

**Tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok mennyiségének,  
transzlokációjának, bomlásának és kalászfuzáriózis elleni  
hatékonyságának vizsgálata búzában különböző kijuttatási  
módszereknél**

Doktori (Ph.D.) értekezés

Lehoczki-Krsjak Szabolcs

Témavezető:

Prof. Dr. Mesterházy Ákos

Tudományos igazgatóhelyettes

MTA levelező tagja

Szegedi Tudományegyetem

Természettudományi és Informatikai Kar

Biológia Doktori Iskola

Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.

Szeged

2013



## Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék .....	3
Rövidítések jegyzéke .....	5
1. Bevezetés .....	6
2. Irodalmi áttekintés .....	9
2.1. A kalászfuzáriózis kialakulása és tünetei .....	9
2.1.1. A kórokozók .....	9
2.1.2. A betegség és járványtana .....	9
2.1.3. A fertőzés folyamata és következményei .....	10
2.2. A kalászfuzáriózis elleni védelem .....	14
2.2.1. A kalászfuzáriózis elleni védelem szempontjai .....	14
2.2.2. Vegyszeres kalászvédelem .....	15
2.2.3. Triazol típusú hatóanyagok és hatásmechanizmusuk .....	15
2.2.3.1. Protiokonazol és tebukonazol .....	16
2.2.4. Fungicid hatékonyság és ellenállóság .....	21
2.2.5. Fungicid hatékonyság és koncentráció .....	21
2.2.6. A hatóanyagok felvétele és növényen belüli mozgása .....	22
2.2.7. A protikonazol és a tebukonazol növényen belüli mozgása .....	24
2.2.8. Egyéb, fungicid hatékonyságot befolyásoló tényezők .....	25
2.3. A jobb kalászvédelem szempontjai és lehetőségei .....	25
3. Célkitűzések .....	30
4. Anyag és módszer .....	31
4.1. Felhasznált fajták .....	31
4.2. Felhasznált fungicid .....	31
4.3. Üvegházi transzlokáció vizsgálat .....	32
4.4. Szántóföldi kisparcellás kísérletek .....	32
4.4.1. A kísérlet elrendezése és a gombaölő szer kijuttatása .....	32
4.4.2. Mesterséges inokulációs kísérletek .....	33
4.4.2.1. Felhasznált izolátumok .....	33
4.4.2.2. A fertőző anyag (inokulum) előállítása .....	33
4.4.2.3. Az agresszivitás tesztelése .....	34
4.4.2.4. Szántóföldi inokuláció .....	35
4.5. Szántóföldi nagyparcellás permetezés-technológia kísérlet .....	35
4.5.1. A kísérlet elrendezése és a gombaölő szer kijuttatása .....	35
4.5.2. A kalászhalmok permetszeres borítottságának mérése .....	36
4.5.2.1. Fluorescens festék .....	36
4.5.2.2. Vízérzékeny papírok .....	37
4.6. Minta gyűjtés .....	37
4.7. Minta előkészítés .....	37
4.7.1. Minta előkészítés hatóanyag tartalom meghatározásra .....	37
4.7.2. Minta előkészítés DON-tartalom meghatározáshoz .....	38
4.8. Hatóanyag tartalom mérése - HPLC-MS .....	38
4.8.1. HPLC-körülmények: .....	38
4.8.2. MS körülmények: .....	39
4.9. Toxintartalom mérése – HPLC/DAD .....	39
4.10. Statisztikai analízis .....	40
4.11. A hatóanyagok bomlási kinetikájának meghatározása .....	40
5. Eredmények .....	41
5.1. Üvegházi fungicid kísérletek .....	41

5.1.1. A hatóanyagok transzlokációja.....	41
5.1.1.1. A hatóanyagok akropetális transzlokációja .....	41
5.1.1.2. A hatóanyagok bazipetális transzlokációja.....	43
5.1.1.3. A hatóanyagok transzlokációja a kalász fél oldalának kezelése után.....	45
5.1.2. Hatóanyagok egymáshoz viszonyított aránya .....	47
5.1.2.1. Hatóanyagok egymáshoz viszonyított aránya a teljes kalász kezelése után....	47
5.1.2.2. Hatóanyagok egymáshoz viszonyított aránya a zászlóslevél levéllemezésének kezelése után.....	48
5.2. Szántóföldi kisparcellás kísérletek .....	49
5.2.1. Hatóanyag tartalom .....	49
5.2.1.1. Hatóanyag tartalom a kalászban .....	49
5.2.1.2. Hatóanyag tartalom a zászlóslevélben.....	53
5.2.2. A hatóanyagok bomlási kinetikája .....	56
5.2.3. Mesterséges inokuláció eredményei .....	58
5.3. Szántóföldi permetezés-technológiai kísérlet.....	63
5.3.1. A vizsgált növényi szervek száraztömegének változása .....	63
5.3.2. Hatóanyag tartalom .....	66
5.3.2.1. Hatóanyag tartalom a kalászban .....	66
5.3.2.2. Hatóanyag tartalom a zászlóslevél levéllemezésében.....	74
5.3.3. A hatóanyagok bomlási kinetikája .....	80
5.3.4. Fuzárium fertőzöttség a permetezés-technológia kísérletekben.....	83
5.4. Hatóanyag tartalom a különböző kijuttatási módszereknél.....	87
6. Eredmények megvitatása.....	89
6.1. Üvegházi kísérlet .....	89
6.1.1. A hatóanyagok transzlokációja.....	89
6.1.2. Hatóanyag tartalom változás a kezelt növényi szervekben .....	91
6.2. Szántóföldi kísérletek .....	92
6.2.1. Hatóanyag tartalom a kalászban .....	92
6.2.2. Hatóanyag tartalom a zászlóslevél levéllemezésében.....	95
6.3. A hatóanyagok bomlási kinetikája szántóföldi kísérletekben .....	97
6.4. A betegség tünetek csökkenése .....	100
6.4.1. A betegség tünet csökkenése kisparcellás kísérletekben.....	100
6.4.2. A betegség tünetcsökkenése a különböző fúvókákkal végzett permetezés után ..	101
7. Összefoglalás.....	103
8. Summary.....	107
Köszönetnyilvánítás .....	111
Felhasznált irodalom .....	112
Melléklet.....	125
Tudományos közlemények jegyzéke.....	125
Szántóföldi kísérletek részletes évenkénti eredményei .....	134

## Rövidítések jegyzéke

AUDPC: Area Under Disease Progress Curve, a betegség előrehaladási görbe alatti terület

DON: Deoxinivalenol

GC/MS: Gázkromatográfia tömegspektrometria

HPLC: Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia

HPLC-MS: Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia tömegspektrometria

HPLC/DAD: Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia dióda soros detektorral

HPLC-ESI-MS: Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia elektronporlasztásos  
tömegspektrometria

KSH: Központi Statisztikai Hivatal

LC/MS: Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia tömegspektrometria

LC/MS/MS: Nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia-tandem tömegspektrometria

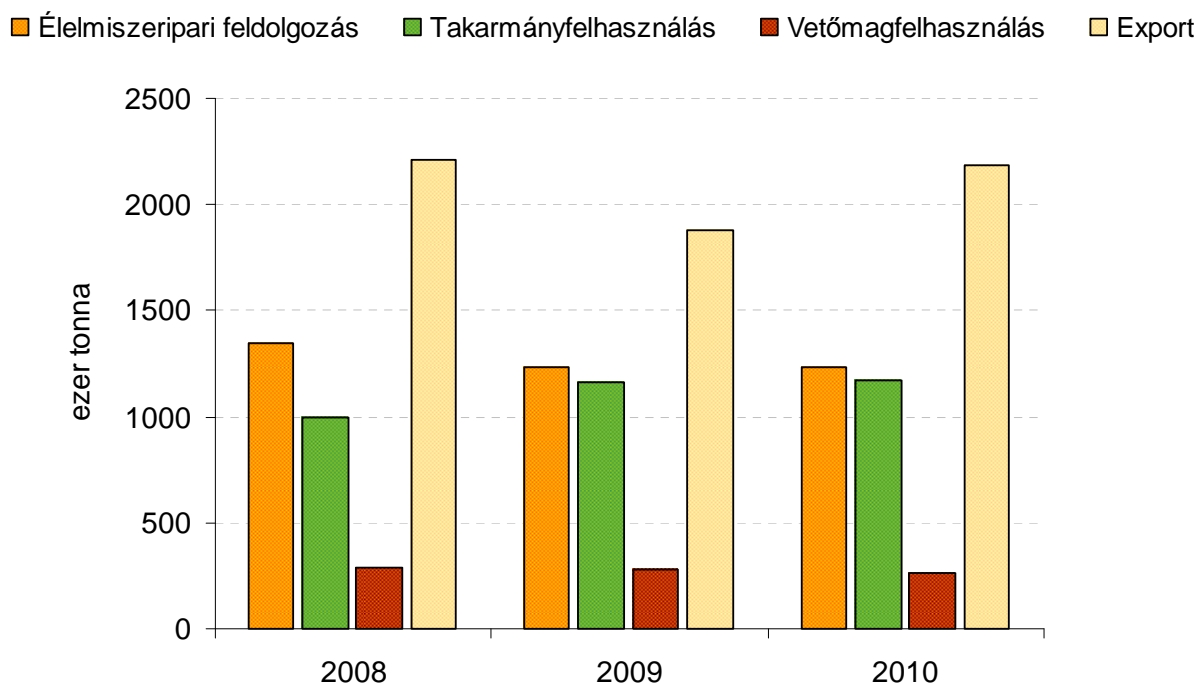
$\log K_{ow}$ : oktanol-víz megoszlási hányados

$pK_a$ : savi disszociációs állandó

## 1. Bevezetés

A búza (*Triticum aestivum* L.) Magyarországon a kukorica mellett a legnagyobb vetésterülettel rendelkező kultúrnövény. Az elmúlt 20 év átlagában évente 1 088 000 hektáron 4,064 t/ha-os átlagterméssel 4,453 millió tonna búzatermést takarítottak be (Központi Statisztikai Hivatal, KSH). Élelmiszeripari felhasználásra 1,2-1,3 millió tonnából örölnék lisztet a malmokban, takarmányozási célokra 1-1,1 millió tonna kerül felhasználásra, míg 250-300 ezer tonna vetőmagot használnak fel a gazdák az őszi vetés folyamán. A maradék termésből 2 millió tonna körüli mennyiség nagyrészt a környező országokba kerül exportra (KSH, 1. ábra). Ez jelentős bevételt jelent mind termelői, mind agrárgazdasági szinten, és nem csak az átvételi árfolyamoktól, hanem a termés mennyiségétől és minőségétől - ami egyben befolyásolja a felhasználhatóságot - is nagyban függ.

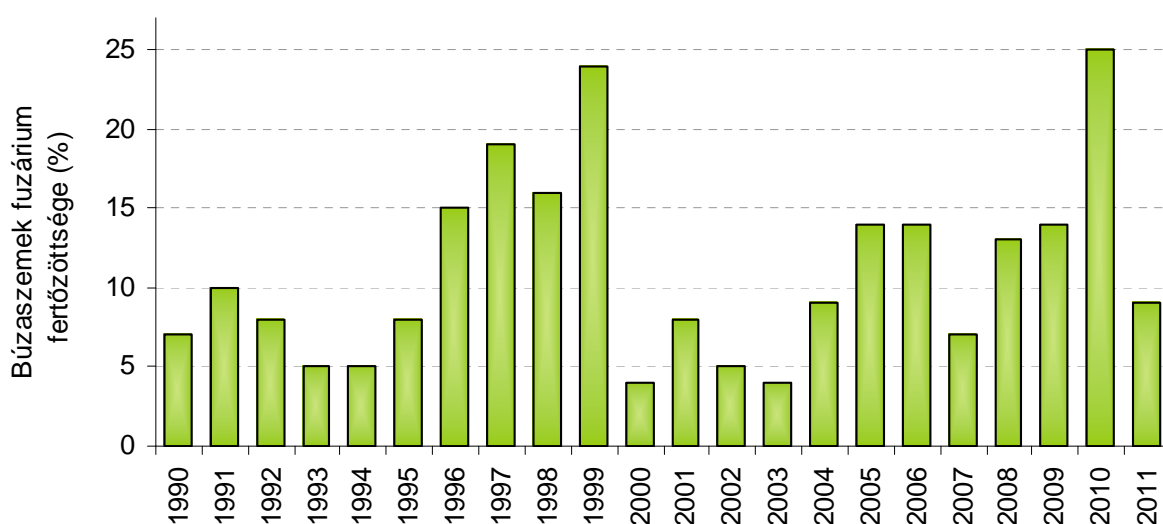
Az ország területi és éghajlati adottságai lehetővé teszik, hogy kiváló sütőipari minőségű, magas beltartalmi értékekkel rendelkező terményt állítsunk elő, amely mind belföldi mind külföldi piacon versenyképes árut jelent. Azonban a termésstabilitást és termésbiztonságot még a megfelelő termesztéstechnológia alkalmazása mellett is veszélyeztetik a növényt és a termést is károsító kórokozók.



1. ábra Őszi búza termés felhasználása 2008 és 2010 között. (forrás: KSH, [www.ksh.hu](http://www.ksh.hu))

A *Fusarium* gombák által okozott kalászfuzáriózis a búza világszerte egyik legfontosabb, élelmiszerbiztonsági és gazdasági kockázatokat jelentő betegsége (Parry és mtsai, 1995; Miedaner, 1997). A fertőzés következményeképpen 10-40%-os termésveszteség mellett jelentős minőségromlás is bekövetkezik, mert a gombafonalak a fejlődő szemekbe behatolva az ott felhalmozott keményítőszemcséket és tartalékfehérjéket lebontják, és tápanyagként használják fel. A *Fusarium* fajok, a kalász fertőzése során, a gazdanövény szöveteibe, de főképp a fertőzött szemekbe különböző mikotoxinokat választhatnak ki (Botallico és Perrone, 2002). Az egyes kalászt fertőző *Fusarium* fajok által termelt trichothecén vázas (pl.: dezoxinivalenol), és zearalenon toxinok emberre és állatra egyaránt igen mérgezőek (Abramson, 1998). Az okozott károk tehát rendkívül összetettek lehetnek, amelyek eredhetnek a mikotoxinnal szennyezett vetőmagnak és az élelmezési célokra alkalmatlan búza tételek felvásárlási árának csökkenéséből és azokból a nehezen becsülhető gazdasági károkból, amelyek a fertőzött takarmánnyal etetett állatállományban fellépő betegségekből, veszteségekből következnek.

Magyarországon a fuzárium járványok pusztítása az elmúlt 40 évben átlagosan 3 évente jelentkezett. Száraz években 5-6% a belső fertőzöttséget mutató szemek országos aránya, de kedvező környezeti feltételek mellett ez a 20% is meghaladja. Az utóbbi két évtizedben 1999 és 2010 bizonyult kiemelkedően járványos évnak (2. ábra), de ennek ellenére minden évben mérhető néhány százalékos belső fertőzöttség (Tóth, 2009; Halász és Tóth, 2011).



2. ábra A búzaszemek fuzáriumos fertőzöttsége az utóbbi két évtizedben

(forrás: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság).

Az Európai Unió az 1831/2003/EK (Anonymus, 2003) rendeletben, és az azt módosító 1831/2003/EK (Anonymus, 2003) rendeletben szabályozta az élelmiszeripari feldolgozásra szánt gabonában a *Fusarium* mikotoxinok felső határértékét. Így az Európai Unióban dezoxinivalenolból (DON) feldolgozatlan búzában 1250 µg/g, gabonalisztben 750 µg/g, míg bÉbiÉtelekben 200 µg/g a határÉrték. Ez mind a belföldi fogyasztásra szánt, mind az export tÉtelek szempontjából fontos Élelmiszerbiztonsági kritÉriumot jelent.

A kalászfuzÁriÓzis ellen a leghatékonyabb védekezés az integrált növényvédelem, mely magában foglalja a legalább közepesen ellenálló fajták termesztését, a megfelelő elÖvetemény kivÁlasztását a vetÉsforgóban, a gombák túlÉlését biztosító növényi maradványok mennyiségének csökkentését a szántóföldön, a megfelelő agrotechnikát és a vegyszeres kalászvédelmet. Rezisztens fajták hiányában, járványos helyzetben az egyetlen igazán hatékony megoldás a vegyszeres védekezés marad, de ennek eredménye sem mindig garantált.

Az eltérő hatékonyságú gombaölő szerek használatától és a fajták biológiai tulajdonságaitól függően, valamint a környezeti és technológiai problémák miatt is a vegyszeres védekezés hatékonysága igen tág hatÁrok között mozog. Az elsődleges permetezési szempontok, a vegyszer választás és annak dózisa, a kijuttatandó permetlé mennyiség, a permetező gép mŐszaki beÁllításai és a permetezés időzítésének megválasztása mind jól kidolgozott, embertől, géptől és anyagi háttÉrtől függő, Általában egy-egy gazdasÁgra nézve adott tényezők.

A hatóanyagok a kórokozók és a gazdanövény kapcsolatának és kölcsönhatásainak vizsgÁlatával, valamint a hatékonyabb vegyszer felhasználási és kijuttatási technológiák fejlesztésével, nemcsak az Élelmiszerbiztonság növelhető, de a vegyszerek célzott kijuttatásával a környezeti terhelés is csökkenthető. Ebben a disszertÁcióban ezen feladatok megoldásához kívÁnunk hozzÁjárulni.



## 2. Irodalmi áttekintés

### 2.1. A kalászfuzáriózis kialakulása és tünetei

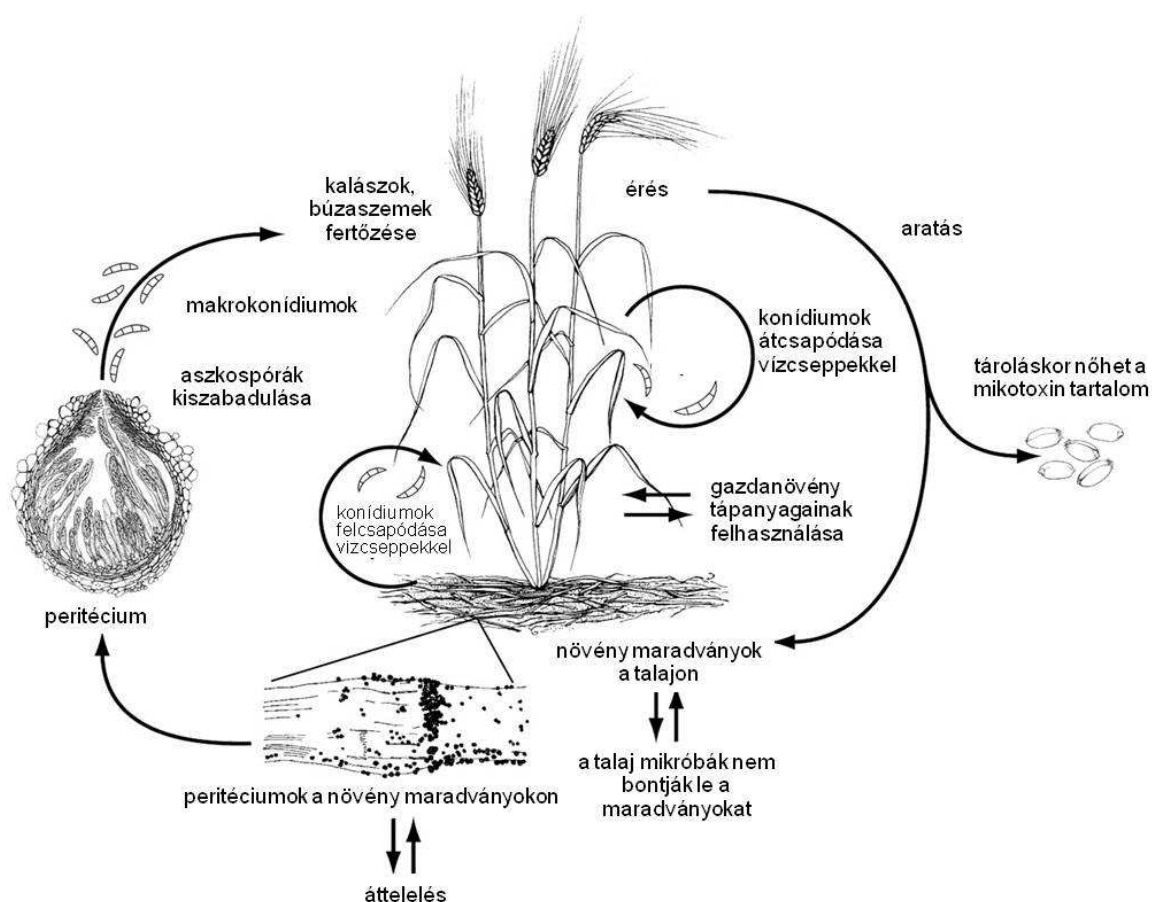
#### 2.1.1. A kórokozók

A *Fusarium* fajok világszerte általánosan elterjedt polifág kórokozók. Termesztett gabonaféléken csírapusztulást, szár-, gyökérrothadást, és súlyos kalászbetegséget idézhetnek elő. A kalászkok fuzáriumos betegségét először a 19. század végén említik (Arthur, 1891) Észak-Amerikában majd Európában. Napjainkban csaknem a világ összes gabonatermő területét érinti a probléma.

A *Fusarium* nemzetség nevét a gomba jellegzetes fuziform - orsó vagy kifli - alakú makrokonidiumairól kapta. Rendszertanilag az *Ascomycota* törzs, *Hypocreales* rend, *Hypocreaceae* családjába tartozik. Ezen belül Wollenweber és Reinking (1935) 16 szekcióra osztotta a genust, melyből négybe (*DISCOLOR*, *ROSEUM*, *GIBBOSUM*, *SPOROTRICHIELLA*) tartoznak a legfontosabb kalászt fertőző fajok. Általánosságban fakultatív parazita, vagy nekrotróf fonalas gombák alkotják a genust, melyek képesek az élő növényt fertőzni, és a holt növényi anyagokon túlélni. Beteg növényrészekből általában több, akár 9 - 17 fajt is el lehet különíteni, de adott helyen egy-két faj a domináns. A mérsékelt égövben leggyakrabban előforduló, a búzakaralászt fertőzni képes fajok: *F. graminearum* (teleomorf, ivaros, alakja *Gibberella zeae*), *F. culmorum*, *F. avenaceum* (*Gibberella avenacea*), de ezeken kívül jelen lehet még: *F. poae*, *F. cerealis*, *F. equiseti*, *F. sporotrichioides*, *F. sambucinum*, *F. tricinctum*, *F. acuminatum*, *F. subglutinans*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum* és egyéb ritkábban előforduló fajok (Mesterházy, 1984; Botallico és Perrone, 2002).

#### 2.1.2. A betegség és járványtana

A fertőzés kialakulásához inokulumként askospórák vagy konidiumok és propagulumok (a telepről leváló hifa fragmentumok vagy micélium darabok) szolgálnak. Ezek a fertőző képletek terjedhetnek széllel - gyakran talajszemcsék felületéhez tapadva, vagy eredhetnek a földről, elhalt, fertőzött növénymaradványokról, ahonnan a talajszintről, majd a levelekről visszacsapódó vízcseppekkel érhetik el a kalászt (3. ábra).



3. ábra A *Fusarium graminearum* életciklusa Trail (2009) nyomán.

Virágzás előtt a kalászkok kevésbé fertőződnek (Atanasoff, 1920; Pugh és mtsai, 1933; Andersen, 1948; Schroeder és Christensen, 1963), még ha a megfelelő fertőző anyag jelen is van. A kalászkok virágzáskor a legfogékonyabbak, majd csökkenő mértékben fogékonyak maradnak a teljes érésig (Atanasoff, 1920; Andersen, 1948; Strange és Smith, 1971; Mesterházy és Rowaished, 1977). A fuzáriumos kalászfertőződés (4. ábra) könnyen felismerhető, mert a kalászkák, nem ritkán az egész kalász, az érési idő előtt elpusztulnak, fehérednek, sárgulnak és nedves időjárás esetén a pelyvalevelek széleinél rózsaszín micélium tömeg jelenik meg.

### 2.1.3. A fertőzés folyamata és következményei

A makrokonidiumok és aszkospórák a pelyvalevelekre kerülés után 5-6 órával csíráznak (Pritsch és mtsai, 2000). A hifák gyorsan növekednek a pelyva felszínén. A gombafonalak több útvonalon juthatnak be a kalászka belsejébe. Egyik módja a bejutásnak, hogy a hifák a

külső felszínen a pelyva széléig nőnek, majd ott befordulnak a belső felszín felé. (Kang és Buchenauer, 2000, 2002). A *Fusarium graminearum* és a *F. culmorum* a sztomákon keresztül, illetve a pelyva és a toklász, valamint a kilógó porzószal mellett is bejuthat a virág belsejébe (Lewandowski és Bushnell, 2001). A kilógó, vagy a toklászok közé szorult porzók fontos szerepet játszhatnak a bejutásban, annál is inkább, mert az általuk termelt betain és kolin stimulálják a gomba növekedését (Strange és Smith, 1978). Tekintet nélkül a bejutás módjára, ha az sikerül, nagy a valószínűsége a fertőzésnek.



4. ábra Fuzáriummal fertőzött részlegesen vagy teljesen elhalt kalászkok az egészséges zöld állományban.

A növény belsejében először tünetmentesen, biotróf jelleggel nőnek a gombafonalak (Leonard és Bushnell, 2003; Goswami és Kistler, 2004). A micéliumon 36 órával az inokulációt követően, rövid elágazások, infekciós hifák fejlődnek. A növény epidermiszével érintkező gombafonalakon (melyek gyakran szubkutikulárisan nőnek, és később kutinázokat is szintetizálnak) apresszórium helyett válaszfallal elkülönült penetrációs ék (penetration peg) fejlődik ki, amivel képes lesz behatolni a növény sejtjeibe. E mellett a gombafonalak gyakran a sejtfalak közt hatolnak be a parenchimasejtek közti intercelluláris térbe, ahol inter- és intracellulárisan nőnek tovább. Az inokuláció után 3-4 nappal a gombafonalak eléri a pelyva és a toklász alját (Kang és Buchenauer, 2002). Az első 48-76 órában nincs, vagy nagyon kevés klorotikus tünet látható. Ez után következik be a nekrotróf jellegre való váltás. A gombafonalak által termelt cellulázok, xilanázok, és pektinázok, valamint trichotecén vázas és más mikotoxinok felszabadulása miatt a hifák növekedése mentén a környező sejtek falában intenzív degradáció zajlik le. A trichotecén vázas mikotoxinok a növény sejtjeiben kötődnek a riboszómákhoz és gátolják a fehérjeszintézist (peptidil transzferáz inhibitorok) (Snijders, 1994), megváltoztatják a plazmamembrán permeabilitását, ezáltal elektrolit veszteséget okoznak, és végül a citoplazma és az organellek dezintegrálódnak (Miller és Ewen, 1997;

Pavlovkin és mtsai, 1986). A növény képtelen lesz így védekezni a gomba penetrációjával és terjedésével szemben. A kalászon barna-vörösbarna, vagy barna fehér közepű léziók jelennek meg. A gomba ezután behatol a magházba, ahol korai fertőzés esetén a fejlődő endospermiumot fertőzi meg és szövi át. A kései fertőzéseknel inkább a szem felszíne közeli sejtrétegek károsodnak.

A gombafonalak a kalász felületén, a fertőzött szövetekből a sztómán keresztül kinövő hifákkal (Ribichich és mtsai, 2000), de elsődlegesen a szállítóyalábok belsejében a kalászka tengelyén és a kalászorsón keresztül terjednek tovább a kalász többi részébe (Kang és Buchenauer, 2000a; Ribichich és mtsai, 2000; Tu, 1950). Az edénnyalábok fala megváltozik, torzul, a gombafonalak eltömítik azt, ezért a szállító funkciók kiesnek. Ez a kalász felsőbb részeinek víz-, és tápanyaghiányát, benne a szemek zsugorodását és kényszerérését okozza (Atanasoff, 1920), még közvetlen fertőzés nélkül is (5. ábra). A fertőzött kalászokon gyakorta kívülről is látható a kalászkák pelyvalevelei közül előbújó rózsaszín, vagy narancssárga micélium tömeg, amely a kalász padkákon is megjelenhet.



5. ábra A gomba kalászon belüli terjedése folyamán eltömődött szállítóyalábok miatt a fertőzött kalászka feletti kalászrész elhal, és a benne levő szemek zsugorodottak, kényszerérettek lesznek.

A fertőzött szemek mind színükben, mind fejlettségükben eltérnek az egészségesektől (6. ábra). Enyhébb fertőződésnél világosbarna esetenként csak bizonytalan szemszínváltozás érzékelhető, az ezerszemtömeg és a fajsúly normális. Erős fertőzőttségnel méretük kisebb,

zsugorodottak, szürkés-fehér vagy akár rózsaszín színűek. Az erősen fertőzött szemek teljesen mumifikálódhatnak; ilyenkor a teljesen beszótt, ráncosodott maghéjon belül is túlnyomórészt csak micéliumot találunk. Van azonban olyan enyhe fertőzés, amelynél a szemmel láthatóan egészséges szemek egy részén is kimutatható látens fertőzés, kedvezőtlen esetben már az ilyen szemek is tartalmazhatnak toxinokat.



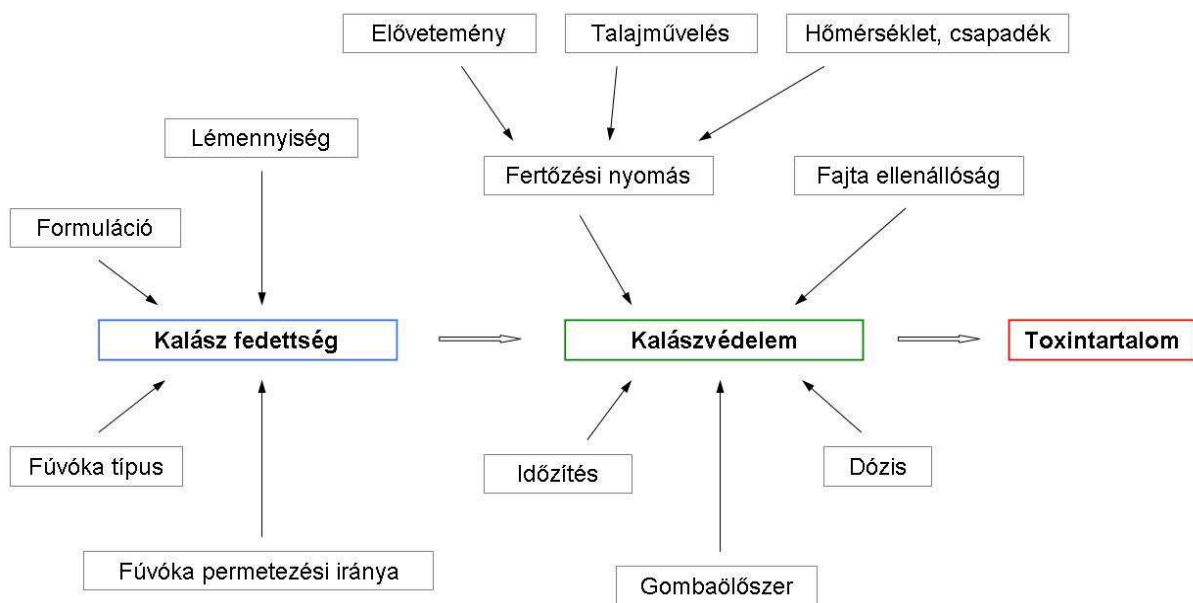
6. ábra Fuzáriummal fertőzött, aszott szürkésfehér színű búzaszemek.

A gazdasági kárt a szállítóelemek eltömődése után bekövetkező kényszerérés, a fertőzés következtében létrejövő kalásonkénti szemszám és ezerszemtömeg csökkenés, valamint a súlyosabb következményekkel is járó toxinszennyezés okozza. A trichotecén toxinok a növények mellett az emlősökre és köztük az emberre is veszélyesek a fehérjeszintézis gátlása miatt. A DON termelés képessége a *Fusarium graminearum* és *F. culmorum* fajok patogenitásának egyik meghatározó tényezője (Desjardins és mtsai, 1996; Proctor és mtsai, 1995; 1997; Mesterházy és mtsai, 2003). A mérsékelt égövben domináns *F. graminearum* és *F. culmorum* által termelt trichotecén vázas toxinok közé tartozik a *deoxinivalenol* (DON, LD<sub>50</sub> értéke 46 mg/kg), és acetilált származékai: a 3-acetildezoxinivalenol (3-AcDON) és 15-acetildezoxinivalenol (15-AcDON), valamint a nivalenol (NIV, LD<sub>50</sub> értéke 4,8 mg/kg), és a fusarenon-X (FUS). Emellett egy ösztrogén analóg toxint, zearalenont is termelnek melynek LD<sub>50</sub> értéke 1000 mg/kg felett van. Egyéb *Fusarium* fajok által termelt mikotoxinok a *T-2 toxin* (LD<sub>50</sub> értéke 5,2 mg/kg) és származékai, melyek növényekre nem annyira, de állatokra rendkívül mérgezőek, valamint a *moniliformin*, a *beauvericin* és a *fumonizinek*. Az LD<sub>50</sub> értékek egérre és patkányra vonatkoznak (Abramson, 1998).

## 2.2. A kalászfuzáriózis elleni védelem

### 2.2.1. A kalászfuzáriózis elleni védelem szempontjai

A kalászfuzáriózis ellen a leghatékonyabb védekezés a már a bevezetőben említett integrált növényvédelem, mely magában foglalja a legalább közepesen ellenálló fajták termesztését, a megfelelő elővetemény kiválasztását a vetésforgóban, a gombának túlélést biztosító növényi maradványok mennyiségének csökkentését a szántóföldön és a vegyszeres kalászvédelmet (Miller és mtsai, 1998; Schaafsma és mtsai, 2001; Prigozliev és mtsai, 2003; Beyer és mtsai, 2006; Koch és mtsai, 2006). Beyer és mtsai (2006) összegezték a kukorica elővetemény, a szántás nélkül előkészített szármaradványos magágy, és a gombaölő szerrel nem védett, fogékony búzafajta hatását a termésében mérhető DON tartalomra. Fogékony helyett egy mérsékelt fogékony fajta használatával  $24\pm 7\%$ -kal, a szármaradványok leszántásával  $33\pm 7\%$ -kal, kukorica helyett más, a gomba áttelelésének és a szaporító képletek kialakulásának nem kedvező elővetemény alkalmazásával  $33\pm 11\%$ -kal, triazol hatóanyaggal történő kalászvédelem hatására  $53\pm 4\%$ -kal csökkent a termésben a DON tartalom. A hatékony kalászvédelem megvalósítása tehát igen összetett, egymásra épülő munkafolyamatok megtervezéséből és a különböző technológiai elemek összehangolásából álló komplex feladat (7. ábra).



7. ábra A kalászfuzáriózis elleni védekezésben szerepet játszó tényezők és kölcsönhatásaik. (Parkin és mtsai (2006) nyomán, módosítva.)



A fertőzési nyomás csökkentésére az elővetemény megválasztása és a fertőzőanyag mentes magágy elkészítése minden gazda számára rendelkezésre álló, a vetésforgóba és a talajművelési fázisokba betervezhető elem. Az egészséges, csávázott, fémzárolt vetőmagok használatával elkerülhetőek a gyenge minőségű szaporító anyag használatából eredő kockázatok. A fajtaválasztás azonban már komolyabb feladat elé állítja a termelőket. Köztermesztésben levő fajtáink között ugyan megtalálhatóak közepesen ellenálló fajták is, de a kínálat nagy része mérsékelten fogékony vagy fogékony a betegséggel szemben (Snijders, 2004; Lehoczki és mtsai, 2012). Ez azt jelenti, hogy a járványhelyzet kialakulásának kedvező időjárási körülmények között, még a helyes agrotechnika betartása mellett és egy közepesen ellenálló fajta termesztése esetén is, szükség van a vegyszeres kalászvédelemre.

### **2.2.2. Vegyszeres kalászvédelem**

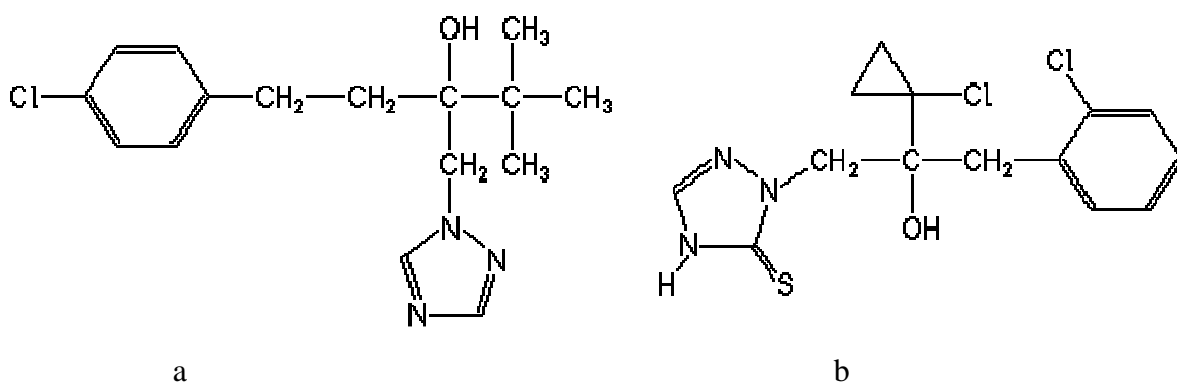
A növényvédelemben dolgozó szakemberek között általánosan elfogadott vélekedés, hogy a vegyszeres kalászvédelem hatékonysága nagyban függ a permetezés technológiai elemeitől, és azok következetes alkalmazásától (Parkin és mtsai, 2006; Vajs és mtsai, 2008), így a gombaölő szer kijuttatásának időzítésétől, a vegyszer típusának, dózisának és a kijuttatott permetlé mennyiségének megválasztásától, a permetezés eszközeinek beállításaitól (7. ábra).

A nagyobb hatékonyság érdekében a kalászfuzáriózis elleni permetezés elvégzésének legoptimálisabb időpontja a virágzás körüli 2-4 nap (Hutcheon és Jordan 1990, Homdork és mtsai, 2000; Matthies és Buchenauer 2000; Siranidou és Buchenauer 2001; Mesterházy 2003; Paul és mtsai 2007; Pirgozliev és mtsai 2008; Edwards és Godley 2010). A búza ebben a fenológiai fázisban a legfogékonyabb a betegségre (Atanasoff 1920; Parry és mtsai 1995), ezért ebben az időszakban van szükség a legnagyobb mértékű, leghatásosabb védelemre.

### **2.2.3. Triazol típusú hatóanyagok és hatásmechanizmusuk**

A vegszergyárak fejlesztéseinek eredményeképpen számos, különböző hatóanyag tartalmú és kombinációjú gombaölő szer áll a gazdák rendelkezésére, azonban az egyes gombaölő szerek között igen nagy különbségek vannak. A kalászvédlemben ajánlott és használt hatóanyagok közül a triazolok kiemelkedő hatékonyságát több forrás is alátámasztja (Mesterházy és Bartók, 1996; Ellner, 1997; Siranidou és Buchenauer, 2001; Mesterházy és mtsai, 2003; Blandino és mtsai, 2006, 2009). A triazol típusú hatóanyagok az 1, 2, 4-triazol különböző oldalláncokkal szubsztituált változatai (8. ábra). Ezek a vegyületek a molekula

triazol heterociklikus gyűrűjében található elektrópár segítségével kapcsolódni tudnak a citokróm P450-től függő monooxygenázokhoz. A gombáknál ebbe az enzim típusba tartozik a lanoszterol-14- $\alpha$ -demetiláz, amely egy nélkülözhetetlen membránalkotó, az ergoszterol prekursorának demetilálását végzi. Ezért is hívják ezt a vegyületcsoportot DMI (demethylation inhibitor, demetilálást gátló) fungicideknek. Az ergoszterol bioszintézis meggátolásával a gomba nem képes új intakt sejtmembránt, ezáltal új hifákat, micéliumot kialakítani. Ezért legtöbb esetben ezeket a hatóanyagokat preventíven a fertőzés kialakulását megelőzendően alkalmazzák.



8. ábra A tebukonazol (a) és protikonazol (b) hatóanyagok szerkezeti képlete

#### 2.2.3.1. Protiokonazol és tebukonazol

A hidroxietil-triazolok közé tartozó tebukonazol 1988-tól szerepel a növényvédőszer forgalomban, mint széles spektrumú szisztémikus gombaölő szer. Több mint 100 országban, több mint 90 növény kultúrában engedélyezett, mind permetszerként, mind csávázószerként. A triazolinionok közé tartozó protikonazol egy „fiatal”, a kereskedelmi forgalomban 2004-óta szereplő, a különböző országokban és növénykultúrákban folyamatos engedélyeztetése és elterjesztése révén feltörekvő hatóanyag. Széles spektrumú, szisztémikus permetszerként és csávázószerként is használható (Jautelat és mtsai, 2004).

Az Amerikai Egyesült Államokban 11 éven keresztül, 14 államban folyó több mint 100 vegyszeres védekezési kísérlet eredményeit többváltozós meta-analízissel értékelve Paul és mtsai (2008) azt találták, hogy a kalászfuzáriózis elleni védelemben használt különböző hatóanyagokat és azok kombinációit tartalmazó gombaölő szerek közül a triazol tartalmúak voltak a leghatékonyabbak. Eredményeik alapján a betegség tüneteinek erősségét legjobban a protikonazol + tebukonazol keveréke csökkentette, melyet a protikonazol és metkonazol hatóanyag tartalmú gombaölőszerek követtek. A fenti szerzők a DON-tartalom



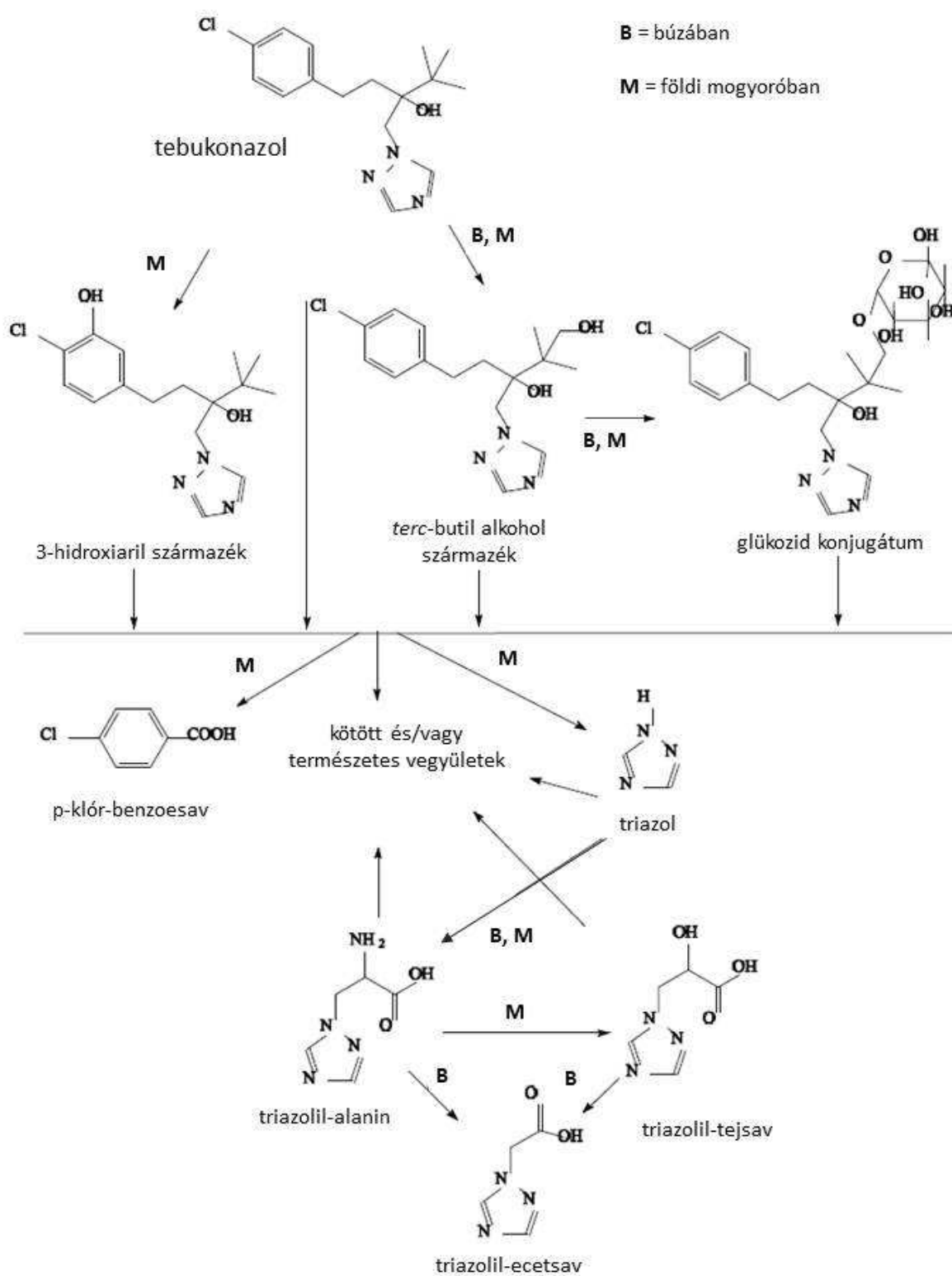
csökkentésének hatékonyságában hasonló sorrendet találtak, amiben a leghatékonyabb a metkonazol, szorosan utána a protikonazol és a protikonazol + tebukonazol keveréke volt. A többi hatóanyagcsoporthoz képest a triazolok és a vegyületcsaládon belül elsősorban a protikonazol és a tebukonazol kiemelkedő hatékonyságát több kutató által jegyzett dolgozat is alátámasztja (Mesterházy és Bartók, 1996; Siranidou és Buchenauer, 2001; Mesterházy és mtsai, 2003; Suty-Heinze és Dutzmann, 2004; Ioos és mtsai, 2005; Müllenborn és mtsai, 2008; Vajs és mtsai, 2008; Zhang és mtsai, 2009; Lehoczki-Krsjak és mtsai, 2010; Mesterházy és mtsai, 2011; Haidukowski és mtsai, 2012). Protikonazol + tebukonazol kezelést követően Paul és mtsai (2008) átlagosan 52%-os kalászfertőzöttség és 42%-os DON tartalom csökkenést, Vajs és mtsai (2008) 50-83%-os kalászfertőzöttség csökkenést, Lehoczki és mtsai (2010) 89,1%-os DON csökkenést, Mesterházy és mtsai (2011) 89,9%-os kalászfertőzöttség, 76,1%-os szemfertőzöttség és 88,3%-os DON tartalom csökkenést mértek. Wegulo és mtsai (2011) kísérletsorozatukban igen széles tartományban a hatástalanságtól egészen a maximum 85,4%-os kalászfertőzöttség, 61,8%-os szemfertőzöttség és 68,8%-os DON tartalom csökkenést mértek, míg Haidukowski és mtsai (2012) átlagosan 68%-os kalászfertőzöttség és 79%-os DON tartalom csökkenést tapasztaltak. A kiemelkedő hatékonyság ellenére a tünetek visszaszorulása igen széles határok közt mozgott a fent említett közleményekben. Számos esetben sem a kalásztünetek, sem a DON tartalom nem csökkent szignifikánsan a kezeletlen kontrollhoz képest protikonazollal vagy tebukonazollal vagy a keverékükkel történő permetezés után, amelyre más irodalmi forrásból is vannak adatok. Gareis és Ceynowa (1994.) mesterséges inokuláció után 3 órával és 24 órával alkalmazott tebukonazol + tiabendazol keverékét tartalmazó kezelés után, az első esetben 16-szoros a másodikban 6-szoros nivalenol koncentráció növekedést tapasztalt a kalászfertőzöttség csökkenése mellett. Milus és Parsons (1994) több, elsősorban levélbetegségek ellen ajánlott szert tesztelve sem a kalászfertőzöttségben sem a toxintartalomban nem talált szignifikáns csökkenést, többek között tebukonazollal végzett kezelés esetén sem. Paul és mtsai (2007) a tebukonazol hatékonyságát több kísérlet eredményeit elemző meta-analízisükben a kalászfertőzöttség szempontjából 139, toxin tartalom szempontjából 101 kísérlet eredményét összegezve, az esetek 9%-ában a kezeletlen kontrollénál magasabb kalászfertőzöttséget, és az esetek 16%-ában magasabb toxintartalmat mértek. Ezek az eredmények azonban nem minden esetben különböztek szignifikánsan a kezeletlen kontrolltól. Protikonazol + tebukonazol 1:1 arányú keverékének alkalmazása után szintén előfordult, hogy nem tapasztaltak tünetcsökkenést (Paul és mtsai, 2008). Wegulo és mtsai (2011) egy 3 éves kísérletsorozatban tebukonazol + protikonazol keverékét több

különböző ellenállóságú fajtán vizsgálva nem találtak következetes, állandóan jelentkező vegyszerhatást sem a termés növelésére, sem a szemfertőzöttség és a DON tartalom csökkentésére. Audenaert és mtsai (2010) *in vitro* és *in vivo* is kimutatták, hogy a szubletális koncentrációjú protikonazol a gombafonalakban  $H_2O_2$  indukálása révén növelheti *F. graminearum* DON termelését, azaz a toxintartalom növekedésének egyik oka az alacsonyabb koncentrációjú hatóanyag lehet.

A tebukonazol búzán belüli lebomlását Leimkübler és mtsai (1985) írták le, illetve a FAO (Food and Agricultural Organisation) JMPR 188-189-es kiadványban foglalták össze. A hatóanyag fő bomlásterméke a triazolilalanin, triazolil ecetsav, és a tebukonazol terc-butil alkohol (9. ábra). A kezelés után 0, 7, 14, 21, 28 nappal vett növény mintákban a hatóanyag 91,2-98,3% kimutatható volt.

