

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM
KERTÉSZETTUDOMÁNYI KAR
Növénykórtani Tanszék



Tudományos diákköri dolgozat

Menta és a fahéj alkalmazásának lehetősége az őszi búza fuzáriumos betegsége ellen

Kovács Blanka

Növényorvos MSc, 2. évfolyam

Konzulens: Dr. Nagy Géza, egyetemi docens
Horváth Alexandra, PhD. hallgató

Budapest, 2013

TARTALOMJEGYZÉK

Tartalomjegyzék.....	2
1. Bevezetés	4
2. Irodalmi áttekintés	5
2.1. Az őszi búza betegségei	5
2.2. Az őszi búza fuzáriumos betegsége.....	5
2.2.1. Jelentősége	5
2.2.2. A kórokozók és elterjedésük	6
2.2.3. Tünet	7
2.2.5. A kórokozó életmódja.....	8
2.2.6. <i>Fusarium</i> fajok által termelt legfontosabb káros anyagcseretermékek.....	9
2.2.7. A betegség elleni védekezés lehetőségei	9
2.2.8. Vizsgálati módszerek a fuzáriumos fertőzöttség kimutatására	13
3. A vizsgálat helye, anyag és módszere	14
3.1. A vizsgálat helye	14
3.1.1. A 2012-es kísérleti év jellemzése.....	14
3.2. A vizsgálat anyaga.....	15
3.2.1. Növény	15
3.2.2. Táptalaj.....	16
3.2.3. Kórokozó.....	16
3.2.4. Növénykivonat	16
3.2.5. Illóolaj	18
3.2.7. Laboratóriumi eszközök.....	21
3.3. A vizsgálat módszere.....	21
3.3.1. Kórokozó izolálása és tenyésztése	21
3.3.2. <i>In vitro</i> gombagátló hatás feltárása	21
3.3.3. Szabadföldi kisparcellás hatékonysági vizsgálat	23
3.3.4. Az értékelés során használt biometria módszerek	26

Tartalomjegyzék	3
4. Eredmények	27
4.1. A kórokozó tenyészbélyegei	27
4.2. <i>In vitro</i> gombagátló hatás	28
4.2.1. A menta-darálék micélium növekedésre gyakorolt hatása	28
4.2.3. Menta vizes kivonatának a micélium növekedésre gyakorolt hatása	29
4.2.4. Menta és a fahéj illóolajának hatása a micélium növekedésére	30
4.3. Kalászfuzáriózis elleni hatás szabadföldön	36
4.3.1. A értékelési módszerek összehasonlítása	37
4.3.2. Az illóolajokkal végzett kezelések hatása a belső szemfertőzöttségre	38
5. Következtetés	40
6. Összefoglalás	42
7. Köszönetnyilvánítás	44
8. Irodalomjegyzék	45
9. Ábrajegyzék	49
10. Táblázatjegyzék	50

1. BEVEZETÉS

Hazánkban kb. 1 millió hektáron termesztünk búzát. A betakarított termés 2010-ben közel 3,75 millió tonna volt, melyből több mint 2 millió tonnát exportáltunk (Központi Statisztikai Hivatal, 2010).

A búza egyik legveszélyesebb betegsége a kalászfuzáriózis, amelyet *Fusarium* fajok okoznak. A fuzárium fertőzés közvetlen és közvetett kártétellel jár, amely a szemek csírázóképeségének, ezerszemtömegének csökkenésében, valamint káros anyagcseretermékek termelődésében nyilvánul meg (Princzinger 2009, Békési 2010).

A betegség elleni hatékony védelem, csak integrált módon, a különböző védekezési eljárások együttes alkalmazásával hajtható végre. A védekezés három fő alapvető eszköze a kevésbé fogékony fajta választása, a helyes agrotechnika és a célzott kémiai kezelés. Ez a három tényező együttesen eredményezi a fertőzés elkerülését (Békési 2012).

Napjainkban megnövekedett a fogyasztói igény a minél kevesebb növényvédő szerrel szennyezett termékek iránt, így előtérbe került a biológiai növényvédelem alkalmazásának lehetősége. Tágabb értelemben a biológiai növényvédelem eszközei közé sorolhatjuk az illóolajok felhasználását a károsítókkal szemben. Laboratóriumi körülmények között számos illóolaj hatását vizsgálták kórokozókra (Pattnaik és társai, 1996.; Perez-Sanchez és társai, 2007.; Fekete és társai 2009). A szabadföldi vizsgálatok száma azonban kevés, ezért szükség van a gyakorlat számára közvetlenül hasznosítható *in vivo* eredmények publikálására.

Dolgozatomban a menta félék (fodormenta, borsosmenta 'Mitcham' és borsosmenta 'Mexian') darálékának, vizes kivonatának és illóolajának, valamint a fahéj illóolajának hatását értékeltük a kalászfuzáriózist okozó *Fusarium* spp. ellen, *in vitro* és *in vivo* körülmények között.

Célul tűztük ki:

- a menta félék daráléka és vizes kivonata *in vitro* hatásának feltárását a kórokozóra,
- a menta és a fahéj illóolaja *in vitro* hatásának feltárását a kórokozóra,
- az *in vitro* hatékonynak bizonyult illóolajok szabadföldi kispácellás hatásvizsgálatát,
- és a *Fusarium* belső fertőzöttség kimutatására alkalmas módszerek összehasonlítását.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az őszi búza betegségei

Az őszi búza legfontosabb betegségei Békési (2010b) szerint a szártő- betegségek, levélfoltosságok, lisztharmat, rozsdabetegségek és a kalászfuzáriózis. Leggyakrabban előforduló szártőbetegség a torzsagomba (*Gäumannomyces graminis*) és a rizoktóniás szártő-betegség (*Rhizoktonia solani*, *Rhizoktonia graminicola*). A levélfoltosságok közé tartozik a sötétbarna levélfoltosság (*Bipolaris sorokiniana*), a fahéjbarna (vagy sárga) levélfoltosság (*Drechslera tritici-repentis*), a szeptóriás levélfoltosság (*Septoria tritici*), a szeptóriás pelyvafoltosság (*Staganospora nodorum*) és a lisztharmat (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). A növényállományban a rozsdabetegségek közül a fekete vagy szárrozsa (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*), a vörösrozsa vagy levélrozsa (*Puccinia triticina*), és a sárga vagy pelyvarozsa (*Puccinia striiformis*) okozhat kárt. Magyarországon leggyakoribb a vörösrozsa, a sárgarozsa kevésbé gyakori betegség, járványos méretű fellépése legutóbb 2001-ben volt.

2.2. Az őszi búza fuzáriumos betegsége

2.2.1. Jelentősége

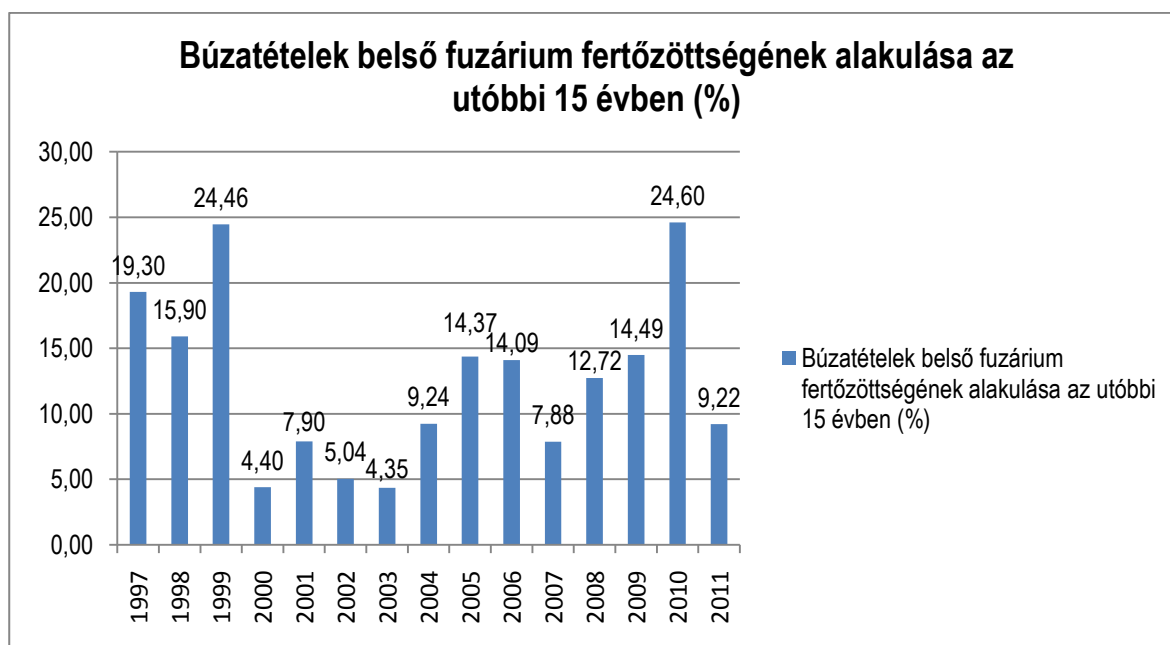
Az őszi búza fuzáriumos betegségéről az első megbízható magyarországi közlés Husztól (1925) származik, aki a magvak csírázóképeségét, csírázási erélyét vizsgálta, és az ezekben kialakult károkról számolt be. Lelley (1965) a betegség egyre intenzívebb terjedésére hívta fel a figyelmet. A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatósága az 1970-es évek óta szinte minden évben felméri megyénként a fuzáriumos fertőzöttséget. Az első súlyos járvány 1970-ben volt, melyet 1972-ben és 1978-ban két kisebb méretű, majd 1975-ben és 1985-ben két súlyosabb epidémia követett. A következő években 1996-ig alacsonyabb volt a fertőzöttség, de 1996-tól a fuzáriumos belső fertőzöttség növekvőben van (Aponyi és társai, 1998; Szunics és társai, 1987).

A legutóbbi éveket figyelembe véve 2009-ben az évi országos fuzárium-fertőzöttség átlagosan 14,5 % volt. A megyékre nézve az eredmények azonban nagy szórást mutattak. A legmagasabb fertőzöttséget (67,4 %) Zala megyében mérték (Halász és Tóth, 2010). Az országos fertőzöttség 2010-ben átlagosan 24,6 % volt. A megyei eredmények az előző évhez hasonlóan szintén nagy szórást mutattak. 2011-ben a fertőzöttségi szint az aszályos évnek köszönhetően jóval alacsonyabb, 9,2% volt (1. ábra)(Halász és Valovics, 2012).

Az elmúlt évek időjárásának alakulása és a búza fuzáriumos fertőzöttsége szoros összefüggést mutat. A fertőzés szempontjából elsősorban a május, június hónapban lehullott csapadék mennyisége volt meghatározó. A búza legfogékonyabb fenofázisai, vagyis a kalászhányás-virágzás-tejesérés kezdete esik ezekre a hónapokra. 2009-ben és 2010-ben a sok

csapadék kedvezett a kórokozónak. Virágzás idején a sok csapadék mellett jégeső is előfordult, mely szintén kedvező körülményeket biztosított a fertőzéshez. Ezek a körülmények megnehezítették, esetenként lehetetlenné tették a betervezett növényvédelmi munkák elvégzését, illetve rontották annak hatékonyságát. Súlyosbító tényezőként jelentkezett, hogy a hűvös időjárás elnyújtotta a búza virágzását, így meghosszabbodott az az időszak, amikor a növény a legfogékonyabb a fertőzésre. A sok csapadék a betakarítást is megnehezítette. A csapadék mennyiségének meghatározó szerepét mutatja, hogy azokban a megyékben, ahol májusban 200 mm feletti volt a csapadék, és a csapadékos napok száma meghaladta a 25 napot, előfordult a 80%-os vagy akár 100 %-os fertőzöttség is (Halász és Tóth, 2011).

Nem elhanyagolható az elővetemény, illetve a vetésszerkezet szerepe sem. Amennyiben az előző évi növénymaradványokon fennmaradt képletek fel tudnak szaporodni még a virágzás előtt, nagyobb valószínűséggel következik be a fertőzés (Halász és Tóth, 2011).



1. ábra Fuzáriumos fertőzöttség alakulása Magyarországon 1997-2011

(Halász és Valovics, 2012 nyomán)

2.2.2. A kórokozók és elterjedésük

A búzán fellépő betegség kialakításában több *Fusarium* fajnak jelentős szerepe van, amelyek együttesen, vagy akár külön- külön is megjelenhetnek. Hazai viszonyok között a legjelentősebb a *F. graminearum* és a *F. culmorum*, valamint felléphet a *F. avenaceum*, *F. nivale*, *F. sporotrichoides*, *F. poae* is (Halász és Tóth, 2010). Mesterházi (1984) 14 év alatt a begyűjtött izolátumok alapján 17 fajt határozott meg. Felmérése során megerősítette a *F. graminearum* és a *F. culmorum* domináns szerepét, melyek előfordulását az izolátumok 84 %-án, illetve 71%-án tapasztalta. A kalászon a *F. graminearum*, a szártöveken és a gyökereken a *F. culmorum* volt

meghatározó. További 15 fajt mutatott ki az izolátumokon (*F. avenaceum*, *F. acuminatum*, *F. equiseti*, *F. moniliforme*, *F. semitecctum*, *F. poae*, *F. sporotrichoides*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. tricinctum*, *F. fusarioides*, *F. arthrosporoides*, *F. concolor*, *F. nivale*, *F. sambucinum*), de egyik kórokozó fertőzöttségi szintje sem érte el a fertőzöttség 3%-át.

Elterjedésüket tekintve Kelet-Európa országaiban a *F. graminearum* és a *F. culmorum* valamint a *F. avenaceum* játszik szerepet betegség kialakításában (Mladenov és Karadzhova, 1978; Tusa és társai, 1981). Nyugat- Európában jelentős még a *F. nivale* is. A *F. graminearum* és a *F. culmorum* Európa nyugati területein nem annyira számottevő, melynek oka valószínűleg a két faj eltérő hőigényében keresendő. Az amerikai kontinensen a *F. graminearum*, *F. culmorum* és a *F. avenaceum* a meghatározó, de területenként és évjáratonként változó az eloszlásuk. Magyarországon az 1970-es és 80-as években a *F. graminearum* és a *F. culmorum* volt a domináns, később előtérbe került a *F. poae* is. Békési (2010a) nyomán az alföldi és dunántúli mintákban a *F. poae* és a *F. moniliforme* a meghatározó, vagyis megállapítható, hogy egy adott országon belül is eltérhetnek a fajok dominancia viszonyai.

2.2.3. Tünet

A kalászt vagy csak egyes szemeket rózsaszín esetleg sárgás sporodochium von be, a színváltozást a gomba által termelt pigment okozza. Azonban a teljesen kifejlődött tünet ritkán, csak meleg, csapadékos, tartósan párás időben jelenik meg. Gyakoribb a kalászhossz, illetve azok egy részének kivilágosodása, szalmasárgává színeződése (2. ábra). A fertőzés következtében a magvak kelése vontatott, hiányos, a kikelt, beteg csírák rövid időn belül elpusztulhatnak (Békési, 2010a; Halász és Tóth, 2011).



2. ábra Kalászfuzáriózis tünete őszi búza állományban (fotó: Békési P.)

