí baloldalra fekvését forgás által. A negyedik napon az érhalózat tisztán kivehetővé válik, valamennyi testrész megjelenik, kifejlődik a nyelv. Az ötödik napon az amnion folyadékkal telik meg, megvédve így az embriót a mechanikai sérülésektől (FEJES, 2005). Differenciálódnak a szaporítószervek, valamint az agyvelő, idegrendszer és a szervek szintén felismerhetővé válnak végleges pozíciójukban (KOVÁCS - FEHÉR, 1966).

A hatodik és a tizedik nap között az embrió felveszi végleges formáját. A hetedik naptól megindul az allantois légzés, a nyolcadik naptól már láthatóak a tollkezdemények. Az embrió testén kívül kialakult szív bezáródik a testüregbe, az embrió a továbbiakban a szik állományával a köldökön keresztül, a vérkeringés útján tart kapcsolatot (BOGENFÜRST, 2004).

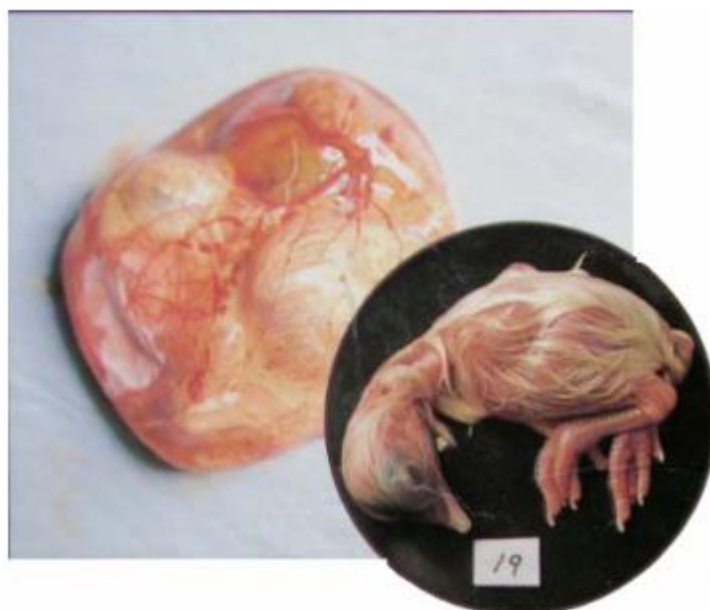
A tizenegyedik és tizenkettedik nap (3. ábra) között a mellizmok és a végtagok izmai erőteljesen növekednek a végtagokkal és a törzzsel együttvéve. A csontosodási folyamathoz szükséges kalcium felvétele a tizenkettedik napra valósul meg. A chorioallantois membrán

(CAM) képessé válik a bikarbonát formájában történő kalcium szállítására a tojáshéj és az embrió között, biztosítva ezáltal a megfelelő növekedést (DIECKERT et al. 1992).



3. ábra Házityúk embrió a keltetés tizenkettedik napján
(Forrás: HUNT - REINHART, audiovizuális prezentáció)

Tizenharmadik napra kifejlődnek a szervek. A tizenhatodik naptól a szarukezdemények (csőr, lábpikkelyek, karmok) megismerhetők. A tizenkilencedik napon (4. ábra) elkezdődik a sziktömlő behúzódása a hasüregbe elkezdődik, majd a huszadik napon megkezdődik a



4. ábra Házityúk embrió a keltetés tizenkilencedik napján
(Forrás: HUNT - REINHART, audiovizuális prezentáció)

köldöközáródás. A huszonegyedik napra a tojáshéj nagymértékben elveszíti mésztartalmát, mert annak nagy része felszívódott, és a csontokban rakódott le, így törékenyebbé válik (BOGENFÜRST, 2004).

3.2 Vegyi anyagok teratogén hatásának vizsgálata madarakon

1988 óta az újonnan kifejlesztett növényvédőszer-készítményt a magyarországi felhasználási engedély megszerzéséhez csirke- vagy fácánembriókon kell vizsgálni annak ökotoxikus, embriótoxikus, és teratogén hatásainak kimutatására (VÁRNAGY, 1989).

A madárembrío érzékeny a környezeti szennyeződésre. A különböző vegyi anyagok toxikus és teratogén potenciálja madarak (fürj, fácán, csirke stb.) embriókra gyakorolt hatásával számos szerző foglalkozott (DARESTE, 1891; FÉRÉ, 1901; DEAKIN - ROBERTSON, 1933; BOWMAN, 1967; HOFFMANN - ALBERS, 1984; SOMLYAY et al., 1992). Számos kutató ezek alapján bebizonyította, hogy a madárembriók érzékenyen reagálnak a peszticidek mérgező hatásaira, ezáltal a csirke- és fácánembriókat potenciális kísérleti modellként való felhasználását javasolták (VARGA et al., 1999). DARESTE (1891) írta le elsőként, és így a nevéhez fűződik, hogy néhány hátrányos tulajdonság ellenére megfelelően alkalmazhatóak toxikus hatások kimutatására a madárembriók.

A fejlődési toxicitás az embrionális fejlődés során következik be, maradandó és nem maradandó rendellenességekkel jár. A veleszületett rendellenességek, a rendellenes fejlődés maradandó következményei, magukban foglalják a kikelés előtt vagy a kikeléskor (születéskor) keletkezett morfológiai, biokémiai és funkcionális rendellenességeket. A maradandó rendellenességeket teratogének okozzák; a teratogén hatások morfológiai rendellenességek, vagy viselkedési, tanulási rendellenességek formájában figyelhetők meg. Biokémiai vagy funkcionális rendellenességek, amelyek csak az élet későbbi szakaszában jelentkezhetnek. Fejlődési toxicitás olyan nem tartós megnyilvánulásokat is magában foglal, mint a növekedési elmaradás, ödéma, vérömlenyek és gyengeség (FERNIE et al., 2014).

HOFFMANN (1990) szerint teratogén az az anyag vagy hatás, amely az embriót vagy a magzatot károsítja, fejlődési rendellenességet okoz. A teratogenitás a fogamzás és a születés közötti időszakban jelentkező probléma. Napjainkban használható növényvédő szerekkel támasztott követelmények egyike, hogy teratogén hatással ne rendelkezzenek.

VÁRNAGY és munkatársai (1984) vizsgálatában beigazolódott, hogy a növényvédelmi gyakorlatban használt Wofatox 50 EC legmagasabb koncentrációja (0,4%) tipikus csontvázdeformításokat és mikroszkopikus elváltozásokat okozott. Feltételezhető, hogy a peszticidok hatásai elsősorban az izomzatban nyilvánulnak meg, másodlagos csontrendszeri elváltozásokat okozva.

VÁRNAGY és munkatársai (1996) kísérleteik során gyomirtó szerek (Flubalex, Fusilade S, Maloran 50 WP) egyedi és együttes toxicitását vizsgálták. A 0. napon alkalmazott injektálós kezelés testtömeg-csökkenést mutatott a Flubalex és Maloran 50 WP szereknél, míg a Maloran 50 WP és a Fusilade S-nél az embrióelhalások száma emelkedett.

VARGA és munkatársai (1999) kísérletében egy inszekticid (Sumithion 50 EC) és egy herbicid (Fusilade S) külön-külön és együttes méreghatását vizsgálta fácánembrión, injektálós kezeléssel. Eredményeik alapján arra jutottak, hogy az együttes méreg hatás során a kétfoldos magasabb koncentrációban kezelt csoport alacsonyabb testtömeget eredményezett, valamint itt volt a legmagasabb embrió mortalitás. Csontvázdeformításokat nem tapasztaltak, viszont a kontroll csoporthoz képest a fejlődési szakaszban a csontok nem feleltek meg a normális állapotnak a csontvázfestés alapján. Az önmagában adott Fusilade S a legmagasabb dózisszintnél 100%-os embriópusztulást okozott, de a Sumithion 50 EC-vel egyidejűleg adott azonos dózis 82,36%-ra mérsékelte az embriótoxicitást. A fejlődési rendellenességek száma magasabb volt az egyedi Sumithion 50 EC kezelés közepes dózis esetében, mint a Fusilade S-sel együttes alkalmazásban.

MARLIAC és VERRET (1963) 12 növényvédő szer, köztük a DDT, a lindán, a paration, az metilparation és a karbamát teratogén hatását vizsgálták csirke- és patkányembriókon. Tanulmányukban megállapították, hogy a klórozott szénhidrogének nem gátolják az embrionális fejlődést, de jelentős teratogén hatást fejtenek ki, ha szerves foszforsavészterekkel és karbamát típusú vegyületekkel kombinálva alkalmazzák őket.

