

JELENTÉS

Toxikus Csőpenészkísérletek Eredményei 2019

Dr. Tóth Beáta – Prof. Dr. Mesterházy Ákos



KUTATÁSI BESZÁMOLÓ

a Magyar Kukorica Klub Egyesület által koordinált kukorica csőpenész rezisztencia vizsgálatokról, 2019

Bevezetés

A kísérletet a szegedi Gabonakutató Non-profit Kft. kiszombori tenyészkerterjében állítottuk be, mely során huszonhárom kukorica hibrid mikotoxinokat termelő gombafajokkal szembeni ellenállóságát vizsgáltuk. A kísérletben egy, a korábbi évek vizsgálatai során fogékonynak ítélt (DKC4541, a továbbiakban Standard S) és egy, a korábbi évek vizsgálatai során ellenállónak ítélt hibrid (Korimbos, a továbbiakban Standard T) szerepelt kontrollként (1. táblázat).

1. táblázat: A Magyar Kukorica Klub kísérletében részt vevő hibridek és kódszámuk, Kiszombor, 2019

Kód	Hibrid	FAO	Tulajdonos
MKK 1	Sy Talisman	250	Syngenta
MKK 2	P9415	350	Pioneer
MKK 3	Standard S	360	Monsanto
MKK 4	DKC4590 Waxy	360	Monsanto
MKK 5	ES Harmonium	380	Euralis
MKK 6	SY Zephir	390	Syngenta
MKK 7	P9718E	390	Pioneer
MKK 8	Koregraf	410	Marton Genetics
MKK 9	DKC5075	410	Monsanto
MKK 10	Konfites	430	KWS
MKK 11	ES Lagoon	460	Euralis
MKK 12	Lexxtour Duo	470	RAGT
MKK 13	Armagnac	490	KITE
MKK 14	Kathedralis	490	KWS
MKK 15	Illango	530	Marton Genetics
MKK 16	Janett	550	Limagrain
MKK 17	DKC5830	560	Monsanto
MKK 18	P0725	560	Pioneer
MKK 19	Sy Zoan	560	Syngenta
MKK 20	Szegedi 521	560	Gabonakutató
MKK 21	Standard T	580	KWS
MKK 22	Kleopatras	630	KWS
MKK 23	Valkür	731	Kiskun

A szántóföldi kísérletek körülményei

A kiszombori tenyészkerter (46° 19'N; 20°41'E) talaja kötött, magas agyagtartalmú, , aszályos időben gyakori a sorok közötti repedés. A 2019. évi hőmérséklet és csapadék adatokat a 2. táblázat foglalja össze. A kísérletet 2019. április 29-án vetettük. A nitrogén, foszfor és kálium kijuttatására két lépésben került sor, 170/100/100 kg/ha arányban. A gyomirtást és a rovarirtást a GK Kft. Kukorica Főosztálya által alkalmazott protokoll szerint hajtottuk végre. A kukorica vegetációs időszakában lehullott eső mennyisége 40%-kal több volt, mint az elmúlt évben. Az állományban a rovar kártétel nem volt jelentős.

2. táblázat: 2019. évi hőmérséklet és csapadék adatok

Év	Hónap	T _{átlag}	T _{min}	T _{max}	Csapadék
2018	Október	14,3 °C	1,3 °C	26,1 °C	10,4 mm
2018	Novem-ber	8,0 °C	-5,9 °C	22,6 °C	26,1 mm
2018	December	0,8 °C	-12,9 °C	10,6 °C	45,9 mm
2019	Január	-0,3 °C	-14,8 °C	11,7 °C	48,6 mm
2019	Február	4,6 °C	-7,7 °C	20,9 °C	15,6 mm
2019	Március	9,5 °C	-5,5 °C	24,2 °C	1,9 mm
2019	Április	13,5 °C	3,1 °C	30,4 °C	49,4 mm
2019	Május	15,4 °C	2,5 °C	27,0 °C	152,1 mm
2019	Június	23,8 °C	14,1 °C	34,2 °C	111,3 mm
2019	Július	22,5 °C	10,5 °C	34,1 °C	47,8 mm
2019	Augusz-tus	24,5 °C	11,1 °C	37,1 °C	23,3 mm
2019	Szeptem-ber	18,6 °C	2,8 °C	34,4 °C	30,5 mm

