

# **SZAKDOLGOZAT**

**Wéber Krisztián**  
**Mezőgazdasági mérnök BSc**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Kaposvári Campus**  
**mezőgazdasági mérnök alapképzési szak**

**A MAGTÁRI GABONAZSUZSOK ELLENI VÉDEKEZÉS A  
LÉGKÖR ÓZONDÚSÍTÁSÁNAK MEGVALÓSÍTÁSÁVAL**

**Belső konzulens:** Prof. Dr. Keszthelyi Sándor  
egyetemi tanár

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** **Növénytermesztési-  
tudományok Intézet, Agronómiai  
Tanszék**

**Készítette:** **Wéber Krisztián**  
O2WCOE  
levelező

**Kaposvár**  
**2025**

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés .....	5
2. Szakirodalmi áttekintés .....	6
2.1 Raktározott termények károsítóinak bemutatása .....	6
2.2 Raktári kártevők funkcionális megoszlása .....	8
2.2.1 Penészfogyasztó raktári kártevők.....	8
2.2.2 Parazitoid raktári kártevők .....	9
2.2.4 Elsődleges raktári kártevők .....	9
2.2.5 Másodlagos raktári kártevők.....	10
2.2.6 Predátor raktári kártevők .....	10
2.2.7 Szabadföldről származó kártevők.....	10
2.2.8 Fakultatív raktári kártevők .....	11
2.2.9 Nekrofág interkaláris kártevők .....	11
2.3 Raktározott terménytételek esetében alkalmazott kémiai védekezési lehetőségek: .....	11
2.4 Gázok kijuttatásának lehetőségei.....	12
2.5 Alternatív védekezési módszerek bemutatása.....	13
2.5.1 Fizikai módszerek .....	13
2.5.2 Biológiai módszerek.....	14
2.5.3 Entomopatogén gombák .....	15
2.5.4 Autocid védekezési eljárás .....	15
2.5.5 Alternatív védekezési lehetőségek.....	15
2.5.6 Szén-dioxid befúvással történő védekezés.....	16
2.5.7 A levegő ózondúsításával történő védekezés .....	16
2.6 Célkitűzés.....	18
3. Anyag és módszer .....	19
3.1 Rovarkultúra és a kísérlet technikai elemei .....	19
3.2 Az ózondúsításos kísérlet módszertana .....	21
3.3 Statisztikai elemzés .....	23
4. Eredmények és értékelésük.....	25
5. Következtetés.....	29
6. Összefoglalás.....	32
6.1 Köszönetnyilvánítás .....	33
7. Irodalomjegyzék: .....	34
7.1 Ábrajegyzék .....	37
8. Mellékletek.....	39



# 1.Bevezetés

Korunkban rengeteg új változással szembesül a mezőgazdaság, döntően sok új kihívásokkal találkozunk manapság, időjárási viszontagságok, a piacok kiszámíthatatlansága, a környezetvédelmi és fogyasztói elvárások szigorodása a teljes növénytermesztési ágazat jövedelmezőségét teheti kérdésessé. Ebben a kiegyensúlyozatlan helyzetben a szántóföldi növénytermesztés elképzelhetetlen a megfelelően alkalmazott kémia növényvédő szerek nyújtotta biztonság nélkül. Ez nem csak a szántóföldi termelés során a különböző fejlettségi stádiumban előforduló kártevők, illetve kórokozók elleni védekezésre igaz, hanem a betakarítás után, a terményraktározás során megjelenő veszélyes raktári kártevők elleni védekezésben is alapvető. A tárolt terményeket számos veszély fenyegeti, kártevő bogarak, lepkék, atkák vagy egyéb gerincesek által okozott kárra figyelhetünk fel. Megfelelő védekezés nélkül ezek a károsítók a raktárakban felszaporodva a jelentős károkat okozhatnak a termény mennyiségére, még inkább a termény minősége és ezáltal annak további élelmiszer és egyéb takarmányozás célú felhasználhatóságának rovására. Ezen kártételek megelőzésére már a szántóföldön fontos elsődleges figyelmet fordítani, mely a betakarítást követően a terménytárolókban folytatódik. A rendelkezésre álló peszticidek a rovarkártevők ellen ugyan megfelelő hatékonysággal bírnak, viszont egyre inkább előtérbe kerülnek és kielezett a felvásárlók körében a környezetre káros hatásuk is. Mivel jellemzően kemikáliákkal történik a raktározott termények kezelése, bizonyosul, hogy bizonyos szermaradványok a későbbiekben állati takarmányozásra, de közvetve vagy közvetlenül emberi fogyasztásra szánt termékekbe kerülnek bele. Ezek nagyobb mennyiségben, felhalmozódva már károsak lehetnek a mind a haszonállatok, mind az emberi szervezetre nézve is. Ezekből kiindulva számos oknak köszönhetően ma már egyre inkább szükség van olyan fenntartható, alternatív megoldások kidolgozására, ezek előnyei, hogy használatuk környezetbarát hatásuknál fogva nem károsak az emberi szervezetre, illetve az állati szervezetre sem.

Diplomamunkám elkészítése során célomul fogalmazódott meg, hogy egy faj a magtári gabonaszuszok (*Sitophilus granarius*) (L. 1758) mint elsődleges veszélyes raktári kártevő elleni környezetbarát védekezési eljárások között a léghőmérséklet ózondúsításával kapcsolatos módszerrel az imágóra gyakorolt mortalitás mértékét meghatározom különböző expozíciós idők függvényében. Kíváncsi voltam arra, hogy a gabonaszuszokot milyen mértékben érinti ez a kifejezetten érdekes fizikai hatás.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 Raktározott termények károsítóinak bemutatása

A gabonátárolás során a legnagyobb kihívást nem a megfelelő környezeti tényezők biztosítása és a tárolókapacitás megteremtése jelenti, hanem a raktári károsítók elleni védelem is. A tárolt termény mennyiségi és minőségi paramétereinek a romlását leggyakrabban különféle élő szervezetek okozzák, amelyek közvetlen fogyasztással, szennyezéssel vagy kémiai, illetve fizikai változások előidézésével jelentős veszteséget okoznak a raktározott terményekben. A raktári károsítók csoportjába tartoznak a rovarok, rágcsálók, madarak, valamint a mikroorganizmusok. Ismeretük hiányában nélkülözhetetlen minőségi, és mennyiségi állag biztonságos, tartós, hosszú időn át tartó tárolás (Keszthelyi, 2021)

A rovarok a legnagyobb mértékű kártételi tényezők a gabona tárolása során. A gabonátárolásban számos faj alkalmazkodott a számára ideális raktári környezethez, ott képes szaporodni, illetve esetenként teljes egzisztenciális fázisát leélni. A raktári kártevők egyes esetben minőségileg tönkreteszik a megtermelt és betakarított terményt. Minden betárolt szemes terményben a csíra, illetve az embrió a legértékesebb. A csírafehérjék, -szénhidrátok és -olajok élettanilag sokkalta értékesebbek, mint a tartalék vagy depófehérjék, valamint a tartalék-szénhidrátok és olajok. Ezt felismerik a raktárainkban károsító ízeltlábú kártevők is, így sok esetben a károsítás során elsőként a csírat pusztítják el, ezáltal a károsodott termény csírázó képessége sokszor drasztikusan lecsökken. (Hagstrum and Subramanyam, 2009)

A raktári kártevők teljes életüket a raktározott terményben élik le, így levedlett kutikulájuk és ürülékük is megtalálható a betárolt terményekben, vagyis káros, sok esetben erősen allergén szennyezéssel csökkenti annak értékét. Erősen szennyezett szemes termények feldolgozása során gyakran fordul elő a terménnyel foglalkozó dolgozók körében enyhébb bőrirritáció, tehát a kártevőkkel és anyagcsere-termékeikkel szennyezett termény humán-egészségügyi kockázatot is jelent. Az említett okok miatt igen sok esetben a raktári kártevők jelenléte egy adott mezőgazdasági áruban az adott tétel forgalomképtelenségét okozhatja. Nem tolerálják a kártevőkkel szennyezett tételt, amelynek felhasználása, kezelése problematikus és csak felesleges költségeket generálna. (Rees, 2004)

A rágcsálók okozta probléma mennyiségi és minőségi kárt okoz. Odavonzzák a ragadozó madarakat, melyek ürülékükkel rontják a termény minőségét a tárolóhelyiségbe. A

felszaporodást elősegítő tényezők, a zárt épületen belül, az időjárás viszontagságaitól védve, fagymentes helyen történik. Gyakoriak a mezőgazdasági terményraktárakban a különféle rágcsálók. A rágcsálók közül a klasszikus házi egér (*Mus musculus domesticus*) (Schwarz and Schwarz, 1943) mellett a güzüegér (*Mus musculus spicilegus*), (Petényi 1882) a pirók egér (*Apodemus agrarius*) (Pallas 1771) és a nagytestű sárganyakú erdei egér (*Apodemus flavicollis*) (Melchior 1834) is előfordulhat. Gyakori, főleg ősszel a mezei pocok (*Microtus arvalis*) (Pallas 1778) jelenléte is. A legnagyobb kárt a vándorpatkány (*Rattus norvegicus*) (Berkenhout 1769) felbukkanása okozhatja, jelentik a legnagyobb veszélyforrást. Ezek az állatok nemcsak közvetlenül fogyasztják a gabonát, hanem rágásukkal tönkreteszik a különböző tárolóeszközöket, zsákokat, műanyag fóliákat is. Egyetlen patkány évente több tíz kilogramm gabonát képes elfogyasztani, miközben igazán nagy mennyiséget szennyez vizeletével és ürülékével is. A szennyezett gabona humán-egészségügyi kockázatot jelent, hiszen számos betegséget – *E. coli*, leptospirózist, illetve szalmonellózist – is terjeszthetnek. A rágcsálók ellen a megelőzés a leghatékonyabb védelem. Ha a raktárak környezetében rend van, nincsenek búvóhelyek, ott a rágcsálók sem szívesen telepsznek meg, hiszen a raktár közti nagyobb, teljesen nyílt terepen a különböző ragadozók zsákmányai lehetnek. A rágcsálók ürüléke a *Salmonella* és az *E. coli* elsődleges forrása, ezért rágcsálók jelenlétét a raktárakban mellőzni érdemes. Ugyanígy nem elfogadható madarak jelenléte, fészkelése a raktárépületen belül ((FAO, 2021).

