

Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Növényvédelmi Intézet

Őszi búzán előforduló fuzáriumok egy járszági gazdaságban – a biológiai védekezés lehetősége

Készítette: Vincze Katalin

Évfolyam: II. évfolyam

Belső konzulens: Dr. Turóczy György

Beosztása: egyetemi docens

Gödöllő

2012

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	2
2.1. A Fusarium nemzetség általános jellemzői.....	4
2.2. Őszi búza fuzáriózisa	5
2.2.1. Az őszi búzát fertőző fajok	5
2.2.2. Életmód.....	6
2.2.3. Fertőzés	7
2.2.4. Tünetek	9
2.2.5. Mikotoxinok	10
2.2.6. Járványok.....	13
2.2.7. Védekezés	15
3. MÓDSZEREK	21
3.1. Mintavételezés, a mintákhoz köthető adatok	21
3.1.1. Minták.....	21
3.1.2. Vetőmag fajták jellemzése.....	23
3.1.3. Csávázószer	23
3.1.4. Fungicidek	24
3.2. Laboratóriumi vizsgálatok.....	24
4. EREDMÉNYEK	28
4.1. Fuzáriumok előfordulása a különböző helyről származó mintákon.....	28
4.2. Az izolált fuzáriumok azonosítása	30
4.3. Antagonizmusok vizsgálata.....	35
5. ÖSSZEFOGLALÁS.....	37
5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	39
6. IRODALOMJEGYZÉK	40
7. NYILATKOZAT	43

1. BEVEZETÉS

Magyarország kiváló adottságokkal rendelkezik a sikeres mezőgazdasági termeléshez, amit mindennél jobban bizonyít, hogy az ország teljes területének közel kétharmada művelés alatt áll. Hazánk területének, százalékos megoszlása alapján: nem mezőgazdasági terület: 38%, gabonaterület: 31%, egyéb mezőgazdasági terület: 31%. (Vidékfejlesztési Minisztérium, 2010). A százalékos adatok alapján kijelenthetjük, hogy a gabonatermő területek aránya igen magas. Termesztett gabonaféléink közül, átlagosan 1,0-1,1 millió hektár vetésterülettel rendelkező búza a legfontosabb kalászos gabonánk. (2012-ben 1,08 millió hektár a búza vetésterülete; ebből 1,07 millió hektár az őszi búza (Vidékfejlesztési Minisztérium, 2010).

2012. augusztus 13-i operatív jelentések alapján a búza 68,3 százalékos szántóföldi területi részesedéssel rendelkezett, amelyről 3,7 tonna hektáronkénti hozammal, 4013 ezer tonna magas sikértartalmú kenyérgabona került a magtárakba (Bojtárné, 2012). A fent említett értékek jól mutatják, hogy a búza és azon belül az őszi búza milyen fontos jelentőségű növény mezőgazdasági termelésünkben mely annak köszönhető, hogy fajtáinak változatos éghajlati igénye, ökológiai alkalmazkodó képessége széleskörű elterjedését biztosítja (Ivány et al. 1994). Felhasználását tekintve a betakarított mennyiség jelentős részét humán táplálkozási célokra hasznosítjuk, hiszen népelelmezési jelentősége elsődleges, de jelentős hányadot hasznosítunk állatok takarmányozására, abraktakarmányként is. Ugyanakkor ipari alapanyagként, vetőmagként is felhasználjuk a minden évben jelentős gabona export mellett (Ivány et al. 1994).

A mezőgazdasági munkálatok során célunk, hogy minél jobb beltartalmi értékeket érjünk el, valamint a terméshozam is megfelelő legyen. Az értékesítést elsősorban a világpiaci helyzet alakulása befolyásolja, amit csak a felhasználók igényeinek figyelembevételével, megfelelő búzaminőség elérésével, azaz versenyképesség kialakításával lehet valamelyest kompenzálni (Bódis, 2010).

A kívánt minőség eléréséhez,- mint például a magas és kiváló minőségű fehérjetartalom, optimális nedves-sikértartalom- megfelelő fajtát kell választani. Ezeknek a követelményeknek hivatott megfelelni többek között a „Pannon Búza Minőség” termék tanúsítási program (Láng et al. 2008). Ugyanakkor nem elegendő megfelelő fajtát termeszteni. A minőség stabilizálásához szakszerű agrotechnikát kell választani, és a növényvédelemre is kiemelt hangsúlyt kell fektetni.

Terméshozam csökkenést, értékesítési gondokat, ezáltal nagy veszteséget eredményez a különböző penészgombák fertőzése a növényeken és a terméseiken. A penészes takarmányt az állatok visszautasítják. Ha mégis elfogyasztják szaporodásbiológiai megbetegedések, esetleg tömeges elhullások jelentkezhetnek. Fertőzött termésből készült élelmiszerek hasonlóan károsak az

emberi szervezetre, rendszeres fogyasztásuk súlyos megbetegedésekhez vezethet. Ennek oka, hogy egyes penészgombák mikotoxinokat termelnek. Jelentőségük következtében világszerte így az Európai Unióban, és hazánkban is szigorú ellenőrzések alá esnek. Az élelmiszer láncban legelterjedtebb mikotoxin az Európai Unió által végzett tudományos felmérések alapján, a *Fusarium* fajok által termelt fuzariumtoxintok (deoxinivalenol, T2, zearalenon), melyek már a szántóföldön termelődhetnek és fertőzhet. A gabonából utólag a toxint nem lehet eltávolítani, csak csökkenteni annak szintjét, ezért a rendelkezésre álló megfelelő agrotechnikai, növényvédelmi, és tárolástechnikai módszerek alkalmazásával törekednünk kell arra, hogy a fertőzés kialakulása és a toxintermelés minimális legyen. Nemzeti és nemzetközi szakirodalmak állnak rendelkezésre, amelyek a termelők munkáját segítik, ezzel is rámutatva, hogy milyen nagy felelősséggel rendelkeznek a piacra kerülő áru biztonságának szavatolásában (Szeitzné Szabó, 2009).

Az őszi búza termesztés nagy hagyománnyal rendelkezik Jász-Nagykun-Szolnok Megyében. 2012-ben 432 175 tonna termést takarítottak be, ami a legnagyobb mennyiségnek számít az egész országban (Bojtárné szerk., 2012). Jászládányon, 105 hektáros családi vállalkozásunkban is minden évben nagy területen termesztjük, mert az évek tapasztalatai során ez az a növény, ami az agyagos, kötött jászládányi talajon, még aszály idején is biztos jövedelmet jelent, ami egy ilyen kis vállalkozás esetén a fennmaradást biztosítja. Termelőként minden évben nagy gondot fordítunk, hogy a földjeinkről olyan alapanyagok kerüljenek a piacra, amelyek megfelelnek az eléjük állított komplex feltételeknek. Manapság a fogyasztók részéről egyre nagyobb elvárás, hogy a mezőgazdasági termelés „környezettudatos” váljon. Fenntartható fejlődés biztosításaként a mi gazdaságuk is próbálja az intenzív és környezettudatos gazdálkodást a lehető legjobb módon ötvözni. 2004-2009 között Agrár Környezet Gazdálkodási Programban vettünk részt és rádöbrentünk, hogy szűkebb lehetőségek állnak rendelkezésükre a termelésben, valamint sokkal összetettebb döntéseket kell hozni, mint a hagyományos gazdálkodás során. Így például az őszi búza kiemelt fontosságú fuzariumos kalász fertőzöttségével szemben, egyes években nehéz jó védelmet biztosítani, ha korlátozott eszközök állnak rendelkezésre.

Munkám során jászládányi családi gazdaságunkban vizsgáltam a fuzárium fajok előfordulását őszi búza szemtermésén, és ugyanezekről a mintákról próbáltam olyan antagonista hatású mikroorganizmusokat izolálni, amelyek természetes körülmények között is befolyásolhatják a fuzáriumok megtelepedését a búzaszemeken, illetve alkalmasak lehetnek biológiai védekezési eljárás kidolgozására. Vizsgálatom célja volt, hogy megállapítsam, van-e eltérés a fertőzöttségben a kalászfuzáriózissal szemben kezelt és kezeletlen állományok között, valamint milyen fuzárium fajokat tudok izolálni. Továbbá vizsgálati célkitűzéseim között szerepelt a kórokozókkal szemben a biológiai növényvédelem lehetőségeinek feltérképezése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A *Fusarium* nemzetség általános jellemzői

A növénypatogén gombák általánosságban véve telepes szervezetek, heterotrófok, valódi szöveteket nem képeznek. Telepüket micéliumnak nevezzük, ami fonalas, hengeres hifa szövedék. A gombák kilotrófok, azaz oldott állapotban abszorbeálják a kész szerves anyagokat. Sejtfalszilárdító anyagjuk a kitin, sejtszerkezetük kezdetleges, azonban rendelkeznek a gombasejtekre jellemző speciális sejtorganellumal, a lomaszomával mely a sejtfal és sejtmembrán közötti amorf anyagból álló képlet (Barna et al. ,1987).

A gombák rendszertana folyamatosan változik, átalakul. Dick és munkatársai alapján felállított rendszertani besorolás szerint a *Fusarium* fajokat az *Deuteromycota* törzs (kivéve ivaros alakjuk, mert azokat az *Ascomycota* gombatörzsbe soroljuk (Ubrizsy, 1965)) , *Deuteromycetes*, azaz konídiumos gombák osztály, *Moniliales* (Penésszerű konídiumos gombák) rend, *Tuberculariaceae* család, *Fusarium Link* nemzetségbe soroljuk (Bánhegyi, 1985). A konídiumos gombák osztálya a világon a második legnagyobb. Jelentőségüket bizonyítja, hogy mindenütt jelen vannak. Tevékenységüket tekintve élő szerevetekben endofiton, szimbiotikus vagy patogén életmódúak. A konídiumos gombák rendszerezésének fő kritériumai a konídiumok színe, formája és szeptáltsága (Barna et al. , 1998). A *Fusarium* nemzetségbe - Link (1809) hozta létre - olyan gombákat sorolunk, melyeknek legfontosabb jellemzőjük a lábalapú talpsejttel ellátott, jellegzetesen görbült, kifliszerű, harántfalakkal határolt makrokonídiumok. Az ide tartozó közel 50 faj,- közülük sok forma specialisszal rendelkezik (Kövics, 2000)- azonosítása a morfológiai jellemzők nagymértékű változatossága miatt igen bizonytalan.

A *Fusarium* fajok jellegzetes talajlakók, a Szahara homokos területitől a jeges sarkvidékekig mindenütt megtalálhatóak. A leggyakrabban előforduló penészgombák közé tartoznak, gazdasági jelentőségük igen fontos. Veszélyes kórokozók közé soroljuk őket az álltaluk a növényeken vegetációs időben és a tárolás ideje alatt termelődő és felhalmozódó mikotoxinok miatt. Ilyen toxinokkal szennyezett takarmány vagy táplálék fogyasztása jelentős veszélyeket rejt mind az állati, mind az emberi egészségre. Ugyanakkor pozitív jelentőségük is van, például az ipar számára fontos növényi hormonokat (gibberelli, auxin) termelnek, foszfátvegyületeket mobilizálnak a talajban, továbbá egyes fajokat biológiai védekezésben is tudunk hasznosítani (Láday, 2007).

Fusarium fajok változatos színű (vörös, rózsaszín, barna, szennyes fehér) laza szerkezetű, felületi micélumszövedékkel rendelkeznek. Egyes esetekben szkleróciumok, klamidospórák is

termelődhetnek itt (Ubrizsy, 1965). A legtöbb faj változatos alakú spórákkal szaporodik, melyeket a micéliumon vagy a sprodochiumokon, elágazó konídiumtartókban termelnek (Pintér, 1997). Kétféle ivartalan szaporító sejtet képeznek. *Mikrokonídiumokat*, melyek 1, 2, 3 sejtű, tojásdad vagy ellipsoid alakúak, valamint *makrokonídiumokat*, amelyek többsejtűek, ezáltal nagyobb méretűek. Talp és csúcs sejttel rendelkezők, legtöbbször sarló alakban görbültek, kifli alakúak (Ubrizsy, 1965). Egyes vélemények alapján úgynevezett mezokonídiumok is létrejöhetnek (Pascoe, 1990).

2.2. Őszi búza fuzáriózisa

2.2.1. Az őszi búzát fertőző fajok

A Fuzárium nemzetségbe tartozó, búzát fertőző kórokozók növénykórtani szempontból fontosak, mivel igen gyakoriak, az általuk okozta károk igen jelentősek, időnként napi sajtótéma (Halász et al., 2012). Az évente változó körülmények pl.: csapadék és páraviszonyok, tápanyag-ellátottság, gabonafajta, termőhely, tarlómaradvány, más-más gombafaj fertőzésének kedvez. 1925-ben Husz számolt be először „A Fusariumbeteg gabonaszemek és csírák” című cikkében a betegség megjelenéséről, de az első jelentős járvány csak 1970-ben következett be. Hazai viszonylatban átlagosan *Fusarium graminearum* és a *Fusarium culmorum* fajok okoznak kalászfuzáriózist dominánsan. Viszont egy 2009-es vizsgálatban, ahol dunántúli és alföldi mintákat vizsgáltak a *Fusarium poae* és a *Fusarium moniliforme* volt számottevő. Évenként, a helyek között is nagy eltérés lehet, hogy melyik faj a domináns (Békés, 2010).

Összegezve a búza fuzáriumos megbetegedését okozó kórokozók:

- *Gibberella zeae* (SCHWEINITZ), PETCH (anamorf: *Fusarium graminearum* SCHWABE),
- *F. culmorum* (W.G. SMITH) SACC.,
- *F. poae* (PECK) WOLLENWEB.,
- *G. avenacea* COOK [anamorf: *F. avenaceum* (CORDA EX FRIES) SACC],
- *G. moniliformis*/*F. verticillioideus* (WINELAND)
- *F. subglutinans* WOLLENWEB. & REINKING
- *Monographella nivalis* (SCHAFFNIT) E. MÜLLER var. *nivalis* (anamorf: *Microdochium nivale* (FR.) SAMUELS & I.C. HALLETT var. *nivale*)
- *F. proliferatum* (MATSUSH) NIRENBERG EX GERLACH & GERLACH
- *F. sporotrichoides* SCHERB.

A kalászfuzáriózis, mint a gabonafélék legsúlyosabb betegsége, mindenütt előfordul, ahol gabonatermesztés van. Az északi országokban főleg *Fusarium culmorum*, Romániában és a volt Jugoszlávia területein *Fusarium graminearum* fordul elő (Fischl, 1995).