A protikonazol búzán belüli lebomlását Haas és Justus (2004) írták le. A protikonazol fő bomlásterméke a protikonazol-deztio volt mind földi mogoróban, mind búzában (10. ábra). Ezen kívül azonban számos más nem említett bomlástermék is előfordulhat.

Azonban egyik hatóanyag esetében sem találni részletes a bomlástermékekre vonatkozó fungicidhatékonysági adatokat.



9. ábra A tebukonazol bomlása búzában és földi mogyoróban Leimkühler és mtsai (1985) alapján.



#### **2.2.4. Fungicid hatékonyság és ellenállóság**

A fent említett kísérletekben tapasztalt hatékonyság eltérések számos esetben visszavezethetők az eltérő kísérleti körülményekre. A kísérlet beállítása, a fajta ellenállósága, a fertőzöttség mértéke, a kijutatott vegyszer dózisa és a kijuttatás módja, a környezeti körülmények mind-mind befolyásolják a védelem hatásfokát. A fenti tényezők közül azonban a környezeti hatás kivételével csaknem mindegyik jól szabályozható és alkalmazható a világ bármelyik felén. Azonban a soktényezős változók közé tartozik még a fajta, azaz a gazdanövény ellenállósága. Mesterházy és mtsai (2003) különböző kombinációkban 15 különböző fungicidet 4 fajtán 3 éven keresztül vizsgálva az ellenállóbb fajtákon nagyobb vegyszer hatékonyságot tapasztalt mind kalász-, és szemfertőzöttség, mind DON tartalom esetében. Azaz kísérleteikben az alacsonyabb fertőzöttségi szinteken nagyobb tünetcsökkenést észleltek. Wegulo és mtsai (2011) mérsékelten fogékony fajtákon szintén nagyobb kalász-, és szemfertőzöttség, és DON tartalom csökkenést tapasztaltak, mint fogékony fajtákon protikonazol + tebukonazol kezelés után. Willyerd és mtsai (2012) több mint 40, az USA 12 államában 2007 és 2010-közt végzett fungicid kísérlet eredményeit felhasználva vizsgálták a protikonazol + tebukonazol kezelés hatékonyságát különböző ellenállóságú fajtákon. Ellentétben a fenti két szerzővel fogékony fajtákon nagyobb mértékű kalászfuzárium tünetcsökkenést tapasztaltak a kezelés hatására, míg a DON tartalom csökkenésében nem volt különbség a fogékony, mérsékelten fogékony és a mérsékelten rezisztens növény csoportok közt. A rezisztenciát és a protikonazol + tebukonazol kezelést additív hatásúnak találták. Kísérleteikben a fogékony kezeletlen fajtához képest (ahol a legnagyobbak voltak a fertőzöttségi értékek) a legkisebb kalászfertőzöttséget és DON tartalmat a mérsékelten rezisztens fungiciddel kezelt fajtánál, majd növekvő sorrendben a mérsékelten fogékony fungiciddel kezelt, a mérsékelten rezisztens kezeletlen, a fogékony fungiciddel kezelt, és a mérsékelten fogékony kezeletlen fajtáknál találták. Tehát összességében a leghatékonyabb védekezési eljárás a fajta rezisztencia és a vegyszeres kezelés kombinálása volt, azonban minden egyes rezisztencia csoportban csökkentek a tünetek a gombaölő szerek kezelés hatására.

#### **2.2.5. Fungicid hatékonyság és koncentráció**

Az egyes fungicidek hatékonyságát kémiai felépítésükön kívül nagymértékben befolyásolja, hogy milyen koncentrációban vannak jelen a védeni kívánt növényi részben. A

fungicid hatóanyagok stressz faktorként viselkedve védekezési reakciót válthatnak ki a gombákból, amelyek így megnövekedett toxintermeléssel reagálhatnak (Magan és mtsai, 2002). Több különböző hatóanyag esetén leírták, hogy *in vitro* szubletális dózisban alkalmazva növelik a különböző *Fusarium* fajok toxin termelését (Moss és Frank, 1985; Placinta és mtsai, 1996; D'Mello és mtsai, 1998; Matthies és mtsai, 1999; Hope és mtsai, 2002; Magan és mtsai, 2002; Ramirez és mtsai, 2004; Müllenborn és mtsai, 2008; Hrubošová-Hrmová és mtsai, 2011; Mateo és mtsai, 2011). Matthies és Buchenauer (1996) több hatóanyagot tesztelve megállapította, hogy a tebukonazol alacsony (1 µg/ml) koncentrációban növelte *F. culmorum* izolátumok 3-acetil-DON (3-ADON) termelését. *F. graminearum* izolátumok toxin termelését különböző vízaktivitású búzaszemeken 15°C és 25°C-on vizsgálva Ramirez és mtsai (2004) 5 µg/g tebukonazol koncentrációnál a DON tartalom csökkenését, míg 0,5 µg/g tebukonazol tartalomnál a DON koncentráció növekedését találták a fungicidet nem tartalmazó kontrollhoz képest. Mateo és mtsai (2011) szintén a hőmérséklet, a vízaktivitás, és különböző hatóanyag koncentrációk hatását vizsgálták *F. langsethiae* T-2 és HT-2 toxintermelésére. Tebukonazol esetén az emelkedő hatóanyag koncentrációk (0,1-től 2 mg/l-ig) toxin tartalom csökkenést okoztak, és bár nem minden változó párosításban, de egyes esetekben az alacsony dózisú hatóanyag kezelés a toxin koncentráció növekedését okozta. Audenaert és mtsai (2010) kimutatták, hogy szubletális dózisban adagolt protiokonazol H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> indukálása révén növeli a *F. graminearum* DON termelését.

A kiemelt példák nem a tebukonazol és protiokonazol hatékonyságának ellenpéldái, mert a felsorolt kísérletekben több más hatóanyagot is vizsgáltak, melyek alacsony koncentrációban akár többszöröse is növelték a toxin tartalmat, hanem annak illusztrálása, hogy szubletális dózisban alkalmazott egyébként kiváló hatékonyságú fungicid is okozhat toxintartalom növekedést. Az elégtelen kalászwédelmen felül a gombák által túlélő alacsonyabb hatóanyag dózis fokozhatja a szelekciós nyomást az adott hatóanyagnak egyre jobban ellenálló izolátumok szelektálódására és felszaporodására, így a fungicid rezisztencia kialakulására (Klix és mtsai, 2007; Deising és mtsai, 2008; Becher és mtsai, 2010).

#### **2.2.6. A hatóanyagok felvétele és növényen belüli mozgása**

Az *in vitro* kísérletek bebizonyították az alacsony hatóanyag koncentráció veszélyeit, amely eredmények magyarázhatják az *in vivo* kísérletekben tapasztalt ellentmondásokat. Azonban ezek az eredmények aligha elégítik ki azokat a gazdákat, akik a legjobb tudásuk szerint elvégezve a védekezést, mégis a határérték feletti toxintartalmú termés aratnak le.

A vegyszerek permetezés utáni sorsa leginkább környezetvédelmi okokból kutatott terület. Kevés információ áll rendelkezésre arról, hogy mi történik a hatóanyagokkal miután landoltak a védeni kívánt növény felszínén, és mi lesz a további sorsuk *in vivo* körülmények között (Wang és Liu, 2007).

A peszticidek felvétele a növényi szövetekbe növényfajonként és vegyülettípusonként igen változó hatásfokú, melyet nagymértékben befolyásolnak a hatóanyag mellett lévő segédanyagok, és a környezeti hatások (Satchivi és mtsai, 2000; Wang és Liu, 2007). A vegyületek növénybe való bejutása negatívan függ a hatóanyagok molekulatömegétől (Becker és mtsai, 1986; Bauer és Schonherr, 1992; Baur és Schonherr 1995; Baur és mtsai, 1996, 1997), viszont a 100-500 Da molekula tömegű tartományban nem ez a fő meghatározó jelleg (Wang és Liu, 2007). A viaszrétegen való átjutásban és a későbbi növényen belüli mobilitásban is fontos szerepe van a hatóanyag lipofilitásának, melyet az oktanol-víz megoszlási hányados logaritmusával jellemeznek ( $\log K_{ow}$ ) (Kleier és mtsai, 1998). Hasonló fontosságú tulajdonság a vegyület savi disszociációs állandója ( $pK_a$ ), amely miatt a környezet pH értékétől függően változhat a lipofilitás mértéke, és ezáltal a kutikulán keresztüli és a növényen belüli mobilitás (Bukovac és Norris, 1968; Norris és Bukovac, 1972; Schönher, 1976). A hatóanyagok felvételét ezen felül befolyásolja a permetlé hatóanyag koncentrációja és a fentiekben leírtak miatt a pH-értéke (Wang és Liu, 2007). Növényi oldalról az epikutikuláris viasz meggyorsíthatja az egyes vegyületek felvételét (Becker és mtsai, 1986; Bukovac és Petracek, 1993). Annak ellenére, hogy mind a lipofil, mind a hidrophil molekulák képesek átjutni a kutikulán (Huang és mtsai, 2000; Schreiber, 2005), ez az egyik legfontosabb kapuja a hatóanyagok felvételének ezért mind összetételében, mind struktúrájában hatással van a vegyületek bejutására (Satchivi és mtsai, 2000; Wang és Liu, 2007). A kis felületi feszültségű permetlécseppek a sztomákon keresztül is bejuthatnak a növénybe, de ez már többek között a felszívódást segítő adjuvánsok hozzáadásának hatására megy végbe (Wang és Liu, 2007).

A hosszú távú, növényi szövetek között transzlokálódó hatóanyagok a kutikulán és az epidermisz sejteken átjutva a mezofillum sejtekből juthatnak a floémbe. Ez a folyamat végbemehet a szimplasztón és az apoplasztón keresztül is és függ a vegyület lipofilitásától, az eltérő pH értékű közegek miatt a savi disszociációs állandótól, valamint a transzportban részt vevő parenchima sejtek, kísérő sejtek és a rostaelemek permeabilitásától (Hsu és Kleier, 1996; Kleier és mtsai, 1998; Satchivi és mtsai, 2000; Wang és Liu, 2007). A xilém transzport szintén a hatóanyag lipofilitásától és a xilémnedv apoplasztba való bejutásától függ (Kleier és mtsai, 1998). Ezen kívül létre jöhet a xilém és a floém közti esetleges anyag kicserélődéssel is

(DaSilva és Shelp, 1990; Bel, 1990; Boersma és mtsai, 1991; Zhang és mtsai, 2007). Azonban a transzlokáció, és azon belül a hosszútávú transzlokáció, csak akkor kívánatos dolog, ha az nem jelenti a hatóanyagok hígulását a védendő növényi részben (Hsu és Kleier, 1996).

A hatóanyagokat aszerint, hogy felszívódás után a növény belső szöveteiben milyen távolságra jutnak el, négy csoportra lehet osztani: 1) a kontakt szerek a növény felületén maradnak, ezért csak ott hatnak ahol permetlé éri a felületet; 2) a transzlamináris vagy lokálisan szisztémikus hatóanyagok képesek mozogni a levél belső szöveteiben, de azt nem hagyják el; 3) a szisztémikus fungicidek a xilémbe jutva a növény csúcsa felé akropetálisan transzlokálódnak; 4) az amfibilis készítmények bármilyen irányba, mind akropetálisan, mind a növényben lefelé bazipetálisan transzlokálódnak. A hatóanyagok lokális mozgása kiegyenlítheti a koncentráció különbségeket, és egyenletes védelmet biztosít, míg a hosszú távú, szerek közötti, transzlokációja előnyös lehet, ha a védeni kívánt növényi rész felé mozognak, azonban hátrányos, ha onnan eltávozik a hatóanyag.

#### **2.2.7. A protiokonazol és a tebukonazol növényen belüli mozgása**

A kalászfuzáriózis elleni védelemben leghatékonyabb triazol típusú hatóanyagoknak mind xilém és mind floém mobilitását leírták (Reed és mtsai, 1988, 1989; Dahmen és Staub, 1992; Kuck és mtsai, 1995; Fletcher és mtsai, 2000; Tsuda és mtsai, 2004a,b; Klittich és mtsai, 2008). Hauser-Hahn és mtsai (2004) 10 napos árpa (*Hordeum vulgare* L.) csíra növények levelében C-14 izotóppal jelölt protiokonazol terjedését vizsgálva az első 6 napban a hatóanyag levélen belüli szétterjedését tapasztalták. Azonban a felnőttkori hatóanyagmozgást nem vizsgálták. A zászlóslevél kiterülésekor (GS 41, Zadoks és mtsai, 1974) végzett, protiokonazol tartalmú fungicid kezelés után Edwards és mtsai (2010) a kalászfertőzöttség csökkenését tapasztalták, ezért feltételezték, hogy a hatóanyag egy része a kalászbba transzlokálódhatott.

Kétszikűekben Augusto és Brenneman (2011) többek között protiokonazol, tebukonazol és protiokonazol + tebukonazol keverékének transzlokációs tulajdonságait vizsgálta földimogyoró (*Arachis hypogaea*) levelein. A földfelszínhez legközelebbi oldalhajtáson a legfelső teljesen kiterült összetett (3) levél kezelése után *Sclerotium rolfsii* bioteszttel vizsgálták a bazipetális és akropetális transzlokációt. A szántóföldi kísérletekben 4, 8 és 12 nappal a kezelés után a protiokonazol + tebukonazol keveréke mind az apikálisan mind a bazipetálisan elhelyezkedő levelekben gátolta a gomba növekedését. Üvegházi kísérleteikben a két hatóanyagot külön-külön is vizsgálva kiderítették, hogy a bazipetális irányú védelemért



a protiokonazol volt a felelős. Dolgozatukban, összefoglalva a két hatóanyag transzportját befolyásoló kémiai tulajdonságokat, a közepesen lipofil ( $\log K_{ow} = 3,82$ ) gyengén savas ( $pK_a = 6,9$ ) protiokonazolról feltételezték az amfimobilitást, míg a közepesen lipofil ( $\log K_{ow} = 3,04$ ) nem savas protiokonazol-deztiót, a protiokonazol legnagyobb arányban jelen levő bomlástermékét a biotest jellegénél fogva nem tudták vizsgálni. A szintén közepesen lipofil ( $\log K_{ow} = 3,7$ ) nem savas, azaz sem savként sem bázisként nem viselkedő tebukonazolról csak xilém transzlokációt feltételeztek.

Radioaktív izotóppal jelölt hatóanyagok és biotestekben használt kórokozók mellett mind gáz mind folyadék kromatográfiával kapcsolt tömegspektrometriás módszereket (GC/MS, LC/MS, LC/MS/MS) használnak a hatóanyagok transzlokációjának meghatározására. Klittich és mtsai (2008) a még kísérleti fázisban lévő hatóanyagok növényen belüli mozgásának vizsgálatára fejlesztettek ki LC/MS/MS-en alapuló technikát. Kísérleteikben 2 leveles búza csíranövényen 23 különböző kémiai felépítésű hatóanyag transzlokációs képességét vizsgálták 0,5-3 cm-re a felcseppentés helyétől. Módszerük alkalmasnak bizonyult a hatóanyagok mozgása közti különbségek leírására, azonban a felnőttkori hatóanyagmozgás vizsgálatára ők sem állítottak be kísérleteket.

#### **2.2.8. Egyéb, fungicid hatékonyságot befolyásoló tényezők**

A kalászhvédelem hatékonysága tehát nagyon sokban múlik a permetezés időzítésén, a vegyszerválasztáson, valamint a kijuttatott hatóanyagok dózisán. A permetezés minőségét ezen felül befolyásolhatja a vegyszerek formulációja (pl. folyékony emulzió vagy szuszpenzió, por alakú permetezőszer, mikrogranulátum) és a növényi felületén való megtapadást, felszívódást segítő vivőanyagok (adjuvánsok) hozzáadása a permetléhez, mely tényezőkkel jelen dolgozatban külön nem foglalkozunk. A gyártók által minden esetben megvizsgált és engedélyezett, ajánlott dózis miatt, az attól eltérően kijuttatott szermennyiség problémaköre szintén nem tárgya a dolgozatnak.

### **2.3. A jobb kalászhvédelem szempontjai és lehetőségei**

A kalászhvédelem szempontjából - bár kevésbé kutatott téma terület - kiemelkedő jelentősége lehet a hatóanyagok mozgásának, ugyanis a nagyfelületű levélzethez képest a kalászhok kisebb felületű és összetettebb felépítése és nagyjából függőleges állása megnehezíti az egyenletes vegyszeres fedettség kialakítását. A hagyományosan használt kalászhpermetezési

eljárásokat a búza lombvédelmére fejlesztették ki, ezért fúvókatípusonként eltérő szóráskeppel ugyan, de a szórófejek függőlegesen lefelé permeteznek (11. ábra), hogy a levélzet minél nagyobb felületét védeni lehessen. Azonban ezzel a módszerrel a felülről kis felületet képező kalászkok vegyszeres fedettsége sokkal gyengébb, mint az összefüggő felszínt adó leveleké. Emiatt a permetezés során a kalászkok vegyszeres borítottsága nem kielégítő, a hatóanyagok alacsonyabb koncentrációban lehetnek jelen, ezért a védekezés hatásfoka még pontos időzítés és technikai beállítások esetén is jelentősen elmaradhat a készítmények valós, optimális kalászborítottságnál mért hatásfokától.



11. ábra Hagyományosan függőlegesen lefelé permetező fúvókák (XR TeeJet®).

A permetlé célzott kijuttatásának, és így a kalászkok minél nagyobb fedettségének elérése és ezáltal a hatásosabb védelemhez szükséges nagyobb hatóanyag koncentráció biztosítása érdekében indultak meg vizsgálatok. Olyan fúvókákat, illetve fúvóka kombinációkat kezdtek el kísérletképpen használni, melyek a függőlegestől eltérően valamilyen szögben előre, illetve hátra irányban permeteznek (12. ábra) (Halley és mtsai, 1999; McMullen és Bergstrom, 1999; Hart és mtsai, 2001; Miller és mtsai, 2002).



12. ábra Oldal irányból permetező fúvókák (Turbo FloodJet®).

A kalászkok fedettségét a permetlébe kevert fluorescens festékekkel mérve a függőlegeshez képest 60, illetve 45°-os szögben előre permetező fúvókáknál javult a fedettség, illetve csökkentek a betegség tünetei a hagyományosan függőlegesen permetező fúvókákhoz képest (Halley és mtsai, 1999). További kísérletekben - a kalászkok permetszeres borítottságának mérésére folyadék hatására elszíneződő vízérzékeny papírokat is használva - megállapították, hogy a menetirány szerint előre és hátra permetező kombinált fúvókával jobb fedettség érhető el, mint a csak előre permetező fúvókával, továbbá azt tapasztalták, hogy a nagyobb permetlé mennyiség (~100 l/ha helyett ~200 l/ha) szintén nagyobb fedettséget eredményez a kalászkokon (Halley és mtsai, 2004). Árpán és búzán végzett permetezési kísérleteikben a finom és közepes cseppmérettel (1. táblázat) permetező fúvókák jobb fedettséget mutattak, mint a durva cseppmérettel permetező változatok (Halley és mtsai, 2005).

1. táblázat Fúvókák cseppméret szerinti osztályozása.

	Átlagos cseppátmérő (µm)
Nagyon finom	< 150
Finom	150 – 250
Közepes	250 – 350
Durva	350 – 450
Nagyon durva	450 – 550
Különösen durva	> 550

Halley és mtsai (2004) vízérzékeny papírokon tapasztalt eredményeihez hasonlóan Ruden és mtsai (2004; 2005) a kalászkok menetiránnyal szembe néző elülső oldalán jóval nagyobb fedettséget mértek, mind a hagyományosan lefelé permetező, mind az oldal irányból permetező fúvókák esetén. Ez azt jelenti, hogy még az oldal irányból menetiránynak előre és hátra permetező beállítás esetén sem lesz a kalászkok fedettsége egyenletes, azon teljesen védett és kevésbé védett részek lehetnek. Halley és mtsai (2005) eredményeivel ellentétben Hooker és mtsai (2004; 2005) több fúvókát tesztelve éveken keresztül, a durva cseppmérettel előre és hátra irányba permetező Turbo FloodJet fúvókát találták a legalkalmasabbnak a legjobb kalászfedettség eléréséhez. Wolf és Caldwell (2004.) szintén jobb fedettséget találtak a menetiránnyal szembe eső elülső oldalon. Kísérleteikben a függőlegetől 60°-kal előre és hátra irányított légbeszívós fúvóka jobb fedettséget adott a 30°-os beállításnál és a hagyományos fúvókánál. Vizsgálataikban azonban nem találtak szignifikáns hatást a kalászfuzáriózis tüneteire.

Habár a fedettségi adatok egyértelmű eredményeket adnak, az alacsony fertőzöttségi értékek illetve a változó környezeti körülmények sokszor megakadályozzák a különböző permetlé szórási módok kalászhvédelemi hatékonysága közti különbségek kimutatását. Egy három éves permetezési kísérletben Powell és mtsai (2004) és Parkin és mtsai (2006) a betegség tünetek mellett fluorescens festékkel vizsgálták a fedettséget, valamint permetezés után nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával (HPLC) követték a kalászok tebukonazol tartalmát, mind laboratóriumi mind szántóföldi kísérletekben. Laboratóriumi körülmények között több különböző felépítésű, különböző irányból, eltérő cseppmérettel permetező fúvóka teljesítményét vizsgálták a kalászok festék-, és hatóanyag tartalmának meghatározásával, majd a kalászhvédelem szempontjából legjobb eredményeket adó változatokat tesztelték szántóföldi körülmények között. Azonban a környezeti tényezők változékonysága és az eltérő fertőzési nyomás miatt nem tudták következetesen alátámasztani a kijuttatási mód és a fertőzöttség csökkenése közötti kapcsolatot. Következtetéseikben a megbízhatóbb kalászhvédelem érdekében Parkin és mtsai (2006) a hátrafele függőlegestől eltérő szögben irányított közepes cseppméretű vagy légbeszívásos fúvókát ajánlják. Vajs és mtsai (2008) három éven keresztül vizsgálták az elsodródást csökkentő (azaz az esetek többségében nagyobb cseppmérettel dolgozó) fúvókák hatékonyságát összevetve a kisebb cseppmérettel dolgozó változatokkal különböző búzabetegségekkel szembeni védelemben. Függőlegesen permetező beállításnál a kisebb cseppmérettel dolgozó fúvókák jobb kalászhvédelmi hatékonyságot mutattak. Kísérletsorozatuk utolsó évében beállított. a függőlegestől 60°-kal előre és hátra permetező fúvókánál volt a legnagyobb a kalászfertőzöttség csökkenése, azonban ez a fúvóka a szeptóriás levélfoltosság elleni védelemben, azaz a lombvédelemben már kevésbé volt hatékony.

Ryckaert és mtsai (2008) a fungicidek felszívódását segítő anyagokat (adjuvánsokat) tesztelték tritikále (x Triticosecale Wittm.) kalászokon. A szántóföldről gyűjtött kalászokat rövid szártaggal, állományszerűen tálcára felszúrálva permetezték függőlegesen permetező fúvókákkal. A kalászokban gázkromatográfiás módszerekkel mérték a kipermetezett propikonazol mennyiségét. A szignifikáns adjuváns hatás mellett esetenként kétszeres hatóanyag mennyiség különbséget találtak a tritikále kalászok felső része és alsó része között. Habár a kalászok természetes oldal irányú mozgása, elhajlása a rövid szártaggal történő rögzítés miatt gátolva volt, ezek az eredmények is felhívják a figyelmet a függőlegesen felülről érkező permetezés lehetséges hiányosságaira.

A permetezés technológia fejlesztésével foglalkozó megelőző kutatásainkban (Lehoczki-Krsjak és mtsai, 2008; 2010; Mesterházy és mtsai, 2011) az oldal irányból permetező fúvókák

esetén jelentős hatékonyságjavulást tapasztaltunk, ami több különböző hatóanyag tartalmú készítmény esetén is megmutatkozott. Gyengébb hatékonyságú szereknél a tünetek csökkenése abszolút értékben nagyobb volt, míg a leghatékonyabb protiokonazol + tebukonazol keverékét tartalmazó szer esetén – bár a szer hatékonysága a különböző fűvókáknál 50% körüli eltérést is mutatott - az abszolút fertőzöttségi különbségek sokkal kisebbnek adódtak a fűvókák között.

### 3. Célkitűzések

Jelen disszertációban a kalászfuzáriózis elleni vegyszeres védekezésben leghatékonyabbnak talált triazol hatóanyagok közül, a tebukonazol és protiokonazol hatóanyagokat választottuk modellként, hogy átfogóan vizsgáljuk a gazdanövény – kórokozó - gombaölő szer kölcsönhatások számos aspektusát, és a hatékonyabb vegyszer kijuttatás lehetőségeit.

- 1 Célul tűztük ki a protiokonazol és tebukonazol hatóanyagok növényen belüli hosszú távú transzlokációs képességének vizsgálatát virágzáskori kezelés után, mivel feltételezésünk szerint a kalász és a zászlóslevél közti hatóanyagmozgásnak fontos szerepe lehet a hatóanyagok növényen belüli eloszlásában (üvegházi kísérletek).
- 2 Vizsgálni kívántuk a kijuttatott hatóanyagok mennyiségének, növényi részekben belüli arányának alakulását, továbbá a növényben lévő hatóanyag mennyisége és hatékonysága közötti összefüggést a fajtákkal és környezeti tényezőkkel kapcsolatosan (kisparcellás kísérletek).
- 3 Feladatul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy a különböző fúvóka típusok hogyan befolyásolják a permetezés során kijuttatott hatóanyagok mennyiségét, növényi részekben belüli arányát, és a permetezés hatékonyságát, valamint azt, hogy a permetlésugár irányának megváltoztatásával növelni tudjuk a kalászok permetleves fedettségét, és ezáltal hatóanyag tartalmát (nagyparcellás permetezés-technológia kísérletek).
- 4 Tanulmányozni kívántuk a tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok bomlását a búza virágzáskori permetezése után, valamint a hatóanyagok bomlásának sebességét befolyásoló tényezőket, mivel ezek mind összefüggésben lehetnek az alkalmazott hatóanyagok védelmi hatásfokával (üvegházi és szántóföldi kísérletek).

## 4. Anyag és módszer

### 4.1. Felhasznált fajták

Mind az üvegházi, mind a szántóföldi kisparcellás és permetezés technológiai kísérletekben ugyanazt a három fajtát használtuk: GK Kalász tar kalászu fogékony, GK Békés tar kalászu fogékony és a GK Fény tar kalászu mérsékelten rezisztens fajtát.

### 4.2. Felhasznált fungicid

Mind az üvegházi, mind a szántóföldi kisparcellás és permetezés technológiai kísérletekben 125 g/l protiokonazol és 125 g/l tebukonazol tartalmazó Prosaro (Bayer Cropscience AG) fungiciddal végeztük a kezeléseket.

Összetétel:

protiokonazol: 12,7±0,8 m/m%

IUPAC név: (RS)-2-[2-(1 -Chlorocyclopropyl)-3-(2-chlorophenyl)-2-hydroxypropyl]-2,4- dihydro-3H- 1,2,4-triazole-3-thione

CAS szám: 178928-70-6

Szinonima: JAU6476

tebukonazol: 12,7±0,8 m/m%

IUPAC név: (RS)-1-p-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol

CAS szám: 107534-96-3

Szinonima: HWG 1608

N,N-Dimetil-dekánamid: <10 m/m%

Szerforma: emulgeálható koncentrátum (EC)

Sűrűség: kb. 0,98 g/cm<sup>3</sup> (20°C-on)

Kémhatás: pH 5,0-7,0 (1%-os hígításban ionmentesített vízben, 23°C-on)

Dinamikus viszkozitás: 49,9 mPa.s (20°C-on)

Felületi feszültség kb. 29,1 mN/m (20°C-on)

### 4.3. Üvegházi transzlokáció vizsgálat

A felnőttkori hatóanyagmozgás vizsgálatát üvegházi körülmények közt végeztük 2011-ben. GK Békés, GK Kalász és GK Fény fajtákat vetettünk kerti talaj és tőzeg 1:1 arányú keverékével töltött 2 cm átmérőjű műanyag csövekbe. A két leveles csíra növényeket (GS 12, Zadoks és mtsai, 1974) 8 hétig vernalizáltuk 4 °C-on 24 órás alacsony fényintenzitású megvilágítás mellett. Vernalizálás után a növényeket 12 cm átmérőjű kerti talaj és tőzeg 1:1 arányú keverékét tartalmazó PVC zacskókba ültettük kettesével. A tápanyag utánpótlást a kiültetéstől számított minden két hétben, három alkalommal Vollödinger® Linz 14-7-21 műtrágyával végeztük (N:P:K:Mg/14:7:21:1, plusz 1% mikroelem: B, Cu, Fe, Mn, és Zn; Magyar KWIZDA Kft., Budapest).

A növényeket zárt rendszerű fél-automata üvegházban (Henssler GmbH & Co Kg., Beilstein, Germany) neveltük 16 órás megvilágítás mellett 25-32 °C nappali és 15-19 °C éjszakai hőmérsékleten. A növények fungicides kezelését a virágzás közepén (GS 65, Zadoks és mtsai, 1974) végeztük. A kezelésekhöz a permetszert a búza kalászhvédelemben ajánlott felhasználásnak megfelelően - 1 l Prosaro 250 l vízben – készítettük el 500 ml-es végtérfigatban. A növényekre a permetlevet a vizsgálni kívánt hatóanyagmozgás irányának megfelelően három különböző kezelési csoportban, a vegyszer sodródásának elkerülésére 2-es méretű iskolai ecsettel (DEÁK) hordtuk fel három ismétlésben minden mintavételi időpontnak megfelelően. A kezelendő felületeket egyenletesen borítva, a méretkülönbségekből adódóan változó anyagmennyiséggel kezeltük. A bazipetális hatóanyagmozgás vizsgálatára a kalászsokat, az akropetális hatóanyagmozgás vizsgálatára a zászlóslevelek lemezét kezeltük. A kalászon belüli hatóanyag vándorlás vizsgálatára a kalászsok azonos oldalán lévő kalászsokát borítottuk be a vegyszerrel. Minden csoportban, mindhárom fajtáról a kezelés után 2 órával, 2, 4 és 8 nappal három ismétlésben gyűjtöttük a kalászt és a zászlóslevél levéllemezét. A kalászon belüli transzlokáció vizsgálatnál csak 2 órával, 2 és 4 nappal a kezelést követően gyűjtöttünk mintákat. A levágott növényi részeket külön-külön -20 °C-on tároltuk további feldolgozásig.

### 4.4. Szántóföldi kisparcellás kísérletek

#### 4.4.1. A kísérlet elrendezése és a gombaölő szer kijuttatása

A kisparcellás kísérleteket GK Békés, GK Kalász és GK Fény fajtákkal a Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. Szeged Kecskés telepi tenyészterületjében állítottuk be (46° 24' É,



20°10' K). A három fajtát 2009-ben és 2010-ben október végén 550-es csíraszámmal vetettük véletlen blokk elrendezésben 5,2 m<sup>2</sup>-es (1,3 m széles, 4 m hosszú) parcellákba, három ismétlésben. A vegyszeres kezelést a virágzás közepén (GS 65) (Zadoks és mtsai, 1974) 125 g/l protiokonazolt és 125 g/l tebukonazolt tartalmazó gombaölőszerral (Prosaro, Bayer Cropscience AG) végeztük. Az 5,2 m<sup>2</sup>-es parcellaméretre átszámolt 65 mg protiokonazolt és 65 mg tebukonazolt tartalmazó vegyszer mennyiséget parcellánként 250 ml-es végtérfogatban kézi permetezővel juttattuk ki, amely megfelel 125 g/ha protiokonazol és 125 g/ha tebukonazol hatóanyag mennyiségnek 500 l/ha permetlében. A permetléhez a növény felületén való tapadást és felszívódást serkentő segédanyagokat nem adtunk. A kísérletben szereplő kontroll parcellákat vegyszerrel nem kezeltük. A fertőzést teljes virágzáskor, két nappal a fungicid kijuttatás után végeztük mind a kezelt, mind a kontroll parcellákon. Egy *Fusarium* izolátumhoz 3 ismétlést használtunk parcellán belül, tehát minden izolátummal 3 kalászcsoportot fertőztünk

#### **4.4.2. Mesterséges inokulációs kísérletek**

##### **4.4.2.1. Felhasznált izolátumok**

A mesterséges inokulációhoz szántóföldi mintából származó, fertőzött szemekről izolált *Fusarium culmorum* (F.c.) izolátumokat használtunk. A F.c. 12551 (búza szártó, Szeged, 1978) és F.c. 12375 (búza gyökér, Szeged, 1978) izolátumok már évek óta használt eltérő agresszivitású izolátumok.

##### **4.4.2.2. A fertőző anyag (inokulum) előállítása**

Hőálló, 10 literes, talpas gömblombikokban, lombikonként 10 liter Czapek-Dox tápoldatot (1000 cm<sup>3</sup> tápoldat: 30 g szacharóz; 2 g NaNO<sub>3</sub>; 2 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 0,5 g KCl; 0,5 g MgSO<sub>4</sub>; 10 mg Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; 1000 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O; 18 g agar) sterilizáltuk autoklávban, 1,5 bar nyomáson másfél órán át. Majd a szobahőmérsékletre hűlt tápoldatba oltókacsnyi mennyiségű micéliumot oltottunk. Természetes fényviszonyok mellett szobahőmérsékleten steril vatta-szűrőn keresztül a gömblombikokba levegőt vezettünk és átbuborékolattuk a tápoldaton. Hét napos inkubálás után, felhasználásig, 4 °C-os hűtőben tartottuk a gomba szuszpenziót. Az egyes inokulumok agresszivitását a fertőzés megkezdése előtt laboratóriumban teszteltük.

#### 4.4.2.3. Az agresszivitás tesztelése

Az agresszivitással jellemezzük a gomba azon képességét, hogy átlagosan milyen erősségű fertőzést okoz. Nagyobb agresszivitású izolátum átlagosan nagyobb gombatömeget hoz létre, és ez által átlagban nagyobb kalász- és szemfertőzést, magasabb DON koncentrációt és nagyobb termésvesztést okoz.

A vizsgálatokat a Mesterházy (1977) által kidolgozott patogenitási teszt szerint végeztük. A gombaszuszpenziókat eredeti koncentrációjukban, és desztillált vízzel 1:1, 1:2, és 1:3 arányban hígítva vizsgáltuk. A Petri csészékbe, melyekbe előzőleg dupla rétegű szűrőpapírt helyeztünk, minden hígításból 10 ml inokulumot pipettáztunk, és egyenletesen eloszlattunk. A 4 különböző hígítású szuszpenziót tartalmazó Petri-csészébe 25-25 búzaszemet raktunk hasi barázdával lefelé 5x5-ös kötésben. Mind a 4 hígítási kategóriánál egy mérsékelt rezisztens és egy fogékony búza genotípust használtunk a teszthez. A vizsgálatot természetes fényviszonyok közt szobahőmérsékleten végeztük. A második naptól kezdve vizsgáltuk a csírák egészségi állapotát, és meghatároztuk az egészséges csírák számát (a gyökerek fertőződése nem ad értékelhető eredményt). Egészséges az a csíra, melyen nem található elszíneződés, nincs beszöve micéliummal. Kontrollként desztillált vízben csíráztatott búzaszemek csírázási százalékát és azok egészségi állapotát értékeltük.

Az izolátumok által termelt konidium számot Bürker kamra segítségével határoztuk meg. A *Fusarium* izolátumok Czapek-Dox táptalajon gyakran nem termelnek konidiumokat, de a fertőzéshez a hifa, és micéliumdarabok szintén használhatók (Takegami és Sasai, 1970, Stack, 1989). Ezért azokat az inokulumokat, melyekben konídiumot nem találtunk nem zártuk ki a kísérletből, csak azokat amelyek nem mutattak megfelelő agresszivitást a teszt során. Az agresszivitási teszt eredményei a 2. táblázatban láthatók.

2. táblázat A kísérletben felhasznált fuzárium izolátumok búzacsírák ölése és a tápoldatban lévő konidium szám.

	Élő csíra szám (%)		Konidium szám (db/ml)
	2. nap	3. nap	
<i>F.c. 12551</i>			
2010	78	0	0
2011	22	0	0
<i>F.c. 12375</i>			
2010	4	0	3,33x10 <sup>4</sup>
2011	26	0	1,67x10 <sup>4</sup>

#### 4.4.2.4. Szántóföldi inokuláció

A fertőzést Mesterházy (1995) által leírt módon végeztük. Az inokulációt teljes virágzáskor két izolátummal három ismételtsben végeztük úgy, hogy 15-20 kalászt lazán összekötve, a kalászok minden oldalát permetezzük, csokronként 15-20 ml szuszpenziót használva. Inokuláció után minden kalászcsoportot 48 órára polietilén zacskóval takartunk le a páratartalom megnövelésére és ezáltal a fertőződés kialakulásának elősegítésére. A kalászokat lazán kötve a megfelelő jelző címkével ellátva aratásig együtt hagytuk. A fertőzés után 12, 16, és 20 nappal értékeltük a tünetek súlyosságát. A kalászfertőzöttséget 0-100%-ig terjedő skálán (0% = egy kalászként sem fertőzött, 100% = az összes kalász teljesen fertőzött) osztályoztuk. Az adatokból a kiértékeléshez az alábbi képlet alapján határoztuk meg a fertőzöttség időbeni előrehaladását (AUDPC, Area Under Disease Progress Curve, betegség előrehaladási görbe alatti terület) (Jeger és Viljanen-Rollinson, 2001):

$$\text{AUDPC} = (A \cdot 12)/2 + ((A+B) \cdot 4)/2 + ((B+C) \cdot 4)/2$$

Ahol A, B, és C az egyes felvételezési időpontok fertőzöttségi értékei, a szorzat másik tagja, pedig a felvételezési időpontok közt eltelt napok száma (az első időpontig 12 nap telt el a következő időpontok közt 4-4 nap).

A fertőzött kalászcsoportok learatása után 10-10 nagyjából megegyező méretű, egyformán fertőzött kalászt választottunk ki minden csokorból. Ezeket minimális szeleléssel kicsépeztük és tisztítottuk, vigyázva, hogy a megszorult, fertőzött, zsugorodott szemek ne vesszenek el. A tíz kalászból származó szemekből százalékosan értékeltük a szemfertőzöttséget (aszott szürke, esetenként rózsaszín szemek) és mértük a toxintartalmat.

#### 4.5. Szántóföldi nagyparcellás permetezés-technológia kísérlet

##### 4.5.1. A kísérlet elrendezése és a gombaölő szer kijuttatása

A szántóföldi nagyparcellás permetezés-technológia kísérleteket Kiszombor Dénes majorban (46° 19' É, 20°40' K) állítottuk be. A GK Békés, GK Kalász és GK Fény fajtaikat 2009-ben és 2010-ben október végén 550-es csíraszámmal vetettük. A vetést kukorica szármagadvánnyal borított magágyba végeztük a fertőzőanyag forrásának biztosítása érdekében. A parcellaméretet a permetezőgép méretéhez igazítottuk úgy, hogy a 12 m-es szórókeret fél szárnya áterje azt. Ezért 2010-ben 5,5 m széles és 70 m hosszú, míg 2011-ben 5,5 m széles és 40 m hosszú parcellákat állítottunk be. A virágzás közepén (GS 65, Zadoks és mtsai, 1974) 125 g/ha protikonazol és 125 g/ha tebukonazol gyári formulációjú vegyszert

(Prosaro, Bayer Cropscience AG) juttattunk ki 250 l/ha permetlében az adott területegységre kiszámított mennyiségben. A permetezést 8 km/h-s sebességgel végeztük. A 12 m munkaszélességű függesztett permetezőgépet (Agromechanika AGS 600 E) három különböző fúvókátípussal szereltük fel egymástól 50 cm-es osztással, úgy, hogy a szórókeret egyik oldalágába mindig azonos típusú fúvókákat helyeztünk. Három különböző szórásképű és irányú fúvókát teszteltünk a kísérletekben. Függőleges irányú permetezésre állítottunk be XR TeeJet® megnövelt hatósugarú, lapos szórású fúvókákat. A függőlegestől eltérő szögben oldal irányból történő permetezés kivitelezésére Turbo TeeJet Duo® kettős polimer anyagú lapos szórású fúvókákat és váltakozva előre hátra irányban Turbo FloodJet® széles kúpszögű, lapos szórású fúvókákat szereltünk fel a szórókeretre. A fúvókák pontos típusa, a permetlésugarak által bezárt szög, a permetezési nyomás, és a kibocsájtott cseppméret a 3. táblázatban látható.

3. táblázat Az alkalmazott fúvókák technikai jellemzői

Fúvóka	Típus	Nyomás	Cseppméret	Permetlésugarak által bezárt szög
XR TeeJet®	XR11004	400 kPa	Finom	
Turbo Teejet Duo®	QJ90 - 2 x TT11002	450 kPa	Közepes	90°
Turbo FloodJet®	TF2	450 kPa	Durva	~120°

A permetezés technológia kísérletben a fungicid kijuttatása utáni 20. napon felvételeztük a kalászfertőzöttséget (fertőzött kalászk/m<sup>2</sup>), majd kombájnos betakarítás után a szemtermésben mértük a DON tartalmat.

#### 4.5.2. A kalászkok permetszeres borítottságának mérése

##### 4.5.2.1. Fluoreszens festék

A kalászkok permetszeres fedettségének mérésére a permetlébe fluoreszens festéket kevertünk (0.2% 'Green S', Merck Chemical Ltd.). A permetezés után a parcellákról kalászkokat gyűjtöttünk majd 365 nm hullámhosszú UV lámpa alatt vizuálisan értékeltük és százalékos értékben adtuk meg a kalászkok permetszeres borítottságát.

#### **4.5.2.2. Vízérzékeny papírok**

A permetezés megkezdése előtt vízérzékeny papírokat (TeeJet, Spraying Systems Co., Wheaton, USA) rögzítettünk 1,5 cm átmérőjű fa hengerekre, melyeket kalászmagasságban helyeztünk ki az állományba. Permetezés után a vízérzékeny papírokat begyűjtöttük, majd pixel analízissel (GSA ImageAnalyser) értékeltük a fedettséget, melyet a sárga háttéren a permetlécseppek hatására kékre színeződött foltok százalékos arányával adtunk meg.

### **4.6. Mintagyűjtés**

A hatóanyag mennyiségének meghatározásához mintákat gyűjtöttünk a permetezés után 2 órával, 2, 4 és 8 nappal. A véletlenül kiválasztott növényekről a kalászt a kalásztartó szártagot és a zászlóslevelet magában foglaló mintát vágunk le. Kisparcellás kísérletben minden fajta három ismétléséből parcellánként 10, a nagyparcellás kísérletekben parcellánként 30 növényt gyűjtöttünk be, melyeket később 10 kalásonként három ismétlésre osztottunk szét. A mintákat további feldolgozásig -20 °C-on tároltuk.

### **4.7. Minta előkészítés**

#### **4.7.1. Minta előkészítés hatóanyag tartalom meghatározásra**

Az üvegházi transzlokációs kísérletből származó mintákról a kalászokat, a zászlóslevelek levéllemezét, a kaláson belüli hatóanyagmozgás vizsgálatánál a kalászok kezelt és kezeletlen oldaláról származó kalászkákat külön-külön választottuk le, majd fagyasztva szárítottuk (LYOVAC GT2 Leybold Heraeus). A liofilizálást követően mértük a minták tömegét, majd 1 mm-nél kisebb darabokra vágva 5 ml térfogatú polipropilén centrifugacsövekbe helyeztük.

A szántóföldi kísérletekből származó növényekből gyűjtési időpontonként 3 x 10 kalászt és a hozzá tartozó 3 x 10 zászlóslevél levéllemezét választottuk le, fagyasztva szárítottuk (LYOVAC GT2 Leybold Heraeus), majd tömegmérést követően kávédarálóval (Bosch MKM6003) finomra őröltük. A mintákból 0,2 g mennyiséget 20 ml térfogatú polipropilén centrifugacsöbe mértünk. A minta előkészítés során a növények felületét nem mostuk, azaz a teljes növényen lévő hatóanyag mennyiséget mértük.

A liofilizált, darabokra vágott, illetve ledarált, centrifugacsöbe mért üvegházi és szántóföldi mintákat 12,5 cm<sup>3</sup>/g acetonitril/víz 8/2 (v/v %) arányú keverékével ultrahangos

kád (37 kHz) segítségével 10 percen keresztül szobahőmérsékleten extraháltuk. Az extraktumokhoz milliliterenként 2 µl 10% (v/v %) hangyasavat adtunk, majd 1 órán keresztül -20 °C hőmérsékleten tároltuk. A felengedett, szobahőmérsékletű extraktumokhoz belső sztenderdet (imazalil) adtunk olyan mennyiségben, hogy annak koncentrációja az extraktumban 1 µg/ml legyen. A mintákat centrifugáltuk (10 000 rpm, 10 perc) és a felülúszót GF/B üvegszálas szűrőn HPLC-fiolába szűrtük. Külön kísérletben meghatároztuk az egyes hatóanyagok visszanyerési százalékát (recovery), amely 98-100%-nak adódott, fajtától, szervtől és hatóanyagtól függően.

#### **4.7.2. Minta előkészítés DON-tartalom meghatározáshoz**

A szántóföldi mintákból származó szemekből 6 grammot mértünk ki és kávédarálóval (Bosch MKM6003) finomra őröltünk. Az őrleményből 1 g mennyiséget 5 ml acetonitril/víz 84/16 (v/v %) arányú keverékével vertikális rázógép segítségével extraháltuk 2,5 órán keresztül. Az extraktumot 10 percen keresztül centrifugáltuk (10 000 rpm). A felülúszó 1 milliliterét Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/aktív szén keverékét tartalmazó szilárd fázisú extrakciós oszlopon engedték át, majd az oszlopot 2 ml extrakciós oldószerrel mostuk. Az oszlopon áthaladó extraktum és oldószer elegyét centrifugális bepárlóban (Jouan RC 10.22 evaporator) bepároltuk, majd visszaoldottuk 500 µl acetonitril/víz 20/80 (v/v %) elegyében és HPLC-fiolába pipettáztuk.

### **4.8. Hatóanyag tartalom mérése - HPLC-MS**

#### **4.8.1. HPLC-körülmények:**

Készülék: HP 1090 nagyhatékonyságú folyadékkromatográf

Oszlop: Gemini NX C-18 (3 µm, 150 x 2 mm)

Előtétozlop: Gemini NX C-18 (5 µm, 4 x 2 mm)

Oldószerek: „A” 0,1% hangyasavat tartalmazó acetonitril/víz (10/90, v/v %)

„B” 0,1% hangyasavat tartalmazó acetonitril

Gradiens: 0 perc - 10 perc 100% B

10 perc - 15 perc 100% B

15 perc - 20 perc 20% B

20 perc - 25 perc 20% B

Áramlási sebesség: 0,2 ml/perc

Injektált térfogat: 10 µl

Oszlop hőmérséklete: 40 °C

#### **4.8.2. MS körülmények:**

Készülék: Varian 500MS ioncsapdás tömegspektrométer

Ionforrás: elektronporlasztásos

Polaritás: pozitív

Szárítógáz (N<sub>2</sub>) hőmérséklete: 300 °C

Szárítógáz (N<sub>2</sub>) nyomása: 20 psi

Porlasztó gáz (N<sub>2</sub>) nyomása: 60 psi

Kapilláris feszültség: 5000 V

Szkennelési tartomány: 50-400 *m/z*

Azonosításnál és mennyiségi meghatározásnál figyelembe vett ionok:

Protikonazol:  $[M+H-H_2O]^+$  *m/z* 326

Protikonazol-deztio:  $[M+H]^+$  *m/z* 312

Tebukonazol:  $[M+H]^+$  *m/z* 308.

#### **4.9. Toxintartalom mérése – HPLC/DAD**

##### **HPLC-körülmények**

Készülék: HP 1090 nagyhatékonyságú folyadékkromatográf

Oszlop: Polaris C18-A (5 µm, 100 x 4,6 mm)

Előtétoszlop: Polaris C18-A (5 µm, 10 x 3mm)

Oldószerek: „A” víz

„B” acetonitril

Gradiens: 0 perc - 5 perc 15% B

5 perc - 8 perc 15% B

8 perc - 10 perc 5% B

10 perc - 12 perc 5% B

Áramlási sebesség: 1 ml/perc

Injektált térfogat: 10 µl

Oszlop hőmérséklete: 40 °C

Detektálási hullámhossz: 219 nm

#### 4.10. Statisztikai analízis

Az adatok statisztikai értékelését SPSS 19 (IBM Corporation, New York, USA) programmal végeztük. A leíró statisztikát az „Explore”, a fertőzöttségi értékek varianciaanalízisét a „General Linear Model (GLM)” „Univariate” paranccsal végeztük, a *post hoc* vizsgálatokat Tukey HSD teszttel végeztük  $P \leq 0,05$  szignifikancia szinten.

A növényeket, melyekből a méréseket végeztük, ugyan azon kezelés után ugyan azokról a parcellákról gyűjtöttük eltérő időpontokban, így összetartozó mintákat alkottak. Ezért a hatóanyag tartalom mérés eredményeit ismételt mérésekre varianciaanalízissel értékeltük, melyet a „GLM” „Repeated Measure ANOVA” paranccsal hajtottunk végre. Az adatsorok közötti szórásbecslést (szfericitást) Mauchly teszttel ellenőriztük. A szórások közötti szignifikáns különbségek esetén Greenhouse-Geisser korrekcióval számoltunk. A kisparcellás kísérletek analízise során a gyűjtési időpontok hatását, mint főhatást egyedeken belüli (within subject) varianciával, míg a fajthatást a független szempont szerint csoportosított egyedek közötti (between subject) varianciával jellemeztük. A nagyparcellás kísérletekben a gyűjtési időpontok hatását, mint főhatást egyedeken belüli (within subject) varianciával, míg a fajta és fűvókahatást a független szempont szerint csoportosított egyedek közötti (between subject) varianciával jellemeztük. A gyűjtési időpontok, fajták és fűvókák közötti szignifikáns különbségek megállapításához Bonferroni korrekciót használtunk  $P \leq 0,05$  szignifikancia szinttel.

