

A MAGYAR KUKORICA KLUB TOXIKUS CSŐPENÉSZ KÓROKOZÓKKAL SZEMBENI ELLENÁLLÓSÁGTESZTJE, 2014.

Szántóföldi beszámoló

A 2013-évi aflatoxin és a 2014-évi fuzárium csőpenész járvány, amely eddigi töredékes információk szerint elsősorban DON szennyezésben nyilvánult meg, most már sokadik alkalommal irányította rá a figyelmet a toxikus gombák elleni védekezés fontosságára. Mivel nem minden évben fordul elő járvány, ezért a természetes fertőződés felvételezése hasznos, de a genetikai ellenállóképességgel vagy fogékonyság eltéréssel nincs mindig összhangban. A jelenség azzal magyarázható, hogy a hosszan tartó virágzás alatt a gyakran változó környezeti feltételek miatt legfeljebb az egyes érés(virágzás-)csoportokon belül kaphatunk összehasonlítható adatokat, közöttük már alig. További problémát jelent az, hogy a három kórokozó fajnak eltérőek az ökológiai igényei. Egyszerre mind a három (*F. graminearum*, *F. verticillioides* és *Aspergillus flavus*) ritkán fordul elő, inkább egyik vagy másik kerül domináns helyzetbe. A korábbi MKK (cikkünkben a Magyar Kukorica Klub Top20 Fajtakísérleti és Fajtainformációs Rendszeréből származó, vizsgálati megbízással beküldött anyagokra és eredményekre használjuk ezt a kifejezést) vizsgálat és más vizsgálati eredmények is rámutattak, hogy a különböző fajokkal szembeni rezisztencia nem feltétlenül esik egybe. Az egyik fajjal szembeni reakcióból nem feltétlenül lehet következtetni a többire, ezért a kizárólag természetes fertőződés felvételezése téves információt adhat a rezisztencia értékelésére, és ami még fontosabb, a takarmánybiztonsági kockázatok megítélésére.

Már többször találkoztunk a rezisztencia értelmezésével. Gyakori felfogás nemesítőknél is, de szakembereknél is, hogy rezisztenciának csak a teljesen ellenálló, azaz immunis növényfajtát vagy hibridet tartják. Vannak ugyan olyan kórokozók (pl. rozsda, lisztharmat, stb.), amelyekkel szemben, van ilyen típusú igen/nem ellenállóság, de még ezeknél is ritkán fordul elő. A monogén rezisztenciagének többsége megenged akár közepes fogékonyságot is. Mivel a toxikus kórokozó fajok nem tartoznak a specifikus rezisztenciagénekkel rendelkező csoportba, és a rezisztenciagének (QTL-ek) hatása mérsékelt, számos gén összehatása adja a rezisztenciát, nem véletlen, hogy immunitást eddig még senki sem talált. Ennek ellenére a szakirodalom az ellenállóság különbségeket, vagy a másik oldalról nézve fogékonyság különbségeket genetikailag meghatározott tulajdonságoknak tartja, amelyek mögött természetesen rezisztenciagének vannak. Számos betegség tekintetében azonban csak QTL-elről beszélhetünk (mennyiségi tulajdonságot örökítő lókuszt), amelyekből számos is lehet. Azaz, a megállapított mérsékelt vagy annál nagyobb fokú ellenállóság igen gyakran poligénikus, számos kihatású gén (QTL) együttes hatásának eredményeképpen. Vagyis, annak ellenére, hogy takarmánybiztonság szempontjából kockázatmentes hibridről jelenleg nem tudunk, nagy valószínűséggel nem is lesz ilyen a belátható jövőben, ezért az első és legfontosabb lépés a rendelkezésre álló hibridek ellenállóságának elemzése és az ellenállóbbak előnyben részesítése.

Természetesen, a felvételezett fertőzöttségi értékek évről évre változnak. Az közösen elfogadott gyakorlat, hogy a termőképességi kísérletek esetében nem vonunk le termőképességre következtetéseket egy év adataiból, még akkor sem, ha több termőhelyen történik a vizsgálat. Hasonló a helyzet a kórtani vizsgálatokkal is. Bár a rezisztencia különbségeket a fertőzöttségi értékekből számoljuk, de csak akkor állapítunk meg a fertőzöttségi eltérésekből rezisztenciakülönbséget, ha az több év átlagában is igazolható egy adott fajtára vagy hibridre nézve. A pontosság növelése a használt izolátumok számának növelésével is lehetséges. Ez a megoldás még mindig gazdaságosabb és pontosabb, mint több termőhelyen hasonló jellegű kísérleteket elvégezni. A több izolátumos kísérletek esetében is csak egyéves kísérletekről van szó, ezért ezeket is úgy kell értékelni, mint bármely más egyéves adatot.

Magyarországon a kukoricát károsító *Fusarium* fajokról már régóta vannak adatok, igaz, korlátozott számban. Mivel a kukoricát a legegészségesebb növénynek tartották (nem egészen ok nélkül), a toxikus betegségek kutatása messze elmaradt a búzáé mögött, és csak a toxin határértékek bevezetése fordította a figyelmet nagyobb mértékben e kórokozó csoport felé.

A korábbi kísérleti tapasztalatok és irodalmi tanulmányok alapján alakult ki az az elgondolás, hogy a Magyar Kukorica Klub Egyesület (cikkünkben: MKK) közreműködésével kezdjünk ellenállósági vizsgálatokat a három legfontosabb kórokozó fajjal szemben, köztermesztésben lévő kukorica hibridek bevonásával.

