

DIPLOMADOLGOZAT

PAPP EVELIN MÁRIA
Növényorvosi szak

Keszthely
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Georgikon Campus

Növényorvosi Szak

**AZ ÓZON HATÁSA A FUZÁRIUM FERTŐZÖTTSÉG
ALAKULÁSÁRA**

Belső konzulens: Dr. habil Takács András Péter
egyetemi docens

Külső konzulens: Both Gyula
növényvédelmi szakügyintéző

Készítette: **Papp Evelin Mária**
BMH1WR
nappali

Intézet/Tanszék: Növényvédelmi Intézet

Készthely

2023

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzés	5
2.	Irodalmi áttekintés	6
2.1.	A búza származása, termesztésének története.....	6
2.2.	Búzatermesztés a világban	6
2.3.	Búzatermesztése itthon.....	7
2.4.	A <i>Fusarium</i> fajok jelentősége.....	8
2.5.	Agrotechnika	9
2.6.	Rezisztencia	12
2.7.	Növényvédelem	13
2.8.	Antagonisták.....	14
2.9.	Vizsgálati módszer	16
2.10.	Az ózon hatásai.....	17
3.	Anyag és módszer	20
3.1.	A kísérlet mintái	20
3.2.	Az ózonos kísérlet menete	20
3.3.	A magok csírázásának vizsgálata.....	23
3.4.	Külső magfertőzőttségre ható vizsgálat.....	24
3.5.	Adatelemzési módszerek	24
4.	Vizsgálati eredmények	25
4.1.	A 2018. évi adatok kiértékelése	25
4.2.	A 2019. évi adatok kiértékelése	26
4.3.	A 2020. évi adatok kiértékelése	27
4.4.	A 2021. évi adatok kiértékelése	28
4.5.	Az idei, 2022-es adatok elemzése	29
4.6.	A csapadékmennyiség és a fuzáriumos fertőzőttség közti összefüggések	30
4.7.	Az elővetemények és a <i>Fusarium</i> spp. közti összefüggés.....	31
4.8.	Első kísérlet eredményei	32

4.9.	Második kísérlet eredményei.....	33
4.10.	A külső magfertőzöttségi vizsgálatok eredményei.....	34
4.11.	A csírázókéesség vizsgálat eredménye.....	35
5.	Következtetések, javaslatok.....	37
6.	Összefoglalás	39
	Irodalomjegyzék	41

1. Bevezetés és célkitűzés

Magyarország területe 9 millió 303 ezer hektár összesen, melyből szántó művelési ágba 4 millió 163 ezer hektár tartozik. Ebből búza termesztés 950 632 hektáron folyt 2022-ben (INTERNET1, INTERNET2). A búza hazánkban a kukorica mellett az egyik legfontosabb termesztett növényünk. Fontos népelelmezési alapanyag, termesztése már nagyon régóta folyik. A búzából készült élelmiszerek alapvető fontosságúak, ezért is nagyon fontos, hogy megőrizzük a termésünk minőségét és mennyiségét, illetve ezeken még javítani is próbáljunk.

A sikeres termelést számos tényező befolyásolja. Ide tartozik a termelés számára megválasztott terület, bele értve a mikroklimát és talajviszonyokat, az azon vetni kívánt fajta, a termesztés technológiája, a tápanyagutánpótlás, valamint a növényvédelem is. A leendő termést ezek nagymértékben meghatározzák, ezért lényeges a termelés során a precíz megválasztásuk.

A leghatékonyabb megoldás a különféle károsítók ellen a prevenció, tehát meg kell akadályozni a növényünk kitétséget ezen szervezeteknek. Ennek alapvető feltétele a megfelelő vetésforgó biztosítása, mely során ügyelni kell arra, hogy az előveteménnyel közös károsító köröket elkerüljük. Emellett tekintettel kell lenni a táblák nagyságára is, valamint a szomszédos területeken lévő növényekre, azért, hogy a károsítók ne tudjanak nagy mértékben felszaporodni. A növényünk egészségi állapotát is biztosítani kell, hogy a lehető legkevesebb stressz érje az élete során, így jobban ellen tud állni a különböző károsító szervezeteknek. Ezt legkönnyebben a területünknek megfelelő faj- illetve fajta választással tudjuk biztosítani.

A különböző kórokozók elleni védelem kiemelt jelentőségűnek számít. Ezen belül is lényeges az olyan mikroszervezetek elleni védekezés, mint többek között a *Fusarium*, az *Aspergillus* és a *Penicillium*, melyek káros másodlagos anyagcseretermékeket képesek felhalmozni. Ezen anyagcseretermékek, a mikotoxinok az élelmiszerláncba bekerülve emberi fogyasztásra is juthatnak. Ezzel azért lényeges foglalkozni, mivel a különféle toxinoknak, különböző negatív hatásai lehetnek a melegvérű szervezetekre. Ilyen lehet például a hormonháztartási zavar, a rákkeltés, a kiválasztószervrendszer megbetegedései. A takarmányba bekerülve azon felül, hogy az állatainkra is ilyen káros hatást gyakorolhatnak, az állati termékekbe is bekerülhetnek. Az élelmiszerlánc biztonság szempontjából célszerű már a szántóföldeken megakadályozni ezen károsító szervezetek felszaporodását.

A dolgozat kísérlete során az ózon gáz fertőtlenítő hatását vizsgáltuk búzaszemeken. A célunk ezzel megállapítani, hogy az ózon van-e hatással a szemeken lévő *Fusarium* fajok előfordulására. A dolgozatban emellett kitérek arra, hogy a fuzáriumos fertőzöttségre milyen hatással van a csapadékmennyiség, illetve az előveteményként használt növény faja.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A búza származása, termesztésének története

Az őszi búza (*Triticum aestivum*) egyszikű növény, mely a pázsitfűfélék (*Poaceae*) családjába, azon belül pedig a *Triticum* nemzetségbe tartozik. A búza termesztése évezredek óta jól dokumentált, róla rengeteg írásos és tárgyi emlék maradt fent. A legrégebbi előfordulása az ókori Mezopotámiában volt, de termesztették Egyiptomban, valamint a görög-római mediterráneumban is. Római közvetítéssel juthatott el a Kárpát-medencébe is (ANTAL 2005). A legősibb búzafajta az alakor búza (*Triticum monococcum*), melynek jellemzője, hogy kalászként csak egy szem található rajta. A tönke búza (*Triticum dicoccum*) különböző természetes kereszteződések során jött létre, mely kalászként 2 szemet nevel. A tönkölybúza (*Triticum spelta*) már a fejlettebb gabonák közé tartozik, melynek megjelenésével kiszorultak az előbb említett fajták a termesztésből (BOCZ et al. 1996). Az egészséges táplálkozásban betöltött szerepe miatt ez utóbbi újra köztermesztése került (UDVARDY 2010). A kenyérbúza (*T. aestivum*) DélnyugatÁzsiából származik, majd onnan terjedt el az egész világon. Fő jellemzője, hogy kalásza már nem törékeny, a szemek a toklászokból könnyen kicsépelhetőek (BOCZ et al. 1996).

A búzatermesztés egyidős az emberi társadalmak történelmével. Minden korban nagy jelentőséggel bírt a termesztése, mivel az ember felismerte, hogy a gabonafélék közül ez a növény bír a legnagyobb tápértékkel. A gabonanövények magjában a nitrogéntartalmú és nitrogén mentes anyagok olyan arányban vannak, melyek az emberek számára megfelelőek. A kenyér mind az öt lakott kontinensen az emberi táplálék alapvető eleme (ANTAL 2005).

Táplálkozási értéke mellett jelentős az ökológiai alkalmazkodó képessége is. A búzát elsősorban élelmezési célokra használjuk fel, ilyen például a liszt előállítás, kenyérsütés, kekszgyártás. Mellékterméke a korpa, melyet szintén lehet élelmezésre is használni, de az állatok takarmányozására is alkalmas. Szalmája az állattenyésztés számára fontos alomanyag. A gyengébb minőségű búza tételek pedig szintén takarmányozási célokra kerülnek felhasználásra. Legújabbak pedig a fejlettebb országok bioetanolt is előállítanak gabonából. (UDVARDY 2010).

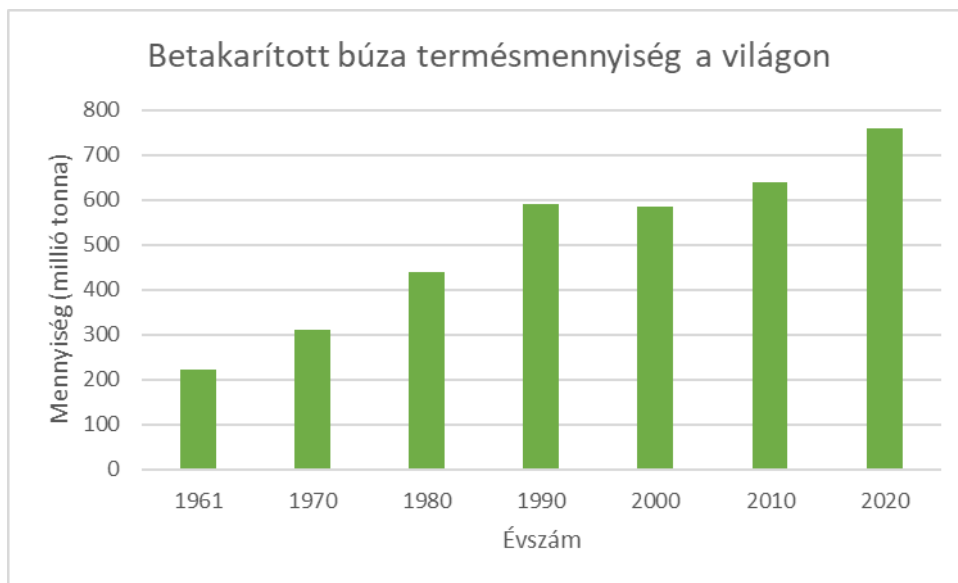
2.2. Búzatermesztés a világban

A búza jelentőségét a növénytermesztésben az magyarázza, hogy nagyfokú ökológiai alkalmazkodó képességgel rendelkezik. Az északi féltekén szinte mindenhol termesztethető, termesztésének határait a fotoperiódus és a hőmérsékleti viszonyok határozzák meg. A megfelelő terméshozam eléréséhez a vegetációs idő alatt 400-500 mm csapadékra van szüksége (IZSÁKY 2004). A világon nagyjából 110-130 országban termesztik a búzát, főleg az északi féltekén fordul elő a szántóföldeken.

Nagyjából 700-750 millió tonna a világ búzatermése. A legfontosabb termeszto országai az Európai Unió, Kína, India, USA, Oroszország, Kanada, Argentína, Ausztrália, Kazahsztán. A nagy búzatermeszto országokban extenzív művelés folyik, míg az Európai Unióban intenzív, mely során jóval magasabbak a termésátlagok (PEPÓ 2019).

A búza fedezi a világ népesség kalória és fehérje igényének legalább 20 %-át (BRAUN 2010).

219 millió hektáron folyt a búza termesztése a világon 2020-ban, 3,4 t/ha termésátlaggal. Az összes megtermelt búza mennyiség ebben az évben 760 tonna volt (1. ábra) (INTERNET3).

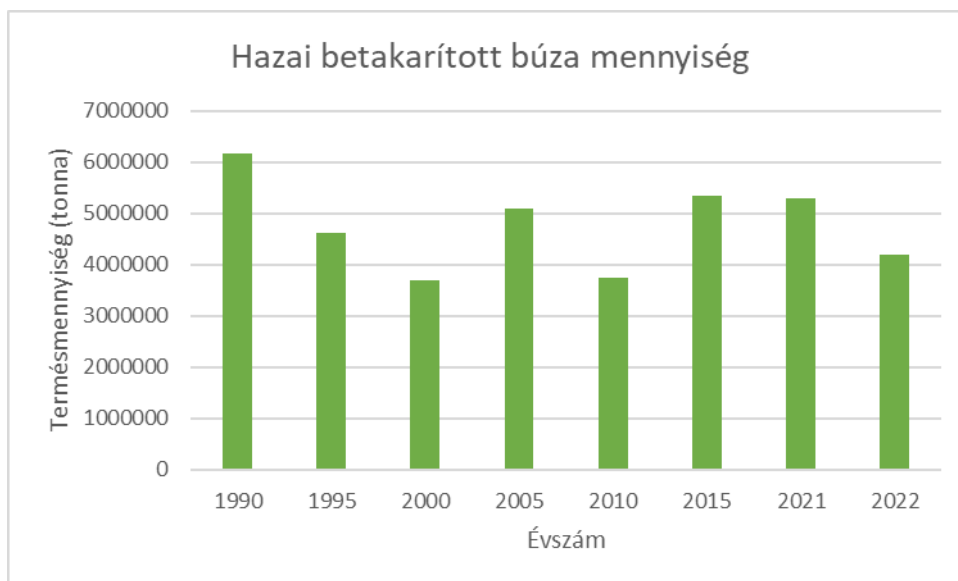


1. ábra Betakarított búza termésmennyiség a világon 1961-2020 között

2.3. Búzatermesztése itthon

A hazai növénytermesztés erősen gabonacentrikus, ezt mutatja az, hogy a szántóterületünk 65%-án valamilyen gabonaféle kerül termesztésre. Ezek közül kiemelkedik a búza, valamint a kukorica (IZSÁKY 2004). Magyarország egész területe alkalmas a búza termesztésére, a nagyobb termőképesség miatt az őszi változatok részesülnek előnyben. Legnagyobb búzatermő területek az Alföldön, illetve az Alföldhöz kapcsolódó dunántúli megyékben vannak. Legmagasabb terméseredmények a Dunántúlon vannak, míg jobb sütőipari minőséget általában az Alföldön érnek el (PEPÓ 2019).

2022-ben 950 632 hektáron 4,4 t/ha termésátlaggal folyt a búzatermesztése itthon (2. ábra) (INTERNET2).



2. ábra Hazai betakarított búza mennyiség 1990-2022 között

2.4. A *Fusarium* fajok jelentősége

A gombák mikotoxinokat termelhetnek megfelelő hőmérséklet, páratartalom és elegendő tápanyag mellett. Elmondható, hogy az összes mikotoxin gomba eredetű, de nem minden gombák által termelt mérgező vegyület mikotoxin. Az 1960-as években kezdtek először érdemben a mikotoxinokkal foglalkozni. Manapság az általuk kiváltott betegségek vannak inkább már a középpontban. Eddig 400 mikotoxint azonosítottak, melyek közül a legfontosabb mikotoxin termelő fajok az *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* és a *Fusarium* nemzetségekhez tartoznak. A mikotoxinokon belül megkülönböztetünk hepatotoxinokat, nephrotoxinokat, neurotoxinokat, immunotoxinokat stb (ULGER et al., 2020).

Hazánkban legnagyobb mértékben előforduló toxin az aflatoxin B1. Nagyságrendileg sorrendben követi ezt a DON (vomitoxin), az ochratoxin-A, az F2-toxin (zearalenon), a fumonizinek (B1+B2), a T-2 toxin, a patulin, a HT-2 toxin, a fusarenon-X, a neosolaniol, a nivalenol, a DAS (vomitoxin), a fumorozinek (B1, B2) és a citrinin (BOTH és BARANYAI 2022).

A kalászos gabonák és a kukorica fuzáriumos betegségei világszerte jelentős termésvesztést és mikotoxin szennyezettséget okoznak, amelyek közül néhány nagyon káros hatással lehet az emberek és az állatok egészségére. Az élelmiszerekben és a takarmányokban ezért maximális határértékeket vezettek be a mikotoxinok mennyiségével kapcsolatban azért, hogy megvédjék a fogyasztókat a káros hatásaiktól. A mikotoxin szennyezettséget a környezeti, valamint az agronómiai tényezők nagy mértékben befolyásolják a termesztés során (FERRIGO et al., 2016).