A klórpirifosz és a cipermetrin (50 mikroliter tojásonként) spinosad nevű vegyi anyaggal (bakteriális fermentációs termék, *Actinomycetes*) történő beadása Rhode Island Red csirkeembriókban, görbe lábak, csavarodott vagy hiányzó ujjpercek, csőrdeformítások, mikro- vagy anophthalmia, craniorachischisis, micromelia, a csigolyák és/vagy a szegycsont deformációja, köldöksér és ödéma kialakulásához vezetett (GARCÊS et al., 2020).

POURMIRZA (2000) kutatásából beigazolódott, hogy a malation és az endoszulfán 1,25 mg/tojás adagban nem okozott kifejezett növekedést a mortalitásban a kontroll csoportokhoz képest. A rovarölő szerek LD₅₀ értékei viszont bizonyították, hogy a malation mérgezőbb, mint az endoszulfán. Kijelentette, hogy az a hipotézis, hogy az életképes embriók dózisválasza egy lineáris regressziós egyenesre illeszkedik, statisztikailag elfogadható volt. A malation és az endoszulfán együttes alkalmazása növelte a mortalitási arányt, az egyedi kezelésekhez képest. Bármelyik vegyület esetében a megnövelt dózis általában az embrió testtömegének csökkenését eredményezte.

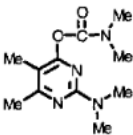
3.3 Karbamát-származék inszekticidok

3.3.1 Általános jellemzés

A karbamát peszticidok a karbaminsavból származnak, és a rovarokat az organofoszfát származék rovarölő szerekhez hasonlóan pusztítják. Ezeket széles körben használják a háztartásokban, kertekben és a mezőgazdaságban. Az első karbamátot, a karbarilt 1956-ban vezették be, és azóta világszerte többen használtak belőle, mint az összes többi karbamátból együttvéve. A karbaril viszonylag alacsony orális és bőrön keresztüli emlős toxicitása és széles hatásspektruma miatt széles körben használták a gyepgazdálkodásban és kertekben (INTERNET2).

A legtöbb karbamát rendkívül mérgező a *Hymenoptera* fajokra, és óvintézkedéseket kell tenni a táplálkozó méhek vagy parazitoid darazsak expozíciójának elkerülése érdekében. A karbamátok némelyike a növényekben transzlokálódik, így hatékony szisztémás kezelést jelentenek (INTERNET2).

Tizennégy aril-N-metil-karbamát vegyületet írnak le. Esetünkben a vizsgált hatóanyag a pirimikarb, bázikus, és szerkezetileg (5. ábra) különbözik a többi vegyülettől abban, hogy heterociklusos aromás gyűrűvel rendelkezik, és hogy *N,N*-dimetilkarbamát. Valószínűleg azért van dimetil része, mert a heterociklusos karbamátok monometilszármazékai lúgos körülmények között túl gyorsan hidrolizálódnak (ROBERTS - HUTSON, 1999).

Common name	Pirimicarb
Chemical name (IUPAC)	2-dimetil-amino-5,6-dimetil-pirimidin-4-ildimetil-karbamát
CASRN	23103-98-2
Molecular formula	C ₁₇ H ₁₈ N ₄ O ₂
Molecular weight	238.3
Chemical structure	
Water solubility	3060 mg l ⁻¹
K_{oc}	45-730
Vapour pressure	2.1 × 10 ⁻³ Pa (30 °C)
Log K_{ow}	1.7
pK_a	4.34 (weak base)

5. ábra Pirimicarb hatóanyag kémiai jellemzői (ROBERTS - HUTSON, 1999)

A karbamátok csak közepesen szívódnak fel a talajból, azonban némelyikük kioldódhat. A talajban viszonylag gyorsan lebomlanak, így nem perzisztensek. A vegyületek hidrolizálódnak és oxidálódnak, kötött maradványokat képeznek. A vegyületek csaknem mindegyike közepes lipofilitású, így a növényekben jó szisztémás aktivitással rendelkeznek, a gyökerekből a xilémen keresztül a hajtásokba transzlokálódnak (ROBERTS - HUTSON, 1999).

3.3.2 Hatásmechanizmus, mérgehatás

A karbamátok reverzibilis, nem-kompetitív kolinészteráz-gátlók. Farmakológiai aspektusból indirekt paraszimpatomimetikus hatásúak. Az acetilkolin-észterázhoz kötődve közvetett módon acetilkolin-felszaporodást okoznak a szinaptikus részben, ami a fiziológiás neurotranszmitter akut intoxikációját eredményezi. A karbamilált kolinészteráz jó hatékonysággal regenerálódik az organofoszfátok erősebb inaktíváló hatására létrejövő foszforilált formával ellentétben. Utóbbi esetben a stabilabb enzimmegkötődés irreverzibilis kolinészteráz-bénítást és súlyosabb mérgezést okozhat. Minden preganglionáris vegetatív neuron, valamint minden posztganglionáris paraszimpatikus ideg, továbbá a neuromuszkuláris junction és a központi idegrendszer néhány neuronja is képes kolinerg transzmisszió révén acetilkolin transzmittert felszabadítani ingerület hatására, kolinreceptorok jelenlétében. Muszkarin- és nikotinszerű hatást tapasztalhatunk mérgezés esetén. Muszkarinszerű mérgezés esetén a mirigyműködés és

a simaizom tevékenység fokozódik, bélperisztaltika beindul a mirigyszekrécióval egy ütemben. Ezeket követi még a hörgőgörcs (bronchospasmus), pupillaszűkület és az alacsony vérnyomás (bradycardia). A mérgezés nikotinszerű hatásakor a harántcsíkolt izomzat izgalma révén, izomrángások, izomgyengülés, bénulás, végül fulladásos halál következik be a légzőizmokban lejátszódó az előbb említett okok miatt. Mérgezés esetén antidótumot alkalmaznak, ami az atropin injekció, és tüneti megfigyelő kezelés esetén diazepamot. A kvaterner amin szerkezetű karbaminsav- észterek (neostigmin és pyridostigmin) mint indirekt kolinomimetikumok a klinikumban, kolinészteráz-gátló hatásuk révén fokozzák a kolinerg transzmissziót. Az ebből adódó terápiás indikációknak jellemzően a myasthenia gravis és a glaukóma kezelésében, valamint atóniás kórképekben van gyógyászati szerepük (ÁDÁM, 2016; GYIRES et al., 2019; MANDL – CSALA, 2023).

Általánosságban úgy vélik, hogy a karbamátok kolinészterázhoz való nagy affinitása és az aktív hely karbamoilációján keresztül történő pszeudo-irreverzibilis gátlás felelős a toxicitásukért (ROBERTS - HUTSON, 1999).

3.3.3 PIRIMOR 50 WG

A PIRIMOR 50 WG (1. táblázat), (pirimikarb) IRAC „1A” besorolású a zoocid karbamátok közé tartozó acetilkolin-észteráz gátló, kontakthatású idegméreg (INTERNET3). Szelektív levéltetűirtó, amelyet gabonafélék, gyümölcsök, dísznövények, szamóca, burgonya, cukorrépa, takarmányrépa, gyapot, olajrepce, dohány és üvegházi növények esetében használnak (ROBERTS - HUTSON, 1999).

A gyors felszívódásnak köszönhetően a vírusvektor rovarok táplálkozását azonnal gátolja, ezáltal a növénypatogén vírusok továbbítását, növénybe jutását is megakadályozza.

Almatermésűekben és őszi barackban a levéltetű ősanyák és utódnemzedékei ellen a kolóniák kialakulása előtt kell védekezni, a gazdacserés levéltetű fajok esetében a nyári szűznemzéssel szaporodó nemzedékek ellen is védekezni kell.

Szántóföldi kultúrákban az állománykezelést növényvizsgálatra alapozott vagy sárgatálás megfigyelés (előrejelzés) alapján, az első egyedek betelepülését követően ajánlott elkezdni.

Zöldségfélékben is sárgatálás előrejelzés alapján a kártevők megjelenésekor kell megkezdeni a kezeléseket, az utódnemzedékek ellen pedig szükség esetén meg is kell ismételni azt.

Káposztafélékben és mákban a permetléhez nedvesítőszer hozzáadása javasolt. Mákban erős levéltetű fertőzés célszerű egy másik engedélyezett rovarölő szerrel kombinációban kijuttatni (INTERNET3).

