



DRÓNNAL ÉS SZÁNTÓFÖLDI GÉPPEL KIJUTTATOTT FUNGICIDEK CSŐFUZÁRIUM ELLENI HATÉKONYSÁGA MESTERSÉGESEN FERTŐZÖTT KUKORICA KÍSÉRLETBEN

**Efficacy of drone- and field sprayer-applied fungicides against
ear rot in an artificial inoculation maize experiment**

TDK dolgozat

Készítette: **Czakó Tamásné**
Növényorvosi mesterképzés
Növényvédelmi Intézet
Szent István Campus
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Témavezető: Dr. Körösi Katalin, egyetemi docens, MATE Szent
István Campus, Növényvédelmi Intézet Integrált
Növényvédelmi Tanszék

Dr. Szőke Csaba, tudományos főmunkatárs, HUN-
REN ATK Mezőgazdasági Intézet,
Kukoricanemesítési Osztály

Gödöllő

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	2
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1. Kukorica jelentősége, helye a szántóföldi növénytermesztésben	3
2.1.1. Vetésterülete, felhasználási területe.....	3
2.1.2. Termesztéstechnológia	4
2.2. A kukorica fuzáriumos megbetegedését okozó főbb fajok	7
2.2.1. <i>Fusarium graminearum</i>	9
2.2.2. <i>Fusarium verticillioides</i>	9
2.3. A kukorica fuzáriumos megbetegedései elleni védekezési lehetőségek.....	10
2.3.1. Agrotechnikai védekezés	10
2.3.2. Rezisztencianemesítés	11
2.3.3. Biológiai védekezés	12
2.3.4. Kémiai védekezés	12
2.4. Permetező drón alkalmazásának lehetőségei	13
3. Anyag és módszer	16
3.1. A szabadföldi kísérlet termőhelyi jellemzői	16
3.1.1. Talajadottságok.....	16
3.1.2. Éghajlat, klimatikus viszonyok.....	17
3.2. Alkalmazott agrotechnika.....	18
3.3. A kísérlet növényi anyaga	18
3.4. Alkalmazott fungicidek	19
3.5. A kísérlet elrendezése	20
3.6. A mesterséges fertőzés.....	20
3.6.1. A mesterséges fertőzéshez használt izolátumok	20
3.6.2. A fertőzőanyag előállítása	20
3.6.3. Az alkalmazott fertőzési módszerek bemutatása	22
3.7. Védekezési módok bemutatása.....	24
3.7.1. Szántóföldi géppel történő védekezés.....	25
3.7.2. Permetező drónnal történő védekezés.....	25
3.8. Az adatok felvételezése, a minták feldolgozása, statisztikai elemzés	26
3.8.1. A csőpenész borítottság mértékének meghatározása	26
3.8.2. A parcella mintáinak feldolgozása.....	26
3.8.3. Izolátumok visszaigazolása a mesterségesen fertőzött szemekből	27
3.8.4. Az adatok statisztika feldolgozása	27
4. Eredmények és értékelésük	28
4.1. <i>Fusarium</i> fajok fertőzőképességének összehasonlítása	28
4.2. A fungicidek hatékonyságának összehasonlítása.....	28
4.3. A védekezési módok összehasonlítása.....	29
4.4. A talajfertőzésnél használt <i>Fusarium</i> fajok megjelenésének igazolása a fertőzött parcellák szemterméséből.....	30
4.5. A fertőzési módok összehasonlítása	31
4.6. A fungicidek, a genotípusok és együttes hatásuk a terméselemekre.....	32
5. Következtetések és javaslatok	36
6. Összefoglalás	39
7. Köszönetnyilvánítás.....	41
8. Irodalomjegyzék	42
9. Mellékletek	48

1. Bevezetés és célkitűzések

A kukorica kórokozói közül a termelők számára az egyik legnagyobb kihívást a fuzáriumos betegségekkel szembeni védekezés jelenti. A kukoricát több *Fusarium* faj is károsítja, melyek közül hazánkban a *Fusarium verticillioides* és a *Fusarium graminearum* fajok okozzák a legtöbb problémát. A kórokozók évjáratától függően gazdaságilag is jelentős termés kiesést okozhatnak és veszélyes mikotoxinjaikkal szennyezik a szemtermést, rontva ezzel annak minőségét is. Bár eddig még a betegséggel szemben ellenálló hibridet nem sikerült előállítani, de a védekezési eljárások közül a rezisztencianemesítés szerepe meghatározó. A csőfuzárium számára kedvező évjáratokban fungicides védekezéssel is növelhetjük a termés-, élelmiszer- és takarmánybiztonságot. A fuzáriumos csőpenész elleni gombaölő szeres védekezés optimális időpontja a kukorica virágzásakor van. Ebben a fenológiai fázisban a növényállomány magassága miatt szántóföldi gépekkel a növényvédő szer kijuttatása már csak speciális, hidas permetezővel lehetséges. Nagy tömegük miatt a szántóföldi gépek talajtömörödöttséget okozhatnak, melynek következménye a talajalkotó részek közötti kapcsolatok megváltozása. Ennek hatására csökken a talaj vízbefogadó- és vízvezető-képessége, romlik a talaj megmunkálhatósága, valamint a növények gyökereinek növekedése és tápanyagfelvétele is redukálódik. Ezenkívül, ha a szükséges védekezési időpontban túl sok csapadék esik, a talajállapot nem teszi lehetővé a védekezés időben való elvégzését. Az elmúlt 2-3 évben egyre nagyobb az érdeklődés a drónos növényvédelem iránt, mely lehetőség használatával elkerülhető a talajtömörödés, továbbá az eső után szinte azonnal elvégezhetjük a növényvédelmi munkát.

Dolgozatomban négy, a kukoricában engedélyezett fungicid hatékonyságát vizsgáltuk a fuzáriumos csőpenészesedéssel szemben. A készítményeket permetező drónnal és szántóföldi géppel juttattuk ki. A kísérletben három hibridet használtunk, melyeknek ismert a csőfuzáriummal szembeni ellenállósága (fogékony, átlagos fogékonyságú és toleráns). A kísérlet során arra kerestük a választ, hogy a különböző fungicidek milyen mértékben csökkentik a *Fusarium* fajok okozta károkat, a permetező drónnal kijuttatott növényvédő szerek hatékonysága változik-e a szántóföldi géphez képest, a fertőzési módok hatékonysága között van-e különbség, illetve vizsgáltuk a fungicidek, a genotípusok és a két tényező együttes hatását a termés elemekre (termésmennyiség, szemnedvesség-tartalom, hektoliter tömeg).

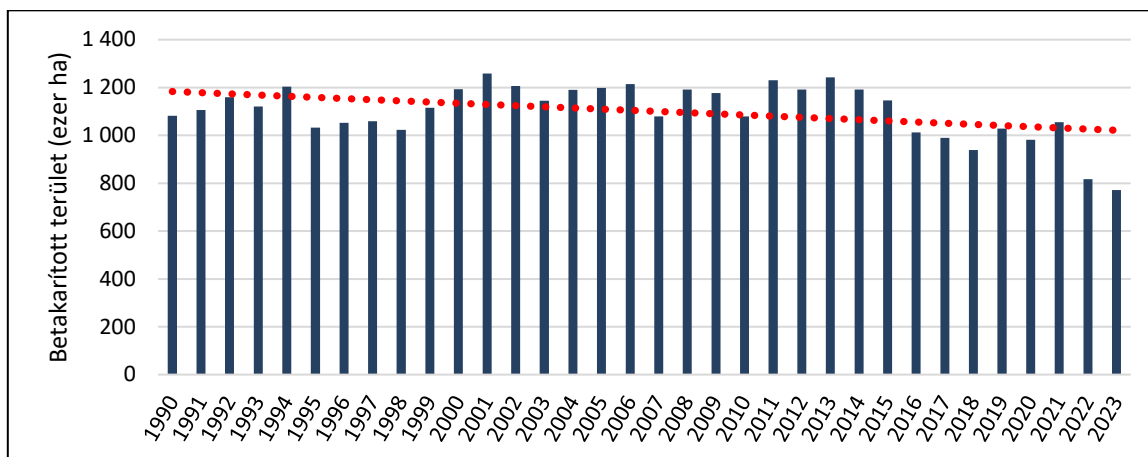
2. Irodalmi áttekintés

2.1. Kukorica jelentősége, helye a szántóföldi növénytermesztésben

2.1.1. Vetésterülete, felhasználási területe

A kukorica Amerikából terjedt el az egész világon és vált az egyik legfontosabb szántóföldi növényünké. Fontos szerepet játszik az emberi táplálkozásban, az állati takarmányozásban és az ipari felhasználása is jelentős. Hazánkban elsősorban szemes- és tömegtakarmánnyként hasznosítjuk, illetve ipari feldolgozása is jelentős (Hidvégi 2007, Nagy 2021). A takarmányozás során elsősorban, mint energiaszolgáltató takarmány hasznosítják, mivel keményítőtartalma 65-70% körüli, energiaértéke 8,5-9,5 MJ/kg szárazanyag (Pepó és Sárvári 2011). Sok országban a kukoricát közvetlen emberi fogyasztásra termelik, ide tartozik többek között India és több afrikai ország. Ezeken a területeken a kukoricát főként kukoricakásaként fogyasztják, míg hazánkban ez igen csekély mértékű. Magyarországon az elfogyasztott kukorica nagy hányada corn flakes, csemegekukorica, illetve pattogatott kukorica (Hidvégi 2007).

A hazai szántóföldi növénytermesztés gabonacentrikus, azaz a kalászos gabonák és a kukorica az uralkodó kultúrák, melyek együttesen a szántóterület 65-67%-át foglalják el (Pepó 2007). Magyarországon 1-1,2 millió hektáron termesztettünk kukoricát, mely az utóbbi években egyre inkább csökken, az elmúlt két évben csak 800 ezer hektár körül alakult a betakarított terület (KSH 2024). Ennek egyik oka lehet, hogy az éghajlatváltozás következményeként nagy a termésingadozás (40-50% is lehet), ami ahhoz vezet, hogy a gazdálkodók kevésbé szívesen termelik, mint eddig. Az elmúlt néhány évben a kukorica számára igen fontos fejlődési stádiumában (virágzás, BBCH 61-69) emelkedett a hőség ($\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) és forró napok ($\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) száma, valamint a lehullott csapadék mennyisége is csökkent. Ennek velejárója, hogy a növénytermesztők eddig kevésbé perspektivikus növények termesztésével is próbálják stabilizálni gazdaságuk jövedelmezőségét. Ezek közé a növények közé tartozik például a cirok, ami ugyan jobban tűri ezeket a stresszeket, de újabb kutatások igazolták, hogy növénykórtani szempontból hasonló kockázatot jelent a gazdálkodók számára, mint a kukorica (Szabó et al. 2020, Szabó és Körösi 2024). Másik oka a bizonytalan gazdasági helyzet, illetve a termelők felvásárlóktól való kiszolgáltatottsága (Szabó 2019, Gönczi 2024). A kukorica betakarított területének a változása az 1. ábrán látható.



1. ábra: A kukorica betakarított vetésterülete 1990-2023 között Magyarországon
(Forrás: KSH)

2.1.2. Termesztéstechnológia

2.1.2.1. Klímaigény

A kukorica melegigényes növény. Legkedvezőbb számára a 21-26 °C-os júliusi és augusztusi nappali átlaghőmérséklet. Többnyire öntözés nélküli területen termesztjük, de napjaink megváltozott klímája mellett termesztése öntözés nélkül nagyon bizonytalan, ugyanis a termés mennyiségét a csapadék mennyisége erősen befolyásolja. 500 mm lehullott évi csapadékmennyiség mellett már termeszthető, azonban ott várható a legjobb termés, ahol 650-700 mm az évi csapadékmennyiség. A csapadék mennyisége mellett, nagyon fontos annak eloszlása: 120-150 mm a címerhányást megelőző és követő nagyjából 50 napban szükséges (Pepó és Sárvári 2011).

Hazánk átlaghőmérséklete fokozatosan emelkedik, ami önmagában nem lenne probléma a kukoricatermesztés szempontjából, hiszen a jelenlegi körülmények között a korai és középkorai érésű hibridek érnek be nagy biztonsággal, a késői éréscsoport hibridjei már nem (Dóka et al. 2022). Hazánk emelkedő átlaghőmérséklete mellett akár a késői tenyészedejű kukoricák is beérhetnek nálunk. Az átlaghőmérséklet növekedés azonban legtöbbször szélsőségeken keresztül nyilvánul meg, amit egyik éréscsoport hibridjei sem tudnak tolerálni (Assenbrenner és Scheidler 2022). Az enyhébbé váló átmeneti évszakok is hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a tenyészidő hosszabb legyen, de a korábbi vetés magában hordozza a késői fagyok és akár csapadékkal is együtt járó lehűlés kockázatát, melynek hatására gyengül a növényállomány, kitettebbé válik a gyengültségi kórokozókkal szemben is, mint például a fuzárium fajok okozta csíranövénypusztulása (Szieberth 2018).

A globális felmelegedés a fuzáriumos megbetegedésekre is hatással van. A csőfertőzés kialakulásához mérsékelt meleg, párás időjárás szükséges mindegyik gombafajnak, viszont a fejlődésük későbbi szakaszában eltér a különböző *Fusarium* fajok klímaigénye. A *F. graminearum* a középmeleg, csapadékos időt, ezzel szemben a *F. verticillioides* a száraz meleg időjárást kedveli. A klímaváltozás következtében a *F. graminearum* visszaszorulására és a *F. verticillioides* térnyerésére lehet számítani (Mesterházy 2018).

2.1.2.2. Talajigény

A kukorica a gabonafélék közül talán a legigényesebb a talaj minőségére (Dóka et al. 2022). A legkülönbözőbb talajokon is termesztethető, de kiemelkedő eredményt csak a jó vízgazdálkodású, levegős, mélyrétegű talajokon fog hozni. Fontos tényező a tápanyag-ellátottság, a szerkezeti állapot és a víztartó-képesség is (Pepó és Sárvári 2011). A legyengült, azaz diszpozíciós állapotban lévő növények fogékonyabbak a károsítókkal szemben, így a fuzárium fajok is könnyebben megtámadják őket. Diszpozíciós állapotba akkor kerülnek, ha környezeti feltételek nem ideálisak számukra (Fischl et al. 1995). Az elmúlt évek aszályos időjárása gyengítette a növényeket, a vízhiány miatt korlátozott a tápanyag felvehetősége is, mely szintén hozzájárult az állapot kialakulásához (Alisaac és Mahlein 2023).

A fuzárium fajok talajlakó gombák, szinte mindenütt előfordulnak és a legyengült növényállományt már csírákortól kezdve képesek fertőzni. A nem megfelelő talajon termesztett kukorica, folyamatosan azért küzd, hogy fennmaradjon, így nagyon könnyű célpontjává válik a kórokozónak (Kálmán 2019).

2.1.2.3. Elővetemény

Hazánkban a kukoricát az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) megjelenése előtt részleges monokultúrában is tudták termesztetni, de a kártevő életmódjából adódó gazdaságilag is jelentős kártétele miatt ez ma már nem lehetséges, ugyanis az ellene való leghatékonyabb védekezési mód a vetésváltás. Napjainkban gyakori a kukorica-búza bikultúra, hiszen mindkét növényt igen nagy területen termesztjük hazánkban, így szinte elkerülhetetlen, hogy egymást kövessék a szántóterületeken (Sárvári 2005). A búza kalászfertőződéséért a legtöbb esetben a *F. graminearum* a felelős (Mesterházy 1993, Princzinger 2009, Alisaac és Mahlein 2023, Hagerty et al. 2023). Emellett számos egyéb fuzárium faj is részt vesz a kalászfuzáriózis kialakításában. A járvány mértékét elsősorban a környezeti feltételek, a terület földrajzi helyzete és a termőtalaj jellemzői befolyásolják (Fischl 1980, Körösi et al. 2020, Szőke és Szécsi 2023). A kukorica csőpenész kialakulását szintén számos fuzárium faj képes előidézni (Petróczi 1956, Szécsi 1994, Szőke et al. 2013a, b, Munkvold és White 2016). Hazánkban leggyakrabban két faj

fertőz, ezek a *F. graminearum* és a *F. verticillioides* (Logrieco et al. 2002, Keszthelyi 2019, Szőke et al. 2021.). Az ellenük való védekezés nehéz, ezért kukoricában az agrotechnikai eljárások alkalmazása, mint például a kukorica-búza bikultúra kerülése, fontos része a gombák elleni integrált növényvédelemnek (Szőke és Szécsi 2023).

2.1.2.4. Talaj-előkészítés

Napjainkban az agrártámogatási rendszer azt szorgalmazza, hogy a forgatás nélküli talajművelés kerüljön előtérbe a forgatásos műveléssel szemben (NAK 2023). Ennek a változásnak viszont növényvédelmi szempontból merülnek fel hátrányai, mivel sok olyan kórokozó és kártevő ismert, mely a talajfelszínen hagyott szármaradványokban vagy azok között telel. Így a felszínen hagyott növényi maradványok hidat biztosíthatnak az előző- és a következő évi növénykultúrák károsítóinak. Ellenben, ha ezeket leforgatjuk, nagymértékben csökkenthető a károsítók száma és azok károsításának mértéke. Azaz bizonyos időközönként a szántás növényvédelmi szempontból előnyös lehet (Keszthelyi et al. 2009). Pfordt et al. (2020) megállapították, hogy a növényi maradványok leforgatásával csökkent a *F. graminearum* és a *F. temperatum* fertőzöttség a vizsgált állományban.

2.1.2.5. Vetés

A kukorica vetésideje április közepétől május közepéig elvégezhető, optimális ideje 10 °C-os talajhőmérséklet mellett (Nagy 2021). Pearson és Munkvold (2012) vizsgálták a vetésidő szerepét a *F. graminearum* által okozott csőpenészedés kialakulására. Eredményeik szerint az optimálisnál korábbi vetésidő esetén a csövek kevésbé fertőződtek, illetve a rovarkártétel is kisebb volt. Ezzel szemben az optimálisnál később vetett állományban a fertőzött csövek aránya magasabb volt.

2.1.2.6. Tápanyagellátás

A kukorica tápanyagigényes növény (Dóka et al. 2022), de a tápanyaghiány és a tápanyagtöbblet is problémákat okozhat a növényfejlődése során. A hiány csökkenti a védekező-, stressztűrő- és alkalmazkodóképességet. A nitrogén túladagolása pedig csökkenti az aszálytűrő képességet és elősegíti a gombabetegségek megjelenését és a rovarok kártételét is (Benton 1998).

2.1.2.7. Gyomszabályozás

Néhány gyomfaj, elsősorban a fűfélék elősegíthetik a fuzárium fajok fennmaradását, terjedését egy-egy táblán (Parry et al. 1995, Szécsi et al. 2005). Fontos ezeknek a fertőzési forrásoknak az agrotechnikai, mechanikai és kémiai védekezési eszközökkel történő visszaszorítása (Szeitzné 2009).