A toxinok a termés héj részében halmozódnak fel, melyek hő hatására se bomlanak el. Az emberi szervezetbe a toxinok bejuthatnak belégzés, lenyelés során, továbbá bőrön keresztül is lehetséges a

felszívódásuk. A különböző mikotoxinok különféle tüneteket okozhatnak a melegvérű szervezetekben (BOTH és BARANYAI 2022).

A trichotecének nagy vegyület családot alkotnak, melybe beletartozik a diacetoxiscirpenol, a T-2 toxin, a nivalenol és a dezoxinivalenol is. A belek nyálkahártya rétege van legnagyobb mértékben kitéve a természetes eredetű toxinoknak, ugyanis ez az első védelmi vonal. Az ételt szennyező vegyületeknek, ideértve a mikotoxinokat is, a belek epithel sejtei a fő célpontjai (MCLAUGHLIN et al., 2004; BOUHET és OSWALD, 2005).

Ezek a toxinok ezért növelik a belső patológiás elváltozások gyakoriságát, ideértve a bélsejtek nekrozisát is, mind emberben és mind állati szervezetben is. A DON hajlamosító tényezőt jelent különféle gyulladásos megbetegedések esetében is, valamint befolyásolja az immunrendszer válaszkészségét és a bél immunsejtjei közötti kommunikációt is (MARESCA és FANTINI, 2010).

A zearalenon nem rendelkezik akut toxikus hatással, ezen vegyület ösztrogén hatású mikotoxin. Kísérletekben sertés és más egyéb állatok esetében is kimutatták szerepüket számos ösztrogén szindrómában (KIM et al., 2005).

Az 1988-ban fedezték fel a fumonizineket, melyek a fuzárium gombák (*Fusarium sp.*) által termelt természetben előforduló toxinok. Széles körben elterjedtek az élelmiszerek, valamint a takarmányok szennyeződése által (például kukorica, köles, zab, rozs, árpa, búza, valamint az ezekből készült termékek). A fumonizinekkel való expozíció faj- illetve szervspecifikus toxicitást eredményezhet. Ilyen például a lófélék neurológiai rendellenessége, a sertések tüdőödémája, embereknél a nyelőcsőrák, valamint rágszálóknál a vese- és máj károsodás (WANGIA-DIXON és NISHIMWE, 2020).

2.5. Agrotechnika

A fertőzőség előfordulása és károsodása a termőhelytől, az évtől és a fajtától függ. A durum búza (*T. durum*) érzékenyebben reagál erre a betegségre, mint a *T. aestivum*. A fertőzött szemekből FISCHL et al. (1993) többek között az alábbi fajokat izolálták: *Alternaria* spp., *Cladosporium* sp., *Gonotobotrys* sp., *Epicoccum* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* spp. Stb.

A kalászfuzáriózis (FHB) komplexen belüli fajok összetételét és arányát meteorológiai és agronómiai tényezők határozzák meg. Tanulmányukban BIRR et al. (2020) 3 különböző fogékony őszi búza fajtát vizsgáltak 5 év alatt. Számos fuzárium faj fordul elő a búzaszemekben. A tanulmányban a *Fusarium graminearum* volt a legelterjedtebb faj, őt követte a *Fusarium culmorum*, a *Fusarium avenaceum* és a *Fusarium poae*, míg a *Fusarium tricinctum* és a *Fusarium langsethiae* csak az alárendelt szerepet játszotta az FHB komplexben a DNS mennyiséget tekintve. Valamennyi fajtánál kimutatták, hogy a fajok mennyiségi előfordulása és a mikotoxin-koncentráció között összefüggés

van. Toleránsabb fajtáknál magasabb fertőzöttségű években is alacsonyabb volt a DNS-mennyiség és mikotoxin-koncentráció. A vizsgált tenyészidőszakokban a DON- és a ZEA-koncentráció különbségei a virágzás során előforduló nedvesség tényezőktől függtek, míg a magas csapadék mennyiség és relatív páratartalom volt a búza *Fusarium* fertőzöttségében a meghatározó meteorológiai tényező. Rendkívül pozitív összefüggéseket találtak a csapadék és relatív páratartalom, valamint a virágzás alatti *F. graminearum*, DON és ZEA koncentrációk DNS-mennyisége között, míg ezek az összefüggések jóval gyengébbek voltak néhány nappal a virágzás előtt és után.

A tanulmányuk során BECCARL et al. (2019) őszi búzát vizsgáltak üvegházi körülmények között, azért, hogy megállapítsák, hogyan befolyásolja az FHB-t az agresszív *F. graminearum* fertőzésének időzítése a viszonylag gyengébb fajokhoz képest (*F. avenaceum*, *F. poae* és *Fusarium acuminatum*). A mérések során a kalász tüneteit vizuálisan értékelték, a gomba biomasszáját valós idejű kvantitív PCR-rel számszerűsítették, illetve a szekunder metabolitok felhalmozódását a magokban folyadékkromatográfiával-tandem tömegspektrometriával számították. A *F. graminearumot* az oltás időzítése nem befolyásolta, míg a gyengébb kórokozók a későbbi időpontokban súlyosabb betegségeket okoztak. A *F. graminearum* biomassza, valamint a szekunder metabolitok felhalmozódását az oltás időzítése erősen befolyásolta, míg a gyengébbeknél kevésbé.

EDWARDS és JENNINGS (2018) tanulmányának célja a fuzárium-mikotoxinok modellezése volt az agronómiai tényezőkkel szemben annak meghatározása érdekében, hogy a betakarított búza mikotoxin-szintjére melyek gyakorolják a legnagyobb hatást. 7 éves kísérletben vizsgáltak számos területet és gyűjtöttek róluk kapcsolódó agronómiai adatokat. Az eredmények a fuzárium-mikotoxin szintek nagy szezonális változásait mutatták. Magas szintek 2008-ban és 2012-ben voltak, melyekben a deoxinivalenol (DON) és a zearalenon (ZON) nagymértékben túllépte a megengedett törvényi határértéket. Alacsony értékeket 2006-ban 2011-ben mértek. A legnagyobb kockázati tényezők az elővetemények voltak. A gabona mikotoxin-fejlődésének legnagyobb kockázata a kukorica, mint elővetemény és az ezzel járó minimális talajművelés volt. Ezen tényezők együttes hatására a DON és a ZON szintek 20-szor és 14-szer magasabbak lettek, mint más termesztés kombinációknál. A másik kockázati tényező a betakarítás időpontja volt, mely, ha egy hónapot késett 10-szer, illetve 25-ször magasabb DON és ZON koncentrációt eredményezhet. Ezek az eredmények rávilágítanak a búzában a fuzárium-mikotoxinok rendkívül szezonális változásaira és az agronómiai tényezőkre, amelyeket kerülni kell a betakarított búza fuzárium-mikotoxinszintjének minimalizálása érdekében.

MATUSINSKY et al. (2016) hosszú távú kísérleteket végeztek az elővetemény és talajgazdálkodási módszerek hatásainak értékelésére, az őszi búza és a tavaszi árpa szemtermésének *Fusarium*

mikotoxin (DON, deoxynivalenol) szennyezettségére. Csehországban két különböző helyen termesztettek őszi búzát és tavaszi árpát, különböző elővetemények után. Egyik helyen lucerna, kukorica, borsó volt, másik helyen pedig lucerna (búza esetében), cukorrépa (árpa esetében) és kukorica. Emellett különböző mélységű talajműveléseket is alkalmaztak. A betakarított gabona mikotoxin-tartalmát ELISA módszerrel elemezték. A búza és az árpa kísérletek mindkét helyén az évjáratnak is jelentős hatása volt a gabonák mikotoxintartalmára. Az elővetemény is nagyon jelentős tényező volt a búzakísérletek mindkét helyén. A gabona DON-tartalma magasabb volt kukorica után, mint más elővetemények esetében. A legnagyobb DON-tartalmat akkor mérték, amikor sok szármaradvány maradt betakarítás után az adott területen.

A *Fusarium* spp. fertőzés általában helyi eredetű, nem pedig egy távolról beérkező betegség. Leginkább egy adott táblán belül szaporodik fel, majd terjed el. Két szomszédos tábla is nagy eltéréseket tud mutatni, abban az esetben is, ha ugyanazzal fajjal fertőzöttek. Ennek megelőzésére is nagyon fontos, hogy ne maradjanak fertőzött növényi részek a talaj felszínén, mivel ezek nagy mértékben megnövelhetik a járványveszélyt. Például a búza (*T. aestivum*) – kukorica (*Zea mays*) váltás képes leginkább a járványok kockázatát megnövelni. A legjobb növényvédőszerekkel és technológiával se védhető ki a fertőzés egy fogékony fajta esetében egy rosszul elmunkált kukorica elővetemény után. A fajták ellenállósága befolyásolja, hogy mennyire védhető egy adott fajta. Például egy ellenállóbb fajtát nagyobb esélyünk van megvédeni. Emellett a növény magasság is meghatározó tényező, mivel a magasabb fajták kevésbé szoktak fertőződni. A dőlés hátrányos tulajdonság, mivel nagyobb a fertőzés esélye, hosszabbak a nedves időszakok, így lassabban tud felszáradni a gabona. A kalászt közvetlenül kell védeni, mivel a transzlokáció is fajtatulajdonság lehet, továbbá a fungicidek jelentős része alig vándorol tovább a kezelt szervekből. A hosszan elnyúló virágzás se kedvez a védekezés megfelelő időpontban történő elvégzéséhez. A koraiság előnyös fajta tulajdonság, mivel ilyenkor a viaszérés elejéig is eltarthat a fungicidek hatása. Ezzel szemben a hosszú tenyész idejű fajták a fungicidek lebomlása után is még fertőződhetnek erősen (MESTERHÁZY 2010).

SHAH et al. (2005) a fuzáriumos betegségeket okozó gombafajok magfertőzésének előfordulását monitorozták 1999-től 2002-ig Olaszország északi, középső és déli termőövezetében. A vizsgálat során két őszi- és három durum-búza-fajtát alkalmaztak. A főbb gomba fajok a *F. graminearum*, a *F. poae* és a *Microdochium nivale* voltak. Mind a durum-búza, mind az őszi-búza fajták esetében a termesztési zóna jelentősen befolyásolta a fertőzött vetőmagok gyakoriságát. A fertőzés előfordulása általában az északi zónától a déli zónáig csökkent. A különböző *Fusarium* fajok vetőmagfertőzésének incidenciája kétszer-négyszer magasabb volt durumban, mint a vizsgálatban szereplő őszi búza fajtáknál. A két őszi búza fajta között nem volt szignifikáns különbség a

fertőzőttségi gyakoriságot tekintve, de a durumfajták vetőmagfertőzőttségi szintjét tekintve eltértek egyes kórokozóktól. Az eredményeik azt mutatták, hogy a durumfajtáknál nagyobb a kockázata a magfertőzésnek a *Fusarium* fajok által, valamint területileg tekintve az Észak-Olaszországban termesztett búza esetében nagyobb a magfertőzés veszélye.

2.6. Rezisztencia

32 őszi tritikálé és 34 őszi búza (*T. aestivum*) tenyészetben értékelte GORAL et al. (2016) a fuzáriummal szembeni rezisztenciát. Szántóföldi kísérletekben két helyen vetettek tritikálét és búzát. A virágzás idején a kalászokat *F. culmorum* izolátummal oltották be. A *Fusarium*-fertőzés mennyiségét feljegyezték és a betakarítás után meghatározták a *Fusarium* károsodott szemek százalékos arányát. A gabonákat B típusú trichotecének (deoxinivalenol és származékai, nivalenol) és zearalenon (ZEN) tartalmára elemezték. Az átlagos fuzáriumos fertőzési index a búza esetében 28,0%, a tritikálé esetében pedig 19,2% volt. A *Fusarium* károsodott szemek százalékos aránya szintén magasabb volt a búzánál, mely 55,6% volt, míg a tritikálé esetében ez az arány 40,2%. A búza átlagos deoxinivalenol (DON) tartalma 11,65 mg/kg volt, ami alacsonyabb, mint a tritikálénál mért 14,12 mg/kg. Az átlagos nivalenoltartalom mindkét gabonafélében hasonlóan alakult: a búzánál 4,13 mg/kg, a tritikálénál 5,19 mg/kg. Jelentős mennyiségű DON származékot is kimutattak a gabonafélékben. A szem ZEN-tartalma búzánál 0,60 mg/kg, tritikálénál 0,66 mg/kg volt. A fuzáriumos fertőzőttségi index, a fuzáriummal károsodott szemek és a mikotoxin-tartalom közötti összefüggések statisztikailag szignifikánsnak bizonyultak a búzánál, és többnyire jelentéktelenek a tritikálé esetében. A tritikálé kalásza és szemtermése kevésbé fertőződött, mint a búzáé. A B típusú trichotecének tartalma azonban magasabb volt a tritikálében, mint a búzában. A Martonvásáron fenntartott génbank több régi magyar búzafajta populációját tartalmazza. Korábbi megfigyelések azt mutatták, hogy a *Fusarium* fajokkal mesterségesen beoltott kísérletekben a Bánkúti 1201 fajta kiemelkedően ellenálló volt a kalászfuzáriózissal szemben. VIDA et al. (2008) az oltási vizsgálatokat az 1960 előtt nemesített magyar búzafajták kalászfuzáriózis rezisztenciájának ellenőrzésére végezték el. Négy év átlagában ezeknek a búzafajtáknak és a belőlük származó vonalaknak a szántóföldi kalászfertőzőttsége 10,2 és 62,5% között mozgott. 11 vonal fertőzőttségi aránya 20% alatt volt, míg 23 vonal fertőzőttsége statisztikailag megegyezett a rezisztens kontrolléval.

GORAL és OCHODZKI (2017) fuzárium rezisztenciát négy *Triticum* faj esetében tapasztaltak, ezek: közönséges búza (*T. aestivum*) (modern és régi fajták), tönkölybúza (*T. spelta*), tönke búza (*T. dicoccum*) és alakor búza (*T. monococcum*). Elemezték a kalász fertőzőttséget, a magok károsodását és a trichotecén toxinok felhalmozódását a szemekben. A modern kenyérbúza fajták voltak a

legfogékonyabbak a fertőzésre, továbbá a legellenállóbbak a tönke és az alakor fajták voltak. A magok károsodása a legkevesebb volt a tönke és a tönkölybúzában, a legmagasabb pedig a kenyérbúzára volt jellemző. A toxin felhalmozódásában nem figyeltek meg szignifikáns különbséget a négy gazdafaj között. A legnagyobb mennyiségű DON-t a modern fajtákban találtak, a legkevesebb mennyiséget pedig a régi kenyérbúzában. Az alakor búzában mutatták ki a legnagyobb nivalenol mennyiséget, a legkevesebbet pedig a régi kenyér búza fajtákban. A rezisztenciája széles variációját figyelték meg mind a négy fajban.

2.7. Növényvédelem

A protiokonazol, egy királis triazol gombaölő szer, melyet széles körben használnak a búza fuzáriumos fertőző betegségének (FHB) leküzdésére. A *F. graminearum*, mint a kalászfuzáriózis fő kórokozója, számos másodlagos metabolitot képes termelni, beleértve a deoxinivalenolt (DON), amely veszélyezteti az emberek és az állatok egészségét is. Egyes fungicidek azonban bizonyos körülmények között akár több DON szintézisére is serkenthetik a *F. graminearumot*. Az R-(-)-protiokonazol *F. graminearum* elleni fungicid hatása minden körülmények között 9,12-17,73-szor magasabb volt, mint az S-(+)-protiokonazolé. A protiokonazol enantiomerek arra készíthetők a *F. graminearumot*, hogy több DON-t szintetizáljon 0,99 vízaktivitás (aw) és 30 °C mellett, különösen az R-(-)-protiokonazol. A metabolikus adatok alapján az R-(-)-protiokonazol szignifikánsan befolyásolhatja a fenilalanin metabolizmusát. LI és LIU (2022) eredményei segíthetnek megérteni a protiokonazol-enantiomerek kockázatát a *F. graminearum* DON-termelésében, valamint feltárni a protiokonazol-enantiomerek mechanizmusait.

