

# **DIPLOMADOLGOZAT**

**Jankovics Eszter**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Növényvédelmi Intézet**

**Növényorvos mesterképzési szak**

**Különböző kukorica hibridek belső fuzáriumos  
fertőzöttségének és a neem-kezelés hatásának vizsgálata**

**Belső konzulens: dr. Bán Rita**  
egyetemi tanár

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

**Készítette: Jankovics Eszter**  
(V37EX1)

**Szent István Campus**

**2025**

## Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés és célkitűzések .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Szakirodalmi áttekintés .....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>Kukorica jelentősége és felhasználása.....</i>	5
2.2. <i>Kukorica fuzáriózis .....</i>	7
2.3. <i>Kukorica betegségekkel szembeni integrált védelme .....</i>	13
2.4. <i>A neem-olaj és az azadirachtin szerepe, mint jövőbeni alternatív védekezési lehetőség a kukorica kórokozókkal szemben .....</i>	18
<b>3. Anyag és módszer .....</b>	<b>20</b>
3.1. <i>Termőhely bemutatása.....</i>	20
3.2. <i>Alkalmazott hibridek bemutatása .....</i>	22
3.3. <i>A kukoricaszemek belső fuzáriumos fertőzöttségének a vizsgálata.....</i>	26
3.4. <i>A neem-kezelés hatásának vizsgálata a kukoricaszemek belső fuzáriumos fertőzöttségére .....</i>	30
3.5. <i>Statisztikai módszerek.....</i>	32
<b>4. Eredmények és értékelésük .....</b>	<b>33</b>
4.1. <i>A vizsgált hibridek belső fuzáriumos fertőzöttsége az első vizsgálat során.....</i>	33
4.2. <i>A vizsgált hibridek belső fuzáriumos fertőzöttsége a második vizsgálat során.....</i>	35
4.3. <i>A neem-kezelés hatásának vizsgálata a kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének alakulására.....</i>	37
4.4. <i>A neem-kezelés hatásának vizsgálata a kukorica hibridek zöld aspergillus fertőzöttségének alakulására.....</i>	41
<b>5. Következtetések és javaslatok .....</b>	<b>44</b>
<b>6. Összefoglalás .....</b>	<b>46</b>
<b>7. Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>48</b>

<b>8. Irodalomjegyzék .....</b>	<b>49</b>
<b>9. Nyilatkozatok.....</b>	<b>56</b>

# 1. Bevezetés és célkitűzések

A kukorica (*Zea mays* L.) hazánk egyik legfontosabb szántóföldi növénye, amely fontos szerepet tölt be az élelmiszer-, takarmány- és ipari feldolgozásban egyaránt. Termesztése során azonban számos biotikus és abiotikus stresszfaktorról kell számolni, amelyek közül a gombás eredetű betegségek (különösen a fuzárium és aspergillus fajok által okozott fertőzések) kiemelt jelentőségűek. A kórokozók nemcsak a termés mennyiségét csökkenthetik, hanem a mikotoxin termelésük miatt az élelmiszer- és takarmánybiztonságot is veszélyeztetik, ezáltal gazdasági és egészségügyi szempontból is komoly kihívást jelentenek.

A *Fusarium* fajok, mint például a *F. verticillioides* és a *F. graminearum*, világszerte elterjedt kukorica-kórokozók, amelyek a szemek és csövek fertőzésével súlyos minőségi károkat okozhatnak. A fuzárium fertőzések mellett az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet kapnak az *Aspergillus* fajok is, főként az *A. flavus* és *A. niger*, amelyek aflatoxin termelésük miatt különösen veszélyesek.

A növényvédőszer alkalmazása az utóbbi években korlátozódott, részben a környezeti terhelés csökkentésére irányuló törekvések, részben pedig a rezisztencia kialakulásának csökkentése miatt. Ezért egyre nagyobb figyelmet kapnak az alternatív, környezetkímélő növényvédelmi megoldások. A természetes eredetű készítmények, különösen a növényi kivonatok, ígéretes alternatívát jelenthetnek, ilyen például a neem fa (*Azadirachta indica*) magjából kinyerhető olaj és annak hatóanyaga, az azadirachtin.

Dolgozatomban a vizsgálatok során különböző kukoricahibrideket vettem alapul, melyeknek egy része fajtakísérletként vett részt, másik része pedig saját családi gazdaságban termesztett hibridek voltak. Ennek köszönhetően a kísérletek eredményei nemcsak tudományos ismeretbővítést szolgálnak, hanem közvetlen gyakorlati haszonnal is bírnak, hiszen hozzájárulhatnak ahhoz, hogy az otthoni gazdaságban a neem kivonat a jövőben alternatív védekezési módként beilleszthető legyen a növényvédelmi technológiába.

A kísérletek fő célkitűzései között szerepel, a különböző kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének összehasonlítása. Illetve a neem (azadirachtin) kezelés hatásának vizsgálata a fertőzöttség alakulására. Továbbá a neem kivonat alkalmazhatóságának vizsgálata az otthoni gazdaság növényvédelmi gyakorlatában, mint fenntartható, környezetbarát alternatíva a kémiai gombaölő szerekkel szemben. A kutatás célja tehát nem csupán az fungicid hatás kísérletes

igazolása, hanem annak felmérése is, hogy a neem kivonat milyen módon illeszthető be egy gazdaság integrált növényvédelmébe.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. Kukorica jelentősége és felhasználása

A kukorica a magyar mezőgazdaság egyik legnagyobb mennyiségben termesztett és exportáltált árúja, ezt mutatja az is, hogy a gabonafélék közül a második legnagyobb területen termesztett szántóföldi növényünk. A hazai agrárium egyik meghatározó eleme. A KSH adatai alapján, a 2022-es éves vetésterülethez képest (982 ezer ha), a 2023-as évben jelentős visszaesés volt megfigyelhető. Viszont a 2024-es évben, újra növekedés volt megfigyelhető a vetésterületeket tekintve (KSH 2024). A 2022-es gazdasági évben a KSH adatai szerint Magyarországon rendkívül alacsony volt a termésátlag a korábbi évekhez – évtizedekhez képest (2,76 t/ha), hiszen akkor a termésátlag 6-8 tonna/hektár közé volt tehető. A 2023-as évben már újra jelentős növekedés volt megfigyelhető a termésátlagokat is tekintve, hiszen akkor már a KSH adatai alapján 6,2 t/ha volt az átlagtermés (KSH 2023). A FAOSTAT adatai szerint a 2022-ben a világon 203,4 millió hektáron termesztettek kukoricát, legnagyobb területen Kína, Amerika, Brazília, Argentína, Mexikó. Magyarország a 41. helyen áll (1. táblázat).

1. táblázat A világ fontosabb kukorica termesztő országai és termés mutatói

(FAO 2022).

	<b>Ország</b>	<b>Termőterület (hektár)</b>	<b>Termésmennyiség t (millió)</b>	<b>Termésátlag t/ha</b>
1.	China	43.070.000	277.203	6,43
2.	United States of America	32.054.280	348.750	10,80
3.	Brazil	21.037.669	109.420	5,20
4.	India	9.957.950	33.729	3,38
5.	Argentína	8.768.441	59.037	6,73
6.	Mexico	6.777.997	26.625	3,92
7.	Nigeria	5.800.000	12.948	2,23
8.	Ukraine	4.124.500	26.186	6,34
9.	Indonesia	4.067.231	23.564	5,79
10.	United Republic of Tanzania	4.000.000	5.900	1,47
41.	Hungary	816.640	2.765	3,38
	<b>World (becsült)</b>	203.470.007	1.163.497	5,71
	<b>EU</b>	17.533.920	102.694	5,86

Nagy (2012) szerint hazánk növénytermesztésében a kukorica a szántóföldinövények közül a legnagyobb területet foglalja el, így meghatározó szerepet tölt be hazánk mezőgazdaságában. A klímaváltozás hatása hazánkban is érezhető jelenség, az évről évre emelkedő hőmérséklet, a csapadék szélsőséges eloszlása, az aszályos időszakok ismétlődése, mind hatással vannak a kukorica termesztésre is, ezek a termés-mennyiségre, -minőségre negatív kihatással vannak (Somfalvi-Tóth 2017). Ezért napjainkban a termésátlagok jelentős eltérést mutatnak, amelynek elsődleges oka, az ilyen jellegű időjárási szélsőségek, valamint a termesztéstechnológia nem megfelelő alkalmazása (Nagy 2012). A termésátlagok tekintetében hazánk elmarad más EU-s országokhoz képest (Nagy 2012). A termőterület csökkenése a termesztési költségek növekedése miatt, valamint az aszályos évjáratoknak, a szakszerűtlen tápanyag visszapótlásnak, a kártevők, a gyomok nagy mértékű felszaporodásának köszönhető (Mesterházy et al. 2020b, Kovač et al. 2022).

Napjaink egyik legfontosabb szántóföldi kultúrnövénye a kukorica, hiszen a Föld lakosságának ételmezésében betöltött szerepe is nagyon jelentős. Emellett az ipari felhasználása sem hanyagolható el (Nagy 2012). A kukorica felhasználás nem csak a lakossági ételmezésben, hanem az állatok takarmányozásában is jelentős szereppel bír. A takarmányaink közül a kukoricának jelentős a keményítő és energiatartalma, ezért jó energiaforrásként szolgál a takarmányozás folyamán (Skoufogianni et al. 2020).

A kukorica szárazanyagtartalmának több mint 70%-át a keményítő teszi ki, ezért ez az állatok számára egy könnyen emészthető szénhidrát forrás (Feedipedia 2023). A szemek nyersfehérje-tartalma kb. 8-10%, viszont esszenciális aminosav tartalmukat tekintve nem kiemelkedőek (Márton et al. 2020). Ennek érdekében, hogy az aminosav ellátás is megfelelő legyen, a takarmányozást kiegészítik olyan takarmányokkal, amelyek jó fehérje források lehetnek, ilyen például a szójadara is. A kukorica szegényes az esszenciális aminosavakban, mint például a lizinben is, ezért is fontos a kiegészítése (Cao et al. 2024, Simões et al. 2023). A zsírtartalmát tekintve a szemek 3-5%-ot tartalmaznak, itt is főként linolsavat, ami egy értékes energiaforrásként funkcionál (Dubreuil és Lapierre 2019). A szemek rosttartalma csupán 2-3% körül alakul (Feedipedia 2023). A kukorica ásványianyag és vitamin tartalma közepesnek mondható, de az E- vitamin tartalma kiemelkedő (FAO 2019a). Összeségében elmondható, hogy a beltartalmi értékek nagyban függenek a termesztett hibridtől, a talajtól és az alkalmazott termesztéstechnológiától és a klimatikus viszonyoktól is (Márton et al. 2020).

A kukorica sokrétűen felhasználható akár humán táplálkozásban, vagy az állatok takarmányozására tömegtakarmányokként, szilázsként vagy csalamádéként (Shiferaw et al. 2021). Magyarországon az abraktakarmányok nagy részét, megközelítőleg 65-70 százalékát a kukorica teszi ki (Kovács et al. 2022). Az ipari felhasználásban pedig keményítő, kukorica olaj, invertcukor, furfurolként hasznosítják. A növény szárát pedig fűtő eszközként lehet hasznosítani, vagy a talajba dolgozva tápanyagként (Hidvégi 2007). Ezeken kívül a kukorica megtalálható sörben, whisky-ben, ipari vegyszerekben, etanolban, műanyagban is (Nagy 2012). Emellett a gyógyszer-, a textil- és a papíripar is felhasználja.

## **2.2. Kukorica fuzáriózis**

### **2.2.1. Kukorica fuzáriózis jelentősége**

A kukoricát fertőző fuzárium fajok, melyeknek mind ivaros mind pedig ivartalan alakja ismert: *Gibberella zaeae/ Fusarium graminearum*, *Gibberella moniliformis/ Fusarium verticillioides*, *Gibberella intermedia/ Fusarium proliferatum*. A kukoricát fertőző azon fuzárium fajok, melyeknek ivartalan alakja ismert csak: *Fusarium culmorum*, *F. subglutinans*, *F. temperatum*, *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. equiseti*, *F. oxysporum fsp.* (Popiel et al. 2024). A kukorica leggyakoribb és legnagyobb kártételét a fuzárium fajok okozzák. Ezek a kártételek lehetnek mennyiségi kártételek is, de ezek mellett kiemelt fontosságú az egyes gombafajok által termelt toxinok, amelyek minőségi kárt okoznak, hiszen mind a takarmány biztonságát mind az élelmiszer biztonságot kockáztatják (Keszthelyi et al. 2009).

A fuzárium gombák a becslések szerint, a kultúrnövények 80 % -nál váltanak ki betegségeket (Leslie et al. 2013). Summerell (2019) megállapítása szerint feltehetőleg a jelenleg ismert, a bioszférában előforduló fuzárium fajoknak csak egy részét ismerjük. A fuzáriumok megismeréséhez és a tanulmányozásához az első lépésként azok izolálása szükséges. A fuzáriumok izolálhatóak, a fertőzött penészes növényi részekből vagy növényi maradványokból, akár állati és emberi mintákból, a levegőből, a talajból és vizekből. Izolálása során akadályozni kell a velük együtt előforduló baktériumok és egyes fonalgombák megjelenését és növekedését. Az izoláláshoz alkalmazható a szelektív táptalajok, amelyek eltérő hatású gomba- és baktérium- gátlóvegyületeket, antibiotikumokat tartalmaznak. A fuzáriumok pontos faj szintű azonosítása fontos szerepet játszik a betegségek, a toxintermelés

diagnosztizáláshoz és védekezés kidolgozásához (Szécsi és Szőke 2023a). A növényt károsító fuzárium fajok nem csak egy földrajzi területen okozhatnak problémát, termésveszteséget idézhetnek elő a mérsékeltövi gazdaságokban is illetve a trópusi mezőgazdaságban is. A járványok kialakulásában a környezeti feltételek, a termőterület földrajzi elhelyezkedése, a termőtalaj adottságai is befolyásolják (Szécsi és Szőke 2023b).

Napjainkban használt molekuláris filogenetikai vizsgálatok igazolták, hogy a fuzárium nemzetség több, mint 450 filogenetikai fajt foglal magában, amely 23 monofiletikus faj csoportba tartozik. Több még ismeretlen a természetben előforduló fuzárium faj a jövőben jelenthet veszély forrást a növénytermesztésre és hatással lehetnek az állatok és az ember egészségére (Szécsi és szőke 2023a).

### **2.2.2. A toxinok jelentősége a kukoricatermesztésben**

A fuzáriózis jelentőségét, a termésveszteség mellett, az általuk termelt másodlagos anyagcseretermékek a mikotoxinok okozzák. Legnagyobb problémát a *deoxinivalenol* (DON), *zearalenon* (ZEA), *fumonizin* (FB1 FB2) toxinok jelentik (Szőke 2019). A fertőzés hatására a takarmány tápértéke jelentősen redukálódik, valamint az állatok, ha elfogyasztják a fertőzött takarmányt, különböző zavarokat és problémákat okoznak a szervezetükben. A mikotoxinok különösképp az emésztőrendszerre és az abban történő felszívódásra vannak hatással és oxidatív stresszt váltanak ki (Lach et al. 2024, Akinmoladun et al. 2025). A felszívódás után a szövetekben ez összegyűlik, aminek hatására nem csak az emésztőrendszerben, de elváltozások tapasztalhatók az ivarszervekben is (Akinmoladun et al. 2025). Nem elhanyagolható az a tény sem, hogy rákkeltő hatásuk van ezeknek a toxinoknak. Nem csak közvetlen hatásukat fontos megemlíteni, hiszen közvetetten az emberiség számára is jelentős veszélyforrást jelenthet, hiszen, ha az állatok mikotoxinnal fertőzött takarmányt fogyasztanak, azok az állati termékekben is megjelennek, amelyet az emberek elfogyasztanak (Yusuf et al. 2023).

A *deoxinivalenol* (DON) toxin, valamint a *zearalenon* (ZEA) legfőképp a *Fusarium graminearum* és a *Fusarium culmorum* fajoknál jelentős, de más fuzárium fajok másodlagos anyagcsere termékeként is megjelenhet. A DON hányást okoz, emellett gyengíti az immunrendszert, amely következménye, hogy gyakrabban előfordulnak másodlagos fertőzések az állatoknál. Sejtszinten gátolja a fehérjeszintézist és oxidatív stresszt okoz. A haszonállataink közül a sertés a legérzékenyebb faj. Már kis mennyiségben is csökkenti a takarmányfelvételt,

nagyobb mennyiségben a hasmenést, gyomorfekély képződést, hányást okozhat (Jakucs és Vajna 2003). Mivel a *zearelanon* egy ösztrogén hatású mikotoxin, ezért a hormonrendszerre van nagy hatással és ott okoz különböző zavarokat, hiszen a toxin képes kötődni a szervezetben lévő ösztrogénhez, ami miatt termékenységi problémákat és egyéb egészségügyi zavart okoz (Hudu et al. 2024).

Az Európai Bizottság 2006/576/EK rendelete tartalmazza a takarmányok mikotoxin szennyezettségére irányuló adatokat. Ebben a rendeletben szerepelnek a már fent említett, DON, ZEA és *fumonizinek* határértékei is, ahol az értékek mellett a kockázatokról és a veszélyekről is beszámolnak. A 2006/576/EK rendeletben a fokozott veszélye miatt első helyen foglalkoznak a DON és ZEA toxinokkal, ezért fokozott ellenőrzésre és mérésekre intenek a rendeltben. A rendelet alapján az állati takarmányokban kukorica melléktermékek esetén, DON 12 mg/kg, míg ZEA esetén 3mg/kg a határérték.