2.2.4. Kártétel

A fuzáriumos fertőzés közvetlen és közvetett kártétellel jár, amely a szemek csírázókéességének, ezerszemtömegének csökkenésében, valamint káros anyagcseretermékek termelődésében nyilvánul meg. Élelmiszer biztonság szempontjából a legnagyobb kockázatot a fertőzések közül a kalászfertőzés, az úgynevezett kalászfuzáriózis jelenti (Békési, 2010a; Princzinger, 2009).

2.2.5. A kórokozó életmódja

A fuzáriózist okozó gombák félszaprofita szervezetek, gyengültségi paraziták, életük egy bizonyos szakaszában válnak kórokozóvá. A járvány kialakulásért a kórokozók ivartalan alakja (*Fusarium* spp.) felelős. A kórokozó a fertőzött növényi maradványokon, talajban, talaj felületén, a vetőmagban és a vetőmag felületén is áttelelhet. A kedvezőtlen időszak átvészelésében az ivaros alak (*Gibberella* spp.) is szerepet játszik. A búzát valamennyi fejlődési stádiumban képes fertőzni, ha az valamilyen oknál fogva fogékonyá válik a fertőzésre (Halász és Tóth, 2010).

A fogékonyságot növeli a növény felületén tartós vízborítottság, a nagy hőingadozások, valamint a helytelen tápanyag utánpótlás - elsősorban a túlzott nitrogénadagolás - hatására kialakult laza szövetű növény.

A fertőzés leggyakrabban a virágzás időszakában következik be, de a kórokozó fertőzhet a virágzás és a tejesérés között (Jones és Clifford, 1983.), valamint a kalászhányástól a betakarításig tartó időszakban is (Chelkowski, 1989). Ezt alátámasztja Jakab és Békési (1992) vizsgálata, melyben eltérő koncentrációjú konídium szuszpenzióval fertőzték a búzát különböző fenológiai stádiumban. A kezelések következtében a kontrollhoz képest kalászolástól tejesérés végéig, a nagyobb koncentráció esetében viaszérésben is jelentősen megnőtt a búzaszemeken a fertőzés gyakorisága. A legfogékonyabb fenológiai stádiumnak a virágzás bizonyult.

Természetes körülmények között Wollenweber és Reinking (1935) szerint az infekció a virágzáskor következik be, a pollenekhez tapadt konídiumokkal, amelyek a bibére kerülve a magházig hatoló csíratömlőt fejlesztenek. A konídiumok elsősorban az embrióban telepsznek meg, majd a mag és a kalász valamennyi részét megfertőzik.

Ha a kórokozó az előző évi növénymaradványokon virágzás előtt felszaporodik, nagyobb valószínűséggel következik be a fertőzés (Halász és Tóth, 2011).

2.2.6. *Fusarium* fajok által termelt legfontosabb káros anyagcseretermékek

Napjainkban egyre többet hallunk a fuzárium fajok által termelt legfontosabb vegyületekről, a toxinokról, melyek veszélyeztetik az élelmiszereket és a takarmányokat. A mikotoxinok olyan másodlagos anyagcseretermékek, melyeket penészgombák termelnek és erős biológiai hatással rendelkeznek. Természetes úton magasabb rendű gerincesekbe és egyéb állatok szervezetébe bejutva, toxikus válaszreakciót váltanak ki. Egyes mikotoxinok, ha rendszeresen a fogyasztó szervezetébe kerülnek, súlyos betegségeket okoznak (vese-, májbetegséget, daganatos megbetegedéseket). Jelentőségük emiatt kiemelkedő és rendszeres ellenőrzésük indokolt és szükséges. A toxintermelést befolyásolják az éghajlati, időjárási tényezők (hőmérséklet, páratartalom), a növényt érő stresszhatások (biotikus és abiotikus tényezők), továbbá a szárítás, tárolás módja. A toxinok elsősorban a gabona magvak és az azokból előállított termékek fogyasztása során kerülnek az emberi szervezetbe (Princzinger, 2009).

A természetben előforduló legjelentősebb fuzáriotoxinok a trichotecének, a zearalenon, a moniliformin és a fuzarin C (Gilbert, 1989). A trichotecének belül a 12,13-epoxi-9-trichotecének közé tartozik a legtöbb mikotoxin. A csoport a *Trichothecium roseum* által termelt toxinról kapta a nevét, de a fő toxintermelők a *Fusarium*ok (Ueno, 1980.; Téren és Novák, 1989).

A trichotecének közé tartozik a dezoxinivalenol (DON), mely gabonafélékben és feldolgozott gabonatermékekben fordul elő (Princzinger, 2009). Magyarországon a DON határérték feldolgozatlan gabonafélék esetén 1250 mikrogramm/kg, gabonaliszt esetén 750 mikrogramm/kg (Tarján és Mezei, 2009).

A másik gyakran kimutatott toxin a zearalenon. Elsősorban betakarítás előtt termelődik, leggyakrabban kukoricában, rizsben, búzában, árpában és malátában. Főként felületi kontaminációként fordul elő, mely a malmi feldolgozás során a korpába kerül (Princzinger, 2009).

2.2.7. A betegség elleni védekezés lehetőségei

Fajtaválasztás

A fuzáriózis elleni védekezés egyik formája a kórokozóra kevésbé fogékony fajta megválasztása. Lévy (1992) szerint a rövidebb szárú fajtáknál nagyobb a fertőzés lehetősége, mert a talajról felverődő szaporítóképletek könnyebben jutnak fel a kalászra. A fajták közül a durumbúza rendkívüli fogékonysággal bír, azonban a tarbúzáék kevésbé fogékonyak, mint a szálkásak.

A nemesítésben felhasználható rezisztenciaforrások korlátozott számúak. Az ellenálló távolkeleti és brazil fajták agronómiai és beltartalmi tulajdonságai jelentősen eltérnek a Magyarországon termesztésben lévőktől. Feltételezhető, hogy az 1920-as és 1950-es években nemesített fajtákban genetikailag kódoltan megtalálható a kalászfuzáriózis-rezisztencia, mely hozzájárulhatott ahhoz, hogy abban az időszakban a kórokozó nem okozott jelentős kárt. A 'Bánkúti 1201' fajta ellenállónak mutatkozott a *Fusarium* fajokkal mesterségesen fertőzött növényi kísérletekben

(Szunics és Szunics, 1992 in Vida, 2009). A szerzők eredményeikből arra következtettek, hogy az 1960 előtt nemesített régi magyar búza fajtákból kialakított törzsek egy része az átlagosnál jobb kalászfuzárium-ellenállósággal bír. Ezen genotípusok tulajdonságai (télállóság, őszi életforma, kiváló sütőipari minőség) kedvezőbbek a magyarországi termesztéshez, ezért előnyösebbek lehetnek rezisztenciaforrásként, mint a távol-keleti fajták (Vida, 2009).

Agrotechnikai védekezés

A védelemben fontos szerepe van az agrotechnikának, ezen belül a vetésforgónak. A fuzárium gombáknak számos egyszikű gazdanövénye van, amely gyom- és kultúrnövény, illetve ezek tarlómaradványai. Hazánk szántóföldjeinek nagy részén kukoricát és kalászos gabonát termesztünk, emiatt nehéz az állandó és megfelelő vetésforgó megvalósítása. A következő évi fertőzés mértékét csökkenthetjük, ha a szalma betakarítását követően azonnal elvégezzük a tarlóhántást. Kisadagú nitrogén műtrágya kiszórása meggyorsítja a lehántott tarló lebomlását. Árvelés, gyomosodás esetén további tarlóápolási műveletek válhatnak szükségessé. Kukorica után nem ajánlott kalászos gabonát vetni, mert a fuzáriózis legnagyobb fertőzési forrása a kukorica gyökér-, szár- és levélmaradványa. A gyomirtás szerepe a vegetációs idő alatt is kiemelkedő, mert az elgyomosodott állományban kialakuló magas páratartalom kedvez a kórokozó fertőzésének (Aponyiné, 1999).

A védekezésben ugyancsak fontos az optimális vetés (-idő, -mélység, és minőségileg csávázott vetőmag). Kedvező időben és módon végzett vetéssel gyorsabban átvészeli a növény a fogékony csíraállapotot. A csávázás, mint védekezési módszer csak akkor hatásos, ha megfelelő dózisban és fedettséggel végezték el (Halász és Tóth, 2011).

Az optimális vetés mellett nem elhanyagolható tényező a művelési mód hatása. Stingli és társai (2008) szerint az egyes művelési módoknak hatása van a fuzárium-fertőzöttségre. Az általuk alkalmazott művelési módok közül a tárcsázással művelt terület mutatta a legjobb eredményeket, mivel ezen a területen a fuzárium-fertőzöttség jóval alacsonyabb volt, mint az egyéb művelésben részesített területeken.

Tápanyagellátás

A harmonikus tápanyagellátás a *Fusarium* spp. elleni védekezés szempontjából is sarkalatos kérdés. Az egyoldalú, túlzottan nagy mennyiségben kijuttatott nitrogéntrágyázás fokozza a búza fogékonyságát: többek között növeli a fogékony időszak hosszát, csökkenti a kutikula- réteg vastagságát, és bujábbá teszi a növényállományt, ami a fertőzéshez kedvező magas páratartalommal jár (Halász és Tóth, 2011).

Kémiai növényvédelem

A védekezés egyik legfontosabb alappillére a célzott kémiai védekezés. Fontos, hogy a fenofázishoz pontosan igazítottan, kalászhányás végén, virágzás elején (BBCH 58-65) történjen a kezelés. Az egyenletes permetléfedés a kaláson és a kalásztengelyen, amelyet nagy lémenyiséggel (300-500 l/ha) és megfelelő szórókeret (duplaréses szórófejet, Y-elosztású dupla szórófejet) alkalmazásával érhetünk el, szintén elengedhetetlen a sikeres védelemhez. A felületi feszültség csökkentése céljából ajánlott a permetléhez nedvesítőszer is adagolni (Halász és Tóth, 2010).

A kémiai kezelések során leggyakrabban alkalmazott hatóanyagok a triazol és a strobilurin származékok. Mesterházy és társai (2011) megállapították, hogy a Prosaro (tebukonazol+protiokonazol) kiváló hatékonyságot mutat szemfertőzöttség csökkentés szempontjából. A fertőzöttség visszaszorítása mellett a kezelés 45 %-os termésnövekedést adott.

Illóolajok hatása, mint védekezési lehetőség a *Fusarium* fajok ellen

Számos illóolaj hatását vizsgálták *Fusarium* fajok ellen (Pattnaik és társai, 1996; Perez-Sanchez és társai, 2007). Fekete és társai (2009) 28 illóolajat teszteltek *Fusarium oxysporum* f.sp. *cyclaminis* kórokozó ellen. Több illóolaj hatékonyan gátolta a kórokozó micéliumának növekedését, valamint konídiumainak csírázását.

A kórokozó ellen és az általa termelt mikotoxinok felhalmozódására a fahéj hatását többen is értékelték (Marín és társai, 2004; Velluti és társai, 2004). A fahéj mellett a szegfűszeg, szurokfű, pálmárózsa és citromfű hatását vizsgálta Marín és társai (2004) a *F. graminearum* által termelt zearalenon (ZEA) és dezoxinivalenol (DON) termelésére fertőtlenítetlen kukoricaszemeken. Megállapították, hogy jobb az illóolajok gátló hatása, ha az illóolajokkal a kukoricaszemeket 24 órával a kórokozóval végzett inokulációt megelőzően kezelték. A ZEA termelődése ellen a szegfűszeg, citromfű és pálmárózsa illóolaja, megelőző kezelés formájában, hatékony volt, a fahéj nem mutatott értékelhető hatást, a szurokfű viszont serkentette a felhalmozódást. Az illóolajok hatása a DON felhalmozódására a hőmérséklettől függött. A vizsgált illóolajok hatását nagymértékben befolyásolták a környezeti feltételek, a vízkapacitás és a hőmérséklet. Hasonló megállapításra jutott Velluti és társai (2003) 5 illóolaj *F. proliferatum* növekedésére és az általa termelt fumozin B1 felhalmozódásra gyakorolt hatásának vizsgálata kapcsán. A fahéj és a szegfűszeg illóolaja hatékonynak bizonyult, de hatásukat nagymértékben befolyásolták a vízkapacitás és a hőmérséklet.

Velluti és társai (2004) 37 illóolaj hatását vizsgálta a *F. verticillioides*, *F. proliferatum* és *F. graminearum* növekedésére kukorica-agar táptalajon. A fahéj, a szegfűszeg, a pálmárózsa, a szurokfű és a citromfű illóolaja jelentősen gátolta a kórokozók fejlődését.

A mentafajok közül a *Mentha piperita* illóolájának egyik fő komponense (mentol) hatását is értékelték a *F. verticilloides* növekedésére és az általa termelt fumozin B1 termelődésére. A mentol a gomba növekedését és a toxin felhalmozódását is gátolta (Dambolena és társai, 2010).

Tyagi és társai (2011) megállapította, hogy a *Mentha piperita* illóolaja antibakteriális és gombagátló hatású. A gombák közül a *Penicillium digitatum*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* mellett a *Fusarium oxysporum* növekedését is gátolta.

Héthelyi és társai (2002) agar diffúziós módszer során a fodormenta illóolaját hatékonnak találták számos gram-pozitív baktérium, valamint több gomba közül a *Fusarium moniliforme* és a *F. solani* növekedésére. Az antibakteriális és gombagátló hatásért speciális funkciós csoportok felelősek. Ilyen funkciós csoport a mono- illetve szeszkviterpének ketont tartalmazó komponense.

Tárolás körülményei

A védekezés a betakarítással nem ér véget. A másodlagos kártétel visszaszorítása szempontjából fontos a megfelelő higiénijú, alacsony nedvességtartalmú (14% alatti) gabona tárolása (Békési, 2011).

2.2.8. Vizsgálati módszerek a fuzáriumos fertőzöttség kimutatására

Az MSZ 6383:1998 számú szabvány szerint *Fusarium* fertőzöttnek minősítik azokat a szemeket, melyeken szabad szemmel nézve is rózsaszín vagy fehéres penésztelepek érzékelhetők.

A Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Megyei Növény-, Talaj-, és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóságai által alkalmazott módszer a *Fusarium* belsőfertőzöttség mérésére: Felületi fertőtlenítés után kétszeres ismétlésben felraknak 100-100 db búzaszemet *Fusarium* szelektív Papavizas-féle táptalajra. A szelektív táptalaj gombaölő szereket és antibiotikumot tartalmaz, melyek megakadályozza más gombafajok és baktériumok megjelenését. Az értékelést a *Fusarium* nemzetségre jellemző telepek gyakorisága alapján végzik (Halász és Tóth 2010).

A belső fertőzöttség kimutatására alkalmazott eljárás még az ISTA (Nemzetközi Magvizsgáló Szövetség) által ajánlott vizes szűrőpapír módszer.

Veres és Borbély (2003) szerint az élő „penésztelepek” azonosítására és megszámlálására általában a lemezöntéses technikát használják, de bizonyos termékekben a „penész” jelenlétét mikroszkópos vizsgálat során állapítják meg.

A kórokozó jelenlétére következtetnek a kitintartalom méréssel is. A kitintartalom meghatározásának pontosságát és reprodukálhatósága vitatott, ezért előtérbe került egy másik gombaösszetevő, az ergoszterin mérése, azonban a módszer a faj azonosítására nem alkalmas (Kiskó, 1999). A korai fertőzöttség megállapításához segítséget nyújthat a gomba által termelt enzimek kimutatása (Magan, 1993; Marin és társai, 1997).