1. táblázat Összefoglaló adatlap részlete, PIRIMOR 50 WG (INTERNET3)

Pirimor 50 WG	
Gyártó:	Syngenta AG
Engedélyokirat tulajdonosa:	Adama Hungary Zrt.
Típus:	rovarölő szer (vízben diszpergálható granulátum)
Hatóanyag:	500 g/kg pirimikarb
Engedélyszám:	35756/2001
Érvényesség:	2024. december 31.
Forgalmazási kategória:	II., III.
p.o. LD ₅₀ értéke (patkányon):	87 mg/ttkg
Halvesélyesség:	kifejezetten veszélyes
Méhveszélyesség:	nem jelölésköteles
Tűzveszélyesség:	nem jelölésköteles
Dózis:	0,25-0,8 kg/ha kártevő függvényében

3.4 Triazol-típusú fungicidek

3.4.1 Általános jellemzés

A triazol-származékok széles körben elterjedt antimikotikus vegyületek, amelyeket a humán- és állatgyógyászatban, valamint a mezőgazdaságban egyaránt alkalmaznak. Hatásuk miatt ezeket a vegyületeket sikeresen alkalmazzák szisztémikus mezőgazdasági gombaölő szerként (gabonafélék, gyümölcsök, zöldségek- és dísznövények lisztharmata és rozsdája ellen), valamint szisztémás és helyi gombabetegségek ellen az ember és a háziállatok körében (MENEGOLA et al., 2001). A szisztémás gombaölő szerek előnye abban rejlik, hogy képesek felszívódni a magokba vagy növényekbe a kezelés során. A már felszívódott szerek a kezeletlen felületekre vagy az új növényi részekbe transzlokálódnak felszívódás által, így védve a növényt a gombatámadás ellen, vagy kiirtva a már jelen lévő gombát.

A mezőgazdasági felhasználású azolok különböző szerkezetűek, amelyekben a triazol- vagy imidazolgyűrű jelenléte a közös szerkezet. Szintézisük általában az azolcsoportnak a molekulába történő bevezetésén alapul, egy aktivált formával, például trimetil-szillimidazol vagy acilált azolok segítségével. A metabolikus útvonalak általában a triazolrészhez kötött csoportok reakcióit foglalják magukban (ROBERTS - HUTSON, 1999).

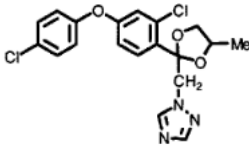
Az azol gombaölő szereket jellemzően permetszerként vagy csávázószerként alkalmazzák. A legtöbb azol toxikus hatása emlősökre általában meglehetősen alacsony. A talajban a lebomlás meglehetősen lassú lehet, és hosszú felezési időket figyeltek meg. Az azolok azonban nem mobilisak, kötődnek a talajhoz, és nem mozognak a mintavételi mélység alá. Ezért nem valószínű, hogy bármilyen mértékben kioldódnának és szennyeznék a talajvizet (ROBERTS - HUTSON, 1999).

3.4.2 Hatásmechanizmus, méreghatás

Az azol fungicidek hatásmechanizmusa abban rejlik, hogy képesek beavatkozni a gombák bioszintézisébe, gátolják az ergoszterol bioszintézisét. A triazolok és imidazolok egy citokróm P-450 monooxigenáz enzim interferenciáján keresztül gátolják a szterol C-14 demetilációt. Az ergoszterol számos gombában elengedhetetlen a megfelelő membránszerkezethez és a sejtfal működéséhez. Az ergoszterin szintézisének blokkolása sejthalált, vagy a növekedés erőteljes gátlását eredményezi. Számos másodlagos hatás is megfigyelhető. Rendellenes morfológia és a normális növekedési folyamatok torzulása következik be. A fő szterol szintézisének blokkolásával számos szterol intermedier halmozódik fel (ROBERTS - HUTSON, 1999).

3.4.3 SCORE 250 EC

A difenokonazol (6. ábra) hatóanyagú SCORE 250 EC kuratív hatású szisztémikus gombaölő szer, amely akropetális és transzlamináris transzlokációval szívódik fel a levelekből. A szteroidok demetilációjának gátlásával beavatkozik az ergoszterol bioszintézisébe ezáltal sejthalál következik be (ROBERTS - HUTSON, 1999).

Common name	Difenoconazole
Chemical name (IUPAC)	1-(2-(4-(4-klór-fenoxi)-2-klórfenil)-4-metil-1,3-dioxolan-il-metil)-1H-1,2,4-triazol
CASRN	119446-68-3
Molecular formula	C ₁₉ H ₁₇ Cl ₂ N ₃ O ₃
Molecular weight	406.3
Chemical structure	
Water solubility	15 mg l ⁻¹ (25 °C)
K_{oc}	1100 (est.)
Vapour pressure	3.3 × 10 ⁻⁸ Pa (25 °C)
Log K_{ow}	4.20 (25 °C)
pK_a	Non-ionised

6. ábra Difenokonazol hatóanyag kémiai jellemzői (ROBERTS - HUTSON, 1999)

A hatóanyag eljut a hajtáscsúcsokhoz is, valamint az említett gyógyító hatása révén a 3- 4 napos lappangó fertőzéssel szemben is véd. Mivel több növénykultúrában is alkalmazhatjuk, ezen kedvező tulajdonságát ki lehet használni almában, körtében (piros bimbós állapottól) varasodás és lisztharmat ellen, valamint őszibarackban (rügypattanástól) a levélfodrosodás, lisztharmat és levéllikasztó gombabetegségek ellen (INTERNET4).

Hosszan tartó aktivitást biztosít az *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* és *Deuteromycetes* nemzetségek fajai ellen. Szőlő, almatermésűek, csonthéjasok, burgonya, cukorrépa, olajrepcé, dísznövények és különböző zöldségnövények betegségkomplexei ellen használják. Vetőmagkezelésként is alkalmazzák számos kórokozó ellen búzában és árpában (ROBERTS - HUTSON, 1999). Napjainkban inkább, alma, körte és barack ültetvényben elterjedt.

Varasodás, lisztharmat ellen 0,2–0,25 l/ha dózisban kell kijuttatni. A Score-t az alma, körte legérzékenyebb növekedési szakaszában javasolják a varasodás (*fuzikládium*) elleni védekezésre. Egyedülálló tulajdonsága, hogy a csapadékhullás kezdetétől számított 96 órán (4 napon) belül kijuttatva is képes a varasodás fertőzést leállítani és a tünetek megjelenését megakadályozni. Sziromhullástól alkalmazzuk az alma védelmére blokkszerűen, 8–10 naponként kijuttatva. A Score 250 EC (2. táblázat) a permetezést követően gyorsan felszívódik és védelmet nyújt az intenzív növekedési időszakban is (INTERNET4).

2. táblázat Összefoglaló adatlap részlete, SCORE 250 EC (INTERNET4)

Score 250 EC	
Gyártó:	Syngenta AG
Képviselő:	Syngenta Kft.
Típus:	gombaölő permetezőszer (emulzióképző koncentrátum)
Hatóanyag:	250 g/l difenokonazol
Engedélyszám:	15799/2003
Érvényesség:	2028. május 31.
Forgalmazási kategória:	III.
p.o. LD ₅₀ értéke (patkányon):	3129 mg/ttkg
Halveszélyesség:	kifejezetten veszélyes
Méhveszélyesség:	nem jelölésköteles
Tűzveszélyesség:	nem jelölésköteles
Dózis:	0,2-0,25 l/ha kultúra, fertőzés függvényében

3.5 Együttes méreghatás, interakció

A toxikológiai szakirodalomban az interakciós hatásokat úgy határozzák meg, mint legalább két vegyi anyag együttes toxikus hatásait egy szervezetben. A toxikus kölcsönhatások során két vegyület ugyanahhoz a receptorhoz kötődhet, és blokkolhatják egymás kötődését, így az egyik fokozhatja, csökkentheti vagy gátolhatja a hatást. A hatások kölcsönhatásának másik lehetősége, hogy a kettő vegyület különböző receptorokhoz kötődik, és így fejtik ki hatásukat. Ebben az esetben a toxikus hatások, klinikai megnyilvánulások kombinálódnak. Kinetikus kölcsönhatások esetén a vegyület koncentrációja a hatás helyén felszívódás, eloszlás, metabolikus vagy kiválasztási folyamatok révén változik (NEAL, 2000).