Az emberi fogyasztásra szánt, feldolgozatlan kukoricára nézve szigorúbb követelmények vannak, hiszen a 2023/915-ös EU rendelet alapján a *zearelenon* tartalom 0,35 mg/kg maximum. Ugyanezen rendelet alapján a *deoxinivalenol* maximum 1,75 mg/kg lehet.

A *fumonizinek* elsősorban a *F. verticillioides* és a *F. proliferatum* fajok másodlagos anyagszertermékei. Több típusuk ismert a *fumonizineknek*, melyek eltérnek mind a toxicitásukban, mind pedig a kémiai szerkezetükben. A legtöbbször előforduló és egyben a legnagyobb toxicitással rendelkező típusa a *fuminizin* B1 (FB1), a *fumonizin* B2 (FB2), valamint a *fumonizin* B3 (FB3), igaz, hogy ritkábban tapasztalhatók, de toxicitásban nem sokkal maradnak el az FB1-től (Munkvold 2003). A *fuminozinok* mind az emberi mind pedig az állati szervezetbe kerülése esetén máj- és vese károsodást okoz, valamint rákkeltő hatásuk is jeletős (Marasas 2001, Loy 2019). Ezek gyakran tünetmentes fertőzöttség esetén is megtalálhatók és jelen vannak ezért is ilyen veszélyesek (Boedi et al. 2023).

### 2.2.3. A kukorica fuzáriózis tünetei

A kukorica fuzáriózis leggyakrabban okozó fajok a *F. graminearum*, a *F. oxysporum* és a *F. solani* (Szécsi és Szőke 2023b). Az általuk okozott betegségek tünetei a növény bármely részén kialakulhatnak, akár csíranövénypusztulást, gyökér- és szárkorhadást, növényhervadást, vagy csőpenészt okozva.

A kukorica csőpenészesedését több fuzárium faj okozhatja, azonban a leggyakrabban a "Giberella ear rot" néven ismert *F. graminearum* faj okozza. A kukorica csövein megjelenő vöröses vagy rózsaszín színű penészbevonat, főleg a cső csúcsi részén alakul ki. Erős fertőzés esetén a bibeszálak és a csuhéj levelek a csőhöz tapadnak (Szőke et al. 2017). A *F. fujikuroi* fertőzést okozó gombafaj szintén kiemelkedő fontosságú. "Fusarium ear rot" (FER) csőpenészesedést okozó fajok a *F. proliferatum*, a *F. subglutinans* és a *F. verticillioides* (Szécsi és Szőke 2023b). A betegség jellegzetes tünete a csövön szétszórtan vagy ablakosan megjelenő fehér, rózsaszín, bolyhos penészbevonat. A fertőzés szinte minden esetben rovarok által károsított helyen kezdődik, a fertőző magok általában sárgásbarna vagy barna színűek, fehér csíkokkal tarkítva (Szőke et al. 2017). A fertőzés túlnyomó részt a bibe közvetítésével, a bibe csatornán keresztül alakul ki, ezért a fertőzéshez a mérsékelt meleg, párás környezeti tényezők szükségesek (Munkvold és White 2016). A virágzás idején a gombák makro- és mikrokonídiumokkal is képesek fertőzni, amelyek a szomszédos táblákon lévő búza tarlómaradványiról vagy a talajban lévő szármарadványokról, szél és víz segítségével jutnak a növény leveleire. A csőpenész kialakulásának kedvez, ha a nővirágzáskor az időjárás meleg és párás (Szőke 2019). Különböző tüneteket figyeltek meg fuzárium fajoknál. *F. graminearum* esetében bíorvörös foltok voltak a csövön, míg *F. temperatum* faj már fakó szürkés-kékes elszíneződés mutatott. *F. subglutinans* fertőzésénél fekete színű nekrotikus foltok voltak megfigyelhetők, más fuzárium fajok pedig jellemzően a szemeken fehér és sárgás elszíneződést mutatott. A tünetek között említendő még, hogy a szemek deformálódhatnak és zsugorodhatnak a fertőzés hatására, ahol a szemsorok között penészbevonat jelenik meg. A fertőzés jellegzetes tünete lehet még, a csuhélevelek felhajtása után érezhető kellemetlen penész szag is (Li et al. 2025)

Szárkorhadásáért elsősorban a *F. graminearum* és a *F. verticillioides* a felelős (Szőke et al. 2009). A szárkorhadás miatt kialakuló rossz állapotban lévő szárszövetben a tápanyagfelvétel csökken, amely a termés minőségére és mennyiségére hat negatívan (Szécsi és Szőke 2023b). Továbbá a szártörés, szártókorhadás, szárdőlés kedvezőtlen hatással van a betakarítási munkákra.

Szárkorhadáskor a bélszövet lilás elszíneződése és a szárfelületén fehéres-rózsaszínű penészbevonat figyelhető meg, azonban a pontos azonosításra csak laboratóriumi vizsgálattal lehetséges (Keszthelyi et al. 2009). A szárkorhadás megjelenésekor- a szemtelítődés idején - a hűvös és nedves időjárás a kedvező. A gomba micéliuma a levelekről a levélhüvelyen keresztül és a száron keletkező sérülések által is bekerülhet a növényben, ahol a fertőzés elindul (Szőke 2019). A fertőzés gyakran valamilyen sérülés (mechanikai, rovar általi) miatt következik be, hiszen a sebzésen keresztül bejut a kórokozó (Cao et al. 2024)

Amennyiben a fertőzés a kukorica fejlődésének korai fenológiai szakaszában történik, mag- és gyökérfertőzöttség alakulhat ki, ez a fertőzési forma viszont ritkábban fordul elő. Egy tanulmány szerint a *Fusarium verticillioides* gyakran okoz magfertőzést, ami gyenge csírázást, valamint vontatott kelést és gyenge fejlődést okoz. Gyökérrothadás tünet akkor jelenik meg, ha a talajban a gyökérszónában a kórokozó számára adottak a nedves és levegőtlen talajviszonyok. Ekkor a fertőzés hatására a növények sárgulnak, és a gyökérzet rothadása miatt meg is dőlhetnek a fiatal növények (Sanna et al. 2023). A 2.táblázatban összefoglalva megtekinthető a fuzárium fajok okozta főbb tünetek a kukoricán.

## 2. táblázat A *Fusarium* fajok által okozott főbb tünetek kukoricában

(Saját szerkesztés 2025)

Tünettípus	Jellemző tünetek	Betegséget okozó fajok
Csőrothadás	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rózsaszín, bíbor, fehér vagy szürkés foltok a szemeken</li> <li>- szemsorok közötti penészbevonat</li> <li>- szemek deformálódása és zsugorodása</li> <li>- kellemetlen, penészes szag</li> </ul>	<i>F. graminearum</i> <i>F. verticilliooides</i> <i>F. subglutinans</i>
Szárkorhadás	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Szár belső szöveteinek rothadása</li> <li>- Külső szárelszíneződés</li> <li>- Állománydőlés, megpuhult szár</li> </ul>	<i>F. proliferatum</i> <i>F. verticilliooides</i>
Gyökér- és magfertőzés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Csírázási zavarok</li> <li>- Gyökérrothadás</li> <li>- Növény visszamarad a fejlődésben</li> </ul>	<i>Fusarium</i> spp.

#### 2.2.4. A fuzárium fajok élelciklusa

A *Fusarium* fajok élelciklusa alapvetően két fő részre bontható, megkülönböztetésre kerül egy ivaros ciklus, amely egy nagyobb genetikai variabilitásra ad lehetőséget a gomba számára és egy ivartalan ciklus, amely inkább egy rövid távú fertőzést hordoz. Akár ivaros akár ivartalan ciklusról van szó, mindkét esetben vannak kritikusnak tekinthető időszakok a kórokozóra nézve (Ajmal et al. 2023; Niu et al. 2024).

Az ivartalan ciklusnál a kórokozó fennmaradhat klamidospóra, makrokonídium vagy mikrokonídium formájában növényi maradványon vagy a talajban, aminek hatására, ha a környezeti körülmények adottak számára a gomba kicsírázik és hifákat fejleszt. Kedvező környezeti körülmény számára a meleg, párás időjárás. Abban az esetben, ha klamidospóra maradt fenn, hifákon konídiumtartók jönnek létre, ahol mitotikus úton két féle konídium keletkezik, makro- illetve mikrokonídium. Ezek könnyen terjedni képesek akár szél, akár vízcsepp útján, tehát ezek jelentik az elsődleges inokulumot (Ajmal et al. 2023). Amennyiben a fertőzést elindító spóra bekerül a kukoricába, valamilyen sebzés útján (akár mechanikai akár rovar általi sebzés), a spórák kicsíráznak, csíratömlőt fejlesztenek majd létre jön a micélium, amely a növényiszövetbe hatol és terjed tovább ezzel teljesen megfertőzve azt, míg végül csőrothadás tünetet eredményez (Nguyen et al. 2024).

Nem minden fuzárium faj rendelkezik ivaros ciklussal. Az ivaros ciklus lehetőséget ad a kórokozó genetikai diverzitásának (Niu et al. 2024). Az ivaros ciklus során hifák összeolvadásával peritéciumok képződnek, amelyek általában növényi maradványokon alakulnak ki, főként a betakarítás utáni időszakban, nedves hűvös időjárásban (Niu et al. 2024). Ezekben a peritéciumokban fejlődnek az aszkuszok melyekben két sejtmag összeolvadása során egy diploid sejtmag jön létre, mely először meiózissal, majd pedig mitózissal osztódik és végül nyolc haploid aszkospóra jön létre egy aszkuszban, Az aszkosórák képesek ellenállni a kedvezőtlen időjárási körülményeknek, hiszen gyakran kettős falúak. Miután az aszkospórák kiszabadulnak, szél segítségével könnyen terjednek (Buttar et al. 2024). Az aszkospórák általában a kukorica bibéin, vagy a fiatal csöveken telepsznek meg, ahol nedvesség hatására csírázni kezdenek. Ilyenkor hifát fejlesztenek, amely behatol a növényi szövetbe és megkezdődik a micélium képződése. Ennek hatására végük a csőrothadás és a szárkorhadás tünet is megjelenhet (Liu et al. 2024).

### 2.3. Kukorica betegségekkel szembeni integrált védelme

A növénypatogén fuzárium fajok ellen nehéz védekezni, fontos a helyes agrotechnikai elemek alkalmazása (növényimaradványok talajba forgatása, helyes N tápanyagutánpótlás, a helyes vetésváltás alkalmazása, vetőmag csávázás, időben elvégzett betakarítás és megfelelő tárolás). Az integrált növényvédelem egyik célja, hogy a termesztéstechnológia során környezeti, társadalmi, valamint gazdasági szempontok is figyelembe legyenek véve, oly módon, hogy ezek figyelembevétele mellett biztosítjuk a növény egészséget, viszont a kémiai beavatkozásokat csak megalapozottan és átgondoltan alkalmazzuk (Kiss et al. 2017). Kiss és munkatársai megfogalmaztak egy 8 alappillérből álló rendszert, amely alapján megfelelően alkalmazható az integrált növényvédelem.

Az első és legfontosabb alapelv a megelőzés. A fuzáriumos megbetegedés (*Fusarium spp*) nagy problémát okoz a kukorica termesztésben. A helyes agrotechnikai intézkedés a megelőzés alapja (Mesterházy et al. 2020a). A legelső lépés a vetés területének kiválasztása. Kerülni kell kukorica esetében azokat a táblákat, ahol az előző évben is kukorica volt az elővetemény, vagy pedig más gabonaféle (búza, árpa) volt, hiszen ezekkel a növényekkel vannak közös kórokozók, például különböző fuzárium fajok (*Fusarium graminearum* és *Fusarium verticillioides*) (Mesterházy et al. 2020a). Ebből kifolyólag is nagyon fontos a vetésváltás, hiszen sok esetben a növényi maradványokon maradnak fenn a kórokozók a fertőző képletei (Kovács és Kállay 2021b). A legjobb elővetemény a kukorica számára kórtani szempontból valamilyen hüvelyes elővetemény (Márton et al. 2020).

A megfelelő területek és táblák kiválasztása után a következő fontos kérdéskör az elővetemény szármadarványainak a kezelése és a talajművelés. A talajművelés egyik célja, hogy minimalizáljuk a fertőzési forrásokat, valamint megfelelő állapotot készítsünk elő a vetéshez és a növény optimális növekedéséhez (Kiss et al. 2017). Az alapművelés során forgatásos és forgatás nélküli módszereket is lehet alkalmazni. Forgatásos talajmunka esetében, a fertőzött növényi maradványok nagy része beforgatásra kerül a talajba. Ezáltal valamelyest megszakítja a fertőzési folyamatot, mert a fuzárium fajok így nem tudnak fertőző képleteket létrehozni, hiszen nem adott számukra a megfelelő környezeti feltétel hozzá. A talajmunka hatására gyorsabban bomlanak a szármadarványok is, amely szintén csökkenti a fertőzési lehetőségeket. (Summerell et al. 2022). A talajművelés során ezzel szemben nem történik olyan mélyen, illetve forgatás sem történik, inkább a növényi maradványok aprítása történik, de ezek így a talajfelszín közelében maradnak. Ez a módszer vízmegtartás és talaj szempontjából kedvezőbb,

viszont a fuzárium fertőzésnek kedvezőbb egy szántásos gyakorlattal szemben, hiszen a peritéciumok és aszkospórák számára így jobbak a környezeti feltételek (Maiorano et al. 2021, Alassane et al. 2022). Egy 2023-ban végzett magyar vizsgálat és megfigyelés szerint, azok a kukoricatáblák, ahol nem történt forgatásos művelés, 1,8-2,4-szer magasabb volt a csőfuzáriózis, mint a forgatással művelt táblákon (Tóth et al. 2023).

A következő kardinális kérdés, a fajta- és hibrid választás. Fontos, hogy amennyiben lehetséges és elérhető betegségekkel szemben genetikailag ellenálló vagy toleráns hibrideket válasszunk. Hazánkban több középérésű hibrid esetében (DKC 4590) kimutatható, hogy alacsonyabb a fuzáriumos fertőzöttség. A fuzáriumos szárkorhadás tünetével szemben hatékony a rezisztencia nemesítés, hiszen ezen nemesítések során a szár szilárdságában van változtatás, amelynek hatására nem csak szilárdabb szárat kapunk, de közvetetten a fuzáriumos szárkorhadás ellen is védelmet nyújt. Csöpenész ellen egyelőre nincs jó ellenállóság a hibrideket tekintve (Kovács és Kállay 2021b). A megfelelő hibrid választás mellett fontos a vetőmag csávázása is, *tebukonazol* vagy *fludioxonil* hatóanyagú készítményekkel, hiszen általuk csökkenhetnek a magról terjedő betegségek (*Fusarium moniliforme*) (FAO 2019b).

A kórokozók megtelepedésében nagy szerepet játszik a vetésidő és vetésmélység helyes megválasztása. A túl korai vetés, hideg nedves talajban kedvez a talajlakó gombáknak és vontatott lesz a kelés, míg a túl kései vetés a kukoricamoly és a fuzárium fajoknak kedvez (Dubreuil és Lapiere 2019). A megfelelő vetésmélység 4-6 cm, ez ideális a gyors keléshez és a gyökérképződéshez. A másik fontos szempont, amit itt figyelembe kell venni az az állománysűrűség, hiszen, a sűrű vetés, sűrű állományt eredményez, aminek hatására az állományban magas páratartalmat és levegőtleniséget. Az optimális tőszám kukorica esetében 65-75 ezer tő/ha, de ezek hibridenként eltérhetnek (Kovács és Kállay 2021a).

A különböző betegségekkel szembeni fogékonyságot közvetlenül befolyásolhatja a növény tápanyagellátottsága. A nitrogén az egyik ilyen, amely esetében, ha túl nagy dózist alkalmazunk, az laza szöveteket fog eredményezni, ami miatt fogékonyabb lesz a betegségekre is. Ezzel szemben a mikro- és makroelemek, mint például a cink és a kálium hozzájárulnak a sejtfal erősödéséhez, valamint a természetes ellenálló képességet is növelik (Márton et al. 2020). A pontos tápanyagellátási tervet mindig az adott talaj talajvizsgálati eredményei és a termesztett kultúra igényei szerint szükséges meghatározni.

A második alapelv az integrált növényvédelemben a megfigyelés és előrejelzés. Ilyenkor nem csak az a cél, hogy a különböző kórokozókat azonosítsuk, hanem ezeket a fertőzéseket időben és térben előrejelezzük. és ezek alapján határozzuk meg a megelőző vagy célzott intézkedéseket, melyeket megfelelő időben teszünk meg (FAO 2023). Az előrejelzések segítségével lehetőség nyílik arra, hogy elkerüljük a felesleges vagy nem megfelelő növényvédőszer használatot, valamint ezáltal a kártételi szintekhez lehet igazítani a beavatkozásokat (Mesterházy et al. 2020a).