A tárolók közelében gyakran megjelennek a galambok, verebek és egyéb madarak. Odavonzzák a ragadozó madarakat, melyek ürülékükkel, a bagolyfajok esetében köpetükkel is fertőzést okozhatnak. A magevő madarak közül a balkáni gerle, az örvös galamb, a szirti galamb okozhat kárt, a raktározott növények elfogyasztásával és az ürülékével való szennyezésével. A bejutási lehetőségeket felfedezve, és ezek kihasználásával jelentős veszteséget okozhatnak. A madarak szintén a gabonaszemeket fogyasztják, szétszórják, nem mellesleg ürülékükkel szennyezik a terményt. Az ürülék nemcsak minőségi romlást eredményez, hanem kórokozók megjelenéséhez, és ezáltal kockázathoz is vezethet (McCarthy, 2002)

A raktári károsítók közé sorolhatók a mikroorganizmusok is, elsősorban a penészgombák és bizonyos baktériumok. Ezeknek a másodlagos anyagcseretermékeknek következményeként csökken a takarmány tápértéke és az állati szervezetbe bekerülve, az emésztőszervrendszeren keresztül felszívódva, a szövetekben akkumulálódva súlyos emésztő- és ivarszervi elváltozásokat okoznak, továbbá rákkeltő hatásuk is bizonyított. Számolnunk kell közvetett

hatásukkal is, hiszen az állatok egészségét rontva, a mikotoxinokkal szennyezett állati termékeket fogyasztó ember számára is potenciális veszélyforrást jelentenek. A penészgombák (pl. *Aspergillus*, (Micheli and Haller 1768) *Fusarium*, (L. 1832) *Penicillium*(L. 1809) nemzetségek) nedves, meleg körülmények között gyorsan szaporodnak. Nemcsak a gabona küllemét és beltartalmi értékét rontják, hanem veszélyes másodlagos anyagcseretermékeket, mikotoxinokat is termelhetnek. Ezek a toxinok (pl. aflatoxinok, fumonizinek) komoly élelmiszer-biztonsági problémát jelentenek, mivel az emberi és állati szervezetben egyaránt hosszú távon mérgező hatásúak. (Miliordos és mtsai 2025)

Több *Fusarium* faj okozza a betegséget. Jellegzetes tünete a csövön szétszórtan vagy csoportokba rendeződve megjelenő fehér, rózsaszín vagy lazac színű elszíneződés. Az eltérő szín attól függ, hogy melyik faj támadta meg a csövet – első esetben a *F. verticillioides* (Nirenberg (1976), míg másodikban a *F. graminearum* (Petch, (1936) (Legnagyobb problémát az általuk termelt különböző mikotoxinok okozzák, melyek közül a legjelentősebbek a deoxinivalenol (DON), a fumonizin (FB1, FB2), a zearalenon (ZEA) (Magan and Aldred, 2007). Az aszpergillusos csőpenészt okozó gombák növényi maradványokon, vagy a tárolt terményben telelnek át. A spóráikat a szél és különféle rovarok (pl. kukoricamolylepke) terjesztik. Szántóföldön hazai előfordulására főleg forró, száraz években kell számítani, egyébként inkább raktári betegségként a helytelen tárolás okoz gondot. Ennél a gombánál is az általa termelt, emberre-állatra egyaránt igen mérgező aflatoxin a fő probléma (Szécsi, 2012). A penicilliumos csőpenészt okozó *Penicillium* spp (Link (1809). termelnek bizonyos káros mikotoxinokat. Problémát helytelen raktári tárolást követően okozhatnak. Jellegzetes tünete a csövön megjelenő zöld, kékes-zöld színű penész, ami főleg a cső csúcsi részén alakul ki, főleg rovarragások vagy egyéb mechanikai sérülések által (Li-youn-ma és mtsai 2013)

## **2.2 Raktári kártevők funkcionális megoszlása**

### **2.2.1 Penészfogyasztó raktári kártevők**

A penészfogyasztó **mikofág** szervezetek, amelyek megtalálhatók a tárolt terményekben, és élelmiszer-alapanyagokban és gabonában élnek egyaránt, ökológiai szempontból penészfosztóként jelennek meg. Nem a terményt, hanem a rajta megtelepedett penészgombát fogyasztják. A penészfogyasztók hatással vannak a termény minőségére, hiszen jelenlétük a

termény szennyezését, porzást és allergiás reakciókat okozhat. A penészesedés mértékére is utalnak, így az étel-miszer-higiéniái állapot negatív okozói is lehetnek.

Háromféle alrendet különböztetünk meg. Első a **Sarcoptiformes** alrend, amely magában foglalja a lisztatkát, a sajtatkát és a rokon formákat a részletes rendszertani besorolásban. A **Trombidiformes** alrend a második, ragadozó atkákat különböztetünk meg, amelyek gyakran együtt fordulnak elő ezekkel a fajokkal. A harmadik fő csoport, a **Parasitiformes** alrendbe tartozó fajok. Ezek azok az atkák amelyek érdekesek a tárolt termékekkel kapcsolatban. Amelyek a kullancsokhoz, valamint a vérszívó atkákhöz állnak legközelebb. (Hughes,1976)

### 2.2.2 Parazitoid raktári kártevők

A parazitoid olyan kártevő, amely élete részét egy másik élőlény vagy gazdatestén tölti. A fejlődésének végére elpusztítja a gazdatestet. A legtöbb parazitoid rovar, különösképpen a fürkészdarazsak. A parazitoid fürkészdarazsak jól ismert biológiai védekezési ágensek a mezőgazdasági és erdészeti ökoszisztémákban előforduló ízeltlábú kártevők ellen. A tárolt étel-miszertermékek környezete szintén kedvező az ilyen termékeket fertőző rovarok parazitoid darazsai számára. A biológiai védekezés önmagában csak korlátozott mértékben képes a kártevő-populációk számának csökkentésére, és megfelelő eredmény eléréséhez további növényvédelmi eszközökkel való kombinálása szükséges.

Az eredmények egyértelmű bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy bár a peszticidek közvetlenül befolyásolják a parazitoid közösség szerkezetét, idővel a populáció képes regenerálódni. A gabonátárolókban élő parazitoid darazsak által csökkenthető a kémiai szerek használata, és a biológiai védekezés sikeresen beépíthető a tárolt termények integrált növényvédelmi stratégiáiba. (Mills and Khan, 2022)

### 2.2.4 Elsődleges raktári kártevők

Az elsődleges raktári kártevők olyan rovarfajok, melyek a sértetlen, ép gabonaszemek héján képesek lyukat ütni és a mag belsejébe behatolni. A mezőgazdasági termékek tárolás közbeni megóvása kiemelt fontosságú az étel-miszerbiztonság szempontjából. károkat okoznak a tárolt termékekben, ami jelentős gazdasági veszteségekhez vezet. Ezek a fajok képesek a szaporodásra azok belsejében is.

Belső táplálkozású kártevők, amelyek lárváik teljes fejlődésüket a gabonaszem belsejében végzik, és annak belső szöveteivel táplálkoznak. Ide tartoznak a rizzsuzsok (*Sitophilus*

*oryzae*) (L., 1763), a babzsuzsok (*Callosobruchus chinensis*)(Say, 1831), a magtári gabonazsuzsok (*Sitophilus granarius*).

Külső táplálkozású kártevők melyek lárvái és az imágók a gabonaszemek felszínén vagy a tört, sérült szemeken, illetve a gabonamaradványokon táplálkoznak. Ide sorolhatóak a kukorica lisztbogár (*Tribolium castaneum*)(Herbst, 1797), a fogasnyakú gabonabogár (*Oryzaephilus surinamensis*)(L., 1758), valamint a Nagy kenyérbogár (*Tenebroides mauritanicus*)(L., 1758). (R Deshwal 2020)

### **2.2.5 Másodlagos raktári kártevők**

**Másodlagos tárolt terménykártevők** alatt azokat a kártevő fajokat értjük melyek elsődleges kártevők által nyitott úton jutnak be a terménybe és súlyosbítják a kárt. (Rees 2004)

### **2.2.6 Predátor raktári kártevők**

A ragadozók alkalmazása a raktári kártevők elleni védekezésben számos előnnyel jár a hagyományos kémiai módszerekkel szemben. Ezek a természetes ellenségek nem hagynak hátra káros vegyi maradványokat, és amíg elegendő gazdaszervezet és megfelelő környezeti feltétel áll rendelkezésre, tovább szaporodnak a tárolóhelyen belül. A vegyszerekkel ellentétben, amelyeket nagy területen kell kijuttatni, a természetes ellenségek egy ponton is kibocsáthatók, mivel önállóan megkeresik és megtámadják a kártevőket, akár a gabonatömeg mélyén vagy a raktár apró repedéseiben is. A raktári kártevőket támadó ragadozók jellemzően nagyon kisméretűek, rövid életciklusúak és magas szaporodási rátával rendelkeznek. Ezek az élő szervezetek a gabonatömegből könnyen eltávolíthatók a szokásos tisztítási eljárásokkal az őrlés előtt. (Haines, 1984)

### **2.2.7 Szabadföldről származó kártevők**

Olyan raktári kártevő, amely betakarítás előtt megjelennek az adott kultúrában, károsítanak, majd betakarítást követően bekerülnek a terménnyel együtt a raktárba. Ezt követően ott károsítják tovább a gabonaszemeket. Petéiket a kalászra helyezik és fejlődésük a raktárban megy végbe majd a lárvák, illetve az imágók ott károsítanak. (Hagstrum, and Subramanyam 2009)

