

SZAKDOLGOZAT

Aranyos Balázs
Mezőgazdasági mérnök BSc

Kaposvár
2024



**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM AGRÁR- ÉS
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR**

Kaposvári Campus

Mezőgazdasági mérnök BSc

**Az anaerob környezet és a nyomásnak történő kitettség hatásának
elemzése a magtári gabonaszuszok mortalitására**

Konzulens: Prof. Dr. Keszthelyi Sándor

egyetemi tanár

Készítette: Aranyos Balázs

A482HS

nappali

Növénytermesztési Tudományok Intézete

Kaposvár

2024°

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	1
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	3
2.1. Terménytárolás jelentősége	3
2.2 A raktári kártevők megjelenését és elszaporodását befolyásoló tényezők	4
2.3. A terménytárolás során bekövetkezett mennyiségi és minőségi káresemények	5
2.4. Fontosabb raktári károsító fajok bemutatása	6
2.5. Magtári gabonaszuzsok jellemzése.....	9
2.5.1. Alaktani leírás.....	10
2.5.2. Elterjedés és jelentősége	10
2.5.3. Kártétel	10
2.5.4. Életmód.....	11
2.6. A tárolt termények védelme	11
2.6.1. Kártevők előrejelzése és védekezés, megelőzése	12
2.6.2. A raktári kártevők elleni védekezés módszerei.....	14
2.6.3. Környezetbarát megoldások	16
3. SAJÁT VIZSGÁLAT	19
3.1. Anyag és módszer	19
3.1.1. Kísérlet lebonyolítása	19
3.1.2. Statisztikai értékelés	20
3.2. Eredmények	22
3.3. Következtetések	26
4. ÖSSZEFOGLALÁS:.....	27
5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS:.....	30
IRODALOMJEGYZÉK.....	31
Nyilatkozatok	

1. BEVEZETÉS

A ma általunk ismert mezőgazdaság szinte elképzelhetetlen lenne a megfelelően felhasznált vegyi növényvédő szerek használata nélkül. Sokféle kémiai növényvédő szer létezik és széles körben alkalmazzák őket. Annak ellenére, hogy a növényeket a termőföldön különböző kártevők támadhatják meg növekedésük során, fontos, hogy a termés védelme és megfelelő kezelése is megtörténjen a betakarítás után. A tárolt növényi termékeket sokféle kár érheti ezért nagyon fontos védekezni a kártevőkkel szemben. A tárolt terményekben a kártevők szaporodása jelentős károkat okozhat védelem nélkül. A kártevők által okozott károk miatt csökken a termés minősége és mennyisége is, ami jelentős gazdasági kárt jelent. A jelenleg használt peszticidek hatékonysága a rovarkártevők ellen kétségtelen. Ugyanakkor a kártevők elleni hatásuk mellett figyelembe kell vennünk a környezetre gyakorolt potenciális káros következményeket is. A felhasznált vegyi anyagok által a növényeken felhalmozódó maradványok nagy mennyiségben ártalmasak lehetnek az emberi szervezetre is. Ennek következtében egyre nő az igény a fenntartható, környezetbarát alternatív megoldások kifejlesztésére, amelyek nemcsak hatékonyak, de az emberi egészségre is ártalmatlanok. Ilyenek például rovarellenségek, ragadozók és parazitoidok bevezetése a károsítók ellen, vagy nem kémiai kezelések: például füstölés, hőkezelés, ultrahangos kezelés. A magtári gabonaszuzsok (*Sitophilus granarius* L.) egy elterjedt rovarfaj, mely teljes életét többségében a tárolt terményen éli. Életmódjával kárt okoz a már betárolt terményekben ezáltal többlet gondot okozva, időbe, pénzbe és plusz energiába kerül az ellene való védekezés. A védekezés számos módszert tartalmaz, azonban jelenlegi gyakorlatunk nagyrészt vegyi anyagok használatán alapul. Viszont számos kezdeményezés van az inszekticidek használatától mentes vagy a használat utáni visszamaradó anyagok lebomlását elősegítő, ökológiailag biztonságos megoldások kifejlesztésére. A továbbiakban tárgyalt védekezési mód is egy ilyen módszer, ami az anaerob környezet és a nyomásnak való kitettséget hívja segítségül. Ez a megközelítés lehetővé teszi a kártevők elleni védekezést anélkül, hogy környezeti károkat okozna, és emellett minimalizálja a vegyi anyagok használatát. Szakdolgozatom vizsgálja az anaerob környezet és a nyomásnak való kitettséget a magtári gabonaszuzsok mortalitása szempontjából. Megismertetem a jelentősebb raktári kártevőket majd bemutatom részletesen a raktári gabonaszuzsokot, kitérek a jelenleg alkalmazott védekezési módszerekre, a már taglalt alternatív védekezésekre.

A célkitűzésünk a laboratóriumi vizsgálatokkal elsősorban a raktári kártevők elleni környezetbarát és hatékony védekezési módszerek kidolgozása volt. Fontos motiváció volt egy

olyan alternatív védekezési eljárás előkészítése, amely nem veszélyezteti a tárolt terményeket és azok későbbi felhasználását.

Annak ellenére, hogy az évek során már több eredmény is született az anaerob környezet és a nyomásnak való kitettség vizsgálatáról, gabona kártevőkre gyakorolt hatásával kapcsolatban, a magtári gabonaszuzsokra (*Sitophilus granarius*) vonatkozó lényeges információk meglehetősen hiányosak. Ennek okán elsősorban a kutatás célja az információszerzés volt, hogy miként hatnak a négy különböző vizsgált kísérleti paraméterek a búzaszemeken tárolt magtári gabonaszuzsokra (*Sitophilus granarius*), valamint, hogy lehetőség legyen értékelni az alkalmazott kezelést követő mortalitást.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Terménytárolás jelentősége

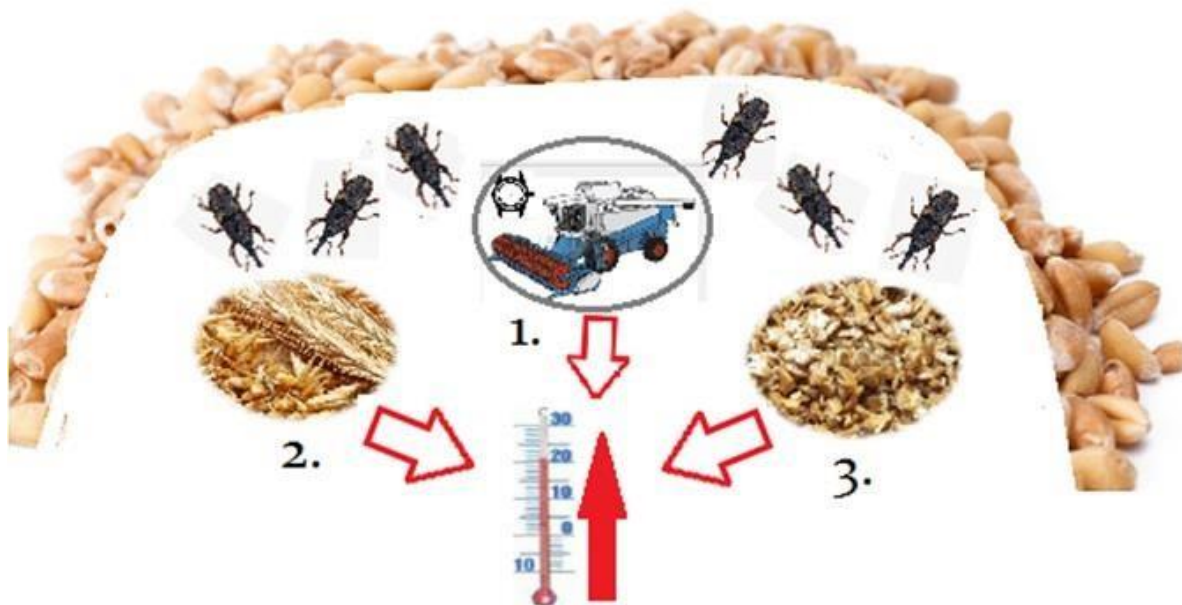
A gabonák az emberiség fő táplálékforrásai, gazdagok vitaminokban, ásványi anyagokban, olajokban szénhidrátokban, zsírokban és fehérjékben. Kiemelten fontos, hogy hatékony tárolási gyakorlatok kidolgozásával megőrizzük a gabonaszemek minőségét, és minimalizáljuk a raktározott árukban keletkezett mennyiségi veszteségeket. (Schöller és mtsai., 1997). A globális élelmiszerválság megoldására, illetve az élelmiszerbiztonság javítására két fő megoldási javaslat érkezett. Ami egyértelmű az embereknek az az élelmiszertermelés növelése, míg a másik lehetőség az élelmiszerveszteségek megelőzése az ellátási, raktározási szállítmányozási és feldolgozási lánc során. A tárolás és az azt követő ellátási folyamatok során bekövetkezett élelmiszer veszteségek elérhetik a 20-40%-ot is, tudományos körökben már tisztában vannak azzal, hogy a tárolás és folyamatainak szakszerű kivitelezése nagyobb eredményeket érne el rövid távon, mint a termelés növelése. Ezért is beszélünk arról, hogy a globális élelmiszerválság egyik legjelentősebb okozója a tárolás során bekövetkezett terményveszteség, melyet elsősorban a raktári kártevők okoznak. A rovarok okozta károk a tárolt terménytételekben eléri az 5-10%-ot a fejlett országokban, míg a fejlődő országokban, modern tárolás technológiák hiánya következtében a veszteségek akár 20-40% is lehet (Shengjie és mtsai 2022). A betakarított termények tárolása jelentős hatással van azok későbbi felhasználására és forgalmazására. A betakarított termények tárolását elvégezhetik a gazdálkodók, kereskedők, valamint kereskedelmi és kormányzati szervezetek is. (Mushira 2000). Függetlenül a tárolás helyétől, mind a termelőkre, mind a kereskedő cégekre is egyaránt érvényes szabály, hogy a terményt lehetőség szerint olyan időpontban értékesítsék a piacon, amikor a kereslet és a kínálat alakulása a piaci értékesítés szempontjából a legkedvezőbb. Ezen piaci igényekhez való igazodás teszi szükségessé a betakarított termények hosszabb-rövidebb ideig tartó raktározását. A tárolási folyamat eredményességét meghatározza a tárolásra való felkészülés. Fontos meghatározni a tárolási kapacitást és a betárolandó termény érzékenységét a kártevőkkel szemben. A tartós terménytárolás alapja, hogy a betárolni kívánt termény megfelelő tisztasággal és nedvességtartalommal rendelkezzen. A nem megfelelően tisztított terményben lévő idegen anyagok jellemzően eltérő nedvesség tartalmúak is, ami káros mikrobiológiai folyamatokat indíthat be. Ezek a folyamatok jelentős melegedést okozhatnak a tárolt terményben, ami elősegítheti a kártevők megjelenését. (Mészáros 2007).

2.2 A raktári kártevők megjelenését és elszaporodását befolyásoló tényezők

A terménytároló helyiségekben előforduló károk mértéke függ a populáció növekedési sebességétől. A rovarok viselkedését a gabonátárolás során számos környezeti tényező befolyásolja, mint például a hőmérséklet, a relatív páratartalom, a táplálék elérhetősége, a termény nedvességtartalma, valamint mérete és fajtája. További tényezők, amelyek befolyásolhatják a viselkedést, a terménytároló épület kialakítása, más rovarfajok jelenléte, más ragadozók, parazitoidok, gerincesek és betegségeket okozó mikroorganizmusok megjelenése (Collins 2002).

A rovarok termelnek olyan anyagokat, mint például a szexuális feromonok és a táplálékkal kapcsolatos vegyi anyagok, ideértve a gombák illóanyagait is. Emellett a rovarok viselkedését befolyásolhatják olyan vegyi anyagok is, amelyeket az ellenük történő védekezés során alkalmaznak. (Collins 2002).