Anyag és módszer

A kísérletet a GK Kiszombori telepén folytattuk le. A kiválasztott terület alagcsövezett, ezért annak ellenére, hogy talaja magas agyagtartalmú, nehezen felmelegedő, jó vízgazdálkodású, az esetleges nagyobb csapadékmennyiség gyorsan elszivárog. A terület öntözésre is be van rendezve, így az esetleges csapadékhiány pótolható.

2014-ben a vetés április 29-én történt. A sorok növényállományának kiegyenlítetttsége az esetek nagyobb részében megfelelő volt, így a fertőzéseket megfelelően fejlett és egyenletes fejlettségű növényanyagon tudtuk elvégezni.

A fertőzési sorban 24 hibridet vizsgáltunk. A vetőmagok kódszámmal jelölve érkeztek be, így nem volt közvetlen ismeretünk azok származásáról. A kísérletet véletlen blokk elrendezésben állítottuk be három ismétlésben. A parcellák 4.5 m hosszúak voltak, , és nyolc sorból álltak. Egy sort 18-20 növény alkotott. A fertőzésre használt gombafajok és izolátumaik a következők voltak:

Fusarium graminearum:

Fg1=13.38,

Fg3=19.42,

F. verticillioides:

Fv1=,18

Fv2=Sz111,

Aspergillus flavus:

Asp1=171,

Asp2=126,

Asp3=KZT117.12 (Ez az egyetlen változás 2013-hoz képest.)

Mesterségesen nem fertőzött kontroll.

Míg az első két fajból 2-2, az *A. flavus*-ból három izolátum hatását vizsgáltuk. Ennek magyarázata, hogy a faj alacsony fertőzőképességű, s nehéz olyan súlyú fertőződést előidézni, mint az agresszív *F. graminearum*, vagy *F. culmorum* izolátummal.

A fertőző anyag előállítása minden kórokozónál a fogvájós eljárás módosított változatával történt (Young 1943, Mesterházy 1982). Legújabb, most zárult pályázati munkánk értékelése szerint a bibecsatornás inokuláció csak nagyon enyhe fertőzést okozott, a genotípusok differenciálására a négy évből egyben sem volt alkalmas.

Bár az irodalom a fertőzés időpontját az 50 %-os virágzás után 10-14 nappal javasolja, a módszertani tapasztalatok alapján ezt az időpontot előrehoztuk a 6. nap környékére, mivel ez az időpont nagyobb fertőzöttséget eredményezett. Ezt szokták egyébként a bibecsatornás módszernél is alkalmazni. Erre azért is szükség volt, mert mind a *F. verticillioides*, mind az *A. flavus* gyenge kórokozók, a *F. graminearum*-mal összehasonlítható súlyosságú tüneteket leginkább rovarragás után lehet tapasztalni. Esetünkben, 2014-ben a két hektáros tenyészkertben ilyen cső mindössze néhány akadt.

Mivel a soron belül is előfordult egyetlen virágzás, ezért az inokulációnál csak a megfelelő csöveket kezeltük. Ezért a soronként kezelt csövek száma változó volt, de 10-12 db néhány kivétellel mindenhol megvolt. Kizárólag első csöveket inokuláltunk. Az aratásnál azonban felfigyeltünk arra, hogy számos másodcső az első csőnél lényegesen fertőzöttebb volt. Úgy tűnik, erre a jelenségre a jövőben sokkal nagyobb gondot kell fordítani. (Szieberth Dénes szóbeli közlése szerint a szántóföldeken hasonló tapasztalatokat szereztek.)

A kísérlet aratására október elején került sor. A fertőzött csöveket törtük le és helyeztük a sorok elé. A csöveket egyenként értékeltük az adott gombafajra a fogvájó körül kialakult fertőzési felület nagyságában. A fertőzés mértékét százalékban fejeztük ki. Mivel a szemek száma egy csövön átlagosan 600-700 körül alakul, ezért 6-7 fertőzött szemet tekintettünk 1 %-osnak. Abban az esetben, ha csak 1-2 fertőzött szemet találtunk, ami a *F. verticillioides*-nél és az *A. flavus*-nál gyakran előfordult, azokat 0.1, 0.2, stb. tört számmal értékeltük. Ha a 15 csőből csak 4-5

ilyen cső volt, az magyarázza a tizedszázalékos átlagos fertőzöttségeket. Ezen túl minden csövön felvételeztük a fogvájó környékétől távolabbi, független fertőzéseket is, ugyancsak százalékban, és minden csőnél megjegyeztük külön az *A. flavus* fertőzést is. A jelzés nélküliek mind *Fusarium* eredetűek voltak. Erre a fokozottabb pontosságú felvételezésre azért van szükség, mert csövenként 1-2 észlelt *Aspergillus*-szal fertőzött szem már elegendő lehet ahhoz, hogy határérték feletti aflatoxin szennyezettséget lehessen kimutatni. Bár a rovarfertőzött csöveket is felvételeztük, ezeket az értékelésből kihagytuk, mert a rezisztenciaszint mérésére ezek nem alkalmasak. Mértékük egyébként alacsony volt, mindössze 80 csövet találtunk a több mint 15000 fertőzött csőből, ami nem mondható magas aránynak (fél százalék).