Az immunológiai módszerek (ELISA, latex agglutinációs tesztek) lehetővé teszik gomba jelenlétének, összetevőinek vagy anyagcseretermékeinek gyors meghatározást. Azonban a tesztek specifikusak és költségesek, ezért nem elterjedt az alkalmazásuk (Veres és Borbély, 2003).

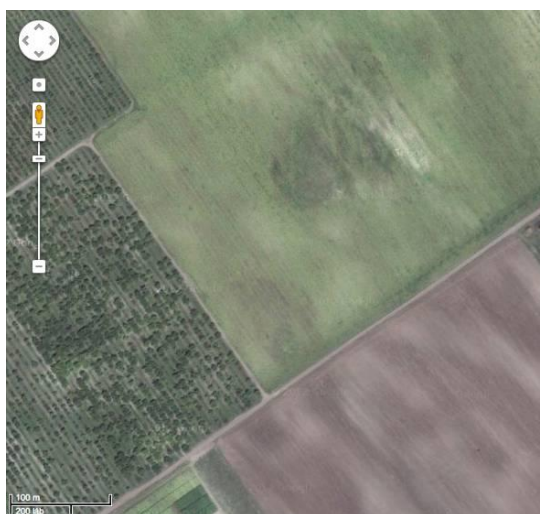
A kórokozó által termelt toxinok meghatározási módszerei közül még mindig jelentős szerepe van az 1980-as években elterjedt gázkromatográfia, vagy a széles körben alkalmazott, nagyhatékonyságú folyadék-kromatográfia (HPLC) használatának. A vékony réteg kromatográfias módszerek (TLC) szintén széles körben elterjedtek (Stahr, 1991). Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül az immunkémiai módszerek használata, melyek során specifikus antitesteket használva lehetővé teszik a szelektív és pontos mennyiségi meghatározást (Lasztity, 1996).

3. A VIZSGÁLAT HELYE, ANYAG ÉS MÓDSZERE

3.1. A vizsgálat helye

A laboratóriumi vizsgálatok a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Növénykórtani Tanszék laboratóriumában történtek. A növénykivonat és az illóolaj előállításához a Gyógy- és Aromanövények Tanszék biztosította a helyszínt. A szabadföldi vizsgálatot a Sósút Fruct Kft. növényállományában végeztük (3. ábra).

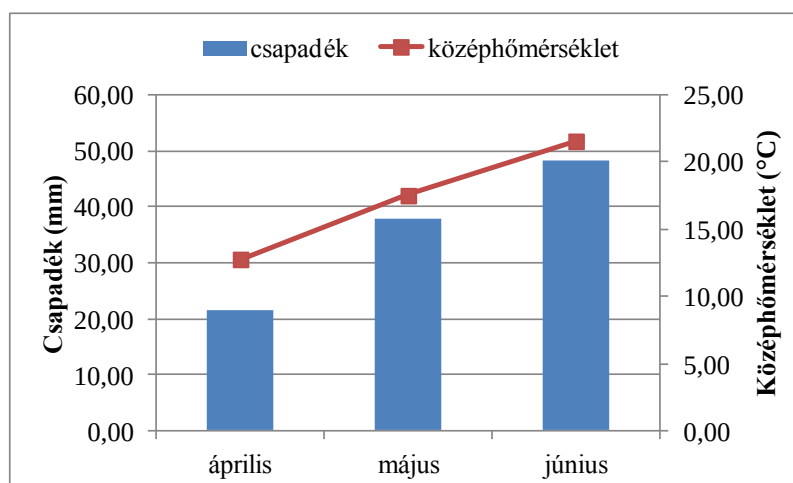
Sósút a Buda-hegységhez tartozó területen, a Tétényi-fennsík és az Etyeki-dombság találkozásánál található. Talaja jellemzően csernozjom, az éghajlata szemiárid. Egy évben átlagosan 300-400 mm csapadék esik.



3. ábra A kísérleti parcella légi felvétele (fotó: Google Earth)

3.1.1. A 2012-es kísérleti év jellemzése

A 2012-es évre a megszokottnál magasabb havi középhőmérséklet és kevesebb csapadék volt a jellemző (4. ábra).



4. ábra: Vizsgálati időszak meteorológiai adatai Sósúton

3.2. A vizsgálat anyaga

3.2.1. Növény

A szabadföldi kísérletek során a Sós-kút Fruct Kft. által termesztett MV Toborzó búzafajtán végeztük a kezeléseket. Korán kalászosító és korán érő fajta. A koraisága ellenére jó fagyálló képességgel rendelkezik. Virágzáskor fogékony a fuzáriumos kalászfertőzésre.

A növénykivonat és az illóolaj előállításához a Gyógy- és Aromanövények Tanszék budapest-soroksári telepén termesztett mentát használtuk. Három menta változatot vontunk be a vizsgálatokba: *Mentha spicata* var. *crispata* L. (fodormenta), *Mentha piperita* f. *rubescens* L. 'Mitcham' (5. ábra) és *Mentha piperita* f. *pallens* L. 'Mexian' (borsosmenta) (6. ábra). A virágzáskor levágott növényanyagból szárítással majd morzsolással növényi drogot állítottunk elő.



5. ábra. Borsosmenta 'Mitcham' állomány
Soroksáron



6. ábra. Borsosmenta 'Mexian' állomány
Soroksáron

3.2.2. Táptalaj

A kórokozó tenyésztését és a hatásvizsgálatokat a Biolab Zrt. által gyártott maláta kivonat agar (MEA) és Czapek Dox agar (CzDA) táptalajokon végeztük, melyeknek összetétele a következő:

MEA:

5 g/l pepton
30 g/l maláta kivonat
15 g/l agar
1000 ml desztillált víz

CzDA:

30 g/l szacharóz
3 g/l nátriumnitrát
0,5 g/l magnéziumsulfát
0,5 g/l káliumklorid
0,01 g/l vassulfát
1 g/l dikálium-hidrogénsulfát
13 g/l agar
1000 ml desztillált víz

3.2.3. Kórokozó

Az *in vitro* laboratóriumi vizsgálatokhoz a Nógrád megyei búzaszemekről izolált *Fusarium* sp. kórokozó gombát használtuk. A szabadföldi vizsgálatokhoz a NÉBIH Növénytermesztési és Kertészeti Igazgatósága által, fertőzött búzaszemeken, rendelkezésünkre bocsájtott *Fusarium graminearum* és *Fusarium culmorum* izolátumokat alkalmaztuk.

3.2.4. Növénykivonat

A növénykivonatot 10%-os töménységben állítottuk elő: 5 g légszáraz menta darálékot felöntöttünk 50 ml forrásban lévő desztillált vízzel, majd 24 óra rázást követően az elegyet 25°C-on 10 percig 4000 RMP-n centrifugáltuk. A felülúszót szűrőpapíron átszűrtük.

A kivonat antioxidáns és fenol tartalmát a Gyógy- és Aromanövények Tanszék meghatározta (2. és 4. táblázat).

A kalibráció az antioxidáns tartalom meghatározásakor aszkorbinsavval a következő koncentrációkkal és abszorbanciával ment végbe (1. táblázat).

1. táblázat Kalibrációs adatok antioxidáns tartalomra

Aszkorbinsav	Abszorbancia	Koncentráció
10	0,207	1,056
20	0,416	2,272
30	0,595	3,346
40	0,809	4,544
50	1,01	5,698

2. táblázat A mentakivonatok antioxidáns tartalma

Minta	Abszorbancia	Koncentráció (mg* ASE/ml)	
fm1	0,503	0,9381	5 mikro liter
fm2	0,456	0,8541	
fm3	0,447	0,8380	
bmi1	0,595	1,1027	
bmi2	0,62	1,1474	
bmi3	0,55	1,0222	
bme1	0,929	1,7002	
bme2	0,999	1,8254	
bme3	0,98	1,7914	
fm1	0,492	0,4503	10 mikro liter
fm2	0,519	0,4825	
fm3	0,463	0,4333	
bmi1	0,736	0,6775	
bmi2	0,688	0,6345	
bmi3	0,725	0,6676	
bme1	0,615	0,5692	
bme2	0,597	0,5531	
bme3	0,594	0,5415	

(Jelmagyarázat: fm:fodormenta, bmi: borsosmenta 'Mitcham', bme: borsosmenta 'Mexian', a kivonatok elkészítését három ismételtsben végeztük, ezért az antioxidáns tartalmat is mind a három ismételtsben meghatározták, a számok az ismételéseket jelölik)

Fenol tartalom meghatározásakor a kalibráció során galluszsavat alkalmaztak a következő abszorbancia értékeken és koncentrációban (3. táblázat):

3. táblázat Kalibrációs adatok fenol tartalomra

Galluszsav	Abszorbancia	Koncentráció
50	0,13	1,02
100	0,227	2,04
150	0,399	3,06
200	0,516	4,18
250	0,62	5,1

4. táblázat A mentakivonatok összfenol tartalma

Minta	Abszorbancia	Koncentráció (mg* GSE/ml)	
fm1 vizes kivonat	0,146	0,3865	40x hígítás
fm2 vizes kivonat	0,13	0,3495	
fm3 vizes kivonat	0,121	0,3299	
bmi1 vizes kivonat	0,297	0,7350	
bmi2 vizes kivonat	0,298	0,7373	
bmi3 vizes kivonat	0,318	0,7835	
bme1 vizes kivonat	0,29	0,7188	
bme2 vizes kivonat	0,308	0,7604	
bme3 vizes kivonat	0,303	0,7488	

(Jelmagyarázat: fm:fodormenta, bmi: borsosmenta 'Mitcham', bme: borsosmenta 'Mexian', a kivonatok elkészítését három ismételtsben végeztük, ezért a fenoltartalmat is mind a három ismételtsben meghatározták, a számok az ismételéseket jelölik)

3.2.5. Illóolaj

A 3 fajta menta illóolaját vízgőz-desztillációval állítottuk elő a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben (2004) leírtaknak megfelelően, Clevenger típusú eszköz segítségével. Az illóolaj kivonást az egyetem Gyógy- és Aromaterápiás Tanszéke laboratóriumában végeztük. A korábbi években elvégzett (Hochbaum, 2011) laboratóriumi és szabadföldi vizsgálatok alapján összehasonlításként a fahéj illóolaját (Aromax Zrt.) is bevontuk vizsgálatainkba.

Az illóolajok összetételét GC-MS technológiával határozták meg a Gyógy- és Aromanövények Tanszék laboratóriumában (5. és 6. táblázat).

5. táblázat A fahéj illóolajának összetevői

cinnamomum zeylanicum	%
cinnamil-acetát	6,62
1,8-cineol	3,58
linalool	3,65
fenil-etil-alkohol	1,64
fahéjaldehid	67,9
transz-metil-cinnamát	2,09
béta-kariofillén	2,5
etil-cinnamát	0,75
eugenol	6,83
benzil-benzoát	0,33
cimén	1,77
limonén	0,86
alfa-terpineol	1,12
Összesen	99,64

6. táblázat A vizsgált mentafélék illóolajának összetevői

Komponens	fodormenta	borsosmenta 'Mexian'	borsosmenta 'Mitcham'
α -pinén	0,25	0,25	0,23
szabinén	0,19	0,17	0,19
β -pinén	0,45	0,39	0,38
β -mircén	0,68		0,13
oktanal	0,13		
limonén	11,83	3,17	0,46
1,8-cineol	0,66	2,92	3,34
(Z)-ocimén (cisz-béta-ocimén)	0,47	0,14	0,25
(E)-ocimén (transz-béta-ocimén)	0,11		
γ -terpinén	0,23		
transz-szabinén-hidrát		0,17	
3-oktanol-acetát	0,13	0,12	
menton		6,71	50,87
izomenton		6,42	11,21

6. táblázat folytatása

Komponens	fodormenta	borsosmenta 'Mexian'	borsosmenta 'Mitcham'
menta-1,5-dién-8-ol (para)		0,08	0,11
mentol		48,72	20,06
terpinén-4-ol		0,54	
izomentol		0,78	0,18
dihidro-karveol	0,22		
cisz-dihidrokarvon	2,5		0,08
pulegon	0,13		1,87
l-karvon	70,21		0,1
piperiton	0,33	0,84	0,37
neomentil-acetát		0,92	
transz-anetol	0,13		
izomentil-acetát		26,38	6,33
dihidro-karveol-acetát (neo)		0,43	
dihidro-karveol-acetát (izo)	0,38		
dihidro-karveol-acetát (neoizo)	0,08		
β -bourbonén	1,56	0,12	0,11
β -elemén	0,2		0,07
béta-kariofillén	5,07	0,08	1,89
α -humulén	0,11		
alloaromadendrén	0,17		
germakrén-D	1,27	0,11	1,28
viridiflorén			0,05
germakrén-A	0,38		0,18
cisz- γ -kadinén	0,07		
δ -kadinén	0,21		
kariofillén-oxid	0,42		
viridiflorol		0,12	0,07
1,10-di-epi-kubenol	0,14		
tau-kadinol	0,47		
α -kadinol	0,12		
Összesen:	99,3	99,58	99,81

3.2.7. Laboratóriumi eszközök

A laboratóriumi vizsgálatok során a növénykórtan laboratóriumában általánosan használt üvegedényeket és fémeszközöket, valamint a hatásvizsgálatokhoz 90mm átmérőjű műanyag Petri-csészéket alkalmaztunk. A szabadföldi vizsgálat során 2l-es kézi nyomáspertmetezővel jutattuk ki az illóolajat és végeztük a fertőzést.

3.3. A vizsgálat módszere

3.3.1. Kórokozó izolálása és tenyésztése

A Nógrád megyéből kapott búzaszemeket 10%-os domesztoszos oldatban áztattuk 15 percig. Áztatás után a szemeket háromszor leöblítettük desztillált vízzel, majd papírtörlővel felszárítottuk, végül 4×25 szemet MEA táptalajra helyeztünk. A Petri-csészéket szobahőmérsékleten tartottuk és a kifejlődött *Fusarium* tenyészeteket áoltottuk. A kórokozó tenyészetét rendszeres áoltással tartottuk fent.

A szabadföldi mesterséges fertőzéssel végrehajtott vizsgálatokhoz búzaszemeket helyeztünk Erlenmayer-lombikba. A szemekre kétszeres mennyiségben desztillált vizet öntöttünk és autoklávban főztük fél órát, annak érdekében, hogy megfelelő táptalajként szolgáljanak a *Fusarium* fajok felszaporításához. A *Fusarium graminearum* és *Fusarium culmorum* izolátumokkal fertőzött gabonaszemekről a konídiumokat desztillált vízzel lemostuk és az így nyert szuszpenzióból 1,3 ml-t átpipettáztunk a főtt búzaszemekre. A lombikokat szobahőmérsékleten, sötét helyen tartottuk. A szabadföldi fertőzés idejére a búzaszemeken dús, vattaszerű fehér légmicélium fejlődött. A tenyészetben a kórokozó bőségesen képzett színanyagot és makrokonídiumokat.

