



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növényorvos MSc Szak

Kukoricahibridek fuzáriumos fertőzöttségének összehasonlító vizsgálata

Belső konzulens: **Dr. Bán Rita**
egyetemi docens

Készítette: **Rapcsák Rebeka**
F9LEO6
nappali

Tanszék:
Integrált Növényvédelmi Tanszék

Gödöllő
2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Irodalmi áttekintés	6
2.1 A kukorica jelentősége	6
2.2 A kukorica fuzáriózisa	8
2.2.1 A fuzáriózist okozó gombafajok és jelentőségük kukoricában	8
2.2.2. A kukorica fuzáriózis tünetei	9
2.2.3. A fuzáriumgombák fejlődésmenete kukoricában és ökológiai igénye	10
2.2.4. Integrált védelem a kukorica fuzáriumos betegségei ellen	12
2.2.5. A <i>Fusarium</i> fajok okozta minőségi kártétel	14
2.2.5.4. <i>Fusarium</i> toxinok törvényi szabályozása és határértékei	18
3. Anyag és módszer	21
3.1 Terület elhelyezkedése és a táblák tulajdonságai	21
3.3. A vizsgált kukorica hibridek	22
3.4 A kísérlet beállítása	25
3.4.1. Agrotechnikai műveletek a kísérleti táblákon	25
3.4.2. Betegség felvételezés	26
3.4.3. Mintavételezés	27
3.5. Belső fuzáriumos fertőzöttség laboratóriumi vizsgálata	27
3.5.1 Táptalaj készítés	27
3.6. A kórokozók izolálása kukoricaszemekből	28
3.6.1 A gombanövekedés megfigyelése	29
4. Eredmények	30
4.1. A kutatási időszak csapadék adatai	30
4.2. Szabadföldi felvételezés	30
4.2.1. Saját területeken végzett szabadföldi felvételezés (2023)	30
4.2.2. Szomszédos kukoricatáblák felvételezése (2023)	32
4.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	33
4.3.1. A 2021. évi minták laborvizsgálat eredményei	33
4.3.2. 2022-es laborvizsgálat eredményei	34
4.3.3. 2023-as laborvizsgálat eredményei	38
5. Következtetések, javaslatok	43
6. Összefoglalás	45

7. Köszönetnyilvánítás	47
8.Felhasznált irodalom	50
9. Mellékletek	55

1. Bevezetés

A kukorica (*Zea mays* L.) a legjelentősebb termesztett kultúrák közé tartozik. Másnéven a kalászosok királynője, mert a kalászosok közül a legmagasabb a hozama. A kukorica változatos környezeti viszonyok között termeszthető növény, jelentős szerepet tölt be a világ népességének növekvő keresletében. Ez egy több hasznú növény, amelyet főként élelmiszeriparban, takarmányiparban, illetve az ipari feldolgozás során hasznosítanak.

Felhasználását tekintve sokoldalú a növény: humán táplálkozásban is jelentős szerepet tölt be, az ipar számára is fontos, jelentős takarmányforrás, mint siló és szemes takarmány tekintetében. Hazánkban 2022-ben a betakarításra került kukoricaterület 816 643 ha-ra becsülhető, melynek a betakarított átlaga 3,41 t/ha volt. Szinte az egész ország területén foglalkoznak a termesztésével, a kukorica legjelentősebb területnagysága a Dunántúlon (383 759 ha) helyezkedik el. A legkisebb területeken, Közép- Magyarországon (32 240 ha) (KSH 2022).

A kórokozói közül a legfontosabbaknak a *Fusarium* fajok tehetők. Ezek a kórokozók csökkentik a termés mennyiségét illetve a minőségét a mikotoxin termelése miatt, amely negatívan hat az emberek és az állatok egészségére. Fontos, hogy a *Fusarium* fajok megjelenését megakadályozzuk, vagy megjelenésüket alacsony szintre szorítsuk vissza, hogy ne legyen jelentős a gazdasági veszteség.

A kukoricában, a gombás betegséget okozó kórokozók közül, a *Fusarium spp.* nem pusztán a növényre, hanem az állatok és az emberek életére is egyaránt káros. Az egyéni élelmiszerek, valamint állati takarmányok által termelt mikotoxinokkal való szennyeződése *Fusarium spp.* különböző egészségügyi nehézségeket okoz embereknél, illetve az állatoknál, mint például a lovak leukoencephalomalacia, humán nyelőcső-, valamint májrák. (Tiru et al. 2021).

Fontos a betegség kialakulásának a megakadályozása, illetve a megjelenő mennyiségnek meghatározott gazdasági szint alá csökkentése. Az agrotechnikai védekezésnek jelentős szerepe van a megjelelésükben, ugyanis megfelelő talajművelés alkalmazásával, illetve optimális időben történő vetéssel és betakarítással, illetve a vetésforgó betartásával jelentősen csökkenthető a megjelenése. A vetésforgót tekintve fontos, hogy búza után ne vessünk kukoricát, mert mindkét növényfajnak jelentős rokon kórokozói vannak. A kukorica kémiai növényvédelmében korlátozásra került a fuzárium elleni védekezési lehetőség. A rovarok károsításai következtében könnyebben betegednek meg a növények fuzáriummal, ezért is fontos, hogy nagy odafigyelést kapjanak a rovarölőszeres kezelések. A megelőző lépések

közé tartozik a megfelelő fajtaválasztás. A megelőzésben jelentős szerepet tölt be a fajtaválasztás, ugyanis szemelőtt kell tartani a genetikai védelmet, ugyanis vannak ellenállóbb, kevésbé fogékonyabbak fajták, melyek helyes megválasztásával visszaszorítható a betegség (Békési 2019).

Dolgozatom célja, hogy felmérjem a gazdaságunkban és a szomszédos kukoricaterületeken a fuzáriumos csőpenész előfordulását különböző hibrideken. Célom volt továbbá a belső fuzáriumos fertőzöttség laboratóriumi vizsgálata is.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 A kukorica jelentősége

A búzához és a rizshez képest a kukoricát lehet a legsokoldalúbban felhasználni. A megtermelt kukoricamennyiség kétharmadát takarmányként használják fel. Felhasználhatják szemes és siló formájában is ez által állatok etetésre alkalmas, hiszen nagyon magas energiatartalmú táplálék, mert magasabb olajtartalommal rendelkezik, mint a búza, árpa. Mindemellett a többi gabonafélékhez képest nagyon alacsony a fehérjetartalma ([http1](#)).

Az egyik legfőbb élelemforrás a világ számos részében. Világviszonylatban 116 millió tonna kukorica kerül emberi fogyasztásra. Jelentős szerepe van keményítő és sütóolaj előállításban, illetve sütőipari, finomított és feldolgozott termékekben is nagy szerepet tölt be. Az Egyesült Államok keményítősükségletének 90%-át a kukorica adja. Kukorica feldolgozott formái között jelen van a kukoricapehely, kukoricadara, kása, illetve a pattogatott kukorica. Felhasználható még keményítőforrásként, gyógyszer-, papír-, bányászati és építőiparban egyaránt. Előállítása során a kukorica csírákat, rostokat és fehérjéket kapunk. Megtalálható még műanyagcsomagolóanyagokban, újrahasznosított papírban, hullámkartonban, mosószerben, festékekben, pelenkákban, kozmetikai termékekben, ragasztókban, illetve felületaktív szerekben és agrokémiai anyagokban. Az Egyesült Államok kukoricatermésének 40%-át bioetanolnak állítják elő. Egy tonna kukoricából 4-5000 liter bioetanol állítható elő. Európa jelentős részén a biogáz fő nyersanyagaként termesztik, zöldenergia előállítás érdekében ([http1](#)).

2021/2022-ben több mint 47 milliárd tonna kukoricát használtak fel világszerte. Az Egyesült Államok és Kína voltak a legnagyobb kukoricaimportőrök abban az évben. Az Egyesült Államok kukoricaimportációja volt a legnagyobb világszerte, a csemegekukorica importációja viszont drasztikusan csökkent 2015 óta. 2021-ben Kína volt az Egyesült Államok kukorica legnagyobb importőre, majd Mexikó követte. Ebben az időszakban az Egyesült Államok adták a világ kukoricatermelésének több mint egyharmadát. Termelésük nagyobb része a középnyugati részen fekvő kukoricaövezetből származott. Ezen a területen 1850-óta uralkodik a kukorica ([http2](#)).

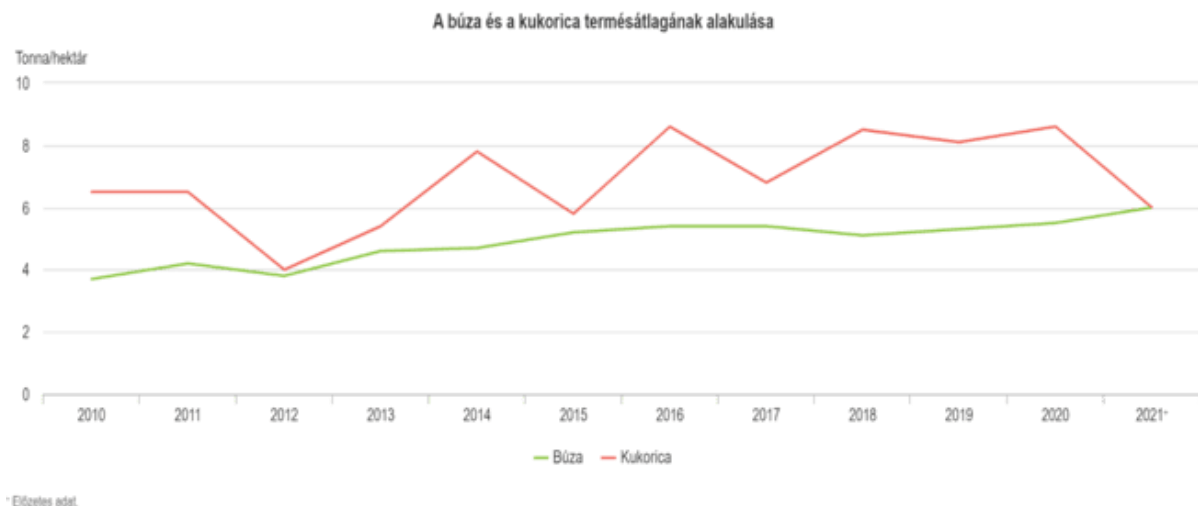
Az Egyesült Államokban szántóföldi kukoricával foglalkoznak leginkább, amelyet elsősorban nem emberi fogyasztásra szánnak, hanem egyéb termékek előállításához használnak fel, mint például etanol, állati takarmány, illetve egyéb ipari cikkek. 2021-ben több mint 85 millió

hektárról takarították be a kukoricát (http2). A termesztésben nemcsak a szárazság, hanem a szokatlanul hűvös tavaszi időjárás is megnehezítette a növénytermesztők munkáját. A betakarított gabona mennyisége 1,9 millió tonnával csökkent, amelybe beleszámolva a kukorica termésveszteségét 13,7 millió tonnára tehető 2021-ben. 2021-ben az alacsonyabb termésmennyiség következtében a gabonatermelés hazánkban 46%-át a kukorica adta, a búza pedig 39%-át, a harmadik legnagyobb területen termelt kultúrnövény az árpa mely 9,4%-át teszi ki, amelynek megoszlását az 1. ábra mutatja.



1. ábra A gabonafélék termésmennyiségének megoszlása 2021-ben
(Forrás: www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2021/index.html)

2021-ban a betakarított terület nagyság 1 millió hektár fölé emelkedett. A termőterület nagysága növekedett az előző évihez képest, viszont a megtermelt kukorica mennyisége csak 6,3 millió tonna volt, amely az előző évek mennyiségétől 22%-kal marad el. A hektáronkénti termés csökkenést a vegetációs időszak alatt bekövetkező időjárásváltozásnak tudható be. Az aszályos években (2012-ben, 2015-ben, 2017-ben és 2021-ben) a termésátlag kevésbé tért el a búzától ezt ábrázolja a (2. ábra) (http3).



2. ábra Búza és a kukorica termésátlagának alakulása
(Forrás: www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2021/index.html)

2.2 A kukorica fuzáriózisa

2.2.1 A fuzáriózt okozó gombafajok és jelentőségük kukoricában

A betegség kórokozója a *Gibberella zeae* (Ludwig David von Schweinitz) / *Fusarium graminearum* (Schwabe), *Fusarium culmorum* (WG Sm), *Gibberella moniliformis* (J. Sheld.) / *Fusarium verticillioide* (Sacc.), *F. proliferatum* (Matsush), *F. subglutinans* (Wollenw. & Reinking). A természetben általában az ivartalan, konídiumos alakok fordulnak elő, amelyek a Deuteromycota törzsbe tartoznak. Az ivaros alakjuk ritkán jelenik meg vagy nem is ismert, ezek az Ascomycota törzsbe tartoznak. *F. oxysporum* egy gazdaságilag jelentős fonalas gomba, amely Ascomycota törzsbe, a Sordariomycetes osztályba, a Hypocreales rendbe, a Nectriaceae családba és a *Fusarium* nemzetségbe tartozik (Zhang és Ma 2017).

Búza és kukoricatermesztés során nagy gondot okoznak a *Fuzárium* nemzetségbe tartozó gombák, amelyek a talajban és a növényekben gyakran előforduló fonalas gombák által okozott fertőzések, amelyek mind a szántóföldön mind pedig raktározás során fertőzik a terményt. A *F. graminearum* a legelterjedtebb faj, amely világszerte nedves és félnedves területeken fertőzi meg a gabonaféléket (Gwiazdowska et al. 2022.). A *Fusarium* nemzetségbe nagyon sok faj tartozik, az ide tartozó fajok a pusztító kórokozók közé sorolhatók, melyek másodlagos metabolitok széles skáláját foglalja magába. Ezek a metabolitok sejttoxicitással, az állatok növekedésére és fejlődésére gyakorolt negatív hatással,

illetve az emberek és háziállatok rákos megbetegedéseivel kapcsolhatók össze, amely fontos a mezőgazdaság és az élelmiszerbiztonság szempontjából (Glenn 2007).

A *Fusarium* fajokra a gyorsan növvő telepek jellemzők, melyek nemezes vagy pelyhes légmicéliummal jelennek meg. A telepek pigmentációja a halvány rózsaszín, de előfordulhatnak különböző színű telepek is, bordótól egészen a kékes színig, melyek színét befolyásolja a fajta, illetve a növekedési tulajdonság is (Asam et al. 2017).

2.2.2. A kukorica fuzáriózis tünetei

A kukoricát fertőző *Fusarium* fajok polifágok, talajlakók, gyengültségi paraziták. Gyengült, rosszul táplált, sérült növényeket fertőzi meg. A kukoricamoly által károsított csöveken és a szárazon általában megjelenik a *Fuzárium*. A kórokozó előfordulásában jelentős szerepet tölt be a vetőmaggal történő fertőzés, kukorica-búz bikultúrás termesztés, a csírázás és a kelés alatti hideg idő, a nyár végi meleg és az esős idő. A fertőzés súlyosbodhat, ha túl sűrű az állomány, az egyoldalú N-ellátás, a mély vetés, csírázás és kelés ideje alatti hideg esetén (Osborne és Stein 2007).

A szárkorhadás a legelterjedtebb és legjelentősebb betegség. A szárkorhadás inkább virágzáskor válik intenzívebbé, a növény visszamarad a növekedésben, a szövetek roncsolódnak, az egész tő vörösödik, hervad, majd pedig kidől, a szemek szétesnek, a szár belső szöveti része rózsaszín-lazac színre színeződik el. Az alsó internódiumokon megjelenik a gomba micéliumszövedéke, sporodochiumok és peritéciumok is képződnek a szár felszínén és akár a gyökereken is (Dorn 2009). Megjelenése megakadályozza a tápanyagnak és a víznek a levelekbe és csövekbe való eljutását. *F. graminearum* és a *F. verticillioides* esetében barna csíkok jelennek meg a szár alsó részein. A fertőzés fokozatosan terjed felfelé, ami egyre több betegséget idéz elő (Tiru et al. 2021).