A 2013-as kísérletek (nem csak az MKK) *Aspergillus* adatait is úgy vételeztük fel, hogy a fogvájó körül kialakult fertőzést tekintettük mesterségesnek, a csövön lévő további fertőzöttséget, ha volt, természetesnek tartottuk, amelyeket független, bibe általi közvetítés eredményeként vettünk számba. A több ezer kontrol csőnél azonban, néhány kivételtől eltekintve, a sokközpontú fertőzést nem találtuk meg ott sem, ahol a fertőzött csöveknél akár 10-15 függetlennek látszó fertőződés következett be. A fentiek miatt azt kellett feltételezni, hogy a csövön a fertőződés úgy is tovább terjedhet, hogy a fogvájó körüli szemek mellett akár 6-8 szem távolságban beteg szemeket nem tapasztaltunk. A sorok között azonban nem egy esetben felfedeztük az *Aspergillus* zöld spóratömegét, annak ellenére, hogy a szemek épek voltak. Vagyis, a csutka közelében, a szemek között is terjedhet a gomba. A jelenségre korábban nem figyeltünk fel, és irodalmi adatot sem találtunk róla. Éppen ezért, bár a felvételezés módja változatlan, az összes *Aspergillus* borítottságot is megadjuk, és elemezzük. Van elgondolásunk arra, hogy hogyan lehet ezt a kérdést egyértelműen tisztázni, de a további vizsgálódás külön forrást igényel. Ettől függetlenül, a tanulságokat mind a rezisztenciavizsgálatokban, mind a nemesítésben le kell vonni. Hozzáteszem, ez a jelenség nem csak itt jelentkezik, hanem a *F. verticillioides* fertőzések esetében is. Vagyis, a két problémának közös eleme is lehet.

A kísérlet első ismétlésének minden soráról fénykép készült, így mindenkinek lehetősége lesz a képi információhoz is hozzájutni.

Eredmények

Az 1 táblázat a hibridek mesterséges inokulációs eredményeit mutatja külön-külön a nyolc izolátummal szemben. Pontosabban, a három *Aspergillus* izolátum közül egy nem mutatott felvételezhető fertőzést, ezért ennek az adatait kihagytuk. Azonban ennek az izolátumnak igen erős volt a *F. verticillioides* felülfertőzöttsége, ezért ennek adatait a *verticillioides* adatok közé a későbbiekben átvittük. Az átlagadatok 3.41 és 18.8 % között változtak, azaz sokkal szélesebb volt a variáció, mint a meglehetősen száraz 2013-ban. Az SZD_5 % 3.02 volt. Azaz az $SZD_{5\%}$ a variációs szélesség egy ötödét tette ki, amely érték szántóföldi körülmények között jó adatnak számít. A

legnagyobb fertőzőképességgel 2014-ben is a *F. graminearum* izolátumok rendelkeztek, a másik két faj ennél lényegesen alacsonyabb értéket mutatott.

A varianciaanalízis (2. táblázat) erősen szignifikáns hibrid és izolátum eltéréseket mutat, és a kölcsönhatás is viszonylag magas. Ennek két oka van. Az egyik a fajok eltérő fertőzőképessége, és ezen belül a rangsoreltérések, a másik pedig az ugyanazon fajhoz tartozó izolátumok közötti eltérés. Ezt jelzi a hibrid/kórokozó faj kölcsönhatás is, amely megegyezik a hibrid főhatással. A természetes fertőződés mértéke alacsony volt, az átlagosnál sokkal csapadékosabb időjárás ellenére.

Az egyes izolátumok közötti reakciók többnyire nem voltak szignifikánsak, a kísérleti átlaggal a két *F. graminearum* izolátum mutatta a legszorosabb összefüggést (3. táblázat), a három *Aspergillus* izolátum közül pedig az ASP3 volt a legnagyobb értékű, bár ez sem volt szignifikáns. Az adott faj két-két izolátuma között közepes és szignifikáns összefüggéseket kaptunk, ami a két izolátummal szembeni adott esetben lényeges különbségekre is felhívja a figyelmet. Ez a részletességű táblázat azért szerepel a jelentésben, hogy minden érdekelt tanulmányozhassa ezt a vonatkozást is. A táblázat szerepeltetésének másik célja, hogy bemutassa: az egy izolátummal szembeni reakció nem feltétlenül a fajjal szembeni ellenállóságot mutatja. A két *Fg* izolátum átlagának különbsége háromszoros. Az MKK12 jelű hibridnél az eltérés hússzoros. Az egyik adat alapján igen ellenállónak, míg a másik szerint a fogékonynak kellene besorolni. Mindkettő helytelen lenne. A probléma nem módszertani, hanem egy biológiai jelenség következménye. Az MKK13 jelű hibrid esetében viszont a két adat egyenlő. Ebből az következik, hogy akár a rezisztencia mértéke, akár a rezisztencia sorrend megítélése sokkal pontosabb lehet több izolátum átlagreakciója alapján. Az is fontos, hogy a kontroll fertőzöttség nem mutatott összefüggést egyik fertőző fajjal kapott reakciók között sem, ahogyan az *A. flavus* izolátumok sem mutattak közös vonást *F. graminearum* vagy *F. verticillioides* izolátumokkal elért fertőzésekkel összehasonlítva. A *F. verticillioides* viszont egyes esetekben már mutatott szignifikáns hatást a *F. graminearum* izolátumokkal szemben. Az is látszik, hogy mind az átlagokat, mind a sorrendet a *F. graminearum* izolátumok kiemelkedő fertőzőképessége igen határozottan determinálta, ezt az átlaggal szembeni összefüggések az utolsó sorban egyértelműen mutatják.