3.3.2. *In vitro* gombagátló hatás feltárása

A menta *Fusarium* sp. kórokozó növekedésére gyakorolt hatását *in vitro* körülmények között mérgezett agarlemez módszer segítségével vizsgáltuk menta-darálék, vizes kivonat és illóolaj felhasználásával. Összehasonlítás céljából a gátló hatás feltárását a menta illóolajok mellett a korábban elvégzett vizsgálatokban már hatékonynak bizonyult fahéj illóolajával is elvégeztük.

Növekedés vizsgálat menta-darálékkal mérgezett táptalajon

A kórokozó tenyésztését a menta darálékot 4 féle koncentrációban tartalmazó táptalajon végeztük: 15 ml kézmeleg táptalajhoz 0 g, 0,1 g, 0,3 g és 1 g menta-darálékot adtunk (7. ábra). A táptalaj megszilárdulását követően, a hatóanyagok diffúziójának elősegítése céljából, az agarlemezeket hűtőben tároltuk 1 napig. Az agarlemezekre a kórokozó micéliumával átszőtt 5 mm-es táptalajkorongot helyeztünk. A kezeléseket háromszoros ismétlésben végeztük. A Petri-csészéket parafilmmel lezártuk és szobahőmérsékleten inkubáltuk. A menta-darálékból kiáramló anyagok gátló hatására a micélium növekedés mértékéből következtettünk.



7. ábra. Darálékkal (1g/15ml) mérgezett MEA táptalaj

Növekedés vizsgálat menta vizes kivonatával mérgezett táptalajon

A kórokozó tenyésztéséhez a vizes kivonatot 0%, 3% és 10% koncentrációban tartalmazó mérgezett agarlemezeket állítottunk elő. A kivonatot kézmeleg táptalajhoz adagoltuk. A megszilárdult táptalajra helyeztük a kórokozó micéliumával átszőtt 5 mm-es táptalajkorongot. A leparafilmezett Petri-csészéket szobahőmérsékleten tartottuk és a tenyészetek növekedését rendszeresen mértük. A növénykivonat gátló hatására a micélium-növekedés mértékéből következtettünk. A kezeléseket 3 ismételtsben végeztük.

Növekedés vizsgálat illóolajjal mérgezett táptalajon

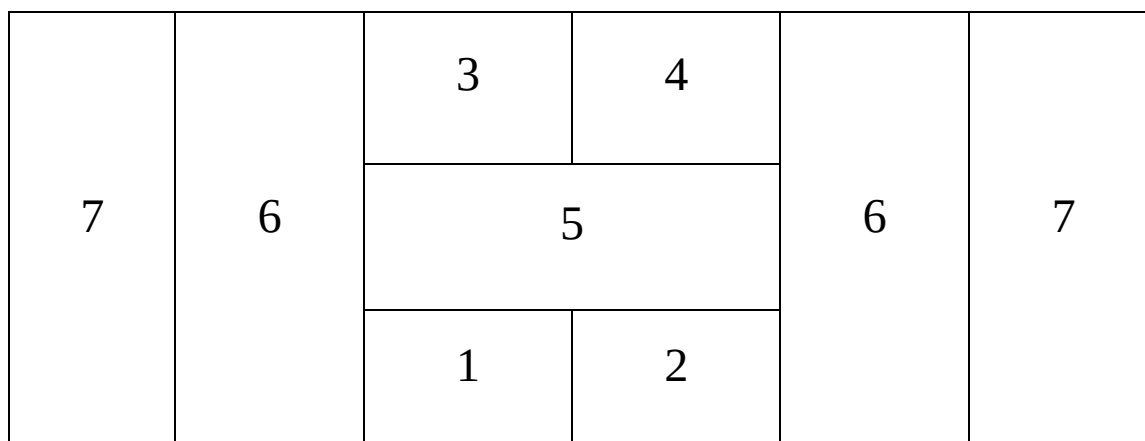
Az illóolajok gátló hatásának feltárása érdekében a kórokozót, a 3 fajta menta és a fahéj illóolaját 5 illetve 6 koncentrációban tartalmazó táptalajon tenyésztettük. A kézmeleg táptalajhoz az illóolajokat 0%, 0,003% (csak fahéj esetében), 0,01%, 0,03%, 0,1% és 0,3% koncentrációban adagoltuk. Az illóolajat tartalmazó táptalajt, a homogenitás érdekében, a Petri-csészékbe való öntést megelőzően alaposan összeráztuk. A megszilárdult agarlemezekre a kórokozó micéliumával átszőtt 5 mm-es agarkorongokat helyeztük. A Petri-csészéket szórt fényben, szobahőmérsékleten inkubáltuk. A telepnövekedést rendszeresen mértük. A kezeléseket 3 ismételtsben végeztük.

3.3.3. Szabadföldi kisparcellás hatékonysági vizsgálat

Az illóolajok fuzáriumos kalászfertőzöttség elleni hatékonyságát szabadföldön kisparcellás körülmények között értékeltük provokatív fertőzés mellett.

Hatékonysági vizsgálat elrendezése

A Sósút Fruct Kft. őszi búzatáblájában kijelöltünk egy körülbelül 180 m²-es területet, melyet 7 parcellára osztottunk fel (8. ábra). A mesterséges fertőzést a *Fusarium graminearum* és *F. culmorum* kórokozók vegyes tenyészetéből nyert konídiumszuszpenzióval végeztük. A szuszpenzió előállításához az Erlenmayer-lombikban fejlődött tenyészetekhez 500 ml desztillált vizet adtunk, alaposan összeráztuk és gézen keresztül áttöltöttük a kézi permetezőbe. A szuszpenziót 1 liter térfogatra kiegészítettük desztillált vízzel. A konídium szuszpenzió töménysége $1,1-1,6 \times 10^5$ konídium/cm³ volt. Az illóolajokkal végzett kezelésekhöz az *in vitro* hatásvizsgálatokban leghatékonyabbnak bizonyult fodormenta és fahéj olaját választottuk. Az illóolajokat 0,1%-os töménységben permeteztük ki (9. ábra). Az egyenletesebb eloszlás érdekében a permetléhez 0,01% töménységben Silwet Star adalékanyagot is alkalmaztunk. A konídiumszuszpenziót és az illóolajokat kézi permetezővel juttattuk ki. A hektárra vetített permetlé mennyisége 300l volt. A konídiumok csírázásának elősegítésére a kórokozóval kezelt parcellákat a kezelést követően desztillált vízzel permeteztük. Összehasonlításként az állományt a kalászfuzáriózis ellen engedélyezett Folicur Solo (tebukonazol) készítménnyel is kezeltük 1l/ha dózisban. A vizsgálat során a mesterséges fertőzést és a készítményekkel végzett permetezést eltérő időpontokban végeztük (7. táblázat).



8. ábra: Szabadföldi hatékonysági vizsgálat parcelláinak elrendezése

7. táblázat. Szabadföldi hatékonysági vizsgálat kezelései

Parcella	Időpont	Fenológia	Kezelés	Kezelés jele
1	05.29.	tejesérés	fahéj	Fp
	05.31.	kezdete	fertőzés	
2	05.29.	tejesérés	fertőzés	Mk
	05.31.	kezdete	menta	
3	05.29.	tejesérés	menta	Mp
	05.31.	kezdete	fertőzés	
4	05.29.	tejesérés	fertőzés	Fk
	05.31.	kezdete	fahéj	
5	05.29	tejesérés	fertőzés	FeK
	05.31	kezdete	-	
6	05.29	tejesérés	fertőzés	FoK
	05.29.	kezdete	Folicur Solo	
7	05.29	tejesérés	-	KK
	05.31	kezdete	-	

**9. ábra.** Az illóolajokkal kezelt őszi búza állomány

A parcellákon preventív és kuratív védelmet célzó kezeléseket végeztünk. Az 1-es és a 3-as parcellán a növényekre 05.29-én juttattuk ki az illóolajat és 05.31-én fertőztünk mesterségesen a kórokozó konídiumszuszpenziójával. A 2-es, 4-es és 5-ös parcellán a növényeket az első időpontban (05.29.) fertőztük és a második időpontban (05.31.) kezeltük illóolajjal. A 6-os parcellán az első időpontban végeztünk fertőzést és aznap lekezeltünk tebukonazol hatóanyagú Folicur Soloval, üzemi kontrollként. A 7-es parcellán nem történt kezelés és fertőzés sem, de a hatékonysági vizsgálatához erről a területről is szedtünk mintát.

A hatékonysági vizsgálat értékelése

Június 28-án mintát szedtünk a növényállományból, majd a kijelölt területet lesarlóztuk. A levágott kalászokat kézzel szétbontottuk és a búzaszemeket papírzacskóban tároltuk a további laboratóriumi vizsgálatokig. A kezelések kórokozóval szembeni hatékonyságára a belső szemfertőzöttség gyakoriságából következtettünk.

A fuzáriumos szemfertőzöttség kimutatására, 3 féle vizsgálati módszert próbáltunk ki:

Először az ISTA (Nemzetközi Magvizsgáló Szövetség) által ajánlott eredeti szubsztrátumon történő, úgynevezett szűrőpapír módszert használtuk. Mintánként 50 magot külsőleg fertőtlenítettünk a felszíni fertőzések eredménytorzításának kiküszöbölése céljából. 10 db neomagnol tablettát feloldottunk 1000 ml vízben, a jobb fertőtlenítő hatás érdekében az oldathoz Tween 20 adalékot is mértünk 0,01%-os töménységben. A búzaszemeket 10 percig, rendszeres kevergetés mellett, áztattuk a fertőtlenítő oldatban, majd 2-szer átöblítettük steril vízzel és felszárítottuk szűrőpapíron. 120 mm-es üveg Petri-csészébe 25 szemenként helyeztük el a búzaszemeket az előzetesen megnedvesített szűrőpapíron. A Petri-csészéket szobahőmérsékleten, szórt fénynél tároltuk, szükség szerint újra nedvesítettük. Az inkubációs idő leteltével leszámoltuk, hány szemnél jelent meg a gombanemzetségre jellemző rózsaszínes tenyészet (10. ábra).



10. ábra. Szűrőpapírra helyezett búzaszemek

A második és harmadik módszer esetében a fertőtlenített gabonaszemeket megszilárdult MEA illetve CzDA lemezekre helyeztük. A Petri-csészéket szobahőmérsékleten, szórt fényben inkubáltuk. A fertőzöttség mértékét a szemekből kifejlődött gombanemzetségre jellemző jellegzetes tenyészetek gyakorisága alapján határoztuk meg (11. és 12. ábra).



11. ábra. *Fusarium* sp. tenyészet



12. ábra. *Alternaria* sp. tenyészet

3.3.4. Az értékelés során használt biometriai módszerek

Az eredmények statisztikai kiértékelésére az PASW Statistics 18 programcsomagot használtuk. Az PASW Statistics statisztikai szoftver, mely klasszikus és modern statisztikai módszereket tartalmaz. Előnye, hogy a feltételek hiányában nem használható hagyományos módszerek helyett más módszerek alkalmazására is lehetőséget nyújt.

A darálék és a vizes kivonat hatásának az értékelése során egytényezős ANOVA- módszert alkalmaztuk. Az illóolajok hatásának az értékelése egytényezős ANOVA módszerrel és ismételt méréses ANOVA módszerrel történt. A varianciaanalízis számos tényező hatásának az összevetésére alkalmas módszer, az egytényezős ANOVA esetén csak egy szempontból figyeltük a hatást (pl. a koncentrációnak a hatását elemeztük a micélium növekedésére), de ezt elvégeztük minden szempontból külön-külön. Amikor az összes szempont együttes hatására voltunk kíváncsiak, az ismételt méréses ANOVA módszert alkalmaztuk

A variancia-analízist kiegészítő középérték összehasonlító tesztek közül a Tukey féle és a Duncan-féle szignifikáns differencia ún. *post hoc* analízisét alkalmaztuk, létrehozva a kezelések homogén csoportjait. A csoporton belüli varianciák egyezőségét a Levene-teszttel ellenőriztük, és szükség esetén a mintaelemszámok és szórások azonosságát nem feltételező Games-Howell próbát is elvégeztük.

A fahéj illóolajának értékelésekor, mivel négy koncentráció esetén 100% volt a gátlás, az értékek konstansok voltak, ezért az ismételt méréses ANOVA-ból kihagytuk. Egymintás t- próbával elemeztük, a fahéj illóolajának a többi illóolajtól való eltérését. Az egymintás t-próba azt vizsgálja, hogy egy mintában egy valószínűségi változó átlaga (menta illóolajok által gátolt tenyészetterületek átlaga) szignifikánsan különbözik-e egy adott értéktől (fahéj által gátolt konstans tenyészetterület). Az összehasonlító értékeléseket az PASW Statistics 18 Programcsomag alkalmazásával, 95%-os szignifikancia szinten végeztük (Harnos és Ladányi, 2005).

4. EREDMÉNYEK

4.1. A kórokozó tenyészbélyegei

A Nógrád megyei búzaszemekről izolált *Fusarium* sp a MEA táptalajra oltás után rendelkezett a *Fusarium* fajokra jellemző tenyészbélyegekkal. A tenyészet kezdetben fehér színű volt és dús légmicéliumot fejlesztett (13. ábra). A telep egyenletes szélű szabályos kör alak. Később bőségesen képződtek mikrokonídiumok. A 4. naptól kezdve megindult a *Fusarium* fajokra jellemző rózsaszínes, téglavörös színanyag-képződés.

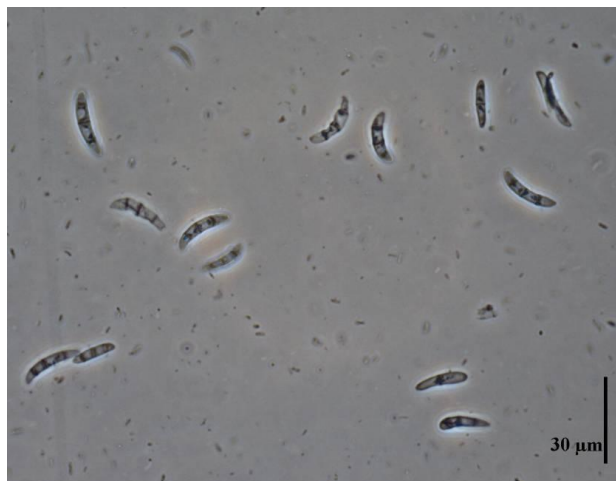
A mesterséges fertőzéshez, a *Fusarium graminearum*-mal és *Fusarium culmorum*-mal, fertőzött búzaszemeken, a szabadföldi kezelések idejére dús vattaszerű micélium fejlődött. A tenyészetben bőségesen termelődött vöröses színanyag, valamint mikro- és makrokonídiumok (14. és 15. ábra).



