

Debreceni Egyetem
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Növényvédelmi Intézet

**TAVASZI ZABFAJTÁK ÉRZÉKENYSÉGÉNEK VIZSGÁLATA HÁROM
FUSARIUM FAJJAL SZEMBEN**

TDK Dolgozat

Sándor Ágota Ildikó
Növényorvosi MSc

Konzulens:
Csótó András
tanszéki mérnök

Külső konzulens:
Dr. Erdős Zsuzsa
tudományos
segédmunkatárs

Debrecen
2021

Tartalomjegyzék

Bevezetés	4
1. CÉLKITŰZÉS	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
2.1. Taxonómia és nevezéktan	7
2.2. A <i>Fusarium graminearum</i> Schwabe kórokozó jellemzése	8
2.3. A <i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg kórokozó jellemzése	9
2.4. A <i>Fusarium avenaceum</i> (Fries) Saccardo kórokozó jellemzése.....	11
2.5. A fontosabb fuzáriumtoxinok bemutatása.....	13
2.6. A <i>Fusarium</i> fertőzés menete és a jellemző tünetek zabon	14
2.7. A vizsgált zabfajták leírása.....	16
2.8. A zab fuzárium-ellenállóságának vizsgálata.....	17
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	19
3.1. A fertőző anyag előállításának menete	19
3.2. A kisparcellás kísérlet leírása	20
3.3. Az ezerszemtömeg és endofuzáriózis megállapítása.....	21
3.4. A statisztikai értékelés menete	22
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELESLÉSÜK.....	23
4.1. A fertőző anyag előállításának eredményei	23
4.2. A mintákból kitenyésztett egyéb kórokozók.....	25
4.3. A statisztikai értékelés eredményei.....	29
4.3.1. A fajták általános érzékenysége a vizsgált <i>Fusarium</i> fajokkal szemben.....	29
4.3.2. A két fertőzési időpont hatása az endofuzáriózusra és az ezerszemtömegre ...	31
4.3.3. A fajták érzékenysége az egyes <i>Fusarium</i> fajokkal szemben és a kontrollban	32
4.3.4. A <i>Fusarium</i> fajok és a kontroll hatása az endofuzáriózusra és az ezerszemtömegre	36
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	37

Összefoglalás	39
Köszönetnyilvánítás	41
Irodalomjegyzék	42
Ábrák jegyzéke	49
Melléklet	50

Bevezetés

A zab – tudományos nevén *Avena sativa* L. taxonómiai besorolása az USDA (2021) adatbázisa szerint: Növények (*Plantae*) országa, Zárvatermők (*Magnoliophyta*) törzse, Egyszikűek (*Liliopsida*) osztálya, Palkafélék (*Cyperales*) rendje, Pázsitfűfélék (*Poaceae/Gramineae*) családja, *Avena* L. nemzetség – egy kiemelt gazdasági jelentőségű gabonaféle, melyet főként állati takarmányozásra, valamint élelmezésre használnak. Összetételét tekintve kiemelkedő a rosttartalma a többi gabonaféléhez képest, így a takarmányozásban a túletetés veszélye a legkisebb (PONGRÁCZ et al., 2011; UDVARDY, 2010).

„*Kanca elli a csikót, de zab annak az anyja*” – maradt fenn a mondás 1905-ből Kovácsy Béla és Monostori Károly tollából, mely igazolja, milyen fontos a lovak takarmányozásában ez a gabonaféle. Könnyű emészthetőségének köszönhetően cukortartalma rövid idő alatt a vérbe jut és gyorsan energiát ad, ami aztán hosszú ideig fennmarad a keményítő egyenletes bomlása miatt, innen ered a „zabos” kifejezés is. Többek között magas E- és B₁-vitamin tartalmának köszönhetően a zab a tenyészállatok takarmányozásában is nagy jelentőségű. Főként abraktakarmányként használatos, roppantással vagy pelyhesítéssel még inkább kihasználhatóak a benne rejlő tápanyagok (PONGRÁCZ et al., 2011; UDVARDY, 2010). Ezentúl készülhet belőle széna, szenázs vagy szilázs, de akár legeltetéssel is hasznosítható (CSAJBÓK, 2019).

A zabnak bugavirágzata van, más szóval füzéres fürt virágzata, melyet laza, szétágazó vagy féloldalas kalászkák alkotnak. A kalászkák száma 2-4, amelyből 2 termő. Két nagy pelyva levél veszi körül a füzérkét és a toklászok a szemtermésre nőnek (BALOGHNÉ NYAKAS, 2013). Aszerint, hogy csépléskor a zabszem kihullik-e a pelyvák közül vagy ott marad, megkülönböztetjük a pelyvászabot és a csupaszabot. Ez utóbbi előnye, hogy nem kell hántolni, így elsősorban élelmiszerként hasznosítjuk (CSAJBÓK, 2019; ZSOMBIK, 2008).

Az élelmiszeriparban a zab alapanyaga lehet ún. funkcionális élelmiszereknek, vagyis azon túl, hogy táplál, pozitív hatással van az egészségi állapotra vagy a közérzetre, valamint bizonyos betegségek kockázatát csökkenti (SZILVÁSSY – SÁRI, 2008). Ezt a jelzőt a zab annak köszönheti, hogy a gabonafélék közül a leggazdagabb rostban és nyerszsírban, valamint cinkben, rézben és mangánban (GYŐRI, 2008). Érdemes szót ejteni az ún. antioxidáns élelmi rostról, mely kifejezést a következő vegyületekre használják: „... *nem emészthető poliszacharidok, ugyanakkor a bélcsatornában antioxidáns kapacitással rendelkeznek* (MÉZES – ERDÉLYI, 2018, p.710)”. A zab antioxidáns élelmirost-tartalma az ún. avenantramidoknak köszönhető, melyek antioxidáns kapacitása megegyezik az L-aszkorbinsavval. Ezen tulajdonságának köszönhetően a zab alkalmas lehet a bőrirritáció, az érlelmeszesedés, a szív-

koszorúér megbetegedések és a vastagbél tumorok kockázatának csökkentésére (MÉZES – ERDÉLYI, 2018).

Az emberi fogyasztásra szánt zabból előállítanak például zabpelyhet, zabkását, gabonapelyhet és müzlit, kenyérféléket és kekszeket, müzli szeleteket és bébiételt. A tejmentes élelmiszerek fogyasztásának előtérbe kerülésével megjelentek a zabból készült növényi tejek, joghurtok és fagylaltok. Az ipari zabtermékek között találunk kozmetikumokat, kartontermékeket, furfurool és furnan vegyületeket, amelyeket oldószerekhez, ragasztókhoz, szűréshez használt segédanyagokhoz, vagy például cellulózzrost előállítására használnak (ZWER, 2004).

A FAO (2019) adatközlése szerint a világon 2019-ben 9,4 millió hektáron termesztették és 23 millió tonnát állítottak elő. A világon a legnagyobb termelő Oroszország, ezt követi Kanada, majd Lengyelország, a negyedik helyet Finnország foglalja el, míg az ötödiket Ausztrália (FAO, 2019).

Európában összesen 5,5 millió hektáron termesztették 2019-ben és összesen 13,6 millió tonnát takarítottak be. A legnagyobb termelők Oroszország (4,4 millió tonna), Lengyelország (1,2 millió tonna), Finnország (1,2 millió tonna), valamint Nagy-Britannia és Észak-Írország Egyesült Királysága (1,1 millió tonna). Az EU-28 tagállamok – beleértve az Egyesült Királyságot is – összesen 8 millió tonnát termeltek 2019-ben a FAO (2019) adatbázisa szerint.

A KSH (2020) adatközlései szerint hazánkban 2020-ban 23790 hektáron termesztettek zabot, amelyről 70276 tonnát takarítottak be összesen. Legnagyobb mennyiségben Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében, ezt követően Bács-Kiskun megyében, valamint Csongrád-Csanád megyében takarították be (KSH, 2020). A 2019-ben betakarított hazai zab termés 52,24%-át használták fel takarmányozásra és mindössze 4,03%-ot ipari feldolgozásra. Ezen kívül 3,67% volt a vetőmag-felhasználás, 4,54% az export, 0,38% veszteség és 35,15% maradt készleten. A betakarított mennyiségből mindösszesen 1,03%-ot használtak belföldi élelmezésre (KSH, 2019).

A fent említettek következtében – úgy, mint a nagy értékű állatok takarmányozása és a funkcionális táplálkozás – a zab esetében kiemelkedően fontosak a minőségi paraméterek.

1. CÉLKITŰZÉS

A *Fusarium* fajok jelentőségét adja, hogy másodlagos anyagcseretermékeket, ún. mikotoxinokat termelnek. Ezek a toxinok nemcsak gazdasági veszteséget okoznak, de állat- és humán-egészségügyi szempontból is nagy jelentőségűek. A legnagyobb veszélyt a *Fusarium* fajok által termelt fumonizinek, trichotecének (azon belül a DON-toxin) és a zearalenon jelentik (KOVÁCS, 2010; NELSON et al., 1993).

A takarmányban vagy élelmiszerben egyszerre akár több mikotoxin is lehet, amelyek szinergizmusa által vegyes toxikózis is előfordulhat. Napjainkban a heveny mérgezések helyett többször idült mérgezések jelentkeznek. Azt, hogy milyen mértékben képesek ezek a toxinok elszaporodni és ily módon az élelmiszer-láncba bekerülni, nagyban befolyásolja a hőmérsékleten és a nedvességen kívül a szubsztrátumok, vagyis a fertőzött növények érzékenysége (KOVÁCS, 2010).

Fontos megjegyezni, hogy a növényi alapanyagok felelősek a mikotoxinok élelmiszer-láncba való bekerüléséért. Ilyen fertőzött növényi alapanyag lehet a zab is, hiszen mint sok más gabonaféle, ez is fertőződhet *Fusarium* fajokkal. A fajták érzékenysége, ellenállóképessége meghatározza a védekezés hatékonyságát is, éppen ezért fontos ennek vizsgálata.

Kutatásunk során az MV Pehely, GK Pillangó, Lota és Panna fajtákat vizsgáltuk kisparcellás provokációs kísérletben. A 4 fajtát 3 *Fusarium* fajjal fertőztük 4 ismétlésben, ezek a fajok a *Fusarium graminearum* Schwabe, a *Fusarium avenaceum* (Fries) Saccardo és a *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg voltak, valamint egy kontrollt is végeztünk. A mesterséges inokuláció két időpontban történt, a portokok megjelenésekor, valamint a virágzás közepén, így vizsgáltuk a fertőzés időpontjának hatását is.

Vizsgálatainkhoz az endofuzáriózis százalékos arányát és az ezerszemtömeget – mint a *Fusarium* fajok által leginkább befolyásolt termésösszetevőt – vettük alapul, és statisztikai elemzést végeztünk. Kíváncsiak voltunk, hogy a fertőzés milyen hatással van ezekre a paraméterekre az egyes fajtákban.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Taxonómia és nevezéktan

A *Fusarium* nemzetség gazdaságilag az egyik legfontosabb gombanemzetség, számos gombafajt tartalmaz, melyek növénypatogének lehetnek és számos mezőgazdasági kultúrában, köztük a gabonafélékben betegséget okozhatnak. Emellett az emberi és az állati egészségre is károsak lehetnek, összefüggésbe hozhatók rákkal és más betegségekkel, hiszen sokan közülük biológiailag aktív szekunder metabolitokat, ún. mikotoxinokat termelnek, melyek rendkívüli kémiai diverzitással rendelkeznek (MORETTI, 2009; THRANE, 2014).

A nemzetség az egész világon előfordul, ennek ellenére nem minden faj kozmopolita, egyesek hűvösebb mérsékelt övi régiókban, míg mások a trópusi és szubtrópusi területeken fordulnak elő. A *Fusarium* fajok identifikálása egy kritikus kérdés, mert a nemzetségben felismert fajok száma az elmúlt évszázadban a különböző taxonómiai rendszereknek megfelelően folyamatosan változott. A taxonómiát két fő rendszer befolyásolta, egy európai iskola, több mint 65 fajjal, részletes morfológiai különbségek alapján, valamint egy amerikai iskola, mindössze 9 fajjal. Később ezek az iskolák egymás felé mozdultak el és napjainkra általános egyetértés van a *Fusarium* taxonómusok között (THRANE, 2014).

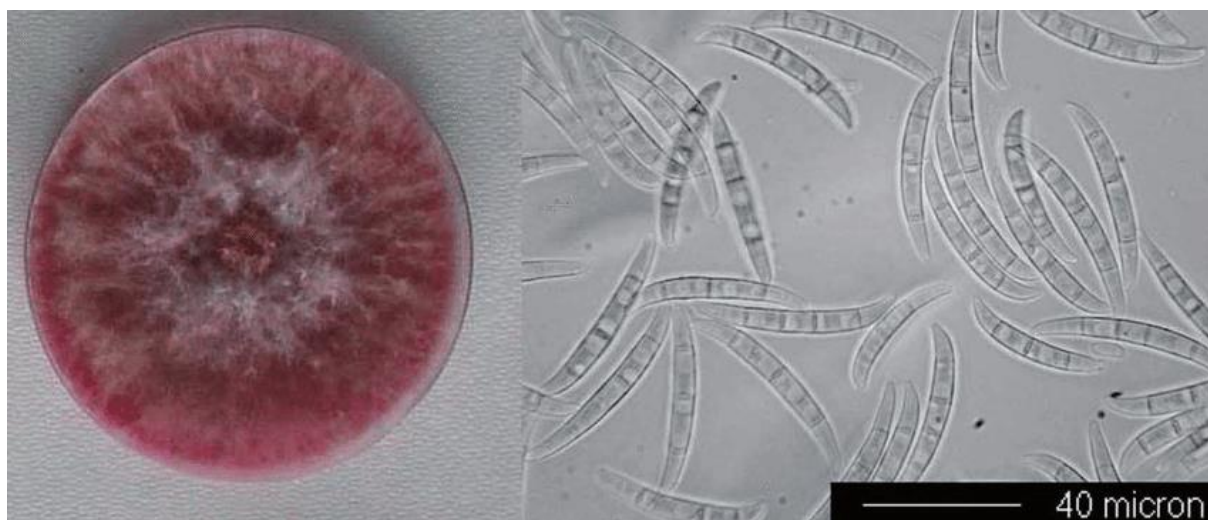
Jelenleg a *Fusarium* nemzetség körülbelül 150 fajt foglal magába, azonban a rendszer folyamatosan változik a molekuláris biológia gyors fejlődésének köszönhetően. A *Fusarium* fajok azonosításában a morfológiai tulajdonságok mellett élettani, biokémiai és filogenetikai kritériumoknak is meg kell felelni, ezek alapján az eredmények azonban ritkán fedik egymást. Sok információ áll a rendelkezésünkre a *Fusarium* fajokról, valamint azok ökológiai tulajdonságairól és mikotoxin termeléséről, azonban nehéz ezt az információt az egyik taxonómiai rendszer alapján a másikra lefordítani, főként a különböző elnevezések miatt, kiváltképp régi szakirodalmakat olvasva. A legnehezebb a feladat a mikotoxin termelés esetében, ahol emiatt gyakran a vizsgálatot nem megfelelően identifikált gombatörzsek alapján végezték, illetve gyakran használtak olyan fajokat, amelyeket még nem helyeztek el nemzetközileg hozzáférhető törzsgyűjteményben (MORETTI, 2009; THRANE, 2014).

Sok gombafajra ivaros és ivartalan szaporodás egyaránt jellemző, melyek egymástól függetlenül előfordulhatnak, így korábban egy gomba az életciklusa különböző részeinek megfelelően különböző neveket viselhetett. Később a DNS vizsgálatok megjelenésével genetikai kapcsolatot fedeztek fel korábban külön fajnak tekintett egyedekben. A múltban az anamorf (ivartalan) és teleomorf (ivaros) nevek tisztázták a fajok közötti kapcsolatokat, mára azonban zavarossá váltak (VAN DIEPENINGEN et al., 2014; KÖVICS, 2015).

A 2011 júliusában tartott Nemzetközi Botanikai Kongresszuson meghozott döntés alapján változások történtek az algák, gombák és növények nevezéktanának nemzetközi szabályzatában. Ezek alapján 2013 januárjától kezdve minden gombafajnak csak egyetlen neve lehet. Egyes esetekben, amikor a teleomorf név nem terjedt el széles körben, az anamorf nevet fogadják el (VAN DIEPENINGEN et al., 2014; HAWKSWORTH, 2011; NORVELL, 2011; REDHEAD – NORVELL, 2013; SCHOCH et al., 2014).

2.2. A *Fusarium graminearum* Schwabe kórokozó jellemzése

A MycoBank és az NCBI adatbázisa szerint egyaránt a faj hivatalos neve a következő: *Fusarium graminearum* Schwabe, besorolása: Gombák (*Fungi*) országa, Tömlősgombák (*Ascomycota*) törzse, *Sordariomycetes* osztály, *Hypocreales* rend, *Nectriaceae* család és *Fusarium* nemzetség, valamint az NCBI adatközlése szerint a *Fusarium sambucinum* fajkomplexben, ezen belül is a *Fusarium graminearum* fajkomplexben tartozik. Az előbb említett 2011-es kongresszusi döntésnek megfelelően a korábbi teleomorf alakot heterotípusos vagy taxonómiai szinonim névként említik az adatbázisok, amely nem más, mint a *Gibberella zeae* (Schwein) Petch (CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013; SCHOCH et al., 2020).



1. ábra: *Fusarium graminearum* PDA táptalajon és makrokonídiumok

Forrás: PANCALDI et al. (2010)

Kozmopolita faj, elsősorban kukoricán, búzán és árpan fordul elő, de számos más egynyári és évelő növényen is megtalálható. John F. Leslie és Brett A. Summerell (2006) leírta a faj karaktereit burgonya-dextróz agaron (továbbiakban PDA). A telepek gyorsan növekednek és viszonylag nagy mennyiségű sűrű micéliumot hoznak létre, melynek színe a fehértől a

halvány narancssárgán át a citromsárgáig változhat. A barnás pirosas vagy narancssárga színű sporodohium lassan képződik, több mint 30 nap alatt. A tenyészetek vörös pigmentet termelnek az agarban, amely az 1. ábrán is látható. (LESLIE – SUMMERELL, 2006).

A makrokonídiumot az 1. ábra mutatja. A sporodohium halvány narancssárga színű, de ritka, vagy nehezen megtalálható. A sporodohiumban keletkező makrokonídiumok alakban és méretben is megegyezők általában. A makrokonídium karcsú, vastagfalú és közepes hosszúságú. Mérsékelten ívelt vagy egyenes, oly módon, hogy a hasi oldal egyenes, a háti oldal pedig enyhén ívelt. Az apikális sejt kúpos vagy esetenként ormányszerű, a bazális sejt jól fejlett lábfej alakú. A szeptumok száma általában 5-6, de legtöbbször meglehetősen eltérő. A makrokonídium mennyisége más fajokhoz viszonyítva ritka, kevés, legnagyobb mennyiségben a sporodohiumban fordul elő. A mikrokonídium hiányzik (LESLIE – SUMMERELL, 2006; GERLACH et al., 1982).

A klamidospóra képződésének ideje változó, de általában lassan alakul ki, így hiánya nem vehető alapul a diagnosztikánál. Elhelyezkedése alapján leggyakrabban a makrokonídiumban képződik, de előfordulhat a micéliumban is. Megjelenése szerint előfordulhat egyesével, láncokban vagy fürtökben is. Általában gömbölyű és finoman érdes, de nem szemölcsös (LESLIE – SUMMERELL, 2006; GERLACH et al., 1982). U. Thrane (2014) alapján a kórokozó által termelt mikotoxinok a következők: aurofuzarin, butenolid, krizogin, kulmorin, dezoxinivalenol (vomitoxin), fuzarin C, nivalenol, zearalenon.