A tőállomány valamivel 70000 növény/ha alatt maradt, a kísérletben szársziladsági hiba nem jelentkezett. Az érés időszakában a száraz időjárás következtében a betakarítás kedvező (... - ... %) szemnedvesség tartalmi értékekkel történt.

Az felhasznált izolátumok és módszerek

A kísérletet nyolc soros parcellákon állítottuk be, a parcellahossz 3 m volt. A parcellák között 1 méteres utat vágunk ki. Hét sort mesterséges fertőzéssel kezeltünk 2-2 *F. graminearum* (19.42 és G70) és *F. verticillioides* (TE18 és SZ111), illetve kettő *Aspergillus flavus* izolátummal (KZT 17.1.1. és KZT 18.1.1.), a nyolcadik sor pedig fertőzetlen kontrollként szolgált. Az *Aspergillus* izolátumok in vitro toxintermelését előzetesen ellenőriztük, ugyanis az izolátumok jelentős része nem képes szántóföldi aflatoxin termelésre, minthogy az ehhez szükséges génkluszter csak részben van jelen, vagy egyáltalán nincs meg a genomjukban. A kísérletet három ismétléses véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. Az inokulációhoz a Young-féle fogvájós módszer módosított változatát használtuk.

A fertőzést az 50 %-os nővirágzás utáni 6. napon végeztük, ugyanis a módszertani kísérleteink azt mutatták, hogy a korábbi inokuláció hatékonyabb, így a rezisztencia sorrend megállapítása is biztonságosabb.

A kísérletet 2019. szeptember 23-án és 24-én bonitáltuk. Minden csövet úgy értékeltünk, hogy a fogvájó környékén látható fertőződés kiterjedését figyeltük meg, és fejeztük ki százalékban. A cső egyéb részein látható természetes eredetű fertőzést is ugyanígy értékeltük. A természetes fertőződés leginkább *F. verticillioides* típusú volt. Mivel a kísérletben egy faj két-két izolátumával fertőztünk, ezért a varianciaanalízisek során a kontroll esetében az adatsort kétszer szerepeltettük.

Eredmények

A 3. táblázat a kukorica hibridek mesterséges fertőződési értékeit mutatja be. A főátlagok alapján csaknem kilencszeres eltérések figyelhetők meg a hibridek között. Az eltérések szignifikánsak. A fertőzöttségi értékek izolátumonkénti átlaga alapján jól látszik, hogy a kísérlet domináns gombafaja a *Fusarium graminearum* volt, majd a *Fusarium verticillioides* és az *Aspergillus flavus* következett. (1. ábra).

A legellenállóbb hibridek között van a Szegei 521 mellett a Konfites, a Lexxtour Duo és a Standard T

hibrid is. A fogékony kontrollnál érzékenyebbnek mutatkozó hibridek a Sy Zoan, a P9415, a Kleopatras, illetve a Sy Zephir.

3. táblázat: Az MKK kísérlet hibridjeinek mesterséges fertőzöttségi adatai a csőfelület %-ában, Kiszombor, 2019