Az izolátum-átlagokat a 4. táblázat mutatja be. Itt annyi az eltérés, hogy az *Aspergillus flavus*nál a mesterséges, és a fenti gondolatmenet alapján a korábban természetesnek értékelt, de nagy valószínűséggel mesterséges fertőzéses következményű adatoknak egy külön oszlopot biztosítottunk, az összfertőzöttséget adva meg. Látszik, hogy az összes fertőzöttség háromszorosa a mesterségesként értékelt változatnak. Ahol sokszoros a különbség, ott a sokközpontú erőteljes fertőződés áll a háttérben, mint pl. az MKK9 hibridnél. Ez a magasabb érték valószínűleg egy erőteljes utalás is az élelmiszerbiztonsági kockázat szintjére. Az átlag alatti fertőzöttségű hibrideket sárga színnel emeltük ki. A rangsort az átlagok alapján vittük fel. Mindössze két olyan hibridet találtunk (5, 28), amelyek minden paraméter tekintetében átlag alattiak, és mindössze egy akad (11), amely minden paraméter tekintetében átlag alatti fogékonyságot mutat. Érdekes az MKK19 hibrid. Az összes mesterséges fertőzéses paramétere kiváló, de a természetes

fertőzöttsége az egész hibridsorban a legerősebb. Hasonló hozzá az MKK 7-es hibrid. Az MKK 9 hibrid azért érdemel figyelmet, mert az Fg fertőzöttsége a legkisebb, a *F. verticillioides*, *A. flavus* és kontroll fertőzöttsége viszont lényegesen nagyobb az átlagnál. Ezért, bár a mesterséges fertőzési adatok alapján a hibrid tulajdonságai kedvezőek, mégis rejtenek toxikológiai kockázatot. Azt nem tudjuk, hogy a természetes fertőződést ennél a hibridnél milyen tulajdonság váltotta ki, de annak feltételezése is logikus, hogy valóban létezhetnek olyan hibridek, amelyek viselkedése eltérő. Már csak ezért sem lehet egyoldalúan a mesterséges fertőzéses adatokra támaszkodni, de ugyanilyen probléma lenne a csak természetes fertőződésre építeni (MKK 16), amelyik az egyik legfogékonyabb *F. graminearummal* szemben, ami 2014-ben biztosan hátrány volt. Érdekes módon a *F. graminearummal* szemben három legfogékonyabb anyag mutat *A. flavussal* szemben kiváló adatokat. Az is szempont, hogy az adott hibridet milyen célra termesztjük. Ha silótakarmánynak vagy tejelő marhának takarmánykeverékbe, akkor az aflatoxin kritikus. Itt szerepe lehet a már két legjobb mellett az MKK 10, 27, 28-as hibrideknek, amelyek bár Fg-re fogékonyabbak, de a többivel szemben, beleértve a természetes fertőződést is sokkal ellenállóbbnak látszanak. A sertésnél az aflatoxin hatás mellett a *F. graminearum* és *F. verticillioides* fertőzés alacsony mértéke létfontosságú. Ezeket a marha összetett gyomra jobban tűri, mint a minden toxinra érzékeny sertésé.

Az összefüggések szerint (5. táblázat) szignifikáns, közepes kapcsolat van a két Fusarium fajjal szembeni átlagreakciók között, ami csak tendencia, de az adott hibridre nézve előrejelzési lehetőség nem áll fenn (MKK 9 és MKK13). Annak viszont lehet jelentősége, hogy az összes Aspergillus fertőzés már szignifikáns, igaz, igen laza szinten negatívan korrelál a *F. graminearum* adatokkal, ld. a táblázat utolsó három hibridjét. Vagyis az a megállapítás, hogy a legtöbb hibridben a különböző fajokkal szembeni ellenállóság eltérően öröklődik, nagy valószínűséggel igaz és az összes fertőzőnél ez határozottabban látszik. .

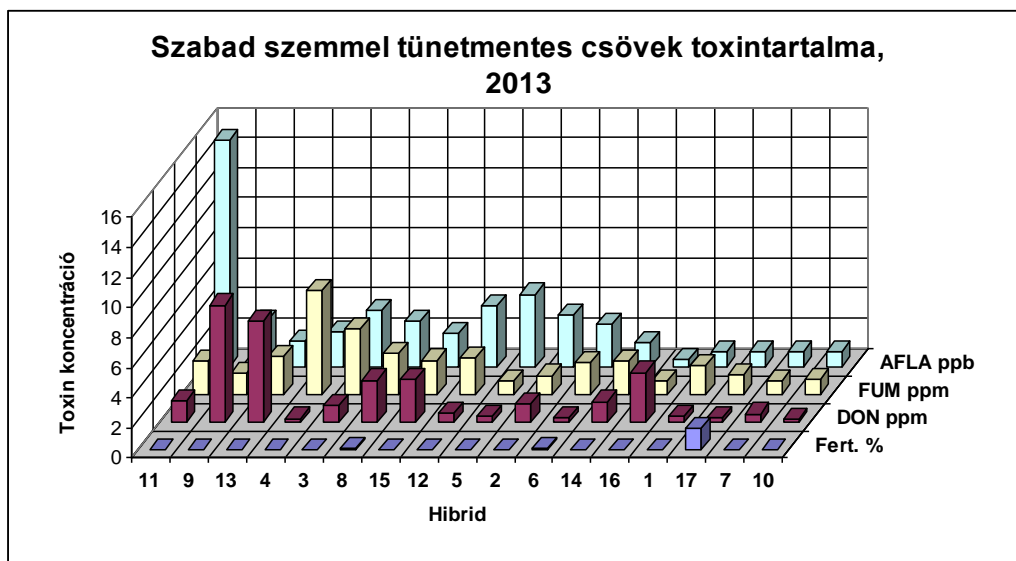
Fent már említettük, hogy a toxikus fajok igen eltérő fertőzőképessége miatt a *F. graminearum* adatai dominálnak az átlag alakulásában. A rangok összehasonlítását erre találták ki. Az eljárás ugyan az átlagok nagy eltérését kiveszi a rendszerből, viszont minden különbséget azonosnak vesz. Esetünkben minden adatsort 1-29 közötti értékkel láttunk el (6. táblázat). Az adatokat az rangátlag szerint állítottuk sorba. Megadtuk ugyanakkor a szórást is. Minél kisebb az érték, annál kiegyenlítettebb a reakció. Amit fentebb elmondtunk az eredeti adatok kapcsán, az itt is áll, némi módosítással. Ezek az adatok is segíthetnek az alaposabb hibridválasztásban. Az összefüggések (7. táblázat) nagyon hasonlítottak az 5. táblázatban bemutatott adatokhoz.