#### 4.11. A hatóanyagok bomlási kinetikájának meghatározása

A hatóanyagok bomlási sebességét nulladrendű és elsőrendű kinetikával jellemeztük (Cabras és mtsai, 1997; Angioni és mtsai, 2003). Nulladrendű kinetika esetén a hatóanyagok mennyisége az időben lineárisan, míg elsőrendű kinetika esetén exponenciálisan csökkent. A bomlási kinetika sebességi állandójának segítségével határoztuk meg a hatóanyagok felezési idejét.



## 5. Eredmények

### 5.1. Üvegházi fungicid kísérletek

Az üvegházi kísérleteink célja a hatóanyagok akropetális és bazipetális irányú, valamint a kaláson belüli transzlokációjának vizsgálata volt. Ezért a növények különböző szerveinek vegyszeres kezelése után 2 órával, 2, 4, és 8 nappal mértük a zászlóslevél és a kalász hatóanyag tartalmát. Annak ellenére, hogy egyértelmű tendenciák mutatkoznak a hatóanyag tartalom mennyiségének időbeli lefolyásában, a kisszámú és az üvegházi körülmények következtében több esetben fajtán belül eltérő méretű kalászok miatt (4., 8., 12. táblázat) a hatóanyagok bomlására csak az egymáshoz viszonyított arányukból következtettünk. Üvegházi körülmények között a tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok mellett mérhető volt a protiokonazol legnagyobb arányban előforduló bomlásterméke a protiokonazol-deztio is.

#### 5.1.1. A hatóanyagok transzlokációja

##### 5.1.1.1. A hatóanyagok akropetális transzlokációja

A zászlóslevél levéllemezőnek kezelése után GK Fény fajtát kivéve GK Békés és GK Kalász fajtában nőtt a kalászok száraztömege, míg a zászlóslevél levéllemezőnek száraztömege viszonylagosan stabil maradt (4. táblázat). A kalász tömeg egyenetlenségek oka a kis számú és az üvegházi körülmények következtében több esetben fajtán belül eltérő méretű kalászok voltak.

4. táblázat A száraztömeg változása a zászlóslevél levéllemezőnek kezelése után az üvegházi kísérletekben.

Minta- gyűjtés	GK Kalász		GK Békés		GK Fény	
	kalász (g)	zászlóslevél levéllemező (g)	kalász (g)	zászlóslevél levéllemező (g)	kalász (g)	zászlóslevél levéllemező (g)
2 óra	0,0617	0,0343	0,1178	0,0455	0,1494	0,0494
2 nap	0,0655	0,0327	0,1478	0,0484	0,1161	0,0565
4 nap	0,0865	0,0403	0,1448	0,0484	0,0759	0,0500
8 nap	0,0888	0,0457	0,2097	0,0365	0,1132	0,0398

A zászlóslevél levéllemezőnek vegyszeres kezelése után egyik mintavételi alkalomkor sem tudtunk protiokonazolt kimutatni akropetális irányban, a kalászban (5. táblázat).

5. táblázat Protiokonazol tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és a hatóanyag százalékos megoszlása zászlóslevél levéllemezőnek kezelése utáni első 8 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	4,22 ( $\pm 0,85$ )	2,66 ( $\pm 0,86$ )	2,81 ( $\pm 1,29$ )	1,87 ( $\pm 0,63$ )
	kalász (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemező (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	7,04 ( $\pm 0,28$ )	4,59 ( $\pm 0,16$ )	3,55 ( $\pm 1,11$ )	2,19 ( $\pm 0,77$ )
	kalász (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemező (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	3,05 ( $\pm 0,71$ )	1,76 ( $\pm 0,18$ )	1,55 ( $\pm 0,75$ )	0,91 ( $\pm 0,05$ )
	kalász (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemező (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )

<sup>1</sup> összes hatóanyag: a kalászban és a zászlóslevél levéllemezőben mért együttes, összes hatóanyag tartalom egy növényre vonatkoztatva

Üvegházi körülmények közt a protiokonazol mellett mérhető volt a legnagyobb arányban előforduló bomlásterméke a protiokonazol-deztio is (6. táblázat). Ennél a vegyületnél csak a GK Kalász és GK Békés 2 napos mintáinál találtunk 3,13 illetve 1,35 % protiokonazol-deztiót a kalászban, azaz akropetális irányú transzlokációt.

6. táblázat Protiokonazol-deztio tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és a hatóanyag százalékos megoszlása zászlóslevél levéllemezőnek kezelése utáni első 8 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	0,33 ( $\pm 0,06$ )	0,74 ( $\pm 0,23$ )	0,87 ( $\pm 0,07$ )	1,33 ( $\pm 0,26$ )
	kalász (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	3,13 ( $\pm 2,77$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemező (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	96,87 ( $\pm 2,77$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	0,64 ( $\pm 0,14$ )	1,14 ( $\pm 0,77$ )	1,56 ( $\pm 0,97$ )	1,83 ( $\pm 0,52$ )
	kalász (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	1,35 ( $\pm 2,33$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemező (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	98,65 ( $\pm 2,33$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	0,20 ( $\pm 0,02$ )	0,92 ( $\pm 0,51$ )	1,86 ( $\pm 0,52$ )	1,73 ( $\pm 0,2$ )
	kalász (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemező (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )

<sup>1</sup> összes hatóanyag: a kalászban és a zászlóslevél levéllemezőben mért együttes, összes hatóanyag tartalom egy növényre vonatkoztatva

Tebukonazol hatóanyagot mind a három fajtánál minden egyes időpontban találtunk a kalászban, azonban a mennyisége maximum 0,65%-ot ért el (7. táblázat).

7. táblázat Tebukonazol tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és a hatóanyag százalékos megoszlása az egyes szervek közt a zászlóslevél levéllemezének kezelése utáni első 8 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	3,49 ( $\pm 0,43$ )	4,30 ( $\pm 1,35$ )	5,23 ( $\pm 1,43$ )	5,89 ( $\pm 0,34$ )
	kalász (%)	0,37 ( $\pm 0,13$ )	0,32 ( $\pm 0,22$ )	0,21 ( $\pm 0,04$ )	0,21 ( $\pm 0,05$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	99,63 ( $\pm 0,13$ )	99,68 ( $\pm 0,22$ )	99,79 ( $\pm 0,04$ )	99,79 ( $\pm 0,05$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	5,33 ( $\pm 0,75$ )	6,02 ( $\pm 1,62$ )	6,35 ( $\pm 1,61$ )	6,88 ( $\pm 1,10$ )
	kalász (%)	0,24 ( $\pm 0,08$ )	0,65 ( $\pm 0,62$ )	0,30 ( $\pm 0,03$ )	0,27 ( $\pm 0,04$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	99,76 ( $\pm 0,08$ )	99,35 ( $\pm 0,62$ )	99,7 ( $\pm 0,03$ )	99,73 ( $\pm 0,04$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	1,89 ( $\pm 0,16$ )	3,80 ( $\pm 1,35$ )	6,06 ( $\pm 0,78$ )	6,69 ( $\pm 0,17$ )
	kalász (%)	0,50 ( $\pm 0,11$ )	0,24 ( $\pm 0,07$ )	0,20 ( $\pm 0,06$ )	0,40 ( $\pm 0,29$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	99,5 ( $\pm 0,11$ )	99,76 ( $\pm 0,07$ )	99,8 ( $\pm 0,06$ )	99,6 ( $\pm 0,29$ )

<sup>1</sup> összes hatóanyag: a kalászban és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes hatóanyag tartalom egy növényre vonatkoztatva

#### 5.1.1.2. A hatóanyagok bazipetális transzlokációja

A kalász fungicides kezelése után a kis számú és az üvegházi körülmények következtében több esetben fajtán belül eltérő méretű növények miatt, a vizsgált minták nem mutattak következetes száraztömeg eltéréseket (8. táblázat).

8. táblázat A száraztömeg változása a kalász kezelése után az üvegházi kísérletekben.

Minta-gyűjtés	GK Kalász		GK Békés		GK Fény	
	kalász (g)	zászlóslevél levéllemez (g)	kalász (g)	zászlóslevél levéllemez (g)	kalász (g)	zászlóslevél levéllemez (g)
2 óra	0,0737	0,0533	0,1260	0,0500	0,1438	0,0545
2 nap	0,0729	0,0348	0,1417	0,0444	0,0967	0,0445
4 nap	0,0801	0,0398	0,1278	0,0437	0,0798	0,0371
8 nap	0,0781	0,0415	0,2083	0,0437	0,0821	0,0310

A teljes kalász vegyszeres kezelése után csak egyetlen mintában (GK Kalász 4. nap) tudtunk protiokonazolt kimutatni bazipetális irányban, a zászlóslevél levéllemezében (9. táblázat).

9. táblázat Protiokonazol tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és a hatóanyag százalékos megoszlása a teljes kalász kezelése utáni első 8 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	10,02 ( $\pm 2,21$ )	6,69 ( $\pm 2,29$ )	4,60 ( $\pm 4,30$ )	2,23 ( $\pm 0,88$ )
	kalász (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	99,29 ( $\pm 1,23$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,71 ( $\pm 1,23$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	5,97 ( $\pm 1,27$ )	4,21 ( $\pm 1,95$ )	2,67 ( $\pm 0,54$ )	1,81 ( $\pm 1,98$ )
	kalász (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	4,68 ( $\pm 0,70$ )	1,25 ( $\pm 0,28$ )	0,97 ( $\pm 0,43$ )	1,05 ( $\pm 0,57$ )
	kalász (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )

<sup>1</sup> összes hatóanyag: a kalászban és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes hatóanyag tartalom egy növényre vonatkoztatva

A kalászok kezelése után is mérhető volt a protiokonazol legnagyobb arányban előforduló bomlásterméke a protiokonazol-deztio (10. táblázat). A GK Békés 2. órás és 8. napi mintái kivételével mind a három fajtánál minden egyes mintavételi időpontban találtunk, maximum 2,8% hatóanyagot a zászlóslevél levéllemezében.

10. táblázat Protiokonazol-deztio tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és a hatóanyag százalékos megoszlása a teljes kalász kezelése utáni első 8 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	1,36 ( $\pm 0,62$ )	1,37 ( $\pm 0,41$ )	1,39 ( $\pm 0,37$ )	1,09 ( $\pm 0,71$ )
	kalász (%)	98,91 ( $\pm 0,48$ )	99,21 ( $\pm 0,25$ )	99,2 ( $\pm 1,38$ )	98,24 ( $\pm 1,19$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	1,09 ( $\pm 0,48$ )	0,79 ( $\pm 0,25$ )	0,8 ( $\pm 1,38$ )	1,76 ( $\pm 1,19$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	0,68 ( $\pm 0,27$ )	1,62 ( $\pm 0,64$ )	1,05 ( $\pm 0,34$ )	1,47 ( $\pm 1,06$ )
	kalász (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	99,55 ( $\pm 0,42$ )	99,44 ( $\pm 0,97$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,45 ( $\pm 0,42$ )	0,56 ( $\pm 0,97$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	1,13 ( $\pm 0,54$ )	1,41 ( $\pm 0,23$ )	1,36 ( $\pm 0,84$ )	2,08 ( $\pm 1,33$ )
	kalász (%)	99,39 ( $\pm 0,6$ )	99,4 ( $\pm 0,53$ )	97,18 ( $\pm 3,45$ )	98,79 ( $\pm 1,06$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,61 ( $\pm 0,6$ )	0,6 ( $\pm 0,53$ )	2,82 ( $\pm 3,45$ )	1,21 ( $\pm 1,06$ )

<sup>1</sup> összes hatóanyag: a kalászban és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes hatóanyag tartalom egy növényre vonatkoztatva

Az akropetális transzlokáció vizsgálatához hasonlóan bazipetális irányban is a tebukonazol esetén észleltük a legnagyobb mértékű hatóanyagmozgást (11. táblázat), maximum 4,9%-os mértékben (GK Fény 4. nap).

11. táblázat Tebukonazol tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és a hatóanyag százalékos megoszlása az egyes szervek közt a teljes kalász kezelése utáni első 8 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	összes hatóanyag <sup>†</sup> ( $\mu\text{g}$ )	13,24 ( $\pm 5,15$ )	12,81 ( $\pm 4,36$ )	8,67 ( $\pm 3,11$ )	6,21 ( $\pm 2,69$ )
	kalász (%)	96,78 ( $\pm 0,87$ )	97,99 ( $\pm 0,11$ )	98,83 ( $\pm 1,01$ )	97,69 ( $\pm 1,18$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	3,22 ( $\pm 0,87$ )	2,01 ( $\pm 0,11$ )	1,17 ( $\pm 1,01$ )	2,31 ( $\pm 1,18$ )
GK Békés	összes hatóanyag ( $\mu\text{g}$ )	6,04 ( $\pm 1,17$ )	7,99 ( $\pm 2,38$ )	4,95 ( $\pm 1,38$ )	5,81 ( $\pm 5,09$ )
	kalász (%)	98,45 ( $\pm 0,01$ )	98,61 ( $\pm 0,92$ )	97,53 ( $\pm 1,51$ )	99,31 ( $\pm 0,14$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	1,55 ( $\pm 0,01$ )	1,39 ( $\pm 0,92$ )	2,47 ( $\pm 1,51$ )	0,69 ( $\pm 0,14$ )
GK Fény	összes hatóanyag ( $\mu\text{g}$ )	8,58 ( $\pm 3,08$ )	6,64 ( $\pm 0,57$ )	6,32 ( $\pm 2,98$ )	9,37 ( $\pm 3,64$ )
	kalász (%)	99,85 ( $\pm 0,07$ )	98,94 ( $\pm 0,73$ )	95,1 ( $\pm 4,57$ )	98,74 ( $\pm 0,8$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,15 ( $\pm 0,07$ )	1,06 ( $\pm 0,73$ )	4,9 ( $\pm 4,57$ )	1,26 ( $\pm 0,8$ )

<sup>†</sup> összes hatóanyag: a kalászban és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes hatóanyag tartalom egy növényre vonatkoztatva

### 5.1.1.3. A hatóanyagok transzlokációja a kalász fél oldalának kezelése után

A kalász fél oldalának fungicides kezelése után a kis számú és az üvegházi körülmények következtében több esetben fajtán belül eltérő méretű növények miatt, a vizsgált minták nem mutattak következetes száraztömeg eltéréseket (12. táblázat).

12. táblázat A száraztömeg változása a kalász fél oldalának kezelése után az üvegházi kísérletekben.

Minta-gyűjtés	GK Kalász			GK Békés			GK Fény		
	kalász (g)		zászlóslevél levéllemez (g)	kalász (g)		zászlóslevél levéllemez (g)	kalász (g)		zászlóslevél levéllemez (g)
	kezelt	kezeletlen		kezelt	kezeletlen		kezelt	kezeletlen	
2 óra	0,0273	0,0287	0,0361	0,0691	0,0731	0,0540	0,0790	0,0858	0,0819
2 nap	0,0427	0,0417	0,0466	0,0735	0,0856	0,0707	0,0749	0,0871	0,0675
4 nap	0,0378	0,0422	0,0452	0,0690	0,0710	0,0531	0,0313	0,0341	0,0556

A kalász egyik fél oldalán levő kalászkák vegyszeres kezelése után sem találtunk mérhető protiokonazol transzlokációt (13. táblázat).

13. táblázat Protiokonazol tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és százalékos megoszlása a kalász fél oldalának kezelése utáni első 4 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	2,14 ( $\pm 1,22$ )	1,56 ( $\pm 0,59$ )	1,13 ( $\pm 0,57$ )
	kalász kezelt oldal (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	kezeletlen oldal (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	2,57 ( $\pm 0,91$ )	1,07 ( $\pm 0,38$ )	0,9 ( $\pm 0,29$ )
	kalász kezelt oldal (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	kezeletlen oldal (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	0,86 ( $\pm 0,24$ )	0,47 ( $\pm 0,05$ )	0,37 ( $\pm 0,13$ )
	kalász kezelt oldal (%)	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )	100,00 ( $\pm 0,00$ )
	kezeletlen oldal (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )	0,00 ( $\pm 0,00$ )

<sup>1</sup> összes *hatóanyag*: a kalászban (kezelt és kezeletlen oldalon) és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes *hatóanyag* tartalom egy növényre vonatkoztatva

A kalászkák között a kezelt oldalról a kezeletlen felé jelentősebb protiokonazol-deztio transzlokációt észleltünk, amely a második órára már a 15,90 %-ot is elérte majd csökkenő tendenciát mutatott. Ez mindhárom fajtánál hasonlóan alakult (14. táblázat). Ellentétben a teljes kalász kezelésével (10. táblázat) a bazipetális transzport révén 6,37% *hatóanyagot* is mértünk a zászlóslevélben (GK Békés, 2. nap).

14. táblázat Protiokonazol-deztio tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és százalékos megoszlása a kalász fél oldalának kezelése utáni első 4 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu\text{g}$ )	0,29 ( $\pm 0,19$ )	0,62 ( $\pm 0,27$ )	0,59 ( $\pm 0,15$ )
	kalász kezelt oldal (%)	79,18 ( $\pm 11,83$ )	89,90 ( $\pm 3,4$ )	89,48 ( $\pm 0,91$ )
	kezeletlen oldal (%)	15,90 ( $\pm 9,26$ )	8,11 ( $\pm 3,21$ )	8,70 ( $\pm 2,47$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	4,92 ( $\pm 2,7$ )	2,93 ( $\pm 0,62$ )	3,18 ( $\pm 0,41$ )
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	0,30 ( $\pm 0,12$ )	0,42 ( $\pm 0,17$ )	0,70 ( $\pm 0,47$ )
	kalász kezelt oldal (%)	82,64 ( $\pm 4,3$ )	81,28 ( $\pm 4,83$ )	89,97 ( $\pm 3,02$ )
	kezeletlen oldal (%)	12,70 ( $\pm 2,33$ )	12,35 ( $\pm 2,69$ )	7,75 ( $\pm 2,37$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	4,66 ( $\pm 1,99$ )	6,37 ( $\pm 2,33$ )	2,28 ( $\pm 0,66$ )
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu\text{g}$ )	0,31 ( $\pm 0,09$ )	0,93 ( $\pm 0,86$ )	0,77 ( $\pm 0,3$ )
	kalász kezelt oldal (%)	85,71 ( $\pm 4,09$ )	88,05 ( $\pm 8,06$ )	90,33 ( $\pm 3,82$ )
	kezeletlen oldal (%)	13,19 ( $\pm 3,59$ )	8,23 ( $\pm 4,12$ )	7,11 ( $\pm 2,57$ )
	zászlóslevél levéllemez (%)	1,10 ( $\pm 1,90$ )	3,72 ( $\pm 4,54$ )	2,56 ( $\pm 1,45$ )

<sup>1</sup> összes *hatóanyag*: a kalászban (kezelt és kezeletlen oldalon) és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes *hatóanyag* tartalom egy növényre vonatkoztatva

A kezeletlen oldali kalászkákban 3,22-9,20% tebukonazolt azonosítottunk (15. táblázat), és ez az arány közel stabil volt az első négy napban. A zászlóslevélben, a protiokonazolhoz hasonlóan, itt is a teljes kalász kezelés után mért mennyiséget meghaladó mértékű akár 19,85% tebukonazolt mértünk.

15. táblázat Tebukonazol tartalom (átlag  $\pm$  szórás) és százalékos megoszlása a kalász fél oldalának kezelése utáni első 4 napban a vizsgált fajtákban.

		2. óra	2. nap	4. nap
GK Kalász	összes <i>hatóanyag</i> <sup>1</sup> ( $\mu$ g)	3,5 ( $\pm$ 1,91)	4,65 ( $\pm$ 1,51)	4,13 ( $\pm$ 1,17)
	kalász kezelt oldal (%)	79,11 ( $\pm$ 7,79)	83,09 ( $\pm$ 3,45)	83,05 ( $\pm$ 1,73)
	kezeletlen oldal (%)	4,24 ( $\pm$ 0,92)	4,99 ( $\pm$ 1,43)	4,29 ( $\pm$ 2,23)
	zászlóslevél levéllemez (%)	16,65 ( $\pm$ 7,87)	11,75 ( $\pm$ 3,05)	12,93 ( $\pm$ 2,06)
GK Békés	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu$ g)	3,1 ( $\pm$ 0,9)	2,82 ( $\pm$ 0,68)	3,11 ( $\pm$ 1,77)
	kalász kezelt oldal (%)	87,08 ( $\pm$ 5,23)	73,99 ( $\pm$ 8,32)	89,09 ( $\pm$ 2,22)
	kezeletlen oldal (%)	4,77 ( $\pm$ 1,76)	6,16 ( $\pm$ 2,21)	5,38 ( $\pm$ 1,57)
	zászlóslevél levéllemez (%)	8,14 ( $\pm$ 6,44)	19,85 ( $\pm$ 10,25)	5,53 ( $\pm$ 0,74)
GK Fény	összes <i>hatóanyag</i> ( $\mu$ g)	2,87 ( $\pm$ 0,32)	3,88 ( $\pm$ 2,40)	3,37 ( $\pm$ 1,00)
	kalász kezelt oldal (%)	88,55 ( $\pm$ 4,24)	89,06 ( $\pm$ 10,45)	89,4 ( $\pm$ 3,60)
	kezeletlen oldal (%)	9,20 ( $\pm$ 3,00)	3,22 ( $\pm$ 2,46)	4,65 ( $\pm$ 2,89)
	zászlóslevél levéllemez (%)	2,25 ( $\pm$ 1,26)	7,72 ( $\pm$ 12,36)	5,95 ( $\pm$ 3,02)

<sup>1</sup> összes *hatóanyag*: a kalászbán (kezelt és kezeletlen oldalon) és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes, összes *hatóanyag* tartalom egy növényre vonatkoztatva

### 5.1.2. Hatóanyagok egymáshoz viszonyított aránya

Az üvegházi körülmények miatt a mérési időpontok közt néhány esetben a kalászhok mérete eltért. Ezért a *hatóanyagok* mennyiségének időbeli lefutását nem az egyes mintagyűjtési alkalmakkor mért értékek alapján, hanem az egyforma koncentrációban felvitt *hatóanyagok* mennyiségének egymáshoz viszonyított arányaival modelleztük. Mivel a kalász fél oldalának kezelése után jelentősebb mértékű *hatóanyagmozgást* találtunk, ezért ezt a kezelési típust a *hatóanyagok* bomlása szempontjából nem értékeljük.

#### 5.1.2.1. Hatóanyagok egymáshoz viszonyított aránya a teljes kalász kezelése után

A teljes kalász kezelése után, az idő előrehaladtával a kalászbán mért bomlástermék protiokonazol-deztio aránya mindhárom fajtában nőtt a protiokonazolhoz képest. GK Békés és GK Kalász fajtákban ez hasonló arányt mutatott, míg a GK Fény fajtában jóval nagyobb

mértékű volt a protiokonazol bomlása (16.a táblázat). A két hatóanyag, - a tebukonazol és a protiokonazol + bomlásterméke együtt - egymáshoz viszonyított aránya GK Békés és GK Kalász fajtákban a kezelés után 2 órával 1:1 körül alakult, míg a GK Fény fajtában már a 2 órás mintákban is mérhető volt a protiokonazol és származékának gyorsabb lebomlása (16.b táblázat). A 2., 4. és 8. napra a protiokonazol és a protiokonazol-deztio együttes gyorsabb bomlása miatt arányuk folyamatosan csökkent mindhárom fajtánál.

16. a, b táblázat Hatóanyagok anyagmennyiségének (mol/kalász) egymáshoz viszonyított aránya a kalász kezelése utáni első 8 napban a kezelt szervben.

a) Protiokonazol és protiokonazol-deztio egymáshoz viszonyított aránya

	2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	1 : 0,14	1 : 0,21	1 : 0,32	1 : 0,51
GK Békés	1 : 0,12	1 : 0,40	1 : 0,41	1 : 0,85
GK Fény	1 : 0,25	1 : 1,16	1 : 1,44	1 : 2,06

b) Tebukonazol és protiokonazol + protiokonazol-deztio egymáshoz viszonyított aránya

	2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	1 : 0,89	1 : 0,64	1 : 0,69	1 : 0,54
GK Békés	1 : 1,12	1 : 0,74	1 : 0,77	1 : 0,52
GK Fény	1 : 0,68	1 : 0,40	1 : 0,38	1 : 0,34

#### **5.1.2.2. Hatóanyagok egymáshoz viszonyított aránya a zászlóslevél levéllemezésének kezelése után**

A zászlóslevél levéllemezésének kezelése után a hatóanyagok mennyiségének változása hasonló tendenciákat mutatott, mint a teljes kalász kezelése után a kalászban (17. táblázat). A protiokonazol-deztio aránya mindhárom fajtában nőtt a protiokonazolhoz képest (17.a táblázat). A két vegyület (a kiindulási anyag és a bomlástermék) egymáshoz viszonyított aránya csaknem teljesen megegyezett a kalászban talált arányokkal (17.a táblázat), azaz a bomlástermék aránya folyamatosan nőtt a kiindulási anyaghoz képest. A GK Békés és GK Kalász fajták ennél a kezeléssorozathoz is hasonlóan viselkedtek, míg a GK Fény fajtában ismét gyorsabb volt a protiokonazol és származékának együttes bomlása, mint a tebukonazol (17.b táblázat). Azonban a kalászban találtakal ellentétben a 2 órás mintákban a tebukonazol aránya valami oknál fogva sokkal kisebb volt, mint a másik hatóanyag és bomlásterméke együttes aránya.



17. a, b táblázat Hatóanyagok anyagmennyiségének (mol/zászlóslevél levéllemez) egymáshoz viszonyított aránya a zászlóslevél levéllemezének kezelése utáni első 8 napban a kezelt szervben.

a) Protiokonazol és protikonazol-deztio egymáshoz viszonyított aránya

	2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	1 : 0,08	1 : 0,28	1 : 0,32	1 : 0,74
GK Békés	1 : 0,13	1 : 0,25	1 : 0,46	1 : 0,87
GK Fény	1 : 0,07	1 : 0,55	1 : 1,25	1 : 1,99

b) Tebukonazol és protikonazol + protikonazol-deztio egymáshoz viszonyított aránya

	2. óra	2. nap	4. nap	8. nap
GK Kalász	1 : 1,31	1 : 0,79	1 : 0,71	1 : 0,54
GK Békés	1 : 1,44	1 : 0,97	1 : 0,81	1 : 0,59
GK Fény	1 : 1,73	1 : 0,71	1 : 0,56	1 : 0,40

## 5.2. Szántóföldi kisparcellás kísérletek

A szántóföldi kisparcellás kísérleteinkben a permetezés után 2 órával, 2, 4 és 8 nappal gyűjtött kalász és zászlóslevél mintákból mért hatóanyag tartalom adatokat a két növényi szervben külön-külön értékeltük, mivel az üvegházi kísérleteinkben nem találtunk következetes hatóanyagmozgást, és a kalászfuzáriózis elleni védekezés szempontjából a kalászban lévő hatóanyagok mennyiségének van kulcsfontosságú szerepe. Szántóföldi körülmények közt a protikonazol átalakulása protikonazol-deztióvá olyan gyorsan lezajlott, hogy a protikonazol mennyisége már a 2 órás mintákban is a mérési határ alatt volt. Ezért az értékelésben nem szerepel. A táblázatokban 2 éves átlageredményeket közlünk. A részletes évenkénti adatsorok a mellékletben találhatók (M1.-6. ábrák).

### 5.2.1. Hatóanyag tartalom

#### 5.2.1.1. Hatóanyag tartalom a kalászban

A kalász száraztömeg, protikonazol-deztio és tebukonazol koncentráció és hatóanyag mennyiség változásait szántóföldi kisparcellás körülmények között a 18. táblázat tartalmazza.

18. táblázat Kalász száraztömeg és hatóanyag tartalom adatok (átlag  $\pm$  szórás) a különböző mintavételezési időpontokban a vizsgált fajtákban. Kísérlet, Szeged, 2010-2011.

GK Kalász	Kalász száraz tömeg	Protiokonazol-deztio		Tebukonazol	
		$\mu\text{g/g}$ sz.t. <sup>1</sup>	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	0,37 ( $\pm 0,05$ )a	4,82 ( $\pm 0,41$ )	1,79 ( $\pm 0,27$ )a	13,46 ( $\pm 5,66$ )	4,77 ( $\pm 1,47$ )a
2 nap	0,43 ( $\pm 0,08$ )ab	3,23 ( $\pm 1,20$ )	1,32 ( $\pm 0,27$ )ab	11,32 ( $\pm 7,48$ )	4,36 ( $\pm 2,13$ )ab
4 nap	0,47 ( $\pm 0,10$ )b	2,25 ( $\pm 0,67$ )	1,01 ( $\pm 0,14$ )b	9,22 ( $\pm 5,52$ )	3,92 ( $\pm 1,74$ )ab
8 nap	0,66 ( $\pm 0,15$ )c	0,80 ( $\pm 0,45$ )	0,52 ( $\pm 0,23$ )c	5,64 ( $\pm 4,35$ )	3,31 ( $\pm 2,06$ )b
GK Békés					
2 óra	0,50 ( $\pm 0,10$ )a	3,36 ( $\pm 0,84$ )	1,74 ( $\pm 0,61$ )a	11,35 ( $\pm 4,41$ )	5,54 ( $\pm 1,30$ )a
2 nap	0,51 ( $\pm 0,08$ )a	2,99 ( $\pm 0,73$ )	1,52 ( $\pm 0,33$ )a	11,67 ( $\pm 5,65$ )	5,66 ( $\pm 1,95$ )a
4 nap	0,60 ( $\pm 0,15$ )b	1,36 ( $\pm 0,19$ )	0,81 ( $\pm 0,18$ )b	7,27 ( $\pm 3,28$ )	3,96 ( $\pm 0,86$ )b
8 nap	0,86 ( $\pm 0,14$ )c	0,67 ( $\pm 0,11$ )	0,57 ( $\pm 0,12$ )b	3,91 ( $\pm 2,04$ )	3,17 ( $\pm 1,28$ )b
GK Fény					
2 óra	0,36 ( $\pm 0,08$ )a	4,50 ( $\pm 0,93$ )	1,56 ( $\pm 0,29$ )a	12,71 ( $\pm 6,51$ )	4,11 ( $\pm 1,35$ )a
2 nap	0,43 ( $\pm 0,13$ )b	3,75 ( $\pm 1,62$ )	1,47 ( $\pm 0,31$ )a	11,78 ( $\pm 8,47$ )	4,24 ( $\pm 2,26$ )a
4 nap	0,50 ( $\pm 0,11$ )b	2,88 ( $\pm 1,70$ )	1,30 ( $\pm 0,59$ )a	10,41 ( $\pm 8,08$ )	4,51 ( $\pm 3,01$ )a
8 nap	0,75 ( $\pm 0,18$ )c	1,65 ( $\pm 1,12$ )	0,88 ( $\pm 0,25$ )b	6,92 ( $\pm 5,95$ )	3,14 ( $\pm 1,48$ )a
3 fajta átlaga					
2 óra	0,41 ( $\pm 0,10$ )	4,23 ( $\pm 0,96$ )	1,70 ( $\pm 0,41$ )	12,51 ( $\pm 5,33$ )	4,81 ( $\pm 1,43$ )
2 nap	0,46 ( $\pm 0,10$ )	3,32 ( $\pm 1,20$ )	1,44 ( $\pm 0,30$ )	11,59 ( $\pm 6,86$ )	4,75 ( $\pm 2,09$ )
4 nap	0,52 ( $\pm 0,13$ )	2,17 ( $\pm 1,18$ )	1,04 ( $\pm 0,40$ )	8,97 ( $\pm 5,75$ )	4,13 ( $\pm 1,96$ )
8 nap	0,76 ( $\pm 0,17$ )	1,04 ( $\pm 0,80$ )	0,66 ( $\pm 0,26$ )	5,49 ( $\pm 4,34$ )	3,21 ( $\pm 1,54$ )

<sup>1</sup> száraz tömegre vonatkoztatott koncentráció

Adott fajtán belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van a Bonferroni korrekció alapján.

A kísérlet folyamán a szemfejlődés eredményeképpen a kalászok száraztömege majdnem megduplázódott a 8. napra. A lebomlás eredményeképpen a hatóanyag koncentráció és tartalom folyamatos csökkenő mértéket mutatott. A kalászok tömegnövekedése a hatóanyag koncentráció jóval gyorsabb csökkenését eredményezte mind protiokonazol-deztio, mind tebukonazol esetén, mint ahogy a tényleges hatóanyag mennyiség csökkent a kalászokban (18. táblázat). Mivel a koncentráció adatokat nagymértékben befolyásolta a szemfejlődés csak a száraztömeg és a hatóanyag tartalom adatok ismételt méréses varianciaanalízisét végeztük el (19-21. táblázatok). Mindhárom adatcsoportban (kalász száraztömeg, protiokonazol-deztio, és tebukonazol tartalom) szignifikánsnak találtuk a mintagyűjtés, a fajta és év hatásokat és kölcsönhatásokat.

A kalász száraztömeg adatainak időbeli lefutására mind a fajta, mind az évjárat jelentős hatással volt, azaz fajtánként és évenként szignifikánsan különbözött a változás mértéke (19.a

táblázat). A kalász száraztömeg adatok közt a mintavételezéstől függetlenül, általában véve fajtánként és évenként szignifikáns különbségeket találtunk (19.b táblázat). Mivel a kalásméretben szignifikáns különbségeket találtunk a fajták közt, (a GK Békés kalászhai majdnem minden egyes mintavételi alkalomkor szignifikánsan nagyobbak voltak, míg a GK Kalász és GK Fény fajták kalászhai egyenlők a Bonferroni korrekció alapján), ezért a hatóanyag tartalom értékek közt a fajták tekintetében nem vizsgáltuk a különbségeket, lévén, hogy nagyobb kalásmérettel rendelkező fajtára több permetszer és ez által több hatóanyag került.

19. a, b táblázat Kalász száraztömeg adatok ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Szeged, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	1,299	3	0,433	282,501	0,000
Mintavétel x Fajta	0,030	6	0,005	3,303	0,011
Mintavétel x Év	0,041	3	0,014	8,887	0,000
Mintavétel x Fajta x Év	0,021	6	0,004	2,335	0,052
Hiba (Mintavétel)	0,055	36	0,002		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	0,251	2	0,126	74,102	0,000
Év	0,684	1	0,684	403,932	0,000
Fajta x Év	0,007	2	0,004	2,163	0,158
Hiba	0,020	12	0,002		

A kalászban mért protikonazol-deztio mennyisége szignifikánsan változott a mintavételezés előrehaladtával (20.a táblázat), melynek lefutását mind a fajta, mind pedig az évhatások befolyásolták. A kalász protikonazol-deztio tartalmára általában véve nem volt szignifikáns hatása az évjáratnak, viszont a fajtának, az eltérő kalásméretből eredően, igen (20.b táblázat).

20. a, b táblázat Kalász protiokonazol-deztio tartalom ismételt mérés varianciaanalízisének eredménye. Szeged, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	11,190	3	3,730	53,154	0,000
Mintavétel x Fajta	1,166	6	0,194	2,769	0,026
Mintavétel x Év	1,378	3	0,459	6,545	0,001
Mintavétel x Fajta x Év	0,347	6	0,058	0,824	0,559
Hiba (Mintavétel)	2,526	36	0,070		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	0,318	2	0,159	5,539	0,020
Év	0,028	1	0,028	0,990	0,339
Fajta x Év	2,047	2	1,024	35,640	0,000
Hiba	0,345	12	0,029		

A kalászban mért tebukonazol mennyisége szignifikánsan változott a mintavételezés előrehaladtával (21.a táblázat), melynek mértékét csak a fajtahatások befolyásolták. Azonban a kalászban mért tebukonazol tartalomra általában véve szignifikáns hatása volt az évjáratnak, és az eltérő kalásméretből eredően a fajtáknak és a fajta x év kölcsönhatásnak is (21.b táblázat), azaz a két évben eltérően viselkedtek a fajták.

21. a, b táblázat Kalász tebukonazol tartalom ismételt mérés varianciaanalízisének eredménye. Szeged, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	29,943	3	9,981	14,146	0,000
Mintavétel x Fajta	10,292	6	1,715	2,431	0,045
Mintavétel x Év	4,107	3	1,369	1,940	0,140
Mintavétel x Fajta x Év	6,517	6	1,086	1,540	0,193
Hiba (Mintavétel)	25,400	36	0,706		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	4,687	2	2,344	12,491	0,001
Év	156,483	1	156,483	834,032	0,000
Fajta x Év	5,378	2	2,689	14,333	0,001
Hiba	2,251	12	0,188		

A hatóanyag tartalomban jelentkező fajtahatások az eltérő kezdeti kalásméretekből adódnak. A nagyobb, szálkás kalászokkal rendelkező GK Békés fajtában a nagyobb külső felület által felfogott több vegyszer miatt magasabb hatóanyagtartalmat mértünk. A tebukonazol tartalom a 2 órás mintákban szignifikáns összefüggést mutatott a kalászok száraztömegével (2010:  $r = 0,8000$ , és 2011:  $r = 0,7732$ ,  $P = 1\%$ ). Azonban a bomlástermék protikonazol-deztio tartalom nem mutatott szignifikáns összefüggést a kezdeti kalász tömeggel.

Annak ellenére, hogy mindkét hatóanyagot egyforma mennyiségben (125 g/l) tartalmazta a használt készítmény és a protikonazol mennyisége a mérési határ alatt volt, a protikonazol-deztio mennyisége jóval alacsonyabb volt a kalászokban, mint a tebukonazolé (18. táblázat).

#### **5.2.1.2. Hatóanyag tartalom a zászlóslevélben**

A zászlóslevelek száraz tömege nem változott a kísérlet folyamán (22. táblázat), míg mindkét hatóanyag koncentrációja és mennyisége csökkent. Az állandó száraztömeg miatt a zászlóslevelekben a hatóanyag koncentráció és tartalom csökkenés mértéke hasonló volt. A kalászokhoz hasonlóan itt is a GK Békés-nél mértük a legnagyobb száraztömeget. A protikonazol-deztio mennyisége ebben a vizsgálat sorozatban is jóval kisebb volt, mint a tebukonazolé.

A statisztikai analízist itt is a száraztömeg és a hatóanyag tartalom adatok ismételt méréses varianciaanalízisével végeztük. A zászlóslevél száraztömeg adatai az egyes mintavételi alkalmakkor nem különböztek szignifikánsan egymástól (23.a táblázat), azonban általában véve fajtánként és évenként az adatok közt szignifikáns különbségeket találtunk (23.b táblázat). Az első két mintavételezési időpontban a GK Békés és GK Fény között találtunk szignifikáns különbségeket, a későbbi mintavételezéskor viszont ezek a különbségek sem voltak szignifikánsak a Bonferroni korrekció alapján.

22. táblázat Zászlóslevél levéllemezében mért száraztömeg és hatóanyag tartalom adatok (átlag  $\pm$  szórás) a különböző mintavételezési időpontokban a vizsgált fajtákban. Kisparcellás kísérlet, Szeged, 2010-2011.

GK Kalász	Zászlóslevél levéllemez száraz tömeg	Protikonazol-deztio		Tebukonazol	
		$\mu\text{g/g}$ sz.t. <sup>1</sup>	$\mu\text{g/levél lemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levél lemez}$
2 óra	0,13 ( $\pm 0,02$ )a	9,46 ( $\pm 2,86$ )	1,25 ( $\pm 0,26$ )a	23,23 ( $\pm 5,31$ )	3,24 ( $\pm 1,14$ )a
2 nap	0,14 ( $\pm 0,01$ )a	5,14 ( $\pm 1,67$ )	0,68 ( $\pm 0,21$ )b	18,87 ( $\pm 6,19$ )	2,60 ( $\pm 1,03$ )ab
4 nap	0,14 ( $\pm 0,02$ )a	2,63 ( $\pm 0,67$ )	0,37 ( $\pm 0,13$ )b	15,65 ( $\pm 7,55$ )	2,23 ( $\pm 1,23$ )ab
8 nap	0,12 ( $\pm 0,01$ )a	0,86 ( $\pm 0,37$ )	0,11 ( $\pm 0,05$ )c	13,51 ( $\pm 7,4$ )	1,66 ( $\pm 0,97$ )b
GK Békés					
2 óra	0,15 ( $\pm 0,01$ )a	8,38 ( $\pm 3,57$ )	1,22 ( $\pm 0,47$ )a	28,82 ( $\pm 9,49$ )	4,46 ( $\pm 1,79$ )a
2 nap	0,14 ( $\pm 0,02$ )a	6,48 ( $\pm 2,26$ )	0,85 ( $\pm 0,21$ )a	23,97 ( $\pm 3,01$ )	3,30 ( $\pm 0,93$ )ab
4 nap	0,15 ( $\pm 0,02$ )a	2,77 ( $\pm 0,68$ )	0,40 ( $\pm 0,09$ )b	16,18 ( $\pm 4,06$ )	2,38 ( $\pm 0,81$ )b
8 nap	0,15 ( $\pm 0,02$ )a	0,88 ( $\pm 0,28$ )	0,13 ( $\pm 0,04$ )c	10,24 ( $\pm 2,66$ )	1,54 ( $\pm 0,54$ )c
GK Fény					
2 óra	0,12 ( $\pm 0,01$ )a	12,05 ( $\pm 2,57$ )	1,50 ( $\pm 0,32$ )a	30,66 ( $\pm 12,58$ )	3,94 ( $\pm 1,99$ )a
2 nap	0,12 ( $\pm 0,01$ )a	8,71 ( $\pm 1,32$ )	1,08 ( $\pm 0,18$ )a	26,25 ( $\pm 8,17$ )	3,27 ( $\pm 1,14$ )a
4 nap	0,13 ( $\pm 0,02$ )a	5,08 ( $\pm 1,68$ )	0,65 ( $\pm 0,28$ )b	22,40 ( $\pm 11,28$ )	2,95 ( $\pm 1,76$ )a
8 nap	0,13 ( $\pm 0,02$ )a	2,31 ( $\pm 1,72$ )	0,30 ( $\pm 0,23$ )c	19,27 ( $\pm 12,48$ )	2,52 ( $\pm 1,77$ )a
3 fajta átlaga					
2 óra	0,14 ( $\pm 0,02$ )	9,96 ( $\pm 3,26$ )	1,32 ( $\pm 0,36$ )	27,57 ( $\pm 9,59$ )	3,88 ( $\pm 1,66$ )
2 nap	0,13 ( $\pm 0,02$ )	6,78 ( $\pm 2,27$ )	0,87 ( $\pm 0,25$ )	23,03 ( $\pm 6,61$ )	3,06 ( $\pm 1,03$ )
4 nap	0,14 ( $\pm 0,02$ )	3,49 ( $\pm 1,56$ )	0,47 ( $\pm 0,22$ )	18,08 ( $\pm 8,31$ )	2,52 ( $\pm 1,29$ )
8 nap	0,13 ( $\pm 0,02$ )	1,35 ( $\pm 1,19$ )	0,18 ( $\pm 0,16$ )	14,34 ( $\pm 8,88$ )	1,91 ( $\pm 1,22$ )

<sup>1</sup> száraz tömegre vonatkoztatott koncentráció

Adott fajtán belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van a Bonferroni korrekció alapján.

23. a, b táblázat Levél száraztömeg adatok ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Szeged, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	0	3	0	1,383	0,264
Mintavétel x Fajta	0,001	6	0	2,158	0,07
Mintavétel x Év	0	3	0	1,007	0,401
Mintavétel x Fajta x Év	0,001	6	0	1,857	0,115
Hiba (Mintavétel)	0,004	36	0		
b) Egyedek közötti variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	0,005	2	0,002	16,975	0
Év	0,009	1	0,009	65,563	0
Fajta x Év	0	2	0	0,327	0,727
Hiba	0,002	12	0		

A zászlóslevél levéllemezben mért protiokonazol-deztio mennyisége szignifikánsan csökkent a mintavételezés előrehaladtával (24.a táblázat), melynek mértékét csak az évhatások befolyásolták szignifikánsan. A kalászban találtakhoz hasonlóan a zászlóslevél levéllemezének protiokonazol-deztio tartalomára általában véve nem volt szignifikáns hatása az évjáratnak, viszont a fajtáknak igen (24.b táblázat).

24. a, b táblázat Levél protiokonazol-deztio tartalom ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Szeged, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	13,267	2	7,851	142,812	0,000
Mintavétel x Fajta	0,096	3	0,028	0,517	0,695
Mintavétel x Év	1,321	2	0,782	14,220	0,000
Mintavétel x Fajta x Év	0,067	3	0,020	0,358	0,806
Hiba (Mintavétel)	1,115	20	0,055		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	1,060	2	0,530	21,440	0,000
Év	0,026	1	0,026	1,068	0,322
Fajta x Év	0,561	2	0,281	11,353	0,002
Hiba	0,297	12	0,025		

A zászlóslevél levéllemezben mért tebukonazol mennyisége szignifikánsan változott a mintavételezés előrehaladtával (25.a táblázat), melynek mértékét az év és fajtahatások szignifikánsan befolyásolták. A kalászban mért adatokhoz hasonlóan általában véve a zászlóslevél tebukonazol tartalmára szignifikáns hatása volt mind az évjáratnak, a fajtáknak és a fajta év kölcsönhatásnak, azaz a fajtakülönbségek évenként változtak (25.b táblázat).

25. a, b táblázat Levél tebukonazol tartalom ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Szeged, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	37,830	3	12,610	37,443	0,000
Mintavétel x Fajta	4,781	6	0,797	2,366	0,050
Mintavétel x Év	3,598	3	1,199	3,561	0,024
Mintavétel x Fajta x Év	4,080	6	0,680	2,019	0,088
Hiba (Mintavétel)	12,124	36	0,337		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	6,771	2	3,385	19,766	0,000
Év	79,881	1	79,881	466,395	0,000
Fajta x Év	5,085	2	2,542	14,843	0,001
Hiba	2,055	12	0,171		

### 5.2.2. A hatóanyagok bomlási kinetikája

A protiokonazol bomlástermék protiokonazol-deztio és a tebukonazol lebomlása mind a kalászbán, mind a zászlóslevélben a legtöbb esetben elsőrendű kinetika szerint zajlott. Azonban a bomlási kinetika igen jó összefüggést mutatott a nullad rendű kinetikával, és a mért felezési idők alapján néhány esetben a nullad rendű kinetika jobban jellemezte a hatóanyagok eliminációját. A szignifikáns évjárat hatás miatt itt a két éves kísérlet adatai külön ábráztuk. A kalászbán a leglassabb a hatóanyag bomlás a GK Fény fajtában volt mindkét hatóanyag esetén, mindkét évben (26. táblázat). A hatóanyagok lebomlása függött a fajtától, de általában a 2011-es évben gyorsabb volt, mint 2010-ben. A protiokonazol-deztio bomlása 2010-ben a GK Kalászbán, 2011-ben a GK Kalász és a GK Békés fajtákban volt a leggyorsabb. Tebukonazol esetén mindkét évben a GK Békés fajtában volt a leggyorsabb a bomlás az első 8 nap alatt. 2011-ben kisebbek voltak a fajtakülönbségek, mint 2010-ben.



26. táblázat Hatóanyagok bomlási kinetikája a kalászban fajták és évek szerint.

Protiokonazol-deztio							
	k <sup>1</sup>	2010 r <sup>2</sup>	t <sub>1/2</sub> <sup>3</sup>		2011 k	r	t <sub>1/2</sub>
GK Kalász	-0,1421	-0,9984 ***	5,6		-0,1535	-0,9925 ***	4,5
GK Békés	-0,1264	-0,9278 *	5,5		-0,1593	-0,9757 **	4,4
GK Fény	-0,0384	ns			-0,1165	-0,9588 **	6,0
Tebukonazol							
	k	2010 r	t <sub>1/2</sub>		2011 k	r	t <sub>1/2</sub>
GK Kalász	-0,0380	-0,9594 **	18,2		-0,0781	-0,9703 **	8,9
GK Békés	-0,0698	-0,9085 *	9,9		-0,0938	-0,9842 **	7,4
GK Fény	-0,0224	ns			-0,0580	-0,9012 *	12,0

<sup>1</sup>k = sebességi állandó (normál betű: elsőrendű, dőlt: nullad rendű kinetika)

<sup>2</sup>r = Pearson féle korrelációs együttható

<sup>3</sup>t<sub>1/2</sub> felezési idő (nap)

\*\*\* P = 0,1%; \*\* P = 1%; \* P = 5%; ns= nem szignifikáns

A kalászban találtakhoz hasonlóan a zászlóslevél levéllemezében a leglassabb bomlás a GK Fény fajta esetén volt (27. táblázat). Azonban a különbségek 2011-ben szinte elenyészőek a fajták közt. A kalászhoz hasonlóan a bomlás a zászlóslevél levéllemezében is gyorsabb volt 2011-ben, mint 2010-ben.

27. táblázat Hatóanyagok bomlási kinetikája a zászlóslevél levéllemezében fajták és évek szerint.