2.1.2.8. Kártevők

Kukoricában a fuzáriumos betegségek kialakulásában két kártevő kártétele kiemelendő: a kukoricamolylepke (*Ostrinia nubilalis*) és a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*). A lárvák által okozott kár mértéke ritkán éri el a gazdasági kár nagyságát (Szőke et al. 2022), de a rágásuk nyomán a fuzárium fajok könnyedén bejutnak a szárba és a csőbe így alakítva ki a fertőzést. Ez a hernyórágásoknál kialakult másodlagos gombafertőzés lesz a lepkék valódi kártétele (Keszthelyi et al. 2009, Kárpáti et al. 2016, Szőke et al. 2022). Erős rovargradációs években ezek a rovarok nagy területeket képesek bejárni, melynek következménye, hogy sok kukoricába rágnak be, növelve ezzel a fuzáriumos fertőzések növekedését is. Prevenációs jelleggel a csőpenész kialakulása ellen különféle rovarölő szerekkel is tudunk védekezni ([http1](http://)).

2.2. A kukorica fuzáriumos megbetegedését okozó főbb fajok

A betegségek kialakulásához - így a fuzáriózis kialakulásához is - három feltételnek kell egyidejűleg jelen lenni. Szükség van arra, hogy a gazdanövény fogékony legyen az adott kórokozóval szemben, a kórokozó rendelkezzen megfelelő fertőzőképességgel, azaz képes legyen megfertőzni a növényt. Ahhoz, hogy a fertőzés kialakuljon, nélkülözhetetlen a fertőzés kialakulásához megfelelő környezeti körülmények együttes jelenléte térben és időben (Magyar et al. 2017).

A fuzárium fajok világszerte elterjedt, főként növénykórokozó és mikotoxin-termelő fonalas gombák. Megtalálhatóak a trópusi, szubtrópusi és a mérsékelt éghajlatú területeken, így hazánkban is. A *Fusarium*-nemzetségbe tartozó fajok többnyire szaprotrófok, de vannak köztük növény-, állat- és humán patogének is (Szécsi és Szőke 2023).

A kukorica fuzáriumos megbetegedését több *Fusarium*-faj is okozhatja, ezek közül a leggyakoribbak a *F. graminearum*, a *F. culmorum*, a *F. verticillioides* és a *F. subglutinans* (Szőke 2011), de a klímaváltozás következményeként új fajok megjelenésével is számolnunk kell (Molnár et al. 2017). A betegség az 1960-as évek végétől öltött járványos méreteket (Pécsi 1997). Ezek a fajok a kukoricában változatos formájú megbetegedéseket okozhatnak, illetve az egész vegetáció során fertőzhetnek: csíranövény-pusztulás, szárkorhadás, csőpenészesedés a főbb tünetek (Fischl et al. 1995, Szécsi és Szőke 2023).

Polifág, talajlakó *Fusarium* fajok fertőzik a kukoricát, melyek általában a legyengült (diszpozíciós állapotú), sérült növényt támadják meg. A kórokozó vetőmaggal is terjedhet: a magban micéliummal, a felületén klamidospórákkal vagy konídiumokkal (Fischl et al. 1995, Szőke 2011, Kálmán 2019). A talajból általában micéliummal fertőz, de a szél és a rovarok közvetítésével a

konídiumok nagyobb távolságra is képesek eljutni és ott fertőzést kialakítani. A *Fusarium* fajok konídiumait a morfológiájuk alapján két csoportra oszthatjuk, vannak mikrokonídiumok, melyek gömbölyded, megnyúlt, csepp, körte vagy ovális alakúak és 1-2 vagy 3-4 sejtűek, és vannak a makrokonídiumok, melyek megnyúltak, soksejtűek, egyenes vagy sarló alakúak (Pécsi 1997, Leslie és Summerell 2006). A fertőzést elősegíti a rovarrágás okozta sérülések kialakulása, leggyakrabban kukoricamoly (*O. nubilalis*), gyapottok bagolylepke (*H. armigera*) hernyója és a kukoricabogár (*D. virgifera virgifera*) rágja meg a növény különböző részeit, köztük a csövet is. A rovarrágás mellett az időjárás, a fertőzőanyag jelenléte, a gradáció és a kukorica fogékonysága is befolyásolja a fertőzés mértékét (Mesterházy 2018). A különböző *Fusarium* fajok a talajban micéliummal, klamidospórákkal és a szármaradványokon található peritéciumokkal telelnek át. A peritéciumban aszkuszok képződnek, ezekben aszkospórák, melyek az ivaros szaporító sejtjei az aszkuszos gombáknak (Pécsi 1997).

A tünetek közül az első a hiányosan kelt állomány, melynek oka, hogy a kórokozók a magot még a talajban megtámadják, ezzel okozva csírapusztulást (Van Egmond et al. 2007). A fertőzött magok és csíranövények a talajban elrothadnak, a felületükön fehér vagy rózsaszín penészbevonat látható. A már kikelt növények egyenként vagy csoportosan sárgulhatnak, fejlődésük vontatott, akár el is pusztulnak (Pécsi 1997, Kálmán 2019). Később a szárat, majd a csövet támadják meg, ezzel okozva mennyiségi kárt. A növény idő előtti elhalása miatt csökken a szemtelítődés mértéke, apró, léha szemek alakulnak ki. A szárkorhadás miatt a szárszilárdság is csökken, emiatt a fertőzött növények könnyen megdőlhetnek, ami betakarítási veszteséghez vezet (Szőke 2011). A kukorica legérzékenyebb fejlődési szakasza a virágzás, ekkor a gombák makro- és mikrokonídiumai fertőzik a növényt. A növényre került inokulum bemosódhat a levélhüvelybe, illetve a bibén vagy mechanikai sérülésen keresztül közvetlenül indíthat fertőzést. Amennyiben a kórokozó számára kedvezőek a környezeti feltételek, az ivaros ciklus már július végén, augusztusban végbemegy. Az aszkospórák víz jelenlétében kiszabadulnak a peritéciumból, majd a légkörbe jutva fertőzik a kukoricát (Szőke et al. 2023, Markó et al. 2024). A csőpenészesedés a *F. graminearum* esetében a cső csúcsi vége felől, a *F. verticillioides* esetében ablakosan, szétszórtan alakul ki vagy a rovarrágás helyétől indul. Ha a fertőzés korán bekövetkezik, akkor a kórokozók a szemeket és a csutka szövetét is elpusztítják. Ebben az esetben a csutka rothad, a szemek töppednek, fakók lesznek (Pécsi 1997). A *Fusarium*-fajok többsége mikotoxinokat is termel, melyek súlyos minőségi kárt okoznak, mivel komoly veszélyt jelentenek humán- és állategészségügyi szempontból (Snijders 1990, Rafai 1998, Szőke 2011, Hornok és Posta 2012, Alisaac és Mahlein 2023). A két faj szaporodásbiológiája és életciklusa rendkívül hasonló,

azonban a környezeti igényeiket tekintve vannak eltérések: a *F. graminearum* a csapadékos, átlagos hőmérsékletű időjárást kedveli, míg a *F. verticillioides*-nek a száraz és meleg körülmények a kedvezőbbek (Reid et al. 1996, Szőke et al. 2023).

2.2.1. *Fusarium graminearum*

A *F. graminearum* (teleomorf alak *Gibberella zeae*) világszerte az egyik legjelentősebb kórokozója a kukoricának és a kalászos gabonaféléknek. Kalász- és csőpenészesedést („*Gibberella ear rot*” GER), tő- és szárkorhadást is okozhat (Bottalico 1998). A fertőzött csöveken a szemeket borító penészbevonat a rózsaszíntől a vöröses árnyalatig (2. ábra) terjedhet (Kant et al. 2017). A fertőzés következtében a szemtermés mennyisége csökken, minősége romlik. A minőségcsökkenés a fehérjék és aminosavak csökkenésében nyilvánul meg. A fertőzött takarmány felhasználása során a minőségcsökkenés következtében romlik a fajlagos hasznosíthatóság is. A *Fusarium* fajokkal fertőzött takarmány esetében nagy esély van arra, hogy mikotoxinok halmozódjanak fel benne, melyek mérgező hatásúak: szaporodásbiológiai zavarokat okozhatnak, emellett immunrendszer-, máj- és gyomorkárosító hatásuk is ismert (Szécsi et al. 2005). A *F. graminearum* leggyakrabban előforduló és legmérgezőbb mikotoxinja a deoxinivalenol (DON) és a zearalenon (ZEA) (Koncz et al. 2008).



2. ábra: *Fusarium graminearum* okozta csőfertőzés (Martonvásár, 2023, saját fotó)

2.2.2. *Fusarium verticillioides*

A *F. verticillioides* (teleomorf alak *Gibberella moniliformis*) a legáltalánosabb kórokozó, mely a *Fusarium* típusú csőpenészcsoport felelős („*Fusarium ear rot*” FER). Széles körben elterjedt a mérsékelt övi és szubtrópusi területeken, azaz az egész európai kukoricatermesztő területen (Szabó 2022).

A *F. verticillioides* a legtöbb kukoricában a teljes növényben (gyökerekben, szárszövetekben és magokban) előfordul anélkül, hogy tüneteket okozna (Wilke et al. 2007). A tünetek a kukorica genotípusától, a környezettől és a betegség súlyosságától függően változnak. A fertőzött szemek egyesével vagy csoportosan, elszórtan helyezkednek el, de akár az egész csövet is érintheti a fertőzés (3. ábra). A szemmel látható tünet a fehéres vagy rózsaszínes bevonat a fertőzött szemeken (Edson 2012). A szemeken megjelenhet fehér csíkozottság is, melyet a kórokozó perikarpium alatti növekedése okoz. Súlyos esetben a micéliumbevonat a szemekhez tapasztja a csuhéleveleket (Kelly 2022).



3. ábra: *Fusarium verticillioides* okozta csőfertőzés (Martonvásár, 2023, saját fotó)

2.3. A kukorica fuzáriumos megbetegedései elleni védekezési lehetőségek

2.3.1. Agrotechnikai védekezés

A védekezés első és egyben a legegyszerűbb módja a megfelelő agrotechnika alkalmazása, mely magában foglalja a kukorica monokultúrás, illetve kukorica-búza egymás utáni termesztésének kerülését, a harmonikus tápanyagellátást, a hibrid leírás szerinti tőtávolság betartását, a fertőző növényi maradványok leforgatását (Pécsi 1997, Szőke et al. 2017) és a helyes vetésidő megválasztását is (Pearson and Munkvold 2012). A harmonikus tápanyagellátás során a legnagyobb figyelmet a nitrogén utánpótlásra kell fordítani, mert a túlzott kijuttatása a szövetek fellazuláshoz vezet, ami csökkenti a szár szilárdságát, és a dőlés sérüléseinek helyén a kórokozóknak könnyebb bejutást biztosít (Keszthelyi et al. 2009). A csírákori fertőzés megakadályozható fungicides csávázással (Pécsi 1997). A vetés optimális idejének meghatározáshoz fontos adat az adott hibrid Cold-teszt értékeinek az ismerete. A Cold-teszt a vetőmag termőhelyi körülmények között vizsgált csírázóképeségét jellemző mutató. A vizsgálat során a genotípus, a mag minősége, a kórokozók és a csávázás együttes hatását vizsgálják hideg,

nedves talajban. Ha az így kapott eredmények közel azonosak a csírázókéesség vizsgálatának eredményeivel, akkor szélsőséges hőmérsékleti és talajnedvesség viszonyok mellett is megfelelő kelésre számíthatunk szántóföldi körülmények között (Divéky-Ertsey 2006). Minél nagyobb a vetőmag Cold-teszt % értéke, annál jobb a minősége (Radics 1994, Fodor 2020).

2.3.2. Rezisztencianemesítés

Teljes rezisztencia egyik *Fusarium* faj ellen sem ismert. Az már korábban kiderült, hogy az ellenállóság poligén, azaz több kis- és feltehetően néhány közepes hatású gén alakítja ki az ellenállóságot. Ennek a tudásnak az ismeretében belátható, hogy a teljes rezisztencia kialakítása nehezebb feladat elé állítja a nemesítőket (Mesterházy 2020). A tulajdonság kvantitatív módon öröklődik, mely azt jelenti, hogy sok, kis hatással bíró QTL (kromoszómarégió) szabályozómechanizmusa adja a rezisztencia alapjait (Szőke et al. 2021). A rezisztencia mértékének kifejeződése függ az adott év időjárási körülményeitől, valamint a betegséget kiváltó *Fusarium* fajok megbetegítőkéessége is eltérő lehet az egyes évjáratokban (Mukanga et al. 2010, Mideros et al. 2012). Carter et al. (2002) kutatásaik során bebizonyították, hogy a gombapopulációk genetikai variabilitása befolyásolja, hogy a csőpenész milyen mértékben betegíti meg a csövet, illetve milyen lesz a termelt mikotoxin összetétele.

A fogékonyságnak különböző fokozatai vannak. Azoknak a hibrideknek az esetében, melyek kevésbé fogékonyak a fertőzéssel szemben, az agrotechnikai, illetve kémiai védelme is sokkal eredményesebb (Small et al. 2012, Cruz et al. 2014). A járványok megelőzésének leghatékonyabb módja a kevésbé fogékony fajták, hibridek alkalmazása (Békési 2001). Ezen fajták alkalmazása esetén a kémiai növényvédelem szükségessége is csökken, ezáltal csökken a környezetterhelés és gazdasági szempontból is jóval kedvezőbb a termelőknek. Az integrált növényvédelem egyik legfontosabb védekezési módja a rezisztens hibridek alkalmazása (Kovács 2023). Világszerte kutatják a fuzárium elleni rezisztenciáért felelős géneket, több kapcsolódó lókuszt azonosításáról számoltak már be, de teljes ellenállóságot még nem sikerült kialakítani (Lanubile et al. 2011). Többek között Löffler et al. (2011) a simaszemű és a lófogú kukorica között talált szoros összefüggést a kukorica fenotípusos és genotípusos rezisztenciájában. A két legnagyobb problémát jelentő kórokozó faj (*F. graminearum*, *F. verticillioides*) okozta csőpenészesedés ellenállóság között közepes kapcsolatot mutattak ki (Szőke et al. 2021).

A rezisztencia alapja lehet az, hogy a növény ellenállóbbnak bizonyul a rovarkártéttal szemben az anyagszere folyamatainak hatására. Ezt vizsgálta Barros-Rios et al. (2011) és arra az eredményre jutottak, hogy a rezisztens vonalak esetében sokkal magasabb volt a sejtfalösszetevők koncentrációja, mint az érzékeny vonalak esetében. Vizsgálataik alapján arra jutottak, hogy a

rezisztencia egyik alapja a sejtfal vastagsága. Alternatívaként felmerül még a transzgenikus növények termesztése, melyek ellenállnak a rovarkártételnek, ezáltal nagymértékben lecsökken a patogén gombák bejutási lehetősége (Archer et al. 2001, Wu 2006).

Mesterházy et al. (2011) szerint, amíg a rezisztenciakutatások zajlanak, fontos, hogy a végfelhasználó termelők rendelkezésére álljanak a kereskedelmi forgalomban lévő hibridek fuzáriumos csőpenészesedéssel szembeni ellenállóság adatai. Ezáltal lehetőségük lesz az ellenállóbb hibridek kiválasztására, így csökkentve a betegség kialakulásának lehetőségét. A szerzők azt is fontosnak tartják, hogy a köztermesztésben lévő hibridek csőpenészesedéssel szembeni rezisztenciaszintjét elfogulatlan vizsgálatokon alapuló eredmények biztosítsák, és ezek az adatok mindenki számára legyenek elérhetőek. Véleményük az, hogy ezek a kísérletek is hozzájárulnának ahhoz, hogy a közeljövőben főleg jó ellenállóképességű hibridek legyenek köztermesztési forgalomban.

2.3.3. Biológiai védekezés

2.3.3.1. *Pythium oligandrum* M1 törzs

A *Pythium oligandrum* egy mikoparazita gomba, elősegíti a növény morfológiai és biokémiai védelmi mechanizmusának beindítását, ezzel meggátolva a patogén mikroorganizmusok növekedését. A *P. oligandrum* másodlagos anyagcseretermékei serkentő hatással vannak a növekedési fitohormonok termelésére. Képes sejtfalbontást előidézni a növényt károsító gombák hifáján, így jól alkalmazható az *Alternaria* spp., *Botrytis cinerea*, *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp. ellen (Sankaranarayanan és Amaresan 2020, Ocskó et al. 2023).

2.3.4. Kémiai védekezés

A *Fusarium* fajok elleni védekezésre használható fungicidek kijuttatásának optimális ideje a kukorica virágzásában van (Szőke et al. 2023).

2.3.4.1. Fluopiram

A fluopiram hatóanyag a sejtlégzést gátolja. A sejtlégzéshez négy proton és négy elektron egyidejű reakciója szükséges, ezek a reakciók egy-egy komplexben játszódnak le. Ha a négy komplex közül bármelyik megsérül, akkor az oxigénmolekula vízzé történő redukciója nem történik meg, hanem köztes termékek keletkeznek. Ezeknek a köztes termékeknek egy része szabadgyök, melyek nagyon gyorsan képesek a sejt pusztulását okozni. A fluopiram a komplex II. működését gátló hatóanyagok közé sorolható, ezek közül is a harmadik generációs inhibitorokhoz sorolható (Sörös 2019). Biológiai aktivitása kiszélesedett a korábbi hatóanyagokhoz képest, már az aszkuszos gombák ellen is eredményesen használhatók, míg az első és második generációs vegyületek főként a bazídiumos gombák ellen hatékonyak (Ocskó et al. 2023).

2.3.4.2. Triazolok: protiokonazol, tebukonazol, mefentriflukonazol

A triazolok szteroid-bioszintézis gátlók, a gombák sejthártyáját alkotó ergoszterol szintézist akadályozzák meg azáltal, hogy a C₁₄-demetiláz enzim működését gátolják. A már létrejött sejthártyák szétesnek, újak nem tudnak képződni, emiatt a sejt elpusztul. A triazol vegyületek kémiai szempontból sokfélék, de közös tulajdonságuk, hogy védelmet nyújtanak a fertőzéssel szemben (protektív), gyógyító (kuratív) és pusztító (eradikatív) hatással is rendelkeznek (Ocskó et al. 2023). Kuratív hatásuknak köszönhető, hogy a gazdanövényben jelenlévő kórokozó ellen is védelmet adnak, a betegség tünetekben nem fog manifesztálódni, illetve az eradikatív működésüknek köszönhetően a már megjelent tüneteket is megállítják és megszüntetik a fertőzést. Ezeknek a tulajdonságoknak az oka, hogy különböző mértékben szisztemizálódnak. Ezek a hatóanyagok a növényekre is hatást gyakorolnak: leveleik kisebbek, sötétebbek lesznek, a szárrészek megrövidülnek, javul a stressztűrő képességük. Ezek a tünetek azért alakulnak ki, mert a triazolok a gibberellin és bizonyos növényi szteroidok szintézisét is gátolják (Sörös 2019).