Ha egy adott időben kémiaiilag különböző vegyi anyagokat alkalmazunk egyszerre, akkor a következő, az interakció három alaptípusával kell számolnunk:

Addíció történik, vagyis összegyűlik a vegyi anyagok toxikus hatása. Például, amikor étert és kloroformot használnak együtt, amikor hatástani kölcsönhatás lép fel, a két vegyület különböző receptorokhoz kötődik, és a két anyag toxikus hatásai egyszerűen összeadódnak (JUHÁSZ, 2009).

Szinergizmus lép fel, vagyis a folyamatban részt vevő vegyi anyagok kombinált méreghatása növekszik az egyedi méreghatáshoz képest. Például, amikor a triklórofont és a malationt együtt használják, az antagonizmus kinetikus kölcsönhatások esetén alakul ki, mivel a triklórofon gátolja a karboxilészteráz enzim hatását, amely lelassítja a malathion lebomlását és meghosszabbítja a toxikus hatást (JUHÁSZ, 2009).

Antagonizmus alakul ki, amely számunkra ígéretes hatással lehet, mivel ebben az esetben az egyik alkalmazott vegyi anyag csökkenti a másik toxikus hatását (JUHÁSZ, 2009).

4. Anyagok és módszerek

4.1 Kísérleti állatok

Kísérletemben a Farm color fajtájú házityúk (*Gallus gallus domesticus*) termékeny tojásait használtam, amelyek a sármelléki Goldavis Baromfikeltető Kft. keltető üzeméből származtak.

Ez a fajta kettős hasznosítású hibrid. Kedvező növekedési erélyű, nagyon tarka színű az előnevelők kedvence. Cifra tollazatú, típusában a magyar igényeknek megfelelő, kiemelkedő tulajdonságokkal rendelkezik (INTERNET5).

4.2 Tojások tárolása, majd előkészítése

A szállítást követően a tojásokat 24 óráig pihentettem, és az azt követő pihentetés után kezdtem meg a házityúk tojások keltetését Ragus® (7. ábra) típusú asztali keltetőgépben.

Az inkubáció során 37-38 °C-os hőmérsékletet kell fenntartani a sejtek megfelelő növekedéséhez, és az anyagcsere-folyamatok lejátszódásához. A nem megfelelő hőmérséklet szabálytalan kelést okozhat. Ezenkívül 65-75%-os páratartalomra van szükség az embrió károsodásának elkerülése érdekében. Alacsonyabb értékeknél a fejlődés során a membránnal való összetapadások alakulnak ki, és a légzés a membrán kiszáradás miatti megkeményedése által károsodhat. Az optimálisnál magasabb páratartalom lassítja, vagy elhúzódozó kelést eredményez. Ezenkívül a tojást naponta 1-1 alkalommal meg kell forgatni, hogy az embrió ne tapadjon le (BOGENFÜRST, 2004).



7. ábra RAGUS® típusú asztali keltetőgép (SAJÁT)

4.3 Tojások kezelése

A kísérletben összesen 140 db házityúk-tojást használtam fel. Ebből 4 csoportot alakítottam a következők szerint:

- Kontroll: **35** db tojás (Jelölés: K)
- Pirimor 50 WG rovarölő permetezőszer egyszeres koncentráció: **35** db tojás (Jelölés: P1x)
- Score 250 EC gombaölő permetezőszer egyszeres koncentráció: **35** db tojás (Jelölés: S1x)
- Pirimor 50 WG és Score 250 EC együttes alkalmazása egyszeres koncentráció: **35** db tojás (Jelölés: PS1x)

4.3.1 Vizsgálati anyagok

4.3.1.1 Kontroll csoport

A tyúktojások egy részének kezelését érdemes elvégezni a különböző fizikai és kémiai hatások szemléltetése érdekében. Ennek érdekében egy módszert vagy anyagot kell alkalmazni, amely az embrió fejlődését nem befolyásolja. Esetemben kezeletlen kontrollt alkalmaztam, mint módszert.

4.3.1.2 Pirimor 50 WG-vel kezelt csoport

Növényvédő szer rendeltetése:

rovarölő permetezőszer

Növényvédő szer formulációja:

vízben diszpergálható granulátum (WG)

Hatóanyaga:

ISO név: **pirimikarb**

JUPAC név: **2-dimetil-amino-5,6-dimetil-pirimidin-4-ildimetil-karbamát**

CAS szám: 23103-98-2

résaránya 500 g/kg

Hatóanyag tartalom:

50 ± 1,5% (m/m)

Fizikai-kémiai tulajdonságok:	Meg kell feleljen a „WG” formuláció FAO követelményeinek
A készítmény p.o. LD ₅₀ értéke (patkányon):	87 mg/ttkg
Vízi szervezetekre való veszélyessége:	kifejezetten veszélyes
Méhveszélyesség:	nem jelölésköteles
Méhveszélyesség toxicitás alapján:	mérsékelten veszélyes
Méhveszélyesség kockázatbecslés alapján:	nem jelölésköteles
Tűzveszélyességi besorolás:	nem jelölésköteles
Forgalmazási kategória:	II. és III. kategória
Légi kijuttatás:	nem engedélyezett
Munkaegészségügyi várakozási idő:	3 nap
Élelmezés-egészségügyi várakozási idő:	
kalászosok (őszi búza, rozs, tritikálé, árpa, zab)	35 nap
dohány, mák	21 nap
napraforgó	28 nap
almatermésűek	10 nap
saláta	14 nap

A következő kultúrákban használják: kalászosok (őszi búza, árpa, rozs, zab, tritikále) napraforgó, dohány, mák saláta, almatermésűek (alma, körte, birs, naspolya) cukorrépa, káposztafélék (fejes káposzta /fehér, vörös/, kelbimbó, kelkáposzta, kínai kel), őszibarack paprika, paradicsom, uborka (INTERNET3).

A vizsgálat során a legmagasabb gyakorlati permetlé-töménységet alkalmaztam a Pirimor 50 WG esetében, 0,8 kg/ha (dózis, szer) 200 l/ha (permetlé, víz) azaz 0,4%-os koncentrációban.

4.3.1.3 Score 250 EC-vel kezelt csoport

Növényvédő szer rendeltetése:

gombaölő permetezőszer

Növényvédőszer formulációja:

emulzióképző koncentrátum (EC)

Hatóanyaga:

ISO név: **difenokonazol**

JUPAC név: **1-(2-(4-(4-klór-fenoxi) -2-klórfenil) -4-metil-1,3-dioxolan-il-metil)-1H-1,2,4-triazol**

CAS szám: 119446-68-3

részaránya 250 g/l

Hatóanyag tartalom:

25 ± 1,0% (m/m)

Fizikai-kémiai tulajdonságok:

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

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

3129 mg/ttkg

Vízi szervezetekre való veszélyessége:

kifejezetten veszélyes

Méhveszélyesség:

nem jelölésköteles

Méhveszélyesség toxicitás alapján:

-

Méhveszélyesség kockázatbecslés alapján:

-

Tűzveszélyességi besorolás:

nem jelölésköteles

Forgalmazási kategória:

III. kategória

Légi kijuttatás:

nem engedélyezett

Munkaegészségügyi várakozási idő:

0 nap

Élelmezés-egészségügyi várakozási idő:

őszibarack

14 nap

körte

14 nap

alma

14 nap

Almában és körtében varasodás és lisztharmat ellen a kezeléseket az előrejelzésre alapozva, a növény piros bimbós állapotától a gyümölcsök zöld dió nagyságig terjedő időszakban kell végrehajtani. Általában 4 alkalommal, a fertőzési veszélyhelyzettől függően, 8-14 naponként szükséges permetezni. A készítmény kuratív hatása a fertőzéstől számított 96 óra. Ősziarackban tafrinás levélfodrosodás ellen, rügypattanás után általában 2-3 kezelés indokolt (INTERNET4).

A vizsgálat során a legmagasabb gyakorlati permetlé-töménységet alkalmaztam a Score 250 EC esetében is, ahol a koncentráció 0,25 l/ha (dózis, szer) 400 l/ha (permetlé, víz), tehát 0,0625%-os.