Protiokonazol-deztio							
	k <sup>1</sup>	2010 r <sup>2</sup>	t <sub>1/2</sub> <sup>3</sup>		2011 k	r	t <sub>1/2</sub>
GK Kalász	-0,2608	-0,9810 **	2,7		-0,3751	-0,9921 ***	1,8
GK Békés	-0,2170	-0,9829 **	3,2		-0,3557	-0,9934 ***	1,9
GK Fény	-0,1317	-0,9954 ***	5,3		-0,3496	-0,9923 ***	2,0
Tebukonazol							
	k	2010 r	t <sub>1/2</sub>		2011 k	r	t <sub>1/2</sub>
GK Kalász	-0,0631	-0,9664 **	11,0		-0,1279	-0,9783 **	5,4
GK Békés	-0,1434	-0,9832 **	4,8		-0,1177	-0,9845 **	5,9
GK Fény	-0,0291	ns			-0,1205	-0,9600 **	5,8

<sup>1</sup>k = sebességi állandó (normál betű: elsőrendű, dőlt: nullad rendű kinetika)

<sup>2</sup>r = Pearson féle korrelációs együttható

<sup>3</sup>t<sub>1/2</sub> felezési idő (nap)

\*\*\* P = 0,1%; \*\* P = 1%; \* P = 5%; ns= nem szignifikáns

A 26. táblázatot és a 27. táblázatot összehasonlítva látható, hogy a hatóanyagok bomlási kinetikája jóval lassabb volt a kalászban, mint a zászlóslevél levéllemezében.

### **5.2.3. Mesterséges inokuláció eredményei**

A két *Fusarium culmorum* izolátummal történő csokorfertőzés után kapott AUDPC (Area Under Disease Progress Curve, betegség előrehaladási görbe alatti terület) és szemfertőzöttségi értékek, valamint DON tartalom adatai a 28. táblázatban láthatóak.

28. táblázat Fertőzöttségi értékek a gombaölőszerral kezelt és a kezeletlen parcellákon két *Fusarium culmorum* (F.c. 12551; F.c. 12375) izolátummal való fertőzés után (Szeged, 2010-2011).

		GK KALÁSZ			GK BÉKÉS			GK FÉNY		
		Fungicid kezelt	Kezeletlen	Csökkenés (%)	Fungicid kezelt	Kezeletlen	Csökkenés (%)	Fungicid kezelt	Kezeletlen	Csökkenés (%)
2010										
AUDPC <sup>1</sup>	F.c. 12551	12,89	80,67	84	5,56	101,56	94,5	6,44	42,22	84,7
	F.c. 12375	186,22	737,78	74,8	437,11	777,78	43,8	30,22	471,33	93,6
Szemfert. (%)	F.c. 12551	0,22	10,94	98	1,11	33,56	96,7	0,28	3	90,7
	F.c. 12375	17,44	83,89	79,2	28,33	86,67	67,3	7,22	91,11	92,1
DON <sup>2</sup> (µg/g)	F.c. 12551	0,01	4,6	99,7	0,08	4,13	98	0,06	1,27	95,6
	F.c. 12375	14,69	70,27	79,1	24,41	42,53	42,6	7,81	27,41	71,5
2011										
AUDPC	F.c. 12551	3,17	50,92	93,8	0,11	14,56	99,2	0	13,22	100
	F.c. 12375	3,28	250	98,7	0	113,33	100	1,17	67,67	98,3
Szemfert. (%)	F.c. 12551	0	1,19	100	0,09	0,72	87,7	0	0	
	F.c. 12375	0	11	100	0	2,78	100	0,01	0,83	98,7
DON (µg/g)	F.c. 12551	m.a. <sup>3</sup>	1,42	100	0,11	2,63	95,7	m.a.	m.a.	
	F.c. 12375	0,5	14,76	96,7	0,11	9,9	98,9	m.a.	3,32	100
SzD 5% a fajták közt az egyes tüneteknél				AUDPC	Szemfertőzöttség		DON			
				23,60	-		4,34			

<sup>1</sup> AUDPC: Kalászfertőződés tünetfejlődési görbe alatti terület (Area Under Disease Progress Curve)

<sup>2</sup> DON: dezoxinivalenol

<sup>3</sup> m.a.: mérés határ alatt

A kalászfertőzöttség (AUDPC) mértéke szignifikánsan függött az évjáratától, a fajtától, a gombaölőszeres kezeléstől és az izolátumtól, melyek közül az évjáratnak, a kezelésnek és az izolátumnak, valamint ezek kölcsönhatásának volt a legnagyobb hatása (29. táblázat). Az egyes tényezők kölcsönhatásai egy kivételtől eltekintve minden esetben szignifikánsak voltak.

29. táblázat Kalászfertőzöttségi (AUDPC) értékek varianciaanalízise. Szeged, 2010-2011

	SS	df	MS	F	Sig.
Év	703512,16	1	703512,16	637,676	0,000
Fajta	145508,01	2	72754,01	65,946	0,000
Kezelés	517582,47	1	517582,47	469,146	0,000
Izolátum	941592,21	1	941592,21	853,476	0,000
Év*Fajta	102434,91	2	51217,46	46,424	0,000
Év*Kezelés	132848,65	1	132848,65	120,416	0,000
Év*Izolátum	518996,53	1	518996,53	470,428	0,000
Fajta*Kezelés	31212,80	2	15606,40	14,146	0,000
Fajta*Izolátum	98746,55	2	49373,27	44,753	0,000
Kezelés*Izolátum	275622,19	1	275622,19	249,829	0,000
Év*Fajta*Kezelés	1659,52	2	829,76	,752	0,477
Év*Fajta*Izolátum	71482,76	2	35741,38	32,397	0,000
Év*Kezelés*Izolátum	76565,45	1	76565,45	69,400	0,000
Fajta*Kezelés*Izolátum	22316,11	2	11158,06	10,114	0,000
Év*Fajta*Kezelés*Izolátum	8300,23	2	4150,11	3,762	0,030
Hiba	52955,69	48	1103,24		
Összes	5152457,98	72			

A szemfertőzöttség mértéke szintén szignifikánsan függött az évjáratától, a gombaölőszeres kezeléstől és az izolátumtól, melyek közül az évjáratnak, a kezelésnek és az izolátumnak, valamint ezek kölcsönhatásának volt a legnagyobb hatása (30. táblázat). Nem volt szignifikáns fajtahatás a szemfertőzöttségre.

30. táblázat Szemfertőzöttségi értékek varianciaanalízise. Szeged, 2010-2011

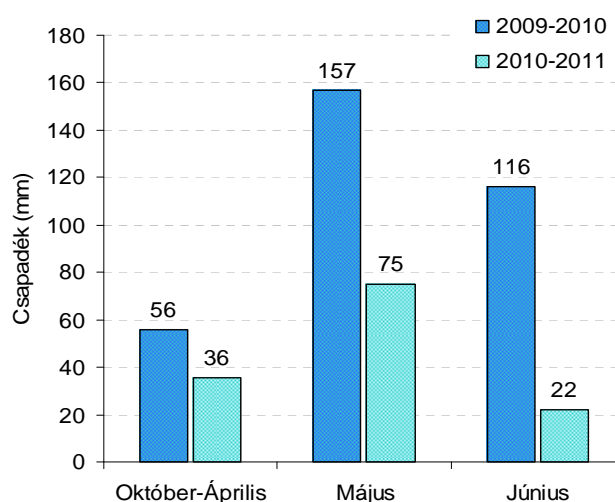
	SS	df	MS	F	Sig.
Év	15064,62	1	15064,62	110,822	0,000
Fajta	486,38	2	243,19	1,789	0,178
Kezelés	9178,62	1	9178,62	67,522	0,000
Izolátum	9672,86	1	9672,86	71,158	0,000
Év*Fajta	518,49	2	259,24	1,907	0,160
Év*Kezelés	7088,44	1	7088,44	52,145	0,000
Év*Izolátum	7996,91	1	7996,91	58,829	0,000
Fajta*Kezelés	9,09	2	4,54	,033	0,967
Fajta*Izolátum	64,26	2	32,13	,236	0,790
Kezelés*Izolátum	3852,47	1	3852,47	28,340	0,000
Év*Fajta*Kezelés	117,11	2	58,55	,431	0,653
Év*Fajta*Izolátum	55,87	2	27,94	,206	0,815
Év*Kezelés*Izolátum	2812,50	1	2812,50	20,690	0,000
Fajta*Kezelés*Izolátum	573,53	2	286,76	2,110	0,132
Év*Fajta*Kezelés*Izolátum	610,07	2	305,04	2,244	0,117
Hiba	6524,92	48	135,94		
Összes	82714,15	72			

A DON tartalom mértéke szignifikánsan függött az évjáratától, a fajtától, a gombaölőszeres kezeléstől és az izolátumtól, melyek közül az évjáratnak, a kezelésnek és az izolátumnak, valamint ezek kölcsönhatásának volt a legnagyobb hatása (31. táblázat). Az egyes tényezők kölcsönhatásai egy kivételtől eltekintve minden esetben szignifikánsak voltak.

31. táblázat DON tartalom értékek varianciaanalízise. Szeged, 2010-2011

	SS	df	MS	F	Sig.
Év	3383,17	1	3383,17	90,562	0,000
Fajta	855,18	2	427,59	11,446	0,000
Kezelés	2260,39	1	2260,39	60,507	0,000
Izolátum	5068,66	1	5068,66	135,680	0,000
Év*Fajta	302,20	2	151,10	4,045	0,024
Év*Kezelés	644,93	1	644,93	17,264	0,000
Év*Izolátum	2908,31	1	2908,31	77,851	0,000
Fajta*Kezelés	561,82	2	280,91	7,520	0,001
Fajta*Izolátum	612,97	2	306,48	8,204	0,001
Kezelés*Izolátum	1428,12	1	1428,12	38,228	0,000
Év*Fajta*Kezelés	248,07	2	124,04	3,320	0,045
Év*Fajta*Izolátum	254,23	2	127,11	3,403	0,042
Év*Kezelés*Izolátum	449,96	1	449,96	12,045	0,001
Fajta*Kezelés*Izolátum	448,02	2	224,01	5,996	0,005
Év*Fajta*Kezelés*Izolátum	197,97	2	98,98	2,650	0,081
Hiba	1793,16	48	37,36		
Összes	28030,00	72			

Annak ellenére, hogy a legtöbb csapadék a búza legfogékonyabb fejlődési fázisában, virágzáskor hullott mindkét évben, összességében 2010-ben majdnem kétszer annyi csapadék hullott (a 2009-es) vetéstől aratásig, mint 2011-ben (13. ábra).



13. ábra A 2009-2010-es és a 2010-2011-es búza tenyészidőben hullott csapadék mennyisége vetéstől aratásig Szeged Kecskés-telepen.

A mesterséges inokuláció mellett a járvány kialakulásának igen kedvező csapadékos párás időjárás miatt 2010-ben jóval nagyobb átlagfertőzöttségeket mértünk, mint 2011-ben. Ilyen erősen járványos körülmények között 2010-ben a vegyszeres védelem hatásfoka alacsonyabb volt az agresszívabb *F.c.* 12375 izolátummal szemben (42,6-93,6%), mint a kevésbé agresszív *F.c.* 12551 izolátummal szemben (84,0-99,7%). Azonban a védekezés hatásfoka még így is igen jónak mondható. 2011-ben szárazabb körülmények között és alacsonyabb fertőzöttségi értékeknél a védekezés hatásfoka szinte ugyanolyan kiváló volt, a legtöbb esetben 95% fölötti mindkét izolátumnál és minden vizsgált jellegre.

### **5.3. Szántóföldi permetezés-technológiai kísérlet**

A különböző fúvóka beállításokkal végzett szántóföldi nagyparcellás kísérleteinkben a permetezés után 2 órával, 2, 4 és 8 nappal gyűjtött kalász és zászlóslevél mintákból mértük a hatóanyag tartalom adatokat és ezeket a kisparcellás kísérletekhez hasonlóan külön-külön, szervenként értékeltük. Így különbséget tudtunk tenni az egyes fúvókák kalász és lombvédelemben mutatott teljesítménye közt. A kisparcellás kísérletekhez hasonlóan a protiokonazol átalakulása protiokonazol-deztióvá olyan gyorsan lezajlott, hogy már a 2 órás mintákban is a mérési határ alatt volt a mennyisége ezért nem szerepel az értékelésben. A táblázatokban 2 éves átlageredményeket közöltünk, a részletes évenkénti adatsorok a mellékletben találhatóak (M7.-24. ábrák).

#### **5.3.1. A vizsgált növényi szervek száraztömegének változása**

A kiszombori permetezés-technológia kísérletben a száraztömeg adatok ugyan azt a mintázatot mutatták, mint a szegedi kisparcellás kísérletben. Azaz a kalászok kiindulási, a kezelés után 2 órával mért, száraztömege a 8. napra csaknem megkétszereződött, míg a zászlóslevelek levéllemezésnek száraztömege változatlan maradt (32. táblázat). A legnagyobb méretű kalászokkal a GK Békés fajta rendelkezett. A GK Kalász és GK Fény közel azonos kiindulási kalásztömege utóbbi fajta esetén kissé nagyobb növekedést mutatott a 8. napra.

32. a, b táblázat A kalász (a) és a zászlóslevél levéllemezének (b) száraztömegének alakulása a három fajtánál a mintavételezések során. Kiszombor, 2010-2011.

a) Kalász száraztömeg (g)

	GK Kalász	GK Békés	GK Fény
2 óra	0,41 ( $\pm 0,10$ )	0,58 ( $\pm 0,09$ )	0,40 ( $\pm 0,08$ )
2 nap	0,51 ( $\pm 0,09$ )	0,63 ( $\pm 0,07$ )	0,47 ( $\pm 0,07$ )
4 nap	0,59 ( $\pm 0,09$ )	0,74 ( $\pm 0,12$ )	0,59 ( $\pm 0,11$ )
8 nap	0,84 ( $\pm 0,17$ )	0,98 ( $\pm 0,19$ )	0,90 ( $\pm 0,16$ )

b) Zászlóslevél levéllemez száraztömeg (g)

	GK Kalász	GK Békés	GK Fény
2 óra	0,13 ( $\pm 0,04$ )	0,14 ( $\pm 0,03$ )	0,11 ( $\pm 0,02$ )
2 nap	0,13 ( $\pm 0,04$ )	0,14 ( $\pm 0,04$ )	0,11 ( $\pm 0,02$ )
4 nap	0,12 ( $\pm 0,04$ )	0,13 ( $\pm 0,03$ )	0,12 ( $\pm 0,02$ )
8 nap	0,12 ( $\pm 0,03$ )	0,13 ( $\pm 0,03$ )	0,12 ( $\pm 0,03$ )

A kalász száraztömeg adatok ismételt mérés variancia analízise alapján elmondható, hogy a száraztömeg adatok alakulására mind a mintavétel, mind a fajta és az évjárat is szignifikáns hatással volt (33.a táblázat). Azonban az, hogy melyik fűvókával permeteztünk nem befolyásolta a kalászok száraztömegének alakulását. A kisparcellás kísérletekhez hasonlóan, általában véve mind az évjárat, mind a három fajta szignifikánsan különbözött egymástól (33.b táblázat). Az év és fajtahatáshoz képest igen alacsony F érték ellenére a fűvókahatás szignifikánsnak bizonyult, ami azonban csak igen kis különbséget jelentett a különböző fűvókákkal kezelt parcellákról gyűjtött kalászok tömegében. Annak ellenére, hogy a 33.b táblázatban a fűvókahatás is szignifikáns ( $P=5\%$ -on,  $P=1\%$ -on viszont már nem az), adott fajtán belül bármelyik mintavételezési időpontban a különböző fűvókákkal kezelt parcellákról gyűjtött kalászok tömege között a legnagyobb eltérés 0,05 g-volt a száraztömegben. A Bonferroni korrekció alapján a GK Békés kalászhai szinte minden egyes mintavételi alkalommal szignifikánsan nagyobbak voltak, míg a GK Kalász és GK Fény fajták kalászhai nem különböztek, ezért a fajták közti hatóanyag tartalom különbséget itt sem vizsgáltuk.



33. a, b táblázat Kalász száraztömeg adatok ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Kiszombor, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia

	SS	df	MS	F	Sig.
Mintavétel	6,112	3	2,037	1319,797	0,000
Mintavétel x Fajta	0,063	6	0,010	6,763	0,000
Mintavétel x Fúvóka	0,006	6	0,001	0,604	0,727
Mintavétel x Év	0,308	3	0,103	66,411	0,000
Mintavétel x Fajta x Fúvóka	0,022	12	0,002	1,213	0,284
Mintavétel x Fajta x Év	0,014	6	0,002	1,519	0,179
Mintavétel x Fúvóka x Év	0,015	6	0,002	1,606	0,152
Mintavétel x Fajta x Fúvóka x Év	0,023	12	0,002	1,248	0,260
Hiba (Mintavétel)	0,167	108	0,002		

b) Egyedek közötti variancia

	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	0,984	2	0,492	323,032	0,000
Fúvóka	0,015	2	0,008	4,955	0,013
Év	2,162	1	2,162	1420,057	0,000
Fajta x Fúvóka	0,017	4	0,004	2,842	0,038
Fajta x Év	0,002	2	0,001	0,509	0,605
Fúvóka x Év	0,002	2	0,001	0,707	0,500
Fajta x Fúvóka x Év	0,025	4	0,006	4,184	0,007
Hiba (Mintavétel)	0,055	36	0,002		

A zászlóslevél levéllemezőnek száraztömege a kiszombori permetezés-technológia kísérletekben sem változott szignifikánsan a mintavételezés folyamán (34.a táblázat). Általában véve azonban szignifikáns fajta, év és fúvóka különbségeket és szignifikáns kölcsönhatásokat találtunk (34.b táblázat). A fúvókahatás hasonlóan a kalásznál találtakhoz csak P=5%-on szignifikáns, P=1%-on viszont már szintén nem az. Ebben az esetben adott fajtán belül bármelyik mintavételezési időpontban a különböző fúvókával permetezett parcelláról gyűjtött zászlóslevél levéllemez tömegek között a legnagyobb eltérés 0,02 g-volt.

34. a, b táblázat Zászlóslevél levéllemez száraztömeg adatok ismételt mérések varianciaanalízisének eredménye. Kiszombor, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	Df	MS	F	Sig.
Mintavétel	0,001	3	0,000	2,349	0,077
Mintavétel x Fajta	0,002	6	0,000	3,286	0,005
Mintavétel x Fúvóka	0,000	6	0,000	0,342	0,913
Mintavétel x Év	0,001	3	0,000	2,347	0,077
Mintavétel x Fajta x Fúvóka	0,002	12	0,000	1,339	0,207
Mintavétel x Fajta x Év	0,001	6	0,000	1,883	0,090
Mintavétel x Fúvóka x Év	0,001	6	0,000	1,008	0,424
Mintavétel x Fajta x Fúvóka x Év	0,001	12	0,000	1,096	0,371
Hiba (Mintavétel)	0,011	108	0,000		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	Df	MS	F	Sig.
Fajta	0,016	2	0,008	94,972	0,000
Fúvóka	0,001	2	0,000	4,706	0,015
Év	0,165	1	0,165	1956,644	0,000
Fajta x Fúvóka	0,002	4	0,000	4,986	0,003
Fajta x Év	0,003	2	0,002	20,465	0,000
Fúvóka x Év	0,001	2	0,001	7,192	0,002
Fajta x Fúvóka x Év	0,000	4	0,000	0,628	0,645
Hiba (Mintavétel)	0,003	36	0,000		

### 5.3.2. Hatóanyag tartalom

#### 5.3.2.1. Hatóanyag tartalom a kalászban

A permetezés-technológia kísérletekben a kisparcellás eredményekhez hasonlóan protiokonazolt nem, csak bomlástermékét tudtuk kimutatni. A kalászkok protiokonazol-deztio tartalmának alakulása a 35. táblázatban, a tebukonazol tartalmának alakulása pedig a 36. táblázatban látható a különböző fúvókákkal végzett permetezést követően.

A kisparcellás kísérletekben találtakhoz hasonlóan a nagyobb méretű kalászkokkal rendelkező GK Békés fajta kalászaiban a hatóanyagok mennyisége ugyan azzal a fúvókával végzett permetezés esetén jóval nagyobb volt. A hasonló kalászméretekkel rendelkező GK Fény és GK Kalász fajtákban a kiindulási hatóanyag mennyiség nagyjából megegyezett,

azonban az egységnyi kalásztömegre eső hatóanyag mennyiség már jóval kiegyenlítettebb volt (35., 36. táblázat).

A kisparcellás kísérletekben találtakhoz hasonlóan a hatóanyagok bomlásának eredményeképp a hatóanyag koncentráció és tartalom folyamatos csökkenő mértéket mutatott. A kalászok tömegnövekedése a hatóanyag koncentráció jóval gyorsabb csökkenését eredményezte mind protiokonazol-deztio, mind tebukonazol esetében, mint ahogy a tényleges hatóanyag mennyiség csökkent a kalászokban (35., 36. táblázat). Mivel a szemfejlődés nagymértékben befolyásolta a koncentrációadatokat csak a hatóanyag tartalom adatainak ismételt méréses varianciaanalízisét végeztük el (37. 38. táblázatok). Mindkét hatóanyag esetén szignifikáns mintagyűjtési idő, fajta, fűvóka és év hatásokat valamint szignifikáns kölcsönhatásokat találtunk.

35. táblázat Kalász protiokonazol-deztio tartalom változások (átlag  $\pm$  szórás) fűvókánként a különböző mintavételezési időpontokban a vizsgált fajtákban. Szántóföldi permetezés-technológia kísérlet, Kiszombor, 2010-2011.

GK Kalász	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t. <sup>1</sup>	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	2,03 ( $\pm 0,41$ )	0,81 ( $\pm 0,35$ ) a	2,47 ( $\pm 1,12$ )	0,97 ( $\pm 0,32$ ) a	1,36 ( $\pm 0,41$ )	0,58 ( $\pm 0,21$ ) a
2 nap	1,15 ( $\pm 0,28$ )	0,57 ( $\pm 0,23$ ) b	2,16 ( $\pm 0,58$ )	1,07 ( $\pm 0,24$ ) a	0,98 ( $\pm 0,31$ )	0,49 ( $\pm 0,12$ ) ab
4 nap	0,68 ( $\pm 0,36$ )	0,41 ( $\pm 0,26$ ) a	0,92 ( $\pm 0,22$ )	0,54 ( $\pm 0,19$ ) a	0,53 ( $\pm 0,20$ )	0,34 ( $\pm 0,18$ ) a
8 nap	0,02 ( $\pm 0,03$ )	0,01 ( $\pm 0,02$ ) a	0,20 ( $\pm 0,25$ )	0,17 ( $\pm 0,24$ ) a	0,04 ( $\pm 0,04$ )	0,02 ( $\pm 0,03$ ) a

GK Békés	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	2,23 ( $\pm 0,37$ )	1,22 ( $\pm 0,10$ ) ab	2,81 ( $\pm 0,72$ )	1,65 ( $\pm 0,17$ ) a	2,17 ( $\pm 0,29$ )	1,21 ( $\pm 0,09$ ) b
2 nap	1,37 ( $\pm 0,17$ )	0,83 ( $\pm 0,13$ ) b	1,68 ( $\pm 0,33$ )	1,05 ( $\pm 0,13$ ) a	1,66 ( $\pm 0,31$ )	1,04 ( $\pm 0,12$ ) b
4 nap	0,85 ( $\pm 0,16$ )	0,64 ( $\pm 0,24$ ) ab	0,92 ( $\pm 0,15$ )	0,66 ( $\pm 0,06$ ) a	1,00 ( $\pm 0,26$ )	0,75 ( $\pm 0,13$ ) a
8 nap	0,17 ( $\pm 0,27$ )	0,16 ( $\pm 0,27$ ) a	0,15 ( $\pm 0,24$ )	0,12 ( $\pm 0,19$ ) a	0,56 ( $\pm 0,07$ )	0,58 ( $\pm 0,17$ ) a

GK Fény	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	2,12 ( $\pm 0,43$ )	0,84 ( $\pm 0,12$ ) b	2,42 ( $\pm 0,51$ )	0,92 ( $\pm 0,11$ ) a	1,90 ( $\pm 0,41$ )	0,76 ( $\pm 0,16$ ) b
2 nap	1,78 ( $\pm 0,40$ )	0,83 ( $\pm 0,14$ ) a	2,74 ( $\pm 0,97$ )	1,26 ( $\pm 0,29$ ) a	2,37 ( $\pm 0,97$ )	1,07 ( $\pm 0,37$ ) a
4 nap	1,11 ( $\pm 0,10$ )	0,65 ( $\pm 0,13$ ) a	1,36 ( $\pm 0,21$ )	0,82 ( $\pm 0,17$ ) a	1,27 ( $\pm 0,29$ )	0,73 ( $\pm 0,12$ ) a
8 nap	0,51 ( $\pm 0,28$ )	0,48 ( $\pm 0,30$ ) b	0,62 ( $\pm 0,07$ )	0,57 ( $\pm 0,15$ ) b	0,63 ( $\pm 0,12$ )	0,57 ( $\pm 0,20$ ) a

Három fajta átlaga	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	2,13 ( $\pm 0,39$ )	0,96 ( $\pm 0,28$ )	2,57 ( $\pm 0,80$ )	1,18 ( $\pm 0,40$ )	1,81 ( $\pm 0,50$ )	0,85 ( $\pm 0,31$ )
2 nap	1,45 ( $\pm 0,39$ )	0,75 ( $\pm 0,20$ )	2,19 ( $\pm 0,78$ )	1,13 ( $\pm 0,23$ )	1,67 ( $\pm 0,82$ )	0,87 ( $\pm 0,35$ )
4 nap	0,88 ( $\pm 0,29$ )	0,57 ( $\pm 0,23$ )	1,07 ( $\pm 0,28$ )	0,67 ( $\pm 0,18$ )	0,93 ( $\pm 0,40$ )	0,61 ( $\pm 0,24$ )
8 nap	0,23 ( $\pm 0,30$ )	0,23 ( $\pm 0,30$ )	0,32 ( $\pm 0,29$ )	0,29 ( $\pm 0,28$ )	0,41 ( $\pm 0,29$ )	0,39 ( $\pm 0,30$ )

<sup>1</sup> száraz tömegre vonatkoztatott koncentráció

Adott mintavételi időpontban fajtán belül a különböző betűvel jelölt fűvókák közt szignifikáns különbség van a Bonferroni korrekció alapján.

36. táblázat Kalász tebukonazol tartalom változások (átlag  $\pm$  szórás) fúvókaként a különböző mintavételezési időpontokban a vizsgált fajtákban.

Szántóföldi permetezés-technológia kísérlet, Kiszombor, 2010-2011.

GK Kalász	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t. <sup>1</sup>	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	6,97 ( $\pm 2,05$ )	2,60 ( $\pm 0,88$ ) a	9,52 ( $\pm 5,31$ )	3,63 ( $\pm 1,47$ ) a	6,41 ( $\pm 2,47$ )	2,67 ( $\pm 0,92$ ) a
2 nap	5,55 ( $\pm 0,74$ )	2,69 ( $\pm 0,31$ ) a	10,4 ( $\pm 4,19$ )	5,04 ( $\pm 1,54$ ) a	6,47 ( $\pm 1,66$ )	3,31 ( $\pm 0,86$ ) a
4 nap	4,03 ( $\pm 0,23$ )	2,29 ( $\pm 0,26$ ) b	6,22 ( $\pm 2,16$ )	3,47 ( $\pm 0,82$ ) ab	4,67 ( $\pm 1,10$ )	2,82 ( $\pm 0,19$ ) a
8 nap	2,76 ( $\pm 0,46$ )	2,29 ( $\pm 0,84$ ) a	3,66 ( $\pm 1,07$ )	2,94 ( $\pm 0,52$ ) a	3,03 ( $\pm 0,35$ )	2,68 ( $\pm 0,37$ ) a

GK Békés	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	6,51 ( $\pm 1,78$ )	3,53 ( $\pm 0,57$ ) a	8,43 ( $\pm 2,53$ )	4,92 ( $\pm 0,70$ ) a	8,06 ( $\pm 2,30$ )	4,45 ( $\pm 0,88$ ) a
2 nap	6,29 ( $\pm 1,33$ )	3,73 ( $\pm 0,45$ ) b	9,35 ( $\pm 3,02$ )	5,83 ( $\pm 1,50$ ) a	10,3 ( $\pm 2,82$ )	6,42 ( $\pm 1,23$ ) ab
4 nap	4,79 ( $\pm 0,51$ )	3,47 ( $\pm 0,56$ ) b	7,07 ( $\pm 1,97$ )	5,01 ( $\pm 0,83$ ) a	7,58 ( $\pm 2,43$ )	5,57 ( $\pm 1,07$ ) ab
8 nap	3,29 ( $\pm 0,82$ )	3,19 ( $\pm 1,15$ ) a	4,03 ( $\pm 0,43$ )	3,83 ( $\pm 0,76$ ) a	4,23 ( $\pm 0,65$ )	4,28 ( $\pm 0,99$ ) a

GK Fény	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	6,45 ( $\pm 2,20$ )	2,51 ( $\pm 0,55$ ) b	10,31 ( $\pm 5,27$ )	3,67 ( $\pm 1,10$ ) a	6,47 ( $\pm 1,62$ )	2,56 ( $\pm 0,57$ ) ab
2 nap	6,51 ( $\pm 2,21$ )	2,97 ( $\pm 0,70$ ) b	8,18 ( $\pm 2,31$ )	3,80 ( $\pm 0,55$ ) a	7,52 ( $\pm 1,87$ )	3,43 ( $\pm 0,54$ ) a
4 nap	4,72 ( $\pm 1,99$ )	2,70 ( $\pm 0,63$ ) b	6,13 ( $\pm 1,60$ )	3,60 ( $\pm 0,53$ ) a	7,33 ( $\pm 2,64$ )	4,11 ( $\pm 0,79$ ) a
8 nap	2,26 ( $\pm 0,25$ )	2,05 ( $\pm 0,40$ ) b	3,37 ( $\pm 0,50$ )	3,00 ( $\pm 0,25$ ) ab	3,27 ( $\pm 0,47$ )	2,93 ( $\pm 0,32$ ) a

Három fajta átlaga	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/kalász}$
2 óra	6,64 ( $\pm 1,91$ )	2,88 ( $\pm 0,80$ )	9,42 ( $\pm 4,36$ )	4,07 ( $\pm 1,23$ )	6,98 ( $\pm 2,18$ )	3,23 ( $\pm 1,17$ )
2 nap	6,12 ( $\pm 1,52$ )	3,13 ( $\pm 0,66$ )	9,31 ( $\pm 3,21$ )	4,89 ( $\pm 1,48$ )	8,10 ( $\pm 2,63$ )	4,39 ( $\pm 1,72$ )
4 nap	4,50 ( $\pm 1,10$ )	2,83 ( $\pm 0,70$ )	6,47 ( $\pm 1,86$ )	4,03 ( $\pm 1,00$ )	6,63 ( $\pm 2,46$ )	4,24 ( $\pm 1,36$ )
8 nap	2,77 ( $\pm 0,68$ )	2,51 ( $\pm 0,95$ )	3,69 ( $\pm 0,74$ )	3,26 ( $\pm 0,67$ )	3,56 ( $\pm 0,73$ )	3,36 ( $\pm 0,98$ )

<sup>1</sup> száraz tömegre vonatkoztatott koncentráció

Adott mintavételi időpontban fajtán belül a különböző betűvel jelölt fúvókák közt szignifikáns különbség van a Bonferroni korrekció alapján.

A kalászban mért protiokonazol-deztio mennyisége szignifikánsan csökkent a mintavételezés előrehaladtával (37.a táblázat), melynek mértékét mind a fajta mind a fűvóka mind pedig az évhatások és ezek kölcsönhatásai befolyásolták. A kalász protiokonazol-deztio tartalmában általában véve is szignifikáns különbségeket találtunk mind az évjáratban, mind a fűvókatípusokban és fajtákban és ezek kölcsönhatásaiban (37.b táblázat).

37. a, b táblázat Kalász protiokonazol-deztio tartalom ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Kiszombor, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia

	SS	Df	MS	F	Sig.
Mintavétel	15,107	3	5,036	215,794	0,000
Mintavétel x Fajta	3,139	6	0,523	22,417	0,000
Mintavétel x Fűvóka	1,232	6	0,205	8,800	0,000
Mintavétel x Év	0,813	3	0,271	11,610	0,000
Mintavétel x Fajta x Fűvóka	0,730	12	0,061	2,607	0,005
Mintavétel x Fajta x Év	0,695	6	0,116	4,966	0,000
Mintavétel x Fűvóka x Év	0,237	6	0,039	1,692	0,131
Mintavétel x Fajta x Fűvóka x Év	0,450	12	0,037	1,606	0,101
Hiba (Mintavétel)	2,380	102	0,023		

b) Egyedek közötti variancia

	SS	Df	MS	F	Sig.
Fajta	4,304	2	2,152	80,939	0,000
Fűvóka	1,439	2	0,719	27,054	0,000
Év	0,227	1	0,227	8,529	0,006
Fajta x Fűvóka	0,802	4	0,200	7,539	0,000
Fajta x Év	0,118	2	0,059	2,218	0,124
Fűvóka x Év	0,634	2	0,317	11,915	0,000
Fajta x Fűvóka x Év	0,117	4	0,029	1,103	0,371
Hiba (Mintavétel)	0,904	34	0,027		

A kalászban mért tebukonazol mennyisége szintén szignifikánsan változott a mintavételezés előrehaladtával (38.a táblázat), melynek mértékét mind a fajta-, mind a fűvóka-, mind pedig az év hatások befolyásolták. Általában véve is szignifikáns különbségeket találtunk a kalász tebukonazol tartalmában mind az évjáratok, mind a fűvókatípusok és a fajták valamint azok kölcsönhatásai között (38.b táblázat).

38. a, b táblázat Kalász tebukonazol tartalom ismételt mérés varianciaanalízisének eredménye. Kiszombor, 2010-2011.

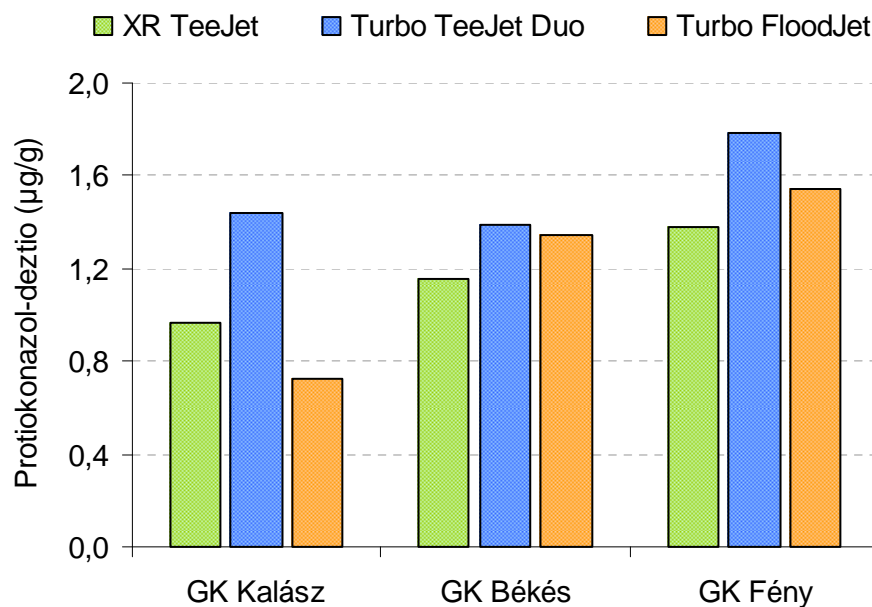
a) Egyedeken belüli variancia

	SS	Df	MS	F	Sig.
Mintavétel	29,576	3	9,859	29,471	0,000
Mintavétel x Fajta	8,042	6	1,340	4,007	0,001
Mintavétel x Fúvóka	7,291	6	1,215	3,633	0,003
Mintavétel x Év	21,269	3	7,090	21,194	0,000
Mintavétel x Fajta x Fúvóka	7,075	12	0,590	1,763	0,066
Mintavétel x Fajta x Év	4,637	6	0,773	2,310	0,040
Mintavétel x Fúvóka x Év	1,685	6	0,281	0,839	0,543
Mintavétel x Fajta x Fúvóka x Év	6,547	12	0,546	1,631	0,096
Hiba (Mintavétel)	32,113	96	0,335		

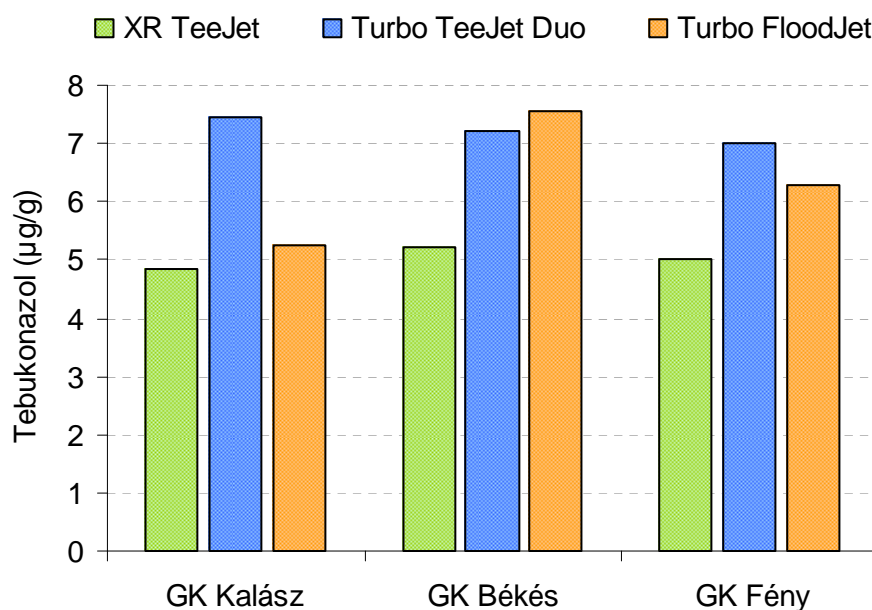
b) Egyedek közötti variancia

	SS	Df	MS	F	Sig.
Fajta	91,094	2	45,547	116,007	0,000
Fúvóka	57,729	2	28,864	73,517	0,000
Év	9,668	1	9,668	24,623	0,000
Fajta x Fúvóka	9,082	4	2,271	5,783	0,001
Fajta x Év	0,262	2	0,131	0,334	0,718
Fúvóka x Év	12,365	2	6,183	15,747	0,000
Fajta x Fúvóka x Év	6,008	4	1,502	3,825	0,012
Hiba (Mintavétel)	12,564	32	0,393		

A fúvókák teljesítményét a mintavételezési időpontok átlagában összehasonlítva megállapítható, hogy az oldalirányból közepes cseppmérettel permetező Turbo TeeJet Duo fúvókával permetezett állomány kalászaiban volt a legnagyobb a hatóanyag koncentráció. A függőlegesen lefelé permetező XR TeeJet fúvóka következetesen a legalacsonyabb hatóanyag tartalom adatokat eredményezte. Az oldal irányban durva cseppmérettel permetező Turbo FloodJet fúvóka mutatta a legnagyobb fajtafüggő teljesítményt, a méréssorozat átlagában esetenként a Turbo FloodJet teljesítményét megközelítve, esetenként pedig az XR TeeJet fúvóka teljesítményét alulmúlva (14., 15. ábra).



14. ábra Protiokonazol-deztio koncentráció a kalászekben a négy mintagyűjtési időpont átlagában a különböző fúvókákkal végzett permetezés után. (Kiszombor 2010-2011).

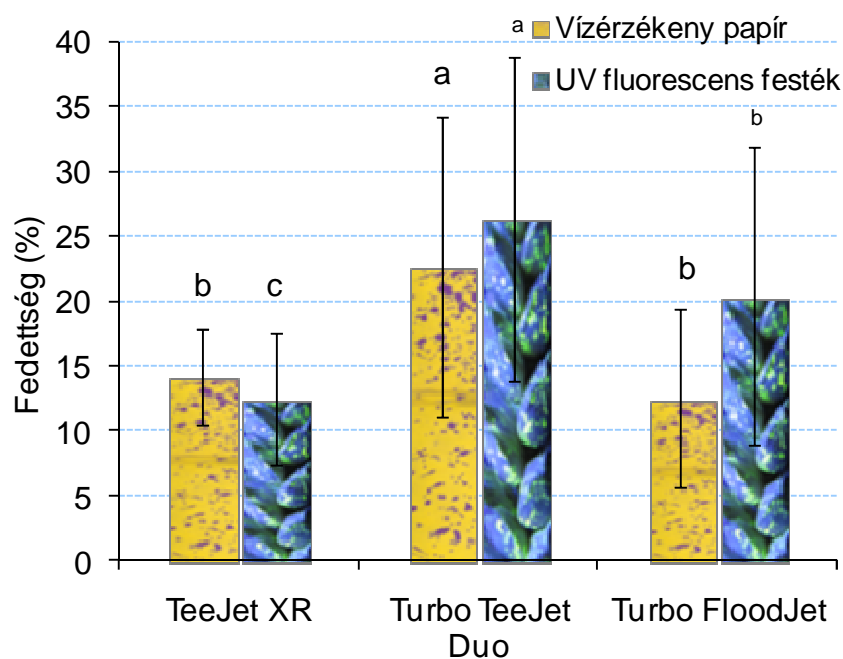


15. ábra Tebukonazol koncentráció a kalászekben a négy mintagyűjtési időpont átlagában a különböző fúvókákkal végzett permetezés után. (Kiszombor 2010-2011).

A vízérezékeny papírok kihelyezésével és a permetlébe kevert fluorescens festéssel mért kalászfedettségi adatok és azok statisztikai analízisei (39., 40. táblázat) alátámasztják a



hatóanyag mérési eredményeket, miszerint a fúvókák közti különbségek valóban az eltérő kalászfedettségi értékekből származnak (16. ábra).



16. ábra Vízérzékeny papírokkal és a permetlépbe kevert fluoreszcens festékekkel mért kalászfedettségi adatok. A különböző betűvel jelölt fúvókák között szignifikáns különbség van a Tukey teszt szerint. Kiszombor, 2010-2011.

A vízérzékeny papírok analízisének csak a fúvókahatás bizonyult szignifikánsnak (39. táblázat), míg a fluoreszcens festékekkel mért fedettségi értékeket a fúvókák mellett az év hatás és a kettő kölcsönhatása is szignifikánsan befolyásolta (40. táblázat).

39. táblázat A vízérzékeny papírokkal meghatározott borítottság adatok varianciaanalízise.

	SS	df	MS	F	Sig.
Fúvóka	567,00	2	283,50	4,18	0,02
Év	6,33	1	6,33	0,09	0,76
Fúvóka x Év	12,67	2	6,33	0,09	0,91
Hiba	2375,97	35	67,88		
Összes	14027,56	41			

40. táblázat A fluorescens festékekkel mért borítottság adatok varianciaanalízise.

	SS	df	MS	F	Sig.
Fúvóka	11696,05	2	5848,03	70,91	0,00
Év	4562,69	1	4562,69	55,33	0,00
Fúvóka x Év	3232,92	2	1616,46	19,60	0,00
Hiba	28615,95	347	82,47		
Összes	184286,16	353			

### 5.3.2.2. Hatóanyag tartalom a zászlóslevél levéllemezésében

A zászlóslevelek protikonazol-deztio tartalmának alakulása a 41. táblázatban, tebukonazol tartalmának alakulása a 42. táblázatban látható a különböző fúvókákkal végzett permetezés után.

A zászlóslevélben talált kiindulási (2 órás) hatóanyag koncentrációk és mennyiségek szempontjából a három fajta közt nincsenek következetes különbségek. A protikonazol-deztio kezdeti koncentrációja egyértelműen minden esetben a GK Békés fajtában volt a legnagyobb, míg a GK Kalász fajtában a legkisebb. Tebukonazol esetén nem állapíthatók meg egyértelmű irányok, azonban a permetezés után 2 órával a hatóanyag mennyiség egyértelműen minden esetben a nagyobb levélfelülettel rendelkező GK Békés fajtában volt a legnagyobb.

41. táblázat Zászlóslevél levéllemezőnek protiokonazol-deztio tartalom változásai (átlag  $\pm$  szórás) fűvókáként a különböző mintavételezési időpontokban a vizsgált fajtákban. Szántóföldi +permetezés-technológia kísérlet, Kiszombor, 2010-2011.

GK Kalász	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t. <sup>1</sup>	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$
2 óra	7,51 ( $\pm 2,40$ )	0,88 ( $\pm 0,17$ ) a	4,41 ( $\pm 1,44$ )	0,52 ( $\pm 0,19$ ) ab	3,81 ( $\pm 1,09$ )	0,47 ( $\pm 0,13$ ) b
2 nap	4,25 ( $\pm 2,18$ )	0,45 ( $\pm 0,10$ ) a	3,41 ( $\pm 1,59$ )	0,39 ( $\pm 0,13$ ) a	1,82 ( $\pm 0,87$ )	0,22 ( $\pm 0,08$ ) b
4 nap	2,13 ( $\pm 1,21$ )	0,23 ( $\pm 0,08$ ) a	1,41 ( $\pm 0,70$ )	0,16 ( $\pm 0,05$ ) ab	1,12 ( $\pm 0,73$ )	0,12 ( $\pm 0,06$ ) b
8 nap	0,68 ( $\pm 0,52$ )	0,07 ( $\pm 0,04$ ) ab	0,30 ( $\pm 0,36$ )	0,03 ( $\pm 0,03$ ) a	0,08 ( $\pm 0,09$ )	0,01 ( $\pm 0,01$ ) b

GK Békés	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$
2 óra	10,33 ( $\pm 1,27$ )	1,37 ( $\pm 0,44$ ) a	7,20 ( $\pm 0,62$ )	1,07 ( $\pm 0,28$ ) ab	5,67 ( $\pm 0,39$ )	0,78 ( $\pm 0,15$ ) b
2 nap	6,05 ( $\pm 0,93$ )	0,77 ( $\pm 0,24$ ) a	3,72 ( $\pm 0,40$ )	0,52 ( $\pm 0,17$ ) a	2,98 ( $\pm 0,20$ )	0,42 ( $\pm 0,12$ ) a
4 nap	3,04 ( $\pm 0,28$ )	0,39 ( $\pm 0,08$ ) a	1,82 ( $\pm 0,23$ )	0,24 ( $\pm 0,08$ ) a	1,66 ( $\pm 0,40$ )	0,24 ( $\pm 0,10$ ) a
8 nap	0,94 ( $\pm 0,42$ )	0,11 ( $\pm 0,04$ ) a	0,39 ( $\pm 0,31$ )	0,05 ( $\pm 0,04$ ) ab	0,49 ( $\pm 0,12$ )	0,07 ( $\pm 0,02$ ) b

GK Fény	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$
2 óra	8,45 ( $\pm 1,83$ )	1,00 ( $\pm 0,44$ ) a	8,07 ( $\pm 0,82$ )	0,86 ( $\pm 0,24$ ) ab	5,13 ( $\pm 0,47$ )	0,59 ( $\pm 0,13$ ) b
2 nap	6,46 ( $\pm 1,51$ )	0,72 ( $\pm 0,26$ ) a	5,99 ( $\pm 1,11$ )	0,68 ( $\pm 0,27$ ) ab	2,87 ( $\pm 0,37$ )	0,32 ( $\pm 0,05$ ) b
4 nap	4,08 ( $\pm 0,87$ )	0,50 ( $\pm 0,22$ ) a	3,80 ( $\pm 0,65$ )	0,45 ( $\pm 0,17$ ) a	2,46 ( $\pm 0,82$ )	0,29 ( $\pm 0,12$ ) a
8 nap	1,03 ( $\pm 0,24$ )	0,12 ( $\pm 0,04$ ) a	1,14 ( $\pm 0,11$ )	0,13 ( $\pm 0,03$ ) b	0,65 ( $\pm 0,21$ )	0,08 ( $\pm 0,03$ ) ab

Három fajta átlaga	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemez}$
2 óra	8,76 ( $\pm 2,15$ )	1,08 ( $\pm 0,41$ )	6,56 ( $\pm 1,87$ )	0,82 ( $\pm 0,32$ )	4,87 ( $\pm 1,05$ )	0,61 ( $\pm 0,18$ )
2 nap	5,59 ( $\pm 1,82$ )	0,65 ( $\pm 0,24$ )	4,37 ( $\pm 1,60$ )	0,53 ( $\pm 0,22$ )	2,53 ( $\pm 0,76$ )	0,31 ( $\pm 0,12$ )
4 nap	3,08 ( $\pm 1,16$ )	0,37 ( $\pm 0,18$ )	2,34 ( $\pm 1,20$ )	0,28 ( $\pm 0,16$ )	1,75 ( $\pm 0,85$ )	0,22 ( $\pm 0,11$ )
8 nap	0,88 ( $\pm 0,42$ )	0,10 ( $\pm 0,04$ )	0,61 ( $\pm 0,47$ )	0,07 ( $\pm 0,05$ )	0,40 ( $\pm 0,28$ )	0,05 ( $\pm 0,04$ )

<sup>1</sup> száraz tömegre vonatkoztatott koncentráció

Adott mintavételi időpontban fajtán belül a különböző betűvel jelölt fűvókák közt szignifikáns különbség van a Bonferroni korrekció alapján.

42. táblázat Zászlóslevél levéllemezőnek tebukonazol tartalom változásai (átlag  $\pm$  szórás) fűvókáként a különböző mintavételezési időpontokban a vizsgált fajtákban. Szántóföldi permetezés-technológia kísérlet, Kiszombor, 2010-2011.