2.2.2. Életmód

Nekrotróf (főlszaprofiton) szervezetek. Megtelepedésük elősegítésére fitotoxinokat termelnek, melyek különböző enzimekkel, növekedés szabályzó anyagokkal elpusztítják a gazdanövény sejtjeit. Ezzel tárják fenn a számukra szükséges tápanyagokat (Bán, 2006). *Fusarium* fajok nem specifikus toxint termelnek (fuzarinsav), melynek kémia összetétel: 5-n-butilpikolinsav (Barna et al., 1998). Az ide tartozó fajok zömmel talajlakó szervezetek, ahol *szaprofitonként* hasznos lebontó tevékenységet végeznek. *Fakultatív paraziták*, mivel, ha a növényállomány legyengül, azaz diszpozíciós állapotba kerül, akkor parazitává válnak, ezért *gyengültségi parazitáknak* is nevezzük őket. A fertőzés leggyakrabban sebeken keresztül történik (*sebparaziták, másodlagos paraziták*) (Bán, 2006). A fuzárium fajok polifágok. A legtöbb kultúrnövényen csoportban felfedezhetőek, például: gabonafélék, kukorica, burgonyafélék, zöldségfélék, hüvelyesek, dísnövények. Bár nem specializálódnak, horizontális rasszok tételezhetőek fel, melyek gazdaspektrumai hasonlóak, de patogenitásukat tekintve eltérőek (Mesterházy, 1988).

A számukra kedvezőtlen környezeti viszonyokat sokféle képen képesek átvészelni. Fennmaradhatnak fertőzött növényi maradványokon, talajban vagy annak felületén (utóbbi kedvezőbb), a vetőmagban és annak felületén más kórokozókkal kontaminálódva. Áttelelésükben különböző gombaképletek lehetséges: peritéciummal (*Gibberella spp.*), klamidospórával, micéliummal. A fertőzést konídiumok, micélium, klamidospórák végzik. Ezek terjedése konídiummokkal, aszkosórákkal, klamidosórákkal- szél, eső rovarok közreműködésével-, valamint micéliummal- rovarok terjesztésével- valósul meg. A járványszerű fertőzést az ivartalan alak (*Fusarium spp.*) alakítja ki, míg a téli áttelelést az ivaros alak (*Gibberella spp.*) végzi (Halász et al., 2012).

A sok túlélési forma alapján kijelenthetjük, hogy a búzát károsító számos Fuzárium faj a környezeti tényezőkkel szemben nem igényes. De vannak olyan tényezők, melyek befolyásolják a kár mértékét (Fischl, 1995). Betegsége hajlamosít például a búza, kukorica, borsó, lucerna elővetemények, aránytalan tápanyag ellátottság, elhúzódó kelés, szennyezett talaj illetve vetőmag, csapadékos, párás időjárás (Bán, 2006).

2.2.3. Fertőzés

A gomba a növény gázcserenyílásain, epidermisz sejtjei között támad. Általánosságban elmondható, hogy a búza a virágzás teljes időszakában, kikalászolt, még nem virágzó fenofázisban is egyaránt fogékony a fuzáriumos megbetegedésre. Tejes érés, korai viaszérésben sem csökken számottevően a fogékonysága (Halász et al., 2012). Hóolvadástól a búza viaszéréséig tart a kalászhelyek és a többi részek fertőzése. A kalászhelyek legérzékenyebb időszaka a teljes virágzás alatt a szemek kiteléséig tart. A spórák fő fertőzési ideje április elejétől június végéig történik (Lévay, 2012, Békési, 2010). Egészséges, zöld színű levelek és pelyvaszövet fertőződése nem lehetséges. Viszont a fentebb említettek alapján a betegség kialakulását több tényező is befolyásolja.

A betegség kialakulásában döntő szerepe van a **környezeti időjárási faktornak**. A *Fusarium* fajok hőmérsékleti igénye 15-27°C közötti. Száraz ősz esetén a vártnál nagyobb lehet a fertőzés nagysága (Lévay, 2012). A nyár eleji csapadék kiemelkedően fontos. Kedvező, ha a kalászhelyektől az érésig tartó időben nagy mennyiségű csapadék hull, (csapadékos napok száma 20-23), valamint ha magas a levegő páratartalma (75% feletti). Továbbá a május végi, június eleji csapadék is kedvez a *Fusarium* fajoknak (Halász et al., 2012). Többek között ezért is kell fokozottan figyelni a mélyebb fekvésű, magasabb páratartalmú táblákat, valamint időben és körültekintően végezni a gyomirtást, mert a széles levelek alatt lassabban szárad fel a növényzet. Egyes kutatók véleménye alapján a kalászhelyfuzáriózis kialakulása akkor valószínű, ha a kalászhelyektől a virágzás kezdetéig csapadékos, hűvös az időjárás, valamint az érés ideje alatt is a gomba fejlődésének kedvezőek a feltételek (Kis, 1990). Ezzel ellentétben Mesterházy (1993) véleménye szerint a virágzáskori csapadékos, meleg időjárás kedvező. Ugyanakkor eltérő a gomba fajok hőmérsékleti igénye is. A *Fusarium culmorum* alacsony hőigényű, mert izoláláskor rendszerint a gyökereken és a szártövön található meg. Konídiumai nedves időjárásban 14°C-on, a levelek felületén szaporodik. Ezzel ellentétben a *Fusarium graminearumot* a kalászhelyeken izolálják legtöbbször. Fertőzéséhez a nyári meleg (napi 18°C feletti hőmérséklet), valamint a 24 órán át tartó nedvesség szükséges (Mesterházy, 1993).

A fertőzés már a vetés előtt elkezdődhet, ha nem megfelelő agrotechnikát használunk. A betegség megjelenését segíti a búza monokultúrában való termesztése, továbbá a kukorica, borsó, lucerna **elővetemények**. Az előző kultúráról visszamaradt, rosszul kezelt maradványok a szaporodóképes fertőző anyagok (inokulumok), azaz aszkospórák és konídiumok melegágya (Lévay, 2012). Ha az elővetemények *Fusarium* fajokkal szennyezettek voltak, akkor jelentősebb mértékben alakul ki a kalászhelyfuzáriózis is. Viszont eltérnek a vélemények azzal kapcsolatban, hogy mely elővetemények a kedvezőbbek a fertőzés kialakulásában. Kükedi (1977) véleménye alapján a gabona elővetemények kisebb mértékben okoznak kárt, mint a kukoricáé, borsóé, lucernáé. A

kukorica után vetett kalászosok esetén a legvalószínűbb a betegség kialakulása, hiszen ha nem használunk bontást segítő készítményeket ezek a maradványok maradnak fenn a legtovább, nehéz lebomlásuk miatt, így potenciális fertőzési forrásoknak bizonyulnak (Lévay, 2012). Valamint a szemes kukorica fajták nagyobb rizikót jelentenek, mint a silókukoricák, mert több növényi maradványt hagynak hátra (Obst, 1998).

A visszamaradó fertőzött növényi maradványokat (kukoricaszár, gabonaszalma, pillangósok szalma maradványa) gyorsan és maradéktalanul alá kell forgatni, így megszüntetve azok fertőzési lehetőségét. Így a **talajművelés hiánya** - direkt vetés, tárcsás előkészítés - fertőzési tényező egyben. Fontos figyelembe venni az elővetemény hatását, ha forgatás nélküli (zero tillage), vagy minimális forgatásos (minimum tillage) művelést végzünk (Edwards, 2004).

Hajlamosító tényezők közé sorolják a **korai vetés, elhúzódó kelést** is. De megfigyelések alapján a késői vetésű fajták is megbetegedhetnek, ha kedvező az időjárás. A homogén táblák, ideálisak a vegyszeres kezelésre. Az elhúzódó kelés következtében a korai védekezés esetén a későn virágzó kalászosok védelem nélkül maradnak, teljes virágzás bevétele esetén a főkalászosok szenvedhetnek nagyobb kárt. Jó, ha növény zártan virágzik, mert így a levegőben terjedő spórák nehezebben fertőznek (Mesterházy et al., 2012).

A fertőzés és a betegség kialakulása legtöbbször a gombaspóra csírázásával kezdődik, így a patogenezis során a csírázás egy kritikus lépés. *Fusarium* fajták csírázásához fontos a nagyon magas nitrogén szint. Továbbá a **N-túlsúly** sűrűbb állományt eredményez, amely esetén a mikroklima is párásabb, nedvesebb lesz, ezáltal a gombák számára kedvező klimatikus viszonyok alakulnak ki. Ha nem a növény igényeinek megfelelő tápanyagot juttatunk ki, az elősegíti a betegséget, így figyelniük kell az arányos tápanyagellátásra (Lévay, 2012).

Fajták ellenálló képessége között is eltérések vannak. A durum búza kimagasló fogékonysággal bír (Lévay, 2012). Bár egyes fajok között lényeges eltérések vannak fogékonyság viszonyában, de a természetben teljes rezisztenciával rendelkező fajták még nincsenek. Rezisztencia források, teljes ellenállással rendelkező törzsek már léteznek nemesítési anyagokban, de egyenlőre ezek búzában való megjelenítése még nem megoldott (Mesterházy, 1993). Mind hazai, mind külföldi nemesített fajoknál gondot jelent a rezisztencia hiánya. Az őszi búza morfológiai tulajdonságai is meghatározóaknak bizonyulnak, például tar búzák nagyobb rezisztenciát mutatnak, mint a szálkás, tömött kalászu fajták, valamint az alacsonyabb szárú genotípusok könnyebben fertőződnek, feltehetően, mert könnyebben verődik fel a fertőző képlet (Lévay, 2012). Továbbá, minél hosszabb a kalász és a zászlóslevél közötti szártag, annál kisebb a fertőzés valószínűsége. A szárszilárdság hiánya vagy a túl magas fajták, megdőlésre való hajlamuk miatt szintén könnyebben fertőződnek. (A megdőlt táblák gyorsan megbetegednek.)

Vannak olyan tényezők, melyek az állományban **diszpozíciós állapotot** okoznak, ezzel a gombák számára kedvező feltételeket produkálnak. Ilyen például a lisztharmat, rozsdamegbetegedések, gyomok (Edwards, 2004).

Fontos a növényállomány folyamatos vizsgálata, mert a területeken eltérő *Fusarium* fajok lehetnek jelen, így a fertőzés ideje is eltérő (Lévay, 2012). Bármely körülményt, mely diszpozíciós helyzetet eredményez, a növények fogékonysági állapotát hosszabbítja (nitrogén bőség, hűvös időjárás, juvenilitást fokozó kémiai eszközök) és a növények járványkitettséget fokozza (Halász et al., 2012).

2.2.4. Tünetek

A gombák a búzát bármely fenológiai állapotában megbetegíthetik, valamint szinte minden részét megtámadhatják. Az elhalás megtörténhet kelés előtt vagy kelés után. A vetés utáni fertőzés forrása lehet a talaj, illetve az elvetett szemek. Három jellegzetes tünet csoportot különböztetünk meg: csírapusztulást- más néven hópenészt -, szár és gyökérkorhadást, valamint kalászbetegséget (Fischl, 1997). A betegség különböző megjelenési formái, mint egy összetett betegségkomplexum egymástól megkülönböztethető, mégis összefüggő részek, a keléstől az aratásig végigkísérik a búzát.

A **csírapusztulás** az úgynevezett első megjelenési forma. A talaj állandó *Fusarium* fertőzöttsége mellett további jelentős fertőzési forrást jelent a beteg vetőmag, melyben a kórokozó (*Fusarium nivale*) vagy a mag belsejében (főleg súlyos belső fertőzöttségű magok esetén) micélium alakban található meg, vagy annak felületén spóra alakban. Ebben az esetben még csírázáskor megtámadja a talajból még ki sem bújó csíranövénykét, gyakran el is pusztítja, kirohasztja (Princzinger, 2009). Az el nem pusztult csíranövények sárgulnak, elszáradnak, klorotilján és a gyökerein barna foltok jelennek meg. Ha a betegség beállt, akkor hó nélküli, hideg teleken nagyobb a fagykár. Ugyanakkor Petróczi (1982) szerint a túl vastag hótakaró sem kedvező, mert ilyenkor a növények oxigénhiánytól szenvednek, ezt az állapotot tovább növeli a hóolvadás után kialakuló jégpáncél is. Ennek következtében a növényállomány legyengül ezért hajlamosabb a betegségekre. A vastag hótakaró elolvadása után a szártövön és a leveleken pelyhes micélium látható, innen ered a „hópenész” elnevezés (Fischl, 1997). Egyéb tünetek továbbá még a klorotikus levelek, rózsaszínű penészcsomók, megbarnult növényrészekon nemezszerű fehérpenész, sárgult leveleken vastag, vattaszerű vagy vékony, pókhálószerű fehérpenész. A beteg növények a táblán foltokban helyezkednek el (Petróczi, 1982). Fertőzöttség mértéke meghatározhatja a kelési betegségek kialakulását, a tőszámot, állománysűrűséget, közvetetten a termésmennyiséget is. Kevésbé vagy külsőleg fertőzött, és csávázott magok jól csíráznak, szépen fejlődnek (Princzinger, 2009).

A **szár- és gyökérkorhadás** kórokozóit nehéz meghatározni, dominánsan a *Fusarium culmorum* szokott előfordulni. Gyökereken valamint a szár alján és az alsó náduszokon éles határvonal nélküli sötét csíkok, nagy kiterjedésű barna foltok jelzik a betegséget. A szár pusztításának következtében a szár törékennyé válik, megdőlésre hajlamosak, belsejét jellegzetes fehéres micélium szövedék tölti ki. Kedvező időjárás esetén (nagy mennyiségű csapadék) a tünetek helyein rózsaszín spóratömeg fejlődik ki (Fischl, 1997).

A fuzáriumos megbetegedés későbbi, de ugyanakkor a legismertebb tünete a **kalász-, ill. szemfuzáriózis**, melyet a *Fusarium graminearum* fertőzéséhez kötnek leggyakrabban. Elsőként a kalász alapi, középső részénél barna vizenyős foltok mutatkoznak, ezek később elszíneződnek, továbbterjedhetnek. Leggyakrabban emlegetett tünet a kalászon vagy csak egyes szemeken a rózsaszín vagy halvány rózsaszín esetleg sárgás, finom bevonat, ami egy nyálkába ágyazott konídiumréteg (pionnotes). A színkülönbség a gomba által termelt pigmenttől származik. Ez a tünet viszont egy teljesen kifejlődött állapot és csak ritkán figyelhető meg. Gyakoribb, hogy az érésben lévő kalászon egy vagy több kalászka vagy az egész kalász fehéren, szalmasárgán jelenik meg, ami a koraérés jeleit mutatja. A kalásztengely fertőzöttsége esetén a felette lévő rész teljesen elhal. A kalászkák felületén peritéciumok (fekete pontocskák), gyakran rózsaszín, vagy narancssárga micélium, és spóratömeg található. A fehér kalászkák asszimilációs tevékenysége csökken, ami a szemtermelés rovására meg. A kalászkák általában sterilek, a szemek aszottak, részben tartalmaz telt szemeket. Kutatások szerint a szemképződés zavarai a fertőzés időpontjával van kapcsolatban. Ha a gomba optimális időben, azaz virágzáskor fertőzi a kalászt, akkor 20%-kal is csökkenhet a szemek száma. Mind mennyiségi (hiányos szemképződés, töppedt szemek), mind minőségi (toxinszennyezetség) károkat eredményez (Fischl, 1997, Princzinger, 2009, Békési, 2010).