13. ábra. *Fusarium* sp. MEA táptalajon fejlődött 7 napos tenyésze



14. ábra. Búzaszemeken felszaporított 14 napos *Fusarium culmorum* és *F. graminearum* vegyes tenyészet



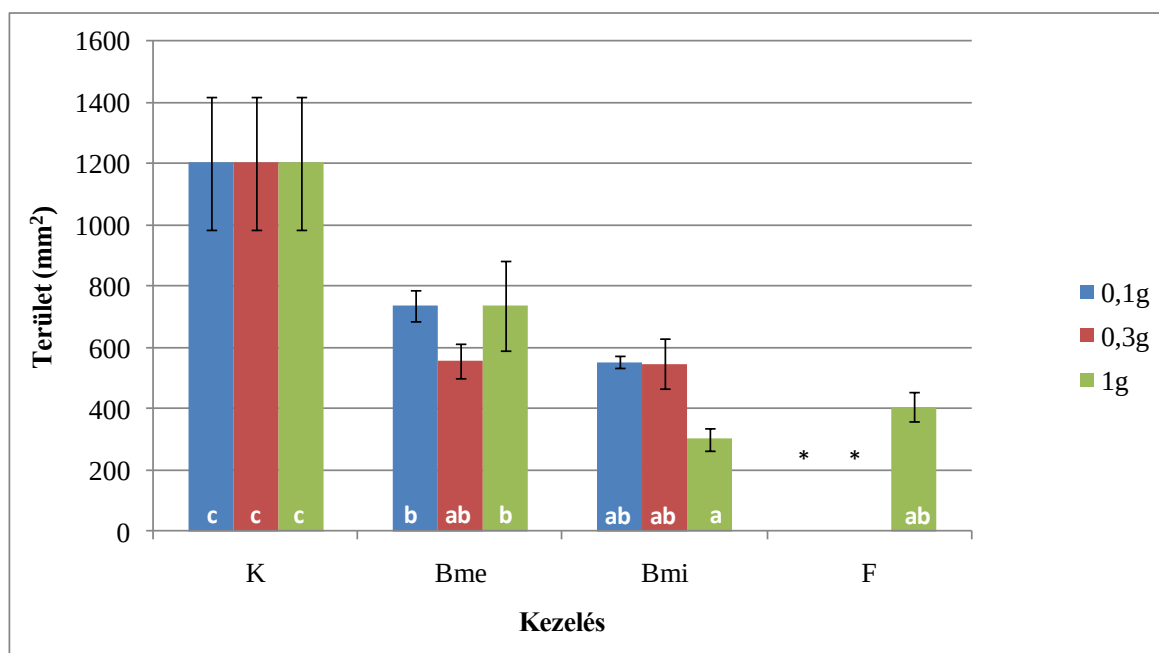
15. ábra. A *Fusarium culmorum* és *F. graminearum* makrokonídiumai

4.2. *In vitro* gombagátló hatás

Az *in vitro* gombagátló hatásra a tenyészetek területének növekedéséből következtettünk. A kezelések alkalmával, eltérő eredményeket kaptunk a darálék, a vizes kivonat, valamint az illóolajok hatását tekintve.

4.2.1. A menta-darálék micélium növekedésre gyakorolt hatása

A 3 menta változat daráléka különböző mértékben gátolta a micélium növekedését (16. ábra).



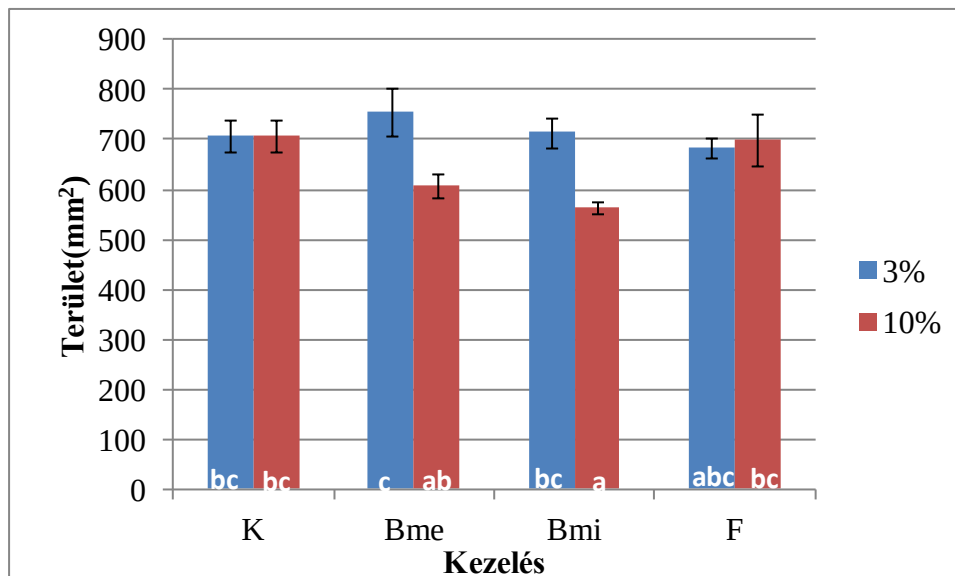
16. ábra: A menta félék darálékainak hatása a *Fusarium* sp. tenyészetek területére a 4. napon

(Jelmagyarázat: K: kontroll, Bme: borsosmenta 'Mexian', Bmi: borsosmenta 'Mitcham', F: fodormenta, *értékelhetetlen tenyészet. Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)

A kontrolltól mind a három menta darálékának hatása eltért. Egytényezős ANOVA alapján a darálékokon fejlődött kórokozó tenyészetének területe az 4. napon szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb volt, mint a darálékot nem tartalmazó táptalajon fejlődött tenyészetek területe. A legkisebb tenyészet a borsosmenta 'Mitcham' darálékát 1g/15 ml koncentrációban tartalmazó táptalajon fejlődött. A kontrollhoz képest a növekedés negyedakkora volt. A menta darálékok között a gátlásban szignifikáns ($p < 0,05$) különbség a borsosmenta 'Mitcham' darálékát 1g és a borsosmenta 'Mexian' darálékát 0,1g és 1g mennyiségben tartalmazó táptalajokon fejlődött tenyészetek területe között volt.

Menta vizes kivonatának a micélium növekedésre gyakorolt hatása

A menta kivonatok kórokozó növekedésére gyakorolt hatása a kivonatokat nem tartalmazó kontroll táptalaj hatásától és egymástól kevésbé tért el, mint a darálékok növekedésre gyakorolt hatása. A kivonatok táptalajban alkalmazott két koncentrációjának hatása közötti különbség viszont egyes esetekben jelentős volt (17. ábra).



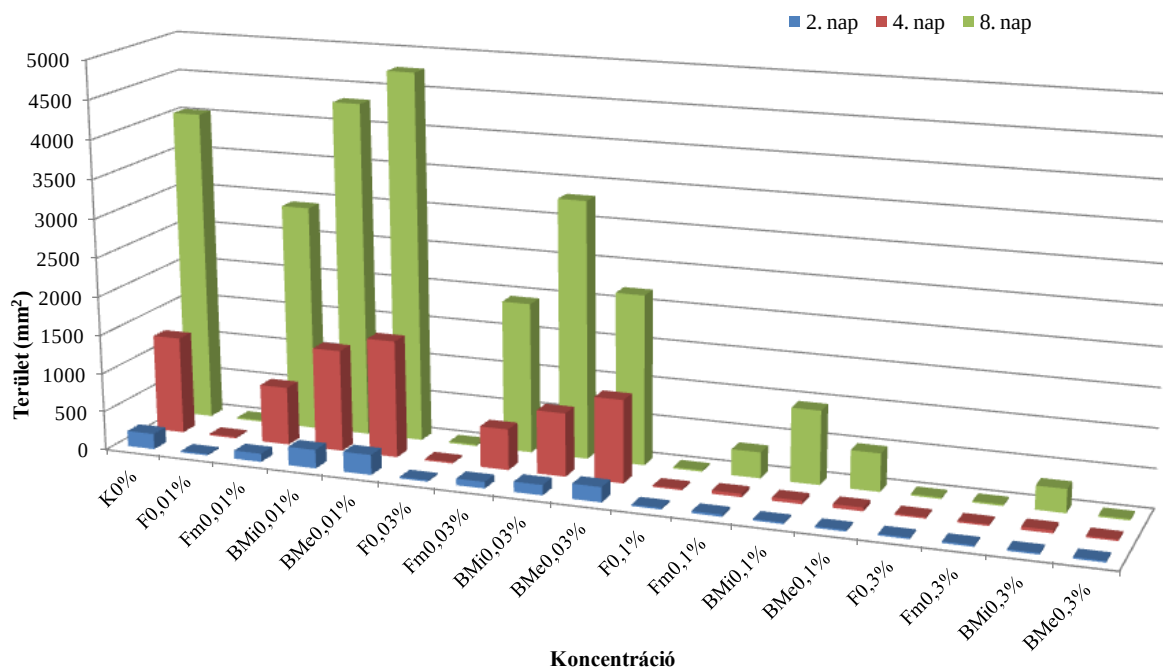
17. ábra: A menta kivonatok hatása a *Fusarium* sp. tenyészetek területére a 3. napon

(Jelmagyarázat: K: kontroll, Bme: borsosmenta 'Mexian', Bmi: borsosmenta 'Mitcham', F: fodormenta, Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)

A növénykivonatok, 3%-os koncentrációban alkalmazva, a *Fusarium* sp. kórokozó tenyészetének növekedését gyakorlatilag nem gátolták. A tenyészetek területe a 3. napon egytényezős ANOVA alapján megegyezett a kontroll tenyészetek területével. A magasabb, 10%-os, koncentrációnál a borsosmenta 'Mexian' és a borsosmenta 'Mitcham' kivonata gátolta a micélium növekedését, statisztikailag azonban csak a borsosmenta 'Mitcham' 10% koncentrációjának hatása tért el szignifikánsan ($p < 0,05$) a kontroll, illetve a fodormenta kivonata hatásától. A borsosmenta 'Mitcham' kivonatának 10%-os koncentrációja közel 25%-os gátló hatást eredményezett a micélium növekedésében.

4.2.2. Menta és a fahéj illóolajának hatása a micélium növekedésére

A különböző illóolajok eltérő hatást mutattak a *Fusarium* sp. telepméretének alakulására. Hasonlóan az alkalmazott koncentrációk is jelentős különbségeket adtak a gátló hatás szempontjából. A legnagyobb különbségeket a 8. napon végzett mérés során tapasztaltuk (18. ábra).



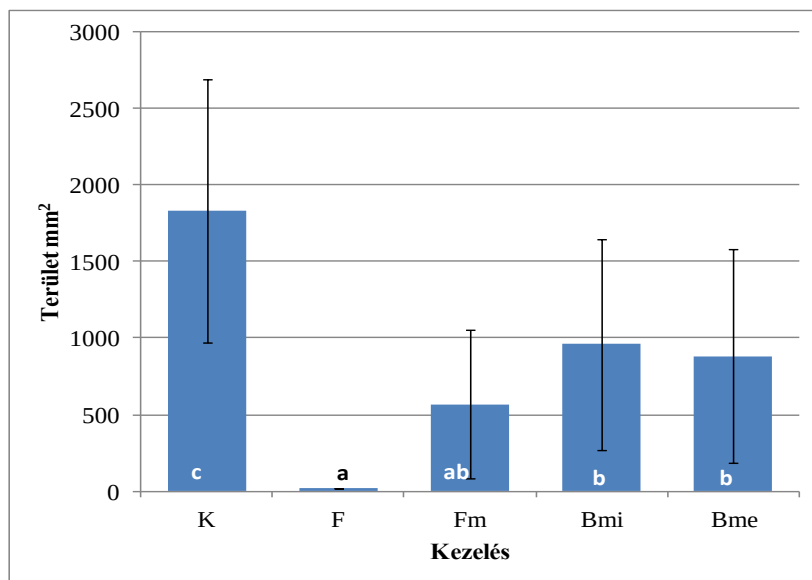
18. ábra: Az illóolajok hatása a *Fusarium* sp. tenyészetek területére

(Jelmagyarázat: K: kontroll, F: fahéj, Fm: fodormenta, BMi: borsosmenta 'Mitcham', BMe: borsosmenta 'Mexian')

Az illóolajok közül a fahéj gátolta a micélium növekedését a legnagyobb mértékben. Egyik vizsgált koncentrációban sem indult meg a tenyészetek növekedése. A menta félék közül a fodormenta illóolajával kezelt táptalajon növekedtek legkevésbé a tenyészetek, 0,3 % koncentrációban teljes gátlás mutatkozott, 0,1%-nál csupán a 3. mérési időpontban indult növekedésnek a kórokozó. Alacsonyabb koncentrációkban (0,01% és 0,03%) adva a táptalajhoz a mentafélék közül, a fodormenta olaja adta a legnagyobb gátló hatást. A 'Mexian' és a 'Mitchem' csak a magasabb koncentrációk esetében gátolta a tenyészet növekedést. A 0,01%-os koncentrációban a kontroll tenyészetekhez képest egyáltalán nem mutattak gátló hatást.

A statisztikai értékelés során különböző szempontok alapján hasonlítottuk össze a kezeléseket. Az egyes tényezők tenyészet-növekedésre gyakorolt hatását külön-külön és egymás interakcióiban is értékeltük.

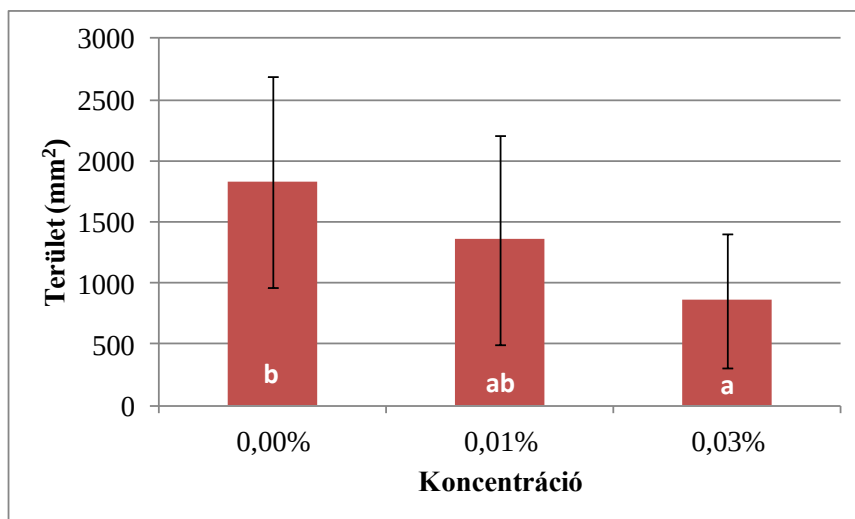
Duncan *post-hoc* teszt alapján, az illóolajok hatását a 4 koncentráció (0,01%; 0,03%; 0,1%; 0,3%) átlagában vizsgálva, a kontrolltól az összes illóolaj szignifikánsan ($p < 0,05$) eltér. A mentafélék *illóolajai* közül a fodormenta olaja gátolta legnagyobb mértékben a kórokozó növekedését, azonban a gátlás nem tért el szignifikánsan ($p > 0,05$) a többi illóolaj gátlásától (19. ábra).



19. ábra: Az illóolaj hatása a *Fusarium sp.* tenyészetek területére

(Jelmagyarázat: K: kontroll, F: Fahéj, Fm: fodormenta, Bmi: borsosmenta 'Mitcham', Bme: borsosmenta 'Mexian'. Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)

A koncentrációnak önállóan jelentős szerepe van a tenyészet növekedésének a gátlásában. Mivel az illóolajok jelentős része a magasabb (0,1% és 0,3%) koncentrációkban teljes gátlást adott, ezért a minta normalitása sérült. Az egytényezős ANOVA eredményénél ezeket a koncentrációkat nem vettük figyelembe. A kontrolltól szignifikánsan ($p < 0,05$) csak a 0,03%-os koncentráció tért el. A 0,01%-os koncentráció sem a kontrolltól, sem a 0,03% koncentrációtól nem tért el a gátlás tekintetében (20. ábra).