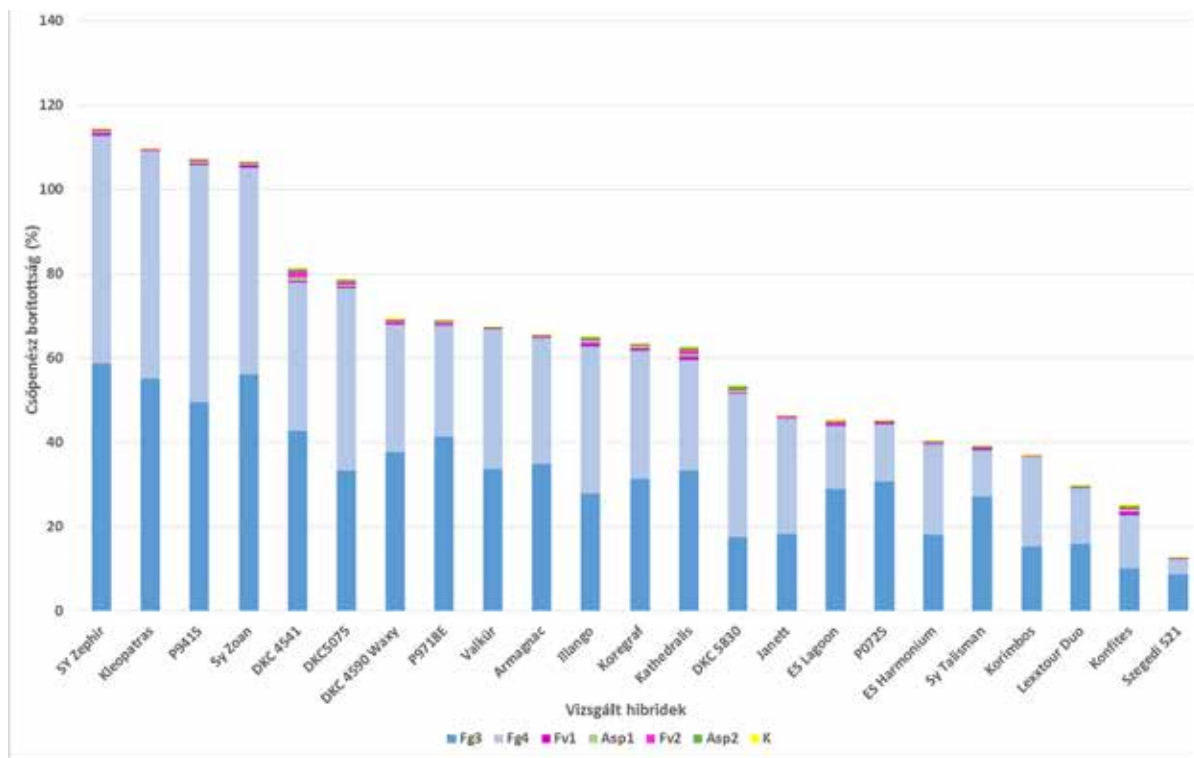
Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum						K	Átlag
		Fg3	Fg4	Fv1	Fv2	Asp1	Asp2		
Szegedi 521	MKK 20	8,64	3,63	0,24	0,11	0,08	0,07	0,21	1,85
Konfites	MKK 10	10,17	12,50	0,76	0,56	0,55	0,43	0,27	3,61
Lexxtour Duo	MKK 12	15,93	13,12	0,29	0,06	0,09	0,16	0,20	4,26
Standard T	MKK 21	15,35	20,93	0,09	0,11	0,29	0,10	0,05	5,28
Sy Talisman	MKK 1	27,00	11,08	0,30	0,26	0,10	0,25	0,17	5,60
ES Harmonium	MKK 5	17,98	21,40	0,30	0,14	0,18	0,31	0,21	5,79
P0725	MKK 18	30,67	13,67	0,25	0,14	0,09	0,16	0,16	6,45
ES Lagoon	MKK 11	28,83	15,13	0,48	0,10	0,27	0,35	0,23	6,48
Janett	MKK 16	18,27	27,40	0,19	0,11	0,24	0,07	0,24	6,64
DKC 5830	MKK 17	17,40	34,03	0,31	0,34	0,47	0,66	0,16	7,62
Kathedralis	MKK 14	33,22	26,27	0,75	0,76	0,59	0,90	0,14	8,95
Koregraf	MKK 8	31,27	30,37	0,69	0,17	0,53	0,30	0,09	9,06
Illango	MKK 15	27,97	34,67	0,91	0,24	0,54	0,59	0,22	9,30
Armagnac	MKK 13	34,97	29,67	0,23	0,27	0,18	0,11	0,15	9,37
Valkür	MKK 23	33,72	33,13	0,27	0,00	0,02	0,12	0,07	9,62
P9718E	MKK 7	41,27	26,37	0,53	0,26	0,24	0,30	0,06	9,86
DKC4590 Waxy	MKK 4	37,60	30,33	0,36	0,32	0,27	0,21	0,37	9,92
DKC5075	MKK 9	33,37	43,00	0,54	0,56	0,44	0,57	0,20	11,24
Standard S	MKK 3	42,60	35,17	0,51	1,26	0,86	0,60	0,21	11,60
Sy Zoan	MKK 19	56,00	49,00	0,72	0,23	0,33	0,17	0,25	15,24
P9415	MKK 2	49,50	56,07	0,43	0,39	0,43	0,25	0,12	15,31
Kleopatras	MKK 22	55,03	53,83	0,06	0,37	0,07	0,14	0,22	15,68
SY Zephir	MKK 6	58,67	53,97	0,58	0,38	0,42	0,18	0,17	16,34
Átlag		31,54	29,34	0,43	0,31	0,32	0,30	0,18	8,92
SZD 5%									3,77