2.2.5. Mikotoxinok

Egyik fő oka, hogy a *Fusarium* fajokat veszélyes kórokozók közé soroljuk, hogy legtöbbjük a fitotoxinok termelése mellett melegvérűekre (állatokra, emberekre) ártalmas mikotoxinokat termelnek (Bán, 2006). Ezek a fuzariumtoxinek az állatok gyarapodását, szaporodását, egészségét károsítják, emberek egészségi állapotát rontja, ezáltal a gabona értéke csökken, így gazdasági károk is jelentkezhetnek (Szeitzné Szabó., 2009). A növényekben különösen a virágzáskori időjárás befolyásolja a fuzariumtoxin termelődést. A fuzariumos fertőzöttség és a mikotoxin tartalom között összefüggés van abban a tekintetben, hogy a fertőzött tétéleken a gomba tüneteket mutat, reprodukálódik, és valamilyen mértékben mikotoxinokat termel. Viszont a fertőzöttség mértékéből nem következtethetünk egyenes arányba a toxintartalomra (Halász et al., 2011). A toxintermelés már a szántóföldön megkezdődhet, a fertőzött takarmányok, gabonafélék szakszerűtlen tárolása

mindezt fokozza. Vannak olyan *Fusarium* fajok, melyeknek toxintermelő és toxint nem termelő izolátumai is vannak. A fuzariumtoxinek termelődését befolyásolja a *Fusarium* kora, eredete, tápközeg mennyisége. Egyféle toxint akár több faj is termelhet, valamint egy faj többféle toxint is kiválaszthat. Ilyenkor egymás hatásai összeadódnak, a tünetek keveredhetnek (Szeitzné Szabó, 2009).

Biológiaiailag aktív anyagcseretermékek között a mikotoxinokon kívül enzimek (celluláz, kitináz, pektináz) és hormonok (gibberellinek) is találhatók. Napjainkban még nincs nemzetközileg elfogadott, egységes rendszerük, mert morfológiai meghatározásuk igen nehéz. Általában kémiai szerkezetük, kromatográfiás tulajdonságaik és hatásmechanizmusuk alapján csoportosítják (Barna et al., 1998). *Fusarium* gombák által termelt mikotoxinok közül a legjelentősebbek: a zearalenon (F-2 toxin), trichotecének (deoxinivalenol, T-2 és HT-2 toxin), fumonizinek.

Zearalenon, ZEA, más néven F-2 toxin, 1962 óta ismert, főleg kukoricaszemekben képződik. Rezorcinsavlakton-vegyületek származékai. *Fusarium avenaceum*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* a legjelentősebb termelő fajták. Összevetve a többi toxinnal, ez szennyezi a gabonaféléket a legnagyobb mennyiségben, akár 3000 mg/kg. Veszélyessége mégis hőállóságában rejlik. A tiszta toxin például 44 órás 120°C hőkezelést is kibír, valamint a fermentáció során sem semmisíthető meg. Képződése 35% szemnedvesség, és 24-26°C-on a legintenzívebb. ZEA-val fertőzött takarmányok etetése során, az ösztrogén-hormonhatása miatt, komoly állategészségügyi problémák (sertések ivarszervi gyulladása, rendellenes működése, szaporodásbiológiai zavarok) léphetnek fel.

Trichotecének kémiai szerkezetük alapján lehetnek tetraciklikusak (T-2, HT-2, DAS, DON, NIV, fuzarenon-x, verrukarol), és makrociklikusa. A, B, C, D típust különböztetünk meg a vékonykromatográfiás tulajdonságaik alapján. *Fusarium* fajok A, és B típusú toxint termelnek. A-típusú például a T-2, HT-2, DAS, neoszolaniol. Ezen trichotecének kromatogramján UV-fényben kék színű foltok láthatók, míg a B-típusú trichotecének UV-fényben barna színűek, utóbbihoz tartozik például a DON, acetyl-DON, NIV, fuzarenon-x. Hazai viszonylatban a trichotecének a legveszélyesebb mikotoxinok. Aktív sejtmérgek, sejtosztódást-, fehérje szintézistgátló, idegrendszer-, alapszöveteket-, immunrendszert károsító, hánytató, takarmány visszautasító hatással rendelkeznek. Változatos kártételül következtében a tünetek sokfélék. Egy kórokozó általában több trichotecén toxint termel egyidejűleg. Háziállatok közül a szarvasmarha kevésbé érzékeny ezekre a toxinokra, mert a bendőben lévő mikroorganizmusok kevésbé mérgező anyagokká alakítják át, ezzel ellentétben a sertések, hízólibák kifejezetten érzékenyek rá. A trichotecének első tünetei az idegrendszer károsodásában mutatkoznak. Legszembetűnőbb hatásuk a termelésben való visszaesés, súlycsökkenés, hányás, hasmenés, étvágytalanság, szédülés (Barna et al., 1998).

Kisszemű gabonafélékben (például: búza, zab, rozs) Európában és Magyarországon is a leggyakoribb trichotecén a deoxinivalenol, DON (Szeitzné Szabó, 2009). Elsősorban a *Fusarium graminearum*, valamint a *Fusarium culmorum* fajok termelik. Az intenzív búzatermesztés kedvez az elterjedésének, termelődése már a szántóföldön elkezdődik. Optimális időjárási viszonyok esetén (átlagon felüli csapadék, páras, meleg idő) járvány alakulhat ki. Szennyezett takarmány etetésével, nagymennyiségben a szervezetbe jutásával az állatoknál takarmány-visszautasítást, súlycsökkenést, hányást, immunrendszer gyengülését, valamint az utódok növekedésében gátló hatásként mutatkozik, és akár elhullást is eredményezhet. Humán táplálkozásban az emberi szervezetbe kerülésével émelygés, hányás, gyomorgörcs, hasmenés, szédülés, fejfájás tüneteket mutat. Nagy mennyiségben való fogyasztása immunrendszeri, vérképződési panaszokhoz, elhalálozást eredményezhet (Barna et al., 1998).

Fumonizinet (FB1, FB2, FB3) a *Fusarium moniliforme* és a *Fusarium proliferatum* termeli, főleg kukoricában okoz jelentős károkat. Mindkét faj 4 hét alatt 25°C-on, nedves, sötét helyen tárolt kukoricadarán a legmagasabb toxinmennyiséget termeli. Ezek a toxinok karcinogének, mutagének daganatos elváltozásokat indítanak be a gyomorban és a májban laboratóriumi körülmények között. Erősen szennyezett takarmány abrakoltatásával a lovaknál agylágyulásszerű tüneteket, sertéseknél tüdőödémiát okoz, más állatok esetében máj, vesekárosodás figyelhető meg (Barna et al., 1998, Szeitzné Szabó, 2009).

Fusariumtoxinok kis mennyiségben való bevitelét mind az emberi, mind az állati szervezet semlegesíteni tudja, ezért meg tudunk határozni egy olyan alacsony szintet, ami nem okoz egészségügyi elváltozást. Jelenleg ez alól csak az aflatoxin kivétel. Ezt az eltűrhető napi beviteli szint (TDI: Tolerable Daily Intake) meghatározását tudományos kockázatbecsléssel végzik nemzetközi szervezetek. Meghatározásakor állatetetés kísérletekben megfigyelik, azt a legkisebb mennyiséget, ami még nem okoz kóros elváltozást. (NOAEL, No Observed Adverse Effect Level) A kapott értéket a fajok és egyedek közötti eltérő érzékenység miatt egy osztóval (általában 100) elosztják. Ha ezt az értéket a tényleges napi bevitel időnként meghaladja attól még nem feltétlenül betegszik meg az ember, de huzamosabb ideig való túllépése esetén nem kizárt az egészségkárosodás. 2003-ban az Európai Unió által végzett SCOOP felmérések alapján az össznépszerűség valamint a felnőttek körében az átlagos toxin étrendi bevétele átlagosan alacsonyabb, mint a megengedhető napi mennyiség. Azonban a beviteli értékek megközelíthetők, vagy meg is haladhatják egyes veszélyeztetett csoportok pl.: csecsemők és kisgyermekek esetében, a megengedhető szintet (Szeitzné Szabó, 2009). 1881/2006/EK és ezt módosító 1126/2007/EK rendeletekben az Európai Bizottság meghatározta a gabonákban illetve a gabonakészítményekben a maximális fusariumtoxin tartalmat. A határértékeket meghaladó gabonátételek nem hozhatók forgalomba, valamint ezeket tilos alacsony toxintartalmú tételekkel bekeverni, hogy az előírt érték

alá állítsák a toxintartalmat (Szeitzné Szabó, 2009). Ezek a gabonatételek veszélyes hulladéknak minősülnek, megsemmisítésük, felhasználásuk (energiatermelés, ipari felhasználás, alkoholgyártás) kellő figyelem mellett történik (Mesterházy, 2010).

EU Bizottsági 2006/576/EK ajánlás vonatkozik az állati takarmányozásra szánt termékekben való toxin (ochratoxin-A, T-2, HT-2, fumonizinek, zearalenon, deoxinivalenol) mennyiségéről. A takarmányban lévő fuzariumtoxinok nem vagy kis mennyiségben juthatnak az emberi szervezetbe az állati eredetű élelmiszereken keresztül.

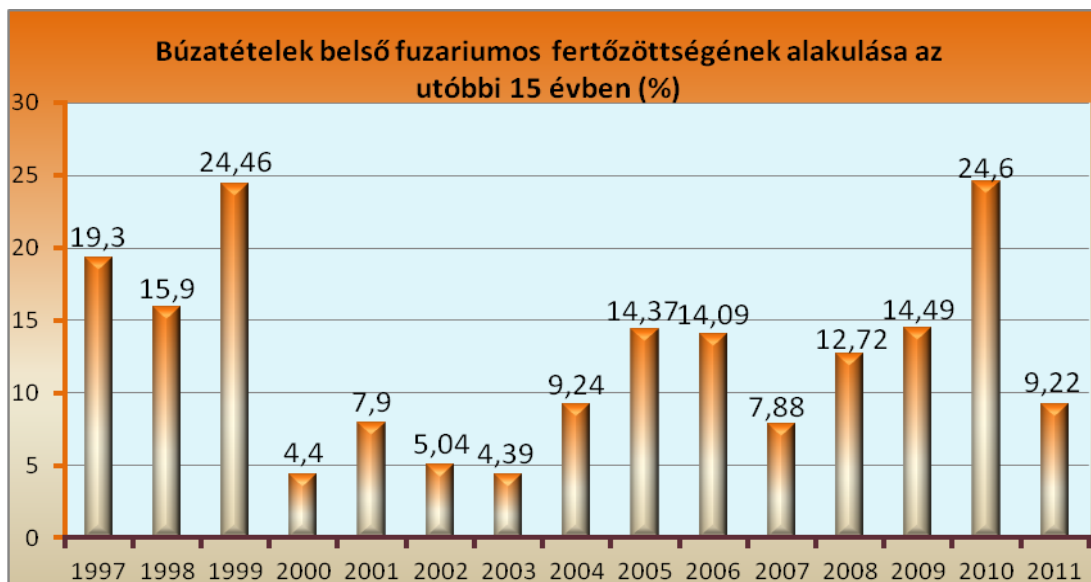
A fuzariumtoxinok teljesen nem kiküszöbölhetők, de a fertőzöttség csökkentése, esetekben megelőzése lehetséges a Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat (GAP, Good Agricultural Practice-CAC/RCP 52-2003, és 583/2006 EK ajánlás alapján) és a hazai adottságok figyelembevételének kombinálásával. GAP kijelenti, hogy: „Fontos, hogy a termelők belássák, hogy a gabonafélék fuzariumtoxinokkal történő szennyezettsége szabályozásának legfőbb eszközét a helyes mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazása jelenti, ezt követi az emberi fogyasztásra és állati takarmánynak szánt gabonák kezelése, tárolása, feldolgozása és elosztása során alkalmazott helyes termelési gyakorlat.” (Szeitzné Szabó, 2009).

2.2.6. Járványok

A búza intenzív termesztés körülményeinek következtében, a fuzáriumos megbetegedés egyes években (1970, 1975, 1999) potenciális termésbefolyásoló tényezővé vált. Mivel a betegséget okozó gombák a szántóföldön folyamatosan jelen vannak – főleg kukorica és gabona vetésterületein- a termelőknek mindig számolniuk kell a fuzáriózis veszélyével, főleg, ha a környezeti tényezők is kedvezőek a fertőzés számára. Bizonyos években mikor a fertőzés mértéke magasabb szélsőséges indulatok csaphatnak fel. Ilyen esetekben (például: 1998) a búza felvásárlók alacsonyabb áron vásárolják fel a gabonát, ami anyagi gondokat okozhat (Békési, 2010). Az elmúlt években voltak jelentős járványok, melyek a termesztett területek nagy hányadát érintették (2005, 2006, 2008), de fertőzés az ország teljes területére soha nem terjedt ki. Mint ahogy az előző évtizedekben is voltak járványok az aszályos évek között, így most is számítanunk kell a járványok kialakulására. Ugyanis a napjainkban is zajló globális felmelegedés nem egyre melegebb és szárazabb időt eredményez, hanem egyre kiszámíthatatlanabb időjárást, ami azt is eredményezheti, hogy a hónapokig tartó aszály után váratlanul 200 mm csapadék is lezúdulhat néhány napon belül. A járványok kialakulása kiszámíthatatlan, ezért fontos, hogy a fajták jó szárazság tűréssel, valamint betegség ellenálló képességgel rendelkezzenek, különben nem tudnak a piacon fennmaradni (Mesterházy, 2009). Járvány kialakulásának veszélye a világon mindenütt fennáll, ahol gabonatermesztést folytatnak. A sokkal csapadékosabb nyugat-európai országokban például

nagyobb fertőzöttség alakulhat ki, mint Magyarországon. Összegezve, hiba a pánikkeltés, a hazai búza „ócsárlása”, de nagy felelőtlenség lenne figyelmen kívül hagyni ennek a kórokozó csoportnak a veszélyét. Mindent meg kell tennünk, hogy a védelem érdekében, valamint annak fejlesztésében (Békési, 2010).

1970-es évek óta kísérik figyelemmel a búza *Fusarium* fajokkal való fertőzöttségét a megyei Kormányhivatalok Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságai (NTI), illetve azok jogelődjei. *Fusarium* belső fertőzöttségének vizsgálatát laboratóriumi körülmények között kórtannal foglalkozó agrármérnökök végzik, majd az eredmények a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal Növény-, Talaj-, és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságán (NTAI) kerülnek összesítésre. A vizsgálatok kombájn tiszta búzaszem mintákon, egy kiadott laboratóriumi módszertani leírás alapján készülnek. Megyénként eltérő mennyiségű mintákat vesznek, mert a vetésterület is eltérő (általában a délebbi megyékben nagyobb, az északi megyékben kisebb a vetésterület). 2011-ben megyénkénti mintaszámok 15-62 db között mozogtak, összesen 525 db mintát vizsgáltak meg. A vizsgálatok során 2x100 darab szemből fertőtlenítést követően (azért hogy más felületi fertőzés ne torzítsa az eredményeket) *Fusarium*-szelektív táptalajon tenyésztik ki a gombákat. A kitenyésztési idő elteltével összeszámolják a meghatározott méretű gombatelepeket, és átlagosan meghatározzák, hogy száz szemből mennyi volt fertőzött. Az ország átlagos *Fusarium* belső fertőzöttsége: 2010-ben 24,6%, 2011-ben 9,22% volt. (1. ábra) Reprezentatívabb képet kapnánk, ha bevezetésre kerülne a kockázatbecslésen alapuló mintavételi hálózat kialakítása (Halász et al., 2012).