4.3.2 Kezelések módja

A madárteratológiai vizsgálatokban legelterjedtebb kezelési technika, a vizsgált anyagok légkamrába történő injektálása. Lényege, hogy a tojásban fejlődő madárszervezetek, embriók felhasználásával a vizsgálati anyagot a tojás légkamrába juttatják. Használatos még a bemejtéses, és permetezési módszer. Az általam is használt injektációs eljárás előnye, hogy a testidegen kémiai anyag pontos dózisban juttatható a tojás tetszőleges részébe (KHERA – CLEGG, 1969). Hátránya azonban, hogy a környezeti expozíciós viszonyok modellezése kevésbé ad reális eredményt. A bemejtéses technika csak a vizsgálandó anyagnak a fejlődő embrióra ható indirekt hatását teszi csak vizsgálhatóvá, viszont jól modellezi a vegyszeres növényvédelem során érvényesülő expozíciós viszonyokat (VÁRNAGY et al. 2000).

Az injektációs kezelésnél egy másik módszer, hogy a kémiai anyagokat nem a légkamrába, hanem a termékeny tojások sárgájába injektáljuk a keltetést megelőzően, majd ugyanúgy a testidegen kémiai anyagnak a csirkék embrionális fejlődésére gyakorolt hatását figyeljük meg. Ez a módszer is ígéretes ugyanúgy, mint a légkamrába történő injektálás, mivel pénz- és helytakarékosabban kivitelezhető, mint a nagyobb állatokkal lehetséges lenne. Csirkeembriók százait lehet megfigyelni minimális helyen és viszonylag rövid idő alatt. Az ilyen nagy számok felhasználásának megvalósíthatósága a toxicitás statisztikai értékelése szempontjából is értékes információkat szolgáltat (MCLAUGHLIN et al., 1963).

A vizsgálat a MATE Georgikon Campus Növényvédelmi Intézet Növényvédelmi Tanszék Ökotoxikológiai laboratóriumában zajlott le. A kezeléseket a keltetés megkezdése előtt végeztem el. Az injektálás megkezdése előtt, a tojásokat a korábban említett jelölések alapján, grafit ceruzával megjelöltem, 4x35-ös csoportokba osztottam, majd a tojás tompább felénél, ahol a légkamra elhelyezkedik, két apró lyukat fúrtam (8. ábra) A két lyukból az egyik az

injektálás során, a kilépő levegő miatt kell, hogy meglegyen. Mindezek elvégzése után a csoportoknak megfelelően, az egyedi méreghatás vizsgálatához Pirimor 50 WG rovarölő szerből (0,4%), és Score 250 EC gombaölő szerből (0,0675%) permetlé-töménységben 0,1-0,1 ml végtérfogatnyi mennyiséget mikropipettával a tojások légkamrájába injektáltam (9. ábra). Az együttes kezelés során mindkét vizsgálati anyagból 0,1 ml, vagyis 0,2 ml került injektálásra a tojás légkamrájába. Végül a lyukakat parafinnal lezártam (10. ábra) és a tojásokat a keltetőgépbe helyeztem.



8. ábra Tojások csoportosítása, megjelölése és kifűrése (Fotó: Petes Szabolcs)



9. ábra Tojásba történő injektálás mikropipettával (Fotó: Petes Szabolcs)



10. ábra Lyukak befedése paraffinnal (Fotó: Petes Szabolcs)

4.4 Feldolgozás

A feldolgozásra az inkubáció 18. napján (11. ábra) került sor, mely során a keltetőből kivett tojásokat laborcsipesz, és olló segítségével felbontottam. Ez után lejegyeztem az esetleges makroszkópos embrionális fejlődési rendellenességek előfordulásának gyakoriságát és típusát, az előforduló embrióelhalás számát, valamint lemértem a tojásokból élve kiemelt házityúk-embriók (11. ábra) testtömegét.



11. ábra Tojások felbontása a keltetés 18. napján, valamint egy 18. napos házityúk-embrió (Fotó: Petes Szabolcs)

5. Eredmények és értékelésük

5.1 Embriómortalitás és fejlődési rendellenességek

5.1.1 Kontroll

A kontroll csoport esetében a 35 termékeny tojás vizsgálatakor 3 elhalást tapasztaltam (8,57%), fejlődési rendellenességet nem tapasztaltam (3. táblázat).

3. táblázat Az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek a kontroll csoportban a Pirimor 50 WG és Score 250 EC madárteratológiai vizsgálatában

Vizsgált paraméter	Mennyiség (db)
Termékeny tojások száma	35
Élő embriók száma	32
Elhalt embriók száma	3
Fejlődési rendellenességek száma	0

5.1.2 Score 250 EC

Score 250 EC-vel történt egyedi kezelés esetén az elpusztult embriók száma 11 (31,43%) volt, a 35 termékeny tojás vizsgálatakor. Fejlődési rendellenesség ebben a kezelt csoportban nem fordult elő (4. táblázat).

4. táblázat Az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek a Score 250 EC egyedileg kezelt csoportban a Pirimor 50 WG és Score 250 EC madárteratológiai vizsgálatában

Vizsgált paraméter	Mennyiség (db)
Termékeny tojások száma	35
Élő embriók száma	24
Elhalt embriók száma	11
Fejlődési rendellenességek száma	0

5.1.3 Pirimor 50 WG

Pirimor 50 WG-vel való egyedi kezelés során 17 embrió halt el, ami a kezelt 35 termékeny tojás 48,57%-a. Makroszkópos fejlődési rendellenességet nem tapasztaltam (5. táblázat).

5. táblázat Az embrió mortalitás és a fejlődési rendellenességek a Pirimor 50 WG egyedileg kezelt csoportban a Pirimor 50 WG és Score 250 EC madárteratológiai vizsgálatában

Vizsgált paraméter	Mennyiség (db)
Termékeny tojások száma	35
Élő embriók száma	18
Elhalt embriók száma	17
Fejlődési rendellenességek száma	0

5.1.4 Score 250 EC és Pirimor 50 WG

Az együttes kezelés alkalmával 14 elpusztult embrió volt lejegyezhető, ez az együttes kezelési minták 40%-a. Score 250 EC és Pirimor 50 WG-vel történt kombinált kezelés hatására a fejlődési rendellenességet mutató embriók aránya az élőkhez viszonyítva 4,76%-ot tett ki (6. táblázat).

6. táblázat Az embrió mortalitás és a fejlődési rendellenességek a Pirimor 50 WG és a Score 250 EC együttesen kezelt csoportban a Pirimor 50 WG és Score 250 EC madárteratológiai vizsgálatában

Vizsgált paraméter	Mennyiség (db)
Termékeny tojások száma	35
Élő embriók száma	21
Elhalt embriók száma	14
Fejlődési rendellenességek száma	1

5.2 Embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek statisztikai vizsgálata

Az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek statisztikai vizsgálatához Fisher-féle egzakt tesztet alkalmaztam.

7. táblázat Embriómortalitás alakulása a difenokonazol hatóanyagú SCORE 250 EC fungicid és a pirimikarb hatóanyagú PRIMOR 50 WG inszekticid interakciós madárteratológiai vizsgálatában. (Fisher-féle egzakt teszt eredményei)

	Elpusztult embriók száma/termékeny tojások száma (db)	Elpusztult embriók aránya (%)	P-érték (kontrollhoz viszonyítva)	Szignifikanciaszint
Kontroll	3/35	08,57	-	-
Score 250 EC	11/35	31,43	P=0,01697	P<0,05
Pirimor 50 WG	17/35	48,57	P=0,00020	P<0,001
Score 250 EC + Pirimor 50 WG	14/35	40,00	P=0,00219	P<0,01

Mindhárom kezelt csoport szignifikáns eltérést mutat a kontroll csoporthoz képest az elpusztult embriók számát tekintve.

A Score 250 EC egyedileg kezelt csoport esetében a 35 db élő embrióból 11 db embrió elpusztult. A statisztikai értékelés **szignifikáns (p<0,05)** eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest.

A Pirimor 50 WG egyedileg kezelt csoport esetében a 35 db élő embrióból 17 db embrió elpusztult. A statisztikai értékelés **szignifikáns (p<0,001)** eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest.

A Score 250 EC és a Pirimor 50 WG-vel együttesen kezelt csoportban a 35 db élő embrió közül 14 db volt a mortalitás. A statisztikai értékelés **szignifikáns (p<0,01)** eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest (7. táblázat).