20. ábra: A koncentráció hatása a *Fusarium* sp. tenyészetek területére (Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)

A *Fusarium* sp. tenyészetek területét a 2., 4. és a 8. napon mértük. A mérési időpontok növekedésre gyakorolt hatását elemezve egytényezős ANOVA-t követő Tuckey és a Duncan *post-hoc* tesztek szerint a 8. napon mért terület különbözik szignifikánsan ($p < 0,05$) a másik két mérési időpontban mért területektől.

A tényezők együttes hatását ismételt mérések ANOVA-val vizsgáltuk a minta homogenitása alapján Tuckey illetve Games-Howell *post-hoc* próbákkal elemezve. Az ismételt mérések ANOVA elvégzése során csak a menta félék hatását vettük figyelembe, a fahéj konstans értékeinek normailitást sértő hatása miatt. Az eredmények alapján az illóolajoknak önállóan szignifikáns ($p < 0,05$) hatása volt a tenyészetek növekedésére. A koncentrációnak is jelentős hatása van a micélium növekedésre ($p < 0,05$). Az illóolaj és a koncentráció együttes hatását figyelembe véve a szignifikancia gyengült ($p = 0,077$) (21. ábra). Az illóolajok közül, a koncentráció és az idő együtthatásában, a tenyészetek területére gyakorolt hatást figyelembe véve, leggyakrabban a fodormenta olaja tért el szignifikánsan ($p < 0,05$) a borsosmenta 'Mitcham' és a borsosmenta 'Mexian' illóolajának hatásától. A 0,03%-os koncentrációnál a 4. mérési napon mind a három illóolaj hatása jelentősen eltért egymástól (8. táblázat). A koncentráció hatását értékelve az idő és az illóolajok együtthatásában, általában a magasabb koncentráció (0,1% és 0,3%) hatása szignifikánsan ($p < 0,05$) eltért az alacsonyabb koncentrációktól (0,01% és 0,03%). Bizonyos esetekben a két alacsonyabb koncentráció is eltért szignifikánsan ($p < 0,05$) egymástól pl: borsosmenta 'Mitcham' 4. mérési napon, valamint a borsosmenta 'Mexian' a 2. mérési napon (9. táblázat).

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	642706,989	1	642706,989	1451,282	,000
Illóolaj	11263,912	2	5631,956	12,717	,000
Százalék2	249635,993	3	83211,998	187,899	,000
Illóolaj * Százalék2	5820,072	6	970,012	2,190	,077
Error	11514,222	26	442,855		

21. ábra: Ismételt mérés ANOVA eredménye az illóolaj, a koncentráció és az illóolaj-koncentráció interakciójában

8. táblázat. Az illóolaj szignifikáns ($p < 0,05$) hatása a kórokozó területére a koncentráció és az idő együtthatásában

Százalék	Idő	Összehasonlított illóolaj	Szignifikancia szint
0,01%	2. nap	Fm- Bme	$p < 0,05$
		Fm- Bmi	$p < 0,05$
	4. nap	Fm-Bmi	$p < 0,05$
		Fm-Bmi	$p < 0,05$
0,03 %	2. nap	Fm- Bme	$p < 0,05$
	4. nap	Fm- Bmi	$p < 0,05$
		Fm- Bme	$p < 0,05$
		Bmi-Bme	$p < 0,05$

(Jelmagyarázat: Fm: fodormenta, Bme: borsosmenta 'Mexian', Bmi: borsosmenta 'Mitcham')

9. táblázat: A koncentráció szignifikáns hatása ($p < 0,05$) a kórokozó területére az illóolaj és az idő együtthatásában

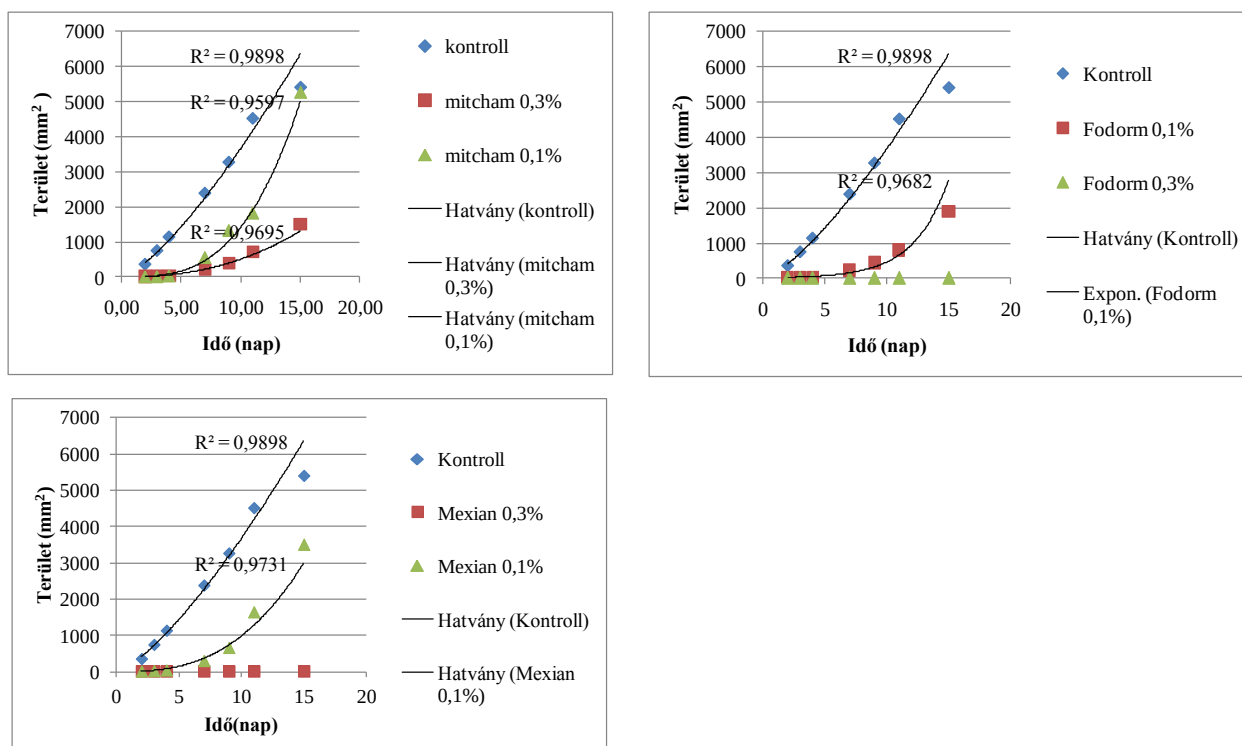
Illóolaj	Idő	Összehasonlított koncentráció	Szignifikancia szint
Fodormenta	2. nap	0,01-0,1	$p < 0,05$
		0,01-0,3	$p < 0,05$
		0,03-0,1	$p < 0,05$
		0,03-0,3	$p < 0,05$
	4. nap	0,01-0,1	$p < 0,05$
		0,01-0,3	$p < 0,05$
		0,03-0,1	$p < 0,05$
		0,03-0,3	$p < 0,05$
	8. nap	0,01-0,1	$p < 0,05$
		0,01-0,3	$p < 0,05$
		0,03-0,3	$p < 0,05$

9. táblázat folytatása

Illóolaj	Idő	Összehasonlított koncentráció	Szignifikancia szint
Borsosmenta 'Mitcham'	2. nap	0,01-0,1	p <0,05
		0,01-0,3	p <0,05
		0,03-0,1	p <0,05
		0,03-0,3	p <0,05
	4. nap	0,01-0,03	p <0,05
		0,01-0,1	p <0,05
		0,01-0,3	p <0,05
		0,03-0,1	p <0,05
		0,03-0,3	p <0,05
	8. nap	0,01-0,1	p <0,05
		0,01-0,3	p <0,05
Borsosmenta 'Mexian'	2. nap	0,01-0,03	p <0,05
		0,01-0,1	p <0,05
		0,01-0,3	p <0,05
		0,03-0,1	p <0,05
		0,03-0,3	p <0,05
	4. nap	0,01-0,03	p <0,05
		0,01-0,1	p <0,05
		0,01-0,3	p <0,05
		0,03-0,1	p <0,05
		0,03-0,3	p <0,05
	8. nap	0,01-0,1	p <0,05
		0,01-0,3	p <0,05
		0,03-0,3	p <0,05

A fodormenta és a borsosmenta 'Mexian' illetve borsosmenta 'Mitcham' illóolajának 0,1% és 0,3 % koncentrációja esetén, a gátolt tenyészeteket további időpontokban is megmértük és területüket pontdiagramon ábrázoltuk, annak érdekében, hogy a tenyészet-növekedés trendjére vonatkozóan információt kapjunk.

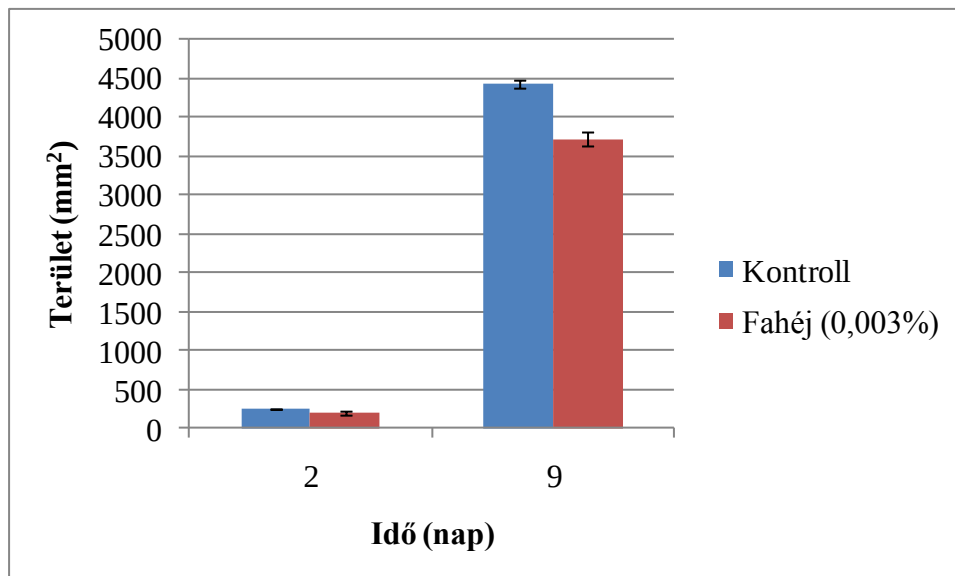
A telep méreteket ábrázoló pontdiagram adatsoraira trend vonalat illesztettünk. A trend típusát az determinációs együttható (R-négyzet) értéke alapján becsültük. A trend annál pontosabb, az R-négyzet érték minél közelebb áll az 1-hez. Az illesztett trend vonalak általában gyengébb, vagy erősebb hatvány típusúak voltak, ami azt mutatja, hogy a telepek mérete az idő előrehaladtával egyre nagyobb ütemben növekedett. A kisebb koncentrációknál előfordult, hogy gyorsabban, exponenciálisan növekedett a micélium (22. ábra).



22. ábra: Az illóolajok által gátolt illetve kezeletlen tenyészetek növekedési trendje

Mivel a fahéj olaja minden koncentrációban 100%-os gátlást adott statisztikailag a minta normalitása sérült. Az olajok gátló hatása közötti statisztikai különbségre a fahéj konstans gátlását figyelembe véve egymintás t-próbával következtettünk 95%-os szignifikancia szinten. Az egymintás t-próba alapján a fahéj hatása kórokozó növekedésére a három mérési időpont átlagában, illetve mérési időpontként is szignifikánsan ($p < 0,05$) különbözik a többi illóolajétól illetve a kontrolltól. Ha az illóolaj hatását a koncentráció függvényében értékeljük, akkor a fahéj a többi illóolajtól csak az alacsonyabb 2 koncentrációban (0,01% és 0,03%) tér el szignifikánsan ($p < 0,05$). Magasabb koncentrációban (0,1% és 0,3 %) alkalmazva a gátlás nem tért el szignifikánsan ($p > 0,05$) a többi illóolaj magasabb koncentrációjától. A fahéj olaján növekedő tenyészetek területe a kontroll tenyészetekétől minden koncentrációban szignifikánsan ($p < 0,05$) eltért.

A fahéj illóolaját kisebb koncentrációban (0,003 %) alkalmazva a kórokozó növekedést alig gátolta. A kontrollhoz képest ez a gátló hatás csak a 9. napon volt elkülöníthető (23. ábra).



23. ábra: A fahéj illóolajának hatása a *Fusarium* sp. tenyészetek területére

4.3. Kalászfuzáriózis elleni hatás szabadföldön

A kezelt búzát 06. 28-án, teljes érettség állapotában betakarítottuk. Ekkorra a kalászfuzáriózisa jellemző látható tünetek nem alakultak ki

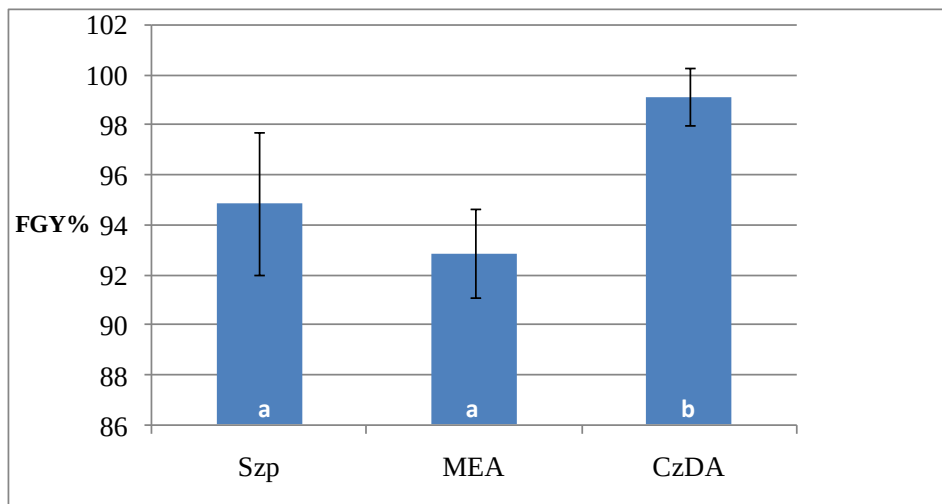
A kezelések hatékonyságára a begyűjtött búzaszemek fuzáriumos belső szemfertőzöttségének gyakoriságából következtettünk. A belső szemfertőzöttséget három módszer segítségével értékeltük. A módszereket a fertőzöttség kimutatásának érzékenysége alapján összevetettük. A belső fertőzöttség gyakoriságát kezelésenként is összehasonlítottuk és statisztikai elemzésnek vetettük alá.

Az értékelés során az előzetes fertőtlenítés ellenére nagymértékű *Alternaria* sp. fertőzöttséget figyeltünk meg, ezért az alternáriás fertőzöttség szempontjából is elvégeztük az összehasonlításokat.

4.3.1. A értékelési módszerek összehasonlítása

Alternaria sp. szemfertőzés szempontjából

A búzaszemekről leggyakrabban a CzDA táptalajon fejlődtek ki *Alternaria* sp. tenyészetek (24. ábra). A fertőzött szemek gyakorisága tekintetében, szignifikánsan ($p < 0,05$) a CzDA táptalajon végzett értékelés tért el a szűrőpapíron és a MEA táptalajon végzettektől.