Az optimális hőmérséklettartományban (például a magtári gabonaszuzsok esetében 19-28 °C) a rovarok a legaktívabbak, ilyenkor gyorsul fel szaporodásuk és táplálkozásuk, ezáltal növelve kártételüket. Az optimális hőmérséklettől való eltérés mind pozitív, mind negatív hatással lehet az említett aktivitásokra. Bár az adott rovar még megmaradhat életképesnek, károsítása kevésbé jelentős lehet. Ha jelentős eltérés van az optimális hőmérséklettől, a rovarok vagy elpusztulhatnak, vagy nyugalmi állapotba kerülhetnek. A kártevők megjelenését befolyásolja a tápnövény jelenléte vagy hiánya, a természetes ellenségek jelenléte vagy hiánya, a levegő vegyi összetétele, a termény nedvességtartalma, a közeg páratartalma és hőmérséklete. A nem megfelelő nedvességtartalmú, vagy éppen túlzottan nedves termény ideális környezetet teremthet a kártevők elszaporodásához. A mikrobiális folyamatok által előidézett terményfelmelegedés is kedvező körülmény lehet számukra, ahogy az 1. ábra is mutatja. A sérült szemek és az el nem távolított szemét maradványok körül felgyülemlett nedvesség később hőmérsékletnövekedést okozhat, ami további ideális környezetet biztosít a kártevőknek. A terménytárolókban nagyobb levegőtérfogatokban nagyobb mértékű lehet a külső környezeti tényezők (hőmérséklet, páratartalom) ingadozása. Ennek következtében a kártevők megjelenése mélyebb terményrétegekben is nőhet (Keszthelyi 2016).



1. ábra A betárolt terménytételek nedvességtartalmát befolyásoló tényezők
(Forrás: Kártevők elleni védekezés lehetőségei; Keszthelyi Sándor (2017))

2.3. A terménytárolás során bekövetkezett mennyiségi és minőségi káresemények

Az élelmiszer gabonák számos feldolgozási lépésen mennek keresztül, mint például a betakarítás, szárítás, szállítás és tárolás, mielőtt a fogyasztóhoz kerülnének. Ezekben a folyamatokban jelentős veszteségek keletkezhetnek a termény tételekben. A feldolgozás során bekövetkező jelentős termésveszteségek legfőképpen a mezőgazdasági üzemek hiányos tárolási infrastruktúrájának tudhatók be. A tárolt termékek kártevői komoly károkat okozhatnak mind a termés mennyiségében, mind minőségében. (Schöller és mtsai., 1997).

A rovarok nemcsak az élelmiszerfogyasztásból, hanem a terjedésből is gazdasági veszteségeket és szennyeződéseket okozhatnak. Körülbelül 600 rovarfaj fordul elő a tárolt gabonafélékben, közülük mintegy 100 faj okoz gazdasági károkat. (Banga és mtsai., 2018).

A különböző károsítók, mint például rovarok, rágcsálók, atkák vagy mikroorganizmusok által okozott káresemények gyakran vezetnek mennyiségi veszteségekhez. A fertőzések következtében a vetőmag csírázóképesége romolhat, emellett a termény nedvességtartalma és szabad zsírsavszintje fokozatosan növekedhet. Ugyanakkor a pH- és fehérjetartalom csökkenése teljes minőségromláshoz vezethet. Ezek a minőségi veszteségek jelentősen befolyásolják az élelmiszertermékek gazdasági értékét és értékesítését a piacon. A betárolt terményeknél a károsítás mértéke a károsító fajtától és a tárolási körülményektől függ. Gyakran előfordul, hogy a minőségi veszteségek nagyobb problémát jelentenek, mint a

mennyiségi veszteségek. A termés minőségének romlása során előfordulhat, hogy még a megmaradt részek sem használhatók fel, mivel egészségügyi kockázatot jelenthetnek. Fontos hangsúlyozni, hogy megfelelő, gondos tárolással mind a mennyiségi, mind a minőségi veszteségek elkerülhetőek lehetnek. A károsítás korai felismerése segíthet a védekezés sikerében. (Jávor 1969)

A szaprotróf gombák megtelepedése további minőségi problémákat okozhat. A károsítók tevékenysége során a termés hőmérséklete emelkedhet, ami kedvező feltételeket teremt a mikrogombák elszaporodásához. Ezek a kórokozók megváltoztathatják a termés színét, illatát, valamint csökkenthetik annak tápanyagértékét. Fontos megjegyezni, hogy számos mikotoxint termelő faj megtalálható ezek között a gombák között. Ezeknek a fogyasztása súlyos problémákat okozhat mind az emberi, mind az állati szervezetben. (Keszthelyi 2020)

2.4. Fontosabb raktári károsító fajok bemutatása:

A raktári kártevők többsége a bogarak és a lepkék rendjébe tartozik, azonban más károsító fajok is megtalálhatóak, például a fonálférgek vagy a magasabb rendszertani kategóriákhoz tartozó rágcsálók közül, mint a klasszikus házi egér (*Mus musculus domesticus*), vagy a gyakori kártételű mezei pocok (*Microtus arvalis*), különösen ősszel. A legnagyobb problémát a rágcsálók közül általában a vándorpatkány (*Rattus norvegicus*) megjelenése okozza.

A tárolt terménytételekben olyan kártevőfajok is előfordulnak, amelyek először a szántóföldön károsítanak, majd növekedésük kezdetén a szántóföldeken fejlődnek, de a fejlődési szakaszuk végét a tárolt termények között vészlik át, és esetenként itt telelnek át. Erre példa lehet a borsózsuzsok (*Bruchus pisorium*). Az ellenük való védekezést már a szabadföldön célszerű elvégezni (Jávor 1969).

Fontosabb kártevők:

Lisztmoly (*Ephestia kuehniella*)

Az említett kártevő a lisztmoly, az egyik legfontosabb tárolt termék kártevő, amely komoly gazdasági veszteségeket okozhat. Szinte az egész világon elterjedt és gyakori kártevője a raktáraknak, malomoknak és háztartásoknak. Őshazája Közép-Amerika, de már szinte mindenütt megtalálható. Hazánkban általában 2-3 nemzedéke fejlődik évente. A lisztmoly által szennyezett termények emberi- és állati fogyasztásra alkalmatlanok. A hernyók pókháló szerű szövedéket készítenek, ami jellemző az általuk okozott károknál (Bognár 1974).

Közönséges tolvajbogár (*Ptinus fur*)

Ez a faj világszerte elterjedt. Hazánkban raktárakban és háztartásokban gyakran másodlagos

kártevőként jelenik meg. A betárolt terményekben mind minőségi, mind mennyiségi szempontból jelentős károkat okozhat. Az optimális hőmérsékleti igénye 23-25 °C, de alacsonyabb hőmérsékletet is jól tűri. A relatív páratartalom igénye körülbelül 50% (Keszthelyi 2021).

Mezei gabonamoly (*Sitotroga cerealella*)

A mezei gabonamoly egy tipikus kozmopolita faj, amely a világ számos pontján, mind a meleg, mind a mérsékelt égövön előfordul. Hazánkban is gyakran károsítja a raktárakat. Bár képes a későn betakarított, lábon álló kukoricát is károsítani, elsősorban raktári kártevőként ismert. A lárva a gabonaszemek belső részével táplálkozik, és súlyos kárt okozhat a vetőmag-előállításban, mivel sérti a mag csíráját. Melegigényes faj, így elsősorban hazánk déli részein, a melegebb raktárakban és évszakokban lehet számítani a tömeges elszaporodására. Az optimális hőmérsékleti igénye 26-30 °C, míg a relatív páratartalom igénye alacsonyabb, körülbelül 30% (Howe 1965, Bognár 1974, Mészáros 2007).

Kis kenyérbogár (*Stegobium paniceum*)

A kis kenyérbogár egy olyan faj, amely elterjedt mind a meleg, mind a mérsékelt égövön. A kifejlett egyedek ovális alakúak, 2-4 mm hosszúak, és vörösbarna színűek. A lárva jelentős kárt okozhat, mivel erős rágószerveikkel könnyen bejuthatnak a már becsomagolt termények közé is (Bognár 1974). Tömeges elszaporodásra általában hosszabb ideig tárolt anyagokban lehet számítani. Az optimális hőmérsékleti igényük 25-28 °C, míg a relatív páratartalom igényük körülbelül 60% (Howe 1965). Ha hosszabb ideig nem jutnak táplálékhoz, eltűnhetnek, de kártevő jelenlétére utaló jelek esetén ajánlott kitakarítani a terménytárolót. Hőkezeléssel próbálkozhatunk ellenük, azonban még a kisebb terménytételekben sem biztos a 100%-os eltávolításuk (Bognár 1974, Mészáros 2007).

Rizs zsuzsok (*Sitophilus oryzae*)

A rizs zsuzsok Indiából származó, napjainkban világszerte elterjedt, kozmopolita kártevő. Hazánkban behurcolt kártevőként rendkívül gyakori a raktárainkban. Az imágók mérete 2-4 mm, sötétbarna vagy vöröses színűek, vörössárga foltokkal. A lárva fehér, lábatlan, és a magokon belül fejlődik, ezért korai felismerése a terménytételekben nehézkes lehet. A rizs zsuzsok kártétele hasonló a magtári gabonazsuzsokéhoz, azonban némileg szélesebb tápnövénykörrel rendelkezik. A megtámadott termények alján felgyülemelő lisztszerű maradványok jelzik megjelenését. Hőmérséklet igénye nagyobb, mint a magtári gabonazsuzsoké, és érzékenyebb az alacsonyabb hőmérsékletekre. Szárazabb körülményeket is előnyben részesít. Az optimális hőmérsékleti igénye 27-31 °C, míg a relatív páratartalom

igénye körülbelül 60% (Howe 1965, Bognár 1974, Mészáros 2007).

Aszalványmoly (*Plodia interpunctella*)

Az aszalványmoly az egész világon elterjedt, és az egyik leggyakrabban károsító molylepke fajnak számít. Meleg, párás tárolókban gyorsan elszaporodhat. Az imágók hossza általában 6-7 mm. Az első szárnyak kétszínűek lehetnek, a krémszíntől sárgáig terjedően az alapon, míg a külső részük rézvöröstől sötétszürkéig változhat. Az aszalványmoly fő kártételét a hernyók okozzák, amelyek jellegzetes szövedékeket készítenek. Ezek a hernyók a megtámadott terményeket megrágva és szennyezve károsítják mind minőségben, mind mennyiségben. Az optimális hőmérsékleti igénye 28-32 °C, míg a relatív páratartalom igénye körülbelül 40% (Howe 1965, Mészáros 2007).

Fogasnyakú gabonabogár (*Oryzaephilus surinamensis*)

A fogasnyakú gabonabogár egy 2-3 mm nagyságú, karcsú, hosszúkás rovar, jellegzetes nyakpajzsával könnyen felismerhető. Világszerte előforduló kártevőként ismert, és számos ponton megtalálható. Előszeretettel károsítja a szárított növényi anyagokat, valamint a diót és a mogyorót is. Mind a lárva, mind az imágó okoz károkat. Általában gabonafélékben másodlagos károsítónak jelenik meg, mivel nem képes felsérteni az ép szemeket. Évente több nemzedéke is lehet, és a teljes kifejlődéshez a hőmérséklettől, a páratartalomtól és a növénytől függően 3-4 vagy akár 10 hét is szükséges lehet. Ha megfelelőek a körülmények, az imágók akár 2-3 évig is élhetnek. A felnőtt kártevő képes áttelelni mind a raktárakban, mind a szabadban. Az optimális hőmérsékleti igénye 31-34 °C, míg a minimum relatív páratartalom igénye legalább 10% (Howe 1965; Bognár 1974; Mészáros 2007).

Dohánybogár (*Lasioderma serricorne*)

A dohánybogár egy világszerte elterjedt kártevő, ami eredetileg az amerikai kontinensről származik. Elsősorban passzív úton, például importált dohányárú és fűszernövények révén kerülhet a raktárakba. Az imágók mérete általában 2-3 mm, vörösesbarnák és ovális alakúak. A lárvák fehér színűek. A dohánybogár kártétele elsősorban a lárva által történik. A fürge mozgású lárvák járatokat rágva károsítják a terménýtételeket. Mivel alapvetően fénykerülő faj, inkább a fénytől elzárt raktárakban várható megjelenése és kártétele. Hazánkban általában 2-3 nemzedéke fejlődik, és ha megfelelőek a környezeti feltételek (hőmérséklet, páratartalom), tömeges elszaporodásra számíthatunk. Melegigényes kártevő, az optimális hőmérsékleti igénye 32-35 °C, míg a relatív páratartalom igénye legalább 30% (Keszthelyi 2021; Howe 1965).

Kis lisztbogár (*Tribolium confusum*)

A kis lisztbogár nem táplálkozik sértetlen gabonaszemekkel, csak a már sérült szemeket

támadja. Mint másodlagos kártevő, a raktárakban valószínűleg vele számolhatunk. A lárvák érzékenyek a hidegre, és a magasabb páratartalom kedvezően hat a tömeges elszaporodásukra. A minimális relatív páratartalom igénye mindössze 1%, míg az optimális hőmérsékletük 30-33 °C (Mészáros 2007, Keszthelyi 2021).