4. táblázat: MKK hibridek ellenállóságának tesztelése toxintermelő fajokkal szemben, háromtényezős varianciaanalízis a mesterséges fertőződési adatok alapján, Kiszombor, 2019

Variancia forrás	SS	df	MS	F	SZD 5 %
Hibrid A	6425,08	22	292,05	7,25***	3,77
Toxikus faj B	94092,81	3	31364,27	778,42***	1,51
Izolátum C	46,86	1	46,86	1,16***	1,06
AxB	18942,71	66	287,01	7,12***	
AxC	644,55	22	29,30	0,73***	
BxC	121,08	3	40,36	1,00***	
AxBxC	1940,10	66	29,40	0,73***	
Hiba	14827,56	368	40,29		
Összes	137040,76	551			

***P=0,1%

A varianciaanalízis (4. táblázat) eredményei azt mutatják, hogy a hibridek között, illetve a toxikus fajok, valamint izolátumok fertőzőképessége és az említett tényezők kölcsönhatása között is szignifikáns az eltérés.



1. ábra: Az MKK kísérlet hibridjeinek fertőződése mesterséges inokulációt követően, Kiszombor, 2019.

A különböző kórokozó fajokkal szembeni ellenállóság korábbi vizsgálataink alapján nem feltétlenül esik egybe, de vannak olyan hibridek, amelyek az összes kórokozóval szemben jó vagy kiváló teljesítményt mutattak fel. A két-két izolátum átlagát bemutató 5. táblázat átlagadatai alapján a Standard T, a Sy Talisman, és a P0725 az összes vizsgált gombafajjal szemben átlag alatti fertőzöttséget mutatott. A Szegedi 521, a Lexxtour Duo, az ES Harmonium, az ES Lagoon, illetve a Janett szintén jó ellenállósággal rendelkeznek, azonban a kontroll sorok természetes fertőződésével szemben fogékonyabbak voltak. A DKC5830 esetében az *Aspergillus flavus*-szal fertőzött sorok az átlagnál nagyobb fertőzöttséget mutattak, míg az Armagnac és a Valkür a *Fusarium graminearum*-mal szemben volt fogékonyabb az átlagnál.

5. táblázat: Toxikus fajok szerinti fertőződés az MKK kísérlet hibridjein mesterséges inokulációt követően, Kiszombor, 2019.

(Kék színnel az átlagos vagy az alatti fertőződési értékeket jelöltük.)