GK Kalász	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t. <sup>1</sup>	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$
2 óra	26,99 ( $\pm 2,35$ )	3,39 ( $\pm 1,11$ ) a	17,69 ( $\pm 5,80$ )	2,23 ( $\pm 1,19$ ) a	21,41 ( $\pm 4,27$ )	2,72 ( $\pm 0,86$ ) a
2 nap	24,84 ( $\pm 8,72$ )	2,78 ( $\pm 0,16$ ) a	20,92 ( $\pm 6,72$ )	2,49 ( $\pm 0,69$ ) a	22,24 ( $\pm 11,68$ )	2,49 ( $\pm 0,74$ ) b
4 nap	21,93 ( $\pm 7,19$ )	2,53 ( $\pm 0,29$ ) a	16,69 ( $\pm 4,22$ )	1,99 ( $\pm 0,34$ ) a	21,73 ( $\pm 8,78$ )	2,26 ( $\pm 0,26$ ) b
8 nap	20,18 ( $\pm 10,6$ )	2,09 ( $\pm 0,56$ ) a	15,67 ( $\pm 5,46$ )	1,68 ( $\pm 0,54$ ) a	15,02 ( $\pm 5,45$ )	1,62 ( $\pm 0,34$ ) a

GK Békés	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$
2 óra	32,16 ( $\pm 6,32$ )	4,35 ( $\pm 1,81$ ) a	22,31 ( $\pm 1,69$ )	3,30 ( $\pm 0,76$ ) a	21,14 ( $\pm 5,29$ )	3,02 ( $\pm 1,32$ ) a
2 nap	31,57 ( $\pm 5,49$ )	3,95 ( $\pm 1,03$ ) a	21,06 ( $\pm 3,64$ )	2,85 ( $\pm 0,57$ ) a	17,50 ( $\pm 1,23$ )	2,50 ( $\pm 0,56$ ) a
4 nap	25,73 ( $\pm 1,81$ )	3,28 ( $\pm 0,53$ ) a	17,82 ( $\pm 2,36$ )	2,22 ( $\pm 0,35$ ) a	15,46 ( $\pm 2,39$ )	2,17 ( $\pm 0,24$ ) a
8 nap	21,56 ( $\pm 7,24$ )	2,43 ( $\pm 0,49$ ) a	12,55 ( $\pm 2,40$ )	1,63 ( $\pm 0,11$ ) a	11,75 ( $\pm 3,55$ )	1,58 ( $\pm 0,50$ ) a

GK Fény	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$
2 óra	26,94 ( $\pm 9,93$ )	3,30 ( $\pm 1,97$ ) a	26,64 ( $\pm 7,46$ )	2,89 ( $\pm 1,26$ ) a	17,14 ( $\pm 3,41$ )	2,06 ( $\pm 0,85$ ) a
2 nap	28,61 ( $\pm 5,06$ )	3,18 ( $\pm 1,00$ ) a	28,66 ( $\pm 4,45$ )	3,21 ( $\pm 1,15$ ) ab	18,06 ( $\pm 1,94$ )	2,00 ( $\pm 0,34$ ) b
4 nap	27,42 ( $\pm 3,62$ )	3,28 ( $\pm 1,00$ ) a	26,96 ( $\pm 4,30$ )	3,08 ( $\pm 0,64$ ) b	19,61 ( $\pm 4,24$ )	2,27 ( $\pm 0,51$ ) b
8 nap	18,64 ( $\pm 4,05$ )	2,04 ( $\pm 0,28$ ) a	19,62 ( $\pm 5,26$ )	2,11 ( $\pm 0,15$ ) b	14,22 ( $\pm 3,70$ )	1,59 ( $\pm 0,34$ ) b

Három fajta átlaga	XR TeeJet		Turbo TeeJet Duo		Turbo FloodJet	
	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$	$\mu\text{g/g}$ sz.t.	$\mu\text{g/levéllemező}$
2 óra	28,70 ( $\pm 6,98$ )	3,68 ( $\pm 1,64$ )	22,21 ( $\pm 6,42$ )	2,81 ( $\pm 1,12$ )	19,9 ( $\pm 4,59$ )	2,60 ( $\pm 1,06$ )
2 nap	28,34 ( $\pm 6,84$ )	3,30 ( $\pm 0,93$ )	23,55 ( $\pm 6,07$ )	2,85 ( $\pm 0,84$ )	19,27 ( $\pm 6,81$ )	2,33 ( $\pm 0,59$ )
4 nap	25,03 ( $\pm 5,06$ )	3,03 ( $\pm 0,73$ )	20,49 ( $\pm 5,89$ )	2,43 ( $\pm 0,65$ )	18,77 ( $\pm 5,81$ )	2,23 ( $\pm 0,34$ )
8 nap	20,13 ( $\pm 7,40$ )	2,19 ( $\pm 0,47$ )	15,96 ( $\pm 5,23$ )	1,82 ( $\pm 0,37$ )	13,63 ( $\pm 4,34$ )	1,60 ( $\pm 0,38$ )

<sup>1</sup> száraz tömegre vonatkoztatott koncentráció

Adott mintavételi időpontban fajtán belül a különböző betűvel jelölt fűvókák közt szignifikáns különbség van a Bonferroni korrekció alapján.

A zászlóslevélben mért protiokonazol-deztio mennyisége szignifikánsan csökkent a mintavételezés előrehaladtával, melynek mértékét mind a fajta mind a fúvóka mind az évhatások befolyásolták (43.a táblázat). A zászlóslevél levéllemezének protiokonazol-deztio tartalmában általában véve szignifikáns különbségeket találtunk mind az évjáratban, mind a fúvókatípusokban és fajtákban, valamint ezen tényezők kölcsönhatásainál (43.b táblázat).

43. a, b táblázat Zászlóslevél levéllemez protiokonazol-deztio tartalom ismételt méréses varianciaanalízisének eredménye. Kiszombor, 2010-2011.

a) Egyedeken belüli variancia					
	SS	Df	MS	F	Sig.
Mintavétel	16,693	2	9,416	520,452	0,000
Mintavétel x Fajta	1,094	4	0,308	17,048	0,000
Mintavétel x Fúvóka	0,944	4	0,266	14,722	0,000
Mintavétel x Év	0,705	2	0,398	21,978	0,000
Mintavétel x Fajta x Fúvóka	0,189	7	0,027	1,474	0,192
Mintavétel x Fajta x Év	0,198	4	0,056	3,091	0,026
Mintavétel x Fúvóka x Év	0,152	4	0,043	2,374	0,069
Mintavétel x Fajta x Fúvóka x Év	0,124	7	0,017	0,966	0,464
Hiba (Mintavétel)	1,123	62	0,018		

b) Egyedek közötti variancia					
	SS	Df	MS	F	Sig.
Fajta	1,802	2	0,901	82,687	0,000
Fúvóka	2,121	2	1,060	97,319	0,000
Év	1,353	1	1,353	124,193	0,000
Fajta x Fúvóka	0,184	4	0,046	4,222	0,007
Fajta x Év	0,780	2	0,390	35,808	0,000
Fúvóka x Év	0,101	2	0,050	4,615	0,017
Fajta x Fúvóka x Év	0,218	4	0,055	5,003	0,003
Hiba (Mintavétel)	0,381	35	0,011		

A zászlóslevélben mért tebukonazol mennyisége szignifikánsan csökkent a mintavételezés előrehaladtával, melynek mértékét a fajta-, és az évhatások befolyásolták szignifikánsan, azonban a fúvóka típus nem (44. a táblázat). A zászlóslevél levéllemezének tebukonazol tartalmában általában véve szignifikáns különbségeket találtunk mind az évjáratban, mind a fúvókatípusokban és fajtákban, valamint ezen tényezők kölcsönhatásainál (44. b táblázat).

44. a, b táblázat Zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalom ismételt mérés varianciaanalízisének eredménye. Kiszombor, 2010-2011.

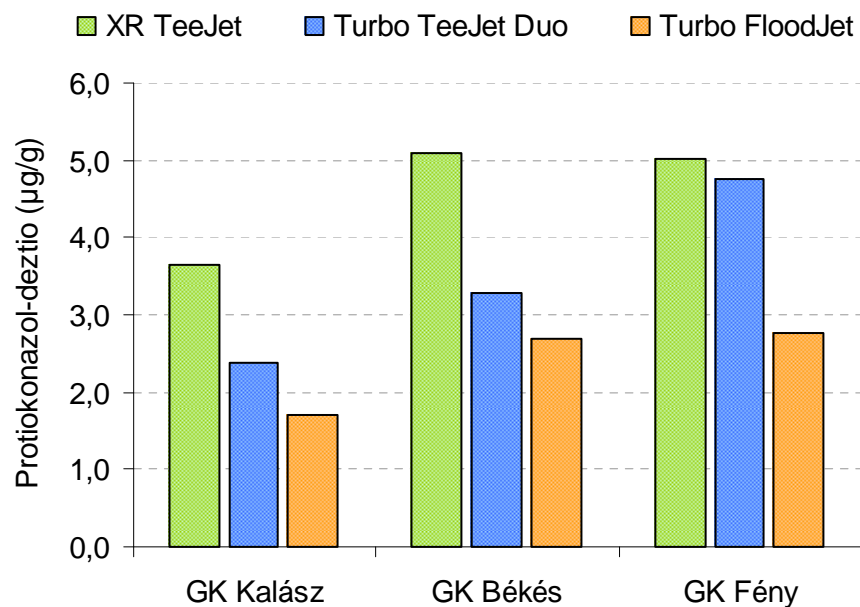
a) Egyedeken belüli variancia

	SS	Df	MS	F	Sig.
Mintavétel	37,304	3	12,435	58,513	0,000
Mintavétel x Fajta	6,784	6	1,131	5,321	0,000
Mintavétel x Fúvóka	2,502	6	0,417	1,962	0,078
Mintavétel x Év	28,039	3	9,346	43,980	0,000
Mintavétel x Fajta x Fúvóka	2,119	12	0,177	0,831	0,618
Mintavétel x Fajta x Év	1,548	6	0,258	1,214	0,306
Mintavétel x Fúvóka x Év	3,127	6	0,521	2,452	0,030
Mintavétel x Fajta x Fúvóka x Év	1,504	12	0,125	0,590	0,846
Hiba (Mintavétel)	21,039	99	0,213		

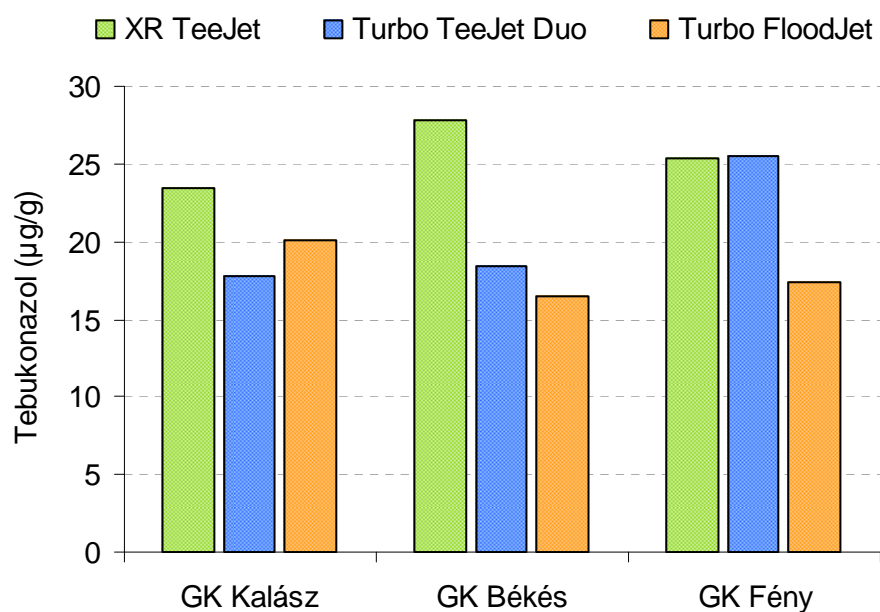
b) Egyedek közötti variancia

	SS	Df	MS	F	Sig.
Fajta	6,323	2	3,161	10,898	0,000
Fúvóka	26,900	2	13,450	46,364	0,000
Év	29,147	1	29,147	100,472	0,000
Fajta x Fúvóka	10,051	4	2,513	8,662	0,000
Fajta x Év	8,244	2	4,122	14,208	0,000
Fúvóka x Év	3,195	2	1,598	5,507	0,009
Fajta x Fúvóka x Év	3,878	4	0,969	3,342	0,021
Hiba (Mintavétel)	9,573	33	0,290		

A fúvókák átlagos teljesítményét összehasonlítva a legnagyobb hatóanyag koncentrációt a zászlóslevél levéllemezében a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvókával történő permetezés után mértük. Az oldalirányból közepes cseppmérettel permetező Turbo TeeJet Duo fúvókával permetezett állomány zászlósleveleiben egyetlen kivételtől eltekintve nagyobb volt a hatóanyag tartalom, mint az oldal irányban durva cseppmérettel permetező Turbo FloodJet fúvókánál, esetenként megközelítve az XR TeeJet teljesítményét (17., 18. ábra).



17. ábra Protiokonazol-deztio koncentráció a zászloslevelek levéllemezében a négy mintagyűjtési időpont átlagában a különböző fúvókákkal végzett permetezés után (Kiszombor, 2010-2011),



18. ábra Tebukonazol koncentráció a zászloslevelek levéllemezében a négy mintagyűjtési időpont átlagában a különböző fúvókákkal végzett permetezés után (Kiszombor 2010-2011),

### **5.3.3. A hatóanyagok bomlási kinetikája**

A protiokonazol bomlástermék protiokonazol-deztio és a tebukonazol bomlása, a kisparcellás kísérletekhez hasonlóan mind a kalászban, mind a zászlóslevélben elsőrendű vagy néhány esetben nulladrendű kinetikát mutatott (45. táblázat). A szignifikáns évjárat hatás miatt a két éves kísérlet adatait ismét külön ábráztuk. A protiokonazol-deztio bomlási kinetikája, hasonlóan a kisparcellás eredményekhez, a GK Fény fajtában volt a leglassabb, azonban ez a különbség leginkább a 2010-es adatokban látszik. A tebukonazol bomlási kinetikája hasonló volt mind a három fajtánál. Ahogyan az várható volt egy-két kivételes meredekségi adattól eltekintve a bomlási kinetikára nem volt hatása a permetezési módnak, azaz a fúvóka típusának.

Ellentétben a szegedi kisparcellás kézi permetezéssel, a kiszombori kísérletben mindkét hatóanyag bomlási kinetikája gyorsabb volt a 2010-es évben.

A kalászban találtakhoz hasonlóan a zászlóslevél levéllemezében is a leglassabb bomlás a GK Fény fajta esetén volt (46. táblázat), azonban ez leginkább a protiokonazol-deztio adatokban mutatkozik meg. Tebukonazol esetén sokkal kisebbek a különbségek. Ahogy a kalásznál, itt sem beszélhetünk fúvókahatásról a bomlási kinetika tekintetében valamint a zászlóslevélben is 2010-ben tapasztaltunk gyorsabb lebomlást.



45. táblázat Hatóanyagok bomlási kinetikája a kalászban fajták, fűvókák és évek szerint.

Protiokonazol-deztio

		2010			2011			
		k <sup>1</sup>	r <sup>2</sup>	t <sub>1/2</sub> <sup>3</sup>	k	r		t <sub>1/2</sub>
GK Kalász	XR TeeJet	-0,3628	-0,9817 **	1,9	-0,1148	-0,9899 **		6,0
	Turbo TeeJet Duo	-0,3037	-0,9660 **	2,3	-0,1242	-0,9994 ***		4,8
	Turbo FloodJet	-0,3058	-0,9671 **	2,3	-0,0834	-0,9690 **		4,1
GK Békés	XR TeeJet	-0,1743	-0,9621 **	4,0	-0,1213	-0,9772 **		5,1
	Turbo TeeJet Duo	-0,1963	-0,9898 **	3,5	-0,2123	-0,9974 ***		3,3
	Turbo FloodJet	-0,1348	-0,9787 **	5,1	-0,0664	-0,9266 *		10,4
GK Fény	XR TeeJet	-0,1317	-0,9779 **	5,3	-0,0159	-0,9210 *		43,5
	Turbo TeeJet Duo	-0,1843	-0,9466 *	3,8	-0,0724	-0,9984 ***		9,6
	Turbo FloodJet	-0,1828	-0,9741 **	3,8	-0,0213	-0,9677 **		32,5

Tebukonazol

		2010			2011			
		k	r	t <sub>1/2</sub>	k	r		t <sub>1/2</sub>
GK Kalász	XR TeeJet	-0,0927	-0,9895 **	7,5	-0,0187	-0,9484 *		37,2
	Turbo TeeJet Duo	-0,1070	-0,9262 *	6,5	-0,0505	-0,8833 *		13,7
	Turbo FloodJet	-0,0449	-0,9825 **	15,4	-0,0243	ns		
GK Békés	XR TeeJet	-0,0525	-0,9241 *	13,2	-0,0020	ns		
	Turbo TeeJet Duo	-0,1306	-0,9977 ***	5,3	-0,0058	ns		
	Turbo FloodJet	-0,1085	-0,9995 ***	6,4	-0,0275	-0,9975 ***		25,2
GK Fény	XR TeeJet	-0,1218	-0,9537 *	5,7	-0,0039	ns		
	Turbo TeeJet Duo	-0,0605	-0,9964 ***	11,4	-0,0139	-0,9347 *		49,8
	Turbo FloodJet	-0,0642	ns		-0,0080	ns		

<sup>1</sup>k = sebességi állandó (normál betű: elsőrendű, dőlt: nullad rendű kinetika)

<sup>2</sup>r = Pearson féle korrelációs együttható

<sup>3</sup>t<sub>1/2</sub> felezési idő (nap)

\*\*\* P = 0,1%; \*\* P = 1%; \* P = 5%; ns= nem szignifikáns

46. táblázat Hatóanyagok bomlási kinetikája a zászlóslevél levéllemezőben fajták és évek szerint.

Protiokonazol-deztio

		2010			2011		
		$k^1$	$r^2$	$t_{1/2}^3$	$k$	$r$	$t_{1/2}$
GK Kalász	XR TeeJet	-0,4125	-0,9999 ***	1,7	-0,2744	-0,9995 ***	2,5
	Turbo TeeJet Duo	-0,4053	-0,9948 ***	1,7	-0,2973	-0,9726 **	2,3
	Turbo FloodJet	-0,3994	-0,9995 ***	1,7	-0,3158	-0,9736 **	2,2
GK Békés	XR TeeJet	-0,3538	-0,9993 ***	2,0	-0,2906	-0,9997 ***	2,4
	Turbo TeeJet Duo	-0,3494	-0,9995 ***	2,0	-0,2946	-0,9812 **	2,4
	Turbo FloodJet	-0,3120	-0,9939 ***	2,2	-0,3094	-0,9962 ***	2,2
GK Fény	XR TeeJet	-0,1453	-0,9929 ***	4,6	-0,0726	-0,9919 ***	4,5
	Turbo TeeJet Duo	-0,1178	-0,9952 ***	4,5	-0,2298	-0,9927 ***	3,0
	Turbo FloodJet	-0,0656	-0,9253 *	5,3	-0,2685	-0,9937 ***	2,6

Tebukonazol

		2010			2011		
		$k$	$r$	$t_{1/2}$	$k$	$r$	$t_{1/2}$
GK Kalász	XR TeeJet	-0,1122	-0,9796 **	6,2	-0,0125	ns	
	Turbo TeeJet Duo	-0,0575	-0,9452 *	12,1	-0,0710	-0,9965 ***	9,8
	Turbo FloodJet	-0,0937	-0,9329 *	7,4	-0,0763	-0,9932 ***	9,1
GK Békés	XR TeeJet	-0,1095	-0,9994 ***	6,3	-0,0508	-0,9996 ***	13,6
	Turbo TeeJet Duo	-0,1127	-0,9997 ***	6,1	-0,0628	-0,9744 **	11,0
	Turbo FloodJet	-0,1118	-0,9882 **	6,2	-0,0665	-0,9656 **	10,4
GK Fény	XR TeeJet	-0,0937	-0,9376 *	7,4	-0,0386	ns	
	Turbo TeeJet Duo	-0,1117	-0,9993 ***	6,2	-0,0191	ns	
	Turbo FloodJet	-0,0805	-0,9215 *	8,6	-0,0107	ns	

<sup>1</sup>k = sebességi állandó (normál betű: elsőrendű, dőlt: nullad rendű kinetika)

<sup>2</sup>r = Pearson féle korrelációs együttható

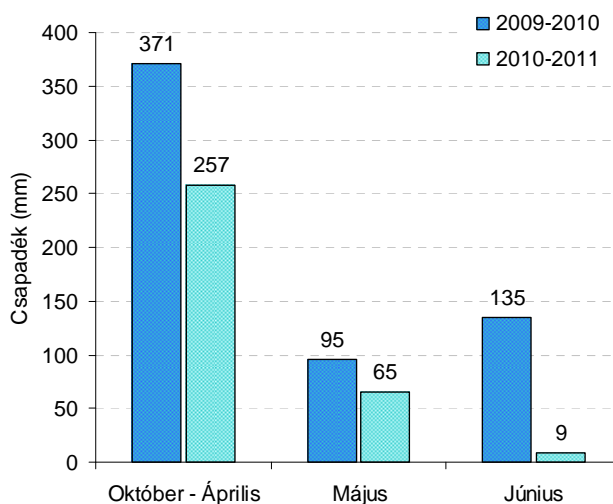
<sup>3</sup>t<sub>1/2</sub> felezési idő (nap)

\*\*\* P = 0,1%; \*\* P = 1%; \* P = 5%; ns= nem szignifikáns

A kisparcellás eredményekkel egyetértésben a 45. és a 46. táblázatot összehasonlítva megállapítható, hogy a hatóanyagok bomlása lassabb volt a kalászban, mint a zászlóslevél levéllemezőben.

#### 5.3.4. Fuzárium fertőzöttség a permetezés-technológia kísérletekben

Kiszomboron a 2009-2010-es búza tenyészidőben (vetéstől aratásig) hasonlóan a szegedi kísérletekhez csaknem kétszer annyi csapadék hullott, mint a 2010-2011-es időszakban (19. ábra). Ebből jelentős mennyiség májusban és júniusban, amely igen erős járványhelyzetet teremtett.



19. ábra A 2009-2010-es és a 2010-2011-es búza tenyészidőben hullott csapadék mennyisége vetéstől aratásig Kiszombor Dénes-majorban.

A provokációs céllal a talajon nagy mennyiségű kukorica szármaradványt tartalmazó állományban, 2010-ben a virágzás és az érés alatt (május-június) lehullott 230 mm csapadék csaknem felért egy mesterséges inokuláció körülményeivel. A kialakult járvány a vegyszeres kezelés hatására szignifikánsan mérséklődött (47. táblázat). A kalász és szemfertőzöttség csökkenése a Turbo TeeJet Duo fúvóka alkalmazása esetén volt a legjelentősebb, míg a DON tartalom esetében, nem várt módon, a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvóka volt a leghatékonyabb (20. ábra). Csak a kezelt és kezeletlen parcellákat összehasonlítva találtunk szignifikáns különbségeket, a fúvókák közti különbségek nem voltak szignifikánsak (48. táblázat).

A három fajta három különböző módon viselkedett. A GK Kalász esetén csaknem azt a fertőződési képet kaptuk vissza majd minden jellegnél, amit a hatóanyagtartalmak alapján vártunk volna. A GK Békés fajtánál, a technológiai különbségeknek ellentmondva, kalászfertőzöttségben és toxin tartalomban is a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvókánál mértük a legkisebb értékeket. A rezisztensebb, és a hatóanyagokat leglassabban metabolizáló

GK Fény fajtánál minden kezelt parcellán határérték alatti (1,25 mg/kg) toxintartalmat mértünk.

47. táblázat Kalászfertőzöttség (a) szemfertőzöttség (b) és DON tartalom (c) a különböző fűvókákkal végzett permetezés után. (Kiszombor, 2010.)

a) Kalászfertőzöttség (fertőzött kalászka/m<sup>2</sup>)

	XR TeeJet (ab)	Turbo TeeJet Duo (a)	Turbo FloodJet (b)	Kezeletlen (c)
GK Kalász (c)	400	336	343	1374
GK Békés (b)	78	91	180	906
GK Fény (a)	1	1	1	45
Átlag	160	143	175	775

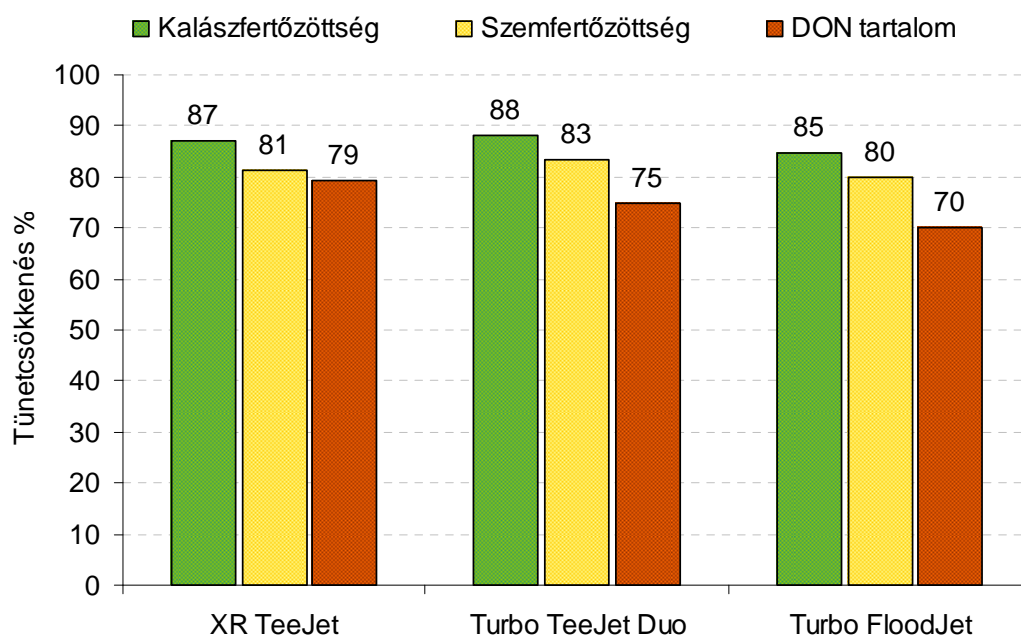
b) Szemfertőzöttség (%)

	XR TeeJet (a)	Turbo TeeJet Duo (a)	Turbo FloodJet (a)	Kezeletlen (b)
GK Kalász (b)	5,0	6,0	4,0	22,5
GK Békés (b)	7,5	5,0	8,5	21,9
GK Fény (a)	0,0	0,0	0,3	7,8
Átlag	4,2	3,7	4,3	17,4

c) DON tartalom (mg/kg)

	XR TeeJet (a)	Turbo TeeJet Duo (a)	Turbo FloodJet (a)	Kezeletlen (b)
GK Kalász (b)	3,80	2,62	2,79	10,98
GK Békés (c)	1,37	3,17	4,51	7,04
GK Fény (a)	0,18	0,16	0,00	2,32
Átlag	1,79	1,98	2,44	6,78

A különböző betűvel jelölt fajták illetve fűvókák közt szignifikáns különbség van a Tukey teszt szerint.



20. ábra A fertőzőtség csökkenése különböző fúvókákkal végzett permetezés után a kezeletlen kontrollhoz képest a három fajta átlagában (Kiszombor, 2010).

A varianciaanalízis eredménytáblázata alapján (48. táblázat) mind a kalász-, mind a szemfertőzőségre, mind a DON tartalomra szignifikáns hatása volt mind a fajtáknak mind a kezelés típusának, és a két tényező kölcsönhatásának is.

48. táblázat 2010-es kalászfertőzőség (a), szemfertőzőség (b) és DON tartalom (c) adatok varianciaanalízise a különböző fúvókákkal végzett permetezés után.

a) Kalászfertőzőség

	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	7240705,10	2	3620352,55	923,991	0,000
Kezelés	8546883,60	3	2848961,20	727,116	0,000
Fajta*Kezelés	3940200,70	6	656700,12	167,604	0,000
Hiba	423162,00	108	3918,17		
Összes	31899383,36	120			

b) Szemfertőzőség

	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	359,28	2	179,64	80,129	0,000
Kezelés	732,73	3	244,24	108,944	0,000
Fajta*Kezelés	95,45	6	15,91	7,096	0,002
Hiba	26,90	12	2,24		
Összes	2463,81	24			

## c) DON tartalom

	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	84,11	2	42,06	129,928	0,000
Kezelés	101,18	3	33,73	104,202	0,000
Fajta*Kezelés	35,70	6	5,95	18,381	0,000
Hiba	3,88	12	,32		
Összes	477,84	24			

2011-ben jóval alacsonyabb mértékű volt a természetes fertőződés, mint 2010-ben. A GK Fény fajtánál még a kezeletlen kontroll parcellákon sem találtunk számottevő kalászfertőződést (maximum 4-5 kalászká négyzetméterenként), ezért ennél a fajtánál nem értékeltük a kalászfertőződést (49. táblázat). A GK Békés fajtában viszont jóval nagyobb volt a kalászfertőzöttség mértéke, mint a GK Kalász fajtánál. Az alacsony fertőzöttség miatt a kombájntiszta mintában vizuálisan elkülöníthető fertőzöttségi különbségek nem voltak, ezért nem volt értékelhető a szemfertőzöttség. Ennek megfelelően mindhárom fajtánál, még a kezeletlen kontroll parcellákon is határérték (1,25 mg/kg) alatti DON tartalmat mértünk. Egyedül a GK Békés fajta Turbo TeeJet Duo fúvókával permetezett mintáiban mutattunk ki kiugrónak számító 1 mg/kg DON-t (49. táblázat). A varianciaanalízis eredményét összefoglaló 50. táblázatban látható, hogy sem a fajta, sem a fúvóka, azaz a kezeléshatás nem volt szignifikáns a DON tartalomra nézve.

49. táblázat Kalászfertőzöttség (a) és DON tartalom (b) a különböző fúvókákkal végzett permetezés után. (Kiszombor, 2011.)

a) Kalászfertőzöttség (fertőzött kalászká/m<sup>2</sup>)

	XR TeeJet (a)	Turbo TeeJet Duo (ab)	Turbo FloodJet (b)	Kezeletlen (c)
GK Kalász (a)	4,8	6,4	17,4	20,8
GK Békés (b)	15,6	35,4	48,2	234,7
Átlag	10	21	33	128

## b) DON tartalom (mg/kg)

	XR TeeJet	Turbo TeeJet Duo	Turbo FloodJet	Kezeletlen
GK Kalász	0,65	0,09	0,00	0,25
GK Békés	0,59	1,00	0,23	0,43
GK Fény	0,47	0,54	0,00	0,00
Átlag	0,57	0,54	0,08	0,23

A különböző betűvel jelölt fajták illetve fúvókák közt szignifikáns különbség van a Tukey teszt szerint. A DON tartalomban szignifikáns eltérés nem volt.

50. táblázat 2011-es kalászfertőzöttség (a) és a DON tartalom (b) varianciaanalízise a különböző fúvókákkal végzett permetezés után.

a) Kalászfertőzöttség

	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	50587,66	1	50587,66	53,414	0,000
Kezelés	87543,22	3	29181,07	30,811	0,000
Fajta*Kezelés	68561,07	3	22853,69	24,130	0,000
Hiba	30307,00	32	947,09		
Összes	328823,25	40			

b) DON tartalom

	SS	df	MS	F	Sig.
Fajta	0,52	2	0,26	2,33	0,14
Kezelés	1,05	3	0,35	3,13	0,07
Fajta*Kezelés	0,60	6	0,10	0,89	0,53
Hiba	1,34	12	0,11		
Összes	6,50	24			

#### 5.4. Hatóanyag tartalom a különböző kijuttatási módszereknél

A kisparcellás és a permetezés-technológiai kísérleteket a kijuttatás utáni hatóanyag tartalom szempontjából összehasonlítva látható, hogy a kézi permetezéssel jóval nagyobb mennyiségű gombaölőszert sikerült a kalászokra juttatni (51. táblázat). Ezt a mennyiséget legjobban az oldal irányból permetező fúvókákkal lehetett megközelíteni. Ezzel ellentétben, zászlóslevél levéllemezeiben a kézi permetezésnél mért hatóanyagtartalmat a függőlegesen lefelé permetező XR TeeJet fúvóka alkalmazása esetén tudtuk a legjobban megközelíteni (52. táblázat).

51. táblázat Hatóanyag tartalom a kalászban a négy mérési időpont átlagában a kézi és a különböző fúvókákkal elvégzett permetezés után. Szeged-Kiszombor (2010-2011).

Protiokonazol-deztio

	Kézi permetezés µg/kalász	XR TeeJet µg/kalász	Turbo TeeJet Duo µg/kalász	Turbo FloodJet µg/kalász
GK Kalász	1,16	0,47	0,69	0,36
GK Békés	1,16	0,71	0,87	0,90
GK Fény	1,30	0,70	0,89	0,78
Három fajta átlaga	1,21	0,63	0,82	0,68

Tebukonazol

	Kézi permetezés µg/kalász	XR TeeJet µg/kalász	Turbo TeeJet Duo µg/kalász	Turbo FloodJet µg/kalász
GK Kalász	4,09	2,47	3,77	2,88
GK Békés	4,58	3,48	4,90	5,18
GK Fény	4,00	2,55	3,52	3,27
Három fajta átlaga	4,22	2,83	4,06	3,78

52. táblázat Hatóanyag tartalom a zászlóslevél levéllemeztében a négy mérési időpont átlagában a kézi és a különböző fúvókákkal elvégzett permetezés után. Szeged-Kiszombor (2010-2011).

Protiokonazol-deztio

	Kézi permetezés µg/z.l. <sup>1</sup>	XR TeeJet µg/z.l.	Turbo TeeJet Duo µg/z.l.	Turbo FloodJet µg/z.l.
GK Kalász	0,60	0,41	0,28	0,21
GK Békés	0,65	0,66	0,47	0,37
GK Fény	0,88	0,59	0,53	0,32
Három fajta átlaga	0,71	0,55	0,43	0,30

Tebukonazol

	Kézi permetezés µg/z.l.	XR TeeJet µg/z.l.	Turbo TeeJet Duo µg/z.l.	Turbo FloodJet µg/z.l.
GK Kalász	2,43	2,70	2,12	2,27
GK Békés	2,92	3,50	2,50	2,32
GK Fény	3,17	2,95	2,83	2,00
Három fajta átlaga	2,84	3,05	2,48	2,20

<sup>1</sup> zászlóslevél



## 6. Eredmények megvitatása

### 6.1. Üvegházi kísérlet

#### 6.1.1. A hatóanyagok transzlokációja

A triazol típusú hatóanyagok xilém és floém mobilitására is vannak példák (Reed és mtsai, 1989; Dahmen és Staub, 1992; Kuck és mtsai, 1995; Fletcher és mtsai, 2000; Tsuda és mtsai, 2004 a,b; Klittich és mtsai, 2008). A vegyületcsaládon belül a protiokonazol levélen belüli transzlokációját xilém mobilitást feltételezve árpa csíranövény vizsgálata során Hauser-Hahn és mtsai (2004) állapították meg. A protiokonazol bazipetális és akropetális irányú mozgását xilém és floém mobilitást egyaránt feltételezve földimogyoróban írták le (Augusto és Brenneman, 2011). Utóbbi szerzőpáros tebukonazol esetén csak apikális irányú, xilém mobilitást feltételező transzportot talált (Augusto és Brenneman, 2011). Kísérleteinkben analitikai módszerekkel (LC-ESI-MS) követtük nyomon a búza virágzáskori kezelése után a hatóanyagok növényen belüli mozgását.

A protiokonazol sem akro-, sem bazipetális irányban nem transzlokálódott egyik kezelés esetén sem, azonban bomlásterméke a protiokonazol-deztio növényen belüli mozgása már 2 óra után kimutatható volt. Ez összhangban van Hauser-Hahn és mtsai (2004) árpa csíralevelekben mért eredményeivel miszerint a protiokonazol felszívódása a növénybe igen gyors. Hauser-Hahn és mtsai (2004) C-14 izotóppal jelölt protiokonazzal dolgoztak, így nem tudták elkülöníteni a kiindulási vegyületet és a bomlásterméket. Augusto és Brenneman (2011) biotesztet alkalmaztak a hatóanyagmozgás kimutatására, ezért szintén nem volt lehetőségük a bomlástermék és a kiindulási vegyület megkülönböztetésére.

Akropetális irányban a zászlóslevél levéllemezből a kalászbba sem protiokonazol-deztio sem pedig tebukonazol esetén nem találtunk olyan mértékű transzlokációt, amely jelentősebb hatóanyag átrendeződést okozhatna a virágzáskori permetezés után a növényben.

Bazipetális irányban a kalászból a zászlóslevél levéllemezébe viszont a kezeléstől függően kisebb mennyiségű hatóanyagmozgást találtunk. A teljes kalász kezelése után mintagyűjtéstől függően maximum 2,5% protiokonazol-deztiót és 4,9% tebukonazolt, míg a kalász fél oldalának vegyszeres kezelése után 1,1-6,4% protiokonazol-deztiót és 2,2-19,8% tebukonazolt mértünk a zászlóslevélben az összes hatóanyag tartalom százalékában. Feltételezésünk szerint a különbség okai az eltérő hatóanyag koncentrációkban keresendők, azaz a teljes kalász kezelése után a virágzat minden részében lévő magasabb hatóanyag

koncentráció blokkolhatta a transzlokációt, míg a kalász fél oldalának kezelése után, a kezeletlen oldalon lévő kalászkákban az alacsonyabb koncentrációban jelen lévő hatóanyagok mozgása nem gátlódott. A pontos mechanizmus kiderítéséhez azonban további kísérletekre lenne szükség.

Augusto és Brenneman (2011) földimogyorón (*Arachis hypogaea*) végzett kísérleteiben mindkét vegyület esetén találtak apikális irányú, a xilémen keresztül zajló transzportot. Protiokonazol kezelés után bazipetális irányban is találtak *Sclerotium rolfsii* növekedésgátlást, ami alapján feltételezték ezen irányú transzport meglétét, amely a floémen keresztül mehetett végbe. Tebukonazol esetén azonban nem találtak bazipetális irányú, floémen keresztül, mozgást, és kémiai tulajdonságai alapján sem feltételezték azt. Vizsgálatainkban, ellentétben a kétszikű földimogyorón találtakal, egyszikű búza növényben virágzáskori kezelés után elhanyagolható mértékű apikális irányú hatóanyagtranszlokációt, viszont bazipetális irányban nagyobb mértékű tebukonazol transzlokációt találtunk, mint protiokonazol-deztio mozgást.

Kísérleteinkben a vizsgált hatóanyagok bazipetális irányban nagyobb mértékű transzlokációt mutattak, mint akropetálisan. A hatóanyagmozgás irányánál fogva ez kifejezettebb floém mobilitásra utalhat. Azonban a csúcsi helyzetű kalász esetén, a virágzás és megtermékenyülés után a magkezdemények intenzív mennyiségi és minőségi fejlődésében a zászlóslevelek által termelt szerves anyagoknak igen fontos szerepe van, vagyis a kalász hajtásvégi helyzeténél fogva a szerves anyagok intenzív akropetális irányú floém transzlokációja zajlik. Azaz nehezen képzelhető el, hogy a hatóanyagok a floémen keresztül jutnak el a zászlóslevélbe a kalászból. Mivel ilyen irányú kísérleteket nem végeztünk, a transzlokáció pontos útjának és a transzportrendszerek működésének kiderítése további vizsgálatokat igényelne, ez azonban a gyakorlati növényvédelemi szempontokat nem befolyásolja.

A kalász két oldala (az ellentétes oldalon lévő kalászkák) közti transzlokáció a túloldali kezeletlen kalászkákban 7,1-15,5% protiokonazol-deztio és 3,2-9,2% tebukonazol tartalmat eredményezett az összhatóanyag tartalom százalékában, azaz a kalászon belül a protiokonazol bomlásterméke bizonyult mobilisabbnak. Ez a kalászon belül tapasztalt hatóanyagmozgás egy igen alacsony mértékű hatóanyag tartalom kiegyenlítődést jelent, azaz nem hanyagolható el a kalászkák minél tökéletesebb, minden oldalt egyenletesen fedő permetezése a megfelelő szintű védelem érdekében. Tehát a kalászkák közti transzlokáció egy kisebb mértékű vegyszer fedettség különbséget (pl.: 50% és 30% a két oldalon) még kiegyenlíthet, azonban a nagyobb permetlé fedettségi egyenlenségeket ellensúlyozni nem képes.

Kísérleteinkben sem a protiokonazol és bomlásterméke, sem a tebukonazol nem mutatott olyan mértékű, a kalászhvédelem szempontjából jelentős, a zászlóslevél levéllemezéből a kalászba irányuló apikális transzlokációt, amely hatékony lehetne a kalászfuzáriózis elleni védekezésben. Azaz elmondhatjuk, hogy a minél nagyobb hatékonyságú kalászhvédelem érdekében a hatóanyagokat közvetlenül a megvédendő szervre, azaz a kalászra kell juttatni úgy, hogy annak fedettsége minél egyenletesebb legyen.

### **6.1.2. Hatóanyag tartalom változás a kezelt növényi szervekben**

A protiokonazol-deztio protiokonazolhoz viszonyított aránya a mintavételi időpontok előrehaladtával folyamatosan nőtt, mind a teljes kalász, mind a kalász fél oldalának kezelése, valamint a zászlóslevél levéllemezének kezelése után. A protiokonazol-deztión kívül más bomlás-terméket nem találtunk, ami megerősíti Haas és Justus (2004) eredményeit, mely szerint búzában, a legnagyobb arányban jelen levő bomlástermék ez a vegyület. A másik vizsgált hatóanyag, a tebukonazol stabilabbnak bizonyult, mivel aránya a kezdeti 1:1 körüli érték után folyamatosan nagyobb volt, mint a protiokonazol és bomlásterméke együttes aránya. A különböző hatóanyagok eltérő bomlási sebessége eltérő kémiai felépítésükkel van összefüggésben (Fenoll és mtsai, 2009).

A fajták között jelentős különbségek mutatkoztak, így a GK Kalászbán és a GK Békésben hozzávetőlegesen hasonlóan alakultak a hatóanyagok egymáshoz viszonyított arányai, míg GK Fényben jóval gyorsabb volt a protiokonazol és származékának bomlása. A GK Fény fajtában a két vegyület mennyisége közti igen nagy különbség már a kezelés utáni második órában ki lehetett mutatni, ami jelzi a folyamat igen gyors jellegét. Jyot és mtsai (2010) szőlőt, Sahoo és mtsai (2012) chili paprikát, Kaur és mtsai (2012) pedig búzát permeteztek trifloxistrobin és tebukonazol keverékét tartalmazó gombaölőszerral (Nativo 75 WG, 25% w/w trifloxistrobin és 50% w/w tebukonazol). Mindhárom esetben különböző volt a két hatóanyag bomlási kinetikája a növényekben és növényfajtánként változott mind a trifloxistrobin, mind a tebukonazol bomlási sebessége. Az általunk tapasztaltakhoz hasonló fajon belüli fajtahatást azonban eddig még nem írtak le.

## 6.2. Szántóföldi kísérletek

### 6.2.1. Hatóanyag tartalom a kalászban

A kalászvédlemben még az egyik leghatékonyabbnak bizonyult, protiokonazol + tebukonazol keverékét tartalmazó fungicid esetében is igen széles skálán mozgó hatékonyságot mutattak ki a teljes hatástalanságtól a közel 90%-os tünetcsökkentésig a különböző kísérletekben (Paul és mtsai, 2008; Lehoczki-Krsjak és mtsai, 2010; Mesterházy és mtsai, 2011; Wegulo és mtsai, 2011; Haidukowski és mtsai, 2012). Ennek oka a fajta ellenállóságán, a fertőzés erősségén, a kijuttatás időzítésén túl az eltérő kalászfedettségből eredő hatóanyag koncentráció különbségekben és a különböző kísérleti feltételekben is keresendő. A fent említett szerzők közül Paul és mtsai (2008) több kísérletet átfogó meta-analízisükben esetenként változó, de részleteiben nem megadott hatóanyag mennyiséggel, Wegulo és mtsai (2011) 100 g/ha protiokonazol + 100 g/ha tebukonazol, míg Lehoczki-Krsjak és mtsai (2010), Mesterházy és mtsai (2011), és Haidukowski és mtsai (2012) 125 g/ha protiokonazol + 125 g/ha tebukonazol mennyiséggel végezték a permetezést. Kísérleteinkben a különböző kijuttatási módszerekkel – kézi permetezés, gépi permetezés különböző fúvókákkal különböző irányokból - eltérő hatóanyag mennyiségeket értünk el a kezelt növényekben. A publikált fungicid kísérletekben egyrészt eltérő kijuttatási módszereket használtak, így például különböző fúvóka kombinációkkal, háti permetezővel végzett permetezést (Paul és mtsai, 2008; Wegulo és mtsai 2011), kézi és gépi permetezést egyaránt (Lehoczki-Krsjak és mtsai, 2010; Mesterházy és mtsai, 2011), valamint motoros háti permetező (Haidukowski és mtsai, 2012). Másrészt az egyes szerzők különböző permetlémmennyiségekkel dolgoztak, így Paul és mtsai, (2008) változó permetlémmennyiséggel, Wegulo és mtsai (2011) 187 l/ha, Lehoczki-Krsjak és mtsai (2010) valamint Mesterházy és mtsai (2011) kézi permetezésnél 500 l/ha, gépi permetezésnél 250 l/ha, Haidukowski és mtsai (2012) 500 l/ha lémmennyiséggel. Ha a felsoroltakon kívül figyelembe vesszük a különböző fertőzési módokból eredő eltéréseket is, az eredmények nem biztos, hogy a vegyszer változó hatékonyságát jellemzik, hanem inkább a kísérleti körülményekből eredő különbségeket. A fent említett szerzők közül Wegulo és mtsai (2011) találták a legalacsonyabb vegyszerhatékonyságot protiokonazol + tebukonazol keverékével történő kalászvédlem után, és egyedülüként találtak kalászfertőzöttség, szemfertőzöttség és DON tartalom növekedést egyes esetekben. Matthies és Buchenauer (1996) *F. culmorum* izolátumoknál, Ramirez és mtsai (2004) *F. graminearum* izolátumoknál, míg Mateo és mtsai (2011) *F. langsethiae* izolátumoknál tapasztaltak *in vitro* kísérletekben alacsony koncentrációjú, szubletális dózisu,

tebukonazol adagolása esetén toxintartalom növekedést. Audenaert és mtsai (2010) kimutatták, hogy szubletális dózisban adagolt protiokonazol  $H_2O_2$  indukálása révén növeli a *F. graminearum* DON termelését. Lehetséges, hogy Wegulo és mtsai (2011) a legalacsonyabb hatóanyag mennyiséggel (100 g/ha protiokonazol + 100 g/ha tebukonazol) és legalacsonyabb permetlé mennyiséggel (187 l/ha) jellemzett kísérleteiben nem tudtak olyan vegyszeres kalászfedettséget és ezáltal hatóanyag koncentrációt elérni, amely hatékony védelmet nyújtott volna, ezért tapasztaltak alacsonyabb vegyszer hatékonyságot. Kísérleteinkben a lehető legjobb kalászfedettség érdekében kézzel permetezett parcellákon még extrém erős mesterséges inokulációval kialakított járványhelyzetben is fogékony fajtánál (GK Békés) 40% fölötti mértékben tapasztaltuk a tünetek visszaszorulását a kezelés után. Gyengébb erősségű a búzatermesztésben előforduló járványhelyzet esetén 80 % fölötti kalászfertőzöttség és 90 % fölötti szemfertőzöttség, illetve DON tartalom csökkenést mértünk, mindezt száraztömegre vonatkoztatva átlagosan 4,23 ( $\pm 0,96$ )  $\mu\text{g/g}$  kiindulási protiokonazol-deztio és 12,51 ( $\pm 5,33$ )  $\mu\text{g/g}$  kiindulási tebukonazol tartalomnál (18. és 28. táblázat).

A permetezés-technológia kísérletekben a permetezés után 2 órával mért hatóanyagtartalmak elmaradtak a kisparcellás kézi permetezésű kísérletekben mértékhez képest, ahol a permetezést a kalászok függőleges síkjára, és nagyobb felületére oldal irányból körkörös borítással juttattuk ki. Ez megmagyarázza a készítménynek a kisparcellás kísérletekben tapasztaltnál képest gyengébb hatékonyságát (Mesterházy és mtsai, 2003), és további technológia fejlesztési lehetőségeket vetít előre.

A búza kalászvédelemben az állomány oldalirányból történő permetezésével elérhető nagyobb kalászfedettséggel és ezáltal jobb védelmi hatékonysággal már több mint 10 éve foglalkoznak (Halley és mtsai, 1999; Hart és mtsai, 2001; Miller és mtsai, 2002). A legjobb kalászfedettség elérése érdekében több kutatócsoport számos fúvóka típust és különböző beállítási módokat vizsgált meg (Halley és mtsai, 1999; 2004; 2005; Ruden és mtsai, 2004; Hooker és mtsai, 2004; 2005, Powell és mtsai, 2004; Wolf és Caldwell, 2004; Parkin és mtsai, 2006; Vajs és mtsai, 2008). Ezeket a vizsgálatokat többnyire az adott ország permetezési technológiájához igazítva végezték el, ezért hazai körülményekhez adaptált eredmények eddig nem álltak rendelkezésre. Halley és mtsai (1999; 2004; 2005), Ruden és mtsai (2004) és Hooker és mtsai (2004; 2005) vízerzékeny papírokkal és a permetlébe kevert fluorescens festék használatával kimutatták, hogy oldalirányból történő permetezésnél nagyobb a kalászok vegyszeres fedettsége. Másrészt viszont a környezeti tényezők, az alacsony járványhelyzet, a különböző hatóanyagok használata miatt az oldal irányú permetezés nem

mindig hozott egyértelmű eredményt, illetve több kérdést nyitva hagyott (Powell és mtsai, 2004; Wolf és Caldwell, 2004; Parkin és mtsai, 2006). A kijuttatási módok közti egyértelmű különbségek vizsgálata céljából Parkin és mtsai (2006) mind laboratóriumi szélcsatornás körülmények között, mind szántóföldi kísérletekben történő permetezést követően analitikai módszerekkel (HPLC) mérték a kalászkák (illetve külön a kalászkák és a kalászorsó) tebukonazol tartalmát. Az általuk használt hátrafelé irányított légbeszívós fúvókával laboratóriumban nem, de a szántóföldön szignifikánsan jobb hatóanyagtartalmat értek el a kalászkákban, mint a függőlegesen permetező fúvókákkal. Kísérleteikben 150 l/ha-os vízmennyiségnél az üreges kúpos szórású fúvókák adták a legjobb eredményt.