## **2.2.8 Fakultatív raktári kártevők**

A fakultatív raktári kártevők olyan rovarfajok, melyek életük egy részét nem feltétlen raktári környezetben töltik le, hanem raktáron kívüli élettel is bírnak például szántóföldön, növényi maradványokon, talajon élnek, de megfelelő körülmények között a raktárban is meg tudnak telepedni és jelentős kárt tudnak okozni. Jelenlétük gyakran jelzi a tárolás során fennálló kedvezőtlen körülményeket magas páratartalom, rossz szellőztetés, melegedés, kérgesedés. Kártételük inkább a megsérült szemekre összpontosul. Ez általában egy elsődleges kártevő által nyitott úton történik. Védekezés szempontjából fontos a megelőzés, tisztaság, maradványok eltávolítása, termény megfelelő előkészítése. (Phillips and Throne, 2010)

## **2.2.9 Nekrofág interkaláris kártevők**

Kannibalizmus és nekrofágia szerepe a populációdinamikában. A fajon belüli egyedek fogyasztása, vagyis és a nekrofágia az azonos fajhoz tartozó elhullott egyedekkel való táplálkozás számos rovarfajnál megfigyelt jelenség. E viselkedések evolúciós fennmaradását több szelekciós előnnyel is magyarázzák a természetes populációkban. A raktárban az elhullott egyedekkel táplálkoznak ezek a funkcionális kártevők. (Mastrantonio at. al. 2021)

## ***2.3 Raktározott terménytételek esetében alkalmazott kémiai védekezési lehetőségek:***

A rovarirtó szerek a világon a leggyakrabban használt vegyi anyagok közé sorolhatók és egyben az emberi egészségre nézve a legveszélyesebbek. Az ömlesztve tárolt gabonafélék és gabonafeldolgozó iparban a rovarok elleni védekezésre használt vegyszerek két részre csoportosíthatóak. Vannak a kontakt rovarölő szerek és vannak a gázosítószerke. A kontakt rovarölő szerek úgy pusztítják el a rovarokat, hogy a kezelt felületekkel érintkeznek. A gázosítószerke gáznemű rovarölő szerek, ezeket a rovarok elleni védekezésre alkalmazzák a gabonafélékben és a feldolgozott élelmiszerekben ott, ahol a kontakt rovarölő szerek már nem alkalmazhatóak (Sinha and Watters 1985).

Az egyik legismertebb eljárás a tárolt termények károsítóival szemben a már említett gázosításos eljárás, melyet már több évtizede használnak. Első körben cián-hidrogénnel dolgoztak, később az idő változásával, valamint az ismeretek gyarapodásával megjelentek más vegyületek, gázosító szerként használható anyagok is. Ebben az esetben alapvetően négy vegyületet

említenék. A foszfor-hidrogént, a metil-bromidot, etilén-oxidot és a már említett cian-hidrogént. A metil-bromid szerepet játszik a légköri ózonréteg vékonyodásában, ezért a fejlett országokban 2005-től betiltották (Fields and White 2002). Ennek helyére több más opciót kipróbáltak, a fizikai védekezési módszerektől kezdve, mint a hő-, a hideg- és a fertőtlenítő kezelések, egészen más füstölőszer alkalmazásáig, mint a foszfin, a szulfuril-flourid és a karbonil-szulfid (Fields and White 2002).

Magyarországon terménygázosításra ma már csak foszfor-hidrogént használnak terménygázosításra, amely keletkezéséhez alumínium, illetve magnézium foszfidot használnak. Ezek a vegyületek mérgező hatásúak, ezért óvatosan kell alkalmazni a károsítók ellen történő védekezés során (Keszthelyi 2021).

## ***2.4 Gázok kijuttatásának lehetőségei***

A föliatakarásos\_gázosítás folyamán lehetőség van az adott termény helyszíni, illetve szabadföldi gázosítására is egyaránt, mert zárt térben, valamint szabadban is egyaránt alkalmazható ez az eljárás.

A lyukgázosítást főként a rágcsálók elleni hatékony eljárás. Ha ezt a módszert alkalmazzuk, mindenképp gondoskodni kell a kártevők által készített járatok eltömítéséről. Eztán pedig a beeresztett gáz után a gázosított lyukat is el kell tömni.

A sátorgázosításnál a kisebb méretű eszközök egy felállított, teljesen zárt sátortérben kerülnek gázosításra. (Keszthelyi 2021)

Silógázosítás esetében a felhasznált szer adagolása a tárolóban a levegő áramoltatásával történik meg. Azonban a silóban fejlődő gáz nem egyenletes eloszlású. Erre a problémaköze fejlesztettek ki egy új, úgynevezett J-System technológiát a szakemberek. Alkalmazása lehetőséget ad a gázosítás hatékonyabb áramoltatására. A szisztémának az a lényege, hogy a betárolt terményt nem kell a gázosítással egy időben átforgatni, mert a képződött foszforhidrogént egy ventilátor cirkuláltatja a siló tartályon belül. (Herdovics és Komka 2011)

Malmok, üres tárolótérek esetében a betárolás előtt fontos feladat azok kitakarítása, fertőtlenítése. Ilyenkor a megelőzésen van a hangsúly. A technika hatékonyságát tovább tudja

növelni, ha a tároló teljesen zárt, szigetelt, illetve lehetőség legyen annak teljeskörű szellőztetésére is.

Rovarölőszeres védekezés során a rovarölő szerek permetezve kerülnek ki meleg és hideg ködképző berendezések segítségével. (Keszthelyi 2021)

A fizikai, kémia és biológiai védekezési módszerek közül leginkább a kémiai módszert használják a legtöbbször a rovarok elleni védekezésre (Sinha and Watters 1985). A kémiai védekezési technikák elengedhetetlenek az élelmiszerek hatékony előállításához, illetve azok tartósításához. Az elmúlt pár évben egyre jobban előtérbe helyeződnek olyan alternatív rovarirtási megoldások is, melyek környezeti terhelések minimalizálását próbálja csökkenteni (Nelson and Stetson 1974).

Az egyik fő nehezítő tényező a rovarölő szerekkel szembeni rezisztencia létrejötte. A terménytárolás kártevőinek globális felméréséből a kukorica kislisztbogár (*Tribolium castaneum*) 78 országból gyűjtött 505 törzsének 87%-a rezisztens volt például a malationnal szemben. Sok régióban súlyos problémát jelentett a malation rezisztencia kialakulása, így szükségessé vált mihamarabbi alternatív peszticidek kidolgozása, gázosítókészítmények vagy akár egyéb fizikai védekezési technikák használata. Annak ellenére, hogy a rovarölő és a gázosító szereket mérsékelt mennyiségben próbálják használni, mégis megvan rá a lehetőség, hogy káros hatást gyakoroljanak az emberekre, olyan módon, hogy ezek a vegyi anyagok az élelmezési célú terményekben maradnak. Nemcsak az emberekre, hanem a környezetre is veszélyes hatással lehetnek. (Sinha and Watters 1985).

A gázosítás gyakran csak az élő lárvákat vagy kifejlett rovarokat tudja csak elpusztítani, de nem öli el teljes mértékben a gabonaszemekben még élő tojásokat, amelyek egyébként még 3-7 hétig is tovább élhetnek a többi fejlettségi állapotra letális gázosítószer szintje mellett. (Langlinais 1989).

## ***2.5 Alternatív védekezési módszerek bemutatása***

### **2.5.1 Fizikai módszerek**

A rovarok elleni védekezés kapcsán többféle fizikai módszert ismerünk. Használhatunk különböző típusú csapdákat - szondacsapdák, feromoncsapdák-, szélsőségesen manipulálhatjuk

a fizikai környezetet (Sinha and Watters 1985), továbbá mechanikus behatást, fizikai eltávolítást, inert porokat és ionizáló sugárzást is alkalmazhatunk. (Muir and Fields 2001)

Az manipulált fizikai változók közé soroljuk a hőmérsékletet, a relatív páratartalmat vagy a szemcsék nedvességtartalmát és a szemcsék közötti levegőben lévő légköri gázok összetételét. Az alacsony hőmérsékletet a legtöbb esetben hideg környezeti levegővel történő levegőztetéssel érik el. A magas szemhőmérséklet több módon vagyunk képesek elérni. Például mikrohullámú és infravörös sugárzással, de forró levegő, valamint dielektromos fűtés említhető még. Sokféleségük ellenére a fizikai védekezési módszerek zömmel lassúak, sőt a magas szintű mortalitás nem garantálható, még akkor sem, ha megfelelő volt a kezelés. Nagyobb sikerrel ott alkalmazhatóak a fizikai módszerek, ahol kisebb mértékű a fertőzöttség. (Muir and Fields 2001).

### **2.5.2 Biológiai módszerek**

A biológiai módszerek közül több megoldás jó alternatívája lehet a kémiai gázosítószernek. Ilyen lehet például természetes ellenségek és kórokozók, önmagukban is, illetve szelektív rovarölő szerekkel kombinálva (Attia és mtsai 1979; Zettler 1991)

A biológia védekező szerek nem károsak az emberi egészségre, nincsen környezetszennyező hatásuk és nem halmozódnak fel a terménytélékekben sem, kockáztatva azok későbbi felhasználhatóságát (Schöller, 2010).

A biológiai módszernek az a lényege, hogy élő, hasznos szervezeteket, mint természetes ellenségeket használják fel a káros rovarok elleni védekezés során. Több alternatív védekezési technika van a tárolt termékekben lévő kártevők ellen, ideértve a ragadozó rovarok és atkák, parazitoidok és fajspecifikus kórokozók használatát. A vegyszerekkel ellentétben, amelyeket nagy területen kell alkalmazni, a természetes ellenséget elég egyetlen egy helyen kiengedni aztán ezek maguktól megtalálják és megtámadják a kártevőket az adott kultúrában. Nem kellene vegyszerek, ugyanakkor e módszerek nem jelentenek veszélyt az emberekre és a környezetre sem. A biológiai védekező szerek általában fajspecifikusak. Mivel a legtöbb fertőzés több fajból tevődik össze, a biológiai védekező szerek több különböző izolátumára vagy fajára lehet szükség. A biológiai védekezési módszerek lassúak és éppen ezért a védekezés hatékonysága előtt jelentős kár is összejöhet. Legtöbb esetben ezek a technikák alkalmatlanok erős fertőzöttség tekintetében (Subramanyam and Hagstrum 2000)

### 2.5.3 Entomopatogén gombák

A rovarpatogén gombák alkalmazása a kártevők, főleg a tárolókban levő betárolt termények kártevői ellen, környezetvédelmi szempontból és élelmiszerbiztonsági szempontból is egyaránt megfelelnek. Szántóföldön ismertebb inkább az alkalmazása, de volt már rá példa, hogy raktári kártevőket gyérítettek e módszerrel. Lényege, hogy a kártevők ellen védendő termény felületére kell kipermetezni a terméket, emiatt a rovar mozgása során a gomba megtapad a kültakaróján, majd bejut a testébe, ahol kicsírázik és a rovar testnedveit használja fel, hogy ki tudjon fejlődni (Keszthelyi 2021).

