

DIPLOMADOLGOZAT

Takács Anna

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növényvédelmi Intézet

Növényorvos mesterképzési szak

A gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner) és a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hübner) rajzásdinamikája és kártétele kukoricában, különös tekintettel a *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzésekre

Belső konzulens: Dr. Kiss József
tanszékvezető egyetemi tanár

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** NVI Integrált Növényvédelmi
Tanszék

Készítette: Takács Anna (ZI8W68)

Szent István Campus

2025

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	3
2.	Irodalmi áttekintés.....	5
	2.1 A kukoricatermesztés jelentősége és helyzete globálisan, az Európai Unióban és Magyarországon	5
	2.2 Gyapottok bagolylepke (<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner).....	7
	2.2.1 Elterjedés	7
	2.2.2 Morfológia, életmód és kártétel.....	8
	2.3 Kukoricamoly (<i>Ostrinia nubilalis</i> Hübner)	9
	2.3.1 Elterjedés	9
	2.3.2 Morfológia, életmód és kártétel.....	9
	2.4 A <i>Lepidoptera</i> csökmártévkök előrejelzésének fontossága és egyes lehetőségei.....	11
	2.5 A <i>Lepidoptera</i> csökmártévkök elleni integrált védelem egyes eszközei	12
	2.6 Csőpenészedést okozó kórokozók.....	14
	2.6.1 Csőpenészedést okozó <i>Fusarium</i> faj jellemzése	16
	2.6.2 Csőpenészedést okozó <i>Aspergillus</i> faj jellemzése	18
3.	Anyag és módszer	20
	3.1 Kukorica területi és termesztési paraméterek a vizsgálat során	20
	3.1.1 A kijelölt terület és időjárási paraméterek	20
	3.1.2 Termesztéstechnológia.....	21
	3.2 Gyapottok bagolylepke és kukoricamoly egyedszámváltozásának megfigyelése.....	21
	3.3 Kártétel felvételezés	23
	3.4 Szemtermékek csőpenészedést okozó kórokozók általi belső fertőzöttségének megállapítása laboratóriumi körülmények között	24
	3.5 Statisztikai elemzési módszerek	26
4.	Eredmények és megvitatásuk	27
	4.1 Gyapottok bagolylepke egyedszámának heti alakulása, 2024-és 2025 évben	27
	4.2 Kukoricamoly egyedszámának heti alakulása, 2024-és 2025 évben.....	29
	4.3 Kártévkök egyedszám és a csőtömegek közötti összefüggés	31
	4.4 <i>Fusarium</i> és <i>Aspergillus</i> fertőzöttség a mintaterületeken.....	32
	4.5 A belső fertőzöttség szemtömegekre gyakorolt hatásának vizsgálata	34
	4.6 A külső károsodás és a csőpenészedést okozó kórokozók általi belső fertőzöttség kapcsolata a mintacsöveken	35
5.	Következtetések és javaslatok	37
6.	Összefoglalás.....	38
7.	Irodalomjegyzék.....	39

8.	Köszönetnyilvánítás	46
9.	Mellékletek.....	47
10.	Nyilatkozatok	48

1. Bevezetés

A kukorica (*Zea mays L.*) az egész világon kiemelkedő jelentőségű gabonaféle, termesztése jelentős szerepet játszik a globális élelmezésben és nyersanyag-előállításban. A népesség folyamatos növekedése egyre nagyobb kihívássá teszi a megfelelő mennyiségű és minőségű mezőgazdasági termékek előállítását, amelyhez elengedhetetlen az integrált növényvédelmi szemlélet alkalmazása.

Az integrált növényvédelem (Integrated Pest Management) egy komplex elvrendszer, mely a fenntartható mezőgazdaság alapját képezi, hiszen megvédi a növényt a károsítóktól és emellett minimalizálja a negatív hatásokat mind a környezet, mind a humán egészség tekintetében. Ez úgy tud megvalósulni, hogy a termesztés során minden esetben az adott körülmények figyelembevételével kell meghozni a megfelelő döntést, és elvégezni a szükségeszerű beavatkozást. Alapvető cél a károsítók megjelenésének a megelőzése vagy gazdasági kárküszöbérték alatt való tartása. Az Európai Unióban, és ezáltal Magyarországon, a termelőknek alkalmazni kell az integrált növényvédelem szabályait, ahogy azt a 2009/128/EK keretirányelv kimondja. Nyolc alappillére meghatározza a megfelelő növényvédelmi intézkedések helyes sorrendjét, úgy, hogy a lehető legalacsonyabb szinten tartsa az agroökológiai rendszerbe való beavatkozást (Barzman et al. 2015). Elsősorban a megelőzésre, a preventív stratégiák alkalmazására helyezi a hangsúlyt, de mindegyik pillér fontos eleme az összehangolt rendszernek, mely ötvözi a különböző védekezési módokat. Minden esetben előnyben kell részesíteni a nem kémiai módszereket, például fizikai vagy biológiai módszereket, így csökkentve a peszticid kijutattást, mert az kockázatot jelenhet a környezetre, emberi egészségre és a nem célszervezetekre. Az integrált növényvédelmi rendszer a – I. megelőzés és visszaszorítás – II. megfigyelés – III. döntéshozatal – IV. nem kémiai módszerek – V. peszticid kiválasztás – VI. csökkentett növényvédőszer használat – VII. anti-rezisztencia stratégiák – VIII. értékelés alapelveiből áll (Kiss et al. 2017).

Diplomadolgozatomban az integrált növényvédelem egyik legfontosabb pillérjére, a megfigyelésre (monitoring) és annak gyakorlati alkalmazására helyezem a hangsúlyt. Ez az alapelv magában foglalja a rendszeres megfigyelést, szignalizációt, előrejelzési módszerek alkalmazását és a diagnosztizálást. Jelentősége abban mutatkozik meg, hogy a monitoring elemeinek használatával időben észlelhetjük egyes károsítók – kártevők, kórokozók, gyomok – megjelenését, ami lehetővé teszi a gyors reagálást, a megalapozott döntéshozatalt és indokolt esetekben a célzott védekezést. Az integrált növényvédelem kimondja, hogy a védekezést minden esetben okszerűen, lehetőség szerint előrejelzésre alapozva kell végezni. Nagy

munkaerő ráfordítással járó feladat ugyan, de számos pozitív hatása van, többek között ide tartozik a környezetterhelés csökkentése, elkerülhető általa az indokolatlan vagy nem időben végzett védekezés. Hozzájárul, hogy megelőzhető legyen a rezisztencia kialakulása, hozzájárul a természetes ellenségek védelméhez és az ökológiai egyensúly fenntartásához. Az adat alapú döntéshozatal lehetővé teszi a szerhasználat csökkentését, ami a környezet kímélése mellett gazdasági szempontból is jelentős előnyökkel járhat. A monitoring során kinyert adatok a jövőben is segítséget nyújthatnak a növényvédelmi stratégiák tervezésénél.

Magyarországon az elmúlt évtizedekben két *Lepidoptera* faj okoz nagy károkat a kukoricaföldeken, a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) és a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*). A populációk megjelenése növekvő tendenciát mutat és mindkét faj károsítása jelentős termés kiesést és minőségbeli romlást okozhat. Mindez szükségszerűvé teszi az állomány és a populációdinamika nyomon követését, hiszen ez a további integrált beavatkozási döntés alapja.

Célkitűzés:

Az integrált növényvédelem gyakorlati megvalósításának néhány kritikus elemének (monitoring, beavatkozási döntéshozatal, kártétel) vizsgálata, valamint ezek következményeinek elemzésével az integrált növényvédelem táblaszintű alkalmazásának támogatása.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A kukoricatermesztés jelentősége és helyzete globálisan, az Európai Unióban és Magyarországon

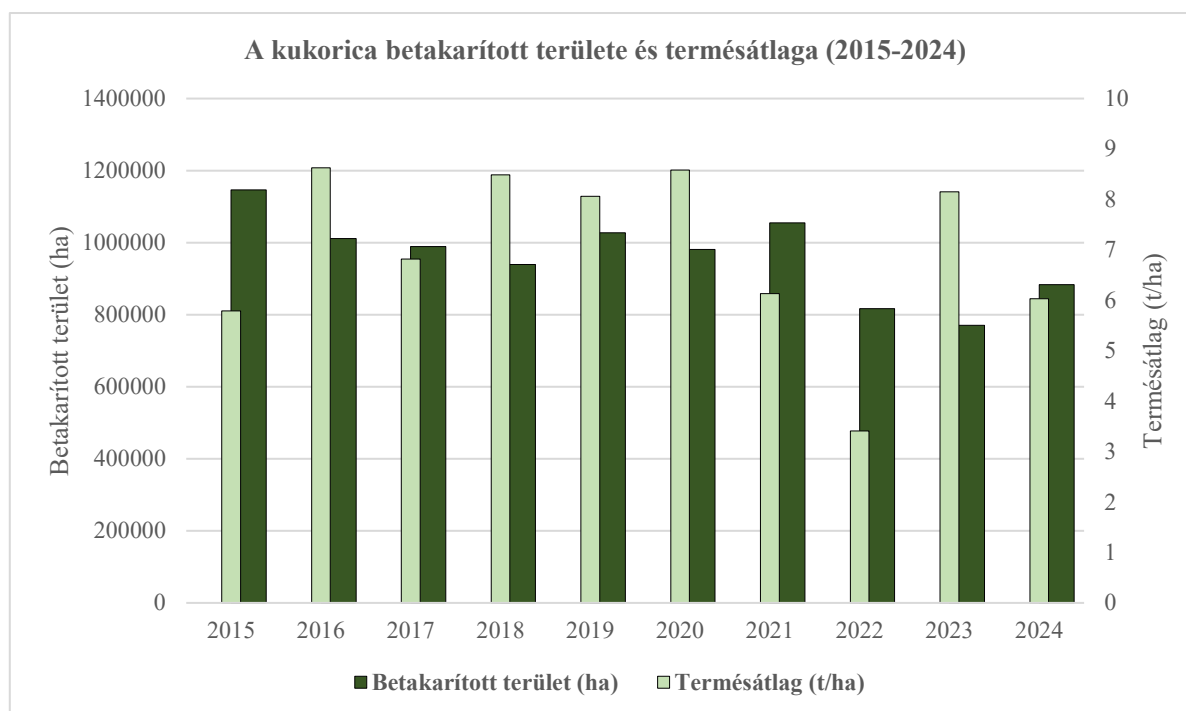
A kukorica jelentősége elsősorban a sokoldalúságából ered. Globálisan elmondható, hogy legnagyobb mennyiségben takarmányként használják fel, de jelentős az élelmiszeriparban betöltött szerepe is, kiváló energiaforrás. A bioetanol gyártás alapanyagént kiemelkedő jelentőségű, továbbá zöldtrágyaként, valamint állati alomként is hasznosítható (Ranum et al. 2014). Mivel magas a keményítő tartalma ezért a cukor, alkohol és a keményítő gyártás alapanyagaként ipari felhasználása is lehetséges.

A világ egyik legnagyobb mennyiségben termelt kultúrnövénye. Globális tekintetben a legnagyobb kukorica előállító ország az Egyesült Államok, évente körülbelül 350-380 millió tonnát termel meg, (2023-ban 390 millió tonnát) melynek nagy része exportra, takarmánynak vagy etanolgyártásra kerül. Az Egyesült Államok után Kína (289 millió tonna), Brazília (132 millió tonna) és Argentína (41 millió tonna) is jelentős kukorica előállítók. Globális viszonylatban 2023-2025-ben a kukoricatermelés stabil növekedést mutat, ami elsősorban a technológiai fejlesztéseknek és a növekvő keresletnek köszönhető.

Az Európai Unió kukorica termelése 2023-ban 8,3 millió hektáron folyt, az előállított termésmennyiség pedig 61 millió tonna körül alakult, ebből következően az átlagos termésmennyiség megközelítőleg 7,35 t/ha volt. Az Európai Unió legnagyobb kukoricatermesztő országai Lengyelország, Franciaország, Románia és Magyarország voltak (FAO 2023).

A Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint Magyarországon 2024-ben a kukorica termőterülete 883 060 ha volt, a megtermelt mennyiség 5,3 millió tonna. A betakarított termés átlagos mennyisége 6,03 t/ha körül alakult (KSH 2024).

Az elmúlt 10 évet tekintve a kukorica termésátlagai nagy ingadozást mutatnak hazánkban, míg 2016-ban 8,6 t/ha, addig 2022-ben mindösszesen csak 3,4 t/ha volt a betakarított átlag Magyarországon (1.ábra). Ez a szignifikáns különbség többek között annak köszönhető, hogy a 2022-es év extrémén aszályos volt és ennek következtében a termés hozamok alulmúlták az előző évek átlagait. Napjainkban közvetlen és közvetett módon a kukoricatermesztést jelentősen befolyásoló, számos szempontból aktuális tényező a hőmérséklet emelkedése és a klímodellek globálisan valószínűsítik a szélsőségek további növekedését (IPCC 2022).



1. ábra A kukorica betakarított területének és termésátlagainak alakulása Magyarországon (2015-2024)
(KSH adatai alapján)

A Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. által közzétett adatok alapján, a 2025-ös év nyári időszaka országos átlagban 1,2 °C-kal meghaladta az 1991-2020-as éghajlati normált. Júliusban a mért legmagasabb hőmérsékleti érték meghaladta a 40 °C-ot is, és a nyári időszak folyamán mért hőségnapok száma egyre növekszik. Ezt pedig fokozza az, hogy a csapadékmennyiség tekintetében alulmaradt a szokásostól. Magyarországon a globális felmelegedés kritikus helyzetbe sodorta a kukoricatermesztést. A szélsőséges időjárási viszonyok (Naagla et al. 2014), például a csapadékhiány és az aszály súlyos következményeket von maga után, mert az egyébként nem érzékeny kukorica is megsínyli az abiotikus stresszhatásokat. A nyári aszály és szárazság még a jó vízgazdálkodású talajokon is okozhat termés kiesést (Gombos és Nagy 2019). A reprodukív vagy a növekedési szakaszban fellépő aszálystressznek lehet a legpusztítóbb hatása, és jelentősen csökkentheti a terméshozamot (Kim és Lee 2023). A globális felmelegedés nemcsak a növények egyes életszakaszait befolyásolja, hanem megfelelő környezetet teremthet egyes károsítók elterjedéséhez. Potenciálisan veszélyes kártevők megjelenésének, felszaporodásának kedvezhetnek és hatással lehetnek a dinamikájukra, ugyanakkor a természetes ellenségekre is hatással van. Az aszálytól szenvedő kukorica, főleg, ha a meleg hatására felszaporodott kártevő károsítja, jelentős mértékben fogékonyabbá válik egyes kórokozók általi megfertőződésre is, valamint a gyomnövények is sokkal könnyebben felszaporodhatnak az állományban.

Összességében a kukorica termőképességét mind a biotikus, például az előzőekben említett hőmérséklet, vízellátottság vagy akár a talaj állapota, valamint, mind az abiotikus tényezők, mint kártevők, kórokozók és gyomok együttesen határozzák meg.

Az aszály kihívásainak leküzdése egy viszonylag új, de úgy tűnik, hogy napjainkra állandóvá váló probléma, amit csak megfelelő integrált szemlélet alkalmazásával lehet mérsékelni. A komplex rendszert átfogóan kell kezelni a különböző módszerek kombinálásával, előrejelzésre alapozva és rendszerközpontú megközelítéssel az eredményesség érdekében.

2.2 Gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner)

A Rovarok (*Insecta*) osztályába, a Lepkék (*Lepidoptera*) rendjébe és azon belül a bagolylepkefélék (*Noctuidae*) családjába tartozó faj.

2.2.1 Elterjedés

A gyapottok bagolylepke (*H. armigera*) kiemelkedő jelentőségű invazív kozmopolita mezőgazdasági kártevő. A világ egyik legártalmasabb polifág rovarkártevői közé sorolják, egész Európában jelentős károkat okoz, többek között kukoricában, dohányban, hüvelyes növényekben, vagy akár zöldségfélékben, például paradicsomban és paprikában (Romeis et al. 1995). Egyes kutatások szerint muskátlin, szegfűn vagy krizantémon is megjelenhet, valamint több gyümölcsfa esetében is problémát okozhat, ami még inkább mutatja, hogy mennyire széles tápnövény-spektrummal rendelkezik (Saraf et al. 2015). Neve onnan eredeztethető, hogy őshazájában elsődleges tápnövénye a gyapot.

Magyarországon szokatlanul nagy egyedszámban először 1993-ban detektálták (Pénzes et al. 1994, Szeőke 1994, Zareczky és Vörös 1994). Ez az adat EPPO adatbázisában is szerepel. Elsősorban azokban az években volt tapasztalható a magyarországi gradáció, amikor elsődleges elterjedési területein annyira felszaporodott, hogy a lárvák számára már nem állt rendelkezésre elegendő táplálék, és elindultak észak felé. Tehát a gyapottok bagolylepke mediterrán eredetű faj és hazánkban csak vándorlepkéként volt sokáig jelen, nem volt képes áttelelni. Idővel a klimatikus változásoknak és a faj adaptív képességeinek köszönhetően változó egyedszámban ugyan, de rendszeressé vált a jelenléte és kártétele (Szeőke és Vörös 2001). A vizsgálatok kimutatták, hogy járványok főleg a meleg és száraz nyarú években figyelhetők meg elsősorban, de napjainkra stabil kolóniákat hoz létre Magyarországon és a kukoricatermelés egyik legmeghatározóbb kártevőjévé vált.