Kukorica-lisztbogár (*Tribolium castaneum*)

A kukorica-lisztbogár másodlagos gabonakártevő, főként tárolt gabonafélékkel, tört szemekkel és gabonatermékekkel táplálkozik. Elsősorban a melegebb klímájú területeken található meg, és a raktári kártevők közül kiemelkedő fontosságú. Károsítása miatt a terménytételek minősége és felhasználhatósága jelentősen romlik. Az optimális hőmérsékleti igénye 32-35 °C, míg a minimum relatív páratartalom igénye mindössze 1%. Egy nőstény körülbelül 300-400 tojást rak, és az imágók fejlődése a tojástól a kifejlődésig 15-20 napig tart optimális körülmények között. A kukorica-lisztbogár repülni kezd, amikor a környezeti hőmérséklet eléri a 25 °C-ot, ami a gyors fertőzés terjedést eredményezhet.

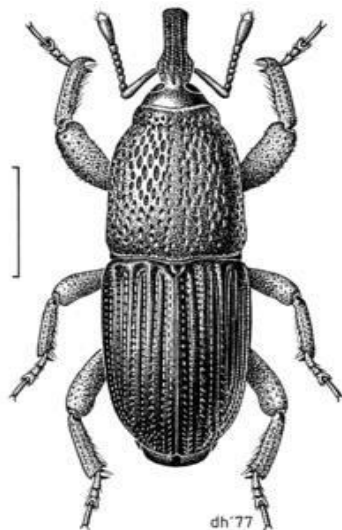
Mivel a rovarok táplálkozásával a gabonacsíra is sérül, a károsításuk következtében a gabonátételek gyorsan csírázási veszteséget szenvednek. (Sinha és Watters 1985)

Indiai kaprabogár (*Trogoderma granarium*)

Az indiai kaprabogár eredetileg India őshonos faja. Az ember közvetítésével terjedt el világszerte, különösen a melegebb, szárazabb klímájú területeken. Magyarországon nem szaporodik el fűtetlen épületekben, de raktárakban előfordulhat. Bár nem elsődleges károsító, komoly károkat okozhat, főleg gabonaféléket támadva. Az idősebb lárvák ép szemeket is károsíthatnak, míg a fiatalabbak csak sérült terményeket támadnak. Az imágók életciklusa rövid, körülbelül egy hónapig élnek. Mivel melegigényes faj, optimális hőmérséklete 33-37 °C, és minimális relatív páratartalom igénye 1% (Keszthelyi 2021).

2.5. Magtári gabonaszuzsok jellemzése

A magtári gabonaszuzsok egy világszerte elterjedt kozmopolita kártevő. Károsítása jelentős veszteségeket okozhat a tárolt szemekben, ami jelentősen csökkentheti a termény mennyiséget. A sérült szemek tápértéke csökken, emellett alacsony csírázási arányt mutatnak, kevesebb súllyal rendelkeznek, ami csökkenti a piaci értéküket. Ezáltal a magtári gabonaszuzsok által okozott károk komoly gazdasági problémát jelentenek a mezőgazdasági termelők számára (Bognár 1974).



**2. Ábra. (Coleoptera: Curculionidae) *Sitophilus granarius* illustrated by Des Helmore.
(Forrás: Des Helmore / Manaaki Whenua – Landcare Research, 1997)**

2.5.1. Alaktani leírás

A kifejlett állapotban 3,0-5,0 mm hosszú, megnyúlt, hengeres testű, fényes vörösbarna vagy fekete színű ormányos bogár ahogy ezt a 2. ábra is mutatja. Előhátja és szárnyfedői egyszínűek. Lábai és a csápok vörösbarnák. A szárnyak csökevényesek, így repülni nem képes. A lerakott tojások 0,7-0,8 mm hosszúak, fehérek és átlátszóak. A lárva 4-5 mm hosszú, zömök, fehér színű, barna fejjel és láb nélkül. A lárva a magban található. A bábszakasz 3-4 mm hosszú, fehér színű, később barna színű szabad bábként alakul ki. Legfőképpen a károsított magokban fordul elő (Bognár 1974; Rees 2007).

2.5.2. Elterjedés és jelentősége

Az egész világon elterjedt faj, tipikus raktári kártevő. Hazánkban is régóta jelen van, főként a rozsban, az őszi búzában, kukoricában, valamint a tritikáléban okoz jelentős károkat. Károsítása következtében a mag jelentős mértékben veszít a súlyából, akár 20%-ot is, és csökkentheti a vetőmag csírázási képességét. A magtári gabonaszubsok elszaporodása során a gabonaszemek könnyen fertőződhetnek penészgombákkal. A befülledt gabona felmelegszik, csomósodik és dohos lesz, ami mind emberi, mind állati fogyasztásra alkalmatlanná teszi. Az elsődleges kártétel, számtalan másodlagos károsító nagy számú elszaporodását is előidézhetheti (Bognár 1974; Rees 2007).

2.5.3. Kártétel

Mind az imágó, mind a lárva képes károsítani a gabonát, de az elsődleges problémát a lárva okozza. Kifejlett állapotban az imágó kívülről szabálytalan lyukakat rág a gabonaszemekben. A gabonafélék tárolása közben fellépő veszteség egyes országokban akár a teljes termés 50%-át

is elérheti, ami világszerte évente több milliárd eurós veszteségnek felel meg (Bognár 1974; Rees 2007).

2.5.4. Életmód

Évente három-négy nemzedéke fejlődik ki. Az imágók a raktárakban telelnek, főként a padlóban és a falak repedéseiben. Tavasszal, amikor az átlaghőmérséklet már eléri a 10-12 °C-ot, jelennek meg. A nőtények tojásokat raknak, amelynek lerakásának optimális hőmérséklete 15-16 °C. Ormányukkal lyukakat fúrnak a magvakba, ahová a tojásokat helyezik el, majd a nyílást váladékkal tömik be, így védve a tojásokat. Egy nőtény élete során akár 60-80 tojást is lerakhat. A lárvák kikelése a hőmérséklettől és a levegő páratartalmától függ. A lárvák a gabona mag lisztes részét fogyasztja, üreget rágva benne. Teljes fejlődéséhez 4-6 hét szükséges. A gabona magban a lárvák szabad bábbá fejlődik, majd egy hét múlva eléri a teljes fejlettségi állapotot. Az imágók lyukakat rágva a maghéjon keresztül távoznak. Egy generáció teljes kifejlődése 6-10 hét alatt történik meg. A párásabb, melegebb környezet kedvez az elszaporodásnak és tömeges terjedésnek. A nem megfelelően tárolt, alacsony nedvességtartalmú gabona (<14% szemnedvesség) és a túl hosszán tárolt gabona szintén kedvez a kártevő jelentős mértékű elterjedésének (Bognár 1974; Rees 2007).

2.6. A tárolt termények védelme

Az élelmiszerek tárolása során és feldolgozása közben az élelmiszer típusától, állapotától, valamint a tárolók földrajzi elhelyezkedésétől függően számos kártevővel találkozhatunk. A rovarok jelenléte évezredek óta problémát jelent az élelmiszerek tárolása során. A régészeti lelőhelyek és írásos feljegyzések a gabonafélék tárolására és fertőzöttségére vonatkozó bizonyítékok egészen Kr. e. 3000-ig nyúlnak vissza. A tárolt terményeket meg kell védeni a rovarok támadásaitól, különösen a hosszú távú betárolás során, mivel azok nagy mennyiségű terményt is elpusztíthatnak. A fejlett országokban már néhány rovar jelenléte is komoly problémát okozhat a gabonák piaci értékesítése szempontjából, még akkor is, ha az adott egyed sűrűség jóval kevesebb, mint 1 egyed/kg a gabonában (Pinniger és mtsai 1990).

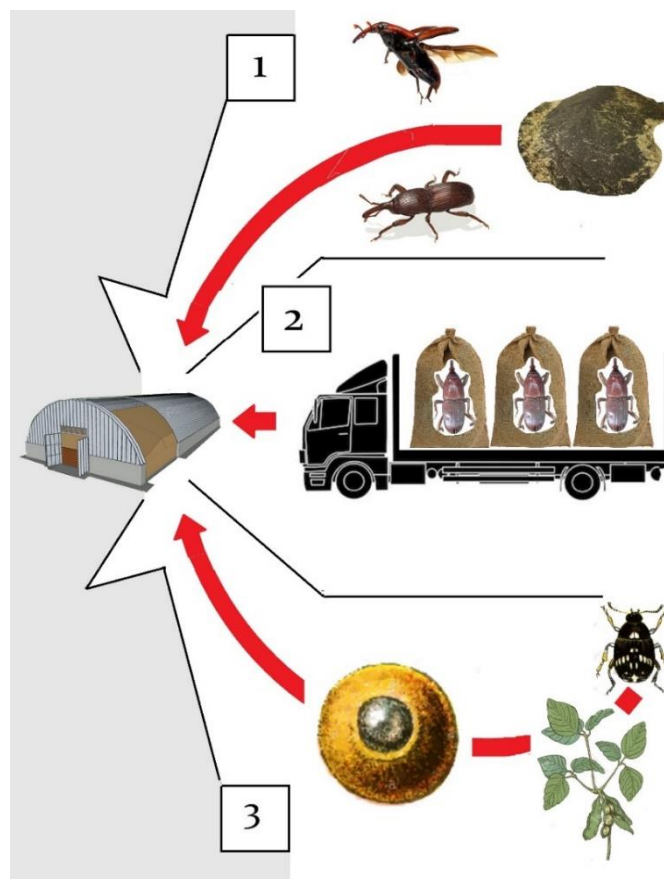
A tárolt élelmiszerek kártevők elleni védekezés korai kísérletei olyan módszerekre támaszkodtak, mint egyes növényi anyagok füstölő hatása, illetve száraz talaj és fahamu keveréke a gabonával, ami a rovarok kiszáradásához vezetett. A keverés és gázosítás használata a tárolás kártevői elleni védekezésre valamely formában a mai napig alkalmazott módszer. Azonban mivel a modern, széles spektrumú növényvédő szerek és gázosítók mellékhatásaival kapcsolatos ismereteink bővültek, a tudósok a kártevők elleni védekezés új megközelítéseit kezdték el vizsgálni (Levinson és Levinson 1989).

2.6.1. Kártevők előrejelzése és védekezés, megelőzése

A kártevőknek többféle lehetőségük van bejutni a raktározott termények közé. A fertőzés módja lehet aktív, passzív fertőzés, illetve a tápnövény által közvetített módon is bejuthatnak a károsítók ahogy ezt a 3. ábrán is megfigyelhetjük. Aktív módon történő bekerülésnél a kártevők berepülnek vagy „besétálnak” a raktárakba. A kártevő bejutását megkönnyítik a nem megfelelően feltakarított, elszórt termények, ahol könnyen táplálékhoz és menedékhez juthatnak. A tárolt termények megfelelő védelmét tovább nehezítheti a nem megfelelően zárt tárolók alkalmazása, mivel a réseken, repedéseken a kártevők könnyedén bejuthatnak. Passzív módon történő bejutás esetén a tárolóban maradt, már fertőzött tételek eltávolításának hiánya következtében fordulhat elő fertőzés. A kártevők könnyen megbújhatnak a padozat repedéseiben. Ismert az úgynevezett termény által közvetített bejutási lehetőség, amely során a szántóföldről behozott, fertőzött termények kerülnek a tárolókba. Ezen okból e kártevők elleni védekezést már a szántóföldön szükséges elvégezni (Keszthelyi 2021).

A rovarfertőzés ellenőrzési, megfigyelési módszerei eltérőek, és nagy mértékben függenek az adott kártevő fajtától, a tárolt terménytől és a tárolás módjától. Ömlesztett áruk betárolása esetén például az egyik legegyszerűbb módszer a termék felületén és annak környékén megjelenő rovarok, valamint a jelenlétükre utaló jelek - szöveti maradványok, szag, por - megfigyelése, míg egy másik módszer a mintavételen alapszik, szondás mintavételt alkalmazva. Az évek során számos módszert és megoldást fejlesztettek ki a tárolt termékek kártevőinek viselkedésével, valamint kártételeikkel kapcsolatos eredmények kimutatására. A megfigyelési módszerek beépítése a meglévő tárolt termékek kártevőirtási programjaihoz, alacsony szintű fertőzések korábbi felismeréséhez és a fertőzések helyének pontos meghatározásához nyújtanak segítséget. A megfigyelt információk felhasználhatóak akár a peszticid használat csökkentésének indoklásaként. A vizsgálatok annak mutatójaként is szolgálhatnak, hogy az Integrált Növényvédelmi Program (IPM) elemei mennyire működnek hatékonyan a termények védelme során (Campbell és mtsai 2002).