A legsúlyosabb tünettípus a csőpenészesedés, amely ellen a rezisztenciára nemesítés nem hatékony ellentétben a szárkorhadással. A penészesedés a cső végétől indul a cső alap felé, a csutka barnul, illetve szétmállik. A csövön megjelenik a fehéres, lilás színű micéliumszövedék, amely a csuhéjleveleket a csőhöz tapasztja. A fertőzött szemek elszíneződnek, matt színűvé válnak, ráncosodnak, kisebbek lesznek az egészséges szemekhez képest. Az ilyen fertőzött szemekből fejlődő csíranövények elpusztulnak, gyengén fejlődnek, a gyökér és a csíra elbarnul, torzul és el is rothad a talajban. A magrothadás is fontos

betegség, amely gyenge és sérült vetőmag esetén jelentkezik, melynek következtében fogékonyabbá válik (Foround et al 2014).

A csőrothadással szembeni ellenállóság a szemes és a silókukorica esetében is fontos. A silókukorica szárkorhadásának megakadályozása nagyon fontos, mert a mikotoxinok megjelennek a szárban is (Mesterházy et al. 2012). A *Fusarium* fajok nemcsak hozamvesztést, hanem minőségi csökkenést is előidéznak. A szemekben megjelenő mikotoxinok, negatívan befolyásolják az élelmiszer- és takarmánybiztonságot, ezáltal veszélyt jelentenek az emberek és az állatok egészségére. (Ferreira et al 2018).

2.2.3. A fuzáriumgombák fejlődésmenete kukoricában és ökológiai igénye

A *Fusarium* fajok a kukorica valamennyi részét fertőzhetik csírázástól egészen a betakarításig. A talajban telelnek szaprofita módon, a fertőzött növényi maradványokon micélium, továbbá klamidospórák, esetleg a fertőzött vetőmagban micélium, a szemek felületén klamidospóra, valamint konídium formájában vannak jelen. A vetőmag belsejében 3-4 évig, annak külsején akár 1-2 évig életképesek. A kórokozók a magot és a csíranövényt kelés előtt a talajban megtámadhatják és el is pusztíthatják. A mikrokonídiumokat a szél és az eső szállítja a növény leveleire, ahonnan bemosódhatnak a levélhüvelybe, illetve a száron lévő sérüléseken keresztül közvetlenül a szárban is indíthatnak fertőzést (Bergstrom 2002). A virágzás időszakában a bibeszálakon keresztül történik a behatolás (Duncan és Howard 2010). A megtermékenyülés után a csövön megjelenik a csőpenészesedés, amely leggyakrabban a csővégtől indul ki. Gyökéren keresztül fertőzi a szárat majd a csövet is. A talajról szél segítségével közvetlenül a csőre is kerülhet a kórokozó szaporítóképlete. A rovarok és a szélsőséges időjárási körülmények növelik a fertőzöttség kialakulásának a kockázatát (Nedelnik et al. 2012)

A *Fusarium* fajok életciklusa a gazdatelep megtelepedésével indul, amelynek sikeres túlélésével sporulációhoz vezet. Az esőcseppek és a szél hatására szétszóródnak. Az életciklusokat befolyásolja a környezeti változások, amelyek stresszt idéznek elő, ami lehet abiotikus és biotikus is, ezek károsíthatják a normál anyagcserét és az adaptációt (Pericherry et al. 2019).

Az éghajlatváltozás hatással lesz a *Fusarium* fajok előfordulására, ezáltal a toxinok előfordulására is (Asselt et al. 2012.). A nemzetség előfordulásának kedvez a nedvesség, a 0,86 -nál magasabb vízáktívítás, a 0–37 °C körüli hőmérséklet (Asam et al. 2017). Észak-Amerikában és a világ más részein a gabonafélékben előforduló *Fuzárium* nemzetség okozta fertőzés nagy veszteségeket idézett elő (Yu et al. 2020).

F. graminearum 15–37 °C között fejlődik, optimális hőmérséklete 24-26 °C között helyezkedik el. A növekedés minimális értéke 15–25 °C között közel 0,90. A DON 25-30 °C között jelentkezik (Asselt et al. 2012.). Azt, hogy ez a gomba DON-t vagy NIV-et termel, azt a gombatorzs földrajzi eredetétől függ (Yu et al. 2020). *F. avenaceum*, *F. culmorum* és *F. poae* a hidegebb területeken fertőznek. Az *F. avenaceum* kedveli az 5-15 °C-os átlaghőmérsékletű és az 500-1000 mm-t meghaladó csapadékmennyiséget, ez a faj jelentősen tolerálja a hőmérsékletet és a páratartalmat. A *F. culmorum* a változó hőviszonyokkal szemben toleráns, bár ennek a gombának a gombafélékre gyakorolt káros hatása magasabb hőmérsékleten nagyobb (Mielniczuk és Bednarz 2020). Ez a gomba mindig DON-t termel (Yu et al. 2020).

Egyes szerzők szerint az *F. poae* száraz időjárási körülmények között is kolonizál (Xu et al. 2007). Az elsődleges oltóanyag-forrás a betakarítás után a talajban vagy a felszínen visszamaradt gombák. Ezek a gombák szaprotróf micélium vagy gombák formájában maradhatnak fenn, illetve gyomnövények által is, mert vannak olyan gyomok, amelyek a *Fusarium* nemzetségbe tartozó gombák gazdái.

A *G. zeae* peritéciumának 15-25 °C közötti hőmérséklet a legideálisabb, de ez alatti és fölötti hőmérsékleten is képes a föld feletti maradványokon, illetve a kukorica- és búzaszemeken fennmaradni és fejlődni. Az aszkospórák az esti órákban a pára növekedése következtében szabadulnak fel. Több tanulmány arra utal, hogy a betegség kialakulását inkább az időjárási tényezők befolyásolják, és csak kismértékben befolyásolja a forgatás és a talajművelés (Gilbert 2010). A Gibberella fülrothadás járványához három tényező szükséges: a levegő vagy rovarok által terjedő spórák, megfelelő időben történő fertőződés, illetve megfelelő nedvesség és hőmérséklet. Ez a betegség az északi mérsékelt éghajlaton elterjedt, különösen nedves években, de sokkal kevésbé gyakori a trópusokon (Yu et al. 2020).

2.2.4. Integrált védelem a kukorica fuzáriumos betegségei ellen

A kukoricatermesztés sikere érdekében fontos, hogy integrált szemléletet alkalmazzunk. Tehát a növényi betegségek ellen az agrotechnikai módszerek, a rezisztencianemesítés, a kémiai- és biológiai növényvédelem együttes alkalmazásával lehetséges.

A fuzáriózis elleni védekezésben nagy szerepet tölt be a helyes agrotechnika alkalmazása. Ezek a következők: optimális tápanyagellátás, a hibridek igényének megfelelő tőszám, nem túl korai és nem túl mély vetés, fertőzött növényi maradványok mély aláforgatása, a termelőhelynek megfelelő hibridek választása. Fontos odafigyelni a helyes növényi sorrendre, hogy a *Fusarium* fajok gazdanövényei ne kövessék egymást (Schaafsma et al. 2001). Kerülendő a kukorica-monokultúra, a búza-kukorica egymás utáni termesztése, hiszen a második évben megnő a fertőzés veszélye, a talajban, növényi maradványokon áttelelt szaporítóképletek miatt (Schaafsma et al. 2001). A bikultúrát alkalmazott területekről gyűjtött minták 45%-ban kimutatható volt a Zearalenon. A *Fusarium spp.* előfordulását korlátozzák a hüvelyes elővetemények. A megelőzésben fontos szerepet kap a fajtaválasztás, hiszen ma már a fuzáriózisnak ellenálló, kevésbé érzékeny fajták is léteznek. Választáskor fontos még szemelőt tartanunk a környezeti tényezőket, hogy olyan hibridet válasszunk, amely a mi környezeti adottságainkhoz alkalmazkodni tud, ezzel csökkenteni tudjuk a növények diszpozíciójának kialakulását és visszaszoríthatjuk a betegséget (Weber és Kita 2010).

Az előző kultúrnövény maradványait mélyen a talajba kell forgatni, mert ezek kiváló táptalajai a gombáknak (Steinkellner és Langer 2004). Bizonyított, hogy ahol nem végeztek talajművelést a kukorica betakarítása után, ott a következő évben jelentősebb volt a fuzáriumos betegség búzán, mint azon a területen, ahol volt talajművelés (Mielniczuk és Bednarz 2020). Vetésnél fontos az optimális vetésidő és a vetési mélység, illetve figyelembe kell venni a termesztési kívánt hibrid igényeit, a megfelelő tőtávolság meghatározásához. Optimális időben történő vetés befolyásolja a gombák elleni növényvédelmet is (Jard et al. 2011). A korai vetés mérsékelt éghajlaton szintén védelmet nyújthat a *Fusarium spp.* ellen, ha az időjárási viszonyok kedvezőek. A növények számára fontos a megfelelő tápanyagellátás, ami nem csak a növények növekedését segíti, hanem a védekezés szempontjából is fontos szerepet játszik (Munkvold 2003).

A megfelelő agrotechnika alkalmazása mellett fontos odafigyelni a genetikai védelemre is. A szárkorhadás kialakulásának kedveznek a száron kialakult sérülések, ezért fontos, hogy a szár

tulajdonságaira kellő odafigyelést kell fordítani a nemesítési munka során. Szárkorhadás ellen nagy szárszilárdsággal rendelkező hibrideket nemesítettek. A védekezési lehetőség a rezisztenciára nemesítés és az ellenálló hibridek termesztése (Mesterházy et al. 2012). Megfelelő agrotechnika alkalmazásával csökkenteni tudjuk a növényi anyagok mikotoxin termelő gombákkal történő szennyeződést. (Blandino et al. 2009). A növényfertőzés és a mikotoxinokkal történő fertőződés akkor jelentős, ha a növény virágzási ideje és a gombaspórák megjelenésének ideje közel esik egymáshoz (Magan és Aldred 2007).

Tanulmányok kimutatták, hogy a legjelentősebb kukoricaszem-mikotoxin-szennyezettség a csapadékosabb és alacsony hőmérsékletű tenyészidőszakban jelenik meg, virágzástól egészen érésig. A megfelelő öntözés csökkenti az aszály okozta stresszt, illetve a *F. verticillioides* fertőzést (Blandino et al. 2017).

Tanulmányok támasztják alá, hogy fungicidek használatával csökkenthető a gomba megjelenése. A gombaölőszeres csávázás ma már nagyon fontos, hiszen megvédi a csíranövényt a fertőzéstől. A kultúrnövény állománykezelésére is van lehetőség viszont nem túl hatékony, ezért csak ritkán alkalmazzák (Pirogozliev et al. 2003). A fungicides kezelés mellett fontos a gyomirtó szerek, illetve a rovarölő szerek használata is, hiszen a gyomos területek kedvező körülményt biztosítanak a gombás megbetegedéseknek, a rovarok által okozott sérülések pedig utat biztosítanak a kórokozóknak. Kutatások bizonyítják, hogy azokon a területeken, ahol a gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) károsított, ott nagyobb mértékű volt a fuzáriumos fertőződés (Pirogozliev et al. 2003).

Nem elegendő a tenyészidőszakban védekezni, fontos a betakarítás után is kellő figyelmet fordítani a kezelésre. Megfelelő intézkedésekkel a patogén gombák és mikotoxinok kockázata visszaszorítható. Betakarítást követően a szem nedvességtartalma függ a biológiai és légköri tényezőktől, ezért is fontos, hogy betakarítás után megfelelő nedvességtartalomra szárítsuk le a szemeket. Ezzel megakadályozhatjuk a mikotoxin termelődését (Wegulo et al. 2011).

Tárolás során fontos odafigyelni a megfelelő levegőztetésre és a megfelelő páratartalomra ezzel is gátolva a penészgombák kialakulását. Kimutatták, hogy adszorbensekkel, mint például alumínium-szilikátokkal vagy polimerekkel eltávolíthatóak a toxinok. Biológiai módszereket is alkalmaznak a gombakórokozók biokontrolljának és a betakarítás utáni gabona mikotoxin-semlegesítésének részeként. A mikroorganizmusok képesek a mikotoxinokat nem mérgező vagy kevésbé mérgező termékekké alakítani (Mielniczuk és Bednarz 2020). Biológiai módszerek is alkalmazhatók a kórokozó biokontrolljának és a

betakarítás utáni toxinok semlegesítésére. A mikroorganizmusok képesek a mikotoxinokat nem mérgező, illetve kevésbé mérgezővé alakítani (Ji et al. 2016).

2.2.5. A *Fusarium* fajok okozta minőségi kártétel

A mikotoxinok a fonalas gombák vagy penészgombák másodlagos metabolizmusának mérgező termékei. Ezek mindenhol jelen vannak, betakarítás előtt, vagy után, megfelelő körülmények között képesek megtelepedni, ezáltal komoly termésvesztést okoznak, illetve csökkentik a fertőzött árú minőségét (Malachová 2017).

A 12 fajból a két legfontosabb kórokozó a *F. graminearum* és az *F. moniliforme*. Az *F. culmorum* a szemekben alig jelenik meg, míg a gyökér és szartői résznél 20%-os a megjelenési aránya (Mesterházy 1978). A *Fusarium* gombák által termelt fumonizinek elsősorban kukoricaőrleményekben, és abból készült termékekben jelenik meg. A lovak és a sertések kifejezetten érzékenyek fumonizininre. Magas fumonizin tartalmú takarmány etetése lovaknál agylágyulásra hasonlító tünetek jelentkeznek, sertéseknél tüdőödémát okozhat, egyéb állatoknál máj és vesekárosodást idézhet elő. Emberek esetében rákkeltő hatásra gyanakszanak ([http4](http://4)).

1. táblázat: Toxintermelő *Fusarium* fajok és mikotoxinjaik kukoricán
(Forrás: [http7](http://7))

<i>Fusarium specie</i>	Mycotoxins
<i>F. acuminatum</i>	T2, MON, HT2, DAS, MAS, NEO, BEA
<i>F. avenaceum</i>	MON, BEA
<i>F. cerealis</i>	NIV, FUS, ZEN, ZOH
<i>F. chlamydosporum</i>	MON
<i>F. culmorum</i>	DON, ZEN, NIV,
<i>F. graminearum</i>	DON, ZEN, NIV, FUS, AcDON,
<i>F. heterosporum</i>	ZEN
<i>F. oxysporum</i>	MON

<i>F. poae</i>	DAS, NIV, FUS,
<i>F. proliferatum</i>	FB1, BEA, MON, FUP
<i>F. sambucinum</i>	DAS
<i>F. sporotrichioides</i>	T2, HT2, NEO,
<i>F. subglutinans</i>	BEA, MON
<i>F. tricinctum</i>	MON
<i>F. verticillioides</i>	FB1

Jelmagyarázat: AcDON – Mono-acetyldeoxynivalenolok (3-AcDON, 15-AcDON); AcNIV – Monoacetylivalenol, (15-AcNIV); BEA – Beauvericin; DiAcDON – Di-acetyldeoxynivalenol (3,15-AcDON); DAcNIV – Diacetylivalenol (4,15-AcNIV); DAS – Diacetoxyscirpenol; DON – Deoxynivalenol (Vomitoxin); FB1 – Fumonisin B1; FB2 – Fumonisin B2; FB3 – Fumonisin B3; FUP – Fusaproliferin; FUS – Fusarenon-X (4-Acetyl-NIV); FUC – Fusarochromanon; HT2 – HT-2 toxin; MAS – Monoacetoxyscirpenol; MON – Moniliformin; NEO – Neosolaniol; NIV – Nivalenol; T2 – T-2 toxin; ZEN – Zearalenone; ZOH – zearalenolok (α és β izomerek).