2.2.2 Morfológia, életmód és kártétel

Teljes átalakulással fejlődik, tehát van pete, lárva, báb, imágó állapota. Vörösesbarna színű fedettbábbal rendelkezik, lárvája változatos színű valódi hernyó (2. ábra). Bizonyított, hogy



különböző termesztési rendszerekben eltérő mintázattal rendelkező lárvák fejlődhetnek ki. A genetikai tényezők mellett befolyásoló lehet többek között a hőmérséklet, csapadék, páratartalom, melyek az életsiklusra is hatással vannak (Hazel 2002, Saraf et al 2015). Emellett a lárva színe összefügg a tápnövény színével is, vagyis rendelkeznek tápnövényhez kapcsolódó színadaptációval (Keszthelyi et al. 2024). A 30-40 mm hosszúságú idősebb hernyók lehetnek zöldek, rózsaszínesek, barnák, szürkék vagy feketések is. Hátoldali részükön négy sötét és köztük három világosabb vonal húzódik (Keszthelyi 2016).

2. ábra Kukoricacsövet károsító gyapottok bagolylepke hernyója (*Takács A.*)

A kifejlett imágó elülső szárnyai világosbarna vagy okkerbarna színezetűek, vesefoltja és a széles külső

keresztvonal sötétebb. Körfoltja egyáltalán nem, vagy csak nyomokban látható, míg csapfolttal nem rendelkezik. Szárnyfeszítávolsága 25-40 mm. Az imágó a piszkos-fehér színű, „pápasüveg” alakú tojásait egyesével a generatív részek közelébe helyezi le.

A gyapottok bagolylepke melegkedvelő vándorlepke. Kiváló alkalmazkodóképességgel rendelkezik, számára kevésbé megfelelő körülmények között is képes fennmaradni, ami elsősorban a polifág táplálkozásmódnak, a nagy szaporaságnak, valamint a fakultatív diapauzának köszönhető. Fejlett élettani mechanizmusokkal rendelkezik, hiszen különböző kémiai összetételű tápnövényeken képes táplálkozni, ami a biológiai rendszerekben való túléléshez hozzájárul (Sarate et al. 2012).

Előfordulási helyének függvényében évente több nemzedéke fejlődik ki. Magyarországon 2-3 nemzedék jellemző és bábállapotban tel el a talajban. (Keszthelyi et al. 2013). 2003-ban három nemzedék kifejlődéséről írnak, melyek közül az első nemzedék imágói feltehetően hazánkban áttelelt tojásokból fejlődtek ki, mivel már május végén repültek (Hoffman 2004). A hazai áttelelő egyedek kiegészítik az egyébként elsősorban migráló, délről bevándorló populációt.

A gyapottok bagolylepke egyedeinek megjelenésére májustól kell számítani, majd a második nemzedék rajzása júliustól októberig is elhúzódhat. A tömeges rajzásuk általában augusztusban

következik be. Elmondható, hogy a nemzedékek sok esetben összemosódnak, ami a védekezést is nagyban megnehezíti.

Legfőbb károsító a lárva. A nőtények tojásaikat a virágzó növényi részekre teszik, majd a kikelő lárvák táplálkozása okozza a gazdasági károkat (Reed és Pawar 1982). Elsősorban a generatív részeket preferálják (Dömötör 2003, Leskó és Szabóky 2003), kukoricában a kelő hernyók előbb a címert majd a csövek végét károsítják (Zareczky és Vörös 1994), valamint az érésben lévő szemeket fogyasztják. Jellegzetes rágcsáléka termésszennyező, de jó indikátor a kártevő megjelenését illetően.

2.3 Kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hübner)

A Rovarak osztályába (*Insecta*), Lepkék rendjébe (*Lepidoptera*) és azon belül a csőröstüzmolyok (*Crambidae*) családjába tartozó faj.

2.3.1 Elterjedés

A gyapottok bagolylepkéhez hasonlóan globálisan elterjedt kozmopolita kártevő. Egész Európában és Észak-Amerikában jelentős (Mason et al. 2018). Úgy tartják, hogy Euráziából származik, majd onnan hurcolták be más Földrészekre. A kukoricamoly, mint őshonos kártevő, Magyarországon csak a 16-17. század környékén szokott át az Amerikából betelepített kukoricára (Keszthelyi et al. 2003), előtte kenderen, vadkomlón és más dudvás szárú növényeken fordulhatott elő (Fejes-Tóth 2015). A Kárpát-medencében általánosan elterjedt, de elsősorban a medence déli részén végez nagyobb károsítást (Ubrizsy és Reichart 1958, Nagy 1986). Terjedésében szerepet játszott a monokultúra térhódítása, valamint az intenzív termesztés megjelenése. Továbbá, valószínűsíthetően a kukoricamoly terjedéséhez is hozzájárult a globális felmelegedés, és emiatt elterjedési területének további növekedésére, valamint hazánkban a tömeges felszaporodására kell számítanunk, így az ellene való hatékony védekezés is egyre nagyobb jelentőséggel bírhat a jövőben.

2.3.2 Morfológia, életmód és kártétel

Ivari dimorfizmus jellemzi, a hímek kisebbek és sötétebbek a nőtényeknél (1796-ban két külön fajnak írták le őket). A hímek szárnyfesztségük 22-25 mm, lilásbarna elülső szárnyakkal rendelkeznek, melyeken hullámos keresztvonalak láthatóak. A nőtények alapszíne világossárga, rajta okkersárga rajzolattal, tora és potroha teltebb (Nagy 1993). 25-50 tojásból álló csomókban teszi le 0,5 mm átmérőjű tojásait (Balázs és Mészáros 1998). Általában öt lárvaállapot különböztethető meg a bábozódásig, a kifejlett idősebb 22-26 mm hosszúságú hernyók szennyesfehér színűek, hátoldalukon hosszanti irányú szürke sávokkal, hat sörtét

viselő szemölcsessel szelvényenként (Keszthelyi et al. 2003, Szeőke 2015). Barna fedettbábja általában laza szövédékben a lárvajáratban található.

Polifág kártevő, de erős preferenciát mutat a kukorica iránt (Cruz és Eizaguirre, 2016). Az egész vegetációs periódus alatt jelen lehet és elterjedési területétől függően változik a kifejlődő nemzedékszám. Magyarországon rendszerint 1-2 nemzedékkel rendelkeznek, az északnyugati részekén évente egy, a déli részekén évente két nemzedékes ökotípusok jellemzőek. Magyarországi vizsgálatok alapján az egy-és kétnemzedékes, bi-és univoltin ökotípusok génállománya megegyezik, tehát az egyes populációk diapauza nélküli fejlődése nem genomikusan meghatározott (Ács és Keszthelyi 2005).

Négy fő fejlődési szakaszon megy keresztül, ami a tojás, lárva, báb, imágó. A diapauzáló lárva a kukoricaszár alsó ízközeiben telel át. A szár védelmében téli fagyokat is károsodás nélkül vészei át. Tavasszal a bábozódás után, május környékén az imágók elkezdnek rajzani. Hűvösebb tavasz esetén a bábozódás és a rajzás elhúzódhat (Manninger 1949). Egy nőstény akár 300-500 tojást is lerakhat a körülbelül 2-3 hetes élettartama alatt, és 4-10 nap alatt kikelnek a hernyók a hőmérséklet függvényében. A peterakás június végén elkezdődhet, de jellemzően júliusban történik (Hanó 1976). Az L1-es hernyók telepednek meg a kukoricán és károsítanak (Keszthelyi et al. 2003).

Kukoricamoly esetében is a lárva a fő kártevő, de kárképe változatosabb. A frissen kikelő lárvák a kukorica fiatal levelein táplálkoznak, átrágják a leveleket, melyek még nem bomlottak ki. Rágásukkal tipikus fajra jellemző „furulyás leveleket” okoznak, mert a kibomlás után egy sorban láthatóak a károsítás következtében kialakult lyukak, mint egy furulyán (3. ábra). A leveleken kívül a szárat is károsíthatja, melynek elsősorban a felső részébe furakodik be, és gyakran le is törik a szár a behatolás következtében. A náduszokon nem tud átjutni, ezért ki-és behatolási lyukakat rág, a lyukak mellett fehéres színű ürüléket, rágcslék nyomot láthatunk sok esetben (Ábrahám et al. 2011) (4. ábra).

A szár végigrágásával megzavarja a növény tápanyag- és vízforgalmát. Később, a már idősebb lárvák a kukoricacsőbe is berághatják magukat. A kukoricamoly súlyos kártétel esetén akár 70-80%-os termésveszteséget is okozhat (Mencarelli et al. 2013). A csőtörés, a szártörés és a megdőlés a betakarítást is nehezíti.



3-4. ábra Kukoricamoly levél és szárkártétele
(Takács A.)

2.4 A *Lepidoptera* csökörtéveők előrejelzésének fontossága és egyes lehetőségei

Az integrált védelem alapelvei szerint védekezési beavatkozást csak gazdaságilag és ökológiailag indokolt esetben, és pontos információra alapozott döntéssel alátámasztva lehet elvégezni, ezért fontos ismernünk a kártevők előrejelzésére használható módszereket és eszközöket (Barzman et al. 2015). Tehát nem elfelejtve az integrált növényvédelem alapelvét és lehetőségeit, de praktikus okokból, elsősorban a monitoring fontosságára koncentrálna az előrejelzés kiemelésével kezdem a védelem eszközeinek taglalását. A védekezés kulcsfontosságú eleme, és az eredményesség feltétele tehát az időzítés, és ennek értelmében a monitoring. A túl késői védekezés esetében, a gyapottok bagolylepke hernyók már a csuhélevelek alá rágták magukat, ahová az inszekticid csak kis mértékben, vagy egyáltalán nem jut el (Dömötör 2002). Viszonylag szűk időintervallum áll rendelkezésre, hogy az esetleges beavatkozásokat elvégezzük, melyeket a rajzáscsúcsokhoz igazodva kell időzíteni, az L1-es lárvák tömeges megjelenésére (Dömötör et al 2007). Ezért a növényvédelmi beavatkozások szempontjából kiemelkedő szerepe van a rajzásmegfigyelésnek (Guerrero et al 2014). A különböző előrejelzési-csapdázási rendszerek nyújtanak ebben segítséget, a kártevők felmérésében és a védekezési döntések meghozatalában (Baker et al. 2011). A gyapottok bagolylepke ellen a szexferomon csapdás rajzásmegfigyelés alkalmazása a legelterjedtebb

(Szócs et al. 1995). A szexferomon a faj nőtény egyede által termelt anyag, amivel párzási szándékát jelzi, és emiatt a hímeket vonzza. Emellett persze fénycsapdával is történhet a felmérés, és az egyedi növényvizsgálat is hasznos eredményekkel szolgálhat. Egy Magyarországon végzett innovatív kísérlet alapján akár 82%-os pontossággal előrejelezhető a gyapottok bagolylepke kártétele hiperspektrális műholdképek alkalmazásával (Sári-Barnácz et al. 2024).

A kukoricamoly esetében szintén jelentős szerepe van az előrejelzésnek, mert ha a hernyók berágják magukat a szárba, akkor szintén hatástalan lesz bármiféle kezelés. A védekezés akkor tud a leghatékonyabb lenni, ha a tömeges peterakás előtt történik, és a kelő lárvákat el tudja érni a hatóanyag. A tömeges rajzásra néhány nappal a tömeges peterakás után lehet számítani. A megjelenés detektálására és a rajzás nyomonkövetésére fény, szexferomon és illatanyag csapdák is rendelkezésre állnak (Nagy et al. 2019). A gyakorlatban legmegbízhatóbbnak a biszex csapdák bizonyultak a kukoricamollyal szemben, melyekben a csalogatóanyag nem feromon, hanem kairomon hatáson alapuló növényi illatanyag kombinációt tartalmazó táplálkozási attraktáns (Szócs et al. 2018). Benne a vonzó illatanyag a fenilacetaldehid, aminek a kukoricamollyal szembeni érzékenységét 1990-ben igazolták (Maini és Burgio 1990), majd idővel egy szinergista vegyület (4-metoxifenetil alkohol) hozzáadásával sikerült a hatásosságot növelni, és kifejlesztették a kétkomponensű biszex csalétket (Tóth et al. 2016). Ennek következtében a módszer nőtényeket és hímeket is fog (Tóth et al. 2017, Nagy et al. 2019). A nőtények rajzásának ismeretében a peterakás időpontja pontosabban meghatározható, ami lehetővé teszi a védekezés még optimálisabb időpontjának a meghatározását (Witzgall et al. 2010), viszont hátránya, hogy a célfajon kívül más közelebbi és távolabbi rokon fajokat is foghat, valamint kis mértékben csalogatja a háziméhet (*Apis mellifera*) is (Tóth et al. 2018).

2.5 A *Lepidoptera* csökörtévek elleni integrált védelem egyes eszközei

Amennyiben indokolt, védekezés során lehetőség van inszekticid alkalmazására, de a gyakorlatban a takarmánykukorica termesztése során ritkán haladja meg a kártévesztettség a gazdaságilag indokolt szintet (Pálfi 1983). Ha mégis szükséges lenne rá, akkor az inszekticidek alkalmazása esetén minden esetben figyelemmel kell lenni a szermaradék kockázatára, valamint arra, hogy számos negatív következménnyel járhat a felhasználásuk. Ezek közé tartozik a rezisztencia kialakulása, a környezetszennyezés, a kártévesztettség újbóli elszaporodása, valamint a nem célszervezetekre gyakorolt káros hatás (Nihal et al 2020). Ezek

a problémák fontossá teszik a hatékony, de környezetre ártalmatlan alternatívák előnyben részesítését.

Az integrált védelem eszköze az agrotechnika lehetőségeinek kihasználása is, ami elsősorban a kukoricamoly elleni védelemben tölt be jelentős szerepet, hiszen lárvája a növényi szárban telel, tehát a szár aprítása és leforgatása hatékony eljárás lehet ellene. Ezáltal lehetőség van a vegetáción kívüli periódusban az áttelelő alak gyérítésére (Ivezić et al. 2023). A kukoricatermesztést folytató gazdák és termelők a növényvédelmi tevékenységről szóló 43/2010. (IV.23.) FVM rendelet alapján kötelesek védekezni ellene, legkésőbb minden év április 15-éig, a szármaradványok leforgatásával vagy más módon való megsemmisítésével, mert aláforgatás hiányában túlél a populáció egy része. A kukoricamoly ellen a helyes agrotechnika alkalmazása akár 95%-os hatékonyságot is biztosíthat egyes amerikai kutatások szerint (Bigger és Petn 1953).

A természetes ellenségek szintén hatékonyan gyérítik mind a gyapottok bagolylepke, mind a kukoricamoly populációkat. Közülük a *Trichogramma* petefürkész fajok (*T. pinto*i és *T. evanescens*) alkalmazása egyre nagyobb teret nyer, hiszen a lepkekártevők egyik legfontosabb természetes ellenségeként tartják számon őket (Meissle 2009). Ezek a fajok a darazsak nemzetségébe tartoznak, és arról ismeretesek, hogy más rovarok tojásait parazitálják, vagyis a nőtény egyedek petéiket a kártevő tojásaiba helyezik tojócsövükkel, a kikelő lárvák ott táplálkoznak, így megakadályozva a kártevő lárva fejlődését és kikelését. A *Trichogramma* fajokon kívül számos más parazitoid és predátor ismert, többek között ragadozópoloskák, zöldfátyolkák, katicabogár-félék is fogyasztják a lepkepetéket, valamint a fiatal hernyókat. Ezért is fontos a természetes ellenségek védelme, és az őket kímélő és támogató technológiák előtérbe helyezése (Keszthelyi 2017). Egyes entomopatógén fonálféreg, különösen az *Steinernematidae* és a *Heterorhabditidae* családokból, szintén alkalmazhatóak rovarkártevők ellen, mint biológiai védekezési ágensek (Askary 2022). Egyes eredmények alapján a *H. indica* fonálféreg laboratóriumi körülmények között 100%-os mortalitást képes okozni a gyapottok bagolylepke ellen (Singh et al. 2025). A fonálféreg olyan egyes gram-negatív szimbióta baktériumokkal élnek kölcsönös kapcsolatban, amik a rovar 24-28 órán belüli szepszisést okozhatják (Woodring és Kaya 1988, Ahantarig et al. 2009).

A biológiai növényvédelemben sok esetben a természetes ellenségek kivonatait alkalmazzák, melyre jó példa a *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* baktérium, melynek ABTS-351-es törzsének toxinspóráit és kristályait a DIPEL DF nevű készítmény tartalmazza (Ocskó 2018). Ez a baktérium olyan inszekticid hatású fehérjét termel a sporuláció fázisában, melyek a lepkefajok ellen kiváló hatékonysággal bírnak (Bravo et al. 2019), de más rendbe tartozó

kártevőkre vagy hasznos szervezetekre nem jelent kockázatot (Hluchy 2005). Ugyanakkor néhány tanulmány szerint potenciális veszélyt jelent a rezisztencia kialakulása ellene (Thieme et al. 2018, Smith et al. 2019). A *B. thuringiensis* transzgénikus felhasználásával lehetőség van rovarrezisztens kukoricafajták előállítására is. Az így kialakított Bt kukorica minden része képes lesz termelni azt a toxint, ami ölő hatást fejt ki a lepkefélék ellen (Kakrallya 2005). Magyarország ugyanakkor moratóriumot tart fent a GM növényekkel szemben, így a világon széleskörűen alkalmazott kukoricamoly-rezisztens MON810-es fajtákra nézve is (Ángyán 2007).

2.6 Csőpenészedést okozó kórokozók

A *Lepidoptera* fajok nem csak a közvetlen kártételükkel okozhatnak problémát, hanem közvetetten egyes fitopatogén gombák megtelepedését is elősegítik, mert utat nyitnak károsításukkal a kórokozóknak. Számos kutatás támasztja alá, hogy pozitív összefüggés van a gyapottok bagolylepke és a kukoricamoly kártétele és bizonyos patogén gombák megjelenése között (Darvas et al. 2011).