8. táblázat Fejlődési rendellenességek alakulása a difenokonazol hatóanyagú SCORE 250 EC fungicid és a pirimikarb hatóanyagú PRIMOR 50 WG inszekticid interakciós madárteratológiai vizsgálatában (Fisher-féle egzakt teszt eredményei)

	Rendellenes fejlődésű embriók száma/élő embriók száma (db)	Rendellenes fejlődésű embriók aránya (%)	P-érték (kontrollhoz viszonyítva)	Szignifikanciaszint
Kontroll	0/32	0,00	-	-
Score 250 EC	0/24	0,00	-	-
Pirimor 50 WG	0/18	0,00	-	-
Score 250 EC + Pirimor 50 WG	1/21	04,76	P=0,39622	-

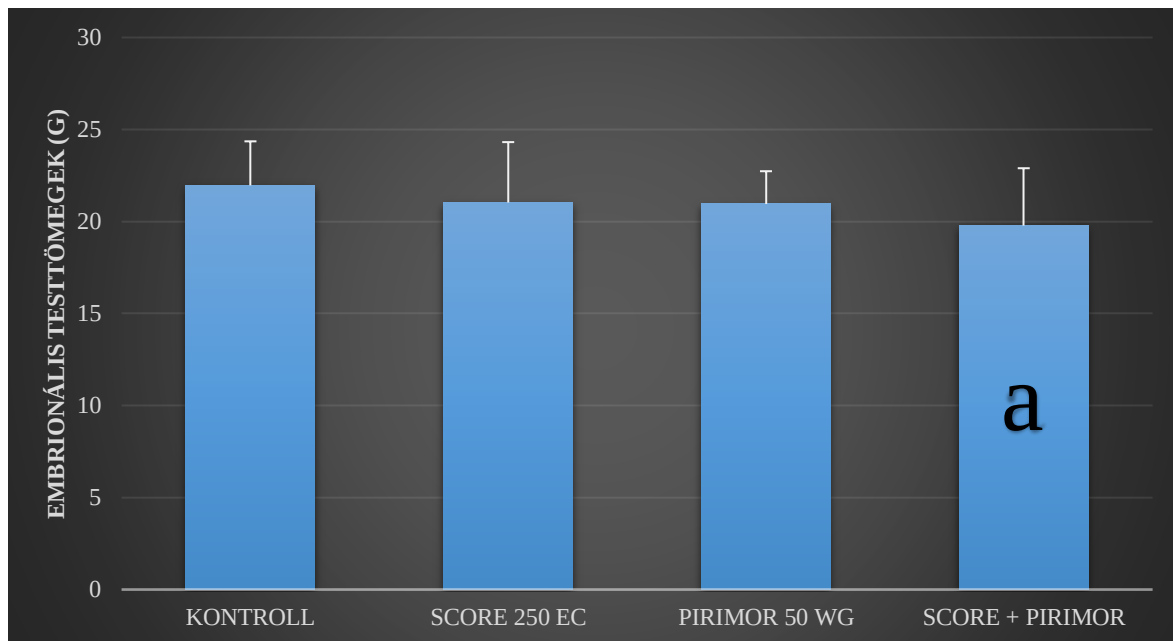
A kontroll, és az egyedileg kezelt csoportok élő embriói között fejlődési rendellenesség nem fordult elő (8. táblázat). Fejlődési rendellenességekben statisztikailag nem volt igazolható változás sem a kontroll, sem az egyedileg kezelt csoportokhoz képest. Az együttesen kezelt csoportban 1 embrió mutatott makroszkópos deformitásokat: szemhiány, agysérv, deformált lábak, felső csőrakáva rövidülés, agyi/feji vérömleny.

5.3 Embrionális testtömegek változásai

Az embrionális testtömegek biometriai feldolgozásnál egytényezős varianciaanalízist (One-Way ANOVA) alkalmaztam. A szignifikancia minimum értékeként a **p<0,05** szint került kiválasztásra.

A 12. ábra alapján elmondható, hogy a Score 250 EC és a Pirimor 50 WG együttes kezelése szignifikánsan csökkentette (**p=0,0154**) a testtömegeket a kontroll csoporthoz képest. Az átlag és a szórás értékek alakulása az interakciós csoportban: Score + Pirimor: 19,78±3,11.

Kontrollhoz képest az embrionális testtömegek is csökkentek az egyedi kezelések hatására, viszont az eltérések nem voltak szignifikáns mértékűek. A testtömegátlagok és szórások a következők voltak.: Kontroll csoport: 21,96±2,39; Score 250 EC: 21,03±3,28; Pirimor 50 WG: 20,95±1,78.



12. ábra Embrionális testtömegadatok (g) alakulása a difenikonazol hatóanyagú Score 250 EC fungicid és a pirimcarb hatóanyagú Pirimor 50 WG inszekticid, interakciós madárteratológiai vizsgálatában (Az oszlopok a csoportátlagokat a hibásáv a szórást jelöli) „a” = $p < 0,05$

SINKOVITSNÉ – BENKŐ (1993) vizsgálatába vont foszforsavészter származékú növényvédő szerek károsan hatottak a csirke embrió cito- és organotipikus fejlődési szakaszaira, növelték az embrióhalandóságot. Kimagasló (68%-os) embrióelhalást okozott a Hostaquick 1%-os oldata. Teratológiai hatásuk egyértelműen megállapítható volt. A megjelenő fejlődési rendellenességek a fejre terjedtek ki. Főleg a szem, csőr és az agy rendellenességeiben mutatkoztak meg. Mindegyik növényvédő szer esetében tapasztalható volt, hogy csökkent a növekedés sebessége, így méretben kisebb embriókat tapasztaltak. Ez a megállapítás fokozottan érvényes a Hostaquick 0,1%-os oldattal kezeltre.

SZABÓ és munkatársai (2022) kísérletében (bemerítéses kezelést alkalmazva) a tebukonazol hatóanyagú Mystic 250 EW gombaölő hatású növényvédő szert alkalmazva arra jutottak, hogy az embriótoxikusnak bizonyult csirkeembriókra, de nem növelve szignifikánsan a csirke embriók pusztulásának arányát a kontroll csoporthoz képest. Négy embrió mutatott rendellenes fejlődést a Mystic 250 EW-vel történő kezelés hatására. Ez a változás azonban statisztikailag nem volt szignifikáns a kontroll csoporthoz képest. Fejlődési rendellenességek közé tartozott az érrendszer és a test késleltetett fejlődése.

Más szerzők hasonlóan embrionális testtömegcsökkenést és az embrió mortalitás növekedését tapasztalták klórpirifosz hatóanyagú rovarölő szerrel végzett madárteratológiai kísérleteikben (Lehel et al., 2014; Szabó et al., 2022).

Injektálásos kísérletben SZABÓ és munkatársai (2023) a Chorus 50 WG-t (ciprodinil, 500 g/kg) 0,125%-os koncentrációban alkalmazva azt tapasztalták, hogy a fungicid statisztikailag igazoltan csökkentette az embriók testtömegét a kontrollhoz képest, illetve növelte az embriómortalitási arányt, a növekedés azonban nem volt szignifikáns mértékű. Vizsgálatukban a felhasznált peszticidek (Pyrinex 48 EC, Chorus 50 WG) kombinált alkalmazása embriótoxikusnak bizonyult házityúk-embrión: szignifikánsan növelve az embrionális mortalitás arányát, a fejlődési rendellenességek előfordulását, csökkentve a testtömeget.

Hasonló kísérletben szintén triazol típusú peszticid (Mystic 250 EW) 0,1%-os emulziójának és a 0,01%-os kadmium-szulfát és 0,01%-os ólom-acetát oldatának egyedi és együttes formában elvégzett bemeztéses kezelése szignifikáns testtömegcsökkenést eredményezett (SZEMERÉDY et al., 2018).

A tudományos és irodalmi források meggyőzőek, a madárembrió jól és hatékonyan alkalmazható első vonalbeli embriótoxicitásban, mivel nagy érzékenységgel reagál a szervezetet érő különböző fizikai és kémiai szerek károsító hatásaira. A madarak embriogenezisének morfológiai és funkcionális változásai több szempontból is hasonlóságot mutatnak az emlősök embrionális fejlődésével, ami lehetőséget ad extrapolációra (PAN - FOUTS, 1978; HILL - HOFFMAN, 1984; MAJOR et al., 2022).