2.2.5.1. Trichotecének

A *Fusarium* nemzetség által termelt mikotoxinokat az 1. táblázat is tartalmaz. A leggyakrabban termelt mikotoxinok: A, B, C, D típus. Az A típusú trichotecéneket a *F. sporotrichioides* és *F. poae* törzsek termelik, míg a B típusúakat a *F. culmorum* és *F. graminearum* termelik. Toxikusságuk és a gazdasági hatásuk következtében a legjobban tanulmányozott mikotoxinok közé sorolhatók. Eddig több mint 150 trichotecén származékot azonosítottak (Zhang és Ma 2017).

Az A típushoz tartozik a T-2 és HT-2 toxin, a B csoportba a DON, nivalenon, fuzarenon X és a DON. Az A és B típusú trichotecének leginkább árpában, búzában, zabban és kukoricában jelenik meg. Az A típus az enyhébb, alacsonyabb páratartalmú éghajlatokat kedveli. Európai kukoricatermő területeken ezt a típusú toxint, a kukorica vörös füles rothadásában mutatták ki. A T-2 toxin a legveszélyesebb, amely sugármérgezéshez hasonló tüneteket okoz. A T-2 toxinnak magasabb a toxicitása az élelmiszerekben, illetve a takarmányokban, ennek a toxinnak a szintjét nem szabályozzák több országban (Yu és Pedrosso 2023). A trichotecének termelése csökkenthető, időben történő a betakarítással, az áttelelt tarló beforgatásával, illetve a kukorica/ búza bikultúra elkerülésével (Mostrom és Raisbeck 2007). A B típusú

trichotecének gátolják a fehérje transzlációt, illetve a legmérgezőbb mikotoxin vegyületek tartoznak ide (Zhang és Ma 2017). A DON, illetve más B típusú toxin nem olyan mérgező, de magas koncentrációban halált okozhat (Yu és Pedrosso 2023).

A DON a szemekben előforduló leggyakoribb trichotecén; ezért a legnagyobb valószínűséggel az előállított élelmiszerekben és élelmiszer-összetevőkben, például tésztafélékben, kukoricában, kukoricalisztben, reggeli gabonafélékben, kukoricachipsekben, snackekben, pattogatott kukoricában és sörben megjelenhet. A gabonaféléket és a dióféléket gyakran használják kereskedelmi állateledelek összetevőjeként is (Nascimento és Taniwaki 2023).

Vizsgálatokkal támasztható alá, hogy az A típusúaknak magasabb a toxicitása a B típusúhoz képest (Yu és Pedrosso 2023). A trichotecén mikotoxint fogyasztó embereken és állatokon eltérő tünetek jelentkezhetnek (Zhang és Ma 2017). Szervezetbe jutva általános klinikai tüneteket okoznak, mint hányás, étvágytalanság, fogyás, illetve bőrre gyakorolt hatások is megjelenhetnek (Haschek és Beasley 2009). A toxikus hatásai mellett virulens faktorként vannak jelen a növény-gomba kölcsönhatásokban ez által növényvédelmi kölcsönhatásokat váltanak ki (Zhang és Ma 2017).

2.2.5.2. Zearalenon

A Zearalenont a *Fusarium spp.* nemzetségbe tartozó gombák termelik, amelyek megtalálhatóak az 1. táblázatban: a *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. crookwellense*, *F. semitectum*, *F. verticillioides*, *F. sporotrichioides*, *F. oxysporum acuminatum*, de leginkább a *F. graminearum* és *F. culmorum* (Yu és Pedrosso 2023). Világszerte elterjedt, de leginkább a mérséklet éghajlaton jelenik meg. Szántóföldi körülmények között általában alacsony koncentrációban van jelen (Gupta et al. 2018).

Gyakran kimutatható a gabonafélékben: búzában, árpában, kukoricában, cirokban, rozsban, rizsben, kukoricaszilázsban, szójában illetve sör és kukoricaolajban egyaránt. De jelen lehet emberi fogyasztásra szánt termékekben is, mint például pék árukban, tésztákban, kenyérben, tejben is megjelenhet, ha a tehenek olyan takarmányt fogyasztanak, amely Zearalenonnal szennyezett. Kutatások alátámasztják, hogy a legszennyezettebb termények közé tartozik a kukorica, a nyerskukorica, a bab, a gabona, illetve a hízósertések takarmánya. A legkevésbé

szennyezettek közé pedig a búza, árpa, borsó, a tehéntej helyettesítők, illetve a sör mintái voltak (Ropejko és Twaruzek 2021).

A Zearalenon gombák megjelenéséhez megfelelő körülményeket kell biztosítani, 20-25 °C közötti hőmérséklet és a 20% feletti páratartalom szükséges a megjelenéséhez. Ha a feltételek adottak, akkor 3 héten belül megjelennek. Ha a gombát stressz éri, vagy ha alacsony 8-15 °C-os hőmérséklet éri akkor néhány héten belül megjelenik a gomba (Ropejko és Twaruzek 2021).

A Zearalenon immunotoxikus, hepatoxikus, a kémiai szerkezetéből adódóan könnyen felszívódik a gyomor, illetve bélrendszeren keresztül így könnyen kölcsönhatásba tud lépni a fehérjékkel és a lipidekkel így váltva ki a toxicitást. Állatok szervezetébe bekerülve ösztrogénhatást fejt ki, magas dózis esetén állandó ivarzást, álterhességet akár meddőséget is okozhat (Yu és Pedrosso 2023).

2.2.5.3. Fumonizinek

A fumonizinek másodlagos metabolitok, melyeket gabonafélékben a patogén gombák okoznak (Kamle et al. 2019). Több mint 28 FUM létezik, melyeket négy kategóriába sorolhatunk FUM-ok A(FA), FUM-ok B(FB), FUM-ok C(FC) és FUM-ok P(FP). A fumonizin B változatai előfordulnak a környezetben. A leggyakrabban kimutatott a FUM B1, amely a rák kialakulásának elsődleges oka lehet (Kaur 2023). *F. verticillioides*, *Aspergillus niger* termeli a fumonizineket, amelyek leginkább kukoricában, szőlőben, borban, mazsolába vannak jelen alacsony koncentrációban. Nagyon sok betegséget okoznak, lovak esetében például a leukoencephalomaláciát. Afrikában, Dél- és Közép Amerikában, illetve Kínában nagyon sok kukoricát fogyasztanak, ennek következtében a fumonizin fogyasztása meghaladhatja az elfogadható szintet (Pitt 2014).

Ascomycota osztályba, *Netriaceae* családba tartozó *Fusarium* nemzetség szaprofitaként a talajban és a növényekben van jelen. Általában a növények rizoszférájában telepednek meg, onnan kerülnek a növény rendszerébe. Nemcsak a kukoricát támadja meg, hanem bizonyos dísznövényeket is, mint például az őszirózsát. A kukoricát leginkább betakarítás előtt fertőzi, ekkor termelnek fumonizineket, illetve kedvező tárolási körülmények között is termelhetnek. Rovarak által az érés idejében okozott károk elősegítik a természetben jelenlévő törzsek

könnyebb bejutását. A betakarítás előtti eső fokozhatja a fumonizin szennyeződét (Kamle et al. 2019).

A gomba növekedését és a fumonizin termelését befolyásoló tényezők a hőmérséklet és a vízpotenciál. A méreganyagok jelentősen felszaporodnak a mérsékelt és a mediterrán éghajlati övben. A mediterrán övben szélsőséges hőmérséklet, csapadék viszonyok, illetve hosszabb ideig tartó szárazság jellemző. Ezek a körülmények a mikotoxin gombák és az általuk termelt fumonizinek eltérhetnek, amely befolyásolja a védekezési stratégiát. *F. verticillioides* és a fumonizinek felhalmozódását az éghajlati viszonyok, a rovarkárosítás, illetve a növényi jellemzők határozzák meg. Az előbb említett gomba leginkább a virágzás szakaszában jelenik meg, a meleg és száraz körülményeket kedveli. Ha virágzás alatt 30-35 °C-os a hőmérséklet és kevesebb a csapadék, akkor kedvezők a feltételek a betegség kialakulásához (Kamle et al. 2019).

Az élelmiszerek szennyezettségét jelentősen befolyásolják a klimatikus tényezők. A kukorica, illetve a kukoricából készült termékek FB1 által a legfertőzöttebbek. Az FB1 és FB2 szennyezettsége a kukoricalisztből készült tortilla, chips gyártása során 59%-kal, lisztnél 60%-kal, a gríznél és a snacknél 50%-kal csökken az extrudálásnak és a hőkezelésnek köszönhetően (Kamle 2019).

Fumonizinnel való mérgezés következtében hasmenés, hasi fájdalom, illetve nyelőcsőrak alakulhat ki. Egy hagyományos közép-amerikai eljárással a nixtamalizálással jelentősen csökkenthető a szintje, illetve ha 160 °C feletti hőmérséklet is csökkenti (Pitt 2014).

2.2.5.4. *Fusarium* toxinok törvényi szabályozása és határértékei

Az Európai Bizottság megállapította gabonákban, valamint gabonakészítményekben a maximálisan megengedhető fuzáriumtoxin mennyiségeket. A fogyasztók egészségét kockáztató magatartás az, amikor a határérték felett szennyezett tételeket a nem, esetleg kevésbé szennyezettel keverik, ezen kívül az eladhatóság érdekének céljából a határérték alá állítják be. Az élelmiszerekben megjelenő egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szóló 1881/2006/EK rendelet, továbbá az ezt módosító 1126/2007/EK rendelet szabályozza. A feldolgozatlan, ezen kívül feldolgozott, egyéni felhasználásra szánt gabonafélékben maximálisan megengedhető DON, Zearalenon, továbbá fumonizin tartalmára

irányuló információkat az 2. táblázat tartalmazza. Az élelmiszerekre irányuló, jogszabályban megadott határértékek betartása kötelező, a határértéket meghaladó szennyezettségű tétel nem hozható forgalomba. Tekintettel arra, hogy e határértékeket az Unió rendelettel szabályozza, a rendelet Magyarországon is közvetlen módon, kötelezően érvényes. ([http4](#)).

2.táblázat: Fuzáriumtoxinok megengedett napi beviteli értékei és a DON akut referencia dózisa
(Forrás: [http4](#))

DEOXINIVALENOL	Határérték (µg/kg)
Feldolgozatlan gabonafélék, kivéve durumbúza, zab és kukorica	1250
Feldolgozatlan kukorica, a nedves őrlésre szánt feldolgozatlan kukorica kivételével	1750
A kukorica 1103 13 vagy 1103 20 40 KN-kód alá tartozó, 500 mikronnál nagyobb 7 méretű őrlési frakciói és kukoricából származó egyéb, nem közvetlen emberi fogyasztásra szánt, az 1904 10 10 KN-kód alá tartozó, 500 mikronnál nagyobb méretű őrlési termékek	750
A kukorica 1102 20 KN-kód alá tartozó, legfeljebb 500 mikron méretű őrlési frakciói és kukoricából származó egyéb, nem közvetlen emberi fogyasztásra szánt, az 1904 10 10 KN-kód alá tartozó, legfeljebb 500 mikron méretű őrlési terméke	1250
ZEARALENON	
Feldolgozatlan kukorica, a nedves őrlésre szánt feldolgozatlan kukorica kivételével	350
Finomított kukoricaolaj	400
Közvetlenül emberi fogyasztásra szánt kukorica, kukoricaalapú szeletek és kukoricaalapú reggeli pelyhek	100

A fuzáriumtoxin szennyezettség teljes kiküszöbölése nem megoldható, de csökkenthető a fertőzés helyes agrotechnikával, növényvédelmi és tárolástechnikával. Az integrált védelem

megfelelő hatékonyságot biztosít a károsítókkal szemben, illetve kisebb környezetterheléssel egészséges élelmiszer állítható elő (http4).

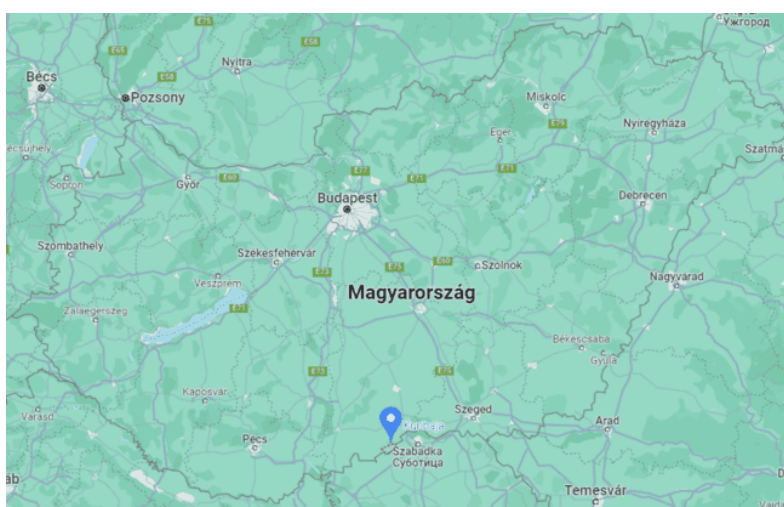
2.2.5.5. *Fusarium* toxinok meghatározása

A Deoxinivalenol, a T2 toxin, a HT2 toxin, a Zearalenon és a Fumonizinek meghatározására egy automatikus módszert hoztak létre, amely egyetlen menetben TurboFlow fordított fázisú folyadékkromatográfiával, illetve nagy felbontású tömegspektrométerrel összekapcsolt analitikai elválasztást foglal magába. Az észlelés teljes letapogatási módban, R felbontás mellett történik = 100 000 teljes szélesség, maximum fele, nagy energiájú ütközési cella disszociációval a fragmensek meghatározásához 5 ppm alatti tömegpontosság esetén. A homogenizált minták kivonatát 0,1%-os vizes 0,1%-os hangyasav/acetonitril (43:57) eleggyel 45 percig keverik, majd közvetlenül a TurboFlow (TLX) oszlopra fecskendezik az automatizált online tisztításhoz. Analitikus elválasztással és pontos tömegérzékeléssel. A TurboFlow oszlop lehetővé teszi a célmikotoxinok specifikus megkötését, míg a nagyobb molekulatömegű vegyületeket, mint például a zsírokat, fehérjéket és más, eltérő kémiai tulajdonságokkal rendelkező interferenciákat, a hulladékba helyezi. Az egyedi laboratóriumi módszer validálását, vak anyagok mikotoxin standardokkal való kiegészítésével végzik. A visszanyerést és az ismételhetőséget három koncentrációsinten (50, törvényi határok 100 és 200%-a) hat ismétléssel. Az átlagos visszanyerés, a relatív szórás és a közbenső pontossági értékek 71-120%, 1-19%, illetve 4-19% voltak. A módszer pontosságát tanúsított referenciaanyagok és jártassági vizsgálaton való részvétel igazolta (Mittendorf et al. 2012).

3. Anyag és módszer

3.1 Terület elhelyezkedése és a táblák tulajdonságai

Gazdaságunk a Szerb határ szélén helyezkedik el, Kunbaján (1. ábra), országhatártól körülbelül 4 km-re. Őstermelőként foglalkozunk növénytermesztéssel már 28 éve. Eleinte 18,3 hektárnyi területen kezdtünk dolgozni. Mára már a földterületünk nagysága 50 hektárra növekedett. Eleinte két növénnyel foglalkoztunk, búzával és kukoricával, ma már ezen kultúrák mellett napraforgóval és zabbal is.



(1. ábra Gazdaságunk elhelyezkedése)

2022-es évben négy területen (Méregraktár, 8,3, Petres, Sztráda) termesztettünk kukoricát. A termesztett területek közül 3 táblán történt az előző évben talajvizsgálat, melynek az eredményeit a következő táblázat tartalmazza (3. táblázat).

3. táblázat: Területek talajvizsgálati eredményei

Terület neve	KA	pH	Mész	Humusz	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO
Petres	44	7,3	14,2 m/m%	3,24 m/m%	144 mg/kg	232 mg/kg	4,9 mg/kg
Sztráda	36	7,5	1,5 m/m%	1,93 m/m%	188 mg/kg	192 mg/kg	10,4 mg/kg
2,63	41	7,0	7,0 m/m%	1,97 m/m%	1609 mg/kg	430 mg/kg	9,0 mg/kg

2023-ban három területen (4,4, Nagytábla, Kövecses) termesztettünk kukoricát, ezeknek a talajvizsgálati értékeit a következő táblázat (4. táblázat) tartalmazza.