HYSING és WIIK (2014) a magról származó *Fusarium* spp. és a *M. nivale* fertőzést vizsgálták tavaszi búzában, őszi búzában és zabban. A kísérlet Svédországban zajlott, melyben a szántóföldi kísérletek során vizsgálták a terméshozam, az ezerszemtömeg, a szem térfogattömeg, a glutén, a fehérje, a keményítő, a szalma mennyiséget és a növényesűrűséget. A magas és alacsony fertőzöttségű vetőmagot összekeverve hat fertőzési szintet kaptak 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 és 0/100 arányban. A magot kezeletlen vagy Celest Extra Formula M-mel (CEFM, difenokonazol + fludioxonil), illetve Celest Formula M-mel (CFM, fludioxonil) kezelték. A kezeletlen vetőmaggal végzett szántóföldi kísérletekben csak egyes agronómiai jellemzők és szintek esetében volt szignifikáns különbség a fertőzési szintek között. A tavaszi búzában a CEFM-mel végzett fungicid vetőmagkezelés nem volt szignifikáns hatással a legtöbb agronómiai jellemzőre, beleértve a termést is. Az őszi búzában és a zabban a CFM-mel végzett magkezelés 7-11%-kal növelte a termést és akár 33%-kal a növényesűrűséget, miközben a többi karakterre nem volt hatással. A gombaölő szeres

vetőmagkezelés tehát főként az alacsony-közepes *Fusarium/Microdochium spp.* fertőzést befolyásolta, és alig vagy semmilyen hatással nem volt más agronómiai tényezőkre.

MAY et al. (2010) tanulmányukban értékelték a kereskedelembe kapható fungicid magkezelések hatásait a közönséges búza, durumbúza és az árpa fuzárium-fertőzött vetőmagjából kifejlődő növények megjelenésére, növekedésére, valamint termésmennyiségére. A fertőzött magrészeket 12 kombinációval kezelték. A magasabb *F. graminearum* fertőzéssel (63%) rendelkező vetőmagoknál a fungicid magkezelések javították a növények megjelenését, illetve a termésmennyiséget is. A mérsékelt fertőzésszintű (25–35%) vetőmagokban a magkezelések javították ugyan a növények megjelenését, de nem voltak hatással a termés mennyiségére. Az alacsonyabb *F. graminearum* fertőzésű (5–10%) vetőmagokban a magkezelésnek nem volt szignifikáns hatása a növények habitusára vagy a termés mennyiségére. A tőszám növeléssel a termés mennyiség csökkenését megakadályozták, kivéve a nagyobb fertőzéssel rendelkező vetőmagtételknél. A tényleges növényesűrűség azonban gyakran elmaradt a megcélzott növényesűrűségtől, ami azt jelzi, hogy a szántóföldi csíra pusztulás meghaladta a magvetéskor feltételezett 5% -ot. A vetőmagkezelések nem javították jelentősen a betakarított gabona vizsgálati súlyát, agronómiai teljesítményét.

Kísérletükben CHAI et al. (2022) az FHB szabályozását vizsgálták a kórokozó fiziológiai viselkedése szempontjából. Autofágias inhibitorokat és aktivátorokat használtak, és mérték a *F. graminearum* patogenitási mutatóit. Az eredményeik azt mutatták, hogy nitrogénben gazdag körülmények között a makroautofágia gátlása és aktiválása nagymértékben csökkentette a micélium tömegét 0,28 és 0,25 g/ml-re 24 óra alatt, ami 17,82 és 24,77%-kal volt alacsonyabb, mint a kontroll kezelésénél. A mitofágia gátlása szintén szignifikánsan csökkentette a micélium tömegét ($P < 0,05$). A konídiumok termését az autofágia előfordulásával kapcsolatos tényezők befolyásolták. Azt találták, hogy az autofágia gátlása és aktiválása egyaránt csökkentheti a *F. graminearum* konidációját. A makroautofágia aktiváló kezelések búza tápközegében a toxintartalom szignifikánsan magasabb volt, mint a kontroll kezelések esetében ($P < 0,05$). A mitofág nem befolyásolta a *F. graminearum* fertőzőképességét. Összefoglalva, a makroautofágia és a mitofágia gátlása csökkentheti a *F. graminearum* patogenitását, ami új perspektívát jelenthet a növények gombás megbetegségeivel elleni védekezésben.

2.8. Antagonisták

A *Sphingomonas* nemzetséghez tartozó baktériumok, az *Aureobasidium pullulans* élesztőszzerű gomba és a *Debaryomyces hansenii* élesztő természetesen kolonizálják a búzaszemet. Ezen mikroorganizmusok kiválasztott izolátumai, amelyek a *Fusarium spp.* ellen antagonisták, a búzakalászosokra alkalmazhatók a kémiai védekezési módszerek kiegészítésére. WACHOWSKA et

al. (2022) vizsgálatának célja az őszi búzaszemek *Fusarium* mikotoxin-tartalmának meghatározása volt in vivo és szántóföldi körülmények között, valamint az antagonista mikroorganizmusok, valamint a *F. culmorum* és *F. avenaceum* kórokozók közötti kölcsönhatások elemzése. Tizenhét, a *Fusarium* gombák által termelt toxikus metabolitot azonosítottak a gabonában: deoxinivalenol, deoxinivalenol-3-glükózid, culmorin, 15-hidroxi-culmorin, 5-hidroxiculmorin, HT-2 toxin, nivalenol, nivalenol-3-glükózid, auronin-fusarin, equisetin és apicidin. Az integrált gombaölő és biológiai kezelések szántóföldi körülmények között 141,36-ról 72,76 µg/kg-ra csökkentették a szem deoxinivalenol szintjét. Deoxinivalenol nem volt kimutatható a *D. hansenii* szuszpenzióval kezelt gabonában, és a culmorin tartalom 38-szor alacsonyabb volt, mint a nem védett gabonában. A *D. hansenii*-vel végzett fungicidek és integrált kezelések szintén csökkentették az enniatin A1-tartalmat 76,61 és 48,17%-kal. Az in vitro élesztőgombák jelentősen, 7,67-92,87%-kal csökkentették a moniliformin és az enniatin koncentrációját. Az antagonista mikroorganizmusok, amelyek az antibiózis és a tápanyagokért való versengés révén gátolják a *Fusarium* gombák növekedését, hatékonyan csökkenthetik a kiválasztott *Fusarium* toxinok termelését, ha az integrált megközelítésben fungicidekkel kombinálják.

A *F. culmorum* elleni antagonisták hatékonyságának értékelésére ROBERTI et al. (2000) 2 éves terepi vizsgálatot végeztek két kísérletben. A 'Vitron' durumbúza vetőmagjait, amelyeket természetes körülmények között fertőzött *F. culmorum* 20%-ban, öt antagonista gomba konídiumszuszpenziójával vonták be: *Trichoderma atroviride*, *T. longibrachiatum*, *T. harzianum*, *Gliocladium roseum* és *Penicillium*, melyeket az első kísérletben talkumporhoz adtak. A másodikonál a magvakat talkum + élesztő (0,2%) és *G. roseum* vagy *T. harzianum* kombinációval kezelték. A fertőzött kontrollhoz képest minden biológiai kezelés mindkét kísérletben szignifikánsan növelte a kelést, a téli túlélést, a kalászok számát és a termést, valamint csökkentette a betegségek előfordulását és súlyosságát mindkét kísérletben. Az élesztő hozzáadása kis mértékben csökkentette a beteg növények számát. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a búzát fertőző *F. culmorum* részben kontrollálható biológiai csávázó kezeléssel, még ha a növényvédőszerek (prokloraz + mankozeb, guazatin, tebukonazol + tiram) biztosítják is a legjobb védelmet, nem tudják a termesztési időszak végéig ezt fentartani.

REDDY et al. (1999) kísérletükben két tavaszi búzafajtánál (Norseman és Max) a búzamag kitozán-kezelése (2-8 mg/ml) szignifikánsan javította a magok csírázását az ajánlott vetőmag-minősítési szabványokig (>85%). Emellett a vigor is nőtt a 4 mg/ml-nél nagyobb koncentrációjú kezeléseknél. A kísérletben a vetőmag által terjesztett *F. graminearum* fertőzés leküzdését is vizsgálták. A csírázás 80%-nál alacsonyabb volt a kontrollban és 85%-nál magasabb a benomillal és kitozánnal kezelt

magvakban. A magból származó *F. graminearum* 50% alá csökkent a magasabb kitozán-kezeléseknél a kontrollhoz képest. A kitozánkezelést követően a fenolsavak szintézise serkentődött a primer levelekben, és ezen fenolos savak, különösen a ferulinsav szintje jelentősen megnőtt a kitozánkoncentráció növekedésével. Az elsődleges levelek lignintartalma is hasonló mintázatot mutatott. A lignin prekursorainak, valamint antimikrobiális hatású fenolsavnak, a szintézisét a kitozánkezelés is serkentette. A fenolos savak és a lignin indukciója szignifikánsan alacsonyabb volt a Max fajtánál a Norsemanhoz képest. A kitozán továbbá gátolta a gombák terjedését a csírázó palánták elsődleges gyökereinél. Az eredményeik azt mutatják, hogy a kitozán meggátolta a mag által terjesztett *F. graminearum* fertőzést, és növelte a palánták ellenállását a fenolok és a lignin felhalmozódásának serkentésével. Így a kitozán potenciálisan javítja a vetőmag minőségét és növeli a terméshozamot, valamint növeli a tárolt gabonák értékét élelmiszerként és takarmányként.

2.9. Vizsgalati módszer

A fuzáriumos betegség leküzdésére irányuló fő munkaműveletek a patogenezis mechanizmusainak kutatása, valamint a betegségekkel szembeni ellenálló növények nemesítése. Ezen műveletek hatékonyságához megbízható oltási vizsgálatok kellenek, melyekhez pontos és megismételhető oltási módszerek szükségesek. Ezért a hatékony búzaoltás standard eljárásának javítania kell a patogenitás értékelésének pontosságát. FENG et al. (2018) egy protokollt hoztak létre a búzakalászhok beoltásához gomba konidium szuszpenziókkal, illetve gomba agar korongokkal. Ezek a módszerek nagy reprodukálhatóságot és pontosságot mutatnak a búzafertőzési kísérletben laboratóriumi körülmények között.

XI et al. (2008) vizsgálatukban a szisztémikus fertőzés lehetőségét vizsgálták, mivel a szakirodalomban ellentmondásos eredmények vannak a kalászfuzáriózis kialakulásához vezető fertőzési útvonalokról. *F. graminearum* és *F. pseudograminearum*-mal oltottak be olyan tenyészedényeket, melyekben AC Lacombe és Chevron árpa (*Hordeum vulgare*) magokat vetettek. Emellett még természetes úton fertőződött árpa- és búzamagokat is értékelték, hogy megfigyeljék a növekedés során a *F. graminearum* eljutását a magból a szárba. A természetesen fertőződött magvak körülbelül 50%-a vagy nem kelt ki, vagy a palánták röviddel a kelés után elpusztultak. A „crown” területén micélium növekedést és sporulációt figyeltek meg. Izolálással azonosították a *F. graminearum*-ot és a *F. pseudograminearum*-ot. A gombák hifái többnyire a parenchyma szövetében helyezkedtek el. Nem találtak bizonyítékot az alkalmazott oltási módszerrel, az adott kísérleti körülmények között arra, hogy a vetőmag vagy a föld alatti növényi részek szisztémikus fertőzése kalászfuzáriózishoz vezetett volna. A *F. graminearum* és a *F. pseudograminearum* által okozott fertőzés és az azt követő szisztémikus terjedésük az alsó szár megfertőződéséhez vezetett.

2.10. Az ózon hatásai

A deoxinivalenol (DON) a *F. graminearum* másodlagos metabolitja, amely mindig megtalálható a búza *Fusarium* fajok által okozott betegségében. Ebben a tanulmányban LI et al. (2015) gáznemű ózont használtak mind a DON-oldat, mind a fertőzött búza kezelésére, hogy megvizsgálják az ózonkezelés hatékonyságát a DON lebontására, valamint az ózon hatását a búza minőségi paramétereire. Megállapítást nyert, hogy a gáznemű ózon jelentős hatással volt a DON oldatban történő csökkentésére, amikor 10 mg (-1) gáznemű ózont használtak 1 µg (-1) DON-oldat kezelésére, a DON lebomlási sebessége 93,6% volt 30 másodpercen belül. A magasabb koncentrációjú ózonnal kezelt DON-oldat alacsonyabb kezdeti koncentrációt és hosszabb ideig nagyobb DON lebomlási sebességet mutatott. A gáznemű ózon hatásos volt a DON ellen a fertőzött búzában. A DON lebomlási sebessége az ózonkoncentrációval és a feldolgozási idővel nőtt. Az ózonoxidáció folyamatában a magasabb nedvességtartalommal bíró tételek érzékenyebbek voltak az ózonra azonos körülmények között, mint az alacsonyabb nedvességtartalmúak. Minden mintát különböző koncentrációjú ózonnal kezeltek 4 órán keresztül, hogy megvizsgálják az ózon hatását a búza minőségére. A búza keményítő tulajdonságaiban nem tapasztaltak jelentős káros változásokat, miután az összes mintát 4 órán belül ózonnal kezelték. Ezzel szemben a tételek kidolgozási ideje és stabilitási ideje kismértékben megnőtt, ami azt jelentette, hogy az ózonkezelés után javult a liszt minősége.

A búzaszemek *F. graminearum* általi szennyeződése közvetlenül kapcsolódik a deoxinivalenol (DON) termeléséhez. A gombák növekedésének leküzdése érdekében az ózongázt (O-3) széles körben használták már élelmiszer-laboratóriumi kísérletekben, viszont az O-3 nagy dózisú alkalmazása befolyásolhatja a szem minőségi jellemzőit. SAVI et al. (2015) vizsgálatának célja az volt, hogy felmérje az O-3 kezelés hatékonyságát *F. graminearummal* és DON-nal mesterségesen szennyezett búzaszemeken. Ezenkívül számos fizikai és biokémiai tulajdonságot vizsgáltak a kezelés után. A vizsgálatokat szemcséket tartalmazó laboratóriumi „pilot cylinder”-ben végezték, kontroll csoportokra (nem O-3 gáz) és kezelt csoportokra (40 és 60 mol/mol) osztva, amelyeket 30, 60, 120 és 180 percig exponáltak. 30 perces O-3 expozíció után a *F. graminearum* szignifikáns növekedési csökkent mindkét koncentrációban, a teljes gátlás 180 perc után következett be. Ami a mikotoxinokat illeti, a maghéj és az endospermium DON szintje csökkent, és 120 perces expozíció után a DON mindkét szemrészből eliminálódott. Ezt követően a fizikai és biokémiai analízis kimutatta, hogy csak 180 perces O-3 expozíció után volt szignifikáns különbség a kontroll és a kezelt búzakeményítő karboxil tartalma között. Az O-3 kezelés alkalmazása csak 180 perces expozíció után befolyásolta a búza csírázását, 12,5%-kal csökkentve a csírázóképesességet. Ezenkívül

a csíráztatott búza magvak gyökerének hosszában nem történt változás. Összefoglalva, az O-3 gáz hatásos volt a gombák növekedése ellen és DON lebomlását okozta, különösen 120 perc után 60 mól/mol koncentráció mellett anélkül, hogy fizikai és biokémiai változásokat okozott volna a teljes kiőrlésű gabonákban.