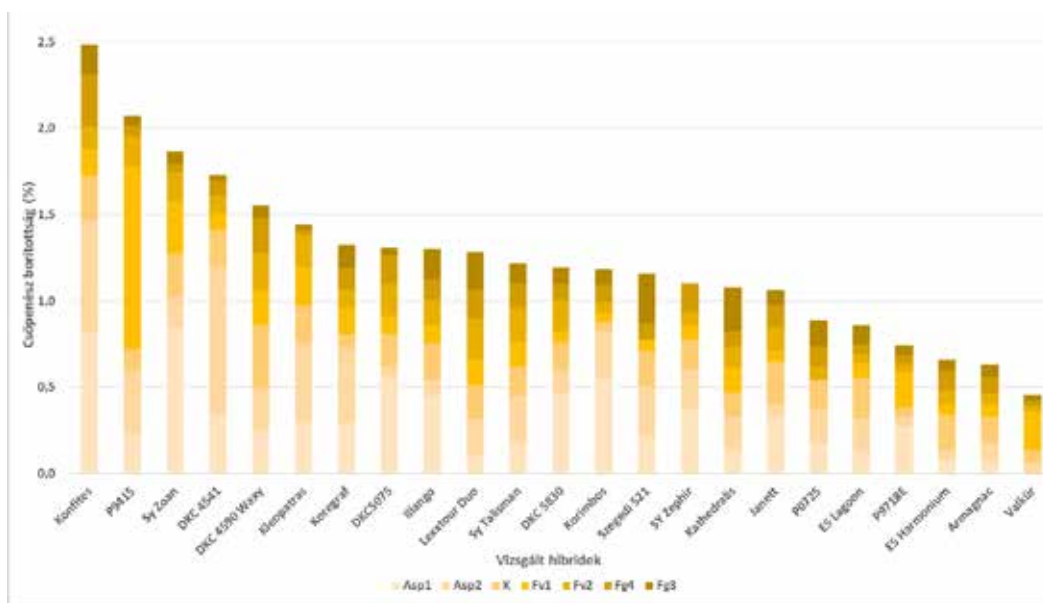
Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum			K	Átlag
		Fg	Fv	Asp		
Szegedi 521	MKK 20	6,14	0,18	0,07	0,21	1,65
Konfites	MKK 10	11,33	0,66	0,49	0,27	3,19
Lexxtour Duo	MKK 12	14,53	0,18	0,13	0,20	3,76
Standard T	MKK 21	18,14	0,10	0,20	0,05	4,62
Sy Talisman	MKK 1	19,04	0,28	0,18	0,17	4,92
ES Harmonium	MKK 5	19,69	0,22	0,25	0,21	5,09
P0725	MKK 18	22,17	0,20	0,13	0,16	5,66
ES Lagoon	MKK 11	21,98	0,29	0,31	0,23	5,70
Janett	MKK 16	22,83	0,15	0,15	0,24	5,84
DKC5830	MKK 17	25,72	0,33	0,56	0,16	6,69
Kathedralis	MKK 14	29,74	0,76	0,74	0,14	7,85
Koregraf	MKK 8	30,82	0,43	0,42	0,09	7,94
Illango	MKK 15	31,32	0,58	0,56	0,22	8,17
Armagnac	MKK 13	32,32	0,25	0,15	0,15	8,22
Valkúr	MKK 23	33,43	0,13	0,07	0,07	8,43
P9718E	MKK 7	33,82	0,39	0,27	0,06	8,63
DKC 4590 Waxy	MKK 4	33,97	0,34	0,24	0,37	8,73
DKC5075	MKK 9	38,18	0,55	0,50	0,20	9,86
Standard S	MKK 3	38,88	0,88	0,73	0,21	10,18
Sy Zoan	MKK 19	52,50	0,48	0,25	0,25	13,37
P9415	MKK 2	52,78	0,41	0,34	0,12	13,42
Kleopatras	MKK 22	54,43	0,22	0,11	0,22	13,74
SY Zephir	MKK 6	56,32	0,48	0,30	0,17	14,32
Átlag		30,44	0,37	0,31	0,18	7,82

A korrelációs vizsgálat eredményei alapján az átlagot leginkább a két *Fusarium graminearum* izolátum által kiváltott fertőződés határozta meg. Emellett szignifikáns kapcsolat van ezen faj két izolátumának, illetve az *Aspergillus flavus* két izolátumának fertőzőképessége között is. Korábbi vizsgálataink eredményeit támasztja alá a *Fusarium verticillioides* és az *Aspergillus flavus* izolátumok közötti szignifikáns kapcsolat is.