1. ábra: Búzatételek belső fusariumos fertőzöttsége az utóbbi 15 évben (%)

(Halász et al., 2012)

Kövessük figyelemmel az 2010-2011. év csapadék viszonyait. 2010 átlagos volt hőmérséklet szempontjából, bár a május-június hűvösebb volt az átlag értékektől. Csapadék szempontjából viszont májusban a sokéves átlagschapadék háromszorosa, míg júniusban másfélszerese hullott le. 2011-ben a május és június melegebb és szárazabb volt a szokásosnál. Májusi csapadékmennyiség alakulását tekintve a 40 éves csapadékátlag 75%-a hullott le, június alatt pedig az átlag 83%-a. (Forrás: www.met.hu) Mivel az említett két év között a hőmérsékletet tekintve nincs lényegesen eltérés, így a csapadékviszonyokat vizsgálva kaphatunk választ a fertőzöttség százalékos értékének csökkenésére. 2011-ben csökkent a május, júniusi csapadékmennyiség, így a 2010-es évi extrém csapadékoság miatt is volt magasabb az országos átlag (Halász et al., 2012).

Járványok elkerülése érdekében országok különböző előrejelzési modelleket készítettek. A bajor Tartományi Talajtani és Növénytermesztési Intézet (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, Freising) egy olyan rendszert alakított ki, melynek alapja a gombabetegség kialakulásának rizikófaktorainak figyelembe vétele. Több agrometeorológiai adatot gyűjtöttek be és elemeztek a *Fusariumos* szemfertőzöttség és *Fusariumos* toxintartalom vizsgálata során, valamint olyan betegség kialakító tényezőket is figyelembe vettek, mint például a kukorica elővetemény, valamint annak szántás nélküli magágy készítése a gabona számára, alkalmazott készítmények, fajta ellenállóság. Megállapították, hogy két rizikófaktor esetén a *Fusarium* toxin termelődése alacsony, négy-öt rizikófaktor esetén viszont ugrásszerűen megemelkedik. Ha három rizikófaktor áll fenn, akkor különösen figyelemmel kell kísérni az időjárási viszonyokat, valamint a védekezésre felkészülni, ha az indokoltá válik. Ezzel a módszerrel adott védekezési tanácsokkal a toxintermelődés felére, vagy harmadára csökkenthető (Obst, 1999).

2.2.7. Védekezés

A korszerű növényvédelem már régóta hirdeti a fajtaspecikus technológiák alkalmazását, bár ezek kidolgozása nem egyszerű. Viszont egy-egy fajtának különböző agronómiai feltételek (különböző elővetemények, tábla heterogenitása) között kell megfelelni. Ezeket a feltételeket a növényvédelem megtervezésekor figyelembe kell venni, így a növényvédelemnek tábla specifikusnak is kell lennie. Minél hatékonyabb rendszert akarunk létrehozni, ami gazdaságos, környezetbarát, hatékony, annál több információra lesz szükségünk. A védekezés tehát komoly összetett döntések sorozata (Mesterházy et al., 2012). *Fusariumos* gombabetegségek ellen az úgynevezett alapvető védelmi módok közé soroljuk az agrotechnikai, genetikai, kémiai védekezést.

Agrotechnikai védekezés:

Ennek a védelmi módnak eszköze a szaktudás, tehát közvetlen költségbe nem kerül, valamint minden egyes eleme hat a növények egészségi állapotára (Békési, 2010).

– *Egészséges vetőmag használata*: 20%-nál fertőzöttebb gabonát nem szabad vetésre használni (Fischl, 1995).

– Fontos helyes *növényi sorrend* megválasztása, ami manapság igen nehéz. Egyrészt a *Fusarium* fajok polifágok. Másrészt azt termelünk, amit a piac határoz meg, így „beteg vetésszerkezetünkben” nem ritka eset a búza, gabonafélék, vagy kukorica után való vetése (Békési, 2010). Továbbá a kukorica bogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) elleni védekezés során is gyakran előáll a kukorica- búza egymásutánisága (Mesterházy, 2009).

– A *tápanyag-visszapótlás* során figyelmünk kell a N- túlsúly káros hatásaira, valamint a mikro- és nyomelemek visszajuttatására (Békési, 2010). Ugyanakkor a műtrágyázás serkenti a tarlómaradványok lebomlását, serkenti a *Fusarium-spp.* antagonisták szervezetek működését, valamint jobb kondíciót biztosít a növényállománynak, ezzel ellenálló képessége javul (Fischl, 1995). Így egy egészséges egyensúly felállítására kell törekednünk.

– *Talajművelés*: Bár sok érv szól a forgatás nélküli talajművelés mellett, mint például a költség kímélőbb, szerves anyag megőrzés (Békési, 2010), de a betegség elkerülése érdekében a tarlómaradványokat gyorsan és mélyen a talajba kell forgatni, ezzel is elkerülve, hogy a felső talajrétegekben fertőzött növényi részek maradjanak (Bán, 2006.). Vagy forgatás elkerülése érdekében a mulcsot apríthatjuk vagy használhatunk lebontást segítő készítményeket, de ha, ezek sikertelenek bizonyulnak a forgatást el kell végezni (Békési, 2010).

– *Árvakelések, gyomgazdanövényeket*, irtani kell, hiszen a fertőzés kiindulási helyei lehetnek (Fischl, 1995).

– *Öntözés*: Aszály idején a növényi stressz csökkentésének egyik megfelelő eszköze. Amennyiben öntözésre kerül a sor, a vízmennyiséget egyenletesen kell kijuttatni. Virágzás és érés ideje alatt, viszont nem ajánlott, mert az öntözés kedvez a *Fusarium* fajoknak, járvány kialakulásának (Szeitzné Szabó, 2009).

– *Betakarítás megszervezése*: Ha a már beérett gabona tartósan csapadékos idő miatt késve kerül betakarításra, akkor nagyobb lesz a veszélye annak, hogy szennyeződik, valamint toxinok halmozódnak fel rajta.

– *Tárolássorán* biztosítani kell a szemek 14% alatti szem nedvességtartalmát, (jobb, ha szárítás mielőbb megtörténik), a tárolót rendszeresen kell szellőztetni. Kedvezőtlen tárolási viszonyok között toxinszint emelkedés léphet fel, valamint például a *Fusarium poae* még reprodukcióra is képes (Mesterházy, 1993).

Genetikai védekezés:

A termesztés során jó ellenálló képességű fajtákat kell használni, ez a védekezési mód a legolcsóbb és legkörnyezetkímélőbb. Teljes rezisztenciával rendelkező faj még nincs, de folyamatos nemesítések folynak a minél jobb ellenálló képesség elérésének érdekében (Fischl, 1995). Hazánkban, Szegeden a Gabonakutató Non-profit Kft.-ben Európa legnagyobb fuzarium-tesztelési kertje található, ahol rezisztenciáért felelős gének kutatása, valamint új fuzarium toleráns, fuzariumrezisztens vetőmagok nemesítése folyik. Az itt folyó munka nemzetközileg is elismert. A nemesítéshez, keresztezéshez szükséges búzafajokat és más növényfajokat a világ öt földrészéről szerzik be. (Például 1970-es években érkezett a Sumai 3, Nobeoka Bozu, 2012-ben amerikai törzsek) Az itt kifejlesztett búzák a fuzarium ellenállóság tekintetében élen járnak. GK Csillag, GK Fény, GK Rozi, GK Körös, GK Szemes (tritikáléfajta) egy esetleges járvány során három-négy napos virágzásban, gombaölő szeres védekezés mellett is versenyképes tud maradni a toxintartalomban. A szegedi kutatóintézet jelenleg egy EU-projektben vesz részt, melynek célja, hogy egy olyan uniós szintű búzafajta-minősítési programot dolgozzanak ki, amely az Európai Unió minden tagállamára alkalmazható (Szilágyi, 2012).

Kémiai védekezés:

A kémiai szerek használata elengedhetetlen a nagy termésátlagok eléréséhez.

–*Vetőmagcsávázás:* Ha a belső szemfertőzöttség meghaladja a 10%-ot, akkor a csávázás elkerülhetetlen. A csávázó szerek a talajból kiinduló, külső fertőzésekkel szemben a mag körül, a kijutatott kontakt hatóanyagok fungicid zónát képezve védelmet biztosítanak. A szisztemikus szerek felszívódnak és a csíranövénybe jutva alakítanak ki védelmet a gombákkal szembe (Fischl, 1995).

–*Állománypermetezés:* A korszerű fungicidektől elvárjuk, hogy egyszerre több gombabetegséget is orvosoljanak. Ezért általában több hatóanyagot is kombinálnak a jobb hatás eléréséhez (Mesterházy et al., 2012). Az elmúlt 10 év során a leghatékonyabb hatóanyagok a tebukonazol, metkonazol, protiokonazol volt (Mesterházy et al., 2012). Továbbá használjunk még benzimidazol + mankoceb kombinációját, proklorázt, ciprokonazolt (különösen benzimidazol típusú szerekkel kombinálva), és fenpropimorfot (Fischl, 1995). Érdemes a szereket váltogatni, így a fungicid rezisztencia kiküszöbölhető. Mesterházy és munkatársai szerint (2012) célszerű csoportokat kialakítani a táblák között. A feltétlenül védendő táblák esetében a szükséges szereket időben be kell szerezni, nehogy ne legyenek elérhetőek. A feltételesen védendő táblákat elég közepes hatékonyságú szerekkel kezelni vagy, ha jó elővetemény után vetünk jó ellenállósággal rendelkező fajtát, akkor száraz időben a kezelés el is hagyható. A harmadik csoport esetén, a nem védendő táblák között a kezelés elhanyagolható. Kiváló védettség eléréséhez figyelniünk kell, hogy a permetezés során a fedettség tökéletes legyen. A Gabonakutató Kft. kísérleteiben a kalászkok

fedettségét az oldalról permetező fűvókákkal sikerült a leginkább növelni. A legjobb eredményt a QJ90 ikerfűvókával szerezték (Mesterházy et al., 2012).

2.2.8.Biológiai védekezés lehetőségei

Napjainkban egyre fontosabb az integrált növényvédelem, mely alatt a különböző agrotechnikai eljárások, növénynemesítő munkák, kémiai és biológiai készítmények kombinációját értjük, ami hatásos védelmet biztosít a növénypatogén szervezetek ellen, ugyanakkor környezetkímélőbb módszereket is tartalmaz. A manapság engedélyezett és használt növényvédő szerek hatásmódja specifikus, így hatás spektrumuk szűkebb, a nem célzott szervezetekre nem toxikusak. Mégis akadnak olyan problémák, amelyek nem megoldottak és gyakran közvélemény tárgyává is válnak. Ilyen például, hogy a vegyszerek károsítják a környezetet, a célzott kórokozóval vagy kártevővel rokon élőlényeket is elpusztítják, valamint természetes úton (szél, víz) a kezetlen területekre is eljuthatnak. Ugyanakkor az is bizonyított, hogy a természetbe kerülő, önmagukban ártalmatlan anyagok egymással jelentős károkat okozhatnak. Továbbá nem elhanyagolható az a tény sem, hogy sok fungiciddel szemben rezisztencia alakul ki (Barna et al., 1998). Többnyire e tények miatt is, ma már egyre inkább elvárás a fogyasztók részéről, hogy a peszticidterhelés csökkenjen, hagyományos szerek használatát a lehető legjobban minimalizálja. Sokan az ökológiai gazdálkodás során viszont rádöbbenek, hogy a hagyományos szerek nélkül nehéz ugyanazt a mennyiséget és minőséget produkálni (Mesterházy, 2009). A mezőgazdaság egyre gyorsabban fejlődő ága, a biológiai növényvédelem megoldást nyújthat a felmerülő problémákra.

Turóczy (1998) így definiálja a biológiai növényvédelmet: „A szűkebb értelemben vett biológiai védekezés alatt általában azokat az eljárásokat értjük, amikor egy vagy több élő szervezetnek (esetleg azok által termelt anyagoknak) a környezetbe való célzott kijuttatásával és annak hatása révén gátoljuk meg valamely kórokozó vagy kártevő elterjedését, kártételét.” (Barna et al., 1998). A biológiai védekezés előnyei, hogy a környezetet nem terhelik kemikáliákkal, természetes módja a védekezésnek, valamint igen változatos lehetőségek állnak rendelkezésre. Növényi kórokozók szaporodását, növekedését, esetekben a kórfolyamat kialakulásának megakadályozásában, mind vírusok, baktériumok, gombák azon fajtái, melyek fokozott mértékű antagonista hatást mutatnak a növénykórokozókkal szemben egyaránt hasznosíthatók. Antagonista hatás megvalósulásának fő folyamatai a parazitizmus (mikroparazitizmus), antibiotikus hatású anyagok termelése, szaprobionta kompetíció (Barna et al., 1998). Ugyanakkor hátrányai is vannak. Nem megbízhatóak, hatásmódjuk nem mindig ismert, szűk a hatásspektrumuk, környezeti hatásoknak jobban kitettek, csak bizonyos fejlődési fázisban hatásosak (Béres et al., 2000).

Egyes kutatók a biocontroltrollon belül két kategóriát különböztet meg. Az egyik célja megelőzés. A növények számára hosszú távú védelem biztosítása a kórokozókkal szemben, hasonló módon, mint a szupresszív talajok esetében. A másik kategória célja a mikroorganizmusokkal való gyógyítás (Clara, 2010).

Több hazai és nemzetközi kutatások is folynak a baktérium- gomba kölcsönhatásokról, melyeket mind a biológia tudománya, orvostudomány és az agrártudomány is hasznosítani tud. A baktériumok különböző mechanizmusokkal váltanak ki antagonista hatásokat. Kolonizálhatják a növény gyökereit, antibiotikumokat, enzimeket termelhetnek, detoxifikálják a toxinokat, vírus faktorokat elpusztítják. Ezek a folyamatok horizontális génöröklés, természetes átalakulás következményei, vagy génszétválasztási úton érhetők el (Miko, 2009). A legtöbbet tanulmányozott két baktérium csoport a *fluorescens Pseudomonas* és a *Bacillus-fajok*. Utóbbiak rendkívül ellenálló spórákat képeznek, mégsem elterjed a felhasználásuk, mert a kolonizáló képességük kicsi (Barna et al., 1998). Tapasztalatok bizonyítják, hogy a *Pseudomonas* törzsek viszont rendkívül jó rizoszféra kolonizáló képességgel rendelkeznek (Clara, 2010). Szupresszív talajokban is gyakran előfordulnak. Hátrányuk viszont, hogy spórákat nem képeznek (Gramm-negatívak), hő sokra, kiszáradásra érzékenyek (Barna et al., 1998).