Nagyon fontos a rendszeres növényállomány felvételezés, és a megfigyelések adatainak rögzítése és térképezése, ezek alapján pedig akár GPS alapú betegségtérképeket is lehet készíteni, amelyek segítségével azonosítani lehet a fertőzési góccokat, majd pedig az éves védekezési stratégia kidolgozásában is hasznukra lehet (FAO 2023).

Mivel a kórokozók fertőzésének dinamikáját elsősorban az időjárási tényezők befolyásolják, így a meteorológiai alapú előrejelzések az elterjedtek (Kiss et al. 2017). A fuzáriumos csőrothadás (*Fusarium verticillioides*, *F. graminearum*) fertőzésének veszélye különösen magas, ha a virágzás idején a hőmérséklet 25–30 °C, illetve a relatív páratartalom 80% fölött van (Mesterházy et al. 2020c). Meteorológiai adatok alapján működő előrejelző rendszerek is vannak DONcast vagy FUSARIUM Risk Map, amelyek képesek meghatározni a fertőzés valószínűségét, és így segítik a gazdálkodókat a fungicides kezelések időzítésében (FAO 2019). Ezekon kívül létezik néhány olyan előrejelző rendszer, mint a MTA-NAIK AgroMet, ami pontosan jelzi a különböző betegségek kedvező időjárás körülményeit (FAO 2023).

A harmadik alapelv a beavatkozási küszöbértékek megállapítása vagy a gazdasági küszöbérték megállapítása. Ez jelenti azt a pontot, amikor a fertőzés vagy a megjelent tünetek mértéke már indokoltá teheti a beavatkozást (Kiss et al. 2017). A beavatkozásokat (állománykezeléseket) nem rutinszerűen, hanem előrejelzési és felmérési adatok alapján kell végezni (Mesterházy et al. 2020a). El kell különíteni a biológiai és a gazdasági kárküszöb értékeket. Míg a biológiai kárküszöb azt a fertőzési szintet mutatja, amikor a kórokozó már észlelhető a növényen, ezzel szemben a gazdasági azt a szintet fejezi ki a beavatkozás költsége megegyezik a várható termésveszteség értékével (Kiss et al. 2017, FAO 2023). Ha a gyakorlatot nézzük a gazdálkodók körében, a küszöbérték nem következik be, hiszen a beavatkozást jóval ezelőtt végzik el, annak érdekében, hogy elkerüljék a nagyobb veszteséget (Márton et al. 2020).

Ehhez nagyban szükségesek az előzetes megfigyelések (monitorozások). Amennyiben a kukorica virágzásának idején a levél nedvesség tartalma több mint 10 óra/ nap, valamint az átlaghőmérséklet is 25-28, akkor a levélfoltosság kockázata nő. Ilyenkor szükséges, hogy időben történjen a beavatkozás (Mestreházy et al. 2020a).

A negyedik alapelv a nem kémiai módszerek alkalmazása. Az elmúlt évtizedben a kukoricatermesztésben egyre nagyobb hangsúlyt kaptak a fenntartható és környezetbarát növényvédelmi módszerek. A biológiai védekezés, mint alternatíva a szintetikus növényvédőszerrel szemben, számos előnnyel rendelkezik, beleértve a környezetre gyakorolt kisebb hatást és a kórokozók szembeni rezisztencia kialakulásának csökkentését (Varga et al. 2018). Három ígéretes biológiai védekezési eszköz a *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* és a *Pseudomonas fluorescens*, melyek antagonisták, így gátolni képesek más patogén gombákat.

A *Trichoderma harzianum* egy olyan talajlakó gomba, amely széleskörű antimikrobiális hatással bír. Néhány tanulmány kimutatta, hogy ez a talajlakó gomba gátolni tudja, más a kukoricát károsító talajlakó gombákat. A *Fusarium oxysporum* és az *Aspergillus flavus* gombák növekedését például gátolni képes. Különböző hatásmechanizmusok útján fejt ki hatását, mint például kompetíció, antibiózis vagy antagonizmus. A patogén gombák gátlásán kívül, más pozitív tulajdonságokkal is bír, hiszen elősegíti a növények növekedését, javítja a tápanyagfelvételt, vagy a növények ellenálló képességét támogatja, valamint hozzájárul a növényvédőszer környezetre gyakorolt hatásának csökkentéséhez. Alkalmazása tehát nemcsak a kórokozók elleni védekezésben segít, hanem a növények egészségét is elősegíti (Mitrović 2025).

A *Trichoderma asperellum* szintén egy talajlakó gomba, amely több mechanizmuson keresztül fejt ki hatását a kukoricában. Az első ilyen hatásmechanizmus az antagonizmus és a mikoparazitizmus, ahol a *Trichoderma asperellum* a tápanyagokért fog versengeni a patogén gombákkal szemben. A versengés közben különböző toxikus anyagokat is kibocsátanak, például gliotoxint, amelyek gátolják a kórokozók növekedését (Yao et al. 2023). A második hatásmechanizmusa az enzimaktivitása, ahol olyan enzimeket termel, mint például a glükánáz vagy kitináz. Ezen enzimek hatására a patogén gomba sejtfala lebomlik, így az elpusztul (Yao et al. 2023). A harmadik hatása, a növényre gyakorolt pozitív hatása, hiszen serkenti a gyökérfejlődését, a tápanyagfelvételt javítja, valamint az ellenálló képességét is növeli a kukoricának a különböző biotikus és abiotikus stresszekkel szembe (Fu et al. 2020).

További kedvező hatása, hogy képes rezisztenciát indukálni, mely szerint képes a kukorica védekező mechanizmusait aktiválni, oly módon, hogy olyan géneket aktivál a növényben, melyek fokozott ellenállást és védekezést váltanak ki a kórokozókkal szembe (López-Coria et al. 2023). A *Trichoderma asperellum* talajgomba ezáltal felhasználható vetőmagkezelésre, talajkezelésre vagy kombinált alkalmazásra más hasznos mikroorganizmusokkal, például *Pseudomonas fluorescens*-szel. A kutatások szerint a kombinált alkalmazás növelheti a gombák biokontroll hatékonyságát és fokozhatja a növények növekedését (Yao et al. 2023).

A *Pseudomonas fluorescens* egy olyan Gram-negatív baktérium, amely szintén fontos szerepet tölt be a biológiai védekezésben. Képes antibiotikumok, szideroforok és illékony biocid anyagok termelésére is, amelyek elősegítik a növényi kórokozókkal szembeni védelmet. Továbbá ez a baktérium is segíti a növények növekedését és egészségének megőrzését (Yang 2025).

Az ötödik alapelv a kémiai védekezéseket foglalja magába. Ez a pont csak akkor lesz jelentőségteljes, ha az előző nem kémiai módszerek nem bizonyultak hatásosnak. (Kiss et al., 2017). A növény egészségügyi állapotát segíti a kukoricacsövet és szárat károsító hernyók (*Helicoverpa armigera*, *Ostrinia nubilalis*) gyérítése, ezen kártevők ellen védekezhetünk például *eszfenvalerát* hatóanyaggal is (Szőke et al 2021). Egy megállapítás szerint a fungicides védekezés kukoricában nem minden esetben kielégítő és hatékony (Mesterházy et al. 2022). A növényvédelmi technológia szempontjából a kémiai fungicides kezelések közül, a vetőmagcsávázásnak van jelentősége (Keszthelyi et al. 2009). A kórokozók a vetőmaggal terjednek, de gyakran a kedvezőtlen talaj és időjárási feltételek miatt, az elhúzódó csírázás és kelés időszakában a talajból fertőző kórokozók is megjelennek. A fertőzés miatt, hiányos lesz a kelés, a növények fejlődésében visszamaradnak, később szárkorhadás illetve a növények pusztulása is előfordulhat (Keszthelyi et al. 2009). A kukoricában a fungicides kezelések a fuzáriumos betegségek és a levélfoltosságok ellen irányulnak elsősorban. Illetve fontos megjegyezni, hogy a védekezés hatékonyságát nem csak a hatóanyag, hanem annak kijuttatásának időzítése is nagymértékben befolyásolja (Kovács és Kállay 2021b).

A kukorica kórokozókkal szemben több hatóanyag csoport is engedélyezett, a leggyakrabban alkalmazott hatóanyagok a triazolok közül a *tebukonazol*, *metkonazol*, melyek hatásosak a Fuzárium fajokkal szemben, illetve a levélfoltosságot okozó kórokozókkal szemben is. Gyakran alkalmazzák még a strobilurinok közül az *azoxistrobin* és *piraklostroin* hatóanyagokat, melyek preventív és részben kuratív hatásúak, emellett javítják a növények állapotát, továbbá

lassítják az öregedést is. Az SDHI- hatóanyagok, mint például a *boszkalid* és a *bixafen* hatóanyagokat valamilyen kombinációban alkalmazva csökken a rezisztencia kialakulásának esélye (FAO 2023).

A hatodik és hetedik alapelv a peszticid használat minimalizálása és a rezisztencia kialakulásáról szól. Ebben a pontban nagyon fontos megemlíteni a rezisztencia elleni stratégiák fontosságát. Ha már kémiai beavatkozás szükséges, akkor szükségszerű figyelembe venni, hogy nem csak a különböző hatóanyagokat kell váltogatni a rezisztencia elkerülése végett, hanem hatóanyag csoportokat is (Mesterházy et al. 2020a). Nagy jelentőséggel bírnak a precíziós technológiák, szenzoros permetezés vagy drónos célzott kijuttatás is, amelyek segítségével a hatóanyag felhasználását lehet csökkenteni, ezáltal a környezet terhelése is csökkeni fog (Laczi et al. 2022).

Az utolsó alapelv az eredmények értékelése, ami nem elhanyagolható pont, hiszen minden gazdálkodónak rendszeresen értékelnie szükséges az alkalmazott beavatkozások hatékonyságát és azok környezetre való hatását (Kiss et al. 2017).

## **2.4. A neem-olaj és az azadirachtin szerepe, mint jövőbeni alternatív védekezési lehetőség a kukorica kórokozókval szemben**

A neem fa (*Azadirachta indica*) nagy jelentőséggel bír mind gyógyászatban mind pedig a növényvédelemben, hiszen ezek a természetes hatóanyag egyre jobban terjednek a mezőgazdaságban is, mint alternatív vagy kiegészítő módszerek (Schmutterer 1990). A neem fa legfontosabb hatóanyaga az azadirachtin, mely számos pozitív tulajdonsággal rendelkezik, itt említendő a gomba kórokozók, valamint rovarok elleni hatása a védekezés szempontjából (Kilani-Morakchi et al. 2021, Bán et al. 2025). Az *azadirachtin* hatóanyag elsősorban a rovarokra van hatással és rovarölőként használatos vegyület. A vegyület hatására a rovarok táplálkozásában zavar keletkezik, ezáltal a fejlődésük és szaporodásuk is gátolt (Isman 2020, Kilani-Morakchi et al. 2021). Az *azadirachtin* hatóanyagnak közvetett hatását is fontos megemlítenünk. Mivel a rovarokat gátolják, ezáltal csökkentik a kórokozók számára kedvező sebzéseket a növényen. A hatóanyag gátolja a rovarok táplálkozását és fejlődését is, ezáltal kevesebb cső- és szár sebzés fog kialakulni, ami utat adna a másodlagos fertőzéseknek, hogy behatoljanak a növénybe (Kilani-Morakchi et al. 2021, Bán et al. 2025).

Közvetlen hatásukat is megfigyelték már több laboratóriumi, valamint üvegházi vizsgálat során, ahol megállapították, hogy az azadirachtin közvetlenül gátolja a fuzárium micéliumának növekedését és spóráképzését. Egy kísérletben, ahol 0,5-1 %-os azadirachtin oldatot használtak, megfigyelték, hogy jelentős hatást váltott ki a *Fusarium verticillioides* faj növekedésével szemben. Ez az eredmény részben a gombák sejtfalának károsításával, valamint a spórák csírázásnak a gátlásával magyarázható (Kumar et al. 2018).

Egy kutatás szerint, a neem- olajjal történő kezelések hatására a *Fusarium graminearum* fertőzőképessége csökkent, illetve hatással volt a mikotoxin termelésére is. A kutatás során különböző neem-olaj koncentrációt alkalmaztak (0,25%, 0,5% és 1%-os). Megfigyelték a kísérlet során, hogy a neem-olaj csökkentette a gombák kolóniáinak átmérőjét, száraz tömegét és spóratermelését is. A legnagyobb hatékonyságot 1%-os koncentrációban figyelték meg, ahol a spórák csírázása is jelentősen csökkent (El Hadrami et al. 2010).

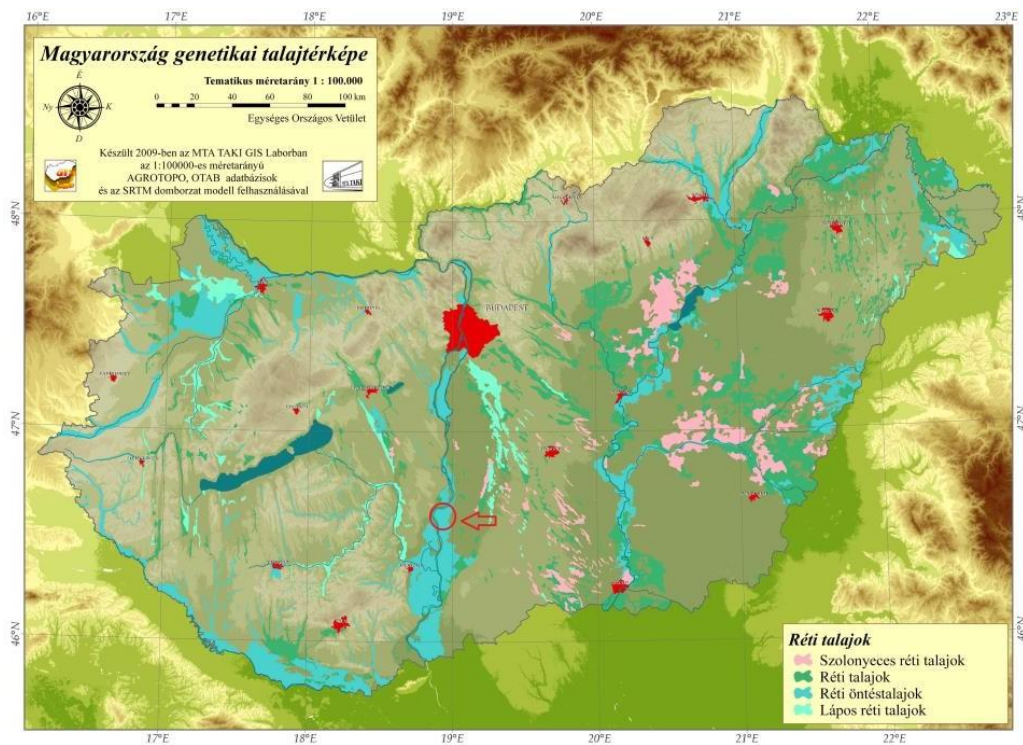
Az azadirachtin jótékony hatásai között említhetjük, hogy biológiai eredetű így környezet barát hatóanyag, valamint sem talajban, sem a takarmányban nem halmozódik fel, továbbá mint említettem már a közvetett fertőzést is csökkenti a rovarok elleni jótékony hatása miatt (Isman 2006). A jótékony hatások mellett, viszont fontos megemlíteni néhány negatív gondolatot is az azadirachtannal kapcsolatban. A hatóanyag az UV sugárzásra és a hőmérsékletre nagyon érzékeny ezért a kijuttatást csak az esti órákban lehet elvégezni, vagy felhős időben (Dhawan et al. 2003, Kumari et al. 2019). Természetesen az azadirachtin nem hasonlítható össze teljesen egy kémiai védekezéssel, de az integrált növényvédelem részeként, jól beépíthető a védekezésbe kiegészítő kezelésként vagy komponensként, hiszen jelentősen csökkentheti a kockázatokat (Isman 2020).

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1. Termőhely bemutatása

A termesztés helyszínéeként a saját családi gazdaságunk szolgált, Bács- Kiskun vármegyében, azon belül is egy Duna melletti faluban, Dunaszentbenedeken. A gazdaság megközelítőleg 120 hektárból áll, ahol a szántóföldi növények (takarmánykukorica, őszi búza, tavaszi árpa, napraforgó) termesztése mellett, frisspiacra történő értékesítésre zöldség növényeket is termesztünk (csemegekukorica, fejtős bab, zöldborsó).

Mivel a település közvetlen a Duna partján helyezkedik el, ezért a területek a réti talajok típusába tartoznak, azon belül pedig a réti öntés talajok közé lehet sorolni. Tehát a területeinknek mind a réti, mind pedig az öntés eredetét és jellegét jól meg lehet figyelni. A humuszos szint 30-40 cm mély ezeken a területeken, ahol a humusztartalom 2-3 % körül alakul(<http3>). Az 1. ábrán látható egy genetikai talajtérkép, amelyen a bekarikázott rész jelzi a vizsgált területek elhelyezkedését.