Ezek a diszpozíciós kórokozók legkönnyebben sebzéseken keresztül fertőznek, így a hernyók rágása okozta sérülések jelentős fertőzési felületet adhatnak. A gyapottok bagolylepke és a kukoricamoly együttes megjelenésének még súlyosabb következményei lehetnek, valamint bizonyos esetekben vektor szerepet is betölthetnek. Egyes kutatásokban fellelhető, hogy a lárvák a *Fusarium* gombafonalak elfogyasztásával, majd az ürülékükkel képesek terjeszteni a kórokozót (Darvas et al. 2011). Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a kórkép kialakulásához minden esetben három tényező együttes és egyidejű jelenléte szükséges, ez a megfelelő patogenitású kórokozó (inokulum), a fogékony növényi genotípus és a fertőzés kialakulásához megfelelő körülmények. Ha ezen tényezők közül valamelyik nem teljesül, akkor a betegség nem alakul ki.

A kukoricában az *Aspergillus* okozta csőpenészedés és a *Fusarium* nemzetség okozta csőpenészedés rednelkeznek nagy jelentőséggel (Smith 1997, Abramson 1997, Masiello et al. 2019). A kukoricatermesztés során sok esetben nem is a kártevők okozta kár a legjelentősebb probléma, hanem ezeknek a kórokozóknak a megjelenése, hiszen amellet, hogy az értékesíthetőséget rontják (Keszthelyi 2018), a termesztés legsúlyosabb növényegészségügyi problémáját is okozzák, mert olyan toxikus anyagokat termelhetnek, amelyekhez állati és emberi megbetegedések is köthetőek (Gurikar 2022, Yu és Pedroso 2023).

A mikotoxinok másodlagos metabolitok, anyagcseretermékek, nagyon veszélyes toxikus vegyületek, és akut vagy krónikus hatások széles skálája köthető hozzájuk, ezeket összefoglalóan mikotoxikózisnak nevezik (Jard et al. 2011). A kultúrnövény számára is károsak, mert felhalmozódásukkal megzavarhatják a fiziológiai és anyagcsere folyamatokat, ennek következtében beavatkoznak a növények növekedésébe és a termés hozamot is befolyásolhatják (Thompson és Rhaizada 2018, Bhusal és Khanal 2019). A termesztett kukorica 10-20 %-ára becsülik a betakarítás előtti gombás megbetegedések okozta veszteségeket (Bebber és Gurr 2015). A veszélyességet mutatja az is, hogy főképpen az egészségügyi kockázatok miatt a takarmányban jelen lévő egyes toxinokra vonatkoztatott maximális határértékeket rendeletben határozzák meg. Ami a problémát fokozza, hogy a legtöbb mikotoxin a hagyományos élelmiszer feldolgozás során is magas stabilitást mutat és nehezen távolíthatóak el (Mohsen et al. 2020).

Ezek a patogén gombák nemcsak a kártevők okozta sérüléseken juthatnak be a növénybe, hanem minden olyan körülmény kedvez nekik, amely gyengíti a növényt, ilyen lehet a nagy hőség, a nagy napi hőingadozás, egy erőteljesebb és nagyobb mennyiségű csapadék, a nem megfelelő állapotú talaj, vagy a betakarítás utáni kezelési gyakorlatok is olyan tényezők, amik hozzájárulhatnak a fertőződéshez és a toxin termeléshez (Amaike és Keller 2011).



5-6. ábra *Aspergillus* és *Fusarium* fertőzés tünete a kukoricacsövön
(Takács A.)

Az élelmiszer és takarmánybiztonsággal kapcsolatos problémák egyre nagyobb teret kezdenek nyerni, mert a globális felmelegedés hatással van a mikotoxinok megjelenésére. Európában is egyre jelentősebb élelmiszerbiztonsági problémává válik a jelenléte a takarmányban és az élelmiszerekben (Battilani et al. 2016). Olyan régiókban is megjelenhetnek, ahol addig nem fordultak elő (Jallow et al. 2021). Például Olaszország és Dél-Európa egyes részein, már olyan mennyiségben mutattak ki aflatoxin szennyezettséget, amelyre előtte nem volt példa (Moretti et al. 2019). Mindez számos összetett kölcsönhatást idézhet elő, a kártevők, kórokozók, a környezet és a növények tulajdonságainak megváltoztatásával (Hope és Magan 2003). Kiemelendő az is, hogy kutatások támasztják alá, hogy egy növény többféle mikotoxinnal is megfertőződhet (Borutova et al. 2012).

2.6.1 Csőpenészedést okozó *Fusarium* faj jellemzése

Az *Ascomycota* törzs *Hypocreales* rendjébe tartozó *Fusarium* nemzetségbe növény, állat és humánpatogén gombák is tartoznak. A növénypatogén gombáknak az egyik legjelentősebb csoportját képviselik, és az egész világon befolyásolják a mezőgazdasági termelést (Windels 2000, Alisaac és Mahlein 2023, Szécsi és Szőke 2023). Rendkívül sokféle fajt foglal magában, legalább 300 filogenetikailag elkülönülő fajból, 20 fajkomplexumból és 9 monofiletikus vonalból áll (O'Donell et al. 2022).

A Magyarországon a leggyakoribb kórokozói a *Gibberella zeae/Fusarium graminearum*, *Gibberella moniliformis/Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum*, *Fusarium subglutinans*, melyek szintén világszerte okoznak jelentős problémákat (Laraba et al. 2017, Mu et al. 2019, Xu et al. 2021). Bármely fenológiai stádiumban képesek megbetegíteni, bármely növényi részt (Szécsi 1994). Csíranövénypusztulást, szártőkorhadást, csőpenészedést okoznak. A csőpenészedésért, ami a gyakorlatban legnagyobb mezőgazdasági problémákat okozza, a kukorica esetében, elsősorban a *Fusarium verticillioides* felelős, ami a *Liseola* szekcióba tartozik (Szécsi 1994). Jellemzője, hogy képes mind szaprofita, mind endofita életmódra, ezáltal hosszú távon fennmaradni a környezetben és a növényben egyaránt. A gomba a fertőzött növényi maradványokban micélium formájában telel át, tavasszal pedig konídiumokat képez, amelyek széllal, esővel vagy rovarok közvetítésével terjednek tovább. Különösen fontos biológiai sajátossága, hogy a mag belsejében is megmaradhat, így a fertőzés vetőmaggal vertikálisan is továbbörökíthető. A *F. verticillioides* melegkedvelő faj, amely alacsony nedvességtartalom mellett is életképes marad, ezért aszályos években és raktározás során is jelentős kockázatot jelenthet a fumonizin-toxinok felhalmozódása miatt (Logrieco et al., 2002, Leslie és Summerell 2006, Mesterházy 2020).

A legelterjedtebb és gazdaságilag legmérgezőbb *Fusarium*-toxinok a trichotecének, a fumonizinek, és a zearalenon. A fumonizineknek három fő típusa a FB₁, FB₂, FB₃, melyek gyakorlati szempontból is a legjelentősebbek (Mesterházy et al. 2022), és melyek közül az FB₁ a leggyakoribb és legveszélyesebb. Megállapították, hogy többek között neurotoxikus és hepatotoxikus hatású, és az IARC (International Agency for Research on Cancer) lehetséges emberi rákkeltőként azonosította (Voss et al. 2007).

A fuzáriózis megjelenése és a kukoricamoly kártétele közötti kapcsolat változó mértékű, de minden esetben pozitív (Szőke és Marton 2010, Bánáti et al. 2010). Többek között Folcher is vizsgálta a Mon810 transzgénikus kukoricahibrideken, melyek a kukoricamollyal szemben ellenállóak, hogy a fumonizin és ZEA koncentráció számottevően kevesebb volt, mint a nem Bt transzgénikus növényeken (Folcher et al. 2010).

A *Fusarium* fajok térnyeréséhez hozzájárul az is, hogy az elmúlt évtizedben Közép-Európában egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek és egyre elterjedtebbek a talajkímélő termesztési rendszerek, valamint a forgatás nélküli talajművelés (Pires et al 2017). Ezek a rendszerek számos pozitív hatással rendelkeznek, hiszen megőrzik a talaj nedvességtartalmát és a talajélet fenntartásához is hozzájárulnak, ugyanakkor azt is szem előtt kell tartani, hogy forgatás nélkül a felszínen maradt kukoricaszár lehetőséget nyújt a *Fusarium* fajok fertőzésének (Behnke et al 2021). Valamint a kukoricamoly számára áttelelőhelyet biztosít a következő évre, ami az egyik fő okozója a mikotoxin termelő gombák megjelenésének (Keszthelyi et al. 2021). Továbbá a vetésforgó kialakítása is nehézkes hazánkban, hiszen a fuzáriózis nemcsak a kukoricán jelenhet meg, hanem többek között az őszi búzát is megbetegítheti, ami szintén a legfontosabb és legnagyobb termőterületen termesztett kultúrnövényeink egyike, és emiatt sok esetben a területeken egymást követik (Simkó és Veres 2021). A búza szármaradványaiban áttelelő *Fusarium*, ha utána a vetésforgóban kukorica kerül, akkor könnyedén megfertőzheti azt. A vetésforgó, termesztéstechnológia befolyásoló tényezők, de mint védekezési lehetőség alkalmazhatóak a DMI (demetilezést gátló) típusú fungicidek, melyeknek hatóanyagai azolok és benzimidazolok. Ugyanakkor a hosszú távú, intenzív alkalmazása ezeknek a gombaölőknek, több negatív hatással járhat, például fungicidtolerancia kialakulását okozhatják (Zhao et al. 2021) és környezeti, valamint súlyos emberi kockázatokat is hordozhatnak (Peréz-Cantero et al. 2020).

A fuzáriumos betegségek elleni védekezés során új lehetőségként jelent meg az RNS interferencia mechanizmusának kihasználása, de a teljeskörű megértése még hiányos, a szántóföldi körülmények közötti használatáról kevés adat áll rendelkezésre, ami miatt gyakorlatban való alkalmazása még nem történt meg (Liu et al. 2024).

2.6.2 Csőpenészedést okozó *Aspergillus* faj jellemzése

Az *Aspergillus* nemzetség szintén világszerte előfordul. A csőpenészedésért felelős fő kórokozó az *Aspergillus flavus*, ami egy opportunistá fonalas gomba és az *Ascomycota* törzsön belül az *Aspergillus flavi* szekcióba tartozik. Növényi maradványokon vagy a talajban képes fennmaradni szaprofita szervezetként, és a szél, a csapadék segítségével vagy a rovarokkal terjed a konídiumaival (Amaiike és Keller 2011). A konídiumok ivartalan úton mitotikus sejtosztódással keletkező gombaspórák, amik lehetővé teszik a faj gyors terjedését. A növényi maradványok szöveteiben képes túlélni micélium formájában, vagy akár több éven keresztül fennmaradni a talajban kitartó képleteivel, szkleróciumokkal vagy a konídiumokkal. Ez azért jelentős, mert kedvezőtlen körülmények között áttelelnék a talajban, majd amint kedvezővé válnak számára a feltételek, akkor kicsíráznak, micéliummá alakulnak, majd újra terjedni kezdenek és növényeket fertőznek meg. Az *A. flavus* meleg- és szárazságtűrő faj, és főként az érés és a betakarítás időszakában okoz fertőzést (Amaiike és Keller 2011, Frisvad et al. 2019). Az *A. flavus* esetében is kimutatott a pozitív korreláció a rovarragás és a gomba megjelenése között (Ni et al. 2011).

Az *A. flavus* aflatoxinokat termelhet, amik nagyon súlyos megbetegedésekhez vezethetnek (Britzi et al 2013), de egyes kutatások szerint ochratoxinok termelésére is képesek (Frisvad et al. 2019). Az aflatoxinok a legveszélyesebb mikotoxinok közé tartoznak, így ezeket vizsgálták a legtöbbször (Peles et al. 2019). Négy típusa van (B₁, B₂, G₁, G₂), melyből a B₁, amit az *A. flavus* is termel, a legtoxikusabb. Immunszuppresszív, hepatotoxikus, mutagén, terratogén és karcinogén tulajdonságokkal is rendelkezik emberekre és állatokra nézve. Bizonyítottan rákkeltő hatású, főleg a májra jelent veszélyt, így 1-es kategóriába tartozó humán karcinogénként besorolandó (IARC 2012). Újabb kutatások alapján a hasnyálmirigyre, vesére, csontokra és akár a központi idegrendszerre is káros hatással bír (Benkerroum 2016).

A toxinok olyan kis molekulatömegű szerves vegyületek, amik nemcsak közvetlen expozícióval, például belélegzéssel, lenyeléssel, bőrrel érintkezve jelenthetnek veszélyt, hanem a táplálékláncba való kerüléssel, gabona alapú termékek fogyasztásával vagy a szennyezett takarmányt fogyasztott állat tejtermékének, tojásának, húsanak fogyasztásával is közvetett kitettséget okoznak. Az élelmiszerláncba kerülve újszülöttekre nézve is veszélyesek (Maleki et al. 2015). A kockázatoknak a fennállása miatt előírások vonatkoznak a maximális megengedett aflatoxin tartalomra. A kukorica az aflatoxin szennyezettségre egyik legérzékenyebb növények közé tartozik (Williams et al. 2004).

Megjelenését számos biotikus és abiotikus tényező befolyásolja (Dorner 2008). A gomba növekedése a szántóföldön és a tárolóban is bekövetkezhet, kedvező számára a magas

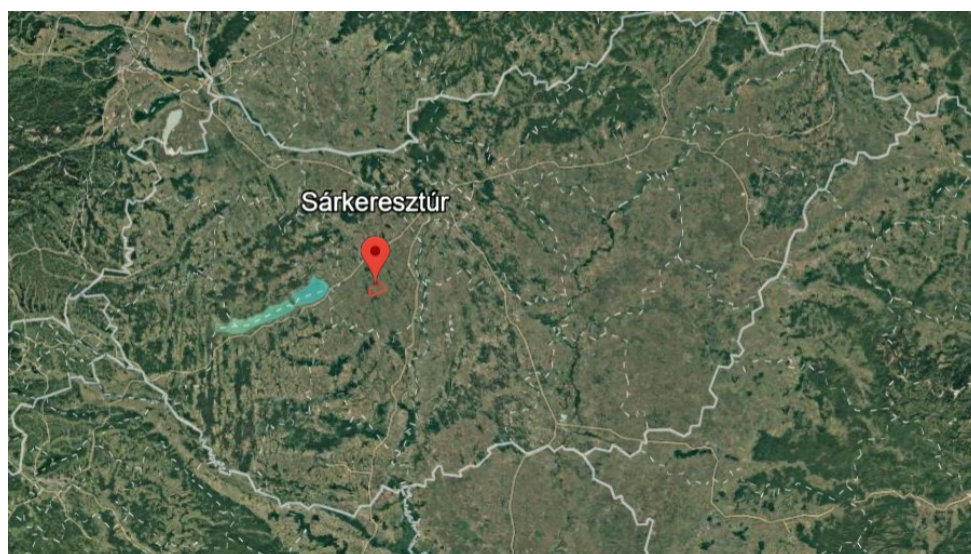
hőmérséklet és a magas páratartalom, az aszályos időszakok, amik nemcsak a növekedést, hanem az aflatoxin termelést is elősegítik (Ali és Afzaal 2014, Medina et al. 2014, Massomo 2020).

Az *A. flavus* elleni védekezési módszerek egyik ígéretes biológiai megoldása lehet az *Aspergillus fumigatus* endofita gombával való kezelés, ami antifungális tulajdonságokkal bír az *A. flavus* szemben. A kísérletekben 77%-ban csökkentette a növekedését és 90,9 %-kal csökkentette az aflatoxinok termelését. Ez többek között annak volt köszönhető, hogy megnövelte a növény szöveteinek sejtfalvastagságát és ennek következtében az *A. flavus* behatolási esélyeit csökkentette, és a biotikus stressztűrést is fokozta (Abdelaziz et al. 2022).

Tehát a *F. verticillioides* és *A. flavus* gombakórokozók, valamint az általuk termelt mikotoxinok elleni védekezés napjainkig is számos nehézségbe ütközik. Elsősorban, fontos a kártevők elleni védekezés kiemelése, mert a hernyók gyérítésével csökkenthetjük a sérülések számát, és így nehezebben fertőződik meg a kukorica állomány (Szőke et al. 2021). A szennyezettség mérséklését a kártevők elleni védekezés mellett az egyes antagonisták alkalmazása, a megfelelő talajművelési rendszerek bevezetése, a vetésváltás betartása, valamint indokolt esetben a fungicid kezelés is elősegítheti. A fungicidek használata ugyanakkor nem elterjedt, egyrészt a technológia korlátozott hatékonysága, másrészt a gazdaságtalansága miatt. A gyakorlatban sok esetben a korai betakarítás, illetve az ellenálló hibridek használata jelenthet megoldást. Habár 100%-os rezisztencia nem létezik a *Fusarium* és *Aspergillus* fajok ellen, rendelkezésre állnak alacsony kockázattal termesztendő hibridek (Nagy 2019).

3. Anyag és módszer

A vizsgálatot Fejér vármegyében, Sárkeresztúr település határában végeztem 2024-ben egy 7 hektáros, 2025-ben egy 6 hektáros mezőgazdasági táblán. Teljeskörű rajzásmegfigyelést, kártétel felvételezést, valamint kórtani laboratóriumi vizsgálatot végeztem. Specifikus csapdák használatával, valamint vizuális és kézi megfigyelésekkel végeztem a terepi felvételezéseket 2024 és 2025 nyarán, júniustól szeptemberig. Majd mindkét évben a Magyar Agrár- és Élettudományi egyetem laborjában végeztem el a további vizsgálatokat, és határoztam meg az egyes növényi mintákon megjelenő gombakórokozókat.