2.4. Permetező drón alkalmazásának lehetőségei

A mezőgazdaságban használt drónok száma az elmúlt években ugrásszerűen megnőtt, több alkalmazási területen is használják őket, mint például: öntözési és tápanyagkijuttatási stratégiák kidolgozása, betegségek és elváltozások (biotikus és abiotikus) korai feltérképezése, vad- és belvízkárok dokumentálása, gyomosodás felmérés és permetezés (Bártfai et al. 2018, Sándor és Pusztai 2022).

Svájcban a mezőgazdaság néhány specifikus területén alkalmazzák a technológiát, ezek közül a médiában legtöbbször megjelenő a szőlőültetvények drónos kezelése növényvédő szerrel, melyet Aargau, Zürich és Thurgau tartományokban már 60 szőlősgazda alkalmaz (Moser 2020). Svájcban 2019 óta alkalmazható legálisan a technológia és nagy érdeklődés övezi. A svájci engedélyezés - mely Európában az első volt - alapja az volt, hogy a drónnal történő növényvédő szer kijuttatás során kevesebb az elsodródás, mintha ugyanezt helikopterrel tennék meg, illetve a kijuttatott permetlé mennyisége is töredéke a helikopteres védekezéshez képest. Mindezek alapján úgy vélték, hogy a drónok jobban hasonlítanak a földön használt eszközökhöz, mint az egyéb légi kijuttatást végző gépekhez (Klauser és Pauschinger 2021).

Japánban 2016 márciusában 2800 pilóta nélküli légitáncművet tartottak nyilván, melyek az ország rizsföldjeinek több, mint egyharmadát permetezik. Ebben az országban a rizs a fő kultúrnövény, de egyéb növények esetében is folyamatosan növekszik a permetező drónnal történő növényvédelmi kezelés (Iost Filho et al. 2020)

Baklanova (2022) szerint a permetező drónos megfelelő alkalmazásához három feltételre van szükség:

- a.) a feladatot ellátni képes drón,
- b.) a drónos kijuttatásra alkalmas növényvédő szer,
- c.) megfelelő jogszabályi környezet.

A növényvédelmi kijuttatástechnika alapja a szórásképp vizsgálata. Drónok esetében vízérzékeny lapok kihelyezésével vizsgálható, hogy mennyire egyenletes a szórásképp. Szántóföldi permetező esetében 10% körül mozog a szórás egyenlőtlenség értéke, míg repülőgépek és helikopterek esetében ugyanez az érték 40-50%. A permetező drónok esetében kicsivel kedvezőbb a helyzet: 30% körüli értékeket mértek. (Jordán 2023a) Az elsodródás kockázata jóval nagyobb a drónok esetében, mint a földi kijuttatás során. Ennek fő oka, hogy a permetező drónok jóval kevesebb permetlével dolgoznak (15-25 l/ha), mint a szántóföldi permetezők (250-300 l/ha), így a megfelelő fedettség érdekében kisebb cseppméretet kell alkalmazni. A kisebb méretű cseppek viszont könnyebbek is lesznek, ezáltal megnő az elsodródás veszélye. Azonban figyelembe kell venni, hogy a drón rotorjai lefelé irányuló légmozgást keltenek, melyek a cseppeket a növényállomány belseje felé terelik (Jordán 2023c). Hafeez et al. (2023) vizsgálatai alapján a drónnal kezelt területeken a szántóföldi kijuttatással szemben jobb lefedettséget mértek, növelték a növényvédő szerek hatékonyságát, illetve gyorsabbá és könnyebbé vált a növényvédelmi munka. Napjaink permetező drónjai képesek már 40 literes tartályt is elbírní, követi az előre kijelölt, szántóföldi eszközökkel sokszor nem, vagy csak nehezen megközelíthető útvonalakat. A repülőgépekkel, illetve helikopterekkel összehasonlítva, további előnye a permetező drónoknak, hogy költséghatékonyabbak, illetve könnyebben beállíthatók és karbantarthatók (Tsouros et al. 2019).

Az elmúlt évek hivatalos bejelentései azt mutatják, hogy Magyarországon nincs drónnal történő növényvédő szer kijuttatás, így elsodródás sincs. A gyakorlatban azonban jelentős méretű területek kezelése történik drónnal, melyek során jelentős káresemények is bekövetkeznek, viszont ki kell emelni, hogy nem minden kezelést követ káresemény, így feltehetően nem a technikában van a hiba, hanem az üzemeltetésben (Jordán 2023c).

Az üzemeltetésből fakadó problémák kiküszöbölését szolgálja, hogy több képzésen is részt kell vennie annak, aki növényvédelmi drónpilóta szeretne lenni. Három képzést kell teljesíteni, melyek szükségesek ahhoz, hogy jelentkezni lehessen a növényvédelmi drónpilóta képzésre, melyet a Nébih által akkreditált intézmények szerveznek. Az előírt szakmai végzettség szintjét a többség túl szigorúnak érzi, viszont a nagy tapasztalattal rendelkező drónpilóták úgy gondolják, hogy szükség van erre a felkészültségre (Jordán 2023b).

A drónos növényvédelemhez szükséges technológia alkalmazásához szükséges három tényezőtől már „csak” a megfelelő növényvédő szer hiányzik. 2018-as indulása óta kialakult a jogszabályi háttér hazánkban és a megfelelő drónok is rendelkezésre állnak. Az engedélyokiratokban szereplő dózisok 250-300 l/ha permetlé-mennyiséggel vizsgálva kerültek megállapításra, viszont drónnal történő kijuttatás esetén a permetlé ennek csak töredéke, illetve a cseppméret és a rotorok által keltett légmozgás is merőben más körülményeket idéz elő. E tényezők miatt van szükség arra, hogy az egyes növényvédő szereket megvizsgálják drónos kijuttatással is és meghatározzák a szükséges dózis mértékét, ezekhez a vizsgálatokhoz viszont időre van szükség, annak ellenére, hogy a drónos kijuttatáshoz előírt vizsgálatok menete egyszerűsített eljárás az alapengedélyezési eljáráshoz hasonlítva (Jordán 2023d). Hazánkban 2023 augusztusa óta a Mospilan 20 SG (acetamiprid) rovarölő szer a Combi-protec (1160 g/l növényi kivonat, 140 g/l mono és poliszacharidok, 100 g/l oldószer, tartósítószer) csalétek és rovarölő szer, hatásjavító segédanyaggal kombinációban drónnal kijuttatható írja a Nébih honlapja (Nébih 2023).

A drónnal kijuttatott kontakt fungicidek esetében a jelenlegi tapasztalatok szerint hatékonyságcsökkenés tapasztalható, mivel a megfelelő fedettségi szintet nem tudjuk elérni ezzel a kijuttatási technikával (Dancza 2021).

Az Egyesült Királyságban Wise et al. (2021) vizsgálatokat végeztek kukorica levélbetegségeinek kezelésére, mely során a permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatékonyságát vizsgálták, több kísérleti helyszínen. A fertőzés mértéke a területi adottságok miatt eltérő volt, de mindenhol azt tapasztalták, hogy a kezelt területeken csökkent a fertőzés mértéke, ami termésmennyiség növekedést eredményezett.

3. Anyag és módszer

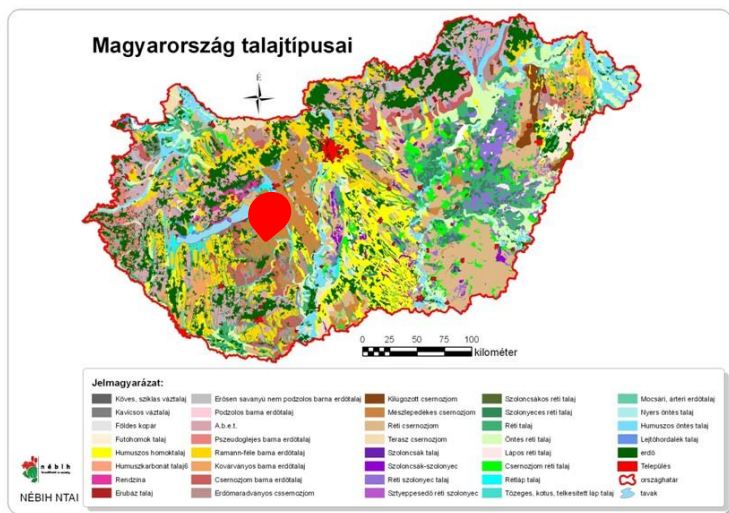
3.1. A szabadföldi kísérlet termőhelyi jellemzői

A kísérletet 2023-ban állítottuk be a HUN-REN ATK Mezőgazdasági Intézetében a Kukoricanemesítési Osztály munkatársaival. A terület az Osztály kórtani tenyészkertjében volt, melynek pontos koordinátái: Martonvásár, Északi szélesség: 47°18', Keleti hosszúság: 18°46', tengerszint feletti magasság: 120 m.

3.1.1. Talajadottságok

A kísérlet helyszínének talajtípusa mészlepedékes csernozjom (4. ábra). A talajtípusról elmondható, hogy humuszban gazdag, termőképessége jó, színe sötét, laza, morzsás szerkezetű. Vízgazdálkodása és tápanyagszolgáltató-képessége jó, könnyen művelhető. A mezőségi talajok az „ideális” talajok hazánkban, ezeken a legigényesebb növények is nagy biztonsággal termeszthetők (Nébih 2024). A kukorica termesztésének is ez a legmegfelelőbb talaj, hiszen ez minden tényezőnek megfelel, melyet Pepó és Sárvári (2011) a kukorica talajigényével kapcsolatosan felsorol: jó víz- és tápanyag-gazdálkodású, megfelelő szerkezetű, mélyen művelhető.

A csernozjom talajok ősi füves növénytakaró alatt képződtek, felhalmozódott humuszanyagokkal és morzsalékos szerkezettel. A mészlepedék kialakulása a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgásának következménye (Árendás 2020).



4. ábra: Magyarország talajtípusai (Forrás: Nébih 2024)

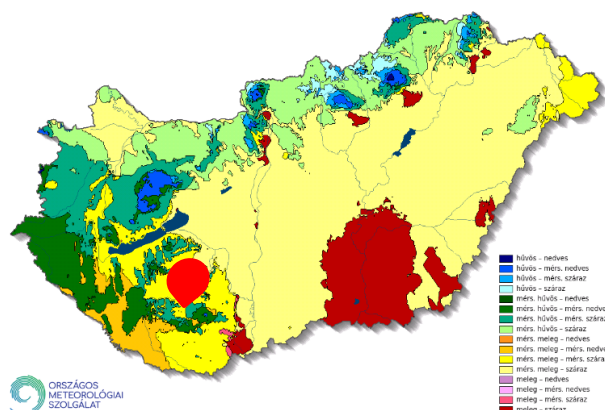
A kísérleti helyen 2019-ben történt talajvizsgálat 0-30 cm mélységben, ennek eredményeit foglalja össze az 1. táblázat. A tápanyagtartalma alapján jól ellátott nitrogénnel, foszforral és káliummal, illetve a növénytermesztés szempontjából jelentős mikroelemekkel is megfelelően feltöltött a cink kivételével.

1. táblázat: A kísérleti hely talajjellemzői (Martonvásár, 2019)

Talaj tulajdonságai	Értékek
pH (KCl)	7,44
Arany-féle kötöttségi szám [K _A]	39,64
Humusz [m/m%]	1,98
Szénsavas mész [m/m%]	8,48
Nitrogén-nitrit+nitrát [mg/kg]	14,42
Foszfor-pentoxid [mg/kg]	403,3
Kálium-oxid [mg/kg]	363,64
Vízben oldható összes só [m/m%]	0,035
Magnézium [mg/kg]	168,9
Kén [mg/kg]	10,60
Nátrium [mg/kg]	32,5
Réz [mg/kg]	3,18
Mangán [mg/kg]	122,4
Cink [mg/kg]	1,48
Mintavétel mélysége (cm)	0-30

3.1.2. Éghajlat, klimatikus viszonyok

Hazánk éghajlata igen változékony, melynek fő oka, hogy több hatás is érvényesül: óceáni légtömegek nyugatról, száraz kontinentális hatás kelet-észak-keletről, illetve a Földközi-tenger irányából mediterrán hatás. Magyarország legnagyobb része a meleg-száraz kategóriába tartozik. A kísérlet helyszínéül szolgáló terület is a mérsékelt meleg – száraz és a mérsékelt hűvös – száraz terület határán helyezkedik el, ahogy az 5. ábra mutatja (Péczely 1981).



5. ábra: Magyarország éghajlati körzetei 1991-2020 időszakban Péczely osztályozása alapján (OMSZ 2024)

Ahogy Pepó és Sárvári (2011) írja, a kukorica melegigényes növény, így hőmérsékleti szempontból megfelelőnek mondható a terület, viszont csapadékgényes is, mely a területre egyáltalán nem jellemző, a száraz éghajlati körzetbe lett sorolva, így a biztonságos termesztés és a megfelelő termésmennyiség érdekében öntözés javasolt, mely a kísérleti helyszínen biztosítva volt.

A 2023. év az elmúlt 20 év átlagához hasonlítva szárazabbnak mondható, illetve a csapadék eloszlása sem ideális a kukorica számára. A vegetációs időszak első felében (vetéstől a virágzásig) csapadékhiány volt, 31,5 mm-rel kevesebb csapadék hullott, mint az elmúlt 20 év átlaga volt. A vegetációs időszak második felében (augusztustól a betakarításig) viszont csapadéktöbblet volt (25,8 mm). Az átlaghőmérséklet adatokat vizsgálva a 2023-as év nagyon hasonló volt az elmúlt 20 év átlagához, szeptember volt melegebb 2,8 °C-kal (2. táblázat).

2. táblázat: Martonvásár meteorológiai adatai a 2023-as évben

Hónap	Csapadék (mm)			Átlaghőmérséklet (°C)		
	20 éves átlag	2023	Δ	20 éves átlag	2023	Δ
április	42,4	18,3	-24,1	10,9	9,8	-1,1
május	53,6	60,3	6,7	16,3	16,2	-0,1
június	66	70,5	4,5	20	20	0
július	49,8	31,2	-18,6	21,8	22,9	1,1
augusztus	46,6	94,8	48,2	20,9	21,9	1
szeptember	46,5	24,1	-22,4	16,6	19,4	2,8
Összesen	304,9	299,2	-5,7	15,2	15,7	0,5

3.2. Alkalmazott agrotechnika

Az elővetemény kukorica volt. Szárazzás követte a betakarítást, mely után 600 kg 15:15:15 arányú NPK komplex műtrágyát juttattunk ki, amit beforgattunk a talajba. Az őszi alapművelés 26-30 cm mélyen történő szántás volt, melyet simítóval munkáltunk el. Tavasszal starter műtrágyaként 50 kg ammónium-nitrátot adtunk ki a területre, ezt ásóboronával forgattuk a talajba. A magágyelőkészítés kombinátorral történt. A vetést kézi vetőpuskával végeztük. Herbicides kezelést a kísérleti terület gyomflórájának megfelelően preemergensen, majd posztemergensen is végeztünk. Preemergensen a Merlin Flexx (izoxaflutol) készítménnyel kezeltük a területet 2023. május 8-án, majd állományban posztemergensen Laudis-szal (tembotrion) 2023. május 30-án és Monsoon-nal (foramszulfuron, izoxadifen-etil) 2023. július 3-án. Mechanikai gyomszabályozást is végeztünk kultivátorral, illetve kézi műveléssel. Inszekticides kezelésre egy alkalommal volt szükség 2023. július 8-án, ekkor Karate Zeon-t (lambda-cihalotrin) juttattunk ki. A szükséges csapadékmennyiséget öntözéssel póoltuk, egy alkalommal 30-40 mm öntözővizet juttattunk ki csévélődobos öntözőberendezéssel. A mintacsöveket 2023. szeptember 25-én takarítottuk be.

3.3. A kísérlet növényi anyaga

A vizsgált genotípusok FAO 300-as éréscsoportú, kétvonalas hibridek.

EXP01 SENSITIVE: Nagyon jó kombinálódó képességű, gyors vízleadású, szemident szemtípusú, két rokonvonal keresztezéséből származó hibrid. Kiváló kombinálódó képessége miatt a martonvásári keresztezési programokban főleg szülői komponensként használják. A fuzáriumos csőpenészre érzékeny.

EXP02 NORMAL: Nagy termőképességű, erős gyökérzetű, kiváló szárszilárdságú hibrid, melynek köszönhetően szántóföldön biztonsággal leszárátható akár tárolási szemnedvességig is. Trágyázási kísérletek eredményei alapján elmondható, hogy szemtermése dinamikusan növekszik 120 kg/ha hatóanyag dózis felett is, köszönhetően magas termés potenciáljának. Szem típusa lófogú. A *Fusarium* fajok okozta csőpenésszel szembeni ellenállóképessége átlagos.

EXP03 TOLERANT: Alkalmazkodóképességével tűnik ki éréscsoport társai közül. Kiváló a termőhelyi alkalmazkodóképessége, üzemi tapasztalatok szerint szárazabb évjáratokban is kiváló eredményeket ad. Augusztus végére lehajló csövein fellazul a csuhé, melynek egyik eredménye, hogy a vízleadása gyors. Ez alkalmassá teszi a késői vetésekhez is. Szem típusa lófogú. A *Fusarium* fajok okozta csőpenésszel szemben toleráns.

3.4. Alkalmazott fungicidek

A kísérlet során négy fungicidet hasonlítottunk össze, melyek közül három szintetikus és egy biológiai készítmény volt.

- FUNG01: fluopiram+protiokonazol
- FUNG02: protiokonazol+tebukonazol
- FUNG03: mefentriflukonazol
- FUNG04: *Pythium oligandrum* oospóráit tartalmazó biopreparátum.