A *Pseudomonas* spp.-ek közül sok termel gombaölő anyagot, és ezzel védik a növényeket. Ilyen anyag például 2,4-diacetylphloroglucinol (DAPG), ami szupresszív talajokból is kimutatható (Miko, 2009). Az antibiotikumok mellett termelnek növényi hormonhatású anyagokat, és sziderofort (Barna et al., 1998). Ezek a váladékok előfordulása, és „kondíciója”, összetétele nagyban függ a környezettől (pH, hőmérséklet). Egyes in vitro tesztekben kimutatták, hogy ezeknek az anyagoknak tápláló hatása is van (Clara, 2010).

A *Fusarium* gombafajok ellen való biológiai védekezés egyik lehetséges módszere a vele antagonista hatást mutató *Pseudomonas fluorescens* baktérium törzsek alkalmazása. A *Pseudomonas fluorescens* sejtek 0,5-1,0 x 1,5-4,0 µm méterűek, multitrich csillókkal rendelkeznek, oldható fluorescens pigmentet termelnek. A zselatint elfolyósítja, oxidáz pozitív, arginin-dehidroláz pozitív, pyocyanine nincs. Ezek a törzsek olyan pseudobactid (peptid siderophore) anyagcsere terméket termelnek, melyek a talajban lévő vas-ionnal komplexet képeznek. Ezzel a mechanizmussal magyarázható az antagonista hatás, mert így egyes *Fusarium* fajok számára a vasfelvétel korlátozottá válik, vasszegény területeken. *Pseudomonas fluorescens* fajok két féle antibiotikumot termelnek (pyrrol-nitrin, pyroluteorin), melyek különböző talajpatogén gombák ellen hatásosak (Barna et al., 1987).

2.3. Gazdálkodás Jászladányon, a családi gazdaság bemutatása

Jász-Nagykun-Szolnok Megyében, 2012-ben búzából (durumbúza nélkül) 433154 tonna termést takarítottak be, ennek termésátlaga 3179,2 kg/ha volt. Ebből őszi búza 432 157 tonna termés, 3180,9 kg/ha termésátlaggal rendelkezik. Az őszi búza betakarított termés mennyisége alapján a megyék között az első helyen áll, de a termésátlag elmarad a legjobbtól (Baranya Megye: 5078,4 kg/ha) (Bojtárné szerk., 2012). Ezek a számadatok is azt mutatják, hogy milyen fontos helyet foglal el a Jász-Nagykun-Szolnok Megyében, így a Jászladányon is a termesztett növények között az őszi búza.

Jászladány a jázság legmélyebben fekvő települése. Mint minden vidéki helység történelmében itt is fontos volt a mezőgazdaság. A község a mezőgazdaságának köszönhető, hogy hosszú éveken keresztül a legmódosabb jász település volt (Gaál, 1999). Kezdetben a partosabb részekén búzát, kölest, lencsét, kenderet termesztettek. 1914-ben a közterület szántóföldek aránya 88,25% volt. 1922-1932 között a főtermények termelése az összes szántó százalékában: búza: 45,30%, rozs: 0,30%, árpa: 4,48%, zab: 2,56%, kukorica: 14,54%, burgonya: 0,19% (Gaál, 2000a). 1949-től több Termelő Szövetkezet is létrejött, itt már a vetéstervekbe olyan haszonnövények is bekerültek, mint például a dohány, gyapot, olajlen, mák, búkkönyfélék, mustár (Gaál, 2000b). Továbbá igen nagy hagyománya lett a hagymatermesztésnek, mely mind a mai napig jellemző Jászladányra. A megtermelt hagymatételeket gyakran külföldi piacokra (Törökország) exportálják a termelők. A mai vetésszerkezeteket tekintve a búza jelentősen nagy termő területtel rendelkezik, jelentős továbbá a napraforgó, kukorica, őszi árpa, őszi káposztarepce, lucerna, vörös és lilahagyma, termőföld részesedése.

Édesapám 1992-ben kezdte a gazdálkodást, ma már 105 hektáros családi gazdaságot vezet. 2012-ben a vetésszerkezetet tekintve: 31,7 ha őszi búza, 31 ha napraforgó, 18,7 ha őszi árpa, 9,7 ha gye, 6 ha zab, 5,4 ha lucerna, 3 ha kukorica részekből tevődött össze. Évről évre a búza meghatározó eleme a vetésszerkezetnek, a termesztett gabonafélék közül általában 50% fölötti területrészesedéssel szerepel. A kukorica nem annyira számottevő, mert a Jászladányi föld kötött, agyagos, nehezen adja le a vizet, így a kukorica termesztése aszály idején (mint amilyen a 2012-es év is volt) rizikós, valamint nehéz jó termésátlagot, minőséget elérni.

3. MÓDSZEREK

3.1. Mintavételezés, a mintákhoz köthető adatok

3.1.1. Minták

Vizsgálataimhoz két búzafajtából (Lupus, Brutus) 4 különböző táblából, 4 mintát vettem. Ebből három nem kapott fungicides kezelést, míg 1 kétszer is. A mintavételezés 2012.június 23. teljes érés során történt, Jászládányon a 34., 35., 36. parcellán (2. ábra). (A mintavételezés helyi a 3. ábrán láthatók.) 22.-én este minimális csapadék hullott. Egy minta 12-15 db kalászból állt, melyeket az őszi búza táblák különböző pontjairól szedtem.

1. minta a 36. parcellán elhelyezkedő, 6 ha-os területről (**Szégyen-tó**) vettük. Brutus fajta vetőmag, Vitavax 2000 FS csávázószer alkalmazásával került elvetésre. A vetést tárcsás talajmunkálatok előzték meg. 2011-ben a belvíz károk következtében nem volt ezen a táblán vetemény. 2012. március 10.-én 6 mázsa 34%-os ammóniumnitrátot és 6,5 mázsa 27%-os pétisót, majd 2012. április 30.-án 50 kg/ha 34%-os ammóniumnitrát tápanyagot jutattunk ki. Gyomirtást kétszer végeztünk rajta, viszont fungicides kezelést nem kapott.

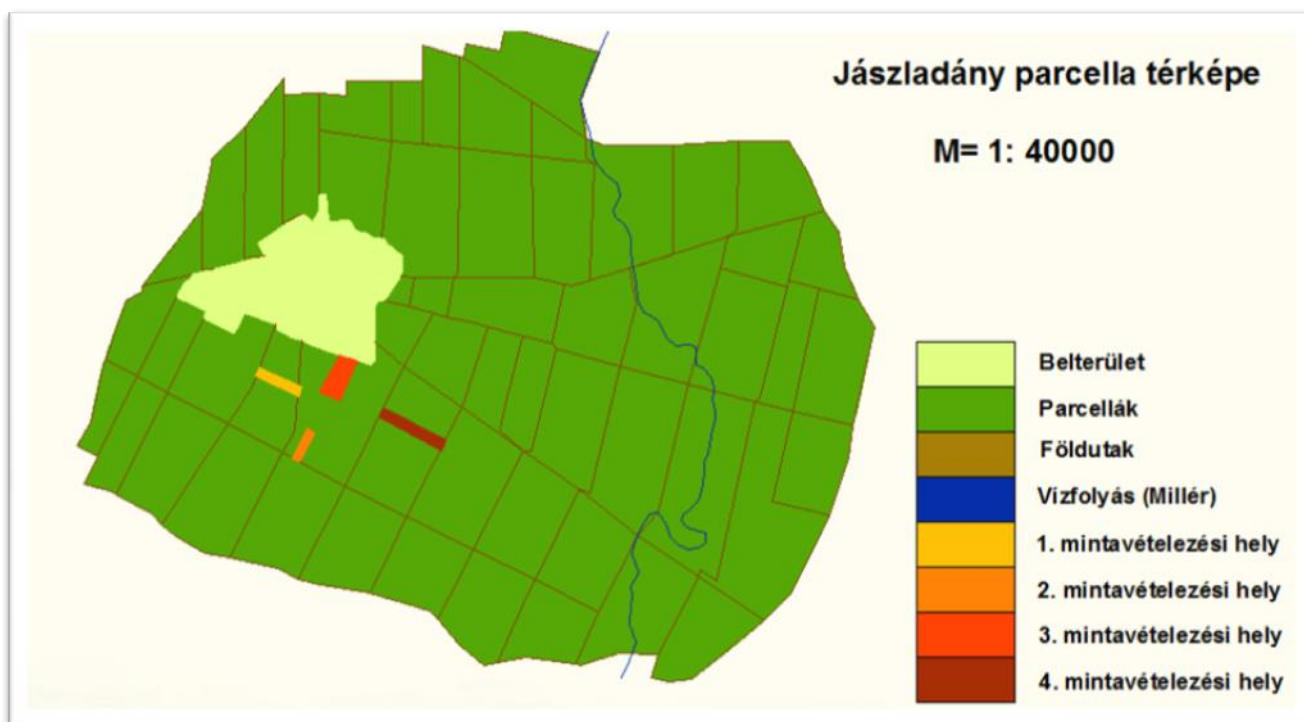
2. minta a 35. parcellán lévő, 3,5 ha-os területről (**Nagy nyolc öles úti tábla**) szedtük. Lupus fajta vetőmagot szintén Vitavax 2000 FS csávázószerrel lett kezelve. Az elővetemény kukorica volt, a visszamaradó szármagványokat tárcsás talajműveléssel munkáltunk el. 2012. április 30.-án 2 mázsa 34%-os ammóniumnitrát tápanyagot juttattunk ki. Vegyszeres gyomirtás egyszer történt, fungicides kezelést szintén nem kapott.

3. minta a 35. parcellán található, 8,4 ha-os területű tábláról vettük (**Gazdag dűlő**). Lupus fajta vetőmag Vitavax 2000 FS csávázószer alkalmazása után került elvetésre. Napraforgó elővetemény után tárcsás mag ágykészítést végeztünk. 2012. április 6.-án 200 kg/ha 34%-os ammóniumnitrátot juttattunk ki. Vegyszeres gyomirtás egyszer történt, fungicides kezelés viszont egyszer sem.

4. minta egy 7 ha-os területről vettük, mely a 34. parcellán (**Pap dűlő**) található. Lupus fajta vetőmag, itt is Vitavax 2000 FS csávázószerrel lett kezelve. Napraforgó elővetemény után tárcsás munkálatokat alkalmaztunk. 2012. április 10.-én 2 mázsa 34%-os ammóniumnitrát tápanyagpótlást kapott. Vegyszeres gyomirtás egyszer történt. A többi mintával ellentétben ez a tábla kétszer is kapott fungicides kezelést (Amistar Xtra, Falcon).



2. ábra: Jászladány parcella térképe M=1:40000



3. ábra: A mintavételezés helyei

3.1.2. Vetőmag fajták jellemzése

Lupus: Nagy termésbiztonság, megbízható minőség száraz és csapadékos évjáratban is. *Általános jellemzése* során elmondható erről a fajtáról, hogy szemtípusa piros, keményszemű, szálkás kalással rendelkezik, 90-100 cm (magas) szalma magasságú, termőképességét tekintve a kiváló minőségű fajták élmezőnyébe tartozik, Pannon minőségű búza termesztésére alkalmas. *Agronómiai tulajdonságait* tekintve, télállósága kiváló, bokrosodása igen jó, középérésű, megfelelő állóképességgel rendelkezik, jó általános betegség ellenállással rendelkezik, szárrozsa ellen érdemes megelőző védekezést alkalmazni. A késői vetés, sűrű állományt érdemes kerülni (Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal, 2006).

Brutus: Aszály idején is átlag feletti termést produkál. *Általános jellemzői* a szálkás kalász, magas növényállomány, a magokat közepes viszosság jellemzi, valamint közepes kalászolású. Késő érésű fajta, a kalász fehér színű, közepesen tömött. *Agronómiai tulajdonságai* között elmondhatjuk, hogy télállósága, állóképessége, termőképessége jó. Javító minőségű búza termesztésre alkalmas. Növényvédelmi szempontból, lisztharmat, levélrozsa és sárgarozsa elleni fogékonysága átlag alatti.

Egyik fajta sem fémzáras vetőmagként került elvetésre (Karintia, 2011).

3.1.3. Csávázószer

Vitavax 2000 FS, kombinált (kontakt+ szisztematikus) hatású fungicid. Hatóanyaga 200g/l karboxin+ 200g/l tiram (TMTD). I. kategóriás, folyékony gombaölő szer, nedves csávázással kell a magok felületére egyenletesen felvinni. Közegészségügyi veszélyességét tekintve veszélyes mérgező (Xn). Méhekre nem veszélyes, vizekre kifejezetten veszélyes.

Felhasználható őszi búza, őszi-, tavaszi árpa, napraforgó, kukorica, borsó, cirok, csicsereborsó, valamint rizs, repce, szója vetőmagok esetén.

A maggal terjedő és a talajból fertőző csírákorai betegségek ellen megbízható védelmet nyújt, mint az *Alternaria* spp., az *Ascochyta* spp., az *Aspergillus* spp., a *Botrytis cinerea*, a *Cochiobolus sativus*, a *Diaporthe* (*Phomopsis*) spp., a *Fusarium* spp., a *Helminthosporium* spp., a *Microdochium* (*Fusarium*) *nivale*, a *Penicillium* spp., a *Phoma* spp., a *Piricularia oryzae*, a *Pyrenophora graminea*, a *Pythium* spp., a *Rhizoctonia* spp., a *Sclerotinia* spp., a *Septoria* spp., a *Sphaleotheca* spp., a *Tilletia* spp. és az *Ustilago* spp (Ocskó et al., 2007).

3.1.4. Fungicidek

Amistar Xtra II. kategóriás, folyékony gombaölő szer. Hatóanyaga 200g/l azoxistrobin+ 80g/l ciprokonazol. Közegészségügyi veszélyességét tekintve veszélyes (Xn), munkaegészségügyi várakozási idő nincs. Méhekre mérsékelten veszélyes, vizekre közepesen veszélyes.

Alkalmazható őszi búza, árpa esetén, (0,75-1,01 l/ha) helmitospóriumos betegség, kalászfuzáriózis, lisztharmat, rozsdabetegségek, szeptórás betegségek ellen, valamint levélbetegségeknel osztott kezelésben (0,6+0,6 l/ha). Élelmezés-egészségügyi várakozási idő: 35 nap.

Továbbá használható még napraforgó, és borsó kultúrákban is (Ocskó et al., 2007).

Falcon II. forgami kategóriás folyékony gombaölő szer. Hatóanyaga 167 g/l tebukonazol + 43 g/l triadimenol+ 250 g/l spiroxamin tevődik össze. Munkaegészségügyi várakozási idő nincs. „Sárga” jelzésű: a gyümölcs és szőlő ültetvényeken integrált növényvédelmében csak korlátozások mellett lehet használni. Méhekre nem veszélyes, vizekre közepesen veszélyes. AKG programban használható szer.