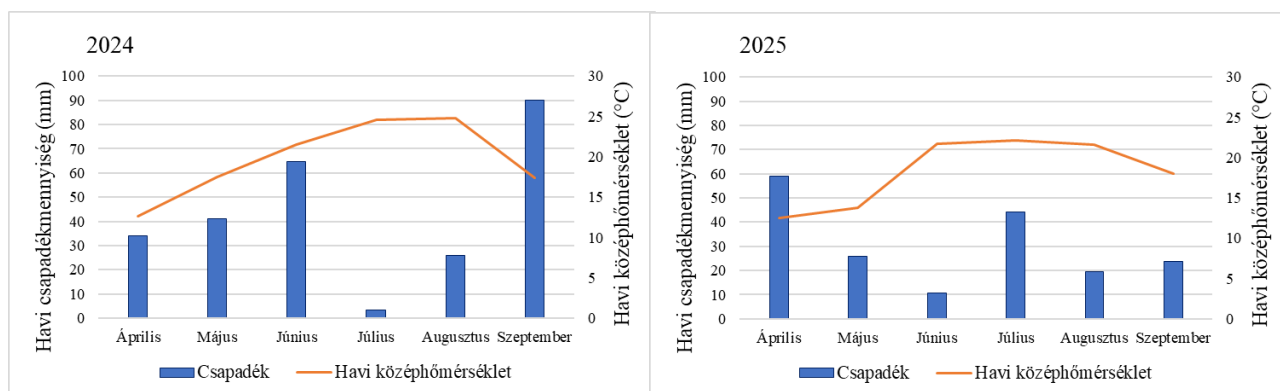
7. *ábra.* Sárkeresztúr földrajzi elhelyezkedése
(Forrás: Google Earth)

3.1 Kukorica területi és termesztési paraméterek a vizsgálat során

3.1.1 A kijelölt terület és időjárási paraméterek

A kijelölt táblák a Kárpát-medence közepén, Magyarországon, a Közép-Mezőföldön helyezkednek el, a Sárkeresztúr és Sárosd közötti területen. A terület jellegzetessége a lejtősség, hiszen a Sárvíz völgytől keleti irányban a domborzati viszony enyhén emelkedő egészen a sárosdi határig. A közút mellett találhatóak és könnyen megközelíthetőek a táblák. A terület jellemző talajtípusa a mészlepedékes csernozjom.

A kísérleti időszak pontos éghajlati adatait a Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zrt. által közzétett hivatalos dokumentumok alapján állapítottam meg. A termesztés során a csapadék és a hőmérséklet hatása erősen befolyásoló tényező, amit értékeléskor is minden esetben figyelembe kell venni. A sárkeresztúri automata állomás szerinti 2024-es és a 2025-ös évre vonatkozóan a kukorica vegetációs ideje alatti havi csapadékmennyiségeket (mm) és a havi átlaghőmérséklet (°C) alakulását a 8-9. ábra mutatja.



8-9. ábra A 2024-es és 2025-ös vegetáció havi csapadékmennyisége és havi középhőmérsékleteinek alakulása (HungaroMet sárkeresztúri mérőállomásának adatai alapján)

3.1.2 Termesztéstechnológia

A termesztés során Dekalb DKC 4943 fajtát alkalmaztunk, aminek a leírások alapján jellemzője a magas terméshozam, a kiváló vízleadó képesség, a jó alkalmazkodóképesség és termésstabilitás. A vizsgált kukorica állományt megelőzően repce termesztés folyt a területeken. A kukorica vetése 2024-ben április 25.-én, 2025-ben május 6.-án történt. 2025-ben azért ilyen késői időpontban, mert áprilisban a vizsgált terület extrém mennyiségű csapadékot kapott, ami nem tette lehetővé a korábbi vetést. A hektáronkénti vetett szemszám 73.000 db, a vetésmélység 5-6 cm, a sortávolság 75 cm volt. Majd egyszeri herbicid kezelés történt a posztemergensen kijuttatható LAUDIS készítménnyel (*tembotrion* hatóanyag és *izoxadifen-etil széfener*), mely hatásspektrumát tekintve a magról kelő egy- és kétszikű gyomok ellen hatékony.

3.2 Gyapottok bagolylepke és kukoricamoly egyedszámváltozásának megfigyelése

A két faj egyedszámváltozásának folyamatos figyelésére csalogatóanyagok rajzásmegfigyelési formákat alkalmaztam. Kártevő-specifikus csapdákat telepítettem ki, ami a gyakorlat során is lehetőséget ad a megfelelő védekezési beavatkozások pontos időzítésére az integrált növényvédelemben. A gyapottok bagolylepke egyedek rajzásmegfigyelésére RAG csapdát

alkalmaztam, ami a faj észlelésére kiváló, de aránylag gyorsan telítődik (11. ábra). A csapdába csalogató feromondiszpenzert helyeztem. A kukoricamoly rajzásának detektálására pedig VARL+ csapdákat telepítettem, ami jobban követhetővé teszi a populáció rajzásdinamikáját, hiszen tömeges fogásra is alkalmas (10. ábra). A kukoricamoly csapda esetében a fogások nem feromonnal, hanem táplálkozási attraktánssal történtek, emiatt a csapda nem csak hím egyedeket, hanem nőtényeket is fogott, ugyanakkor sok esetben a feromoncsapdánál jobb hatékonyságot mutat.

A megbízhatóbb megfigyelés és előrejelzés érdekében mindkét csapdatípusból 2-2 db-ot helyeztem ki a növényzet felső szintjének magasságában. Így 2 db csapda a gyapottok bagolylepke, és 2 db csapda a kukoricamoly rajzásmegfigyelését szolgálta. Az előírásnak megfelelően az azonos típusú és azonos kártevő-specificitással rendelkező csapdákat egymástól 50 méter távolságra, a tábla szélétől minimum 20 méterre állítottam be. Ugyanakkor a különböző fajra alkalmazható csapdákat egymáshoz közelebb helyeztem el, így két mintateret kaptam.



10-11. ábra. A kitelepített csapdák (balra a VAR+, jobbra a RAG csapda látható)

(Takács A.)

A kitelepítés 2024-ben június 20.-án, 2025-ben június 22.-én történt meg, ezt követően heti rendszerességgel folytattam a csapdák ellenőrzését. A felvételezés során a csapdában talált kártevőket leszámoltam, majd a csapdákat ürítettem minden alkalommal. Ezzel egyidőben a csapdákhöz használt ragacslapokat is cseréltem minden héten. Ez elsősorban a RAG típusú csapdánál szükséges a telítődés miatt, ugyanakkor a VARL csapdához is használható

ragacslap, hogy a fogott kártevők pontosan számolhatóak legyenek. A Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézetének honlapja, a Csalomon ajánlása alapján a kártevő specifikus csalétek vonzóképessége a gyapottok bagolylepke csapda esetében 4-6 hét, míg a kukoricamoly csapdánál 3-4 hét. Az előírt időközönkénti csalétek-csere szükséges a megfelelő hatékonysághoz és a biztonságos rajzáskövetéshez. Ezt az ajánlást követve a kísérlet végzése során két alkalommal végeztem ragacslap cserét. A csapdák bevételére a betakarítás előtt 2024-ben szeptember 06.-án, 2025-ben szeptember 16.-án került sor.

3.3 Kártétel felvételezés

A táblában 4x10 növényt jelöltem ki, melyeken a vizuális elemzéseket végeztem, valamint melyekről később a laboratóriumi vizsgálathoz használt minta csöveket lefosztottam. Az első és a második leszámolt 10 db növény az I. csapdákhöz, a harmadik és a negyedik leszámolt növények a II. csapdákhöz estek közelebb. Igyekeztem jól megközelíthető és ellenőrizhető helyen kijelölni a vizsgálati mintanövényeket (12. ábra).



12. ábra A vizsgált csapdák és parcellák elhelyezkedése a kísérleti táblában, 2024

A kártétel felvételezést 3 időpontban végeztem. Kiegészítő adatként rendelkezésre áll, de részletesen nem vizsgáltam az elemzés során. A kukoricamoly esetében a leveleken lepketojásokat, primer rágásnyomokat és a levélzugokban lévő virágporból táplálkozó L2-L3 hernyókat kerestem, valamint a száron a szárcsomók környékén szekunder rágásnyomokat, ahol a szárba juthatott a kártevő. A gyapottok bagolylepke esetében a táplálkozó hernyók jelenlétét, illetve ürülék- és rágcsálék nyomokat kerestem a generatív részek körül. Azokat a növényeket, amelyeken károsítót vagy károsítást észleltem, károsított növényekként

regisztráltam. A felvételezések során mikózis jelenlétét is figyeltem, valamint a megjelölt növényeken kívül is szemrevételeztem az állományt, hogy teljesebb képet kapjak az állapotáról és a jelenlévő károsítókról. A gyapottok bagolylepke és kukoricamoly egyedek detektálása mellett, lejegyeztem, hogy milyen egyéb fajokat találtam a táblában.

A betakarítás előtt 4x10 db növényről lefosztottam a csöveket, melyeken az alábbi paramétereket vizsgáltam és mértem:

- fosztott cső tömege (g),
- csövekről morzsolt szemek tömege (g),
- csövenkénti összes szem száma (db),

A felsorolt paramétereken kívül vizuális szemrevételezéssel meghatároztam a károsodás mértékét a csövön, a meghatározás szempontjából nem vettem külön a kártevők és a kórokozók által okozott károkat. A károsítás mértékét a károsodott szemek leszámolásával, majd az összes szemszámhoz viszonyításával határoztam meg (13. ábra).



13. ábra Vizsgált mintacsövek károsodás szerinti növekvő sorrendben
(Takács A.)

3.4 Szemtermések csőpenészedést okozó kórokozók általi belső fertőzöttségének megállapítása laboratóriumi körülmények között

A lefosztott csövek vizuális vizsgálata és tömegmérése után, a csövekről kézzel lemorzsolt szemek tömegét is lemértem, majd címkéztem, és a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Növényvédelmi Intézetének laboratóriumában elvégeztem a sterilizált szemek táptalajra való leoltását. A kórokozók tanulmányozásának elsődleges lépése az izolálás, ami jelen esetben a beteg kukoricaszemekből volt lehetséges (Leslie és Summerell 2006). A folyamat során gátolni kell a velük együtt előforduló baktériumok, sugárgombák, élesztő-és egyéb fonalas gombák

növekedését, amire olyan szelektív táptalajok alkalmasak, amelyek különböző baktérium és gomba gátló vegyületeket tartalmaznak (Szécsi 2023). A Nash-Synder féle táptalaj módosított változatát alkalmaztam, ami a pepton-PCNB-agar. Ez a táptalaj pentaklór-nitrobenzolt (PCNB) tartalmaz, ami fungicid hatású és sok penészgomba felszaporodását gátolja. Azonban ezen a táptalajon nem kizárólag *Fusarium* fajok képesek felszaporodni, hanem egyes más mikotoxin termelő gombafajok is, többek között az *Aspergillus* is ide tartozik. Így volt lehetőségem mindkét gazdaságilag jelentős, csőpenészedést okozó kórokozó jelenlétét megállapítani a kukoricaszemekben. Ennek értelmében a véletlenszerűen kiválasztott, sterilizált mintaszemeket a *Fusarium* szelektív táptalajra oltottam, és ezáltal kimutathatóvá vált, hogy a kukoricaszemek hány %-a potenciálisan fertőzött.

Az általam készített és alkalmazott táptalaj összetétele:

- 1000 ml víz,
- 15g pepton,
- 1g KH₂PO₄,
- 0,5g MgSO₄,
- 20g agar,
- 50 ppm PCNB,
- 100 ppm kloramfenikol.

A táptalaj összetevőit laboratóriumi mérlegen mértem ki, autoklávban steriliztem, és a kézmelegre hűlés után hozzáadtam a szükséges antibiotikumokat (PCNB, kloramfenikol), majd steril fülkében Petri-csészékbe öntöttem.

Az alkohollal felületileg fertőtlenített, majd vízzel leöblített kukoricaszemeket az elkészített és megszilárdult táptalajra helyeztem steril csipesszel az oltófülkében. A vizsgált 40 növény mindegyikéről 5 ismétlésben végeztem el a leoltást, és minden növény esetében ismétlésenként 10 db szem került a táptalajra. A leoltás után három napra, majd egy hétre ellenőriztem a szemeket, és lejegyeztem a megjelenő gombákat. Ahol fehéres-rózsaszínes nemezszerű bevonatot tapasztaltam a szemem, azt *Fusarium* fertőzésnek, ahol zöld bevonatot, azt *Aspergillus* fertőzésnek állapítottam meg (14. ábra). Minden egyes szemre vonatkozóan elvégeztem a vizsgálatot. Fajszintű beazonosítást nem végeztem.



14. ábra Táptalajra helyezett kukorica szemtermésekből kinövekedett *Fuzárium* (fehér) és *Aspergillus* (zöld) hifák és micéliumok a táptalajra helyezést követő 7. napon
(Takács A.)

3.5 Statisztikai elemzési módszerek

Az eredmények összesítését, rendszerezését és kiértékelését Microsoft Excel programban végeztem. A statisztikai elemzés során a Past programot is bevontam az értékelésbe, ahol ANOVA varianciaanalízissel, kétmintás t-próbával értékeltem az adatokat, valamint a páronkénti összehasonlításhoz Tukey tesztet alkalmaztam.

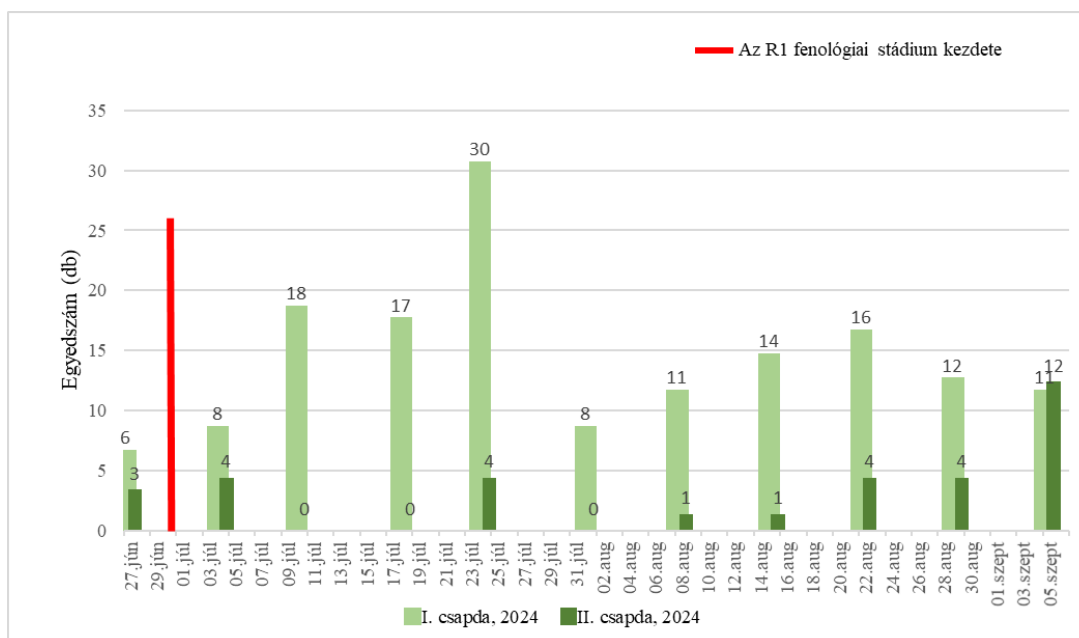
4. Eredmények és megvitatásuk

4.1 Gyapottok bagolylepke egyedszámának heti alakulása, 2024-és 2025 évben

A 2024-ben a megfigyelési időszak során az első csapdában a gyapottok bagolylepke egyedszáma az R1 időszakát követően, július második felében érte el a csúcst (július 23.- 30 egyed). Ez arra utal, hogy a rajzás intenzitása közvetlenül a bibehányást követően fokozódott, vagyis a növény legérzékenyebb fenológiai fázisa egybeesett a kártevő második nemzedékének rajzásával.

A második csapdában alacsonyabb egyedszámokat regisztráltam, ami a lokális populációs különbségekkel, illetve a csapdák eltérő elhelyezkedésével magyarázható. Az augusztus folyamán mért kisebb, de tartós rajzásaktivitás arra utal, hogy a gyapottok bagolylepke harmadik nemzedékének rajzása is megkezdődött, ami a későbbi fenofázisokban lévő növényállományokra szintén veszélyt jelenthetett.

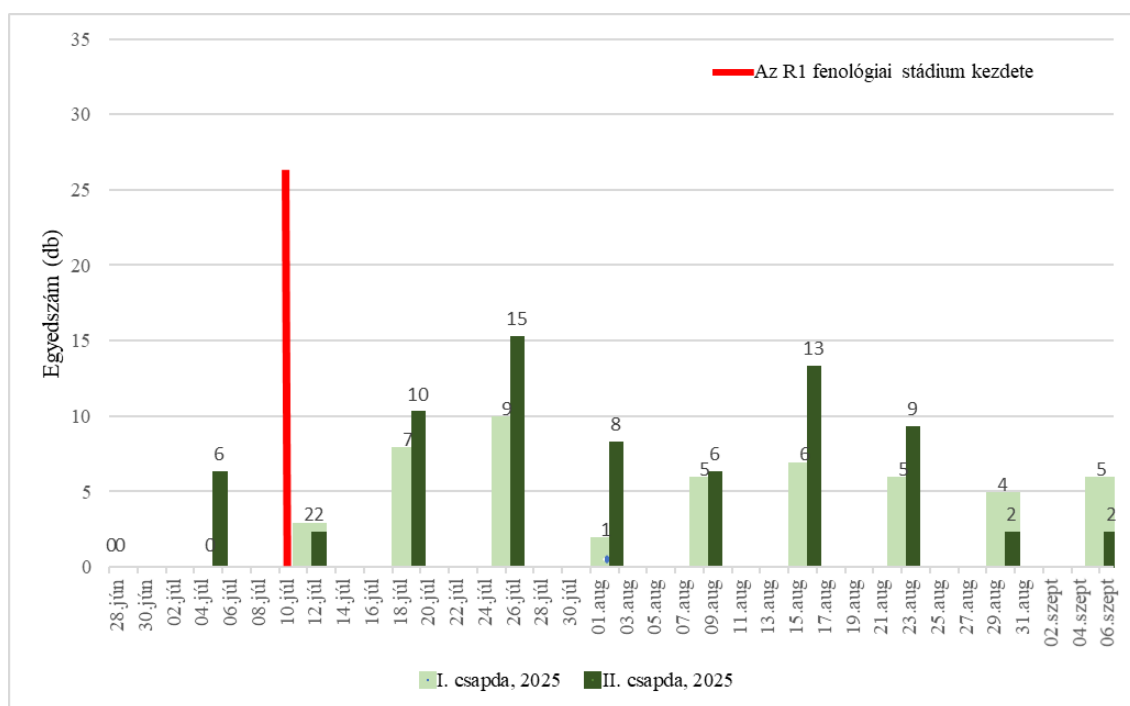
A két csapda fogási eredményei között statisztikailag szignifikáns különbség mutatkozott ($p = 0,00037649$). Ez arra utal, hogy a gyapottok bagolylepke aktivitása térben eltérő volt a vizsgált területen. A különbséget magyarázhatják a csapdák elhelyezkedése közötti mikroklimatikus eltérések, a növényállomány fejlettségében tapasztalt kisebb különbségek, valamint a helyi populációk dinamikájában jelentkező eltérések (15. ábra).