A fluopiram sejtlégzés gátló azáltal, hogy a komplex II. működését akadályozza, azaz az oxigén molekula redukciója nem történik meg és szabadgyökök keletkeznek. A triazolok a szteroid bioszintézist gátolják, melynek hatására nem tud a gomba újabb sejthártyát létrehozni, illetve a meglévők is szétesnek, végül a sejt elpusztul (Sörös 2019). A triazolok közül a protiokonazol a lanoszterolt vagy a szterol prekursorának demetilációját gátolja. Nemcsak szisztémás aktivitással rendelkezik, hanem kezelési, irtási és védelmi aktivitással is, mindezek mellett hosszúélettartam jellemzi (http2). A tebukonazol felszívódó gombaölő szer, mely az ergoszterol bioszintézist gátolja (Ocskó et al. 2023). A mefentriflukonazol szterol bioszintézist gátló szisztémikus fungicid (Ocskó et al. 2023). A FUNG01 sejtlégzést (fluopiram) és szteroid-bioszintézist (protiokonazol) gátló hatóanyagokat tartalmaz. A két eltérő hatásmódú hatóanyag miatt szélesebb hatásspektrum, valamint kisebb rezisztencia kialakulásának a kockázata várható a készítménytől. A FUNG02 és FUNG03 fungicidek csak triazolokat tartalmaznak: a FUNG02 két triazolt (protiokonazol+tebukonazol), míg a FUNG03 egyet (mefentriflukonazol). A FUNG04 tartalmazza a biopreparátumot (*P. oligandrum*), mely serkenti a növény természetes védekezési mechanizmusát, valamint a növényt megtámadó gombában sejtfalbontást képes előidézni.

3.5. A kísérlet elrendezése

A vizsgált genotípusokat kilenc blokkban vetettük el, blokkonként öt kezelést (KON, FUNG01, FUNG02, FUNG03, FUNG04 - külön színnel jelölve) alkalmaztunk. Egy blokkba egy hibridet vetettünk (EXP01 vagy EXP02 vagy EXP03). A vizsgált hibridek szántóföldi elrendezésének sematikus rajzát a 3. táblázat mutatja. A blokk szélesség 48 sor volt. Kezelésenként 8 soros parcellákat használtunk köztük 2-2 sor pufferrel (szürkével jelölve). A fungicidekkel kezelt parcellák 3-6. sorai (sötét tónussal kiemelve) jelölik a talajfelszínre kijuttatott szalmás fertőzés sorait. A 2. sorban végeztük a háti permetezős, míg a 3-6. sorban a permetező drónos kezelést. A kontrollkezelésnél nem használtuk ezt a fertőzési módot, ott csak a természetes fertőzésre alapoztuk a talajból kiinduló fertőzést. A fogvájós fertőzéseket a kontroll- és a fungiciddel kezelt parcellák 1-2. soraiban végeztük. A kísérlet randomizációját a hibridek véletlenszerű elrendezésével oldottuk meg, a kezeléseknél a permetező drónos kijuttatás sajátosságából adódóan, ezt nem lehetett megvalósítani. A parcellák hossza 5,2 m, az ismétléseket elválasztó út pedig 1,4 m volt. A sortáv 0,76 m, a tőtáv 0,20 m, míg a parcellánkénti növényszám 26 db volt, ami 65780 növény/ha állománysűrűségnek felel meg. A 8 soros parcellák területe 31,616 m².

3. Táblázat: A kísérlet elrendezése (hibridek: EXP01, EXP02, EXP03; ismétlések: I.-II.-III.;
kezelések: KON halványbarack színnel, FUNG01 kézzel, FUNG02 citromsárgával,
FUNG03 zölddel, FUNG04 rózsaszínnel jelölve; pufferzóna: szürke alap; fertőzés szalmás
talajfelszínről: sötétebb tónus)

EXP02 III	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP01 II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP03 I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP01 III	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP03 II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP02 I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP03 III	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP02 II	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
EXP01 I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	KON									FUNG01									FUNG02									FUNG03									FUNG04											

3.6. A mesterséges fertőzés

3.6.1. A mesterséges fertőzéshez használt izolátumok

A mesterséges fertőzéshez a *F. verticillioides* (FV) FVTE, és a *F. graminearum* (FG) IFA-66 izolátumait használtuk.

3.6.2. A fertőzőanyag előállítása

Az izolátumok fertőzéshez való felszaporításához két módszert használtunk:

1. kukoricaszemeket és fogvájókat fertőztünk be a két izolátummal,
2. konídiumszuszpenziót készítettünk.

3.6.2.1. Fertőzött kukorica elkészítése

A fertőzött kukoricaszemeket Szőke (2011) módosított eljárásával készítettük el. A kukoricaszemek felületi fertőtlenítését 70%-os etanollal (2 percig), majd 20%-os hypos oldattal + Tween 20 detergenssel (20 percig) végeztük, mely után a szemeket háromszori desztillált vizes öblítés követett. A belső magfertőzéseket 60 °C-os, 2x5 perces vízfürdős, majd egyszer 20 perces 121 °C-os szárazlevegős sterilizációval zártuk ki. A fertőtlenített szemeket sterilboxban megszárítottuk, majd a kukoricaszemeket 5 literes autoklávban sterilizált fémvödrökbe mértük és a fenti izolátumok SNA táptalajon felnevelt tiszta-tenyészeiből kivágott 10 mm-es korongjaival (1 vödör/10 db korong) beoltottuk és szobahőmérsékleten sterilboxban 21 napig inkubáltuk.

3.6.2.2. Konídiumszuszpenzió elkészítése

A *F. graminearum* inokulumot mungóbab folyékony táptalajban állítottuk elő (Buerstmayr et al. 2002). Az elkészített folyékony mungóbab táptalajt 6 literes gömblombikba szűrtük, majd autoklávban sterilizáltuk (1 óra, 121 °C). Miután a szűrlet lehűlt sterilboxban az SNA-táptalajon felszaporított tenyészetből 2 db 5 mm-es agarkorongot tettünk a folyékony táptalajba és akváriumpumpával steril levegőt áramoltattunk a tenyészetbe. Ez szolgáltatta a gomba szaporodásához szükséges oxigént, valamint biztosította az oldat folyamatos keverését is. A folyamat 5 napig tartott szobahőmérsékleten, majd ezt követően a táptalajt 1 éjszakára 4 °C-on tartottuk. Ennek eredményeként a makrokonídiumok leülepedtek és a felülúszót eltávolítva a tömény spórasuszpenziót hűtőszekrényben tároltuk. A *F. verticillioides* spórasuszpenziót 8 db 9 cm-es petricsészében, SNA-táptalajon felszaporított tenyészet felszínéről mostuk le desztilláltvíz segítségével. Az így kapott tömény spórasuszpenziót felhasználásig szintén hűtőszekrényben tároltuk.

3.6.2.3. A fertőzött fogvájók elkészítése

A fertőzéshez használt fogvájókat 12 órát desztillált vízben áztattuk, majd ezt követően forrástól számított 20 percen át négyszer kifőztük. Az áztatás és forralás célja, hogy a fogvájókban lévő, gombák növekedését gátló anyagoktól (csersav, tannin) megszabaduljunk. A növekedésgátló anyagok eltávolítását követően a fogvájókat szűrőpapíron 42 °C-on szárítószekrényben szárítottuk 24 óráig. 500 és 1200-as egységenként befőttesüvegbe raktuk, majd minden üvegbe 3-3,5 cm vastagságban Czapek-Dox (Czapek 1903, Dox 1910) tápoldatot öntöttünk. Ennek célja, hogy az izolátumok számára biztosítsuk a növekedésükhöz szükséges tápanyagellátást. A gombák számára szükséges O₂ szint biztosítására a befőttesüvegtetők közepét kilyukasztottuk és vattával zártuk. Az elkészített üvegeket 121 °C-on, 20 percig autoklávban sterilizáltuk. Következő nap

sterilfülke alatt a fenti izolátumok SNA táptalajon felnevelt tiszta-tenyészetéből kivágott 5 mm-es korongjaival fertőztük a fogvájókat, majd 25 °C-on, 21 napig sötétben inkubáltuk (6. ábra).



6. ábra: A fertőzéshez elkészített fogvájók (Martonvásár, 2023, saját fotó)

3.6.3. Az alkalmazott fertőzési módszerek bemutatása

A mesterséges fertőzéshez két módszert használtunk: az inokulumokat közvetlenül a talajfelszínre kiszórt szalmára juttattuk ki, valamint a fogvájós módszert.

3.6.3.1. Talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszer

Ezt a fertőzési módot Zhang et al. (2019) módosított leírása alapján végeztük el. A kísérlet sorközeibe szalmát szórtunk, ami a kijuttatott izolátumoknak biztosított kedvező körülményeket (védelem a hőséggel, a szárazsággal és az UV sugárzással szemben) és részben a tápközeg szerepét is betöltötte (7. ábra). Erre a szalmarétegre szórtuk ki a fertőzött kukoricaszemeket (8. ábra), illetve permetezzük ki a konídiumszuszpenziókat (9. ábra). A kijuttatás ideje a kukorica 8 leveles állapotában (BBCH 18) történt.



7. ábra: Szalmával beszórt sorközök (Martonvásár, 2023, saját fotó)

Egy sorközbe 4 dkg (101 kg/ha) fertőzött kukoricaszemet, míg a konídiumszuszpenzió permetezéshez 5×10^5 konídium/ml koncentrációjú fertőzőanyagot készítettünk.



8. ábra: A sorközökbe kiszórt fertőzött kukoricaszemek (Martonvásár, 2023, saját fotó)



9. ábra: *Fusarium* konídiumok kijuttatása (Martonvásár, 2023, saját fotó)

3.6.3.2. A fogvájós fertőzési módszer

A fogvájós fertőzést Young-féle (1943) módszerrel végeztük el. A fertőzés időpontja az 50%-os növirágzás utáni 10-12. nap. A fertőzött fogvájókat a csőkezdemény 2/3-ában árral előszúrt lyukba helyeztük. A fogvájók csőkezdeménybe helyezésénél figyeltünk arra, hogy azok körülbelül 45 fokos szöget zárjanak be a csővel és 1-1,5 cm mélyen a csőbe kerüljenek (10. ábra). Ennek azért van jelentősége, mert így a fogvájó a csőnövekedés hatására sem fog kiesni a csőből.



10. ábra: Fogvájóval fertőzött cső (Martonvásár, 2023, saját fotó)

3.7. Védekezési módok bemutatása

Mivel az általunk vizsgált növényvédő szerek egyike sem rendelkezik engedéllyel permetező drónnal történő kijuttatáshoz, ezért kísérleti engedélyt kellett kérnünk a vizsgálatok elvégzéséhez. A kérelmet a Pest Vármegyei Kormányhivatalhoz nyújtottuk be, melyet a Hivatal a PE/NV/01534-2/2023 ügyiratszámom állított ki számunkra. A kísérleti engedély másolatát a Mellékletekben csatoltuk (1. melléklet).

3.7.1. Szántóföldi géppel történő védekezés

A parcellák kis mérete és a hidas permetezőgép nagy teljesítménye miatt a szántóföldi géppel történő kezelést háti permetezővel oldottuk meg. A „Növényvédő szerek” (Ocskó et al. 2023) kiadványban megadott dózis szerint kevertük be a parcella kezeléséhez szükséges növényvédő szereket. A permetlé mennyisége 0,25 l/parcella (600 l/ha) volt. A háti permetezővel a növény egész felületét kezeltük.

3.7.2. Permetező drónnal történő védekezés

A drónnal történő növényvédelmi kezelést a Drone Partner Kft. DJI Agras T30-as permetező drónjával, Andristyák Csaba (alias Drónoscsabi) cégtulajdonos, regisztrált növényvédelmi drónpilóta végezte. 18-22 km/h sebesség mellett a DJI Agras T30 (11. ábra) pilóta nélküli légijármű 2,8-3,2 m méter magasságból, 6 m szórásszélességgel képes a területeket megfelelő, egységes fedéssel és átfedéssel kezelni. Fontos volt a megfelelő fúvóka és lémenység megválasztás is. A fuzárium elleni kezelésekhez kerámiabetétes, légbeszívásos és 1,5 mm-es fúvókák alkalmazása, valamint 20-25 l/ha lémenység ajánlott (Szőke et al. 2023).

Mivel az alkalmazott fungicidek az engedélyokirataik szerint nincsenek engedélyezve drónnal történő kijuttatáshoz, így ehhez a módszerhez optimalizált dózis, illetve megfelelő formuláció sem állt rendelkezésünkre. Ennek megfelelően a permetező drónos kijuttatáshoz is a szántóföldi gépekhez, az engedélyokiratban megadott dózist alkalmaztuk. A növényvédő szer mellett cseppnehezítő készítményt is adtunk a tankkeverékekhez. A pilóta nélküli légijárművel történő permetezésnek is vannak előírásai: 25 °C feletti hőmérsékleten és 4 m/s feletti szélsősebesség mellett drónnal nem juttatható ki növényvédő szer. A kezeléseket ennek megfelelően végeztük el.



11. ábra: Andristyák Csaba és a DJI Agras T30 drón (Martonvásár, 2023, saját fotó)

3.8. Az adatok felvételezése, a minták feldolgozása, statisztikai elemzés

3.8.1. A csőpenész borítottság mértékének meghatározása

A kukoricacsövek fertőződésének értékelése a szántóföldön történt. Mind a fogvájós, mind a talajfelszín provokációs fertőzések parcelláiból 10-10 mintacsövet értékeltünk a Nébih Kukorica Kísérleti Módszer leírása szerint, ami öt kategóriába sorolja a fertőzöttség mértékét (Nébih 2016):

- 0 kategória: a cső nem fertőzött (0%)
- 1 kategória: a cső vége 1-10% arányban fertőzött, vagy csak 1-5 db fertőzött szem található a csövön
- 2 kategória: a cső fertőzöttsége 11-25%
- 3 kategória: a cső fertőzöttsége 26-50%
- 4 kategória: a cső fertőzöttsége 51-100%

A felvételezés során kapott adatokból kiszámoltuk az egyes kezelések fertőzési intenzitás súlyozott átlagát (F_i).

$F_i = [\sum(a_i \cdot f_i) / (n \cdot k)] \cdot 100$, ahol a_i = az egyes fertőzési skálaértékek (fertőzés intenzitása); f_i = az egyes skálaértékekhez tartozó növényszám (fertőzés gyakorisága); n = parcellánként vizsgált összes növényszám; k = skálafokozat legnagyobb értéke. Ezt követően meghatároztuk a különböző kezelések parcelláinak súlyozott átlagkategóriák szerinti fertőzési indexszázalékát ($F_{i\%SK}$).

$F_{i\%SK} = (F_i \cdot k_S) / k_{SM}$, ahol F_i = fertőzési intenzitás súlyozott átlaga, k_S = súlyozott átlagkategória maximum fertőzési százaléértéke, k_{SM} = skálafokozat súlyozott átlag legnagyobb értéke.

Azokat a csöveket, melyeken rovarkártét volt, kihagytuk az értékelésből. A fogvájós fertőzésnél, ha a fertőzés nem a fogvájó szúrásának helyéből indult, szintén nem került bele az adatsorba. A természetes fertőződés értékelését is az előzőknek megfelelően végeztük.

3.8.2. A parcella mintáinak feldolgozása

Minden kezelés parcelláiból kézi töréssel 10-10 növényt takarítottunk be raschel zsákokba. A zsákokba a kezeléseknél megfelelő papírcímkék kerültek és a durva feldolgozóban a következő méréseket végeztük el. A parcellánként betakarított mintacsöveket CAS AD-1/15 típusú (mérés határ: 15 kg, pontosság: 5 g) mérleggel lemértük, elektromos kukoricamorzsolóval lemorzsoltuk, majd ezt követően visszamértük a csutkák tömegét. Az össztömegből kivontuk a csutkák tömegét, s így megkaptuk a parcellánkénti szemtermést, melyet 14%-os szemnedvesség

tartalomra számoltunk át. A szemek nedvességtartalmát és a hektolitersúlyát Dickey-John GAC 2500-as gabona analizátorral mértük meg.

3.8.3. Izolátumok visszaigazolása a mesterségesen fertőzött szemekből

A mesterséges fertőzéshez használt izolátumokat a fertőzött kukoricaszemekből izoláltuk vissza. Minden hibrid fungiciddal kezelt parcellájából két ismétlésben végeztünk el ezt a munkát. A betakarított, lemorzsolts és feldolgozott kukoricaszemekből mintákat vettünk, melyek felületét 1%-os NaOCl oldattal 15 percig fertőtlenítettük, majd háromszor lemostuk desztillált vízzel. Ezt követően a szemeket szűrőpapíron légszárazra szárítottuk, majd 9 cm-es petricsészékbe 3 szemet helyeztünk diklorán-klóramfenikol bengálrózsa agarra (DRBC). A DRBC táptalaj nagy előnye, hogy a diklorán és a klóramfenikol a legtöbb baktérium szaporodását gátolja, így ezek a mikroorganizmusok a táptalajon nem, vagy csak kis számban jelennek meg. Az elkészített petricsészéket sötétben, 25 °C-on tartottuk és 12 napon keresztül, kétnaponta telep morfológia alapján értékeltük. Az értékelés alapja a telepek színe, növekedés mértéke, nagysága, textúrája volt. Következő lépésként a telep morfológia alapján a *Fusarium* fajokra jellemző telepeket szűrőpapíros SNA táptalajra (Leslie és Summerell 2006) oltottuk át és sporuláltattuk. Az inkubáció 25 °C-ra beállított inkubációs kamrában, 14 napig tartott, ezt követően végeztük el a mikro-morfológiai bélyegek alapján (Zeiss Axio Imager mikroszkóp) a *Fusarium* fajok azonosítását.