2.3. A *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg kórokozó jellemzése

A *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg faj besorolása az előbbivel megegyező a MycoBank és az NCBI adatbázisa szerint egyaránt, ezentúl az NCBI adatbázisa szerint a *Fusarium fujikuroi* fajkomplexbe sorolható, melyet másnéven *Gibberella fujikuroi* fajkomplexnek is neveznek. Taxonómiai szinonim nevei a *Fusarium moniliforme* J. Sheld és a korábban ivaros alaknak tekintett *Gibberella moniliformis* Wineland (CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013; SCHOCH et al., 2020).

Az International Society for Plant Pathology and International Committee on the Taxonomy of Fungi (ISPP/ICTF) szervezet *Fusarium* Systematics elnevezésű albizottsága 2003-ban egy fontos névváltoztatásra hívta fel a mikológiával és növénypatológiával foglalkozó kutatók figyelmét. Az albizottság egyhangúlag azt javasolta, hogy a *Fusarium moniliforme* elnevezést a jövőben ne alkalmazzák, és helyette a *Fusarium verticillioides* név legyen használatos. Ennek oka elsősorban, hogy a *F. moniliforme* egy elfogadhatatlanul széles faj koncepció, másodsorban pedig azért, mert a *F. verticillioides* vitathatatlanul a régebbi neve

a fajnak. Köztudott, hogy a *Fusarium* fajok besorolása nagyon ellentmondásos volt. A *F. moniliforme* név legalább hat, de valószínűleg több reprodukív módon izolált párási populációnak (vagyis biológiai fajnak) volt a neve, és valószínűleg több filogenetikai értelemben vett fajnak is az elmúlt 40 évben. Éppen ezért a *F. moniliforme* név a mai értelemben vett modern fajkonceptióval nem kapcsolható össze megbízhatóan és valószínűleg a legkonzervatívabb *Fusarium* taxonómus sem ismerné fel (SEIFERT et al., 2003).



2. ábra: **a. *Fusarium verticillioides* PDA táptalajon b. Mikrokonídiumok c. Makrokonídiumok d. Mikrokonídium monofialid láncon**

Forrás: PAVLOVIC et al. (2016)

A faj morfológiai karaktereit John F. Leslie és Brett A. Summerell (2006) a következőképpen írja le. A 2. képen látható, hogy PDA táptalajon kezdetben a telepen a micéliumok fehérek, később ibolya színű pigmentek alakulhatnak ki. Ez a pigmentáció az agarban nagyon változatos lehet, előfordul pigment hiány, szürkés narancssárga színtől az ibolyás szürkéig, valamint a sötét ibolyától a sötét magentaig, ami szinte már feketének tűnik. Kék-fekete szkleróciumok alakulhatnak ki egyes izolátumokban, melyek diagnosztikára nem alkalmasak, de a nőivarú termékenység magas szintjét jelezhetik (LESLIE – SUMMERELL, 2006).

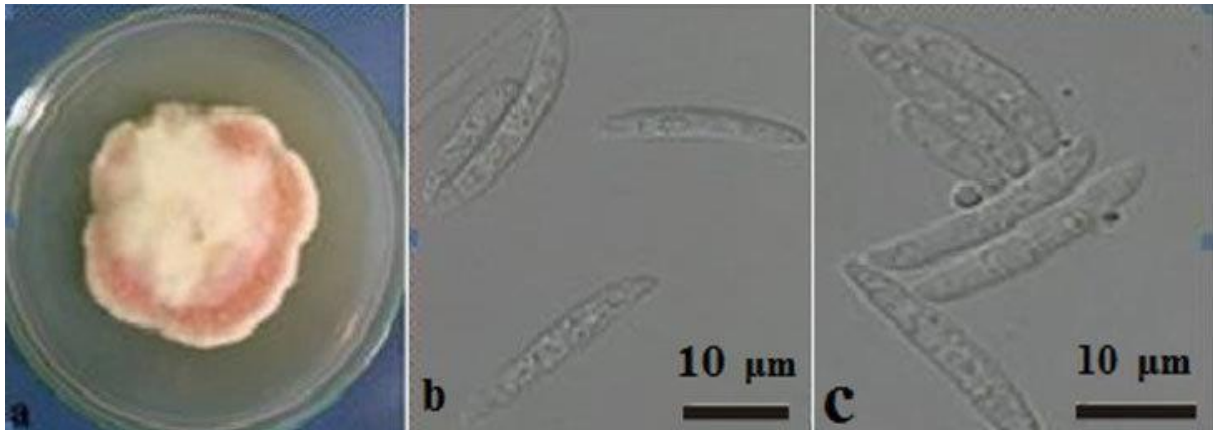
A makrokonídiumokat a 2. ábra mutatja, jellemzői PDA táptalajon: viszonylag hosszú és karcsú, kissé lebukik vagy egyenes, valamint vékony falú. A *Gibberella fujikuroi* fajkomplexbe tartozó fajok által termelt tipikus makrokonídium. A szeptumok száma 3-tól 5-ig változik, a bazális sejt rovátkolt vagy lábfej alakú, az apikális sejt ívelt és gyakran kúpos. A makrokonídiumok mennyisége izolátumonként változó, esetenként nehéz megtalálni. A sporodohium színe fahéjbarnától a narancssárgáig változik, jelen lehetnek diszkrét entitásokként, azaz egyénileg elkülönülten, vagy pseudo-pionnótesz tömegként (LESLIE – SUMMERELL, 2006; GERLACH et al., 1982).

A mikrokonídiumokat szintén a 2. ábra mutatja, jellemzői PDA táptalajon: ovális vagy ütő alakú, lapított alappal és általában nincs szeptum. Bőséges légmicélium alakul ki, gyakoriak a hosszú láncok, de időnként néhány spórából álló kis aggregátumok jönnek létre. A konídiogén sejtek monofialidok, melyek alkalmanként párban jönnek létre „nyúlfülhöz” hasonlóan. Klamidospórák nem termelődnek, egyes izolátumoknál azonban a hifák duzzadt sejtjei összetéveszthetők klamidospórákkal vagy pseudo-klamidospórákkal (LESLIE – SUMMERELL, 2006; GERLACH et al., 1982). U. Thrane (2014) alapján a kórokozó által termelt mikotoxinok a következők: beauvericin, fumonizinek, fuzársav, fuzarin C, moniliformin, naftokinon pigmentek.

2.4. A *Fusarium avenaceum* (Fries) Saccardo kórokozó jellemzése

Fusarium avenaceum (Fries) Saccardo elnevezésű faj besorolása az előző fajokkal megegyező, valamint az NCBI adatai szerint a *Fusarium tricinctum* fajkomplexbbe tartozik (CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013; SCHOCH et al., 2020). Számos taxonómiai szinonim neve van a MycoBank adatbázisa szerint, többek között a korábban teleomorf alaknak tekintett *Gibberella avenacea* R.J. Cook, melyet még J. F. Leslie és B. A. Summerell is ivaros alakként nevez meg. Ezzel szemben HWANG et al. (2014) közlése szerint az ivaros alakról mindössze kétszer számoltak be a világon, egyszer Európában (BOOTH – SPOONER, 1984) és egyszer az Amerikai Egyesült Államokban (COOK, 1967). Ez a ritka előfordulás azt jelentheti, hogy a *Fusarium avenaceum* egy funkcionálisan ivartalan faj (HWANG et al, 2014).

A kozmopolita *F. avenaceum* az egyik leggyakrabban előforduló *Fusarium* faj, amely körülbelül 150 növényfajon található meg. Mérsékelt övi területeken a leggyakoribb, szaprofita életmódot él a talajban, ezen kívül különböző hüvelyesek, szegfűfélék és egyéb évelő növények kórokozója lehet, de gyakran megtalálható gabonaféléken, például búzán és árpán is (JAMALAINEN, 1943; LESLIE – SUMMERELL, 2006; AFSHARI et al., 2020).



3. ábra: a. *Fusarium avenaceum* PDA táptalajon b, c. Makrokonídiumok
 Forrás: JAHEDI et al. (2019)

A 3. ábra mutatja a faj morfológiai karaktereit PDA táptalajon. A növekedési sebesség változó, lassú vagy viszonylag gyors. Bőségesen képződik micélium, amely fehértől a világos citromsárgán át szürkés rózsaszín is lehet. A központi spóratömegben bőséges mennyiségű sporodohium képződik, melynek színe a halvány narancssárgától a barnáig változhat. Az agaron képződő pigment szürkés rózsaszíntől a burgundiig változó, de barnásnak is tűnhet a központi spóratömegről visszaverődő fény miatt. A telep morfológiája nagyon változó. A PDA-n lévő kultúrák gyakran alakulnak át pionnótezzé, ritkábban fehér micéliummá (LESLIE – SUMMERELL, 2006; JAHEDI et al., 2019; HORNOK, 1975).

A makrokonídiumot a 3. ábra mutatja. Jellemzően halvány narancssárga színű, hosszú, karcsú, vékony falú, egyenes vagy enyhén görbült. Az apikális sejt hosszú és egy pontba elvékonyodó, hajlított lehet. A bazális sejt általában rovátkás, de néhány izolátum esetén lábfejszerű. A harántfalak száma általában 5, de előfordul 3 vagy 4 válaszfal is. Mennyiségét tekintve a makrokonídium közepesen bőséges a sporodohiumban (LESLIE – SUMMERELL, 2006; HORNOK, 1975).

A mikro- vagy mezokonídium orsó alakú, idegen szóval fusoid vagy fusiform, 1-2 válaszfallal rendelkezik és változatos a mérete. A légi micélium általában egyedül jelenik meg, a konidiogén sejtek monofialidok és polifialidok. A mikro- vagy mezokonídiumot csak néhány izolátum termeli, ha képződik, akkor is ritka. A klamidospórák hiányoznak (LESLIE – SUMMERELL, 2006; HORNOK, 1975; GERLACH et al., 1982).

U. Thrane (2014) alapján a kórokozó által termelt mikotoxinok a következők: 2-amino-14,16-dimetil-oktadekán-3-ol, akuminatopiron, antibiotic Y, aurofuzarin, beauvericin, klamidosporol, krizogin, enniatinok, fuzarin C, moniliformin.

2.5. A fontosabb fuzáriumtoxinok bemutatása

A mikotoxinokra együttesen jellemző, hogy olyan agresszív sejtmérgek, melyek kis molekulatömegűek és nincsen antigén hatásuk, így vakcina nem készíthető ellenük. Jól tűrik a magas hőmérsékletet, akár 100-200°C-ot is kibírnak. Ellenállnak a gyomornedvben található sósavnak is és kumulálódhatnak az emberi szervezetben például a vesében vagy a májban, de az állati eredetű élelmiszerekbe is bekerülhetnek, például a tejbe, a tojásba, a vérbe vagy a májba (KOVÁCS, 2010).

A trichotecének közé tartozik a dezoxinivalenol (későbbiekben DON) toxin, melyet vomitoxin néven is ismerünk és az egyik leggyakoribb toxin az élelmiszerekben. Szintén a csoport tagja a nivalenol (későbbiekben NIV), amely kevésbé gyakori, de mérgezőbb az előbbinél, ezen kívül ide tartozik még a T-2 toxin, amely a legmérgezőbb ezek közül. DON és NIV toxint termel például a *Fusarium graminearum* és a *Fusarium culmorum* (Wm.G. Sm.) Sacc, valamint T-2 toxint termel például a *Fusarium chlamydosporum* Wollenw. & Reinking (PITT, 2014).

A trichotecénnel szennyezett takarmányra legérzékenyebb haszonállataink közül a sertés, míg a szarvasmarha és a szárnyasok szervezete ellenállóbb. Ezek a toxinok jelentősen gátolják az immunrendszer működését, a DON toxin sejtszinten gátolja a fehérjeszintézist, oxidatív stresszt okoz, ami sejthalálhoz vezethet. Ezen kívül, ha nagy mennyiségben van jelen, akkor takarmány-visszautasítást, hányást (innen a vomitoxin név), hasmentést, gyomorfekélyt vagy végbél-előesést okozhat, rontja a szaporodásbiológiai mutatókat (PITT, 2014; POMOTHY et al., 2020). Az emberi szervezetben szintén hányást, hasmenést, valamint fejfájást és szédülést okozhat (SZEITZNÉ SZABÓ, 2009).

Egy másik jelentős *Fusarium* fajok által termelt toxincsoport a fumonizinek, ide tartozik a FB1, FB2, FB3, FB4 és az FA1, FA2, valamint a FBC1 toxinok, melyek közül az FB1 a legjelentősebb. A fajok, amelyek termelik a *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum* (Matsush.) Nirenberg és az *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. Kifejezetten érzékeny fajok a fumonizinre a sertés és a ló (SZEITZNÉ SZABÓ, 2009; KORMOS, 2003). Az előbbi fajnál tüdőödémát (HARRISON et al. 1990; SZABÓ-FODOR – KOVÁCS, 2010), utóbbinál agylágyulást (idegen szóval leukoencephalomaláciát) (KELLERMAN et al., 1990; ROSS et al., 1993) okoz a nagy mennyiségben fumonizinnel szennyezett takarmány etetése. Ezentúl egyéb állatoknál máj és vesekárosodást okozhat, az emberi szervezetben pedig rákkeltő hatását feltételezik (RHEEDER et al., 1992; TÓTH, 2000; KORMOS, 2003).

Fontos továbbá megemlíteni a *Fusarium* fajok által termelt zearalenont és származékait, melyek hatása a női nemi hormonhoz, az ösztrogénhez hasonló. Hatására méhnyagjobbodás,

szövetszaporodás, karcinogenezis figyelhető meg, valamint a nő nemű utódokban megnő a mellrák kialakulásának veszélye, ha a terhesség alatt éri túl magas ösztrogén hatás az anya szervezetét (KORMOS, 2003; SZEITZNÉ SZABÓ, 2009; SZUETS et al, 1997). Kiemelendő még a moniliformin, amelyet többek között a *F. avenaceum*, *F. proliferatum*, *F. culmorum* és *F. chlamydosporum* fajok termelnek. Kardiotoxikus hatású, különböző kísérletekben izomgyengeséget, légzésbénulást, szívizom-degenerációt idézett elő a kísérleti állatokon, végül pedig kómát és halált (VARGA et al., 2014; MARASAS et al., 1986).

Az európai élelmiszerjog szabályozza a termelőkre és előállítókra, valamint az illetékes hatóságra vonatkozó előírásokat és kötelezettségeket annak érdekében, hogy olyan terméket állítsanak elő, amely nem veszélyezteti a fogyasztók egészségét. Elsődlegesen a termelők és előállítók, tehát a vállalkozók felelősek az élelmiszer- és takarmánybiztonságért, emiatt önellenőrzést is kell végezniük, valamint biztosítaniuk kell a nyomon követhetőséget. A hatóság feladata elérni, hogy a vállalkozók eleget tegyenek a kötelezettségeiknek, ezért ellenőrzést és szükség esetén szankcionálást kell alkalmazniuk. Hazánkban a hatósági ellenőrzést a NÉBIH (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal) és a Megyei Kormányhivatalok illetékes szervei végzik (SZEITZNÉ SZABÓ, 2010).

2.6. A *Fusarium* fertőzés menete és a jellemző tünetek zabon

A zabot számos *Fusarium* faj fertőzheti, ilyen faj elsőként például a *Fusarium proliferatum*, melyet 2016-ban először írtak le nemcsak Magyarországon, de Európában is a zab bugafuzáriózisának okozójaként. Fertőzőképességét Dr. Molnár Orsolya mutatta ki, az MTA ATK Növényvédelmi Intézet Növénykórtani Osztályának kutatója (MOLNÁR, 2016; CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013).

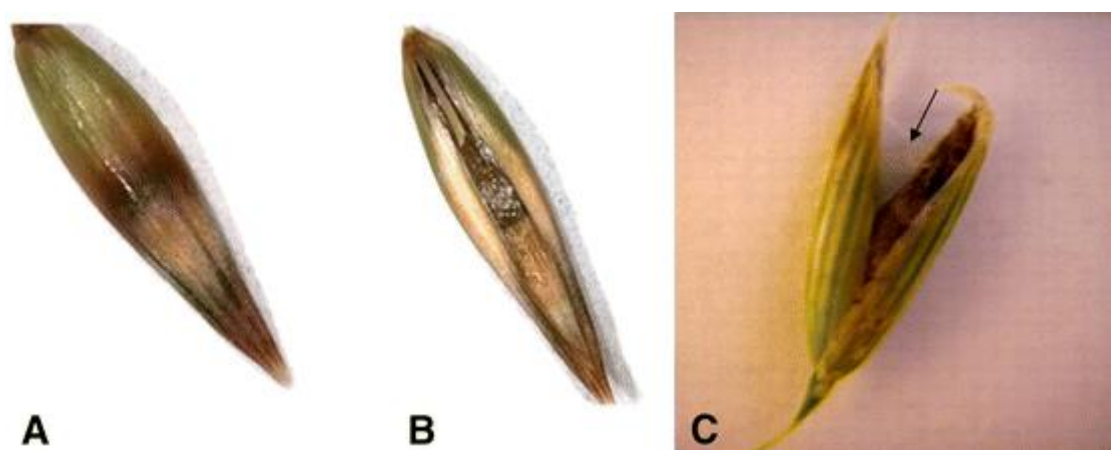
Egy másik tanulmány 2013 és 2015 között vizsgálta a zabban előforduló *Fusarium* fajokat Svájcban. Összességében kilenc különböző *Fusarium* fajt mutattak ki a svájci zabmintákban és a minták 97%-a legalább egy fajjal fertőzött volt. A megfigyelés mindhárom éve során csökkenő előfordulási sorrendben a következő fajok voltak ezek: *Fusarium poae* (Peck) Wollenw., *Fusarium langsethiae* Torp & Nirenberg, *Fusarium avenaceum* (Fries) Saccardo, *Fusarium graminearum* Schwabe, *Fusarium culmorum* (Wm.G. Sm.) Sacc., *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc., *Fusarium cerealis* (Cooke) Sacc. és *Fusarium tricinctum* (Corda) Sacc. (SCHÖNEBERG et al., 2018; CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013).

Az endofiton kórokozó a kedvezőtlen időszakot peritécium, micélium vagy klamidospóra formájában vészeli át növényi maradványokban vagy a talajban, de további fertőzési forrás lehet a fertőzött vetőmag, melynek belsejében vagy a felületén is túlél a gomba.

Fertőzést alakíthat ki a konídium, a peritéciumból és aszkuszokból származó aszkospóra vagy a micélium. A kórokozónak a hűvös, csapadékos időjárás kedvez. Annak függvényében, hogy a növény mely fenológiaiában fertőz, előfordulhat a magok elfekvése vagy csíranövény pusztulás, szártőrothadás, valamint bugafuzáriózis (5. ábra) (ÉRSEK – NÉMETH, 2014; PARRY et al., 1995).

Ha a fertőzés a fertőzött magból indul, akkor a kórokozó a mag embriójából belenő a csíranövénybe, majd a növény alapi részében él, innen nő tovább micéliálisan a szárba és a bugába. A mikotoxin szennyezés mellett a gomba szorult szemeket, a termés hozam csökkenését és minőségi romlást idéz elő. Az ivaros és ivartalan spórákat a szél és az eső nagy távolságokra juttatja, a növényi szövetre kerülve csírákat hajtanak, majd micéliumot növesztve a virágzat részein, valamint a sztomákon keresztül jutnak be a növénybe (ÉRSEK – NÉMETH, 2014; PARRY et al., 1995).