4. táblázat: Területek talajvizsgálati eredményei

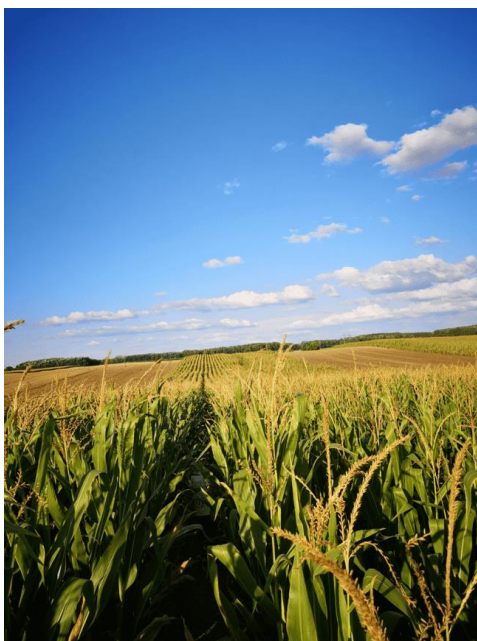
Terület neve	KA	pH	Mész	Humusz	P ₂ O ₅	K ₂ O	NO
4,4	33	6,3	0,3 m/m%	1,96 m/m%	196 mg/kg	180 mg/kg	8,3 mg/kg
Nagytábla	46	7,3	9,4 m/m%	3,3 m/m%	231 mg/kg	268 mg/kg	12,2 mg/kg
Kövecses	34	7,4	4,2 m/m%	1,91 m/m%	157 mg/kg	124 mg/kg	3,5 mg/kg

3.3. A vizsgált kukorica hibridek

A tavalyi évben (2022-ben) LG Limanova hibridet termesztettünk a területünkön (2. ábra) (5. táblázat), amely kiváló stressztűrő képességgel rendelkezik aszályos évben is. Termőképessége és csőegészsége nagyon jó, kiváló a termőhely és évjárat stabilitása, illetve közepes szárú, gyors vízleadású hibrid ([http.6](http://6)).

5.táblázat: 2022-ben termesztett hibrid területi elhelyezkedése

2022-es termőterületek	Termesztett hibrid
Méregraktár	LG Limanova
8,3	LG Limanova
Petres	LG Limanova
Sztráda	LG Limanova



2. ábra: 2022-as tenyésztidőszakban a LG Limagrin hibrid a termesztett területen

Az idei évben (2023-ban) a területeken Jakleen hibridet termesztettünk (6. táblázat). Ez a hibrid FAO 240-260-as csoportba sorolható, a korai érésű, melynek flint szemtípusa van. A koraiságához viszonyítva nagyon jó termőképességűnek mondható, amelyre jellemző a magas növés, szilárd zöld száron érés (3. ábra). Összességében elmondható, hogy jó termésstabilitású, jó szárazságtűrő és jó cső egészségű hibridek közé sorolhatók (http6).

6.táblázat: 2023-ban termesztett Jakleen hibrid termőterületei

2023-as termőterületek	Termesztett hibrid
4,4	Jakleen
Nagytabla	Jakleen
Kövecses	Jakleen



3. ábra: 2023-ban termesztett Jakleen hibrid

A területek szomszédságában elhelyezkedő kukoricatáblákat is felvételeztem a 2023-as évben, ezeken a területeken termesztett hibridek tulajdonságait a következő táblázat (7. táblázat) foglalja össze. Ezekről a hibridekről elmondható, hogy másik éréscsoportba tartoznak, mint az általunk termesztett hibrid. Illetve látható különbség volt még, hogy ezek a hibridek már száradásnak indultak a felvételezéskor.

7.táblázat: Szomszédos táblákon termesztett hibridek

Hibrid neve	FAO	Éréscsoport	Vízleadóképesség	Alkalmazkodóképessége	Terméspotenciál
KWS Kashmir	350-400	Korai	gyors	kiváló	Nagy
SY Solandria	380-400	Korai	Jó	Jó	Nagy
P9960	350-420	Középérésű	Jó	Jó	Kiemelkedő

3.4 A kísérlet beállítása

3.4.1. Agrotechnikai műveletek a kísérleti táblákon

Az elővetemény (búza) betakarítását követően középmező szántás következett 2021 őszén. 2022 tavaszán Karbamid műtrágya került kiszórásra, amelynek a bedolgozása kombinátorral történt. A kukorica vetése minden területen április 23-án történt. A vetést követően május 12-én a területek gyomirtása következett, amely Adengo-val (izoxaflutol, tienkarbazon-metil, ciproszulfamid) történt, Laudis-sal (tembotrion, izoxadifen-etil széfener), illetve május 15-én 2,4D -s kezelésre is szükség volt a területeken (8. táblázat).

8.táblázat: A 2022-es tenyészedőszakban végzett agrotechnikai műveletek

2022-es agrotechnikai műveletek	Időpont	Műtrágya	Kijuttatott mennyiség
		Vetőmag	
		Gyomirtószer	
Műtrágya adagolás	2022.04.01	Karbamid	1,5 q/ha
Vetése	2022.04.23	LG Limagrin	
Gyomszabályozás	2022.04.12.	Adengo (izoxaflutoll, tienkarbazon-metil, ciproszulfamid)	0,4 l/ha
		Laudis (tembotrion, izoxadifen-etil, széfener)	2,25 l/ha
	2022.05.15	2,4D	1,5 l/ha

A 2022-es elővetemény (búza) betakarítása után a területek középmező szántása következett. A vetés előtt 2023.05.04-én Polifoszka Utec-et szórtunk ki, amelyet kombinátor segítségével került bedolgozásra. A kukorica hibrid vetése minden területen 05.08-én történt. A vetés után a területek gyomirtása következett május 12-én Successor TX-szel (pentoxamid és terbutilazin) 1,6 l/ha dózissal, illetve Diniro (nikoszulfuron, dikamba, proszulfuron) és Trend alkalmazásával. (9. táblázat).

9.táblázat: 2023-as tenyészidőszakban elvégzett akrotechnológiai műveletek

2023-as agrotechnológia	Időpont	Műtrágya	Kijuttatott mennyiség
		Vetőmag	
		Gyomirtószer	
Műtrágya adagolás	2023.05.04	Polifoszka Utec	1 q/ha
Vetés	2023.05.08	Jakleen	
Gyomszabályozás	2023.05.12	Successor TX-szel (pentoxamid és terbutilazin)	1,6 l/ha
		Diniro (nikoszulfuron, dikamba, proszulfuron) + Trend	480 g + 2,5 dkg /ha

3.4.2. Betegség felvételezés

A saját tábláinkon (Kövecses, 4,4, Nagytáblán) 5 alkalommal végeztem felvételezést, amelynek az időpontjait a 10. táblázat tartalmazza. A felvételezés során a területenként átlósan haladva véletlenszerűen kiválasztottam 50-50 növényt. A felvételezés során megvizsgáltam a csöveket és megállapítottam a fertőzési százalékot a beteg és egészséges csövek alapján. A területeink szomszédságában lévő hibrideken is felvételezést végeztem 2 alkalommal, amelyekre szeptemberben került sor, ahol szintén ugyan így végeztem el a felvételezést.

10. táblázat: Felvételezések időpontja

Sorszám	Dátum
1.	2023.08.18.
2.	2023.08.27.
3.	2023.08.31.
4.	2023.09.16.
5.	2023.09.22.

3.4.3. Mintavételezés

A 2021-es vetésforgóban is szerepelt a kukorica. A betakarításkor vittünk haza csöveket mintának, amelyeket fel tudtam használni, ennek köszönhetően ebből az évből származó minták is szerepelnek a laborkísérletben. A kísérletben 3 csövet használtam fel.

2022 októberében 4 különböző területről (Petres, Sztráda, 2,6, Méregraktár) mintákat gyűjtöttem. A csöveket a tábla különböző pontjairól szedtem, táblánként két-két csövet.

A 2023-as tenyészidőszakban a mintavételezést augusztusban végeztem. Mind a 3 területen (Kövecses, 4,4, Nagytábla) átlósan haladva véletlenszerűen begyűjtöttem 10-10 csövet.

3.5. Belső fuzáriumos fertőzöttség laboratóriumi vizsgálata

3.5.1 Táptalaj készítés

Fusarium spp. izolálásához szelektív táptalajt használtam. A PCNB agar (PPA) cukormentes alaptápközegből áll, melyet antibiotikumokkal és gombaölőszerekkel egészítettem ki. Ez a táptalaj a következőket tartalmazza:

Víz	1l
Pepton	15g
KH ₂ PO ₄	1g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0,5g
Agar	20g
PCNB	5 ml
Kloramfenikol	10ml

A szelektív táptalajoknak biztosítaniuk kell a szelektív felszaporodást, a szelektív gátlást, illetve a szelektív azonosítást. A fuzárium-szelektív táptalajok többsége, egy közismert fungicid a pentaklór-nitrobenzola, amely a penészgombák kifejlődését akadályozza meg (http27). Általában gyenge sporuláció figyelhető meg, ezért a kolóniákat friss, új táptalajra kell átoltani a végleges azonosítás előtt. A pepton bomlása hatására nagy mennyiségű ammóniát eredményez, amely elpusztítja a telepeket, illetve a tenyészeteket ezért sem szabad 2-4 hétnél tovább PCNB agaron hagyni (Leslie and Summerell , 2006).

A táptalajt következőképpen készítettük el:

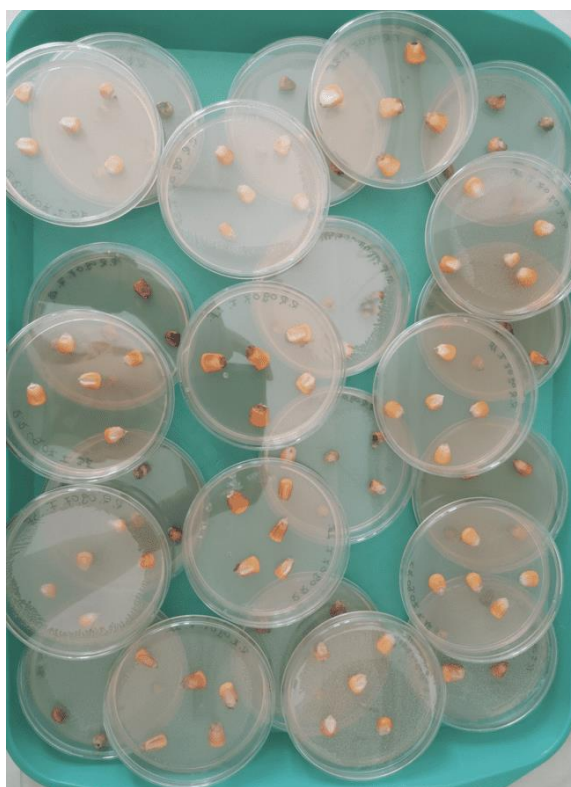
A táptalaj elkészítéséhez kimértem a szükséges mennyiségű hozzávalókat és beleöntöttem egy lombikba. Ezután a lombikot vattadugóval és egy réteg alufóliával lezártuk és autókλάβba helyeztük, amelyben kifőztük a táptalajt. Miután elkészült a táptalaj hozzáadtuk 5-5 ml PCMB és 10-10 ml kloramfenikolt. Az agart összekevertük ezáltal, megakadályoztuk a légbuborékok kialakulását. Az oldatot sterilizált petricsészékbe töltöttük majd megvártuk, míg teljesen kihűlt és 5 °C hűtőbe helyeztük.

3.6. A kórokozók izolálása kukoricaszemekből

A területekről gyűjtött mintákból kiválogattam 16 egészséges, illetve 16 betegnek látszó szemet, melyek felületét sterilizáltam. A mintákat 5 percig áztattam 50%-os etil-alkoholban (4. ábra) majd ezt követően folyó víz alatt átmostam a szemeket, amíg az alkohol szag el nem tűnt. Ezt követően alkoholba mártott majd leégetett csipesszel a szemeket táptalajra helyeztem (5. ábra). Ezt a folyamatot mind a két kísérleti év mintáival elvégeztem.



4. ábra: A kukoricaszemek alkoholos oldatban történő áztatása



5. ábra: A kukoricaszemek táptalajra helyezése

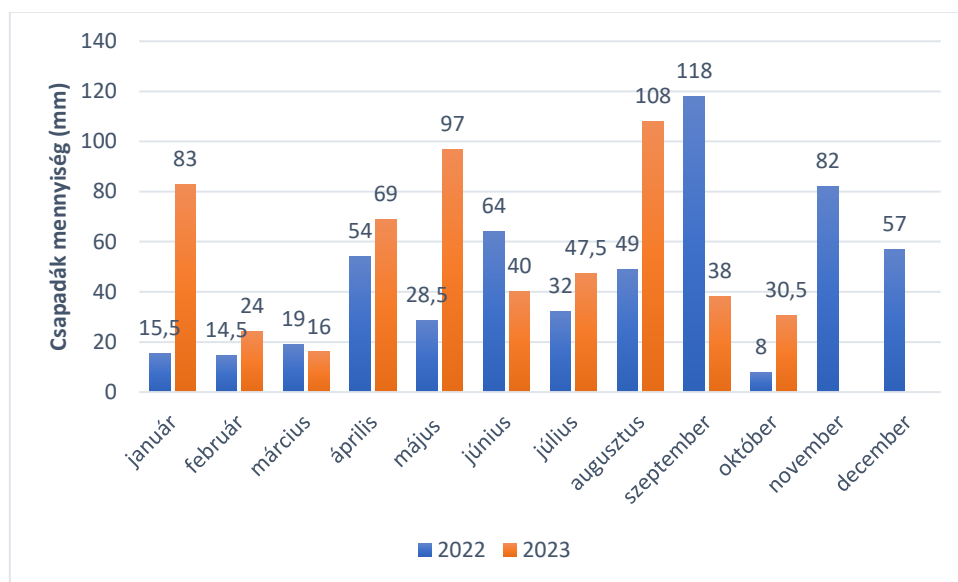
3.6.1 A gombanövekedés megfigyelése

Az első leolvasás (2021, 2022-es minták (Limanova)) a táptalajra helyezést követően 2 nappal történt, feljegyeztem a telepek jellegét, vagyis a micélium színét és a telep pigmentáltságát. A következő leolvasás 4 nappal később történt, amikor ismét feljegyeztem a telepek tulajdonságait. A 2023-as minták (Jakleen) első leolvasása 4 nappal, majd ezt követően 1 nappal történt, amikor ugyan úgy jártam el, mint az előző minták leolvasásakor.

4. Eredmények

4.1. A kutatási időszak csapadék adatai

A csapadékmennyiség meghatározásához saját, mért adatokat használtam fel. A két év csapadékeloszlása teljesen eltér egymástól. A 6. ábra szemlélteti a két vizsgált év csapadékmennyiségét havi eloszlásban. Az ábra adatai alapján elmondható, hogy a vizsgált két tenyészidőszakban a csapadékeloszlás eltérően alakult. Júliusban a kukoricának szüksége van csapadékra a termékenyüléshez, 2022-ben ebben a hónapban kevesebb csapadék hullott, mint 2023-ban. A 2022-es tenyészidőszakban kevesebb csapadék hullott, mint a 2023-ban.



6.ábra: A két vizsgált év csapadékeloszlása (Kunbaja, 2022-2023)

4.2. Szabadföldi felvételezés

4.2.1. Saját területeken végzett szabadföldi felvételezés (2023)

A 2023-as mintavételezés során a legtöbb esetben cső végi fuzáriózis volt megfigyelhető (7. ábra), de a cső közepén is látható volt a fertőzöttség megjelenése. A felvételezés során *Aspergillus* fajokat is találtam (8. ábra), de ezek általában a fuzáriózissal együtt jelentek meg.