A *F. graminearum* és más *Fusarium* fajok által okozott betegség világszerte gazdaságilag jelentős a búza és más gabonafélék esetében. A *Fusarium* toxintermelésével és növekedésének szabályozásával kapcsolatos kutatások kulcsfontosságúak a búza mikotoxin-szennyeződésének megelőzésében és ellenőrzésében. Tanulmányukban WANG et al. (2022) a fertőzött búzából izolált tipikus *Fusarium* törzsek toxigén potenciáljának molekuláris azonosítását és gázfertőtlenítési szabályozását vizsgálták. Az eredményeik azt mutatták, hogy a klór-dioxid viszonylag alacsony koncentrációban (300 ppm) rövid időn belül (0,5 óra) képes elpusztítani a *Fusarium* spórákat és a micéliumot, míg az ózon csak a *Fusarium* spórákat tudta elpusztítani, nincs nyilvánvaló gátló hatása a micélium növekedésére, még 1400 ppm koncentrációban sem. Összességében a gáz halmazállapotú ClO₂ jelentősen gátolhatja a *Fusarium* növekedését, ideális fertőtlenítőszer lehet a gombák által szennyeződés leküzdésére a gabona betakarítás utáni tárolása során.

Laboratóriumi őrlésnél az ózonnak a liszt minőségére gyakorolt hatását vizsgálták ZHUANG et al. (2020). A DON mennyiségét nagy teljesítményű folyadékkromatográfiával határozták meg. Az eredmény azt mutatta, hogy minden kezelés 1,00 mg/kg alá csökkentheti a liszt DON-tartalmát. Az ózongázzal kezelt búzaszemek temperálás után a legmagasabb DON lebomlási rátával rendelkeztek. Az ózonozás nem okozott szignifikáns különbséget a sikérminőségben, a viszkozításban és keverési tulajdonságokban, amikor a búzaszemeket ózongázzal vagy ózonos vízzel kezelték. Bár az ózongázzal kezelt lisztnek volt a legmagasabb fehérjéje (85,56), de ez negatívan befolyásolta a többi minőségi mutatót. Az eredmények szerint az ózongázzal kezelt temperált búzaszemekben nemcsak a DON bomlik le hatékonyabban, hanem a liszt minőségét is biztosíthatja.

A deoxinivalenol (DON) egy fontos mikotoxin, amelyet *Fusarium* fajok termelnek. Gyakran előfordul a búzaszemekben, és gyakran társul a módosított DON-3-glükozid (DON-3-Glc) jelentős mennyiségével. Az ózon (O-3) egy erős fertőtlenítő és oxidálószer, amely a GRAS (Generally Recognized As Safe) besorolása szerint könnyen reagál bizonyos vegyületekkel, beleértve a mikotoxinokat, az aflatoxinokat, az ochratoxin A-t, a trichotecéneket és a zearalenont. Vizes oldatban lebontja a DON-t, és hatékony lehet a gabona fertőtlenítésére. PIEMONTESE et al. (2018) tanulmánya a gáznemű ózonkezelések hatékonyságáról számol be a DON, DON-3-Glc, baktériumok, gombák és élesztők csökkentésében a természetesen szennyezett durumbúzában.

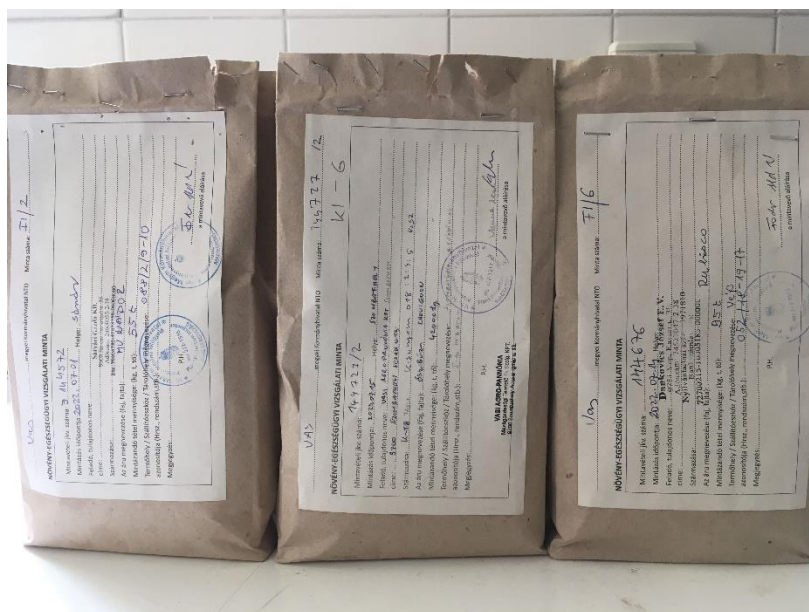
Egy prototípust használtak az ózon folyamatos és homogén adagolására különböző koncentrációkban és expozíciós időkben, 2 kg-os durumbúza tételekben. Meghatározták a durumbúza, a búzadara és a tészta kémiai és reológiai paramétereit nem befolyásoló optimális körülményeket. Az ózonozott búzában a DON és a DON-3-Glc mért átlagos csökkenése 29%, illetve 44% volt. Az ózonozás a baktériumok, gombák és élesztők össz-számának (CFU/g) jelentős ($p < 0,05$) csökkenését is eredményezte a búzaszemekben.

A deoxinivalenol a *Fusarium* gombák által termelt másodlagos metabolit, amely a mezőgazdasági termékek széles skálájában megtalálható, különösen a búzában, árpában, zabban és kukoricában. Ebben a tanulmányban WANG et al. (2016) vizsgálták a DON eloszlását a búzamagban és az ózon expozíciós idejének hatását a DON mérséklésére. A mag külső részében magas koncentrációjú toxint találtak. Nem találtak szignifikáns különbséget ($P > 0,05$) az ózonnal kezelt minták fehérjetartalmában, zsírsavértékében, aminosavtartalmában, keményítőtartalmában, karbonil- és karboxiltartalmában, valamint duzzadókéességében. Ezenkívül az ózonnal kezelt minták nagyobb fehérje mennyiséget mutattak. Ez a megállapítás arra utal, hogy az ózonkezelés egyszerre csökkentheti a DON-szintet és javíthatja a liszt minőségét.

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet mintái

A kísérletet a Vas Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztályának a Növény- és Talajvédelmi Osztályán végeztük a bekerülő búza mintákkal. Ezen mintákat a növényvédelmi felügyelők gyűjtötték be a megyei gazdálkodóktól, illetve gazdálkodó szervezetektől, abból a célból, hogy belőlük megállapítsák a megyei fuzárium fertőzöttségi szintet. Ezen mintákból került kiválasztásra véletlenszerűen három darab (3. ábra) a kísérletünkhöz.



3. ábra A kiválasztott minták

A minták közül az egyik Sárvárról, a Sárvári Gazda Kft.-ből származik, melynek fajtája MV Nádor. A másik Chevignon fajtájú, Kisunyomból a Vasi Agro-Pannóniából került ki, míg a harmadik Rubisco fajtájú és Vépről, Dankovics József E.V.-től származik.

3.2. Az ózonos kísérlet menete

A kísérlet előtt az egész helyiség fertőtlenítésére is sor került, mielőtt nekiálltunk volna. Ez azért lényeges, hogy az esetleg bent lévő egyéb más kórokozók ne befolyásolják a kísérlet kimenetelét. Ezután a mintákból külön-külön tálakba helyeztük a magokat úgy, hogy kontroll minta is maradjon. Ezen tálakat behelyeztük elszívófülkébe, mely típusa FASTER Bio 48, majd ózongenerátorral kezelés alá vetettük (4. ábra). Az ózongenerátor típusa LINCOS ozone generator Z-10M, melynek kibocsátása 10g/h.



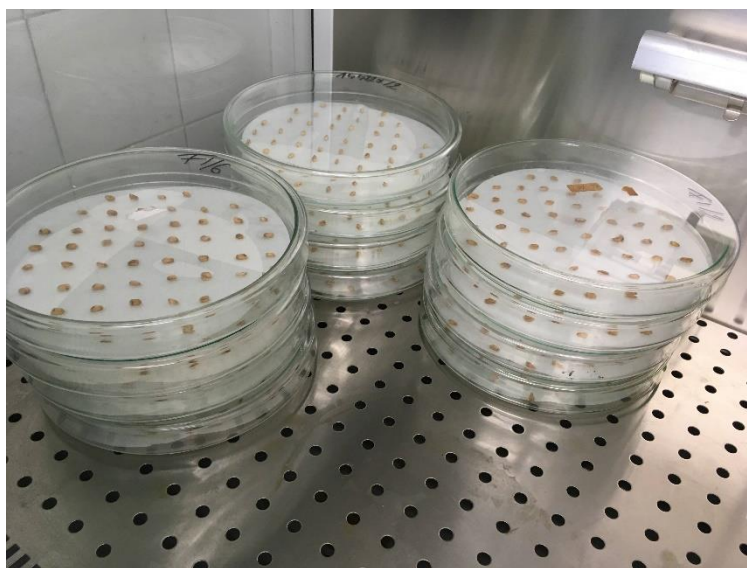
4. ábra Ózongenerátor és a kezelt minták

A kezelés fél óráig tartott, melynek másnapján került sor a magok elhelyezésére a Petri csészékbe, így a behatás ideje 16 óra volt. A Petri csészéket is fertőtlenítettük a kísérlet előtt azért, hogy ezek is sterilek legyenek. Ezt a munkafolyamatot egy mikrohullámú sütőben egy percre végeztük. Miután kihűltek szűrőpapírt helyeztünk a Petri-csészékbe, melyet benedvesítettünk desztillált vízzel. Az így előkészített csészékbe 50-50 darab magot helyeztünk el, ehhez sorvezetőt is használtunk, abból a célból, hogy a magok megfelelően távol legyenek egymástól, a keresztfertőzések elkerülése érdekében. Egy-egy mag lerakása között a használt csipeszt alkohollal majd lánggal (5. ábra) fertőtlenítettük azért, hogy ne vigyünk át kórokozókat egyik magról a másikra, így befolyásolva kísérletet.



5. ábra Fertőtlenítés lánggal

Mind a kezelt és mind a kezeletlen kontrollból 2-2 csészét raktunk le, így összesen 12 csésze felhasználására volt szükség (6. ábra).



6. ábra A kísérlet Petri-csészéi

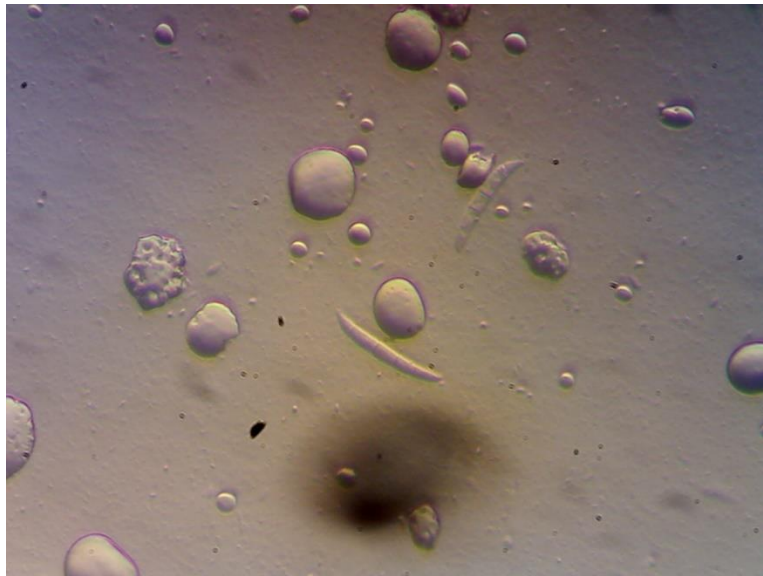
Ezután szobahőmérsékleten folyt a magok csíráztatása, abból a célból, hogy kiderüljön fertőzöttek-e fuzáriummal. A csíráztatás során többször megtekintettünk a minták állapotát. A végső felmérésre 15 nappal később került sor. Ekkor megszámoltuk hány darab mag mutatja a fuzárium fertőzöttség tüneteit, hol található rózsaszínes penészgyep (7. ábra).



7. ábra Az FI/6-os minta állapota a 15. napon

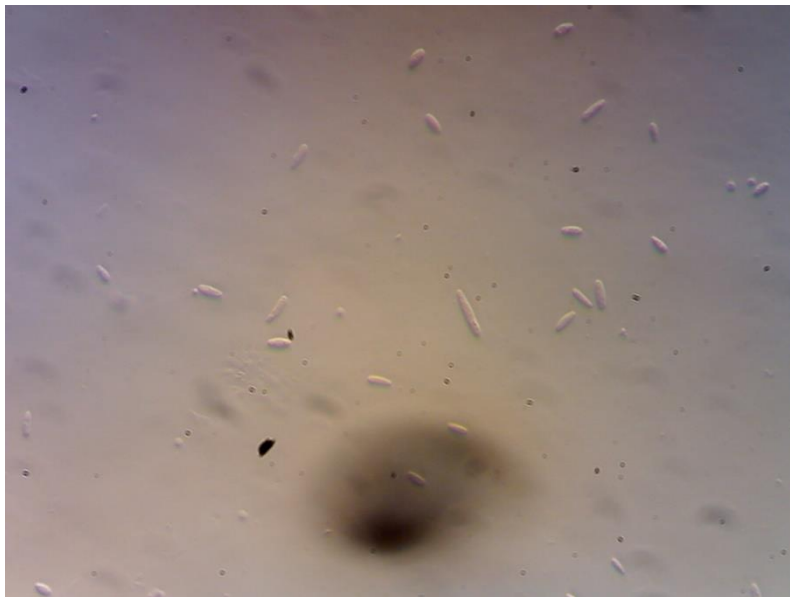
A leszámolás után metszetet is készítettünk a fertőzött gyanús magokról. Ennek során pár csepp desztillált vízbe tárgylemezre helyeztük a kaparékot, melyet a magról szedtünk le, majd letakartuk

fedőlemezzel. Így tettük mikroszkóp alá, és tekintettük meg, hogy láthatóak-e fuzárium konídiumok is. Ezekről fényképet is készítettünk (8. ábra, 9. ábra).



8. ábra *Fusarium* sp. makrokonídiumok

Az vizsgálat során felhasznált mintákat toxinvizsgálatra is elküldtük, hogy kiderüljön mennyi toxin található bennük. Emellett 5 évre visszamenőleg a Hivatal adatai alapján megállapítottam milyen fuzárium fertőzöttségi szintek alakultak, az időjárással, valamint az előveteményekkel összefüggésben.

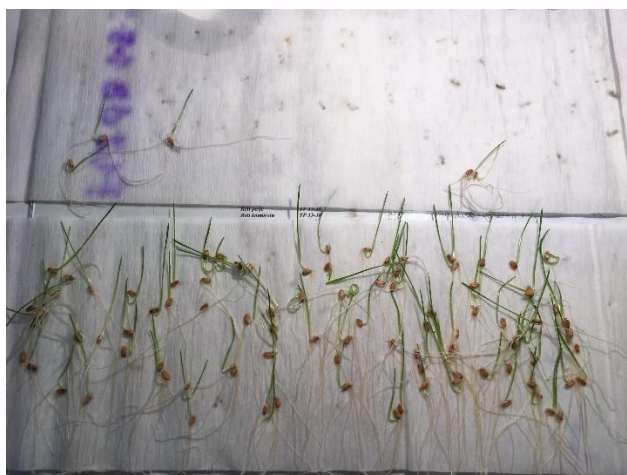


9. ábra *Fusarium* sp. mikrokonídiumok

3.3. A magok csírázásának vizsgálata

A magokat csírázási vizsgálat alá is helyeztük, hogy kiderüljön milyen hatással van az ózonos kezelés a csírázásra. Ezt a tanakajdi Vetőmagvizsgáló Laboratóriumban végeztük el. Itt első körben

leszámoltattunk 100 darab magot magszámláló gép segítségével. Amennyiben a mintánk túl szemetes volt vagy sok tört magot tartalmazott, előzőleg kiválogattuk, mivel ezeket a magnak nem minősülő részeket is egy darabnak számolja a gép. A 100 darab magot előre benedvesített szűrőpapírok közé helyeztük, összecsomagoltuk és feliratoztuk, majd nejlon zacskóba helyeztük. Ezután történt a magok csíráztatása. Először alacsony hőfokon hűtésre került sor 3 napig, majd 20°C-on a lerakástól számított 7. napig csíráztattuk a magvakat. A minták adatait és az eredményeket Csírázókéesség vizsgálati munkalapra jegyeztük fel. Minden mintából 2 ismételtesben helyeztünk le magokat.