A felvételezések során felvettük a természetes fertőződést a Fusarium-ok esetében is. Ennek mértéke csekély volt, egy kivétellel 1 % alatt, a már említett 2. sz. *A. flavus* izolátum mellett alakult ki jelentős, átlagosan 6% mértékű fertőződés, a tünetekből ítélve *F. verticillioides* lehetett (izolálása és azonosítása folyamatban van), és ezért a *F. verticillioides*-hez soroltuk (6. táblázat). Mivel összes fertőzöttségről van szó, ez a besorolás az átlagot nem érinti. Megjegyzem, hogy a természetes fertőződést faj szinten sehol sem határoztuk meg, itt inkább az az érdekes, hogy az összefüggések az összes fertőzöttség szerint hogyan alakulnak.

A 8. táblázat ezért csak fuzárium adatot mutat. A különbségek csaknem ötszöröse, a variációs szélesség az SZD hat és félszerese. A varianciaanalízis (9. táblázat) nagyon hasonlít a 2. táblázatban bemutatotthoz. Az összefüggés táblázatban az eltérés az, hogy az Aspergillus-szal mesterségesen fertőzött csöveken kialakuló másodfertőzés igen hasonlít – nem egészen váratlanul – a többi fuzáriumos adathoz (10. táblázat).

A rangsorokat itt is kiszámoltuk (11. táblázat). Az Aspergillus adatok kiesése csökkentette a szórást, az átlag 51.11 lett. Az összefüggésvizsgálatok az előbbi, 10. táblázattal nagyon hasonló értékeket kaptunk. Mind a táblázat elején mind a végén vannak alacsony szórású, a különböző tulajdonságokat tekintve hasonló adatok, míg a nagy ingadozások, szórások a két szélső csoport között helyezkednek el, a kiugró értékek elég egyenetlen eloszlásban.

A 2013. évi kísérlet toxin adatait már korábban megküldtem. Itt egy fontos aspektusra szeretném a figyelmet felhívni. Ez pedig az (1. ábra), hogy a szabad szemmel egészségesnek látszó csöveken is adott esetben határértéket meghaladó toxinszennyezést lehet találni (a 17 hibridből 1 mutatott csak szabad szemmel is látható fertőzést).



1. ábra. Tünetmentes kontroll csövek toxin tartalma, MKK kísérlet, 2013.

A lehetséges okokra a 2. ábra szolgál magyarázattal.



2. ábra. A csutka felől fertőződött szemek némelyike felülről nem mutat elváltozást (ez csövön nézve egészségesnek látszik), másoknál a betegség már a teljes szemet átfogta. Felső sor: kontroll.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a három kórokozó faj közötti reakció nem függ össze szorosan egymással. A két *Fusarium* faj között laza, de többnyire szignifikáns kapcsolat van, azonban az *Aspergillus* reakciók kilógnak a sorból, vagy nincs összefüggés, vagy mint a rangsor korrelációnál láttuk, az negatív lett. Az adatok igazolták azt, hogy az *Aspergillus* korábban mesterséges és természetesnek szétválasztott fertőzését célszerű összekapcsolni, és egyben kezelni. Ez egyben a fertőzés, ill. az aflatoxin kapcsolatok jobb nyomon követését is biztosítja. A toxinmérés alapvető fontosságú, így a téves ítéletet még idejében korrigálni lehet. Azt gondolom, hogy ezek az adatok segítséget fognak adni a következő szezon(ok) hibridválasztékának kialakításához.

Szeged, 2014.november16.