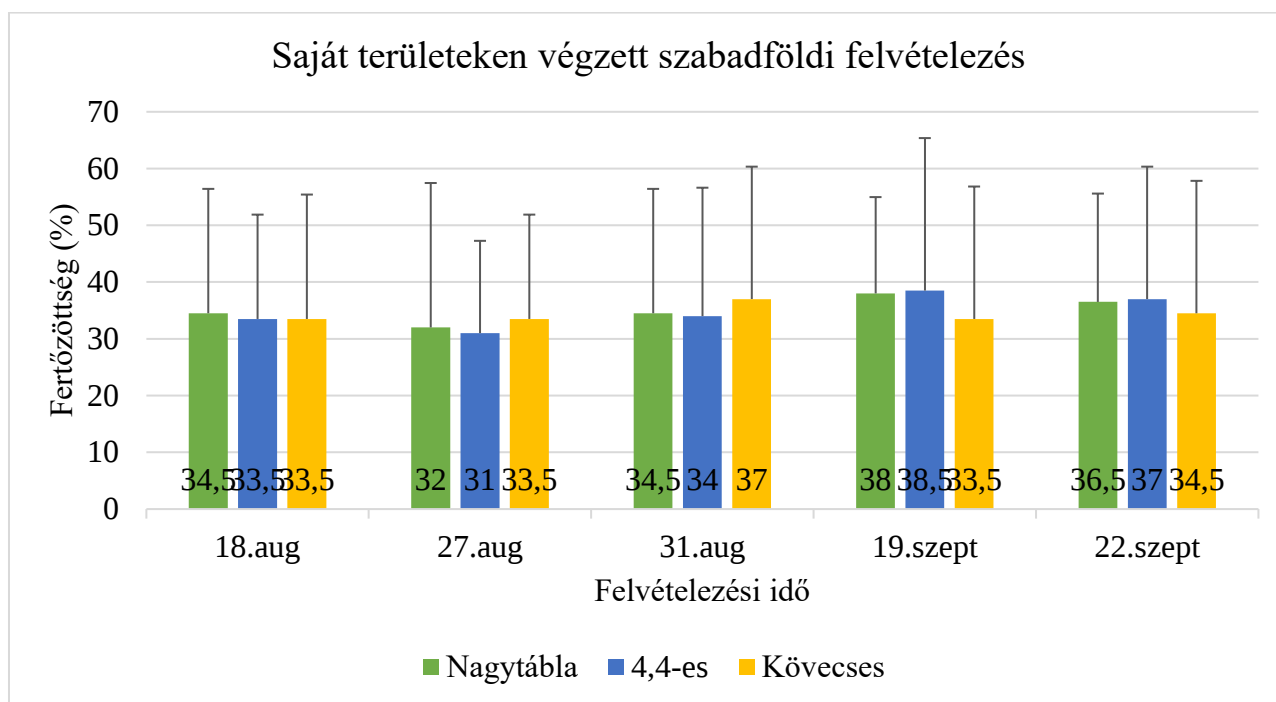


7. ábra: Csőfuzáriózis tünete (fénykép: Rapcsák R., Kunbaja, 2023)



8. ábra: *Aspergillus* sp. tünete (fénykép: Rapcsák R., Kunbaja, 2023)

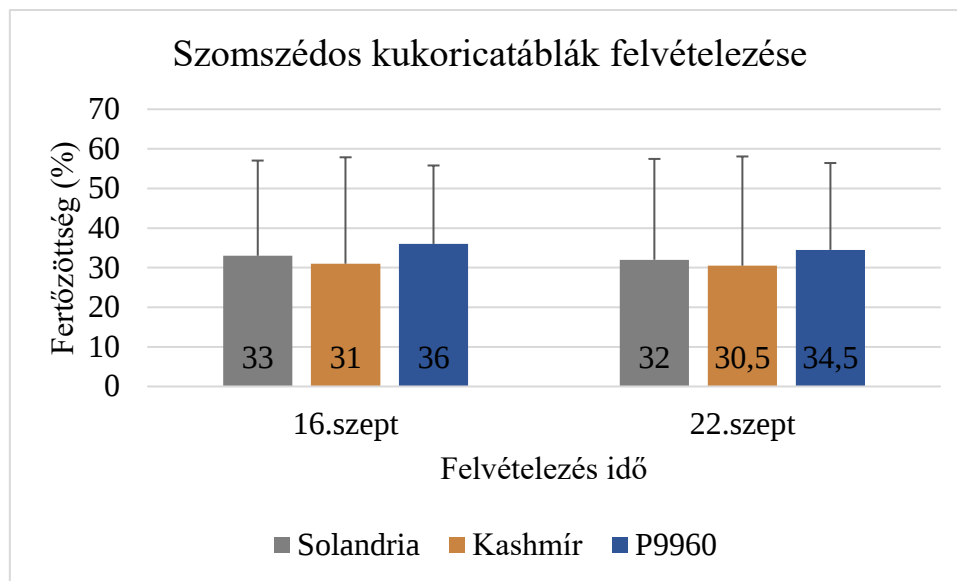
A különböző területek (Nagytábla, 4,4-es tábla, Kövecses) kukoricáinak fuzáriumos fertőzöttségi értékeit a 9. ábra mutatja. Mindhárom területen azt az eredményt kaptam, hogy a különböző felvételezési időpontokban hasonlóan alakult a csőfuzáriózis mértéke, az idő előrehaladtával csak kismértékű növekedést lehetett megfigyelni. Nem volt szignifikáns különbség a Nagytábla, a 4,4-es terület és a Kövecses táblakukoricáinak fuzáriumos fertőzöttsége között ($p=0,969$) (1. sz. melléklet).



9. ábra: Nagytábla, 4,4-es tábla és a Kövecses kukoricáinak csőfuzáriumos fertőzöttsége (2023)

4.2.2. Szomszédos kukoricatáblák felvételezése (2023)

A szomszédos területek kukorica hibridjeinek (Solandria, Kashmir, P9960) fertőzöttségi eredményeit a 10. ábra mutatja. Solandria, Kashmir és a P9960 felvételezési eredményei alapján elmondható, hogy a három hibrid közül a P9960-as hibrid esetében volt nagyobb mértékben jelen a csőfuzáriózis. A felvételezési időpontok között nem volt jelentős különbség a csőfuzáriózis mértékét tekintve egyik területen sem. A szomszédos területeken termesztett hibridek átlagos csőfuzáriumos fertőzöttségét tekintve volt szignifikáns különbség ($p=0,022$) (2. sz. melléklet). A Kashmir esetében volt nagyobb a szignifikáns különbség.

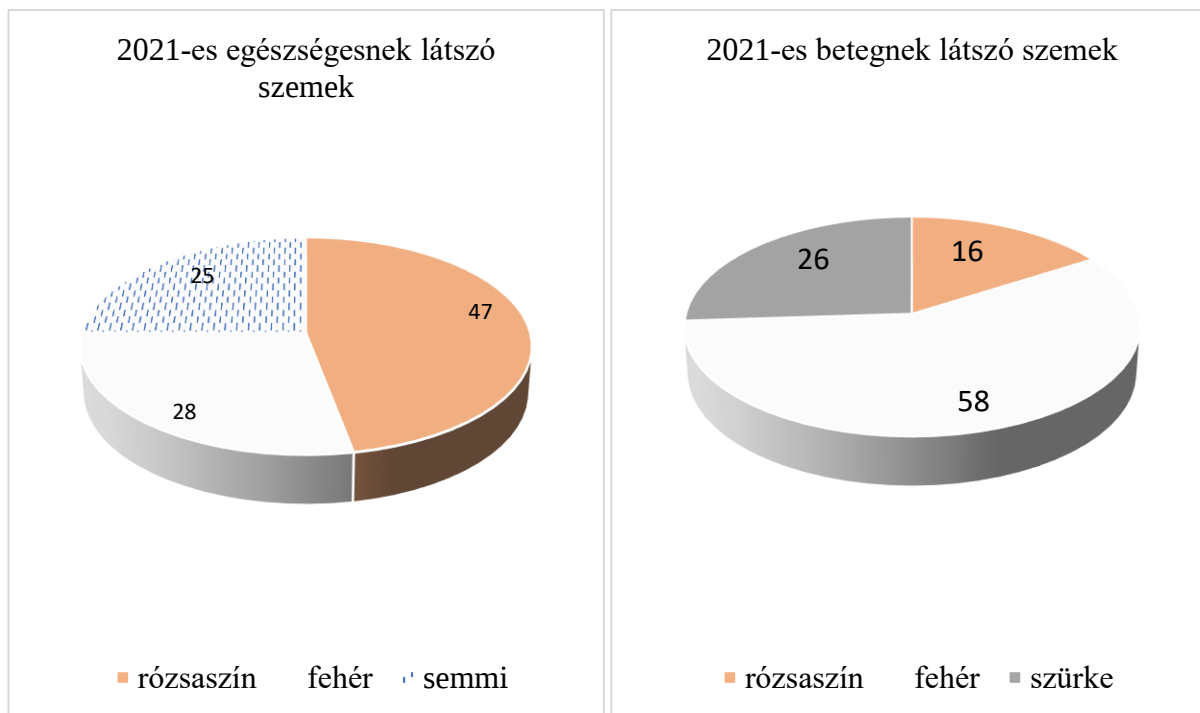


10. ábra: A szomszédos hibridek kukoricáinak csőfuzáriumos fertőzöttsége (2023)

4.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

4.3.1. A 2021. évi minták laborvizsgálat eredményei

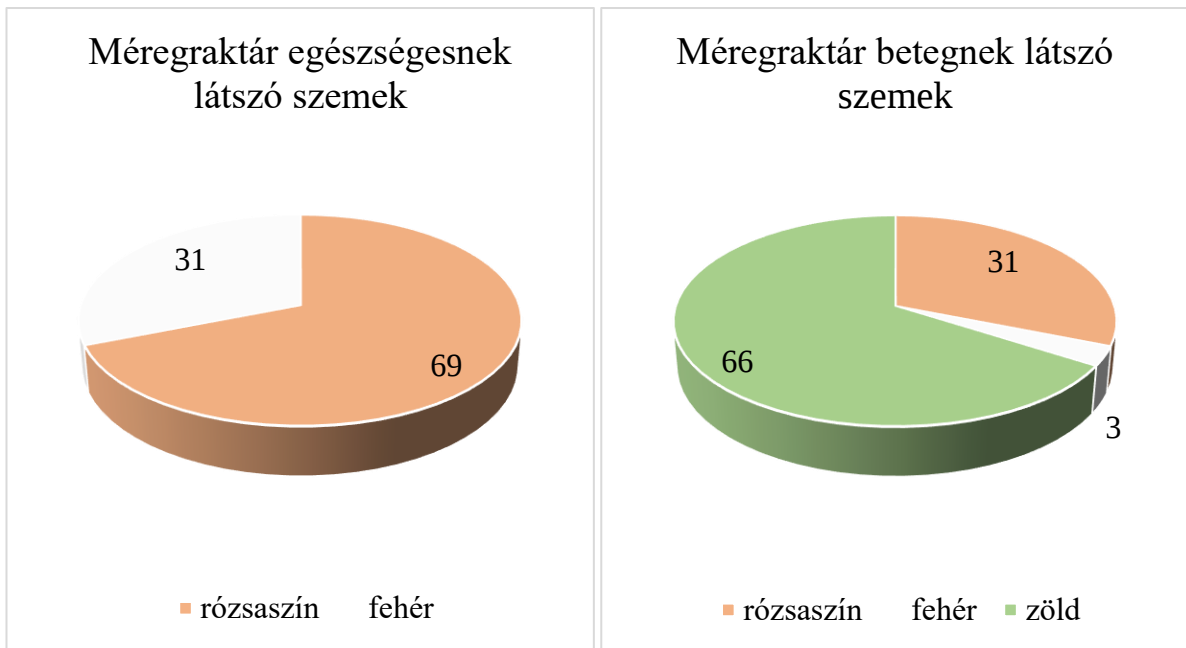
A 2021-es mintákból kifejlődött micéliumok színét és arányát a 11. ábra szemlélteti, baloldalt az egészségesnek látszó szemek telepszíneinek az alakulása, míg jobb oldalt a betegnek látszó szemek telepszíneinek alakulása látható. Az ábráról leolvasható, hogy az egészségesnek látszó kukoricaszemek 47%-án rózsaszín, kisebb mértékben fehér micéliumbevonat jelent meg, míg a betegnek látszó szemek esetében 58%-ban fehér, kisebb mértékben szürke és rózsaszín micéliumbevonat jelent meg. A vizsgált egészségesnek látszó szemeken 75%-ban, míg a betegnek látszó szemeken 100%-ban fejlődött ki valamilyen színű micélium bevonat. A 2021. évi minták laborvizsgálati eredményei szerint, az egészségesnek látszó szemek esetében volt szignifikáns különbség ($p=0,000$) (3. sz. melléklet).



11. ábra: A 2021-es minták egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása

4.3.2. 2022-es laborvizsgálat eredményei

A 2022-ben (Limanova) gyűjtött mintákat (egészségesnek és betegnek látszó szemeket) területi bontásban vizsgáltam. A 12. ábra szemlélteti a Méregraktár kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telepszínek láthatók. A Méregraktár területéről gyűjtött minták egészséges szemeinek több mint a felén rózsaszín micélium bevonat fejlődött ki, amely valószínűleg valamely *Fusarium* faj jellemző telepe volt. Ezzel ellentétben a betegnek látszó szemek több mint a felén zöld penészbevonat jelent meg, amelynek fénymikroszkópos vizsgálata során az *Aspergillus* nemzetséget határoztuk meg (13. ábra). Az egészségesnek látszó szemek vizsgálata során 100%-ban kifejlődött valamilyen színű micélium bevonat, míg a betegnek látszókon 93%-ban. A Méregraktár mintái alapján elmondható, hogy nem volt szignifikáns különbség, a Méregraktár egészségesnek és betegnek látszó szemei között a belső fuzáriumos fertőzöttségben ($p=0,426$) (4. sz. melléklet)

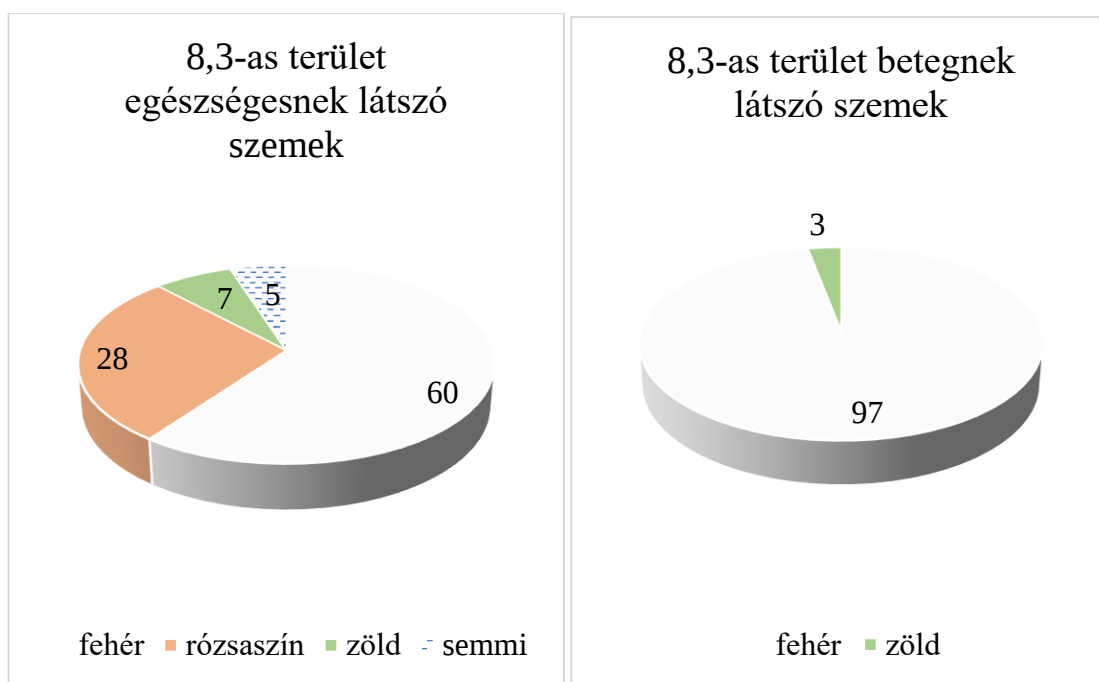


12. ábra: A Méregraktár területéről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása



13. ábra: A mintákban azonosított *Aspergillus* nemzetség konídiumai és konídium tartói
(fénykép: Rapcsák R., Gödöllő, 2023)

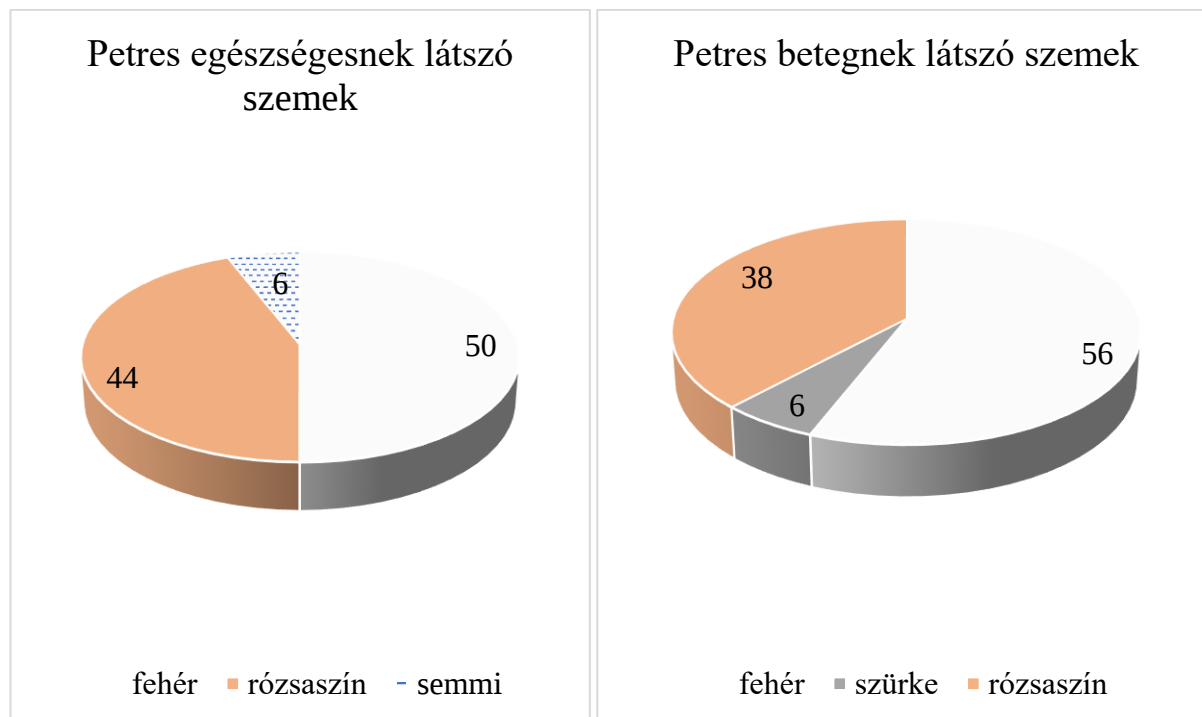
A 14. ábra szemlélteti a 8,3-as terület kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telpszínek láthatók. A 8,3-es terület esetében az egészséges és a beteg szemekből legnagyobb százalékban fehér micéliumtelep fejlődött ki. Az egészséges szemeknél rózsaszín és zöld telpszín is megfigyelhető volt, ellentétben a beteg szemekkel, ahol kis százalékban jelentkezett a zöld telpszín a fehér mellett. Az egészségesnek látszó szemeken 95%-ban fejlődött ki micélium bevonat, míg a betegnek látszó szemeken 100%-ban megjelent valamilyen színű bevonat. A 8,3 laborvizsgálati eredményei alapján az értékek között nem volt szignifikáns különbség ($p=0,588$) (5. sz. melléklet).



14. ábra: A 8,3-as területről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása

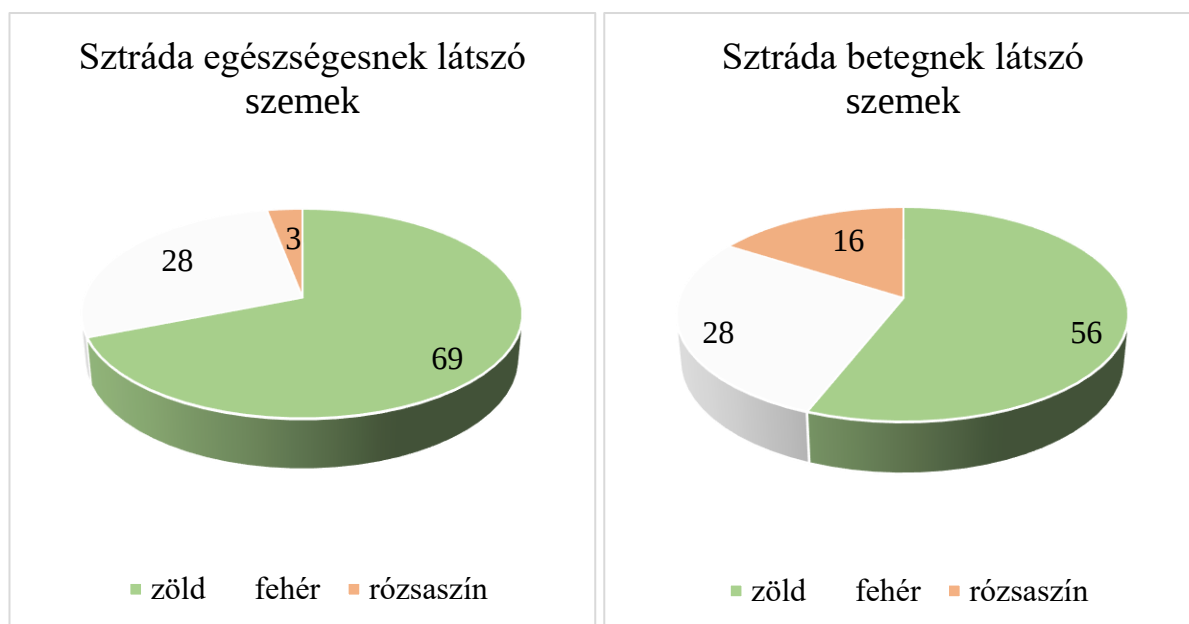
A 15. ábra szemlélteti a Petres kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telpszínek láthatók. A Petres terület mintái esetében, az egészségesnek látszó szemek felén fehér micéliumtelep jelent meg, kisebb mértékben a rózsaszín telpszín volt látható. A betegnek látszó szemek esetében több mind a felén fehér micéliumszövedék volt jelen, itt még a szürke *Aspergillus* is kifejlődött kis százalékban. A megfigyelés során mind a két esetben 100%-ban kifejlődött valamilyen színű micélium bevonat. A Petres eredményei alapján megállapítható, hogy nem volt szignifikáns

különbség az egészségesnek és betegnek látszó szemek értékei között ($p=0,528$) (6. sz. melléklet).



15. ábra: A Petres területről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása

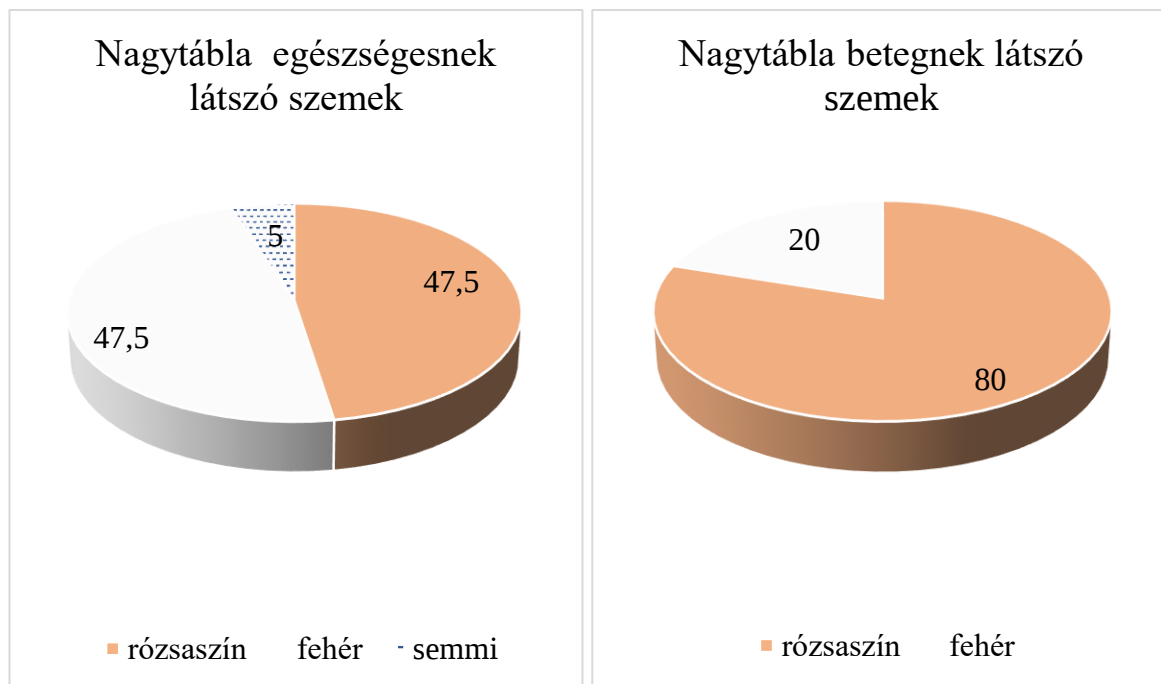
A 16. ábra szemlélteti a Sztráda kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telepszínek láthatók. Az egészségesnek és a betegnek látszó szemekből a kifejlődött telepek több mint a felén zöld *Aspergillus* jelent meg. Az egészségesnek illetve betegnek látszó szemek esetében is 100%-ban kifejlődött valamilyen színű micélium bevonat. A kapott értékek alapján nem volt szignifikáns különbség az egészségesnek látszó és a betegnek látszó szemek között ($p=0,217$) (7. sz. melléklet).



16. ábra: A Sztráda területéről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása

4.3.3. 2023-as laborvizsgálat eredményei

A 17. ábra szemlélteti (Jakleen) a Nagytábla kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telepszínek láthatók. A Nagytáblán az egészségesnek látszó szemek esetében jól látható, hogy a fehér (18. ábra) és a rózsaszín micéliumszövedék egyenletes arányban volt jelen, míg a betegnek látszó szemeknél túlnyomó többségben a rózsaszín telepbevonat jelent meg. A vizsgálat során az egészségesnek látszó szemek esetében 97%-ban míg a beteg szemek esetében 100%-ban megjelent a micélium bevonat. A labor eredmény alapján végzett statisztikai számítás szerint nem volt szignifikáns különbség az egészségesnek és a betegnek látszó szemek között ($p=0,418$) (8. sz. melléklet).



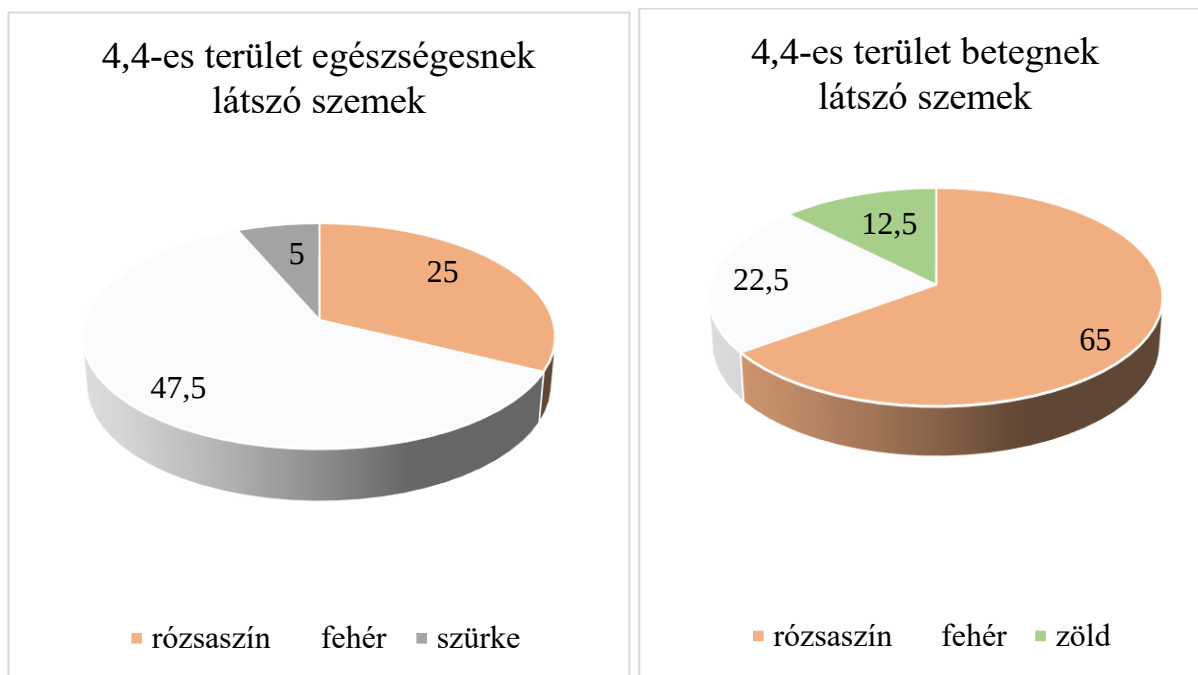
17. ábra: A Nagytábla területéről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása



18. ábra: A fehér micélium bevonat megjelenése a Nagytábla területéről származó egészségesnek látszó szemeken (fénykép: Rapcsák R. Gödöllő, 2023)

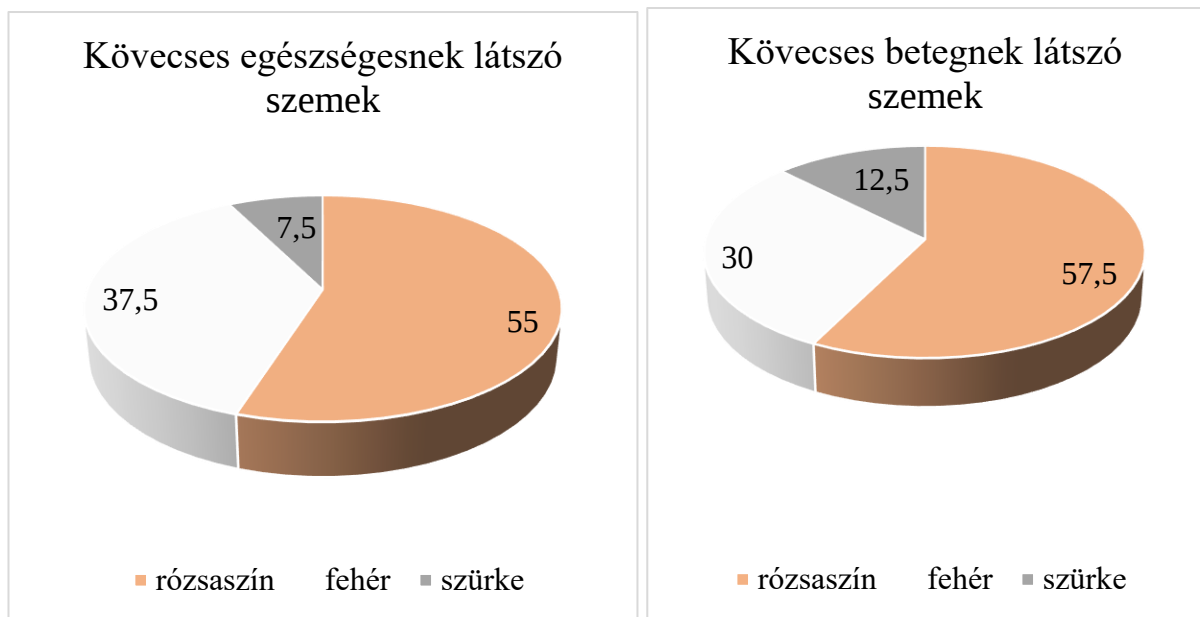
A 19. ábra szemlélteti a 4,4-es terület kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telepszínek láthatók. A 4,4-nél az egészségesnek látszó szemeken nagyobb százalékban jelent meg a fehér micéliumbevonat,

ellenben a betegnek látszóknál a rózsaszín volt jelen nagyobb mértékben és megjelent a zöld *Aspergillus* is. A vizsgálat során mind az egészségesnek látszó mind pedig a betegnek látszó szemek esetében 100%-ban kifejlődött a micélium bevonat. Az eredmények alapján végzett statisztikai számítások alapján megállapítható, hogy nem volt szignifikáns különbség a betegnek illetve az egészségesnek látszó szemek között ($p=0,268$) (9. sz. melléklet).