A virágzáskori fertőzés a legveszélyesebb, Tekle et al. (2012) vizsgálataiban az antézis időpontjában történő mesterséges *F. graminearum* fertőzés jelentősen magasabb ($89 \pm 3.1\%$) fertőzött szemeket eredményezett, mint az azt követő egy ($52 \pm 3.9\%$) vagy két ($30 \pm 5.5\%$) hét elteltével történő fertőzés. A fertőzés hatására a kalászkákon barna, vízzel átitatott léziók jelennek meg, elsőként az apikális részen, majd terjednek a bazális rész felé (4. ábra). A pelyva leveleken kifehéredő foltok válnak láthatóvá barna körvonallal. Gyakran megfigyelték, hogy a hifák egyik kalászkáról a másikra terjednek a kalászbán, így az azon belüli terjedést inkább a virágok fizikai érintkezésével magyarázzák, nem pedig a kalászorsón át történő terjedéssel (TEKLE et al., 2012).



4. ábra: a, b. Fuzáriumfertőzés kezdeti tünetei c. A micélium terjedése egyik kalászkáról a másikra

Forrás: Tekle et al. (2012)



5. ábra: **Fuzáriumfertőzött buga**

Forrás: Jafar Razzaghian / NIBIO

2.7. A vizsgált zabfajták leírása

A fajtákat az ipari standardnek megfelelően választottuk ki. Röviden, néhány szóban szerettük volna mindet bemutatni. Igyekeztünk szakmai publikációkat felhasználni és csak abban az esetben vettünk igénybe reklámanyagokat, amikor mást nem találtunk a kutatásunk során.

A vizsgálatban szerepelt az MV Pehely takarmányozási célú tavaszi zab fajta. Az Agrártudományi Kutatóközpont, Mezőgazdasági Intézet (2020) Martonvásári kalászos fajtakatalógusa szerint jó termőképességű és beltartalmi értékű. 12,0-15,0% között alakul fehérjetartalma és 3,2-3,6% között a β -glükán tartalma. Alacsony növényállományt hoz létre, így alkalmas támasztónövénynek zöldtakarmány keverékek vetésénél. Emellett jól bokrosodik és kiváló alkalmazkodóképességű. Lisztharmat és koronarovszda betegségekre mérsékelten fogékony.

Vizsgáltam továbbá a GK Pillangó tavaszi zabfajtát. Palágyi (2020) szerint a fajta termése kiegyenlített és jó az alkalmazkodóképessége. Erőteljes, mélyre nyúló gyökérzetének köszönhetően jól hasznosítja a talajnedvességet és jól tolerálja a szárazságot. Gyengébb talajon is elérhető 4 t/ha termés, de leginkább a savanyú barna erdőtalaj ideális számára, ahol akár 7 t/ha termést is produkál. A már 30 éve köztermesztésben lévő fajta jó kórtani tulajdonságokkal rendelkezik, nem fogékony az ún. vörös levél vírusra. Vegyszermentes biotermesztésre, étkezési célokra is ajánlják, de vetőmag-előállítás is problémamentes (PALÁGYI, 2020).

A harmadik vizsgált fajta a Lota, Mendlerné Drienyovszki et al. szerkesztésével A Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság gabonanövényei (2018) című kiadvány szerint a felálló típusú tavaszi zabfajta erősen bokrosodik, emellett vastag, erősen

viaszolt, enyhén szőrös szára van. Félig felálló bugaágai oldalra hajolnak, enyhén viaszoltak és rövid toklással rendelkeznek, ezerszemtömege nagy. Fekete- és barnarozsdára, fedett üszögre, valamint helmintospóriumos (újabb nevén drechslerás) levélfoltosságra nem fogékony, alkalmazkodóképessége jó. Potenciális termőképessége 5-3t/ha. Nagy méretének köszönhetően könnyen hántolható, így humán fogyasztásra különösen alkalmas.

A negyedik vizsgált FA0217 fajtajelöltet a dolgozatom készítése során fajtvá minősítették és megkapta a Panna nevet. Ez a tavaszi zabfajta erősen bokrosodó, felálló típusú, vastag, viaszolt, enyhén szőrös szárú. A bugaágak oldalra hajlanak, nem, vagy enyhén viaszosak. A toklász rövid és a külső toklász sárga. Ezermagtömege 29-33 g között változik. Toleráns egyes kórokozókkal szemben. Nagyon jól alkalmazkodó fajta. Termőképessége akár 5-6 t/ha is lehet. Nagy fehérjetartalmának köszönhetően humán fogyasztásra is igazán alkalmas (SERES, 2021).

2.8. A zab fuzárium-ellenállóságának vizsgálata

A fuzárium elleni védekezés során az agrotechnikai védekezés mellett fontos a szisztemikus csávázás, illetve a virágzáskori állomány védelem, emellett elengedhetetlen megemlíteni a rezisztencianemesítést (KÖVICS, 2010).

Bár igaz, hogy a kalászos gabonák virágzáskor a legfogékonyabbak a fuzárium fertőzésre, azonban fontos hozzátenni, hogy a kikalászolt (vagy a zab esetében bugahányást követően), de még nem virágzó állomány fogékonysága is megközelíti ezt. Éppen ezért az időjárástól kell függővé tenni a védekezés időzítését. Abban az esetben, ha a kalász/buga megjelenésétől kezdve sem csapadék, sem harmatképződés nem ad okot védekezésre, valóban megvárható a virágzás, azonban, ha ezek valamelyike fennáll, azonnal szükség van a védekezésre, mert a konídiumoknak 1-1,5 óra elegendő a csírázáshoz és fertőzéshez (BÉKÉSI, 2018).

Mindezek mellett fontos a kalász- vagy bugahányást megelőző 10-15 nap időjárása is, hiszen, ha ebben az időszakban csapadékos az időjárás, az elősegíti a területen lévő növényi maradványokon a peritéciumok kialakulását (7-10 nap), melyből később az aszkospórák fertőzik az állományt (BÉKÉSI, 2018).

A kijuttatás során az időzítés mellett fontos a megfelelő technológia is, hogy elérjük a kalász/buga teljes lefedettségét. A fúvókák hatékonyságáról Mesterházy et al. (2008) végzett kísérletet, melyben kiderül, hogy az egyik leghatékonyabb módszer a felületütközéses szórófejek közül a széles kúpszögű, lapos szórású fúvókák alkalmazása 30cm-el a kalász felett

vezetve – egyenletlen talajfelszínen ez azonban nehéz feladat. Nem mellékes azonban a fungicid hatékonyságának figyelembevétele sem.

Bár teljes rezisztencia nem ismeretes, az ellenállóság növelése a kémiai kezelés hatékonyságát is növeli. A klíma melegedése kedvez a mikotoxinok termelésének, ami miatt szintén fontos a fuzárium-ellenállóság javítása a nemesítésben. Mindezek mellett nagy jelentősége van a betakarítást követő szárításnak és tárolásnak, hogy a fertőzés és a toxintermelődés kockázatát tovább csökkentsük (KOVÁCS et al., 2021).

Lemmens et al. (2016) kutatása szerint a növények a mikotoxinok egy részét képesek átalakítani kevésbé mérgező metabolitokká, ezt hívják kötött mikotoxinoknak vagy idegen szóval „masked” mikotoxinoknak. Ez a folyamat azonban visszafordítható és befolyásolja a takarmány- és élelmiszerbiztonságot, nem ismert a biológiai hozzáférhetősége az állatok és az emberi szervezet számára, valamint pontos meghatározásuk is új feladat. Lemmens et al. (2016) vizsgálataikban a DON toxin DON-3-glükoziddá alakulását vizsgálták és megállapították, hogy az ellenállóság növelésével ez a kötött mikotoxin mennyiség is csökkenthető.

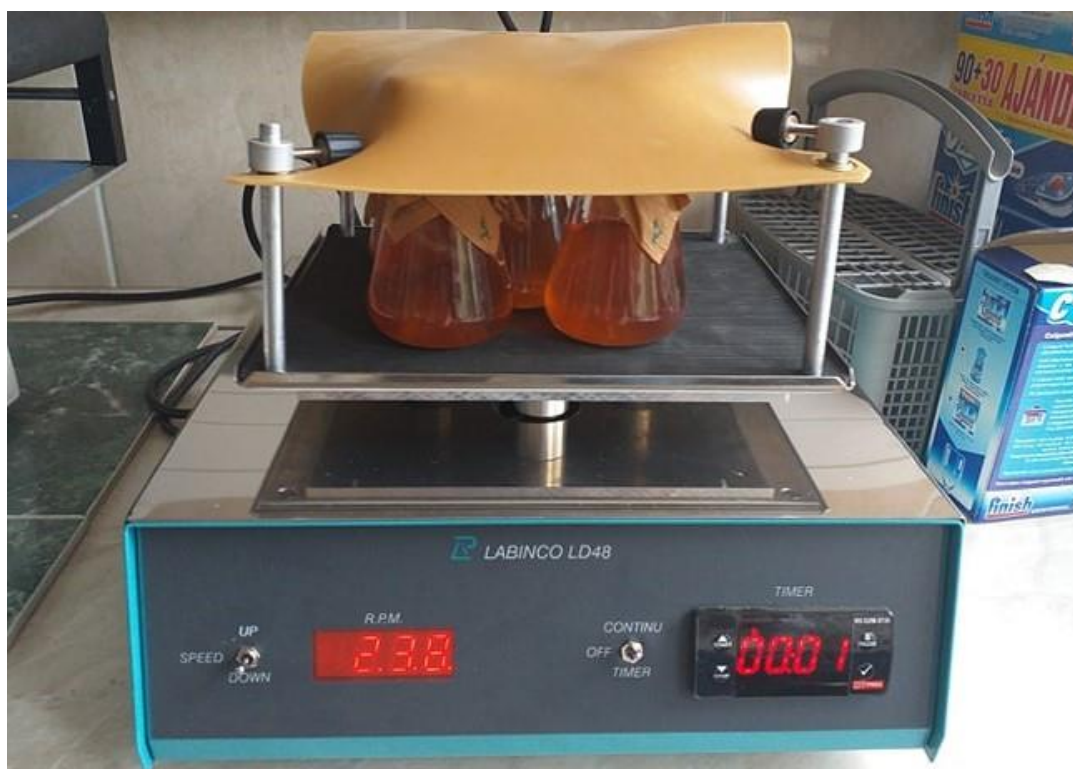
Számos *Fusarium* fajra endofitonként is tekinthetünk, ami az egyik oka lehet annak, hogy nem alakul ki teljes rezisztencia a növényekben. Ilyen esetekben a gomba nem okoz szöveti károsodást és tüneteket, azonban a toxin termelésével védi a növényt az azt fogyasztó fajoktól, mindeközben a növény tápanyagokat és védelmet biztosít a gombának, így szimbiózisról beszélhetünk. A *Fusarium* fajok tehát élhetnek szaprofita életmódot a talajban, lehetnek növénypatogén kórokozók, de akár endofiton életmódot is folytathatnak (KULDAU – YATES, 2000).

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1. A fertőző anyag előállításának menete

A *Fusarium avenaceum* faj fertőző anyagának előállításához a Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből vásárolt NCAIM-F-00731 kódszámú liofilizált tenyészetet használtuk. A *F. graminearum* és *F. verticillioides* fajok tenyészete pedig a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetének Gomba Génbankjából származott. A mintát először PDA szilárd táptalajra tettük, majd ellenőriztük a telepmorfológiát, bár *Fusarium* fajokat ez alapján nem lehet határozni.

A tiszta telepekből folyadékkultúras tenyészet készült rázógép segítségével, amelyet a 6. ábra mutat. Ez a folyamat 7 napon keresztül tarott természetes megvilágításban mungóbab folyékony tápközegben Buerstmayr et al. (2002) és Erdős et al. (2017) módszertana alapján. A használt rázógép típusa: Labinco LD-48, teljesítménye 180 rpm. A 7 nap leteltével a csíraszámok megfelelőségét az inokulációhoz elvárt szinthez Bürker kamrában számoltuk. Az inokulum tenyésztés eredményei a későbbiekben kerülnek bemutatásra az *Eredmények és értékelésük* című fejezetben.



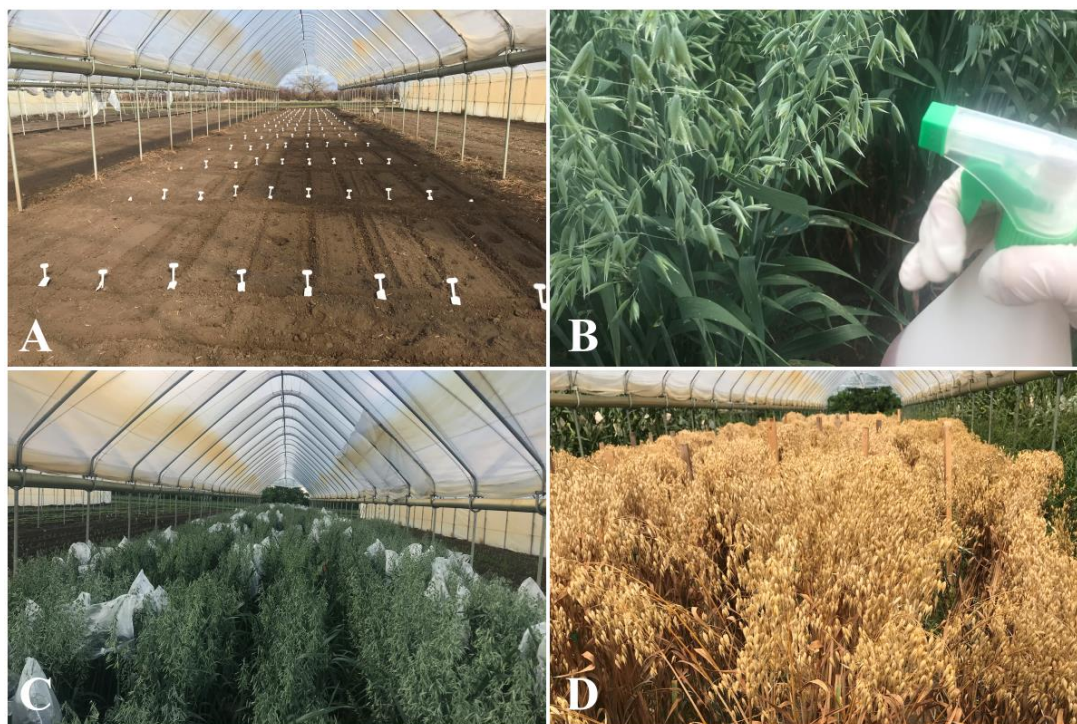
6. ábra: Folyadékkultúra létrehozása rázógépes tenyésztéssel

Forrás: Saját kép, 2020

3.2. A kisparcellás kísérlet leírása

A kísérlet helyszíne a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézetében volt. A kísérlet egy 62,5 méter hosszú és 5 méter széles fóliasátorban valósult meg. A fólia mentén körben 2,125 méteres szegély maradt szabadon, ezen belül a zabfajták egysoros vetésben 2,125 méter hosszan kerültek elhelyezésre, közöttük 50 cm sortávolságot alkalmazva, valamint 75 cm-es utat hagyva. Mindezt a mellékletben található térkép is mutatja.

A vetés 2020. március 09-én volt, az első fertőzés a portokok megjelenésekor június 8-ára esett, a második a virágzás közepén június 12-én történt. A kezelés időpontját a különböző fajták átlagos virágzási ideje alapján határoztuk meg. A betakarítás 2020. augusztus 4-én történt. A fertőzés során a 4 fajtát (MV Pehely, GK Pillangó, Lota és Panna) a 3 *Fusarium* fajból (*F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. avenaceum*) készített inokulummal mesterségesen fertőztük, valamint egy kontrollt is végeztünk, ez esetben csak vizet alkalmaztunk. A kezelést permetező flakon segítségével végeztük és azt követően áttetsző nylon tasakkal fedtük a fertőzött bugákat 48 órán át, ezzel biztosítva a párás mikroklimát (7. ábra). A kísérletet 4 ismételtsben végeztük, így összesen 128 mintát kaptunk.



7. ábra: a. A kisparcellás kísérlet vetés után b. A mesterséges fertőzés menete c. A nylonnal fedett fertőzött bugák d. A kisparcellás kísérlet betakarítás előtt

Forrás: Saját kép, 2020

3.3. Az ezerszemtömeg és endofuzáriózis megállapítása

A termésbecsléshez a három legfontosabb termésösszetevő a bugaszám, a bugánkénti szemszám, valamint az ezerszemtömeg. Ezek közül a fuzárium nem határozza meg a bugaszámot és a termékenyülésben is csak kis jelentősége van, tehát a bugánkénti szemszámmra sincs nagy hatással. Emiatt ezek közül az ezerszemtömeget vettük alapul vizsgálatainkhoz, hiszen a talajt és a vetőmagot nem kezeltük fertőző anyaggal, csak a bugát, így ez az adat megmutatja a termésdepressziót.

Az endofuzáriózis százalékos arányát laboratóriumban határoztuk meg. A munkát a Debreceni Egyetem Növényvédelmi Intézetének táptalaj laborjában végeztük steril boxban. Mintánként 50 szemet helyeztünk PDA táptalajra külső fertőtlenítést követően. A fertőtlenítés során a szemeket 5 percre Neomagnol tablettát és Tween 20-t tartalmazó desztillált vízben állni hagytuk, majd ezt követően steril vízben lemostuk és úgy helyeztük nagy méretű üveg Petri-csészébe PDA táptalajra (8. ábra). A táptalajhoz streptomycint adtunk, megakadályozva ezzel a baktériumok megjelenését a tenyészetben.

A Petri-csészéket laboratóriumi termosztát szekrénybe helyeztük és szobahőmérsékleten 56 órán keresztül inkubáltuk. Ezt követően mintánként megszámoltuk, hogy az 50 szemből hány szem jelent meg a fuzárium fertőzés és hány szem jelent meg egyéb gombafajok. Néhány kutatás, amelyekben a mi módszertanunkhoz hasonlóan külső fertőtlenítést és táptalajra lepakolást alkalmaztak: Kovács et al. (2012), Veres – Borbély (2003), Aponyi et al. (1998), King – Scott (1981), Trivedi – Rathi (2015), King (1981).



8. ábra: A minták elhelyezése PDA táptalajon

Forrás: Saját kép, 2021

3.4. A statisztikai értékelés menete

A statisztikai értékelést a STATSOFT STATISTICA 7.0.61.0 elnevezésű programmal végeztük. Normáleloszlású adatsorainknál egytényezős varianciaanalízist (one-way ANOVA) alkalmaztunk. Amennyiben az adatsorunk nem felelt meg a vizsgálat feltételeinek, Kruskal–Wallis nemparaméteres próbát végeztünk. Diagramos megjelenítéseinknél hibasávként az átlagtól való standard eltéréseket alkalmaztuk.