Dr. Mesterházy Ákos

Kutatóprofesszor

FÜGGELÉK

1. táblázat. Az MKK kukorica csőpenész rezisztenciakísérlet átlagadatai, csőpenész borítottság %, 2014

		Toxikus faj/izolátum								
		Fg1	Fg3	Fv1	Fv2	Asp1	KZT1712	Kontroll		
P9528	MKK 22	5,02	15,91	0,90	1,26	0,07	0,20	0,48	3,41	
DKC4717	MKK 9	5,08	14,81	1,00	3,10	0,01	0,07	0,80	3,56	
Korimbos	MKK 13	13,64	13,09	1,08	3,29	0,01	0,00	0,36	4,49	
DKC4631	MKK 5	6,44	30,24	0,92	1,39	0,05	0,13	0,09	5,61	
Siloking	MKK 19	10,19	26,59	0,82	0,73	0,05	0,00	1,45	5,69	
DKC4025	MKK 1	6,10	28,22	1,37	3,06	0,27	0,45	0,63	5,73	
Kamaria	MKK 20	7,05	32,64	1,00	3,24	0,05	0,29	0,98	6,47	
Phylleaxx	MKK 7	7,95	34,07	0,96	1,69	0,11	0,57	1,34	6,67	
Janett	MKK 27	13,95	32,19	0,43	0,83	0,08	0,02	0,56	6,87	
Sy Octavius	MKK 10	6,21	40,29	1,24	1,22	0,17	0,23	0,15	7,07	
GKT372	MKK 28	18,53	28,66	1,37	1,60	0,04	0,04	0,13	7,20	
AXXYS	MKK 2	7,48	38,64	2,62	2,47	0,32	0,17	0,34	7,43	
PO412	MKK 24	10,59	45,45	2,07	2,45	0,05	0,03	0,26	8,70	
DKC5007	MKK 12	2,77	60,99	0,66	1,08	0,06	0,09	0,25	9,41	
DKC4590	MKK 4	4,10	62,61	0,89	1,50	0,21	0,09	0,36	9,96	
PR38A24	MKK 21	15,76	55,31	1,19	0,87	0,15	0,23	0,42	10,56	
DKC4541	MKK 3	20,51	49,91	1,35	1,89	0,54	0,29	0,67	10,74	
LG30491	MKK 15	17,89	57,65	1,10	2,73	0,09	0,05	0,14	11,38	
P0216	MKK 26	10,21	68,61	2,18	2,02	0,08	0,14	0,93	12,02	
Ferarixx	MKK 8	13,88	67,86	1,02	1,73	0,19	0,15	0,59	12,20	
DKC5276	MKK 18	10,55	73,64	2,03	2,07	0,04	0,03	0,68	12,72	
DKC6031	MKK 17	18,59	68,45	1,51	3,13	0,01	0,06	0,23	13,14	
PR37N01	MKK 6	16,88	77,21	1,36	1,67	0,19	0,21	0,43	13,99	
GKT376	MKK 29	18,05	77,22	1,20	2,63	0,10	0,11	0,69	14,29	
P9915	MKK 23	21,75	74,29	3,24	3,68	0,25	0,20	0,33	14,82	
PR37F73	MKK 11	20,13	81,28	1,75	3,21	0,12	0,18	0,91	15,37	
LG35.35	MKK 16	36,98	74,33	0,96	1,42	0,04	0,07	0,23	16,29	
LG3475	MKK 14	25,51	86,25	1,46	4,14	0,04	0,01	0,65	16,87	
P1114	MKK 25	33,04	90,26	3,09	4,78	0,05	0,09	0,73	18,86	
	Átlag	13,96	51,95	1,41	2,24	0,12	0,15	0,55	10,05	
	SZD 5%	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	3,02	

Var. Forrás	SS	df	MS	F	SZD 5 %
Hibrid A	9368,04	28	334,57	11.83***	3,02
Tox. Faj B	134941,38	3	44980,46	1589.97***	1,12
Izol C	16417,16	1	16417,16	580.52***	0,79
AxB	26554,65	84	316,13	11.17***	
AxC	3887,58	28	138,84	4.90***	
BxC	46409,08	4	11602,27	410.26***	
AxBxC	11750,61	84	139,89	4.94***	8,55
Within	13124,36	464	28,29		
Total	262452,87	696			

*** P=0.001

3. táblázat. Összefüggésvizsgálat az 1. táblázat adatai alapján.

	Fg1	Fg3	Fv1	Fv2	Asp1	KZT1712	Kontroll
Fg3	0.6127***						
Fv1	0,3453	0.4444*					
Fv2	0.3923*	0,3231	0.5986***				
Asp1	-0,0392	0,0517	0,1957	-0,0893			
KZT1712	-0,2457	-0,1628	-0,0106	-0,0404	0.4960*		
Kontroll	-0,0922	-0,0516	-0,0382	0,0824	-0,0305	0,3206	
Átlag	0.7783***	0.9714***	0.4874**	0.4114*	0,0363	-0,1876	-0,0513

*** P=0.001, ** P=0.01, * P=0.05

4. táblázat. MKK hibridek átlagreakciója a toxikus kórokozó fajokkal szemben, 2014, Csőpenészfertőzöttség %