### 2.5.4 Autocid védekezési eljárás

Ezt a védekezési technikát önpusztító védekezési eljárásként is hívhatjuk. A módszer lényege az, hogy magát a kártevőt használja fel saját maga elpusztítására. Az eljárás a károsító génkezelésére alkalmazható, ahol a populáció egyedei közé olyan géneket juttatnak be, melyek az adott hordozó károsító fajt képesek elpusztítani (Qadri és mtsai 2020).

### 2.5.5 Alternatív védekezési lehetőségek

A rovarirtó szereket széles körben használják a tárolt gabonák rovarkártevői ellen, de a szermaradványok és a kártevők egyes fajainak kialakuló rezisztenciája aggodalomra ad okot. Ahogy a vegyszeres védekezés lehetőségei korlátozottabbá válnak, alternatív kezelésként várhatóan egyre inkább a besugárzás felé fordul az érdeklődés (Papadimitriou 2023) Ráadásul, amint azt többször bebizonyították, a maradékanyag-mentesség a besugárzás legnagyobb előnye kémiai kezelésekkal szemben. Ezért a különböző típusú besugárzások által kiváltott rovarölő és sterilizáló hatás jó megoldás lehet. Többnyire ionizáló sugárzást (pl.  $\gamma$ -sugarak és röntgensugarakat) használták a terménytárolók rovarkártevőinek kezelésére, de voltak hasonló kísérletek számos más besugárzási típussal, mint pl. rádióhullámok, radar, infravörös, mikrohullámú és ultrabolya sugárzás (Abdelaal és El-Dafrawy, 2014;). A kártevők besugárzása biztonságos és megbízható, ha betartják a megállapított biztonsági és minőségbiztosítási irányelveket. A legfontosabb kezelési paraméter az elnyelt dózis, amelyet ellenőrizni kell annak biztosítása érdekében, hogy a kezelt rovarok reprodukív sejtjeikben kellően sterilek legyenek és mégis képesek legyenek versenyezni a társakért vad, kezeletlen rovarokkal. A hatékony dózist azonban többek között befolyásolja az oxigénkoncentráció, a hőmérséklet és a tárolt anyag is (Hasan és Khan, 1998;). Emellett minden egészségügyi

kockázat nélkül felhasználható a kezelt gabona, illetve élelmiszer takarmányozásra és emberi fogyasztásra. A zsuzsok fajokról ismert, hogy érzékenyek a besugárzásra (Tilton és Brower, 1987).

### **2.5.6 Szén-dioxid befúvással történő védekezés**

A védekezési eljárásnak az a lényege, hogy a gáz elvonja az oxigént a tárolóból és anaerob körülményeket teremtve elpusztítja az ott rejtőző kártevőket. Ezt a védekezési eljárást egyszerű alkalmazni, szakértelmet nem igényel és az emberi szervezetre káros szervmaradványok sem maradnak vissza használata után. Viszont hátrányai közé kell sorolnunk, hogy csakis légmentesen zárt terménytárolókban alkalmazható e technika, továbbá a rovarok kifejezetten jól tűrik a magas szén-dioxid jelenlétét a levegőben, így idő kell a sikeres rovarölő hatás eléréséhez (Keszthelyi 2021).

### **2.5.7 A levegő ózondúsításával történő védekezés**

A raktározott, illetve tárolt gabonafélék és élelmiszer-alapanyagok védelme nagyon fontos az élelmiszerbiztonság és a gazdasági stabilitás szempontjából. A tárolás során számos veszélyes kártevő fenyegeti a készleteket, amelyek mennyiségi és minőségi veszteséget okoznak, ha nem védekezünk megfelelően ellenük. A hagyományos kémiai védekezési módszerek, mint például a gázosítás, különféle kémiai, illetve vegyi anyagokkal, ugyan hatékonyak, de egyre több problémát vetnek fel, ugyanis környezetvédelmi és egészségügyi kockázatokkal járnak, másrészt a kártevők ellenállóképessége is fokozatosan növekszik (Zhang et al., 2025).

Ezért egyre nagyobb az igény olyan alternatív eljárások iránt, amelyek megfelelően környezetbarátok, és nem hagynak szermaradványokat a terményben és közegészségügyi problémákat sem okoznak. Az ózondúsítással történő védekezés az utóbbi években került előtérbe, mivel az ózon erős oxidáló tulajdonságai révén hatásosnak bizonyul a rovarok, atkák, baktériumok és gombák ellen egyaránt (Jian, Jayas and White, 2013).

Az ózon igen erős oxidálószer, emellett a kártevőirtás és a gabona raktározás területén is jelentős potenciált mutat, köszönhetően az ózon egyedi fizikai és kémiai tulajdonságainak. Erőteljes oxidáló képessége nemcsak a víztisztításban, az élelmiszerek fertőtlenítésében és a toxinok lebontásában teszi széles körben alkalmazhatóvá, hanem ami még fontosabb, a gáz halmazállapotú ózon képes áthatolni a gabonaszemekben, majd gyorsan oxigénmolekulákká

bomlani, anélkül, hogy káros maradványokat hagyna a termény felületén és a raktározott tétel belsejében (OxidationTech, 2025).

Ezen tulajdonságát az Amerikai Környezetvédelmi Ügynökség (EPA) minősítéssel ismerte el, továbbá az Amerikai Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatóság (FDA) antimikrobiális szerként engedélyezte az ózon alkalmazását az élelmiszer-feldolgozási folyamatokban (The Use of Ozone Technology, 2025). Ez a besorolás megerősíti az ózon biztonságos és megvalósítható használatát a terménytárolási, illetve az élelmiszertárolási és kártevőirtási célokra.

Az ózon rovarokra gyakorolt halálos hatásmechanizmusa elsősorban két úton érvényesül: a légzőrendszeren és a testfelszínen keresztül. Az ózon a rovar testébe az elágazó kutikuláris légcsatornákon át jut be, ahol oxidatív károsodást idéz elő, beleértve a DNS-szálak törését, a légzőszervi funkciók megváltozását és a sejthártyák oxidációját (Jian, Jayas and White, 2013).

Az ózon hihetetlenül gyorsan lebomlik oxigénné és nagyon reaktív oxigénatomokká, amelyek a rovarok sejtmembránjaival reakcióba lépnek, ezáltal megzavarják a sejtek normál működését, sejtkárosodást és végül a sejt teljes pusztulását okozza (Zhang et al., 2025).

Az ózon további tulajdonsága, hogy megbontja a rovarok kültakarójának viaszrétegét is, ezáltal rontja annak vízállóságát és rugalmasságát, valamint szerkezeti károsodásokat okoz a kutikulában a kitin degradációja révén. Ezt követően a rovarok kültakaróján repedések és duzzanatok keletkeznek, amelyek víz beszivárgásához, majd kiszáradásos elhulláshoz vezetnek (Mason et al., 2002).

Ezek az egyedülálló rovarölő mechanizmusok, valamint az ózon maradványmentes jellege teszik ezt a módszert hatékony és környezetbarát kártevőirtási módszerré. Az ózondúsítás ígéretes és korszerű alternatívát jelent a hagyományos kémiai kezelések mellett. Az eljárás egyszerre biztosítja elsősorban a raktári kártevők gyérítését és a mikrobiológiai szennyeződések korlátlan visszafogását is, mindezt maradványanyag-mentesen és környezetbarát módon (The Use of Ozone Technology, 2025).

A technológia bevezetése, a beruházás és biztonságigényes prioritás miatt egyre nagyobb figyelmet kap a fenntartható élelmiszerlánc biztosításában és megbízhatóságában. A jövőben várhatóan még szélesebb körben elterjed, számottevően olyan helyeken, ahol a kemikáliamentesség és az élelmiszerbiztonság elsődleges szempont (OxidationTech, 2025).

## **2.6 Célkitűzés**

A laboratóriumi vizsgálat elsődleges célja, hogy elsőként a raktári kártevők elleni védekezés környezetbarát és jól működő módszerének elgondolása és kidolgozása volt. Motivációm, indítatásom az volt, hogy egy olyan alternatív védekezési eljárás kidolgozását készítsem elő, mely a raktározott terményt, illetve annak későbbi felhasználását semmiféleképpen sem veszélyezteti.

Annak ellenére, hogy az évek során már több eredmény is született a léghőmérséklet és a sugárzás *Sitophilus granarius* gyakorolt hatásával kapcsolatban, az elsődleges és másodlagos károsító rovarfajokra vonatkozó lényeges információk meglehetősen kevesek. Ennek következtében a kutatás célja elsősorban az információszerzés volt, hogy miként hat az négy különböző vizsgált időtartam vagy dózis a rovarfajra, valamint, hogy lehetőség legyen értékelni az alkalmazott dózisok kezelését követő különböző idő elteltével mérhető hatását az imágók mortalitásának szempontjából.

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1 Rovarkultúra és a kísérlet technikai elemei

Ózondúsításos módszeres vizsgálatunkhoz a magtári gabonaszuzsok (*Sitophilus granarius*) volt az elsődleges kártevő és annak természetesen imágó alakja.