24. ábra: *Alternaria* sp. gyakorisága a szűrőpapírra (Szp), MEA és CzDA táptalajra helyezett búzaszemeken a 14. (Szp) illetve 10. napon (MEA, CzDA) (Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)

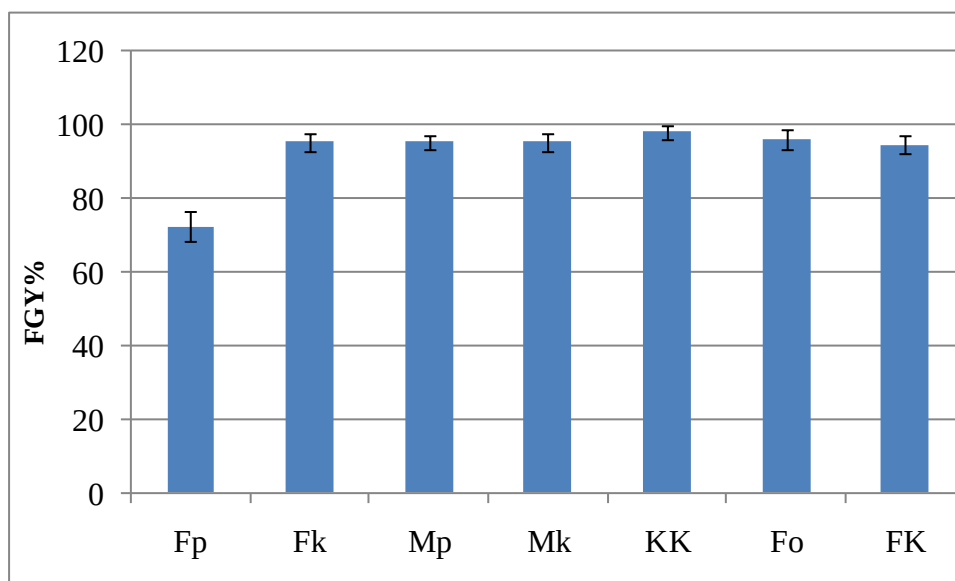
Fusarium sp. szemfertőzés szempontjából

A szűrőpapíron inkubált búzaszemeken a fuzáriumos fertőzöttség gyakorisága igen alacsony szintű volt, ezért a kezelések hatékonyságának elemzésekor nem vettük figyelembe. Egytényezős ANOVA-t követő Duncan *post-hoc* próba alapján a belső szemfertőzöttség gyakorisága szűrőpapíron tartott búzaszemeken szignifikánsan ($p < 0,05$) eltért a MEA illetve CzDA táptalajon inkubált búzaszemek fertőzöttségi gyakoriságától. A két táptalaj tekintetében számottevő eltérést nem tapasztaltunk ($p > 0,05$).

4.3.2. Az illóolajokkal végzett kezelések hatása a belső szennyeződésre

A kezelések hatása az *Alternaria* sp. gyakoriságára

A gabonaszemekben az 14. (szűrőpapír) illetve 10. napon (MEA, CzDA) gyakran jelentek meg az *Alternaria* sp-re jellemző szaporítóképletek illetve micélium. A kórokozó a legkisebb gyakorisággal, a fahéj illóolajával preventív módon kezelt gabonaszemekről fejlődött ki. A többi kezelés hatása a kórokozó gyakoriságára kiegyenlített volt, a kezeletlen kontrollhoz képest nem csökkentette a fertőzöttséget. Egytényezős ANOVA alapján a kezelések között nem állapítható meg szignifikáns ($p > 0,05$) különbség (25. ábra).



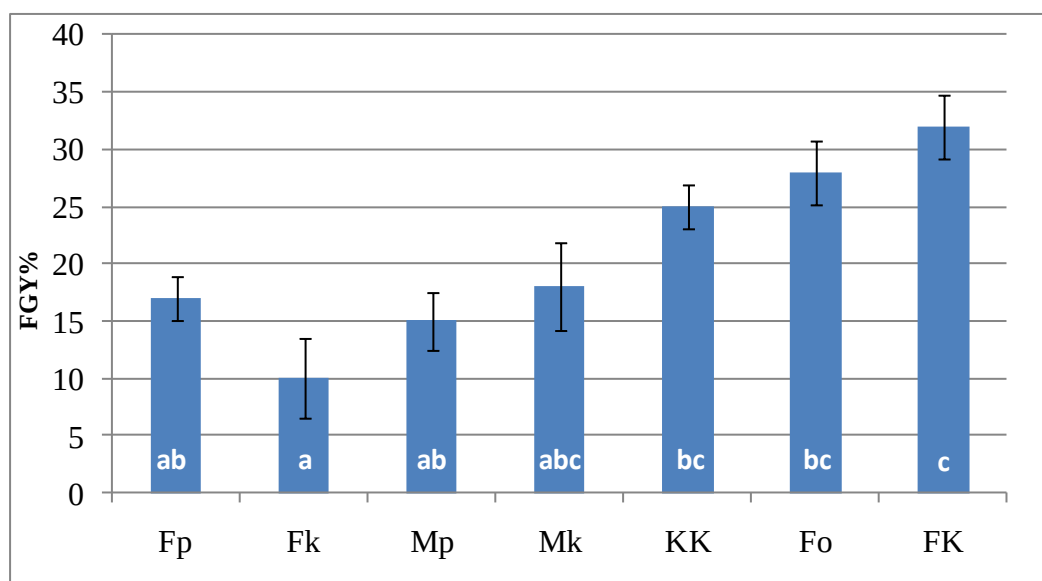
25. ábra: Illóolajos kezelések hatása az alternáriás szennyeződés gyakoriságára

14. (szűrőpapír) illetve 10. napon (MEA, CzDA)

(Jelmagyarázat: Fp: fahéj preventív, Fk: fahéj kuratív, Mp: fodormenta preventív, Mk: fodormenta kuratív, KK: kezeletlen kontroll, Fo: Folicur Solo, FK: fertőzött kontroll)

A kezelések hatása a *Fusarium* sp. gyakoriságára

A 2012-ben uralkodó időjárási körülmények mellett a sós-kúti búzaállomány kísérleti parcellájában a mesterségesen fertőzött növényeken 30% körüli belső szemfertőzöttség alakult ki. A kezeletlen kontroll növényeken a fertőzöttség 25%-os volt. Szabadföldön az illóolajokkal a mesterséges fertőzéshez képest különböző (preventív és kuratív) időpontokban végzett kezelések eltérő hatással voltak a fuzáriumos belső szemfertőzöttség alakulására. Mivel a statisztikai elemzés során a szűrőpapír módszer megzavarta a másik két módszer hatásának az értékelését, a kezelések hatékonyságának összevetéséhez csak a MEA illetve CzDA táptalajokon kapott fertőzöttségi értékeket vettük figyelembe. Az illóolajokkal végzett kezelések közül a fuzáriumos belső szemfertőzöttség gyakoriságát a fahéjjal kuratív módon végrehajtott permetezés (Fk) szorította vissza a legnagyobb mértékben. A belső szemfertőzöttség gyakorisága a kezelés hatására kevesebb, mint harmadára csökkent a mesterségesen fertőzött növényekhez képest. A kezelés hatékonysága egytényezős ANOVA alapján szignifikánsan eltért ($p < 0,05$) a fertőzött kontroll (FK), kezeletlen kontroll (KK) és az üzemi kontroll (Fo) hatásától, ugyanakkor nem különbözött szignifikánsan ($p > 0,05$) a fahéjjal preventív módon (Fp) valamint a fodormentával preventív (Mp) és kuratív (Mk) módon végrehajtott kezelések hatásától (26. ábra).



26. ábra: Illóolajos kezelések hatása a fuzáriumos szemfertőzöttség gyakoriságára a 10. napon (MEA, CzDA)

(Jelmagyarázat: Fp: fahéj preventív, Fk: fahéj kuratív, Mp: fodormenta preventív, Mk: fodormenta kuratív, KK: kezeletlen kontroll, Fo: Folicur Solo, FK: fertőzött kontroll. Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)

5. KÖVETKEZTETÉS

A Nógrád megyei búzaszemekről izolált *Fusarium* sp. táptalajon fejlődött tenyészetek rendelkezett a kórokozóra jellemző tenyészbélyegekkal.

Laboratóriumi körülmények között a menta darálék hatékonyabban gátolta a kórokozó fejlődését, mint a menta vizes kivonata. A menták közül a borsosmenta 'Mitcham' daráléka volt a leghatékonyabb 1g/15 ml táptalaj koncentrációban. A hatásban jelentkező különbségek adódhatnak az eltérő fenol tartalomból illetve antioxidáns kapacitásból. A megvizsgált irodalomban nem találtunk erre utalást.

Az illóolajok közül Velluti és társai (2003, 2004) véleményével egyezően a fahéj jelentős gátló hatást fejtett ki a kórokozó növekedésére. Illóolaja teljes mértékben gátolta a tenyészetek növekedését 0,01%, 0,03%, 0,1% és 0,3% koncentrációban. A micélium fejlődés 0,003%-ban alkalmazva indult meg. Az 50%-os gátláshoz szükséges koncentráció (ED₅₀) 0,003% és 0,01% közé esik. A fodormenta, borsosmenta 'Mitcham' és borsosmenta 'Mexian' olajai a magasabb koncentrációkban (0,1% és 0,3%) voltak hatékonyak. Az alacsonyabb koncentrációknál (0,01% és 0,03%) számottevő gátlást csak a fodormenta illóolaja adott. Az alkalmazott fahéj illóolajnak magas volt az eugenol és fahéjaldehid tartalma, amely komponensek Velluti és társai (2004) szerint felelősek a gátló hatásért. A menta félék gombagátló hatását Héthelyi és társai (2002) a karvon és a limonén tartalomnak tulajdonították. Az általunk használt menta illóolajok közül a fodormenta jelentősen magasabb koncentrációt tartalmazott mindkét komponensből.

Az *in vitro* két leghatékonyabbnak bizonyult illóolaj gyakorlati alkalmazásának a lehetőségét szabadföldi kisparcellás hatásvizsgálattal tártuk fel mesterséges fertőzés mellett. A kezeléseket a mesterséges fertőzéshez képest két időpontban végeztük, preventív és kuratív védelmet célzóan.

Az értékelés során a fertőzött kontroll parcellában közepes fertőzöttségi nyomás alakult ki. Szabadföldön, az *in vitro* eredményeinket megerősítve, a fahéj hatása bizonyult a legjelentősebbnek a belső fertőzöttség visszaszorításában. A kuratív kezelés Marín és társai (2004) véleményével ellentétben hatékonyabb volt, mint a preventív alkalmazás. A fodormenta illóolajának hatása kevésbé volt jelentős, mint a fahéj illóolajáé. Ez utóbbi esetben a preventív kezelés kissé hatékonyabbnak bizonyult. Feltehetően a fahéj illóolaja az aktív micélium növekedést gátló (kuratív hatás) komponenseket tartalmaz többségében, ugyanakkor a fodormenta olajában elsősorban a spóra csírázását gátló (preventív hatás) anyagok találhatók. A hatás feltárására további vizsgálatok szükségesek.

A vizsgálati módszerek közül bár Békési (1998) szerint a szelektív táptalajon és a szűrőpapíron végzett *Fusarium* belső fertőzöttség értékelés hasonló eredményt ad, mi jelentős eltérést tapasztaltunk a két módszer között. A szűrőpapíros módszer során alig találtunk fuzáriumos szemeket, ezzel szemben a MEA táptalajon és a CzDA táptalajon jelentősen több *Fusarium*-ra jellemző telep jelent meg. Valószínűleg, ez azért történt, mert nem tudtuk biztosítani a sporulációt serkentő speciális megvilágítást a tenyésztés során.

Figyelemre méltó, hogy az *Alternaria* sp. képletei nagy gyakorisággal fejlődtek ki a vizsgált szemeken, számos esetben csírapusztulást okozva. Az *Alternaria* sp. kimutatására mindhárom vizsgálati módszer alkalmas volt, érzékenységük többnyire megegyezett.

Eredményeink alapján a fahéj illóolaját a fuzáriumos kalászfertőzés elleni felhasználásra perspektivikusnak látjuk.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánk egyik legfontosabb szántóföldön termesztett növénye az őszi búza. Vetésterülete meghaladja az 1 millió hektárt (Központi Statisztikai Hivatal, 2010). A legveszélyesebb betegségei közé tartozik a kalászfuzáriózis, amelyet a *Fusarium* fajok okoznak. A fertőzés veszélye nem csak a közvetlen kártételben rejlik, a közvetett kártétel során, egészségre káros anyagcsere termékek (toxink) képződnek.

A betegség elleni hatékony védelem, a különböző védekezési eljárások együttes, integrált alkalmazását kívánja meg. A növényvédő szer használat szigorodó szabályozása és a fogyasztói igény miatt a peszticidmentes eljárások kutatása előtérbe került.

Dolgozatomban a menta félék (fodormenta, borsosmenta 'Mitcham' és borsosmenta 'Mexian') és a fahéj, védekezésben történő felhasználásának lehetőségét vizsgáltuk laboratóriumi és szabadföldi körülmények között.

Laboratóriumban a menta száraz levéldarálékának, vizes növénykivonatának valamint a menta és a fahéj illóolajainak hatását értékeltük a kórokozó növekedésére. Táptalajon a darálék hatékonyabban gátolta a kórokozó micéliumának fejlődését, mint a vizes növénykivonat. Leghatékonyabbnak a borsosmenta 'Mitcham' bizonyult. Az illóolajok közül fahéj olaja volt a leghatásosabb. A vizsgált koncentrációkban (0,01%, 0,03%, 0,1% és 0,3%) a kórokozó egyáltalán nem indult fejlődésnek. A menta illóolajok közül táptalajon a fahéj után a fodormenta olaja gátolta számottevően a micélium fejlődését. Az illóolajok közötti különbség a magasabb koncentrációkban (0,1% és 0,3%) már nem volt számottevő.

Az *in vitro* hatékony fahéj és fodormenta illóolajával szabadföldön kisparcellás körülmények között őszi búza állományt kezeltünk. Az állományt tejesérés kezdetén mesterségesen fertőztük *Fusarium culmorum* és *F. graminearum* konídium szuszpenzióval. Az illóolajokat eltérő időpontban, a mesterséges fertőzést megelőzően, illetve azt követően, permetezéssel juttattuk ki a kalászkra, preventív és kuratív védelmet célozva. Közepes fertőzési nyomás mellett a leghatékonyabb védelmet a fahéj illóolaja adta, kuratív kezelés mellett, amely erős micélium növekedés gátló hatásra utal. A szabadföldi eredmények alátámasztják a laboratóriumban kapott eredményeket.

A *Fusarium* belső szemfertőzőtség kimutatására használt vizsgálati módszereket (szűrőpapír, maláta kivonat agar, Czapek-Dox agar) összehasonlítva az értékelésre a maláta kivonat agar és Czapek-Dox agar táptalajon történő tenyésztés adott megbízható eredményeket. A *Fusarium* spp. mellett a búzaszemeken nagy gyakorisággal jelentek meg az *Alternaria* sp. képletei. Ez utóbbi kórokozónál a vizsgálati módszerek nem mutattak jelentős különbséget a kimutatás érzékenységében.