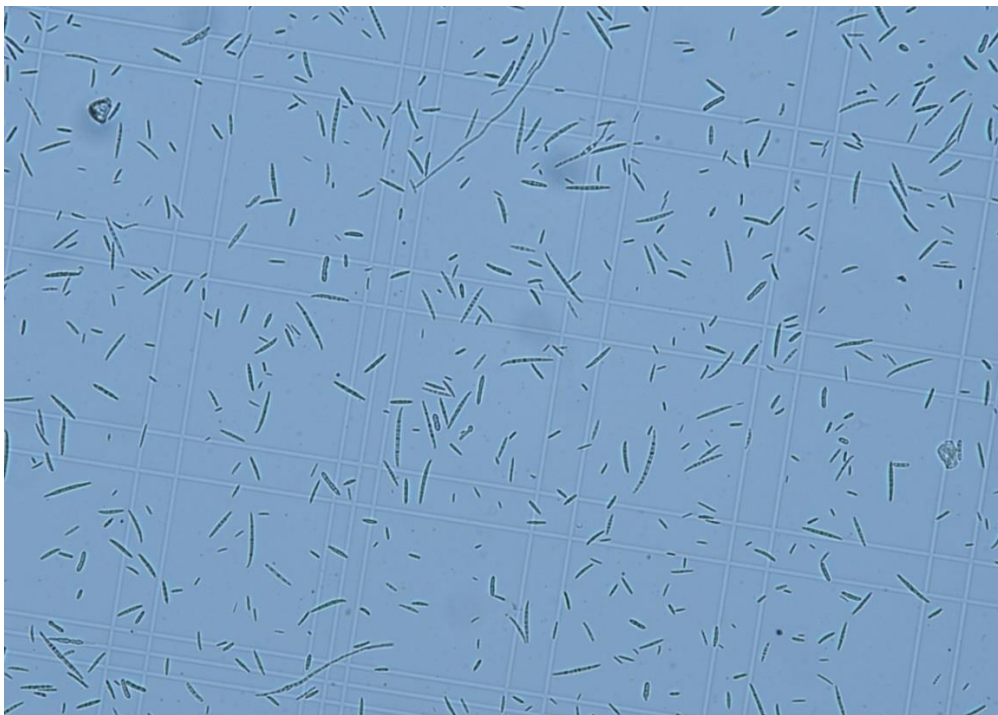
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

4.1. A fertőző anyag előállításának eredményei

Az inokuláláshoz elvárt csíraszám 10^5 konídium/ml volt, amelyet sikerült tízszeresen felülmúlnunk, így hígításhoz is elegendő csíraszámot kaptunk. A konídiumszámlálás eredményei, 3 liter végfelhasználói permetlére átszámolva a következők voltak:

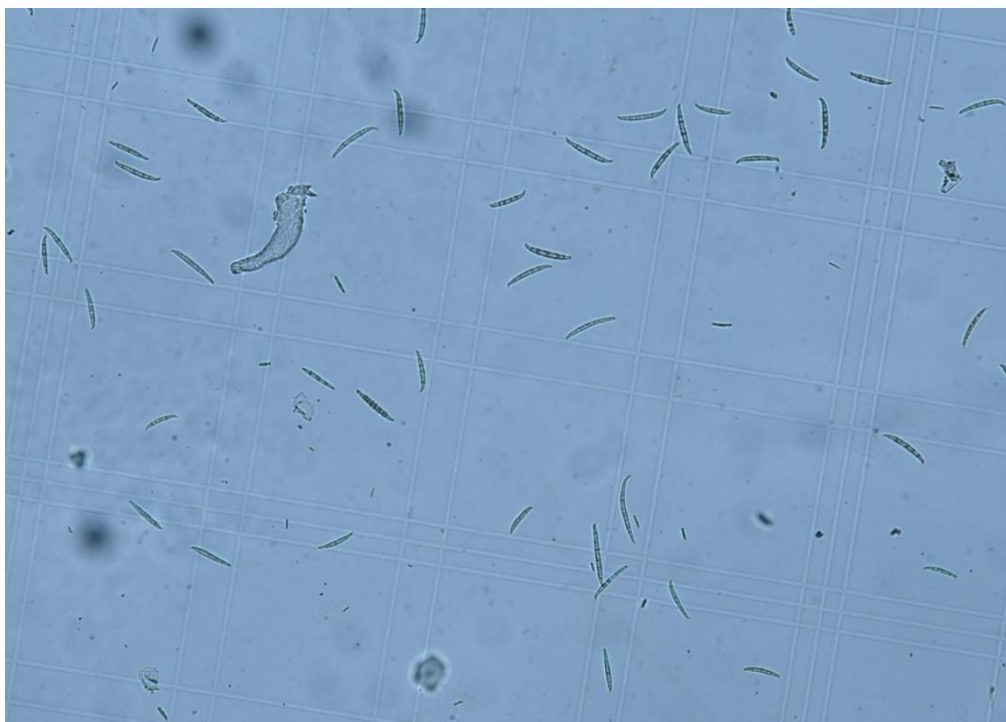
- *Fusarium verticillioides*: 5×10^6 konídium/ml
- *Fusarium graminearum*: $1,2 \times 10^6$ konídium/ml
- *Fusarium avenaceum*: $8,3 \times 10^6$ konídium/ml

A következő 9., 10. és 11. ábra a Bürker kamra számlálókamrájában a fajok konídiumait mutatja.



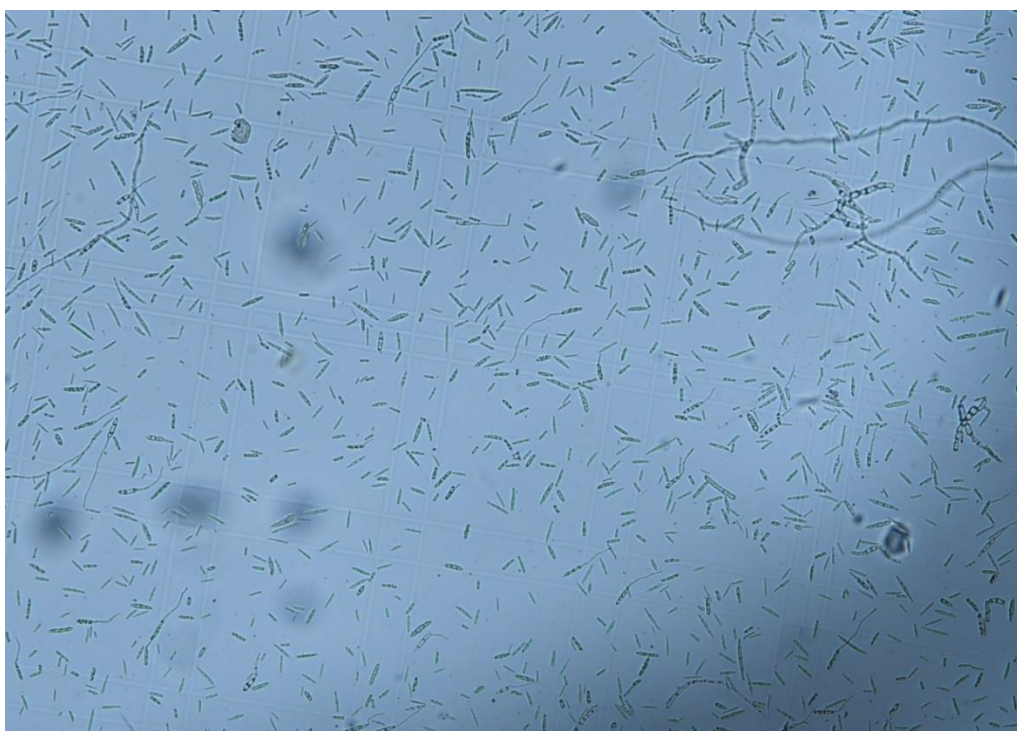
9. ábra: *F. verticillioides* konídiumai a számlálókamrában

Forrás: Saját kép, 2020



10. ábra: *F. graminearum* konídiumai a számlálókamrában

Forrás: Saját kép, 2020

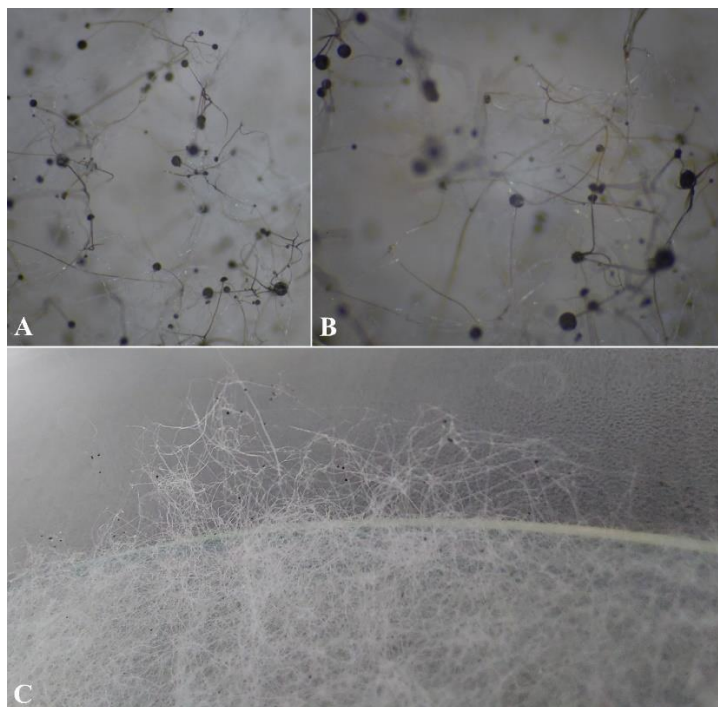


11. ábra: *F. avenaceum* konídiumai a számlálókamrában

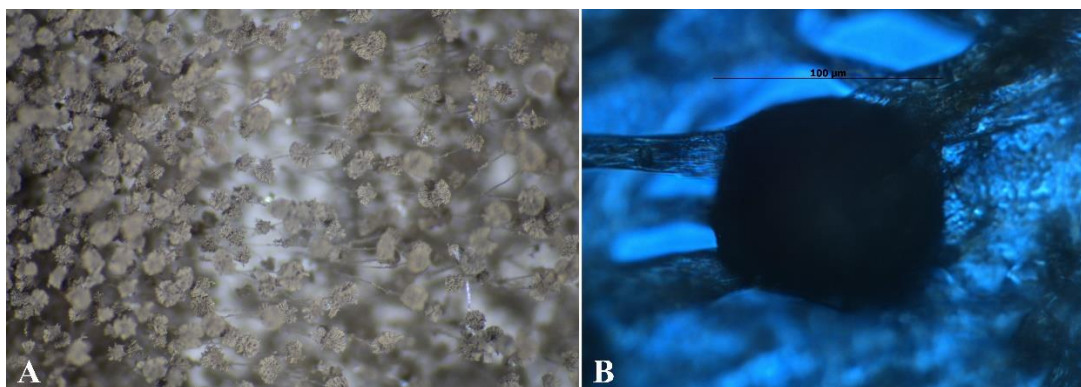
Forrás: Saját kép, 2020

4.2. A mintákból kitenyészített egyéb kórokozók

A minták PDA táptalajra helyezésekor a *Fusarium* fajokon kívül egyéb fajokat is találtunk, melyek a zabot fertőzték. Ezeket morfológia alapján maximum család vagy nemzetség szinten határoztuk, hiszen a fajszerű határozáshoz napjainkban már a morfológiai módszerek mellett elengedhetetlen a molekuláris biológiai módszerek alkalmazása a magas megbízhatóságához, ezeket azonban anyagi megfontolásból nem alkalmaztuk.



12. ábra: a, b. *Mucoraceae* család faja, sztereomikroszkópos kép c. Telefonos makrofotó
Forrás: Saját kép, 2021

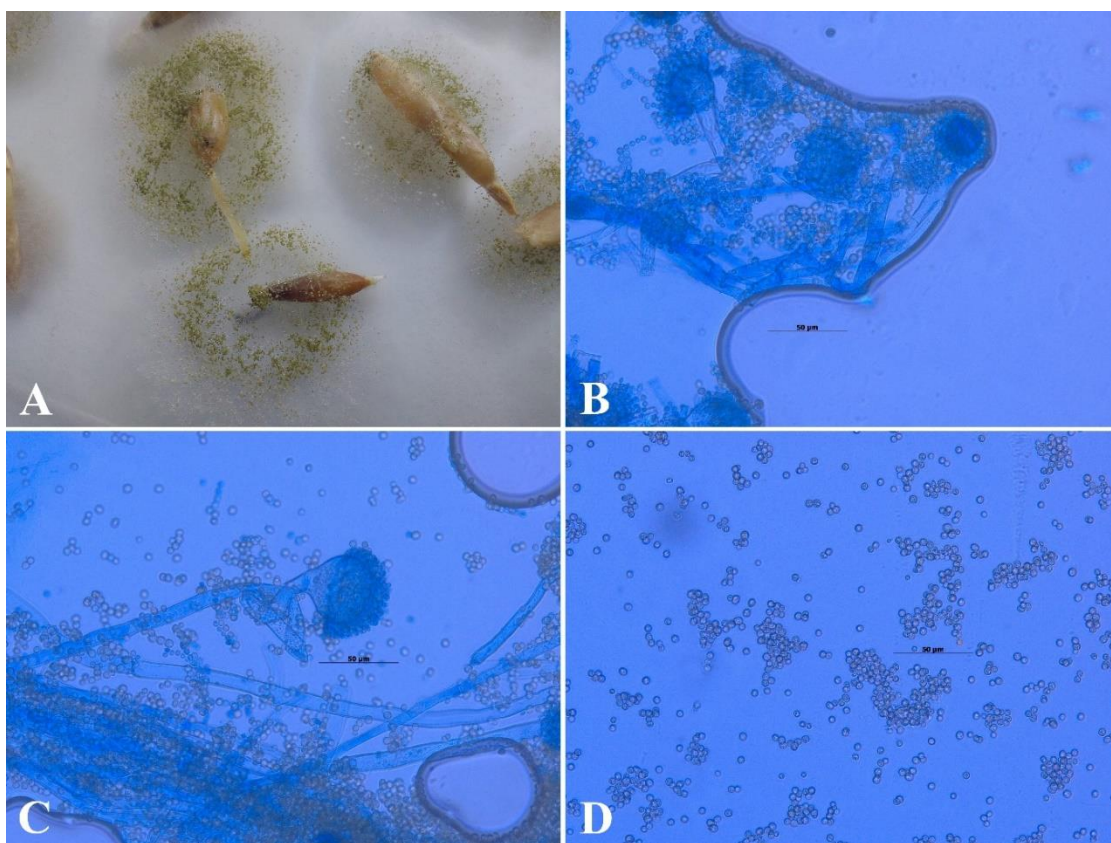


13. ábra: a. *Mucoraceae* család faja, sztereomikroszkópos kép b. Sötétlátóteres
fénymikroszkópos kép, 40x-es nagyítás
Forrás: Saját kép, 2021

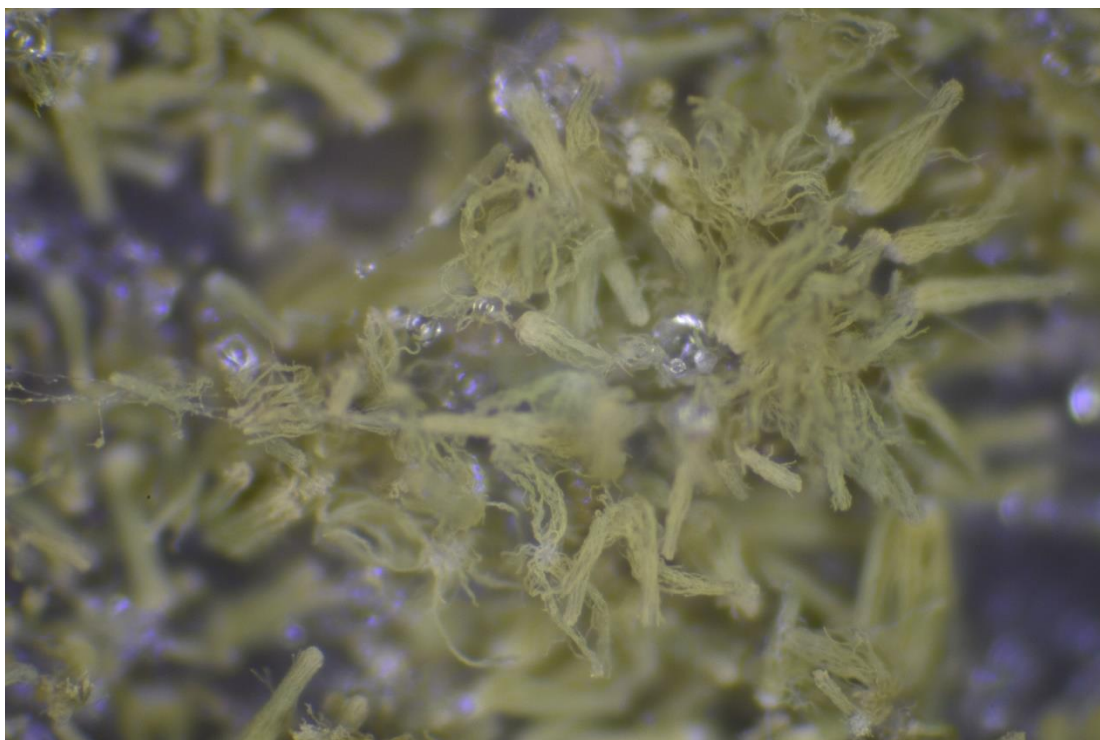
Az egyik megjelent kórokozót a 12. és 13. ábra mutatja, egy *Mucoraceae* családba tartozó faj, ezen belül a két leggyakoribb nemzetség, amelyhez tartozhat, az a *Mucor* Fresen. és a *Rhizopus* Ehrenb. Taxinómiai besorolásuk a MycoBank adatbázisa szerint *Fungi* ország, *Mucoromycota* törzs, *Mucoromycetes* osztály, *Mucorales* rend, *Mucoraceae* család. Az ide tartozó fajok tenyésztése cönocitikus hifa, általában válaszfalak nélkül. Jellemzőjük, hogy a sporangiumtartón kialakuló sporangiumokban ivartalan sporangiospóra alakul ki (CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013; MUDICH, 1988).

A sporangium kolumellával ellátott, a *Mucor* nemzetségben nagyon ritkán egyes fajoknál rizoid is előfordul, de apofízis nem jellemző a nemzetségre. Ezzel szemben a *Rhizopus* nemzetségnél mindig jellemző az apofízis és nagyon gyakori a rizoid, ritkán egyes fajoknál hiányozhat (MORIN-SARDIN et al., 2017; DEÁK et al., 2006)

A *Rhizopus* nemzetségre jellemző továbbá, hogy a sporangiumtartó ritkán nem sztólón hanem hifán vagy rizoidon is képződhet, magányosan vagy 2-10 akár több tagú csoportokban. A sporangium barna, a kolumella jól fejlett, változatos alakú (ZHENG et al., 2007).

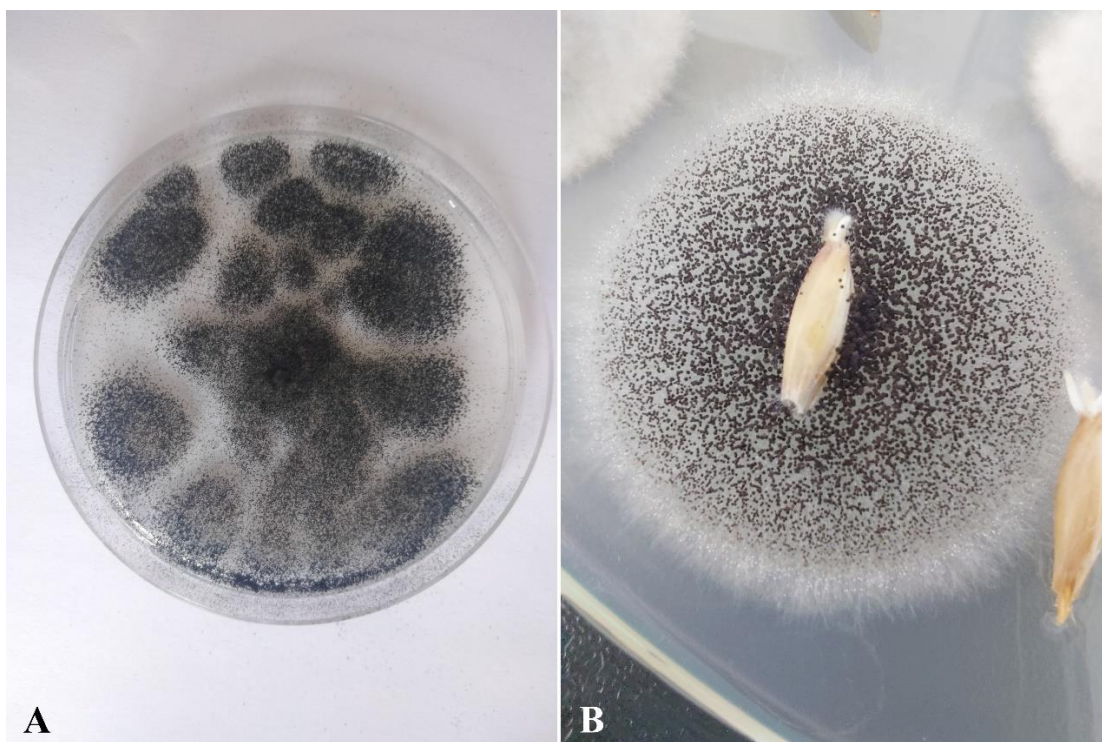


14. ábra: a. *Aspergillus* nemzetség *Flavi* szekciójának faja zabszemeken b, c, d. Sötétlátóteres fénymikroszkópos kép, 40x-es nagyítás
 Forrás: Saját kép, 2021



15. ábra: *Aspergillus* nemzetség *Flavi* szekciójának faja sztereomikroszkópos képen

Forrás: Saját kép, 2021



16. ábra: a. *Aspergillus* nemzetség *Nigri* szekciójának faja, tenyészet PDA táptalajon b. *Aspergillus* nemzetség *Nigri* szekciójának faja zabszemen

Forrás: Saját kép, 2021

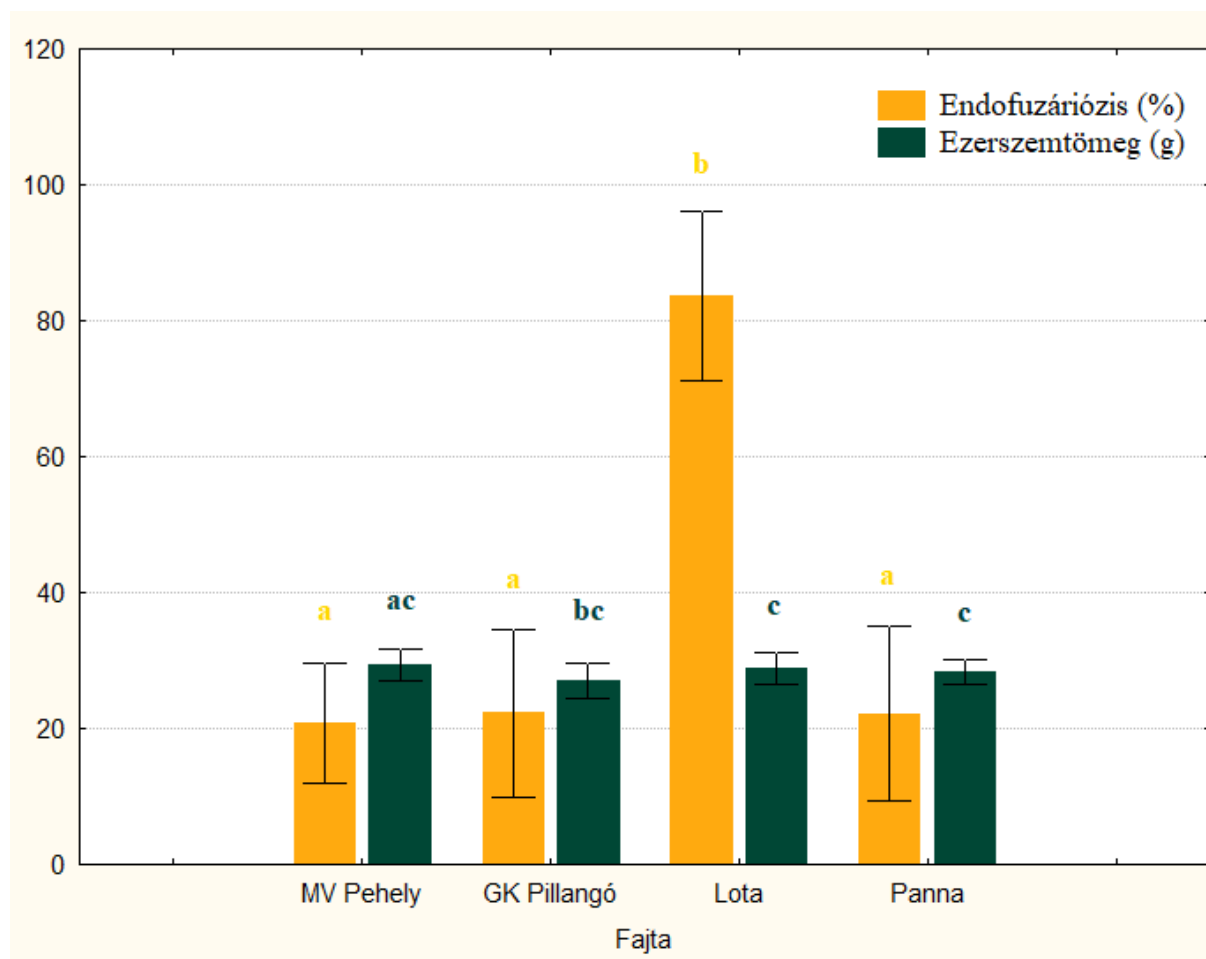
A 14. és 15. ábrán látható faj értékelésünk alapján az *Aspergillus* nemzetség *Flavi* szekciójának valamely faja, míg a 16. ábra a nemzetség *Nigri* szekciójának valamely faját mutatja (MAKHLOUF et al., 2019; SZIGETI, 2018).

Az *Aspergillus* P. Micheli ex Haller nemzetség taxonómiai besorolása a MycoBank adatbázisa szerint *Fungi* ország, *Ascomycota* törzs, *Eurotiomycetes* osztály, *Eurotiales* rend, *Aspergillaceae* család. A nemzetség morfológiai karaktereit tekintve a konídiumtartó a levegőbe emelkedik, vége vezikulárisan, gömb alakban kiszélesedik, ezt beborítva pálcika alakú fialidok helyezkednek el rajta egy vagy két sorban. A fialidokon láncban fűződnek le a konídiumok, a konídiumtömeg az *Aspergillus* fajoknál lehet sárgás vagy fekete színű. Veszélyük, hogy egyes fajok mikotoxinokat termelnek, úgymint az aflatoxin, ochratoxin és patulin (CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013; MUDICH, 1988; DEÁK et al., 2006).

Ezen kívül több mintában az *Alternaria* Nees nemzetség valamely faját találtuk meg. A MycoBank adatbázisa szerint a nemzetség taxonómiai besorolása: *Fungi* ország, *Ascomycota* törzs, *Dothideomycetes* osztály, *Pleosporales* rend, *Pleosporaceae* család. A konídiumok többsejtűek és sötét színűek, hossz- és harántfalakkal tagoltak, buzogány alakúak, egyszerű vagy elágazó láncokban keletkeznek sötét színű konídiumtartókon (CROUS et al., 2004; ROBERT et al., 2013; MUDICH, 1988).

4.3. A statisztikai értékelés eredményei

4.3.1. A fajták általános érzékenysége a vizsgált *Fusarium* fajokkal szemben



17. ábra: Az egyes fajták fuzárium-érzékenysége a fertőző anyaggal kezelt mintákban

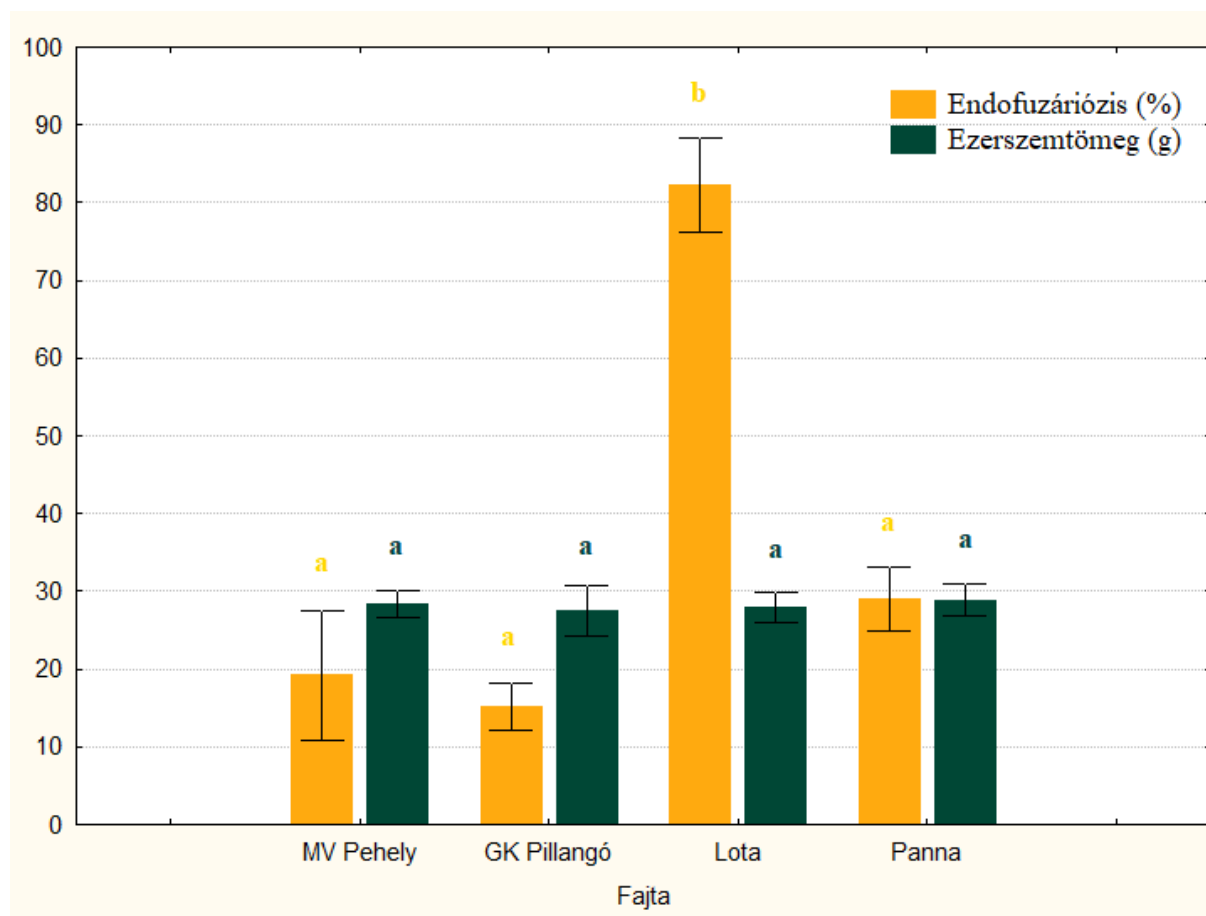
Forrás: Saját kutatás, 2021

A statisztikai értékelés során elsőként azt vizsgáltuk, hogy milyen az egyes fajták fuzárium-érzékenysége. Ebben az esetben tehát nem az egyes *Fusarium* fajokkal szembeni ellenállóságot vizsgáltuk, hanem általános érzékenységet bármely fajjal fertőzve. A vizsgálatainkhoz az ezerszemtömeg és az endofuzáriózis százalékos arányát vettük figyelembe.

A fuzáriummal kezelt mintákban (melyek elemszáma $N=96$) az endofuzáriózist vizsgálva a Kruskal–Wallis teszt eredményei szerint a H értéke 52,9801, míg a p értéke 0,0000. Ez alapján tehát, ahogy azt a 17. ábra is mutatja a Lota fajta statisztikailag különbözik a három másik fajtától, tehát érzékenyebb azoknál magasabb volt benne az endofuzáriózis %-os aránya.

A kezelt fajtákban az ezerszemtömeget vizsgálva a H értéke 8,7522, a p értéke pedig 0,0328. Ahogy azt a 17. ábra is mutatja, az MV Pehely és GK Pillangó fajták különböznek egymástól, de nem különböznek a többi fajtától. Eszerint a GK Pillangó fajtában az

ezerszemtömegre nagyobb hatással volt a fertőzés, mint az MV Pehely fajtában, de a többi fajtától egyik fajta érzékenysége sem különbözik a fuzáriummal kezelt mintákban.



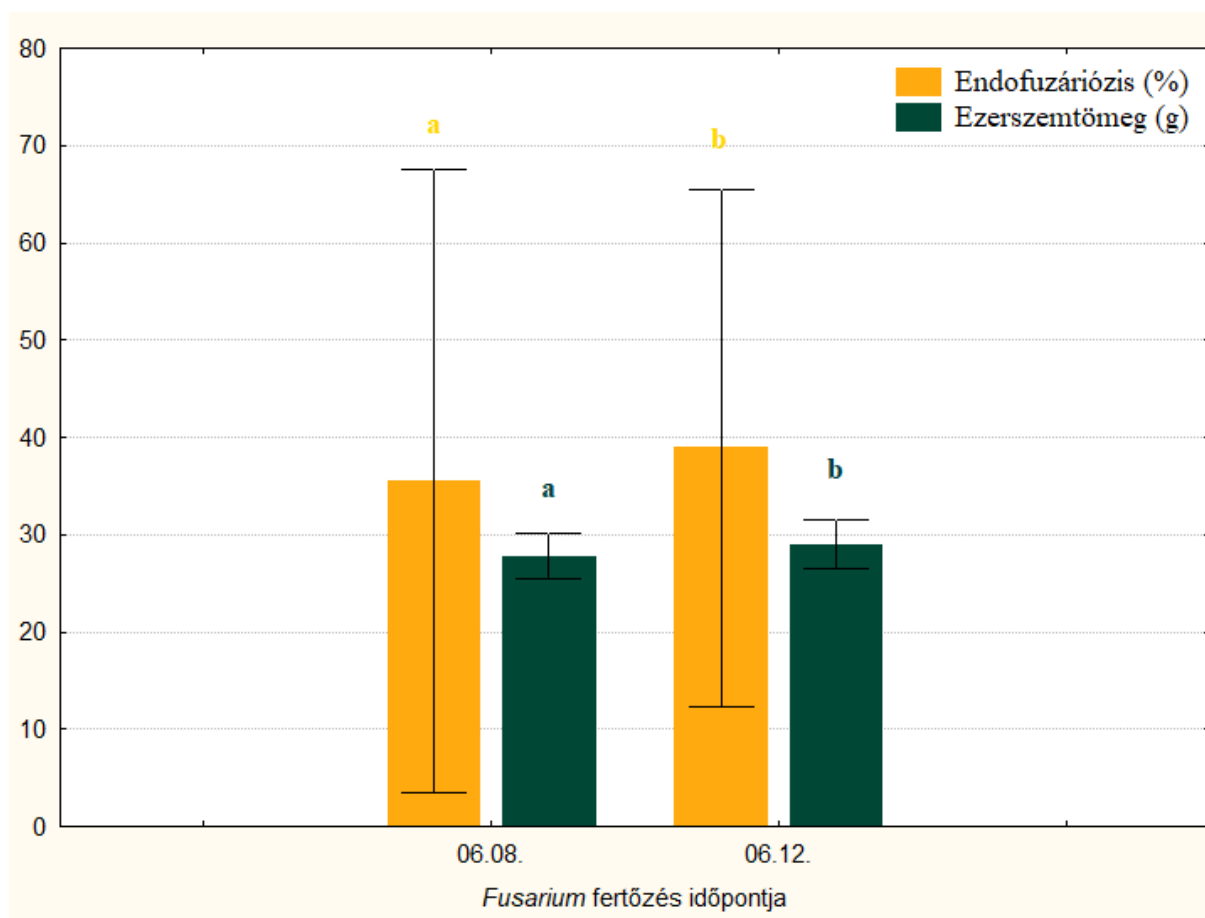
18. ábra: Az egyes fajták fuzárium-érzékenysége a kontroll mintákban

Forrás: Saját kutatás, 2021

Ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük a kontrollal kezelt mintákban (N=32) is. Az endofuzáriózist vizsgálva H értéke 24,1355, a p értéke pedig 0,00002. Az eredmények (18. ábra) szerint a Lota fajta statisztikailag különbözik a másik három fajtától, tehát a kontrollban is igazolt, hogy érzékenyebb. A GK Pillangó és a Panna fajták között nincs igazolt statisztikai különbség.

Az ezerszemtömeget vizsgálva a H értéke 1,2983, a p értéke pedig 0,7295. Ahogy a 18. ábra is mutatja, a fajták között nincsen az érzékenységből különbség az ezerszemtömeg alapján a kontrollban.

4.3.2. A két fertőzési időpont hatása az endofuzáriózisa és az ezerszemtömegre



19. ábra: A két fertőzési időpont hatása a fuzáriummal kezelt mintákban

Forrás: Saját kutatás, 2021

A következőkben a két fertőzési időpont hatását vizsgáltuk. Az első fertőzési időpont tehát a portokok megjelenésekor volt, a második a virágzás közepén. A 19. ábra a fertőzési időpont hatását mutatja a fuzáriummal kezelt mintákban (N=96). A vizsgálat alapját ez esetben is az endofuzáriózis százalékos aránya és az ezerszemtömeg képezte. Az előbbi esetben Kruskal–Wallis teszt eredményei szerint a H értéke 4,6396, a p értéke pedig 0,0312. Ez alapján elmondható, hogy statisztikailag igazolt különbség van a két időpontban történt fertőzés hatása között, az endofuzáriózis mértéke igazoltan magasabb a későbbi mesterséges fertőzés esetén.

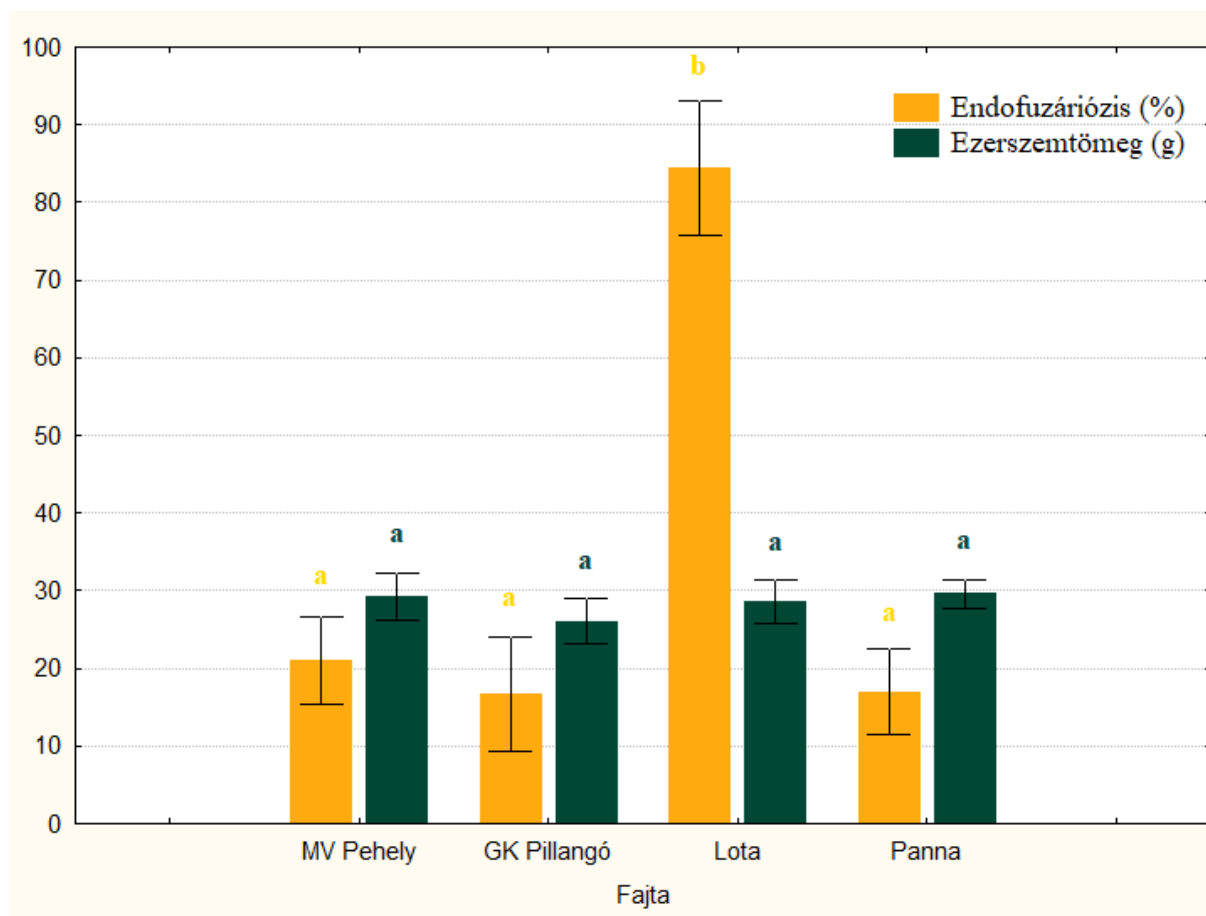
Az ezerszemtömeget vizsgálva a H értéke 5,4299, a p értéke pedig 0,0198. Ez azt jelenti, hogy a kezelt mintákban statisztikailag igazolt különbség van az ezerszemtömegben attól függően, hogy mikor történt az inokuláció. Korábbi fertőzés esetén az ezerszemtömeg kisebb lett, mint a virágzás közepén történő fertőzés esetén.

Ugyanezt a vizsgálatot a kontrollban elvégezve azt az eredményt kaptuk, hogy sem az ezerszemtömegben, sem az endofuzáriózis mértékében nincs statisztikailag igazolható

különbség a fertőzés időpontjától függően, tehát csak abban az esetben volt igazolt eltérés, amikor mesterséges provokáció történt.

Abban az esetben, amikor a fuzáriummal kezelt és a kontroll mintákat együttesen (N=128) elemeztük és a fertőzési időpontok hatását vizsgáltuk, azt az eredményt kaptuk, hogy az endofuzáriózis mértékben nincs statisztikailag igazolt különbség (KW-H = 3,3775; $p = 0,0661$). Az ezerszemtömegben azonban a kezelt mintákhoz hasonlóan van (KW-H = 7,0967; $p = 0,0077$).

4.3.3. A fajták érzékenysége az egyes *Fusarium* fajokkal szemben és a kontrollban

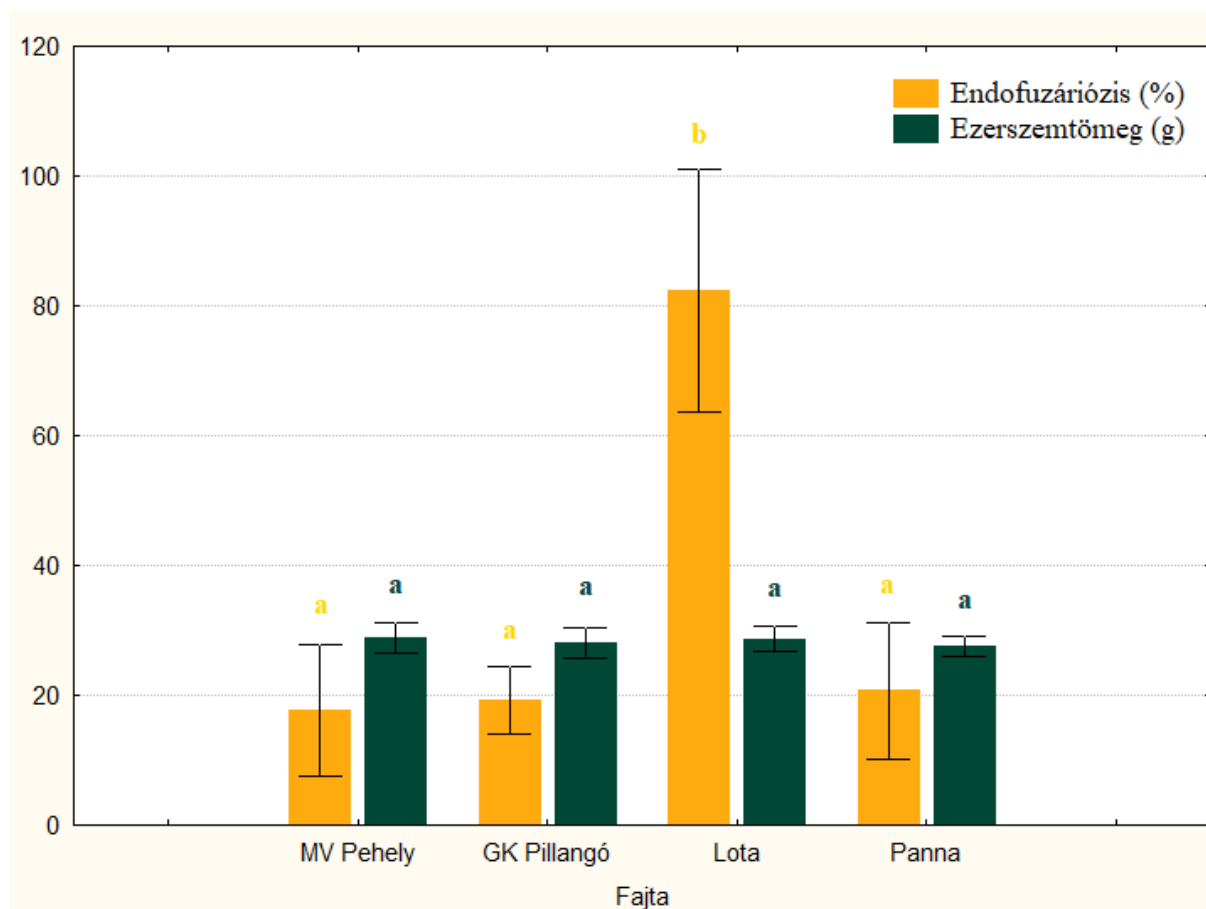


20. ábra: Az egyes fajták érzékenysége a *F. avenaceum* fajjal szemben

Forrás: Saját kutatás, 2021

A zabfajták érzékenységét az egyes *Fusarium* fajokra külön-külön is megvizsgáltuk. A továbbiakban is az endofuzáriózis százalékos arányát és az ezerszemtömeget vettük alapul vizsgálatainkhoz. Ahogy azt a 20. ábra is mutatja, elsőként a *F. avenaceum*-ra való érzékenységet mutatjuk be (N=32). A Kruskal–Wallis próba elvégzését követően a H érték az endofuzáriózist vizsgálva 18,6098, a p értéke pedig 0,0003. Ez alapján megállapítható, hogy a Lota fajta érzékenysége magasabb, tehát az endofuzáriózis mértéke nagyobb volt a többi fajtához képest.

Az ezerszemtömeget vizsgálva a KW-H értéke 5,9432, a p értéke pedig 0,1144. Ebben az esetben tehát nem találtunk statisztikailag igazolt különbséget, minden fajtában megegyező mértékben változott az ezerszemtömeg a fertőzés hatására (20. ábra).

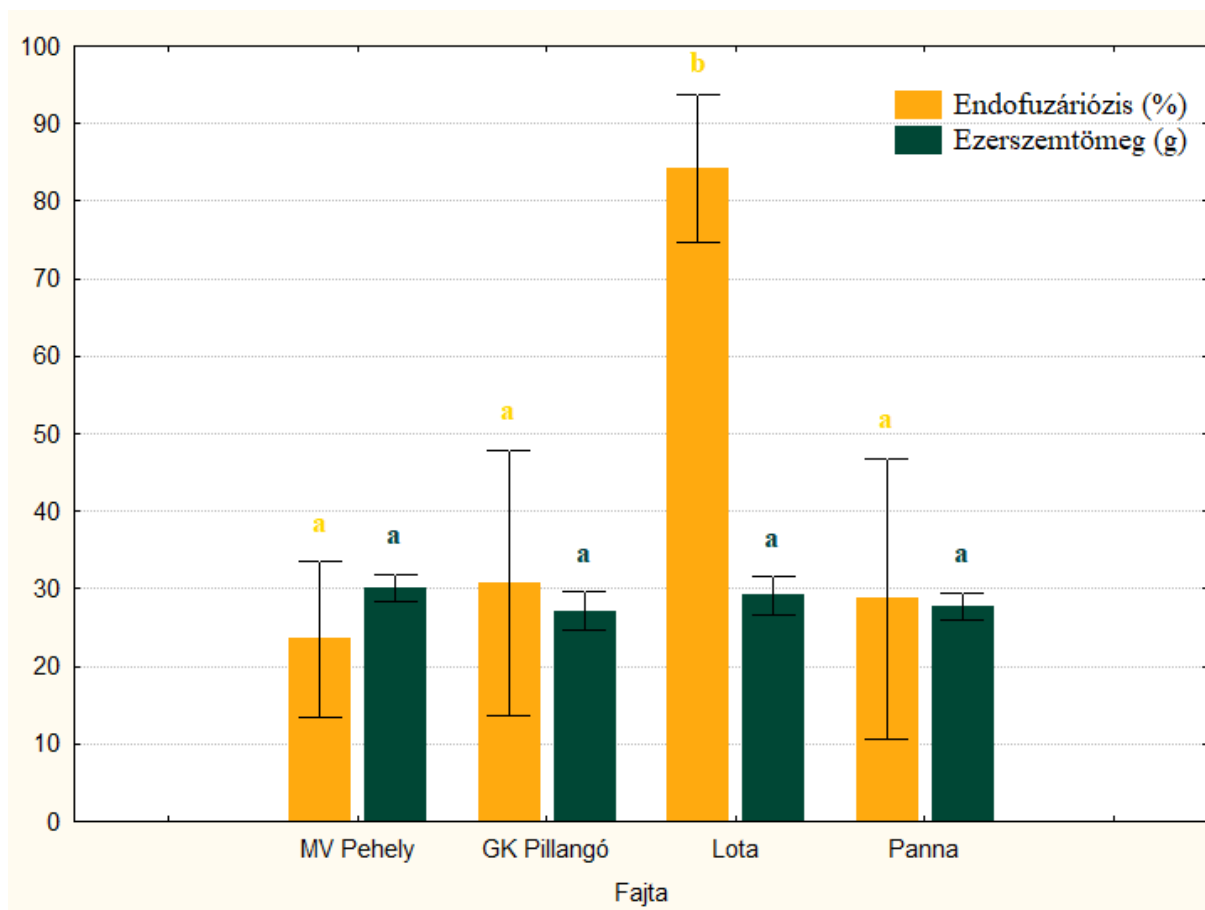


21. ábra: Az egyes fajták érzékenysége a *F. graminearum* fajjal szemben

Forrás: Saját kutatás, 2021

A következőkben a *F. graminearum* fajjal szembeni érzékenységet mutatjuk be, ahol a minta elemszáma N=32. Az endofuzáriózis mértékét vizsgálva a KW-H értéke 17,6028, a p értéke 0,0005 lett. Ahogy azt a 21. ábra is mutatja, a Lota fajta statisztikailag igazoltan érzékenyebbnek bizonyult a kórokozóval szemben a többi fajtaéhoz képest.

Az ezerszemtömeget alapul véve a Kruskal–Wallis teszt eredménye $H = 1,5256$, $p = 0,6764$. Ebben az esetben tehát nincsen statisztikailag igazolt eltérés a fajták érzékenysége között, a *F. graminearum* fertőzés ugyanolyan mértékben hatott az ezerszemtömegre minden fajtában.

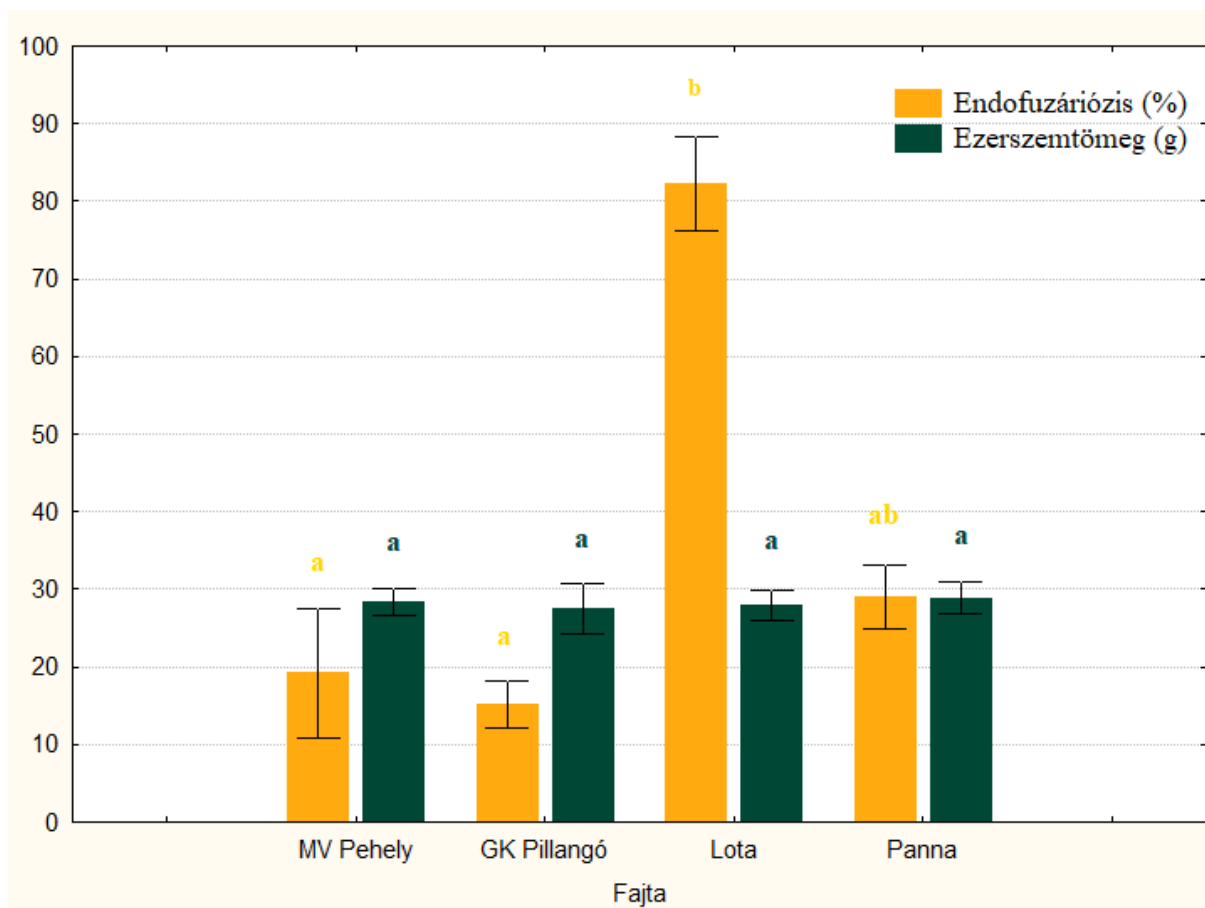


22. ábra: Az egyes fajták érzékenysége a *F. verticillioides* fajjal szemben

Forrás: Saját kutatás, 2021

Ugyanezt a vizsgálatot a *F. verticillioides* fajjal szemben is elvégeztük, a minta elemszáma ez esetben is $N=32$. A Kruskal–Wallis próbában az endofuzáriózist alapul véve az eredmények szerint a H értéke 17,8389, p értéke 0,0005 lett. Megállapítottuk, hogy a Lota érzékenyebben reagált a kórokozóval szemben a többi fajtához képest. Ahogyan azt a 22. ábra is mutatja, a Lota statisztikailag igazoltan különbözik a többi fajtától és az endofuzáriózis mértéke magasabb lett benne a fertőzés hatására.

Az ezerszemtömeget vizsgálva a KW-H értéke 6,1392, a p értéke pedig 0,1050. Ebben az esetben tehát a fajták érzékenysége nem különbözik egymástól a kórokozóval szemben az ezerszemtömeg tekintetében. Ez azt jelenti, hogy a kórokozó egyforma mértékben hatott az ezerszemtömegekre minden fajtában (22. ábra)

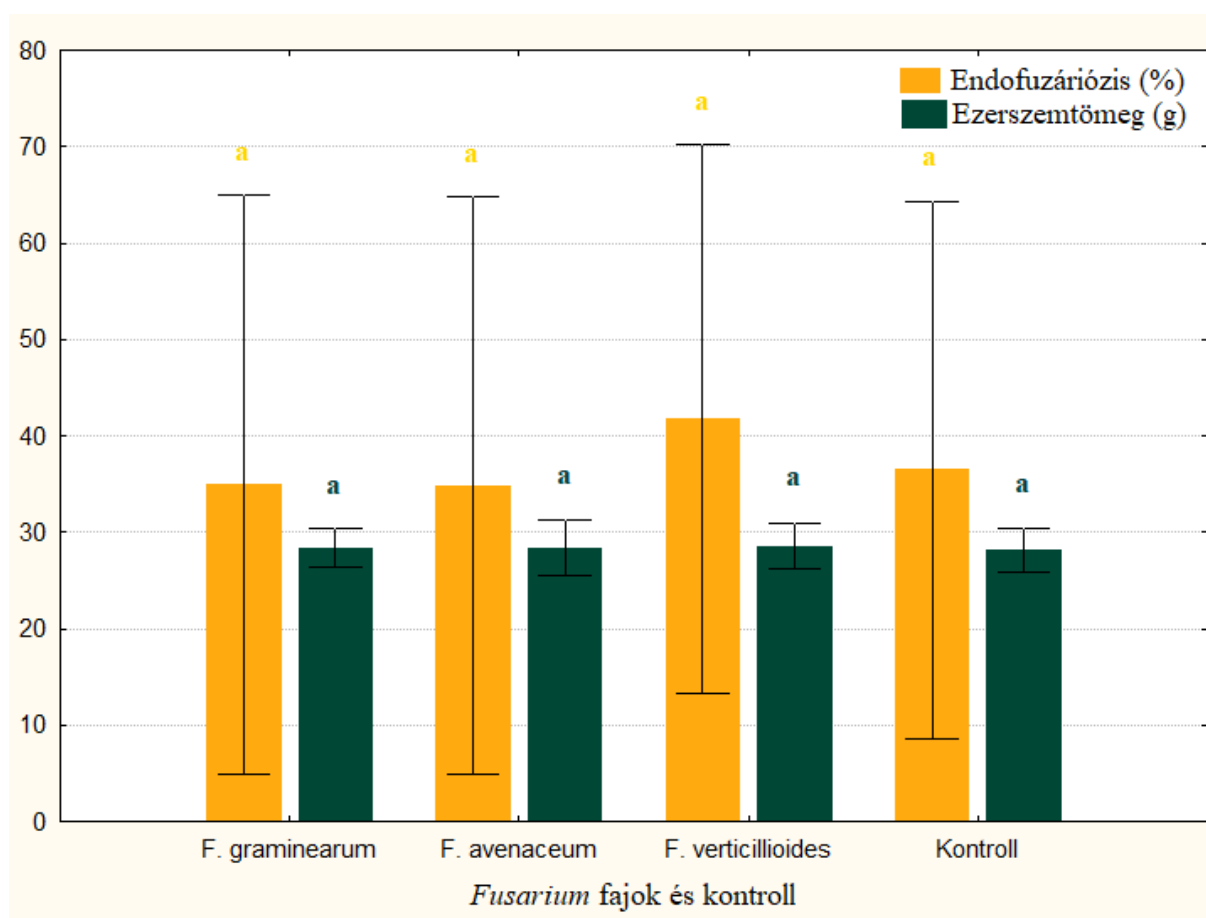


23. ábra: Az egyes fajták érzékenysége a kontroll mintákban

Forrás: Saját kutatás, 2021

A vizsgálatot a kontroll mintákban is elvégeztük (N=32). A Kruskal–Wallis teszt eredményei szerint a H értéke az endofuzáriózist vizsgálva 24,1355, a p értéke pedig 0,0000. Ahogyan azt a 23. ábra is mutatja, a Lota fajta statisztikailag különbözik MV Pehelytől és GK Pillangótól, de nem különbözik a Panna fajtától, annál tehát nem bizonyult igazoltan érzékenyebbnek, valamint Panna, MV Pehely és GK Pillangó között sincs statisztikailag igazolt különbség. Az ezerszemtömeget vizsgálva a KW-H értéke 1,2983, a p értéke 0,7295. A fajták között tehát nem igazolódott különbség az ezerszemtömegben a kontroll minták elemzésénél (23. ábra).

4.3.4. A *Fusarium* fajok és a kontroll hatása az endofuzáriózisra és az ezerszemtömegre



24. ábra: A *Fusarium* fajok és a kontroll endofuzáriózisra és ezerszemtömegre gyakorolt hatása

Forrás: Saját kutatás, 2021

Végezetül a statisztikai értékelés során azt is megvizsgáltuk, hogy az egyes *Fusarium* fajok hogyan hatnak az ezerszemtömegre és az endofuzáriózis százalékos arányára. Ebben a vizsgálatban tehát nem vettük figyelembe, hogy mely zabfajtáról van szó, hanem azoktól függetlenül végeztük el az elemzést az összes mintában (N=128). Elsőként az endofuzáriózist vettük alapul és elvégeztük a Kruskal–Wallis tesztet, melynek eredményeként a H értéke 2,817, p értéke 0,4207. Megállapítottuk, hogy az egyes *Fusarium* fajok és a kontroll endofuzáriózisra gyakorolt hatásában nincs statisztikailag igazolt különbség a kutatásunkban (24. ábra).

Az ezerszemtömeget vizsgálva a KW-H értéke 0,3057 lett, a p értéke pedig 0,9590. Ahogyan azt a 24. ábra is mutatja, megállapítást nyert, hogy az egyes *Fusarium* fajok és a kontroll ezerszemtömegre gyakorolt hatása között nincsen statisztikailag igazolt különbség.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásunk során a kapott ezerszemtömeg és endofuzáriózis értékek alapján végeztünk statisztikai értékelést, hogy megállapítsuk a vizsgált fajták érzékenységét a *Fusarium* fajjal szemben. Elsőként tehát általános érzékenységet vizsgáltunk az összes mesterségesen fertőzött mintában, függetlenül attól, hogy mely fajjal történt a provokáció.

A kontroll mintákban az endofuzáriózist tekintve a Lota statisztikailag igazoltan érzékenyebb MV Pehelytől, GK Pillangótól és Pannától is, az ezerszemtömegben azonban nincs igazolt eltérés. A kezelt mintákat vizsgálva az endofuzáriózisban mindhárom faj különbözik Lotától, az ezerszemtömeget vizsgálva MV Pehely és GK Pillangó különböznek egymástól, de nem különböznek a többi fajtától.

A mesterséges inokulációt két időpontban végeztük, elsőként a portokok megjelenésekor, majd később a virágzás közepén. A statisztikai elemzés során ennek hatását is vizsgáltuk. Amikor a kezelt és a kontroll mintákat is együttesen vizsgáltuk, az endofuzáriózis mértékében nem találtunk eltérést, az ezerszemtömegben azonban igen. Korábbi fertőzés esetén nagyobb mértékben csökkent az ezerszemtömeg, mint későbbi fertőzés esetén.

Ennek az lehet az oka, hogy a virágzás korábbi szakaszában a fertőzés nagyobb hatással van szemtelítődésre és töppedt szemeket eredményez. Amikor csak a kezelt mintákat vizsgáltuk, az endofuzáriózis mértékében is igazoltuk a különbséget. Későbbi kezelés esetén tehát már a fertőzés kevésbé van hatással a szemtelítődésre, az endofuzáriózusra azonban annál inkább, annak mértéke ekkor magasabb.

A kontrollban nem igazoltunk különbséget egyik paraméter esetén sem, valamint amikor a kontroll és kezelt mintákat együttesen vizsgáltuk, az endofuzáriózisra gyakorolt hatást nem támasztottuk alá. Ennek oka a módszerünk pontatlansága lehet, a szemek külső fertőtlenítése és táptalajra helyezése nagy szórást, kiugró értékeket eredményez, de elvégezhető vele a vizsgálat. Ezen kívül odafigyelést igényel, hogy az egyes fajták mikor virágoznak, hiszen ebben eltérés lehet. A módszertan javításaként javasolható különböző időpontokban való kezelés az adott fajtnál, annak virágzásához igazítva. Összességében tehát ott lehet statisztikai különbséget kimutatni, ahol mesterségesen kezeltük a bugákat.

Ezt követően a zabfajták érzékenységét vizsgáltuk a különböző *Fusarium* fajokra az endofuzáriózis százalékos arányát és ezerszemtömeget alapul véve. Mindhárom faj esetében ugyanazokat az eredményeket sikerült igazolnunk. A zabfajták közül a Lota mindhárom fajjal szemben érzékenyebbnek bizonyult az endofuzáriózis mértékét vizsgálva, az ezerszemtömeg tekintetében azonban nincs különbség a fajtákban.

Amikor a vizsgálatot elvégeztük a kontroll mintákban, valójában a természetes fuzáriumflórára való érzékenységet vizsgáltuk. Ez esetben az ezerszemtömeget vizsgálva szintén nem mutattunk ki különbséget, az endofuzáriózis mértékét tekintve azonban a Lota érzékenyebbnek bizonyult MV Pehely és GK Pillangó fajtáktól, de nem különbözött Pannától. Ennek az lehet az oka, hogy nincs akkora inokulum tömeg a természetben, mint mesterséges fertőzés esetén.

A következőkben a *Fusarium* fajok hatását vizsgáltuk az ezerszemtömegekre és az endofuzáriózis mértékére az összes fajtában. Eredményeink szerint egyik paraméterben sincs statisztikai különbség a kontrollhoz képest. Ennek ellenére mégis az, hogy kezelünk a fajokkal, az pontosította statisztikai eredményeinket.

Mivel a kontrollban is van körülbelül 30% feletti endofuzáriózis fertőzöttség, így érdemes lett volna utólag visszaizolálni a kitenyésztett *Fusarium* fajokat szűrőpróbaszerűen és fajszinten lehatározni. Erre a kísérletünk során nem volt a lehetőség, mert megbízhatóan ezt a munkát csak speciális primerekkel, PCR technikával lehet elvégezni, hiszen a morfológiai alapon való határozás és fajszintű szétbontás nem kielégítő. Ezeket a vizsgálatokat anyagi megfontolásból nem végeztük el.

A módszertanunkról összességében elmondható, hogy érdemes Papavizas-féle szelektív táptalajt használni, hiszen a Petri-csészékben megjelenő egyéb kórokozók befolyásolhatják az eredményeinket, mivel ránőnek a fuzáriummal fertőzött szemekre és azok megszámlálhatatlanokká válnak. Fontos megemlíteni, hogy ezek a fajok szintén bírnak élelmiszerbiztonsági kockázattal, hiszen többségük toxintermelő gomba, megjelenésük százalékos arányára fajonként a kutatásunk nem tért ki.

Ezentúl ideális lenne steril bugákat fertőzni, ez azonban szántóföldi körülmények között lehetetlen. Az elvetett magban szisztemikusan vagy a talajból már *Fusarium* fertőzött lehetett a minta, ami elmoshatja az eredményeinket, főleg így, hogy nem volt lehetőség visszaizolálni, ez alapján tehát a Koch-féle posztulátumoknak nem felel meg a vizsgálatunk.

Összefoglalás

Napjainkban a zab jelentősége nemcsak állati takarmányként, de élelmiszerként is egyre inkább felértékelődik. Más gabonafélékhez hasonlóan azonban ebben a kultúrában is egy-egy évjáratban nagyobb mértékben is előfordulhat fuzáriumfertőzés. Ez nemcsak mennyiségi, de minőségi romlást is okoz, hiszen a gomba másodlagos anyagcseretermékei, a mikotoxinok szennyezik a gabonatételeket és bekerülve az élelmiszerláncba, illetve a takarmányozásba humán- és állat-egészségügyi problémákat okoznak.

A Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézetében 4 tavaszi zabfajtában végeztünk mesterséges fertőzést *Fusarium graminearum*, *Fusarium avenaceum* és *Fusarium verticillioides* fajokkal, valamint egy kontrollt is végeztünk. A 4 fajta az MV Pehely, a GK Pillangó, a Lota és a Panna voltak. A fertőzést két időpontban, a portokok megjelenésekor, valamint a virágzás közepén végeztük. A kísérletet 4 ismételtsben hajtottuk végre. Az ezerszemtömeg, valamint az endofuzáriózis mértéke alapján statisztikai értékelést végeztünk és vizsgáltuk a fajták érzékenységet a három *Fusarium* fajjal szemben.

Az általános érzékenységet vizsgálva a kontrollban a Lota bizonyult érzékenyebbnek a többi fajhoz képest az endofuzáriózist tekintve, az ezerszemtömegben nem volt eltérés. A kezelt mintákat vizsgálva az endofuzáriózisban szintén a Lota bizonyult érzékenyebbnek. Az ezerszemtömeg esetén azt az eredményt kaptuk, hogy MV Pehely és GK Pillangó különböznek egymástól, de nem különböznek a többi fajtától.

A következőkben, amikor a kezelt és a kontroll mintákat is együttesen vizsgáltuk, az ezerszemtömegben azt az eredményt kaptuk, hogy korábbi fertőzés esetén nagyobb mértékben csökkent az ezerszemtömeg, ekkor tehát nagyobb hatással van a fertőzés a szentelítődésre. A mesterségesen fertőzött mintákban az endofuzáriózis mértékében is igazoltuk a különbséget. Későbbi kezelés esetén az endofuzáriózis mértéke magasabb a mintákban, míg az ezerszemtömegre már kevésbé van hatással a fertőzés. A kontrollban nem igazoltunk eltérést egyik paraméter esetén sem, tehát ott lehet statisztikai különbséget kimutatni, ahol mesterségesen kezeltük a bugákat.

A különböző *Fusarium* fajokkal szembeni érzékenységet vizsgálva az endofuzáriózis mértékét tekintve minden esetben a Lota fajta bizonyult érzékenyebbnek, az ezerszemtömeg tekintetében nem találtunk különbséget a fajtákban. A természetes fuzáriumflórára való érzékenységet vizsgálva a Lota érzékenyebbnek bizonyult MV Pehely és GK Pillangóhoz képest, de nem különbözött Pannától. Továbbá az ezerszemtömeget vizsgálva nem mutattunk ki különbséget a fajtákban.

A *Fusarium* fajok hatása az ezerszemtömegre és az endofuzáriózis mértékére a kontrollhoz képest nem tér el, de a mesterséges fertőzés pontosabb eredményeket adott. Javaslatunk között szerepelt a Papavizas-féle szelektív táptalaj használata, a zabfajtánként eltérő időpontokban történő kezelés a virágzáshoz igazodva, valamint a *Fusarium* fajok szűrőpróbaszerű visszaizolálása, hogy a Koch-féle posztulátumoknak megfeleljen a vizsgálat és szűrni tudjuk a természetes fuzáriumflóra fertőzését.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni tiszteletemet és köszönetemet konzulensemnek, Csótó András tanszéki mérnöknek, aki szakmai iránymutatásaival, észrevételeivel és tanácsaival segítette munkámat.

Továbbá hálás köszönettel tartozom a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Nyíregyházi Kutatóintézet dolgozóinak, köztük külső témavezetőmnek, Dr. Erdős Zsuzsa tudományos segédmunkatársnak, valamint Dr. Zsombik László tudományos főmunkatársnak a folyamatos támogatásukért és a kísérlet megvalósításában nyújtott segítségükért.

Szeretném megköszönni Szakadát Gyulának, az Élelmiszertudományi Intézet szakmai szolgáltatójának segítségét és közreműködését a minták feldolgozásában.

Irodalomjegyzék

- AFSHARI, N. - HEMMATI, R. - SHEIKH, F. (2020): Characterization of *Fusarium avenaceum* from faba bean (*Vicia faba*) in Iran, genetic diversity, aggressiveness, and cultivar evaluation. Journal of Plant Pathology, 102. 1. 135-142. <https://doi.org/10.1007/s42161-019-00399-z>
- AGRÁRTUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT, MEZŐGAZDASÁGI INTÉZET (2020): Martonvásári Kalászos Fajtakatalógus. Fajtakatalógus. 35 p. <https://martongenetics.com/letoltheto-anyagok/> Letöltve: 2021.09.25.
- APONYI I. - NAGY G. - PRINCZINGER G. - KAJATI I. (1998): Fusarium infection of wheat seeds in Hungary between 1970 and 1997. Cereal Research Communications, 26. 3. 253-258.
- BALOGHNÉ NYAKAS A. (2013): Mezőgazdasági növénytan alapjai. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. 223 p.
- BÉKÉSI P. (2018): Hadd mondjam el újra... – A kalászfuzáriózis elleni védekezésről. Agroforum Online. <https://agroforum.hu/szakcikkek/novenyvedelem-szakcikkek/hadd-mondjam-el-ujra-a-kalaszfuzariozis-elleni-vedekezesrol/> Letöltve: 2021.10.06.
- BOOTH, C. – SPOONER, B. M. (1984): *Gibberella avenacea*, teleomorph of *Fusarium avenaceum*, from stems of *Pteridium aquilinum*. Transactions of the British Mycological Society. 82. 178-180. doi:10.1016/S0007-1536(84)80231-4
- BUERSTMAYR, H. – LEMMENS, M. – HARTL, L. – DOLDI, L. – STEINER, B. – STIERSCHNEIDER, M. – RUCKENBAUER, P. (2002): Molecular mapping of QTLs for Fusarium head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (Type II resistance). Theoretical and Applied Genetics. 104. 1. 84-91. doi: 10.1007/s001220200009.
- CROUS, P. W. - GAMS, W. - STALPERS, J. A. - ROBERT, V. – STEGEHUIS, G. (2004): MycoBank: an online initiative to launch mycology into the 21st century. Studies in Mycology. 50. 19-22.
- CSAJBÓK J. (2019): Zab. 33-39. In: Integrált növénytermesztés 3. Alternatív növények. (Szerk. PEPÓ P.) Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 259 p.
- DEÁK T. - KISKÓ G. - MARÁZ A. - MOHÁCSINÉ FARKAS CS. (2006): Élelmiszer-mikrobiológia. Mezőgazda kiadó, Budapest. 382 p.
- ERDŐS ZS. - SERES E. - ZSOMBIK L. (2017): Fuzárium fertőzés hatása a különböző őszi búza (*Triticum aestivum*) genotípusok magparamétereire. 39-46. In: 15 ÉVES TEHETSÉGGONDOZÁS AZ AGRÁRIUMBAN: A Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak tudományos eredményei. (Szerk. BODNÁR K. B.) Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Tormay Béla Szakkollégium. Debrecen. 137 p.

- ÉRSEK T. – NÉMETH L. (2014): Növénykórtan: agrár-felsőoktatási tananyag. ÉTÉ Bt., Budapest. 263 p.
- FAO, (2019): <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- GERLACH, W. - NIRENBERG, H. - ECKART, I. - RUMMLAND, I. - SCHWARZ, R. (1982): The genus *Fusarium*: a pictorial atlas. Berlin: Kommissionsverlag P. Parey. 209.
- GYÖRI Z. (2008): A növényi eredetű funkcionális élelmiszerek. 81-90. In: A jövő élelmiszerei és az egészség. (Szerk. NAGY J. et al.) Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Debrecen. 203 p.
- HARRISON, L. R. - COLVIN, B. M. - GREENE, J. T. - NEWMAN, L. E. - COLE JR, J. R. (1990): Pulmonary edema and hydrothorax in swine produced by fumonisin B₁, a toxic metabolite of *Fusarium moniliforme*. Journal of Veterinary Diagnostic Investigation. 2. 3. 217-221. doi: 10.1177/104063879000200312.
- HAWKSWORTH, D. L. (2011): A new dawn for the naming of fungi: impacts of decisions made in Melbourne in July 2011 on the future publication and regulation of fungal names. IMA Fungus. 2. 155-62. <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2011.02.02.06>
- HORNOK L. (1975): Occurrence of *Fusarium* Species in Hungary. Acta Phytopathologica et Entomologica. 10. 3-4. 347-357.
- HWANG, S. F. - CHANG, K. F. - STRELKOV, S. E. - GOSSEN, B. D. - HOWARD, R. J. (2014): The impact of *Fusarium avenaceum* on lupin production on the Canadian prairies. Canadian Journal of Plant Pathology. 36. 3. 291–299. doi:10.1080/07060661.2014.925507
- JAFAR RAZZAGHIAN / NIBIO: *Fusarium* and mycotoxins. <https://www.nibio.no/en/subjects/plant-health/plant-diseases/fusarium-and-mycotoxins>
Letöltve: 2021.10.04.
- JAHEDI, A., SAFAIE, N., & GOLTAPPEH, E. M. (2019): *Fusarium avenaceum* and *Fusarium crookwellens* cause onion basal rot in Iran. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 52. 9-10. 953-968. DOI:10.1080/03235408.2019.1672913
- JAMALAINEN, E. A. (1943): Über die fusarien Finnlands II. Valtion maatalouskoe toiminnan julkaisu. 123. Die staatliche landwirtschaftliche versuchstätigkeit Veröffentlichung. 123.
- KELLERMAN, T. S. - MARASAS, W. F. O. - THIEL, P. G. - GELDERBLUM, W. C. A. - CAWOOD, M. - COETZER, J. A. (1990): Leukoencephalomalacia in two horses induced by oral dosing of fumonisin B₁. Onderstepoort Journal of Veterinary Research. 57. 269-275.
- KING, S. B. – SCOTT, G. E. (1981): Genotypic differences in maize to kernel infection by *Fusarium moniliforme*. Phytopathology. 71. 12. 1245-1247. DOI: 10.1094/Phyto-71-1245.