A három hatóanyag kombinációjának köszönhetően kiemelkedő hatékonyságú szer. A kalászos gabonafélék minden fontos betegsége ellen kiváló, a pirenofórás foltosság (DTR) és a kalászfuzáriózis elleni védőhatása kiemelkedő. Kalászosok levél- és kalászbetegségei ellen 0,4-0,6-0,8 l/ha dózisban 250-300 l/ha vízben kell kijuttatni. Kalászfuzáriózis ellen preventív, és a tebukonazolnak köszönhetően 4 napos kuratív hatással is rendelkezik. Amennyiben az időjárási viszonyok és egyéb tényezők alapján fuzárium járványveszély alakul ki, akkor a készítményt 0,8 l/ha dózisban, ha a fuzárium nem veszélyezteti a kalászt, akkor 0,6-0,7 l/ha dózisban ajánlott felhasználni (Ocskó et al., 2007).

3.2. Laboratóriumi vizsgálatok

A mintákat papír tasakban, hűtőtáskában szállítottam a gödöllői Növényvédelmi Intézetbe, ahol a laboratóriumi kísérleteket végeztem.

A kalászon lévő mikroorganizmusok izolálása érdekében, minden mintából 100 magot vettem. Boksza alatt, csipesz segítségével eltávolítottam róluk a pelyvát. Két táptalajt készítettem az egyik fuzárium szelektív Nash and Snyder's féle táptalajt, amely a fuzarium gombák izolálására, és fenntartásához alkalmas. Ez a táptalaj pentaklór-nitrobenzol (PCNB) fungicid hatására épül, mely meggátolja *Fusariumok* izolálása során a velük együtt lévő sugárgombák, penészgombák baktériumok fejlődését.

Nash and Snyder's féle táptalaj összetétele:

- 1 liter víz,
- 15 gr pepton,
- 20 gr agar,
- 1 gr KH₂PO₄,
- 0.5 gr MgSO₄,
- 50ppm PCNB,
- 100ppm kloramfenikol

A másik táptalaj, King's B táptalaj, a kalászon lévő epibionta mikroba közösségéhez tartozó *Pseudomonas spp.* törzsek izolálására szolgált.

King's B táptalaj összetétele:

- 1 liter víz,
- 20 gr pepton,
- 15 ml glicerin,
- 20 gr agar,
- 2,5 gr KH₂PO₄,
- 6 gr MgSO₄,

A szemeket nagy petricsészébe kiöntött táptalajokra helyeztem. Minden mintához 5-5 db nagy petricsészébe kiöntött Nash and Snyder's féle táptalaj, valamint King' B táptalaj készült. Ezekbe a petricsészékbe 10-10 szem került. Jelölésükre a táptalajok nevét és a minták sorszámát használtam. Tehát Fusarium 1, Fusarium 2, Fusarium 3, Fusarium 4, (4-7. ábra) valamint King's B 1, King's B 2, King's B 3, King's B 4.

A kifejlődött baktérium telepekből, szélesztéssel átoltást végeztem King's B táptalajra. Jelölésük a táptalaj nevéből és a minta számából tevődik össze.

- Az 1. mintából 1db törzset tudtam izolálni: King's B 1.
- A 2. mintából 15 db törzset izoláltam: King's B 2,
- A 3. mintából 4 db törzset izoláltam: King's B 3,
- A 4. mintából szintén 1db törzset izoláltam: King's B 4.

A *Pseudomonas* törzsek tartós tárolásához YDC táptalajt alkalmaztunk. A CaCO₃ semlegesíti a baktériumok anyagcseréje során termelt savas kémhatású anyagokat, így hűtőben tárolva a tenyészeteket akár évekig is megőrizhetők.

YDC (Yeast Extract Dextrose CaCO₃ agar) táptalaj összetevői:

- 20g dextróz
- 20g CaCO₃
- 20g agar
- 1000ml csapvíz

A *Fusarium* gombatelepeket három pontban tovább oltottam, Nash and Snyder's féle táptalajra. További munkálataimhoz azokat a telepeket használtam, melyeken mindhárom pontban hasonlóságot fedeztem fel, mert ezek voltak tiszta telepek. Jelölésük a monogramon (V.K.), *Fusarium* kezdőbetűje, valamint a minta sorszáma/ az abból átoltott telep száma. PL.: V.K. F1/5. Összesen 29 db petricsészébe oltottam át gombákat, ebből 21 db fejlesztett tiszta telepet.

A *Fusarium* telepeket két féle táptalajra oltottam tovább, (Malátás táptalajra, és Burgonyás táptalajra) azért, mert az egyes *Fusarium* fajok eltérően fejlődnek a két táptalajon.

Malátás táptalaj összetétele:

- 5g maláta
- 10g agar
- 500ml csapvíz

Burgonyás táptalaj összetétele:

- 20g burgonyapüré
- 20g glükóz
- 17g agar
- 100ppm kloramfenikol

A kifejlődött micélium telepekből 1cm átmérőjű korongot vágtam ki, majd micéliummal a lefelé a táptalajokra helyeztem. Jelölésük továbbra is ugyanaz maradt, csak a két táptalaj megkülönböztetése érdekében M-mel jelöltem a malátás, B-vel a burgonyás táptalajokat. Pl.: V.K.M F1/2, V.K.B F1/2. Összesen: 23 db gombatelep korongozását végeztem el malátás, és burgonyás táptalajra is, ebből, 21db mindkét táptalajon szépen kifejlődött, 1 pedig csak a burgonyáson. (8-12. ábra)

A *Fusarium*okat malátás ferde táptalajra oltottam, majd egy hét elteltével, steril parafinolajjal lefedtem, így 5°C-on tárolva hosszútávon is megőrizhetőek, és további vizsgálatokra felhasználhatóak.

Mivel a fenti táptalajokon az izolátumok többsége nem képzett makrokonídiumokat a következő eljárást alkalmaztam:

Egy főzőpohárban 2-3 cm-es búza szalmadarabokat sterilizáltam, majd vizes agarra helyeztem őket.

Vizes-agar összetétele:

- 10g agar
- 500ml csapvíz
- 50ppm PCNB

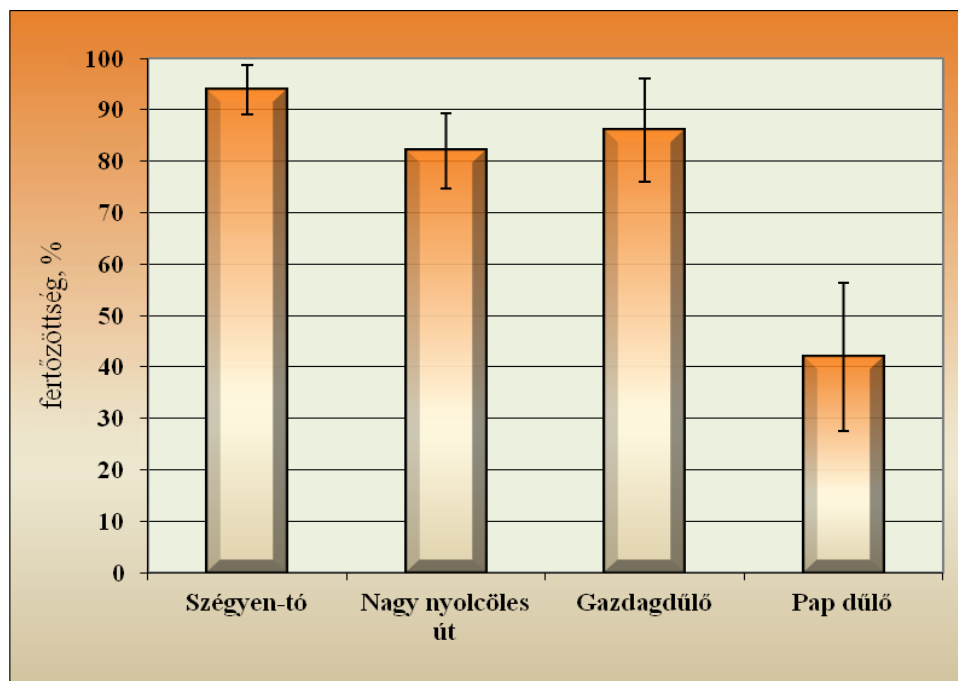
Erre a szalmás táptalajra a Burgonyás táptalajon kifejlődött telepekből, micélium darabokat oltottam a szalmadarabokra, majd UV-B fény alatt inkubáltam. Ezzel a természetes környezetet biztosítottunk a *Fusarium* fajok számára. Célunk az volt, hogy sporulációra bírjuk őket. (13. ábra)

Kiválasztottunk 9 db *Fusarium* gombát (F1/1, F1/4, F1/9, F2/1, F2/3, F3/2, F4/1, F4/2, F4/3), valamint 17db *Pseudomonas* törzset. Burgonyás táptalajra, melybe PCNB nem került, hogy a baktériumok fejlődését ne gátolja, illetve a második sorozatban King's B táptalajra, a petri csésze közepére 6 mm-es átmérőjű *Pseudomonas* korongot helyeztem, a nagy petricsésze három ellentétes pontjába pedig burgonyás táptalajról származó, 5 mm-es átmérőjű *Fusarium* korongokat. Kontrollt is készítettem melybe csak gomba korongok kerültek.

4. EREDMÉNYEK

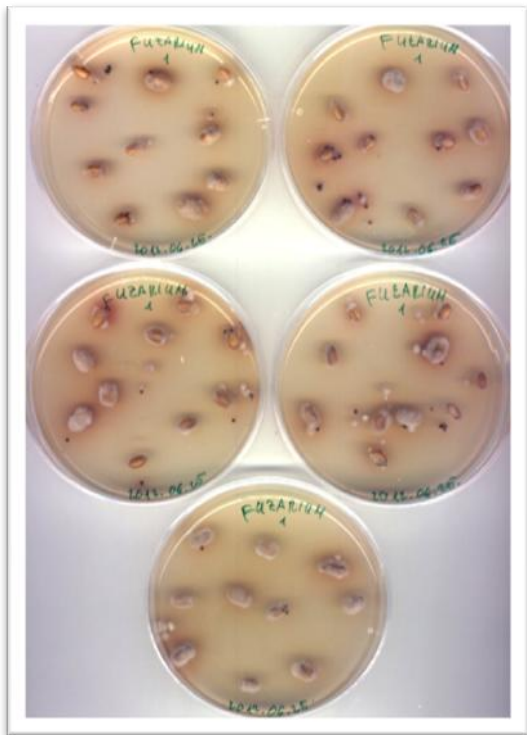
4.1. Fuzáriumok előfordulása a különböző helyről származó mintákon

A különböző táblákról származó búza mintákon a fuzáriumok előfordulási gyakorisága jelentősen különbözött (4. ábra).

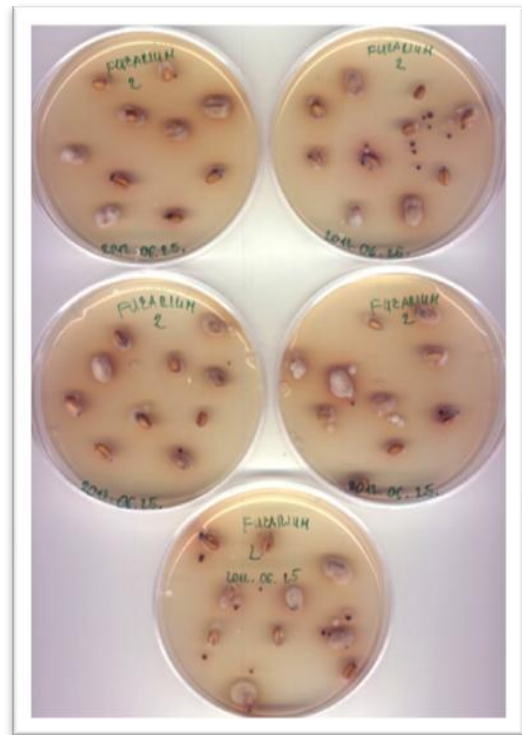


4. ábra: Gabona minták fuzárium fertőzöttsége

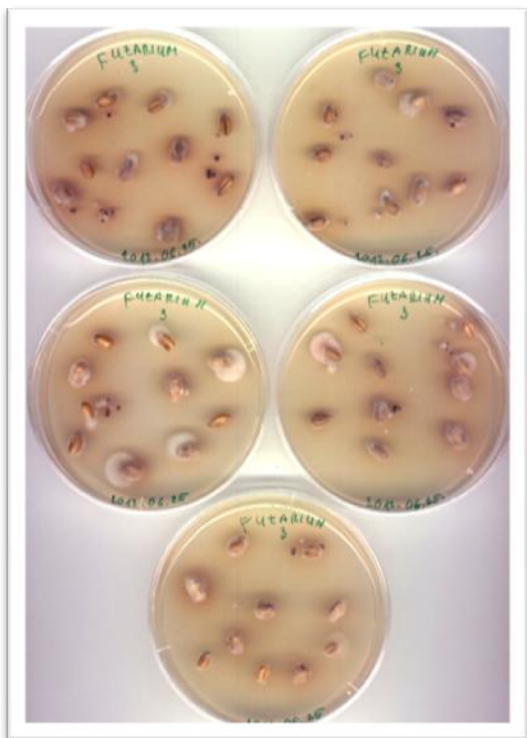
Az eredményeket egytényezős variancia analízissel értékeltük, és megállapítottuk, hogy az egyes termőhelyeken szignifikáns különbség volt ($p > 95\%$) a fuzáriumos fertőzöttség között. Mint a 4. ábrán látható, az első három termőhelyen a fertőzöttség nem tért el szignifikánsan (a függőleges vonalak az oszlopok tetején a 95%-os konfidencia intervallumot jelölik), viszont a Pap dűlőben sokkal kisebb volt a fertőzöttség. Ez az a tábla, ahol a kalászfertőzés ellen fungicides kezelést (Falcon) alkalmaztak, a másik három területen viszont nem (5 -8 ábrák).