Saját kísérleteinkben az oldalirányból közepes cseppmérettel permetező Turbo TeeJet Duo fúvóka használatakor, bár nem minden esetben szignifikánsan, de mind a három fajtánál mindkét vizsgált hatóanyag esetén nagyobb vegyszer koncentrációt mértünk a kalászban két órával permetezés után és a későbbi mérési időpontokban, mint a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvókánál. A Turbo TeeJet Duo fúvókatípus a Halley és mtsai (2004; 2005) által korábban leghatékonyabbnak talált kettős fúvóka, azaz a menetirány szerint előre és hátrafelé egyszerre permetező iker fúvóka, amely a függőleges síktól 45°-os szögben érkező közepes cseppméretű permetlésugarakkal oldalirányból éri a kalászkákat. Bár vizsgálatainkban a permetlé mennyiségét nem változtattuk, de Halley és mtsai (2004) eredményeit figyelembe véve, azaz hogy nagyobb permetlé mennyiséggel (~100 l/ha helyett ~200 l/ha) jobb fedettség érhető el a kalászkokon, 250 l/ha-os vízmennyiséggel dolgoztunk. Ez a különbség lehet az oka, hogy Powell és mtsai (2006) 150 l/ha-os vízmennyiségnél az előre és hátra permetező fúvókánál nem találtak szignifikáns tebukonazol tartalom növekedést a kalászkákban a függőlegesen permetező fúvókához képest.

Hooker és mtsai (2004; 2005) eredményeit árnyalva, a függőlegetől 60°-ban előre és hátra permetező Turbo FloodJet fúvókával a mérések átlagában változóan, leginkább fajta specifikusan tudtuk növelni a fedettséget és a hatóanyagtartalmat. Ennél a fúvókánál GK Kalász fajtánál a függőlegesen permetező XR TeeJet-tel körülbelül egyező, a GK Békés fajtánál a Turbo TeeJet Duo fúvóka teljesítményével egyező, míg a GK Fény esetén a függőlegesen permetező XR TeeJet és a Turbo TeeJet Duo közötti hatóanyagtartalmat mértünk a kalászban. Azaz a nagy cseppméret és a vízszinteshez leginkább közelítő permetezési szög a szálkás fajta esetén, amely a kalászon lévő szálkák segítségével több permetlécseppet tud összegyűjteni, egyező hatékonyságot mutatott a közepes cseppmérettel oldalirányból permetező fúvókával. A két tar kalászá fajtánál talált hatékonyság különbségekre egyelőre nem találtunk magyarázatot, feltételezzük, hogy a különbségek az

eltérő mértékű viaszoltságban, esetleg a viasz összetétele közti különbségekben, vagy a kalász takaróleveleinek szőrözöttségében keresendő.

Annak ellenére, hogy korábbi kutatásainkban a Turbo FloodJet fúvóka hatékonyabbnak bizonyult, mint a függőlegesen permetező XR TeeJet (Lehoczki-Krsjak és mtsai, 2010; Mesterházy és mtsai, 2011), használata számos technikai nehézségbe ütközik. A nagyon laposan, a függőlegestől 60°-ban előre és hátra 110°-os szórásszöggel permetező Turbo FloodJet szórófejekkel szerelt szórókeretet az állomány fölött körülbelül 20 cm-es magasságban kell tartani a megfelelő egyenletes fedettséghez. Azonban egy szélesebb (16-20 m) szórókeret esetén a talaj egyenetlenségei miatt bekövetkező ingadozástól a keret végei belecsapódhatnak az állományba, amely az okozott sérüléseken kívül egyenetlen permetléfedettséget is jelent. A megnövelt szórási távolság miatt viszont csökken a kalász fedettségi hatékonyság, mert nagyobb (60-70 cm-es) magasságból az oldalirányú permetcseppek annyira lelassulnak, hogy csaknem függőlegesen hullanak alá, alacsonyabb mértékű kalászfedettséget adva. Ennek a fúvókának a használata egyedül a GK Békés fajtában jelentett előnyt a függőlegeshez képest, ami valószínűleg a fajta szálkás kalászainak, és így a szálkák által begyűjtött permetlécseppeknek köszönhető. Ezen kívül stabil specifikus fúvóka-fajta kölcsönhatást nem találtunk.

### **6.2.2. Hatóanyag tartalom a zászlóslevél levéllemezésében**

Kísérleteinkben a zászlóslevél levéllemezésében mért hatóanyag tartalom szempontjából a kézi permetezés (szárastömegre vonatkoztatva átlagosan 9,96 ( $\pm 3,26$ )  $\mu\text{g/g}$  kiindulási protikonazol-deztio és 27,57 ( $\pm 9,59$ )  $\mu\text{g/g}$  kiindulási tebukonazol) és a leghatékonyabb szántóföldi fúvóka (ebben az esetben a függőlegesen permetező XR TeeJet-nél szárastömegre vonatkoztatva átlagosan 8,76 ( $\pm 2,15$ )  $\mu\text{g/g}$  kiindulási protikonazol-deztio és 28,70 ( $\pm 6,98$ )  $\mu\text{g/g}$  kiindulási tebukonazol) közt nem volt különbség. Kaur és mtsai (2012) vetés után 50 nappal, körülbelül a szárbaindulás kezdetekekor (GS 12 Zadoks és mtsai, 1974) háti permetezővel kúpos szórású fúvókával permeteztek trifloxistrobin + tebukonazol keverékével két dózisban (75 g/ha trifloxistrobin + 150 g/ha tebukonazol és 150 g/ha trifloxistrobin + 300 g/ha tebukonazol), majd az első 15 napban vizsgálták a hatóanyagok mennyiségét a levelekben. Közvetlenül a permetezés után vett levélmintákban, a 150 g/ha tebukonazzal kezelt állomány leveleiben 14,66 ( $\pm 2,31$ )  $\mu\text{g/g}$ , a 300 g/ha tebukonazzal kezeltben pedig 27,94 ( $\pm 1,911$ )  $\mu\text{g/g}$  hatóanyagot mértek. Kísérleteinkben azonban a hatóanyag tartalom

meghatározást frissen szedett levelekből végezték, azaz a koncentráció adatok friss tömegre vonatkoznak.

Az különböző permetezés-technológiákat összehasonlítva, az inkább a síkhoz közelítő felületet képező zászlóslevelek levéllemezében, ellentétben a kalással, a legnagyobb hatóanyag koncentrációkat a függőlegesen lefelé permetező XR TeeJet fúvókánál mértük. Ugyan a kalászvédelem hatékonyságát növelni célzó vizsgálatoknak általában nem tárgya, hogy a zászlóslevélben milyen a hatóanyagok koncentrációja, ismeretének mégis nagy jelentősége van. Annak ellenére, hogy a virágzáskori permetezés elsősorban a kalászfuzáriózis ellen hívatott védelmet nyújtani, a zászlóslevélnek, mint a legtávolabbi fotoszintetizáló levélnek kulcsfontosságú szerepe van a szemfeltöltődésben, és ezáltal a termés mennyiségének és minőségének kialakításában. A zászlóslevél épségét azon kívül számos évfáratban veszélyeztetik a szemfeltöltődés időszakában megjelenő rozsda gombák (*Puccinia spp.*), melyek jelentős termésvesztést képesek okozni (McIntosh és mtsai, 1995; Duveiller és mtsai, 2007), és amelyek ellen a virágzáskori permetezés szintén védelmet nyújthat. A triazol hatóanyagoknak (és más, a dolgozatban nem szereplő, a kalászfuzárium elleni védekezésben használt hatóanyagoknak pl.: strobilurinok) antifungális hatásuk mellett élettani hatásaik is vannak (Fletcher és mtsai, 2000). Ezeket a szakirodalom zöldítő hatásnak hívja, mert növényi hormonok szintézisének és lebomlásának módosításán keresztül késleltetheti a levél öregedését. Azonban ez a hatás leginkább a zászlóslevelet érintő betegségek megjelenésekor érvényesül, amikor a védett levelek ellenállva a betegség megjelenésének tovább maradnak funkcióképesek.

Annak ellenére, hogy kézi permetezésű állományban a hatóanyagok (száraztömeggel számított) koncentrációja 2 órával a kijuttatás után a levélben, átlagosan kétszerese volt a kalászban mért értéknek, az összes hatóanyag mennyisége a kalászban volt magasabb. Azaz a kézi permetezés során nagyobb mennyiségű vegyszer jutott a kalászra, de annak a tömegéhez viszonyított kisebb felülete miatt a hatóanyag koncentrációja, amely döntő lehet a kórokozó elleni védekezésben, kisebb volt, mint a vékony, sík felületet képező levélben. Ehhez igen hasonló módon a gépi permetezésnél, fúvókától függően, 2,5-5-ször nagyobb volt a (száraztömeggel számított) hatóanyag koncentráció a zászlóslevélben 2 órával a permetezés után, mint a kalászban. A zászlóslevél levéllemezében mért hatóanyag tartalom viszont a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvókánál is csak maximum 1,3-szer volt nagyobb a kalászban. Ugyanakkor az oldal irányban permetező fúvókák esetén 1,8-szer nagyobb hatóanyag mennyiséget is mértünk a kalászban, mint a zászlóslevélben közvetlenül a



kijuttatás után. Ezek a különbségek a fajtánként, hatóanyagokként, és vizsgált szervenként eltérő bomlási sebességek miatt nem ilyen mértékben, de minden egyes mintavételezési időpontban mérhetőek voltak.

A kalászban és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes hatóanyag tartalom mennyisége a függőlegesen permetező XR TeeJet és a Turbo TeeJet Duo szórófej esetén alig különbözött, míg a Turbo FloodJet fúvókánál harmadával is kevesebb volt. Tehát a permetezés irányának változtatásával megváltoztatható a hatóanyagok növényen belüli eloszlása, a védeni kívánt kalászokban pedig megnövelhető a hatóanyag tartalom a levél védelmének veszélyeztetése nélkül.

A zászlóslevéllel ellentétben azonban a kalász száraztömege, a benne fejlődő magkezdemények miatt folyamatosan nőtt a kísérlet során, és a 8. napra átlagosan majdnem megduplázódott a kiindulási állapothoz képest. A tömegnövekedésből eredő hígulás, még ha nem is vennénk figyelembe a hatóanyagok bomlását, akkor is csökkentené a koncentrációt, és ezzel együtt a védelem hatékonyságát (Hsu és Kleier, 1996).

### **6.3. A hatóanyagok bomlási kinetikája szántóföldi kísérletekben**

A hatóanyagok bomlási sebességének a növényvédőszer kutatásban is fontos szerepe van, ugyanis a szermaradványok mértékét hatóanyagokként előírják, amely határértéket a szermaradványok mennyisége nem érheti el. A szántóföldi kísérletekben már a kezelés után 2 órával gyűjtött mintákban is a kimutathatósági érték alatt volt a protiokonazol mennyisége, azaz az üvegházi kísérletekkel ellentétben itt sokkal gyorsabb volt a vegyület bomlása. Feltételezhető, hogy a szántóföldi körülmények közt jelen lévő UV-sugárzás és a növények eltérő biokémiai sajátosságai katalizálhatták a gyorsabb átalakulást (Katagi, 2004). A bomlástermék protiokonazol-deztio mennyisége jóval kisebb volt a tebukonazolénál, ezért valószínűsíthető, hogy más bomlástermékek is jelen lehettek a növényekben (Haas és Justus, 2004; Hellpointner és Borchers, 2004). A hatóanyagok bomlását mind a kémiai felépítésük, mind a vizsgált szerv és a fajta jellegek, mind az évjáráthatás befolyásolta. A bomlás sebessége más szerzők (Cabras és mtsai, 1997; Angioni és mtsai, 2003; Ryckaert és mtsai, 2007.; Fenoll és mtsai, 2009) által találtakkal egyetértésben a legtöbbször első rendű kinetikát mutatott. E mellett a néhány esetben előforduló nullad rendű kinetika - és számos esetben a nullad rendű kinetikának is megfelelő felezési idők – valószínűleg a mérési idő relatív rövidsége (8 nap) miatt fordultak elő. Ahhoz hasonlóan, ahogy Ma és mtsai (2001) és Wang és mtsai (2012) különböző talajokban történő peszticid bomlási sebességet vizsgálva találták,

számos tényező befolyásolhatja a bomlás sebességét és kinetikáját így a sebességi együttható (k) is változó volt.

Az üvegházi kísérletek eredményeivel összhangban, ahol a protiokonazol és származékának együttes aránya folyamatosan csökkent a tebukonazoléhoz képest, a szántóföldi kísérletekben mindkét évben, mind a zászlóslevélben, mind a kalászbán gyorsabban csökkent a protiokonazol-deztio mennyisége, mint a tebukonazolé. A protiokonazol-deztio azonban a protiokonazol lebomlási útjának egy terméke (Haas és Justus, 2004) azaz már eleve egy bomlástermék, tehát összességében elmondható, hogy a protiokonazol lebomlása gyorsabb, mint a tebukonazolé.

A tebukonazol különböző növényekben végbe menő bomlásának kinetikájával számos közleményben foglalkoztak. Bomlásának felezési idejét szőlő termésében Cabras és mtsai (1997) 375 g/ha-os dózisznál 8 napnak, barackban Angioni és mtsai (2003) 500g/ha-os dózisznál 7 napnak, paprikában Fenoll és mtsai (2009) 200 g/ha-os dózisznál 11,97 napnak, szőlőlevélben Jyot és mtsai (2010) 87,5 g/ha-os dózisznál 2,68 napnak, 175 g/ha-os dózisznál 3,96 napnak, chili paprikában Sahoo és mtsai (2012) 125 g/ha-os dózisznál 1,37 napnak, 300 g/ha-os dózisznál 1,41 napnak, és búza levelében Kaur és mtsai (2012) 150 g/ha-os dózisznál 2,46 napnak, 300 g/ha-os dózisznál pedig 1,85 napnak találták. Kísérleteinkben a tebukonazol felezési ideje legkevesebb 4,8 nap volt. A protiokonazol-deztio bomlási kinetikájára jelenleg még nincsenek irodalmi adatok, de kísérleteinkben legkevesebb 1,7 nap volt, és minden esetben kevesebb volt, mint a tebukonazolé. Habár a felezési idő maximumok egyes esetekben igen kitolódtak, ez inkább a hatóanyagok viszonylagos stabilitását jelenti az első 8 napban. Valószínű, hogy további mintavételezési időpontok alkalmazásával a bomlási idők maximumai kisebb tartományok felé tolódtak volna mindkét hatóanyag esetén.

A zászlóslevelet és a kalászt összehasonlítva, mindkét hatóanyag bomlása gyorsabban ment végbe a zászlóslevélben, mint a kalászbán. Bár a szántóföldi kísérletekben csak egész kalászokat vizsgáltunk, az üvegházi kísérletek eredményeiből kiindulva a hatóanyagok egy része a kalászkák belseje (toklász, szem, kalásztengely) felé transzlokálódhatott, ahol kevésbé volt kitéve a (zászlós és virágtakaró) levelek szöveteiben folyó nagyobb mértékű fotolízis, illetve fotokémiai oxidáció folyamatának. Ez ugyanis a hatóanyagok gyorsabb bomlását eredményezhette. A két szerv közti bomlási kinetika különbségek, azaz a gyorsabb bomlás a zászlóslevélben ellentmondanak az üvegházban, főleg kisebb (csak a kalász fél oldalát érő) hatóanyag koncentrációnál tapasztalt nagyobb mértékű bazipetális transzportnak. Vagyis, ha szántóföldi körülmények közt is nagyobb mértékű bazipetális transzlokációval számolunk, akkor a bomlás kinetikájának, illetve a látszólagos bomlási kinetikának, lassabbnak kellett

volna lennie a zászlóslevélben. Ez irányú, szántóföldi körülmények közti transzlokációs kísérletet azonban eddig még nem végeztünk, a folyamat tisztázásához további mérésekre lenne szükség.

A három fajta mindkét évben, mindkét szervben tapasztalt bomlási kinetikáját összehasonlítva az üvegházi eredményekkel ellentétben, ahol a protiokonazol és származékának bomlása a GK Fény fajtában jóval gyorsabb volt, mint a másik két fajtában, szántóföldön a protiokonazol-deztio bomlási kinetikája volt a leglassabb, hasonlóan a tebukonazoléhoz. Ezek az eredmények egészen új hatóanyag-fajta kölcsönhatást jelentenek, amely kihatással lehet a védekezés hatékonyságára is. A három búzafajta közül a GK Fény a legviaszoltabb fajta, melynek a viasz komponensek, és a permetezőszer közti kölcsönhatás miatt szintén köze lehet, főleg szántóföldi körülmények közt, a hatóanyagok lassabb bomlásához. Természetesen olyan specifikus élettani hatások sem zárhatók ki, amelyek a viaszoltságtól függetlenek. A fajták tehát eltérően viselkednek és ez a védekezési sikert, rezisztenciaszintjüktől függetlenül is, vagy ahhoz kapcsolódva, befolyásolhatja.

A fent részletezett tényezőkön kívül jelentős évjáráthatást tapasztaltunk mindkét hatóanyag bomlási sebességében, azonban a két kísérleti helyen ellentétesen, Szegeden 2011-ben, Kiszomboron 2010-ben volt gyorsabb a hatóanyagok lebomlása. 2010-ben a Kiszombori kísérletben a jelentős csapadékmennyiség, és a kukorica elővetemény hatására igen erős járvány alakult ki, amely így a hatóanyagok gyorsabb felhasználódását jelenthette. A kisparcellás kísérletekben 2010-ben az állomány egészére, ahonnan a mintákat gyűjtöttük, nem volt jellemző az erős járvány, csak a fertőzött kalászcsokokra. A két kísérleti évet összegezve Szegeden fele annyi csapadék hullott, mint Kiszomboron, és a két év között jóval nagyobb volt a csapadékkülönbség. Bár a talajban kialakult víztartalékok ellensúlyozták a 2010-2011-es kevesebb csapadékot, a kevesebb lehullott eső miatt Szegeden mégis szárazabb körülmények alakultak ki 2011-ben, amely a növények belső fizikokémiai sajátosságait befolyásolva hatással lehetett a bomlási kinetikára. Ezen feltételezések ellenére az évjáráthatás valódi okainak tisztázására további kísérletek beállítására lenne szükség.

A hatóanyagok bomlásának sebességére a kijuttatási módnak nem volt hatása. A kezdeti 2 órás mintákban mért, fúvkákra vonatkozó különbségek az esetek nagy részében még a 8 napos mintákban is kimutathatók voltak mind a kalászban, mind a levélben, annak ellenére, hogy protiokonazol-deztio esetén szignifikáns összefüggést találtunk a sebességi állandó és a hatóanyag tartalom közt (kalászban  $r = -0,5808$ ,  $P = 5\%$ ; zászlóslevélben  $r = -0,8336$ ,  $P = 0,1\%$ ), azaz nagyobb hatóanyag koncentrációknál gyorsabb volt a bomlás sebessége. Turbo TeeJet Duo fúvókával történt permetezés után a kalászban lévő nagyobb hatóanyag koncentráció sem

a protiokonazol-deztio, sem a tebukonazol esetében nem jelentette a szerek nagyobb mértékű bazipetális vándorlását, azaz nem okozott a levélben látszólagosan lassabb bomlást. Fordított irányban XR TeeJet fúvókával való permetezés után a zászlóslevél levéllemezében lévő nagyobb hatóanyag mennyiségből sem áramlott apikális irányban több hatóanyag, mint alacsonyabb koncentrációk esetén. Ezek az eredmények alátámasztják az üvegházi kísérletekben talált, a koncentráció különbségeket kiegyenlíteni nem képes, csak kis mértékű hosszú távú tebukonazol és protikonazol-deztio transzlokációt. Eredményeink alapján valószínűsíthető, hogy a tebukonazol és/vagy protiokonazol hatóanyagokkal történő permetezés után tapasztalt gyengébb (vagy nem szignifikáns) hatékonyság (Gareis és Ceynova, 1994; Milus és Parsons, 1994; Paul és mtsai, 2007; 2008; Wegulo és mtsai, 2011) részben visszavezethető a környezeti tényezőkből, és az eltérő fajtahatásból eredő bomlási sebesség különbségekre is.

#### **6.4. A betegség tünetek csökkenése**

##### **6.4.1. A betegség tünet csökkenése kisparcellás kísérletekben**

A *F. culmorum*mal történő mesterséges inokuláció után a kalász-, és szemfertőzöttség és a toxintartalom alakulása nagyban függött a fajta ellenállóságától, az izolátum agresszivitásától és a környezeti tényezőktől. Ennek megfelelően a kalászhvédelem hatásfoka is változott. Nagyobb fertőzési nyomásnál gyengébb (42,6-93,6%), míg kisebb fertőzöttségi szinteken erősebb (93,8-100%) tünetcsökkenést tapasztaltunk. A virágzás és az érés időszaka (május-június) alatt a 2010-es évben csaknem háromszor annyi (273 mm), rekord mennyiségű csapadék hullott, mint 2011-ben (97 mm). Ebből a 2010-es mennyiségből ráadásul 116 mm a júniusi szemfeltöltődés, tejes, majd viaszérés alatt, amikor a hatóanyagok már egyre csökkenő koncentrációban voltak jelen a kalászbán.

A búza termesztési gyakorlatban is előforduló, a termés minőségét és mennyiségét veszélyeztető természetes fertőzöttségi szinthez hasonló fertőződés esetén (DON adatok 2011-ben és az *F.c.* 12551-es izolátumnál 2010-ben) a protiokonazol + tebukonazol keverékével történő permetezés kiváló hatékonyságot mutatott a kalászfuzáriózis elleni védelemben, mind a három fajtánál. Igen erős fertőzési nyomás esetén (*F.c.* 12375-es izolátum 2010-ben) a tünetcsökkenés hatékonyságát a fajta ellenállósága is nagyban befolyásolta (Mesterházy és mtsai, 2003). Azonban az ellenállóság nemcsak erős járvány esetén döntő tényező. A rezisztensebb GK Fény fajtában ugyanolyan fertőzési körülmények

közt a kezeletlen kontrollban jóval kisebb fertőzöttséget, és jóval kevesebb DON-tartalmat mértünk. Érdekes módon a hatóanyagok lebomlása éppen ebben a mérsékelt rezisztens fajtában volt a leglassúbb, ami ugyancsak kihatással lehetett a vegyszer jobb hatékonyságára. Nem tudjuk, hogy ez a jelenség kapcsolatban lehet-e a rezisztenciával, de az itt tapasztalt fajta specifikus reakció további vizsgálatok alapja lehet.

Korábbi eredményekkel egyetértésben (Siranidou és Buchenauer, 2001; Mesterházy és mtsai, 2003; Suty-Heinze és Dutzmann, 2004; Ioos és mtsai, 2005; Müllenborn és mtsai, 2008; Zhang és mtsai, 2009; Lehoczi-Krsjak és mtsai, 2010; Mesterházy és mtsai, 2011) a protiokonazol + tebukonazol hatóanyagokkal történő kezelés szignifikánsan, igen nagy hatékonysággal csökkentette a kalászfertőzöttséget (43,8-100% csökkenés), a szemfertőzöttséget (67,3-100% csökkenés) és a DON-tartalmat (42,6-100% csökkenés).

#### **6.4.2. A betegség tünetcsökkenése a különböző fúvókákkal végzett permetezés után**

A szántóföldi permetezés-technológia kísérletekben a 2010-es erősen járványos évben a kalászfertőzöttség átlagosan 87%-kal a szemfertőzöttség átlagosan 81%-kal és a DON tartalom átlagosan 75%-kal csökkent a gombaölőszeres kezelés után a kezeletlen kontrollhoz képest, ami alátámasztja a protiokonazol és a tebukonazol kiváló hatékonyságát. A fúvókák között a tünetek csökkenése szempontjából ebben az évben nem találtunk szignifikáns különbséget, mindhárom fúvókával kiváló kalász-, szemfertőzöttség és DON tartalomcsökkenést értünk el. Különböző szórófejeket vizsgálva, jobb kalász fedettségi eredmények ellenére több szerző is talált alacsony fertőzöttség különbségeket (Halley és mtsai, 2004; 2005; 2006; Powell és mtsai, 2004; Parkin és mtsai, 2006), amit a fertőzöttség eltérő mértékével és a környezeti tényezők nagymértékű befolyásával magyaráztak. Kísérleteinkben, az oldal irányú permetezés következtében magasabb kaláson belüli hatóanyag koncentrációk ellenére sem sikerült következetesen a fertőzöttség nagyobb mértékű csökkenésének bizonyítása. Ehhez azonban hozzá tartozik, hogy miközben a kalászok hatóanyagtartalma folyamatosan csökkent, a 2010-es igen csapadékos június elősegíthette gomba kaláson belüli terjedését és DON termelését. A három fajta három különböző módon reagált az alkalmazott technológiákra, azonban ebben a kísérletben is megmutatkozott, hogy a genetikai háttérrel alapuló rezisztenciának milyen fontos szerepe van még a vegyszeres kalászvédelemben is. A 2011-es kísérletekben sem tudtuk a nagyobb hatóanyag koncentráció egyértelmű hatását kimutatni, azonban ebben az évben jóval alacsonyabb volt a fertőzöttség

mértéke, aminek következtében még a kezeletlen kontroll parcellákon is határérték (1,25 mg/kg) alatt maradt a DON tartalom.

Korábbi eredményeink (Lehoczki-Krsjak és mtsai, 2008; 2010; Mesterházy és mtsai, 2011) azonban azt mutatták, hogy a protiokonazol + tebukonazol hatóanyag tartalmú készítmény a hatékonyság szempontjából kevésbé érzékeny a kijuttatás módjára, míg az egyébként gyengébb hatékonyságú szereknél oldal irányú permetezéssel jelentősebb hatékonyság növekedés érhető el.

## 7. Összefoglalás

A búza kalászfuzáriózisa elleni növényvédelemben számos kísérletben a tebukonazol és protikonazol hatóanyagokat 1:1 arányban tartalmazó permetszer mutatta az egyik legjobb teljesítményt. A hatóanyagok levélzet és kalász közötti hosszútávú transzlokációja, amely a hatóanyagok növényi szervek közötti koncentrációeltéréseit csökkentheti, lehet az egyik oka a kiemelkedő hatékonyságnak.

A transzlokációnak kiemelt szerepe lehet a gyakorlati kalászávédelemben, ugyanis a hagyományosan használt permetezési eljárások során a szórófejek függőlegesen lefelé permeteznek, melynek eredményeképpen a kalászhöz vegyszeres borítása igen alacsony lehet. A kalászhöz vegyszeres fedettségének növelése érdekében a felülről kis felületet képező kalászhöz oldal irányból történő permetezése jelenthet megoldást.

Vizsgálatainkban három búza fajtát (GK Kalász, GK Békés, GK Fény) kezeltünk különböző módokon tebukonazol és protikonazol hatóanyagokat 1:1 arányban tartalmazó permetszerrel, majd analitikai módszerrel (LC-ESI-MS) meghatároztuk a kalász és a zászlóslevél levéllemezeinek hatóanyagtartalmát a kezelés után 2 órával, 2, 4 és 8 nappal. Vizsgáltuk a hatóanyagok transzlokációját, mennyiségét a kalászhöz és a zászlóslevél levéllemezeiben a különböző kijuttatási módszereknél, valamint degradációját és kalászfuzáriózisa elleni hatékonyságát.

- Üvegházi kísérletekben, a három búzafajta zászlóslevéljének tebukonazol és protikonazol 1:1 arányú keverékével történő kezelése után, akropetális irányban, a kalászhöz nem találtunk mérhető mennyiségű protikonazolt. A kezelés utáni első 8 napban a kalászhöz maximum 3,13% protikonazol-deztiót és 0,5% tebukonazolt mutattunk ki az összes hatóanyagtartalom százalékában. A protikonazol-deztio a protikonazol legnagyobb arányban jelen levő bomlásterméke, amelyet ki tudtunk mutatni.

A kalász kezelése után bazipetális irányban, a zászlóslevélben protikonazolt nem, de maximum 2,8% protikonazol-deztiót és 4,9% tebukonazolt mértünk.

A kalász fél oldalának vegyszeres kezelése után ismét nem tapasztaltunk protikonazol transzlokációt, azonban ennél a kísérletnél az első 4 napban 1,1-6,4% protikonazol-deztiót és 2,2-19,8% tebukonazolt mértünk a zászlóslevélben az összes hatóanyag tartalom százalékában.

A kalász két oldala (az ellentétes oldalon lévő kalászkák) közti transzlokáció 7,1-15,5% protiokonazol-deztio és 3,2-9,2% tebukonazol tartalmat eredményezett az összhatóanyag tartalom százalékában a kezeletlen kalászkákban.

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy nincs nagymértékű, a kalász és a zászlós levél közti esetleges permetezési egyenetlenségeket kiegyenlítő hatóanyag transzlokáció. Ebből az következik, hogy a minél nagyobb hatékonyságú kalászhvédelem érdekében a hatóanyagokat közvetlenül a védendő szervre, azaz a kalászra kell juttatni úgy, hogy annak fedettsége minél egyenletesebb legyen.

- Szántóföldi kisparcellás kísérleteinkben kézi permetezést alkalmazva a hatóanyagok (száraztömegre vonatkoztatott) koncentrációja 2 órával a kijuttatás után a zászlóslevél levéllemezében a kalászban mért kétszerese volt, az összes hatóanyag mennyisége azonban a kalászban volt magasabb a kísérlet folyamán.

Még extrém erős mesterséges inokulációval előidézett járvány helyzetben is 40% fölött volt a kalász-, szemfertőzöttség és DON tartalom csökkenése a kezelés után. Gyengébb erősségű, a termesztési gyakorlatban előforduló járványhelyzet esetén 80% fölötti kalászfertőzöttség és 90% fölötti szemfertőzöttség illetve DON tartalom csökkenést mértünk, a kalászban átlagosan 1.70 ( $\pm 0.41$ )  $\mu\text{g}$  kiindulási protiokonazol-deztio és 4.81 ( $\pm 1.43$ )  $\mu\text{g}$  kiindulási tebukonazol tartalomnál.

- Nagyparcellás permetezés-technológia kísérleteinkben az oldalirányból közepes cseppmérettel permetező Turbo TeeJet Duo fúvóka használata esetén átlagosan 1,4-szer nagyobb vegyszer koncentrációt mértünk a kalászban, mint a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvókánál. A Turbo TeeJet Duo fúvóka a menet irány szerint előre és hátrafelé egyszerre permetező iker fúvóka, amely a függőleges síktól 45°-os szögben érkező közepes cseppméretű permetlésugarakkal oldal irányból éri a kalászokat.

A függőlegetől 60°-ban előre és hátra permetező Turbo FloodJet fúvókával a mérések átlagában változóan, leginkább fajta függően tudtuk növelni a fedettséget és a hatóanyagtartalmat. A nagy cseppméret és a vízszinteshez leginkább közelítő permetezési szög a szálkás fajta esetén, amely a kalászon lévő szálkák segítségével több



permetlécseppet tud összegyűjteni, azonos hatékonyságot mutatott a közepes cseppmérettel oldal irányból permetező fúvókával. Ennél a fúvókánál átlagosan 1,2-szer nagyobb vegyszer koncentrációt mértünk a kalászban, mint a függőlegesen permetező XR TeeJet fúvókánál

A különböző permtezés-technológiákat összehasonlítva a zászlóslevelek levéllemezében, ellentétben a kalással, a legnagyobb hatóanyag koncentrációkat a függőlegesen lefelé permetező XR TeeJet fúvókánál mértük, átlagosan 1,3-szer többet, mint a Turbo TeeJet Duo-nál és 1,6-szer többet, mint a Turbo FloodJet-nél.

A kalászban és a zászlóslevél levéllemezében mért együttes hatóanyag tartalom mennyisége a függőlegesen permetező XR TeeJet és a Turbo TeeJet Duo szórófej esetén kis különbségekkel egyező volt, míg a Turbo FloodJet fúvókánál a harmadával is kevesebb. Tehát a permetezés irányának változtatásával megváltoztatható a hatóanyagok növényen belüli eloszlása, a védeni kívánt kalásokban megnövelhető a hatóanyag tartalom.

A szántóföldi permetezés-technológiakísérletekben a 2010-es erősen járványos évben a kalászfertőzöttség átlagosan 87%-kal a szemfertőzöttség átlagosan 81%-kal és a DON tartalom átlagosan 75%-kal csökkent a gombaölőszeres kezelés után a kezeletlen kontrollhoz képest. A fúvókák közt a fertőzöttség csökkenése szempontjából nem találtunk szignifikáns különbséget. Mindhárom kijuttatási módnál egyaránt igen nagy vegyszerhatékonyságot találtunk.

- A hatóanyagok bomlási kinetikáját vizsgálva megállapítottuk, hogy az üvegházi kísérletekben a protiokonazol-deztio aránya a mintavételi időpontok előre haladtával folyamatosan nőtt a protiokonazolhoz képest, mind a teljes kalász, mind a kalász fél oldalának kezelése és a zászlóslevél levéllemezének kezelése után. A tebukonazol stabilabbnak bizonyult, mivel aránya a kezdeti 1:1 körüli érték után folyamatosan nagyobb volt, mint a protiokonazol és bomlásterméke aránya.

A szántóföldi kísérletekben már a kezelés után 2 órával gyűjtött mintákban is a kimutathatósági érték alatt volt a protiokonazol. Bomlásterméke, a protiokonazol-deztio

mennyisége jóval kevesebb volt a tebukonazolénál, ezért valószínűsíthető, hogy más bomlástermékek is jelen lehettek a növényekben.

A bomlás sebessége a legtöbb esetben első rendű kinetika szerint zajlott. Emellett a néhány esetben előforduló nullad rendű kinetika valószínűleg a mérési idő relatív rövide (8 nap) miatt fordult elő. A szántóföldi kísérletek során a kalászban a prothiokonazol-deztio felezési ideje legkevesebb 1,9 nap, míg a tebukonazol felezési ideje legkevesebb 5,3 nap volt. A zászlóslevél levéllemezében a prothiokonazol-deztio felezési ideje legkevesebb 1,7, míg a tebukonazol felezési ideje legkevesebb 4,8 nap volt. Átlagban tehát, mind a zászlóslevélben, mind a kalászban gyorsabban csökkent a már eleve bomlásterméként jelen levő prothiokonazol-deztio mennyisége, mint a tebukonazolé, a zászlóslevelet és a kalászt összehasonlítva pedig mindkét hatóanyag bomlása gyorsabban ment végbe a zászlóslevélben, mint a kalászban.

A három fajta összehasonlításában mindkét évben, mindkét szervben tapasztalt hatóanyag bomlás szempontjából a GK Fény fajtában volt a leglassúbb a folyamat. Ezek az eredmények egy egészen új hatóanyag-fajta kölcsönhatást jelentenek, amely kihatással lehet a védekezés hatékonyságára is.

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált hatóanyagok nem transzlokálódnak a növény szervei között olyan mértékben, amely jelentősen befolyásolná a hatóanyagok szervek közötti megfelelő eloszlását, ezért a permetszert a védeni kívánt növényi részre kell juttatni a kívánt mennyiségben. A vizsgált hatóanyag kombinációt tartalmazó gombaölőszert kiváló hatékonyságot mutatott a kalászfuzáriózis elleni védelemben, azonban a fajta ellenállóságának is kulcsszerepe van a fertőzőtettség csökkentésében. A termesztési gyakorlatban közepes cseppmérettel oldal irányból permetező fúvókával jelentősebb anyagi ráfordítás nélkül növelhető a kalászok vegyszeres fedettsége, és ez által a kívánt hatóanyag tartalom.

## 8. Summary

In *Fusarium* head blight (FHB) management experiences, prothioconazole and tebuconazole (in 1:1 ratio) were found to be one of the most effective fungicide combinations. Translocation of active ingredients (a.i.) between the ear and flag leaf may contribute to this outstanding effectiveness, since it may decrease the local concentration alterations.

Translocation of a.i. might have a great importance in wheat production because in FHB management, conventionally-used nozzles spray vertically, resulting low ear coverage as well as low a.i. content. The usage of sideward spraying nozzle types may improve the coverage of ears, that have small upper surface and relatively large surface on the sides.

In our experiments, three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars (cv GK Kalász, cv GK Békés and cv GK Fény) were treated with the fungicide containing prothioconazole and tebuconazole in 1:1 ratio. Ear and flag leaf blade samples were collected 2 hours and 2, 4, 8 days after the treatments and a.i. content was measured by HPLC-ESI-MS. Translocation, a.i. content of ears and flag leaf blades after different treatment methods, degradation and efficacy on FHB were the subjects of investigations.

- In greenhouse experiments, after treating the flag leaf blade with the 1:1 mixture of prothioconazole and tebuconazole, there was no detectable prothioconazole acropetally in the ear. During the first 8 days after the treatments, no more than 3.13% prothioconazole-desthio and 0.5% tebuconazole were detected in the ear (to point of total a.i. content as reference). Prothioconazole-desthio was proved to be the most abundant metabolite of prothioconazole.

After ear treatments, 2.8% prothioconazole-desthio and 4.9% tebuconazole were detected basipetally in the flag leaf blade.

After the treatment of the spikelets on the half side of the ear, there was no prothioconazole translocation detected, while 1.1-6.4% prothioconazole-desthio and 2.2-19.8% tebuconazole were found in the flag leaf blades. Translocation between spikelets resulted in a measurement of 7.1-15.5% prothioconazole-desthio and 3.2-9.2% tebuconazole in the non-treated spikelets.

It can be concluded that no significant a.i. translocation of compounds was come to pass. Neither acropetally nor basipetally could have been balance the possible concentration

differences between the ear and flag leaf blade. Only moderate redistribution of a.i. was found between spikelets. The results suggest that prothioconazole and tebuconazole should be sprayed as uniformly as possible into the ears to get the most proper protection.

- In field experiments, when the fungicide was sprayed by hand on small plots, the concentration of a.i. (referred to dry weights) 2 hours after treatment was double in the flag leaf blade compared to the ears, nevertheless total a.i. content was higher in the ear at the same time.

In a very severe epidemic situation, the decrease of symptoms was even more than 40% in a susceptible variety, while at a less severe infection pressure, that is rather typical to wheat production, FHB decreased by more than 80%, the percentage of *Fusarium* damaged kernels (FDK) and deoxynivalenol (DON) content by more than 90%, when the initial content of prothioconazole-desthio was 1.70 ( $\pm 0.41$ )  $\mu\text{g}$  in the ears and of tebuconazole 4.81 ( $\pm 1.43$ )  $\mu\text{g}$ .

- In spraying-technology trials, following the usage of sideward-spraying Turbo TeeJet Duo, a.i. concentration in the ears was 1.4 times higher than after using the vertically-spraying XR TeeJet. Turbo TeeJet Duo is a twin type nozzle with medium sized droplets and 90° between forward and backward streams.

After spraying with Turbo FloodJet nozzles (large droplets, 120° between forward and backward fans) fungicide coverage and a.i. content changed by varieties and were remained unstable. The efficacy of this nozzle type was the same as Turbo TeeJet Duo's, when awned variety was sprayed. Awns can collect more droplets from the nearly horizontally discharged large droplets. After spraying with Turbo FloodJet, a.i. concentration in the ears was 1.2 times higher than after using the vertically-spraying XR TeeJet.

As comparing the the different spraying methods, for a.i. contents in the flag leaf blades after fungicide application, it can be concluded that the highest amount of a.i. was measured after using the vertically spraying XR TeeJet, that was in contrast with the results found in

the ears. A 1.3 times increase occurred than with Turbo TeeJet Duo and 1.6 times increase than with Turbo FloodJet.

Total a.i. content in the overall wheat plants was nearly the same after spraying with XR TeeJet and Turbo TeeJet Duo, while it was much lower after using Turbo FloodJet. By means of changing the direction of spraying, the internal distribution of a.i. could also be changed, and enhanced in the ears.

In the spraying-technology trials what was carried out in 2010 under very severe epidemical conditions, FHB decreased on the average by 87%, FDK decreased by 81% and DON content was reduced by 75% after fungicide spraying. However, there was no significant difference found between the each nozzle types, as for disease decrease, that was very high with all three spraying methods.

- In the greenhouse experiments, the ratio of prothioconazole-desthio increased when the sampling time was lengthened as compared to prothioconazole, after treating the whole ear, the half side of the ear, and the flag leaf blade, respectively. Tebuconazole was proved to be the most stable compound, since its ratio was always higher, after the initial 1:1 ratio at the 2 hours samples, as compared to prothioconazole and its metabolite.

In the field experiments, the amount of prothioconazole was already measured under the detectable limit, 2 hours after spraying. Furthermore the amount of prothioconazole-desthio which was also a metabolite, was much less than of tebuconazole, therefore we supposed the presence of other metabolites.

The speed of degradation of a.i. showed first order kinetics, but in some cases zero order kinetics was better fitted to the degradation curve, the latter probably caused by the relative short (8 days) measurement period. The minimum half-life of prothioconazole-desthio was 1.9 days, that of tebuconazole was 5.3 days in the ears whereas this parameter was 1,7 days for prothioconazole-desthio, and 4,8 days for tebuconazole in the flag leaf blades.

Prothioconazole-desthio content decreased faster than tebuconazole both in the ears and flag leaf blades. Both compound degraded faster in the flag leaf blade than in the ear. Comparing the three cultivars, the degradation of a.i. was the slowest in the GK Fény

variety in both years and plant organs. These results reflect for quite new cultivar effect, that may alter the efficacy of fungicides used.

Based on these results it can be summarised, that prothioconazole, its main metabolite prothioconazole-desthio and tebuconazole do not translocate between ear and flag leaf blade of wheat, after spraying at anthesis in a manner, that could balance the concentration differences among these plant organs. Accordingly, fungicide spray should be directed to the site of protection, namely to the ears, in order to get sufficient control. The tested fungicide decreased FHB symptoms with very good efficacy, but resistance of varieties had also significant effect. In the practice of FHB management, sideward-spraying nozzles with 90° between forward and backward stream, sprayed with medium droplets, will enhance the fungicide coverage of ears as well as their active ingredient content.

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni témavezetőmnek Prof. Dr. Mesterházy Ákosnak, hogy biztosította a Ph.D. disszertációm elkészítéséhez szükséges feltételeket, és hogy szakmai tanácsaival, külföldi és hazai konferenciákon való részvételek biztosításával segítette munkámat és szakmai fejlődésemet.

Köszönetet szeretnék mondani Dr. Erdei László professzor úrnak a Szegedi Tudományegyetem Növénybiológia Tanszék egykori vezetőjének, valamint Dr. Matuz János és Szilágyi László ügyvezető igazgató uraknak, akik támogatták, hogy munkámat a Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. berkein belül végezhessem.

Külön köszönet illeti Dr. Varga Mónikát a Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. analitikai laboratóriumának vezetőjét, aki az analitikai méréseket végezte és pozitív hozzáállásával mindig hasznos tanácsokkal látott el.

Köszönettel tartozom továbbá közvetlen munkatársaimnak: Csányi Annának, Szabó-Hevér Ágnesnek, Becsey Magdolnának, Bán Andrásné Julikának, Zentai Beának szakmai és baráti segítségükért, valamint a tenyészkertben eltöltött sok-sok feledhetetlen óráért.

Köszönet illeti továbbá a Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. Kalászos Gabona Főosztályának munkatársait, valamint a Kiszombor Dénes-majori Termeltetési osztály munkatársait a kísérletek kivitelezésében nyújtott munkájukért.

Hálával tartozom családomnak, barátnőmnek és a barátaimnak, akik tanulmányaim és munkám során támogattak és biztatásukkal segítettek.

## Felhasznált irodalom

- Abramson, D., (1998) Mycotoxin formation and environmental factors. 255-278. In: Sinha K. K. and Bhatnagar, D. (Eds.) Mycotoxins in agriculture and food safety. Marcel Dekker Inc. New York, 511.
- Andersen, A.L., (1948) The development of *Gibberella zeae* head blight of wheat, *Phytopathology* 38 595–611.
- Angioni, A., Del Real, A.A., Russo, M., Melis, M., Cabitza, F. and Cabras, P., (2003) Triazole fungicide degradation in peaches in the field and in model systems. *Food Additives and Contaminants*, 20, 368-374.
- Anonymus, (2006) Az Európai Közösségek Bizottságának 1881/2006/EK számú rendelete az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról. (2006. december 19.)
- Anonymus, (2007) Az Európai Közösségek Bizottságának 1126/2007/EK számú rendelete az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szóló 1881/2006/EK rendeletnek a kukoricában és kukoricakészítményekben előforduló *Fusarium* toxinok tekintetében történő módosításáról. (2007. szeptember 28.)
- Arthur, J.C., (1891) Wheat scab, *Purdue Univ. Agric. Exp. Station Bull.* 36 129–132.
- Atanasoff, D., (1920) *Fusarium* blight (scab) of wheat and other cereals, *J. Agric. Res.* 20 (1) 1–32.
- Audenaert, K., Callewaert, E., Hofte, M., De Saeger, S. and Haesaert, G., (2010) Hydrogen peroxide induced by the fungicide prothioconazole triggers deoxynivalenol (DON) production by *Fusarium graminearum*. *Bmc Microbiology*, 10, 14.
- Augusto, J., and Breneman, T.B., (2011) Assessing Systemicity of Peanut Fungicides Through Bioassay of Plant Tissues with *Sclerotium rolfsii*. *Plant Disease*, 96, 330-337.
- Bauer, H., and Schonherr, J., (1992) Determination of mobilities of organic compounds in plant cuticles and correlation with molar volumes. *Pesticide Science*, 35. 1-11
- Baur, P., Grayson, B.T., and Schonherr, J., (1997) Polydisperse ethoxylated fatty alcohol surfactants as accelerators of cuticular penetration .1. Effects of ethoxy chain length and the size of the penetrants. *Pesticide Science*, 51, 131-152



- Baur, P., Marzouk, H., Schonherr, J., and Bauer, H., (1996) Mobilities of organic compounds in plant cuticles as affected by structure and molar volumes of chemicals and plant species. *Planta*, 199, 404-412
- Baur, P., and Schonherr, J., (1995) Temperature dependence of the diffusion of organic compounds across plant cuticles. *Chemosphere*, 30, 1331-1340
- Becher, R., Hettwer, U., Karlovsky, P., Deising, H.B., and Wirsal, S.G.R., (2010) Adaptation of *Fusarium graminearum* to Tebuconazole Yielded Descendants Diverging for Levels of Fitness, Fungicide Resistance, Virulence, and Mycotoxin Production. *Phytopathology*, 100, 444-453.
- Becker, M., Kerstiens, G., and Schoenherr, J., (1986) Water permeability of plant cuticles: permeance, diffusion and partition coefficients. *Trees-Structure and Function*, 1.
- van Bel, A., J., E., (1990) Xilém-phloem exchange via the rays – the undervalued route of transport. *Journal of experimental botany* 41, 631-644
- Beyer, M., Klix, M.B., Klink, H. and Verreet, J.A., (2006) Quantifying the effects of previous crop, tillage, cultivar and triazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain - a review. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 113, 241-246.
- Blandino M., Minelli L., Reyneri, A., (2006) Strategies for the chemical control of *Fusarium* head blight: Effect on yield, alveographic parameters and deoxynivalenol contamination in winter wheat grain. *European Journal of Agronomy* 25, 193-201.
- Blandino, M., and Reyneri, A., (2009) Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON contamination. *European Journal of Agronomy*, 30, 275-282.
- Boersma, L., Lindstrom, F., T., and Childs, S.W., (1991) Model for steady state coupled transport in xilém and phloem. *Agronomy Journal* 83, 401– 408
- Bottalico, A., and Perrone, G., (2002) Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe *European Journal of Plant Pathology*, 108, 611-624.
- Bukovac, M., J., and Norris, R., F., (1968) Foliar penetration of plant growth substances with special reference to binding by cuticular surfaces of pear leaves, *Agrochimica* 12, 217.
- Bukovac, M., J., and Petrcek, P., D., (1993) Characterizing pesticide and surfactant penetration with isolated plant cuticles. *Pesticide Science*. 37, 179
- Cabras, P., Angioni, A., Garau, V.L., Melis, M., Pirisi, F.M., Minelli, E.V., Cabitza, F. and Cubeddu, M., (1997) Fate of some new fungicides (cyprodinil, fludioxonil, pyrimethanil,

- and tebuconazole) from vine to wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2708-2710.
- Da Silva, M., C., Shelp, B., J., (1990) Xilém-to-phloem transfer of organic nitrogen in young soybean plants. *Plant Physiology* 92, 797–801.
- D'Mello, J.P.F., Macdonald, A.M.C., Postel, D., Dijkma, W.T.P., Dujardin, A. and Placinta, C.M., (1998) Pesticide use and mycotoxin production in *Fusarium* and *Aspergillus* phytopathogens. *European Journal of Plant Pathology*, 104, 741-751.
- Dahmen, H., and Staub, T., (1992) Biological characterization of uptake, translocation, and dissipation of difenoconazole (CGA-169374) in wheat, peanut, and tomato plants. *Plant Disease*, 76, 523-526.
- Deising, H.B., Reimann, S., and Pascholati, S.F., (2008) Mechanisms and significance of fungicide resistance. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 286-295.
- Desjardins, A.E., Proctor, R.H., Bai, G.H., McCormick, S.P., Shaner, G., Buechley, G., and Hohn, T.M., (1996) Reduced virulence of trichothecene-nonproducing mutants of *Gibberella zeae* in wheat field tests. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 9.
- Duveiller, E., Singh, R.P., and Nicol, J.M., (2007) The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica*, 157.
- Edwards, S.G., and Godley, N.P., (2010) Reduction of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol in wheat with early fungicide applications of prothioconazole. *Food Additives and Contaminants Part a-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment*, 27, 629-635.
- Ellner, F.M., (1997) Influence of fungicide treatment on deoxynivalenol content in winter wheat artificially infected with *Fusarium culmorum*. *Cereal Research Communications*, 25, 735-737.
- FAO Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR) 188-189  
[http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/JMPR/Download/94\\_eva/tebucona.pdf](http://www.fao.org/ag/AGP/AGPP/Pesticid/JMPR/Download/94_eva/tebucona.pdf),  
 megnyitva: 2013. 03. 07.-én
- Fenoll, J., Ruiz, E., Hellin, P., Lacasa, A. and Flores, P., (2009) Dissipation rates of insecticides and fungicides in peppers grown in greenhouse and under cold storage conditions. *Food Chemistry*, 113, 727-732.
- Fletcher, R.A., Gilley, A., Sankhla, N., and Davis, T.D., (2000) Triazoles as Plant Growth Regulators and Stress Protectants. in *Horticultural Reviews*, Volume 24, ed. by Janick J, John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK, pp. 55–138.