A fuzáriumos kalászfertőzés a búza egyik legveszélyesebb betegsége, a fertőzésre évről évre rendszeresen számíthatunk. Eredményeink alapján a fahéj illóolaja alkalmas jelölt a betegség elleni hatékony alternatív védelem további kutatásában. Az illóolaj hatásmódjának részletes feltárása, valamint a növényekre való kijuttatás körülményeinek pontosítása további vizsgálatokat tesznek szükségessé.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni konzulens tanáromnak és témavezetőmnek, Dr. Nagy Géza egyetemi docensnek a vizsgálatok elvégzéséhez nyújtott folyamatos szakmai irányítását, valamint a dolgozat megszerkesztésében és megírásában tanúsított segítségét.

Külön köszönet illeti Horváth Alexandra *PhD* hallgatót, aki laboratóriumi kísérletek elvégzésénél segítséget nyújtott és számos hasznos tanáccsal segítette a dolgozatom elkészítését.

Köszönetemet fejezem ki Dr. Ladányi Márta egyetemi docensnek a statisztikai vizsgálatokban nyújtott segítségért.

További Köszönettel tartozom:

- A Gyógy- és Aromanövények Tanszéknek, a kivonat és az illóolaj készítése során nyújtott segítségért, valamint a kivonat fenol és antioxidáns tartalmának és az illóolaj összetevőinek a meghatározásáért,
- a Növénykórtani Tanszék vezetőjének, Dr. Palkovics László egyetemi tanárnak a kísérleteim elvégzéséhez megteremtett laboratóriumi háttérért, valamint a Tanszék minden dolgozójának, akik segítették ennek a dolgozatnak az elkészítését,
- a Sósút Fruct Kft vezetőinek, hogy a vizsgálati helyszínt biztosították számomra.

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. Aponyi, I., Nagy, G., Princzinger, G. és Kajati, I.: 1998. Fusarium infection of wheat seeds in Hungary between 1970 and 1997. In: Cereal Research Communications, 26 (3): p. 253-258.
2. Aponyiné I.: 1999. A kalászosok fuzáriumos betegségei, a védekezés lehetőségei. In: Növényvédelmi Tanácsok. 8. (5): p. 29-31.
3. Békési P.: 1998. Kérdések az őszi búza fuzáriózisáról. Gyakorlati Agroforum. 9. (11): p. 10-11.
4. Békési P.: 2010a. Ismét a kalászfuzáriózisról. In: Agroforum. 21. (1): p. 53-56.
5. Békési, P. 2010b. Az őszi búza betegségei és a védekezés. In: Agroforum Extra. 36: p. 13-18.
6. Békési, P. 2011. Minden eszközzel a fuzárium ellen. In: Agroforum. 22. (7): p. 20.
7. Békési, P. 2012. Az integrált védelem lehetőségei az őszi búza betegségek elleni védelemben. In: Agroforum. Extra. 45.: p. 70-75.
8. Chelkowski, J. :1989. Formulation of mycotoxins produced by fusaria in heads of wheat, triticale and rye. In: Fusarium mycotoxins, taxonomy and pathogenicity. Chelkowski, J.(edit)1989. Amsterdam, Elsevier. p. 199-225.
9. Dambolena, J. S., López, A. G., Rubinstein, H, R., Zygodlo, J. A. : 2010. Effects of menthol stereoisomers on the growth, sporulation and fumosinin B1 production of *Fusarium verticillioides*. In: Food Chemistry. 123: p. 165-170.
10. Fekete M.; Nagy G., Palkovics L.: 2009. Az illóolajok hatása a *Botrytis cinerea*, a *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis* és a *Sclerotinia sclerotiorum* kórokozókra. In: Növényvédelem 45. (7): p. 343-349.
11. Gilbert, J. :1989. Current views on the occurrence and significance of Fusarium toxins. In: J. Appl. Bact. Symp. Suppl. p. 89-98.
12. Halász Á., Tóth Á.: 2010. A búza *Fusarium*-fertőzöttségéről. In: Agrárium. Növényvédelem. 20. (5./mell): p. 18-19.

13. Halász Á., Tóth Á.: 2011. A hazai őszi búza tételek *Fusarium* fertőzöttsége 2010-ben. In: Agrofórum. Extra. 41: p. 43-46.
14. Halász Á., Valovics. A.: 2012. A magyarországi őszi búza tételek *Fusarium*- fertőzöttség felmérésének eredményei 2011-ben. In: Agrofórum. 23. (4): p. 28-31.
15. Harnos Zs.; Ladányi M.: 2005. Biometria agrártudományi alkalmazásokkal. Aula Kiadó Kft. Budapest. p. 105-337.
16. Héthelyi B. É., Stoeva T., Bernáth J. : 2002. Bolgár és magyar *Mentha spicata* L. Huds. illóolajok kémiai karakterének vizsgálata GC, GC/MS módszerrel. In: *Olaj, Szappan, Kozmetika* 51 (1): p. 26-32.
17. Hochbaum T.: 2010. Illóolajok alkalmazásának lehetősége a kajszi- és őszibarack kórokozói, illetve molykártevői ellen. Budapesti Corvinus Egyetem. Diplomamunka. Budapest. p.34.
18. Husz, B.: 1925. *Fusarium* beteg gabonaszemek és csírák. In: *Növényvédelem*. 73: p. 172-174.
19. Jakab L., Békési P. : 1992. A *Fusarium culmorum* fertőzési idejének és inokulumkoncentrációjának hatása az őszi búza szemtermés fertőződésére. In: *Növénytermelés*. 41. (1): p. 19-24.
20. Jones, D. G., Clifford, B. C.: 1983. Cereal diseases, Their pathology and control. Second edition. John Wiley and Sons. Chichester. p. 309.
21. Kiskó G.: 1999. A penésztartalom meghatározására alkalmas módszerek (II.). In: *Kémiai meghatározási módszerek. Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 45. (2): p. 97-105.
22. Központi Statisztikai Hivatal: 2010. <http://www.ksh.hu>. Letöltés dátuma: 2012.10.24.
23. Lasztity K.: 1996. A mikotoxin analitika jelenlegi helyzete és fejlődési irányai. In: *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 42. (2): p. 83-91.
24. Lelley, J.: 1965. A búza tömeges fuzáriumos fertőzése. In: *Magyar Mezőgazdaság*. 20: p. 14.
25. Lévy L.: 2012. A búza egyik rettegett betegsége a *Fusarium*. In: *Agrárágazat*. 13. (8): p. 28-29.

26. Magan, N.: 1993. Early detection of mould growth in stored grain. In: Aspects of Applied Biology 36. Cereal Quality III. p. 417-425.
27. Marín S., Velluti, A., Ramos, A. J., Sanchis, V.: 2004. Effect of essential oils on zearalenone and deoxynalolenol production by *Fusarium graminearum* in non-sterilized maize grain. In: Food Microbiology 21: p. 313-318.
28. Marin, S.-Sanchis, V.-Ramos, A. J.-Vinas, I.-Magan, N.: 1997. Effect of water activity on hydrolytic enzyme production by *Fusarium moniliforme* and *F. proliferatum* on maize grain. Proceeding of the Fifth European Fusarium Seminar. In: Mesterházy, Á.(edit). Cereal Research Communication. Szeged. 25. (3) 1. : p. 499-500.
29. Mesterházy Á.: 1984. *Fusarium* species of wheat in South Hungary, 1970-1983. In: Cereal Research Communications. 12: p. 167-170.
30. Mesterházy Á., Lechoczki K. Sz., Kótai Cs.: 2011. Újabb eredmények a kalászfuzárium elleni védekezésben. In: Agro Napló. 15. (5): p. 33-35.
31. Mladenov, M., Karadzhova, I.: 1978. Investigation of *Fusarium* species on wheat in Bulgaria. In: Tóth A. Őszi búzán előforduló *Fusarium* fajok azonosítása és jellemzése, Agrártudományi Egyetem. Mezőgazdasági Kar, Gödöllő: p. 7.
32. Pattnaik, S., Subramanyam, V. R. and Kole, C.: 1996. Antibacterial and antifungal activity of ten essential oils *in vitro*. - Microbios, 86: (349): p. 237-246.
33. Perez-Sanchez, R., Infante, F., Galvez, C. and Ubera, J. L.: 2007. Fungitoxic activity against phytopathogenic fungi and the chemical composition of *Thymus zygis* essential oils. In: Food Science and Technology International. 13: (5): p. 341-347.
34. Princzinger G.: 2009. Búza, fuzáriumok, toxinok. In: Mezőhír. 13. (8): p. 14.,16.,18.
35. Stahr, H. M.: 1991. Analitical methods in toxicology. In: Canada Press. p. 93-128.
36. Stingli A., Bokor Á., Jakab L.: 2008. A talajkímélő művelés és a műtrágyadózis hatása az őszi búza belső fuzárium- fertőzöttségére. In: Agro Napló. 12. (9): p. 56-57.
37. Szunics L., Szunics L., Stéhli L.: 1987. A búzáról izolált mikroorganizmusok és kártételeik ismertetése. IV. Adatok a *Fusarium* okozta kártétel alakulásához. In: Növénytermelés. 36: p. 421-430.

38. Szunics L., Szunics L.: 1992. Búza kalászfuzárium fertőzési módszerek és a fajták fogékonysága. In: Növénytermelés. 41. (3): p. 201-210.
39. Tarján Zs., Mezei Z.: 2009. Őszi búza DON. toxin szennyezettségének a vizsgálata a malmi feldolgozás során. Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar, Kecskemét. p. 1432-1435.
40. Téren J., Novák E. K.: 1989. Mikotoxinok, toxinogén gombák. In: Téren J., Draskovics I., Novák E. K. (szerk.): Mikotoxinok, toxinogén gombák, mikotoxikózisok. MÉE. Budapest. p. 2-118.
41. Tusa, C., Munteam, I., Capetti, E., Pirvu, T., Banescu, S., Sin, G., Nicolae, H., Tiam, A., Caea, P., Romascaun, o., Stoica, V.: 1981. Aspects of the *Fusarium* attacks on wheat in Romania. In: Probleme de Protectia Planteor. I. C. C. P. T. Fundulea. 9 (1): p. 115-131.
42. Tyagi, A. K., Malik, A.: 2011. Antimicrobial potential and chemical composition of *Mentha piperita* oil in liquid and vapour phase against food spoiling microorganisms. In: Food Control. 22: p. 1707- 1714.
43. Ueno, Y.: 1980. Toxicological evaluation of trichotecenes mycotoxins. In : Eaker, D. and T. Wadström eds. Natural toxins. Pergamon Press Oxford and New York. p. 663-671.
44. Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, A. J., Egido, J., Marín, S.: 2003. Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B1 production by *Fusarium proliferatum* in maize grain. In: International Journal of Food Microbiology 89. p. 145–154.
45. Velluti, A., Marín, s., Gonzalez, P., Ramos, A. J., Sanchis V.: 2004. Initial screening for inhibitory activity of essential oils on growth of *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* and *F. graminearum* on maize-based agar media. In: Food Microbiology 21: p. 649-656.
46. Veres E., Borbély M.: 2003. Az őszi búza felhasználhatósága a vizuális és mikrobiológiai *Fusarium* fertőzöttség-, valamint a toxinvizsgálatok alapján. In: Agrártudományi közlemények. 12: p. 26-34.
47. Vida Gy.: 2009. Rezisztenciakutatás és -nemesítés a környezetkímélő búzatermesztés szolgálatában. In: Növényvédelem. 45. (12): p. 639-643.
48. Wollenweber, H. W., Reinking, O. A.: 1935. Die Fusarien. Verlagsbuchhandlung Paul Parey. Berlin. p. 335.

9. ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra Fuzáriumos fertőzöttség alakulása Magyarországon 1997-2011 (Halász és Valovics, 2012 nyomán)	6
2. ábra Kalászfuzáriózis tünete őszi búza állományban (fotó: Békési P.)	7
3. ábra A kísérleti parcella légi felvétele (fotó: Google Earth).....	14
4. ábra: Vizsgálati időszak meteorológiai adatai Sós-kúton	14
5. ábra. Borsosmenta 'Mitcham' állomány Soroksáron.....	15
6. ábra. Borsosmenta 'Mexian' állomány Soroksáron.....	15
7. ábra. Darálékkal (1g/15ml) mérgezett MEA táptalaj.....	22
8. ábra: Szabadföldi hatékonysági vizsgálat parcelláinak elrendezése	23
9. ábra. Az illóolajokkal kezelt őszi búza állomány	24
10. ábra. Szűrőpapírra helyezett búzaszemek	25
11. ábra. <i>Fusarium</i> sp. tenyészet.....	26
12. ábra. <i>Alternaria</i> sp. tenyészet.....	26
13. ábra. <i>Fusarium</i> sp. MEA táptalajon fejlődött 7 napos tenyészet	27
14. ábra. Búzaszemeken felszaporított 14 napos <i>Fusarium culmorum</i> és <i>F. graminearum</i> vegyes tenyészet.....	27
15. ábra. A <i>Fusarium culmorum</i> és <i>F. graminearum</i> makrokonídiumai	27
16. ábra: A menta félék darálékainak hatása a <i>Fusarium</i> sp. tenyészetek területére a 4. napon	28
17. ábra: A menta kivonatok hatása a <i>Fusarium</i> sp. tenyészetek területére a 3. napon.....	29
18. ábra: Az illóolajok hatása a <i>Fusarium</i> sp. tenyészetek területére	30
19. ábra: Az illóolaj hatása a <i>Fusarium</i> sp. tenyészetek területére	31
20. ábra: A koncentráció hatása a <i>Fusarium</i> sp. tenyészetek területére (Az azonos betűk statisztikailag homogén csoportokat jelölnek /egytényezős ANOVA, $p \leq 0,05$; Duncan próba/)	32
21. ábra: Ismételt méréses ANOVA eredménye az illóolaj, a koncentráció és az illóolaj-koncentráció interakciójában	33
22. ábra: Az illóolajok által gátolt illetve kezeletlen tenyészetek növekedési trendje.....	35
23. ábra: A fahéj illóolajának hatása a <i>Fusarium</i> sp. tenyészetek területére	36
24. ábra: <i>Alternaria</i> sp. gyakorisága a szűrőpapírra (Szp), MEA és CzDA táptalajra helyezett búzaszemeken a 14. (Szp) illetve 10. napon (MEA, CzDA)	37
25. ábra: Illóolajos kezelések hatása az alternáriás szemfertőzöttség gyakoriságára 14. (szűrőpapír) illetve 10. napon (MEA, CzDA)	38
26. ábra: Illóolajos kezelések hatása a fuzáriumos szemfertőzött gyakoriságára a 10. napon (MEA, CzDA).....	39

10. TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat Kalibrációs adatok antioxidáns tartalomra	17
2. táblázat A mentakivonatok antioxidáns tartalma.....	17
3. táblázat Kalibrációs adatok fenol tartalomra	18
4. táblázat A mentakivonatok összfenoltartalma	18
5. táblázat A fahéj illóolajának összetevői	19
6. táblázat A vizsgált mentafélék illóolajának összetevői	19
7. táblázat. Szabadföldi hatékonysági vizsgálat kezelései.....	24
8. táblázat. Az illóolaj szignifikáns ($p < 0,05$) hatása a kórokozó területére a koncentráció és az idő együtthatásában.....	33
9. táblázat: A koncentráció szignifikáns hatása ($p < 0,05$) a kórokozó területére az illóolaj és az idő együtthatásában.....	33