Számos feromoncsapdát fejlesztettek ki a tárolt termékeket károsító rovarok ellen. A rövid életsiklusú kifejlett egyedek számára kifejlesztett csapdák hatékonynak bizonyultak. A hosszú életsiklusú, kifejlett imágók és néhány lárvával szemben a táplálékcsalogató csapdák is hatékonyak lehetnek. Ebben az esetben elsősorban zabolaj- és búzacsíraolaj kivonatból készült csalogatóanyagokat helyeznek el a raktárakban (Burkholder és Ma 1985).



3.ábra: A raktári kártevők bejutásának lehetőségei a terményraktárakba
(Forrás: Tárolt termény- élelmiszer- és termékkártevők; Keszthelyi Sándor (2021))

A tárolt gabonafélékben jelen lévő kártevők korai felismerése alapvető fontosságú a sikeres védekezés szempontjából, mivel ez jelzi, mikor van szükség a védekezési intézkedésekre, valamint, hogy azok milyen eredménnyel szolgáltak. Továbbá lehetővé teszi olyan védekezési stratégiák kidolgozását, melyek csökkenthetik a reziduális növényvédő szerek kijuttatásának szükségességét (Wakefield és Cogan 1999).

A betárolt termények minőségének megőrzése érdekében a termelőket arra ösztönzik, hogy rendszeresen vegyenek mintát az ömlesztett gabonatermékek felületéről. Ez segít ellenőrizni a rovarfertőzöttség mértékét, az emelkedő nedvességtartalmat és az ezzel összefüggő penészkárokat is. A nedvesség nem megfelelő szintjének számos oka lehet, például a szellőztetés hiánya vagy a nem megfelelő tárolók alkalmazása. A hővisszaverő hatású, fehérre festett tárolók például nagy mértékben csökkenthetik a napfény által okozta felmelegedést és fokozzák a passzív hűtést. A festett tárolókban akár 5 °C-kal is alacsonyabb hőmérsékletkülönbség érhető el a tárolt gabona tömeg széleinél, a falak közelében. A szemhőmérséklet ingadozásának csökkentése a tárolt gabonaszemek széleinél csökkenti a nappali és az éjszakai hőmérséklet különbség által okozott páralecsapódást, így a szemek nedvesedését is (Shadia 2011).

2.6.2. A raktári kártevők elleni védekezés módszerei

A fertőtlenítés nagy szerepet játszik a rovarkártevők elleni védekezésben a tárolt terményeknél. Jelenleg a foszfid (fémfoszfiddal, hengeres készítményekkel és helyszíni generátorokkal) és a metil-bromid (hengerekben és fémdobozokban kapható) a két általánosan használt füstölőszer a tárolt termékek védelmére világszerte. A rovarok foszfiddal szembeni rezisztenciája ma már globális probléma és egyes országokban jelentettek kudarcot a védekezés során a helyszíni tapasztalatok alapján (Taylor 1989).

A metil-bromid egy széles spektrumú füstölőszer, amit ózonréteget lebontó anyagnak nyilvánították, ezért teljesen kivonják a forgalomból. Tekintettel a jelenlegi füstölőszerrel kapcsolatos problémákra, globális érdeklődés mutatkozik az alternatív stratégiák iránt, beleértve a kémiai helyettesítők kifejlesztését, az ellenőrzött légkör kiaknázását és a fizikai módszerek integrálását (MBTOC 2002).

A tárolt termények kártevőivel szemben alkalmazott leggyakoribb eljárás a gázosítás. Ez a módszer már több évtizede bevált kártevőirtási megoldás a tárolt termények védelmében. Kizárólag egészségügyi gázmesteri szakképesítéssel rendelkező szakember végezheti. A gáz, amelyet gázosítandó vegyszerként használnak, kis szemcseméretű és folyékony halmazállapotú. A zárt légtérben terjed, kitölti a teret, és elpusztítja a célorganizmusokat, valamint azok minden fejlődési alakját. A gyakorlatban alapvetően négy vegyületet alkalmaznak gázosítószerként: a foszfor-hidrogént, a metil-bromidot, az etilén-oxidot és a cián-hidrogént. Hazánkban a terménygázosítás szinte kizárólag foszfor-hidrogén (PH₃) gázzal történik. A gáz fejlesztéséhez az alumínium vagy a magnézium foszfidjait alkalmazzák, melyekből a levegő nedvességének hatására foszfor-hidrogén képződik. A foszfor-hidrogén egy alacsony molekulatömegű, alacsony forráspontú vegyület, amely gyorsan elterjed. A gáz a fémfoszfidekből fejlődik ki, amelyek gázképződést szabályozó anyagokat is tartalmaznak. Az alumínium-foszfid formulációja lehet tabletta, pellet és tasak formájában, míg a magnézium-foszfid csak tabletta és pellet formájában készül. A műanyag tasak szabályozza a nedvesség bejutását, így befolyásolja a gázképződést is. Miután a foszfát kijutott, a maradványok főként alumínium és magnézium-hidroxidot tartalmaznak. A magnézium-foszfiddal kapcsolatban minimum 48 órás, míg az alumínium-foszfiddal kapcsolatban minimum 72 órás behatási idővel kell számolni, amely nagymértékben függ a tárolt termények, termékek és élelmiszerkártevők környezeti hőmérsékletétől. A hőmérséklet csökkenésével a behatási időt növelni kell. Alkalmazásuk 5°C alatt egyáltalán nem ajánlott. Fontos tudni, hogy ezek a vegyületek erősen mérgezőek, és belélegezve súlyos, akár halálos

kimenetelű mérgezést okozhatnak. Bizonyos koncentrációkban vagy nagy mennyiségű víz hatására gázfejlődés során akár robbanásveszélyes elegyet is képezhetnek. A gáz először lefelé terjed a térben, majd minden irányba, jellemzően naponta körülbelül egy métert halad a gabonában. Nedves, összetömörödött gócpontokba és poros, tömött területekre tud bejutni, de csak kis töménységben. Az ember és környezete biztonságának érdekében alapvető előírás, hogy a gázosító szer biológiai hatásának időtartama után a gáztér teljes eltávolítása (szellőztetéssel) résmentesen megvalósuljon. Ezzel elkerülhető, hogy bármilyen körülmények között veszélybe kerüljön az ember vagy a környezet. A technológia számos előnyét kiemelve, például a széles hatásspektrumot, a kezelt terményre közömbös hatást és a rejtett kártevők elleni hatékony védelmet, fontos megemlíteni néhány hátrányát is, mint például a rövid hatástartam, a munkaigényes alkalmazás és a gáz eltávolításának nehézsége a légtérből. A fóliatakarásos gázosítás lehetővé teszi a termények helyszíni, akár szabadföldi gázosítását. Ez a módszer egyszerű és gyorsan kivitelezhető mind zárt, mind szabad területen, például épületben, vagonban, konténerben, járművön vagy síktárolóban elhelyezett ömlesztett vagy zsákos termény esetén, amelynek fóliaborítása alatt a kártevőktől mentesítés érhető el. A lyukgázosítás hatékony módszer a rágcsálók ellen, különösen nagy kiterjedésű szabad területeken, istállók környékén, trágyadombokon, szeméttelpeken és vízpartokon. Ennek során fontos előzetesen felderíteni és eltömíteni a rágcsálók által használt összes felszínre vezető nyílást, majd a gázbeeresztés után a gázosított lyukakat is eltömíteni. A magnézium-foszfiddal és alumínium-foszfiddal történő járatgázosítás során a talajnedvesség hatására foszfor-hidrogén gáz képződik. A buborék vagy sátorgázosítás során a kisméretű tárgyakat légmentesen zárható sátorterbe helyezve fertőtlenítik és gázosítják. Általában 30 m³ légtérű felfújható sátorokat alkalmazunk. Kevés anyagmennyiség kezelésekor különösen gazdaságosnak bizonyulnak. A silógázosítás során a gáz egyik légtérből a másikba légáramlással kerül át. A silócella belsejében a gázosító szer eloszlása és a gázfejlődés egyenletessége már nem befolyásolható. Ezen hiányosság kiküszöbölésére kifejlesztették a J-System nevű gázosítási eljárást, amely nagymértékben növeli a gázosítás hatékonyságát. A J-System technológiát már több mint 30 országban alkalmazzák. A hagyományos módszerekkel ellentétben a silóban tárolt gabonát nem kell átforgatni a gázosítás idején, mivel a kifejlődött foszfor-hidrogén gázt egy robbanásbiztos motoros ventilátor cirkulálja a gabonaterben. Ez az eljárás biztosítja a foszfor-hidrogén egyenletes elterjedését, ami jelentősen növeli a hatékonyságot. Malmok és üres terek esetén a kártevők elleni védekezés legfontosabb eszköze a prevenció fenntartása. Ezért elengedhetetlen az üres raktárak, silók alapos kitakarítása és vegyszeres kártevő mentesítése a termény betárolása előtt. A beavatkozás előtt

teljes kiürítésről kell gondoskodni, valamint az épület teljes szigeteléséről és későbbi szellőztethetőségéről a megfelelő hatásfok elérése érdekében. A raktárak inszekticid kezelése során nagynyomású permetezővel juttatjuk ki a rovarölő szert, mivel ez biztosítja a megfelelő hatékonyságot a kártevők ellen. A kezelést hideg- és melegköd-képző gépekkel végezzük. A melegköd-képzés során a melegköd-képző szer 500-600°C-ra felhevített gázolajban kerül kiporlasztásra. Ennek legnagyobb előnye a gyors rovarölő hatás. A hidegköd-képzés során normál hőmérsékletű folyadék porlasztásával képződik a köd. A keverékből a diszperziós közeg, a víz még a permet-sugárban elpárolog, míg a hatóanyag finom köd formájában leülepszik (Keszthelyi 2021).

2.6.3. Környezetbarát megoldások

Gázosító-/füstölőszerek, melyek növényi forrásból készített fertőtlenítők, remek alternatívát nyújtanak. Több mint 75 különböző növényfajból kinyerhető kivonatok és összetevők. Ezeket a kivonatok rizómákból, hagymákból, levelekből, gyümölcsökből, gyümölcsök héjából, magvaiból, szárított gyümölcsökből, vagy akár egyszerre több részéből is kinyerhetik (Ahmed és Eapen 1986).

A rovarokat patogén gombák (IPF) okozta betegségei széles körben elterjedtek, és fontosak a rovarpopulációk természetes szabályozásában (Hooks és mtsai. 2014). Az entomogén gombák a leginkább sokoldalú biológiai védekező szerek, mivel széles gazdakörükön keresztül hatékonyan használhatók. Több mint 100 nemzetségből állnak, amelyek körülbelül 750 fajt tartalmaznak, és különböző rovarokból származnak (Hassan 2014).

Az entomopatogén gombák többnyire a *Zygomycotina*, *Ascomycotina*, *Basidiomycotina* és *Deuteromycotina* csoportokba tartoznak. Az ismert 85 entomopatogén gomba nemzetség közül csak hat fajuk elérhető a kereskedelemben rovarkátevők elleni alkalmazásra. Az entomopatogén gombák előnyei közé tartozik a magasabb hatékonyság a szintetikus rovarirtó szerekhez képest, a specifikusságuk, a környezeti veszélyek csökkentése, valamint az, hogy a rovarok nem tudnak rezisztenciát kifejleszteni ellenük, mivel az EPF-ek egyszerre több hatásmódot alkalmaznak, és „élőpeszticidként” hatnak, így az alkalmazkodás lehetőségét is kizárva. A közelmúltban a *Beauveria bassiana* törzs többszöri vagy egyszeri lombozati alkalmazása hatékony módszernek bizonyult a Colorado burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata*) kezelésében (Wraight és Ramos 2015).

Azonban az EPF-ek lassú hatékonysága a vegyi anyagokhoz képest, valamint a különböző biotikus és abiotikus stresszhatásoknak való kitettség jelentős korlátokat jelentenek számukra. Az EPF-k viszonylag egyedülállóak abban az értelemben, hogy fertőzést okoznak a rovarok

kutikuláján keresztül, és nem szükséges lenyelniük őket, így még a szívó rovarok elleni védekezésben is nagy potenciált mutatnak. A gombák sajátossága, hogy a fertőzőképességet az érintkezés okozza, és a hatás a kutikulán keresztül történik, ezáltal nagy lehetőséget kínálva a kártevők elleni küzdelemben (Jaronski 2015).