15. ábra Gyapottok bagolylepke imágó egyedszámának heti alakulása 2024-ben

Az ábrán külön jelenítettem meg a gyapottok bagolylepke imágó fogására a 2024-es éven belül használt csapdák fogási adatait (I. csapda és II. csapda), hogy szemléltetni tudjam az egy éven belüli fogási különbségeket a csapdák között, és ezt a további elemzés során is így alkalmazom.

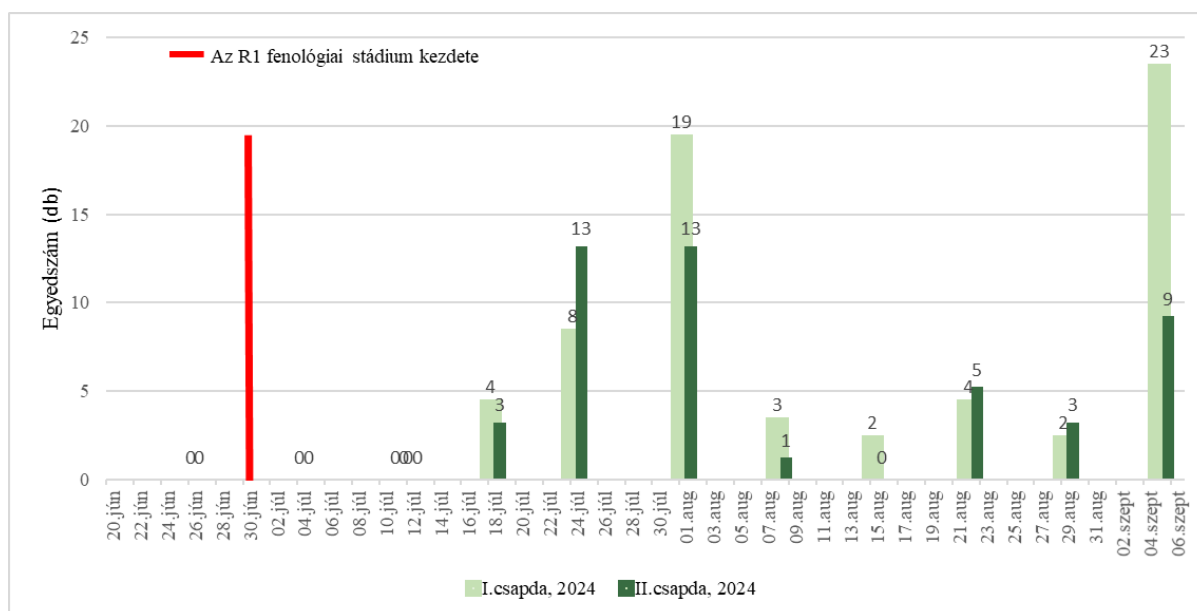
Az I. és II. csapda fogási eredményei alapján 2025-ben a gyapottok bagolylepke első egyedei július elején kerültek a csapdákbá, ami közvetlenül az R1 fenológiai stádium kezdete előtt volt. A populáció aktivitása ezt követően fokozatosan növekedett, és július végén, az R1–R2 fenológiai szakasz idején érte el a csúcst. A második csapda minden mintavételi időpontban magasabb egyedszámot mutatott, ami a populáció térbeli eloszlásának szignifikáns különbségeire utalhat ($p=0,031007$). Az augusztus közepén megfigyelhető másodlagos aktivitási csúcs egy újabb nemzedék megjelenéséhez, illetve a kedvező időjárási feltételek hatásához köthető. Szeptemberre a fogások száma jelentősen lecsökkent, ami a populáció lecsengését jelzi (16. ábra).



16. ábra Gyapottok bagolylepke imágó egyedszámának heti alakulása 2025-ben

4.2 Kukoricamoly imágó egyedszámának heti alakulása, 2024-és 2025 évben

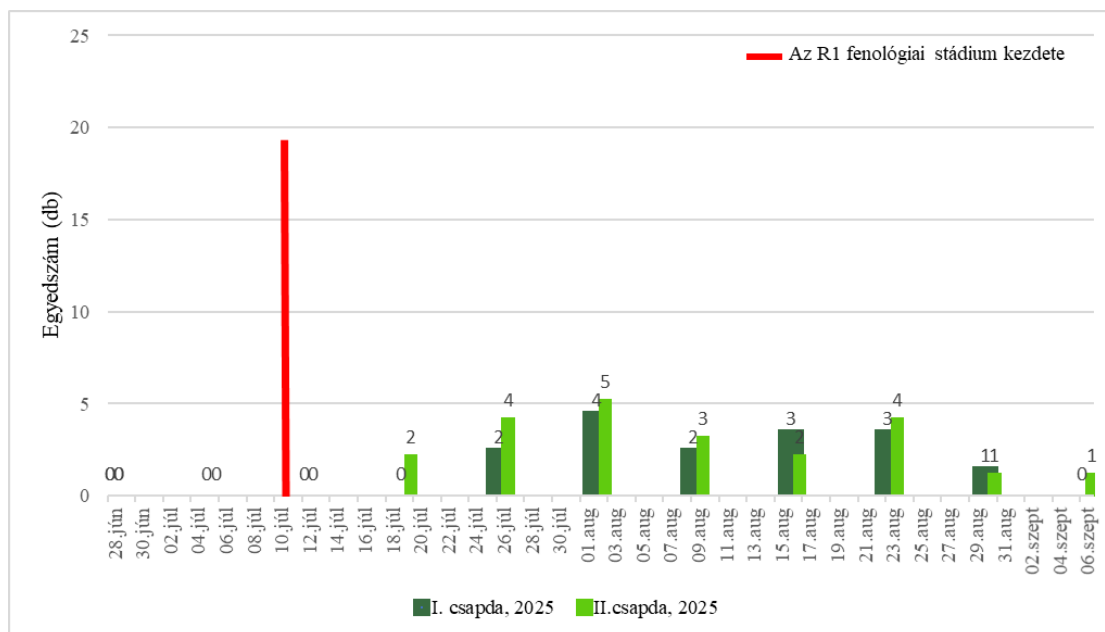
A kukoricamoly imágók csapdázási eredményei alapján 2024-ben a faj egyedei július közepén jelentek meg először a csapdákban, míg a június végén kezdődő R1 fenológiai stádium idején még nem volt fogás. A rajzás július második felében erősödött, és július 26–30. között érte el a csúcspontját, amikor az I. csapda 19, a II. csapda 13 egyedet fogott. Ezt követően augusztusban a fogások száma fokozatosan csökkent, azonban szeptember elején ismét emelkedés volt megfigyelhető, ami a második nemzedék megjelenésére, illetve elnyújtott rajzásra is utalhat. A két csapda fogási mintázata összességében hasonló volt, és a statisztikai összehasonlítás nem mutatott szignifikáns különbséget az egyedszámok között ($p = 0,291$). Ez arra utal, hogy a csapdák hasonló hatékonysággal jelezték a populáció aktivitását, és a kisebb eltérések valószínűleg véletlenszerű ingadozásokból adódtak (17. ábra).



17. ábra Kukoricamoly imágó egyedszámának heti alakulása 2024-ben

A 2025-ben mért fogási adatok alapján azt állapítottam meg, hogy a faj egyedei július második felében jelentek meg először a csapdákban, míg az R1 fenológiai stádium kezdetén még nem volt fogás. A rajzás július végén erősödött, és július 30. – augusztus 3. között érte el a csúcspontját, amikor az I. csapda 5, a II. csapda 4 egyedet fogott. A fogások augusztus során alacsony szinten maradtak, majd szeptember elején ismét kisebb emelkedés volt megfigyelhető. A két csapda fogási mintázata összességében hasonló volt, azonban a statisztikai összehasonlítás szignifikáns különbséget mutatott az egyedszámok között ($p = 0,0463$), ami arra utal, hogy a csapdák elhelyezkedése vagy a helyi mikroklimatikus viszonyok

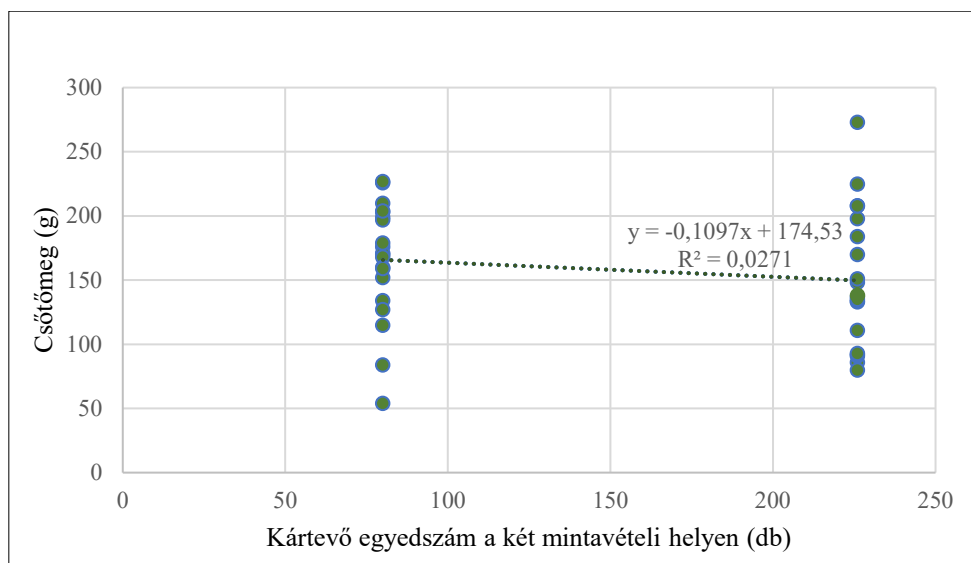
befolyásolhatták a rajzás intenzitásának észlelését. Ugyanakkor biológiai szempontból ez az eredmény nem tekinthető jelentősnek. Elsősorban azért, mert a két csapda fogási dinamikája szinte megegyező tendenciát mutat, amit a július eleji rajzásmegindulás, augusztus eleji rajzáscsúcs, majd szeptemberre leálló aktivitás jellemez, valamint a fogások kis mértékű értéktartománya (0-5) miatt sem tekinthető jelentősnek. A 2025-ös rajzás összességében mérsékelt volt, és az előző évhez képest alacsonyabb egyedszámok jellemezték (18. ábra).



18. ábra Kukoricamoly imágó egyedszámának heti alakulása 2025-ben

4. 3 Kártevő egyedszám és a csőtömegek közötti összefüggés

A következő ábra szemlélteti a kártevő egyedszám és a fosztott csövek tömegeinek kapcsolatát 2024-ben. A két elkülönülő csoport a két mintavételi helyet mutatja, valamint összesítetten néztem a gyapottok bagolylepke és a kukoricamoly egyedeket, mint károsítók. Nagyon gyenge korreláció látható, tehát nincs erős kapcsolat és érdemi összefüggés a két tényező között. Az eredmények azt mutatják, hogy a kártevők imágóinak egyedszáma ahogy növekedett, úgy a csőtömeg kis mértékben csökkent, de a kártevő egyedszám változása nem magyarázza a csőtömeg változását ($R^2=0,0271$) (19. ábra).

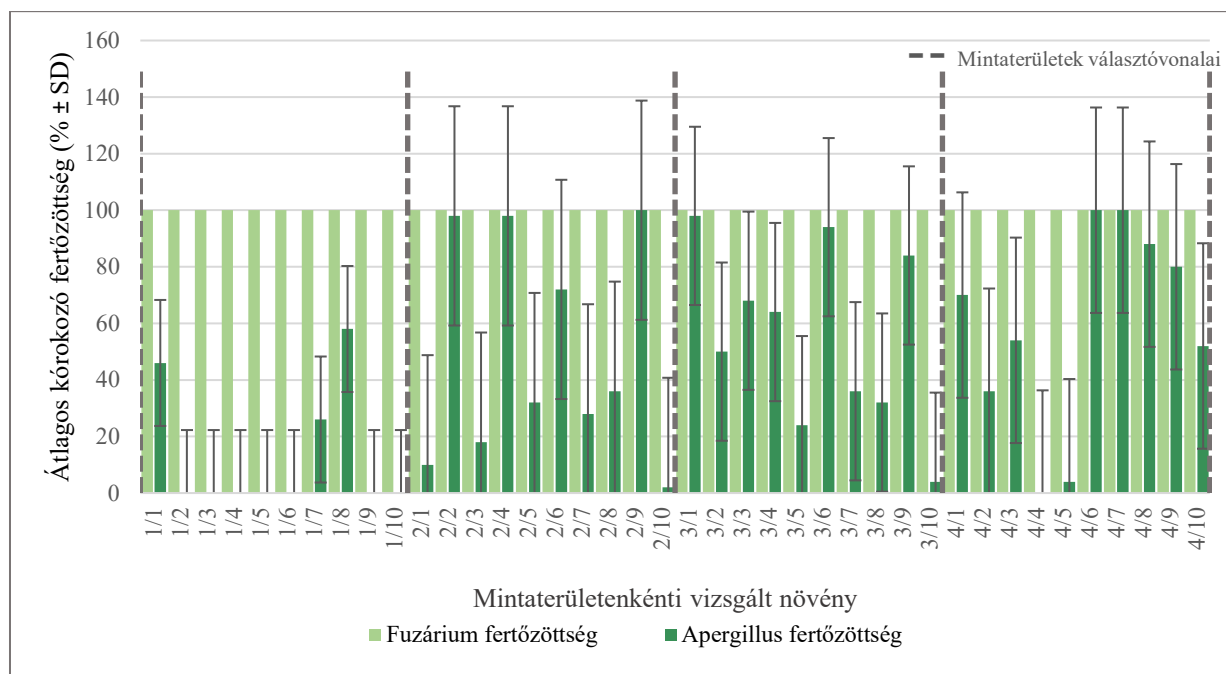


19. ábra Kártevő imágó egyedszám és csőtömegek közötti összefüggés, 2024

4.4 *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzöttség a mintaterületeken

A mintaterületenként vizsgált növények *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzöttségét a 20. és a 21. ábra mutatja be. Minden növény esetében az Anyag és módszer fejezetben bemutatott módon, mintavételezéssel, majd laboratóriumban végzett munkával vizsgáltam a növényeket, a kapott eredmények láthatóak a következő ábrákon.

A 2024-ben vizsgált minták közül mindegyikben 100%-os volt a *Fusarium* fertőzöttség, ami azt jelenti, hogy minden egyes kukoricaszemben jelen volt a kórokozó. Mivel ezáltal statisztikailag egy konstans változóként jelen meg, ezért további statisztikai elemzésre nem volt lehetőség vele. Ugyanakkor ez az eredmény azt mutatja, hogy 2024-ben rendkívül magas volt a *Fusarium* fertőzöttségi szint a mintákban, ami a rovarkártétellel, a környezeti tényezőkkel is összefüggésben állhat. Az *Aspergillus* kórokozó sokkal változatosabb arányban jelent meg, volt olyan minta, amelyben ez a kórokozó is 100%-os jelenlétet mutatott, de volt olyan is, ahol egyáltalán nem jelent meg, ezt 8 db mintacső esetében tapasztaltam. Tehát a vizsgált 40 db mintából összesen 32 db-ban mutattam ki, hogy potenciálisan fertőzött. A négy mintaterületben együttesen átlagosan 44%-ban volt jelen az *Aspergillus* gombakórokozó általi fertőzöttség. A 2024-es kórokozó fertőzöttség vizsgálata alapján kijelenthető, hogy a *Fusarium* szignifikánsan magasabb arányban és gyakrabban volt jelen, mint az *Aspergillus* (20. ábra).



20. ábra Növényenkénti *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzöttség, 2024

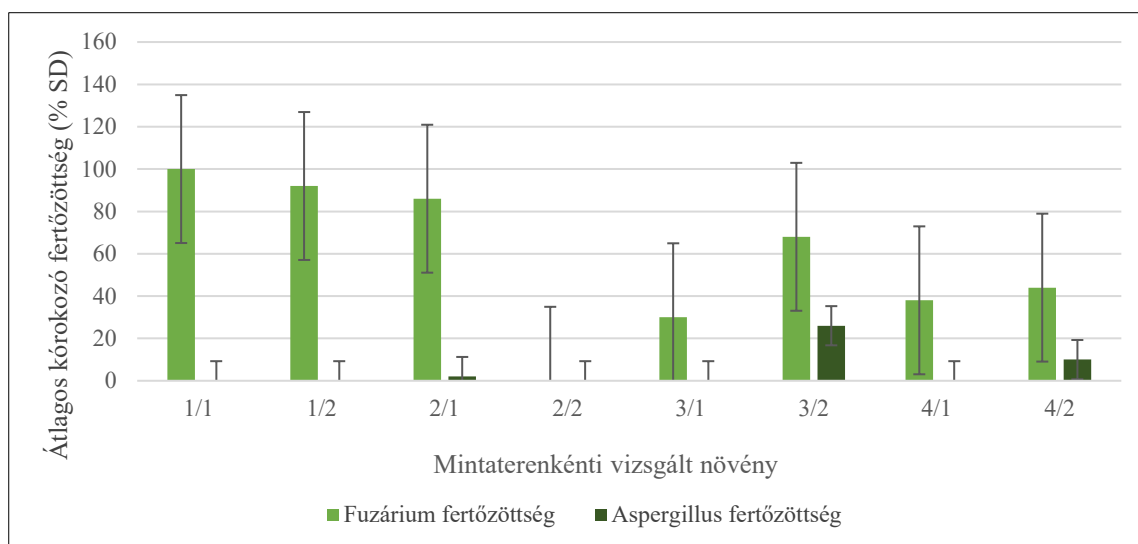
(Jelmagyarázat: 1/1~ 1.mintatér/1.növény, 1/2~ 1.mintatér/2. növény, 1/3~ 1.mintatér/3.növény, 1/4~ 1.mintatér/4. növény, 1/5~1.mintatér/ 5.növény, 1/6~1.mintatér/6. növény, 1/7~1.mintatér/7.növény, 1/8~1.mintatér/8.növény, 1/9~1.mintatér/9.növény, 1/10~1.mintatér/10.növény
A további mintaterületek ez alapján értelmezendők.)