1. ábra Hazánk genetikai talajtérképe a vizsgált területtel

(bekarikázott rész) (<http1>)

A kísérletben alkalmazott kukoricafajták termesztése két egymást követő évben, 2023-ban és 2024-ben valósult meg. A 2023-ban öt különböző területen vetettünk, ahol a legnagyobb távolság két terület között maximum 10 km. A kísérletbe bevont területek mindösszesen 13,9 hektárt ölelnek fel, melyeken 8 hibrid kukorica került elvetésre. A 2024-es évben hasonlóan a 2023-as évhez a területek között itt sem volt 10 km-nél nagyobb távolság. Szintén 8 hibrid került elvetésre, összesen 23,1 hektáron, amely 6 területből állt össze. A termesztéstechnológiát tekintve, az összes területen az éppen adott évnek megfelelően, de egységesen történt a területek előkészítése, vetése és kezelése, tápanyagutánpótlása, tehát a területek között nincs különbség e tekintetben sem, ezt foglalja össze a 3. táblázat.

**3. táblázat** A kísérleti területeken lévő termesztéstechnológiai elemek időpontjainak összefoglalása

(Saját szerkesztés 2025)

	<b>2023</b>	<b>2024</b>
elővetemény	őszi kalászos (búza/árpa)	őszi kalászos (búza/árpa)
elővetemény betakarításának ideje	2022.06.23- 07.12.	2023.06.20-07.15.
tarlóápolás tárccsával	2022.07.18	2023.07.20
őszi alaptrágya	2022.10.11	2023.10.15
őszi mélyszántás	2022.11.28	2023.12.11
tavaszi kombinátorozás	2023.03.01	2024.02.26
magágykészítés	2023.04.16	2024.03.28
vetés	2023.04.23	2024.04.07
növényvédelmi kezelés I.	2023.04.23	2024.05.16
növényvédelmi kezelés II.	2023.05.13	2024.05.27
sorközművelés	2023.05.20	2024.05.30
növényvédelmi kezelés III.	-	2024.07.06
betakarítás	2023.10.03	2024.10.17

A 3. táblázatban jól látható, hogy mind a két év esetében az elővetemény őszi kalászos volt (*Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*), melyek betakarítását követően a szalma a területen maradt, és bedolgozásra került a tarlóápolás során. Őszi alaptrágyázás során 100 kg MAP-ot (*monoammónium-foszfát*) és 100 kg 60%-os kálisót juttatunk ki hektáronként. Az őszi mélyszántást mindkét évben ágyekével végeztük el, 30 cm mélyen, melyet február legvégén

egy kombinátor segítségével munkáltunk el. Tavasszal a vetés előtt magágykészítés történt, szintén kombinátor segítségével. A vetéseket mind a két évben 72.000 szem/ha sűrűséggel vetettük el, 5-6 cm mélyen, 22 cm-es tőtávolsággal, valamint 75 cm-es sortávolsággal. Az elvetett vetőmagok csávázottak voltak már *metalaxil*, *protiokonazol* és *szedaxán* hatóanyagokkal. A vetéssel egy menetben mindig juttatunk ki a sorokra pétisót 250kg/ha dózisban. Az első növényvédelemi kezelés egy posztemergens gyomirtás volt, fenyércirok (*Sorghum halepense*) és kétszikű gyomok ellen. Ezek ellen alkalmaztunk Principal Plus (*nikoszulfuron*, *rimszulfuron*) és Successor TX (*petoxamid*, *terbutilazin*) készítményeket, valamint Vivolt (*etoxilált izodecyl alkohol*) hatásfokozót. A Principal készítményt 440 g/ha, a Successor TX 1 l/ha, míg a Vivolt készítményből 0,25 l/ha dózist alkalmaztunk. A második növényvédelmi kezelés során, a Corteva Agriscience által forgalmazott mikrobiológiai biostimulátort, titaN készítményt használtunk, amely *Bacillus mojavensis* KN32 törzsét tartalmazza, ezt 1 kg/ha dózisban juttattuk ki a területekre. Május végén mindkét évben sorközművelés történt, annak érdekében, hogy azokat a gyomokat, amelyekre, a gyomirtás nem volt hatással is gyéríteni tudjuk. A harmadik növényvédelmi kezelés, csak a 2024-es évben történt meg, ekkor kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) ellen, Sumi Alfa 5 EC (*eszfenvalerát*) készítményt használtunk 0,3 l/ha dózisban. A termesztéstechnológia utolsó lépése pedig a betakarítás volt, melyet mindkét évben október elején végeztünk el gabonakombájnnal, mely kukoricaadapterrel volt ellátva.

### **3.2. Alkalmazott hibridek bemutatása**

A 2023-as évben öt területen, nyolc hibriddel dolgoztam. A felhasznált takarmánykukorica fajták mindegyike Pioneer kukorica volt. Az alkalmazott nyolc hibridből hat hibrid fajtakísérlet formájában jelent meg gazdaságunkban, oly módon, hogy ezek egy és ugyanazon a 0,2 hektáros területen kerültek elvetésre. Fontosnak tartom megemlíteni, hogy ezek a fajtakísérletben szereplő hibridek már regisztrált fajtaként szerepelnek. A fennmaradó két hibrid, melyek összesen 13,7 hektáron voltak megtalálhatóak, olyan fajták, amelyek már előző évek tapasztalatai alapján beváltak a gazdaságunk számára.

A 2024-es évben, hasonlóan a korábbi évhez, az alkalmazott 8 hibrid, 6 területen került elvetésre. Ebből a 8 hibridből 6 szintén regisztrált fajtaként szereplő fajtakísérletként jelent meg, a fennmaradó két hibrid pedig olyan termesztett hibridek, melyek az előző években is alkalmaztunk mindig. A 2024-es ében lévő 6 fajtakísérleti hibridből, 4 hibrid megegyezik a 2023-as évben lévőkkel és csupán csak 2 új szerepelt. Fajták összesítését a 4. táblázat foglalja össze.

#### 4. táblázat Alkalmazott fajták összesítése termesztési év és ellenállóság szerint

(Saját szerkesztés 2025)

Hibridek	Termesztési év	Ellenállóság
<b>P0450*</b>	2024	a <sup>***</sup>
<b>P9025**</b>	2023, 2024	a
<b>P9074</b>	2023, 2024	a
<b>P9363</b>	2023, 2024	b <sup>****</sup>
<b>P9398</b>	2023, 2024	a, b
<b>P9415</b>	2023, 2024	a
<b>P9610</b>	2023	a
<b>P9757</b>	2023, 2024	a, b
<b>P9960</b>	2024	a
<b>P9978</b>	2023	a, b

\* A piros színnel jelölt hibridek jelzik a fajtakísérletben részt vett hibrideket

\*\* A kék színnel jelölt hibridek jelzik a gazdaságban termesztett hibrideket

\*\*\* a- betűvel jelöltek, melyek a fuzáriózissal mérsékelten toleranciát/ellenállóságot mutatnak

\*\*\*\* b- betűvel jelöltek melyek kukorica levéltetőségekkel szemben ellenállóságot mutatnak

Az 5. táblázatban az összes alkalmazott hibridet három fő csoportra bontottam az éréscsoportjuk és FAO számuk szerint. Ezek szerint a három csoport a következőképp alakul. Először is a korai éréscsoportot is két részre bontottam korai éréscsoport I. és II. szekcióra.

Az első csoportba azon fajták tartoznak, melyek FAO száma 300-349 közé esik, ezek alapján két hibrid sorolható ide, a P9025, valamint a P9610. A P9025 hibrid közepes terméspotenciállal és jó stressztűréssel rendelkezik. A növény jó ellenálló képességet mutat a kukoricakártevőkkel szemben, és emellett mérsékelt fuzárium toleranciával bír. Jó szárszilárdsága és erős gyökere csökkenti a kidőlés kockázatát. Alkalmazható szemes kukoricának, de silókukorica

termesztésére is használható. A P9610 Optimum AQUAmax hibrid különlegessége, hogy a nemesítések hatására egy kemény szemű kukoricát kaptunk, mely miatt ellenállóbb lett a károsítókkal szemben is, valamint az aszálytűrése is jelentősebb más fajtákhoz képest, továbbá jó alkalmazkodó képességgel rendelkezik, ezért különböző talajtípusokon is sikerrel termesztethető. A P9610 hibrid kiválóan alkalmas lehet szemes- és silókukorica termesztésére egyaránt. Mérsékelt fuzárium ellenállósággal rendelkezik, viszont a termőhelyi körülmények és az agrotechnikai módszerek nagyban befolyásolják a fertőzés kialakulásának kockázatát. Emellett a hibrid jó tápanyaghasznosító képességgel rendelkezik, ami magas terméshozamot eredményez. Jó szárszilárdságával és közepes magasságával csökkenti a kidőlés veszélyét. A P9074 hibrid jó stressztűréssel rendelkezik, és kiegyensúlyozott terméshozamot biztosít kedvezőtlen körülmények között is. Mérsékelt fuzárium ellenállóság jellemzi, ami megfelelő növényvédelmi kezelésekkel tovább javítható. A növény közepes magasságú, erős szárszilárdsággal, ami megakadályozza a kidőlést és a kukoricakártevőkkel szemben is jól ellenálló. Alkalmas szemes- és silókukorica termesztésére egyaránt.

A második csoportba azon fajták kerültek, melyek FAO száma 350 és 399 között alakul (5. táblázat). A P9415 Optimum AQUAmax, valamint a P9363 fajták FAO száma 350, így az éréscsoport közepére datálhatók. Mind a két hibrid esetében elmondható a jó csőegészség és a forrósággal szembeni ellenállás. A P9363 hibrid kiváló terméspotenciállal rendelkezik. Jó toleranciát mutat a különféle kukorica kártevőkkel szemben, valamint mérsékelt ellenálló képességgel rendelkezik a kukorica levélfoltosság betegségekkel szemben. A fuzáriumos szárrothadással szemben szintén mérsékelt ellenállóság jellemzi, ami megfelelő agrotechnikai és növényvédelmi kezelésekkel tovább javítható. Ezek mellett jó gyökér- és szárszilárdsággal rendelkezik, amely hozzájárul, hogy akár kedvezőtlen időjárási viszonyok között is jó termésátlagot produkáljon. A P9415 hibrid közepes fuzárium ellenállósággal rendelkezik, így kisebb fertőzési kockázattal bír a fuzáriumos szárkorhadással szemben. A növény jó gyökér- és szárszilárdsággal rendelkezik, ami csökkenti a kidőlés veszélyét, különösen szeles, viharos időjárás esetén. A hibrid jól reagál a tápanyagellátásra, ami elősegíti a kiegyensúlyozott növekedést és magas termésbiztonságot. Jól alkalmazható szemes kukorica termesztésére, ugyanakkor silókukoricaként is megfelelő eredményeket produkál.

A csoportban lévő utolsó három hibrid a P9757, a P9978, valamint a P9398 Optimum AQUAmax már az éréscsoport végén helyezkednek el. Mindhárom fajtáról elmondható, hogy erős szárral és gyökérrel rendelkeznek, ezáltal a megdőlésre kevésbé fogékonyak. A P9398 hibrid jól tűri a változékony időjárási körülményeket, mint például a hőstresszt vagy a

vízhiányt. Jó toleranciát mutat a kukorica levélfoltosság betegségek ellen, valamint mérsékelt ellenálló képességgel rendelkezik a fuzáriumos szárkorhadással szemben. A P9978 hibrid nagyon jó terméshozamot ígér. Ellenálló képességet mutat a kukoricakártevőkkel és a levélbetegségekkel szemben, valamint mérsékelt fuzárium toleranciával rendelkezik. A P9757 hibrid hasonló jó tulajdonságokkal és terméshozammal rendelkezik, illetve közepes fuzárium ellenállósága van, valamint a levélbetegségek ellen is közepes toleranciával rendelkezik.

A harmadik csoportba azon FAO számú fajták kerültek, melyek 400-499 közé esnek, ezáltal középérésű csoportba esnek már, így ebbe a csoportba két hibrid került besorolásra (5. táblázat). A P9960 hibrid, tulajdonságai közé tartozik, hogy nagyon jó aszálytűrő képességgel rendelkezik és az átlagnál magasabb növénymagasságot hoz, emellett erős szár- és gyökérszilárdsággal bír, ami kiváló ellenállóságot biztosít a kidőléssel szemben. A hibrid magas terméshozamot is ígér, különösen a jó vízellátású területeken. Mérsékelt fuzárium ellenállóság jellemzi. A másik ide tartozó hibrid a P0450 Optimum AQUAmax, egy nagyon biztonságos terméshozamot ígér, amellett, hogy sokáig képes zöld maradni, ami a nagyon jó aszálytűrésének is köszönhető. Hosszú tenyészideje miatt alkalmas késői betakarításra, és kiválóan alkalmazható késői vetésekhez is. Jó ellenállósággal bír a fuzáriumos szárkorhadással szemben. Az előző fajtához képest ez egy kifejezetten alacsony növésű hibrid, de ezt is megfelelő szár- és gyökér szilárdság is jellemzi.

## 5.táblázat Alkalmazott hibridek csoportosítása FAO szám alapján

(Saját szerkesztés 2025)

<b>Korai éréscsoport I. (FAO 300- 349)</b>	
<b>Hibrid</b>	<b>FAO szám</b>
P9025	310
P9074	310
P9610 Optimum AQUAmax	340
<b>Korai éréscsoport II. (FAO 350- 399)</b>	
<b>Hibrid</b>	<b>FAO szám</b>
P9415 Optimum AQUAmax	350
P9363	350
P9398 Optimum AQUAmax	370
P9757	380
P9978	390
<b>Középérésű éréscsoport (FAO 400-499)</b>	
<b>Hibrid</b>	<b>FAO szám</b>
P9960	410
P0450 Optimum AQUAmax	490

### 3.3 A kukoricaszemek belső fuzáriumos fertőzöttségének a vizsgálata

A kísérleteimhez szükséges labormunkát a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Integrált Növényvédelmi Tanszék laboratóriumában volt lehetőségem elvégezni. Három időpontban végeztem különböző kísérleteket. 2024 áprilisában és júniusában, a 2023-es évben betakarított 8 kukorica fajtát vizsgáltam fuzárium szelektív táptalajon, 5-5 ismétlésben, azt figyelve, hogy mely fajták mekkora mértékben mutatnak fertőzöttséget. Ebben a két időpontban végig ugyanazon 8 fajtát használtam, ugyanazokból a szemből, tehát nem történt köztük bármiféle változás. 2025 szeptemberében vizsgált 8 hibrid, szintén 5-5 ismétlésben történt, ezek már a 2024-as évben betakarított fajtákból voltak, amik valamelyest különböznek az előző két időpontban vizsgált fajtáktól. A 6. táblázat foglalja össze a vizsgálati időpontokat és hibrideket.

## 6. táblázat A vizsgálatok időpontok és alkalmazott fajták összefoglalása

(Saját szerkesztés 2025)

	Kísérlet beállítása	1. megfigyelés	2. megfigyelés	Vizsgált hibridek
1. vizsgálat	2024.04.22	2024.04.29	2024.05.06	P9025, P9074, P9363, P9398, PP9415, P9610, P9757, P9987
2. vizsgálat	2024.06.03	2024.06.10	2024.06.17	P9025, P9074, P9363, P9398, PP9415, P9610, P9757, P9987
3. vizsgálat	2025.09.17	2025.09.24	2025.10.01	P0450, P9025, P9070, P9363, P9398, P9415, P9757, P9960

A belső fuzáriumos fertőzöttség kimutatására fuzárium szelektív táptalajt alkalmaztam (Leslie and Summerell 2006), amelynek összetétele a következő volt: 15g *pepton*, 1g *kálium-dihidrogén-foszfát* ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), 0,5g *magnézium-szulfát* ( $\text{MgSO}_4$ ) és 20g *agar*. Ezen összetevőket Erlenmeyer-lombikban csomómentesre elkevertem egy üveg keverőpálca segítségével 1000ml vízzel. Miután megkaptam a megfelelő állapotot, vattával lezártam az üveg tetejét és szorosan lekötöttem azt, majd autokláv gőzsterilizátorba helyeztem a lombikot 2 órára (2. ábra).



**2. ábra** Autokláv gőzsterilizátor

(Saját készítésű fotó 2024)

A 2 óra főzési idő letelte után, szükséges volt megvárni, hogy az elkészült folyadék a megfelelő hőmérsékletre hűljön. A vizsgálatot egy lamináris boxban folytattam, melyet már a főzési időben alkohollal kifertőtlenítettem, hogy steril körülményeket teremtsék. A boxban automata pipetta segítségével 5ml *pentaklór-nitrobenzol* és 10 ml *kloramfenikol* került hozzáadásra a főzethez. A következő lépésként a steril boxban kibontottam a petricsészéket, és leszámoltam 40 db belőle, majd ezekbe a 3. ábra szerint egyenletesen kitöltöttem a táptalajt.



**3. ábra** Táptalaj kitöltése

(Saját készítésű fotó 2025)

Miután végeztem a táptalaj kitöltésével, dermedni kellett hagyni a steril boxban, ezért addig előkészítettem a kukoricaszemeket. Nyolc főzőpoharat készítettem elő, minden főzőpohárba 1 hibrid került. Leszámoltam hibridenként 20 szem kukoricát, majd a főzőpoharakba tettem, ahol 3-5 percig áztattam őket alkoholban (60% etanolban), majd ezután leöntöttem az alkoholt és folyóvíz alatt szűrőanyag segítségével kb. 2 percig lemostam őket (4. ábra).



**4. ábra** Hibridek alkoholban történő áztatása

(Saját készítésű fotó 2024)

A következő lépésként a megszilárdult táptalajra, petricsészénként 4 szem kukoricát helyeztem el, hibridenként 5 ismétlésben. A következő időszakban egy héttel a szemek rátétele után megnéztem és feljegyeztem az eredményeket, majd a második hét eltelte után szintén. Tehát ezt a vizsgálatot végeztem el két időpontban 2024-ben, így 2x40 petricsészében, összesen 320 szemet vizsgáltam.