A kovaföld növényi eredetű anyag, amely kiváló alternatív megoldást jelent a védekezésre. Ez az anyag a kovamoszat nevű egysejtű, mikroszkopikus méretű moszatok külső héja. Az elpusztult kovamoszatok váza az évmilliók során a tengerfenékre süllyedt, felhalmozódott, és bizonyos területeken vastag rétegeket alkot. A geológiai folyamatok révén ezek a rétegek idővel a szárazföldekre kerültek. Az ilyen módon nyert és porított kovaföld számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik, amelyeket széles körű felhasználása támaszt alá. Például az örölt kovaföld inszekticid hatással bír, amikor a rovarok felületére kerül, ezt láthatjuk a 4. ábrán. Megtapadva megzavarja az epikutikulán keresztüli zsírfelvételt, így a rovarok vízzáró réteg hiányában kiszáradnak. Emellett a szilíciumkristályok a kutikulát és a trachea csöveket károsítva utat nyitnak a rovarpatogén kórokozók számára, így további védelmet nyújtanak. Ezzel a módszerrel a különböző megjelenési formák pusztulását és a rovarok fejlődési stádiumváltásainak gátlását érik el. Több tanulmány számol be sikeres védelméről e módszerrel számos raktári kártevő ellen, például a magtári gabonaszuzsok (*Sitophilus granarius*), a rizs zsuzsok (*S. oryzae*), az aszalványmoly (*Plodia interpunctella*), a nagy lisztbogár (*Tenebrio molitor*), az amerikai kis lisztbogár (*Tribolium confusum*) és a kukoricalisztbogár (*Tribolium castaneum*) ellen. Fontos kiemelni a kovaföld környezetbarát mivoltját. Nem halmozódik fel a terménytételben, és rendszeres használat mellett sem alakul ki rezisztencia a célszervezetekben. Melegvérűek emésztőrendszerébe kerülve nem toxikus, csak nagy mennyiségben belélegezve okozhat károsodást. Összességében a mezőgazdasági terményekkel kockázat nélkül elegyíthető. A kovafölddel kapcsolatos félelmek leginkább a kezelés utáni visszamaradó anyagtól erednek (Keszthelyi 2021).

A mikrohullámú sugárzás egy alternatív megoldás lehet a tárolt termények kártevőinek kiirtására. Ez az elektromágneses sugárzás egy formája, amely fénysebességgel terjed, és hullámhossza egy métertől egy milliméterig terjedhet, a 300 MHz és 300 GHz közötti frekvenciatartományig. A mikrohullámú sugárzásnak való kitettség fizikai sérüléseket és torz fejlődést okozhat mind a tojásban, mind a lárvában. Ezen felül csökkentheti a reprodukciós arányt a kifejlett rovaroknál is. A nagy penetrációs képességű mikrohullámú besugárzás képes megölni a gabonamagvakon belül és kívül élő kártevőket egyaránt (Halverson és mtsai 1996).



4. ábra. Kovafölddel kezelt magtári gabonaszuzsok

(Forrás: Tárolt termék- élelmiszer- és termékkártevők; Keszthelyi Sándor (2021))

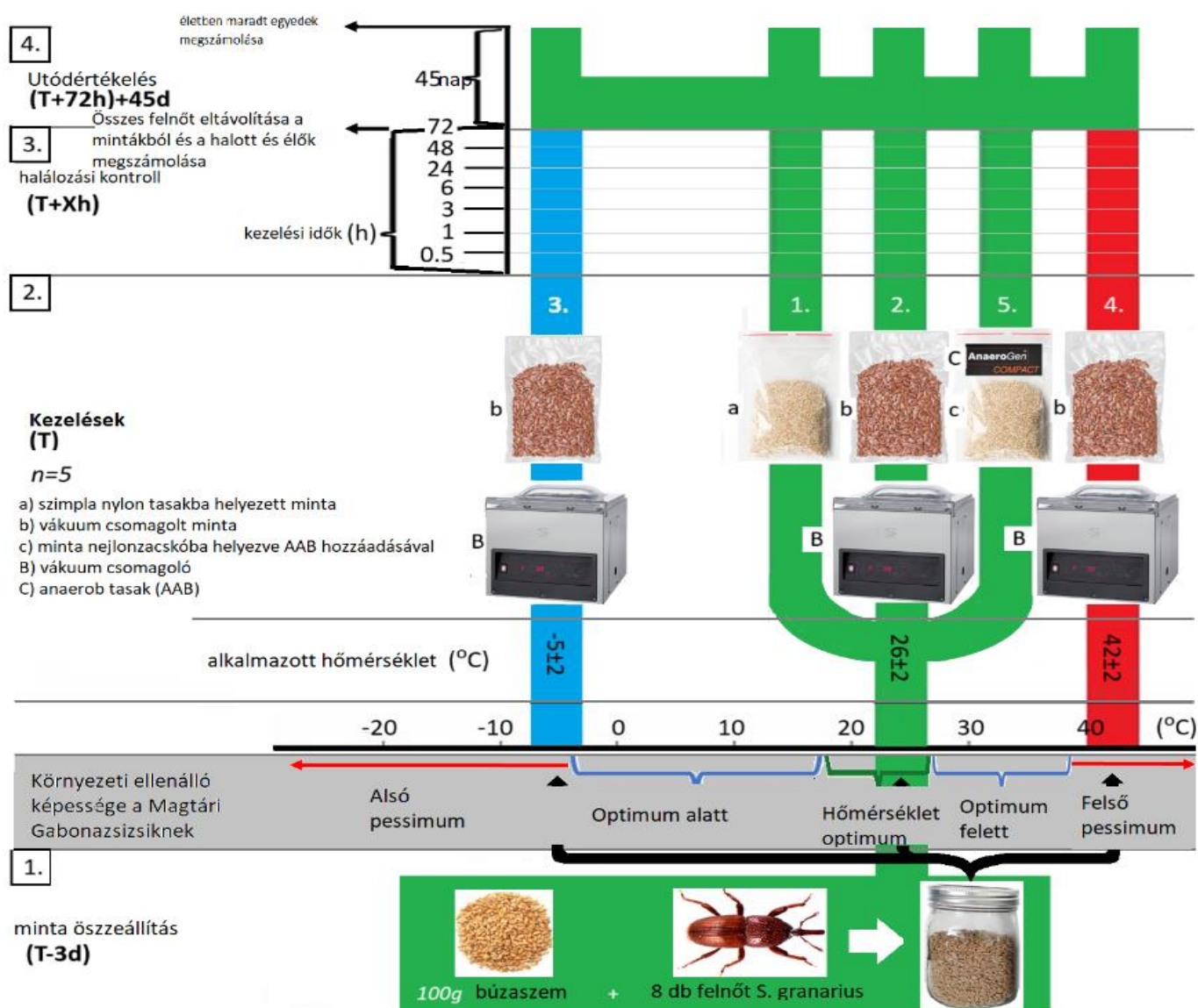
A fizikai védekezésre alapult módszer egy fenttartható és környezetbarát megoldás lehet a raktározott kártevők ellen. Azonban a vetőmagként felhasznált tételek kezelése jóval nagyobb szaktudást és körültekintést igényel, ugyanis a mikrohullámú kezelés a kártevők mellett a vetőmagban is jelentős károkat okozhat. Alkalmazása a növényi embrió teljes pusztulását idézheti elő, ezért e kezelést lehetőség szerint érdemes kerülni, vagy csak rövid ideig alkalmazni. A módszer alkalmazása nem újkeletű, ugyanis hatékony védekezési eljárásként alkalmazható a faanyagokban károsító rejtett életmódú fajok kiirtására. A módszer előnyeként kell megemlíteni, hogy alkalmazása nem okoz semmilyen kárt a faanyagban, valamint az eredményes mortalitás elérése érdekében az adott faanyag roncsolása nélkül védekezhetünk. A kezelés alapvetően gyors, illetve alkalmazását követően a kártevőmentesített terület azonnal használható (Keszthelyi 2017).

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1. Anyag és módszer

3.1.1. Kísérlet lebonyolítása

A magtári gabonaszuzsokot búzaszemen neveltük (nedvességtartalom: 13,5%). A kísérleti szemek egészségesek, sérülés- és vegyszeres kezelésektől mentesek voltak. A rovartenyészetet klímakamrában (Pol-Eco Apartura KK 1450, Wodzislaw-Slenski, Lengyelország) tartottuk a faj számára optimális körülmények között a kísérletek megkezdéséig (optimális környezeti paraméterek a magtári gabonaszuzsok esetében: $26 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 7\%$ relatív páratartalom, fotoperiódus 14/8). A kísérleti összeállításhoz 100 g-os búzamintákat választottunk szét, és 500 ml-es üvegedényekbe helyeztük. Minden mintát 8-8 vegyes ivarú és korú magtári gabonaszuzsok imágóval egészítettünk ki.



5. ábra. Kísérlet leírás bemutatásának sémája

Végül az üvegeket jól szellőző textíliával borítottuk be. Az így kapott növény-kártevő mintákat tárolás nélkül azonnal kísérleti kezelésnek vetettük alá. Az anaerob körülmények rovarpusztulásra gyakorolt hatását nyomásnak és különböző hőmérsékleteknek kitéve, a következő kísérleti körülmények között vizsgáltuk (5. ábra):

1. A kezeletlen mintákat nejlonzacskókba helyeztük és szobahőmérsékleten ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) tartottuk (a továbbiakban: csomagolt és kezeletlen).
2. Szobahőmérsékleten ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) tartott vákuumcsomagolt tételek (a továbbiakban: vákuumcsomagolt, A-val jelölve).
3. Alacsonyabb pesszimum hőmérsékleten ($-5\pm 2^{\circ}\text{C}$) tartott vákuumcsomagolt tételek (a továbbiakban: vákuumcsomagolt és fagyasztott, B-val jelölve).
4. Felső pesszimum hőmérsékleten ($42\pm 2^{\circ}\text{C}$) tartott vákuumcsomagolt tételek (a továbbiakban: vákuumcsomagolt és melegített, C-val jelölve).
5. Szobahőmérsékleten ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) tartott nejlonzacskóban, hozzáadott anaerob atmoszférájú tasakkal (AAB) tárolt minták (a továbbiakban: AAB-val töltve, D-val jelölve).

Mindegyik kezelést öt ismétlésben végeztük, és egyenletesen $60\pm 7\%$ relatív páratartalom mellett tartottuk. A vákuumcsomagolást Sammic SV-310T típusú vákuumcsomagolóval (Basarte 1st Ind, 20720, Azkoita, Spanyolország) hajtottuk végre, amely képes 2 mbar vákuumnyomás létrehozására. AnaerogenTM Compact zacskót (Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, Massachusetts, USA) használtunk a légköri levegő oxigéntartalmának átalakítására egy hermetikusan lezárt nylon tasakban. A rendszer egy nejlonzasakból és egy papírtasakból áll, ez a papír tasak tartalma, oxigénelnyelő kémiai reakció útján működik. A papírzacskó aszkorbinsavat és aktív szenet tartalmaz, amelyek reakcióba lépnek a levegővel. Az oxigén gyorsan felszívódik, és szén-dioxid keletkezik. Az AnaeroGen Compact tasak 30 percen belül 1% alá csökkenti a tasakban lévő oxigéntartalmat. A keletkező szén-dioxid-tartalom 8% és 14% között lesz.

A kezelés felállítása után a szobahőmérsékleten tartott mintákban a rovarpusztulás mértékét 0,5, 1, 3, 6, 24, 48 és 72 órában rögzítettük a rovarpusztulás megállapítása érdekében. Minden megfigyelési időpontban eltávolítottuk az elhullott egyedeket, és Abbott-korrekciónal meghatároztuk a mortalitási arányokat (Abbott 1925). Az elemzés végén a túlélő egyedekkel a gabonamintákat 45 napra visszahelyeztük szellőztetett, textíliával borított üvegedényekbe, és visszahelyeztük a klímakamrába, ideális környezetet biztosítva a magtári gabonaszuszok számára. A 45. napon meghatároztuk az elhullott és élő magtári gabonaszuszok egyedek számát.