10. ábra Csírázási képességvizsgálat

3.4. Külső magfertőzöttségre ható vizsgálat

A vizsgálat során egy mintát használtunk, melynek egyik fele ózonos kezelést kapott, míg a másik a kontroll minta volt. Négy ismételtesben végeztük el a kísérletet. Mind az ózonos és mind a kontroll mintából helyeztünk le Neomagnollal fertőtlenített, illetve nem fertőtlenített tételeket. Így ekkor összesen 16 Petri-csésze felhasználására került sor, ugyanúgy csészénként 50 darab magot helyeztünk el, előre benedvesített szűrőpapírra. Ezen mintákat egy hét eltelte után értékeltük. Ennek célja az volt, hogy a külső fertőzöttségre való hatást vizsgáljuk úgy, hogy a Neomagnollal fertőtlenített tételek kapott értékeit kivonjuk a másik tételek értékeiből.

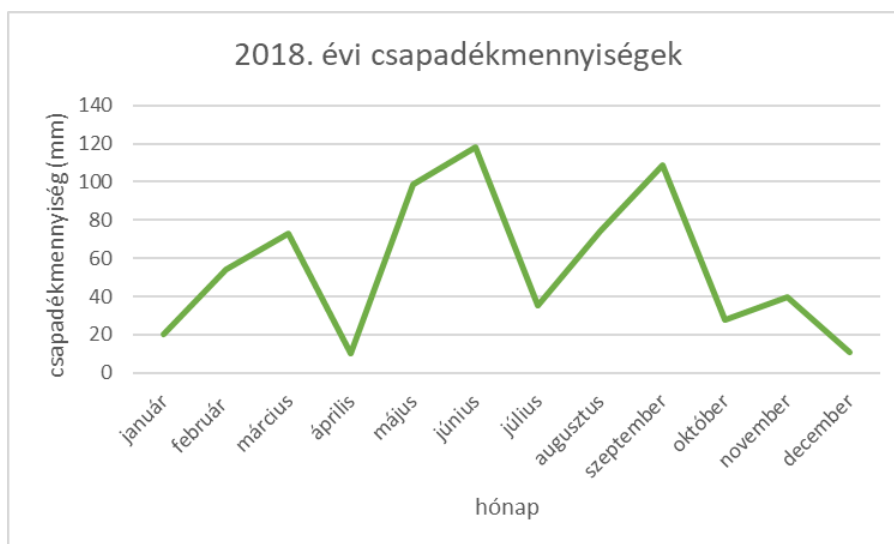
3.5. Adatelemzési módszerek

A kapott adatokat Microsoft Excel adatbáziskezelő programban rögzítettem, majd dolgoztam fel őket. Diagramokon ábrázoltam az ózonos kezelés és a *Fusarium* spp. mennyiségek közti összefüggéseket, valamint a csapadékmennyiségeket és a különböző elővetemények után kialakult fertőzöttségi értékeket is.

4. Vizsgálati eredmények

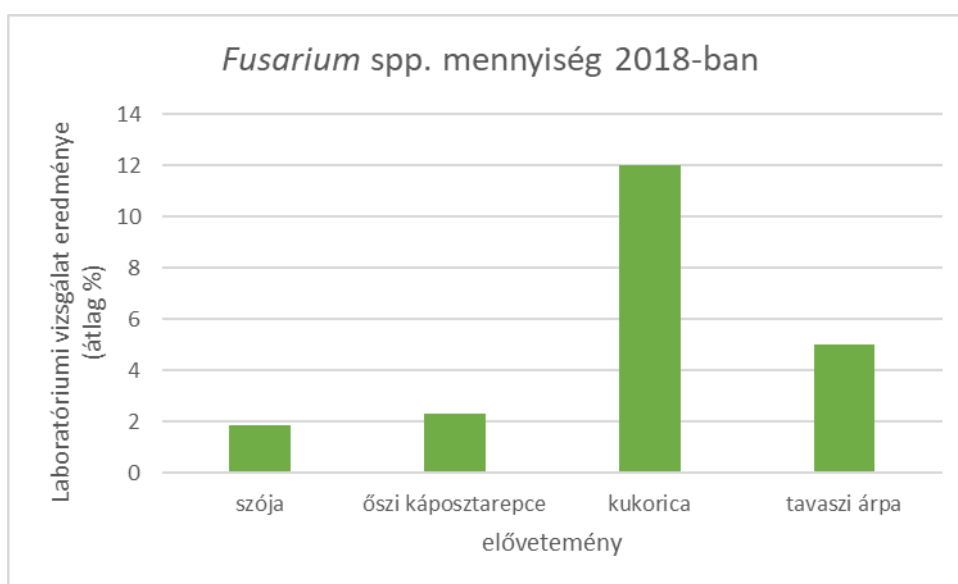
4.1. A 2018. évi adatok kiértékelése

2018-tól vizsgáltuk az eddigi fuzárium értékeket az időjárás függvényében. 2018-ban az összes évi csapadék mennyiség 671 mm volt, Szombathelyen mérve. A vizsgált évek között ez volt a legnagyobb csapadékmennyiségű év. Éven belüli megoszlását a 11. ábra mutatja.



11. ábra 2018. évi csapadékmennyiségek

A legcsapadékosabb hónap június (118 mm) volt, míg a legkevesebb csapadék áprilisban hullott (10 mm). A *Fusarium* spp. mennyiség tekintetében 2018-ban a laboratóriumi vizsgálat átlag eredménye 3,125% volt, mely az összes év tekintetében a legalacsonyabb érték volt. Nagy változatosság mutatkozott a fertőzöttség mértékében a különböző elővetemények tekintetében. Ezt a 12. ábra mutatja.

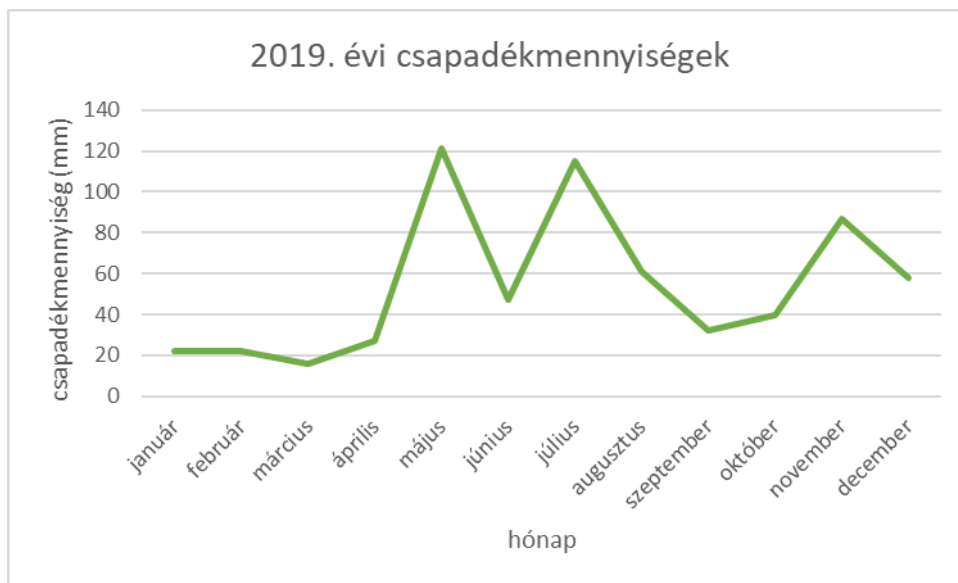


12. ábra *Fusarium* spp. mennyiség 2018-ban az elővetemények tekintetében

Az elővetemények közül a kukoricánál volt a legmagasabb mért *Fusarium* spp. mennyiség, ez az egyik mintában 21%-ot is elért. A legalacsonyabb érték szója elővetemény után alakult ebben az évben.

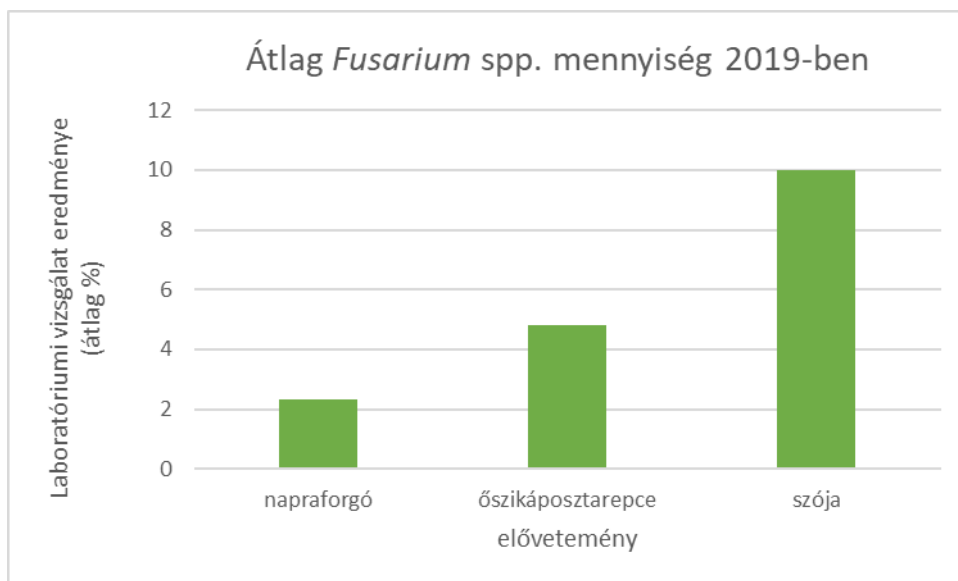
4.2. A 2019. évi adatok kiértékelése

2019-ben az összes csapadék mennyiség 648 mm volt, némileg kevesebb, mint a megelőző évben. Ennek megoszlását a 13. ábra mutatja.



13. ábra 2019. évi csapadékmennyiség hónapos bontásban

Ekkor a legcsapadékosabb hónap május volt, 121 mm-el, míg a legkevesebb csapadék márciusban esett (16 mm). A téli hónapokban sem hullott számottevő csapadék. Az átlag fuzárium fertőzöttségi % laboratóriumi körülmények között 4,88% volt, több mint az előző évben. A 14. ábra mutatja a különböző elővetemények tekintetében az átlagos fuzárium fertőzöttségi szinteket.

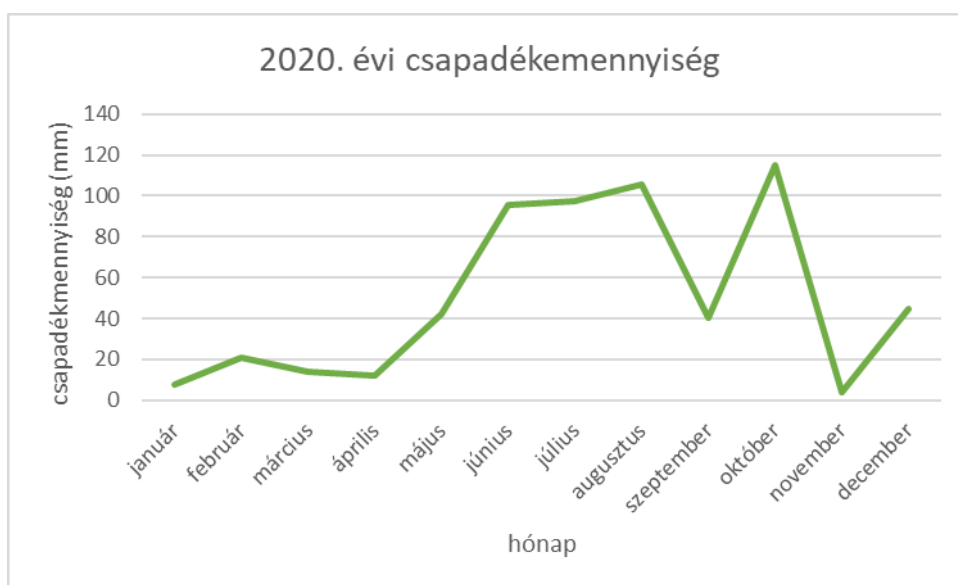


14. ábra *Fusarium* spp. mennyiség 2019-ben az elővetemények tekintetében

Ebben az évben az előzővel ellentétben a legmagasabb fertőzöttségi szint szója elővetemény esetében fordult elő, mely az egyik mintában a 16%-ot is elérte.

4.3. A 2020. évi adatok kiértékelése

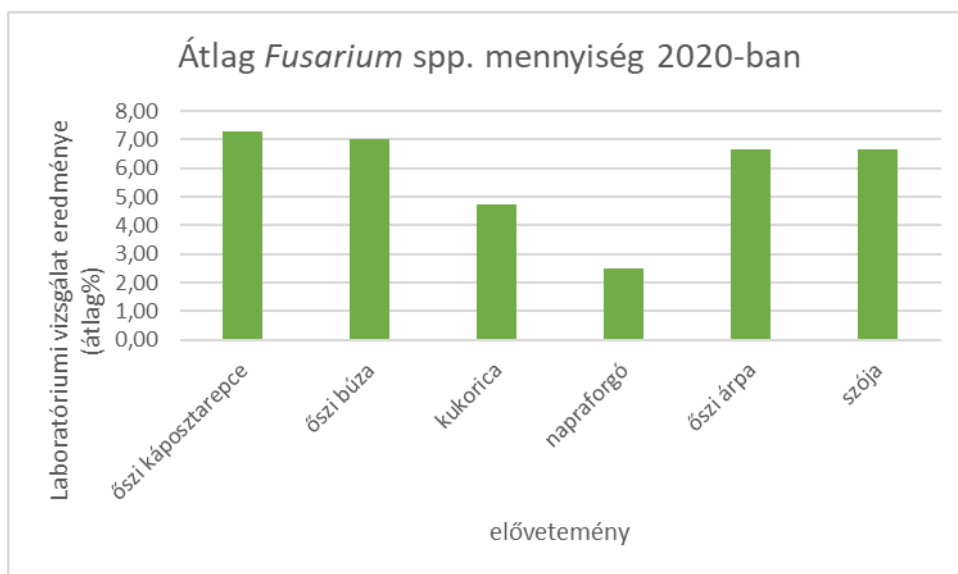
2020-ban az évi összes csapadék mennyiség Szombathelyen mérve 600,7 mm volt, kevesebb mint a megelőző években. Ennek megoszlását mutatja a 15. ábra.



15. ábra 2020. évi csapadékmennyiség hónapos bontásban

A legcsapadékosabb hónap október volt ebben az évben, ekkor 114,8 mm esett, míg az ezt követő novemberben pedig a legkevesebb, ami 4,1 mm volt. A téli, illetve a tavaszi hónapokban nem hullott sok csapadék. Az átlagos fuzárium fertőzöttségi % laboratóriumi körülmények között 6,67%

volt, a vizsgált évek között a legmagasabb érték. Az elővetemények tekintetében pedig a 16. ábra szerint alakultak a fertőzöttségi értékek.