6. Összefoglalás

Napjainkban számos probléma mellett kiemelkedő jelentőséggel bír a világ növekvő népessége számára megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer biztosítása. A mezőgazdasági termelés megfelelő mértékű fenntartása és fejlesztése az egyik feladatunk. A termésbiztonság érdekében előtérbe került a növényvédő szerek alkalmazása a különböző fitopatogén kórokozók, kártevők és gyomnövények ellen. A mezőgazdasági termelésen belül a kémiai növényvédelem az egyik leginkább környezetszennyező terület, mivel különböző xenobiotikumokat, a környezet- és a szervezet számára idegen, mesterséges, esetenként mérgező, toxikus hatással rendelkező vegyi anyagokat juttatunk ki kultúránkra, veszélyeztetve ezzel a non-target szervezeteket is.

Mezőgazdasági művelés alatt álló területeken, vadmadaraink, (mint lehetséges non-target szervezetek) táplálékra, költő- és bújóhelyre tesznek szert. Azonban amennyi pozitív hatása van ezeknek az élőhelyeknek, kockázatot is hordoznak magukban. A mezőgazdasági területek növényvédő szerekkel történő kezelése komoly veszélyt jelenthet az itt élő madarakra, és a tojásaikban lévő embriókra is károsító hatással lehetnek.

Vizsgálatomban, a növényvédelmi gyakorlatban széles körben alkalmazott növényvédő szerek (pirimikarb hatóanyagú inszekticid (Pirimor 50 WG) és a difenokonazol hatóanyagú fungicid (Score 250 EC) egyedi és esetleges együttes méreghatásának embriókárosító hatását tanulmányoztam házityúk-szervezeten. A madárteratológiai vizsgálatokban legelterjedtebb kezelési technikát alkalmaztam, ami a vizsgált anyagok légkamrába történő injektálása.

A kísérletekhez 4x35 db Farm Color fajtájú termékeny házityúk (*Gallus gallus domestica*) tojást használtam. A tojások kezelésére és keltetésére a szállítást követő pár órás pihentetés után került sor. A kezelést a keltetés megkezdésének napján végeztem. 4 csoportot alakítottam a következők szerint: Kontroll; Pirimor 50 WG rovarölő egyedi kezelés; Score 250 EC gombaölő egyedi kezelés; Pirimor 50 WG és Score 250 EC együttes alkalmazása. A kontroll csoport esetében kezeletlen kontrollt alkalmaztam, míg a xenobiotikumok esetén gyakorlati permetlétöménységet. A Score 250 EC esetében ez 0,0625% (0,1 ml), míg a Pirimor 50 WG esetében 0,4% (0,1 ml). Az együttes kezeléseknél mindkét vizsgálati anyagból 0,1 ml, vagyis 0,2 ml került beinjektálásra a tojás légkamrájába.

Az embriómortalitás és a fejlődési rendellenességek statisztikai vizsgálatához Fisher-féle egzakt tesztet alkalmaztam. A kontroll csoportban 3 embrióelhalást tapasztaltam. A Score 250

EC egyedileg kezelt csoport esetében a 35 db élő embrióból 11 db embrió elpusztult. A statisztikai értékelés **szignifikáns ($p<0,05$)** eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest. A Pirimor 50 WG egyedileg kezelt csoport esetében a 35 db élő embrióból 17 db embrió elpusztult. A statisztikai értékelés **szignifikáns ($p<0,001$)** eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest. A Score 250 EC és a Pirimor 50 WG-vel együttesen kezelt csoportban a 35 db élő embrió közül 14 db volt a mortalitás. A statisztikai értékelés **szignifikáns ($p<0,01$)** eltérést mutatott a kontroll csoporthoz képest.

Fejlődési rendellenesség egy volt fellelhető az együttes kezelésben, ezáltal fejlődési rendellenességekben statisztikailag nem volt igazolható a különbség sem a kontroll, sem az egyedileg kezelt csoportokhoz képest. A fejlődési malformációk szemhiány, agysérv, deformált lábak, felső csőrakáva rövidülés, agyi/feji vérömleny formájában voltak tapasztalhatók azon az egy egyeden.

Az embrionális testtömegek biometriai feldolgozásnál egytényezős varianciaanalízist (One-Way ANOVA) alkalmaztam. A szignifikancia minimum értékeként a **$p<0,05$** szint került kiválasztásra.

Az eredmények alapján elmondható, hogy az interakciós kezelés szignifikánsan csökkentette az állatok testtömegét (**$p=0,0154$**), míg az egyedi kezelések során ugyan csökkent az embriók testtömege, azonban ez az eltérés nem volt statisztikailag igazolható.

A házityúk embriókon végzett madárteratológiai kísérletek eredményei felhasználhatók más madárfajoknál esetlegesen fellépő mérgezési hatások jellemzésére, így extrapolálással jól közelítő képet kaphatunk a vadon élő szervezetekre (fácán, fűz, fogoly) kifejtett hatásokról. Az imént említett vadmadárfajok költési időszaka és a növényvédelmi munkák végrehajtásának időpontja egybeeshet. Javaslom a madárteratológiai vizsgálatok további vadmadarakon történő elvégzését, valamint mivel a kísérletem az embrionális fejlődés hosszabb időtartamát felölelő vizsgálat, így egy vérvizsgálat a madárembrió vérplazma paramétereinek meghatározásával lényeges információkat nyújthat a növényvédő szerek élő szervezetekre gyakorolt hatásáról. Továbbá bővíthető még a kórbonctani feldolgozás alkalmával a különböző szervekből (pl. máj, vese, izom) vett hisztológiai minták mikroszkópos értékelésével, amely az esetleges sejtszintű (citológiai) károsító hatást reprezentálja.

7. Irodalomjegyzék

ÁDÁM V. (2016): Orvosi biokémia (4. átdolgozott, bővített kiadás), Semmelweis Kiadó és Multimédia Stúdió, Budapest. pp. 85-95.

BOGENFÜRST F. (2004): A keltetés kézikönyve. Gazda Kiadó. Budapest. pp. 42-63.

BOWMAN, P. (1967): The effect of 2,4-dinitrophenol on the development of early chick embryos. J. Embryol. Exp. Morphol. 17, 425-431.

DARESTE C. (1891): Recherches sur la production artificielle des monstruosites, Paris. p. 590.

DEAKIN, A., ROBERTSON, G. (1933): Effect of mercurial ointment on hatchability. Poultry. Sci. 8, 301-305.

DIECKERT, J. W., DIECKERT, M. C., CREGER, C. R. (1992): The avian shell membrane specialized extracellular matrix: implications for differentiation of the chorioallantoic membrane. SAAS Bulletin. Biochem. and Biotech., 5: 30-37.

FEJES S. (2005): Egyes nehézfémek és növényvédő szerek egyedi és együttes méreghatásának vizsgálata madárteratológiai tesztben. Doktori (PhD) értekezés, Veszprémi Egyetem, Keszthely

FÉRÉ, C. (1901): Notes. C. R. Soc. Biol. (1893-1901).

FERNIE, K., BORTOLOTTI, G., SMITS, J. (2003): Reproductive abnormalities, teratogenicity, and developmental problems in American kestrels (*Falco sparverius*) exposed to polychlorinated biphenyls. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 66(22), 2089-2103.

GARCÊS, A., PIRES, I., RODRIGUES, P. (2020): Teratological effects of pesticides in vertebrates: A review. Journal of Environmental Science and Health, Part B, 55(1), 75-89.

GYIRES K., FÜRST Z., FERDINANDY P. (2019): Farmakológia és klinikai farmakológia (4. javított kiadás), Medicina Kiadó, Budapest. pp. 300-320.

HILL, E. F., HOFFMAN, D. J. (1984): Avian Models for Toxicity Testing, Journal of the American College of Toxicology, Volume 3, Number 6, 357-376. pp.

HOFFMANN, D. J. (1990): Embryotoxicity and teratogenicity of environmental contaminants to bird eggs. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 115: 39-89.

HOFFMANN, D. J., ALBERS, P. H. (1984): Evaluation of potential embryotoxicity and teratogenicity of 42 herbicides, insecticides, and petroleum contaminants to mallard eggs. Arch. Environm. Contam. Toxicol. 13, 15-27.

HUNT, E. C., REINHART, B. S.: Development of The Chicken Embryo. Audio visual presentation. Jamesway Co, University of Guelph, Ontario Ministry of Agriculture and Food, Guelph.

JUHÁSZ É. (2009): Herbicidek (STOMP 330 EC, DIKAMIN D) és nehézfémek (réz, kadmium, ólom) egyedi és együttes méreghatása madárembriókon. Doktori (PhD) értekezés, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely

KHERA, K. S., CLEGG, D. J. (1969): Perinatal toxicity of pesticides. Can Med Assoc J. 100(4): 167-72.