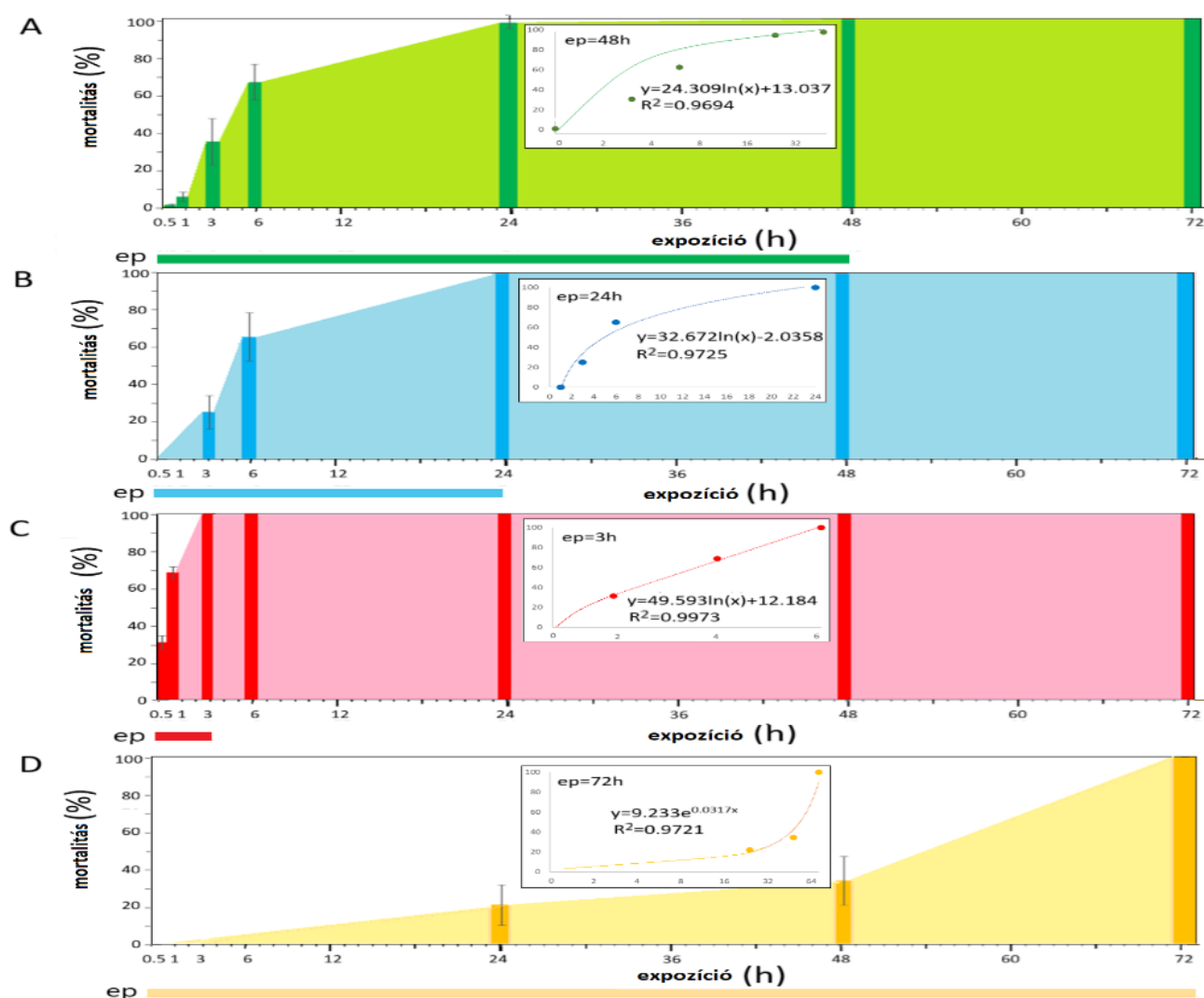
3.1.2. Statisztikai értékelés

A magtári gabonaszuszok ($n < 50$) mortalitási adatainak tesztelésére Kolmogorov–Smirnov tesztet alkalmaztunk. Ghasemi az adat- és Zahediasl-típusú módszerek normál eloszlását

értékelté ($p < 0,05$). A közvetlen felnőttkori mortalitási adatokat kétutas ANOVA-val vizsgáltuk (válaszváltozó: felnőtt mortalitás; főbb hatások: különböző védelmi kezelések és a kezelések utáni mortalitási kontroll idők). A különböző expozíciós időknek az alkalmazott kezelésekre és az egyes expozíciós időpontokban a különböző kezeléseknek a regisztrált utód egyedszámára gyakorolt hatását egyirányú ANOVA segítségével elemeztük (válaszváltozó: az utódok egyedi száma; főbb hatások: különböző kezelések, valamint expozíciós idők). Az átlagokat egyenletesen elválasztottuk a Tukey (HSD) teszttel $p = 0,05$ értéknél. A statisztikai elemzéshez az SPSS 11.5 szoftvert használtuk.

3.2. Eredmények

A különböző kezelések mortalitásra gyakorolt hatása szignifikánsan eltérő volt ($p < 0,0001$), amit kétirányú varianciaanalízis is megerősített. Statisztikailag szignifikáns hatást találtunk a mortalitásra és az expozíciós időre, valamint e két különböző tényező kölcsönhatásának rovarpusztulásra gyakorolt hatására is ($p < 0,0001$). Statisztikailag szignifikáns különbséget igazolt a vákuumcsomagolás és az oxigén abszorpción alapuló módszerek szobahőmérsékleten végzett halálozási arányának elemzése is. Ebben az összehasonlításban statisztikailag szignifikáns különbséget találtunk az expozíciós idő és az alkalmazott módszerek más expozíciós időkkel való kölcsönhatásában is a rovarpusztulásra ($p < 0,0001$). A nejlonzacskóba helyezett és szobahőmérsékleten tartott mintákban (5. ábra 1-es kezelés) nem észleltünk a kezelés hatásának tulajdonítható észrevehető rovarpusztulást.



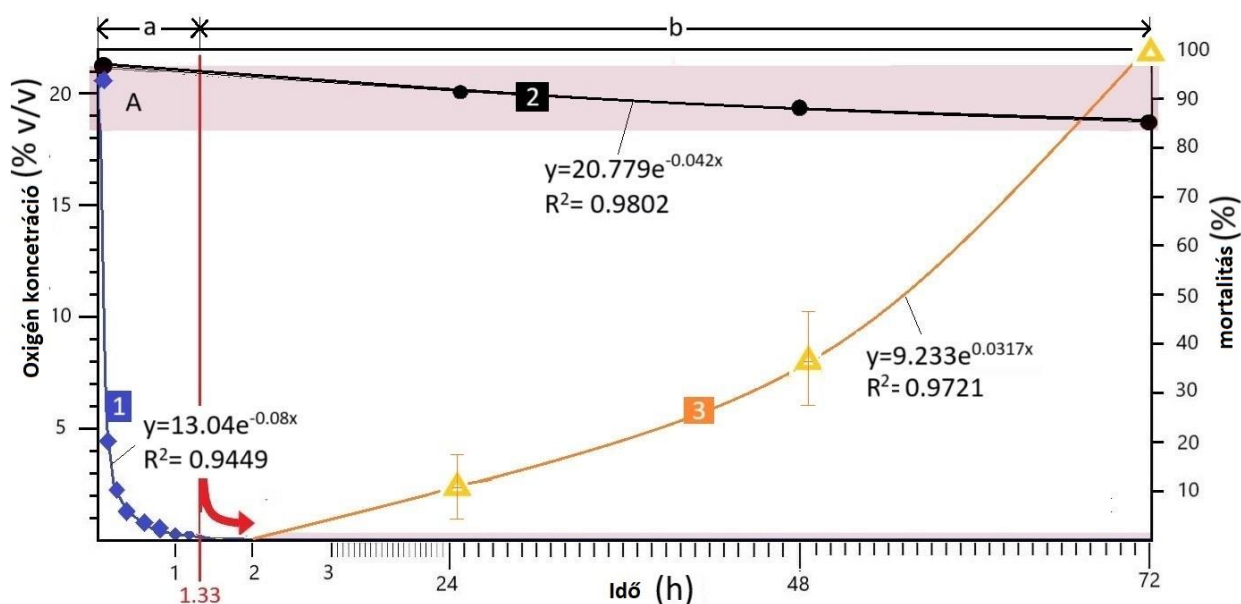
6. ábra. A négy különböző kísérlet eredmény ábrája a magtári gabonaszuzsok kifejtett egyedeire gyakorolt mortalitása.

Azt találtuk azonban, ahogy a 6. ábrán látható, hogy a vákuumcsomagolt és oxigénelnyelővel végzett összes kísérleti beállítás a teljes rovarpusztulást indukálta a beállított expozíciós időtartamon belül. Az alkalmazott kezelési módok jelentősen eltértek az irtási periódus (az első elejtett egyedtől a kísérleti rovarpopuláció teljes mortalitásáig eltelt idő) tekintetében. A legrövidebb periódus által kiváltott teljes mortalitást a magas hőmérsékletű (C jelölés) pesszimium tartományban tartott vákuumcsomagolt minták esetében rögzítettük. Ezeknél a mintáknál már a kísérlet 1. órájában $68,75\pm 12,88\%$ -os mortalitást észleltünk, míg a kísérleti rovarpopuláció teljes kiirtását a 3. órában észleltük.

Hasonló mortalitási tendenciákat figyeztünk meg a szobahőmérsékleten (A jelölés) és hűtött vákuumcsomagolt (B jelölés) minták esetében is, de a rovarok mortalitása mindkét kezelési csoportban megnyúlt. Körülbelül 24 óra volt szükséges a kísérleti rovarpopuláció teljes kiirtásához a hűtött és szobahőmérsékletű mintákban (24 órás mortalitás: $96,875\pm 3,125\%$). Feltehetően nincs szükség a teljes 24 órára a teljes mortalitás rögzítéséhez ezekben a kezelési csoportokban, csak a kísérletünkben használt beállítási protokoll nem teszi lehetővé a teljes

mortalitás kiváltásának pontos időpontjának meghatározását ezekben a mintákban.

Az oxigénabszorbenssel (D jelölés a 6. ábrán) kezelt és nylon zsákokban (AAB) tárolt tételek mortalitását jóval később jegyeztük fel. Ezeknél a mintáknál az első rovarpusztulást 24 óra elteltével regisztráltuk ($21,875 \pm 10,673\%$). A későbbi felvételeknél a mortalitás lassabb, kisebb növekedését figyelték meg a vákuumcsomagolt mintákhoz képest. Az oxigénabszorbensnek való hosszan tartó expozíciója azonban a mortalitási ráták gyors növekedését okozta, ami a rovarpopuláció teljes kihalását eredményezte 72 óra alatt. Az irtási időszakra (a rovarpusztulás kezdetétől a teljes mortalitásig) rögzített mortalitási értékek trendelemzése azt mutatta, hogy a rovarpusztulás trendje logaritmikus a vákuumcsomagolt tételekben. Ezzel szemben a tendencia exponenciális volt az oxigénelnyelővel kezelt tételeknél. A determinációs együtthatók mind a négy kezelési típus esetében határozottan illeszkednek a trendvonalhoz.