6. táblázat: Az izolátumok közötti összefüggés vizsgálat eredményei az MKK kísérlet hibridjein mesterséges inokulációt követően, Kiszombor, 2019.

	Fg3	Fg4	Fv1	Fv2	Asp1	Asp2	K
Fg4	0,8153**						
Fv1	0,1885	0,1721					
Fv2	0,2923	0,2806	0,3649				
Asp1	0,1437	0,3007	0,6818*	0,7756*			
Asp2	-0,0386	0,0812	0,6089	0,6574*	0,7351*		
K	-0,0274	-0,0384	0,1195	0,1657	0,0662	0,0256	
Átlag	0,9505***	0,9541***	0,2101	0,3230	0,2593	0,0478	-0,0283

***P=0,1%, **P=1%, *P=5%



2. ábra: Az MKK kísérlet hibridjeinek természetes Fusarium fertőződése, Kiszombor, 2019.

A 8. táblázat alapján a 2019. évi kísérletekben a Valkür, az Armagnac, a P9718E, és az ES Harmonium hibridek ellenállóbbak, a Konfites, a P9415, a Sy Zoan, valamint a STANDARD S hibridek fogékonyabbak a természetes fertőződéssel szemben. A korreláció vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy nincs szignifikáns kapcsolat a mesterséges úton fertőzött sorok természetes fertőződési értékei között.

8. táblázat: Az MKK hibridek természetes Fusarium fertőzöttségének értékei a mesterségesen fertőzött sorok szerint csoportosítva, Kiszombor, 2019
(Narancs színnel az átlagos vagy az alatti fertőződési értékeket jelöltük.)

Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum			K	Átlag
		Fg	Fv	Asp		
Valkür	MKK 23	0,03	0,13	0,03	0,07	0,07
Armagnac	MKK 13	0,09	0,07	0,09	0,15	0,10
P9718E	MKK 7	0,06	0,12	0,16	0,06	0,10
ES Harmonium	MKK 5	0,09	0,07	0,07	0,21	0,11
P0725	MKK 18	0,14	0,04	0,19	0,16	0,13
ES Lagoon	MKK 11	0,09	0,07	0,16	0,23	0,14
Kathedralis	MKK 14	0,17	0,14	0,17	0,14	0,15
Standard T	MKK 21	0,09	0,06	0,42	0,05	0,15
SY Zephir	MKK 6	0,08	0,08	0,30	0,17	0,16
Janett	MKK 16	0,11	0,10	0,20	0,24	0,16
DKC5830	MKK 17	0,09	0,13	0,30	0,16	0,17
Szegedi 521	MKK 20	0,19	0,03	0,25	0,21	0,17
Sy Talisman	MKK 1	0,13	0,17	0,22	0,17	0,17
Koregraf	MKK 8	0,13	0,13	0,36	0,09	0,18
Lexxtour Duo	MKK 12	0,19	0,19	0,16	0,20	0,19
DKC5075	MKK 9	0,11	0,14	0,31	0,19	0,19
Illango	MKK 15	0,15	0,13	0,27	0,22	0,19
Kleopatras	MKK 22	0,03	0,21	0,38	0,22	0,21
DKC 4590 Waxy	MKK 4	0,14	0,21	0,25	0,37	0,24
DKC 4541	MKK 3	0,06	0,10	0,60	0,21	0,24
Sy Zoan	MKK 19	0,06	0,24	0,51	0,25	0,26
P9415	MKK 2	0,06	0,61	0,30	0,12	0,27
Konfites	MKK 10	0,24	0,15	0,73	0,26	0,34
Átlag		0,11	0,14	0,28	0,18	0,18

Összefüggés vizsgálat

	Fg	Fv	Asp	K
Fv	-0,1944			
Asp	0,1683	0,1449		
K	0,3010	0,0190	0,2424	
Átlag	0,3180	0,5178	0,8293	0,5214
n.s.				