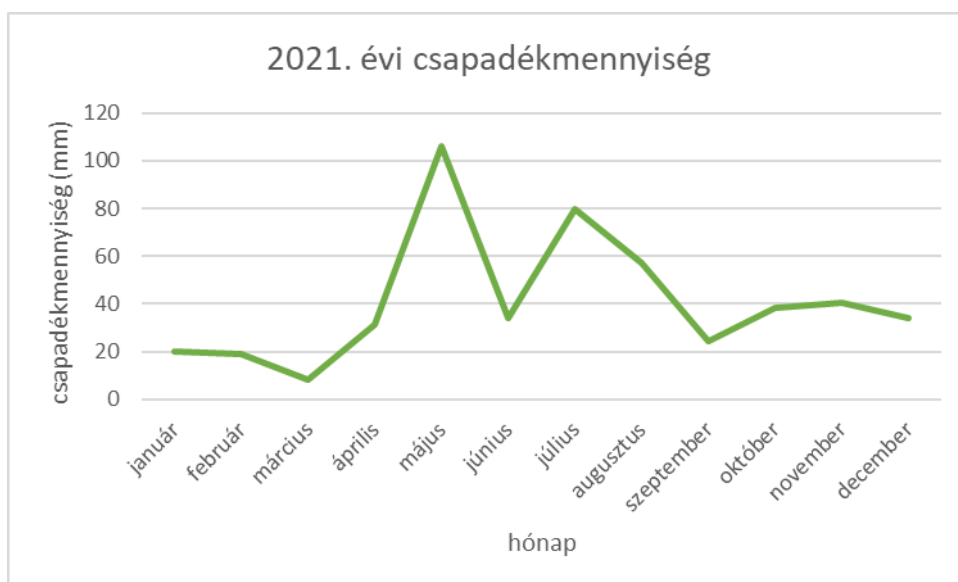


16. ábra *Fusarium* spp. mennyiség 2020-ban az elővetemények tekintetében

Az átlagos legmagasabb érték őszi káposztarepce elővetemények után alakult ki. Ezt követi az őszi búza, valamint az őszi árpa.

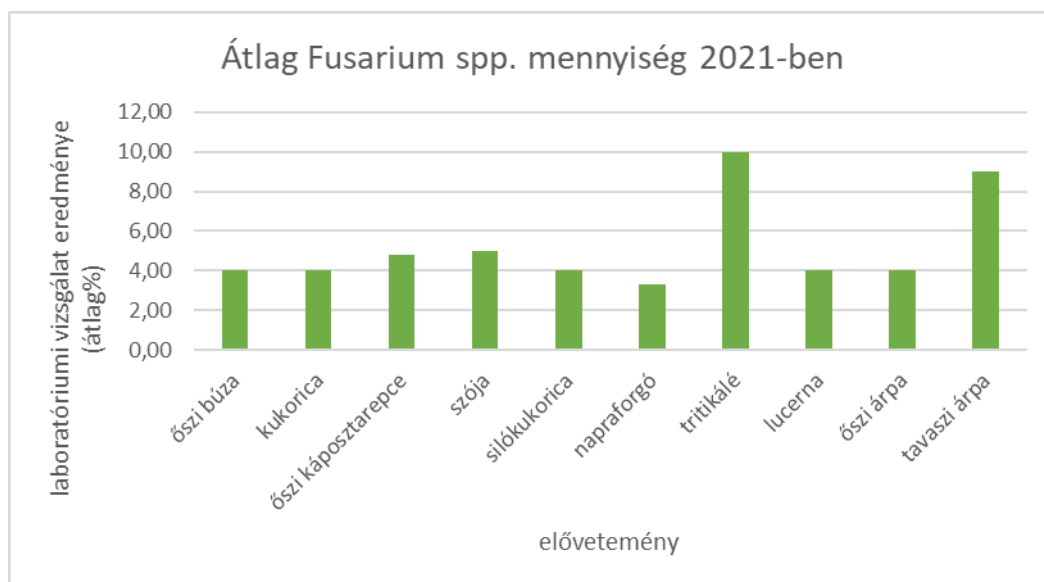
4.4. A 2021. évi adatok kiértékelése

2021-ben az egész éves csapadék mennyiség 492,5 mm volt, mely jóval kevesebb, mint az ezt megelőző 3 év adata. A 17. ábra mutatja ennek a megoszlását.



17. ábra 2021. évi csapadékmennyiség hónapos bontásban

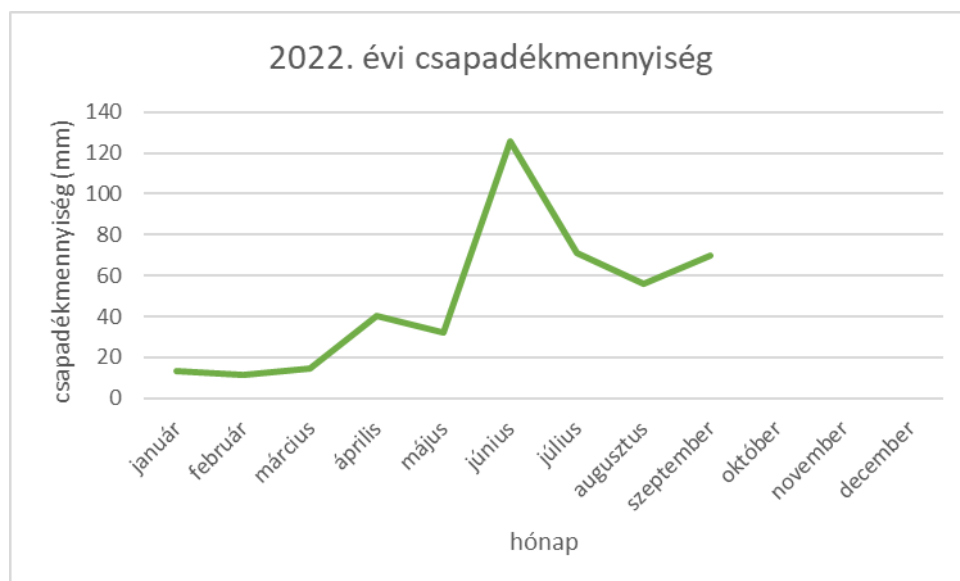
Legcsapadékosabb hónap május volt, 105,9 mm-rel, míg a legkevesebb csapadék márciusban hullott 8,1 mm-rel. A téli, illetve tavasz eleji hónapok során ekkor sem esett számottevően sok csapadék, egészen májusig. Az átlagos fuzárium mennyiségi % laboratóriumi körülmények között 4,72% volt ebben az évben. A sokféle elővetemény között alakultak ki különbségek a fuzáriumos fertőzöttség tekintetében (18. ábra). Legnagyobb mennyiségben tritikálé, illetve tavaszi árpa elővetemény után fordult elő ebben az évben a fertőzöttség.



18. ábra *Fusarium* spp. mennyiség az elővetemények tekintetében

4.5. Az idei, 2022-es adatok elemzése

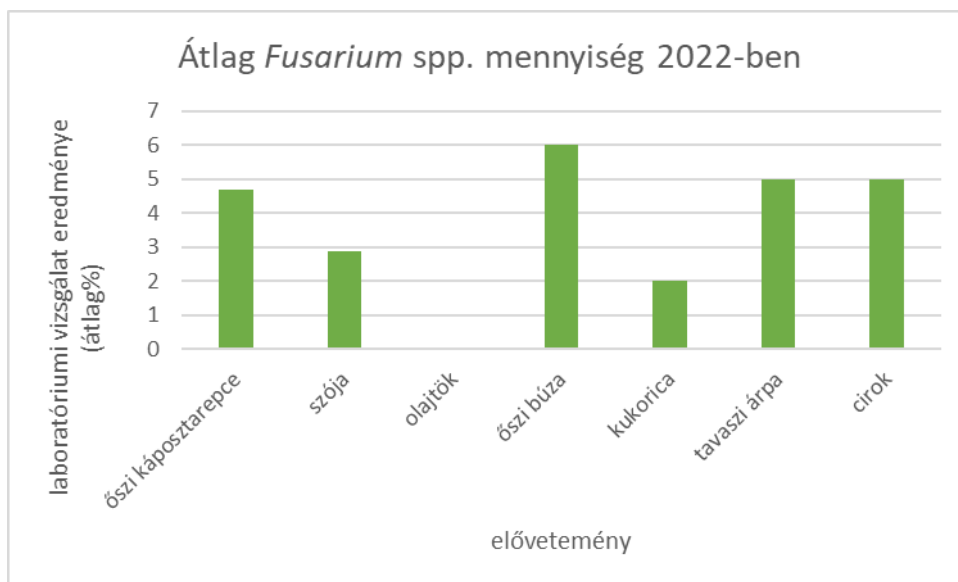
Idén októberig összesen 437,6 mm csapadék hullott Szombathelyen mérve. A megoszlását a 19. ábra szemlélteti.



19. ábra 2022. évi csapadékmennyiség hónapos bontásban

Ebben az évben is elmondható, hogy az év első felében sok csapadék nem hullott. A legtöbb csapadék eddig júniusban esett 125,7 mm-rel, míg a legszárazabb hónapnak idén eddig február bizonyult (11,6 mm).

Az idei év során az átlagos fuzáriumos fertőzöttség mértéke 4% volt. A különböző elővetemények során ekkor is alakultak ki különbségek, melyet a 20. ábra mutat be.

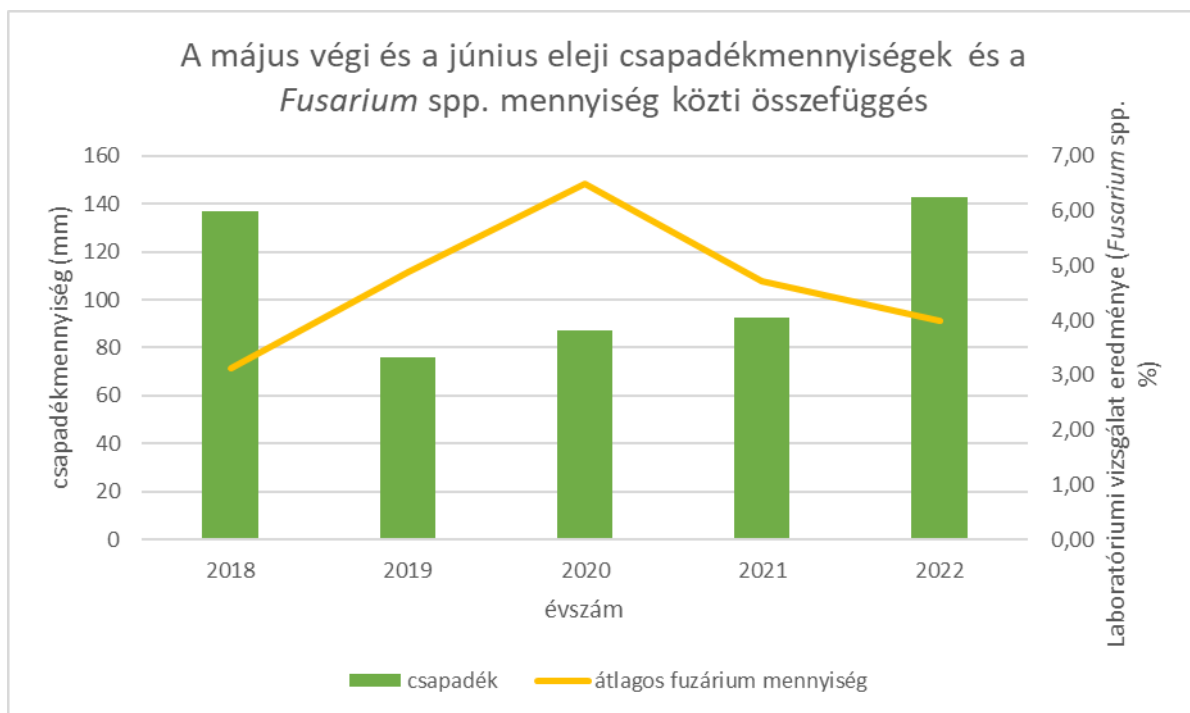


20. ábra *Fusarium* spp. mennyiség 2022-ben az elővetemények tekintetében

Megfigyelhető, hogy a legmagasabb fuzárium fertőzöttségi érték őszi búza elővetemény után alakult ki. Olajtök elővetemény esetében azonban nem volt megfigyelhető *Fusarium* spp. által okozott fertőzöttség.

4.6. A csapadékmennyiség és a fuzáriumos fertőzöttség közti összefüggések

A 2018 és 2022-es adatok alapján az alábbi diagramm állítható fel az átlagos fuzárium fertőzöttségi % és a májusi-júniusi csapadékmennyiségek függvényében (21. ábra).

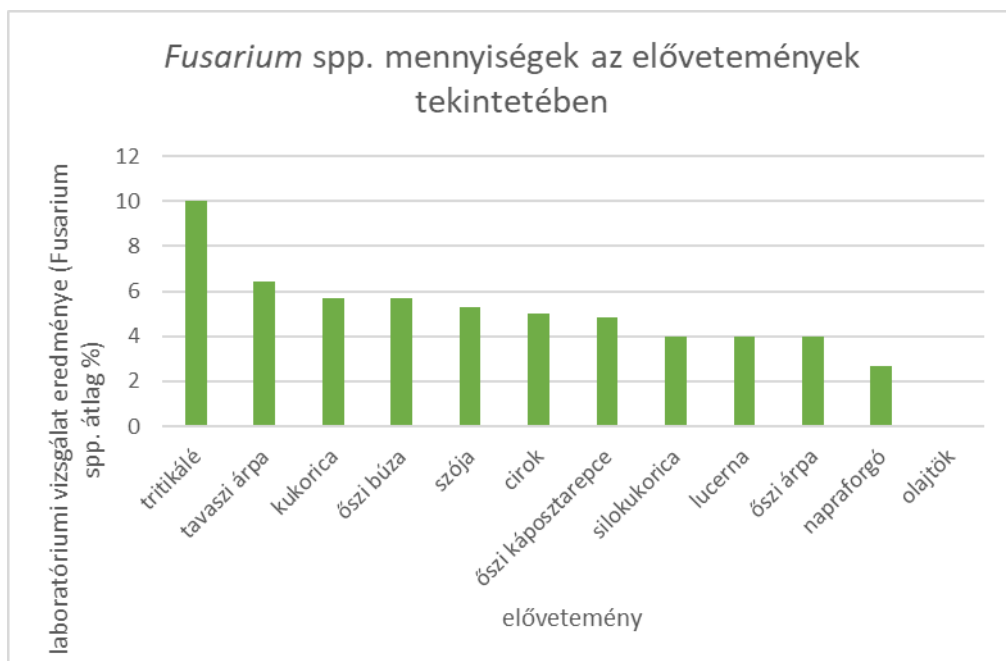


21. ábra A május végi és a június eleji csapadékmennyiség és a *Fusarium* spp. mennyiség közti összefüggés

A legmagasabb fertőzöttségi szintet 2020-ban (6,67%) lehetett mérni, míg a legalacsonyabbat 2018-ban (3,1%). A legtöbb csapadék ebben az időben 2022-ben (142,6 mm) esett, míg a legkevesebb 2019-ben (76 mm).

4.7. Az elővetemények és a *Fusarium* spp. közti összefüggés

Az öt év tekintetében összesítve az alábbi ábra alapján alakultak a *Fusarium* spp. által okozott fertőzöttségi szintek a különböző elővetemények után (22. ábra).

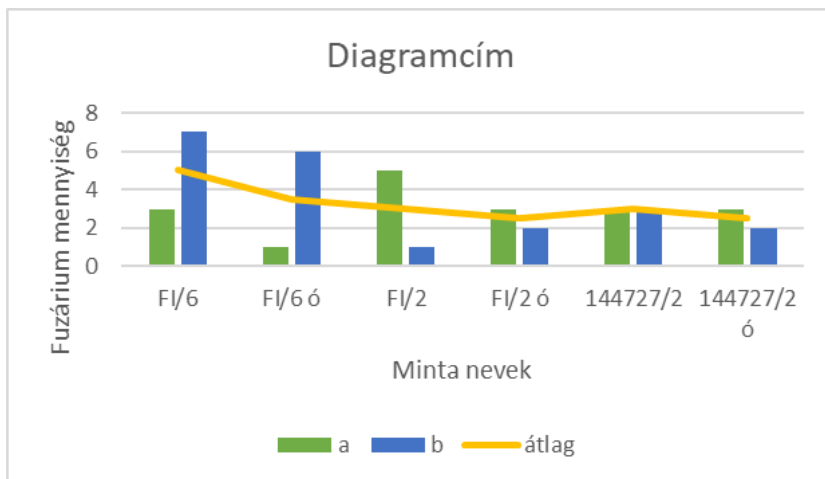


22. ábra *Fusarium* spp. mennyiségek az elővetemények tekintetében

Összesítve tritikálé után volt a legmagasabb a fertőzöttség mértéke, melyet követ a tavaszi árpa, a kukorica, valamint a búza. Olajtök esetében nem fordult elő fertőzöttség.