### **3.4. A neem-kezelés hatásának vizsgálata a kukoricaszemek belső fuzáriumos fertőzöttségére**

A 2025-ös évben ezt a vizsgálatot kiegészítettem egy további kísérlettel az akkori fajtákkal. Ebben a kiegészítésben a neem-olaj szerepét szerettem volna tesztelni, hogy milyen hatást gyakorol a kukorica belső fuzáriózis fertőzöttségével szemben. A neem-olaj 1%-ban tartalmazza egyik fontos hatóanyagát az azadirachtint. A vizsgálatomhoz 0,1%-os azadirachtin tartalmú oldatot alkalmaztam. A fentebb leírt módon ugyanúgy elkészítettem a fuzárium szelektív táptalajt, és kiöntöttem azt 80 petricsészébe. Ezután a kísérletet két felé osztottam, a rendelkezésre álló 8 fajtából, itt is leszámoltam fajtánként 40 szemet, tehát összesen 320 szem

kukoricát. Előkészítettem 16 főzőpoharat, melyekbe 20-20 szemet tettem és a fent leírt módon alkohollal fertőtlenítettem őket, majd öblítettem. Az öblítés után a „kontroll” szemeket szintén 2 órán át vízben áztattam, majd az idő letelte után a lamináris boxban ráhelyeztem a táptalajra. Az 5. ábrán látható módon, a kísérlet másik feleként a 8 fajtából leszámolt és fertőtlenített szemeket 2 órára ázni tettem az elkészített 0,1%-os azadirachtin oldatba, majd az idő letelte után a steril boxban ezek is a táptalajra kerültek, szint 4 db szem/ petricsésze arányban és ezeket is feliratoztam. A 2024-es vizsgálathoz hasonlóan ebben az esetben is egy hét után és két hét után jegyeztem fel a látott eredményeket. Tehát így összeségében ebben a vizsgálatban 80 petricsészében 320 szem kukoricát vizsgáltam. Fontosnak tartom még megjegyezni, hogy mind a 2024-es két kísérletben, mind a 2025-ös kísérletben az elkészült táptalajra helyezett szemeket stabil környezeti körülmények között tároltam, ami azt jelenti, hogy 22-25°C-on és 45-50%-os páratartalom mellett.



**5. ábra** Neem-oldatban (fehér oldat) áztatott szemek és a "kontroll" szemek víz nélkül

(Saját készítésű fotó 2025)

### 3.5. Statisztikai módszerek

A kísérletek során kapott értékek statisztikai feldolgozását Microsoft Excel 2021 és IBM SPSS Statistics 29.0 programok segítségével végeztem el. Az adatok feldolgozása során az egyes kezelések, időpontok és hibridek közötti eltérések értékelésére kéttényezős varianciaanalízist (Two-Way ANOVA) alkalmaztam ismétlésekkel. A varianciaanalízis célja annak meghatározása volt, hogy az idő, a kezelés (kontroll és neem) és ezek kölcsönhatása szignifikáns hatást gyakorolt-e a kukoricaszemek belső fertőzöttségére.

A szignifikancia szintet minden esetben  $p < 0,05$  értékben határoztam meg. F-próba segítségével vizsgáltam a főhatások (időpont és kezelés), valamint a hibridek és a tényezők kölcsönhatásainak statisztikai jelentőségét. A varianciaanalízis eredményei alapján, amennyiben szignifikáns különbség volt kimutatható, átlagösszehasonlítást végeztem Tukey-féle HSD-próbával, amely lehetővé tette az egyes hibridek, kezelések vagy időpontok közötti eltérések részletes vizsgálatát.

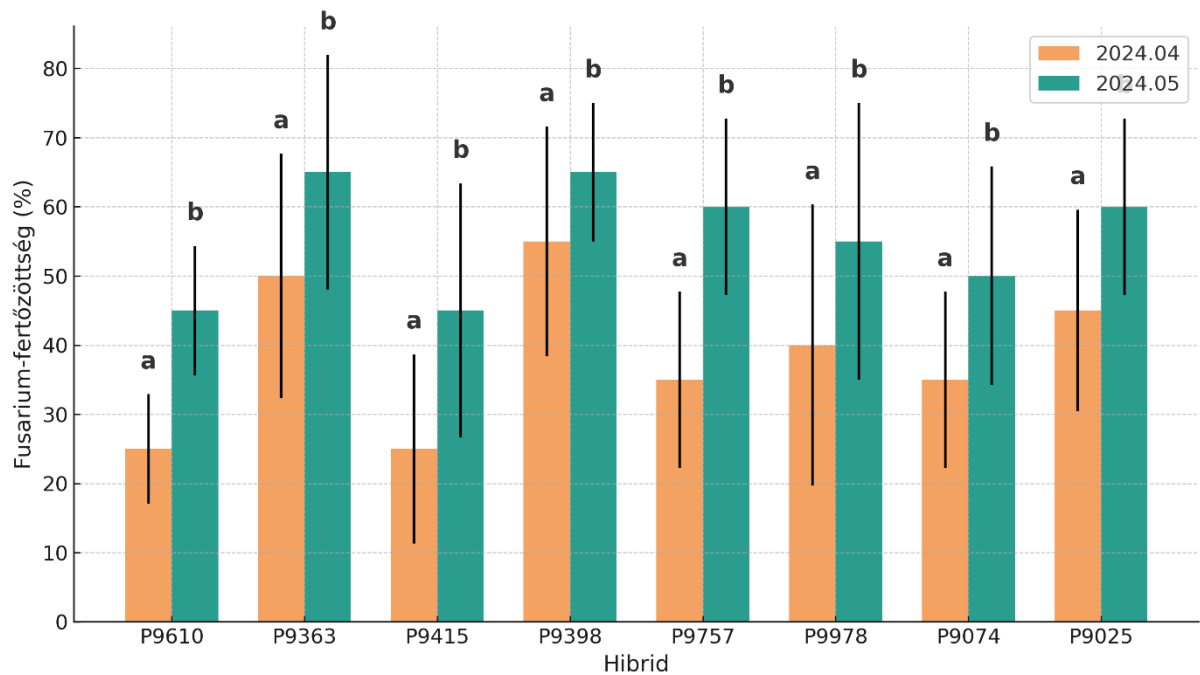
Az ábrákon feltüntetett szignifikancia-betűk a Tukey-teszt eredményei alapján kerültek megadásra, tehát az azonos betűvel jelölt oszlopok között nem, míg a különböző betűvel jelölt oszlopok között statisztikailag igazolható különbség ( $p < 0,05$ ) áll fenn.

## 4. Eredmények és értékelésük

### 4.1. A vizsgált hibridek belső fuzáriumos fertőzöttsége az első vizsgálat során

Az első megfigyelés (2024.04) a táptalajra helyezést követően 1 héttel volt, míg a második két héttel (2024.05). Az eredmények alapján a fertőzöttség mértéke az össze hibrid esetben növekedést mutatott a második megfigyelési időpontra. Az első megfigyelési időpontban a fertőzöttségi értékek 25-55 % között alakultak, míg a második időpontban 45-65 % közötti értékeket kaptunk. A legalacsonyabb fertőzöttséget (6. ábra) a P9415 és a P9610 hibridek mutatták, míg a legmagasabb értékeket a P9363 és a P9398 hibridek hozták. Elmondható összességében, hogy a második megfigyelési időpontra minden hibrid esetében a fuzárium fertőzöttség tekintetében 10-20%-os emelkedés figyelhető meg.

Az elvégzett kétfaktoros varianciaanalízis szerint, az időpont, mint fő tényező szignifikánsnak bizonyult ( $p=0,0273$ ), vagyis a fertőzöttség növekedése a két időpont között statisztikailag is igazolható. A hibrid és az időpont kölcsönhatását tekintve, nem mutatott szignifikáns hatást, tehát a fertőzöttség növekedése a hibridek esetében hasonló mértékű volt. A Tukey-féle páronkénti összehasonlítás (HSD) alapján a két időpont külön csoportba került (2024.04 = a, 2024.05=b), ez tovább erősíti a két időpont közötti statisztikai különbséget. Összességében elmondható, hogy a kukoricaszemekben a belső fuzáriumos fertőzöttség az idő előrehaladtával nőtt, függetlenül a hibridek tulajdonságaitól. Az 6. ábra a vizsgált kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének eredményeit mutatja a két megfigyelési időpontra nézve.



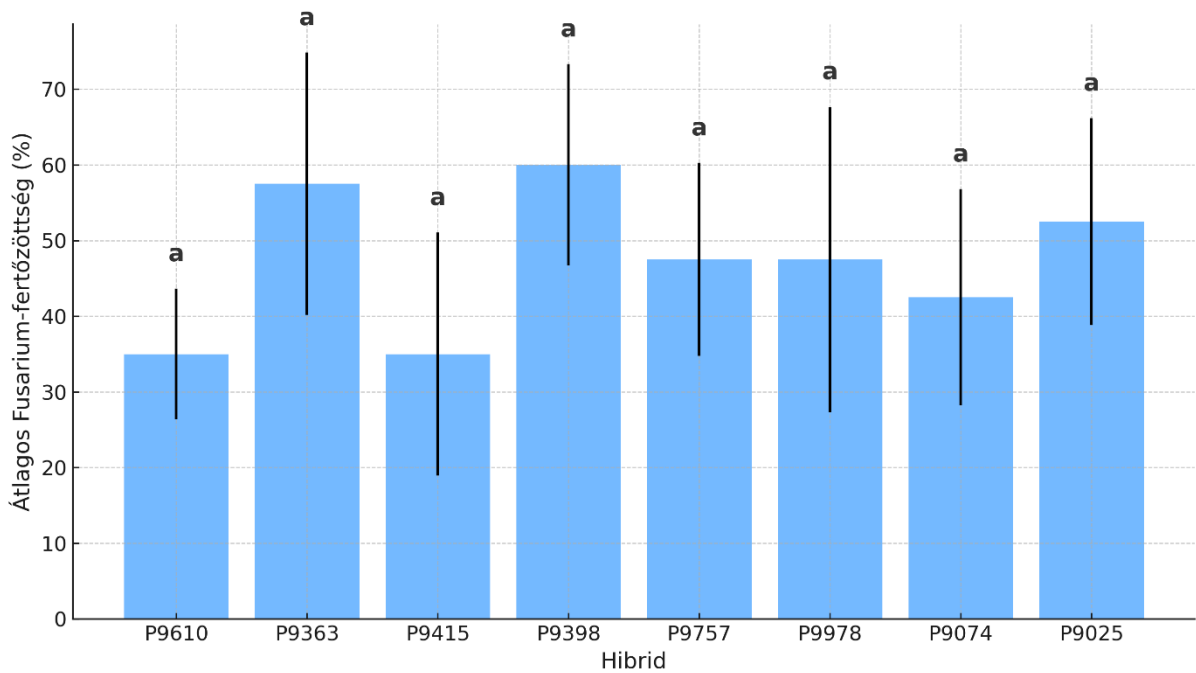
Jelmagyarázat: az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

**6. ábra** Kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének megfigyelése két időpontban az első vizsgálat során

(Saját szerkesztés 2025)

Az 7. ábrában a két megfigyelési időpont adatait összevontam, annak érdekében, hogy a hibridek közötti átlagos fertőzöttségi különbségeket megnézzük. Ennek eredményei alapján megfigyelhető, hogy az átlagos fertőzöttségi érték 35-60% között mozog. A legalacsonyabb átlagos értéket a P9610 és a P9415 hibridek mutatták, míg a legmagasabb értékeket a P9363, P9398 és a P9025 hibridek hozták.

A varianciaanalízis szerint a hibridek közötti különbség nem bizonyult szignifikánsnak ( $p=0,5981$ ), tehát statisztikailag nem mutatható ki eltérés a hibridek belső fuzáriumos fertőzöttsége között.



Jelmagyarázat: az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

**7. ábra** Különböző kukorica hibridek átlagos fuzárium fertőzöttsége az első vizsgálat során

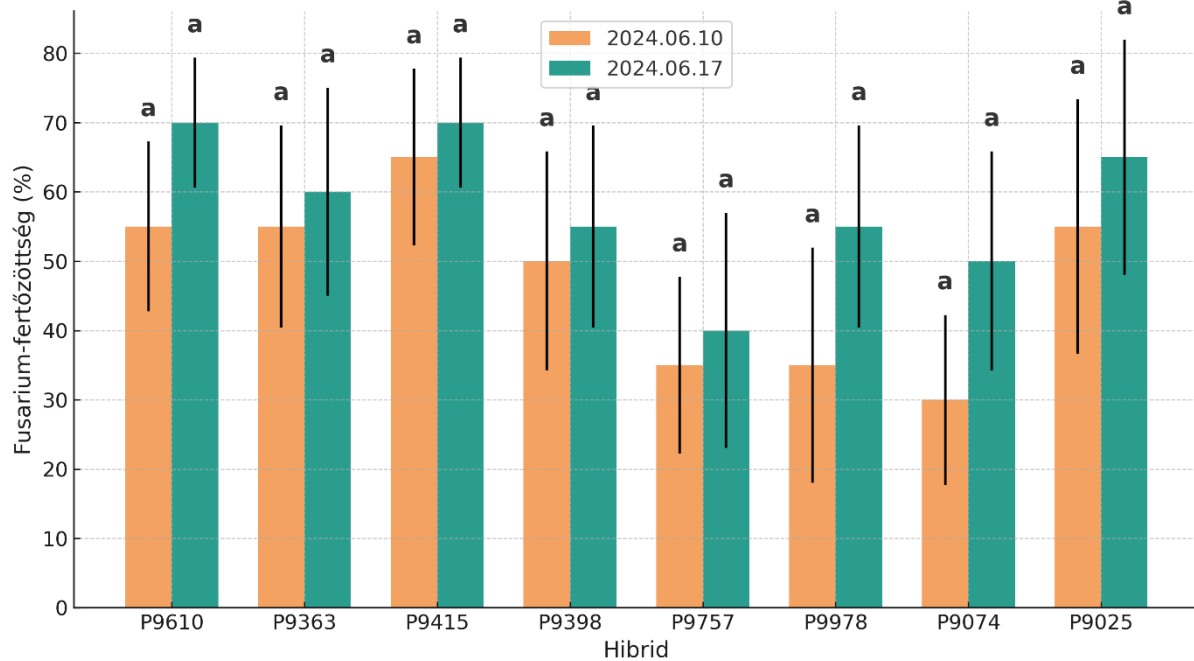
(Saját szerkesztés 2025)

**4.2. A vizsgált hibridek belső fuzáriumos fertőzöttsége a második vizsgálat során**

Az 8. ábra a második vizsgálat, két megfigyelésének eredményeit tartalmazza, mely az alkalmazott kukorica hibridek felső fuzáriumos fertőzöttségének időbeli változását vizsgálta. Az eredmények szerint az első megfigyeléskor a fertőzöttségi érték 30-65% között alakult, míg a második megfigyeléskor 40-70% között volt az átlagos fertőzöttség. A legkisebb fertőzöttséget az első időpont tekintetében a P9074-es hibrid mutatta, míg a legmagasabbat a P9415-ös hibrid. A második megfigyeléskor a legtöbb hibridnél csak kismértékű volt a növekedés.

A kétfaktoros varianciaanalízis eredményei szerint az időpont főhatás nem volt szignifikáns ( $p=0,1476$ ). Ez a tendencia csupán azt mutatja, hogy a második megfigyelési időpontra a fuzárium fertőzöttség növekedett, de statisztikailag nem volt igazolható. Az időpont és a hibrid

közötti kölcsönhatás tekintetében ( $p=0,9975$ ) nem volt statisztikailag szignifikáns, ami azt jelenti, hogy a fertőzöttség növekedése minden hibrid esetében hasonló volt.