A természetes Fusarium fertőződés adatai alapján számított varianciaanalízis (9. táblázat) eredményei azt mutatják, hogy a hibridek között, a toxikus fajokkal, illetve a különböző izolátumokkal fertőzött sorok között is szignifikáns különbség van, hasonlóan az AxB tényezők kölcsönhatásához.

9. táblázat: MKK hibridek ellenállóságának tesztelése toxintermelő fajokkal szemben, háromtényezős varianciaanalízis a természetes Fusarium fertőződési adatok alapján, Kiszombor, 2019

Variancia forrás	SS	df	MS	F	SZD 5 %
Hibrid A	2,13	22	0,10	1,99**	0,13
Toxikus faj B	2,26	3	0,75	15,51***	0,05
Izolátum C	0,09	1	0,09	1,93***	0,04
AxB	4,43	66	0,07	1,38**	
AxC	0,75	22	0,03	0,70	
BxC	0,13	3	0,04	0,92	
AxBxC	2,95	66	0,04	0,92	
Hiba	17,89	368	0,05		
Összes	30,65	551			

***P=0,1%, **P=1%

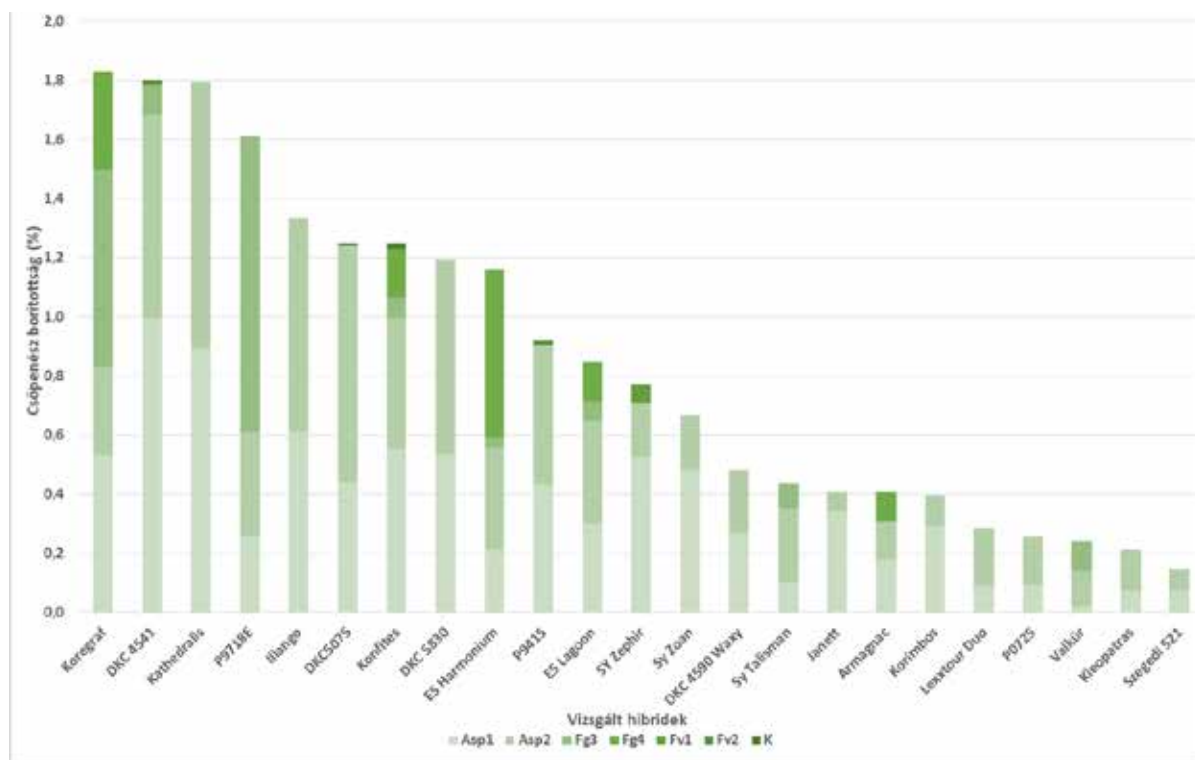
Külön felvételeztük a természetes Aspergillus fertőzést is. Látható fertőzés mindössze a csövek 9,24 %-nál volt megfigyelhető, az átlagszennyezettség 0,03 % volt. Az átlagfertőzöttségnél magasabb értéket a két Aspergillus izolátummal, valamint a Fusarium graminearum-mal fertőzött sorok mintái esetében kaptunk.