Az előző ábra adatainak elemzése alapján 2024-es vegetációs időszakban a mintaterék között találtam szignifikáns különbséget, a III. és a IV. mintatér szignifikánsan magasabb *Aspergillus* fertőzöttséget mutatott mint az I. mintatér (1. táblázat).

1. táblázat Az *Aspergillus* fertőzöttség mintaterenkénti összehasonlítása ANOVA teszt alkalmazásával

2024	1. Mintatér	2. Mintatér	3. Mintatér	4. Mintatér
1. Mintatér		0,08094	0,03184	0,01926
2. Mintatér	3,502		0,9766	0,9272
3. Mintatér	4,08	0,5781		0,9969
4. Mintatér	4,369	0,8671	0,289	

A vizsgálatot 2025-ben is elvégeztem, de idő hiányában reprezentatív módon, 4 mintaterületről 2 mintát vizsgálatával. Erről az évről is mindenképpen szerettem volna kimutatást készíteni a kórokozók vonzatában is. Az elvégzett vizsgálat valóban hasznos eredményekkel szolgált, mert kevesebb minta alapján is kijelenthető, hogy jelentősen alacsonyabb volt a kórokozók általi megfertőződés 2025-ben, mint 2024-ben. A *Fusarium* ebben az évben is gyakoribb volt, és magasabb fertőzöttséget mutatott, de csak 1 db mintanövényen jelent meg 100%-os mértékben és a vizsgált minták felén 50% alatti arányban jelent meg. Az *Aspergillus* kórokozót is kimutattam, de csak a minták 37,5 %-ában, és ott sem volt 30%-os fertőzöttségnél magasabb mértékű (21. ábra).

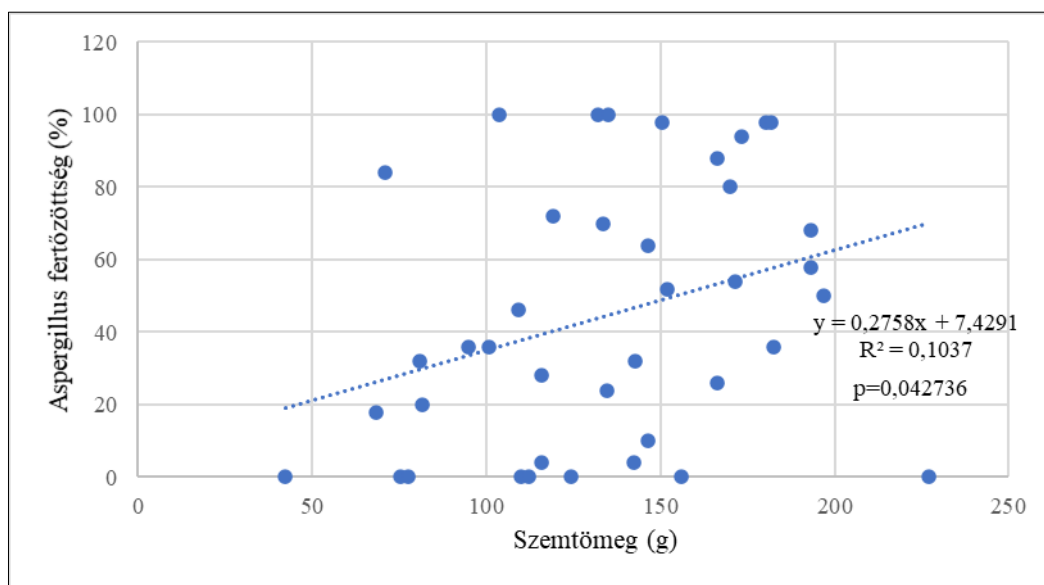


21. ábra Növényenkénti *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzöttség, 2025

Jelmagyarázat: 1/1~ 1. mintatér/1. növény, 1/2~ 1.mintatér/2. növény, 2/1~ 2.mintatér/1. növény, 2/2~ 2.mintatér/2.növény, 3/1~ 3.mintatér/3.növény, 3/2~ 3.mintatér/2.növény, 4/1~ 4.mintatér/1.növény, 4/2~ 4.mintatér/2.növény

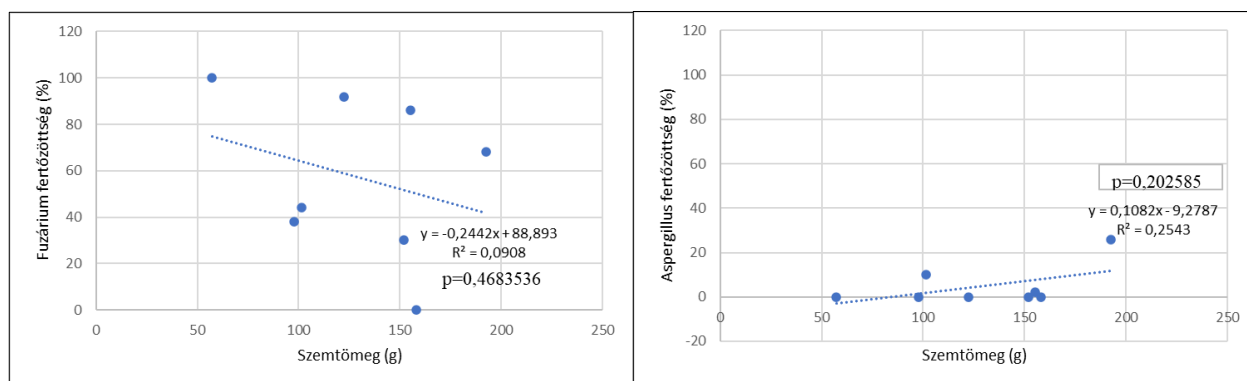
4.5 A belső fertőzöttség szentömegekre gyakorolt hatásának vizsgálata

A következő ábra a 2024-ben kimutatott *Aspergillus* fertőzöttség és a mintacsövek szentömegeinek összefüggését ábrázolja. A vizsgálat nem mutatott erős kapcsolatot, tehát a termésmennyiségnek és a belső fertőzöttségnek nincs nagy mértékben köze egymáshoz a vizsgálat alapján (22. ábra).



22. ábra Az *Aspergillus* fertőzöttség és a csőtömegek közötti összefüggés, 2024

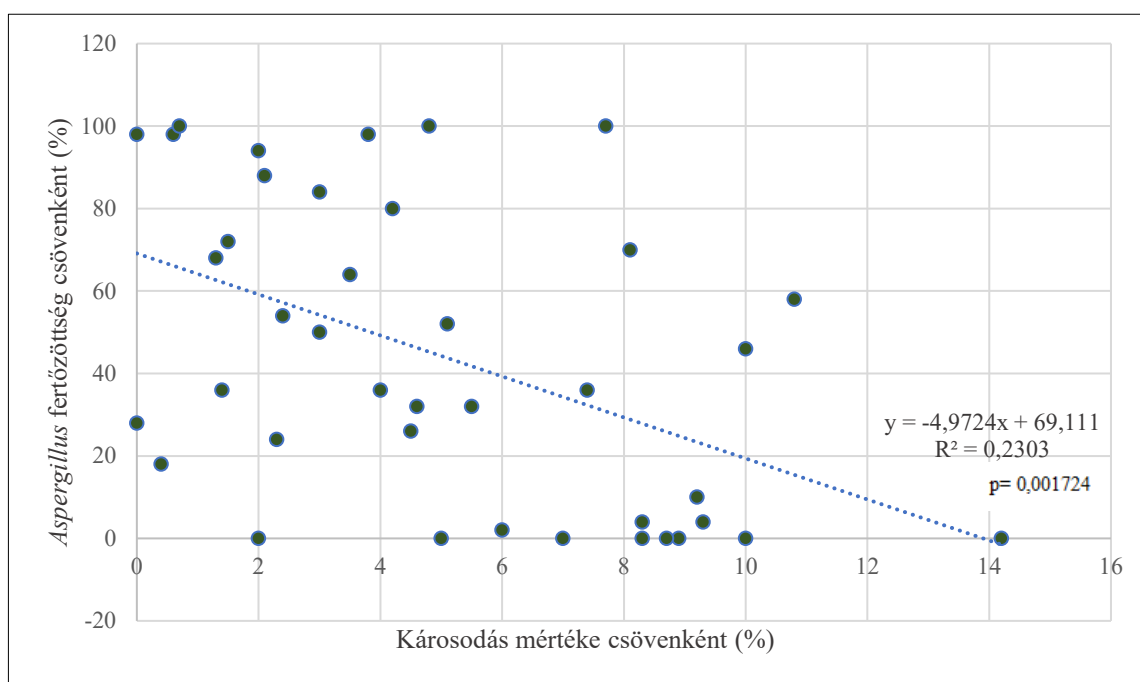
A 2025-ös év adatai alapján hasonló eredményeket kaptam. A szentömeg egyik gombakórokozóval sem mutatott erős szignifikáns összefüggést. A *Fusarium* esetében gyenge negatív kapcsolatot, az *Aspergillus* esetében pozitív, de szintén nem szignifikáns kapcsolatot állapítottam meg. (23. ábra).



23. ábra *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzöttség és a csőtömegek közötti összefüggés, 2025

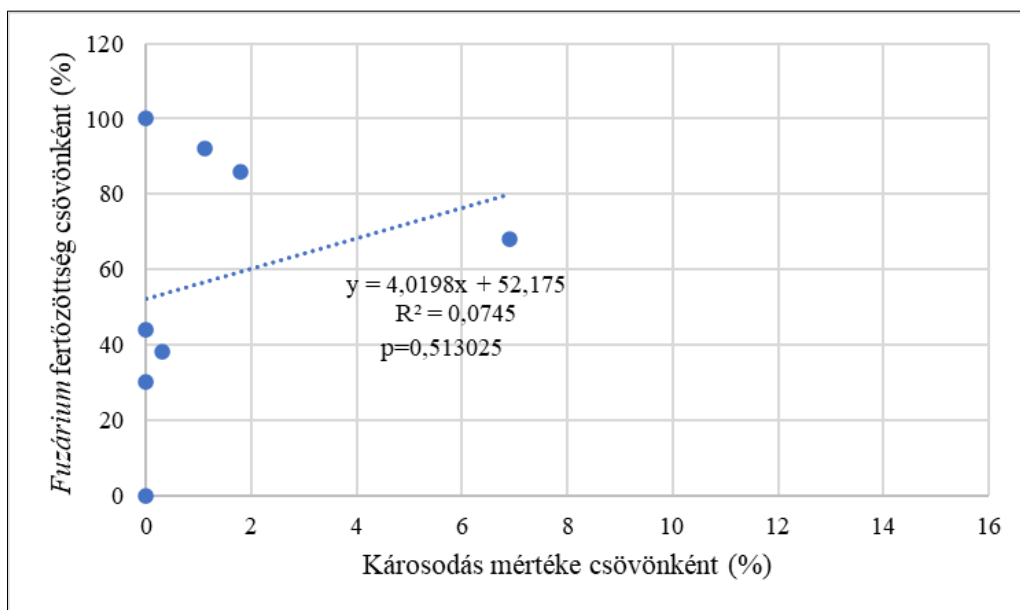
4.6 A külső károsodás és a csőpenészedést okozó kórokozók általi belső fertőzöttség kapcsolata a mintacsöveken

Összefüggést kerestem a csöveken megfigyelt károsodás és a laboratóriumi vizsgálat során kimutatott belső fertőzöttség között. A károsodás esetében az Anyag és módszer fejezetben megállapított károsodást vettem alapul. 2024-ben a *Fusarium* 100%-os megjelenése miatt, csak az *Aspergillus*sal való összefüggést vizsgáltam. Gyenge-közepes erősségű, kimutatható pozitív kapcsolatot figyeltem meg ($R^2=0,2303$). Ahol több volt a károsodott szemek aránya, ott nagyobb eséllyel jelent meg a szem belsejében is a kórokozó, de a csövek károsodása önmagában nem magyarázza a kórokozó fertőzöttséget, egyéb tényezők sokkal inkább szerepet játszottak (24. ábra).

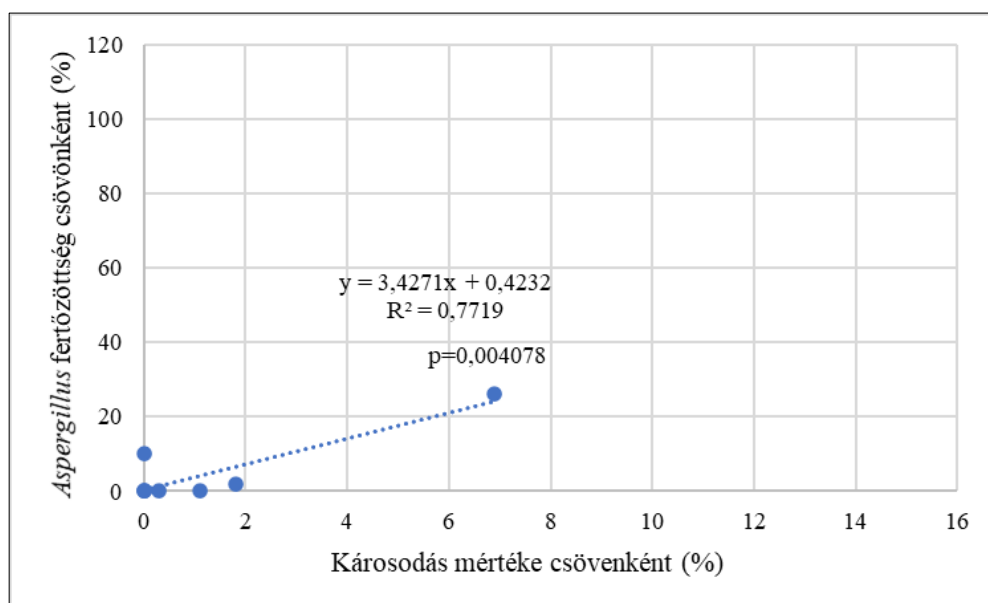


24. ábra Károsodás és a belső *Aspergillus* fertőzöttség közötti összefüggés, 2024

2025-ben mindkét kórokozóval kerestem az összefüggést. A károsodás nyomán az *Fusarium* fertőzöttség nem minden esetben nőtt és gyenge lineáris összefüggést találtam ($R^2=0,0745$), a lineáris trendvonal meredeksége is azt mutatja, hogy nincs szignifikáns különbség 0-tól ($p=0,513025$). Az *Aspergillus* tekintetében viszont egyértelmű a biotikus tényezők közötti kapcsolat, vagyis a csövön megjelenő károsodás jelentősebb *Aspergillus* fertőzöttséggel párosult ($p=0,004078$), és a két eredmény között erős lineáris kapcsolat állt fenn ($R^2=0,7719$) (25-26. ábra).



25. ábra A károsodás és a belső *Fusarium* fertőzöttség kapcsolata a kukoricacsőveken, 2025



26. ábra A károsodás és a belső *Aspergillus* fertőzöttség kapcsolata a kukoricacsőveken, 2025

5. Következtetések és javaslatok

A kutatás egyértelműen igazolta, hogy a monitoring kulcsszerepet játszik az integrált növényvédelemben. A gyapottok bagolylepke és a kukoricamoly populációinak heti egyedszámváltozásának nyomon követésével feltárhatóvá vált, hogy a rajzásdinamika fajonként és évenként jelentősen eltérhet. A gyapottok bagolylepke esetében a rajzásmintázat évről évre különbözött, ezért két csapda nem bizonyult elegendőnek a megbízható előrejelzéshez, míg a kukoricamoly esetében a két csapda reprezentatívnak bizonyult, mivel a populációdinamika éven belül viszonylag stabil volt. A csapdák számának elegendősége változó, és a monitoring eredményeit az évjárat, a meteorológiai viszonyok és a tábla heterogenitása egyaránt befolyásolhatja.

A vizsgálat kiemelte a kukorica fenológiai állapotának jelentőségét is, mivel a kártevők általi károsítás mértéke nagymértékben függ a növény fejlődési stádiumától. A gyapottok bagolylepke esetében a rajzás időzítése gyakran egybeesett a legérzékenyebb fenológiai fázissal, ami fokozott veszélyt jelentett az állományra. Emiatt a növényvédelmi beavatkozások nem köthetők mereven időponthoz, hanem a populáció aktivitását és a növény fenológiai állapotát egyaránt figyelembe véve kell ütemezni.

Bár a csapdázási adatok és a csőtömeg alakulása ebben a vizsgálatban nem mutattak közvetlen összefüggést, az integrált szemlélet alapján minél alaposabb és térségszintű monitorozás szükséges a megbízható eredményekhez. A 2024-es évben megfigyelt nagyobb egyedszámú kártevő populáció összefüggésben állt a magasabb kórokozó fertőzöttséggel, ami alátámasztja, hogy a kártevők közvetve kaput nyithatnak a kórokozók terjedése előtt, a monitoring nemcsak a kártevők, hanem a fertőzés kockázatának előrejelzésében is alapvető szerepet játszik.