KOVÁCS GY., FEHÉR GY. (1966): Fejlődéstan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 148-149.

LEHEL J., SZABÓ R., GAJCSI D., JAKAB C., GRÚZ A., KORMOS E., BUDAI P. (2014): Investigation of toxic interaction of copper sulphate and chlorpyrifos on chicken embryo, Magyar Állatorvosok Lapja, 136(8), 494-500.

MAJOR L., BUDAI P., LEHEL J., SZABÓ R. (2022): Early interaction toxicity study of the pesticides Movento and Topas 100 EC on pheasant embryos (in Hungarian). Georgikon for Agriculture. 26 (1) 190-198.

MANDL J., CSALA M. (2023): Orvosi patobiokémia (2. javított kiadás), Medicina Kiadó, Budapest. pp. 140-152.

MARLIAC, J. P., VERRET, M. L. (1963): Injections of chemicals into chicken eggs. Toxicology test. Fed. Proc., 21: 450.

MCLAUGHLIN, JR. J., MARLIAC, J. P., VERRETT, M. J., MUTCHLER, M. K., FITZHUGH, O. G. (1963): The injection of chemicals into the yolk sac of fertile eggs prior to incubation as a toxicity test. Toxicol. Appl. Pharmacol, 5(6), 760-771.

MENEGOLA, E., BROCCIA, M. L., DI RENZO, F., GIAVINI, E. (2001): Antifungal triazoles induce malformations in vitro. Reproductive Toxicology, 15(4), 421–427.

NEAL, M. J. (2000): Rövid farmakológia. B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Szentendre. pp. 94-98.

- PAN, H. P., FOUTS, J. R. (1978): Drug metabolism in birds. *Drug Metab. Rev.* 7. 1-253. pp.
- PÉCZELY P. (2017): *The Eco-Physiology of Avian Reproduction*. Agroinform Kiadó.
- POURMIRZA, A. A. (2000): Toxic effects of malathion and endosulfan on chick embryo. *J. Agr. Sci. Tech.*, Vol. 2: 161-166.
- ROBERTS, T., HUTSON, D. (1999): *Metabolic Pathways of Agrochemicals Part 2: Insecticides and Fungicides*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- SINKOVITSNÉ HLUBIK I., BENKŐ Z. (1993): Foszforsavészterek hatása a csirkeembrió fejlődésére. *Állattani Közlemények*, 79: 95-103.
- SOMLYAY I., VÁRNAGY L., HIDASI GY. (1992): Toxicity of phosmethyane (Nevifosz 50 EC) in pheasant fetuses. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 57/3b, 1285-1288.
- SZABÓ R. (2009): Környezetszennyező nehézfémek (réz, kadmium) és herbicidek (DUAL GOLD 960 EC, STOMP 330 EC) egyedi és együttes toxicitása házityúk-embriókon. Doktori (PhD) értekezés, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely.
- SZABÓ R., MAJOR L., LEHEL J., SAIDON N. B., BUDAI P. (2022): Teratogenicity testing of chlorpyrifos and tebuconazole in chicken embryos after simultaneous administration. *Agrofor International Journal*, 7(1), 40-47.
- SZABÓ R., VARGA D., BUDAI P., LEHEL J., SAIDON N. B., BUDA I., MAJOR L. (2023): Klórpírifosz és ciprodinil hatóanyagú növényvédő szerek együttes méreghatásának vizsgálata házityúk-embriókban. *Georgikon for Agriculture: Multidisciplinary Journal in Agricultural Sciences* 27: 1 pp. 104-109.
- SZEMERÉDY G., KORMOS E., SOMODY G., BUDA I., SZABÓ R., LEHEL J., BUDAI P. (2018): Teratogenicity test of individual and combined toxic effects of tebuconazole fungicide and lead-acetate on chicken embryos, *Acta Agraria Kaposváriensis*, 22(2), 25-32.
- THOMPSON, H. M. (1996): Interactions between pesticides; A review of reported effects and their implications for wildlife risk assessment. *Ecotoxicology*, 5 (2): 59-81.
- VARGA T., HLUBIK I., VÁRNAGY L., BUDAI P., MOLNÁR E. (1999): Embryonic toxicity of insecticide Sumithion 50 EC and herbicide Fusilade S in pheasants after individual or combined administration. *Acta Veterinaria Hungarica*, 47: 123-128.

VÁRNAGY L. (1989): Toxicological examinations of some agrochemicals for registration (in Hungarian, with English abstract). Magyar Állatorvosok Lapja 44, pp. 313-314.

VÁRNAGY L., BUDAI P. (1995): Agrárkémiai higiénia. Mezőgazdasági vegyi anyagok egészség- és méregtana. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 269.

VÁRNAGY L., KORZENSZKY M., FÁNCSI T. (1984): Teratological examination of the insecticide methylparathion /Wofatox 50 EC/ on pheasant embryos. 1. Morphological study. Vet. Res. Commun., 8: 131-139.

VÁRNAGY L., VARGA T., HLUBIK I., BUDAI P., MOLNÁR E. (1996): Toxicity of the herbicides Flubalex, Fusilade S and Maloran 50 WP to chicken embryos after administration as single compounds or in combination. Acta Vet. Hung., 44/3: 363-376.

VÁRNAGY L., MOLNÁR E., BUDAI P. (2000): Effect of immersion fluid temperature on the chicken embryo in teratogenicity tests: Short communication. Act. Vet. Hun., 48 (3) pp. 369-371.

ZBORAY G. (2007): Összehasonlító anatómiai praktikum II. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. pp. 158-162.

Internetes források

INTERNET1: <https://magyarmezogazdasag.hu/2017/11/29/kozel-2-milliard-hektar-muvelheto-terulet-van-foldon> (2023.09.10.)

INTERNET2: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Pirimicarb> (2023.09.10.)

INTERNET3: <https://www.adama.com/magyarorszag/hu/products/insecticides/pirimor> (2023.09.10.)

INTERNET4: <https://www.syngenta.hu/gombaolo-szer-score-250-ec> (2023.09.20.)

INTERNET5: <https://szentesinaposcsibe.webnode.hu/fajtakinalat/> (2023.09.25.)

Ábrajegyzék

1. ábra A tyúktojás szerkezete (PÉCZELY, 2017).....	8
2. ábra Termékeny házityúk tojás a keltetés megkezdésének napján (Forrás: HUNT - REINHART, audiovizuális prezentáció).....	9
3. ábra Házityúk embrió a keltetés tizenkettedik napján (Forrás: HUNT - REINHART, audiovizuális prezentáció)	10
4. ábra Házityúk embrió a keltetés tizenkilencedik napján (Forrás: HUNT - REINHART, audiovizuális prezentáció)	10
5. ábra Pirimicarb hatóanyag kémiai jellemzői (ROBERTS - HUTSON, 1999)	14
6. ábra Difenokonazol hatóanyag kémiai jellemzői (ROBERTS - HUTSON, 1999).....	18
7. ábra RAGUS® típusú asztali keltetőgép (SAJÁT)	21
8. ábra Tojások csoportosítása, megjelölése és kifúrása (Fotó: Petes Szabolcs)	26
9. ábra Tojásba történő injektálás mikropipettával (Fotó: Petes Szabolcs)	26
10. ábra Lyukak befedése paraffinnal (Fotó: Petes Szabolcs)	27
11. ábra Tojások felbontása a keltetés 18. napján, valamint egy 18. napos házityúk-embrió (Fotó: Petes Szabolcs)	27
12. ábra Embrionális testtömegadatok (g) alakulása a difenikonazol hatóanyagú Score 250 EC fungicid és a pirimicarb hatóanyagú Pirimor 50 WG inszekticid, interakciós madárteratológiai vizsgálatában (Az oszlopok a csoportátlagokat a hibásáv a szórást jelöli) „a” = $p < 0,05$	32

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni mindazoknak, akik segítségükkel hozzájárultak a TDK dolgozatom elkészítéséhez. Először szeretném megköszönni, Dr. Budai Péternek, a témavezetőmnek, aki mérhetetlen segítőkészségével, szakmai tudásával és támogatásával lehetővé tette a dolgozatom elkészülését. Köszönettel tartozom Major László PhD hallgatónak, és Dr. Szabó Rita egyetemi docensnek a kísérletek lebonyolításában való segítségükért, és hogy kérdéseimmel mindig fordulhattam hozzájuk. Végül szeretném megköszönni a családomnak és barátaimnak, hogy támogatásukkal segítették a munkámat.