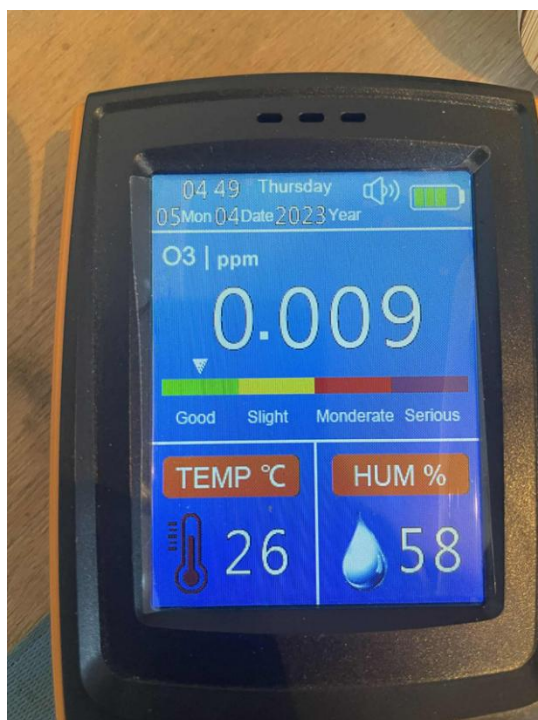
1. kép A kezelt minták

A kísérleti faj saját raktárból származott, bogárrosta segítségével gyűjtöttem ki az 5000db magtári gabonaszuzsokot a kísérlethez. Ezeket egy nagy 5l űrtartalmú dunsztosüvegben helyeztem el úgy, hogy a táptalajt helyeztem nekik az üvegbe, ami 2,5kg tömegű tiszta búza volt. (nedvességtartalom: 13,5%). A rovarok számára optimális körülményeket tartottam fent, amit klíma biztosított. A rovarok  $26 \pm 2^\circ\text{C}$ -on,  $60 \pm 7\%$  relatív páratartalom mellett, 14/8 fényperiódusnak voltak kitéve. A kísérlethez szükségem volt eszközökre is, ami egy hűtőszekrény, 1l űrtartalmú dunsztosüvegek, légáteresztő textil, ózongenerátor, illetve egy



*2. kép Az ózon generátor kísérlet működési elve*

arra alkalmas rosta fehér tálcával. A hűtő jó szigetelő tulajdonságainak köszönhetően az ózondúsított levegő nem tudott kiszökni rajta, oldalára készítettem egy üvegből készült ablakot melyen keresztül be tudtunk tekinteni a kísérleti térbe. Az ózongenerátort a hűtő belsejébe helyeztem, hálózati 220V szükséges az ózongenerátor működéséhez, mely kifogástalanul működött. Egy 1l űrtartalmú üvegekbe 100g búzát mértem ki, melybe a búza mellett a zsuzsokokat is elhelyeztem (15db) majd a tetejére ráhelyeztem a légáteresztő textilt melynek a funkciója azt szolgáltatta, hogy egyrészt a zsuzsokok ne másszanak ki az üvegből, másrészt mely egy nagyon fontos dolog, hogy a mintát át tudja járni, át tudjon szivárogni az ózondúsított levegő a dunsztosüveg belsejébe. Ezt követően ezt a műveletet 16 alkalommal megismételtem hisz 4 expozíciós időre vonatkozóan 4 féle ismétlés volt alkalmazva. Minden alkalommal bogárrosta segítségével vizsgáltam az elhullott és a még fennmaradt imágók számát.



3. kép Környezeti feltételek

### **3.2 Az ózondúsításos kísérlet módszertana**

A kísérlet menete a következőképpen zajlott. Kezelésenként 4 ismétléssel folyt a kísérlet. Az ózonkoncentráció értéke  $\geq 5$  ppm. -E koncentrációs érték alatt mértük a kapott eredményeket. Kitétséget 4 különböző esetben állapítottunk meg, 60perc 120perc 240perc és 480 perces időintervallumokban, a mortalitásokat pedig a T+0 a T+24; T+48 és a T+72 órákban határoztam meg, tehát 4 napon keresztül tartott a kísérlet. Kezelésenként számoltam az elhullott egyedszámot, az optimális környezeti feltételek pedig a  $26 \pm 1$  C°, illetve a relatív páratartalom értékre  $60 \pm 7$  százalékra lett beállítva.



*4. kép A minta vizsgálata*

A kísérletet hétfő reggel kezdtem 6 órakor, a 60 perces kitettség esetén úgy zajlott a kísérlet, hogy 6 órától 7 óráig volt bent a dúsított légkörben a 4 db ismétlés/minta, majd 24 órát követően ismét 7 órától 8 óráig tartózkodtak bent a minták. A harmadik napon 24 óra elteltével szintén 8 órától 9 óráig, a negyediken 9 órától 10 óráig tartózkodtak bent az ózondúsított légtérben a minták.

A 120 perces kitettségénél ugyanez a struktúra alapján hétfőn hat órakor indítottam a kísérletet. 6 órától 8 óráig volt bent első nap, második nap 8 órától 10 óráig, harmadik nap 10 órától 12 óráig, negyedik nap 12 órától 14 óráig.



*5. kép Elpusztult egyedek*

A 240perces és a 480perces kitettségeknél szintén ezt a módszert alkalmaztam. Minden kezelés után kivettem a hűtőből a 4mintát/4 ismétlést/4 dunsztosüveget majd a rosta segítségével kirostáltam, és egy exceltáblában rögzítettem. A mortalitás értékeknek megfelelően létrehoztunk egy táblázatot melyben kitöltöttem a mért értékekkel a megfelelő helyeket. Ide az elhullott egyedszámokat tüntettem fel, melyből 4 darab táblázatot kaptam minden egyes napra vonatkozóan a kitettségek függvényében.

### ***3.3 Statisztikai elemzés***

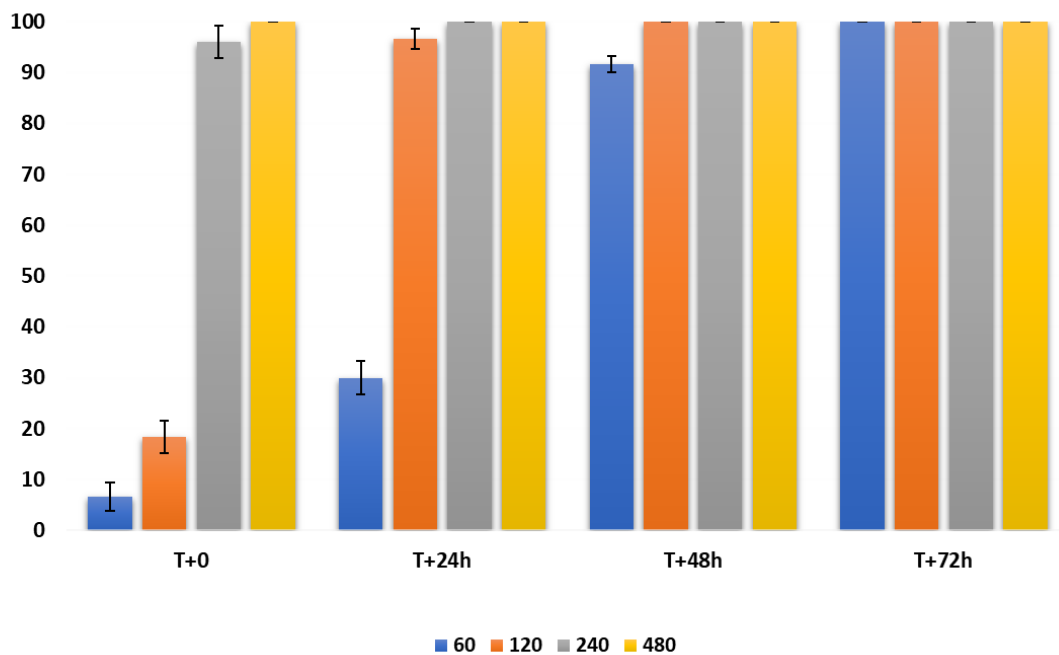
A vizsgált rovarfaj mortalitási értékeit Abbott (1925) képletével számoltuk ki. Az elhullottak számából visszakövetkeztettük az élők számára minden egyes kezelést követően. Majd kiszámoltuk százalékos arányban a mortalitációt a különböző kitettségekre. Az adatokat egyirányú varianciaanalízissel vizsgáltuk a Microsoft excel típusú szoftverben. Összehasonlítottunk mindenféle lehetőséget mindegyikkel tehát a 60perc/120perc; 60perc/240perc; 60perc/480perc; 120perc/240perc; 120perc/480perc; 240perc/480perccsel

mindenhol a p értékét vizsgáltuk. Ha a p érték  $\leq 0,05$  esetén kapjuk az értéket akkor az eset szignifikánsnak tekinthető tehát csoportok között van eltérés és az ózondúsításos módszer ezáltal hatékonynak bizonyosul. A p érték minden esetben kisebb egyenlő 0,05 értékénél tehát mindegyik opció szignifikánsnak tekinthető. Az átlagokat Tukey-próbával elemeztük számítottuk ki. A lineáris regressziós görbék meredekségét a mortalitási arányszám-sorozatra a besugárzási idő (60perc;120perc;240perc;480perc) és a hatásidő (0, 24, 48, 72 óra) mentén vizsgáltuk, hogy meghatározzuk a változások irányát, amelyek a legfontosabb hatások közé tartoznak.

Ezenkívül minden egyes kitettség elméleti összmortalitási görbáját polinomiálisan extrapoláltuk, a számított halandósági trendvonalak egyenleteiből.

## 4. Eredmények és értékelésük

Az ózon besugárzás raktári kártevőkre gyakorolt mortalitási értékeit a 1. ábra mutatja. Megfigyelhető, hogy az ózondúsításnak való expozíció és dóziszfüggő módon növelte a mortalitási értékeket. Kivétel nélkül minden a vizsgált faj esetében a leghosszabb ózondúsítás okozta a legnagyobb mortalitást (8 órás kitettség). Ezek az értékek a kezelést követő idő elteltével nem növekedtek hisz az ózon azonnal hat a rovar szervezetére. Amikor az egyes expozíciókat a hatásidő függvényében vizsgáltuk, azt állapítottuk meg, hogy a mortalitási értékek az idő függvényében exponenciálisan növekedtek. A magtári gabonaszuszok esetében a mortalitási tendenciák kissé eltérőek voltak.