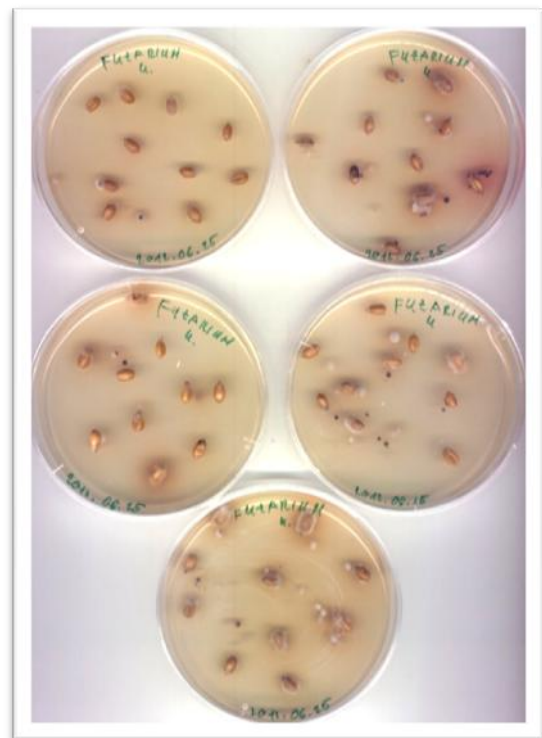
5. ábra: Szégyen tó



6. ábra: Nagy nyolcöles út



7. ábra: Gazdag dűlő



8. ábra: Pap dűlő

4.2. Az izolált fuzáriumok azonosítása

Burgonya-glükóz és maláta táptalajon az izolált fuzáriumok jellegzetes telepmorfológiát és színeződést mutattak (9-13. ábrák), de a tenyészetek többségében csak mikrokonídiumokat találtunk. Ezért az izolátumokat továbboltottuk sterilizett búzaszalmára és UV-B megvilágítás mellett inkubáltuk. A szalmás táptalajokról készített preparátumokon mikro- és makrokonídiumokat is találtunk, így útján sikerült faj szintű határozást is végeznünk (14. ábra). A morfológiai bélyegek alapján, Booth (1971) monográfiáját felhasználva, a következő fajokat sikerült azonosítani: *F. avenaceum* (17. ábra), *F. culmorum* (18. ábra), *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. poae* (19. ábra). Valamint egyes esetekben sikerült indukálni a gomba ivaros alakjának (teleomorfa) képződését, ezek a *Gibberella zeae* (15. és 16. ábra) fajhoz tartoztak (anamorfa: *Fusarium graminearum*).



9. ábra: Fusarium korongok (1)



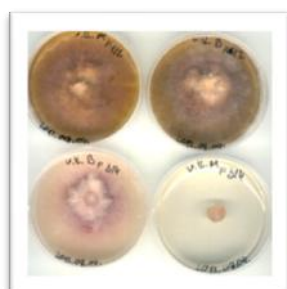
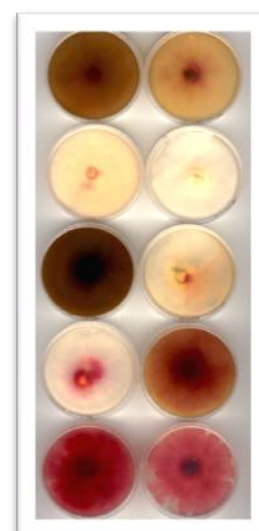
10. ábra: Fusarium korongok (2)



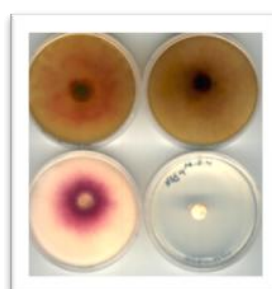
11. ábra: Fusarium korongok (3)



12. ábra: Fusarium korongok(4)



13. ábra: Fusarium korongok (5)



14. ábra: Szalmás táptalajra oltott telepek, fusarium korongok



(1)



(2)



(3)



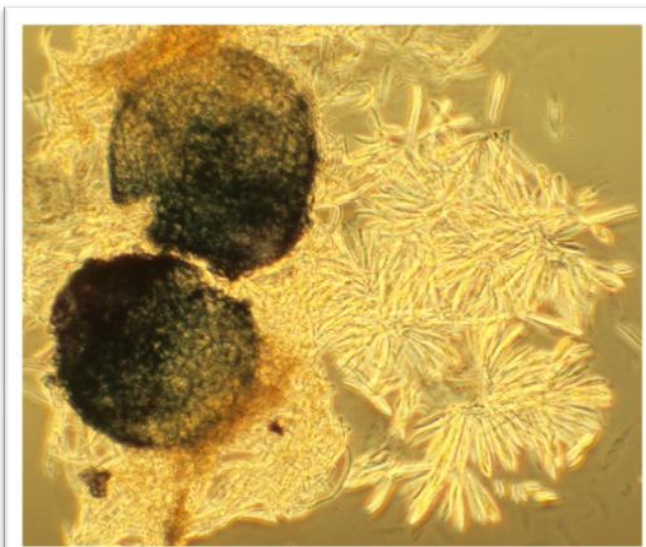
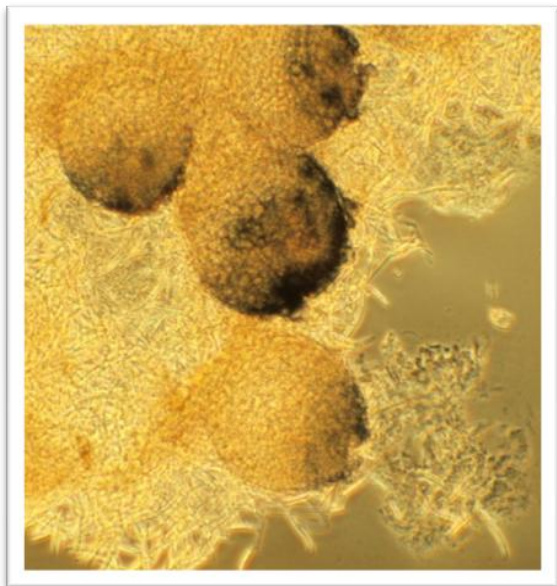
(4)



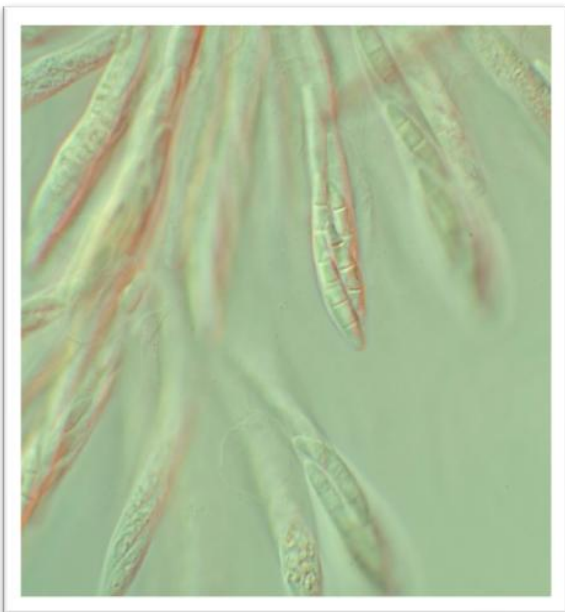
(5)



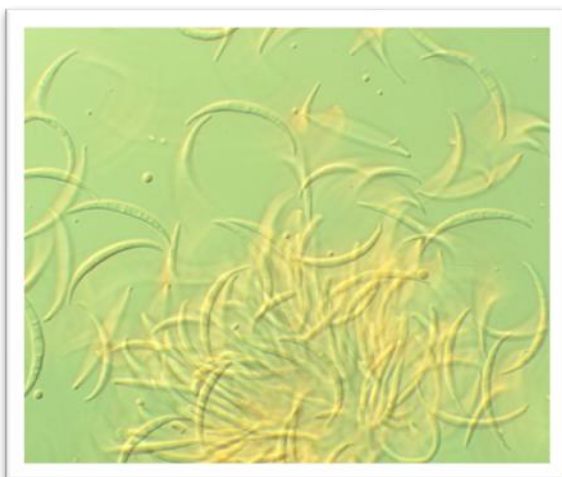
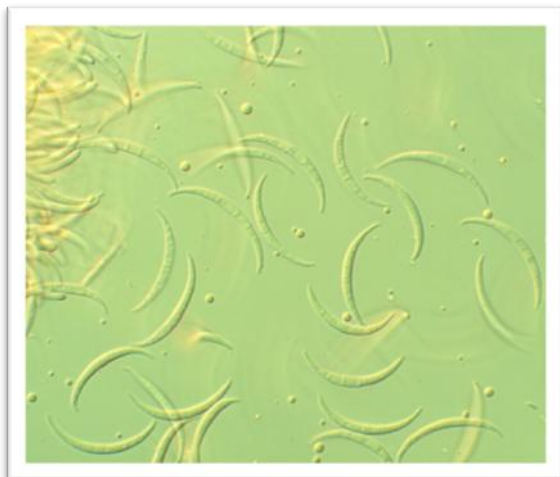
(6)



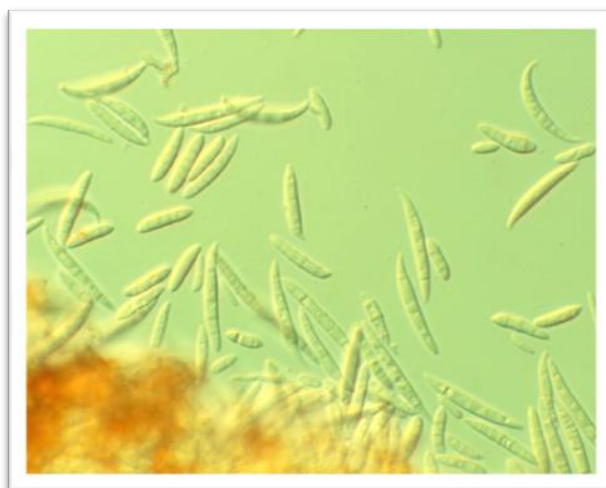
15.ábra: Peritéciumok (*Gibberella zeae*)



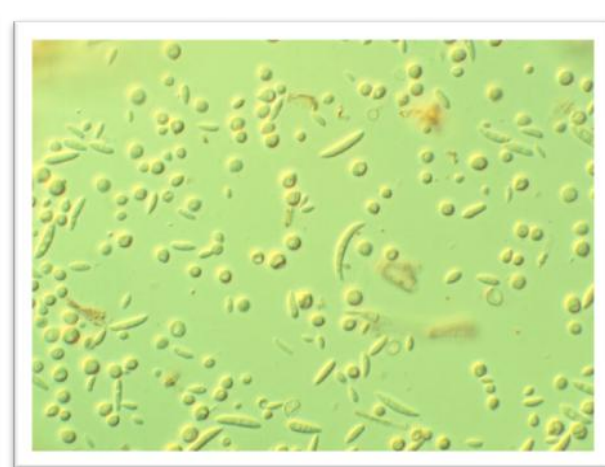
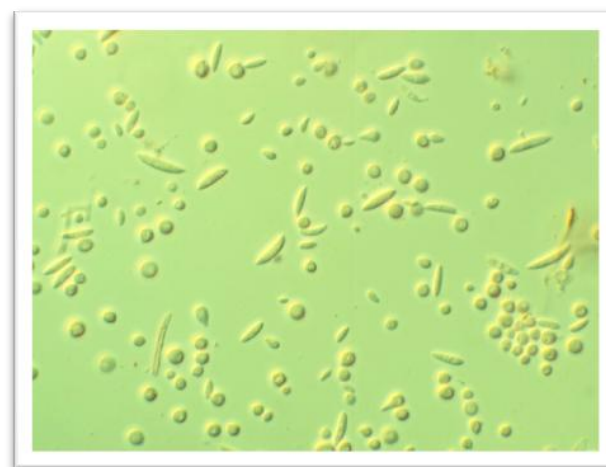
16.ábra: *Gibberella zeae* aszkuszai és aszkospórái



17. ábra: *Fusarium avenaceum*



18. ábra: *Fusarium culmorum*



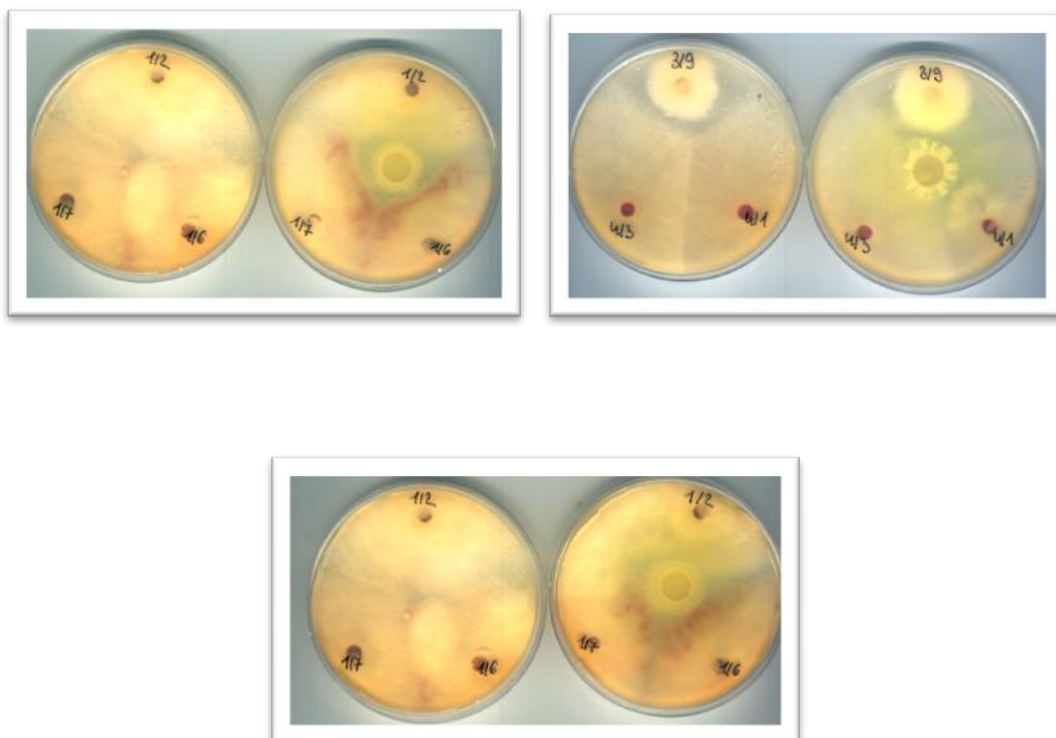
19. ábra: *Fusarium poae*

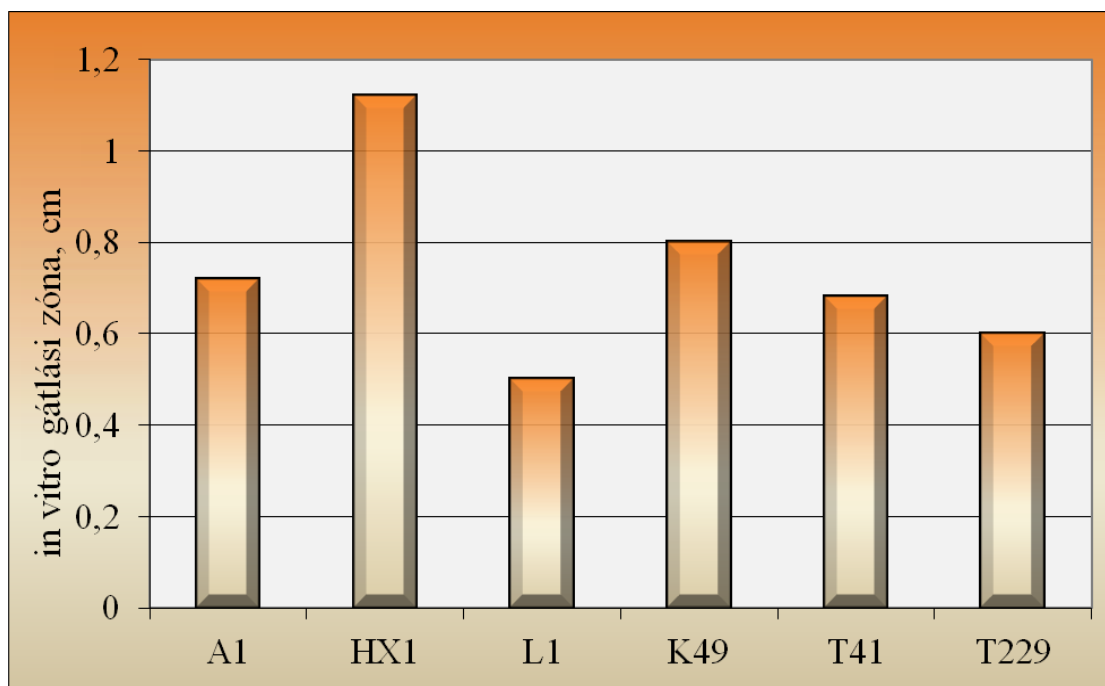
4.3. Antagonizmusok vizsgálata

King's B táptalajon több, mint 20 fluoreszcens *Pseudomonas* izolátumot nyertünk. Ezek mellett a kísérleteinkben felhasználtuk a SZIE Növényvédelmi Intézete gyűjteményéből származó törzseket is. Burgonya-glükóz táptalajon, a pseudomonaszokat és a fuzáriumokat egyszerre leoltva, nem figyeltünk meg gátló hatást, mert a fuzáriumok sokkal gyorsabban nőttek a számukra optimális táptalajon.