Jelmagyarázat: az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

**8. ábra** Kukorica hibridek belső fuzárium fertőzöttsége két időpontban a második vizsgálat során

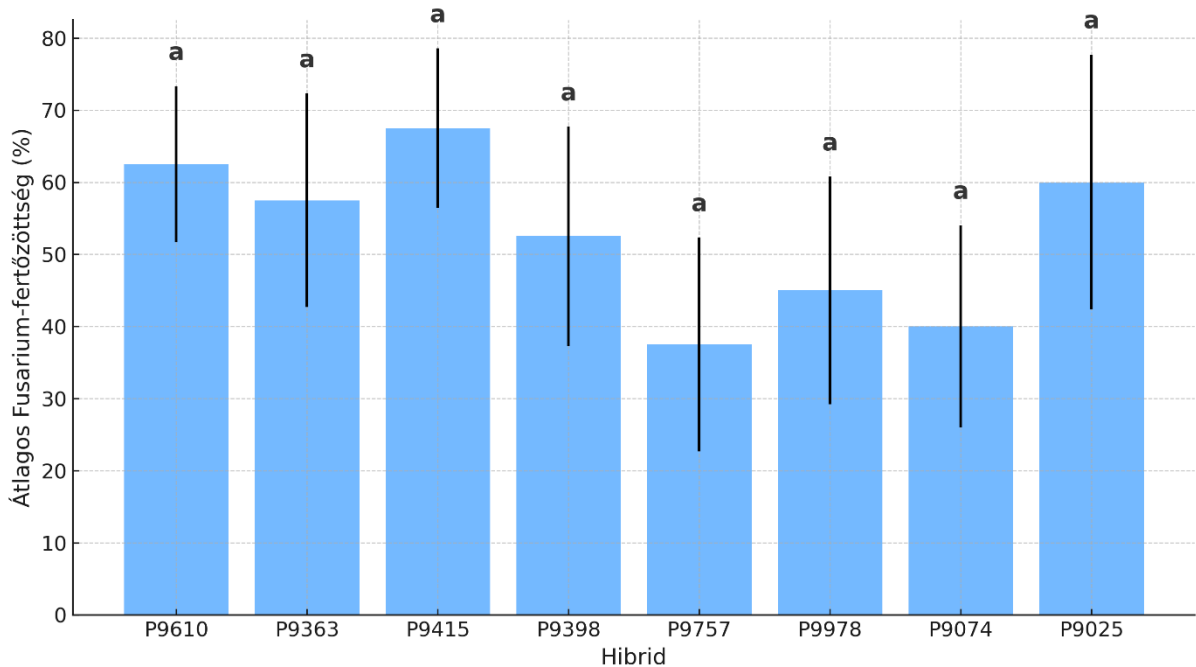
(Saját szerkesztés 2025)

A 9. ábra a különböző kukoricahibridek belső *Fusarium*-fertőzöttségét mutatja be a második vizsgálat során elvégzett, két megfigyelési időpont együttes értékelésével. Az átlagos fertőzöttség a hibridek között 37,5% és 67,5% között mozgott, ami a genotípusok eltérő érzékenységre utal. A legmagasabb átlagos értéket a P9415 és a P9610 hibridek mutatták, míg a legalacsonyabb fertőzöttségi arány a P9757 és a P9074 hibridek esetében volt megfigyelhető. A többi hibrid (különösen a P9363, P9025 és P9398) a középtartományban helyezkedett el.

A varianciaanalízis alapján a hibridek között nem mutatkozott eltérés a belső fuzáriumos fertőzöttség tekintetében ( $p=0,3463$ ).

A diagramon szereplő azonos szignifikancia-betűjel („a”) azt jelenti, hogy a statisztikai teszt szerint egyik hibrid sem különíthető el egyértelműen a többitől, azonban az átlagértékek alapján kirajzolódó trendek világosan utalnak a fertőzöttség mértékének különbségeire.

A legmagasabb fertőzöttségi értékeket mutató hibridek (P9415, P9610, P9025) valószínűsíthetően fogékonyabbak, míg a legalacsonyabb értékekkel rendelkező P9757 és P9074 hibridek esetében részleges tolerancia feltételezhető.



Jelmagyarázat: az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

**9. ábra** Különböző kukorica hibridek átlagos fuzárium fertőzöttsége a második vizsgálat során

(Saját szerkesztés 2025)

### 4.3. A neem-kezelés hatásának vizsgálata a kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének alakulására

Az 10. ábra a különböző kukoricahibridek Fusarium fertőzöttségét mutatja be két megfigyelési időpontban (1. és 2. megfigyelés). Az adatok alapján mind az idő előrehaladása, mind a kezelések között egyértelmű különbségek figyelhetők meg, ugyanakkor a hibridek között is jelentős eltérések tapasztalhatók.

A kontroll esetében az első megfigyelési időpontban a fertőzöttség mértéke 10–45% között alakult. A legalacsonyabb értéket a P9363 hibrid mutatta (10%), míg a legmagasabb fertőzöttséget a P9025 hibrid esetében figyelhető meg (45%). A neem-kezelés az első

megfigyelés időpontjában, már több hibrid esetében is a fertőzöttség csökkenését eredményezte, például a P9398 hibridnél 25%-ról 20%-ra, vagy a P9415 esetében 50%-ról 30%-ra.

A második megfigyelési időpontban a fertőzöttségi értékek minden esetben emelkedtek, ami a betegség időbeli előrehaladását tükrözi. A kontroll fertőzöttségek 50–70% között alakultak, a legmagasabb értéket a P9415, P9757, P0450 és P9025 hibridek mutatták (mindegyik 70%). A neem-el kezeltéknél a fertőzöttség általában alacsonyabb volt, jellemzően 25–50% között mozgott. A legnagyobb csökkenés a P9398 és P9070 hibrideknél jelentkezett, ahol a neem-kezelés a kontrollhoz képest 20–35 százalékponttal kisebb fertőzöttséget eredményezett.

A két időpont összehasonlítása jól mutatja, hogy az idő előrehaladtával a Fusarium fertőzés erősödik, ugyanakkor a neem-kezelés képes volt ennek a folyamatnak a mérséklésére. Míg az első időpontban a neem hatása inkább enyhe vagy közepes mértékű volt, addig a második megfigyeléskor a kezelések közti különbségek markánsabbá váltak, különösen a fogékonyabb hibrideknél.

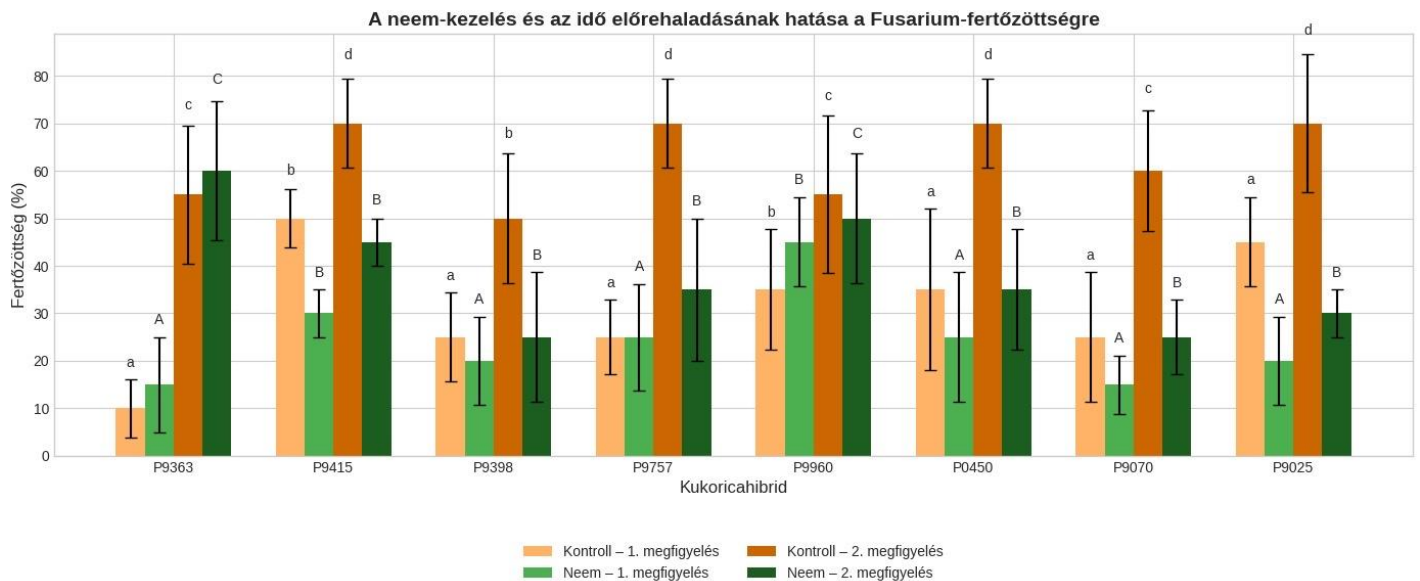
A kéttényezős varianciaanalízis eredményei alapján a Fusarium fertőzöttséget szignifikánsan befolyásolta mind az időpont, mind a kezelés, ugyanakkor a két tényező között nem volt szignifikáns kölcsönhatás.

Az időpont főhatás statisztikailag szignifikánsnak bizonyult ( $p = 0,0063$ ), ami azt jelenti, hogy a két megfigyelési időpont között a fertőzöttség mértéke szignifikánsan emelkedett. Az 1. megfigyelés során a hibridek átlagos fertőzöttsége 34,4% volt, míg a 2. megfigyelésre ez az érték 56,9%-ra nőtt. A növekedés mértéke jól tükröződik a szignifikancia betűjelölésekben is, ahol több hibrid esetében (pl. P9415, P9757, P0450, P9025) az 1. és 2. időpont oszlopai eltérő betűcsoportot kaptak (pl. „a” → „d”), jelezve, hogy a változás statisztikailag is igazolható volt ( $p < 0,05$ ).

A kezelés főhatása szintén szignifikáns volt ( $p = 0,0011$ ), ami alapján a neem-kezelés átlagosan 25–30%-kal csökkentette a Fusarium fertőzöttséget a kontrollhoz képest. A neem-el kezelt minták átlagos fertőzöttsége 38,1% volt, míg a kontrollmintáké 53,6%. A legnagyobb különbség a P9398 és P9070 hibrideknél mutatkozott, ahol a neem hatása 20–35 %-os csökkenést eredményezett.

A szignifikanciajelölések (kis- és nagybetűk) jól mutatják, hogy ezekben az esetekben a neem-kezelés oszlopai külön betűcsoportba kerültek („A” vs. „c”), ami a Tukey HSD teszt szerint

statisztikailag igazolt eltérést jelent ( $p < 0,05$ ). Az időpont és kezelés interakció nem volt statisztikailag szignifikáns ( $p = 0,312$ ), ami arra utal, hogy a neem-kezelés hatása hasonló irányban érvényesült mindkét megfigyelési időpontban, tehát a neem-kezelés csökkentette a fertőzöttséget, de az idő előrehaladása nem módosította szignifikánsan a kezelés hatásának mértékét.



Jelmagyarázat: az eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

### 10. ábra Kukorica hibridek fuzárium fertőzöttségének alakulása az időben kontroll és neem-kezelés hatására

(Saját készítés 2025)

A 11. ábra a különböző kukoricahibridek átlagos Fusarium fertőzöttségét mutatja két megfigyelési időpont (szeptember és október) összesített átlagaként, külön kontroll és neem esetében.

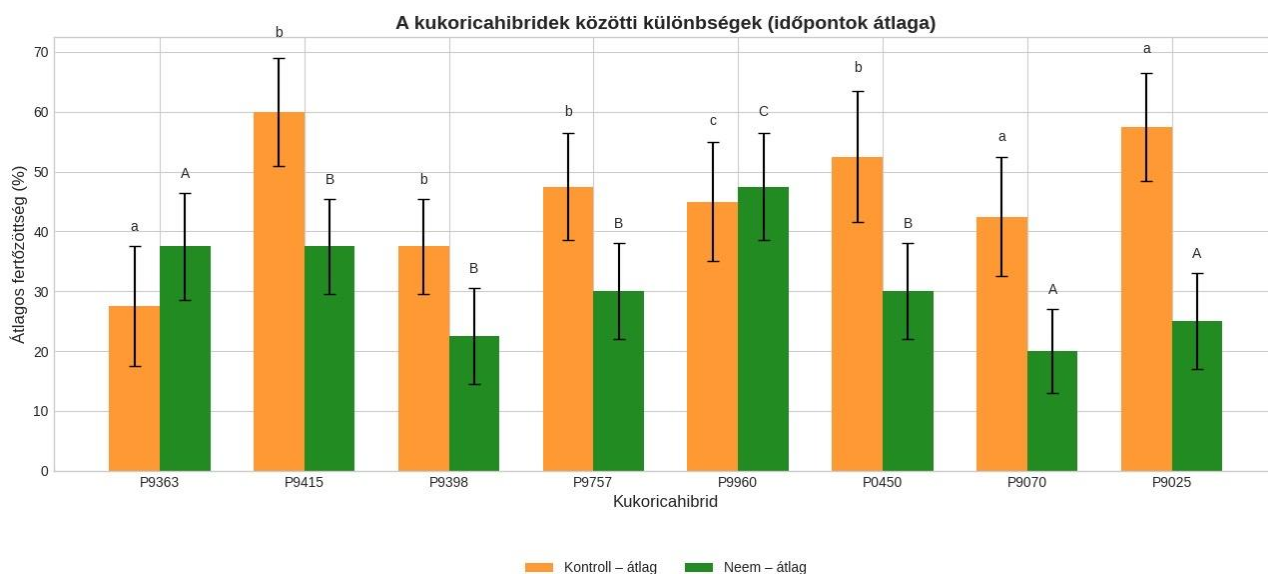
A kontroll esetében az átlagos fertőzöttségi értékek 27,5% és 60% között alakultak. A legkisebb értéket a P9363 hibrid produkálta (27,5%), míg a legnagyobb értéket a P9415 (60%) és a P9025 (57,5%) hibridek mutatták. A neem-kezelés hatására a fertőzöttség szinte minden hibrid esetében csökkent, különösen a P9398 és P9070 hibrideknél, ahol az átlagos fertőzöttség 22,5%, illetve 20% volt, szemben a kontroll 37,5% és 42,5%-os értékeivel. Viszont a P9363 és a P9960 hibrideknél magasabb értékek figyelhetők meg, mint a kontroll minták esetében.

A hibridek közti különbségeket a szignifikanciajelölések is jól mutatják a kisbetűs (a–c) és nagybetűs (A–C) csoportok eltérései alapján több hibrid között (pl. P9415 és P9398, P9070) statisztikailag szignifikáns különbség ( $p < 0,05$ ) áll fenn. A P9960 hibrid mindkét kezelés esetében a közepesen fertőzött csoportba tartozott, míg a P0450 és P9757 hibridek hasonlóan magasabb fertőzöttséget mutattak a kontrollban, de a neem hatásra ezek értékei is csökkentek.

A kéttényezős varianciaanalízis alapján a hibrid főhatás esetében az eltérés erősen szignifikáns volt ( $p < 0,0001$ ), ami azt jelenti, hogy a vizsgált genotípusok eltérő mértékben voltak érzékenyek a Fusarium fertőzésre. A legfogékonyabb hibridek a P9415 és a P9025 voltak, míg a legellenállóbbnak a P9363 és P9070 hibridek bizonyultak. Ezt a tendenciát a szignifikanciajelölések is megerősítették: a kontrollszlopokon az „a” betűvel jelölt hibridek szignifikánsan alacsonyabb fertőzöttségi kategóriába tartoztak, mint a „c” betűvel jelölt fogékonyabb csoportok ( $p < 0,05$ ). Ez arra utal, hogy a neem kivonat valószínűleg nem egységesen hat minden genotípusra, hanem a növények eltérő élettani és morfológiai tulajdonságai (pl. csőhéj vastagság, szemnedvesség-tartalom, mikotoxin-felhalmozódás) befolyásolják a kezelés hatékonyságát.

A kezelés főhatása szintén szignifikáns volt ( $p = 0,0003$ ), ami arra utal, hogy a neem-kezelés szignifikánsan mérsékelte a fertőzöttségi szintet. A neem-el kezelt minták átlagos fertőzöttsége 31,9 %, míg a kontrollé 47,9 % volt, ami 33 %-os csökkenést jelentett. A nagybetűs szignifikanciajelölések (A–C) alapján több hibridnél (pl. P9398, P9070, P0450) a neem-kezelés eredménye más statisztikai csoportba tartozott, mint a kontroll, ami a kezelés hatékonyságát támasztja alá.

A hibrid és a kezelés interakció ugyanakkor nem volt szignifikáns ( $p = 0,274$ ), ami azt jelenti, hogy a neem-kezelés hatása konzisztensen érvényesült a hibridek többségénél, és nem volt egyértelműen olyan genotípus, ahol a kezelés teljesen hatástalan lett volna.



Jelmagyarázat: az eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között

### 11. ábra Neem-kezelés hatása a kukoricahibridek fuzárium fertőzöttségére

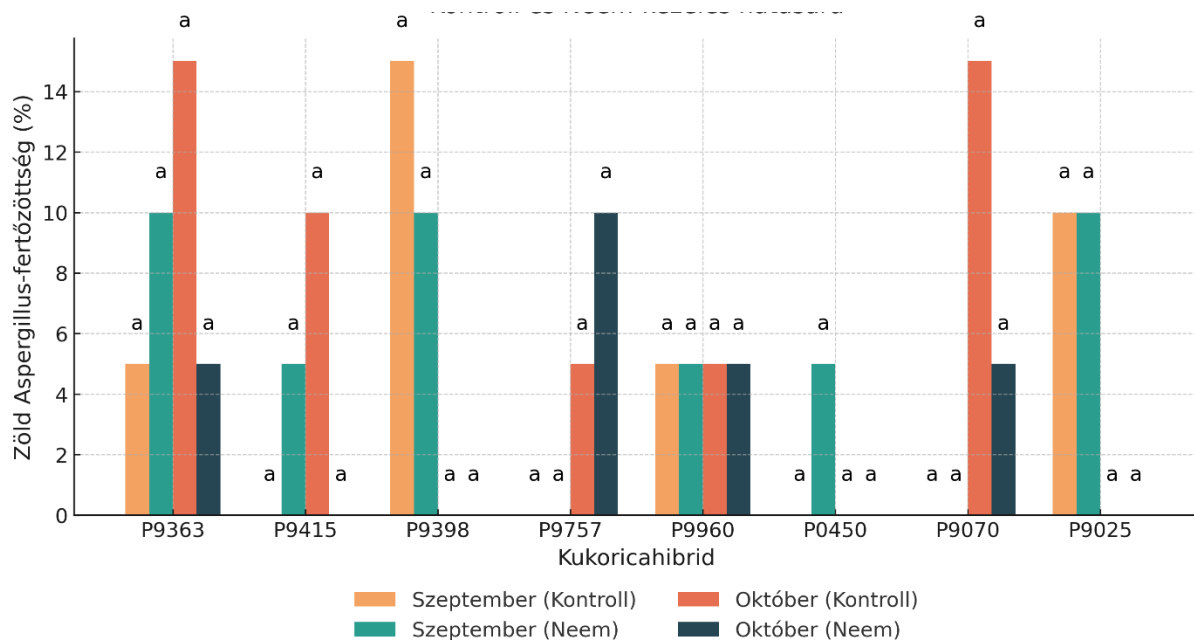
(Saját szerkesztés 2025)

#### 4.4. A neem-kezelés hatásának vizsgálata a kukorica hibridek zöld aspergillus fertőzöttségének alakulására

A 12. ábra a kukorica hibridek *zöld Aspergillus* fertőzöttségének időbeli alakulását mutatja kontroll, valamint neem-kezelés hatására. Az első megfigyelés során a kontroll minták fertőzöttségi aránya jellemzően alacsony volt, 0–15% közötti értékekkel. Legnagyobb értéket a P9398 hibrid (15%), míg legalacsonyabbat több hibridnél (P9415, P9757, P0450, P9070) figyeltem meg, ahol nem mutatkozott fertőzöttség. A neem-kezelés hatására az első megfigyelés során szintén mérsékelt fertőzöttség volt megfigyelhető, azonban több hibrid esetében (P9363, P9415, P9398, P9025) enyhe fertőzöttség (5–10%) figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a neem-kezelés az első hétben már gátolta a *zöld Aspergillus* kezdeti növekedését, azonban annak gátlása csak részben valósult meg.

A második megfigyelési időpontban a kontroll mintákban enyhe, de több hibridnél megfigyelhető fertőzöttségi növekedés. A P9363 (15%) és P9070 (15%) hibridek esetében az értékek a legmagasabbak voltak, míg a többi hibridnél 0–10% közötti fertőzöttségi szint figyelhető meg. A neem-kezelés hatására ugyanakkor a fertőzöttség tovább csökkent, több

hibrid esetében is (P9415, P9398, P0450, P9025) teljes gátlás figyelhető meg (0%). A kéttényezős varianciaanalízis alapján az időpont főhatásának F-értéke 46,23 volt,  $p = 4,19 \times 10^{-9}$  értékkel, amely a  $p < 0,05$  szinten erősen szignifikáns különbséget jelez. Ez statisztikailag is igazolja, hogy a két megfigyelési időpont között a fertőzöttségi szintek jelentősen változtak. A vizsgált kukorica hibridek közötti különbség nem volt szignifikáns ( $F = 0,91$ ;  $p = 0,5041$ ), ami arra utal, hogy a hibridek *Aspergillus* fertőzöttsége hasonlóságot mutatott. A kölcsönhatás (időpont és hibrid) szintén nem volt statisztikailag jelentős ( $F = 0,45$ ;  $p = 0,8641$ ), hiszen egyes hibridek esetében idővel nőtt a fertőzöttség (nem szignifikánsan), más esetben csökkent (nem szignifikánsan).



Jelmagyarázat: az eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

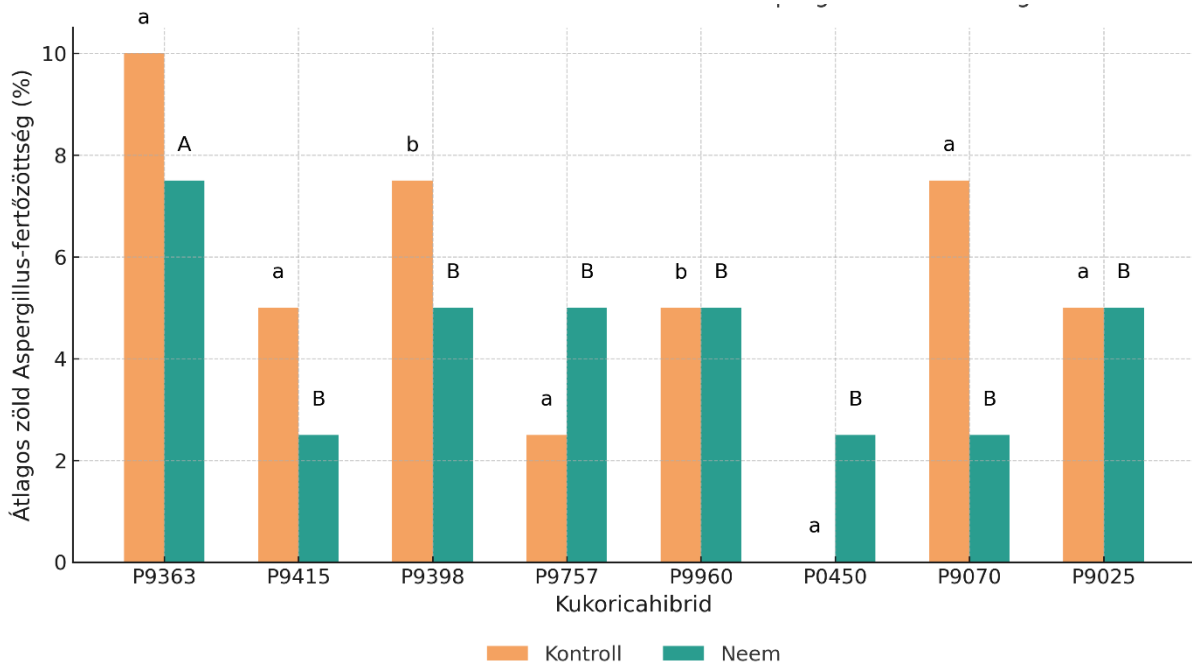
## 12. ábra Kukorica hibridek zöld *Aspergillus* fertőzöttségének alakulása időben kontroll és neem-kezelés hatására

(Saját szerkesztés 2025)

A 13. ábra a neem-kezelés hatását mutatja a kukoricahibridek zöld *Aspergillus* fertőzöttségére. A kontrollminták átlagos fertőzöttségi szintje 4–10% között alakult, míg a neem -el kezelték 0–5% közé estek. A legnagyobb mértékű különbség a P9363, P9398 és P9070 hibridek esetében mutatkozott, ahol a neem-kezelés hatására a kolonizáció több mint 50%-kal csökkent.

A kétfaktoros varianciaanalízis eredménye alapján a kezelés  $F = 48,72$ ,  $p = 2,02 \times 10^{-9}$  értékkel szignifikánsan befolyásolta a fertőzöttségi arányokat ( $p < 0,05$ ). Ez egyértelműen igazolja, hogy a neem-kezelés jelentős gátló hatással bír a zöld *Aspergillus* fejlődésére a kukoricaszemekben. A hibridek közötti különbség nem bizonyult szignifikánsnak ( $F = 0,90$ ;  $p = 0,5153$ ), ami arra utal, hogy a neem-kezelés minden hibridnél hasonló mértékben fejtette ki hatását. A kölcsönhatás (kezelés és hibrid) sem volt szignifikáns ( $F = 0,86$ ;  $p = 0,539$ ).

Összességében a zöld *Aspergillus* gombával kapcsolatos kísérletek alapján megállapítható, hogy a neem-kezelés mindkét megfigyelési időpontban nagyobb részt csökkentette a fertőzést, két esetben nagyobb volt a neem-es kezelésnél mért érték, illetve két esetben pedig megegyezett.



Jelmagyarázat: az oszlopok feletti eltérő betűk szignifikáns különbséget jeleznek a változók között.

### 13. ábra Neem-kezelés hatása a kukorica hibridek zöld *Aspergillus* fertőzöttségére

(Saját szerkesztés 2025)

## 5. Következtetések és javaslatok

Az elvégzett vizsgálataim során a kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének, valamint az neem- kivonat (azadirachtin) fungicid hatásának értékelése közben több fontos következtetésre jutottam. A vizsgálatok eredményei hozzájárulnak az alternatív, környezetbarát növényvédelmi megoldásokhoz, különös tekintettel a fuzárium és az aspergillus fertőzések ellen.

Az első vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a kukoricahibridek belső *Fusarium* fertőzöttsége szignifikánsan növekedett az idő előrehaladtával, amit a kétfaktoros varianciaanalízis is megerősített. A hibridek között nem volt statisztikailag igazolható különbség, a tendenciák mégis arra utalnak, hogy bizonyos hibridek (P9610 és P9415) mérsékeltőbb fertőzöttséget mutattak, ami a genetikai tolerancia lehetőségére utalhat. A jövőbeni kutatások során javasolt a rezisztencia további vizsgálata, valamint a biológiai védekezési lehetőségek, például neem- vagy más növényi kivonatok hatékonyságának értékelése a fertőzés visszaszorításában. Eredményeim alapján indokoltnak tartom a neem kivonat beillesztését a hazai kukoricatermesztés integrált növényvédelmi stratégiájába, hiszen korábbi kísérletekben (Ung Yi et al. 2021; Ali et al. 2025) és saját megfigyeléseimben is kedvezően csökkentette a *Fusarium* fertőzöttség mértékét.

A második vizsgálat eredményei alapján a kukoricahibridek belső *Fusarium* fertőzöttsége mindkét megfigyelési időpontban mérsékelt, de stabil értékeket mutatott. Az első megfigyelés során a fertőzöttség 30–65%, a második időpontban 40–70% közötti tartományban alakult, azonban a kétfaktoros varianciaanalízis szerint az időpont főhatása nem volt statisztikailag szignifikáns. A hibridek közötti különbségek átlagos értékelése (9. ábra) alapján az átlagos fertőzöttség 37,5–67,5% között mozgott, amely a hibridek eltérő genetikai érzékenységére utal. Bár a statisztikai tesztek nem igazoltak szignifikáns eltérést, a tendencia szerint a P9415, P9610 és P9025 hibridek magasabb fertőzöttségi értéket mutattak, míg a P9757 és P9074 hibridek esetében alacsonyabb értékek voltak jellemzőek, ami részleges genetikai toleranciára utalhat. Ez összhangban van Mesterházy et al. (2020) megfigyeléseivel, akik szerint a hibridek közötti különbségek nem minden esetben nyilvánulnak meg statisztikailag szignifikánsan, azonban az agronómiai jelentőségű eltérések a gyakorlati termesztésben mégis meghatározóak lehetnek.

A harmadik vizsgálatban a neem kivonattal végzett kezelések igazolták, hogy a természetes növényi hatóanyag képes mérsékelni a kukoricahibridek *Fusarium* spp. fertőzöttségét. A kéttényezős varianciaanalízis alapján mind az időpont, mind a kezelés főhatása szignifikánsnak

bizonyult, vagyis a fertőzöttség az idő előrehaladtával nőtt, de a neem-kezelés hatására 25–35%-kal csökkent. A legnagyobb csökkenés a P9398 és P9070 hibrideknél jelentkezett. A hibrid főhatás szintén szignifikáns volt, jelezve, hogy a genotípusok eltérően reagálnak a fertőzésre. Eredményeim összhangban állnak Ung Yi et al. (2021) és Ali et al. (2025) megfigyeléseivel, akik kimutatták, hogy a neem kivonat gátolja a *Fusarium* fajok szaporodását és erősíti a növények természetes védekezését. Hasonlóan, Mesterházy et al. (2020) és Tóth et al. (2023) hazai eredményei is rámutattak, hogy a megelőző biológiai védekezés a kórokozók elleni fenntartható stratégia alapja lehet. A hibridiek közti eltérés rámutat a genetikai különbségek szerepére a kórokozóval szembeni toleranciában.

A neem kivonattal végzett kezelés a zöld *Aspergillus* spp. fertőzöttség esetében is hatékonynak bizonyult, szignifikánsan csökkentve a kolonizáció mértékét a kukoricahibridek esetében. A kéttényezős varianciaanalízis eredményei alapján az időpont főhatás és a kezelés főhatás egyaránt erősen szignifikáns volt, ami azt mutatja, hogy a fertőzöttség mértéke idővel nőtt, azonban a neem-kezelés hatására jelentősen mérséklődött. A hibridek közti különbségek nem bizonyultak szignifikánsnak, ami arra utal, hogy a neem hatása általánosan érvényesült, és nem függött a genotípustól. A vizsgálat eredményei alapján a neem-kezelés már az első megfigyeléskor csökkentette a zöld *Aspergillus* fertőzöttséget, a második időpontra pedig több hibrid esetében teljes gátlás volt megfigyelhető. A neem kivonat fő hatóanyaga, az azadirachtin, valamint a nimbin és salannin vegyületek gátolják a gombák sejtfal- és membránképződését, valamint akadályozzák a spóracsírázást (Kilani-Morakchi et al. 2021). Ez magyarázza, hogy a neem alkalmazása miért eredményezett alacsonyabb fertőzöttségi arányt még a fogékonyabb hibrideknél is. Hasonló eredményekről számolt be Isman (2020), aki szerint a neem alapú biofungicidek több patogén gomba (pl. *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*) esetében akár 60–80%-kal is képesek visszaszorítani a kolóniaképződést. Ali et al. (2025) kísérleteiben a neemkivonat szintén hatékony volt *Fusarium* és *Aspergillus* fajok ellen, kimutatva a hatóanyag fungicid és antimikotoxigén tulajdonságait. A saját eredményeim megerősítik, hogy a neem-kezelések gátló hatást fejtenek ki, és potenciálisan beilleszthetők az integrált növényvédelmi stratégiába. A neem biológiai alapú alkalmazása különösen indokolt lehet azokban az években, amikor a klimatikus feltételek kedveznek az *Aspergillus* fajok elszaporodásának, ezzel csökkentve az aflatoxin-szennyezettség kockázatát a termésben.

## 6. Összefoglalás

A kukorica (*Zea mays* L.) Magyarország egyik legjelentősebb szántóföldi növénye, amely alapvető szerepet játszik az élelmiszer-, takarmány- és ipari feldolgozásban. A termesztés során azonban számos kórokozó jelent veszélyt, közülük is kiemelten fontosak a *Fusarium* és *Aspergillus* fajok, amelyek nemcsak termésveszteséget okoznak, hanem mikotoxin termelésük révén az élelmiszer- és takarmánybiztonságot is veszélyeztetik. A kémiai védekezés korlátozása és a környezeti fenntarthatóság növekvő igénye miatt egyre nagyobb figyelmet kapnak a természetes eredetű, biológiai védekezési lehetőségek. Jelen kutatás célja a különböző kukoricahibridek belső *Fusarium* fertőzöttségének vizsgálata volt, valamint a neem kivonat (azadirachtin) fungicid hatásának értékelése.

A vizsgált hibridek termesztési helyeként a saját családi gazdaságunk szolgált (Bács-Kiskun vármegye, Dunaszentbenedek). A laboratóriumi vizsgálatokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Integrált Növényvédelmi Tanszékének laboratóriumában végeztem el 2024–2025 között. Összesen három vizsgálat volt, mindegyikben 8 különböző kukoricahibrid szerepelt, 5 ismétlésben, fuzárium szelektív táptalajon. Az első két vizsgálat során a szemek belső fuzáriumos fertőzöttség vizsgáltam. A harmadik vizsgálat során a szemeket egyes esetekben 0,1%-os azadirachtin-oldattal kezeltem. Minden vizsgálat esetén két megfigyelési időpontban (1 és 2 hét után) értékeltem a fertőzöttséget. A kísérleti adatokat kéttényezős varianciaanalízissel (Two-way ANOVA) és Tukey-féle HSD próbával dolgoztam fel ( $p < 0,05$ ), hogy kimutassam az időpont, a kezelés és a hibrid hatását, valamint ezek kölcsönhatását.

Az első vizsgálatban a kukoricaszemek belső *Fusarium* fertőzöttsége szignifikánsan nőtt az idő előrehaladtával (25–55%-ról 45–65%-ra,  $p = 0,0273$ ), míg a hibridek közötti különbség nem volt szignifikáns ( $p = 0,5981$ ). A második vizsgálatban a fertőzöttség 30–65% és 40–70% között alakult, de az emelkedés itt nem bizonyult statisztikailag jelentősnek ( $p = 0,1476$ ). A P9415, P9610 és P9025 hibridek fogékonyabbnak, míg a P9757 és P9074 ellenállóbbnak mutatkoztak. A neem-kezelés hatását vizsgáló kísérletben a kezelések között egyértelmű különbség mutatkozott: a neemmel kezelt minták fertőzöttsége 25–50%, míg a kontrollé 50–70% volt. Az időpont ( $p = 0,0063$ ) és a kezelés ( $p = 0,0011$ ) hatása szignifikáns volt, a neem átlagosan 25–30%-kal csökkentette a fertőzöttséget. A hibridek közti különbség is jelentősnek bizonyult ( $p < 0,0001$ ): a P9363 és P9070 hibridek voltak a legellenállóbbak, míg a P9415 és P9025 a legfogékonyabbak. A zöld *Aspergillus* fertőzöttség alacsony szinten maradt (0–15%), de a

neem-kezelés itt is szignifikáns csökkenést eredményezett ( $F = 48,72$ ;  $p = 2,02 \times 10^{-9}$ ), több hibridnél teljes gátlással (pl. P9415, P9398, P0450, P9025).