- Gareis, M., Ceynowa, J., (1994) Influence of the fungicide Matador (tebuconazole and triadimenol) on mycotoxin production by *Fusarium culmorum*. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und –Forschung*, 198:244–248.
- Goswami, R.S., and Kistler, H.C., (2004) Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Mol. Plant Pathol.* 5:515-525. Chen, Z. et al. (2007) *Pseudomonas syringae* type III effector AvrRpt2 alters *Arabidopsis thaliana* auxin physiology. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 104, 20131–20136
- Haas, M., Justus, K., (2004) Metabolism of Prothioconazole (JAU 6476) in animals and plants. *. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 57:207–224
- Haidukowski, M., Visconti, A., Perrone, G., Vanadia, S., Pancaldi, D., Covarelli, L., Balestrazzi, R., and Pascale, M., (2012) Effect of prothioconazole-based fungicides on *Fusarium* head blight, grain yield and deoxynivalenol accumulation in wheat under field conditions. *Phytopathologia Mediterranea*, 51, 236-246.
- Halász Á., Tóth Á., (2011) A hazai őszi búza tételek *Fusarium* fertőzöttsége 2010-ben. *Agro fórum Extra* 41. p 43-46.
- Halley, S., Pederson, J., McMullen, M., Lukach, J., (1999) Sprayer modifications for enhanced control of *Fusarium* head blight with fungicides In: Wagester, J., A., Ward, R., Hart, L., P., Hazen, S., P., Lewis, J., and Borden, H. National *Fusarium* Head Blight Forum 1999 December 5-7 Best Western Ramkota Inn Sioux Falls, South Dakota, 51-52
- Halley, S., Van Ee, G., Hofman, V., Panigrahi, S., and Gu, H., (2004) Effect of application technology parameters spray volume and drop size on fungicide efficacy for control of *Fusarium* head blight. In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J. and Ward, R.W (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Fusarium Head Blight; incorporating the 8th European Fusarium Seminar; 2004, 11-15 December ; Orlando, FL, USA. Michigan State University, East Lansing, MI.* p 306-310
- Halley, S., Van Ee, G., and Hofman, V., (2005) Effect of nozzles on fungicide efficacy for control of *Fusarium* head blight on barley. In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J., Siler L. and Ward, R.W (Eds.), *Proceedings of the 2005 National Fusarium Head Blight Forum 2005, 11-13 December Milwaukee, Wisconsin, USA, Michigan State University,* p 194-195
- Hart, P., Van Ee, G., Ledebuhr, R., (2001) Uniform fungicide trial collaborative study 2001- Michigan State University In Canty, S., M., Lewis, J., Siler, L., and Ward, R., W., 2001 National *Fusarium* Head Blight Forum Proceedings, December 8-10 Cincinnati-Airport Erlanger, KY, 54-56

- Hauser-Hahn, I., Baur P., and Schmitt W., (2004) Prothioconazole - a new dimension DMI. Biochemistry, mode of action, systemic effects. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 57, 237–248.
- Hellpointner, E., Borchers, H., (2004) Behaviour of Prothioconazole (JAU 6476) in the environment. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 57, 163-180
- Homdork, S., Fehrmann, H., and Beck, R., (2000) Effects of field application of tebuconazole on yield, yield components and the mycotoxin content of Fusarium-infected wheat grain. *Journal of Phytopathology-Phytopathologische Zeitschrift*, 148, 1-6.
- Hooker, D.C., Spieser, H., and Schaafsma, A.W., (2004) Effective application of fungicides on wheat heads: What's the best? In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J. and Ward, R.W (Eds.), *Proceedings of the 2nd International Symposium on Fusarium Head Blight; incorporating the 8th European Fusarium Seminar; 2004, 11-15 December ; Orlando, FL, USA. Michigan State University, East Lansing, MI.* p 330
- Hooker, D.C., Spieser, H., and Schaafsma, A.W., (2005) Effective application of fungicides on wheat heads: What's the best? In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J., Siler L. and Ward, R.W (Eds.), *Proceedings of the 2005 National Fusarium Head Blight Forum 2005, 11-13 December Milwaukee, Wisconsin, USA, Michigan State University,* p 209
- Hope, R.J., Colleate, A., Baxter, E.S., Magan, N., (2002) Interactions between environmental stress and fungicides effect growth and mycotoxin production by Fusarium culmorum isolates from wheat grain. *European Journal of Plant Pathology* 108, 685–690.
- Hrubosova-Hrmova, D., Vytrasova, J., and Motkova, P., (2011) Effect of Selected Fungicides on Fusarium Growth and Toxins Production. *Czech Journal of Food Sciences*, 29, S69-S75.
- Hsu, F., C., Kleier, D., A., (1996) Phloem mobility of xenobiotics VIII. A short review *Journal of Experimental Botany*, 47, 1265-1271
- Huang, J.Z., Campbell, R.A., Studens, J.A., and Fleming, R.A., (2000) Absorption and translocation of triclopyr ester in *Populus tremuloides*. *Weed Science*, 48.
- Hutcheon, J.A., and Jordan, V.W.L., (1990) Glasshouse evaluation of fungicides for control of Fusarium spp. on ears of winter-wheat. *Annals of Applied Biology*, 116, 50-51.
- Ioos, R., Belhadj, A., Menez, M., and Faure, A., (2005) The effects of fungicides on Fusarium spp. and *Microdochium nivale* and their associated trichothecene mycotoxins in French naturally-infected cereal grains. *Crop Protection*, 24, 894-902.
- Jautelat, M., Elbe, H.L., et-Buchholz, J., and Etzel, W., (2004) Chemistry of Prothioconazole (JAU6476) *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 57, 145–162.

- Jeger, M.J., Viljanen-Rollinson, S.L.H., (2001) The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars *Theor Appl Genet*, 102, 32–40
- Jyot, G., Arora, P.K., Sahoo, S.K., Singh, B., and Battu, R.S., (2010) Persistence of Trifloxystrobin and Tebuconazole on Grape Leaves, Grape Berries and Soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84, 305-310
- Kang, Z., Buchenauer, H., (2000) Cytology and ultrastructure of the infection of wheat spikes by *Fusarium culmorum*. *Mycol. Res.* 104:1083-1093
- Kang, Z., and Buchenauer, H., (2002) Studies in the infection process of *Fusarium culmorum* in wheat spikes: Degradation of host cell wall components and localization of trichothecene toxins in infected tissue. *European Journal of Plant Pathology* 108:653-660
- Katagi, T., (2004). Photodegradation of pesticides on plant and soil surfaces. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 182, 1-189
- Kaur, S., Takkar, R., Bhardwaj, U., Kumar, R., Battu, R.S., and Singh, B., (2012) Dissipation Kinetics of Trifloxystrobin and Tebuconazole on Wheat Leaves and Their Harvest Time Residues in Wheat Grains and Soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89, 606-610.
- Kleier, D.A., Grayson, B.T., Hsu, F.C., (1998) The phloem mobility of pesticides. *PesticIDE Outlook* 9:26–30
- Klittich, C.J.R., Green, F.R., Ruiz, J.M., Weglarz, T., and Blakeslee, B.A., (2008) Assessment of fungicide systemicity in wheat using LC-MS/MS. *Pest Management Science*, 64, 1267-1277.
- Klix, M.B., Verreet, J.A., and Beyer, M., (2007) Comparison of the declining triazole sensitivity of *Gibberella zeae* and increased sensitivity achieved by advances in triazole fungicide development. *Crop Protection*, 26, 683-690.
- Koch, H.J., Pringas, Ch., Maerlaender, B., (2006): Evaluation of environmental and management effects on *Fusarium* head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat. *European Journal of Agronomy*, 24: 357–366.
- Kuck, K-H., Scheinpflug, H., and Pontzen., R., (1995) DMI fungicides, in *Modern Selective Fungicides: Properties, Applications, Mechanisms of Action*, 2nd edn, ed. by Lyr H, Gustav Fischer Verlag, Jena pp. 205–258.
- Lehoczki-Krsjak, S., Toth, B., Kotai, C., Martonosi, I., Farady, L., Kondrak, L., Szabo-Hever, A., Mesterhazy, A., (2008) Chemical control of FHB in wheat with different nozzle types

- and fungicides 3rd International Symposium on Fusarium head blight Cereal Research Communications. 36 Supp B 2-7 September 2008. p 677-681.
- Lehoczki-Krsjak, S., Szabo-Hever, A., Toth, B., Kotai, C., Bartok, T., Varga, M., Farady, L. and Mesterhazy, A. (2010) Prevention of Fusarium mycotoxin contamination by breeding and fungicide application to wheat. Food Additives and Contaminants Part a-Chemistry Analysis Control Exposure & Risk Assessment, 27, 616-628.
- Lehoczki-Krsjak, Sz, Szabó-Hevér, Á, Mesterházy, Á, (2012) Kalászfuzáriummal szembeni natív rezisztencia azonosítása búzában XVIII. Növénytermesztési Tudományos napok, Budapest, 2012. p 106.
- Leimkübler. W.M., Delk, J.L. and Lenz, C.A. (1985) Metabolism of Folicur(TM) in wheat. Report No. MR94385. Mobay corporation, USA.
- Leonard, KJ., and Bushnell, WR., (2003) Fusarium head blight of wheat and barley. APS Press, St. Paul
- Levandowski, S., and Bushnell, W.R., (2001) Development of Fusarium graminearum on floret surfaces of field-grown barley. Page 128 in 2001 National Fusarium Head Blight Forum, 8-10 December 2001, Erlanger, KY.
- Ma, Q., L., Gan, J., Papiernik, S., K., Becker, J., O., Yates, S., R., (2001) Degradation of soil fumigants as affected by initial concentration and temperature. Journal of Environmental Quality 30, 1278-1286
- Magan, N., Hope, R., Colleate, A. and Baxter, E.S., (2002) Relationship between growth and mycotoxin production by Fusarium species, biocides and environment. European Journal of Plant Pathology, 108, 685-690.
- Mateo, E.M., Valle-Algarra, F.M., Mateo, R., Jimenez, M. and Magan, N., (2011) Effect of fenpropimorph, prochloraz and tebuconazole on growth and production of T-2 and HT-2 toxins by Fusarium langsethiae in oat-based medium. International Journal of Food Microbiology, 151, 289-298.
- Matthies, A., and Buchenauer, H., (2000) Effect of tebuconazole (Folicur (R)) and prochloraz (Sportak (R)) treatments on Fusarium head scab development, yield and deoxynivalenol (DON) content in grains of wheat following artificial inoculation with Fusarium culmorum. Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection, 107, 33-52.
- Matthies, A., Walker, F. and Buchenauer, H., (1999) Interference of selected fungicides, plant growth retardants as well as piperonyl butoxide and 1-aminobenzotriazole in trichothecene production of Fusarium graminearum (strain 4528) in vitro. Zeitschrift Fur

- Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection, 106, 198-212.
- Matthies, A., and Buchenauer, H., (1996) Investigations on the action of different active ingredients on the biosynthesis of mycotoxins in *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum*. In: Lyr H, Russell PE and Sisler HD (eds) *Modern Fungicides and Antifungal Compounds* (pp. 199–204) Intercept Ltd, Andover
- McIntosh, R., A., Wellings, C., R., Park, R., F., (1995) *Wheat rusts an atlas of resistance genes*, Kluwer Academic Publishers, Dodrecht
- McMullen, M., Bergstrom, G., (1999) Chemical & biological control of *Fusarium* head blight 1999 projects and progress In: Wagester, J., A., Ward, R., Hart, L., P., Hazen, S., P., Lewis, J., and Borden, H. *National Fusarium Head Blight Forum 1999 December 5-7 Best Western Ramkota Inn Sioux Falls, South Dakota*, 61-63
- Mesterházy, Á., (1984) *Fusarium* species of wheat in South Hungary, 1970-1983. *Cereal Res. Comm.*, 12:167-170.
- Mesterhazy, A., (1995) Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breeding*, 114, 377-386.
- Mesterházy, Á., Bartók, T., (1996) Control of *Fusarium* head blight of wheat by fungicide and its effect in the toxin contamination of the grains *Pflanzenschutz-Nachr Bayer* 49(2):, 187-205
- Mesterhazy, A., Bartok, T., and Lamper, C., (2003) Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of *Fusarium* head blight. *Plant Disease*, 87, 1107-1115.
- Mesterházy, Á., Rowaished, A.K., (1977) Analysis of symptoms caused by *Fusarium graminearum* Schwabe and its relation to powdery mildew infection in wheat, *Acta Phytopathol. Acad. Scientiarum Hung.* 12 (3–4) 289–301.
- Mesterhazy, A., Tóth, B., Varga, M., Bartók, T., Szabó-Hevér, Á., Farády, L., and Lehoczki-Krsjak, Sz., (2011) Role of Fungicides, Application of Nozzle Types, and the Resistance Level of Wheat Varieties in the Control of *Fusarium* Head Blight and Deoxynivalenol Toxins, 3(11), p 1453-1483.
- Miedaner, T., (1997) Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding*, 116, 201-220.
- Miller, J.D., Culley, J., Fraser, K., Hubbard, S., Meloche, F., Ouellet, T., Seaman, W.L., Seifert, K.A., Turkington, K., and Voldeng, H., (1998) Effect of tillage practice on

- fusarium head blight of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology-Revue Canadienne De Phytopathologie*, 20, 95-103.
- Miller, J.D. and Ewen, M.A., (1997) Toxic effects of deoxynivalenol on ribosomes and tissues of the spring wheat cultivars Frontana and Casavant. *Natural Toxins* 5: 234–237
- Miller, P., C., Lane, A., G., and Wheeler, H., C., (2002) Optimising fungicide application according to crop canopy characteristics in wheat, Project report No. 277
- Milus, E.A., and Parsons, C.E., (1994) Evaluation of foliar fungicides for controlling Fusarium head blight of wheat. *Plant Disease*, 78, 697-699.
- Moss, M.O., and Frank, J.M., (1985) Influence of the fungicide tridemorph on T-2 toxin production by *Fusarium sporotrichioides*. *Transactions of the British Mycological Society*, 84.
- Mullenborn, C., Steiner, U., Ludwig, M., and Oerke, E.C., (2008) Effect of fungicides on the complex of *Fusarium* species and saprophytic fungi colonizing wheat kernels. *European Journal of Plant Pathology*, 120, 157-166.
- Norris, R.F., and Bukovac, M.J., (1972) Effect of pH on penetration of naphthaleneacetic and naphthaleneacetamide through isolated pear leaf cuticle, *Plant Physiology*, 49, 615.
- Parkin, C.S., Miller, P.C.H., Powell, E.S., Orson, J.H., Gill, J., Magan, N. Aldred, D., (2006) Improving the deposition and coverage of fungicides on ears to control Fusarium ear blight and reduce mycotoxins contamination of grain. HGCA Project report 383
- Parry, D.W., Jenkinson, P., and McLeod, L., (1995) Fusarium ear blight (scab) in small-grain cereals – a review. *Plant Pathology*, 44, 207-238.
- Paul, P.A., Lipps, P.E., Hershman, D.E., McMullen, M.P., Draper, M.A., and Madden, L.V., (2007) A quantitative review of tebuconazole effect on fusarium head blight and deoxynivalenol content in wheat. *Phytopathology*, 97, 211-220.
- Paul, P.A., Lipps, P.E., Hershman, D.E., McMullen, M.P., Draper, M.A. and Madden, L.V. (2008) Efficacy of triazole-based fungicides for Fusarium head blight and deoxynivalenol control in wheat: A multivariate meta-analysis. *Phytopathology*, 98, 999-1011.
- Pavlovkin, J., Mistrik, I., Zajcenko, A.M., and Mraz, J., (1986) Effects of mycotoxins on cell membrane of higher plant roots. *Biologia (Bratislava)* 41: 681–686
- Pirgozliev, S.R., Edwards, S.G., Hare, M.C., and Jenkinson, P., (2003) Strategies for the control of Fusarium head blight in cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 731-742.
- Pirgozliev, S.R., Ray, R.V., Edwards, S.G., Hare, M.C., and Jenkinson, P., (2008) Effect of timing of fungicide application on the development of Fusarium head blight and the



- accumulation of deoxynivalenol (DON) in winter wheat grain. Cereal Research Communications, 36, 289-299.
- Placinta, C.M., Donald, A.M.C., DMello, J.P.F.; Harling, R., (1996) The influence of carbendazim on mycotoxin production in *Fusarium sporotrichioides*. Brighton crop protection conference pests & diseases, vol 1-3 pp 415-416.
- Powell, E.S., Orson, J. H., Parkin, C.S., Miller, P.C.H., Aldred, D., Magan, N., (2004) Improving the deposition and coverage of fungicides on ears to control *Fusarium* ear blight and reduce mycotoxins contamination of grain. Aspects of Applied Biology 71, 215-222
- Pritsch, C., Muehlbauer, G. J., Bushnell, W.R., Somers, D.A, and Vance, C.P., (2000) Fungal development and induction of defense response genes during early infection of wheat spikes by *Fusarium graminearum*. Mol. Plant Microbe Interact. 13:159-169
- Proctor, R.H., Hohn, T.M., and McCormick, S.P., (1995) Reduced virulence of *Gibberella zeae* caused by disruption of a trichothecene toxin biosynthetic gene. Molecular Plant-Microbe Interactions, 8.
- Proctor, R.H., Hohn, T.M., and McCormick, S.P., (1997) Restoration of wild-type virulence to Tri5 disruption mutants of *Gibberella zeae* via gene reversion and mutant complementation. Microbiology-Uk, 143.
- Pugh, G.W., Johann, H., Dickson, J.G., (1933) Factors affecting infection of wheat heads by *Gibberella saubinetii*, Journal of Agricultural Research 46 771–797.
- Ramirez, M.L., Chulze, S. and Magan, N., (2004) Impact of environmental factors and fungicides on growth and deoxinivalenol production by *Fusarium graminearum* isolates from Argentinian wheat. Crop Protection, 23.
- Reed, A.N., Curry, E.A. and Williams, M.W., (1988) Uptake, translocation and persistence of triazole growth retardants in plant tissues. Hortscience, 23, 774-774.
- Reed, A.N., Curry, E.A. and Williams, M.W., (1989) Translocation of triazole growth retardants in plant tissues. Journal of the American Society for Horticultural Science, 114, 893-898.
- Ribichich, K.F., Lopez, S.E., and Vegetti, A.C., (2000) Histopathological spikelet changes produced by *Fusarium graminearum* in susceptible and resistant wheat cultivars. Plant Dis. 84:794-802
- Ruden B.E., Draper, M.A., Ruden, K.R., Wittmeier, D.S., and Thompson, S.M., (2004) Fungicide spray deposition on wheat heads from various nozzle concentrations. In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J. and Ward, R.W (Eds.), Proceedings of the 2nd

- International Symposium on Fusarium Head Blight; incorporating the 8th European Fusarium Seminar; 2004, 11-15 December ; Orlando, FL, USA. Michigan State University, East Lansing, MI. p 368
- Ruden B.E., Draper, M.A., Ruden, K.R., Wittmeier, D.S., and Thompson, S.M., (2005) Sprayer nozzle configurations and effects on fungicide spray deposition on wheat heads. In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J., Siler L. and Ward, R.W (Eds.), Proceedings of the 2005 National Fusarium Head Blight Forum 2005, 11-13 December Milwaukee, Wisconsin, USA, Michigan State University, p 230
- Ryckaert, B., Spanoghe, P., Haesaert, G., Heremans, B., Isebaert, S., and Steurbaut, W., (2007) Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. *Crop Protection*, 26, 1589-1594.
- Ryckaert, B., Spanoghe, P., Heremans, B., Haesaert, G., and Steurbaut, W., (2008) Possibilities to use tank-mix adjuvants for better fungicide spreading on triticale ears. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8041-8044.
- Sahoo, S.K., Jyot, G., Battu, R.S., Singh, B., (2012) Dissipation kinetics of trifloxystrobin and tebuconazole on chili and soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 88, 368-371.
- Satchivi, N.M., Stoller, E.W., Wax, L.M., and Briskin, D.P., (2000) A nonlinear dynamic simulation model for xenobiotic transport and whole plant allocation following foliar application - I. Conceptual foundation for model development. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 68, 67-84.
- Schaafsma, A.W., Tamburic-Ilinic, L., Miller, J.D., and Hooker, D.C., (2001) Agronomic considerations for reducing deoxynivalenol in wheat grain. *Canadian Journal of Plant Pathology-Revues Canadiennes De Phytopathologie*, 23, 279-285.
- Schreiber, L., (2005) Polar paths of diffusion across plant cuticles: new evidence for an old hypothesis. *Annals of Botany* 95, 1069–1073
- Schroeder, H.W., Christensen, J.J., (1963) Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*, *Phytopathology* 53 831–838.
- Schönherr, J., (1976) Naphthaleneacetic acid permeability of citrus leaf cuticle, *Biochemie und Physiologie der Pflanzen*, 170, 309.
- Siranidou, E., and Buchenauer, H., (2001) Chemical control of Fusarium head blight on wheat. *Zeitschrift Fur Pflanzenkrankheiten Und Pflanzenschutz-Journal of Plant Diseases and Protection*, 108, 231-243.

- Snijders, C.H.A., (2004) Resistance in wheat to *Fusarium* infection and trichothecene formation. *Toxicology Letters*, 153, 37-46.
- Snijders, C. H. A., (1994) Breeding for resistance to *Fusarium* in wheat and maize. Pages 37-58 in: *Mycotoxins in Grain: Compounds other than aflatoxin*. J. D. Miller and H. L. Trenholm, eds. Eagan Press, St. Paul, MN.
- Stack, R., W., (1989) A comparison of the inoculum potential of ascospores and conidia of *Gibberella zeae*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 11:137-142.
- Strange, R.N., and Smith, H., (1971) A fungal growth stimulant in anthers which predisposes wheat to attack by *Fusarium graminearum*. *Physiol. Plant. Pathol.* 1:141-150
- Strange, R.N., Deramo, A., and Smith, H., (1978) Virulence enhancement of *Fusarium graminearum* by choline and betaine and of *Botrytis cinerea* by other constituents of wheat germ. *Transactions of the British Mycological Society*, 70, 201-207.
- Suty-Heinze, A., and Dutzmann, S., (2004) *Fusarium* head blight: an additional strength of Prothioconazole. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 57, 265–282.
- Takegami, S., and Sasai, K., (1970) Studies on resistance of wheat varieties to scab (*Gibberella zeae* (Schw.) Petch.). The improved method of inoculation by either conidiospores or hyphae of the scab cultures on potato agar medium. *Proceedings of Crop Science Society Japan* 39:1-6.
- Tóth, Á., (2009) A hazai búzamagtételek fuzáriumos fertőzöttségének alakulása az utóbbi években. *Mezőhír* 2009/9, 44-47.
- Trail, F., (2009) For Blighted Waves of Grain: *Fusarium graminearum* in the Postgenomics Era *Plantphysiol* 149, 103-110
- Tsuda, M., Itoh, H., and Kato, S., (2004a) Evaluation of the systemic activity of simeconazole in comparison with that of other DMI fungicides. *Pest Management Science*, 60, 875-880.
- Tsuda, M., Itoh, H. and Kato, S. (2004b) Systemic activity of simeconazole and its derivatives in plants. *Pest Management Science*, 60, 881-886.
- Tu, D.S., (1950) Factors affecting the reaction of wheat varieties to head blight infection caused by *Gibberella zeae*. Phd. Thesis. Ohio State University, Columbus, OH. 115 pp.
- Vajs, S., Leskosek, G., Simoncic, A., and Lesnik, M., (2008) Comparison of the effectiveness of standard and drift-reducing nozzles for control of some winter wheat diseases. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 115, 23-31.
- Wang, C.J., and Liu, Z.Q., (2007) Foliar uptake of pesticides - Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87, 1-8.

- Wang, X.Q., Wang, X.S., Zhang, H., Wu, C.X., Wang, X.Y., Xu, H., Wang, X.F. and Li, Z. (2012) Enantioselective degradation of tebuconazole in cabbage, cucumber, and soils. *Chirality*, 24, 104-111.
- Wegulo, S.N., Bockus, W.W., Nopsa, J.H., De Wolf, E.D., Eskridge, K.M., Peiris, K.H.S., and Dowell, F.E., (2011) Effects of Integrating Cultivar Resistance and Fungicide Application on Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol in Winter Wheat. *Plant Disease*, 95, 554-560.
- Willyerd, K.T., Li, C., Madden, L.V., Bradley, C.A., Bergstrom, G.C., Sweets, L.E., McMullen, M., Ransom, J.K., Grybauskas, A., Osborne, L., Wegulo, S.N., Hershman, D.E., Wise, K., Bockus, W.W., Groth, D., Dill-Macky, R., Milus, E., Esker, P.D., Waxman, K.D., Adee, E.A., Ebelhar, S.E., Young, B.G. and Paul, P.A. (2012) Efficacy and Stability of Integrating Fungicide and Cultivar Resistance to Manage Fusarium Head Blight and Deoxynivalenol in Wheat. *Plant Disease*, 96, 957-967.
- Wolf, T.M., Caldwell, B.C., (2004) Evaluation of double nozzle spray deposits on vertical targets. *Aspects of Applied Biology* 71, 99-106
- Wollenweber, H.W., Reinking, O.A., (1935) *Die Fusarien, ihre Beschreibung, Schadwirkung und Bekämpfung*. Paul Parey, Berlin, pp. 355.
- Zadoks, J., C., Chang, T., T., Konzak, C., F., (1974) A decimal code for the growth stages of cereals *Weed Research* 14, 415-421.
- Zhang, W.H., Zhou, Y.C., Dibley, K.E., Tyerman, S.D., Furbank, R.T. and Patrick, J.W. (2007) Nutrient loading of developing seeds. *Functional Plant Biology*, 34, 314-331.
- Zhang, Y.J., Fan, P.S., Zhang, X., Chen, C.J. and Zhou, M.G., (2009) Quantification of *Fusarium graminearum* in Harvested Grain by Real-Time Polymerase Chain Reaction to Assess Efficacies of Fungicides on Fusarium Head Blight, Deoxynivalenol Contamination, and Yield of Winter Wheat. *Phytopathology*, 99, 95-100.

## Melléklet

### Tudományos közlemények jegyzéke

#### Folyóiratcikk idegen nyelvű folyóiratban:

Lehoczki-Krsjak Sz., Varga M., Szabó-Hevér Á., Mesterházy Á. Translocation and degradation of tebuconazole and prothioconazole in wheat following fungicide treatment at flowering *Pest Management Science* DOI 10.1002/ps.3486 (In press)

(IF: 2,251)

Szabó-Hevér Á., Lehoczki-Krsjak S., Tóth B., Purnhauser L., Buerstmayr H., Steiner B., Mesterházy Á. Identification and validation of fusarium head blight and *Fusarium*-damaged kernel QTL in a Frontana/Remus DH mapping population *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2012. 34(2) p 224-238

(IF: 0,982)

Ákos Mesterhazy, Beáta Tóth, Mónika Varga, Tibor Bartók, Ágnes Szabó-Hevér, László Farády and Szabolcs Lehoczki-Krsjak (2011) Role of Fungicides, Application of Nozzle Types, and the Resistance Level of Wheat Varieties in the Control of *Fusarium* Head Blight and Deoxynivalenol *Toxins*, 2011. 3(11), p 1453-1483.

Lehoczki-Krsjak Sz., Szabó-Hevér Á., Tóth B., Kótai Cs., Bartók T., Varga M, Farády L. and Mesterházy Á. (2010) .Prevention of Fusarium mycotoxin contamination by breeding and fungicide application in wheat *Food Additives and Conaminants A*; Volume 27, Issue 5 May 2010. p 616 – 628

(IF: 2,230)

Mesterhazy A, Toth B, Szabo-Hever A, Varga J, Lehoczki-Krsjak S.. Node infection caused by *Fusarium graminearum* in wheat *Cereal Research Communications*, 2008. 36: p 471-475.

#### Tudományos folyóiratban megjelent konferencia cikkek

Lehoczki-Krsjak S., Toth B, Kotai C, Martonosi I, Farady L, Kondrak L, Szabo-Hever A, Mesterhazy A. Chemical control of FHB in wheat with different nozzle types and fungicides 3rd International Symposium on Fusarium head blight *Cereal Research Communications*. 36 Supp B 2-7 September 2008. p 677-681.

Szabo-Hever A, Toth B, Lehoczki-Krsjak S., Mesterhazy A. Mapping of FHB resistance QTLs in the Mini Mano/Frontana and Frontana/Remus DH populations. 3rd International Symposium on Fusarium head blight *Cereal Research Communications*, 36 Supp B 2-7 September 2008. pp. 271-275.

Beáta Tóth, János Varga, Ágnes Szabó-Hevér, Szabolcs Lehoczki-Krsjak, Ákos Mesterházy Reproductive mode of central European *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* populations 3rd International Symposium on Fusarium head blight *Cereal Research Communications*, 36 Supp B 2-7 September 2008. p 625-629.

Mesterházy Á, Buerstmayr H, Tóth B, Lehoczki-Krsjak Sz, Szabó-Hevér Á, Lemmens M. An improved strategy for breeding FHB resistant wheat must include Type I resistance. Proc. Of the 5th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight, Delta Winnipeg. Winnipeg, Canada, 28-30 december 2007. p 51-66.

#### **Előadások:**

##### **Idegen nyelven**

Ákos Mesterházy, Sz. Lehoczki-Krsjak, A. Szabó-Hevér, L. Cseuz, B. Tóth, and M. Lemmens Novel results in reducing *Fusarium* head blight (FHB) and don in wheat by integrating resistance, updated fungicide technology and agronomy skill. Proceedings of the 4th International Symposium on Fusarium Head Blight, Nanjing, China August 23-26, 2012. p 101.

Szabó-Hevér Á., Skinnes H., Chao S., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Molecular mapping of Fusarium resistance in the Japanese wheat cultivar Nobeoka Bozu. International Conference on „Molecular Mapping & Marker Assisted Selection” Vienna, Austria, 8-11 February 2012. p 18

Mesterhazy, B. Toth, S. Lehoczki-Krsjak, A Szabo-Hever, L. Cseuz and P. Hertelendy Breeding wheat to resistance against FHB in wheat, concepts, methods and results. A. 7th Canadian Workshop On Fusarium Head Blight. Winnipeg, Canada, 27-30 November 2011. p 73.

Mesterházy Á., Szabó-Hevér Á, Varga M., Tóth B. Kótai C., Lehoczki-Krsjak S.. Influence of new fungicide spraying technologies on the DON contamination of wheat Reduction of Mycotoxins in Production Chains of EU and Russia: Modern Investigations and Practical features International Workshop Moscow, Russia, 9-10 June 2011. p 39-40.

Mesterházy Á., Lehoczki-Krsjak S., Szabó-hevér A., Tóth B., Varga M., Farády L., Kótai Cs. Role of Resistance and Fungicide Use in Preventing Mycotoxin Contamination of Cereal Commodities. VI. Proceedings of the 16th International Reinhardtsbrunn Symposium: Modern Fungicides and Antifungal Compounds. Friedrichroda, Germany, 25-29 April 2010. pp. 389-400.

Ágnes Szabó-Hevér, Szabolcs Lehoczki-Krsjak, Beáta Tóth, János Pauk, Csaba Lantos, Shiaoman Chao and Ákos Mesterhazy Identification of Fusarium QTL in different wheat resistance sources and their significance for breeding. 1st Congress of Cereal Biotechnology and Breeding Szeged, Hungary, 24-17 May 2011. p 28-29.

Akos Mesterhazy, Ágnes Szabó-Hevér, Beáta Tóth, Mónika Varga, Csaba Kótai, Imre Martonosi, Szabolcs Lehoczki-Krsjak Role of resistance and chemical control of FHB to prevent mycotoxin contamination in wheat. Mycotoxicological Risks in Mediterranean Countries Cairo, Egypt, 25-27 October 2010. p 60-61.

Akos Mesterhazy, Ágnes Szabó-Hevér, Beáta Tóth, Csaba Kótai, Imre Martonosi, Szabolcs Lehoczki-Krsjak Role of resistance and chemical control of FHB to prevent mycotoxin contamination in wheat. 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar Warsaw, Poland, 20-23 September 2010. p 105-106.

Szabo-Hever A., Lehoczki-Krsjak Sz., Toth B., Mesterhazy A. Mapping small and medium effective *Fusarium* resistance QTL in Frontana depopulations 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar Warsaw, Poland, 20-23 September 2010. p 89-90.

Lehoczki-Krsjak Sz., Varga, M., Szabó-Hevér, Á., Mesterházy, Á Quantification of fungicide translocation in wheat for tebuconazole and prothioconazole. 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar Warsaw, Poland 20-23 September 2010. p 119-120.

Mesterházy Ákos, Tóth B, Lehoczki-Krsjak Sz., Szabó-Hevér Ágnes Theoretical, biological and methodical background of resistance testing against Fusarium head blight in wheat. Mycored Workshop for variety registration in cereals for Fusarium resistance. Szeged, Magyarország, 23-24 March 2010. pp. 10-11.

Lehoczki-Krsjak S., Szabo-Hever A, Mesterhazy A. Evaluation of pyramided Fusarium resistance QTL-s in wheat. International Life Sciences Student's Conference Kyiv, Ukraine, 19-23 August 2009. p 64.

Szabo-Hever A, Toth B, Lehoczki-Krsjak S., Mesterhazy A. Validating the small and medium effective Fusarium resistance loci in the Frontana mapping populations. International Life Sciences Student's Conference Kyiv, Ukraine, 19-23 August 2009. p 48.

Lehoczki-Krsjak S. Tóth B, Szabo-Hever A, Mesterhazy A *Fusarium* head blight evaluation of Hungarian wheat varieties. International Life Sciences Student's Conference Warsaw, Poland, 10-14 September 2008. p 42.

## **Magyar nyelven**

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Tóth Beáta, Szabó-Hevér Ágnes, Mesterházy Ákos: A kalászfuzárium ellenállóság ismételtetősége egy négyéves fajtakísérlet keretében XV. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. március 17. Hagyomány és haladás a növénynemesítésben. p. 297-301.

Mesterházy Á, Lehoczki-Krsjak Sz., Tóth B, Szabó-Hevér Á, Bartók T, Varga M. Rezisztencianemesítési modellek értékelése búzában kalászfuzáriummal szemben. XV. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. március 17. Hagyomány és haladás a növénynemesítésben. p. 327-331.



Szabó-Hevér Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak Sz., Mesterházy Á. Kis és közepes hatású fuzárium rezisztencia QTL-ek validálási problémái. XV. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. március 17. Hagyomány és haladás a növénynemesítésben. p. 442-446.

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Varga Mónika, Szabó-Hevér Ágnes, Mesterházy Ákos Tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok transzlokációjának és mennyiségének vizsgálata különböző fűvőkákkal végzett permetezés esetén. 58. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2012. február 21-22. p 32.

Szabó-Hevér Ágnes, Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Mesterházy Ákos Nobeoka Bozu rezisztencia hátterének vizsgálata a Ringo Star//Mini Manó/Nobeoka Bozu/3/Avle DH populációban. XVII. Növénynemesítési Tudományos Napok, Budapest, 2011. április 27. p 48.

Mesterházy Ákos, Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Szabó-Hevér Ágnes, Varga Mónika, Tóth Beáta, Marc Lemmens Kalászfuzáriummal szembeni mesterséges inokulációs módszerek összehasonlítása búzában. XVII. Növénynemesítési Tudományos Napok, Budapest, 2011. április 27. p 61.

Mesterházy Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Purnhauser L., Csősz M., Szabó-Hevér Á., Bartók T., Varga M., Gabonafélék rezisztenciára nemesítése betegségekkel szemben. XVI. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest, 2010. március 11. p. 15

Lehoczki-Krsjak Sz., Tóth B, Kótai Cs, Martonosi I, Kondrák L, Farády L, Szabó-Hevér Á, Kászonyi K, Mesterházy Á. Fungicidtechnológiai fejlesztések kalászfuzárium ellen. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, 2009. február 23-24. p. 28.

Szabó-Hevér Á., Tóth B, Lehoczki-Krsjak Sz., Mesterházy Á. Fusarium rezisztenciáért felelős QTL-ek kutatása Frontana-Remus és Mini Manó/Frontana térképező populációkban. XIV. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest, 2008. március 12. p. 25.

Mesterházy Á, Hertelendy P, Gergely L, Tóth B, Bartók T, Varga M, Szekeres A, Lehoczki-Krsjak Sz, Szabó-Hevér Á. A kalászfuzárium elleni rezisztencia, mint lehetséges fajtaminősítő tulajdonság. XIV. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, 2008. március 12. p. 32.

Szabó-Hevér Á, Tóth B, Kászonyi G, Lehoczki-Krsjak Sz, Mesterházy Á. Fusarium rezisztenciáért felelős QTL-ek kutatása a Frontana-Remus térképező populációban. XIII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, 2007. március 12. p. 40.

Kászonyi G, Tóth B, Mesterházy Á, Szabó-Hevér Á, Lehoczki-Krsjak Sz, Lemmens M, Bürstmayr H. Kalászfuzárium rezisztencia QTL analízise a Frontana/Remus populációban. XII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, 2006. március 7-8. p. 53.

#### **Posztterek:**

#### **Idegen nyelven**

Á. Szabó-Hevér, S. Chao, H. Skinner, S. Lehoczki-Krsjak and Á. Mesterházy Mapping of *Fusarium* resistance QTL in the Japanese wheat cultivar Nobeoka bozu. Proceedings of the 4th International Symposium on Fusarium Head Blight, Nanjing, China August 23-26, 2012. p 51.

Szabolcs Lehoczki-Krsjak, Mónika Varga, and Ákos Mesterházy Active ingredient content and ear coverage after spraying wheat with different nozzle types. Proceedings of the 4th International Symposium on Fusarium Head Blight, Nanjing, China August 23-26, 2012. p 89.

Szabolcs Lehoczki-Krsjak, Mónika Varga, Ágnes Szabó-Hevér, and Ákos Mesterházy Translocation and degradation of tebuconazole and prothioconazole in wheat during flowering. Proceedings of the 4th International Symposium on Fusarium Head Blight, Nanjing, China August 23-26, 2012. p 90

Mária Csősz, Szabolcs Lehoczki-Krsjak, Csaba Lantos, Beáta Tóth, János Pauk, Doris Kophanke, Éva Kótai, Jana Palicova, Alana Hanzalova, József Bakonyi, Eric Huttner, László

Purnhauser. Identification of QTLs for tan spot resistance in dihaploid lines of wheat 19th General Congress of EUCARPIA, Budapest, Hungary, 21-24 May 2012. p 401.

Mesterházy, Á., Tóth, B., Lehoczki-Krsjak, Sz., Szabó-Hevér, Á., Cseuz, L., Hertelendy, P. Progress in breeding wheat to resistance against FHB in wheat, concepts, methods and results. 19th General Congress of EUCARPIA, Budapest, Hungary, 21-24 May 2012. p. 403.

Sz. Lehoczki-Krsjak, M. Varga, Á. Szabó-Hevér, and Á. Mesterházy Active ingredient content and ear coverage after spraying wheat with different nozzle types. 7th Canadian Workshop On Fusarium Head Blight. Winnipeg, Canada 27-30 November 2011. p 89.

A. Szabo-Hever, S. Chao, Q. Lu, H. Skinnes, Sz. Lehoczki-Krsjak and Mesterhazy A. Molecular mapping of Fusarium resistance in the Japanese wheat cultivar Nobeoka Bozu. 7th Canadian Workshop On Fusarium Head Blight. Winnipeg, Canada 27-30 November 2011. p 97.

Szabolcs Lehoczki-Krsjak, Ágnes Szabó-Hevér, Beáta Tóth, Mónika Varga, Tibor Bartók, Ákos Mesterházy Fusarium head blight evaluation of Hungarian wheat varieties in a four year's experiment. Workshop for variety registration in cereals for Fusarium resistance in EU, Szeged, Hungary 23-24 March 2010. p 29-30.

Szabó-Hevér Á, Tóth B, Lehoczki-Krsjak Sz., Buerstmayr H, Lemmens H, Mesterházy Á. Comparative analysis of FHB QTLs in the Mini Mano/Frontana and the Frontana/Remus DH populations. Proc. of the 2007 National Fusarium Head Blight Forum. Kansas, USA, 2-4 December 2007. p. 64.

Mesterházy A, Szabó-Hevér Á, Tóth B, Kászonyi G, Lehoczki-Krsjak Sz. Putative FHB resistance components resistane to kernel infection and tolerance in the SSRWW Nursery, 2005-2007. Proc. of the 2007 National Fusarium Head Blight Forum. Kansas, USA, 2-4 December 2007. p. 211.

**Magyar nyelven**

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Szabó-Hevér Ágnes, Mesterházy Ákos Kalászfuzáriummal szembeni natív rezisztencia azonosítása búzában XVIII. Növénynemesítési Tudományos napok, Budapest, 2012. március 6. p 106.

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Szabó-Hevér Ágnes, Varga Mónika, Tóth Beáta, Mesterházy Ákos Fuzárium rezisztencia QTL-ek piramidálása és hatása egy előnemesített populációban XVII. Növénynemesítési Tudományos napok, Budapest, 2011. április 27. p. 138.

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Varga Mónika, Mesterházy Ákos Tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok transzlokációjának vizsgálata búzában. 57. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2011. február 21-22. p 69

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Varga Mónika, Mesterházy Ákos Tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok mennyiségének vizsgálata különböző fűvókákkal végzett permetezés esetén. 57. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, 2011. február 21-22. p 70

Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Szabó-Hevér Ágnes, Tóth Beáta, Mesterházy Ákos Fusarium rezisztencia QTL-ek azonosítása a Ságvári/Nobeoka Bozu//Mini Manó/Sumai3 előnemesített térképező populációban XVI. Növénynemesítési Tudományos Napok, Budapest, 2010. március 11. p 94.

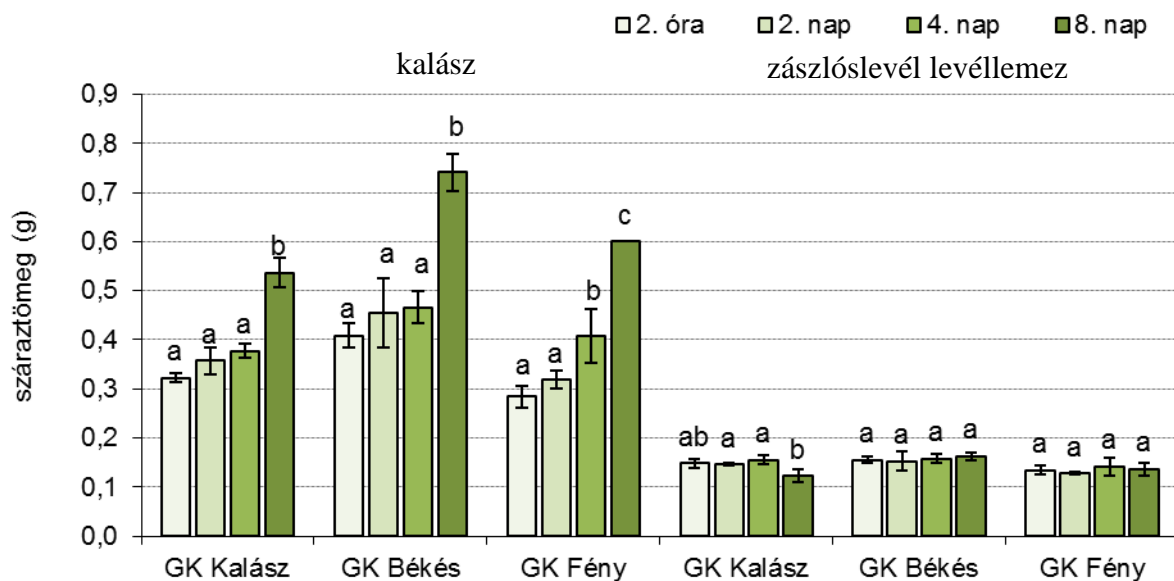
Szabó-Hevér A, Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Egy hazai Fusarium graminearum populáció agresszivitási tesztjének vizsgálata. XVI. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2010. március 11. p.127.

#### **Folyóiratcikk magyar nyelvű folyóiratban:**

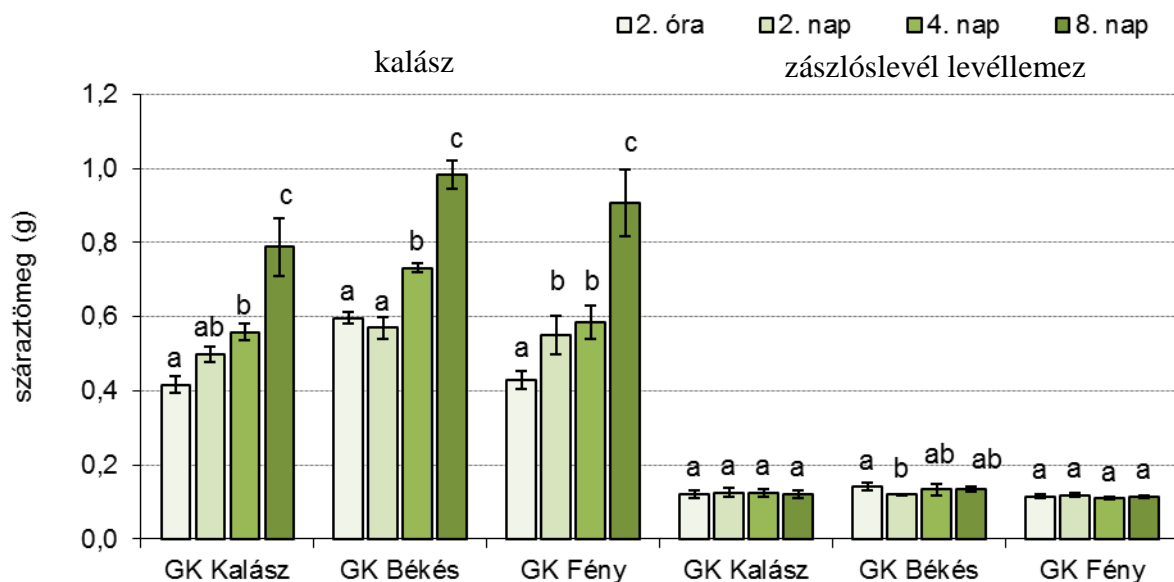
Szabó-Hevér Ágnes, Lehoczki-Krsjak Szabolcs, Tóth Beáta, Pauk János, Lantos Csaba, Purnhauser László, Mesterházy Ákos Fusarium rezisztencia molekuláris vizsgálata Frontana térképező populációkban *Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle* 2011. vol. 6. (2): p174-185

Kaszonyi G, Kotai Cs, Martonosi I, Bartok T, Lehoczki-Krsjak Sz, Szabo-Hever A, Toth B, Veha A, Mesterhazy A. Fungicid kijuttatási technológiafejlesztés és összehasonlítás a búza kalászfuzáriózisa ellen. *Növényvédelem* 2008. 44: p. 39-45.