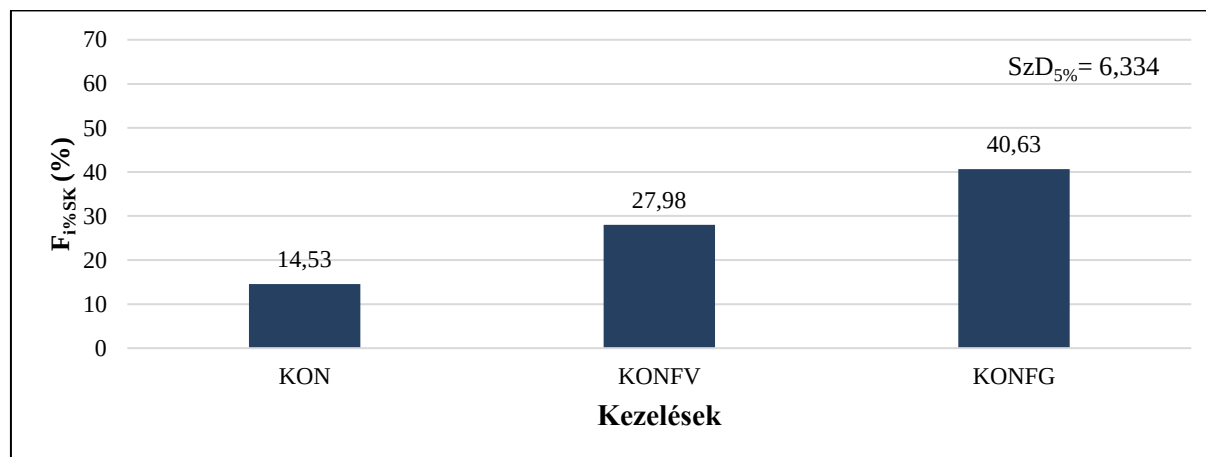
3.8.4. Az adatok statisztika feldolgozása

Vizsgálataink során kapott adataink elemzéséhez az Agrobase 99® for Microsoft Windows® számítógépes szoftvert (Agronomix Inc.) és a Microsoft Windows® Excel programot használtuk, lineáris regresszióanalízist, illetve többtényezős varianciaanalízist alkalmazva. A statisztikai próbák során kapott eredmények értelmezéséhez Sváb (1981) munkáját használtuk fel. Az összegyűjtött adatokat a Microsoft Windows® Excel programmal rendeztük a statisztikai analízishez szükséges formába. Az Agrobase 99® for Microsoft Windows® statisztikai program esetében az adatok rendszerezéséhez, diagramok szerkesztéséhez, korrelációs koefficiensek meghatározásához is az MS® Excel adatkezelő program beépített moduljait használtuk. A varianciaanalízisek eredményeit a következő fejezetben ismertetem.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. *Fusarium* fajok fertőzőképességének összehasonlítása

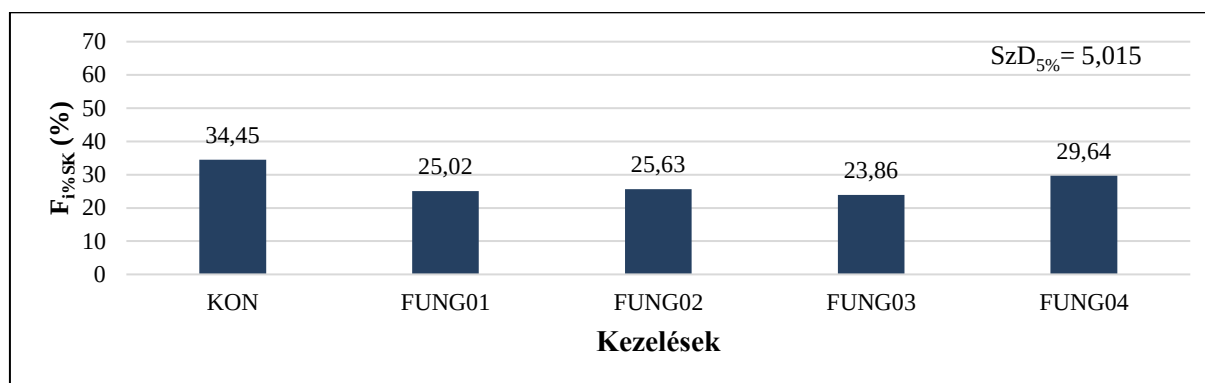
A 12. ábra adatai alapján azt látjuk, hogy mindkét kórokozó fajjal történő fogpiszkálós fertőzés (KONFV, KONFG) statisztikailag kimutathatóan nagyobb csőfertőzést okozott, mint a természetes fertőzés (KON). Az ábra adatai alapján az is elmondható, hogy a két kórokozó faj eltérő mértékű fertőzést okozott. A *F. graminearum* statisztikailag igazolhatóan erősebben fertőzte a kukoricacsöveket, mint a *F. verticillioides*.



12. ábra: A kontrollparcellák fertőzési adatainak összehasonlítása természetes (KON) és fogpiszkálós fertőzések esetében (KONFV, KONFG) a genotípusok átlagában (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 2. melléklet

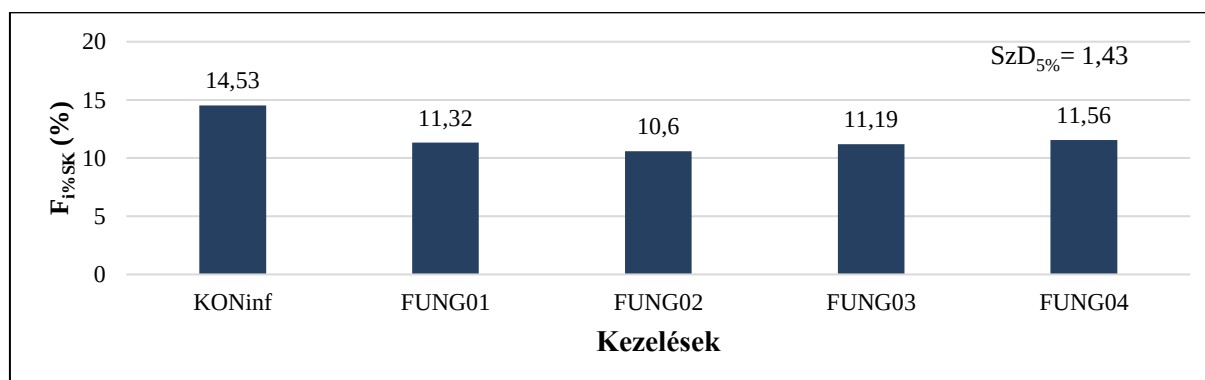
4.2. A fungicidek hatékonyságának összehasonlítása

A permetező drónnal kezelt parcellákat értékelve a 13. ábrán azt láthatjuk, hogy a kontroll parcellához képest a szintetikus fungicidekkel történő kezelés (FUNG01, FUNG02 és FUNG03) hatására szignifikánsan kisebb fertőzést kaptunk a fogpiszkálós fertőzésnél. A szintetikus gombaölő szerekkel kezelt parcellák között matematikailag igazolható különbség nem volt. A FUNG04 biopreparátummal kezelt és a kontroll (KON) parcella között nincs statisztikailag kimutatható eltérés. A fogpiszkálóval fertőzött, de szántóföldi géppel kezelt parcellák eredményeit vizsgálva is nagyon hasonló eredményeket kaptunk, ezért ezeket nem ábrázoljuk külön diagramon.



13. ábra: A csőfertőződés mértéke fogpiszkálós fertőzés és permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatására az ismétlések és a genotípusok átlagában (Martonvásár, 2023).
 Varianciaanalízis MQ-táblázata: 3. melléklet

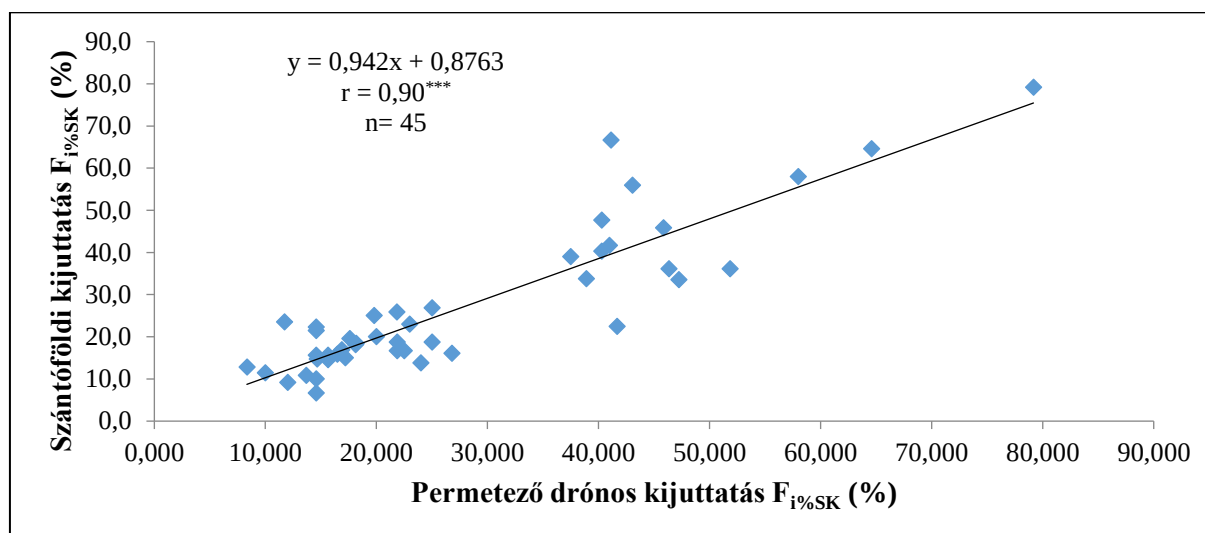
A permetező drónnal kijuttatott fungicidek mindegyike matematikailag kimutathatóan csökkentette a csőfertőződés mértékét a talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszer esetében is (14. ábra). A csőfertőződés mértékében nem volt szignifikáns különbség a fungiciddel kezelt parcellák között, viszont a fertőzött kontrollkezeléshez képest mind a négy növényvédő szer statisztikailag igazolhatóan csökkentette a fertőzést.



14. ábra: A csőfertőződés mértéke talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszer és permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatására az ismétlések és a genotípusok átlagában (Martonvásár, 2023) Varianciaanalízis MQ-táblázata:4. melléklet

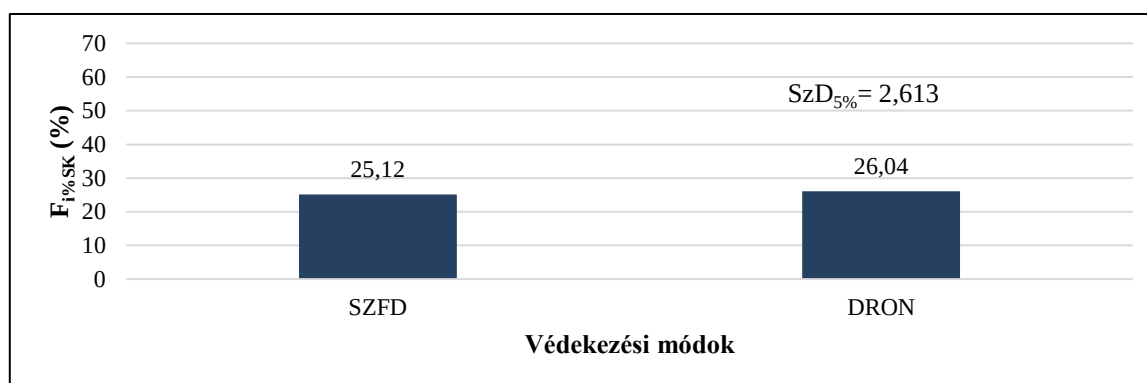
4.3. A védekezési módok összehasonlítása

A 2023-as fogvájós csőfertőzési adatsorok a szántóföldi géppel és a permetező drónnal kijuttatott növényvédő szerek hatékonysága között $P=0,1\%$ -os valószínűségi szinten szoros ($r=0,90^{***}$) kapcsolatot kaptunk, azaz a fungicidek permetező drónnal kijuttatva is hatásosak voltak a fuzáriumos csőpenésszel szemben (15. ábra).



15. ábra: Összefüggés a két kijuttatási mód (szántóföldi permetező és permetező drón) $F_{i\%SK}$ -számítással meghatározott csőfertőzés mértéke között, a vizsgált genotípusok és fogvájós fertőzési adatok átlagában (Martonvásár, 2023).

A vizsgált genotípusoknál a szántóföldi géppel (SZFD) és a permetező drónnal (DRON) kijuttatott fungicidek hatása között szignifikáns különbséget nem kaptunk a csőfertőződés mértékében (16. ábra).



16. ábra: A csőfertőződés mértéke a két védekezési mód (SZFD, DRON) hatására a genotípusok és a fungicidek átlagában (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 5. melléklet

4.4. A talajfertőzésnél használt *Fusarium* fajok megjelenésének igazolása a fertőzött parcellák szemterméséből

A talajfertőzéses parcellák mesterségesen fertőzött betakarított terméséből mintákat vettünk. A mintavétel célja, visszaigazolni, hogy az általunk kijuttatott két *Fusarium* faj egészen biztosan szerepet játszott a betegség kialakulásában. A vizsgálat eredményeit a 4. táblázatban foglaljuk össze. Az összes minta 41,66 %-ából sikerült kimutatni valamely *Fusarium* fajt, azaz 48 mintából 20 mintában egyértelműen igazoltuk, hogy az általunk használt két faj valamelyike okozta a csőfertőzést. A vizsgált minták 30%-ában *F. graminearum*, 70%-ában *F. verticillioides* fajt találtunk.

4. táblázat: A talajfertőzéses parcellák szemterméséből izolált *F. verticillioides* (FV) és *F. graminearum* (FG) fajok előfordulása kezelésenként a három hibrid esetében (Martonvásár, 2023)

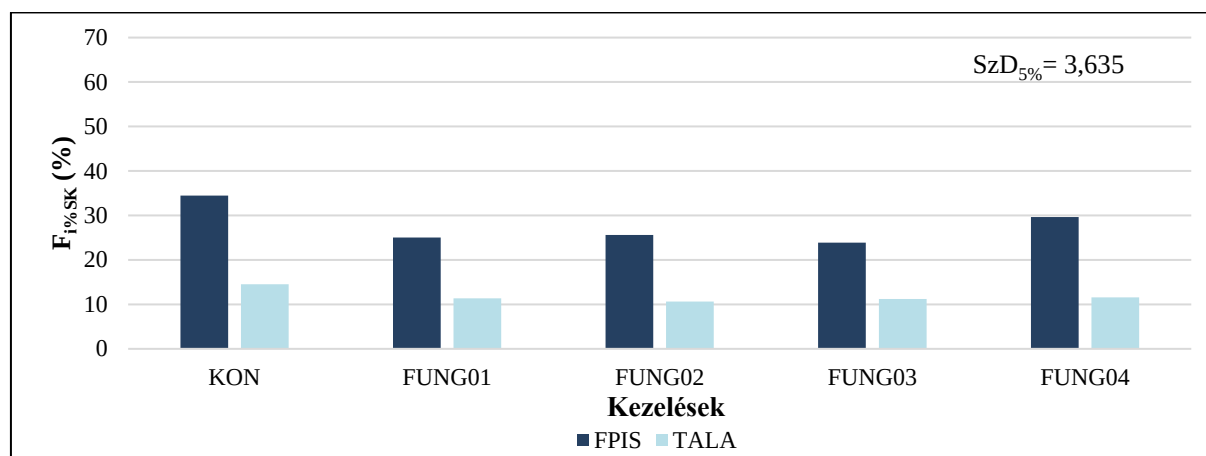
Hibrid	Kezelés	Ismétlés (SZF)	Ismétlés (L)	Fusarium
NORMAL	FUNG02	I	1	FG
NORMAL	FUNG02	I	2	FV
NORMAL	FUNG02	II	1	FG
NORMAL	FUNG02	II	2	FV
NORMAL	FUNG04	II	1	FV
SENSITIVE	FUNG02	I	1	FG
SENSITIVE	FUNG02	I	2	FV
SENSITIVE	FUNG02	II	1	FG
SENSITIVE	FUNG02	II	2	FG
SENSITIVE	FUNG03	I	1	FV
SENSITIVE	FUNG04	I	1	FV
SENSITIVE	FUNG04	II	1	FG
TOLERANT	FUNG01	I	1	FV
TOLERANT	FUNG01	I	2	FV
TOLERANT	FUNG01	II	1	FV
TOLERANT	FUNG03	II	1	FV
TOLERANT	FUNG04	I	1	FV
TOLERANT	FUNG04	I	2	FV
TOLERANT	FUNG04	II	1	FV
TOLERANT	FUNG04	II	2	FV

4.5. A fertőzési módok összehasonlítása

A 17. ábrán a fogpiszkálóval (FPIS) és a talajról (TALA) történő fertőzés következtében kialakuló csőfertőzés között minden kezelés esetében statisztikailag kimutatható különbséget kaptunk. A talajról történő fertőzéssel a természetes fertőzési úthoz közelebb álló fertőzést szerettük volna imitálni. Ezt a fertőzési módot az időjárás és egyéb külső tényezők nagyobb mértékben befolyásolják, emiatt kevésbé jelent megfelelő fertőzési nyomást. Ellenben a fogpiszkálóval történő fertőzés egy sokkal direkter, biztos fertőződést biztosító módszer, mely leginkább a rovarrágáson vagy egyéb mechanikai sérülésen bejutó kórokozó fertőzési módját modellezi. Ezekből következnek az eredmények is: a fogpiszkálóval fertőzött csövek fertőzési aránya legalább kétszer olyan nagy, mint a talajról fertőződött csöveké.

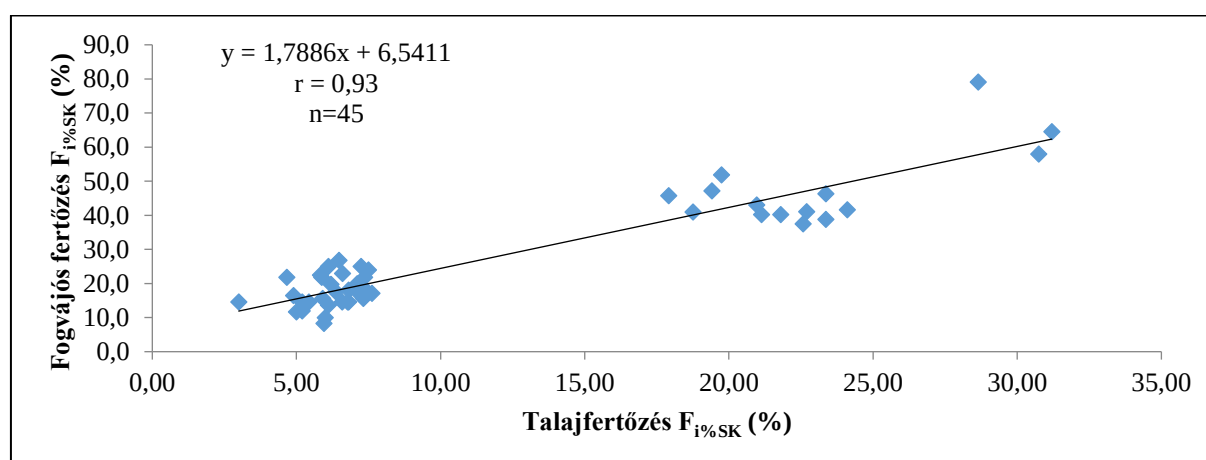
A fogpiszkálóval történő fertőzés esetén mind a négy fungicides kezelés matematikailag igazolható védelmet biztosított a növényeink számára a kontrollparcellához képest, míg a talajról történő fertőzés esetén csak a FUNG02 növényvédő szer hatására tapasztaltunk szignifikánsan kisebb fertőzést, a másik három fungicid nem csökkentette matematikailag kimutatható mértékben a cső fertőződését (17. ábra). Ennek egyik oka az lehet, hogy a talajfelszínre kihelyezett

fertőzőanyag nem okozott olyan mértékű fertőzést a kontrollkezeléshez képest, hogy azt a fungicides kezelések statisztikailag igazolható módon csökkenteni tudják.