7. ábra. (3) AAB kezelt minták mortalitása az oxigén koncentráció függvényében

(1) oxigén elnyelő hatására, (2) beavatkozás nélküli oxigén fogyás Forrás:

(Imhof & Heinzer 1996, Njoroge et al., 2017)

A rovarpusztulás tendenciája az oxigénabszorber hozzáadása után a 7. ábrán látható. Korábbi vizsgálatok eredményei (Imhof & Heinzer 1996, Njoroge et al., 2017) azt mutatják, hogy az AnaerogenTM kompakt táská zárt térben (itt nejlonzacskóban) körülbelül 1,33 óra (80 perc) alatt a légköri oxigént szén-dioxiddá alakítja. Zárt levegőjű térben (abszorber nélkül) a 8 *Sitophilus* egyed számára több mint 30 napig elérhető lenne az oxigén. Az oxigén megkötése miatt azonban csak a magegységek között rekedt oxigén képes fedezni a rovar légzését. Ennek eredményeként a rovar a légcsőcsövekben maradó kis mennyiségű oxigénre támaszkodhat, amely fokozatosan kimerül, ami exponenciális rovarpusztuláshoz vezet.



kezelések		csomagolt és kezeletlen	vákuumozott és csomagolt	vákuumozott és hűtött	vákuumozott és melegített	csomagolt és AAB	<i>p</i>
expozíciós idő (h)	0.5	9.85±0.47	7.25±0.48	5.25±0.00	5.25±1.25	8.00±0.41	<i>p</i> < 0.0001
	1	8.25±0.48	6.75±0.48	5.50±0.00	4.75±0.25	7.50±0.28	
	3	9.15±0.25	5.75±0.25	1.75±0.71	0	8.25±0.25	<i>p</i> = 0.006
	6	7.50±0.75	2.50±0.64	2.00±0.62	0	8.00±0.00	
	24	7.25±0.62	0.25±0.25	0.50±0.29	0	7.12±0.85	<i>p</i> < 0.0001
	48	8.30±0.41	0.75±0.48	0.25±0.25	0	6.62±0.41	
	72	8.00±0	0	0	0	3.50±0.00	
	<i>p</i>				<i>p</i> < 0.0001		



8. ábra. A 45 napon megfigyelt és regisztrált utódok száma

A 8. ábra a 45. napon megfigyelt utódok regisztrált számát mutatja. Kizárólag nejlonzacskóba helyezett minták esetében nem regisztráltunk kimutatható mortalitást. Minden rovar életben volt. Figyelemre méltó, hogy a vákuumcsomagolt kezeléseknél az utódokban és a felnőttekben mért mortalitási tendenciák hasonlóak voltak. Vizsgálatunk érdekes eredménye, hogy a vákuumcsomagolt és oxigénelnyelővel kezelt minták esetében az összes rögzített imágó halott volt. A vákuumcsomagolt és melegített mintákban a hosszabb expozíció volt a legpusztítóbb hatással az utódokra. Három órás expozíció az utódok teljes elnyomását okozta. A vákuumcsomagolt és fagyasztott tételek mérsékeltebb hatást fejtettek ki, mint a melegített termékek. Ezekben a mintákban csak csekély, de erősebb mortalitást észleltünk az utódokban, mint a szobahőmérsékleten tartott vákuumcsomagolt mintákban. Az oxigénabszorberekkel kiegészített minták esetében a mortalitás növekedését figyelték meg az expozícióval. Összehasonlítva a vákuumcsomagolt kezelésekkal, az utódok mortalitása kevésbé volt kifejezett, és egyik expozíciós csoportnál sem észleltünk teljes utódcsökkentő hatást. A 45. napon megfigyelt utódok rögzített imágószámainak két irányú ANOVA-ja azt mutatta, hogy mindkét kezelés eltérő, az expozíciós idők és a kölcsönhatásuk eltérő volt, statisztikailag igazolhatóan eltérőek voltak, és szignifikánsan befolyásolták a következő generációban kikelt egyedek számát ($p < 0,0001$). Ha az egyes kezelések rögzített utódait külön-külön megvizsgáljuk az expozíciós idők függvényében egyutas ANOVA-val, akkor azt találjuk, hogy csak a vákuumcsomagolt fűtött és oxigénelnyelővel kezelt (AAB-val töltött) minták, mutatnak statisztikailag igazolható összefüggést. A különböző kezeléseknél az egyes expozíciós időpontokban rögzített mortalitási értékeknél csak a korai expozíciók (0,5, 1, 3 óra) összehasonlításakor találtunk statisztikailag megerősített összefüggést a kezelések és az utódok mortalitási értékei között ($p < 0,0001$).

3.3 Következtetések

Adataink megerősítették a légköri környezet változásán alapuló korábbi kísérletek eredményeit (Navarro és mtsai. 2002; Athanassiou és mtsai. 2011; Ganiger és mtsai. 2022), amelyek azt mutatták, hogy a vákuumsomagolás és az oxigénelnyelő alkalmazások alkalmasak tárolási kártevők elleni védekezésre.

Alacsony nyomású vákuumsomagolt tételekben a mortalitás hirtelen növekszik, amit rövid időn belül teljes kiirtás követ, lassuló intenzitással. Az eradikációs hatás állandó paraméterek mellett a kezelés beállításától az expozíciós időszak végéig stabil. Ez a jelenség magyarázza a logaritmikus trendet leíró mortalitási görbét. Hasonló mortalitási tendenciáról számolnak be Kandel és mtsai. (2021) a rizs zsuzsok esetében.

Az alacsony légköri nyomás által kiváltott vákuum inszekticid hatása fokozható, ha a légköri hőmérsékletet a termikus optimum expozíciós hőmérsékleti tartománya alatt vagy felett tartjuk. Számos tanulmány (Stiles 1991; Li és mtsai. 2015; Mohammed és mtsai. 2020) számol be a tárolt tárgyak környezetében a negatív és pozitív légköri hőmérséklet-tartományok rovarölő hatásairól. Lukács és mtsai. (2022) tanulmányai megerősítik, hogy a rövid ideig tartó magasabb hőmérsékletnek való kitettség a felső pesszimum tartományban (pl. 107 °C 5 percig) rövid időn belül teljes mortalitást okoz a kísérleti rovarpopulációban. Hasonló kártevőirtási hatékonyságot indukál az alacsonyabb pesszimum tartomány kevésbé hideg hőmérsékleti értékeinek való hosszan tartó expozíciói (például -25 °C 90 percig).

Számos tanulmány bizonyítja, hogy a légkör hőmérsékletének változása, valamint egyéb, az optimálistól eltérő paraméterek okozzák a kísérletben résztvevő rovarok pusztulását. Így a szuboptimális relatív páratartalom (Damcevski és Annis 2006), vagy a légkör kémiai összetevőinek eltolódása (Banks és Sharp 1979; Iturralde-García és mtsai. 2020), vagy akár a mesterségesen létrehozott anaerob környezet jelentős rovar pusztulást idéz elő (Stiles 1991; Athanassiou és mtsai. 2011).

Az oxigénabszorber alkalmazása anaerob környezet kiváltására vizsgálatunkban megerősítette ezt a biológiai hatást. Ez a módszer azonban exponenciális rovarpusztulást generál, amely lassan kezdődik, és fokozatosan intenzívebbé válik az alacsony nyomású rendszerekhez képest. Eredményeink párhuzamosak Kandel és mtsai. (2021) eredményeivel. Ebben az esetben a légköri oxigéntartalom folyamatos csökkenése és a kísérleti rovarok oxigénfogyasztása miatt az életfenntartáshoz szükséges oxigénkoncentráció gyorsan eléri a kritikus szintet, mielőtt az teljesen kimerülne. Ezt követően a rovarok növekvő intenzitással kezdenek elpusztulni, miután elégették a légsőrendszerükben tárolt maradék oxigént. Ezekben a rendszerekben a rovarpusztulás intenzitása az abszorber oxigénkonverziós intenzitásának, a zárt tér térfogatának

és a rovarok számának a függvénye.

A szabályozott atmoszférájú módszerek (CA-k) hatékonyak a kártevő utódainak kiirtására, de a vákuumcsomagolás által kiváltott nyomás hatékonyabb és gyorsabb megoldás, mint az oxigénabszorber hozzáadása. Az általunk vizsgált módszerek közül a vákuumcsomagolt és melegített kezelések bizonyultak a leghatékonyabbnak a magtári gabonaszuzsok utódai ellen. Emellett hosszan tartó expozíciója (több mint 3 óra) a posztemering kifejlett egyedek teljes kiirtását idézi elő. Ez a tény azért lehet fontos, mert az elhullott rovartestek bizonyos esetekben, pl. cukor, liszt, jelentős rontója lehet a minőségi értékmérőnek, aminek az előfordulását mindenképpen el kell kerülni (Stathas és mtsai. 2023).

Az ellenőrzött légkörű (CA) módszerek korlátja jelenleg a kezelendő terménytételek mennyisége. Leginkább kis mennyiségű, főleg értékes raktározott termények vagy vetőmagok konzerválására ideálisak. A jövőben várhatóan a módszerek hatékonyságának fokozása és megalapozása érdekében az összetevő egyéb paramétereinek kombinált kísérleti értékelése lesz a fókuszban. Az alkalmazott módszertanok eredményei összességében hozzájárulnak a tárolt termékek fenntartható megőrzéséhez szükséges kritériumok és az integrált növényvédelem szempontjainak eléréséhez. Ezek a módszerek ígéretes megoldások lehetnek a védekezési stratégiákban, mint alternatív eljárások (kevésbé veszélyesek), amelyek bizonyos esetekben akár helyettesíthetik is a kémiai védekezés eszközeit. Az eredmények hozzájárulhatnak egy megbízhatóbb és megvalósíthatóbb módszer kidolgozásához, a tárolt termények kártevőivel szembeni védekezésben. Ez a kezelés önmagában vagy más megoldásokkal kombinálva is hatékony és környezetbarát technikát biztosíthatna az Integrált Növényvédelmi Programban (IPM).

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdálkodók számára a mezőgazdasági munkálatok nem érnek véget a betakarítással. A termény sikeres értékesítése érdekében szükséges a megfelelő betárolás megvalósítása, megőrizve a tétel minőségi és mennyiségi tulajdonságait. Mint ahogy a szabadföldön, úgy a raktárakban is megjelenhetnek korokozók, kártevők, melyek rontják a terményünk minőségét, ezáltal annak későbbi eladhatóságát. A raktári terménytárolás során alkalmazott védekezési eljárások lehetőségei az évek alatt ismereteink bővülésével megváltoztak. A ma felhasznált peszticidek hatékonysága a rovarkártevők ellen megkérdőjelezhetetlen. Azonban a kártevő gyérítő hatásukon kívül számolnunk kell a környezetre káros hatások megjelenésével. A terménytároló helyiségekben előforduló károk mértéke függ a populáció növekedési sebességétől. A rovarok viselkedését a gabonátárolás során számos környezeti tényező befolyásolja, mint például a hőmérséklet, a relatív páratartalom, a táplálék elérhetősége, a termény nedvességtartalma, valamint mérete és fajtája. További tényezők, amelyek befolyásolhatják a viselkedést: a terménytároló épület kialakítása, más rovarfajok jelenléte, más ragadozók, parazitoidok, gerincesek és betegségeket okozó mikroorganizmusok megjelenése.

Az élelmiszer gabonák számos feldolgozási lépésen mennek keresztül, mint például a betakarítás, szárítás, szállítás és tárolás, mielőtt a fogyasztóhoz kerülnének. Ezekben a folyamatokban jelentős veszteségek keletkezhetnek a termény tételekben. A feldolgozás során bekövetkező jelentős termésveszteségek legfőképpen a mezőgazdasági üzemek hiányos tárolási infrastruktúrájának tudhatók be.

A raktári kártevők többsége a bogarak és a lepkék rendjébe tartozik, azonban más károsító fajok is megtalálhatóak, például a fonálférgek vagy a magasabb rendszertani kategóriákhoz tartozó rágcsálók közül, mint a klasszikus házi egér vagy a gyakori kártételű mezei pocok, különösen ősszel. A legnagyobb problémát a rágcsálók közül általában a vándorpatkány megjelenése okozza.

A magtári gabonaszuzsok egy világszerte elterjedt kozmopolita kártevő. Károsítása jelentős veszteségeket okozhat a tárolt szemekben, ami jelentősen csökkentheti a termény mennyiséget. A sérült szemek tápértéke csökken, emellett alacsony csírázási arányt mutatnak, és kevesebb súllyal rendelkeznek, ami csökkenti piaci értéküket. Ezáltal a magtári gabonaszuzsok által okozott károk komoly gazdasági problémát jelentenek a mezőgazdasági termelők számára.

A kártevőknek többféle lehetőségük van bejutni a raktározott termények közé. A fertőzés

módja lehet aktív, passzív fertőzés, illetve a tápnövény által közvetített módon is bejuthatnak a károsítók.

A tárolt termények kártevőivel szemben alkalmazott leggyakoribb eljárás a gázosítás. Ez a módszer már több évtizede bevált kártevőirtási megoldás a tárolt termények védelmében. A gáz, amelyet gázosítandó vegyszerként használnak, kis szemcseméretű és folyékony halmazállapotú. A zárt légtérben terjed, kitölti a teret, és elpusztítja a célorganizmusokat, valamint azok minden fejlődési alakját. A gyakorlatban alapvetően négy vegyületet alkalmaznak gázosítószerként: a foszfor-hidrogént, a metil-bromidot, az etilén-oxidot és a cián-hidrogént. Hazánkban a terménygázosítás szinte kizárólag foszfor-hidrogén (PH₃) gázzal történik.