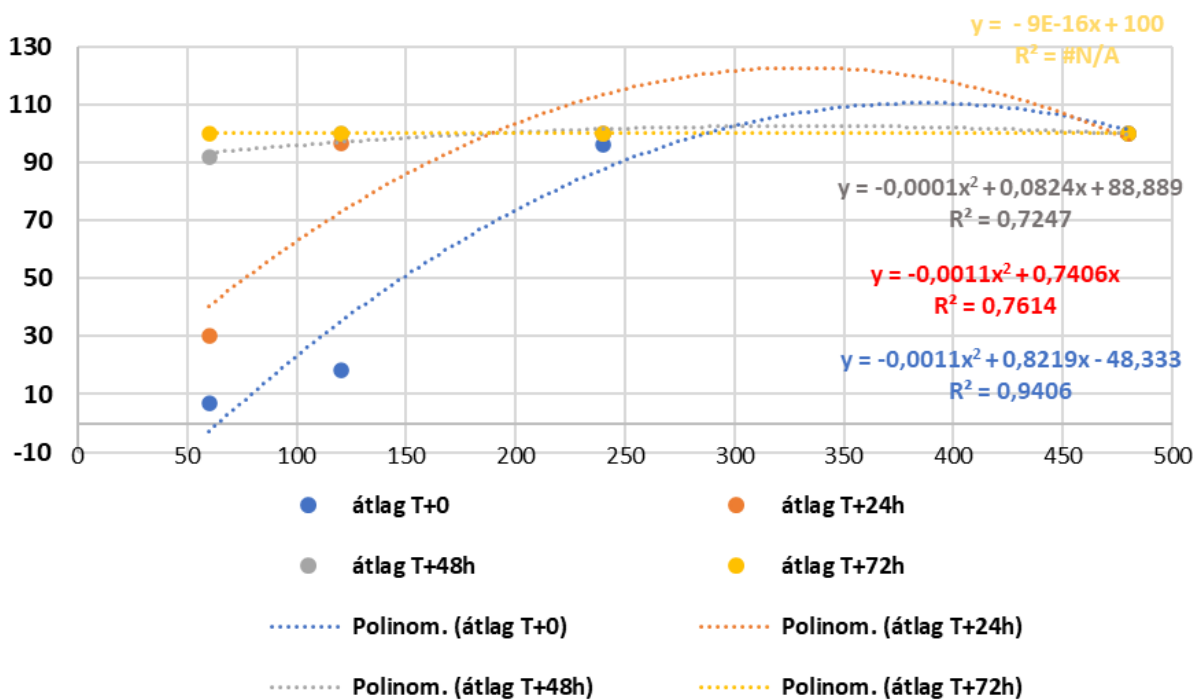


1. ábra Az ózon besugárzás raktári kártevőkre gyakorolt mortalitási értékei

A legjelentősebb, az egyes kezelések utáni legnagyobb mértékű mortalitást a sárga, azaz a 8 órás kitettség esetében regisztráltuk. Ezzel szemben az egy órás kitettség esetében volt a legalacsonyabb a mortalitás növekedése az ózondúsítást követő időszak alatt. Az Abbot-féle korrigált mortalitási értékek átlagolása azt mutatta, hogy az ózon besugárzás a raktári gabonaszuszok esetében a 240 perc, illetve a 480 perces kitettség okozta a legjelentősebb mortalitást (átlagos mortalitás kontroll kezelésként: 100%) tehát teljes

állománypusztuláshoz vezetett. Ehhez képest a 60 perc és a 120 perces mortalitása volt enyhébb vagy alacsonyabb. A 60 perces kitettség esetében a nulladik nap 6,67% mortalitás, a második nap 30% mortalitás a harmadik nap 91,67% mortalitás figyelhető meg. Végezetül a 60 perces kitettségben a negyedik nap pedig elpusztult az összes egyed tehát a teljes állomány elpusztult. Áttérve a 120 perces kitettséghez, itt a 60 perces kitettséghez viszonyítva rövidebb idő alatt pusztultak el a rovarok, az első nap 18,33% a mortalitás értéke, a második nap pedig már jelentősebb 96,67% a mortalitás. Ennél az expozíciós időnél már a harmadik nap a teljes populációvesztéshez vezetett.

Függetlenül az ózondúsítástól, a kezelést követő azonnali mortalitási arány minden expozíció esetében magas volt teljes populációvesztést eredményezett. A teljes mortalitásra került a használt expozíciós időszakok mindegyikénél. Így az egyes expozíciók után mért mortalitási értékekhez tartozó lineáris trendvonalakat leíró egyenletek segítségével a teljes mortalitást reprezentáló görbék keletkeztek, ami megmutatja az ózondúsítás által kiváltott, kalkulált teljes mortalitási értékek a kitettség és a kezelést követő időtartam függvényében (2. ábra).



2. ábra A kísérleti rovarfaj különböző időtartamú ózon besugárzásnak való expozíciót követő időpontok és az ezeket összekötő trendvonalak

A 2. ábrán a kísérleti rovarfaj különböző időtartamú ózon besugárzásnak való expozíciót követő időpontok és az ezeket összekötő trendvonalak láthatók, amelyek mentén a fajok teljes mortalitása várható. Látható, hogy a kezelést követő, teljes mortalitáshoz vezető időszak fordítottan arányos az ózon besugárzással való expozícióval. Minél hosszabb ideig van kitéve egy rovar az ózondúsított levegőnek, annál rövidebb ideig tart, amíg a kísérleti populáció elpusztul. A kezelést követő időszakban az ózonterhelés függvényében bekövetkező teljes mortalitás értéke minden expozíció esetében egy hatványozott trendvonallal írható le. A magtári gabonaszuzsok ózonsugárzással szembeni érzékenysége is jól látható a grafikon elemzéséből. Kísérleti eredményeink alapján az ózon besugárzást követő időszakban bekövetkező mortalitás alapján az alábbi érzékenységi sorrend állítható fel, a legérzékenyebbtől a legellenállóbbig. A 72órás, 48órás, 24órás, illetve a 0órás sorrend. A mortalitási ráta szinte expozíciósan változik az expozíciós és hatásidővel, amint azt a 2. ábra mutatja. A változó tendencia jól közelíthető a megfelelő görbék meredekségével, amelyek értékeit a 3. ábra mutatja be. A görbék az expozíciós idő mentén laposabbak, azaz a mortalitási görbék meredeksége kisebb és a kitétség ideje közötti szórás kisebb. A hatásidő szignifikánsan befolyásolja a mortalitási rátát, és az expozíciók közötti eltérés szignifikánsabb. A fajok mortalitási rátái közötti kapcsolat erősségét az 3. táblázat mutatja.

*1. táblázat egytényezős varianciaanalízist alkalmazva a 60/240perc; 60/480perc; 120/240perc és a 120/480 perces kezelések eredményei*

<b>kezelés</b>	<b>DF</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
ózon kitétség 60 min/120 min	1	7,74	0,032
ózon kitétség 60 min/240 min	1	443,52	>0.001*
ózon kitétség 60 min/480 min	1	1176	>0.001*
ózon kitétség 120 min/240 min	1	288,55	>0.001*
ózon kitétség 120 min/480 min	1	654,82	>0.001*
ózon kitétség 240 min/480 min	1	2,45	<0.05
első kezelés/ 24 órás kezelés	1	3.88	<0.05

Szoros kapcsolat mutatható ki a mortalitási ráta és az expozíciós idő között. Az 1. táblázat mutatja az értékeket, tehát egytényezős varianciaanalízist alkalmazva a 60/240perc; 60/480perc; 120/240perc és a 120/480 perces kezelések eredményei alapján látható, hogy a korreláció kisebb mint 0,001 tehát kisebb mint 1% ebből arra következtettek, hogy az eredmények szignifikánsak. 240/480perc és a 60/120perc kezeléseknél a korreláció tehát a p érték szintén kisebb mint 0,05 tehát 5% kisebb, így ott szintén azt mondhatjuk, hogy az eredmények szignifikánsak. Tehát a módszer, ami azt határozza meg, hogy az ózondúsított légkör hatásosan pusztítja a magtári gabonaszubsok imágóit igazolódik statisztikai elemzések alapján.

## 5. Következtetés

Az élőlények olyan környezeti feltételek közé helyezése, amelyek eltérnek az általuk preferált abiotikus tartománytól, homeosztázisuk felborulásához vezet. Rovarak esetében ez a fejlődési folyamatok eltolódását vagy késleltetését, valamint az életfunkciók beleértve a táplálkozás, szaporodás lelassulását vagy megszűnését eredményezi. Végül, amikor az adott hatás meghalad egy bizonyos küszöbértéket, az érintett szervezetek visszafordíthatatlan élettani folyamatok következtében elpusztulnak.

Az ózon kártevőkre gyakorolt halálos hatása szorosan összefügg az expozíciós idővel, és minél hosszabb az expozíciós idő, annál magasabb a kártevők halálozási aránya. Ózont használtak *C. cephalonica* (Stainton, 1866) petéinek kezelésére, és azt találták, hogy a halálozási arány fokozatosan 84,9%-ról 100%-ra nőtt, amikor az expozíciós időt 0,5 órától 5,0 órára növelték (5,0 g/m<sup>3</sup> koncentrációnál). Az LT<sub>50</sub> és LT<sub>95</sub> 0,02, illetve 1,08 óras értékei arra utalnak, hogy a medián halálos koncentráció (LC<sub>50</sub>) nagyon rövid idő alatt elérhető magas koncentrációknál, de a teljes elpusztításhoz hosszabb expozíciós idő szükséges (Gad és mtsai. 2004). A *T. castaneum* (Herbst 1797) kifejlett egyedeit 30 percig, ami csak 80,4%-os halálozást eredményezett, míg ugyanennek a koncentrációnak 120 percig történő kitétsége teljes halálozást eredményezett (McDonough és mtsai 2011). A *S. oryzae* (Sharma et al. 2016) bábjainak halálozási aránya 45,8%-ról 99,6%-ra nőtt a kitétségi idő 2 órától 6 órára történő növelésével (Srivastava 2021). Azt is kimutatták, hogy az ózon LC<sub>50</sub> értékeit szorosan csökkentették *Trogoderma granarium* (Everts, 1898) lárváin végzett ózonkezelési vizsgálatban. Ezek a vizsgálatok nemcsak az ózontoxicitás időbeli kumulatív hatását támasztják alá, hanem a kumulatív hatás általánosíthatóságát is bizonyítják. A hosszan tartó kitétség fokozza a ROS felhalmozódását, súlyosbítja az oxidatív stresszt, és végső soron elpusztítja a kártevők fiziológiai funkcióit, míg a hosszan tartó kitétség biztosítja az oxidatív reakciók megfelelő lefolyását, ezáltal növelve a halálozási arányt. Ezért a hosszabb kitétségi idő mérlegelhető az ózonos kártevőirtás hatékonyságának javítása érdekében a toleránsabb fajok és állapotok esetében. Meg kell azonban jegyezni, hogy amikor ózont használnak a kártevők kezelésére a tényleges gabonátárolás során, egyidejűleg figyelembe kell venni az ózonkezelési idő hatását a tárolt termékekre. (Mahmoud és mtsai 2023)