17. ábra: A két fertőzési mód hatására kialakult csőfertőződés mértéke az ismétlések és a genotípusok átlagában (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 6. melléklet

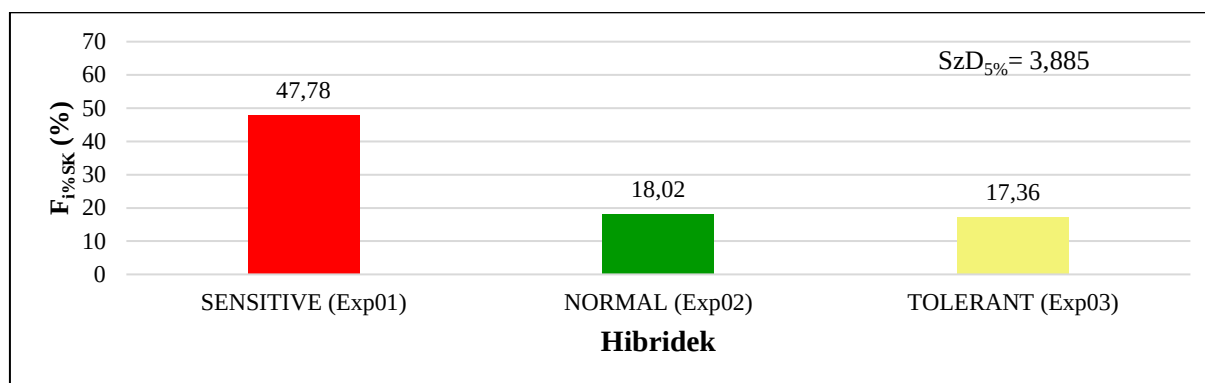
A két fertőzési mód csőfertőzési adatai között $P=0,1\%$ -os valószínűségi szinten nagyon szoros ($r=0,93^{***}$), pozitív kapcsolatot kaptunk, azaz mindkét fertőzési mód alkalmas a kukorica genotípusok mesterséges fertőzési értékeléséhez. A fogvájós mesterséges fertőzési módszerrel nagyobb fertőzéseket értünk el (18. ábra).



18. ábra: Összefüggés a két fertőzési mód (fogvájós és talaj) okozta csőfertőződés mértéke között, a vizsgált genotípusok átlagában (Martonvásár, 2023)

4.6. A fungicidek, a genotípusok és együttes hatásuk a terméselemekre

A vizsgálatunk során igazoltuk, hogy a kiválasztott hibridek az előzetes ismereteinknek megfelelően reagáltak a fertőzésekre. Az EXP01 érzékeny hibrid fertőződött a legnagyobb mértékben, míg a normál (EXP02) és a toleráns (EXP03) hibridek esetében kisebb mértékű fertőződést tapasztaltunk (19. ábra).



19. ábra: A három hibrid csőfertőződésének mértéke a drónnal kijuttatott fungicidek esetén a fertőzési módok és a védekezési módok átlagában (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 3. melléklet

Az egyes hibridek kontroll parcelláiról betakarított termés jellemzőit megvizsgálva (5. táblázat) megállapíthatjuk, hogy az EXP01 érzékeny hibrid termésmennyisége szignifikánsan kisebb, mint a másik két hibridé, illetve az EXP03 toleráns hibridről betakarított termésmennyiség matematikailag igazolhatóan több, mint a másik két hibridről betakarított szemtermés. Ez az eredmény igazolja, hogy a fuzárium fajok által okozott csőfertőzés termésveszteséget is okozhat.

A betakarított termés szemnedvesség értékeit elemezve az 5. táblázatban jól látható, hogy az EXP01 és az EXP03 hibridek között nincs statisztikailag kimutatható különbség, míg az EXP02 hibrid szemnedvesség értéke szignifikánsan magasabb a másik két hibrid értékeinél. A hibridek kiválasztása során törekedtünk arra, hogy ugyanabból az éréscsoportból (FAO 300) kerüljön ki mindhárom hibrid, azonban az EXP01 és EXP03 az éréscsoport első harmadához, míg az EXP02 az éréscsoport utolsó harmadához tartozik. Ez az eltérés okozhatja a különbséget a szemnedvesség adatokban.

A hektolitersúly értékek között az EXP02 és EXP03 hibridek között nincs matematikailag igazolható eltérés, de az EXP01 hektolitersúlya szignifikánsan alacsonyabb. Ezt a különbséget azzal tudjuk magyarázni, hogy az érzékeny (EXP01) hibridről betakarított termésben a nagyobb arányú fertőzés miatt több léha szem volt (20. ábra), mint a kevésbé fertőződött normál (EXP02) (21. ábra) és toleráns (EXP03) hibrideknél (5. táblázat).

5. táblázat: A termést jellemző adatok a kontrollparcellák átlagában hibridenként (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 7. melléklet

	kg/parcella	szemnedvesség (%)	hektolitersúly (kg/hl)
EXP01	1,12	16,67	67,08
EXP02	1,72	18,10	72,37
EXP03	1,82	16,35	72,63
SzD _{5%}	0,067	0,393	1,224



20. ábra: Az érzékeny (EXP01) hibrid *F. graminearum*-mal fertőzött (fogvájós) csövei a kontrollparcellákból (Martonvásár, 2023, saját fotó)



21. ábra: A FUNG03 gombaölővel kezelt, átlagos toleranciájú (EXP02) hibridről betakarított csövek (Martonvásár, 2023, saját fotó)

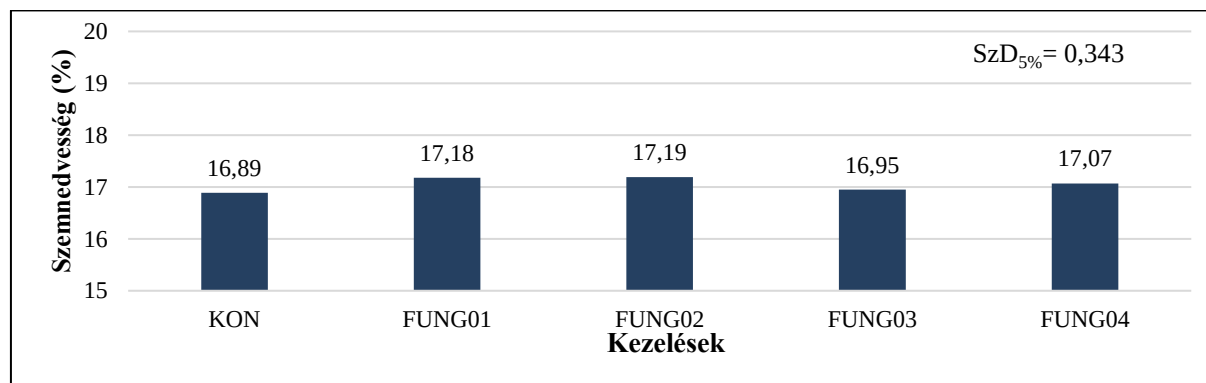
A 6. táblázatban a betakarított termésmennyiség látható a hibridek átlagában, a védekezési módok és a kezelések szerint. A szántóföldi géppel kezelt parcellák esetén a kontrollparcellákról betakarított termésmennyiség minden fungiciddal kezelt parcelláról betakarított termésmennyiségnél statisztikailag kimutathatóan kevesebb, azaz mind a négy növényvédő szer mérsékelte a fuzáriumos csőpenész által okozott termésvesztést. A gombaölővel kezelt parcellák között is van matematikailag kimutatható különbség: a FUNG01-gyel kezelt parcellákról betakarított termésmennyiség több volt, mint a FUNG02-vel és a FUNG03-mal kezelt parcellákról betakarítotté.

A drónnal kezelt parcellákról betakarított termésmennyiségek között kisebb különbségek voltak (6. táblázat). A kontrollparcellákról (KON) betakarított termésmennyiségnél csak a FUNG01-gyel kezelt parcellákról betakarított szemtermés volt több matematikailag igazolható mértékben. Minden fungiciddal kezelt parcelláról több termést takarítottunk be, mint a kontrollparcellákról, de szignifikáns különbséget csak a FUNG01 és KON parcellák között találtunk. A FUNG01 gombaölő szer termésmennyiségben is megnyilvánuló, pozitív hatása még a drónnal kezelt parcelláknál is kimutatható volt.

6. táblázat: Parcellánként betakarított termésmennyiség (kg) a hibridek átlagában kezelésenként (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 8. melléklet

	Szántóföldi védekezés (kg/parcella)	Drónos védekezés (kg/parcella)
KON	1,49	1,49
FUNG01	1,74	1,75
FUNG02	1,63	1,58
FUNG03	1,62	1,62
FUNG04	1,64	1,54
SzD_{5%}	0,114	0,184

A 22. ábrán a fogpiszkálóval fertőzött, permetező drónnal kezelt parcellák szemnedvesség értékei láthatóak kezelésenként a hibridek átlagában. A kontroll (KON) és a gombaölővel kezelt parcellákról betakarított termés szemnedvesség értékei között nem találtunk szignifikáns eltérést.



22. ábra: Fogpiszkálóval fertőzött, permetező drónnal kezelt parcellák szemnedvesség értékei kezelésenként a hibridek átlagában (Martonvásár, 2023). Varianciaanalízis MQ-táblázata: 9. melléklet

5. Következtetések és javaslatok

Arias et al. (2013) és Yates et al. (2005) megállapították, hogy a *F. graminearum* izolátumok erőteljesebb fertőzést tudnak kiváltani a csöveken, mint a *F. verticillioides*. Munkánk során mi is ugyanezt az eredményt kaptam. Mesterházy (2014) is hasonló következtetésekre jutott: a *F. verticillioides* csak rovarrágás után okoz a *F. graminearum* bibén keresztül történő fertőzéséhez hasonló tüneteket. Az előző eredmények alapján felmerülhet a kérdés: miért nem elég akkor csak a *F. graminearum* izolátumait használni mesterséges fertőzéshez? A szakirodalmi- és saját eredményeim alapján, a kukorica csőfuzáriummal szembeni ellenállóképesség megállapításához javasolom mindkét kórokozó faj párhuzamos használatát. Ezt indokolja a két faj eltérő környezeti igénye és az eltérő növénybe való bejutásuk stratégiája is.

A FUNG04 biopreparátum kevésbé bizonyult hatékonynak a szintetikus (FUNG01, FUNG02, FUNG03) növényvédő szerekhez képest. Ez az eltérés főként a nagyobb fertőzési nyomást jelentő fogpiszkálós fertőzés esetén nyilvánult meg. Ennek oka, hogy a biopreparátum főként a növény természetes védekező rendszerét erősítve fejti ki hatását, valamint másodrendű a kórokozó ellen irányuló közvetlen hatása. A talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszer esetén, mely jobban hasonlít a természetes fertőződéshez, a szintetikus fungicidekhez hasonló védelmet nyújtott.

A gombaölő szerek adagolásánál a szántóföldi gépekre optimalizált paramétereket használtuk a pilóta nélküli légi járművel történő kijuttatás során is. Összehasonlítva a két védekezési módot, a fuzáriumos csőfertőzés mértékében statisztikai különbséget nem tapasztaltunk. Amennyiben azt is figyelembe vesszük, hogy ezeknek a fungicideknek a formulációját a gyártók még nem a drónos permetezéshez optimalizálták, véleményünk szerint ezek az eredmények megfelelő formulázással és a dózisok pontos beállításával várhatóan tovább javulnak majd.

A fertőzési módok kiválasztása során célunk volt azt is megvizsgálni, hogy a természetes fertőződéshez közelebb álló, sebzés nélküli, talajfelszínre kiszórt fertőzési mód mennyire lehet eredményes? Összehasonlításként a már jól bevált és megbízható fogvájós módszert is alkalmaztuk. A fogpiszkálós fertőzés eredményeként a csövek matematikailag igazolható mértékben nagyobb fertőzési százalékokat mutattak, mint a talajról fertőződött csövek. A fogvájós módszer hatékonyságát a környezeti tényezők kevésbé befolyásolják, azaz évjáráttól függetlenül eredményesebben használható a vizsgált genotípusok közötti differenciálásához. Ennek ellenére a talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszert is alkalmasnak találtuk rezisztenciavizsgálatok elvégzéséhez. A módszer egyszerűen alkalmazható, nagyobb mennyiségű

növény fertőzhető le vele adott idő alatt, mint a fogpiszkálós technikával. Ezenkívül sokkal közelebb áll a természetes fertőzési úthoz is. Hátránya ennek a módszernek, hogy kevésbé biztos a növények fertőződése, illetve az időjárás és egyéb környezeti körülmények sokkal inkább befolyásolják a fertőződés mértékét, mint a fogpiszkálós fertőzés esetében. Mesterházy et al. (2020) a bibecsatornás és fogpiszkálós fertőzési módok hatékonyságát hasonlították össze. Eredményeink abban egyeznek meg, hogy a sebzés nélküli, a természetes fertőzéshez jobban hasonlító, kevésbé drasztikus (sebzés nélküli) bibecsatornás módszer hatékonysága jóval kitettebb a környezeti körülményeknek, míg a fogpiszkálós eljárás többször nagyobb fertőzöttséget okozott.

A betakarított termés mennyiségében a normál (Exp02) és toleráns (Exp03) hibrid között nem volt szignifikáns különbség. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy a fungicides kezelések a magasabb fuzáriumos csőpenész elleni rezisztenciával együtt mindkét genotípusnak elegendő védelmet biztosított. Mivel a toleráns- és a normál csőfuzárium ellenállósággal rendelkező hibrid termésmennyisége és hektolitersúly értékei között nem volt statisztikailag igazolható különbség, a következő megállapításra jutottunk: amennyiben lehetőségünk van fungicides beavatkozásra a kukoricánk védelme érdekében, megfelelő lehet egy normál ellenállóságú hibrid választása is. Azonban, ha a gombaölő szeres védekezésre nincs lehetőségünk (hidaspermetező, permetező drón hiánya), akkor csak a genetikai védelemre tudunk alapozni: ebben az esetben mindenképp toleráns hibridek termesztését javasoljuk a gazdálkodóknak. Az érzékeny genotípus a kémiai védekezéssel együtt is alulmaradt a másik két hibridhez képest. Ez egyrészt arra mutat rá, hogy a kémiai védekezés önmagában nem nyújt megfelelő védelmet, másrészt egy fogékony genotípus termesztése jelentős kockázatot jelent a gazdálkodónak. Abban az esetben, ha valamilyen oknál fogva (pl.: egy csőfuzáriummal szemben érzékeny hibrid exkluzív tulajdonsággal bír, mint például waxy kukorica) a betegséggel szemben érzékeny genotípust választunk, a védekezésnél az integrált szemlélet alkalmazása elkerülhetetlen.

A szántóföldi géppel és permetező drónnal történő védekezés esetén is a FUNG01 növényvédő szer adta a legnagyobb védelmet. Ezt igazolja az is, hogy a FUNG01 gombaölővel kezelt parcellák terméseredménye volt a legmagasabb, ami egyértelműen összefügg a fertőzés alacsonyabb mértékével is. Ennek legfőbb magyarázatát a fungicid hatóanyagösszetételében látjuk. A FUNG01 gombaölőben fluopiram és protiokonazol hatóanyag is található, melyek hatásmechanizmusa eltérő, így egyszerre több ponton tudják a kórokozó gombafajok fertőzését gátolni, illetve visszaszorítani. A FUNG02 gombaölőben is két hatóanyag található, viszont mindkettő triazol, melyeknek nagyon hasonló a hatásmódja, ezért nem tudott olyan eredményt

produkálni, mint a két eltérő hatóanyagú fungicid. A FUNG01-gyel kezelt parcellák voltak azok, melyeknél minimális eltérést tapasztaltunk a szántóföldi géppel és a permetező drónnal történő kijuttatási mód csőfertőzés mértéke és terméseredményei között. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy a FUNG01-es gombaölő akár további formulázás nélkül is eredményesen alkalmazható akár permetező drónos kijuttatás mellett is. Úgy gondoljuk, hogy a vizsgált készítmények hatékonysága javítható lenne formulációjuk fejlesztésével és permetező drónnal történő kijuttatásra történő optimalizálással. Ennek jótékony hatása a kukorica terméseredményeiben is megnyilvánulhat. A javított kiszerezés és dozírozás mellett, akár nagyobb hatékonyságot is el tudunk érni permetező drónnal történő kijuttatással, mint szántóföldi géppel. Adataink szerint ugyanis volt olyan gombaölő, ami jelenlegi formájában is szinte ugyanazokat az eredményeket adta, mint a szántóföldi permetezés.

Xiang et al. (2010) vizsgálatai során arra jutottak, hogy közvetlen kapcsolat van a tünetek súlyossága és a csövek száradása között. A szemnedvességi adatokat vizsgálva, mi nem találtunk összefüggést a csőfertőződés mértéke és a szemnedvesség között.

A vizsgálataink során egyértelműen bizonyítani tudtuk, hogy a *F. graminearum* és a *F. verticillioides* okozta csőpenészesedés csökkenti a betakarított termés mennyiségét, emiatt a kukoricatermesztők körében kiemelt fontosságú a kórokozók közül a *Fusarium* fajok elleni védekezés. A védekezésnek két alappillére van: a rezisztencianemesítés és a kémiai védekezés. A rezisztencianemesítés is egyre hatékonyabb megoldásokat ad, azonban egyelőre még nem biztosít százszázalékos védelmet a betegséggel szemben. A fungicidek is magasabb hatékonysági fokkal lennének alkalmazhatóak, ha kukoricában is könnyebb lenne a kijuttatásuk. Erre a problémára jelenthetne megoldást a permetező drón. Eredményeink alapján látható, hogy a FUNG01 készítmény jelenlegi formulációja mellett is megfelelő védelmet biztosított, valamint a másik három fungicid is csökkentette a fertőzést.

A biopreparátumot tartalmazó FUNG04 készítmény is jól szerepelt a kísérletben. Kisebb fertőzési nyomás, illetve a kevésbé patogén *F. verticillioides* ellen megfelelő védelmet biztosított, melyből arra lehet következtetni, hogy egyes évjáratokban a biológiai védekezés - kombinálva a genetikai védekezéssel - is megfelelő védelmet tud nyújtani. A biopreparátumok használatának további előnye, hogy alkalmazásukkal kiválthatjuk a kémiai beavatkozásokat. A drónnal történő kijuttatáshoz ennek a készítménynek az optimalizálása és engedélyeztetése is szükséges az eredményesebb és széleskörű használatához.

6. Összefoglalás

A kukorica kórokozói közül a legjelentősebbek hazánkban a *F. verticillioides* és a *F. graminearum* fajok. Ezek évjárattól függően gazdaságilag is jelentős termés kiesést okozhatnak, valamint mikotoxinjaikkal szennyezik a szemtermést, ezzel minőségi kárt is jelenthetnek.