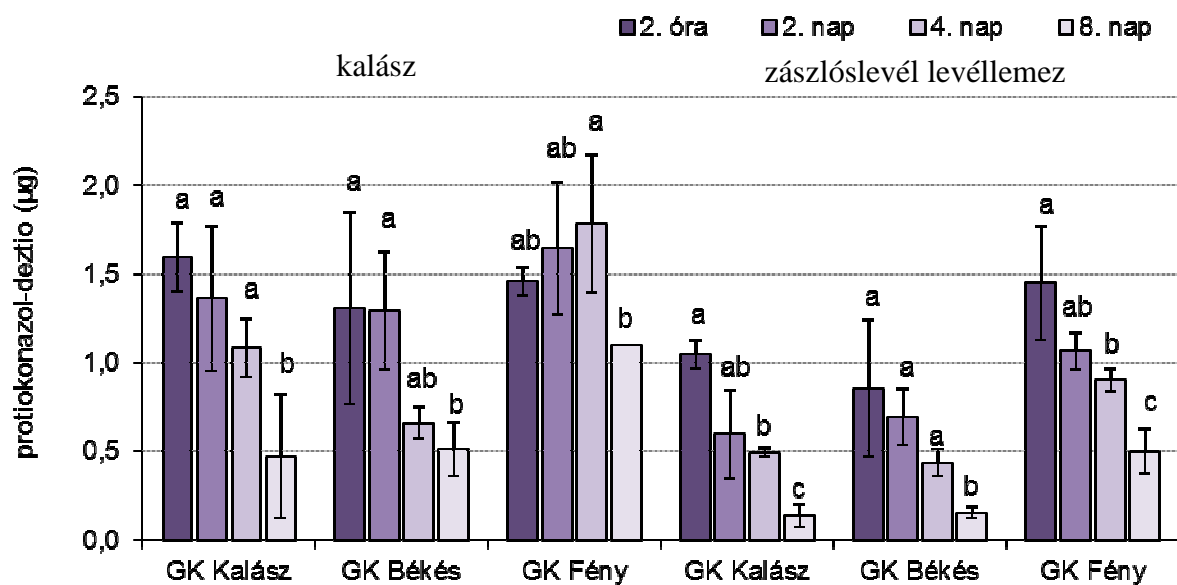
## Szántóföldi kísérletek részletes évenkénti eredményei



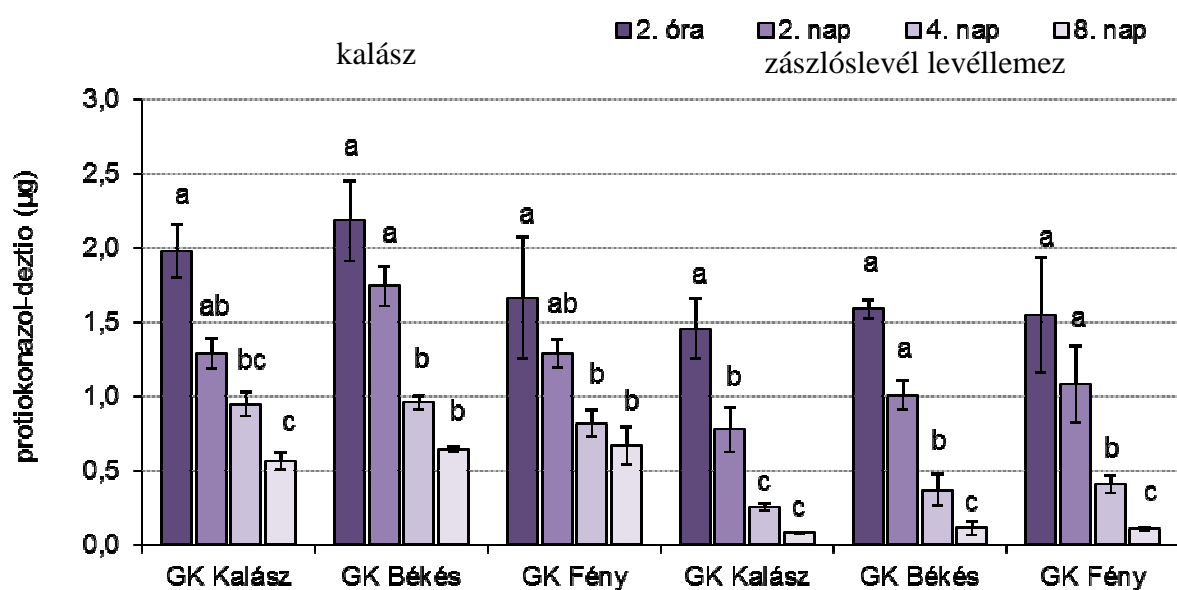
M1. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a vizsgált fajtákban, Kecskés, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek között szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



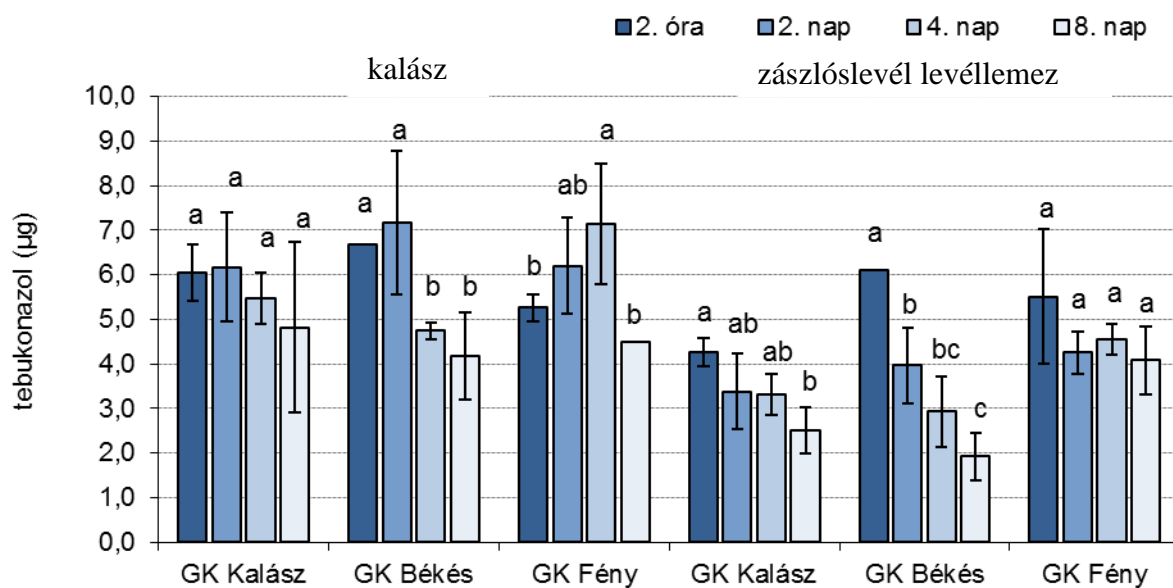
M2. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a vizsgált fajtákban, Kecskés, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek között szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



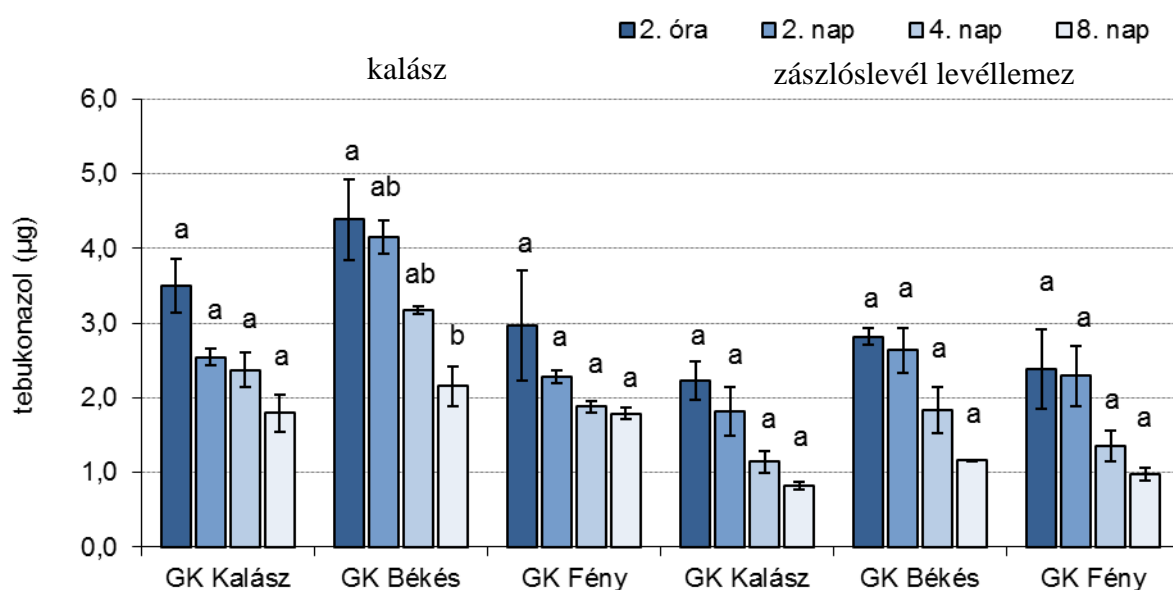
M3. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protioconazol-dezthio tartalmának alakulása a vizsgált fajtákban, Kecskés, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



M4. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protioconazol-dezthio tartalmának alakulása a vizsgált fajtákban, Kecskés, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.

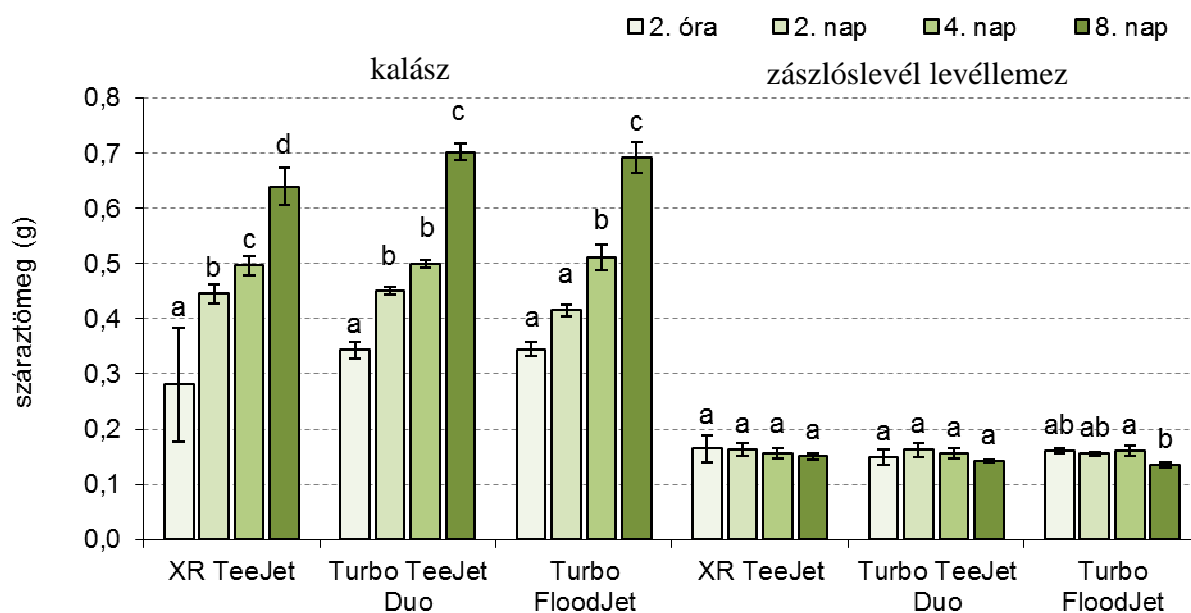


M5. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a vizsgált fajtákban, Kecskés, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van P = 5% szinten a Bonferroni korrekció alapján.

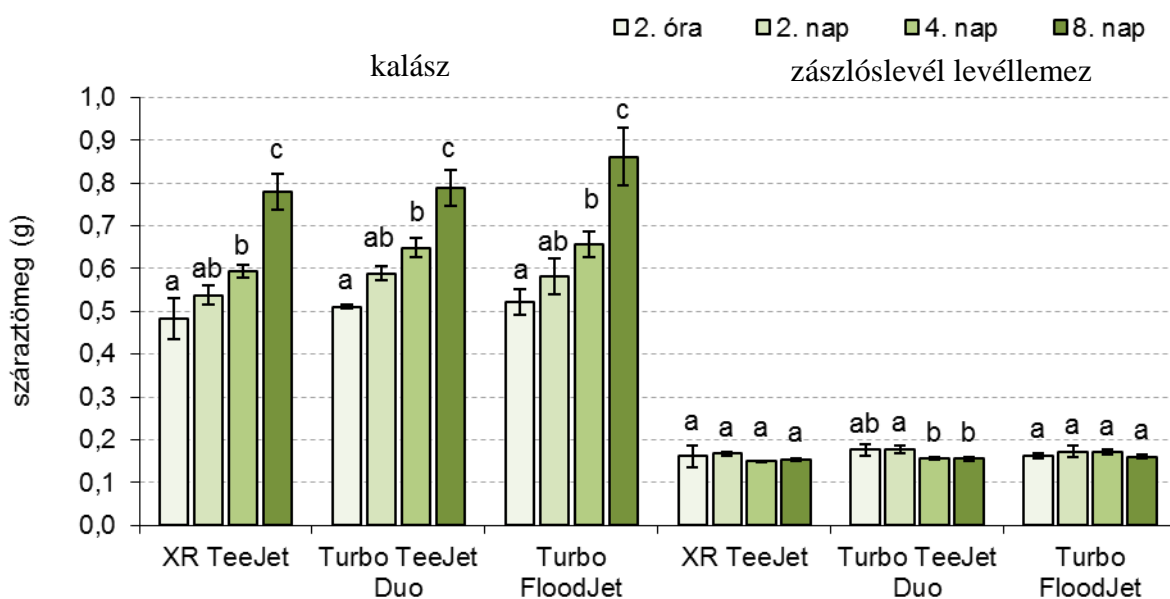


M6. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a vizsgált fajtákban, Kecskés, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van P = 5% szinten a Bonferroni korrekció alapján.

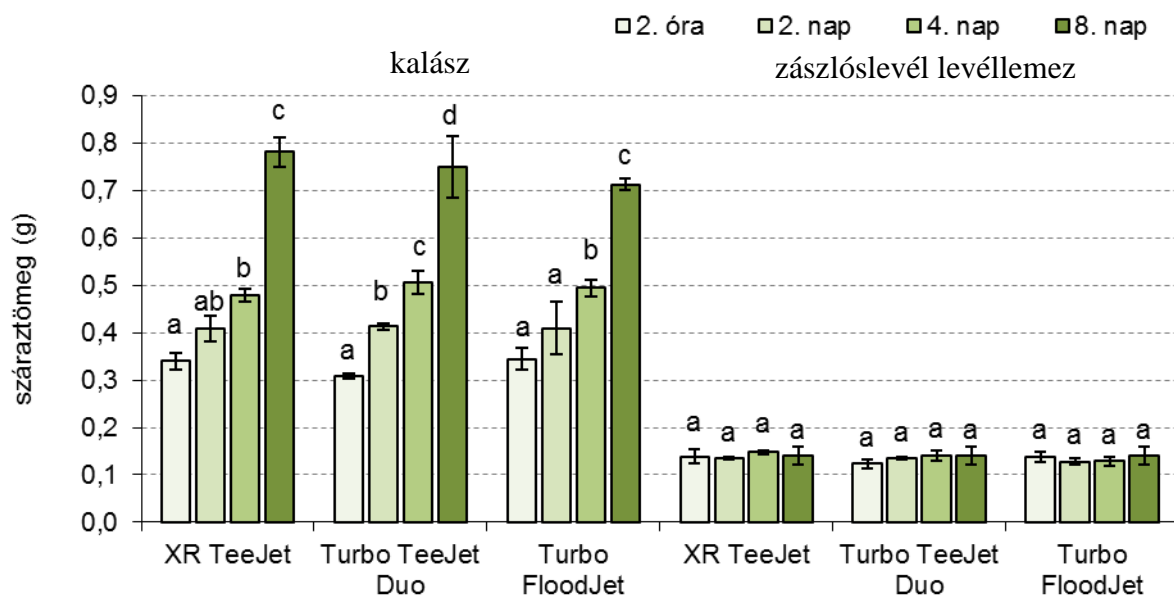




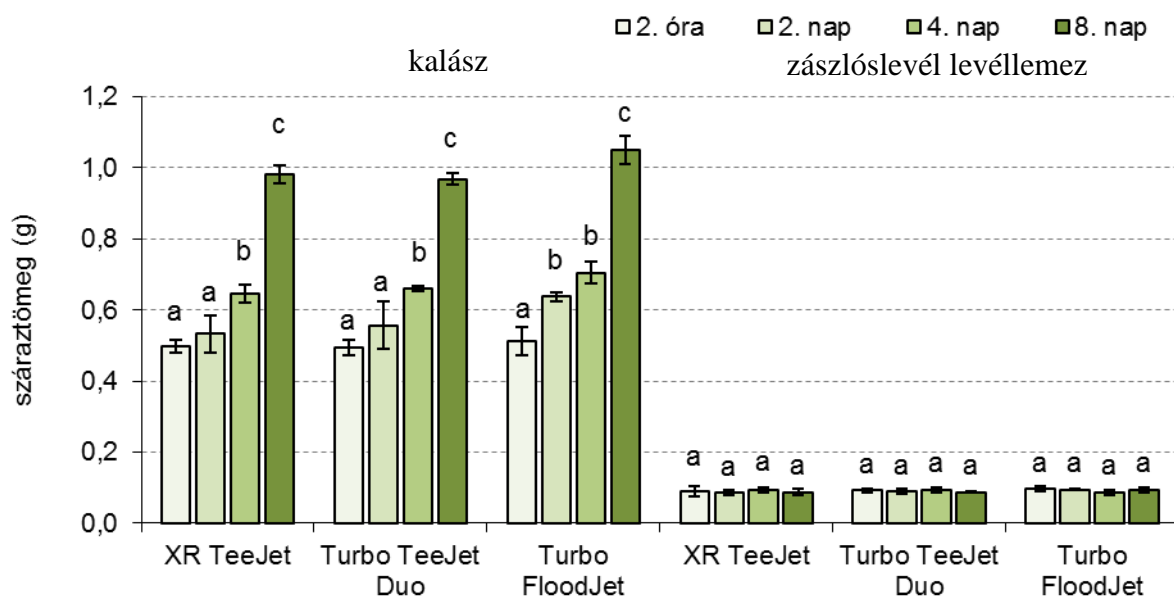
M7. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a GK Kalász fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



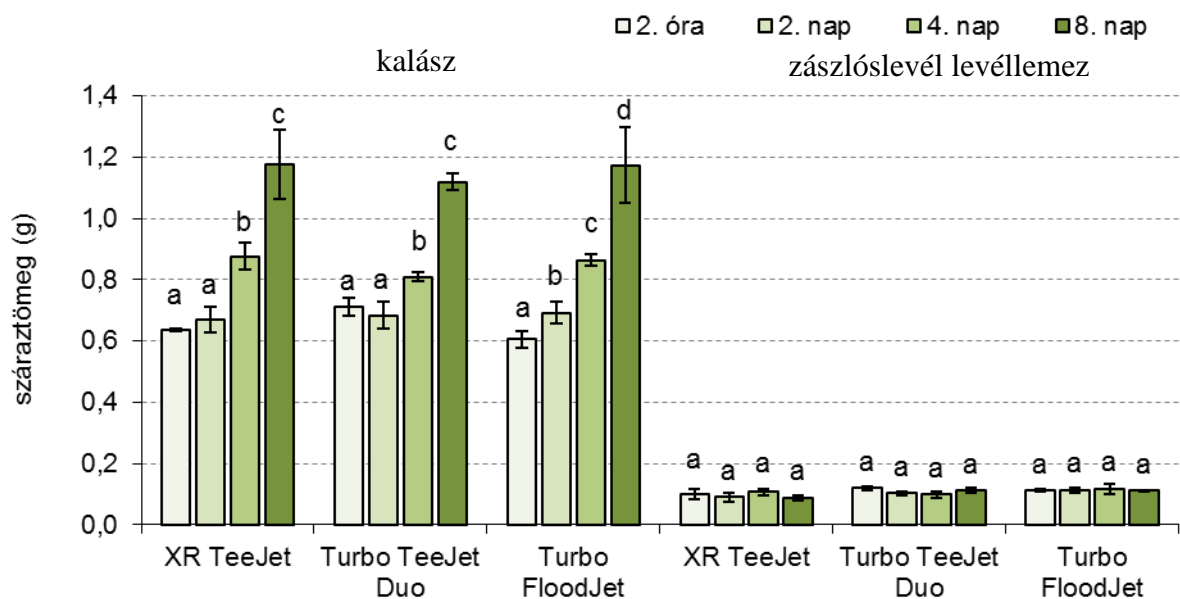
M8. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a GK Békés fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



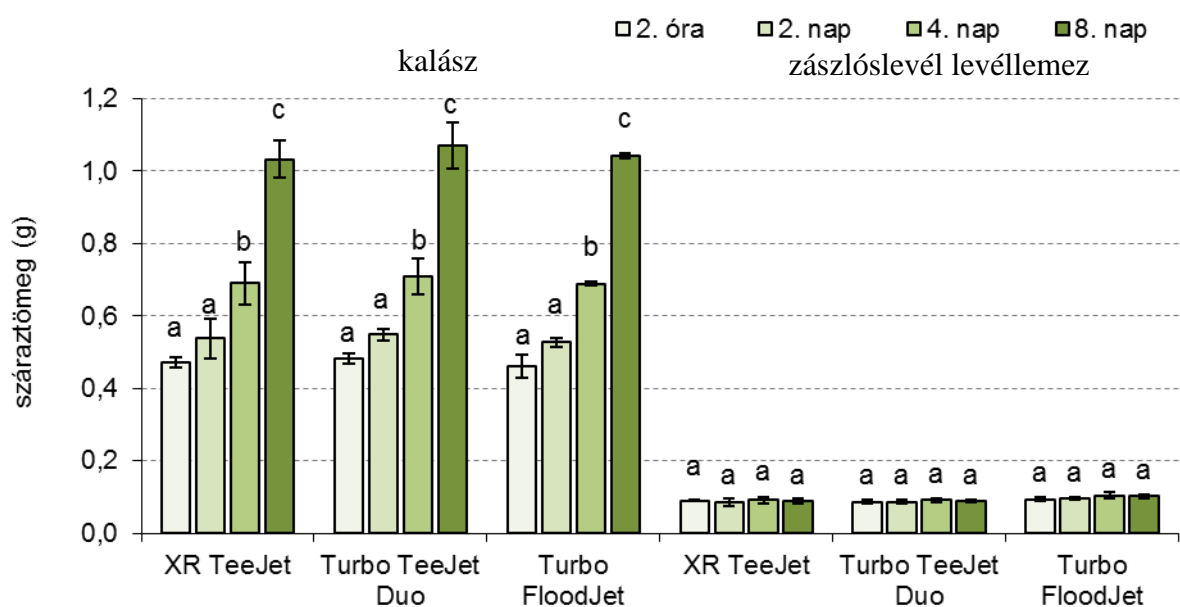
M9. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a GK Fény fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



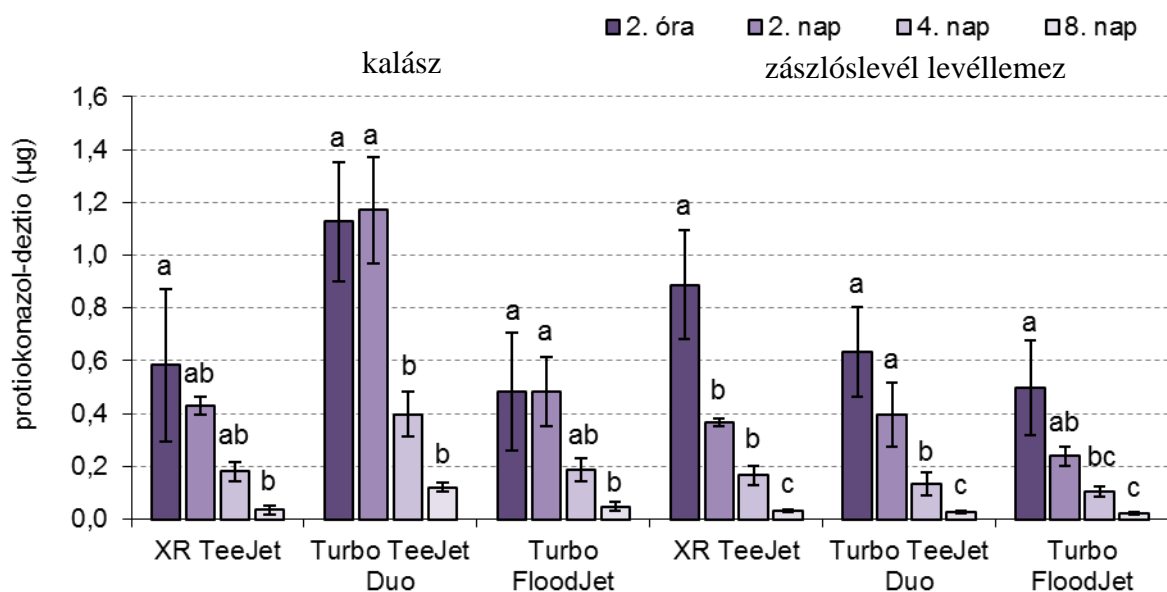
M10. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a GK Kalász fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



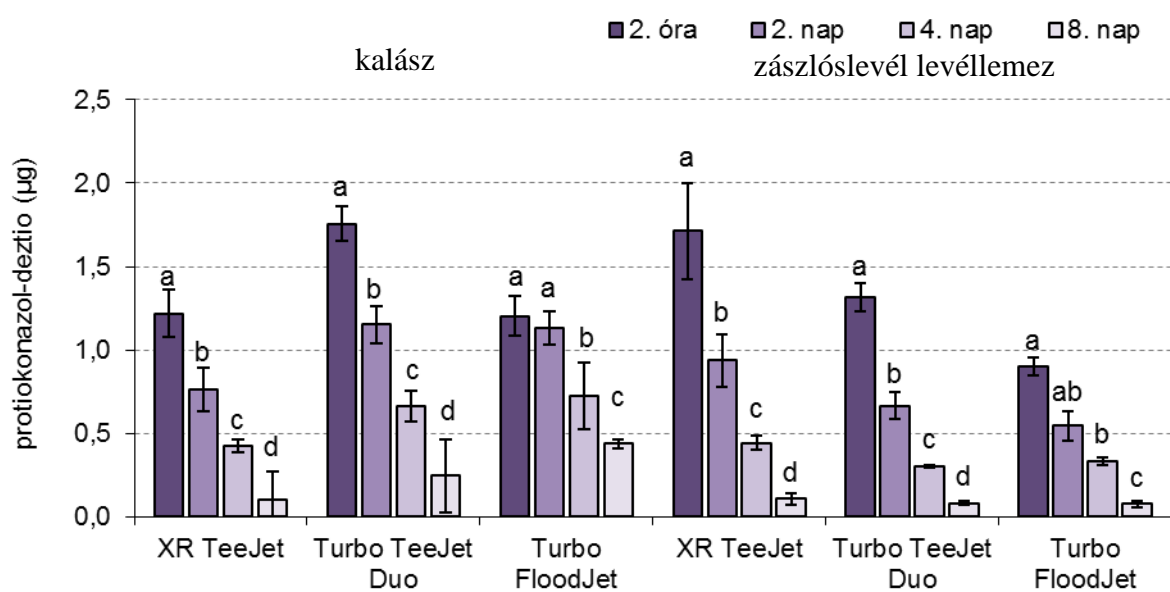
M11. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a GK Békés fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



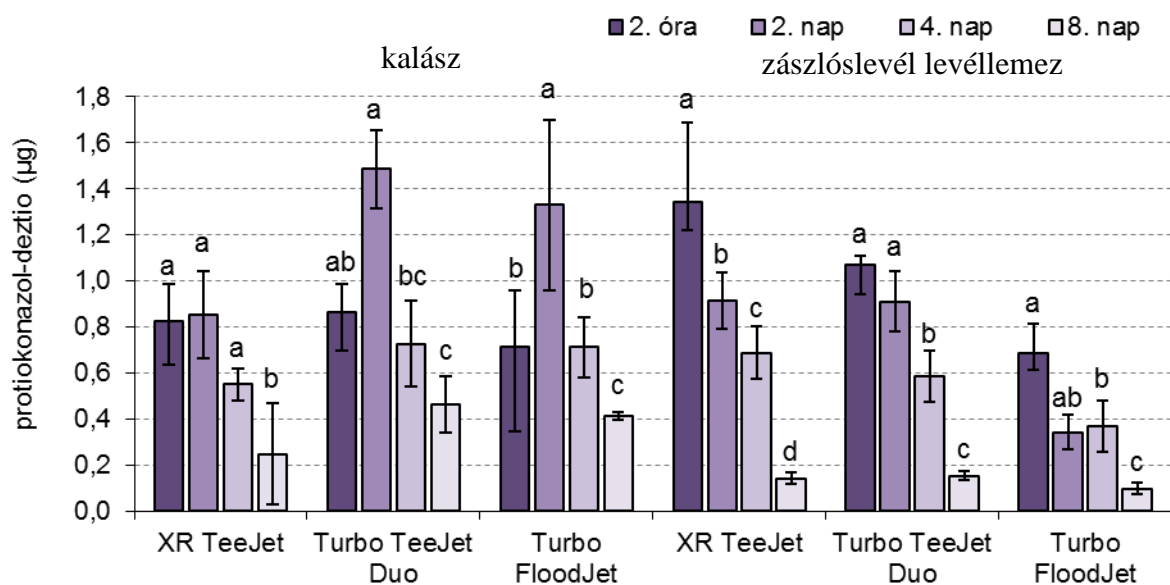
M12. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez száraztömegének alakulása a GK Fény fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



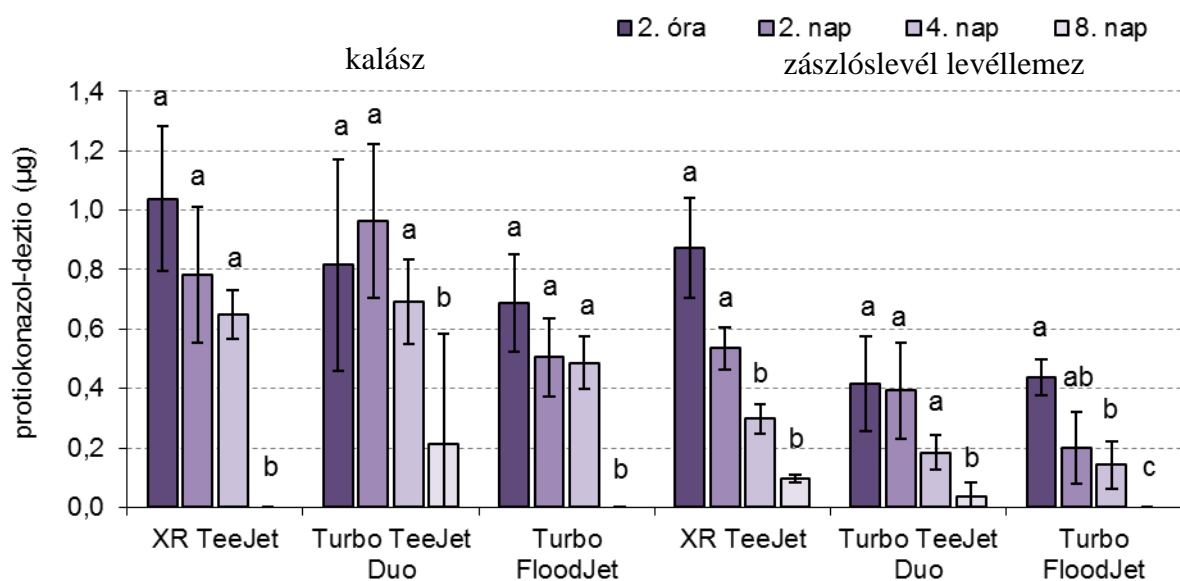
M13. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protikonazol-deztio tartalmának alakulása a GK Kalász fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



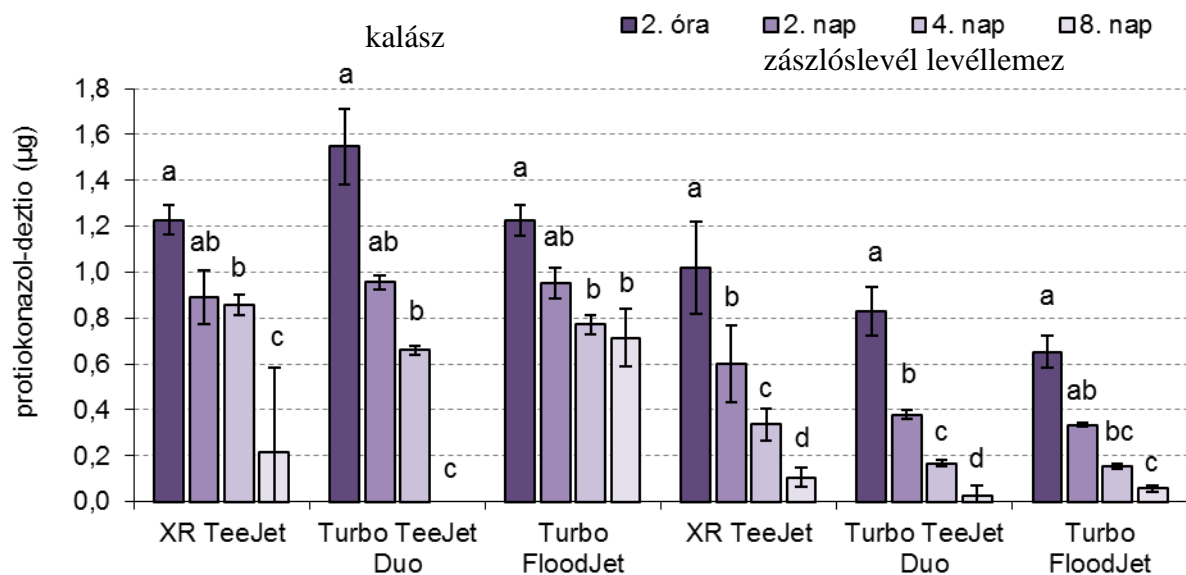
M14. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protikonazol-deztio tartalmának alakulása a GK Békés fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



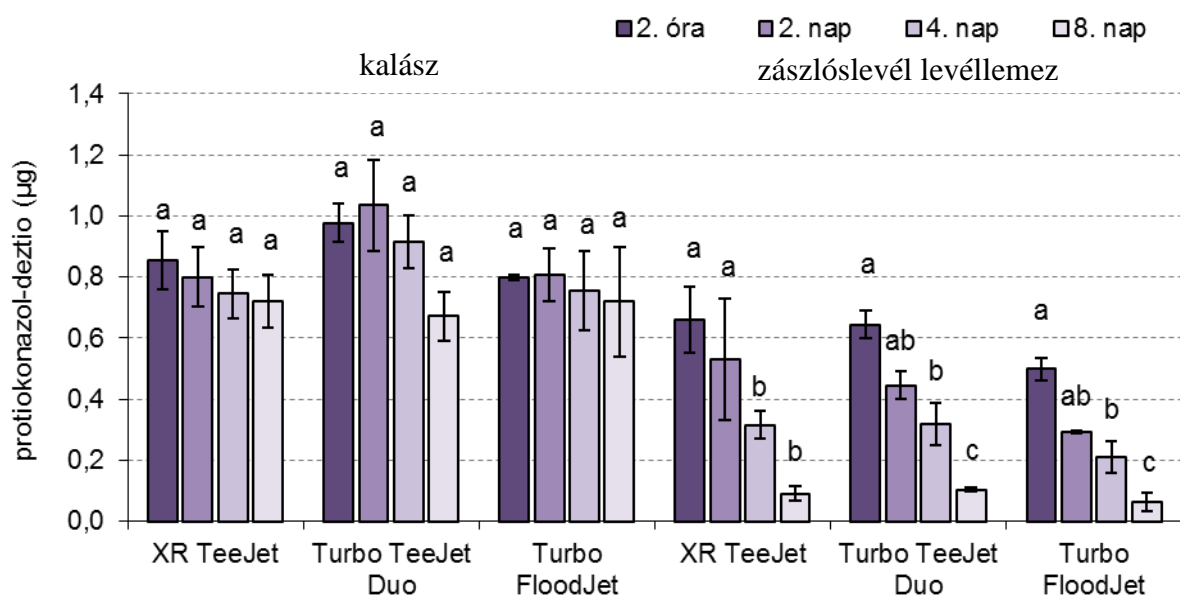
M15. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protiokonazol-dezthio tartalmának alakulása a GK Fény fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



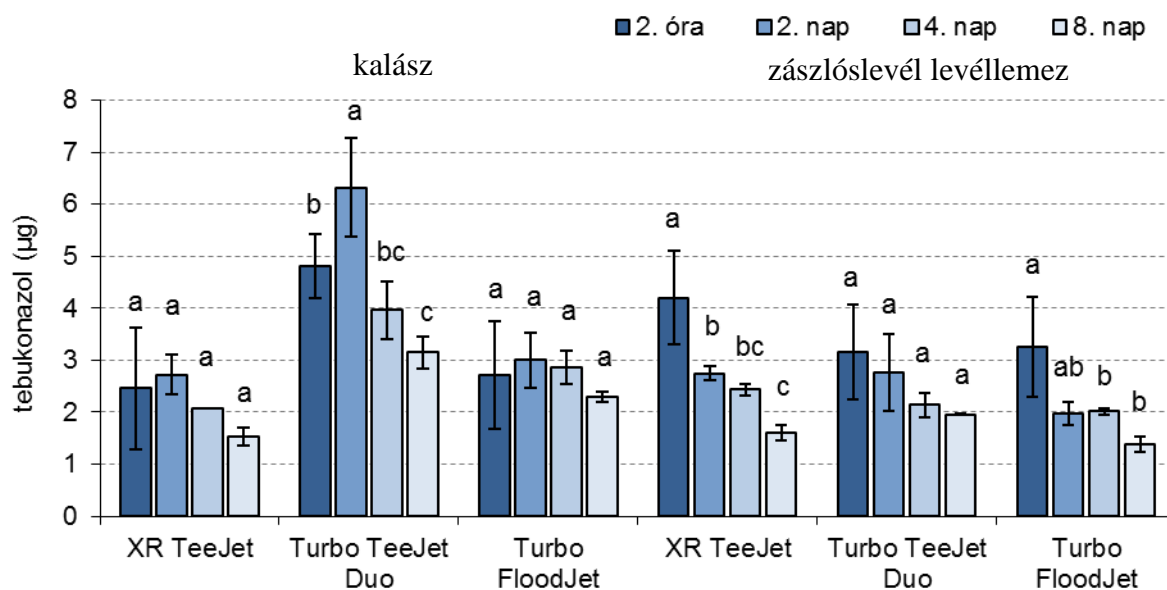
M16. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protiokonazol-dezthio tartalmának alakulása a GK Kalász fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



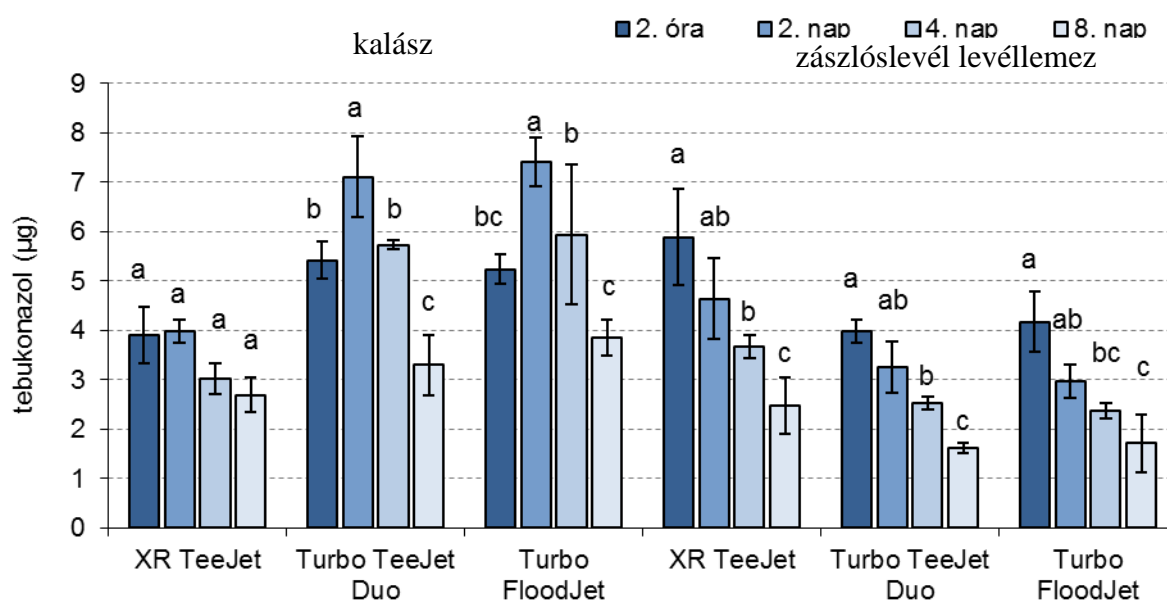
M17. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protikonazol-deztio tartalmának alakulása a GK Békés fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



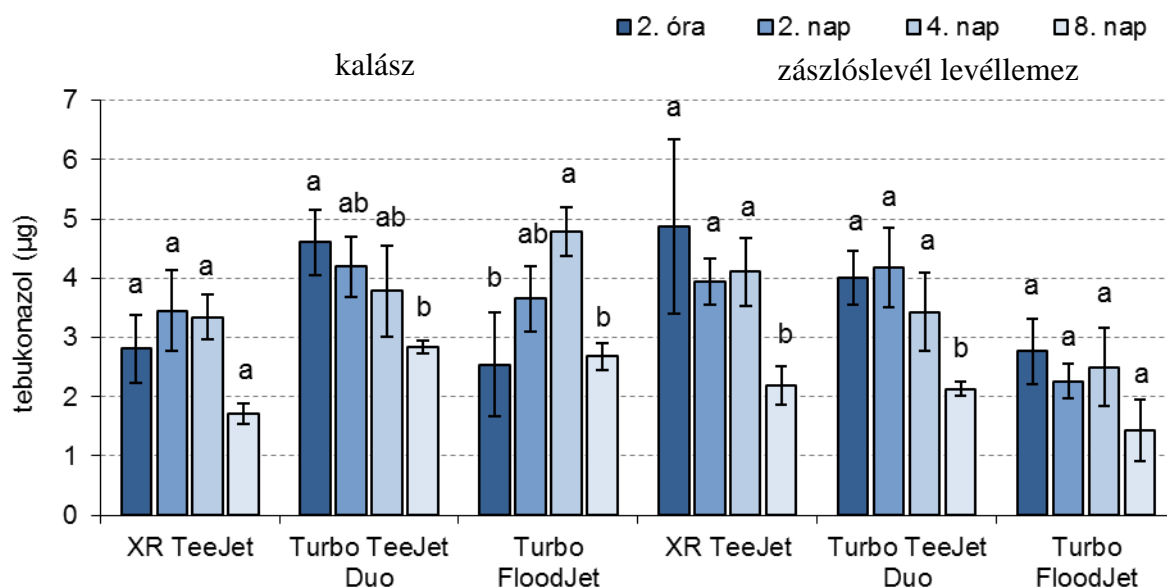
M18. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez protikonazol-deztio tartalmának alakulása a GK Fény fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



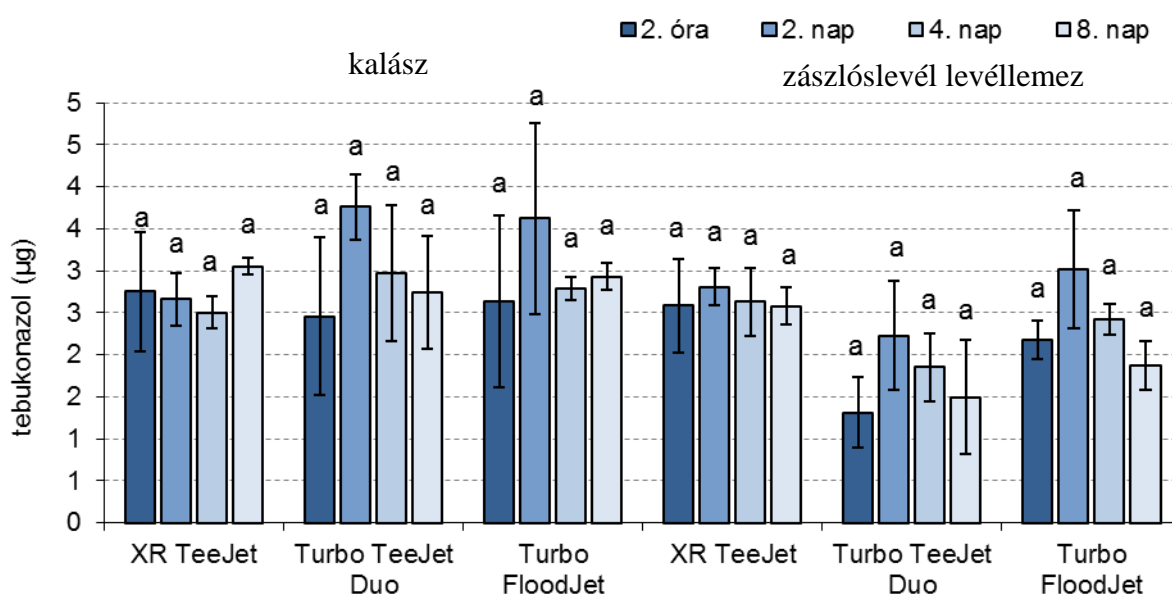
M19. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a GK Kalász fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van P = 5% szinten a Bonferroni korrekció alapján.



M20. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a GK Békés fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van P = 5% szinten a Bonferroni korrekció alapján.

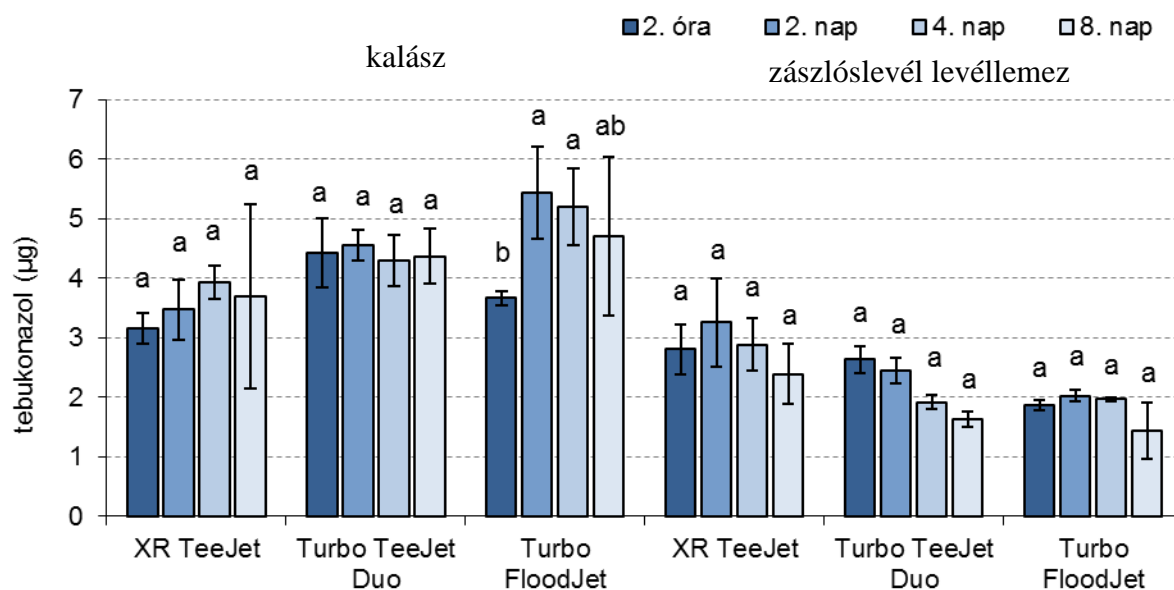


M21. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a GK Fény fajtában, Kiszombor, 2010. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van P = 5% szinten a Bonferroni korrekció alapján.

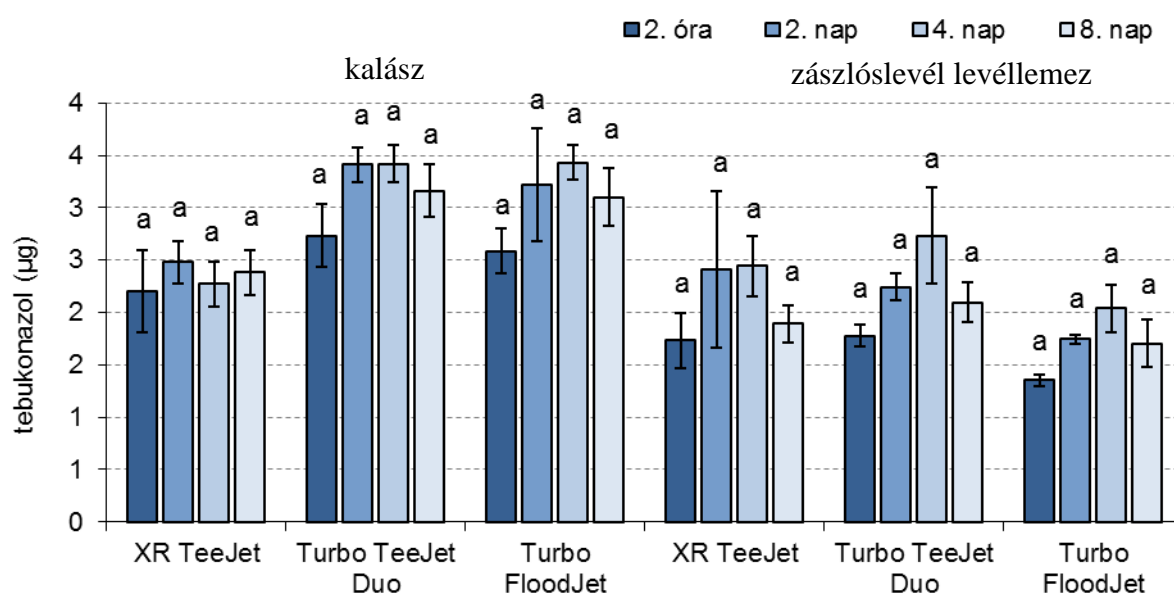


M22. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a GK Kalász fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van P = 5% szinten a Bonferroni korrekció alapján.





M23. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a GK Békés fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.



M24. ábra A kalász és zászlóslevél levéllemez tebukonazol tartalmának alakulása a GK Fény fajtában, Kiszombor, 2011. Adott kategórián belül a különböző betűvel jelölt értékek közt szignifikáns különbség van  $P = 5\%$  szinten a Bonferroni korrekció alapján.