- KING, S. B. (1981): Time of infection of maize kernels by *Fusarium moniliforme* and *Cephalosporium acremonium*. Phytopathology. 71. 796. 10-1094. DOI: 10.1094/Phyto-71-796.
- KORMOS M. (2003): Mikotoxinok és hatásuk a humán táplálkozásban. Szegedi Tudományos Közlemények. 24. 76-82.
- KOVÁCS CS. - PEPÓ P. - CSAJBÓK J. - BORBÉLYNÉ VARGA M. - SZILÁGYI SZ. - SÁNDOR E. - PELES F. (2012): Látóképi kísérletekből származó búzaminták penészgomba-, *Fusarium*- és DON toxin szennyezettségének alakulása. Acta Agraria Debreceniensis / Agrártudományi Közlemények. Supplement 50. 76-83.
- KOVÁCS F. (2010): Agrártermelés – Tápláléklánc – Mikotoxinok. 7-11. In: Aktualitások a mikotoxin kutatásban. (Szerk. KOVÁCS M.) Agroinform Kiadó, Budapest. 156 p.
- KOVÁCS M. - MESTERHÁZY Á. - MÉZES M. (2021): Az MTA Agrártudományok Osztálya javaslata a gazdasági állatok keveréktakarmányainak maximális mikotoxin koncentrációjára. MTA, IV. Agrártudományok Osztálya, Budapest.
- KÖVICS GY. (2010): A kalászosok kórokozói és integrált védekezési lehetőségek. 33-40. In: Korszerű növényvédelem II. Kórokozók diagnosztikája és hatékony kontrollja (Szerk. RADÓCZ L.) A Tudomány a Környezetünkért Közhasznú Alapítvány (TUDKA) és a Bioterra Románia Bihar megyei csoportjának közös kiadványa, Debrecen-Szalárd. 113 p.
- KÖVICS GY. (2015): Minek nevezzetek? Sarkalatos változások a gombák elnevezésében. Növényvédelem. 51. 11. 515-523.
- KSH, (2019): A fontosabb gabonafélék termesztése és felhasználása. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0021.html Letöltve: 2021.09.02.
- KSH, (2020): A zab termelése (2000–). https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn016c.html Letöltve: 2021.09.02.
- KULDAU, G. A. – YATES, I. E. (2000): Evidence for *Fusarium* endophytes in Cultivated and Wild plants. In: Microbial endophytes. (Szerk. BACON, CH. W. – WHITE, J.) CRC Press, Boca Raton, Florida, Egyesült Államok. 500 p.
- LEMMENS, M. - STEINER, B. - SULYOK, M. - NICHOLSON, P. - MESTERHAZY, A. - BUERSTMAYR, H. (2016): Masked mycotoxins: does breeding for enhanced *Fusarium* head blight resistance result in more deoxynivalenol-3-glucoside in new wheat varieties?. World Mycotoxin Journal. 9. 5. 741-754. <https://doi.org/10.3920/WMJ2015.2029>
- LESLIE, J. F. – SUMMERELL, B. A. (2006): The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing. USA. Ames. Iowa. 388 p.
- MAKHLOUF, J. - CARVAJAL-CAMPOS, A. - QUERIN, A. - TADRIST, S. - PUEL, O. - LORBER, S. - OSWALD, I. P. - HAMZE, M. - BAILLY, J-D. - BAILLY, S. (2019):

- Morphologic, molecular and metabolic characterization of *Aspergillus* section *Flavi* in spices marketed in Lebanon. Scientific reports. 9. 1. 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41704-1>
- MARASAS, W. F. O. - THIEL, P. G. - RABIE, C. J. - NELSON, P. E. - TOUSSOUN, T. A. (1986): Moniliformin production in *Fusarium* section *Liseola*. Mycologia. 78. 2. 242-247. <https://doi.org/10.1080/00275514.1986.12025235>
- MENDLERNÉ DRIENYOVSZKI N. - LAJTOS Á. - VÉGHNÉ TÓTH B. (2018): A Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság gabonanövényei. Printart-Press Kft., Debrecen. 34 p.
- MESTERHÁZY, Á. - LEHOCZKI-KRSJAK, S. - TÓTH, B. - KÓTAI, C. - MARTONOSI, I. - SZABÓ-HEVÉR, Á. (2008): Ismét kalászfuzárium járvány a búzában, mit lehet tenni?. 13. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen. 35-43 p.
- MÉZES M. – ERDÉLYI M. (2018): Az élelmiszerek rosttartalmának antioxidáns hatása. Orvosi Hetilap. 159. 18. 709-712. <https://doi.org/10.1556/650.2018.30953>
- MOLNÁR O. (2016): *Fusarium proliferatum* causing head blight on oat in Hungary. European Journal of Plant Pathology. 146. 699-703. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0940-8>
- MORETTI, A. (2009): Taxonomy of *Fusarium* genus: A continuous fight between lumpers and splitters. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke. 117. 7-13. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN0917007M>
- MORIN-SARDIN, S. - NODET, P. - COTON, E. - JANY, J. L. (2017): *Mucor*: A Janus-faced fungal genus with human health impact and industrial applications. Fungal Biology Reviews. 31. 1. 12-32. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2016.11.002>
- MUDICH A. (1988): Növényvédelmi mikológia. Agrártudományi Egyetem. Keszthely. 162 p.
- NELSON, P. E. - DESJARDINS, A. E. - PLATTNER, R. D. (1993): Fumonisin, mycotoxins produced by *Fusarium* species: biology, chemistry, and significance. Annual review of phytopathology. 31. 1. 233-252. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.31.090193.001313>
- NORVELL, L. L. (2011): Fungal nomenclature. 1. Melbourne approves a new Code. Mycotaxon. 116. 1. 481-490. DOI:10.5248/116.481
- PALÁGYI A. (2020): A GK Pillangó tavaszi zab fajtánk 30 éve a köztermesztésben. Agroforum. 31. 12. 114-115.
- PANCALDI, D. - TONTI, S. - PRODI, A. - SALOMONI, D. - DAL PRA, M. - NIPOTI, P. – ALBERTI, I. - PISI, A. (2010): Survey of the main causal agents of *Fusarium* head blight of

- durum wheat around Bologna, northern Italy. *Phytopathologia Mediterranea*. 49. 258-266. DOI:10.14601/Phytopathol_Mediterr-3442
- PARRY, D. W. - JENKINSON, P. - MCLEOD, L. (1995): *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant pathology*. 44. 2. 207-238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02773.x>
- PAVLOVIC, S. - RISTIC, D. - VUCUROVIC, I. - STEVANOVIC, M. - STOJANOVIC, S. - KUZMANOVIC, S. - STAROVIC, M. S. (2016): Morphology, pathogenicity and molecular identification of *Fusarium* spp. associated with anise seeds in Serbia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. Cluj-Napoca*. 44. 2.
- PITT, J. I. (2014): Mycotoxins: Deoxynivalenol and Other Trichothecenes. *Encyclopedia of Food Safety*. 2. 295–298. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00193-1>
- POMOTHY, J. - BARNA, R. F. - CZIMMERMANN, Á. E. - SZÓLÁDI, Á. - PÁSZTINÉ GERE, E. (2020): A deoxinivalenol mikotoxin toxikus hatásai a gazdasági haszonállatokra. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 142. 117-127.
- PONGRÁCZ L. - BOKOR Á. - BARTOS Á. - GULYÁS L. (2011): *Lótenyésztés*. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Kaposvári Egyetem, Pannon Egyetem.
- REDHEAD, S. A. – NORVELL, L. L. (2013): Report of the Nomenclature Committee for Fungi 19: official repositories for fungal names. *Taxon*. 62. 1. 173-174.
- RHEEDER, J. P. - MARASAS, W. F. - THIEL, P. G. - SYDENHAM, E. W. - SHEPHARD, G. S. - VAN SCHALKWYK, D. J. (1992): *Fusarium moniliforme* and fumonisins in corn in relation to human esophageal cancer in Transkei. *Phytopathology*. 82. 3. 353-357. DOI: 10.1094/phyto-82-353
- ROBERT, V. - VU, D. - AMOR, A. B. H. - WIELE, N. - BROUWER, C. - JABAS, B. - ... - CROUS, P. W. (2013): MycoBank gearing up for new horizons. *IMA Fungus volume 4*. 2. 371-379.
- ROSS, P. F. - LEDET, A. E. - OWENS, D. L. - RICE, L. G. - NELSON, H. A. - OSWEILER, G. D. - WILSON, T. M. (1993): Experimental equine leukoencephalomalacia, toxic hepatitis, and encephalopathy caused by corn naturally contaminated with fumonisins. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 5. 1. 69-74. doi: 10.1177/104063879300500115.
- SCHOCH, C. L. - CIUFO, S. - DOMRACHEV, M. - HOTTON, C. L. - KANNAN, S. - KHOVANSKAYA, R. - LEIPE, D. - MCVEIGH, R. - O'NEILL, K. - ROBBERTSE, B. - SHARMA, S. - SOUSSOV, V. - SULLIVAN, J. P. - SUN, L. - TURNER, S. - KARSCH-MIZRACHI, I. (2020): NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. Database. doi: 10.1093/database/baaa062

- SCHOCH, C. L. - ROBBERTSE, B. - ROBERT, V. - VU, D. - CARDINALI, G. - IRINYI L. - ...
- FEDERHEN, S. (2014). Finding needles in haystacks: linking scientific names, reference specimens and molecular data for Fungi. Database. doi: 10.1093/database/bau061
- SCHÖNEBERG, T. - JENNY, E. - WETTSTEIN, F. E. - BUCHELI, T. D. - MASCHER, F. - BERTOSSA, M. -MUSA, T. - SEIFERT, K. - GRÄFENHAN, T. - KELLER, B. - VOGELGSANG, S. (2018): Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Swiss oats – Impact of cropping factors. European Journal of Agronomy. 92. 123-132.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.004>
- SEIFERT, K. A. - AOKI, T. - BAAYEN, R. P. - BRAYFORD, D. - BURGESS, L. W. - CHULZE, S. - GAMS, W. - GEISER, D. - GRUYTER, J. - LESLIE, J. F. - LOGRIECO, A. - MARASAS, W. F. O. - NIRENBERG, H. I. - O'DONNELL, K. - RHEEDER, J. - SAMUELS, G. J. - SUMMERELL, B. A. - THRANE, U. - WAALWIJK, C. (2003). The name *Fusarium moniliforme* should no longer be used. Mycological Research. 107. 6. 643-644. DOI: 10.1017/S095375620323820X
- SERES E. (2021): Fajtaleírás Seres Emese írásos közlése alapján.
- SZABÓ-FODOR J. – KOVÁCS M. (2010): A fumonizin B₁ metabolizmusa, akkumulációja és eliminációja sertésben. 21-35. In: Aktualitások a mikotoxin kutatásban. (Szerk. KOVÁCS M.) Agroinform Kiadó, Budapest. 156 p.
- SZEITZNÉ SZABÓ M. (2009): Gabonaalapú élelmiszerek fuzárium toxin szennyezettségének csökkentési lehetőségei. Magyar Élelmiszerbiztonsági Hivatal, Budapest, 33.
- SZEITZNÉ SZABÓ M. (2010): A mikotoxinok ellenőrzésére vonatkozó jogi háttér, az EU élelmiszerekre és takarmányokra vonatkozó, gyors veszélyjelző (RASFF) rendszerébe érkező bejelentések értékelése. 103-118. In: Aktualitások a mikotoxin kutatásban. (Szerk. KOVÁCS M.) Agroinform Kiadó, Budapest. 156 p.
- SZIGETI GY. (2018): Az *Aspergillus* nemzetség átfogó filogenetikai analízise; potenciális mikotoxin-termelő és opportunistá patogén fekete *Aspergillus* törzsek jellemzése. Doktori disszertáció. Szegedi Tudományegyetem. Szeged. 90 p.
- SZILVÁSSY Z. – SÁRI R. (2008): A funkcionális élelmiszerek fejlesztési lehetőségei. In: A jövő élelmiszerei és az egészség. 169-177. (Szerk. NAGY J. et al.) Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Debrecen. 203 p.
- SZUETS, P. - MESTERHAZY, Á. - FALKAY, G. Y. - BARTÓK, T. (1997): Early telarche symptoms in children and their relations to zearalenon contamination in foodstuffs. Cereal Research Communications. 25. 3. 429-436. DOI:10.1007/BF03543747

- TEKLE, S. - DILL-MACKY, R. - SKINNES, H. - TRONSMO, A. M. - BJØRNSTAD, Å. (2012): Infection process of *Fusarium graminearum* in oats (*Avena sativa* L.). European Journal of Plant Pathology, 132. 3. 431-442. DOI:10.1007/s10658-011-9888-x
- THRANE, U. (2014): Fusarium. Encyclopedia of food microbiology. Elsevier. 76-81. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00141-5>
- TÓTH, Á. (2000): A fumonizinek és hatásuk az állatok egészségi állapotára (irodalmi feldolgozás). Acta Agraria Kaposváriensis, 4. 1. 57-67.
- TRIVEDI, L. – RATHI, Y. P. S. (2015). Detection of seed mycoflora from chickpea wilt complex seedborne *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* diseased seeds. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences (WJPPS). 4. 9. 1242-1249.
- UDVARDY P. (2010): Növény- és állattani ismeretek 2., Gabonafélék termesztése. Nyugat-magyarországi egyetem, Sopron. 13 p.
- USDA, NRCS. (2021): The Plants Database. National Plant Data Team, Greensboro, NC USA. <http://plants.usda.gov> Letöltve: 2021.09.24.
- VAN DIEPENINGEN, A. - AL-HATMI, A. M. S. – BRANKOVICS, B. – DE HOOG, G. S. (2014): Taxonomy and Clinical Spectra of Fusarium Species: Where Do We Stand in 2014?. Current Clinical Microbiology Reports. 1. 10–18. <https://doi.org/10.1007/s40588-014-0003-x>
- VARGA J. - SZIGETI GY. - BARANYI N. - SZEKERES A. - KOCSUBÉ S. (2014): Mikotoxinok, mikotoxinogén gombák, micetizmusok. SZTE, Szeged. 99 p.
- VERES E. – BORBÉLY M. (2003): Utility of Winter Wheat According to Visual and Microbiological Fusarium Infection, as Well as Toxin Examination. Acta Agraria Debreceniensis. 12. 26–34. <https://doi.org/10.34101/actaagrar/12/3426>
- ZHENG, R. Y. - CHEN, G. Q. - HUANG, H. - LIU, X. Y. (2007): A monograph of *Rhizopus*. Sydowia -Horn-. 59. 2. 273.
- ZWER, P. K. (2004): Oats. 365-375. In: Encyclopedia of Grain Science. (szerk. WRIGLEY, C. W.) Elsevier Ltd. 1700 p.
- ZSOMBIK L. (2008): Zab. 15-23. In: Növénytermesztési praktikum III. (Szerk. PEPÓ P.) Debreceni Egyetem, Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytudományi Intézet, Debrecen. 216 p.

Ábrák jegyzéke

1. ábra <i>Fusarium graminearum</i> PDA táptalajon és makrokonídiumok	8
2. ábra a. <i>Fusarium verticillioides</i> PDA táptalajon b. Mikrokonídiumok c. Makrokonídiumok d. Mikrokonídium monofialid láncon.....	10
3. ábra a. <i>Fusarium avenaceum</i> PDA táptalajon b, c. Makrokonídiumok	12
4. ábra a, b. Fuzáriumfertőzés kezdeti tünetei c. A micélium terjedése egyik kalászkáról a másikra	15
5. ábra Fuzáriumfertőzött buga	16
6. ábra Folyadékkultúra létrehozása rázógépes tenyésztéssel	19
7. ábra a. A kisparcellás kísérlet vetés után b. A mesterséges fertőzés menete c. A nylonnal fedett fertőzött bugák d. A kisparcellás kísérlet betakarítás előtt.....	20
8. ábra A minták elhelyezése PDA táptalajon.....	21
9. ábra <i>F. verticillioides</i> konídiumai a számlálókamrában.....	23
10. ábra <i>F. graminearum</i> konídiumai a számlálókamrában	24
11. ábra <i>F. avenaceum</i> konídiumai a számlálókamrában.....	24
12. ábra a, b. <i>Mucoraceae</i> család faja, sztereomikroszkópos kép c. Telefonos makrofot	25
13. ábra a. <i>Mucoraceae</i> család faja, sztereomikroszkópos kép b. Sötétlátóteres fénymikroszkópos kép, 40x-es nagyítás	25
14. ábra a. <i>Aspergillus</i> nemzetség <i>Flavi</i> szekciójának faja zabszemeken b, c, d. Sötétlátóteres fénymikroszkópos kép, 40x-es nagyítás	26
15. ábra <i>Aspergillus</i> nemzetség <i>Flavi</i> szekciójának faja sztereomikroszkópos képen.....	27
16. ábra a. <i>Aspergillus</i> nemzetség <i>Nigri</i> szekciójának faja, tenyészet PDA táptalajon b. <i>Aspergillus</i> nemzetség <i>Nigri</i> szekciójának faja zabszemen	27
17. ábra Az egyes fajták fuzárium-érzékenysége a fertőző anyaggal kezelt mintákban.....	29
18. ábra Az egyes fajták fuzárium-érzékenysége a kontroll mintákban.....	30
19. ábra A két fertőzési időpont hatása a fuzáriummal kezelt mintákban.....	31
20. ábra Az egyes fajták érzékenysége a <i>F. avenaceum</i> fajjal szemben	32
21. ábra Az egyes fajták érzékenysége a <i>F. graminearum</i> fajjal szemben	33
22. ábra Az egyes fajták érzékenysége a <i>F. verticillioides</i> fajjal szemben	34
23. ábra Az egyes fajták érzékenysége a kontroll mintákban	35
24. ábra A <i>Fusarium</i> fajok és a kontroll endofuzáriózisra és ezerszemtömegre gyakorolt hatása.....	36

Melléklet

Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz
Sz	1/I	24/II	4/III	30/IV	21/I	28/II	3/III	32/IV	Sz
Sz	2/I	5/II	38/III	15/IV	22/I	37/II	8/III	5/IV	Sz
Sz	3/I	22/II	33/III	10/IV	23/I	16/II	39/III	18/IV	Sz
Sz	4/I	31/II	35/III	1/IV	24/I	6/II	34/III	28/IV	Sz
Sz	5/I	14/II	32/III	16/IV	25/I	30/II	12/III	19/IV	Sz
Sz	6/I	27/II	10/III	2/IV	26/I	21/II	2/III	8/IV	Sz
Sz	7/I	23/II	20/III	22/IV	27/I	17/II	18/III	23/IV	Sz
Sz	8/I	15/II	36/III	39/IV	28/I	35/II	16/III	33/IV	Sz
Sz	9/I	33/II	17/III	3/IV	29/I	7/II	22/III	4/IV	Sz
Sz	10/I	29/II	40/III	26/IV	30/I	19/II	15/III	14/IV	Sz
Sz	11/I	8/II	5/III	34/IV	31/I	9/II	25/III	20/IV	Sz
Sz	12/I	20/II	31/III	25/IV	32/I	3/II	28/III	13/IV	Sz
Sz	13/I	39/II	37/III	38/IV	33/I	11/II	14/III	37/IV	Sz
Sz	14/I	1/II	6/III	11/IV	34/I	25/II	7/III	21/IV	Sz
Sz	15/I	34/II	24/III	7/IV	35/I	32/II	1/III	31/IV	Sz
Sz	16/I	13/II	19/III	40/IV	36/I	26/II	27/III	29/IV	Sz
Sz	17/I	2/II	11/III	35/IV	37/I	10/II	13/III	24/IV	Sz
Sz	18/I	38/II	23/III	9/IV	38/I	4/II	21/III	17/IV	Sz
Sz	19/I	40/II	26/III	36/IV	39/I	36/II	9/III	27/IV	Sz
Sz	20/I	12/II	30/III	6/IV	40/I	18/II	29/III	12/IV	Sz
Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz	Sz

méter

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

0,75

2,125

62,5

méter

0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05 0,05

5