Bár fontos szempont, de jelen vizsgálataim során nem tértem ki a védekezés gazdaságossági kérdéseire, a költségek és anyagi vonzatok elemzése nem része a munkának.

Összességében, a gyapottok bagolylepke és a kukoricamoly, valamint a *Fusarium* és az *Aspergillus* kórokozók is évek óta jelen vannak Magyarországon, napjainkban mégis egyre fokozódó az általuk okozott mezőgazdasági kár, ami új kihívásokat állít elénk, de megfelelő integrált szemlélettel kezelhető a probléma. A hosszú távú megoldás egyik kulcsa mindenképpen az előrejelző monitoring rendszerekben rejlik, hogy időben észlelhető legyen a károsítók megjelenése.

Javasolnám a kísérlet folytatását, és elsősorban több csapda alkalmazásával egészíteném ki a vizsgálatokat, hogy még komplexebb kép alakulhasson ki a kártevő-kórokozó-környezet-termés kapcsolatrendszeréről.

6. Összefoglalás

A kukorica (*Zea mays* L.) a világ egyik legfontosabb gabonaféléje, termesztése jelentős szerepet játszik a globális élelmezésben és a nyersanyag-előállításban. A népesség folyamatos növekedése egyre nagyobb kihívássá teszi a megfelelő mennyiségű és minőségű mezőgazdasági termékek előállítását, amelyhez elengedhetetlen az integrált növényvédelmi (IPM) szemlélet alkalmazása.

Dolgozatom célja az IPM gyakorlati megvalósulásának egyes kritikus elemeinek – a monitoring, a beavatkozási döntéshozatal és a kártétel – vizsgálata, valamint ezek következményeinek elemzése, az IPM táblaszintű alkalmazásának támogatása érdekében. Kutatásom középpontjában a gyapottok bagolylepke (*H. armigera*) és a kukoricamoly (*O. nubilalis*) álltak, melyek biológiai jellemzőit, populációdinamikáját és a kukoricában okozott kártételeiket vizsgáltam 2024 és 2025 során saját gazdasági területen. A két faj egyedszámváltozásának folyamatos megfigyelésére csalogatóanyagok rajzásmegfigyelést alkalmaztam, kártevő-specifikus csapdákat telepítve, amelyek a gyakorlatban is lehetővé teszik a védekezési beavatkozások pontos időzítését.

A vizsgálatok során 4×10 mintanövényről fosztott csöveken értékeltem a csőtömeget, a szemtömeget és a károsodott szemek arányát. Különös figyelmet fordítottam a kártevők és a gombakórokozók közötti összefüggésekre. Laboratóriumi vizsgálatok során a csövekben előforduló *Fusarium* és *Aspergillus* kórokozók jelenlétét ellenőriztem, melyek mikotoxin-termelésük révén élelmiszerbiztonsági kockázatot jelentenek, hozzájárulva a termesztés egyik legsúlyosabb növényegészségügyi problémájához.

A gyapottok-bagolylepke, a kukoricamoly és a *Fusarium*- illetve *Aspergillus* kórokozók évek óta jelen vannak Magyarországon, azonban az általuk okozott mezőgazdasági kár mennyiségi és minőségi tekintetben egyre fokozódik. E kihívások kezelése megfelelő integrált szemlélettel és előrejelző monitoring rendszerek alkalmazásával válik lehetővé, amelyek a fenntartható és biztonságos kukoricatermesztés kulcsfontosságú eszközei.

7. Irodalomjegyzék

1. Abdelaziz AM, El-Wakil DA, Attia MS, Ali OM, AbdElgawad H, Hashem AH. (2022): Inhibition of *Aspergillus flavus* Growth and Aflatoxin Production in *Zea mays* L. Using Endophytic *Aspergillus fumigatus*. *Journal of Fungi*. 8(5):482.
2. Abramson D (1997): Toxicants of the genus *Penicillium*. In: D'Mello JPF (ed) Handbook of Plant and Fungal Toxicants (pp. 303–317) CRC Press, Boca Raton
3. Ács, Zoltán és Keszthelyi, Sándor (2005): Magyarországi kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) populációk genetikai (DNS) vizsgálata. *Acta Agronomica Óváriensis*, 46 (1). 59-66.
4. Ahantari, A., Chantawat, N., and Waterfield, N. R. (2009): PirAB Toxin from *Photobacterium* asymbiotica as a larvicide against dengue vectors. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 75, 4627–4629.
5. Ali, S.W.; Afzaal, S. (2014): Aflatoxins in Pakistani Foods: A serious threat to food safety. *J. Hyg. Eng. Des.*, 9, 20–25.
6. Aliniaieifard S., Rezayian M., Mousavi (2023): SH Növényi hormonok és klímaváltozás. Springer; Cham, Svájc: Aszálystressz: A növényi hormonok szerepe az érzékelésben, a jelzésben és a válaszban; 227–250.
7. Alisaac E. and Mahlein A.K. (2023): *Fusarium* head blight on wheat: Biology, modern detection and diagnosis and integrated disease management. *Toxins*, 15(3): 192.
8. Amaike, S., Keller, N.P. (2011): *Aspergillus flavus*. *Annual Review of Phytopathology*, 49 (1) 107-133.
9. Ángyán J. (2007): Bevezető az Országgyűlési Nyílt Nap programjához. In: Darvas B. (szerk.): Mezőgazdasági géntechnológia – elsőgenerációs GM-növények, Országgyűlési nyílt nap, 169 p., 14-16.
10. Askary, T. H. (2022): Pest management: Methods, applications & challenges (New York, USA: Nova Science Publishers), 389.
11. Baker, G.H., Tann, C.R., & Fitt, G.P. (2011): A tale of two trapping methods: *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera, Noctuidae) in pheromone and light traps in Australian cotton production systems. *Bulletin of Entomological Research*, 101, 9-23.
12. Balázs, K., Mészáros, Z. (1998): Rend: Lepkék – Lepidoptera. In: Jenser, G., Mészáros, Z., Sáringer, G. (eds), A szántóföldi és kertészeti növények kártevői. (Pests of field crops and horticultural plants.) Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 395–397.
13. Barzman, M., Bärberi, P., Birch, A. N. E., Boonekamp, P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Graf, B., Hommel, B., Jensen, J. E., Kiss, J., Kudsk, P., Lamichhane, J. R., Messéan, A., Moonen, A. C., Ratnadass, A., Ricci, P., Sarah, J. L., & Sattin, M. (2015): Eight principles of integrated pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1199–1215.
14. Battilani, P.; Toscano, P.; Van Der Fels-Klerx, H.J.; Moretti, A.; Camardo Leggieri, M.; Brera, C.; Rortais, A.; Goumperis, T.; Robinson, T. (2016): Aflatoxin B₁ contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Sci. Rep.*, 6, 24328.
15. Bebbber, D.P.; Gurr, S.J (2015): Crop-destroying fungal and oomycete pathogens challenge food security. *Fungal Genet. Biol.*, 74, 62–64.
16. Behnke, G.D., Kim, N., Zabaloy, M.C., Riggins, C.W., Rodriguez-Zas, S., Villamil, M.B. (2021): Soil microbial indicators within rotations and tillage systems. *Microorganisms* 9(6): 1244.
17. Benkerroum, N. (2016): Mycotoxins in dairy products: A review. *Int. Dairy J.*, 62, 63–75.

18. Bhusal, K.; Khanal, D. (2019): Role of Maize Weevil, *Sitophilus zeamais* Motsch. on Spread of *Aspergillus section flavi* in Different Nepalese Maize Varieties. *Advances in Agriculture*, 7584056.
19. Bigger, J. H. and PETN, H. B. (1953): Reduction of corn borer numbers from October to June. A 10 years study. III. Agricultural Experiment Station Bulletin, 566: 1-15.
20. Borutova R, Aragon YA, Nährer K, Berthiller F (2012): Co-occurrence and statistical correlations between mycotoxins in feedstuffs collected in the Asia-Oceania in 2010. *Anim Feed Sci Technol* 178(3–4):190–197.
21. Bravo A, Soberón M, Gill SS, (2019): *Bacillus thuringiensis*: Mechanisms and use, Encyclopedia of
22. Britzi, M., Friedman, S., Miron, J., Solomon, R., Cuneah, O., Shimshoni, J.A., Soback, S., Ashkenazi, R., Armer, S., Shlosberg, A. (2013): Carry-over of aflatoxin b1 to aflatoxin m1 in high yielding Israeli cows in mid- and late lactation. *Toxins* 5: 173-183.
23. Burgio, G. and Maini, S. (1994): Phenylacetaldehyde trapping of *Ostrinia nubilalis* (Hb.), *Autographa gamma* (L-) and hoverflies: trap design efficacy. *Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna*, 49: 1–14.
24. Cruz D, Eizaguirre M (2016): Host location behaviour of gravid females in the Mediterranean corn borer *Sesamia nonagrioides*: external morphology of antennae and ovipositor sensilla. *Bull Insectology* 69:181–192
25. Darvas B., Bánáti H., Takács E., Lauber É., SZécsi Á., Székács A. (2011). Relationships of *Helicoverpa armigera*, *Ostrinia nubilalis* and *Fusarium verticillioides* on MON 810 Maize. *Insects*, 2, 1 - 11.
26. Dorner, J. (2008): Management and prevention of mycotoxins in peanuts. *Food Addit. Contam.* 25, 203–208.
27. Dömötör I. (2003): Új kártevő a fekete bodzán (*Sambucus nigra* L. 1753): a gyapottok-bagolylepke. *Növényvédelem*, 39 (8): 391–393.
28. Dömötör I., Kiss J., Tóth I. és Szöcs G. (2002): A gyapottok-bagolylepke feromoncsapdával jelzett rajzásmenete és a lárvák megjelenésének kapcsolata a védekezési döntés szempontjából. *Növényvédelem*, 38 (6): 273–277.
29. Dömötör, I. és Kiss, J. és Szöcs, G. (2009): Coincidence of silking time of corn, *Zea mays* and flight period of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hbn.: How does it affect follow-up abundancy of larvae on cobs and grain damage in various corn hybrids? *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 44 (2).
30. Dömötör, I., Kiss, J. and Szöcs, G. (2007): First results on synchrony between seasonal pattern of pheromone trap captures of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* and appearance of freshly emerged larvae on developing cobs of corn hybrids. *Journal of Pest Science*, 80 (3): 183–189.
31. Fejes-Tóth A. (2015): A kukoricamoly és megfigyelési módszerei. *Agrárágazat*
32. Frisvad JC, Hubka V, Ezekiel CN, Hong SB, Nováková A, Chen AJ, Arzanlou M, Larsen TO, Sklenář F, Mahakarnchanakul W, Samson RA, Houbraken J. (2019): Taxonomy of *Aspergillus section Flavi* and their production of aflatoxins, ochratoxins and other mycotoxins. *Stud Mycol.*;93:1–63.
33. Gaur, N., & Mogalapu, S. (2018): Pests of Soybean. In: Omkar (eds) *Pests and Their Management*. Springer, Singapore.
34. Gombos B. – Nagy J.: (2019): Az időjárás értékelése kukorica (*Zea mays* L.) tartamkísérletek eredményei alapján. *Növénytermelés*, 69. 2: 5-23.

35. Gurikar, C.; Shivaprasad, D.P.; Sabillón, L.; Nanje Gowda, N.A.; Siliveru, K. (2022): Impact of mycotoxins and their metabolites associated with food grains. *Grain Oil Sci. Technol.*, 6, 1–9.
36. Hanó G. (1976): A kukoricamoly fenológiai vizsgálata. *Növényvédelem* 12(3): 121-125.
37. Hazel, W. N. (2002): The environmental and genetic control of seasonal polyphenism in larval colour and its adaptive significance in a swallowtail butterfly. *Evol* 56, 248–342.
38. Hluchy, M. (2005): A biológiai védekezés kereskedelmileg előállított készítményei. In: Rod, J., Hluchy, M., Zavadil, K., Prásil, J., Somssich, I. és Zacharda, M. (szerk.): A zöldségfélék betegségei és kártevői, Biocont Laboratory, Brno, 392. p., 349-380. p.
39. Hope R, Magan N. (2003): Two-dimensional environmental profiles of growth, deoxynivalenol and nivalenol production by *Fusarium culmorum* on a wheat-based substrate. *Lett Appl Microbiol.*;37(1):70–4.
40. I. Dömötör, J. Kiss, G. Szöcs, (2009): Coincidence of silking time of corn, *Zea mays* and flight period of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hbn.: How does it affect follow-up abundance of larvae on cobs and grain damage in various corn hybrids?. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 44:315-326.
41. IARC. Aflatoxin: Scientific Background, Control, and Implications—*Google Books*; IARC (International Agency for Research on Cancer): Lyon, France, 2012.
42. Ivezić, A., Mimić, G., Trudić, B., Blagojević, D., Kuzmanović, B., Kaitović, Ž., & Petrović, K. (2023): Development of a Predictive Model of the Flight Dynamics of the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hübner, 1796 (Lepidoptera: Pyralidae), in the Vojvodina Region, Serbia—Implications for Integrated Pest Management. *Agronomy*, 13(6), 1494.
43. Jallow, A.; Xie, H.; Tang, X.; Qi, Z.; Li, P. (2021): Worldwide aflatoxin contamination of agricultural products and foods: From occurrence to control. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 20, 2332–2381.
44. Jard, G., Liboz, T., Mathieu, F., Guyonvarc'h, A., & Lebrihi, A. (2011): Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28(11), 1590-1609.
45. Kakralya B (2005). Transgenic plants: Promise or danger, Agrobios, India, 266: 185-186
46. Keszthelyi S. (2018): A változó klíma és termesztéstechnológia hatása a szántóföldi kultúrák kártevőire. *Agrofórum Kiadó, Szekszárd*, 8-9p., 19p., 236-237.
47. Keszthelyi, S. – Nagy, B. – Vasas, L. – Mile, L. – Szabó, Z. (2003): A kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hbn.). *Gyakorlati Agrofórum*, 14(7): 31-44.
48. Keszthelyi, S., Binder, A., Csóka, Á., Pónya, Zs., Donkó, T. (2021): Computer tomography-assisted visualization of the movement triggered by frost in *Ostrinia nubilalis* overwintering in maize stalks. *Physiological Entomology* 46(2): 138-144
49. Keszthelyi, S., Nowinszky, L., and Puskás, J. (2013): The growing abundance of *Helicoverpa armigera* in Hungary and its areal shift estimation. *Centr. Eur. J. Biol.* 8, 756–764.
50. Keszthelyi, S., Pónya, Zs. (2019): Canopy-dwelling arthropod response to rynaxypyr and lambda-cyhalothrin treatments in maize. *Scientia Agriculturae Bohemica* 50(4): 236-243.
51. Khalili M., Naghavi MR, Aboughadareh AP, Rad HN (2013): Az aszálystressz hatása a kukoricafajták (*Zea mays* L.) terméshozamára és termésösszetevőire *Int. J. Agron. Plant Prod.*; 4:809–812.

52. Kiss, J., Zanker, A., és Eke, I. (2017): Az integrált növényvédelem nyolc alapelve. *Növényvédelem* 78 (53): 10.
53. L. Folcher, M. Delos, E. Marengue, M. Jarry, A. Weissenberger, N. Eychenne, C. Regnault-Roger (2010): Lower mycotoxin levels in Bt maize grain. *Agron. Sustain. Dev.* 30 711–719.
54. Laraba, I., Boureghda, H., Abdallah, N., Bouaicha, O., Obanor, F., Moretti, A. et al. (2017): Population genetic structure and mycotoxin potential of the wheat crown rot and head blight pathogen *Fusarium culmorum* in Algeria. *Fungal Genetics and Biology*, 103, 34–41.
55. Leskő K. és Szabóky Cs. (2003): Új károsító az akácon a gyapottok-bagolylepke. *Erdészeti Lapok*, 138 (3): 96–97.
56. Leslie, J.F. and Summerell, B.A. (2006): *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publ. Ames, Iowa, USA. 387.
57. Liu, C., Kogel, K.-H. & LaderaCarmona, M. (2024): Harnessing RNA interference for the control of *Fusarium* species: A critical review. *Molecular Plant Pathology*, 25, e70011.
58. Maleki, F.; Abdi, S.; Davodian, E.; Haghani, K.; Bakhtiyari, S. (2015): Exposure of infants to aflatoxin M1 from mother's breast milk in Ilam, Western Iran. *Osong Public Health Res. Perspect.* 6, 283–287.
59. Manninger A. (1949): Tanulmány a kukoricamoly tömeges elszaporodásáról, különös tekintettel a rajzásra. *Agrártudomány*. 1: 292–298.
60. Masiello, M.; Somma, S.; Ghionna, V.; Francesco Logrieco, A.; Moretti, A. (2019): In vitro and in field response of different fungicides against *Aspergillus flavus* and *Fusarium* species causing ear rot disease of maize. *Toxins*, 11, 11.
61. Massomo SMS. (2020): *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in the maize value chain and what needs to be done in Tanzania. *Scientific African*;10:e00606.
62. Medina A, Rodriguez A, Magan N. (2014): Effect of climate change on *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 production. *Front Microbiol.*;5:348.
63. Meissle, M.; Mouron, P.; Musa, T.; Bigler, F.; Pons, X.; Vasileiadis, VP; Otto, S.; Antichi, D.; Kiss, J.; Palinkas, Z.; et al. (2009): Kártevők, növényvédőszer-használat és alternatív lehetőségek az európai kukoricatermesztésben: Jelenlegi helyzet és jövőbeli kilátások. *J. Appl. Entomol.*, 134, 357–375.
64. Mencarelli M, Accinelli C, Vicari A. (2013): Implications of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, infestation in an *Aspergillus flavus*-biocontrolled corn agroecosystem. *Pest Manag Sci.* 69:1085–1091.
65. Mesterházy, Á., Szieberth, D., Szabó, B., Berényi, A., & Tóth, B. (2022): Mycotoxin contamination of maize (*Zea mays* L.) samples in Hungary, 2012–2017. *Cereal Research Communications*, 1–9.
66. microbiology, Fourth Edition, Elsevier Inc., 307–332
67. Mohsen Mo., Hamid T., Foroud B., Carlos Augusto Fernandes Oliveira, Carlos Humberto Corassin, Amin Mousavi Khaneghah (2020): Aflatoxin B1 in the Iranian pistachio nut and decontamination methods: A systematic review. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*; 12 (4): 15–25
68. Moretti, A., Pascale, M., & Logrieco, A. F. (2019): Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 38–40.
69. Mu, C., Gao, J., Zhou, Z., Wang, Z., Sun, X., Zhang, X. et al. (2019): Genetic analysis of cob resistance to *F. verticillioides*: another step towards the protection of maize from ear rot. *Theoretical and Applied Genetics*, 132, 1049–1059.