Hibrid	Kód	Toxikus faj				Kontroll	Átlag
		MKK	Fg	Fv	Af		
P9528	22	10,47	1,08	0,13	0,44	0,48	3,04
DKC4717	9	9,95	2,05	0,04	0,83	0,80	3,21
Korimbos	13	13,36	2,18	0,01	0,11	0,36	3,98
DKC4631	5	18,34	1,15	0,09	0,21	0,09	4,92
DKC4025	1	17,16	2,22	0,36	0,78	0,63	5,09
Siloking	19	18,39	0,78	0,03	0,26	1,45	5,16
Kamaria	20	19,85	2,12	0,17	0,15	0,98	5,78
Phylleaxx	7	21,01	1,33	0,34	0,41	1,34	6,00
Janett	27	23,07	0,63	0,05	0,08	0,56	6,08
Sy Octavius	10	23,25	1,23	0,20	0,30	0,15	6,21
GKT372	28	23,60	1,48	0,04	0,27	0,13	6,31
AXXYS	2	23,06	2,54	0,24	0,55	0,34	6,55
PO412	24	28,02	2,26	0,04	0,34	0,26	7,64
DKC5007	12	31,88	0,87	0,08	0,94	0,25	8,27
DKC4590	4	33,35	1,19	0,15	0,60	0,36	8,76
PR38A24	21	35,53	1,03	0,19	0,67	0,42	9,29
DKC4541	3	35,21	1,62	0,42	0,48	0,67	9,48
LG30491	15	37,77	1,92	0,07	0,07	0,14	9,97
P0216	26	39,41	2,10	0,11	0,03	0,93	10,64
Ferarixx	8	40,87	1,37	0,17	0,18	0,59	10,75
DKC5276	18	42,09	2,05	0,03	0,28	0,68	11,22
DKC6031	17	43,52	2,32	0,03	0,42	0,23	11,53
PR37MO1	6	47,04	1,52	0,20	0,16	0,43	12,30
GKT376	29	47,64	1,91	0,11	0,23	0,69	12,59
P9915	23	48,02	3,46	0,23	0,50	0,33	13,01
PR37F73	11	50,70	2,48	0,15	0,05	0,91	13,56
LG35.35	16	55,65	1,19	0,05	0,28	0,23	14,28
LG3475	14	55,88	2,80	0,02	0,09	0,65	14,84
P1114	25	61,65	3,94	0,07	0,02	0,73	16,60
Átlag		32,96	1,82	0,13	0,33	0,55	8,86

5. táblázat. Összefüggésvizsgálatok a 4. táblázat adatai alapján, 2014

	Fg	Fv	Af	Af sum	Kontroll
Fv	0.4488*				
Af	-0,1075	-0,0057			
Af sum	-0.3565*	-0,1968	0.3373*		
Kontroll	-0,0678	0,0387	0,1811	-0,1455	
Átlag	0.9984***	0.4917**	-0,0940	-0,3597	-0,0398

*** P=0.001, ** P=0.01, * P=0.05

6. táblázat. A hibridek rangsora toxikus fajok szerint a 4. táblázat adatai alapján, 2014.

Kód	Hibrid	Toxikus faj					Kontroll	Átlag	Szórás
	MKK	Fg	Fv	Af	Af sum				
DKC4631	5	5	6		14	11	1	7,4	26,3
Janett	27	10	1		10	5	16	8,4	32,3
Korimbos	13	3	21		1	7	12	8,8	64,2
GKT372	28	12	12		7	14	2	9,4	23,8
LG30491	15	18	16		11	4	3	10,4	46,3
Siloking	19	6	2		3	13	29	10,6	124,3
P9528	22	2	5		17	21	15	12,0	66
LG35.35	16	27	7		9	16	5	12,8	80,2
Sy Octavius	10	11	9		24	17	4	13,0	59,5
DKC5007	12	14	3		13	29	7	13,2	98,2
PO412	24	13	23		6	18	8	13,6	49,3
DKC6031	17	22	24		4	20	6	15,2	89,2
Ferarixx	8	20	11		20	10	17	15,6	23,3
DKC4590	4	15	8		19	25	11	15,6	44,8
DKC5276	18	21	17		5	15	21	15,8	43,2
DKC4717	9	1	18		8	28	24	15,8	125,2
PR37MO1	6	23	13		23	9	14	16,4	39,8
PR38A24	21	17	4		22	26	13	16,4	72,3
P0216	26	19	19		16	2	26	16,4	78,3
LG3475	14	28	27		2	6	19	16,4	142,3
Kamaria	20	7	20		21	8	27	16,6	76,3
GKT376	29	24	15		15	12	22	17,6	26,3
Phylleaxx	7	8	10		27	19	28	18,4	86,3
P1114	25	29	29		12	1	23	18,8	147,2
AXXYS	2	9	26		26	24	10	19,0	76
PR37F73	11	26	25		18	3	25	19,4	94,3
DKC4025	1	4	22		28	27	18	19,8	94,2
DKC4541	3	16	14		29	22	20	20,2	34,2
P9915	23	25	28		25	23	9	22,0	56
		15	15		15	15	15	15,0	69,64

7. táblázat. Összefüggések a rangsorok között az 5. táblázat alapján.

	<i>Fg</i>	<i>Fv</i>	<i>Af</i>	<i>Af sum</i>	<i>Kontroll</i>
<i>Fv</i>	0.3472*				
<i>Af</i>	-0,0631	-0,0246			
<i>Af sum</i>	-0.3512*	-0,1990	0,3241		
<i>Kontroll</i>	-0,0123	0,1522	0,1034	-0,2256	
<i>Átlag</i>	0.5684***	0.6591***	0.4539*	-0,2019	0.5557**

*** P=0.001, ** P=0.01, * P=0.05

8. táblázat. MKK kísérlet, csőfuzárium összes fertőzöttség, 2014. Csőpenészfertőzöttség %