A vizsgálatok fő célja elsősorban a raktári kártevők elleni védekezés környezetbarát megvalósítása. Fő motiváció volt egy alternatív védekezési eljárás

kidolgozásának előkészítése, mely a tárolt terményt, valamint annak későbbi felhasználását nem veszélyezteti. A magtári gabonaszuzsok búzaszemekben okozott károsításának a leküzdésére szolgáló vákuum- és oxigénabszorpciós kezelések hatékonyságát hasonlítottuk össze, laboratóriumi körülmények között. A kezelési módszerek hatékonyságát különböző hőmérséklet-tartományokban (-5, 26, 42 °C) és különböző expozíciós időkben (0,5, 1, 3, 6, 24, 48, 72 óra) értékeltük. A különböző kezeléseket követően összesítettük a túlélő imágókat, majd a 45. nap elteltével ezt megismételtük. Vizsgálataink kimutatták, hogy az általunk tesztelt, szabályozott atmoszférájú módszerek (CAs) hatékonysága az idő függvényében szignifikánsan változott. Míg a különböző hőmérséklet szabályozott alacsony nyomású vákuumcsomagolási kezelések által kiváltott mortalitási görbe logaritmikus, addig az abszorber alacsony oxigénszintje által kiváltott mortalitási trend exponenciális lejtőt követ. Az alacsony oxigénszint által kiváltott hipoxia hatásideje sokkal hosszabb. Kimutattuk, hogy a rovar termikus optimumától eltérő alacsonyabb és magasabb pesszimum hőmérsékleti tartományokon végzett vákuumcsomagolás jelentősebben indukálta a magtári gabonaszuzsok mortalitási arányát. A módszer különösen hatékony volt, ha a vákuumcsomagolt mintákat a magasabb pesszimum hőmérséklet tartományban tartottuk. Eredményeink megerősítik, hogy a légköri nyomás módosításán alapuló vákuumcsomagolás, különösen magas hőmérsékleten, fenntartható megoldást jelenthet a kis volumenű, értékes vetőmagminták kártevőirtására.

Összeségében elmondható az eredmények alapján, hogy a kezelési eljárásaink egy ígéretes megoldási lehetőséget adnak a védekezési stratégiákban, mint alternatív eljárás. Továbbá bizonyos esetekben akár helyettesítheti is a kémia védekezés eszközeit. A kapott eredmények hozzájárulhatnak egy megbízhatóbb módszer kidolgozásához. Ez a kezelés

önmagában és más megoldásokkal kombinálva is egy hatékony és környezetbarát módszert biztosíthatna az Integrált Növényvédelmi Programban. (IPM).

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm Prof. Dr. Keszthelyi Sándornak, Dr. Jócsák Ildikónak, Dr. Pál-Fám Ferenc Istvánnak, Dr. Hoffmann Richárdnak, Lukács Helgának és Sipos Tamásnak a segítségeiket, amit a kísérlet és szakdolgozatom elkészítéséhez kaptam.

IRODALOMJEGYZÉK:

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 8, 265-267. <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- Ahmed, S.M., Eapen, M., 1986. Vapour toxicity and repellency of some essential oils to insect pests. *Indian Perfumer* 30, 273–278.
- Athanassiou, C.G., Riudavets, J., Kavallieratos, N.G., 2011. Preventing stored-product insect infestations in packaged-food products. *Stew. Postharv. Rev.* 3, 1-5. <https://doi.org/10.2212/spr.2011.3.8>
- Banga KS, Kotwaliwale N, Mohapatra D, Giri SK. Techniques for insect detection in stored food grains: An overview. *Food Control.* 2018; 94:167-176
- Banks, H.J., Sharp, A.K., 1979. Insect control with CO₂ in a small stack of bagged grain in a plastic film enclosure. *Australian J. Exp. Agric.* 19, 102-107. <https://doi.org/10.1071/EA9790102>
- Bognár S, Huzián L, (1974): Növényvédelmi állattan, Mezőgazdasági kiadó, Budapest
- Burkholder, WE., Ma, M. (1985). Feromonok a tárolt termék rovarok megfigyelésére és ellenőrzésére. *Annual Review of Entomology*, 30 (1), 257-272.
- Campbell, J. F., Mullen, M. A., & Dowdy, A. K. (2002). Monitoring stored-product pests in food processing plants with pheromone trapping, contour mapping, and mark-recapture. *Journal of Economic Entomology*, 95(5), 1089-1101.
- Collins, L.E., Cox, P.D. (2002): Factors affecting the behaviour of beetle pests in stored grain, with particular reference to the development of lures. *Journal of Stored Products Research* Volume 38, Issue 2, 2002, p 95-115
- Damcevski, K.A., Annis, P.C., 2006. Influence of grain and relative humidity on the mortality of *Sitophilus oryzae* (L.) adults exposed to ethyl formate vapour. *J. Stored Prod. Res.* 42, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.11.003>
- Ganiger, A., Uppar, D.S., Sugandi, J.H.R., 2022. Influence of seed solarization and vacuum packaging on pulse beetle (*Callosobruchus chinensis* L.) infestation and quality of green gram. *Pharma Inn. J.*, 11, 1298-1306.
- Halverson SL, Burkholder WE, Bigelow TS, Nordheim EV, Misenheimer ME. 1996. High-

- power microwave radiation as an alternative insect control method for stored products. *J Econ Entomol.* 89(6):1638–1648.
- Hassan S.: Entomopathogenic Fungi as Potent Agents of Biological Control. *International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR).* 2014; 2(3):221-229.
- Hooks CR, Kratochvil R.: *Agronomic Crop Production.* Agronomy News University of Maryland Extension 501 Court Lane, Room 208 Cambridge, MD 21613 410-228- 8800, 2014.
- Howe, R.W., (1965): A Summary of Estimates of Optimal and Minimal Conditions for Population Increase of Some Stored Products Insect. *Journal of Stored Products Research*, Volume 1, Issue 2, 1965, Pages 177-184
- Imhof, A., Heinzer, I., 1996. Continuous monitoring of oxygen concentrations in several systems for cultivation of anaerobic bacteria. *J. Clin. Microbiol.* 34, 1646. <https://doi.org/10.1128/JCM.34.7.1646-1648.1996>
- Iturralde-García, R.D., Wong-Corral, F.J., Castañé, C., Riudavets, J., 2020. Susceptibility of *Rhyzopertha dominica* to high CO₂ modified atmospheres in packaged chickpeas. *J. Stored Prod. Res.* 85, 101537. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101537>
- Jaronski S. 2015: Evaluation of Novel Entomopathogenic Fungi for Grasshopper Management. *Crop Protection and Quarantine* (304). 3032-22000-016-01. 2015, 1-2.
- Jávör I, (1969): *Raktári kártevők Mezőgazdasági kiadó, Budapest*
- Kandel, P., Scharf, M.E., Mason, L.J., Baributsa, D., 2021. Effect of hypoxia on the lethal mortality time of adult *Sitophilus oryzae* L. *Insects*, 12, 952. <https://doi.org/10.3390/insects12100952>
- Keszthelyi S. (2017): *Kártevők elleni védekezés lehetőségei, Agroinform kiadó, Budapest*
- Keszthelyi S. (2021): *Tárolt termény-, élelmiszer- és termékkártevők Inform kiadó, Budapest*
- Keszthelyi S.: A raktári kártevők kártételének mennyiségi és minőségi jellemzői. - In: *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*, ISSN 1788-5884, 2020. (31. évf.), 6. sz., 32-33. p.
- Keszthelyi S.: Raktári kártevők elszaporodását, elhelyezkedését befolyásoló tényezők elemzése. - In: *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*, ISSN 1788-5884, 2016. (27. évf.), 6. sz., 36-39. p

- Kucerova, Z., Kyhos, K., Aulicky, R., Stejskal, V., 2013. Low-pressure treatment to control food-infesting pests (*Tribolium castaneum*, *Sitophilus granarius*) using a vacuum packing machine. Czech J. Food Sci. 31, 94-98. <https://doi.org/10.17221/154/2012-CJFS>
- Kucerova, Z., Kyhos, K., Aulicky, R., Lukas, J., Stejskal, V., 2014. Laboratory experiments of vacuum treatment in combination with an O₂ absorber for the suppression of *Sitophilus granarius* infestations in stored grain samples. Crop Prot. 61, 79-83. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.03.018>
- Levinson H.Z., Levinson A.R., (1989). Food storage and storage protection in ancient Egypt. Boletin De Sanidad Vegetal. 17:475–482.
- Li, W., Wang, K., Chen, L., Johnson, J.A., Wang, S., 2015. Tolerance of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) to heated controlled atmosphere treatments. J. Stored Prod. Res. 62, 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.04.001>
- Lukács, H., Pál-Fám, F., Varga-Visi, É., Rolbiecki, R., Percze, A., Keszthelyi, S., 2022. Impact of short-term atmospheric heat transfer on the survival of granary weevil in stored winter wheat. Agronomy, 12, 1313. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061313>
- MBTOC, 2002. 2002 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC) 2002 Assessment. UNEP, Nairobi, Kenya.
- Mészáros F.: Raktári kártevők ellen szén-dioxiddal. - In: Biokultúra, ISSN 0865-5189, 2007. (18. évf.), 3. sz., 13-14. p.
- Mohammed, M.E., El-Shafie, H.A., Alhajhoj, M.R., 2020. Design and efficacy evaluation of a modern automated controlled atmosphere system for pest management in stored dates. J.
- Mushira, M.A. 2000. Manual on grain management and equipment maintenance in silos. FAO, Nigeria. 42 p.
- Navarro, S., Finkelman, S., Donahaye, E., Dias, R., Rindner M., Azrieli, A., 2002. Integrated storage pest control methods using vacuum or CO₂ in transportable systems. IOBC WPRS Bull. 25, 207-214.
- Njoroge, A. W., Mankin, R. W., Smith, B. W., Baributsa, D., 2017. Effects of hermetic storage on adult *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) acoustic activity patterns and mortality. J. Econ. Entomol. 110, 2707-2715. <https://doi.org/10.1093/jee/tox260>

- Pinniger, D. B. (1990). Sampling and trapping insect populations, the importance of environment, insects and trade. In Proc., 5th Int. Conf. Stored Prod. Prot (pp. 1297-1306).
- Rees, D., (2007): Insects of sored grain, CSIRO Publusing
- Schöller és mtsai., 1997 Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. J. stored Prod. Res. Vol. 33, No. I, pp. 81-97.
- Shadia E. Abd El-Aziz Control Strategies of Stored Product Pests - Journal of Entomology, ISSN 1812-5670, 2011. 8 (2) 101-102
- Shengjie Huang, Haozhou Huang, Jin Xie, Fang Wang, Sanhu Fan, Ming Yang, Chuan Zheng, Li Han, Dingkun Zhang, The latest research progress on the prevention of storage pests by natural products: Species, mechanisms, and sources of inspiration. Arabian Journal of Chemistry Volume 15, Issue 11, 2022
- Sinha, R. N., & Watters, F. L. (1985). Insect pests of flour mills, grain elevators, and feed mills and their control (No. 1776).
- Stathas, I.G., Sakellaridis, A.C., Papadelli, M., Kapos, J., Papadimitriou, K., Stathas, G.J., 2023. The Effects of insect infestation on stored agricultural products and the quality of food. Foods, 12, 2046. <https://doi.org/10.3390/foods12102046>
- Stiles, M.E., 1991. Scientific principles of controlled/modified atmosphere packaging. In B. Oorai, & M.E. Stiles (Eds.) Modified atmosphere packaging of food (pp. 18-25). Boston, MA: Springer US.
- Taylor R.W.D. International Pest Control, 31 (1989), pp. 10-14
- Wakefield, M. E., Cogan, P. M. (1999). The use of a managed bulk of grain for the evaluation of PC, pitfall beaker, insect probe and WBII probe traps for monitoring Sitophilus granarius during the winter and summer in the UK. Journal of Stored Products Research, 35(4), 329-338.
- Wright SP, Ramos ME. Delayed efficacy of Beauveria bassiana foliar spray applications against Colorado potato beetle: Impacts of number and timing of applications on larval and next-generation adult populations. Biological Control. 2015; 83:51-67.

Nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: ARANYOS BALÁZS
A Hallgató Neptun kódja: 468245
A dolgozat címe: 42. JAVASLAT A KÖRNYEZET ÉS A NÖVMÉNYEK TÖRTÉNE KÖRÉBŐL
A MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM MATEMATIKAI
HALLGATÓI DOLGOZATOK REPOZITÓRIUMÁBA
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: NÖVÉNYTEREPI ÉS TUJODOMÁNYOK INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: AGRO NÖMIA TANSZÉK

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant 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.

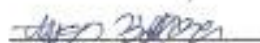
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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 eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába.

Kelt: 2024 év 06 hó 26 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

ÁRNY ZSÉLYI SÁNDOR (név) (hallgató Neptun azonosítója: 469985)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem¹

Kelt: 2026 év 09 hó 24 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő alá húzandó.

² A megfelelő alá húzandó.