70. Naglaa A Abdallah, Vivian Moses, and CS Prakash (2014): The impact of possible climate changes on developing countries. *GM Crops & Food: Biotechnology in agriculture and the Food Chain* 5:2, 77–80.
71. Naglaa A. A. – Moses V. – Prakash C. S. (2014): Climate change effects on abiotic stress in plants. *GM Crop Food*. 5. 77-80.
72. Nagy B. (1993): Kukoricamoly. In: Jermy T. és Balázs K. (szerk.): *A növényvédelmi állattan kézikönyve* 4/B. Akadémiai Kiadó, Budapest, 495-529.
73. Nagy J. (2010): A kukoricatermesztés jelene és jövője. *Növénytermelés* 59 (3) 85-111.
74. Nagy, A., Szarukán, I., Papp, Sz., Vámos, P., Vizéz, P., Tóth, M. (2019): Kukoricamoly biszex csapda: hogyan növelhetjük a csapda szelektivitását? *Agrofórum* 30:56-59.
75. Nagy, B. (1986): European corn borer: historical background to the changes of the host plant pattern in the Carpathian Basin. *Proceedings of the XIVth Symp. of the IWGO, Beijing*. 174-181.
76. Nayeon Kim & Kyungtag Lee, (2023): Environmental Consciousness, Purchase Intention, and Actual Purchase Behavior of Eco-Friendly Products: The Moderating Impact of Situational Context, *IJERPH*, MDPI, vol. 20(7), 1-17.
77. Ni X, Wilson JP, Buntin GD, Guo B, Krakowsky MD, Lee RD, Schmelz EA (2011): Spatial patterns of aflatoxin levels in relation to earfeeding insect damage in pre-harvest corn. *Toxins* 3(7): 920–931.
78. Nihal, R. and Bala, S.C. (2020): Bio-efficacy of some newer insecticides against *Aphis gossypii* and *Amrasca biguttula biguttula* infesting bt cotton. *Pesticide Res. J.*, 32: 134-39.
79. Ocskó Z. (2018): Engedélyezett növényvédő szerek fontosabb adatai és felhasználási területük. In: Ocskó Z., Erdős Gy. és Molnár J.(szerk.): *Növényvédő szerek, terménynövelő anyagok* 2018. I., 714. p., 8-604.
80. O'Donnell, K., Whitaker, B.K., Laraba, I., Proctor, R.H., Brown, D.W., Broders, K. et al. (2022): DNA sequence-based identification of fusarium: a work in progress. *Plant Disease*, 106, 1597–1609.
81. Pálffy Cs. (1983): A kukoricamoly és kártétele. *Növényvédelem* 19(11): 515-517.
82. Peles, F.; Sipos, P.; Győri, Z.; Pfliegler, W.P.; Giacometti, F.; Serraino, A.; Pagliuca, G.; Gazzotti, T.; Pócsi, (2019): I. Adverse effects, transformation and channeling of aflatoxins into food raw materials in livestock. *Front. Microbiol.* 10, 2861.
83. Pérez-Cantero, A., López-Fernández, L., Guarro, J. & Capilla, J. (2020): Azole resistance mechanisms in aspergillus: update and recent advances. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 55, 105807.
84. Pires, L.F., Borges, J.A., Rosa, J.A., Cooper, M., Heck, R.J., Passoni, S., Roque, W.L. (2017): Soil structure changes induced by tillage systems. *Soil and Tillage Research* 165: 66-79.
85. Ranum P. – Peña-Rosas J.P. – Garcia-Casal M.N.: (2014): Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312. 1: 105-112.
86. Reed, W. & Pawar, C.S. (1982): Heliothis: a global problem. pp. 9–14 in Reed, W. & Kumble, V. (Eds) *Proceedings of the International Workshop on Heliothis Management*. Pantanchera, India, ICRISAT.
87. Romeis J., Shanower T.G. (1996): Arthropod natural enemies of *Helicoverpa armigera* (Hbn.) in India, *Biocontrol Sci. Techn.*, 6, 481–508.
88. Sándor Keszthelyi, Szilvia Orsi-Gibicsár, Ferenc Pál-Fám, Katalin Somfalvi-Tóth and Adalbert Balogh (2024): Colour polymorphism of cotton bollworm larvae as a function of the type of host plant providing its development.

89. Saraf N, Makhija S K, Kachole M. (2015): Developmental stages in the life cycle of *Helicoverpa armigera* (hubner) under laboratory conditions. *Journal of Quality Assurance and Pharma Analysis*, 1(1): 142–145.
90. Sarate A P J, Tamhane V A, Kotkar H M, Ratnakaran N, Susan N, Gupta V S, Giri A P. (2012): Developmental and Digestive Flexibilities in the Midgut of a Polyphagous Pest, the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Journal of Insect Science*, 12(42): 1–16.
91. Simkó A.- Veres Sz. (2021): A kukorica fuzáriózisa és a nitrogénellátás összefüggései MezőHír
92. Singh AK, Patil J, Nekkanti A, Paschapur AU, Bhat S, Gouri V, Verma G, Jaiman M, Pankaj, Mishra KK and Kant L (2025): Isolation, morphological, and molecular characterization of a native *Heterorhabditis indica* strain from the Mid-Indian Himalayas with insights into biocontrol potential. *Front. Plant Sci.* 16:1576159.
93. Smith JE (1997): Aflatoxins. In: D'Mello JPF (ed) *Handbook of Plant and Fungal Toxicants* (pp. 269–285) CRC Press, Boca Raton
94. Szécsi Á. (1994): A *Liseola* szekcióba tartozó fuzáriumok előfordulása hazai kukoricakultúrákban 1991 és 1992. évben. *Növényvédelem*, 30:313-318.
95. Szécsi Á. és Szőke Cs. (2023): Fuzariológia: A fuzarium-nemzetség biológiája (1). *Növényvédelem* 84(6): 248-256.
96. Szeőke K. és Vörös G.: (2001): Az utóbbi évek időjárásának hatása a kártevő rovarok elterjedésére. *Növényvédelem*, 37 (1): 22–25.
97. Szeőke K. (1994): Occurrence and damage of the cottonbollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.) in 1993 in Hungary, *Növényvédelem*, 30, 153–157.
98. Szeőke K. (2015): Károkozó rovarok a mezőgazdaságban. Hajnápír Kiadó, Sárbogárd, 292. p.
99. Szócs G, Dömötör I, Kiss J, Tóth M, (2018): Környezetkímélő növényvédelmi stratégiák és módszerek a holnap kihívásaira: Felkészültünk-e a kukorica termesztést veszélyeztető bagolylepkék inváziójára? *Növényvédelem*, 79 (54): 1. 30-34.
100. Szócs G., Tóth M., Ujváry I. és Szarukan I. (1995): Hazai fejlesztésű feromoncsapda az újonnan fellépő gyapottok-bagolylepkék (*Helicoverpa armigera* Hbn.) jelzésére. *Növényvédelem*, 31 (6): 261-266.
101. Szőke Cs. és Marton L.Cs. (2010): Examination of the relationship between Fusarium ear rot and corn borer infestation in maize. Workshop for variety registration in cereals for Fusarium resistance, Szeged, 23.
102. Szőke Cs., Spitkó T., Kovács A., Cs. Heilmann E., Sipos Á., Pintér J., Berzy T., Marton L.Cs. (2021): A kukorica fuzáriumos megbetegedéseiről. *Agrofórum Extra*, 92: 86–88.
103. Thompson, M.; Raizada, M. (2018): Fungal Pathogens of Maize Gaining Free Passage along the Silk Road. *Pathogens* 7(4), 81.
104. Tóth, M., Nagy, A., Szarukan, I. (2018): Kukoricamoly biszex csapda: figyeljünk a fogást szennyező más lepkefajokra! *Agrofórum* 29:44-46.
105. Tóth, M., Szarukan, I., Csukás, L., Hauser, Cs., Ábri, T., Kőrösi, Sz., Nagy, T., Nagy, A. (2017): Kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) "biszex" családok optimális dózisa, hatástartama és alkalmazása rajzáskövetésre. *Növényvédelem* 78:141-147.

106. Tóth, M., Szarukán, I., Nagy, A., Ábri, T., Katona, V., Kőrösi, Sz., Nagy, T., Szarvas, Á., and Koczor, S. (2016): An improved female-targeted semiochemical lure for the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Acta Phytopath. Entomol. Hung.*, 51: 247–254.
107. Ubrizsy G. - Reichart G. (1958): Termesztett növényeink védelme. Mezőgazdasági kiadó, Budapest
108. Voss, K.A.; Smith, G.W.; Haschek, W.M. (2007): Fumonisin: Toxicokinetics, mechanism of action and toxicity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 137, 299–325.
109. Williams JH, Phillips TD, Jolly PE, Stiles JK, Jolly CM, Aggarwal D. (2004): Human aflatoxicosis in developing countries: a review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *Am J Clin Nutr*;80(5):1106– 22.
110. Windels C.E. (2000): Economic and social impacts of *Fusarium* head blight: changing farms and rural communities in the Northern Great Plains. *Phytopathology*, 90: 17–21.
111. Witzgall, P., Kirsch, P. and Cork, A. (2010): Sex pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.*, 36: 80–100.
112. Woodring, J. L., and Kaya, H. K. (1988): *Steinernematid and heterorhabditid nematodes: A handbook of biology and techniques* Vol. 331 (Fayetteville, AR: Arkansas Agricultural Experiment Station), 30.
113. Xu, F., Liu, W., Song, Y., Zhou, Y., Xu, X., Yang, G. et al. (2021): The distribution of *Fusarium graminearum* and *Fusarium asiaticum* causing *Fusarium* head blight of wheat in relation to climate and cropping system. *Plant Disease*, 105, 2830–2835.
114. Yu, J., Pedroso, I.R. (2023): Mycotoxins in cereal-based products and their impacts on the health of humans, livestock animals and pets. *Toxins* 15(8): 480.
115. Zareczky A. és Vörös G. (1994): Bagolylepke-invázió a kukoricacsövekben. *Növényvédelem*, 30 (4): 169–172.
116. Zhao, B., He, D. & Wang, L. (2021): Advances in *Fusarium* drug resistance research. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 24, 215–219
117. Mesterházy, Á. (2020). *Fusarium* toxins in cereals: Management and reduction strategies. *Cereal Research Communications*, 48(1), 1–18.
118. Logrieco, A., Mule, G., Moretti, A., & Bottalico, A. (2002). Fumonisin and *Fusarium verticillioides*: Biology, ecology and toxicology. *Food Additives and Contaminants*, 19(4), 401–414.

Internetes hivatkozások:

<https://www.ksh.hu/>

<https://www.ipcc.ch/>

<https://www.eppo.europa.eu/en>

<https://www.fao.org/faostat/en/#home>

<https://www.csalomoncsapdak.hu/>

<https://www.iarc.who.int/>

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1000043.FVM>

<https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>

<https://met.hu/>

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni konzulensemnek, Dr. Kiss József professzor úrnak, aki segített megtalálni a számomra legmegfelelőbb diplomatémát, támogatta a munkámat, és szakmai tanácsokkal látott el.

Köszönettel tartozom Dr. Kőrösi Katalin tanárnőnek, aki lehetővé tette a laboratóriumi vizsgálatok elvégzését. Köszönet illeti a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Szent István Campusának Integrált Növényvédelmi Intézetében dolgozó oktatóit, akiktől a munkám alapjául szolgáló szakmai ismereteiket elsajátíthattam.

Továbbá köszönetet szeretnék mondani, keresztapámnak, Tömör Zoltánnak, hogy lehetővé tette a kísérlet megvalósulását a saját mezőgazdasági területen.

És nem utolsó sorban köszönettel tartozom páromnak, Mészáros Ádámnak, aki a diplomamunkám megírása alatt végig mellettem állt.

Hálás köszönetemet szeretném kifejezni családomnak, és mindazoknak, akik tanulmányi éveim alatt támogatásukról biztosítottak.

9. Mellékletek

1-2. táblázat: A kukoricamoly egyedszámváltozásának összehasonlítása egy éven belül a 2024-ben és 2025-ben kitelepített I.-es és II.-es csapdák fogásadatai alapján, p érték

Two-sample paired tests, 2024				Two-sample paired tests, 2025			
A		B		E		F	
N:		12		N:		12	
Mean:		5,4167	Mean:		3,9167	Mean:	
Median:		2,5	Median:		2	Median:	
t test				t test			
Mean difference:		1,5	95% conf.: (-1,474 4,474)	Mean difference:		0,58333	95% conf.: (0,011288 1,1554)
t :		1,1101	p (same mean): 0,29063	t :		-2,2444	p (same mean): 0,046342
Exact:		p (same mean):	0,35156	Exact:		p (same mean):	0,09375
Sign test				Sign test			
r :		5	p (same median): 0,72656	r :		6	p (same median): 0,125
Wilcoxon test :				Wilcoxon test :			
W :		26		W :		25	
Normal appr. z :		1,1272	p (same median): 0,25968	Normal appr. z :		1,9332	p (same median): 0,053206
Monte Carlo (n=)		p (same median):	0,29642	Monte Carlo (n=)		p (same median):	0,09498
Exact:		p (same median):	0,29688	Exact:		p (same median):	0,09375

3-4. táblázat: A gyapottok bagolylepke egyedszámváltozásának összehasonlítása egy éven belül a 2024-ben és 2025-ben kitelepített I.-es és II.-es csapdák fogásadatai alapján, p érték

Two-sample paired tests, 2024				Two-sample paired tests, 2025			
E		F		E		F	
N:		12		N:		12	
Mean:		13,417	Mean:		2,75	Mean:	
Median:		11,5	Median:		2	Median:	
t test				t test			
Mean difference:		10,667	95% conf.: (6,0108 15,323)	Mean difference:		2,5	95% conf.: (0,27415 4,7259)
t :		5,0425	p (same mean): 0,00037649	t :		-2,4721	p (same mean): 0,031007
Exact:		p (same mean):	0,00097656	Exact:		p (same mean):	0,041016
Sign test				Sign test			
r :		11	p (same median): 0,0063477	r :		8	p (same median): 0,10938
Wilcoxon test :				Wilcoxon test :			
W :		77		W :		47,5	
Normal appr. z :		2,9833	p (same median): 0,0028519	Normal appr. z :		2,0439	p (same median): 0,040963
Monte Carlo (n=99999)		p (same median):	0,00103	Monte Carlo (n=99999)		p (same median):	0,04407
Exact:		p (same median):	0,00097656	Exact:		p (same median):	0,044922

5. táblázat: Az *Aspergillus* fertőzöttség mintaterenkénti összehasonlítása ANOVA teszt alkalmazásával, 2024 (a szignifikáns értékek vannak kiemelve, csak a $p < 0,05$ értékeket vettem figyelembe, az átló alatt a Q értékek szerepelnek)

2024	Mintatér I.	Mintatér II.	Mintatér III.	Mintatér IV.
Mintatér I.		0,08094	0,03184	0,01926
Mintatér II.	3,502		0,9766	0,9272
Mintatér III.	4,08	0,5781		0,9969
Mintatér IV.	4,369	0,8671	0,289	

6. táblázat: A *Fuzárium* fertőzöttség mintaterenkénti összehasonlítása ANOVA teszt alkalmazásával, 2025 (a szignifikáns értékek vannak kiemelve, csak a $p < 0,05$ értékeket vettem figyelembe, az átló alatt a Q értékek szerepelnek)

2025	1. Mintatér	2. Mintatér	3. Mintatér	4. Mintatér
1. Mintatér		0,4754	0,5568	0,4501
2. Mintatér	2,242		0,9976	0,9999
3. Mintatér	1,988	0,2538		0,9944
4. Mintatér	2,327	0,08461	0,3384	

10. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Takács Anna
A Hallgató Neptun kódja: ZI8W68
A dolgozat címe: A gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner) és a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis* Hübner) rajzásdinamikája és kártétele kukoricában, különös tekintettel a *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzésekre
A megjelenés éve: 2025.
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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.

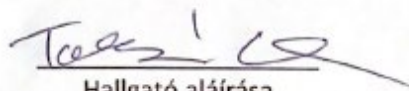
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: Gödöllő, 2025. november 03.


Hallgató aláírása

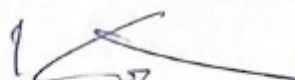
NYILATKOZAT

Takács Anna (hallgató Neptun azonosítója: Z18W68) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: Gödöllő, 2025. év október hó 28. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Takács Anna
Neptun-kódja:	ZI8W68
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☐ BSc/BA ☒ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) ☐ Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Diplomamunka
A munka címe:	A gyapottok bagolylepke (<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner) és a kukoricamoly (<i>Ostrinia nubilalis</i> Hübner) rajzásdinamikája és kártétele kukoricában, különös tekintettel a <i>Fusarium</i> és <i>Aspergillus</i> fertőzésekre

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

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, tölts ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, 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.)

--	--	--	--

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:

.....

.....

.....

.....

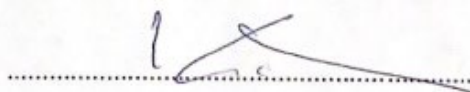
4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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 helytállóságáért 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: GÖDÖLLŐ....., 2025. október hó 28-nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása