

**DEBRECENI EGYETEM  
AGRÁR-ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYOK CENTRUMA  
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI- ÉS  
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR  
ÉLELMISZERTUDOMÁNYI-,  
MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI ÉS MIKROBIOLÓGIAI INTÉZET**

Intézetigazgató:  
Prof. Dr. Kovács Béla  
egyetemi tanár

**Látóképi kísérletekből származó búzaminták  
penészgomba-, *Fusarium*- és DON toxin  
szennyezettségének alakulása**

Készítette:  
Kovács Csilla  
Élelmiszerbiztonsági és -minőségi  
mérnök jelölt

Konzulens:  
Dr. Peles Ferenc Árpád  
egyetemi adjunktus

Debrecen  
2013.

# TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                                                            |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| BEVEZETÉS .....                                                                                            | 3 -  |
| 1. TÉMAFELVETÉS .....                                                                                      | 4 -  |
| 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....                                                                            | 5 -  |
| 2.1. A búza ( <i>Triticum aestivum</i> ) általános jellemzése, kémiai összetétele és élettani hatásai..... | 5 -  |
| 2.2. A penészgombákról általánosságban .....                                                               | 8 -  |
| 2.2.1. <i>Fusarium</i> nemzetség .....                                                                     | 9 -  |
| 2.3. Szelektív táptalajok <i>Fusarium</i> fajok izolálásához .....                                         | 10 - |
| 2.4. A <i>Fusarium</i> fertőzöttség alakulása Magyarországon.....                                          | 12 - |
| 2.5. A mikotoxinokról általában .....                                                                      | 14 - |
| 2.5.1. Az őszi búzában jelen lévő mikotoxinok.....                                                         | 15 - |
| 2.5.2. Mikotoxinok megengedett határértékei.....                                                           | 17 - |
| 2.6. Mikotoxin mérési eljárások.....                                                                       | 19 - |
| 2.7. Agrotechnikai lehetőségek a kalászfuzáriózis, valamint a mikotoxin szennyezettség csökkentésére.....  | 19 - |
| 3. ANYAG ÉS MÓDSZER .....                                                                                  | 22 - |
| 3.1. Kísérleti beállítások .....                                                                           | 22 - |
| 3.2. Vizsgált minta .....                                                                                  | 23 - |
| 3.3. Mintaelőkészítés és mikrobiológiai vizsgálatok .....                                                  | 23 - |
| 3.3.1. Penészgombák számának meghatározása.....                                                            | 23 - |
| 3.3.2. Búzaszemek <i>Fusarium</i> fertőzöttségének vizsgálata .....                                        | 24 - |
| 3.4. Őszi búza minták DON toxin szennyezettségének vizsgálata .....                                        | 25 - |
| 3.5. Kiértékeléshez használt statisztikai módszerek és programok .....                                     | 25 - |
| 4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE.....                                                                      | 26 - |
| 4.1. Penészgombaszám alakulása a búza minták esetén .....                                                  | 26 - |
| 4.2. Az eltérő elővetemény hatása a penészgombaszám alakulására .....                                      | 27 - |
| 4.3. Az eltérő nitrogén műtrágya adagok hatása a penészgombaszámra .....                                   | 27 - |
| 4.4. A növényvédelmi kezelések hatása a penészgombaszámra .....                                            | 28 - |
| 4.5. Búzaszemek belső <i>Fusarium</i> fertőzöttségének alakulása .....                                     | 29 - |
| 4.6. Az eltérő vetésforgó alkalmazásának hatása a <i>Fusarium</i> fajok megjelenésére.-                    | 29 - |

|                                                                                                                |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 4.7. A különböző intenzitású növényvédelmi kezelések hatása a búzaminták <i>Fusarium</i> fertőzöttségére ..... | - 30 - |
| 4.8. A <i>Fusarium</i> fertőzöttség alakulása eltérő nitrogén műtrágya adagok esetén ...                       | - 31 - |
| 4.9. Búzaminták DON toxin szennyezettségének alakulása .....                                                   | - 32 - |
| 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....                                                                          | - 33 - |
| ÖSSZEFOGLALÁS.....                                                                                             | - 34 - |
| SZAKIRODALOM JEGYZÉK .....                                                                                     | - 35 - |
| KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....                                                                                       | - 38 - |
| NYILATKOZAT .....                                                                                              | - 39 - |

## BEVEZETÉS

A gabonafélék alapvető élelmiszerforrásnak számítanak már az ősidők óta. A búza a második legnagyobb területen termesztett haszonnövény Magyarországon. A gabonafélék összetételüknél fogva kiváló tápanyagforrást jelentenek a gombáknak. Az alapanyagokon, valamint a különféle élelmiszereken és takarmányokon elszaporodó penészgombák jelentős károkat okozhatnak. Egyrészt rontják az élvezeti és tápértékét a belőle készült terméknek, másrészt egészségre káros mikotoxinokat is termelhetnek. A lakosság nagy mennyiségű gabona alapú termékeket fogyaszt, ezért szükséges a penészgombák számának a meghatározása, illetve az általuk termelt mikotoxinok kimutatása. A potenciálisan toxintermelő gombák jelen lehetnek a termőföldön, a silókban, valamint a raktárakban egyaránt. Ezek a mikroszkopikus élőlények rontják a búza minőségét, a magvakon megfigyelhető elváltozásokat és csírázóképeség csökkenést eredményeznek. Élelmiszerbiztonsági szempontból a *Fusarium* fajok érdemelnek említést, illetve az általuk termelt toxinok, ugyanis ezen fajok jelentik a legnagyobb élelmiszerbiztonsági- és takarmánybiztonsági kockázatot.

A mikotoxinok jelenléte, az általuk kiváltott betegségek, valamint a gazdasági károk aránya világszerte folyamatosan nő. A mikotoxinok által kiváltott hatások az emberek és az állatok számára akut vagy krónikusak is lehetnek, ezért is nagyon fontos a mennyiségüknek a határérték alá csökkentése a biztonságos élelmiszer előállítás érdekében. Akut hatásaként máj- és vesekárosodás fellépése, míg krónikus hatásként a rákos megbetegedések kialakulása említhető.

## 1. TÉMAFELVETÉS

A toxinok csökkentésének megoldása közegészségügyi szempontból fontos. A gombatoxinok jelenlétével az élelmiszertermelés, -feldolgozás és -tárolás során egyaránt számolnunk kell. A nyirkosan tárolt gabonában gyakoriak a *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Alternaria* penészgombák. A számukra kedvező körülmények megléte esetén jelenlétükkel számolni kell. A klímaváltozás hatására a toxintermelő penészgombák elszaporodása felgyorsul. A szélsőséges időjárási viszonyok a növények ellenálló képességét csökkentik, mely szintén kedvező a penészgombák szaporodásának, illetve mikotoxin termelésének. A penészgombák jelenléte csökkenti a termés hozamot, valamint a termények értékesíthetőségét is. A toxinok az emberek, állatok szervezetébe közvetlenül a szennyezett táplálék/takarmány fogyasztásával kerülhetnek be. A penészes takarmányt az állatok is elutasítják, vagy előfordul, hogy elfogyasztásuk után különféle megbetegedések lépnek fel, vagy fejlődési rendellenességek következnek be. A penészgomba fajok mikotoxin termeléséhez más-más környezeti feltételek szükségesek, így a megbetegítő hatás és a tünet is eltérő. A mikotoxinok ellenőrzése hazánkba is és az Európai Unióban is szigorú szabályozás alá esik, ezzel is jelezve a veszélyességi fokukat. A legelterjedtebb mikotoxin termelő penészgombák a *Fusarium* nemzetségbe tartozó fajok. A toxinnal szennyezett gabonából a toxint eltávolítani nem lehet, csak mennyiségét csökkenteni a különböző malomiparban alkalmazott technológiai eljárásokkal. Minőségi terméket csak minőségi alapanyagból lehet előállítani, melyet a technológiai folyamat minden lépésében biztosítani kell.

A búza különféle szennyezésnek van kitéve, többek közt rovarok, állati ürülékkel való szennyezésnek, valamint természetesen a penészgombák jelenlétének.

Kutatómunkánk során azt vizsgáltuk, hogy van-e összefüggés az eltérő vetésforgó, növényvédelmi kezelés, nitrogén műtrágya adag, valamint a búzaminták penészgombaszáma, *Fusarium* fertőzöttsége és DON toxin tartalma között. Az 1 hónapos gyakorlatomat a Debreceni Egyetem Agrár és Gazdálkodástudományok Centruma Mezőgazdasági,- Élelmiszertudományi- és Környezetgazdálkodási Kar Élelmiszertudomány, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézetében töltöttem. A gyakorlatom során különböző búza minták mikrobiológiai vizsgálatával, illetve a DON toxin szennyezettség mértékének megállapításával foglalkoztam. A dolgozatban szereplő eredmények a gyakorlatom alatt történő vizsgálatokból származnak. A szennyezés csökkentése élelmiszerbiztonsági szempontból nagyon fontos. A gabonák *Fusarium*mal való szennyezettségének határérték alá csökkentése tehát a feladat, hogy egészséges élelmiszer kerüljön az asztalunkra.

## 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A búza (*Triticum aestivum*) általános jellemzése, kémiai összetétele és élettani hatásai

A gabonafélék gyűjtögetése már a kőkorszakban kezdődött, amikor a vadászok a hús táplálékukat gabona magvakkal egészítették ki.

A pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába és a *Triticum* nemzetségbe tartozó haszonnövény. Az egyik legrégebben termesztett növény. Termesztését egyiptomi régészeti kutatások eredményei is bizonyítják. Alapvető táplálékforrásunk köszönhető ez kedvező beltartalmi tulajdonságainak. A világon széles körben való elterjedését jó alkalmazkodó képességének köszönheti. A búza népelelmezés szempontjából örleményként kerül felhasználásra, illetve abraktakarmányként is felhasználható, valamint értékes melléktermékei is vannak.

A búzafajok kromoszóma számuk alapján három csoportba sorolhatók, melyek a haploid, a diploid, valamint a hexaploid. A közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) a legelterjedtebb búzafaj a világon. A búzának 2011-ben Magyarországon körülbelül 980 ezer hektárra becsülték a vetésterületét. A termésátlag 4210 kg/ha volt. Hazánkba, illetve a mérsékelt égövön is ezt a búzafajtát termesztik. Számos változata van és kétféle formája az őszi és a tavaszi fajta. Hazánkban az uralkodó klimatikus viszonyok miatt az őszi búzát termesztik. Ennek a formának a terméshozam is magasabb, mint a tavaszi búzáé. A búzának a fajtára jellemző alakú és nagyságú kalászvirágzata van. A kalászvirágzatban 5-9 virágkezdemény helyezkedik el, melyek közül 3-5 virág válik termőképessé. A búza önmegtermékenyülő növény. A szemtermés alakja, színe, nagysága a fajtára jellemző tulajdonságok nagyon változatosak lehetnek. Színe azonban általában barnásvörös (I1).

A szemtermés és ezen belül az endosperm rész legfontosabb alkotórésze a fehérje és a keményítő. A búza fehérjéinek nagyobb része nem oldódó fehérjékből áll. Vízben nem oldódó fehérjék a gliadin és glutenin, melyek a búzánál a sikérfehérjét, vagy egyszerűen sikért alkotnak. A sikér átlagos összetétele: 75% gliadin és 25% glutenin. Ha sok a gliadin, akkor a sikér lágy, ha nő a glutenin mennyisége, akkor pedig túl kemény. A gliadin a nyúlékonyság és a ragadósság kialakításáért felelős, míg a glutenin pedig a szilárdság és az ellenálló képesség kialakításáért. A gliadin és a glutenin vízben oldhatatlanok, de vízzel érintkezve duzzadnak. A megduzzadt részecskék alkotják a sikérhálót. A lisztek minőségét a belőlük képződött sikér

minősége és mennyisége határozza meg. A több sikért tartalmazó búzából jobb lisztet lehet őrölni és ezek alkalmasak a gyengébb minőségű tételek javítására.

A búza őrlési értékének meghatározó tulajdonságaihoz tartozik a hektolitertömeg, az ezerszemtömeg, a nedvességtartalom, az acélosság, a keménység, a sűrűség, valamint a keverékesség és a tisztaság. Ezen tulajdonságok a halmaztulajdonságok, melyek a búzaszem minősége szempontjából lényeges mutatók. Malomipari szempontból a 78 kg hektolitertömeg jelenti a jó minőséget.

A nedvesség a búzában szabad és kötött formában van jelen. A gabonaszemekben lejátszódó életfolyamatok a vízzel kapcsolatban vannak. A szabad víz a fizikailag kötött nedvességet jelenti, melyet el lehet távolítani. A nedvességtartalom meghatározásakor a szabad víztartalmat határozzuk meg. A szabad víz jelenlétében a gabonaszem egyes életfolyamatai megindulnak, ezért szükséges a tárolás során a kritikus nedvességtartalmat /14-15%/ tartani. Eredete szerint a szabad víz lehet természetes vagy mesterséges. Előbbi az életfolyamatok során kerül a szembe, az utóbbi pedig a mag higroszkóposága miatt. A kötött víz az, amely kolloidális anyagokban (fehérje, szénhidrát) fiziko-kémiaiilag kötött állapotban van, melyeket kémiai módszerek segítségével lehet eltávolítani (GYŐRI, 1998).

A beltartalmi értéket meghatározó tulajdonságok közé tartozik a fehérjetartalom és összetétel, a szénhidrátok, zsírok, vitaminok, ásványi anyagok, enzimek mennyisége és hatóképessege.

A fehérjék fontos szerepet töltenek be a gabonából készült termékekben, mert ezektől az alkotórészekről függ a termék emészthetősége, tápértéke és esztétikai tulajdonságai. A gabona fehérjéit két csoportra oszthatjuk. Az egyik az egyszerű fehérjék, a másik pedig az összetett fehérjék csoportja. Az egyszerű fehérjék az albuminok, globulinok. Az albuminok közül a legismertebb a leukozin, míg a búza és a rozs globulinját edesztinnek nevezzük. Az egyszerű fehérjék közül minden gabonaféle magvának endosperm részében megtaláljuk a prolaminokat, melyek hidrolízisekor prolin keletkezik. A prolaminok 70 %-os alkoholban jól oldódnak, de vízben és sóoldatban oldhatatlanok. A búza és a rozs prolaminja a gliadin. A glutelinek, mint egyszerű fehérjék vízben, alkoholban oldhatatlanok, viszont gyenge savakban, lúgokban oldhatóak. A búza glutelinje a glutenin. A búzánál a gliadin és a glutenin alkotja a sikért, ezért sikérképző fehérjéknek hívjuk (GYŐRI, 1998).

A gabonafélék szemtermésében legnagyobb mennyiségben a szénhidrátok találhatók, melyek cukrok, dextrinek, keményítő, cellulóz és hemicellulóz alakjában fordulnak elő. A

cukrok mennyisége a búzában 2-5%, melyeknek kisebb része monoszacharid (pentóz, glükóz, fruktóz), nagyobb része diszacharid (szacharóz, maltóz). A pentózok a héjrészben találhatók pentozán alakban. A glükóz pedig a keményítő és a cellulóz felépítésében vesz részt. A maltóz a tészta kialakulásában játszik szerepet. A sütési hőmérsékleten karamellizáció következik be, mely hatással van a kenyérhéj színének és ízének kialakulására. A keményítő a gabona legfontosabb poliszacharidja, mely a gabonaszem 60-80 %-át teszi ki. Az endosperm részben található a legnagyobb mennyiségben. A keményítő szemcsék eltérő alakúak és nagyságúak, melyek lehetővé teszik a lisztek mikroszkópos megkülönböztetését. Így megállapítható, hogy milyen gabonából készült az adott liszt. A keményítőszemcse két részből áll amilózból és amilopektinből. Az amilóz meleg vízben oldódik, az amilopektin pedig csak nyomás alatt oldódik vízben és viszkózus anyagot ad, míg az amilóz nem ad viszkózus anyagot. Az amilóz 100-200 glükóz molekulából áll és hosszú nem elágazó láncú van, míg az amilopektin 200-1000 molekulából és elágazó láncú szerkezetet alkot. A keményítő savval főzve lebomlik, mely során a végtermék glükóz lesz, így állítják elő a keményítőcukrot.

A gabonafélék sejtfalát nagyobb mennyiségben a cellulózok és a hemicellulózok alkotják ligninnel, ásványi anyagokkal és egyéb vegyületekkel. A cellulóz 75 % a héjrészben található. A hemicellulózok átmenetet képeznek a keményítő és a cellulózok között (GYŐRI, 1998).

Egyenlőtlen eloszlásban található a gabonaszemben a zsírok és az olajok mennyisége. A zsiradékok a tartaléktápanyag szerepét töltik be. Az endosperm rész zsírtartalma kevesebb. A csíra, az aleuron réteg, valamint a héjrészek tartalmazzák a zsiradékokat. A zsírok a tárolás alatt bomlanak a lipáz enzim segítségével glicerinre és szabad zsírsavakra. Levegő jelenlétében gyorsan avasodnak, ez okozza a liszt megkeseredését, ezért szükséges a csíra eltávolítása. A gabonafélék zsiradékai a félig száradó olajok csoportjába tartoznak. A gabona lipoidjai közé a foszfatidok, a szterinek, a fitin és a pigment anyagok tartoznak. A foszfatidok elsősorban a csírában és az aleuron rétegben találhatók. A gabonafélék lipoid frakciójában található az el nem szappanosítható részben található további anyag a szterin. A vegyületcsoport legfontosabb képviselője az ergoszterin.

1,5-3 % hamuanyagot tartalmaznak a gabonafélék. A legtöbb ásványi anyagot a héjrész és a csíra tartalmaz, az endosperm rész ásványi anyagban szegényebb. A hamuanyagok mennyisége a liszt minősítésének az alapja. A lisztek szín szerinti osztályozását pekározásnak nevezzük.

A vitaminok az aleuron rétegben és a csírában találhatók. Legfontosabb az A és az E-vitamin, valamint az egyes B-vitaminok.

Legfontosabb festékanyag a klorofill, mely az érés során átalakul. Az érett gabonamagvakban legnagyobb mennyiségben a karotinoidok vannak jelen, melyek között a legjelentősebb a karotin, mely az A-vitamin provitaminja. Az említett festékanyagokon kívül a gabonában xantofill, flavonodok is találhatók.

Az enzimek kis mennyiségben találhatók a gabonaszemben, de fontos szerepet töltenek be például a keményítő, a fehérje, valamint a zsírok képződésében (GYŐRI, 1998).

#### A búza átlagos kémiai összetétele (GYŐRI, 1998):

Nyersfehérje: 13%

Nyerszsír: 1,9%

Rost: 1,9%

Szénhidrát: 68,5%

Hamu: 1,7%

Táplálkozásbiológiai jelentősége kimagasló. A szervezet számára fontos táplálóanyagokat tartalmaz, éppen ezért nevezik a gabonaféléket az „élet csíráinak”. A keményítőt energiaforrásként tudja a szervezet hasznosítani. A szénhidráttartalom mellett a fehérjetartalma is jelentős. A búzacsira és búzakorpa rendszeres fogyasztása csökkenti a fáradtságérzetet, a magas vérnyomást, valamint a gyomor és bélbántalmak enyhítésében is szerepe van. Májtisztító, emésztést serkentő és immunrendszert erősítő hatása is ismeretes. A búzacsírából előállított olaj (*Tritici aestivi oleum*) rengeteg olyan tápanyagot tartalmaz, melyek a szervezet működéséhez elengedhetetlenek. Az ásványi anyagok közül megtalálható benne a vas, kalcium, kálium, a foszfor, a magnézium. Vitaminok közül legnagyobb mennyiségben az E-vitamin található meg, melynek a szívbetegségek megelőzésében van szerepe (I2).

## **2.2. A penészgombákról általánosságban**

A penészgombák a valódi gombák törzsébe tartozó heterotróf élőlények. Morfológiájuk alapján a fonalgombákhoz tartoznak. Szerves anyagok lebontásában vesznek részt. A

szaporodásuk sajátossága, hogy sejtszám (telepszám) változás nem történik, illetve a szükséges szerves és szervetlen anyagokat a környezetükből veszik fel. Szaporodásukat és növekedésüket alapvetően befolyásolja az oxigén jelenléte, az adott évjáratban uralkodó időjárási viszonyok, a szubsztrátum nedvességtartalma, valamint a megfelelő hőmérséklet. A fonalgombák valódi gombafonalakat (hipha) képeznek. A gombafonalak a gomba növekedése során gombafonal szövédéket (micélium) képeznek. A táptalaj felszínén található gombaszövédéket telepnek (thallus) nevezzük (PESTI, 2001).

### 2.2.1. *Fusarium* nemzetség

A toxintermelő penészek közül a *Fusarium* nemzetségbe tartozó fajok okozzák a legtöbb problémát a mezőgazdasági termesztésben. Ez az egyik legjelentősebb, legfajgazdagabb genus. Kifejezetten polifágok. Rendszerezésük nem egyszerű feladat, mely a nagyfokú heterogenitásuknak, morfológiai és fiziológiai változékonyságuknak köszönhető. Rendszertanilag a gombák teleomorf alakját sorolják be, mely a *Fusarium* esetén a *Gibberella* nemzetség. A *Gibberella* nemzetség a *Fungi* országba, *Dicarya* alországba, *Ascomycota* törzsbe, *Pezizomycotina* altörzsbe, *Sordariomycetes* osztályba, *Hypocreales* rendbe, *Nectriaceae* családba tartozik (I3). Párás, meleg időben telepednek meg a gabonanövényen.

A *Fusarium* fajok szinte mindenhol megtalálhatók, azonban zömmel talajlakók, de szaprotrófok is lehetnek, azaz elhalt növényi maradványokon élhetnek, továbbá primer parazitaként is jelen lehetnek. Laza szerkezetű felületi micélium szövédéket képeznek, amelyek fejlődésük során szennyes fehér, sárga, rózsaszínű (piros) pigmenteket tartalmaznak. Ezen fajok jelentik a legnagyobb élelmiszerbiztonsági- és takarmánybiztonsági kockázatot.

SOHÁR (2007) szerint a jelletükkel rontják a búza tápértékét, eltarthatóságát, és az érzékszervi tulajdonságokat is megváltoztatják. A gombák számára a magvak szubsztrátként szolgálnak, hiszen tartalmazzák a növekedésükhöz szükséges tápanyagokat.

### 2.3. Szelektív táptalajok *Fusarium* fajok izolálásához

A fonalgombák fajszerű meghatározása nem egyszerű feladat. A *Fusarium* fajok izolálására többféle szelektív táptalaj alkalmas. Korábbi szakirodalmak leírtak már szelektív táptalajokat, én ezek közül a Papavizas-félét alkalmaztam a vizsgálatokhoz.

A szelektív táptalaj elkészítése először antibiotikum nélkül történt, így az inaktiválódásuk elkerülhetővé vált. Az elkészített agar pH-ját 5.2-re állítottuk 0,01%-os citromsavval, majd autoklávban sterilizáltuk. A sterilizálás után kb 50 °C-on kellett a steril vízben feloldott antibiotikum komplexet hozzáadni. A hozzáadás után már a táptalajt nem kell felmelegíteni. Az összetevők közül a PCNB-t (Pentaklór-nitrobenzol) nagy mennyiségű táptalaj készítése miatt külön kellett hozzáadni.

A Papavizas-féle táptalajon kívül ismertes még a Malachitzöld agar (MGA-agar), mely szintén szelektivitással rendelkezik, így csak a *Fusarium* genus tagjai mutathatók ki. Az agart CASTELLÁ et al. (1997) állították össze. A táptalaj alapja Nash és Snyder táptalaj volt, amelyhez 2,5 ppm-es mennyiségben malachit zöldet adtak. Következtetésképpen megállapították, hogy az MGA-agar (Malachit Green Agar) szelektivitását tekintve alkalmasabb a fajok izolálására, mint a NSMB (Nash and Synder Medium Base), mivel ezen a táptalajon más gombafajok is növekedtek. Ez a táptalaj nem tartalmazott PCNB-t, így kevésbé veszélyes, mint például az általam alkalmazott Papavizas-féle táptalaj. A PCNB (Pentaklór-nitrobenzol) egy olyan fungicid, mely a *Fusarium* fajok kifejedését nem gátolja, azonban más gombafajok szaporodását igen. Először Nash és Snyder alkalmazta ezt a gátló anyagot (SZÉCSI, 2004).

KING et al. (1979) vizsgálataikban arra a következtetésre jutottak, hogy a dichloran és a bengálvörös komplexet tartalmazó táptalaj (DRBC) megfelelő a penészek jelenlétének kimutatására. A DRBC (Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenicol) táptalaj lehetővé teszi a fajszerű azonosítást is. A dichloran és a bengálvörös korlátozza a *Mucorales* fajok szaporodását. A hőstabil antibiotikum, a klóramfenikol a baktériumokra fejt ki gátló hatást.

ANDREWS-PITT (1986) és THRANE (1996) vizsgálataik során bebizonyították, hogy van olyan táptalaj, amely a *Penicillium* és az *Aspergillus* fajok szaporodását gátolja, így lehetővé válik a *Fusarium* fajok gyors azonosítása. A DCPA-agarban (Dichloran-Chloramphenicol-Peptone agar) lévő dichloran helyettesíti a PCNB-t, mivel szintén egy igen erős növekedést gátló gombaölőszert. A PCNB-t rákkeltő hatása miatt nem alkalmazták.

ANDREWS-PITT (1986) kutatásukban a dichloran koncentráció még éppen ható dózisát vizsgálták. Arra a megállapításra jutotta, hogy az optimális koncentráció a *Fusarium*ok szaporodásához 2 µg/mg. Ha azonban az említett koncentráció változik, akkor a táptalaj elveszti a szelektivitását, ami az előbb említett fajok kinövését segíti elő. A vizsgálat teszteléséhez Czapek-élesztő agart kivonatot használtak. A DCPA-agar (Dichloran-Chloramphenicol-Peptone) elődjei a PDA-agar (Potato-dextróz agar) és a DRBC agar (Dichloran-Rose Bengal-Chloramphenicol agar). A DCPA-agaron a *Fusarium*, *Alternaria*, *Drechslera* és *Curvularia* fajok jól növekedtek, kifejezett telepeik mutatkoztak. Kiemelt növekedést a *F. graminearum* és az *Alternaria tenuis* mutatott.

SKAAR-STENWIG (1996) a penészgombák vizsgálatára a MYSA-agart (Malt-yeast extract-sucrose agar) és a KING et al. (1979) által kifejlesztett DRBC-agart hasonlították össze. Megállapították, hogy a MYSA táptalaj gátló hatást fejtett ki a gyorsan növekvő *Rhizopus spp.* és *Mucor spp.* fajoknál. Az eredmények azt mutatják, hogy a MYSA táptalaj alkalmas a szilázson lévő élesztő- és penészgombák elkülönítésére. A DRBC-agar gátolja a légmicéliumok képződését, illetve a telepek nagyságát is csökkenti. Az ökörepe (oxgall), mint összetevő a MYSA-agaron fejlődő telepeknél elősegítette a légmicéliumok képződését. Klórtetraciklint és klóramfenikolt is tartalmaz, mely antibiotikumok a baktériumok szaporodását akadályozzák meg. A táptalajon a *Fusarium* fajokon kívül más fajokat is izoláltak (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* stb.). A MYSA-agaron a DRBC-agarral ellentétben a fajok jól felismerhetők, így azonosításukhoz átoltás nem szükséges. Mindkét táptalaj esetén megállapítást nyert a baktérium szaporodást gátló hatás.

A módosított Czapek-Dox agar szintén alkalmas a *Fusarium* fajok izolálására. A legáltalánosabban használt agarok közé tartozik a CZID-agar (Czapek-iprodione-dichloran-agar). Ez az agar jó szelektív táptalaja a *Fusarium* fajoknak, míg más fonalgombák növekedése ezen a táptalajon gátolt, ezáltal a *Fusarium* fajok jól elkülöníthetők (THRANE, 1996).

THRANE (1996) szerint a PDA-agar (Potato-dextrose agar) közvetlen azonosítást tesz lehetővé a *Fusarium* fajok esetén.

## 2.4. A *Fusarium* fertőzöttség alakulása Magyarországon

A fuzáriózis napjainkban nagyon elterjedt gabonaféléket megbetegítő betegség. Országos felmérések már az 1970-es évek elejétől rendelkezésre állnak. Évről-évre vizsgálják a fertőzöttség alakulását. HALÁSZ-TÓTH (2011) 2010-ben országosan 615 db, míg megyénként 16-77 darab búzamintát vizsgáltak meg. A *Fusarium* fertőzöttség 22,5 és 100% között alakult, a megyei átlag 73,7%, az országos átlag 24,6% volt. A többi megyéhez viszonyítva itt a volt a szennyezettség mértéke a legmagasabb. HALÁSZ-VALOVICS (2012) 2011-ben 525 mintát vizsgáltak meg országosan *Fusarium* szennyezettség megállapítása céljából. Eredményeik alapján 2011-ben Hajdú-Bihar megyében 62 minta került megvizsgálásra, melynek 2,0 és 63,5% között alakult a szennyezettség mértéke. A megyei átlag 14,5% volt, míg országos szinten 9,2% volt az átlag. Megfigyelhető, hogy 2011-ben alacsonyabb volt a fertőzöttség mértéke.

A *Fusarium* fajok mindig jelen vannak a környezetben. Kedvezőtlen hatásuk csupán attól függ, hogy az adott évben milyen időjárási viszonyok uralkodnak, illetve mennyire valósulnak meg a fertőzés mértékét csökkentő megfelelő agrotechnikai lehetőségek (vetésforgó, rezisztens fajta/hibrid választás, talaj adottság, tápanyagellátás, növényvédelem, öntözés).

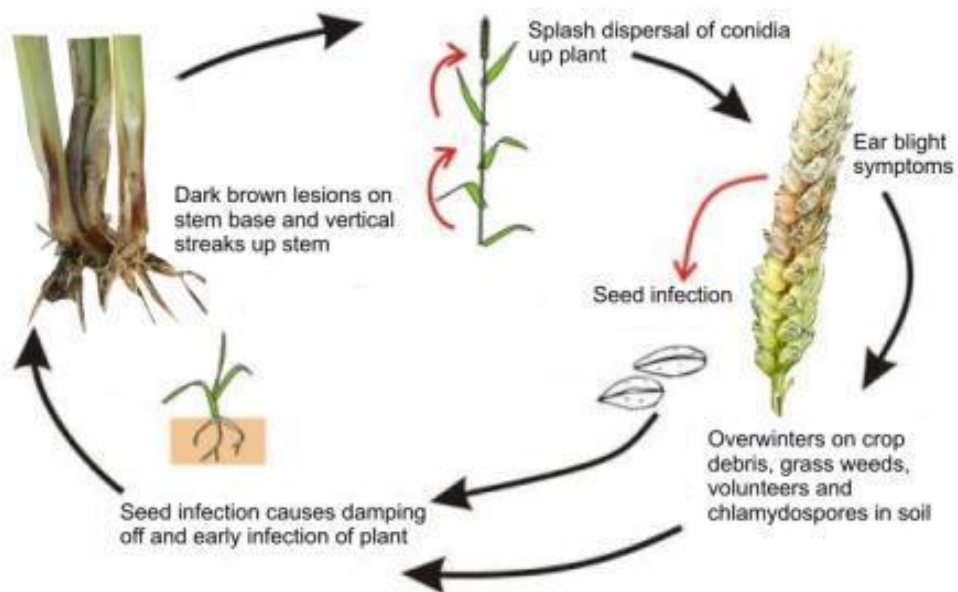
TÓTH (2009) és HALÁSZ-VALOVICS (2012) tanulmányuk szerint a *Fusarium* fertőzöttség a búzán nem egyenesen arányos a toxintartalommal. SOHÁR (2007) és SCUDAMORE (1993) hasonló megállapításra jutott. Előfordulhat, hogy alacsonyabb fertőzöttség esetén ellentétes hatás következik be, vagyis a toxin mennyisége magasabb. Kedvezőtlen körülmények esetén a gombák elpusztulhatnak, azonban az általuk termelt mikotoxinok továbbra is jelen lesznek.

SZEITZNÉ et al. (2009) vizsgálataik szerint a kalászfuzáriózis az őszi búza leggyakoribb és egyben súlyosabb betegsége is, melynek élelmiszerbiztonsági szempontból számottevő jelentősége van az egész világon. MESTERHÁZY (2007) vizsgálata szerint hazánkban túlnyomó részt a *Fusarium graminearum* és a *Fusarium culmorum* okozzák a gabonák fuzáriumos megbetegedését. 15 faj vizsgálata alapján jutott arra a megállapításra, hogy az említett két faj a legfertőzőképesebb és a járványok többségét is ezen fajok okozzák, de HALÁSZ-TÓTH (2011) szerint jelen lehet a *F. avenaceum*, *F. nivale*, *F. sporotrichoides*, *F. poae* is. A *Fusarium* fajok főként betakarítás előtt, virágzáskor támadják meg a gabonaféléket,

mely során a magház és a termés fertőződik meg, ezt elsődleges fertőzésnek nevezzük. A csapadékos időjárás, valamint a magas páratartalom pedig másodlagos fertőzés kialakulásához vezethet. A *F. graminearum* fajok a DON, a zearalenon és a nivalenol toxinokat termelik. Ezek a legelterjedtebb toxintermelő fajok, melyek 24-26 °C között képesek növekedni (SWEENEY-DOBSON, 1998). A kalászfertőzés az alacsonyabb búzákon jelentősebb, mivel a levélszintek közelebb vannak egymáshoz, mint a kalásztartó szártaggal rendelkező búzáknak, melyek kevésbé fertőződnek (KOVÁCS, 1998).

A penészgomba fajok nemcsak a gabonaszemekben belül, illetve a külső felületén találhatók meg, hanem a száron, a talajban és a talaj felületén is. A legnagyobb fertőzőforrást azonban a termőföldön maradó növényi maradványok jelentik. Az előbbieken már említett sok csapadék (tavasz és nyár eleji csapadékmennyiség) hatására a gabona szára megdőlhethet, így érintkezik a talajjal, mely lehetőséget teremt a talajban élő, illetve a növényi maradványokon lévő gombák elszaporodására. A gombák klamidospóráik segítségével ivartalan módon szaporodva évről-évre újabb járványok kialakulását biztosítják. A szennyezettség mértékét növeli, ha a fertőzött szemek bekerülnek a talajba.

Az **1. ábrán** a kalászfuzáriózis fertőzési ciklusa látható. A fertőzött magból kikelő növény szárán függőleges irányban sötét elváltozások láthatók. A fertőzés gyors terjedését elősegíti a konídiumok szétszóródása is, mely során tipikus tünetként megjelenik a kalász kivilágosodása. A kaláson szembeutó jelenség a fehéres-vöröses árnyalat megjelenése, mely a gombák micéliumainak jelenlétéről árulkodik.



**1. ábra:** A *Fusarium* életciklusa a búzán (I4)

## 2.5. A mikotoxinokról általában

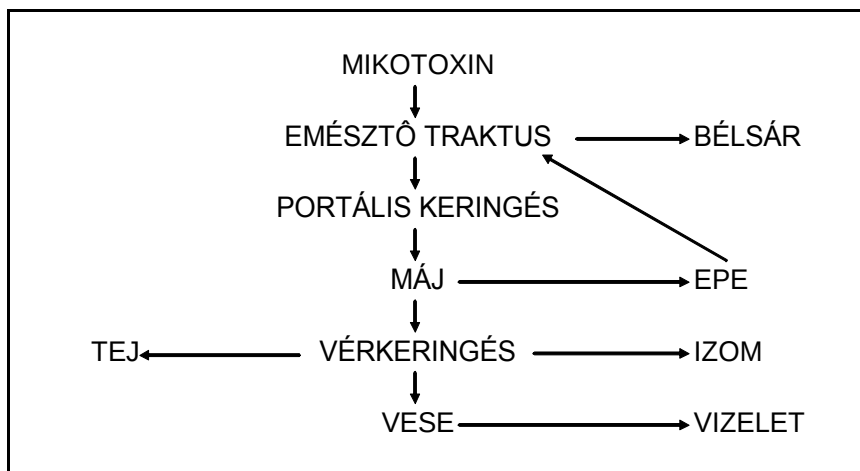
A mikotoxinok már az ősidők óta jelen vannak a természetben. Írásos feljegyzések a toxinok által okozott járványokról a középkorból vannak. Termelődésük egyik legfontosabb forrása a gabonatermékek. A gabonamagvak mikotoxin szennyezettségét nagymértékben befolyásolja a fajta fogékonysága, az időjárás, valamint az alkalmazott agrotechnikai eljárás is.

A mikotoxinok a penészgombák anyagcseretermékeként képződött szekunder metabolitok. Táplálékláncbeli előfordulása nagyon gyakori. Teljes számuk nem ismert, azonban több mint 300-at azonosítottak már. Az általuk kiváltott betegség a mikotoxikózis. Tized mg/kg-nyi mennyiségben is képes súlyos betegségeket kiváltani, mely a fogyasztó egészségét károsítja, ezért nagyon fontos a vizsgálatuk (ÁCSNÉ-BÚZA, 2007).

Ezek a természetes úton képződött legveszélyesebb mérgező anyagok a szervezetbe növényi és állati eredetű élelmiszerekkel kerülnek be, ahol akut vagy krónikus hatásokat válthatnak ki. Mérgező hatásukat az emésztőrendszerben fejtik ki (ÉRSEK-GÁBORJÁN, 1998).

Biológiai hatásuként ismert a karcinogén (rákkeltő), teratogén (fejlődési rendellenességet okozó), ösztrogén (hormonhatású), mutagén, neurotoxikus (idegrendszert károsító), nefrotoxikus (májkárosító), immunotoxikus (immunrendszert károsító) hatás.

A **2. ábra** a mikotoxinok szervezeten belüli útját mutatja. A toxinok jelentős része áthalad a szervezeten, a bélsárral ürül, azonban 1-10% felszívódik a vékonybélben. A májon áthaladva részben metabolizálódik, aztán az epén keresztül ismét a bélrendszerbe jut a toxin. A nem feldolgozott része a vérkeringésbe kerül, ahol a tejjel ürül, vagy a vese választja ki vizelet formájában (MÉZES, 1997).



**2. ábra:** Mikotoxinok szervezeten belüli útja (MÉZES, 1997)

### 2.5.1. Az őszi búzában jelen lévő mikotoxinok

A mikotoxinok leggyakrabban a szántóföldön képződnek, de képződésük a raktározás során is előfordulhat. A megfelelő hőmérséklet és nedvességtartalom kedvező a képződéséhez.

A mikotoxinok mennyiségének az ellenőrzése a lakosság egészségének védelme érdekében történik. A vizsgálat célja, hogy az élelmiszer/takarmány mikotoxinokat a lehető legkisebb mértékben tartalmazzon. Gyakorlati szempontból nagyobb jelentősége a *Fusarium* fajok által termelt zearalenonnak (F-2 toxin), fumonizineknek, a trichotecének közül pedig a deoxinivalenol /DON/, T-2 és HT-2 toxinnak van. Ezek a toxinok kémiaiilag és termikusan stabilak, így egyaránt megtalálhatók a nyersanyagban (gabona), illetve a feldolgozott termékben is (liszt) (BALIUKONIENÉ et al., 2011). A gabonaféléket megtámadó mikotoxin termelő *Fusarium* fajok közül a DON toxint termelők a jellemzőbbek.

A mikotoxin termelő gombafajoknak két csoportja van a kártétel helye szerint, melyek lehetnek a szántóföldi és a raktári gombák, azonban én közül a szántóföldi gombákat ismertetem. Ezen gombák közül is a *Fusarium* fajok vizsgálatával foglalkoztunk.

A szántóföldi gombák már a termőföldön megfertőzik a gabonát. Betakarításkor magas a nedvességtartalom (20% fölötti) esetén elszaporodnak, valamint a nem megfelelő tárolás és szárítás során is. Ide tartoznak a *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Diplodia*, *Gibberella* és *Helminthosporium* fajok. Ezek a gombák a higrofil, valamint a mezofil csoportba tartoznak az előbbieken említett tényezők miatt (PESTI, 2001).

#### Szántóföldi penészek toxinjai:

- Zearalenon (F-2 toxin)
- Trichotecén toxinok (T-2, HT-2 toxin, fusarenon-X, DON: Deoxinivalenol, nivalenol, DAS: Diacetoxiscirpenol)
- Fumonisinok

Az említett toxinok közül mi a DON toxin mennyiségét vizsgáltuk az őszi búza mintákban. A fuzárium toxinok erős biológiai hatású toxinok. Létezésük már az ősidők óta bizonyított. Ezek a toxinok az emberek és az állatok egészségét károsítják, valamint a gabona minőségét és értékesíthető mennyiségét is csökkentik már kis mennyiségben is. A penészgombákkal való

fertőzöttség fő oka a monokultúrák termesztése, mert a szántóföldön hagyott, illetve a felületesen bedolgozott szárrészek kiváló táptalajt jelentenek a gombák szaporodásához. A *Fusarium* gombák többsége toxintermelő. A növekedésükhöz szükséges optimális hőmérséklet 24-28 °C között, de ennél magasabb vagy alacsonyabb hőmérsékleten is képes szaporodni csak lassabban. A minimális toxinképződés hőmérséklete 6-8 °C (KOVÁCS, 1998). A *Fusarium* fajok által termelt mikotoxinok legnagyobb mennyiségben a gabona külső rétegeiben halmozódhatnak fel, vagyis a kopararész több mikotoxint tartalmazhat, mint a finomított lisztek. A teljes kiőrlésű termékek azért veszélyesek, mert elkészítésükhöz a kopararész is felhasználásra kerül. A fuzárium toxinokat kémiai szerkezetük alapján szokták csoportosítani, melyek a következők: az egyik a rezorcinsav lakton alapú vegyületeket tartalmazó (zearalenon), a másik pedig a trichotecén vázas vegyületek (T-2 toxin, a HT-2 toxin, DON, DAS, nivalenol, fusarenon-X) csoportja.

#### ❖ Trichotecén vázas toxinok

Kémiaiailag a legváltozatosabb mikotoxinok (SWEENEY-DOBSON, 1998). A fuzárium toxinok egyik nagy csoportja. Leggyakoribb ismert vegyületek a T-2 toxin, a HT-2 toxin, DON, DAS, nivalenol, valamint a fusarenon-X. A trichotecén mikotoxinok Európában és Észak-Amerikában találhatók meg a gabonán.

A gabonaféléket megtámadó mikotoxin termelő *Fusarium* fajok közül a DON toxint termelők a jellemzőbbek. A DON toxin trichotecén vázas vegyület. Kémiaiailag a legváltozatosabb mikotoxinok (SWEENEY-DOBSON, 1998). A DON toxin 3-acetil és 15 acetil-deoxinivalenol formában fordul elő. Biológiai hatásuként ismert, hogy idegrendszer, immunrendszert, fehérjeszintézist károsítók, a bőrt is károsítja (bőrön megjelenő piros foltok), lovak esetében megfigyelték a toxin takarmányelutasító hatását is. Ezen toxikus hatásokat SWEENEY-DOBSON (1998) is leírták. A takarmányban egyidejűleg több trichotecén toxin is lehet, melyek szinergens hatást fejthetnek ki, vagyis egymás hatását erősítik.

MESTERHÁZY (2007) szerint a mikotoxinok közül a dezoxinivalenolnak búzáknak esetén már az aratáskor jelentős koncentrációja lehet. SOHÁR (2007) szerint a *Fusarium*ok számára kedvező időjárási feltételek esetén a DON mennyisége 10 mg/kg-os nagyságrendet is elérheti. A toxin vízben oldódik, raktározás és őrlés alatt nagyon stabil, viszonylag hőtűrő.

A DON leggyakoribb neve a vomitoxin, mivel hányást vált ki, de emellett hasmenést, vérképzési panaszokat, immunrendszeri megbetegedéseket végül pedig halált is okozhat mind emberi és állati szervezetben egyaránt, mely már kis koncentráció esetén is bekövetkezik (I5). Az akut mérgezés tünetei az étkezést követően 30 percen belül jelentkeznek (SOHÁR, 2007).

A T-2 toxin káros hatását kutatások bizonyítják, melyek szerint a toxin a normális immunválasz-reakciót felborítja, valamint immunszuppresszív hatást indukál. Ez a zavar hátrányosan befolyásolja a gyógykezelések eredményességét is (KOVÁCS, 1998). A T-2, a HT-2 és a DON toxin, mint ételmérgezést kiváltó toxinok is ismertek (SOHÁR, 2007). Állatkísérletekben majmoknál aleukiát, leukocitózist okozott. Az állatok elpusztulásakor légzési elégtelenséget, szívburokgyulladást, nem fertőzőes tüdőgyulladást állapítottak meg. Biológiai hatása közül megfigyelhető a megbetegedett egyéneken az étvágyrontó és a hánytató hatás.

#### 2.5.2. Mikotoxinok megengedett határértékei

Az egyes gabonafélék mikotoxin tartalmának megengedett mennyiségére a jogszabályok határértéket írnak elő. A határérték betartatása kiemelt jelentőségű élelmiszer-és takarmánybiztonsági szempontból egyaránt. Betartásuk egyrészt hatósági feladat, másrészt a termelő, a gyártó, valamint a forgalmazó kötelessége.

A mikotoxinok egészségre káros hatásának kimutatására eltűrhető napi beviteli értéket (TDI: Tolerable Daily Intake) állapítottak meg, melyeket az **1. táblázat**ban láthatunk.

**1. táblázat:** Mikotoxinok eltűrhető napi beviteli értéke (I6)

| Mikotoxinok          | Tűrhető napi bevitel (TDI) / $\mu$ g/ttkg/nap/ |
|----------------------|------------------------------------------------|
| DON (deoxinivalenol) | 1                                              |
| Nivalenol            | 0,7 (*)                                        |
| T-2 és HT-2          | 0,06 (*)                                       |

(\*): Ideiglenes TDI, a T-2 és a HT-2 toxinoknál kombinált ideiglenes TDI

Az **1. táblázat**ban az Európai Unió által nemzetközileg előírt tűrhető napi beviteli értékeket láthatjuk a különböző toxinok esetén. Az előbbieken említve a gabonafélék és a

belőlük készült termékek esetén nagyon fontos, hogy alacsony legyen a fuzáriummal való szennyezettség mértéke, mivel látható, hogy a napi beviteli szint mennyisége egyénekre, testtömeg kilogrammra és napra vonatkoztatva nagyon alacsony.

Az egyes élelmiszerekben előforduló megengedhető fuzárium toxinok mennyiségének felső határértékét a **1881/2006/EK** rendelet, és módosítása a **1126/2007/EK** rendelet rögzíti. A rendelet által meghatározott mikotoxinok megengedett maximális határértékét a **2. táblázat** mutatja.

**2. táblázat:** A rendelet által meghatározott határértékek az egyes mikotoxinok esetén  
(1881/2006/EK rendelet)

| Mikotoxinok                                                                                                                         | Felső határérték (µg/kg) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <i>Deoxinivalenol (DON)</i>                                                                                                         |                          |
| Feldolgozatlan gabonafélék, kukorica kivételével                                                                                    | 1250                     |
| Közvetlen emberi fogyasztásra szánt gabonafélék, gabonalisztek, korpa, mint közvetlen emberi fogyasztásra szánt késztermék és csíra | 750                      |
| <i>T-2 és HT-2 toxinok</i>                                                                                                          |                          |
| Feldolgozatlan gabonafélék (18) és gabonakészítmények                                                                               |                          |

A DON maximálisan tolerálható napi beviteli értéke 1 µg/ttkg. E határérték alatt nincs kifejtendő káros hatása, azonban a kenyér esetén az Európai Unió által előírt követelmény szerint 500 µg/kg alattinak kell lennie a DON toxin szennyezettségnek. A HT-2 és a T-2 toxinok esetén a megállapított napi beviteli szint 60 ng/ttkg.

## 2.6. Mikotoxin mérési eljárások

A mikotoxinok vizsgálata során problémát jelenthet, hogy egy mintában többféle toxin lehet, melyek kimutatásakor a vizsgálat költségessé és nehézkessé válik. A mérést megnehezíti továbbá az ömlesztett terményekből való mintavétel, mert a mikotoxinok nem egyenletesen oszlanak el a nagy mennyiségben, hanem úgynevezett „forró foltokban” találhatók meg a gabonatömegben. Az előbb említett akadály miatt szükséges mintavétel során a reprezentativitás megvalósítása, vagyis, hogy több helyről történjen a mintavétel. A mikotoxin kontamináció meghatározásához olyan mérés technikai eszközöket használnak, melyek ppb ( $\mu\text{g/kg}$ ) nagyságrendben pontos mérést tesz lehetővé (ÁCSNÉ et al., 2007).

Kimutatásukra többféle módszer is alkalmas. Ismert módszerek az ELISA /Enzyme-Linked Immunosorbent Assay/ immunológiai módszer, melynél antitest (ellenanyag) antigén kapcsolódik össze, reakcióba lépnek egymással, ahol a specifikus antitesthez van kötve az enzim, mely bontja a szubsztrátját, immunaffin oszlopokkal történő szelektív mintatisztításról van szó. Több minta egyszeri vizsgálatára is alkalmas. Az ellenanyaghoz egy speciális jelző reagens van kapcsolva kovalensen. A másik közismert módszer a nagy hatékonyságú folyadék kromatográfia (HPLC) alkalmazása. Ismeretes még a vékonyréteg (TLC), túlnyomásos rétegekromatográfia (OPLC) és a gázkromatográfia (GC) segítségével megvalósított mikotoxin-tartalom mérés is (ÁCSNÉ-BÚZA, 2007). A toxinok már kis koncentrációban jelentős károkat okoznak, ezért szükséges, hogy minél nagyobb érzékenységű módszereket alkalmazzunk kimutatásukra (15).

## 2.7. Agrotechnikai lehetőségek a kalászfuzáriózis, valamint a mikotoxin szennyezettség csökkentésére

A kalászfuzáriózis megjelenését, valamint a mikotoxin szennyezettség mértékét az uralkodó időjárási viszonyok mellett számottevően befolyásolja az alkalmazott agrotechnikai eljárás is. A vetésváltás során az elővetemény betakarítása után történő talajműveléssel (a növényi maradványok talajba dolgozásával) csökkenthető a fuzáriumos fertőzés mértéke. Alapvetően a mikotoxinok élelmiszerbe kerülését meg lehet akadályozni, ha fungicideket vagy inszekticideket alkalmazunk.

EDWARDS (2007) szerint a búza után termesztett kukorica minimális talajművelése (minimum tillage) esetén ötször nagyobb volt a DON toxin mennyisége. A megfelelő fajta/hibrid kiválasztása lényeges a fuzariózissal szembeni védekezésben. Olyan fajtákat érdemes vetni, melyek a hazai éghajlati viszonyokhoz alkalmazkodnak és ellenállóak.

MESTERHÁZY (2007) szerint elsősorban a fajták és a hibridek nagymértékű fogékonyága okozza a hazai és a külföldi gabonák *Fusarium* szennyezettségének kialakulását. Véleménye szerint a hazai búzafajták érzékenysége a járványok során megállapított mértéket jóval túllépi. A rezisztens fajták esetén számottevő fertőződés nem következik be még a mikotoxin termelésnek kedvező körülmények esetén sem, azonban a nagyon, vagy kiemelten fogékony fajták jelentős fertőzöttséget mutathatnak. A harmonikus tápanyagellátás, vagyis a helyes NPK-arány megvalósítása is lényeges (PEPÓ, 2003, 2004). Nem megfelelő arány esetén egyrészt a fertőzés kialakulására nagyobb az esély, másrészt a túlzott nitrogén mennyiség terméscsökkenést okoz (RACSKÓ, 2005).

Az optimális időben történő *betakarítás* előnye, hogy a minőségromlás mértéke is csökken (KOVÁCS, 1998). *Talaj* esetében, olyan területre érdemes vetni, mely nem szikes, illetve jó vízellátottságú. Az *öntözés* során fontos, hogy virágzás előtt egyenletesen történjen, a vegetációs időszak alatt, mert virágzáskor kedvező körülmények lesznek a penészgombák elszaporodására. A fajtaspecifikus *növényvédelem* megvalósításával a fertőzöttség mértéke is csökken, illetve ez az eljárás költséghatékonyak is minősül. A gabonatábla folyamatos figyelemmel kísérése során ellenőrizni kell, hogy az adott fertőzöttségi küszöböt elérte a fertőzés. MESTERHÁZY et al. (2003) kutatásaik során bebizonyították, hogy a fungicidekkel kezelt táblákon a kezeletlen táblákkal összevetve alacsonyabb volt a szennyezettség mértéke.

MESTERHÁZY (2007) a *Fusarium* fajok által okozott szennyezettség csökkentése érdekében a minél gyorsabb rezisztencia nemesítést, a hatékony növényvédelmi lehetőségek felkutatását, a kalászfuzariózis mértékének mérését szolgáló felügyelő rendszer kiépítését, valamint az előbb említett rendszer kibővítését szorgalmazza a mikotoxintartalom vizsgálatára.

A *mikotoxin megkötő anyagok* alkalmazásakor a jelen lévő toxinok mennyisége csökkenthető. Arányuk a takarmányszennyezettség mértékétől függ. Nagyobb mennyiség bekeverése esetén a takarmány tápanyag koncentrációja romlik. A mikotoxinok megkötésének két módja van: az egyik a fizikai felszívódás, a másik a kémiai felszívódás. Az utóbbi hatékonyabb eljárás, mivel egy erősebb kötésnek minősül. A megkötő anyagokat azzal

a céllal alkalmazzák, hogy a mikotoxinok emésztőrendszerben való felszívódását minimalizálják. Ezek az anyagok lehetnek szervesek vagy szervetlenek. A szervetlen anyagok szilikát alapú polimerek (zeolitok, bentonitek, alumínium-szilikát, kovaföld). Nem bomlanak le, egy-egy mikotoxin megkötésére képesek, magas a bekeverési arányuk. A szerves megkötők előnye a szervetlenekkel szemben, hogy lebomlanak, többféle mikotoxint képesek megkötni, alacsony a bekeverési arányuk. Ilyen anyagok a zabkorpa, búzakorpa, lucernarost, cellulóz, hemicellulóz.

Az ellenálló növényfajták alkalmazását kell előtérbe helyezni a mikotoxinmegkötő anyagok alkalmazása előtt (17).

### 3. ANYAG ÉS MÓDSZER

#### 3.1. Kísérleti beállítások

Kutatómunkánk során azt vizsgáltuk, hogy van-e összefüggés az eltérő elővetemény (kukorica és borsó), növényvédelmi kezelés (fungicid nélküli, 1x-es, 3x-os fungicides kezelés), nitrogén műtrágya adag (0, 50, 150 kg/ha), illetve a vizsgált búzaminták penészgombaszáma, *Fusarium*-, valamint DON toxin szennyezettsége között. A kísérleti beállítások az **3. táblázat**ban találhatóak. Az eltérő kezelések kombinációja révén 18-féle kísérlet került beállításra 2011-ben, melyeket a Debreceni Egyetem AGTC MÉK Növénytudományi Intézet munkatársai állították be a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén, mészlepedékes csernozjom talajon.

**3. táblázat:** Látóképi őszi búza minták kísérleti beállításai

| Beállítás sorszáma | Vetésforgó | Növényvédelem | Nitrogén műtrágya adag (kg/ha) |
|--------------------|------------|---------------|--------------------------------|
| 1                  | bikultúra  | intenzív      | 0                              |
| 2                  | bikultúra  | intenzív      | 50                             |
| 3                  | bikultúra  | intenzív      | 150                            |
| 4                  | bikultúra  | átlagos       | 0                              |
| 5                  | bikultúra  | átlagos       | 50                             |
| 6                  | bikultúra  | átlagos       | 150                            |
| 7                  | bikultúra  | extenzív      | 0                              |
| 8                  | bikultúra  | extenzív      | 50                             |
| 9                  | bikultúra  | extenzív      | 150                            |
| 10                 | trikultúra | intenzív      | 0                              |
| 11                 | trikultúra | intenzív      | 50                             |
| 12                 | trikultúra | intenzív      | 150                            |
| 13                 | trikultúra | átlagos       | 0                              |
| 14                 | trikultúra | átlagos       | 50                             |
| 15                 | trikultúra | átlagos       | 150                            |
| 16                 | trikultúra | extenzív      | 0                              |
| 17                 | trikultúra | extenzív      | 50                             |
| 18                 | trikultúra | extenzív      | 150                            |

### 3.2. Vizsgált minta

A kísérletek beállítása a GK Csillag búzafajtaival történt, mely a Gabonakutató Nonprofit Kft. fajtája.

- *GK Csillag*

Korai őszi búzafajták közül az egyik legnagyobb terméshozamú fajta. *Fusarium*okkal szembeni rezisztenciája alapján jó-toleráns kategóriába sorolható. Szemei érett állapotbanacélosak, színe piros. Kalásza tar. Egyöntetűen érő fajta.

### 3.3. Mintaelőkészítés és mikrobiológiai vizsgálatok

A mikrobiológiai vizsgálatokat az Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet Mikrobiológiai laboratóriumában végeztük el.

**MSZ EN ISO 6887-1:2000** szabvány szerint a búzamintákból homogenizálás után steril hígítófolyadék (NaCl-pepton-desztillált víz) segítségével 1:9-es arányú törzsoldatot, majd ezt követően tízszeres hígítási sort készítettünk. Ezután a megfelelő hígítású szuszpenziókból két ismétlésben egy-egy ml-t tettünk steril Petri-csészékbe és megfelelő táptalajt öntöttünk hozzá.

#### 3.3.1. Penészgombák számának meghatározása

A búza minták penészgombaszámának a meghatározásához az **MSZ ISO 7954:1999** szabványnak megfelelően élesztőkivonat-glükóz-chloramfenikol-agar táptalajt (CGA-agar) használtunk. Az inkubálás 25 °C-on 5 napon keresztül aerob körülmények között történt .

A vizsgálattal az összes élő penész és élesztőgomba jelenlétet lehet izolálni, azonban számunkra a mintákon jelenlévő penészgombák száma volt lényeges, így az eredményekben is ezeket tüntettük föl. Az inkubációs idő eltelte után azokat a lemezeket választottuk ki, melyeken kevesebb, mint 150 telep volt. A penészgombák telepképző egységeinek (TKE) számát egy grammra vonatkoztattuk.

A penészgombák számolása a következő képlet alapján történt:

$$\frac{\sum c}{(n1 + n2)d}$$

$\Sigma c$ : az összes lemezen számlált telepek összege

n1: az első hígításból készített lemezek száma

n2: a második hígításból kiértékelt lemezek száma

d: az első hígításra vonatkozó hígítási faktor

Ha 5-re végződik az eredmény, akkor a páros számra kellett kerekíteni az értéket. Az eredmény megadása 1,0-9,9 közötti lehet, illetve a  $10^x$ -nek a szorzata, ahol az x a 10-nek a megfelelő hatványkitevője.

Kísérleti beállításonként 5 párhuzamos vizsgálatot végeztünk.

### 3.3.2. Búzaszemek *Fusarium* fertőzőittségének vizsgálata

A búzaszemek belső fertőzőittségének a vizsgálatához a SZÉCSI és MESTERHÁZY (1998) által alkalmazott módszert használtuk, mely során mintánként  $2 \times 100$  db búzaszem (kísérleti beállításonként két párhuzamos vizsgálat) felületét 1%-os neomagnolos oldatban történő 10 percig tartó áztatás segítségével fertőtlenítettük. Ezt követően kétszer steril desztillált vízzel átmostuk, majd a  $2 \times 100$  db búzaszemet Papavizas-féle szelektív táptalajra (BOOTH, 1971) helyeztünk. A **4. táblázat** a Papavizas-féle szelektív táptalaj összetételét tartalmazza.

**4. táblázat:** Összetevők Papavizas-féle táptalajhoz (BOOTH, 1971)

| Összetevők                                             | Mennyiség |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| Pepton                                                 | 15 g      |
| Kálium-dihidrogén-foszfát ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) | 1 g       |
| Magnézium-szulfát 7 $\text{H}_2\text{O}$               | 0,5 g     |
| Oxgall (ökörepe)                                       | 0,5 g     |
| PCNB (hatóanyag)                                       | 0,5 g     |
| Klórtetraciklin HCl                                    | 50 mg     |
| Sztreptomicinszulfát                                   | 100 mg    |
| Agar-agar                                              | 20 g      |
| Desztillált víz                                        | 1000 ml   |

Az inkubálás 25 °C-on 10-12 napig tartott, mely során folyamatosan néztük a *Fusarium* megjelenését. A kiértékelés során külön-külön megszámoltuk a fehér és a piros pigmentet termelő *Fusarium*ok számát.

### **3.4. Őszi búza minták DON toxin szennyezettségének vizsgálata**

A DON toxin mennyiségének meghatározásához RIDA®QUICK DON tesztet és RIDA®QUICK SCAN készüléket használtunk.

A vizsgálat során először megőröltük a búzamintákat, majd 1 g-ot jól zárható műanyag centrifugacsőbe mértünk. Ezt követően 15 ml extrakciós folyadékot hozzámértünk, majd 3 percig intenzíven ráztuk. Az oldatot 3-5 percig hagytuk ülepedni. A 3-5 perc letelte után a teszt applikációs területére az oldat tisztájából 100 µl-t pipettáztunk. 5 perc elteltével szabad szemmel is látható volt, hogy pozitív vagy negatív a teszt eredménye. Ezt követően 5 csepp (100 µl) stop oldatot tettünk a reakciós felület membránjára a reakció leállítására. Végül a tesztet a készülékbe helyeztük és leolvastuk a pontos értéket. A kimutatási határhígítástól függően (15 vagy 40 ml extrakciós folyadék) 500 vagy 1250 µg/kg.

### **3.5. Kiértékeléshez használt statisztikai módszerek és programok**

A statisztikai kiértékelés során a vizsgálati adatokból átlagértéket és szórást számoltunk, továbbá meghatároztuk a szélső értékeket. A mikrobiológiai paraméterek és az egyes tényezők közötti összefüggés statisztikai vizsgálatához két változó esetén t-próbát és nem paraméteres Mann-Whitney próbát, három vagy annál több változó esetén pedig varianciaanalízist és Tukey-tesztet, illetve nem paraméteres Kruskal-Wallis próbát és Dunn-féle összehasonlító tesztet alkalmaztunk. 5%-os P-érték alatt tekintettük a próbákat szignifikánsnak.

Az eredmények kiértékeléséhez Microsoft Excel programot, valamint SPSS v.13.0 és GraphPad Prism 3.02 (Motulsky, 1999) statisztikai programokat használtunk.

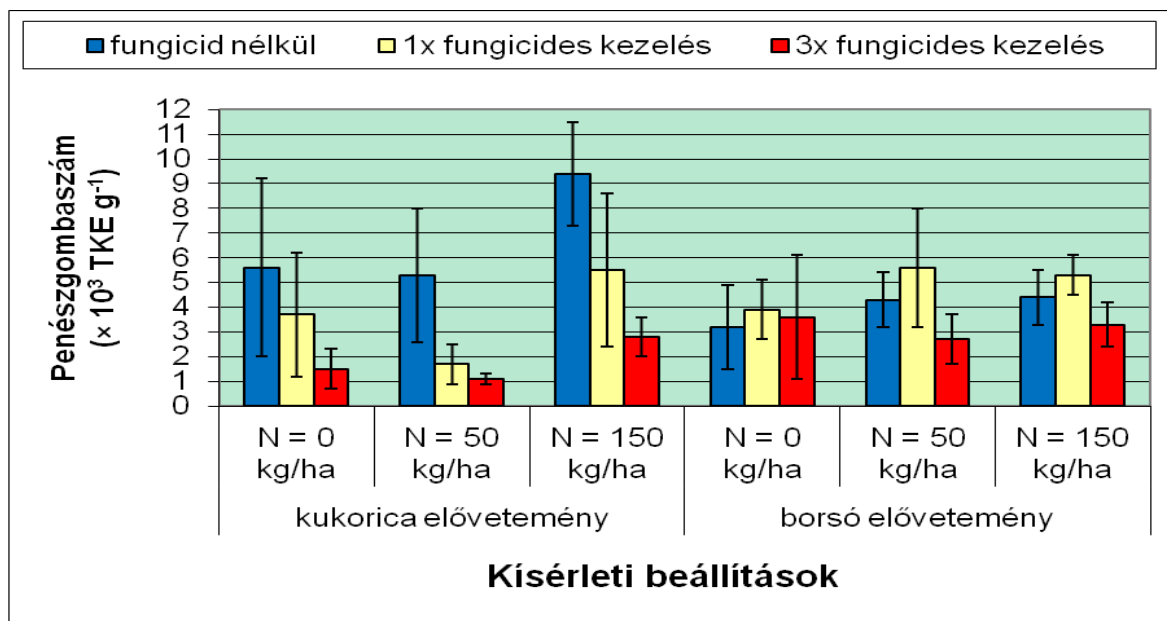
## 4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

### 4.1. Penészgombaszám alakulása a búza minták esetén

A 18 kísérleti beállítás esetén tapasztalt átlag penészgombaszám értékek a **3. ábrán** láthatóak. A penészgombaszám  $1,1 \times 10^3$  és  $9,4 \times 10^3$  tke/g között alakult. A **3. ábrán** látható, hogy a kukorica elővetemény és nagymértékű nitrogén ellátás fungicides kezelés nélkül emelte a penészszaámot ( $9,4 \times 10^3$  tke/g), amit azonban már egyszeres fungicides kezelés is jelentős mértékben csökkentett ( $5,5 \times 10^3$  tke/g). A háromszori kezelés után pedig szignifikánsan kisebb érték ( $2,8 \times 10^3$  tke/g) figyelhető meg. A borsó elővetemény jelentősen csökkentette a nagymértékű nitrogén bevitel esetén a penészszaámot fungicides prevenció nélkül is. A kukorica előveteménynél az 50 kg/ha nitrogénellátás mellett mind az egy, mind a három alkalommal történő fungicides kezelés jelentősen csökkentette a penészszaámot.

Kukorica elővetemény esetében mindenképpen indokolt volt a fungicides kezelés, mert jelentős mértékben csökkentette a penészszaámot. Amikor a kukorica előveteményhez további hajlamosító tényezőként túlzott nitrogén utánpótlás is társult, a különbség tovább nőtt a nem kezelt mintához képest.

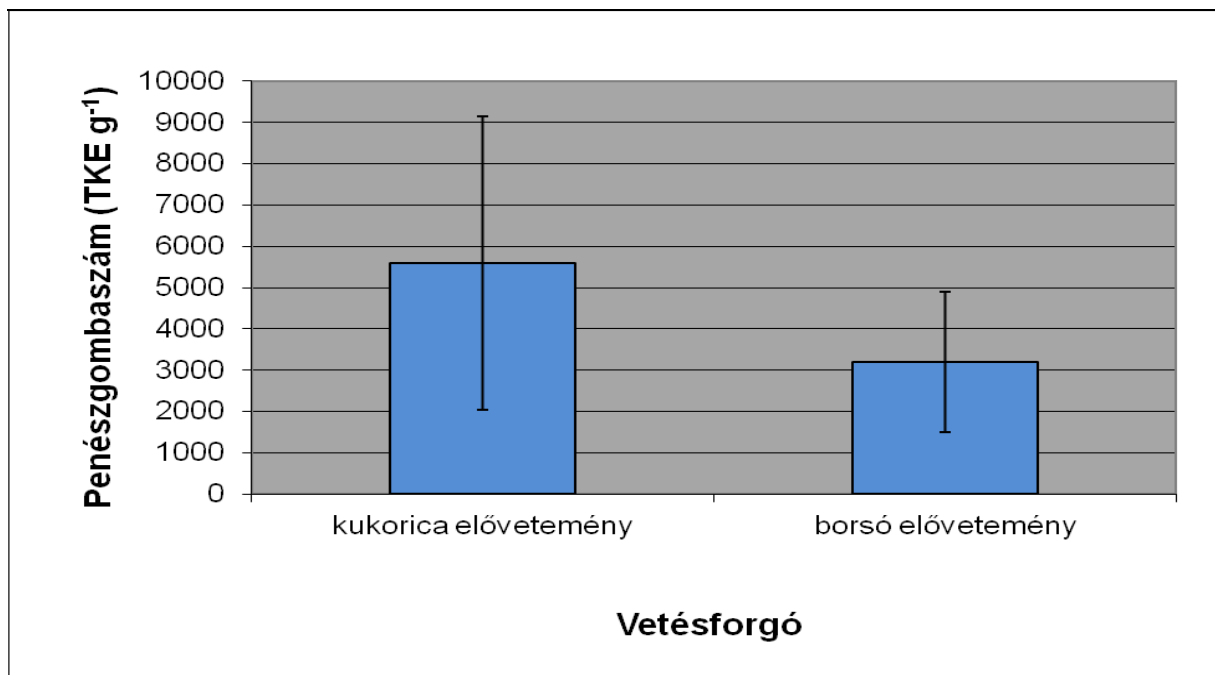
A borsó elővetemény láthatóan kiegyenlítette az egyes minták penészszaámát. Ebben az esetben nem volt indokolt a fungicides kezelés a penészszaám csökkentése tekintetében.



**3. ábra:** Búza minták penészgombaszámának alakulása (n=18)

#### 4.2. Az eltérő elővetemény hatása a penészgombaszám alakulására

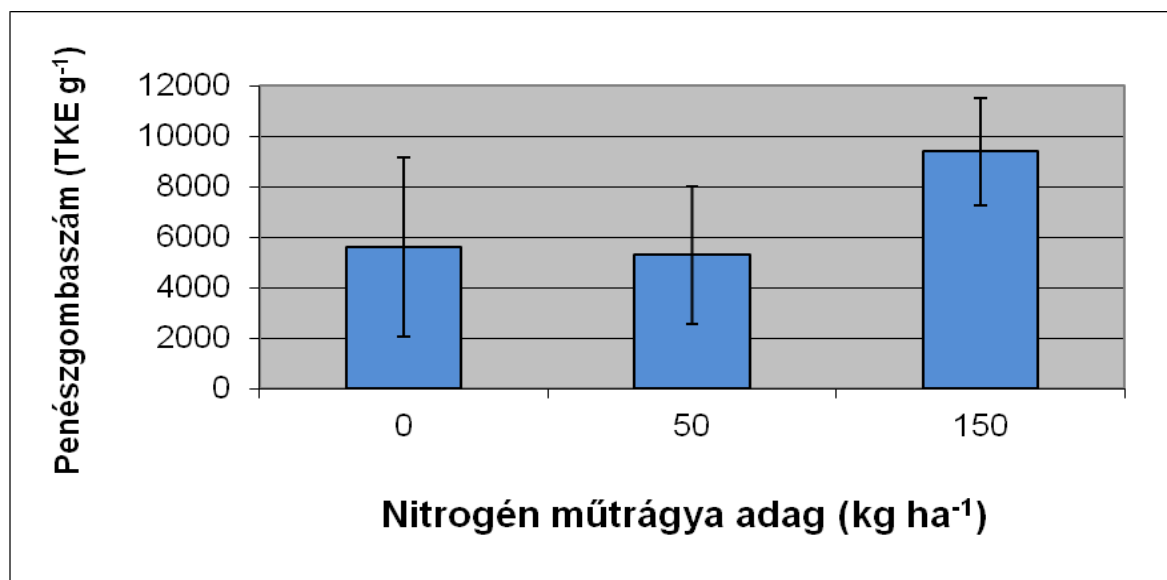
A kísérleti beállításoknál alkalmazott elővetemények (kukorica és borsó) és a penészs szám közötti összefüggést vizsgálva arra a megállapításra jutottunk, hogy a borsó elővetemény esetén kisebb volt a penészs szám, mint a kukorica elővetemény esetén (**4. ábra**). A különbség azonban a statisztikai értékelés alapján nem mondható szignifikánsnak.



**4. ábra:** Az elővetemény hatása a penészgombaszám alakulására

#### 4.3. Az eltérő nitrogén műtrágya adagok hatása a penészgombaszámra

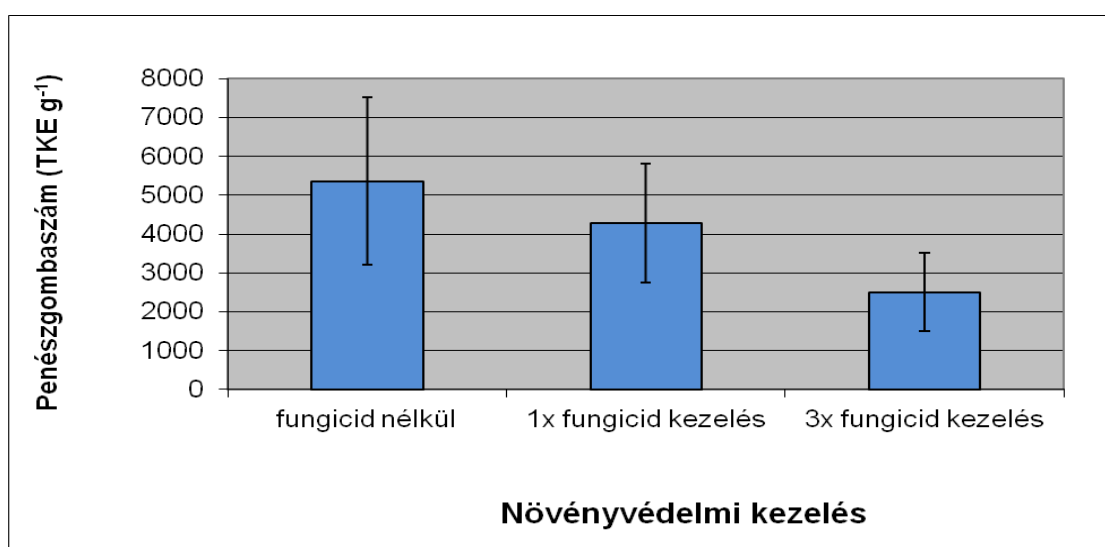
Az eltérő nitrogén műtrágya adagok esetén azt tapasztaltuk, hogy a 150 kg/ha adag esetén volt a legnagyobb a búzaminták penészgombaszáma (**5. ábra**). Az eredmények statisztikai vizsgálata azonban nem mutatott szignifikáns különbséget az eltérő adagok között.



**5. ábra:** Az eltérő nitrogén műtrágya adagok alkalmazásának hatása a penészs szám alakulására

#### 4.4. A növényvédelmi kezelések hatása a penészgombaszámra

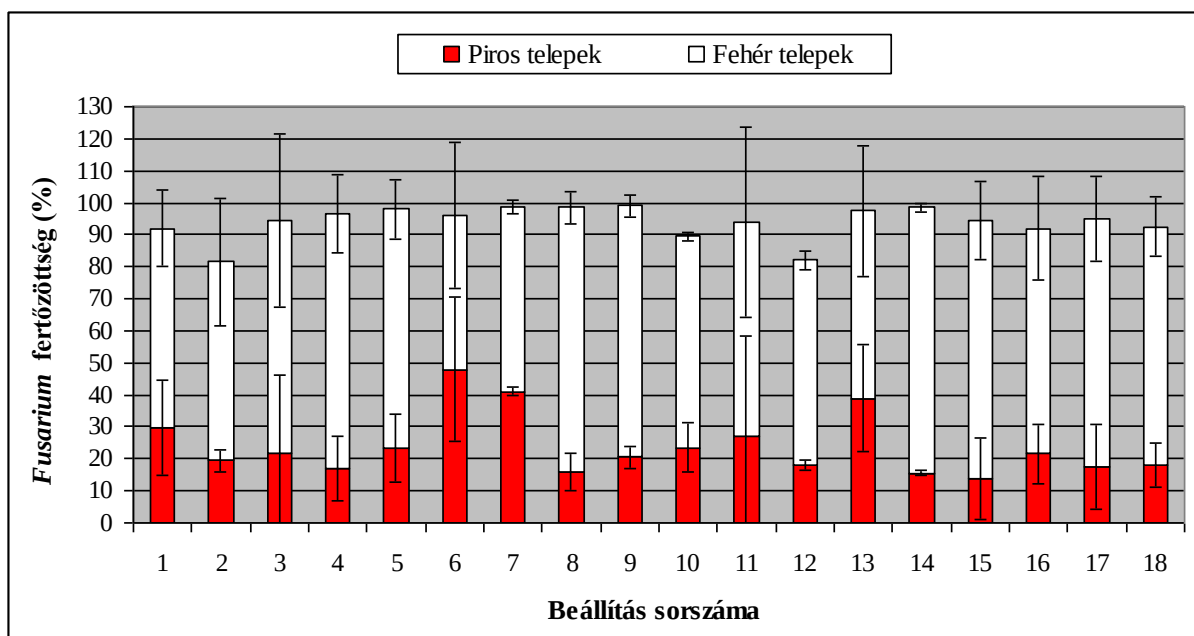
A növényvédelmi kezelések és a penészgombaszám alakulása közötti összefüggést vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a fungicides kezelések számának növekedésével párhuzamosan csökkent a búzaminták penészgombaszáma (**6. ábra**). Az eredmények statisztikai értékelése során szignifikánsan alacsonyabb értéket kaptunk abban az esetben, amikor három alkalommal történt a búza állomány fungicides kezelése.



**6. ábra:** Növényvédelmi kezelések hatása a penészs szám alakulására

#### 4.5. Búzaszemek belső *Fusarium* fertőzöttségének alakulása

A 7. ábrán a kísérleti beállítások esetén tapasztalt *Fusarium* fertőzöttség alakulása látható. A piros és fehér telepek arányának megállapításához az átlag és szórás értékeket ábrázoltuk. A belső *Fusarium* fertőzöttség megállapítása esetén a fehér micéliumot képző telepek és a piros pigmentet termelő *Fusarium* fajok %-os megoszlását ábrázoltuk. A 18 kísérleti beállítás során a búzaminták belső *Fusarium* fertőzöttsége 80 és 100% között ingadozott (7. ábra). A legkisebb értékeket a 2., 10. és 12. kísérleti beállításoknál tapasztaltuk. Az összes *Fusarium*on belül a fehér micélium telepet képző *Fusarium*ok előfordulása 48 és 83% között, míg a piros pigmentet termelő *Fusarium*ok előfordulása 14 és 48% között változott.

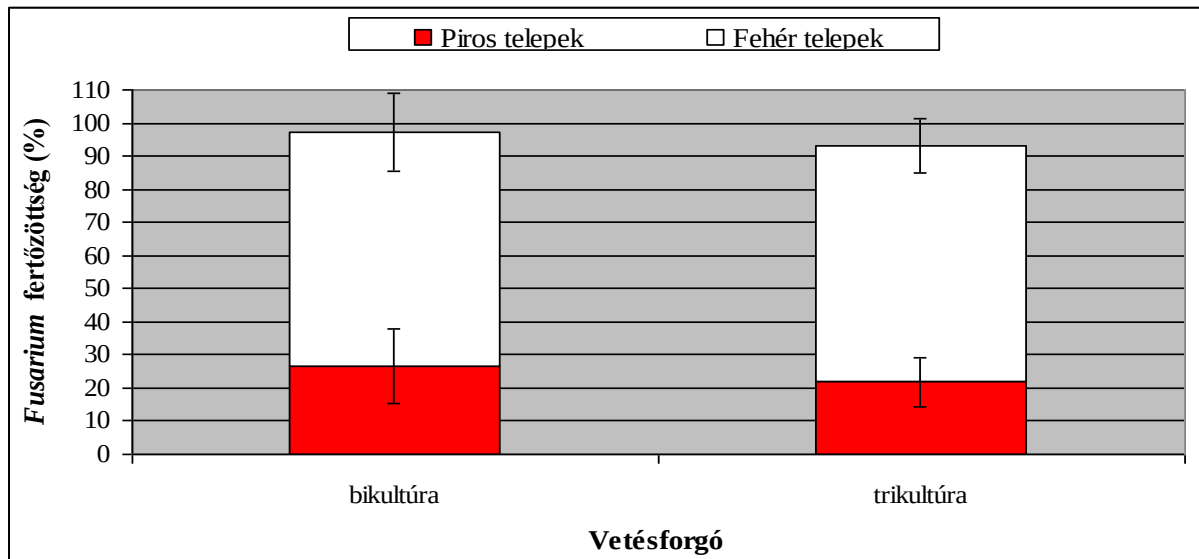


7. ábra: Búza minták belső *Fusarium* fertőzöttsége (n=18)

#### 4.6. Az eltérő vetésforgó alkalmazásának hatása a *Fusarium* fajok megjelenésére

Az eltérő vetésforgó és a búza *Fusarium* fertőzöttsége közötti összefüggést vizsgálva az eredményeink alapján az állapítható meg, hogy nincs szignifikáns különbség közöttük. Ahogy az 8. ábrán is látható a bikultúra (kukorica - búza) és trikultúra (kukorica - borsó - búza) esetén a *Fusarium* fertőzöttség nagyon hasonlóan alakult. Szignifikáns különbséget ugyan

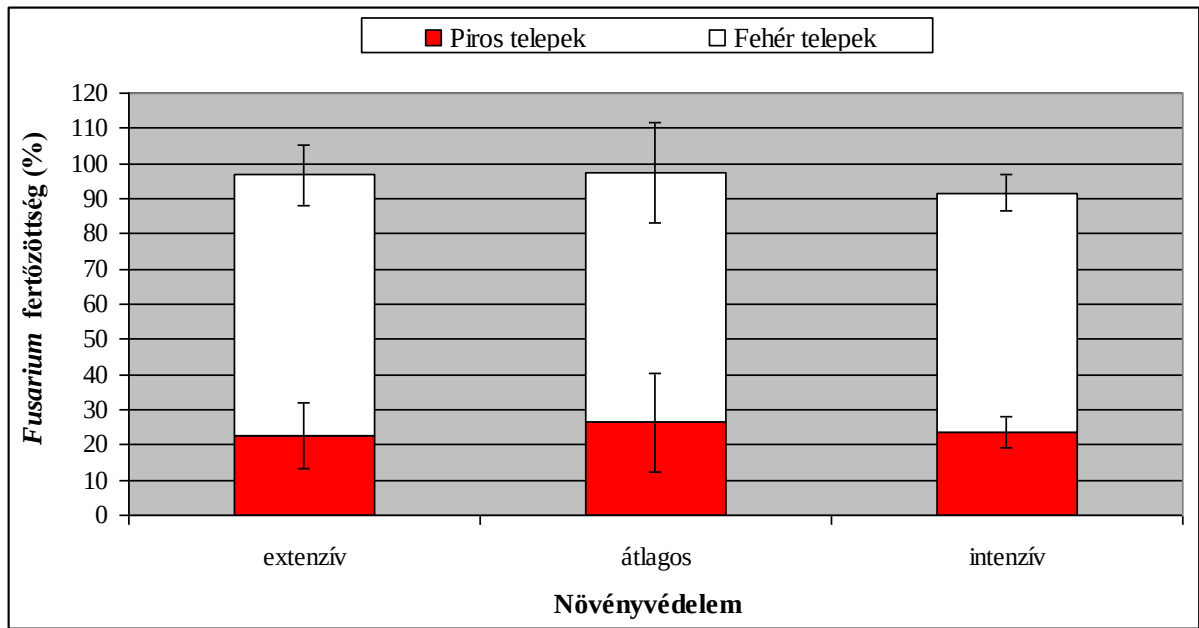
nem eredményezett a két vetésváltás és a *Fusarium* fertőzöttség összevetése, azonban látszik az ábrán, hogy a trikultúra alkalmazása esetén kisebb mértékű volt a fertőzöttség.



**8. ábra:** Vetésforgó hatása a búza minták belső *Fusarium* fertőzöttségére (n=18)

#### 4.7. A különböző intenzitású növényvédelmi kezelések hatása a búzaminták *Fusarium* fertőzöttségére

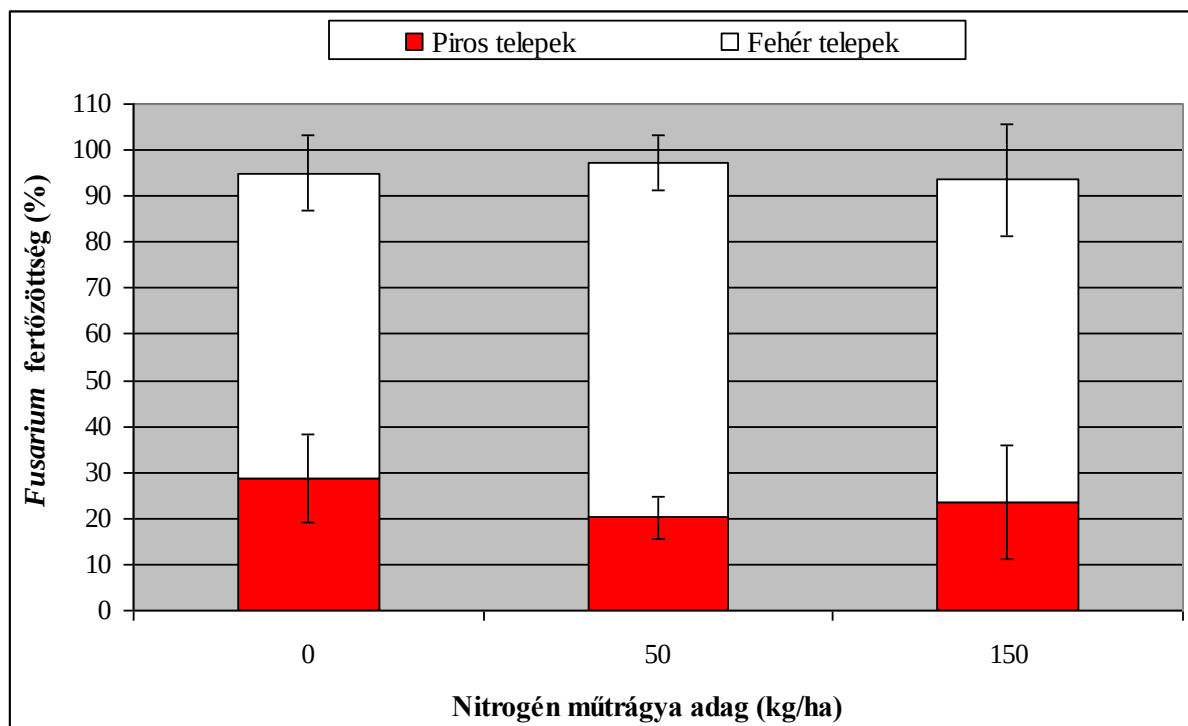
A különféle intenzitású növényvédelmi kezelések és a búza *Fusarium* fertőzöttsége közötti összefüggést vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az extenzív (3 alkalommal történő fungicides kezelés) növényvédelmi kezelés esetén szignifikánsan kisebb ( $P < 0,05$ ) volt a búzaszemek *Fusarium* fertőzöttsége, mint az extenzív és az átlagos kezelés esetén. Bár még ez az alacsonyabb érték is nagyobb, mint 90% (**9. ábra**).



**9. ábra:** Növényvédelem hatása a búza minták belső *Fusarium* fertőzöttségére (n=18)

#### **4.8. A *Fusarium* fertőzöttség alakulása eltérő nitrogén műtrágya adagok esetén**

Az eltérő nitrogén műtrágya adagok hatását vizsgálva, arra a megállapításra jutottunk, hogy a fertőzöttség szempontjából nem volt szignifikáns különbség a három dózis között. Ebben az esetben is 90% felett volt mind a három beállítás esetén a búzaszemek *Fusarium* fertőzöttsége (**10. ábra**).



**10. ábra:** Nitrogén műtrágya hatása a búza minták belső *Fusarium* fertőzöttségére

#### 4.9. Búzaminták DON toxin szennyezettségének alakulása

A búzaminták DON toxin szennyezettségére vonatkozóan az Európai Unió 500 µg/kg alatti határértéket ír elő. Vizsgálataink során a 18 kísérleti beállítás közül csupán egy esetben (6. beállításnál 650 µg/kg) tapasztaltunk határérték fölötti eredményt. A többi beállításból származó minták esetén határérték alatt volt a DON toxinok mennyisége (5. táblázat).