A kísérletek eredményei alapján a neem kivonat biológiai alapú alkalmazása ígéretes alternatív megoldást jelent a kukorica *Fusarium* és *Aspergillus* fertőzéseinek visszaszorításában. A neem-kezelés hatékonyan csökkentette a gombás fertőzöttséget. A neem-kezelés alkalmazása különösen javasolt azokban az években, amikor a meleg és párás időjárás kedvez a mikotoxin-termelő gombák elszaporodásának. A jövőben érdemes a neemkezelések hatását szántóföldi körülmények között is tesztelni, illetve más biológiai készítményekkel (pl. *Trichoderma* spp.) kombinálva értékelni. A neem alapú készítmények beillesztése az integrált növényvédelem rendszerébe hosszú távon hozzájárulhat a kémiai növényvédőszer felhasználásának csökkentéséhez, a környezeti terhelés mérsékléséhez és az élelmiszerbiztonság növeléséhez.

## **7. Köszönetnyilvánítás**

Köszönetet szeretnék mondani témavezetőmnek, dr. Bán Ritának, aki vállalta, hogy diplomadolgozati munkámat segíti és ellenőrzi. Ezek mellett mindig támogatott és türelemmel állt hozzám. Köszönöm a rengeteg segítséget, illetve, hogy időt nem sajnálva foglalkozott a dolgozatommal. Mindezekkel és nagy szakmai tudásával hozzájárult mind a dolgozatom megírásához, mind pedig a tanulmányaimhoz és fejlődésemhez egyaránt.

Szeretnék köszönetet mondani szüleimnek, édesapámnak Jankovics Gábornak, valamint édesanyámnak Jankovics Gábornénak, akik nélkül nem valósulhatott volna meg a vizsgálatom kivételezése. Köszönöm az Ő türelmüket és támogatásukat is, melyet tanúsítottak felém a tanulmányaim során.

## 8. Irodalomjegyzék

- Ali, J., Ahmed, M., Raza, S. and Fatima, N. (2025) 'Fungicidal effect of *Azadirachta indica* extracts against *Fusarium* spp.', *Journal of Fungal Biology*, 5(3), pp. 145–156. doi:10.1007/s44372-025-00211-6
- Akinmoladun, A. C., Adegbeye, M. J., Farombi, A. G. & Olafadehan, O. A. (2025) Multiple mycotoxin contamination in livestock feed: implications for animal health, productivity and food safety, *Toxins*, 17(8), 365. doi:10.3390/toxins17080365
- Alassane, A., Rossi, V. & Blandino, M. (2022) Impact of tillage and crop rotation on *Fusarium* infection and mycotoxin contamination in maize, *Field Crops Research*, 284, 108547. doi:10.1016/j.fcr.2022.108547
- Bán, R., Doshi, P., Berisha, A., Körösi, K., Kiss, J., Turóczy, G., Šerá, B., Skornyyk, A. & Nisha, N. (2025) Neem leaf extracts and azadirachtin trigger a moderate early defense response in sunflowers infected with downy mildew caused by *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni, *Agriculture*, 15(12), pp. 1–14. doi:10.3390/agriculture15121248
- Buttar, Z. A., Cheng, M., Wei, P., Zhang, Z., Lv, C., Zhu, C., Ali, N. F., Kang, G., Wang, D. & Zhang, K. (2024) Update on the Basic Understanding of *Fusarium graminearum*: Life cycle and pathogenesis. *Plants*, 13(8), 1159. doi:10.3390/plants13081159.
- Cao, H., Yan, L., Song, X., Liu, L., Xu, S., Hu, S. & Zhang, S. (2024) Determining the nutritional values of new corn varieties on growing pigs and broilers, *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1358773. doi:10.3389/fvets.2024.1358773.
- Dhawan, A. K. & Singh, S. (2003) Photostability of azadirachtin-A (a neem-based pesticide), *Pesticide Science*, 59(2), pp. 129–132. doi:10.1002/ps.631
- Dubreuil, P. & Lapierre, L. (2019) Nutritional evaluation of maize grain for ruminant feed, *Animal Feed Science and Technology*, 256, 114252. doi:10.1016/j.anifeedsci.2019.114252
- El Hadrami, I., Arrotéia, C. C. & Kemmelmeier, C. (2010) The effects of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) oil on *Fusarium oxysporum* f. sp. *medicagenis* and *Fusarium subglutinans* and the production of fusaric acid toxin, *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 1(1), pp. 1–6. doi:10.4236/abb.2010.11001

European Commission (2006) Commission Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, Official Journal of the European Union, L364, pp. 5–24.

European Commission (2023) Commission Regulation (EU) 2023/915 of 25 April 2023 on maximum levels for certain contaminants in foodstuffs and repealing Regulation (EC) No 1881/2006, Official Journal of the European Union, L119, pp. 103–180.

FAO (2019a). Maize: Post-harvest operations. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO (2019b). Sustainable use of pesticides: Guidelines for integrated pest management. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO (2023). Integrated Pest Management in maize production systems. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Feedipedia (2023). Maize grain (*Zea mays*) composition and nutritive value. INRAE, CIRAD, AFZ, and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/32>

Hudu, A. R., Addy, F., Komla Mahunu, G., Abubakari, A.-H. & Opoku, N. (2024) Zearalenone contamination in maize, its associated producing fungi, control strategies, and legislation in Sub-Saharan Africa, *Food Science & Nutrition*, 12(7), pp. 4489-4512. doi:10.1002/fsn3.4125.

Hidvégi, Sz. (Szerk.) (2007). Növénytermesztés. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Debrecen.

Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45–66.

Isman, M. B. (2020) Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides, *Phytochemistry Reviews*, 19(2), pp. 235–241. doi:10.1007/s11101-019-09653-9

Jakucs, E., & Vajna, L. (Szerk.) (2003). Mikológia. Budapest: Agroinform Kiadó.

Kilani-Morakchi, S., Morakchi-Goudjil, H. & Sifi, K. (2021) Azadirachtin-based insecticide: overview, risk assessments, and future directions, *Frontiers in Agronomy*, 3, 676208. doi:10.3389/fagro.2021.676208

Kiss, J., Tóth, F., & Ladányi, M. (2017). *Az integrált növényvédelem alapjai*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.

Kovač, M., Kocsubé, S., Bagi, F. & Mesterházy, Á. (2022) Effects of climate change on Fusarium mycotoxin contamination in maize in Central and South-Eastern Europe, *Toxins*, 14(7), 475. doi:10.3390/toxins14070475

Kovács, G., & Kállay, M. (2021a). A kukorica beltartalmi értékeinek változása különböző agrotechnikai tényezők hatására. *Agrokémia és Talajtan*, 70(1), 49–60.

Kovács, G., & Kállay, M. (2021b). A kukorica növényvédelmi kihívásai és a korszerű védekezési megoldások. *Agrofórum*, 32(4), 28–33.

Kovács, G., Szabó, B. & Tóth, A. (2022) Economic and agronomic importance of maize production in Hungary under changing climatic conditions, *Agronomy*, 12(8), 1935. doi:10.3390/agronomy12081935

Központi Statisztikai Hivatal (KSH), 2023. Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2023. Budapest: Központi Statisztikai Hivatal. <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/fobb-novenykulturak-termeseredmenyei-2023/index.html>

Központi Statisztikai Hivatal (KSH), 2024. A fontosabb növények vetésterülete, 2024. június 1. Budapest: Központi Statisztikai Hivatal. <https://www.ksh.hu/s/kiadvanyok/a-fontosabb-novenyek-vetesterulete-2024-junius-1/index.html>

Kumar, A., Singh, R., & Sharma, N. (2018). Evaluation of antifungal potential of neem oil and azadirachtin against maize pathogens. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(4), 124–131.

Kumari, P., Chauhan, A., Bhardwaj, R. & Srivastava, R. K. (2019) Degradation kinetics of azadirachtin under variable environmental conditions, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(6), pp. 1025–1030.

Lach, J. & Kotarska, K. (2024) Negative effects of occurrence of mycotoxins in animal feed and biological methods of their detoxification: a review, *Molecules*, 29(19), 4563. doi:10.3390/molecules29194563

Laczi, K., Sipos, L., & Németh, Z. (2022). A precíziós növényvédelem lehetőségei a kukoricatermesztésben. *Növényvédelem*, 83(2), 112–119.

Leslie, J. F. & Summerell, B. A., (2006). Media – recipes and preparation. In: The Fusarium Laboratory Manual. Ames, Iowa: Blackwell Publishing, pp. 5–14.

Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2013). An overview of Fusarium. In D. W. Brown & R. H. Proctor (Eds.), *Fusarium: Genomics, Molecular and Cellular Biology* (pp. 1–9). Caister Academic Press.

Liu, H., Zhao, Y., Zhang, M. & Chen, W. (2024) Molecular mechanisms of Fusarium infection and host defense in maize, *Plant Pathology Journal*, 40(3), pp. 215–229. doi:10.5423/PPJ.OA.2023.0410

López-Coria, M., Guzmán-Chávez, F., Carvente-García, R., Muñoz-Chapul, D., Sánchez-Sánchez, T., Arciniega-Ruiz, J. M., King-Díaz, B. & Sánchez-Nieto, S. (2023) Maize plant expresses SWEET transporters differently when interacting with *Trichoderma asperellum* and *Fusarium verticillioides*, two fungi with different lifestyles, *Frontiers in Plant Science*, 14: 1253741. doi:10.3389/fpls.2023.1253741

Loy, D. D. (2019) Nutritional properties and feeding value of corn and its co-products, in *Corn and Its Co-Products in Animal Nutrition*, pp. 23–45. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-811971-6.00023-1

Márton, L., Mesterházy, Á., & Dublec, K. (2020). A takarmánykukorica minőségének és beltartalmának alakulása különböző hibridekben és termesztési feltételek között. *Növénytermelés*, 69(3), 215–228.

Mesterházy, Á., Lemmens, M., & Reid, L. M. (2020a). Resistance and chemical control of Fusarium diseases in maize. *Cereal Research Communications*, 48(4), 435–445.

Mesterházy, Á., Oláh, J. & Popp, J. (2020b) Losses in maize caused by *Fusarium* spp. and their management, *Frontiers in Microbiology*, 11, 560. doi:10.3389/fmicb.2020.00560

Mesterházy, Á., Toldiné Tóth, E., Szél, S., Varga, M. & Tóth, B. (2020c) 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(9), 1283. DOI: 10.3390/agronomy10091283.

Mesterházy, Á., Szeibert, D., Tóth Toldiné, E., Nagy, Z., Szabó, B., Herczig, B., Boros, I., & Tóth, B. (2022). Updating the methodology of identifying maize hybrid resistant to ear rot pathogens and their toxins. *Journal of Fungi*, 8(3), 293.

- Mitrović, I. (2025) *Trichoderma harzianum* in biocontrol of maize fungal pathogens: A review, *Microorganisms*, 11(6), 416. doi:10.3390/microorganisms11060416
- Munkvold, G. P. (2003). Cultural and genetic approaches to managing mycotoxins in maize. *Annual Review of Phytopathology*, 41, 99–116. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.41.052002.095548>
- Munkvold, G. P., & White, D. G. (2016). *Compendium of corn diseases* (Vol. 165). APS Press, St. Paul.
- Nagy, J. (2012). *Versenyképes kukoricatermesztés*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Nguyen, T. B. H., et al. (2024). Shifts in *Fusarium* communities and mycotoxins in maize: Drivers and implications. *Microorganisms*, 12(9), 1783. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12091783>
- Niu, G., et al. (2024). Advances in understanding *Fusarium graminearum*: Sexual reproduction, secreted proteins and DON regulation. *Genes*, 15(4), 475. <https://doi.org/10.3390/genes15040475>
- Popiel, D., Kiecana, I. & Bryła, M., 2024. *Fusarium* species shifts in maize grain as a response to climatic change. *Agriculture*, 14(10), p.1793. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101793>
- Shiferaw, B., Tesfaye, K., Kassie, M., Abate, T., Prasanna, B. M. & Menkir, A. (2021) Managing vulnerability to drought and enhancing livelihood resilience in maize-based systems in sub-Saharan Africa, *Food Security*, 13(2), pp. 261–279. doi:10.1007/s12571-020-01132-7
- Skoufogianni, E., Solomou, A. (2020) Corn and cob meal: Nutrient composition and feeding value, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105(12), pp. 4354-4362. doi:10.1002/jsfa.10611
- Somfalvi-Tóth, K. (2017). A kukorica az éghajlatváltozás tükrében. *Agrofórum Extra*, 72(12), 8–10.
- Summerell, B. A. (2019). Resolving *Fusarium*: Current status of the genus. *Annual Review of Phytopathology*, 57, 323–339.
- Summerell, B. A., Laurence, M. H. & Leslie, J. F. (2022) Environmental influences on *Fusarium* population dynamics in maize fields, *Frontiers in Microbiology*, 13, 932412. doi:10.3389/fmicb.2022.932412

- Szécsi, Á., & Szőke, Cs. (2023a). Fusarológia: A Fusarium-nemzetség biológiája (1.). *Növényvédelem*, 84(59), 248–252.
- Szécsi, Á., & Szőke, Cs. (2023b). Fusarológia: A Fusarium-nemzetség biológiája (4.). *Növényvédelem*, 84(59), 532–535.
- Szőke, Cs. (2019). A kukorica gombás betegségei és ellenük való védekezés – A kukorica csövet károsító betegségek (2/1). *Agrofórum*. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/a-kukorica-gombas-betegsegei-es-ellenuk-valo-vedekezes-a-kukorica-csovet-karosito-betegsegek-2-1/>
- Szőke, Cs., Árendás, T., Bonis, P., & Szécsi, Á. (2009). Fusarium stalk rot: A biotic stress factor decisive for maize stalk strength. *Cereal Research Communications*, 37, 337–340.
- Szőke, Cs., Spitkó, T., Kovács, A., Heilmann, E. Cs., Sipos, Á., Pintér, J., Berzy, T., & Marton, L. Cs. (2021). A kukorica fuzáriumos megbetegedéseiről. *Agrofórum Extra*, 92, 86–88.
- Szőke, Cs., Spitkó, T., Pintér, J., Tóthné Zsubori, Zs., Berzy, T., Bónis, P., Magyar, D., Molnár, O., & Marton, L. Cs. (2017). A kukorica gombás betegségei és ellenük való védekezés. *Agrofórum Extra*, 72, 82–83.
- Tóth, A., Balogh, M. & Sipos, G. (2023) Influence of tillage intensity on Fusarium infection and mycotoxin accumulation in Hungarian maize production systems, *Cereal Research Communications*, 51(3), pp. 345–359. doi:10.1007/s42976-023-00357-4
- Ung Yi, Z. S., Ismail, S. I. and Musa, M. H. (2021) ‘Effect of Aqueous Neem Leaf Extracts in Controlling Fusarium Wilt, Soil Physicochemical Properties and Growth Performance of Banana (*Musa spp.*)’, *Sustainability*, 13(22), 12335. doi:10.3390/su132212335
- Varga, G., & Dublec, K. (2018). *Takarmányozástan I.: A takarmányok értékelése és etetése*. Keszthely: Pannon Egyetem, Georgikon Kar.
- Yang, R., 2025. Green guardians: The biocontrol potential of *Pseudomonas fluorescens*. *ScienceDirect*. <https://doi.org/10.1016/j.scientific.2025.00009>
- Yao, X., Guo, H., Zhang, K., Zhao, M., Ruan, J. & Chen, J., 2023. Trichoderma and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology*, 14, p.1160551. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>

Yusuf, S. A., Ojo, O. A. & Abiola, O. A. (2023) Toxicological impacts of aflatoxin exposure in animals and humans: mechanisms, biomarkers, and control strategies, *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1178390. doi:10.3389/fvets.2023.1178390

http1: MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (MTA TAKI) Környezetinformatikai Osztály <http://mta-taki.hu/hu/osztalyok/gis-labor/agrotopo>

## 9. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

Jankovics Eszter (név) (hallgató Neptun azonosítója: V37EX1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgot/szakdolgot/diplomadolgot/portfóliót<sup>1</sup> áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgot/szakdolgot/diplomadolgot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

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

Kelt: 2025 év 11 hó 11 nap

*Bán Rita*

belső konzulens

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

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendó.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendó.

## NYILATKOZAT

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

A hallgató neve:	Jankovics Eszter
A Hallgató Neptun kódja:	V37EX1
A dolgozat címe:	Különböző kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének és a neem-kezelés hatásának vizsgálata
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Integrált Növényvédelmi Tanszék

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

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

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

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

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

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

Kelt: 2025 év 11 hó 11 nap

  
Hallgató aláírása

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

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

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

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Jankovics Eszter
Neptun-kódja:	V37EX1
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input type="checkbox"/> BSc/BA <input checked="" type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	DIPLOMADOLGOZAT
A munka címe:	Különböző kukorica hibridek belső fuzáriumos fertőzöttségének és a neem-kezelés hatásának vizsgálata

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

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

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

*(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)*

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

#### I. TÁBLÁZAT: Asszisztens vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

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

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
FORRÁSKUTATÁS	CHATGPT, GPT5	

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

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

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

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

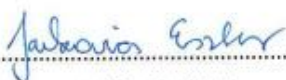
.....

.....


### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: Dunaszentbenedek, 2025. 11. hó 10. nap



Hallgató aláírása



Konzulens/Témavezető aláírása