Egy hatékony védekezési módszerrel szemben alapvető elvárás, hogy rövid idő alatt elfogadható szinten képes legyen elpusztítani a célzott kártevőt. Vizsgálatunk igazolta az ózondúsított légkör rovarölő hatása működőképes a raktári kártevőkre nézve. Ezt a kísérleti

eredményt korábbi kutatások több eredménye is alátámasztja. Az ózondúsítás hatékony védekezési módszer a magtári gabonaszusok imágója ellen (E. L. Bonjour és mtsai 2011). Rámutattunk arra, hogy a kártevő eltérést mutat érzékenységükben a fenti fizikai hatás esetében. A kísérleti adatok megerősítették, hogy a *S. granarius*, mint elsődleges kártevő esetében, a 240perces, illetve a 480perces kitétségek során rögzített mortalitási értékek hamarabb az első napon elérték a 100% mortalitás értékét, ez annak tudható be, hogy a vizsgált minták túl nagy dózissal voltak kitéve. Dózis alatt az ózondúsított levegőben eltöltött expozíciós időt értem. Itt már a legelső nap az állomány teljes pusztulásához vezetett a kísérlet. Ebből arra következtettek, hogy a rovaroknak meghaladta az ellenálló képességét. A rövidebb expozíciók során a 60 perces, illetve a 120 perces kezelések során pedig szintén populációvesztéshez vezetett viszont nem az első nap, hanem fokozatosan az egymást követő napokon exponenciálisan jellemezve pusztultak el a rovarok. A 60 perceshez képest a 120 perces expozíciónál drasztikusabban, ott a harmadik napon pusztult el az összes zsuzsok, viszont a 60 perces expozíciónál a negyedik nap pusztult el az összes. Ebből arra következtettek, hogy a rövidebb expozíciók során nem volt megfelelő az ózondúsított térben eltöltött idejük a mintáknak, illetve az imágóknak több időre volt szükségük ahhoz, hogy ellenállóképességüket legyőzve elhulljon az összes egyed.

Kísérleti eredményeink megerősítették, hogy az ózondúsítós módszer használata a növényvédelemben gyakorlatias, természetbarát technológia. Ez a kártevőirtási technika azonban olyan sikeres, hogy nem csak a termés felszínén, hanem a belsejében is elpusztítja a kívánt kártevőt igencsak eredményesen és rövid idő alatt (Mason, L. és mtsai, 2003). Ezt igazolja a dunsztosüvegekbe tett 100g búzaminta melyben szintén sikeresen elpusztultak az adott kitétségnek alávetett rovarok.

Kevés hatásos növényvédelmi alternatíva, vegyszermentes védekezési technológia áll ma rendelkezésre a raktári kártevők elleni sikeres védekezéshez. Az általunk vizsgált ózondúsítós módszer kétségtelenül egy hatékony és ígéretes lehetőség a tárolt gabonafélék betakarítás utáni kezelésében. Hisz nem hagy környezetszennyező, illetve emberi, illetve állati szervezetekre káros anyagokat a raktározott majd értékesítésre szánt terménytelekben, így biztonságosan felhasználható élelmezés, illetve takarmányozás szempontjából az áru.

Eredményeink alapján úgy véljük, hogy terménymentes környezetben a kártevők közvetlen ózondúsításnak kitételével egy hatékony, dinamikus és környezetbarát módszer lehet. Az alkalmazás ilyen módon történő jövőbeni alkalmazását ugyanakkor számos további

környezetvédelmi vizsgálatnak kell megelőznie, beleértve a kártevő terményből történő eltávolításának és kiűzésének pontos módszerét is. Eredményeink hozzájárulhatnak egy megbízható és kivitelezhető módszer megvalósításához a raktári kártevők elleni védekezésben. A kezelés kétségtelen előnye, hogy más védekezési módszerekkel kombinálható, ami végső soron egy hatékonyabb és fenntarthatóbb megoldást jelenthet az integrált növényvédelemben (IPM).

## 6. Összefoglalás

A jelen vizsgálatban az ózondúsítás ( $\geq 5$ ppm) esetén a különböző expozícióinak (60;120;240;480 perc) hatásait vizsgáltuk a tárolt termék a raktári gabonaszuzsok, (*Sitophilus granarius* L) mortalitása szempontjából. Ismétléseket (0,24,48,72 órában) hajtottunk végre és vizsgáltuk, hogy minden egyes nap hány darab maradt életben a különböző mintákból.

Az ózon, mint erős oxidálószer, egyedi fizikai és kémiai tulajdonságainak köszönhetően nagy potenciált mutatott a gabonátárolásban és a kártevőirtásban. Erős oxidáló tulajdonsága nemcsak széles körben teszi alkalmazhatóvá a víztisztításban, az élelmiszer-sterilizálásban és a toxinok lebontásában, hanem ami még fontosabb, a gáz halmazállapotú ózon képes behatolni a gabonákba, és gyorsan oxigénmolekulákká bomlani anélkül, hogy káros maradványokat képezne a gabonaféléken. Az ózon rovarokra gyakorolt halálos mechanizmusa főként két útvonalon keresztül hat: a légzőrendszeren és a testfelszínen. Az ózon a rovarok erősen elágazó kutikuláris kivezetőcsatornáin keresztül jut be a szervezetbe, oxidatív károsodást, sőt DNS-szálltöréseket, megváltozott tüdőfunkciót és membránoxidációt okozva. Az ózon képes gyorsan oxigénné és erősen reaktív oxigénatomokká bomlani, amelyek reakcióba lépnek a rovarok sejthártyáival, megzavarva normális sejtműködésüket, és sejtek károsodásához és pusztulásához vezetve. Ezenkívül az ózon megbontja a rovarok felhámjának viaszos rétegét, befolyásolva annak vízállóságát és rugalmasságát, és a kitin lebontásával szerkezeti károsodást okoz a felhámban, repedéseket és duzzanatot okozva a rovarok felhámjában, ami vízbeszívárgáshoz és a kiszáradás miatti rovarpusztulás súlyosbításához vezet. Ezek az egyedülálló rovarölő mechanizmusok teszik az ózont a kártevők elleni védekezés hatékony és környezetbarát eszközévé.

Eredményeink megerősítették, hogy a kezelést követő, teljes mortalitáshoz vezető időszak hossza a kitétségi idejétől, illetve a dózistól függ. A teljes mortalitás ideje a kezelés utáni időszakban az ózondúsításnak való expozíció függvényében a vizsgált rovarfaj mortalitása egy hatványozott trendvonallal jellemezhető. Eredményeink igazolták a rovarölő hatást és a különböző dózisokban érintett magtári gabonaszuzsok érzékenységét az ózon sugárzásra. A mért expozíciók azt igazolták, hogy a rövidebb kezelési idő (60;120 perc) alatt álló mintáknál vontatottabb a rovar pusztulása ez annak tudható be, hogy a rovar ilyenkor még ellenállóbb, illetve a nem volt kellő ideig kitéve a dúsításnak. A hosszabb expozícióknál (240;480 perc) viszont az látható, hogy a teljes populáció elpusztult már az első nap, hisz itt már kellően elegendő volt a kitétségi idő és a dózis.

Összegezve tehát az ózondúsítás egy nagyon hasznos raktári kártevőkre kifejezetten alkalmas kártevőirtási módszer melyet a későbbiekben bizalommal használhatunk a különböző élelmiszer alapanyagok, illetve élelmiszerek megóvására való tekintettel maradványanyag és számos szervezetre veszélyes visszamaradó káros anyag előfordulása nélkül.

## ***6.1 Köszönetnyilvánítás***

Ezúton szeretném kifejezni hálámat témavezetőmnek, **Prof. Dr Keszthelyi Sándornak**, illetve **Gerbovits Bálintnak**, akik nem csupán jelen szakdolgozatom elkészítése során nyújtottak nélkülözhetetlen szakmai támogatást, hanem már korábbi záródolgozatom idején is bizalommal és elkötelezettséggel segítette munkámat. Különösen nagyra értékelem, hogy egyetemi pályafutásom első napjától kezdve partnerként tekintett rám, biztatott, és mindig komolyan vette törekvéseimet. Munkássága, türelme és segítőkész hozzáállása jelentős mértékben hozzájárult ahhoz, hogy e dolgozat megvalósulhasson.

Köszönet illeti jelenlegi és volt csoporttársaimat, akik tanulmányaim és kutatómunkám során végig támogattak, bátorítottak, és segítettek átlendülni a nehezebb időszakokon. Külön hálás vagyok azoknak, akik szakmai vagy technikai segítséggel is hozzájárultak dolgozatom elkészítéséhez.

Végül, de nem utolsósorban, szeretném megköszönni családomnak és barátnőmnek azt a végtelen türelmet, megértést és bátorítást, amellyel végigkísérte egyetemi éveimet, és különösen ezt az időszakot. Támogatásuk nélkül ez a munka nem valósulhatott volna meg ilyen formában.

Minden érintettnek szívből köszönöm, hogy részesei voltak ennek a folyamatnak.

## 7. Irodalomjegyzék:

Abdelaal A., El-Dafrawy B. 2014. Effect of non-ionizing electromagnetic waves on some stored grain. *Journal of Entomology* 11: 102–108. DOI: 10.1016/j.jspr.2006.09.002.