A kísérlet során három, a csőpenészesedéssel szemben eltérő ellenállóságú kukorica hibridet (toleráns, átlagosan fertőződő, fogékony) vizsgáltunk. Fogvájós fertőzési módszerrel és talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszerrel mesterségesen fertőztük a hibrideket *F. graminearum* és *F. verticillioides* izolátumokkal. A négy kiválasztott növényvédő szer hatóanyaga: fluopiram + protiokonazol (FUNG01), protiokonazol + tebukonazol (FUNG02), mefentriflukonazol (FUNG03), *Pythium oligandrum* oospórákat tartalmazó biopreparátum (FUNG04). A készítményeket szántóföldi géppel és permetező drónnal juttattuk ki. Kontrollkezelésként a két fuzárium fajjal fertőzött, fungicides kezelés nélküli parcellák- és abszolút kontrollként a természetes csőfertőzés adatait használtuk. A kísérlet helyszíne a HUN-REN ATK Mezőgazdasági Intézet volt Martonvásárban, ahol a vizsgált genotípusokat kéttényezős, háromismétléses, osztott parcellás elrendezésben vetettük el. A főparcellákban a vizsgált kukorica genotípusok, míg az alparcellákban a kezelések voltak. A szükséges engedélyek beszerzését követően a permetező drónos kezelést a Drone Partner Kft. DJI Agras T30-as permetező drónjával, Andristyák Csaba (alias Drónoscsabi) regisztrált növényvédelmi drónpilóta végezte.

A szintetikus fungicidek mindkét fertőzési mód esetében csökkentették a csőfertőződés mértékét, míg a FUNG04 a fogpiszkálós fertőzés esetén nem csökkentette a kialakult fertőzés mértékét a kontrollparcellához képest. Mindkét védekezési móddal (szántóföldi gép és permetező drón) kijuttatva hatásosnak bizonyult mind a négy növényvédő szer, a kontrollkezelésekhez képest csökkentették a csőfertőzés mértékét. A talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszer parcelláiból betakarított szemtermésből is kimutattuk a kijuttatott *Fusarium* fajok jelenlétét, ami a fertőzés sikerességét igazolja. A két fertőzési módot összehasonlítva megállapítottuk, hogy mindkettő alkalmas a kukorica fuzáriumos csőfertőzésére, a fogpiszkálós eljárással magasabb fertőzési index-százalék értékeket kaptunk, mint a talajprovokációs módszerrel. A termésmennyiség és a hektolitersúly adatokat vizsgálva látható, hogy a csőpenészesedés csökkenti a betakarítható termésmennyiségét. A termésmennyiség adatok továbbá azt is megmutatják, hogy a FUNG01 növényvédő szer bizonyult a leghatékonyabbnak a vizsgált készítmények közül, mind a két kijuttatási mód esetén. Minden fungiciddel kezelt parcella magasabb terméseredményt produkált, mint a kontrollparcellák, azaz valamilyen szintű védelmet

minden gombaölő szer biztosított. A kijuttatási módoknak megfelelően változott a fungicidek hatékonysága. A vizsgált szerek szántóföldi kijuttatáshoz vannak kifejlesztve, ennek megfelelően nem meglepő, hogy a szántóföldi géppel történő kijuttatás hatékonyabbnak bizonyultak, mint a permetező drónos. Egy készítmény (FUNG01) esetében nem tapasztaltunk különbséget a kijuttatási módok hatása között.

A jelenlegi vizsgálatainkat a betakarított termésekben mért toxinmennyiségek mérésével kiegészítve még pontosabbá lehet tenni, hiszen a *Fusarium* fajok nem csak mennyiségi, hanem minőségi kárt is okoznak, mely nem feltétlen nyilvánul meg a termés mennyiségben.

7. Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretném megköszönni a HUN-REN ATK Mezőgazdasági Intézetében a Kukoricanemesítési Osztálynak, hogy biztosították a kísérletemhez a helyszínt, a laboratóriumot, bizonyos mértékű anyagi háttérrel, és minden egyéb szükséges felszerelést.

Köszönetet mondok konzulenseimnek Dr. Körösi Katalinnak a MATE Növényvédelmi Intézet egyetemi docensének a dolgozat elkészítéséhez nyújtott szakmai segítségért és az értékes tanácsaiért, valamint Dr. Szőke Csabának a Kukoricanemesítési Osztály tudományos főmunkatársának, aki a kutatás tudományos megalapozását segítette, és értékes tanácsaival emelte a munkám színvonalát.

Köszönettel tartozok Andristyák Csabának, alias Drónoscsabinak, aki nélkül a kísérlet nem jöhetett volna létre.

Végezetül köszönetet mondok családomnak, akik tanulmányaim során biztattak és támogatásukra mindig számíthattam.

8. Irodalomjegyzék

- Alisaac, E. and Mahlein, A.K. (2023): *Fusarium* head blight on wheat: Biology, modern detection and diagnosis and integrated disease management. *Toxins*, 15: 192.
- Archer, T. L., C. Patrick, G. Schuster, G. Cronholm, E. D. Jr Bynum, and W. P. Morrison (2001): Ear and shank damage by corn borers and corn earworms to four events of *Bacillus thuringiensis* transgenic maize. *Crop Protection*, 20: 139-144.
- Árendás T. (2020): Klímakárenyhítési stratégiák, lehetőségek csernozjom talajokon. <https://agrobio.hu/uploads/download/13912995e315fa5a4ff7.pdf> (2024 április)
- Arias, M. M. D., Leandro, L. F. and Munkvold, G. P. (2013): Aggressiveness of *Fusarium* species and impact of root infection on growth and yield of soybeans. *Phytopathology*, 103: 822-832.
- Assenbrenner E. és Scheidler J. (2022): A növénytermesztés gyakorlata. Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., Budapest, 436. p.
- Baklanova Sz. (2022): Mikor „robbanhat be” a drónos permetezés Magyarországon? Agrofórum Online <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/mikor-robbanhat-be-a-dronos-permetezes-magyarorszagon/> (2024 január)
- Barros-Rios, J., Malvar, R. A., Jung, H. J. G., and Santiago, R. (2011): Cell wall composition as a maize defense mechanism against corn borers. *Phytochemistry*, 72: 365-371.
- Bártfai Z., Blahunka Z., Bognár I. és Faust D. (2018): Robotok a mezőgazdaságban. *Mezőgazdasági Technika*, 2018. október 2-7.
- Békési P. (2001): A rezisztenciális tulajdonságok jelentősége és vizsgálata a fajtakísérletekben. Gyakorlati Agrofórum, OMMI Konferencia előadásai, 7.
- Benton, J. J. Jr. (1998): Plant nutrition manual. CRC Press, USA, 230 p.
- Bottalico, A. (1998): *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles in Europe. *Journal of Plant Pathology*, 80: 85-103.
- Buerstmayr, H., Lemmens, M., Hartl, L., Doldi, L., Steiner, B., Stierschneider, M. and Ruckenbauer, P. (2002): Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (Type II resistance). *Theoretical and Applied Genetics*, 104: 84-91.
- Carter, J. P., Rezanoor, H. N., Holden, D., Desjardins, A. E., Plattner, R. D. and Nicholson, P. (2002): Variation in pathogenicity associated with the genetic diversity of *Fusarium graminearum*. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 573-583.
- Cruz, A., Marin, P., Magan, N. and Gonzalez-Jaen, M. T. (2014): Combined effects of benomyl and environmental factors on growth and expression of the fumonisin biosynthetic genes FUM1 and FUM19 by *Fusarium verticillioides*. *International Journal of Food Microbiology*, 191: 17-23.
- Czapek, F. (1903): Der Stickstoff im Stoffwechsel der Pflanze. *Ergebnisse der Physiologie*, 2: 639-669.
- Dancza I. (2021): Drónos és precíziós bemutató Pápán. *Agrofórum*, 32(9): 124-128.
- Divéky-Ertsey A. (2006): A vetőmag kezelési lehetőségei az ökológiai gazdálkodásban. Doktori értekezés, Corvinus Egyetem, Budapest, 112 p.
- Dóka L. F., Szabó A., Szabó É. és Ragán P. (2022): A takarmánykukorica vetéstechnológiája - mire is figyeljünk? *Mezőhír*, 26: 84-86.
- Dox, A. W. (1910): The intracellular enzymes of *penicillium* and *aspergillus*: with special reference to those of *Penicillium camemberti*. US Department of Agriculture, Bureau of Animal Industry, Washington, 70 p.
- Edson, N. (2012): A closer look at fusarium ear rot of maize. Grain SA <https://www.grainsa.co.za/a-closer-look-at-fusarium-ear-rot-of-maize> (2024 április)

- Fischl G. (1980): A csapadék eloszlása és a kukorica fuzáriumos betegsége. Magyar Mezőgazdaság, 35(9)
- Fischl G., Horváth J., Kadlicskó S., Kiss E., Pintér Cs. és Bíró K. (1995): A szántóföldi növények betegségei. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 250 p.
- Fodor M. (2020): Kukoricahibrid-ajánlások Nádudvarról. Mezőhír, 24(11): 30.
- Gönczi K. (2024): Féltermést ad a kukorica, viszont jó ára lesz a minőségnek. Mezőhír, 28(9): 44-47.
- Hafeez, A.; Husain, M. A.; Singh, S.P.; Chauhan, A.; Khan, T.; Kumar, N.; Chauhan, A. and Soni, S.K. (2023): Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. Information Processing in Agricultural, 10: 193-203.
- Hagerty, C.H., Namdar, G.F., Rivedal, H.M., Wen, N. and Yin, C. (2023): Diagnostic Guide: *Fusarium* Head Blight of Cereal Grains. Plant Health Progress, 24: 252-257.
- Hidvégi Sz. (szerk.) (2007): Növénytermesztés. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen, 141 p.
- Hornok L. és Posta K. (2012): Változások a búza kalászfuzárium kórokozók fajösszetételében Magyarországon az elmúlt 50 évben. Növényvédelem, 48: 533-539
- http1: KITE (2022): Védjük a kukoricát a mikotoxint termelő gombák ellen! <https://www.kite.hu/tudastar/vedjuk-a-kukoricat-a-mikotoxint-termelo-gombak-ellen/294> (2024 március)
- http2: Verychem (2021): A protiokonazol szerepe és alkalmazása. <http://hu.verypharm.com/news/the-role-and-application-of-prothioconazole-52130904.html> (2024 szeptember)
- Iost Filho, F. H., Heldens, W. B., Kong, Z. and de Lange, E. S. (2020): Drones: innovative technology for use in precision pest management. Journal Of Economic Entomology, 113(1): 1-25.
- Jordán L. (2023a): Objektíven a permetező drónokról – cikksorozat indul. <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/mezogazdasagi-termeles/106464-objektiven-a-permetezo-dronokrol-cikksorozat-indul> (2024 január)
- Jordán L. (2023b): Objektíven a permetező drónokról II. - Szakmai végzettség a permetező drónok alkalmazásához <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/mezogazdasagi-termeles/106468-objektiven-a-permetezo-dronokrol-i-szakmai-vegzettseg-a-permetezo-dronok-alkalmazasahoz> (2024 január)
- Jordán L. (2023c): Objektíven a permetező drónokról IV. – Elsodródás. <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/mezogazdasagi-termeles/106482-objektiven-a-permetezo-dronokrol-iv-elsodrodas> (2024 január)
- Jordán L. (2023d): Objektíven a permetező drónokról V. – Drónról kijuttatható növényvédőszer. <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/mezogazdasagi-termeles/106483-objektiven-a-permetezo-dronokrol-v-dronrol-kijuttathato-novenyvedoszerek> (2024 január)
- Kálmán A. L. (2019): Így támad és így védhető ki a fuzárium. Mezőhír, 23(9): 56-59.
- Kant, F., Reinprecht, Y., Martin, C. J., Islam, R. and Pauls, K. P. (2017): Disease Resistance. In: Comprehensive Biotechnology (Third Edition), University of Guelph, Guelph, ON, Canada 789-805.
- Kárpáti, Z., Fejes-Tóth, A., Csengele, B., Szőke, C., Bónis, P., Marton, L. C. and Molnár, B.P. (2016): Pheromone-based monitoring of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in Hungary. Maydica, 61: 1-7.
- Kelly, H., McLaughlin, A. and Zuchelli, E. (2022): Diagnosis and Management of Ear Rot Disease. https://news.utcrops.com/wp-content/uploads/2022/08/Corn-Ear-Rots_Mycotoxins_ExtensionPub2022.pdf (2024 április)

- Keszthelyi S. (2019): A kukorica toxintermelő mikrogombáinak szántóföldi fellépését befolyásoló tényezők elemzése. *Agrofórum Extra* 82: 78-81.
- Keszthelyi S., Vörös G., Szeőke K. és Fischl G. (2009): Az árukukorica növényvédelme. *Növényvédelem* 45(5): 257-277.
- Klauser, F. and Pauschinger, D. (2021): Entrepreneurs of the air: Sprayer drones as mediators of volumetric agriculture. *Journal of Rural Studies*, 84: 55-62.
- Koncz Zs., Huszti K., Naár Z., Kiss A. és Szécsi Á. (2008): Hazai *Fusarium graminearum*-izolátumok azonosítása polimeráz-láncreakcióval. *Növényvédelem*, 44(2): 53-58.
- Kovács B. (2023): A kukorica állami fajtaelismerésben alkalmazott fuzárium-ellenállósági vizsgálatok értékelése. Doktori értekezés, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Budapest, 113 p.
- Körösi K., Fejős A. M., Szabó B., Farkas A., Geiger B. és Turóczy Gy. (2020): Fuzárium szelektív táptalajon izolált, mikotoxin termelő gombák kis kultúrákban (köles, tönköly, durum, cirok) In: Haltrich, Attila; Varga, Ákos (szerk.) 66. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, Magyarország: Magyar Növényvédelmi Társaság, 103 p. p. 52
- KSH (2024): 19.1.2.5. A kukorica termelése vármegye és régió szerint https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html (2024 január)
- Lanubile, A., Pasini, L., Pinto, M. L., Battilani, P., Prandini, A., and Marocco, A. (2011): Evaluation of broad spectrum sources of resistance to *Fusarium verticillioides* and advanced maize breeding lines. *World Mycotoxin Journal*, 4(1): 43-51.
- Leslie, J. F. and Summerell, B. A. (2006): *Fusarium* laboratory workshops - A recent history. *Mycotoxin Research*, 22(2): 73-74.
- Logrieco, A., Mulé, G., Moretti, A. and Bottalico, A. (2002): Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 597-609.
- Löffler, M., Kessel, B., Ouzunova, M. and Miedaner, T. (2011): Covariation between line and testcross performance for reduced mycotoxin concentrations in European maize after silk channel inoculation of two *Fusarium* species. *Theoretical And Applied Genetics*, 122: 925-934.
- Magyar D., Pálmai O., Antal K., Gyulai B., Kemény P., Dóra S., Nánási J. és Szőke Cs. (2017): A levegőben terjedő kórokozó gombák teljes körű előrejelzésének lehetőségei a hazai növénytermesztésben. *Gradus*, 4(1): 242-251.
- Markó B., Áldott-Sipos Á., Csepregi-Heilmann E., Spitzó T., Berzy T., Pintér J., Marton L. Cs. és Szőke Cs. (2024): A kukorica csőfuzáriummal szembeni rezisztencia és a permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatékonysága. XXX. Növénynevelési Tudományos Napok. Martonvásár, 2024. május 15-16. 117.
- Mesterházy Á. (1993): A búza kalászfuzariózisa. 11-34. In: Mesterházy, Á. (ed.), *A mikotoxin kérdés Magyarországon különös tekintettel a Fusarium genusra*. OMFB tanulmány, Szeged.
- Mesterházy Á. (2014): A Magyar Kukorica Klub toxikus csőpenész kórokozókval szembeni ellenállóságtesztje, 2014. https://www.magyarkukoricaklub.hu/data/file/2015/02/04/mkk-jelentes-2014_toxikus-gombak.pdf?show= (2024 augusztus)
- Mesterházy Á. (2018): A kukorica toxikus gombák okozta betegségei és értékelésük. *Kukorica Barométer*, 25: 1-20.
- Mesterházy Á. (2020): A kukorica csőpenész gombák és toxinok elleni ellenállósága: miért és hogyan vizsgáljuk? *Agro Napló*, 24(1): 41-42.
- Mesterházy, Á., Lemmens, M. and Reid, L. M. (2011): Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize - a review. *Plant Breeding*, 131(1): 1-19.

- Mesterházy, Á., Toldiné Tóth, É., Szél, S., Varga, M. and Tóth, B. (2020). Resistance of maize hybrids to *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, and *F. verticillioides* ear rots with toothpick and silk channel inoculation, as well as their toxin production. *Agronomy*, 10: 1-29.
- Mideros, S. X., Windham, G. L., Williams, W. P. and Nelson, R. J. (2012): Tissue-specific components of resistance to *Aspergillus* ear rot of maize. *Phytopathology*, 102: 787-793.
- Molnár, O., Marton, L. C. and Szőke, Cs. (2017): First report of *Fusarium temperatum* infecting corn in Hungary. *Plant Disease*, 7:1325
- Moser, A. (2020): Drohnen im Weinberg: Digitalisierung auch in der Landwirtschaft. SRF 4 News, 29.8.2020.
- Mukanga, M., Derera, J., Tongoona, P. and Laing, M. D. (2010): A survey of pre-harvest ear rot diseases of maize and associated mycotoxins in south and central Zambia. *International Journal Of Food Microbiology*, 14: 213-221.
- Munkvold, G.P. and White, D. (2016): Compendium of Corn Diseases. Fourth Ed. AACC International, Hybrid Maize Conference (2013.11.14), Martonvásár, 126–130.
- Nagy J. (2021): Kukorica - A nemzet aranya - Élelmiszer, takarmány, bioenergia. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 516. p
- NAK (2023): Állítsuk meg a talajeróziót! <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/kornyezetgazdalkodas/106547-allitsuk-meg-a-talajeroziot> (2024 március)
- Nébih (2016): Kukorica kísérleti módszertan https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/74900/Kukorica_20130424.pdf/5913b557-dd87-421c-b982-7cdaf1ce8876 (2024 augusztus)
- Nébih (2023): Magyarországon elsőként egy rovarölő szert juttathatnak ki drónnal <https://portal.nebih.gov.hu/-/magyarorszagon-elsokent-egy-rovarolo-szert-juttathatnak-ki-dronnal> (2024 január)
- Nébih (2024): Magyarország talajtípusai <https://portal.nebih.gov.hu/-/magyarorszag-talajtipusai> (2024 április)
- Ocskó Z., Erdős Gy., Molnár J. (2023): Növényvédő szerek. Agrinex Bt. Budapest, 821 pp.
- OMSZ (2024): Magyarország éghajlata https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/altalanos_leiras/ (2024 április)
- Parry, D. W., Jenkinson, P. and McLeod, L. (1995): *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathology*, 44: 207-238.
- Pearson, M. W. and Munkvold, G. P. (2012): Effects of planting date and environmental factors on fusarium ear ro symptoms and fumonisin B1 accumulation in maize grown in six North American locations. *Plant Pathology*, 61: 1130-1142.
- Péczy Gy. (1981): Éghajlattan. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest, 336 p.
- Pécsi S. (1997): A kukorica betegségei. In: Glits M., Horváth J., Kuroli G. és Petőczy I. (szerk.): Növényvédelem. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 661 p. 49-60.
- Pépó P. (2007): A kukorica (*Zea mays* L.) termesztés ökológiai feltételeinek és agrotechnikai elemeinek értékelése. *Acta Agronomica Óvárensis*, 49(2): 169-175.
- Pépó P. és Sárvári M. (2011): Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem egyetemi jegyzet, Debrecen, 92 p.
- Petrőczy I. (1956): A kukoricacső fuzáriumos penészesedése. *Magyar Mezőgazdaság*, 11(4): 5-8.