19. ábra: A 4,4-es területről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása

A 20. ábra szemlélteti a Kövecses terület kukoricaszemein kifejlődött telpszínek alakulását, ahol bal oldalt az egészségesnek jobb oldalt pedig a betegnek látszó telepszínek láthatók. A Kövecses vizsgálata során egyaránt elmondható, hogy az egészségesnek és a betegnek látszó szemeknél a rózsaszín micélium bevonat (21. ábra) volt jelen leginkább, az egészségesnek látszó szemek esetében kisebb mértékben, míg a betegnek látszóak esetében nagyobb mértékben volt jelen a szürke *Aspergillus* (22. ábra). A vizsgálat során az egészségesnek látszó és a betegnek látszó szemek esetében 100%-ban megjelent a micélium bevonat. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy az egészségesnek és a betegnek látszó szemek között nem volt szignifikáns különbség ($p=0,440$) (10. sz. melléklet).



20. ábra: A Kővecses területről gyűjtött egészségesnek és betegnek látszó szemeken kialakuló bevonat színének alakulása



21. ábra: A Kővecses területről gyűjtött szemeken rózsaszín micélumbevonat megjelenése (fénykép: Rapcsák R., Gödöllő, 2023)



22. ábra: Szürke micéliumbevonat megjelenése a Kövecses betegnek látszó szemén
(fénykép: Rapcsák R., Gödöllő, 2023)

5. Következtetések, javaslatok

A növénytermesztésben két tenyészidőszakot összehasonlítani nagyon nehéz, ha a kórokozók okozta fertőzöttség megállapítása a kitűzött feladat. Minden évben más és más környezeti tényezők vannak jelen, amelyekre a hibridek és a kórokozók is eltérően reagálhatnak.

A természetes fertőzöttségű szántóföldi kísérletek eredményei alapján, az évjárat jelentős hatást gyakorolt a csőpenészesedésre. A csőpenészesedés mértékét a virágzás idején lehullott csapadékmennyiség jelentősen befolyásolja. Az évjárat befolyásolhatja a fertőzésben szerepet játszó *Fusarium* fajok összetételét (Ejaz et al. 2023). 2022 szeptemberében 118 mm csapadék hullott, amely akadályozta a növény betakarítását, illetve elősegítette a gombák felszaporodását. A 2023 augusztusában hullott nagyobb mennyiségű csapadék szintén kedvezett a gombák elterjedésének.

Az éréscsoportnak valószínűleg hatása volt a csőfuzáriózis kialakulásában, melynek hatását csak egy tenyészidőszakban sikerült megvizsgálnom. A Jakleen mely a FAO 240-300-as éréscsoportjába tartozó hibrid, a felvételezése során, a területen 40%-os *Fusarium* fertőzöttség volt megfigyelhető. A Kahmír a FAO 350-400 éréscsoportba tartozik, ahol 46%-os fertőzöttség volt, a Solandria a FAO 380-400-as éréscsoportba tartozik, ahol a 60%-os volt, és a P9960 esetében a FAO 350-420-as éréscsoport esetében 82%-os volt a *Fusarium* fajok által okozott fertőzés. A védekezési lehetőség a rezisztenciára nemesítés és az ellenálló hibridek termesztése (Mesterházy et al. 2012). Következtethetünk arra, hogy ha későbbi éréscsoportba tartozó hibridet termesztünk, akkor kisebb mértékben fog megjelenni a csőfuzáriumos fertőzés. Kutatás támasztja alá, hogy a korai éréscsoportba tartozó hibridek érzékenyebben reagálnak a fuzáriumos fertőzésre (Löffler et al. 2010). Nagy és Cabulea (1996) is leírta, hogy a korai érésű, szártőkorhadással szemben ellenálló kukoricák nemesítése során probléma adódott. Manninger (1972) arra jutott, hogy a későbbi éréscsoportokba tartozó hibridek leginkább ellenállóbbak a szártőkorhadással szemben, mert a hosszabb tenyészidőszak során több idő van a szilárdító szövetek kialakulásának és tovább tart a növény turgora (Manninger 1972).

A fuzáriumos csőpenészesedés megjelenésének mértékét nagyban befolyásolják az időjárási körülmények, az agrotechnika, a rovarok kártétele és jelentős szerepet tölt be a hibrid ellenállósága. Vannak már olyan hibridek, amelyek viszonylag jó ellenállósággal rendelkeznek.

A 2023-ban végzett szántóföldi felvételezés során, a saját területeinken kapott eredmények azt mutatják, hogy a területek megközelítően 40%-ban voltak *Fusarium* nemzetségbe tartozó kórokozók. A legmagasabb fertőzöttségi szintet a Nagytáblán tapasztaltam. A területeink szomszédságában termesztett hibridek közül a legalacsonyabb fertőzöttséget a Kashmir hibrid esetében állapítottam meg, míg a legfertőzöttebb szomszédos táblán a P9960-as hibridet termesztették.

A laboratóriumi vizsgálat során nem jelent meg nagy különbség az egészségesnek illetve a betegnek látszó szemek között, de valamivel kisebb mértékben fejlődött ki a *Fusarium* fajok micéliumbevonata az egészségesnek látszó szemeken. Összességében elmondható, hogy mindegyik mintából jelentős mértékben lehetett izolálni *Fusarium* fajt vagy fajokat. Az alkalmazott táptalaj (PCNB agar) azonban csak izolálásra szolgál, faji meghatározást nem tesz lehetővé (Leslie and Summerell 2006), így a fajszerű meghatározás további vizsgálatokat igényel, amely nem volt célja munkámnak.

6. Összefoglalás

A kórokozói közül a legfontosabbaknak a *Fusarium* fajok tehetők. Ezek a kórokozók csökkentik a termés mennyiségét illetve a minőségét a mikotoxin termelése miatt, amely negatívan hat az emberek és az állatok egészségére. Fontos, hogy a *Fusarium* fajok megjelenését megakadályozzuk, vagy megjelenésüket alacsony szintre szorítsuk vissza, hogy ne legyen jelentős a gazdasági veszteség. Három tünetet különböztetünk meg: csíranövény pusztulást, szárkorhadást és a csőpenészt. A legsúlyosabb tünettípus a csőpenészesedés, amely ellen a rezisztenciára nemesítés nem hatékony, ellentétben a szárkorhadással. Ebből kifolyólag a dolgozatom célja, hogy felmérjem a gazdaságunkban és a szomszédos kukoricaterületeken a fuzáriumos csőpenész előfordulási valószínűségét különböző hibrideken.

A 2023-as szabadföldi mintavételezés során a legtöbb esetben cső végi fuzáriózis volt megfigyelhető, de a cső közepén is látható volt a fertőzöttség megjelenése. A felvételezés során *Aspergillus* fajokat is találtam, de ezek általában a fuzáriózissal együtt jelentek meg. A felvételezéseket a saját területeinken illetve a szomszédos területeken termesztett hibrideken is elvégeztem.

A saját területeinken elvégzett felvételezések eredményeinek alapján a növényeink átlagos fuzáriumos fertőzöttségét tekintve elmondható, hogy mind a három területen körülbelül azonos mértékben volt jelen a csőfuzáriózis. A szomszédos területeken termesztett Solandria, Kasmir és a P9960 felvételezési eredményei alapján elmondható, hogy a három hibrid közül a P9960-as hibrid esetében volt nagyobb mértékben jelen a csőfuzáriózis.

A laboratóriumi vizsgálatot három tenyésztési időszakból származó (2021-es, 2022-es és 2023-as év) mintákkal végeztem el. A mintákat a területek különböző pontjairól véletlenszerűen gyűjtöttem. A laborban *Fusarium* spp. izolálásához szelektív táptalajt használtam. A PCNB agar (PPA) cukormentes alaptápközegből áll, melyet antibiotikumokkal és gombaölőszerekkel egészítettem el. A területekről gyűjtött mintákból kiválogattam 16 egészséges, illetve 16 betegnek látszó szemet, melyek felületét sterilizáltam. A mintákat 5 percig áztattam 50%-os etil-alkoholban, majd ezt követően folyó víz alatt átmostam a szemeket, amíg az alkohol szaga el nem tűnt. Ezt követően alkoholba mártott majd leégetett csipesszel a szemeket táptalajra helyeztem. A táptalajra helyezést követően folyamatosan figyeltem a mintákat és feljegyeztem a megjelenő micéliumok színét.

A 2021-es minták esetében 58%-án fehér micéliumbevonat jelent meg, egészségesnek látszó szemeken leginkább fehér bevonat fejlődött ki, míg a betegnek látszó szemeken rózsaszín micéliumbevonat jelent meg. A 2022-es minták vizsgálata során 98%-ban fejlődött ki micélium bevonat a szemeken. A minták többségén fehér micéliumbevonat jelentkezett, illetve zöld. A megfigyelés során megjelent a szürke micélium bevonat is, vagyis az *Aspergillus*. A 2023-as minták vizsgálata során 99%-ban jelent meg a szemeken micélium bevonat. A legtöbb esetben rózsaszín micélium bevonat jelent meg és csak kis százalékban fordult elő a szürke telep.

A növénytermesztésben két tenyészidőszakot összehasonlítani nagyon nehéz, ha a kórokozók okozta fertőzöttség megállapítása a kitűzött feladat. Minden évben más és más környezeti tényezők vannak jelen, amelyekre a hibridek és a kórokozók is eltérően reagálhatnak. A szántóföldi fertőződés alakulásában az évjáratnak nagy hatása van, amely befolyásolja a csőpenészesedés megjelenését. A csőpenészesedés mértékét a virágzás idején lehullott csapadékmennyiség jelentősen befolyásolta. Az évjárat befolyásolhatja a fertőzésben szerepet játszó *Fusarium* fajok összetételét (Ejaz et al. 2023). Az éréscsoportnak valószínűleg hatása volt a csőfuzáriuózis kialakulásában melynek hatását csak egy tenyészidőszakban sikerült megvizsgálnom. Következtethetünk arra, hogy ha későbbi éréscsoportba tartozó hibridet termesztünk, akkor kisebb mértékben fog megjelenni a csőfuzáriumos fertőzés. Nagy és Cabulea 1996-os leírásukban olvasható, hogy a korai érésű kukoricák esetében, a szártőkorhadás elleni nemesítés során probléma adódott. Manninger 1972-ben leírta, hogy a későbbi éréscsoportokba tartozó hibridek leginkább ellenállóbbak a szártőkorhadás ellen, mert a hosszabb tenyészidőszak során a szilárdító szöveteknek van idejük kialakulni és több ideje van a növény turgorának (Manninger 1972).

A fuzáriumos csőpenészesedés megjelenésének mértékét nagyban befolyásolják az időjárási körülmények, az agrotechnika, a rovarok kártétele és jelentős szerepet tölt be a hibrid ellenállósága.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani Dr. Bán Rita egyetemi docensnek, akinek segítségével és instrukcióival hozzá járult a diplomadolgozatom elkészítéséhez.

Köszönet illeti a Növényvédelmi Intézet laboratóránsát, Baraksó Ritát, aki segítette a laboratóriumi munkámat.

Köszönetet szeretnék mondani édesapámnak és a szomszédos területeken gazdálkodóknak, hogy engedélyezték a területeik felvételezését, ezzel hozzájárulva a diplomadolgozatom elkészítéséhez.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat/⁴ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Rapcsák Rebeka
A Hallgató Neptun kódja: F9LOE6
A dolgozat címe: Kukoricahibridek fertőzőttségének összehasonlító vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Növényvédelmi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat⁵ 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 állítotam, 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 könyvtári repozitori rendszerébe. 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 könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 11. hó 06. nap

Rapcsák Rebeka
Hallgató aláírása

⁴ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

⁵ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

NYILATKOZAT

Rapcsák Rebeka (név) (hallgató Neptun azonosítója: F9LOE6) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / **nem javaslom**².

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

Kelt: 2023. év november hó 6. nap



belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

8.Felhasznált irodalom

- Asam S., Habler K. Rychik M. (2017): Chapter 14 - Fusarium Mycotoxins in Foo. Chemical Contaminants and Residues in Food (Second Edition), Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: 295-336. DOI: 10.1016/B978-0-08-100674-0.00014-X
- Asselt E., Booij C., Fels-Klerx H. (2012): Modelling mycotoxin formation by *Fusarium graminearum* in maize in The Netherlands. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.;29(10):1572-80. doi: 10.1080/19440049.2012.688877.
- Békési. P. (2019): A genetikai védelem- a rezisztencia szerepéről. Növényvédelem, (30) 54-55
- Bergstrom G. C., Shields E. J. (2002): Atmospheric spore dispersal and regional epidemiology of the *Fusarium* head blight fungus, *Phytopathology*.: 92 593.
- Blandino M., Reyneri A., Colombari G., Pietri A (2009): Comparison of integrated field programmes for the reduction of fumonisin contamination in maize kernels, Field Crops Research. 11, (3):284-289 doi.org/10.1016/j.fcr.2009.01.004
- Blandino M., Scarpino V., Giordano D., Sulyok M., Krska M., Vanata F., Reyneri A (2017): Impact of sowing time, hybrid and environmental conditions on the contamination of maize by emerging mycotoxins and fungal metabolites, Italian Journal of agronomy, (12): 928 doi.org/10.4081/ija.2017.928
- Dorn B. (2009): Fusarium species complex on maize in Switzerland: Occurrence, prevalence, impact and mycotoxins in commercial hybrids under natural infection, European Journal of Plant Pathology, 125(1):51-61
- Duncan K. E., Howard R., J. (2010): Biology of maize kernel infection by *Fusarium verticillioides*, Molecular Plant Microbe Interaction,, 23: 6- 16.
- Ejaz R. M., Jaoua S., Ahmadi M., Shabani F. (2023): An examination of how climate change could affect the future spread of *Fusarium* spp. around the world, using correlative models to model the changes, Environmental Technology & Innovation, (31): 103177 doi.org/10.1016/j.eti.2023.103177
- Ferreira D. F. M., Hirooka Y. E., Ferreira D. F., Silva V. M., Mossini G. A. S., Machinski M. (2018): Effect of *Zingiber officinale* Roscoe essential oil in fungus control and deoxynivalenol production of *Fusarium graminearum* Schwabe in vitro, Food Additives & Contaminants: Part A. 35 (11): 2168-2174 DOI:10.1080/19440049.2018.1520397