Ezért a következő kísérlet során King's B táptalajt használtunk úgy, hogy a pseudomonaszokat 2 nappal korábban oltottuk le, így biztosítva elegendő időt az antibiotikus hatású anyagok termelésének. Ebben a vizsgálatban már látszott, elnyomó, antagonista hatás a *Pseudomonasok* részéről. A *Fusarium* telepek növekedése lassabb volt, színanyag termelés jelentkezett a *Pseudomonasok* körül (20. ábra). A variancia analízis szerint a fuzárium izolátumok érzékenysége között szignifikáns különbség volt ($p > 95\%$). A pseudomonasz törzsek antagonista aktivitása között ugyanolyan szinten szignifikáns különbséget sikerült igazolni (21. ábra). A laboratóriumi vizsgálatok alapján a HX1 és a K49 jelű törzseket választottuk ki az in vivo növénykísérletekhez, amelyeket 2013-ban tervezünk.

20. ábra: Pseudomonasok antagonista hatása a Fusarium telepekkel szemben





21. ábra: *Pseudomonas* törzsek antagonista aktivitása

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban, így Jász-Nagykun-Szolok megyében is az egyik legnagyobb vetésterülettel rendelkező haszonnövényünk az őszi búza. Terméshozam csökkenést, értékesítési gondokat, ezáltal nagy veszteséget eredményez a különböző penészgombák fertőzése a növényeken és a terméseiken. Ezek a penészgombák mikotoxinokat termelhetnek, melyek mind az állati, mind az emberi szervezetekre károsak. Az Európai Unió által végzett tudományos felmérések alapján, a *Fusarium* fajok által termelt fuzariumtoxinok (deoxinivalenol, T2, zearalenon), melyek már a szántóföldön termelődhetnek és fertőzhetnek, a legelterjedtebbek az élelmiszerláncban. A rendelkezésre álló megfelelő agrotechnikai, növényvédelmi, és tárolástechnikai módszerek alkalmazásával törekednünk kell arra, hogy a fertőzés kialakulása és a toxintermelés minimális legyen.

Munkám során jászladányi családi gazdaságunkban vizsgáltam a fuzárium fajok előfordulását őszi búza szemtermésén, és ugyanezekről a mintákról próbáltam olyan antagonista hatású mikroorganizmusokat izolálni, amelyek természetes körülmények között is befolyásolhatják a fuzáriumok megtelepedését a búzaszemeken, illetve alkalmasak lehetnek biológiai védekezési eljárás kidolgozására. Továbbá vizsgálataim célja volt annak feltérképezése, hogy van-e eltérés a fertőzöttségben a kalászfuzáriózissal szemben kezelt és kezeletlen állományok között, valamint milyen fuzárium fajokat tudok izolálni.

Megállapítottuk, hogy a kezelt és a nem kezelt területekről származó teljes érésben lévő búzaszemeken a fuzariumok előfordulási gyakorisága jelentős különbségeket mutat. Az eredményeket egytényezős variancia analízissel értékeltük, és megállapítottuk, hogy az egyes termőhelyeken szignifikáns különbség volt ($p > 95\%$) a fuzáriumos fertőzöttség között. A kezeletlen területeken a fertőzöttség nem tér el szignifikánsan, míg a kezelt terület fertőzöttsége sokkal kisebb értéket mutat.

A különböző táptalajokról (Burgonya-glükóz, és maláta táptalaj) izolált *Fusarium* fajok jellegzetes telepmorfológiát és színeződést mutattak. Sterilezett búzaszalmára és UV-B megvilágítás mellett inkubáltuk, ezzel sporulációra bírtuk őket. A morfológiai bélyegek alapján, a következő fajokat sikerült azonosítani: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. poae*. Valamint egyes esetekben sikerült indukálni a gomba ivaros alakjának (teleomorfa) képződését, ezek a *Gibberella zeae* fajhoz tartoztak (anamorfa: *Fusarium graminearum*).

Több mint 20 antagonista hatású fluoreszcens *Pseudomonas* izolátumot sikerült előállítanom King's B táptalajról. Ezekből, valamint a SZIE Növényvédelmi Intézete gyűjteményéből származó törzsek antagonista hatását vizsgáltam. King's B táptalajon, elegendő időt adva (2 nappal korábban lettek leoltva a pszeudomonaszok) az antibiotikus hatású anyagok termelésének, jól látható volt az

antagonista hatás. A *Fusarium* telepek növekedése lassabb volt, szénanyag termelés jelentkezett a *Pseudomonas*ok körül. Az eredményeket variancia analízissel elemezve, a fuzárium izolátumok érzékenysége között szignifikáns különbség volt ($p > 95\%$), valamint a pszeudomonasz törzsek antagonista aktivitása között ugyanolyan szinten szignifikáns különbséget sikerült bizonyítani.

Kísérletek alapján kiválasztottuk a két legaktívabb antagonizmust mutató *Pseudomonas* törzset (HX1, K49) in vivo (üvegházi, és szántóföldi) növénykísérletekhez, amelyeket 2013-ban tervezünk.

Az eredményeket összegezve megállapítom, hogy a járszág térségében az őszi búza *Fusarium*os fertőzöttség elleni védekezés során, egyik hatékony módszer az állományok fungicides kezelése. Az előforduló *Fusarium* fajok, mint ahogy számos korábbi vizsgálatok is bizonyítják jelentős változékonyságot mutatnak.

A védekezés további lehetséges módszere a búzaszemeken előforduló egyéb mikroorganizmusok pl. fluoreszcens *Pseudomonas*ok. Ugyanis ezek a baktériumok antagonista hatásukkal jelentős mértékben befolyásolják a *Fusarium* fajok előfordulását.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Kiss József intézet igazgató úrnak, egyetemi tanárnak, hogy Tudományos Diákköri dolgozatomat a Növényvédelmi Intézetnél készíthettem.

Köszönöm Dr. Turóczy György egyetemi docensnek, konzulensemnek, hogy mind elméleti kérdésekben, mind a gyakorlati kivitelezésben felmerülő problémákban segítségemre volt, és hasznos tanácsokkal látott el.

Továbbá köszönöm Szócs Tündér Ilona laboratóriumi asszisztensnek, hogy laboratóriumi munkálataim végzésében segítségemre volt.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- Barna B. – Gasztonyi M. – Hornok L. – Josepovits Gy. – Szécsi Á. – Vajna L. – Vörös J.** (1987) : Növénypatogén gombák - Mezőgazda Kiadó – Budapest - 11-12p., 285.
- Barna B. – Érsek T. – Gáborjányi R. – Kiss L. – Klement Z. – Ott P. – Szécsi Á. – Turóczi Gy. – Vajna L.** (1998): Növénykórokozó mikroorganizmusok - ELTE Eötvös Kiadó – Budapest - 133-135, 242-246, 267- 268,
- Bán, R.** (2006): Növénykórtan - Egyetemi jegyzet - Szent István Egyetemi Kiadó – Gödöllő – 12-13.
- Bánhegyi J. – Tóth S. – Ubrizsy G. – Vörös J.** (1985): Magyarország mikroszkopikus gombáinak határozó könyve - Akadémia Kiadó – Budapest – 985.- 1089. - 1094.
- Békési, P.** (2010): Ismét a kalászfuzáriózisról – Agrofórum - 53-56.
- Béres I. – Bozai J. – Budai Cs. – Fischl G. – Horváth L. – Horváth Z. - Lucskai A. – Mikulás J. – Nádasy M. – Süle S. – Szabolcs J.** (2000): A biológiai növényvédelem alapjai - Mezőgazda Kiadó – Budapest – 8-11.
- Bojtárné L. M.** (szerk.) (2012): Tájékoztató jelentés a nyári mezőgazdasági munkákról a (2012. augusztus 13-i operatív jelentések alapján) - XVII. évfolyam, 4. szám – Agrárgazdasági Kutató Intézet - Budapest – 4-11.
- Booth, C.** (1971): The Genus *Fusarium*. 237 pp., CAB Kew
- Bódis, L.** (2010): Gondjaink forrása a búza - Agrofórum - 10-12.
- Clara P. - Cayo R. - Antonio de V. - Francisco M. C.** (2010): Screening for candidate bacterial biocontrol agents against soilborne fungal plant pathogens - Springer - Science+Business Media B.V.
- Edwards, S. G.** (2004): Influence of agricultural practices on fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicology Letters* 153: 29–35.
- Fisch G. – Horváth J. – Kadlicskó S. – Kiss E. – Pintér Cs.** (1995): A szántóföldi növények betegségei – Mezőgazda Kiadó – Budapest – 22-28.

- Gaál I.**: (1999): Jászládány története II. – Jászládány - 41-47.
- Gaál I.**: (2000a): Jászládány története I. – Jászládány - 10-11. - 35-40.
- Gaál I.**: (2000b): Jászládány története III. – Jászládány - 96-98.
- Halász Á. - Valovics A.** (2012): A magyarországi őszi búza tételek *Fusarium*-fertőzöttség felmérésének eredményei 2011-ben – Agrofórum- 28-30.
- Kis, Gy. – Princzinger, G.** (1990): Betegségek elleni védekezés őszi búzában – Agrofórum - 4-11.
- Kövics, Gy.** (2000): Növénybetegséget okozó gombák névtára - Mezőgazda Kiadó – Budapest - 181 p.
- Kükedi, E.** (1977): A búza agrotechnika és a Fuzárium közötti kapcsolatról - Növénytermelés, 2-3.112-217.17.
- Láng, L. – Rakszegi, M. – Baracskai, I. – Bedő, Z.** (2008): Minőség orientált búzanemesítés Martonvásáron. - In: Bedő, Z. (szerk.): (2008): A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése – Agroinform – Budapest - 41-54.
- Láday M. - Szécsi Á.** (2007): *Fusarium*-fajok határozása izozímanalízissel – In: Gáborjányi R. – Király Z. (szerk.): (2007) Molekuláris növénykórtan. Támadás és védekezés – Agroinform Kiadó – Budapest – 229-230.
- Lévay L.** (2012): A búza egyik rettegett betegsége a *Fusarium* ... - Agrázágazat - Budapest, 28-29
- Mesterházy Á.** (1988): Gabonafélék rezisztenciára nemesítésének kórtani és módszertani alapjai fuzáriózissal szemben. - Akadémiai Doktori ért. - Szeged
- Mesterházy, Á.** (1993): A búza kalászfuzáriózisa. In: Mesterházy, Á. (szerk.)(1993): A mycotoxin kérdés Magyarországon, különös tekintettel a *Fusarium* genusra. OMFB tanulmány. Gabonatermesztési Kutató Intézet, Szeged.
- Mesterházy Á.** (2009): Agrotechnikával a fuzarium megelőzésére – Biokultúra – Budapest – 10-12.
- Mesteházy Á. – Lehoczki-Krsjak Sz. – Varga M. – Kókai Cs.** (2012): Kalászfuzárium és már betegségek elleni védekezés búzában, egy új megközelítés - Agro Napló - 49-50 p.
- Mika T. T. – Alain S. – Pascale F. K.** (2009): Inter-kingdom encounters: recent advances in molecular bacterium–fungus interactions - Springer-Verlag

- Obst, A. – Bauer, G. - Lepschy, J. – Beck, R.** (1999): Bayerisches Landwirtsch. Wochenblatt. 21: 20-22.
- Ocskó Z. - Erdős Gy. - Molnár J. :** (2007): Növényvédő szerek, termésnövelő anyagok 2007 I. - Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium az Agrinex Bt. – Budapest
- Petróczi, I.** (szerk.) (1982): Szántóföldi növényvédelem - Mezőgazdasági Kiadó – Budapest - 62-66.
- Pintér, Cs.** (1997): Mikrofotóatlasz kultúrnövények gombakórokozóiról - Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó – Budapest - 146 p.
- Szeitzné Szabó M.** (szerk.) (2009): Gabonalapú élelmiszerek fuzáriumtoxin szennyezettségének csökkentési lehetőségei - A Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal tájékoztatója - 5-18.
- Szilágyi B. P.** (2012): Európa legnagyobb fuzarium-teszt kísérleti kertje - Agrárunio, Budapest - 36-37.
- Turóczi Gy.** (1998): Biológiai védekezés növénypatogén mikroorganizmusokkal szemben – In.: Érsek T. – Gáborjányi R. (1998): Növénykórokozó mikroorganizmusok – ELTE Eötvös Kiadó – Budapest – 265-280.
- Karintia** (2011): Vetőmag fajtakínálat – pp.6.
- Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal** (2006): Őszi búza fajtabemutató – pp. 12.
- Vidékfejlesztési Minisztérium** (2010): A magyar mezőgazdaság és élelmiszeripar számokban 2010 – Magyar Mezőgazdaság Kiadói, Sajtó, Reklám, Propaganda Kft. – Budapest – 4-13.
- 401/2006/EK rendelet (2006. február 23.)** az élelmiszerek mikotoxintartalmának hatósági ellenőrzéséhez használandó mintavételi és elemzési módszerek megállapításáról.
- 1881/2006/EK rendelet** az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról.
- 576/2006/EK ajánlás** a deoxinivalenol, a zearalenon, az ochratoxin-A, a T-2, a HT-2 és a fumonizinek állati takarmányozásra szánt termékekben való előfordulásáról.
- 1126/2007/EK rendelet** az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szóló 181/2006/EK rendeletnek a kukoricában és kukoricakészítményekben előforduló Fusarium-toxinok tekintetében történő módosításáról.

7. NYILATKOZAT

Alulírott Vincze Katalin nyilatkozom, hogy a TDK dolgozat a saját munkám, a felhasznált irodalmakat korrekt módon használtam, a munkámra vonatkozó jogszabályokat betartottam.

Gödöllő 2012,

.....

TDK dolgozat készítője