4.8. Első kísérlet eredményei

Az első kísérlet alkalmával 3 mintát használtunk fel két ismétlésben. Ezek eredményeit mutatja a 23. ábra. A fuzárium mennyiséget az 50 darab lerakott mag tekintetében írtuk fel.



23. ábra *Fusarium* spp. értékek az első kísérlet során

Mindhárom minta átlagában látható, hogy valamivel kevesebb volt a fuzárium értéke az ózonnal kezelt tételekben (a minta szám után „ó”-val jelzett oszlopok) a kontroll mintákhoz képest.

Az FI/6-os minták esetében volt az eltérés a legszembetűnőbb, ezen mintában ugyanis a kontroll minta fertőzöttségi értéke is magasabb volt. Itt az átlagok között 1,5 volt a különbség. Az FI/2 és

a 144727/2 számú minta esetében a különbség a kezelt és a kezeletlen minták átlag eredményei között kevesebb, 0,5. Ezen minták esetében a kontroll csoport se volt olyan mértékben fertőzött. Szignifikáns különbség azonban a vizsgált minták között nem alakult ki ($p=0,86$).

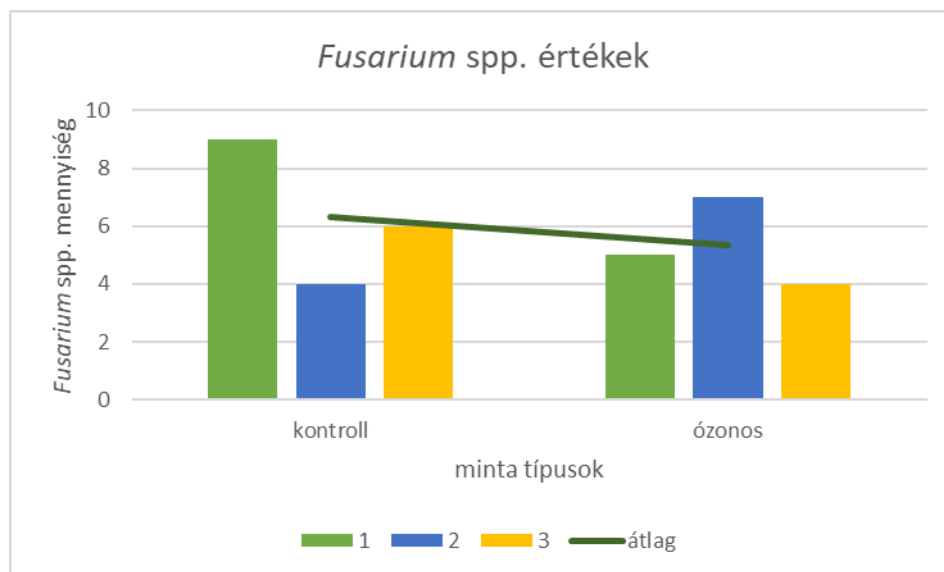
Ezekből a minta tételekből toxinvizsgálat is készült. Minden minta eredménye 0,5 ppm alatti lett (24. ábra), mely a kimutathatósági határérték alatt van. Így a vizsgált minták toxinmentesnek mondhatóak, hiába voltak szennyezettek fuzáriummal.

 Record Nr: 33 BenutzerID: User15 Methode: DON CutOff Datum: 22.09.2019 Zeit: 10:42:00 Cut Off: 0.75 Resultat: PASS Konzentr.: <0.5ppm Batch Nr: 11366 Run Nr: 52 Serien-Nr: 1825 Kalibr: NotOk Unterschrift: _____ -- 144572	 Record Nr: 35 BenutzerID: User15 Methode: DON CutOff Datum: 22.09.2019 Zeit: 10:43:25 Cut Off: 0.75 Resultat: PASS Konzentr.: <0.5ppm Batch Nr: 11366 Run Nr: 54 Serien-Nr: 1825 Kalibr: NotOk Unterschrift: _____ -- 144676
 Record Nr: 34 BenutzerID: User15 Methode: DON CutOff Datum: 22.09.2019 Zeit: 10:42:53 Cut Off: 0.75 Resultat: PASS Konzentr.: <0.5ppm Batch Nr: 11366 Run Nr: 53 Serien-Nr: 1825 Kalibr: NotOk Unterschrift: _____ -- 144557	 Record Nr: 36 BenutzerID: User15 Methode: DON CutOff Datum: 22.09.2019 Zeit: 10:43:53 Cut Off: 0.75 Resultat: PASS Konzentr.: <0.5ppm Batch Nr: 11366 Run Nr: 55 Serien-Nr: 1825 Kalibr: NotOk Unterschrift: _____ -- 144727/2

24. ábra Toxin vizsgálat eredménye

4.9. Második kísérlet eredményei

A második kísérlet során egy mintából 3 ismétlésben raktunk le vizsgálatra tételeket az elsőhöz hasonló módon. Itt is, az előző vizsgálatához hasonló tendencia volt látható a kapott eredmények között (25. ábra).

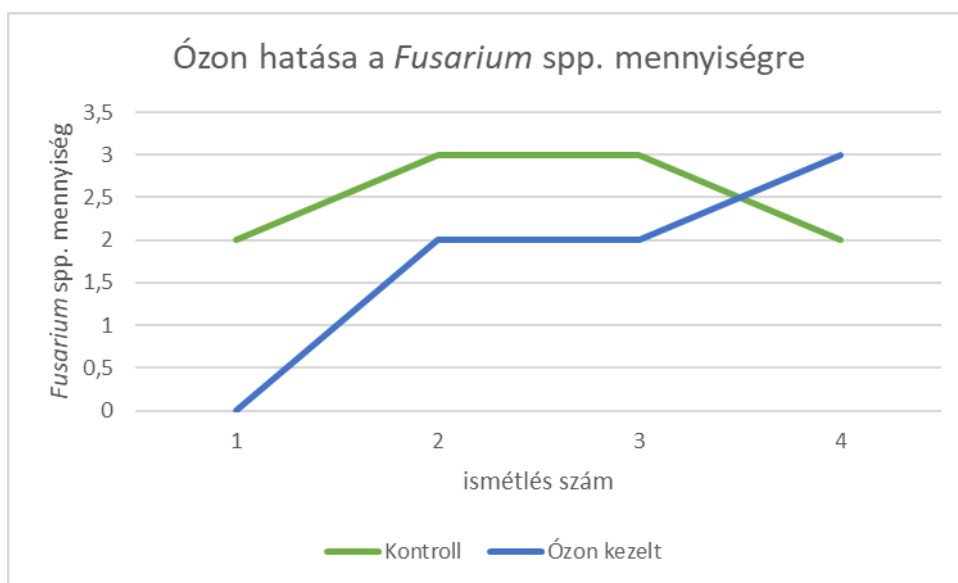


25. ábra *Fusarium* spp. értékek a második kísérletben

Az ózonnal kezelt, illetve nem kezelt csoportok között alakult ki különbség, némi csökkenés észlelhető az ózonnal kezelt minták átlagának esetében a kontroll csoport átlagához képest. Viszont ez nem tekinthető szignifikáns különbségnek ($p=0,59$).

4.10. A külső magfertőzőtségi vizsgálatok eredményei

A külső magfertőzőtségi vizsgálatok során is egy mintát alkalmaztunk négy ismételtesben. Itt vizsgálható volt az előzőekhez hasonlóan az ózonos kezelés hatása a külső-belső fertőzőtségre egyaránt, ennek eredménye látható a 26. ábrán.

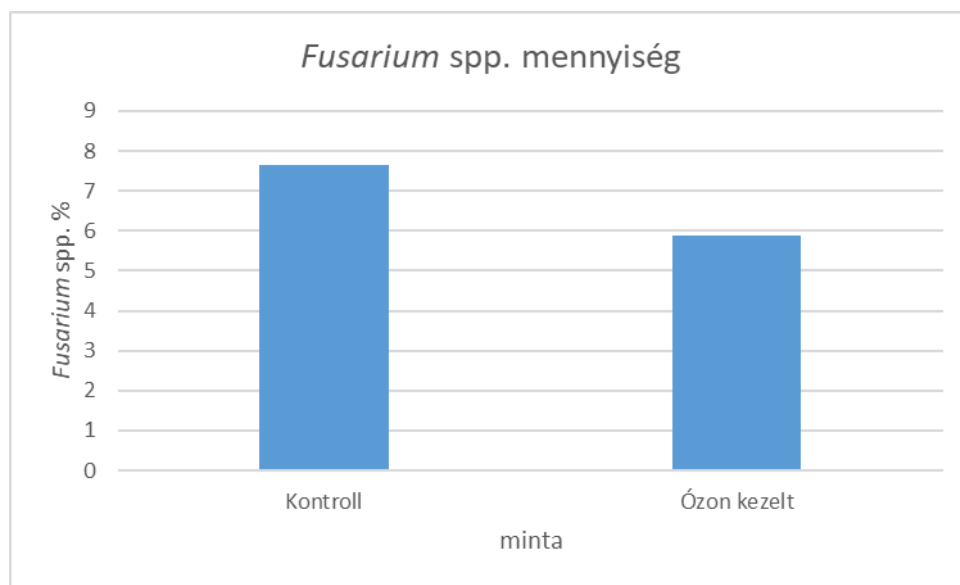


26. ábra *Fusarium* spp. mennyiség a harmadik kísérlet során

Látható, hogy a négy minta közül három esetében találtunk kevesebb fertőzött szemet a Petri-csészékben a kontrollhoz képest.

Az ózon hatását ekkor néztük csak a külső fertőzöttségre vonatkozóan is. Ekkor megállapítottuk, hogy a különbség a nem fertőtlenített, illetve a Neomagnollal fertőtlenített tételek között nem szignifikáns ($p=1$).

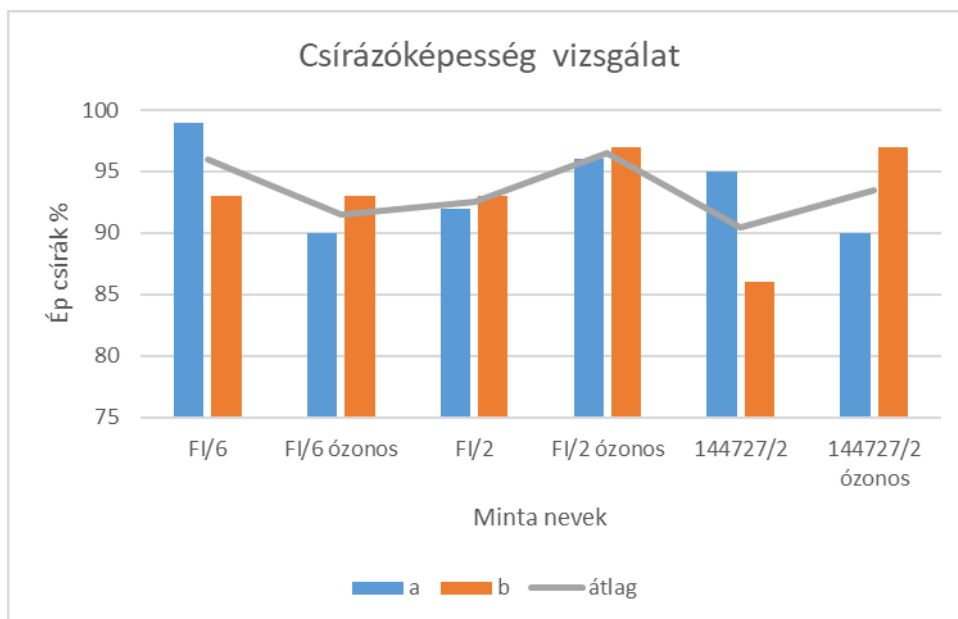
Az összes lerakott kísérlet tekintetében megállapítható, hogy az ózonnal kezelt tételekben alacsonyabb volt a *Fusarium* spp. mennyisége (27. ábra). Ez a különbség viszont nem szignifikáns ($p=0,1995$).



27. ábra Összesített *Fusarium* spp. mennyiség különbsége a kezelt és a kezeletlen csoportok között
Százalékos értékben kifejezve látható az összes kontroll minta esetében, hogy a kísérleti tételeink 7,64%-ban voltak fertőzöttek fuzáriummal. Míg az ózonnal kezelt mintáink esetében ez az érték 5,88% volt csak. A kettő közti különbség 1,76% volt.

4.11. A csírázókéesség vizsgálat eredménye

A csírázási kísérletek során azt az eredményt kaptuk, hogy nem befolyásolja negatívan a csírázást az ózon gáz. A 28. ábra mutatja az eredményeinket.



28. ábra A csírázókéesség vizsgálat eredményei

Két esetben az ép csírák átlagos százalékos aránya még magasabb is volt az ózon kezelt minták esetében. Szignifikáns különbség köztük nem alakult ki ($p=0,1$).

5. Következtetések, javaslatok

A csapadék mennyiség és a fuzáriumos fertőzöttség kialakulása között az öt év adatai alapján összefüggést nem találtam. Ennek oka, hogy csak a csapadék mennyiséget vizsgáltam, viszont a fuzárium fertőzéséhez nem feltétlen kell cseppfolyós vízborítottság. A kórokozónak elég a páradús levegő is így lehetséges, hogy a fertőzöttebb években ez a tényező magasabb volt. A páratartalom mellett a hőmérsékletnek is fontos befolyásoló szerepe van a fertőzöttség kialakulásában. Az évjárat jelentős befolyásoló hatását MATUSINSKY et al. (2016) is leírták a tanulmányukban, emellett szót ejtettek az elővetemények fontosságáról is.

A fuzáriumos fertőzöttség mértékét az elővetemények vonatkozásában is megvizsgáltam az öt évre visszamenő adatok alapján. Itt elmondható, hogy nagyobb mértékű fertőzöttség olyan növények után alakult ki, melyeknek a kórokozó köre az őszi búzáéval nagyrészt megegyezik. Ezen kapott értékeket nyilván befolyásolják a különféle termesztés technológiák is. Többek közt az elővetemény lekerülése után elvégzett forgatás mértéke, mellyel a szármaradványokat lehet a felszínről eltüntetni. Már amennyiben történik ilyen munkaművelet a következő kultúra vetése előtt. Jól látható a kapott értékek alapján, hogy a kétszikű kultúrák után a fertőzöttség mértéke nem olyan számottevő. Olajtök elővetemény esetében nem volt mérhető *Fusarium* spp. fertőzöttség a vizsgált búzaszemeken. A megfelelő vetésforgó kialakítása nagyon fontos. EDWARDS és JENNINGS (2018) szerint is jelentős befolyással bírnak az elővetemények a fertőzöttség mértékére, valamint a toxin mennyiségek alakulására is, azonban emellett ők a betakarítás időpontját is megnevezték, mint a második legfontosabb tényezőt.

Az ózonos kísérlet során mindhárom esetben megállapítható némi csökkenés a *Fusarium* spp. mennyiségben a kezelt tételek esetében. Összesítve az eredményeket is látható ez a tendencia, viszont ez nem szignifikáns. A csírázásra az ózon nem gyakorolt negatív hatást a kísérletünk során. Ezzel kapcsolódóan javasolható még további kísérletek elvégzése, hogy jobban megismerjük az ózon hatását. Továbbá a módszert lehetne változtatni úgy, hogy növeljük az ózon koncentrációját, a behatás idejét, illetve lehetővé lehetne tenni, hogy az ózon a kezelt tételt jobban át tudja járni, nagyobb felületen találkozzon vele. WANG et al. (2022) nem figyeltek meg nyilvánvaló micélium növekedés gátlást az ózon hatására, kísérletükben csak a *Fusarium* spórákat tudta elpusztítani. PIEMONTESE et al. (2018) kísérletében az ózonozás jelentősen csökkentette a különféle mikroszervezetek mennyiségét a búzaszemeken. Az ózon hatásával kapcsolatban érdekes lehet további vizsgálatok elvégzése, melyek akár a csávázás kiváltására is irányulnának.