- Foround A. N., Chatterton S., Lana M., Reid D., Turkington K., Tittlemier A. S., Grafenhan T.: (2014): Fusarium Diseases of Canadian Grain Crops: Impact and Disease Management
- Gajecki M., Jakimiuk E., Gajecka M., Obremski K (2010): Praktyczne metody zmniejszania aktywności mikotoksyn w paszach, Magazyn Weterynaryjny Monografia. 605-610
- Gilbert J. Fernando W., (2010): Epidemiology and biological control of *Gibberella zeae* / *Fusarium graminearum*. Canadian Journal of Plant Pathology, 26 (4): 464-472. DOI:10.1080/07060660409507166
- Glenn A. (2007): Mycotoxigenic *Fusarium* species in animal feed. Animal Feed Science and Technology, 137, (3–4): 213-240. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.003,
- Gupta C. R., Mostrom S. M., Evans J. T. (2018): Zearalenone. Veterinary Toxicology (Third Edition) Basic and Clinical Principle, 25: 1055-1063
- Gwiazdowska D., Marchwinska K., Jus K., Unwineza A. P., Gwiazdowski R., Waskiewicz A., Kierzek R. (2022): The Concentration-Dependent Effects of Essential Oils on the Growth of *Fusarium graminearum* and Mycotoxins Biosynthesis in Wheat and Maize Grain. Antimicrobial Substances in Plants: Discovery of New Compounds, Properties, Food and Agriculture Applications, and Sustainable Recovery.12: (1). DOI: 10.3390/app12010473
- Haschek M. W., Beasley R. V. (2009): Trichothecene Mycotoxins. Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents, 26: 353-369. doi.org/10.1016/B978-012374484-5.00026-2
- Jard G., Liboz T., Mathieu F., Guyonvarc'h A., Lebrihi A (2011): Review of mycotoxin reduction in food and feed: from prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation, Food Additives & Contaminants: Part A, 28 (11): 1590-1609 doi.org/10.1080/19440049.2011.595377
- Ji C., Fan Y., Zhao L. (2016): Review on biological degradation of mycotoxins, Animal Nutrition, 2 (3): 127-133 doi.org/10.1016/j.aninu.2016.07.003
- Kamle M., Mahato K. D. Devi S. Lee E. K., Kang G. S., Kumar P. (2019): Fumonisin: Impact on Agriculture, Food, and Human Health and their Management Strategies. Toxins (Basel), (6):328. doi: 10.3390/toxins11060328
- Kaur J., Dhiman D., Kalia A. (2023): Nanobiotechnological strategies for detection of mycotoxins in food products, Fungal Cell Factories for Sustainable Nanomaterials Productions and Agricultural Applications Nanobiotechnology for Plant Protection. 18:511-541. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99922-9.00023-4>

- Löffler M., Miedaner T., Kessel B., Ouzunova M. (2010): Mycotoxin accumulation and corresponding ear rot rating in three maturity groups of European maize inoculated by two *Fusarium* species, (174): 153-164. Letöltve: 2023.11.03.
- Magan N., Aldred D. (2007): Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain, *International Journal of Food Microbiology*. 119 (1-2): 131-139 doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.034
- Malachová A., Stránská M., Václavíková M., Black C., Meneely J., Hajslová J., Ezekiel N. C., Schuhmacher R., Krska R. (2017): Advanced LC–MS-based methods to study the co-occurrence and metabolization of multiple mycotoxins in cereals and cereal-based food, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 801-825.
- Manninger, I. (1972): A kukorica szárkorhadásos megdőlése. *Magyar Mezőgazdaság*, (27) 14-15
- Mesterházy Á. (1978): Gabonafélék ellenállóképessége a *Fusarium* genus néhány fajával szemben, Kandidátusi értekezés. MTA, 117
- Mesterházy Á., Lemmens M., Reid L.M., (2012): Breeding for resistance to ear rots caused by *Fusarium* spp. in maize – a review. *Plant Breeding*, 131 (1): 1-19 DOI:10.1111/j.1439-0523.2011.01936.x
- Mielniczuk E., Bednarz S. B (2020): *Fusarium* Head Blight, Mycotoxins and Strategies for Their Reduction, *Journals Agronomy* 10, (4): 509. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040509>
- Mittendorf K., Stroka J., Senyuva H. (2012): Determination of fusarium mycotoxins in wheat, maize and animal feed using on-line clean-up with high resolution mass spectrometry, *Food Additives & Contaminants: Part A* 30, (1): 156-165. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.729162>
- Mostrom S. M., Raisbeck F. M. (2007): Trichothecenes, *Veterinary Toxicology Basic and Clinical Principles*, 76: 951-976. doi.org/10.1016/B978-012370467-2/50173-5
- Munkvold P.G. (2003): Epidemiology of *Fusarium* Diseases and their Mycotoxins in Maize Ears, *European Journal of Plant Pathology*. 109:705-713
- Nagy E., Cabuelea I. (1996): Breeding maize for tolerance to *Fusarium* stalk and ear rot stress. In: *Romanian Agricultural Research*, (6): 43-59.
- Nascimento S. M., Taniwaki H. M. (2023): Common and natural occurrence of pathogens, including fungi, leading to primary and secondary product contamination, *Present Knowledge in Food Safety, A Risk-Based Approach Through The Food Chain*, 25: 330-356. doi.org/10.1016/B978-0-12-819470-6.00018-4

- Nedelnik J, Linduskova H, Kmoch M (2012): Influence of growing Bt maize on Fusarium infection and mycotoxins content— a review, *Plant Protection Sciences*, 48: 18– 24.
- Osborne L., Stein M. J. (2007): Epidemiology of Fusarium head blight on small-grain cereals, *International Journal of Food Microbiology*, 119, (1–2):103-108 doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.07.032
- Perincherry L., Kanczugowska L. J., Stepien L. (2019): Fusarium-Produced Mycotoxins in Plant-Pathogen Interactions Toxins (Basel), (11):664. doi: 10.3390/toxins11110664
- Pirogozliev R. S., Simon G. E., Hare C. M., Jenkinson P. (2003): Strategies for the Control of Fusarium Head Blight in Cereals, *European Journal of Plant Pathology*, 109: 731-742
- Pitt I. J. (2014): Mycotoxins: Fumonisin, Reference Module in Food Science Encyclopedia of Food Safety. 2: 299-303. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00192-X>
- Reddy B. Raghavender (2008): OUTBREAKS OF FUSARIUM-TOXICOSES IN INDIA, *International Symposium On Fusarium Head Blight*. 36:321-325
- Ropejko K., Twaruzek M. (2021): Zearalenone and Its Metabolites—General Overview, Occurrence, and Toxicity, *Toxins (Basel)*, 35. doi: 10.3390/toxins13010035
- Schaafsma A.W., Ilinic T.L., Miller D.J., Hooker C.D (2001): Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain, *Canadian Journal of Plant Pathology*. 23 (3):279-285 doi.org/10.1080/07060660109506941
- Steinkellner S., Langer I. (2004): Impact of tillage on the incidence of Fusarium spp. in soil, *Plant and Soil*. (267): 13-22
- Strategies, Future Challenges in Crop Protection Against Fungal Pathogens: 267-316 doi.org/10.1007/978-1-4939-1188-2_10
- Tiru Z., Mandal P., Chakraborty P. A., Pal A., Sadhukhan S. (2021): Fusarium Disease of Maize and Its Management through Sustainable Approach, *Fusarium - An Overview on the Genus*: 1-17. DOI: 10.5772/intechopen.100575
- Tiru Z., Mandal P., Chakraborty P. A., Pal A., Sadhukhan S. (2021): Fusarium Disease of Maize and Its Management through Sustainable Approach, *An Overview of the Genus*: 1-5. doi: 10.5772/intechopen.100575
- Weber R., Kita W., (2010): The effects of tillage systems and preceding crop types on the frequency of the incidence of Fusarium culmorum and Fusarium avenaceum on culm bases of some winter wheat cultivars, *Acta Agrobot.* 63: 121-128. DOI 10.13080/z-a.2016.103.006
- Wegulo N. S., Bockus W., Nopsa H. J., Wolf De D. E., Eskridge M. K., Pieris K., Dowell E. F. (2011): Effects of Integrating Cultivar Resistance and Fungicide Application on

- Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol in Winter Wheat, Am Phytopath Society. 95:554-560 doi.org/10.1094/PDIS-07-10-0495
- Xu M.-X., Nicholson P., Thomsett M., Simpson D., Cooke B. Doohan F., Brennan J., Monaghan S., Moretti A., Öszvér G., Hornok L., Beki E., Tatnell J., Ritieni A., Edwards S (2007): Relationship Between the Fungal Complex Causing Fusarium Head Blight of Wheat and Environmental Conditions, Ecology and Epidemiology. 98:69-78
- Yu J., Kim K.-H. (2020): Exploration of the interactions between mycoviruses and Fusarium graminearum, Advances in Virus Research, 106:123-144. <https://doi.org/10.1016/bs.aivir.2020.01.004>
- Yu J., Pedroso R. I (2023): Mycotoxins in Cereal-Based Products and Their Impacts on the Health of Humans, Livestock Animals and Pets, Toxins 15 (8):480. doi.org/10.3390/toxins15080480
- Zhang Y., Ma J. L (2017): Deciphering Pathogenicity of Fusarium oxysporum From a Phylogenomics Perspective, Advances in Genetics, 100 (5): 179-209. Doi.org/10.1016/bs.adgen.2017.09.010

Internetes források

- http1.: Kukoricapiac <https://www.yara.hu/tapanyagellatas/Kukorica/kukoricapiac/>
- http2: .M. Shahbandeh: Kukoricatermelés részesedése világszerte országok szerint 2021/2022 (<https://www.statista.com/statistics/254294/distribution-of-global-corn-production-by-country-2012/>) (2023.02)
- http3:Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2021 (<https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2021/index.html>)
- http4: Gabonaalapú élelmiszerek fuzárium toxin szennyezettségének csökkentési lehetőségei http://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21384/Fuzarium-korr_za_k_0803.pdf/a86117cd-5734-4559-b46b-c22ca5ac3f23
- http.5: <http://lgseeds.hu/termekek/kukorica/content/szemes-kukorica> (2023.06.)
- http6: <https://www.syngenta.hu/sy-solandri-fao-380-400>
- http7: www.magyarkukoricaklub.hu/data/file/2019/02/05/kukorica_toxikus_betegsegek_mesterrhazy_2018.pdf?show=1
- https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html

9. Mellékletek

1.

One-way ANOVA: Nagytábla; 4.4; Kövecses

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	3	Nagytábla; 4.4; Kövecses

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	5,73	2,867	0,03	0,969
Error	12	1084,00	90,333		
Total	14	1089,73			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
9,50438	0,53%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Nagytábla	5	40,40	9,10	(31,14; 49,66)
4.4	5	39,20	11,88	(29,94; 48,46)
Kövecses	5	39,00	6,86	(29,74; 48,26)

Pooled StDev = 9,50438

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
Nagytábla	5	40,40	A
4.4	5	39,20	A
Kövecses	5	39,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

2.

One-way ANOVA: Solandria; Kashmir; P9960

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	3	Solandria; Kashmir; P9960

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	2	329,33	164,667	17,64	0,022
Error	3	28,00	9,333		
Total	5	357,33			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,05505	92,16%	86,94%	68,66%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
Solandria	2	30,00	2,83	(23,13; 36,87)
Kashmir	2	23,00	1,41	(16,13; 29,87)
P9960	2	41,00	4,24	(34,13; 47,87)

Pooled StDev = 3,05505

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
P9960	2	41,00	A
Solandria	2	30,00	B
Kashmir	2	23,00	B

Means that do not share a letter are significantly different.

3.

WORKSHEET 1

One-way ANOVA: E; 2.E; B; 2.B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	E; 2.E; B; 2.B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	2929,7	976,56	25,00	0,000
Error	12	468,8	39,06		
Total	15	3398,4			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6,25	86,21%	82,76%	75,48%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	4	68,75	12,50	(61,94; 75,56)
2.E	4	100,0	0,0	(93,2; 106,8)
B	4	100,0	0,0	(93,2; 106,8)
2.B	4	100,0	0,0	(93,2; 106,8)

Pooled StDev = 6,25

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2.B	4	100,0	A
B	4	100,0	A
2.E	4	100,0	A
E	4	68,75	B

Means that do not share a letter are significantly different.

4.

WORKSHEET 2

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels Values
Factor	4 E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	468,8	156,3	1,00	0,426
Error	12	1875,0	156,2		
Total	15	2343,7			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
12,5	20,00%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	4	100,0	0,0	(86,4; 113,6)
2E	4	100,0	0,0	(86,4; 113,6)
B	4	87,5	25,0	(73,9; 101,1)
2B	4	100,0	0,0	(86,4; 113,6)

Pooled StDev = 12,5

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2B	4	100,0	A
2E	4	100,0	A
E	4	100,0	A
B	4	87,5	A

Means that do not share a letter are significantly different.

5.

WORKSHEET 3

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels Values
Factor	4 E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	156,2	52,08	0,67	0,588
Error	12	937,5	78,13		
Total	15	1093,8			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8,83883	14,29%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	4	93,75	12,50	(84,12; 103,38)
2E	4	100,0	0,0	(90,4; 109,6)
B	4	100,0	0,0	(90,4; 109,6)
2B	4	93,75	12,50	(84,12; 103,38)

Pooled StDev = 8,83883

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
B	4	100,0	A
2E	4	100,0	A
2B	4	93,75	A
E	4	93,75	A

Means that do not share a letter are significantly different.

6.

WORKSHEET 4

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
-----------------	---------------------

Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	156,3	52,08	0,67	0,588
Error	12	937,5	78,13		
Total	15	1093,8			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
8,83883	14,29%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	4	93,75	12,50	(84,12; 103,38)
2E	4	100,0	0,0	(90,4; 109,6)
B	4	93,75	12,50	(84,12; 103,38)
2B	4	100,0	0,0	(90,4; 109,6)

Pooled StDev = 8,83883

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2B	4	100,0	A
2E	4	100,0	A
B	4	93,75	A
E	4	93,75	A

Means that do not share a letter are significantly different.

7.

WORKSHEET 1

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are

Assumptions	equal
Significance level	$\alpha = 0,05$
Equal variances were assumed for the analysis.	

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	937,5	312,5	1,71	0,217
Error	12	2187,5	182,3		
Total	15	3125,0			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
13,5015	30,00%	12,50%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	4	81,3	23,9	(66,5; 96,0)
2E	4	100,0	0,0	(85,3; 114,7)
B	4	93,75	12,50	(79,04; 108,46)
2B	4	100,0	0,0	(85,3; 114,7)

Pooled StDev = 13,5015

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2B	4	100,0	A
2E	4	100,0	A
B	4	93,75	A
E	4	81,3	A

Means that do not share a letter are significantly different.

8.

WORKSHEET 1

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal

Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	60,00	20,00	1,00	0,418
Error	16	320,00	20,00		
Total	19	380,00			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4,47214	15,79%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	5	96,00	8,94	(91,76; 100,24)
2E	5	100,0	0,0	(95,8; 104,2)
B	5	100,0	0,0	(95,8; 104,2)
2B	5	100,0	0,0	(95,8; 104,2)

Pooled StDev = 4,47214

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2B	5	100,0	A
B	5	100,0	A
2E	5	100,0	A
E	5	96,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

9.

WORKSHEET 2

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	653,7	217,9	1,44	0,268
Error	16	2420,0	151,3		
Total	19	3073,8			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
12,2984	21,27%	6,51%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	5	95,00	11,18	(83,34; 106,66)
2E	5	100,0	0,0	(88,3; 111,7)
B	5	86,00	21,91	(74,34; 97,66)
2B	5	100,0	0,0	(88,3; 111,7)

Pooled StDev = 12,2984

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2B	5	100,0	A
2E	5	100,0	A
E	5	95,00	A
B	5	86,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.

10.

One-way ANOVA: E; 2E; B; 2B

Method

Null hypothesis	All means are equal
Alternative hypothesis	Not all means are equal
Significance level	$\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Factor	4	E; 2E; B; 2B

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	373,8	124,6	0,95	0,440
Error	16	2100,0	131,3		
Total	19	2473,8			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
11,4564	15,11%	0,00%	0,00%

Means

Factor	N	Mean	StDev	95% CI
E	5	88,00	17,89	(77,14; 98,86)
2E	5	95,00	11,18	(84,14; 105,86)
B	5	96,00	8,94	(85,14; 106,86)
2B	5	100,0	0,0	(89,1; 110,9)

Pooled StDev = 11,4564

Fisher Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Fisher LSD Method and 95% Confidence

Factor	N	Mean	Grouping
2B	5	100,0	A
B	5	96,00	A
2E	5	95,00	A
E	5	88,00	A

Means that do not share a letter are significantly different.