**5. táblázat:** Búzaminták DON toxin szennyezettségének alakulása

| Beállítás sorszáma | DON (µg/kg) | Beállítás sorszáma | DON (µg/kg) | Beállítás sorszáma | DON (µg/kg) |
|--------------------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| 1                  | <500        | 7                  | <500        | 13                 | <500        |
| 2                  | <500        | 8                  | <500        | 14                 | <500        |
| 3                  | <500        | 9                  | <500        | 15                 | <500        |
| 4                  | <500        | 10                 | <500        | 16                 | <500        |
| 5                  | <500        | 11                 | <500        | 17                 | <500        |
| 6                  | 650         | 12                 | <500        | 18                 | <500        |

## 5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kukorica elővetemény és túlzott nitrogén ellátás fungicides kezelés nélkül emelte a penészszámat, amit már az egyszeres fungicides kezelés is jelentős mértékben csökkentett. A háromszoros kezelés esetén pedig szignifikánsan kisebb volt a penészsám. A borsó elővetemény láthatóan kiegyenlítette az egyes minták penészsámát. Ebben az esetben nem volt indokolt a fungicides kezelés a penészsám csökkentése tekintetében. Kukorica elővetemény esetében mindenképpen indokolt volt jelentős növényvédelmi kezelés, mert jelentős mértékben csökkentette a penészsámot.

A búzaminták belső *Fusarium* fertőzöttségét vizsgálva igen magas (80 és 100% közötti) értékeket kaptunk. A fehér színű micélium telepet képző *Fusariumok* jóval nagyobb arányban fordultak elő, mint a piros pigmentet termelők.

A vetésforgó, növényvédelem és nitrogén műtrágya adag és a búza *Fusarium* fertőzöttsége közötti összefüggést vizsgálva csak az eltérő növényvédelmi kezelések esetén tapasztaltunk szignifikáns különbséget. Az intenzív (háromszori fungicides) kezelés esetén ugyanis szignifikánsan alacsonyabb fertőzöttségi értéket kaptunk.

A búzaminták DON toxin tartalma, valamint a penészgombaszáma és *Fusarium* fertőzöttsége közötti összefüggést vizsgálva, a szakirodalmi adatokhoz hasonlóan, a mi kutatási eredményeink is alátámasztották azt az állítást, hogy a búza mikotoxin tartalma nem egyenesen arányos a penészgombaszámmal és a *Fusarium* fertőzöttséggel.

A nagyobb mennyiségű növényvédőszer alkalmazásával csökkenthető a *Fusarium* fertőzöttség, azonban környezetterhelő tevékenységnek számít. Csökkenthető a fertőzöttség továbbá a betakarítás után a növényi maradványok minél tökéletesebb talajba való bedolgozásával is, illetve legfontosabb tevékenységnek a rezisztencia-nemesítő program tökéletesítése számít.

A nemesítők előtt tehát a feladat, hogy a fertőzöttség mértéke csökkenjen.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A gabonafélék alapvető élelmiszerforrásnak számítanak már az ősidők óta. A búza a második legnagyobb területen termesztett haszonnövény Magyarországon. A gabonafélék összetételüknél fogva kiváló tápanyagforrást jelentenek a gombáknak. A gabonaféléken elszaporodó penészgombák jelentős károkat okozhatnak. Egyrészt rontják az élvezeti és tápértékét a belőle készült terméknek, másrészt egészségre káros mikotoxinokat is termelhetnek. A lakosság nagy mennyiségű gabona alapú termékeket fogyaszt, ezért szükséges a penészgombák számának a meghatározása, illetve az általuk termelt mikotoxinok kimutatása. Hazánkban a gabonafélék esetén az egyik leggyakrabban előforduló toxin a *Fusarium* fajok által termelt deoxinivalenol (DON) toxin.

Kutatómunkánk során azt vizsgáltuk, hogy van-e összefüggés az eltérő elővetemény, növényvédelmi kezelés, nitrogén műtrágya adag, valamint a búzaminták penészgombaszáma között. A vizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a kukorica elővetemény, a fungicides kezelés hiánya, valamint a 150 kg/ha nitrogén műtrágya adag növelte a búza minták penész szennyezettségét.

A vetésforgó, növényvédelem és nitrogén műtrágya adag és a búza *Fusarium* fertőzöttsége közötti összefüggést vizsgálva csak az eltérő növényvédelmi kezelések esetén tapasztaltunk szignifikáns különbséget. Az intenzív (háromszori fungicides) kezelés esetén ugyanis szignifikánsan alacsonyabb fertőzöttségi értéket kaptunk.

A búzaminták DON toxin tartalma, valamint a *Fusarium* fertőzöttsége között nem tapasztaltunk egyértelmű egyenes arányos összefüggést.

## SZAKIRODALOM JEGYZÉK

- ÁCSNÉ KOVAVICS L.- BÚZA L.: 2007. Mikotoxin vizsgálati eredmények a hazai élelmiszerekben. Élelmiszervizsgálati Közlemények. 53. Klsz. 83-86.p.
- ANDREWS, S.-PITT, J.: 1986. Selective Medium for Isolation of *Fusarium* Species and Dematiaceous Hyphomycetes from Cereals. Applied and Environmental Microbiology, 51. 6. 1235-1238 p.
- BALIUKONIENÉ, V.- BAKUTIS, B.- JANUŠKEVIČIENÉ, G. MIŠEIKIENÉ, R.: 2011. Fungal contamination and *Fusarium* mycotoxins in cereals grown in different tillage systems. Journal of Animal and Feed Sciences, 20. 637–647.p.
- BOOTH, C.: 1971. The genus *Fusarium*. C.M.I. Kew. Surrey. 237.p.
- BRAGULAT, M. R.- MARTINEZ, E- CASTELLÁ, - CABANES, F. J. 2004. Selective efficacy of culture media recommended for isolation and enumeration of *Fusarium* species. J. Food Prot. 67: 207-211.p.
- CASTELLÁ, G.- BRAGULAT, M.R.- RUBIALES, M.V.– CABANES, F.J.: 1997. Malachite green agar, a new selective medium for *Fusarium* spp. Mycopathologia, 137. 173-178.p.
- EDWARDS, S.G.: 2007. Impact granony on mycotoxin contamination of wheat and oats. SUSWAR proceedings.- Fusarium workshop. Fusarium diseases in cereals. 14.p.
- ÉRSEK T.-GÁBORJÁN R.: 1998. Növénykórokozó mikroorganizmusok. ELTE Eötvös Kiadó Kft, Budapest, 288 p.
- GLITS M.-FOLK GY.: 2000. Kertészeti növénykórtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 582 p.
- GYŐRI Z.: 1998. Mezőgazdasági termékek tárolása és feldolgozása. Egyetemi jegyzet. DATE, Debrecen, 229 p.
- HALÁSZ Á-TÓTH Á.: 2011. A hazai őszi búza tételek *Fusarium* fertőzöttsége 2010-ben. Agrofórum extra 41. 43-46.p.
- HALÁSZ Á-VALDVICSA A.: 2012. A magyarországi őszi búza tételek *Fusarium*-fertőzöttség felmérésének eredményei 2011-ben. Agrofórum. 28-31.p.
- KING, D.A.Jr,-HOCKING, A.D.-PITT, J.I.: 1979. Dichloran-Rose Bengal Medium For Enumeration and Isolation of Molds from Foods. Applied and Environmental Microbiology, 37. 5. 959-964.p.

- KOVÁCS F.: 1998. Mikotoxinok a táplálékláncban. Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztálya, Budapest, 160 p.
- MESTERHÁZY Á.: 2007. Mikotoxinok a gabonatermesztésben: az élelmiszerbiztonsági kihívás. Élelmiszerbiztonsági Közlemények. 53. Klnsz. 38-48.p.
- MESTERHÁZY Á. -BARTÓK T.-LAMPER Cs.: 2003. Influence of cultivar resistance, epidemic severity, and *Fusarium* species on the efficacy of fungicide control of *Fusarium* head blight in wheat and deoxynivalenol (DON) contamination of grain. Plant Disease, 87, 1107-1115.p.
- MSZ EN ISO 6887-1:2000. Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. A vizsgálati minták, az alapszuspenzió és a decimális hígítások elkészítése mikrobiológiai vizsgálathoz. 1. rész: Az alapszuspenzió és a decimális hígítások elkészítésének általános szabályai.
- MSZ ISO 7954:1999. Mikrobiológia. Általános útmutató élesztők és penészek számlálásához. Telepszámlálási technika 25 °C-on
- PEPÓ P.: 2003. A műtrágyázás hatása az őszi búza fajták minőségére hajdúsági csernozjom talajon. Növénytermelés, 52, 5. 521-534.p.
- PEPÓ P.: 2004. Őszi búza fajtaspecifikus tápanyag-reakciójának vizsgálata tartamkísérletben. Növénytermelés, 53, 4. 329-338.p.
- PESTI M. 2001.: Általános mikrobiológia. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 308.p.
- RACSKÓ J.: 2005. A tápanyagellátás és a termésminőség összefüggése az őszi búza esetén. Agrárágazat, 6. 2. 32-34.p.
- SCUDAMORE, K. A.: 1993. Occurrence and significance of mycotoxin in cereals grown and stored in the United Kingdom. Aspects of Applied Biology. 36. Cereal Quality III. 361-373.p.
- SKAAR, I.-STENWIG, H.: 1996. Malt-Yeast Extract Agar, Suitable Medium for Enumeration and Isolation of Fungi from Silage. Applied and Environmental Microbiology, 62. 10. 3614-3619.p.
- SOHÁR P.NÉ.: 2007. Mikotoxinok az élelmiszerláncban. Élelmiszervizsgálati Közlemények. 53. Klnsz. 60-67.p.
- SWEENEY, M.J.-DOBSON, A.D.: 1998. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. International Journal of Food Microbiology, 43. 141-158.p.

- SZÉCSI Á.-MESTERHÁZY Á.: 1998. Szelektív táptalaj alkalmazása *Fusariumok* izolálására és azonosítására gabona- és kukoricaszemekből. Növényvédelem. 34. 2. 61-66.p.
- SZÉCSI Á.: 2004. Szelektív táptalajok *Fusarium*-fajok izolálására és megkülönböztetésére. Növényvédelem, 40. 7. 339-342.p.
- SZEITZNÉ SZABÓ M.-AMBRUS Á. –CSEH J.-HÁMOS A.–SZERLETICSNÉ TÚRI M. 2009.: Gabonaalapú élelmiszerek *Fusarium* toxin szennyezettségének csökkentési lehetőségei. MÉBIH, 33 p.
- TÓTH Á.: 2009. A hazai búzatételek fuzáriumos fertőzöttségének alakulása az utóbbi években. Növénytermesztés. 44. sz. 46-47.p.
- THRANE, U.: 1996. Comparison of three selective media for detecting *Fusarium* species in foods: a collaborative study. International Journal of Food Microbiology 29. 149-156.p.

#### **Internetes hivatkozások:**

- I1: <http://kutdiak.kee.hu/diak/nzs/nbuza.htm>, 2012.06.28. 15.12 h.
- I2: <http://antalvali.com/buzacsira-olaj.html>, 2012.08.23. 11.55 h.
- I3: <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp>, 2012.08.28. 14.25h
- I4: [http://www.endurenetwork.eu/about\\_endure/all\\_the\\_news/fusarium\\_strategies\\_for\\_wheat](http://www.endurenetwork.eu/about_endure/all_the_news/fusarium_strategies_for_wheat), 2012.07.10. 14.14h
- I5: <http://www.agroinform.com/aktualis/Agroinform-Hirszolgalat-Osszefogassal-a-Fuzarium-toxinok-ellen/20091203-10433/>, 2012.06.28. 10.05h
- I6: <http://www.knowmycotoxins.com/hu/nequine9.htm>, 2012.06.28. 11.19h.
- I7: <http://www.knowmycotoxins.com/hu/npoultry14.htm>, 2012.08.23. 10.32h

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A dolgozat a TÁMOP-4.2.2/b-10/1-2010-0024 azonosító számú „A Debreceni Egyetem tudományos képzési műhelyeinek támogatása” című pályázat keretein belül készült. Elkészítését támogatta továbbá a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0007 számú és a HURO/1001/323/2.2.2. számú projekt.

Köszönetemet szeretném kifejezni Dr. Peles Ferenc Árpádnak az Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet egyetemi adjunktusnak, konzulensemnek, hogy tanácsaival segített a dolgozatom elkészítésében.

Továbbá szeretném megköszönni a Műszerközpont dolgozóinak a labormunkám során nyújtott segítségüket.

## **NYILATKOZAT**

Kovács Csilla büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a diplomadolgozat saját munkám eredménye. A felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, az irodalmi források korrekt kezelésének módját a szabályzatból megismertem, a diplomamunkára vonatkozó jogszabályokat betartottam. Tudomásul veszem, hogy ezen követelmények megszegése esetén a dolgozatom visszautasításra kerül.

Debrecen, 2013. ....

.....  
aláírás

Születési idő:1990.05.20.