Attia, F. I., Shipp, E., & Shanahan, G. J. (1979). Survey of insecticide resistance in *Plodia interpunctella* (Hübner), *Ephestia cautella* (Walker) and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in New South Wales. *Australian Journal of Entomology*, 18, 67–70. archive.org

Deshwal, R., Vaibhav, V., Kumar, N., Kumar, A., & Kumar, S. (2020). Stored grain insect pests and their management: An overview. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8(4), 1004–1010.

E. L. Bonjour, G. P. Opit, J. Hardin, C. L. Jones, M. E. Payton, R. L. Beeby (2011). Efficacy of Ozone Fumigation Against the Major Grain Pests in Stored Wheat Pages 308–316 <https://doi.org/10.1603/EC10200>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Management of stored grain pests. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fields, P. G., & White, N. D. G. (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, 47, 331-359. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145217>

Gad, H. A., Mohamed, H. A., Abd El-Ghaffar, M. M., et al. (2024). The effect of ozone gas, an alternative to conventional fumigants, on life stages of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae) and their effect on chemical properties of wheat flour. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 132(1), 35. <https://doi.org/10.1007/s41348-024-01013-w>

Hagstrum, D. W., & Subramanyam, B. (2009). A review of stored-product entomology information sources. *American Entomologist*, 55(3), 174–183. <https://doi.org/10.1093/ae/55.3.174>

Haines, C. P. (1984). Biological methods for integrated control of insects and mites in tropical stored products. III. The use of predators and parasites. *Tropical Stored Products Information*, 48, 17–25.

Hasan, M., & Khan, A. R. (1998). Control of stored-product pests by irradiation. *Integrated Pest Management Reviews*, 3, 15–29.

Herdovics, M., & Komka, G. (2011). *A sertésstartás és – takarmányozás gépesítése*. Budapest: Szaktudás Kiadó. <https://doi.org/ISBN:978-963-9935853>

Hughes, A. M. (1976). The mites of stored food and houses. *Technical Bulletin, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food*, 1976, No. No. 9, Ed. 2, [4 +] 400 pp. ref. 16 pp.

Jian, F., Jayas, D. S., & White, N. D. G. (2013). Can ozone be a new control strategy for pests of stored grain? *Agricultural Research*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0046-2>

Keszthelyi, S. (2021). *Tárolt termény-, élelmiszer- és termékkártevők*. Budapest: INFORM Kiadó és Nyomda Kft.

Langlinais, S. J. (1989). Economics of microwave treated rice for controlling weevils (ASAE Technical Paper No. 89-3544, 16 pp.). St. Joseph, MI: ASAE.

Ma, L.-J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F., Gardiner, D. M., Manners, J. M., & Kazan, K. (2013). Fusarium pathogenomics. *Annual Review of Microbiology*, 67, 399–416. <https://doi.org/10.1146/annurev-micro-092412-155650>

Mahmoud, M. A., Abo Laban, G. F., Ibrahim, I. S., El-Dessouki, W. A., Metwaly, K. H., Saba, R. M., & Zahra, A. A. (2023). Influence of ozone gas on the khapra beetle, *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) in stored wheat. *Applied Entomology and Zoology*, 58(2), 181–191. <https://doi.org/10.1007/s13355-023-00821-0>

Méndez, F., Maier, D. E., Mason, L. J., & Woloshuk, C. P. (2003). Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *Journal of Stored Products Research*, 39(1), 33–44. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00015-2)

Mason, L., Mendez, F., Maier, D., & Woloshuk, C. P. (2003). Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and processing performance. *Journal of Stored Products Research*, 39(1), 33–44. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00015-2)

- Mastrantonio, V., Crasta, G., Urbanelli, S., & Porretta, D. (2021). Cannibalism and necrophagy promote a resource loop and benefit larval development in insects of temporary waters. *Insects*, 12(7), 657. <https://doi.org/10.3390/insects12070657>
- McCarthy, P. (2002). Bird management in grain storage facilities. *Proceedings of the Australian Postharvest Technical Conference, CSIRO Stored Grain Research Laboratory*, 25-27
- McDonough MX, Mason LJ, Woloshuk CP. (2011) Susceptibility of stored product insects to high concentrations of ozone at different exposure intervals. *J Stored Prod Res.*; 47:306–10. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.04.003>
- Miliordos, D.-E., Baliota, G. V., Athanassiou, C. G., & Natskoulis, P. I. (2025). Review on the Occurrence of Mycotoxigenic Fungi in Dried Fruits and the Role of Stored-Product Insects. *Toxins*, 17(7), 313. <https://doi.org/10.3390/toxins17070313>
- Mills, K. A., & Khan, M. A. (2022). Integrated pest management for stored grain: potential natural biological control by a parasitoid wasp community. *Insects*, 12(11), 1038. <https://doi.org/10.3390/insects12111038>
- Muir W.E., Fields P.G. (2001). Miscellaneous methods for physical control of insects. In: Muir W.E. (ed) *Grain preservation biosystems*. Winnipeg: Department of Biosystems Engineering, University of Manitoba; pp. 319–329
- Nelson, S. O., & Stetson, L. E. (1974). Comparative effectiveness of 39- and 2450-MHz electric fields for control of rice weevils in wheat. *Journal of Economic Entomology*, 67(5), 592-595. <https://doi.org/10.1093/jee/67.5.592>
- OxidationTech. (2025). Why Ozone for Grain Storage. *OxidationTech Applications*. <https://www.oxidationtech.com/blog/ozone-in-the-world-around-you-insect-control-in-grains/>
- Papadimitriou, K., & Stathas, G. J. (2023). The effects of insect infestation on stored agricultural products and the quality of food. *Foods*, 12(10), 2046. <https://doi.org/10.3390/foods12102046>
- Phillips, T. W., & Throne, J. E. (2010). Biorational approaches to managing stored-product insects. *Annual Review of Entomology*, 55(1), 375–397. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.54.110807.090451>

Qadri, M., Short, S., Gast, K., Hernandez, J., & Wong, A. C.-N. (2020). Microbiome innovation in agriculture: Development of microbial based tools for insect pest management. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, Article 547751. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.547751>

Rees, D. P. (2004). *Insects of stored products*. CSIRO Publishing, Clayton

Schöller, M. (2010). Biological control of stored-product insects in commodities, food processing facilities and museums. In *Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored Product Protection* (pp. 596–606). Julius Kühn-Archiv, Vol. 425. <https://doi.org/10.5073/jka.2010.425.167.165>

Sinha, R. N., & Watters, F. L. (1985). *Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control*. Ottawa, Agriculture Canada.

Srivastava S, Mishra G, Mishra HN. (2021) Vulnerability of different life stages of *Sitophilus oryzae* insects in stored rice grain to ozone treatment and its effect on physico-chemical properties in rice grain. *Food Front.*;2(4):494–507. <https://doi.org/10.1002/fft2.89>.

Subramanyam, B., & Hagstrum, D. W. (Eds.). (2000). *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4353-4>

The Use of Ozone Technology to Control Microorganism Growth, (2023). Enhance Food Safety and Extend Shelf Life: A Promising Food Decontamination Technology. *Foods*, 12(4), 814. <https://doi.org/10.3390/foods12040814>

Tilton, E. W., & Brower, J. H. (1987). Ionizing radiation for insect control in grain and grain products. *Cereal Foods World*, 32(4), 330-333. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.10.001>

Zettler, L. J. (1991). Pesticide resistance in *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Col.: Tenebrionidae) from flour mills in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 84(3), 763–767. [real.mtak.hu](http://real.mtak.hu)

Zhang, Y., et al. (2025). Modified atmosphere and ozone treatment technologies in stored grain pest control: Mechanism, applications and challenges. *Agricultural Products Processing and Storage*, 1, article 16.

## **7.1 Ábrajegyzék**

1. kép A kezelt minták..... 19

2. kép Az ózon generátor kísérlet működési elve.....	20
3. kép Környezeti feltételek.....	21
4. kép A minta vizsgálata .....	22
5. kép Elpusztult egyedek.....	23
1. ábra Az ózon besugárzás raktári kártevőkre gyakorolt mortalitási értékei .....	25
2. ábra A kísérleti rovarfaj különböző időtartamú ózon besugárzásnak való expozíciót követő időpontok és az ezeket összekötő trendvonalak .....	26
3. táblázat egytényezős varianciaanalízist alkalmazva a 60/240perc; 60/480perc; 120/240perc és a 120/480 perces kezelések eredményei.....	27

## 8. Mellékletek

### NYILATKOZAT

WEBER KRISZTIÁN (név) (hallgató Neptun azonosítója: 02WCOE)  
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a  
záródolgozat/szakedolgozat/diplomadolgozat/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az  
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól  
tájékoztattam.

A záródolgozat/szakedolgozat/diplomadolgozat/portfóliót a záróvizsgán történő  
védésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>3</sup>

Kelt: 2025 év 11 hó 03 nap



belső konzulens

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

**Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról**

**1. Általános adatok**

Hallgató neve:	WEBER KRISZTIÁNU
Neptun-kódja:	OZWC0E
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	SZAKDOLGOZAT KÉSZÍTÉS
A munka címe:	A MAGTÁRI CARBONÁTSZUZZOK ELLENI

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

VEDEKEZÉS A LÉGKÖR ÖZONDÚSÍTÁSÁNAK MEGVÁLTOZTATÁVAL.

**2. Nyilatkozat az MI használatáról**

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

**3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése**

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrekció, ötletelés stb.)**

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet

	elérhetősége		bejegyzésének sorszáma

**3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)**

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

**4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:**

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helyállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: KAPOSVAR, 2025. 01 hó 03 nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása

## NYILATKOZAT

### a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: WEBER KRISZTIÁN  
A Hallgató Neptun kódja: 02WCOE  
A dolgozat címe: A MAGYAR GABONAZSZUSZOK ELLENI VÉDEKEZÉS A LEGKÖR ÖZONDUSÍTÁSI MEGVÁLLÁSÁVAL  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: MAGYAR AGRÁR ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM, KAPOSVÁR  
A konzulens tanszékének a neve: NÖVÉNYTERMESZTÉSI TUDOMÁNYOK INTÉZET AGRONÓMIAI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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


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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2025 év 11 hó 03 nap

  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.