A *Fusarium* spp. mennyiség csökkentésére vonatkozó törekvéseink nagyon sokrétűek lehetnek. Mindezen folyamat már az elővetemények megválasztásánál, a megfelelő vetésforgó beállításánál kezdődik el. Amennyiben nem szeretnénk magas fertőzöttségi szinteket a területeinken célszerű

olyan növények után vetni a búzát, melyek nem rendelkeznek a búzáéval azonos károsító körrel. Az időbeli izoláció mellett ki kell hangsúlyozni a térbeli izoláció jelentőségét is. A nagy egybefüggő táblák, illetve azonos károsító körrel rendelkező szomszédos kultúrák kerülendőek, mivel így az adott károsító könnyedén és nagymértékben fel tud szaporodni és komoly gazdasági veszteségeket okozhat. A fajta megválasztás is fontos tényező, ugyanis célszerű az ellenállóbb fajták használata a termesztés során.

Az előveteményünk származadványainak megfelelő mértékben történő bedolgozásával nagy lépést tudunk tenni annak érdekében, hogy megszakítsuk a fertőzési láncot. MESTERHÁZY (2010) szerint a fertőzés nem távolról érkezik egy adott területre, hanem helyből, a talajról fertőz. Ha lehetőségünk van rá akár talajfertőtlenítőket is használhatunk a vetés előtt. Biológiailag védekezve használhatóak még különféle térparazita szervezetek is a *Fusarium* fajok visszaszorítására. Csávázás tekintetében ROBERTI et al. (2000) eredménye azt mutatja, hogy a búzát fertőző *F. culmorum* részben kontrollálható biológiai csávázó kezeléssel. WACHOWSKA et al. (2022) szerint az antagonista mikroorganizmusok, melyek versengés révén gátolják a *Fusarium* gombák növekedését, fungicidekkel kombinálva, a kémiai védekezés során hatékonyan csökkenthetik a kiválasztott *Fusarium* toxinok termelését.

A kémiai védekezés akkor szükséges, ha az ökológiai feltételek megfelelőek a *Fusarium* spp. számára. Ennek során ügyelni kell arra, hogy a védekezést megfelelő időben végezzük el. Amennyiben sor kerül a permetezésre célszerű olyan fúvókák használata, melyekkel a kalász megfelelő borítottsága biztosított, arra kellő mértékben és minőségben juttatják fel a növényvédő-szert.

6. Összefoglalás

A búza Magyarországon a legfontosabb élelmezési növényünk, ezért fontos ügyelnünk a termesztés során arra, hogy megvédjük a különféle károsító szervezetektől. A kórokozók tekintetében a *Fusarium* fajok kiemelt jelentőséggel bírnak, ugyanis többek között ezen szervezetek is képesek mikotoxinok termelésére. Ezek a másodlagos metabolitok a melegvérű szervezetekre nézve rendkívül károsak.

A kísérlet során a búzaszemeken található *Fusarium* spp. előfordulását vizsgáltuk ózon gázzal történő kezelés után. A kísérletre a Vas Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztályának Növény- és Talajvédelmi Osztályán került sor, Tanakajdon. A mintáink 16 óra ózon behatás alá kerültek, majd ezután a kontroll mintákkal együtt leraktuk őket vizsgálatra Petri-csészékbe. Minden csészébe 50-50 darab magot helyeztünk egymástól megfelelő távolságban, előre benedvesített szűrőpapírra. Két hét csírázás után leszámoltuk a látszólag fertőzött magokat, majd mikroszkópos vizsgálatokkal azonosítottuk is a *Fusarium* fajok jelenlétét. Emellett végeztünk csírázási, valamint belső fuzárium fertőzöttségi vizsgálatokat is. Ennek során Neomagnollal fertőtlenítettük a mintáink egy részét és úgy végeztük el a vizsgálatot. A kísérlet mellett az Osztályon lévő 5 évre visszamenő *Fusarium* fertőzöttségi adatokat is kiértékeltem. Ekkor a csapadék, valamint az elővetemény hatását vizsgáltam a *Fusarium* fertőzöttség mértékére.

Csak a csapadék mennyiséget vizsgáltam a meteorológiai tényezők közül, egyértelmű összefüggés a *Fusarium* fertőzöttség mértékében nem volt. A fertőzöttség kialakulását nagy mértékben befolyásolja az évjárat hatása, melybe a csapadék mennyiségen túl a relatív páratartalom és a hőmérséklet is bele tartozik. Az elővetemények terén kimutatkozott, hogy az egyszikű, azonos kórokozó körrel rendelkező fajok esetében volt a fertőzöttség mértéke magasabb. Ez az eredmény alátámasztja az elővetemények fontosságát, valamint a vetésforgó megfelelő elkészítését.

Az ózonos kísérleteink tekintetében összességében elmondható, hogy kevesebb fertőzött magot találtunk a kezelt tételekben, mint a kontroll csoportokban, viszont ez a különbség nem volt szignifikáns. Az ózon a csírázásra negatív hatást nem gyakorolt. További kísérleteket lehetne folytatni abból a célból, hogy jobban megismerjük az ózon hatását.

A termesztés során célszerű az integrált növényvédelmi elvek használata. Csak a legvégső esetben nyúlunk a kémiai megoldásokhoz, a megelőzés sokkal fontosabb. Ehhez tartozik a genetikai, az agrotechnikai, a fizikai, illetve biológiai védelem. Így tudjuk a növényvédőszer felhasználásunkat is csökkenteni, mely környezetvédelmi és gazdasági szempontból lényeges.

Köszönetnyilvánítás

Ezekben a sorokban szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Takács András Péternek és Both Gyulának, hogy ösztönöztek a munkámban, idejüket nem sajnálva támogattak tanácsaikkal, szakmai útbaigazításaikkal, valamint számos szakirodalmat ajánlottak és bocsátottak a rendelkezésemre.

Köszönet illeti a Vas Vármegyei Kormányhivatal Agrárügyi Főosztályának Talaj- és Növényvédelmi Osztályát, hogy lehetővé tették a kísérletek elvégzését.

Végül köszönöm barátaimnak és családomnak a segítségüket és a támogatásukat.

Irodalomjegyzék

1. Antal J., Berzsényi Z., Birkás M., Bocz E., Csík L., Dér S., Győri Z., Gyuricza Z., Izsáki Cs., Jolánkai Z., Etc. (2005): Növénytermesztástan 1. Gabonafélék. Mezőgazda Kiadó, Budapest
2. Bocz E. (szerk.) (1996): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest
3. Bouhet, S., and Oswald, I. P. (2005). The effects of mycotoxins, fungal food contaminants, on the intestinal epithelial cell-derived innate immune response. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 108 (1-2), 199-209.
4. Beccarl, G. - Arellano, C. - Covarelli, L. - et al. (2019): Effect of wheat infection timing on *Fusarium* head blight casual agents and secondary metabolites in grain. *International journal of food microbiology* 290, 214-225
5. Birr, T. - Hasler, M. - Verreet, J.-A. – Klink, H. (2020): Composition and Predominance of *Fusarium* Species Causing Fusarium Head Blight in Winter Wheat Grain Depending on Cultivar Susceptibility and Meteorological Factors. *Microorganisms* 8, 4:617
6. Both Gy. és Baranyai M. (2022): Toxinok előadás. Magyar Növényvédő Mérnöki és Növényorvosi Kamara Vas Megyei Területi Szervezete, Magyar Egészségügyi Gázmesterek Egyesülete, Vas Megyei Kormányhivatal. Lakhegy.
7. Braun H-J. – Atlin G. – Payne T. (2010): Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. *Climate Change and Crop Production*. 1:115-138 pp.
8. Chai, X. – Liu, Y. – Ma, H. – Wang, S. – Niyitanga, E. – He, C. (2022): Effects of Macroautophagy and Mitophagy on the Pathogenicity of *Fusarium graminearum*. *Phytopathology* 10.1094/PHYTO-10-21-0447-R
9. Edwards, S. G. - Jennings, P. (2018): Impact of agronomic factors on fusarium mycotoxins in harvested wheat. *Food additives and contaminants part a chemistry analysis control exposure & risk assessment* 35, 12:2443-2454
10. Feng, C. – Liu, H. – Tang, Z. (2018): *Fusarium graminearum* Inoculation on Wheat Head. *Bio-protocol* 8, 15
11. Ferrigo, D. - Raiola, A. - Causin, R. (2016): *Fusarium* Toxins in Cereals: Occurrence, Legislation, Factors Promoting the Appearance and Their Management. *Molecules*, 21, 5:627
12. Fischl G. - Szunics L. - Bakonyi J. (1993): Black-points in wheat grains. *Növénytermelés* 42, 5:419-429.

13. Goral, T. and Ochodzki, P. (2017): Fusarium head blight resistance and mycotoxin profiles of four Triticum species genotypes. *Phytopathologia mediterranea* 56, 1:175-186
14. Goral, T. – Wisniewska, H.- Ochodzki, P. – Walentyn-Goral, D. (2016): Higher *Fusarium* Toxin Accumulation in Grain of Winter Triticale Lines Inoculated with *Fusarium culmorum* as Compared with Wheat. *Toxins*, 8, 10:301
15. Hysing, S.C. and Wiik, L. (2014): *Fusarium* seedling blight of wheat and oats: effects of infection level and fungicide seed treatments on agronomic characters. *Acta agriculturae scandinavica section B-soil and plant science* 64, 6:537-546
16. Izsáky Z. (2004): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazda Kiadó, Budapest
17. Kim, Y. T. – Lee, Y. R. – Jin, J. – Han, K. H. – Kim, H. – Kim, J. C. – Lee, T. – Yun, S. H. – Lee, Y. W. (2005). Two different polyketide synthase genes are required for synthesis of zearalenone in *Gibberella zeae*. *Molecular Microbiology*, 58(4), 1102-1113.
18. Li, C. and Liu, C. (2022): Enantioselective effect of chiral fungicide prothioconazole on *Fusarium graminearum*: Fungicidal activity and DON biosynthesis. *Environmental pollution* 307, 119553
19. Li, M. M. – Guan, E. Q. – Bian, K. (2015): Effect of ozone treatment on deoxynivalenol and quality evaluation of ozonised wheat. *Food additives and contaminants part a-chemistry analysis control exposure & risk assessment* 32, 3:544-553
20. Maresca, M., - Fantini, J. (2010). Some food-associated mycotoxins as potential risk factors in humans predisposed to chronic intestinal inflammatory diseases. *Toxicon*, 56(3), 282-294.
21. Matusinsky, P. - Vanova, M. - Tvaruzek, L. - et al. (2016): Soil Management Technologies and Mycotoxin Contamination of Wheat and Barley Grain. *Cereal research communications* 44, 2:320-329
22. May, W. E. – Fernandez, M. R. – Lafond, G. P. (2010): Effect of fungicidal seed treatments on the emergence, development, and grain yield of *Fusarium graminearum*-infected wheat and barley seed under field conditions. *Canadian journal of plant science* 90, 6:893-904
23. McLaughlin, J. – Padfield, P. J. – Burt, J. P. – O'Neill, C. A. (2004). Ochratoxin A increases permeability through tight junctions by removal of specific claudin isoforms. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 287(5), 1412-1417.
24. Mesterházy Á. (2010): A mikotoxinok táplálékláncból való kiiktatásának lehetőségei, a rezisztencianemesítés, a fajtaelismerés és az agrotechnika területén. In: Aktualitások a mikotoxin kutatásban, (Szerk.: Kovács M.) Agroiinform Kiadó Budapest, 119-139. pp.

25. Pepó P., Ábrahám É., Csajbók J., Dóka L., Kutasy E., Sárvári M., Szabó A. (2019): Integrált növénytermesztés 2. Alapnövények, Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó Budapest
26. Piemontese, L. – Messia, M. C. – Marconi, E. – Falasca, L. – Zivoli, R. – Gambacorta, L. – Perrone, G. – Solfrizzo, M. (2018): Effect of gaseous ozone treatments on DON, microbial contaminants and technological parameters of wheat and semolina. Food additives and contaminants part a-chemistry analysis control exposure & risk assessment 35, 4:760-771
27. Reddy, M.V.B. – Arul, J. – Angers, P. – Couture, L. (1999): Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. Journal of agricultural and food chemistry 47, 3:1208-1216
28. Roberti R. – Flori, P. – Pisi, A. – Brunelli, A. – Cesari, A. (2000): Evaluation of biological seed treatment of wheat for the control of seed-borne *Fusarium culmorum*. Zeitschrift für pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz-journal of plant diseases and protection 107, 5:484-493
29. Savi, G. D. – Piacentini, K. C. – Bittencourt, K. O. – Scussel, V. M. (2015): Ozone treatment efficiency on *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum aestivum* L.) quality and germination. Journal of stored products research 59, 245-253
30. Shah, D. A. – Pucci, N. – Infantino, A. (2005): Regional and varietal differences in the risk of wheat seed infection by fungal species associated with fusarium head blight in Italy. European journal of plant pathology 112, 1:13-21
31. Udvardy P. (2010): Növény- és állattani ismeretek 2., Gabonafélék termesztése Nyugatmagyarországi Egyetem
32. Ulger, T. G. – Ucar, A. – Cakiroglu, F. P. – Yilmaz, S. (2020): Genotoxic effects of mycotoxins. Toxicon, 185, 104-113.
33. Xi, K. – Turkington, T. K. – Chen, M. H. (2008): Systemic stem infection by *Fusarium* species in barley and wheat. Canadian journal of plant pathology, 30, 4:588-594
34. Vida Gy. – László E. – Puskás K. – Szunics L. – Bedő Z. – Veisz O. (2008): Fusarium head blight resistance of old Hungarian wheat varieties. Cereal research communications 36, 183-184
35. Wachowska, U. – Sulyok, M. – Wiwart, M. – Suchowilska, E. – Kandler, W. – Krska, R. (2022): The application of antagonistic yeasts and bacteria: An assessment of in vivo and under field conditions pattern of *Fusarium* mycotoxins in winter wheat grain. Food control 138, 109039

36. Wangia-Dixon, R. N and Nishimwe, K., (2020): Molecular toxicology and carcinogenesis of fumonisins: a review. *Journal of environmental science and health part c-environmental carcinogenesis & ecotoxicology reviews* 39, 1:44-67
37. Wang, J. – Gu, Y. – Zhang, Y. – Chen, S. – Li, L. – Liao, Z. – Shan, X. – He, L. – Chen, J. (2022): Toxigenic potential analysis and fumigation treatment of three *Fusarium* spp. strains isolated from Fusarium head blight of wheat. *Food science and technology* 42, e53822
38. Wang, L. – Shao, H. – Luo, X. – Wang, R. – Li, Y. – Li, Y. – Luo, Y. – Chen, Z. (2016): Effect of Ozone Treatment on Deoxynivalenol and Wheat Quality. *Plos one* 11, 1
39. Zhuang, K. – Zhang, C. – Zhang, W. – Xu, W. – Tao, Q. – Wang, G. – Wang, Y. – Ding, W. (2020): Effect of different ozone treatments on the degradation of deoxynivalenol and flour quality in *Fusarium*-contaminated wheat. *Cyta-journal of food* 18, 1:776-784

Internet:

INTERNET1: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0008.html (2022.10.13.)

INTERNET2: https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0071.html (2022.10.13.)

INTERNET3: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (2022. 10. 13.)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Papp Evelin Mária
A Hallgató Neptun kódja: BMH1WR
A dolgozat címe: Az ózon hatása a fuzárium fertőzőtség alakulására
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Növényvédelmi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év április hó 19. nap

Papp Evelin
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

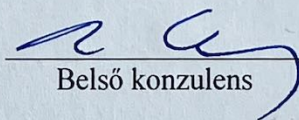
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Papp Evelin Mária (név) (hallgató Neptun azonosítója: BMH1WR)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védelemre
javaslom / nem javaslom².

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

Kelt: 2023 év április hó 19 nap


Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.