Hibrid	MKK kód	Toxikus faj				Átlag
		Fg	Fv	Af*	K	
DKC4717	9	9,95	2,13	2,30	1,61	4,02
P9528	22	10,48	1,19	2,63	0,96	4,15
Korimbos	13	13,38	2,28	1,71	0,72	4,58
DKC4631	5	18,36	1,21	3,99	0,19	5,99
Siloking	19	18,71	0,88	2,49	2,90	6,28
DKC4025	1	17,26	2,65	5,00	1,26	6,65
GKT372	28	23,72	1,68	1,28	0,27	6,71
Janett	27	23,11	0,71	1,50	1,12	6,74
Kamaria	20	19,87	2,34	3,81	1,97	7,00
Sy Octavius	10	23,49	1,28	3,80	0,31	7,28
Phylleaxx	7	21,20	1,86	4,40	2,68	7,56
AXXYS	2	23,06	2,82	4,91	0,69	7,71
DKC5007	12	31,88	1,06	2,07	0,50	8,89
PO412	24	28,16	2,73	5,74	0,52	9,41
DKC4590	4	33,35	1,47	2,98	0,71	9,63
PR38A24	21	35,62	1,13	2,98	0,84	10,12
DKC4541	3	35,38	1,77	4,56	1,33	10,69
LG30491	15	37,78	2,23	3,33	0,28	10,85
Ferarixx	8	40,99	1,44	3,32	1,18	11,73
DKC5276	18	42,11	2,18	2,81	1,37	11,96
DKC6031	17	43,55	2,45	4,24	0,46	12,73
P0216	26	39,77	2,39	9,31	1,85	13,09
PR37N01	6	47,25	1,61	4,13	0,87	13,40
P9915	23	48,21	3,71	2,88	0,67	13,77
PR37F73	11	50,78	2,65	4,92	1,81	14,94
LG35.35	16	55,65	1,32	3,87	0,46	15,40
LG3475	14	56,36	2,90	6,14	1,31	16,68
P1114	25	61,65	4,42	9,35	1,47	19,04
GKT376	29	47,64	2,15	4,15	1,39	19,57
Átlag		33,06	2,02	3,95	1,09	10,23
SZD 5%						3,08

* Másodlagos Fusarium fertőzés Aspergillusal kezelt csőveken (Aspergillus adat ld. 1. és 3. táblázat)

9. táblázat. A 8. táblázat adatainak varianciaanalízise, 2014

Var. forrás	SS	df	MS	F	SZD 5 %
HibridA	10810,49	28	386,0888	13,1144296	3,085635
Tox. Faj B	123765,7	3	41255,23	1401,33251	1,145976
Izol C	11709,7	1	11709,7	397,74794	0,810327
AxB	25907,85	84	308,4268	10,4764552	
AxC	3427,366	28	122,4059	4,15781002	
BxC	52304,22	4	13076,05	444,159465	
AxBxC	12542,07	84	149,3103	5,07168261	
Within	13660,03	464	29,43972		
Total	254127,4	696			

10. táblázat. Összefüggés vizsgálatok az összes fuzárium fertőzöttség adataiból (8. táblázat)

	<i>Fg</i>	<i>Fv</i>	<i>Af*</i>	<i>K</i>
<i>Fv</i>	0,217782			
<i>Af*</i>	0,4795**	0,089648		
<i>K</i>	-0,064676	0,076097	0,234508	
	0,9610***	0,4536*	0,5541**	0,03077976

*** P=0.001, ** P=0.01, * P=0.05

11. táblázat. MKK hibridek természetes és mesterséges Fusarium fertőzésének összevont adatai, 2014. Csőpenész borítottság

Hibrid	MKK kód	Toxikus faj				Átlag	
		<i>Fg</i>	<i>Fv</i>	<i>Af*</i>	<i>K</i>		
GKT372	28	12	1	1	2	4,00	28,7
DKC5007	12	14	3	4	7	7,00	24,7
P9528	22	2	5	7	15	7,25	30,9
DKC4631	5	5	6	17	1	7,25	46,9
Sy	10	11	7	14	4	9,00	19,3
Korimbos	13	3	19	3	12	9,25	60,3
Siloking	19	6	2	6	29	10,75	151,6
PR38A24	21	17	4	10	13	11,00	30,0
DKC4717	9	1	15	5	24	11,25	106,9
DKC4590	4	15	10	11	11	11,75	4,9
Janett	27	10	21	2	16	12,25	66,9
LG30491	15	18	18	13	3	13,00	50,0
LG35.35	16	27	8	16	5	14,00	96,7
Ferarixx	8	20	9	12	17	14,50	24,3
PR37N01	6	23	11	18	14	16,50	27,0
DKC5276	18	21	17	8	21	16,75	37,6
AXXYS	2	9	26	23	10	17,00	76,7
Kamaria	20	7	20	15	27	17,25	70,9
DKC6031	17	22	22	20	6	17,50	59,7
DKC4025	1	4	23	25	18	17,50	89,7
DKC4541	3	16	13	22	20	17,75	16,3
Phylleaxx	7	8	14	21	28	17,75	74,9
P9915	23	25	28	9	9	17,75	103,6
PO412	24	13	25	26	8	18,00	79,3
GKT376	29	24	12	19	22	19,25	27,6
P1114	25	29	16	29	23	24,25	38,3
PR37F73	11	26	24	24	25	24,75	0,9
LG3475	14	28	27	27	19	25,25	17,6
P0216	26	19	29	28	26	25,50	20,3
Átlag		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	51,11

12. táblázat. Összefüggések a 11. táblázat rangszámai között, 2014.

	<i>Fg</i>	<i>Fv</i>	<i>Af*</i>	<i>K</i>
<i>Fg</i>	1			
<i>Fv</i>	0,229557	1		
<i>Af*</i>	0,4103*	0,5256**	1	
<i>K</i>	-0,012315	0,225616	0,239901	1
	0,6049***	0,7362***	0,8087***	0,5401**

*** P=0.001, ** P=0.01, * P=0.05