- Pfordt, A., Romero, R., L., Schiwek, S., Karlovsky, P. and Tiedemann, V. A. (2020): Impact of environmental conditions and agronomic practices on the prevalence of *Fusarium* species associated with ear- stalk rot in maize. *Pathogens*, 9(3): 236.
- Princzinger G. (2009): Búza, fuzáriumok, toxinok. *MezőHír*, 8: 14-18.
- Radics (szerk.) (1994): Szántóföldi növénytermesztés. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, egyetemi jegyzet, Budapest, 78 p.
- Rafai P. (1998): A toxinszennyezés előfordulása és jelentősége Magyarországon. In: Mikotoxinok a táplálékláncban (szerk, Kovács, F.), Agrofórum Kiadó és Nyomda Kft. Budapest, 78-111.
- Reid, L. M., Hamilton, R. E. and Mather, D. E. (1996): Screening Maize for Resistance to Gibberella Ear Rot. Agriculture and Agri-Food Canada, Technical Bulletin, Ottawa, ON, Canada, 62 p.
- Sándor Zs. és Pusztai M. (2022): Pilóta nélküli légi járművek a mezőgazdaság szolgálatában – a hazai hatósági szabályozási keretrendszer. *Repüléstudományi közlemények*, 34(3): 47-57.
- Sankaranarayanan, A. and Amaresan, N. (2020). *Pythium. Beneficial Microbes in Agro-Ecology*, Academic Press, 777-792.
- Sárvári M. (2005): A vetésváltás jelentősége a kukoricatermesztésben. *Agro Napló*, 9(3) <https://www.agronaplo.hu/agrofokus/20140612/a-vetesvaltas-jelentosege-a-kukoricatermesztésben-35656> (2024 szeptember)
- Small, I. M., Flett, B. C., Marasas, W. F. O., McLeod, A. and Viljoen, A. (2012): Use of resistance elicitors to reduce *Fusarium* ear rot and fumonisin accumulation in maize. *Crop Protection*, 41: 10-16.
- Snijders, A. G. (1990): *Fusarium* head blight and mycotoxin contamination of wheat, a review. *Netherland Journal of Plant Pathology*, 96: 187-198.
- Sörös Cs. (2019): Növényvédelmi kémia és toxikológia. Typotex Kiadó, Budapest, 250 p.
- Sváb J. (1981): Biometriai módszerek a mezőgazdasági kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 490 p.
- Szabó B. (2022): Kukorica genotípusok ellenállóságának vizsgálata toxikus *Fusarium* és *Aspergillus* gomba fajokkal szemben és ezek takarmány- és élelmiszerbiztonságra gyakorolt hatása. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 125 p.
- Szabó B., Turóczy Gy., Fejős A., Pálincás Z. és Körösi K. (2020): Szemes cirok termésen megjelenő mikotoxin termelő gombák. *Növényvédelem*, 56: 398-404.
- Szabó, B. and Körösi, K. (2024): Storage mycotoxin producing fungi in Hungarian sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) samples—molecular approach of *Fusarium* spp. *Journal Of Plant Pathology* 7: 10
- Szabó J. (2019): Kukoricaexportunk kilátásai. *Agrárágazat*, 20(1): 56-61.
- Szécsi Á. (1994): A *Liseola* szekcióba tartozó fuzáriumok előfordulása hazai kukorica kultúrákban 1991 és 1992 évben. *Növényvédelem*, 30: 313-318.
- Szécsi Á., Bartók T., Varga M., Magyar D. és Mesterházy Á. (2005): A 8-ketotrichotecén típusú mikotoxinok kemotípusainak azonosítása hazai *Fusarium graminearum*-populációban. *Növényvédelem*, 41: 45-51.
- Szécsi Á. és Szőke Cs. (2023): Fuzariológia: A *Fusarium*-nemzetség biológiája (1). *Növényvédelem*, 84(6): 248-256.
- Szeitzné Szabó M. (szerk.) (2009): Gabonaalapú élelmiszerek fuzárium toxin szennyezettségének csökkentési lehetőségei. Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal, 33 p.
- Szieberth D. (2018): Az éghajlat változásainak hatása a kukoricatermesztésre – alkalmazkodási stratégiák. Magyar Kukorica Klub, <https://www.magyarkukoricaklub.hu/data/file/2018/06/13/az-eghajlat-valtozasainak-hatasa-a-kukoricatermesztésre.pdf?show=> (2024 augusztus)

- Szőke Cs. (2011): Kukorica genotípusok fuzáriumos szárkorhadása és a szár szöveti szerkezete közötti összefüggés-vizsgálatok és hatásuk a szárszilárdságra. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, 119 p.
- Szőke Cs., Bónis P., Záborszky S., Árendás T. és Marton L. Cs. (2013a): A kukorica toxintermelő gombás megbetegedésének 2013 évi bemutatása két termőhely adatait felhasználva. Agrártudományi Közlemények, 53: 34-37.
- Szőke, Cs., Bónis, P., Árendás, T., Szécsi, Á. and Marton, L. Cs. (2013b): Determination of the *Fusarium* species composition of maize (*Zea mays* L.) kernel and stalk samples in Hungary. In: Marton, L. Cs. and Spitkó, T. (eds.), 50 Years of Hungarian Hybrid Maize. 2013 Hungarian Science Festival, St. Paul, USA, p. 165.
- Szőke Cs., Spitkó T., Pintér J., Tóthné Zsubori Zs., Berzy T., Bónis P. és Marton L. Cs. (2017): A kukorica gombás betegségei és az ellenük való védekezés. Agrofórum Extra, 72: 74-81.
- Szőke Cs., Spitkó T., Kovács A., Cs. Heilmann E., Sipos Á., Pintér J., Berzy T. és Marton L. Cs. (2021): A kukorica fuzáriumos megbetegedéseiről. Agrofórum Extra, 92: 86-88.
- Szőke Cs., Spitkó T., Pintér J., Berzy T., Sipos Á., Csepregi-Heilmann E. és Marton L. Cs. (2022): A gasztro-ínyenc kukoricakártevő. Agrofórum Extra 33: 90-93.
- Szőke Cs., Markó B., Andristyák Cs., Spitkó T., Csepregi-Heilmann E., Berzy T., Pintér J., Marton L. Cs. és Bónis P. (2023): Drónokkal a kukorica fuzáriumos csőpenészesedése ellen? Agrofórum Extra, 102: 82-84.
- Szőke Cs. és Szécsi Á. (2023): Fuzariológia: A *Fusarium*-nemzetség biológiája (4.). Növényvédelem, 84(12): 532-540.
- Tsouros, D. C., Bibi, S., and Sarigiannidis, P. G. (2019): A review on UAV-based applications for precision agriculture. Information, 10(11): 349.
- Van Egmond, H.P., Schothorst, R.C. and Jonker, M.A. (2007): Regulations relating to mycotoxins in food. Perspectives in a global and European context. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 389: 147-157.
- Wilke, A. L., Bronson, C. R., Tomas, A., and Munkvold, G. P. (2007): Seed transmission of *Fusarium verticillioides* in maize plants grown under three different temperature regimes. Plant Diseases, 91: 1109-1115.
- Wise, K., Roy, N., Hardesty, P. and Arnett, R. (2021): Drone Fungicide Applications in Corn. University of Kentucky, College of Agriculture, Food & Environment <https://plantpathology.ca.uky.edu/files/ppfs-ag-c-11.pdf> (2024 szeptember)
- Wu, F. (2006): Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. Transgenic Research, 15: 277-289.
- Xiang, K., Reid, L. M. and Zhu, X. (2010): Relationship among kernel drydown rates, environmental factors and resistance to Gibberella ear rot, Fusarium ear rot and common smut of corn. Joint Annual Meeting of the Canadian Phytopathological Society and the Pacific Division of the American Phytopathological Society, June 19–23, Vancouver, BC.
- Yates, I. E., Widstrom, N. W., Bacon, C. W., Glenn, A., Hinton, D. M., Sparks, D. and Jaworski, A. J. (2005): Field performance of maize grown from *Fusarium verticillioides*-inoculated seed. Mycopathologia, 159(1): 65-73.
- Young, H. C. (1943): The toothpick method of inoculating corn for stalk and ear rots. Phytopathology, 33: 16.
- Zhang, N., Pan, Y., Feng, H., Zhao, X., Yang, X., Ding, C. and Yang, G. (2019): Development of Fusarium head blight classification index using hyperspectral microscopy images of winter wheat spikelets. Biosystems Engineering, 186: 83-99.

9. Melléklet

1. Melléklet: Pest vármegyei Kormányhivatal engedély (részlet)

Aláíró: Dr. Cs. Tóth Attila (2023.07.13.)



Ügyiratszám: PE/NV/01534-2/2023	Tárgy: Dr. Szőke Csaba 2023. évi kísérleti engedélye kukoricában gombaölő szerekkel végzett Fusarium spp. fertőzés elleni hatásvizsgálatához drónos kijuttatással
Ügynéző: Dr. Cs. Tóth Attila	
Telefon: (06 1) 236-3975	
Hív. szám: -	
Melléklet: -	

A Pest Vármegyei Kormányhivatal mint engedélyező hatóság (a továbbiakban: engedélyező hatóság) Dr. Szőke Csaba (2030 Érd, Margit utca 1. mint ügyfél, a továbbiakban: Ügyfél) a kérelme alapján indult hatósági eljárásban meghozta az alábbi

HATÁROZATOT:

Az engedélyező hatóság a kérelmezett gombaölő szerek 2023. évi drónnal történő kísérleti célú kijuttatásához hozzájárul az alábbi feltételek teljesülése esetén:

Drónpilóta: Andristyák Csaba (lakóhely: 2213 Monoriendő, Monori út 31., pilóta nélküli légijármű irányítói igazolvány száma: HUN-TP-0020, FELIR azonosító: AB3629933)

Drón: DJI Agras T30, a pilóta nélküli légijármű nyilvántartási száma: HA0072P-UAS

Felhasználásra vonatkozó előírások:

(fluopiram + protikonazol) – gombaölő szer				
Kultúra	Károsító	Dózis (l/ha)	Kísérleti hely/ kivitelező	Kezelés ideje/ száma/ parcella mérete
kukorica	Fusarium spp.	1,0	Fejér Vármegye Martonvásár, Tükrös Hrsz.: 0174 Dr. Szőke Csaba	2023. 07. 14. 1 legfeljebb 240 m ²

(protikonazol + tebukonazol) – gombaölő szer				
Kultúra	Károsító	Dózis (l/ha)	Kísérleti hely/ kivitelező	Kezelés ideje/ száma/ parcella mérete
kukorica	Fusarium spp.	1,0	Fejér Vármegye Martonvásár, Tükrös Hrsz.: 0174 Dr. Szőke Csaba	2023. 07. 14. 1 legfeljebb 240 m ²

Élelmiszerbiztonsági, Állategészségügyi, Növény- és Talajvédelmi Főosztály
1135 Budapest, Lehel u. 43-47.
Tel: 06 1 236-6180, KRID: 511509738
E-mail: ntd@pest.gov.hu Web: <http://www.kormanyhivatal.hu/pest>

(mefentriflukonazol) – gombaölő szer				
Kultúra	Károsító	Dózis (l/ha)	Kísérleti hely/ kivitelező	Kezelés ideje/ száma/ parcella mérete
kukorica	Fusarium spp.	1,25	Fejér Vármegye Martonvásár, Tükrös Hrsz.: 0174 Dr. Szőke Csaba	2023. 07. 14. 1 legfeljebb 240 m ²

(Pythium oligandrum) – gombaölő szer				
Kultúra	Károsító	Dózis (kg/ha)	Kísérleti hely/ kivitelező	Kezelés ideje/ száma/ parcella mérete
kukorica	Fusarium spp.	0,1	Fejér Vármegye Martonvásár, Tükrös Hrsz.: 0174 Dr. Szőke Csaba	2023. 07. 14. 1 legfeljebb 240 m ²

A fenntartó permetezések földi gépes kijuttatással kell végrehajtani.

A hatósági felügyeletet a Fejér Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztály Növény- és Talajvédelmi Osztály látja el.

- Okirat szerinti felhasználás esetén az engedélyokiratban előírt ételmezés-egészségügyi várakozási időt kell betartani.

- Okirattól eltérő felhasználás, vagy hazai engedélyokirattal nem rendelkező készítmény alkalmazása esetén úgy kell eljárni, hogy a növényi és állati eredetű élelmiszerekben és takarmányokban, illetve azok felületén található megengedett növényvédőszer-maradékok határértékéről, valamint a 91/414/EGK tanácsi irányelv módosításáról szóló 396/2005/EK rendeletben foglalt előírások betartása biztosított legyen. Amennyiben nem bizonyítható a fenti jogszabályi előírás betarthatósága vagy a kezelt területről származó termény szennyeződésének mennyiségének laboratóriumi vizsgálata nem igazolja a szennyező határértéknek való megfelelést, a kezelt területről származó növényi terméket meg kell semmisíteni.

- Kötelezően betartandó védőtávolság a nem célnövényektől és más mezőgazdasági földterülettől: 20 m.

- A készítmény kísérleti felhasználásakor az engedélyokiratban megjelölt munkavédelmi övönörszabályokat és környezetvédelmi előírásokat szigorúan be kell tartani.

- Gondoskodni kell a készítmények, hulladékok és a készítménnyel szennyezett anyagok és eszközök biztonságos kezeléséről.

- Az Ügyfél köteles értesíteni a kísérlet helye szerinti illetékes növény- és talajvédelmi hatóságot a kísérlet beállításának pontos időpontjáról legalább 48 órával a kezelmek megkezdése előtt.

Felhívom az ügyfél figyelmét, hogy a kísérletekhez használt növényvédelmi gépeknek (beleértve a permetező drónokat is) növényvédő szerek kijuttatására alkalmasnak kell lennie.

Felhívom továbbá az ügyfél figyelmét, hogy a jelen határozat nem mentesíti az ügyfelet az egyéb, kiemelten a drón üzemeltetésével, továbbá a mező- és erdőgazdasági légi munkavégzésről szóló 44/2005. (V. 6.) FVM-GKM-KvVM együttes rendelettel kapcsolatos előírások betartása alól.

A kísérleti engedély eljárási díja összesen: 60.000,- Ft (4 készítmény x 1 kultúra x 15.000,- Ft), amelyet az Ügyfél a kézhezvételtől számított 15 naptán napon belül a következő számlaszámra köteles megfizetni 10023002-00302216-00000000. Külföldi utalás esetén: IBAN: HU23 10023002-00302216-

2. Melléklet: A kontrollparcellák fertőzési adatainak varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Kontrollparcellák fertőzési adatai
Összes kezelés	26	
Hibrid (A)	2	4988,919***
Kezelések (B)	2	1533,463***
A × B	4	328,939***
Hiba	16	40,175

3. Melléklet: A csőfertőződés mértéke fogpiszkálás fertőzés és permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatásának és a három hibrid csőfertőződésének mértéke a drónnal kijuttatott fungicidek esetén varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Drónnal kezelt parcellák fertőzés adatai
Összes kezelés	44	
Hibrid (A)	2	4530,03***
Kezelések (B)	4	169,805***
A × B	8	123,056**
Hiba	28	26,977

4. Melléklet: A csőfertőződés mértéke talajfelszínre kijuttatott fertőzőanyag provokációs módszer és permetező drónnal kijuttatott fungicidek hatásának varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Talajról fertőzött, természetes kontroll és drónnal kezelt parcellák fertőzési adatai
Összes kezelés	44	
Hibrid (A)	2	1424,029***
Kezelések (B)	4	21,459***
A × B	8	14,732***
Hiba	28	2,192

5. Melléklet: A csőfertőződés mértéke a két védekezési mód (SZFD, DRON) hatására varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Fogpiszkálás fertőzés mellett szántóföldi és drónnal kijuttatott fungicidek hatása a csőfuzáriummal szemben
Összes kezelés	71	
Hibrid (A)	2	5027,177***
Kezelések (B)	3	220,508***
Kijuttatási mód (C)	1	15,029 ^{ns}
A × B	6	22,236 ^{ns}
A × C	2	6,637 ^{ns}
B × C	3	135,262***
A × B × C	6	32,093 ^{ns}
Hiba	46	30,32

6. Melléklet: A két fertőzési mód hatására kialakult csőfertőződés varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Fogpiszkálás és talajfertőzés összehasonlítása
Összes kezelés	89	
Hibrid (A)	2	5515,37***
Kezelések (B)	4	149,738***
Fertőzési mód (C)	1	5673,178***
A × B	8	110,086***
A × C	2	438,689***
B × C	4	41,526*
A × B × C	8	27,702 ⁺
Hiba	58	14,837

7. Melléklet: A termést jellemző adatok varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Kontroll kezelések feldolgozás adatai		
Összes kezelés	26	TOM14	NEDV	HLSULY
Hibrid (A)	2	1,289***	7,765***	88,284***
Kezelések (B)	2	0,122***	0,615*	10,153**
A x B	4	0,01 ^{ns}	1,248***	0,816 ^{ns}
Hiba	16	0,005	0,155	1,499

8. Melléklet: Parcellánként betakarított kezelésenkénti termésmennyiség varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Szántóföldi géppel kijuttatott fungicidek hatékonysága, fogpiszkálós fertőzést alkalmazva az FVFG kontroll átlaghoz képest	MQ Drónnal kijuttatott fungicidek hatékonysága, fogpiszkálós fertőzést alkalmazva az FVFG kontroll átlaghoz képest
Összes kezelés	44	TOM14	TOM14
Hibrid (A)	2	1,972***	1,733***
Kezelések (B)	4	0,070**	0,091 ⁺
A x B	8	0,030 ⁺	0,104*
Hiba	28	0,014	0,036

9. Melléklet: Fogpiszkálóval fertőzött, permetező drónnal kezelt parcellák szemnedvesség értékeinek varianciaanalízise

Tényezők	FG	MQ Drónnal kijuttatott fungicidek hatékonysága, fogpiszkálós fertőzést alkalmazva az FVFG kontroll átlaghoz képest
Összes kezelés	44	NEDV
Hibrid (A)	2	9,296***
Kezelések (B)	4	0,160 ^{ns}
A x B	8	0,125 ^{ns}
Hiba	28	0,127