Az összesített Aspergillus flavus fertőzést figyelembe véve a Szegedi 521, a Kleopatras, a Valkür és a P0725 jó ellenállóságot mutat, de jó eredménnyel zárt a Lexxtour Duo, a Standard T, illetve az Armagnac is. A legnagyobb mértékű Aspergillus szennyezettséget a STANDARD S kontroll hibrid mellett a Koregraf mutatta (10. táblázat, 3. ábra).

10. táblázat: Az MKK kísérlet hibridjeinek összesített (természetes+mesterséges) Aspergillus fertőzöttségi adatai a csőfelület %-ában, Kiszombor, 2019

Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum			K	Átlag
		Fg	Fv	Asp		
Szegedi 521	MKK 20	0,00	0,00	0,07	0,00	0,02
Kleopatras	MKK 22	0,00	0,00	0,11	0,00	0,03
Valkür	MKK 23	0,05	0,00	0,07	0,00	0,03
P0725	MKK 18	0,00	0,00	0,13	0,00	0,03
Lexxtour Duo	MKK 12	0,00	0,00	0,14	0,00	0,04
Standard T	MKK 21	0,00	0,00	0,20	0,00	0,05
Armagnac	MKK 13	0,05	0,00	0,15	0,00	0,05
Janett	MKK 16	0,00	0,00	0,20	0,00	0,05
Sy Talisman	MKK 1	0,04	0,00	0,18	0,00	0,05
DKC 4590 Waxy	MKK 4	0,00	0,00	0,24	0,00	0,06
Sy Zoan	MKK 19	0,00	0,00	0,33	0,00	0,08
SY Zephir	MKK 6	0,00	0,03	0,35	0,00	0,10
ES Lagoon	MKK 11	0,10	0,00	0,32	0,00	0,11
P9415	MKK 2	0,00	0,01	0,45	0,00	0,12
ES Harmonium	MKK 5	0,30	0,00	0,28	0,00	0,14
DKC 5830	MKK 17	0,00	0,00	0,60	0,00	0,15
DKC5075	MKK 9	0,00	0,00	0,62	0,01	0,16
Konfites	MKK 10	0,12	0,00	0,50	0,02	0,16
Illango	MKK 15	0,00	0,00	0,67	0,00	0,17
P9718E	MKK 7	0,50	0,00	0,31	0,00	0,20
Kathedralis	MKK 14	0,00	0,00	0,90	0,00	0,22
Standard S	MKK 3	0,05	0,01	0,84	0,00	0,23
Koregraf	MKK 8	0,50	0,00	0,42	0,00	0,23
Átlag		0,07	0,00	0,35	0,00	0,11

Az összesített *Aspergillus* fertőzöttségi adatokkal végzett varianciaanalízis (11. táblázat) eredményei azt mutatják, hogy a hibridek között, illetve a különböző toxikus fajokkal mesterségesen inokulált sorok fertőzöttsége között is szignifikáns különbség van, hasonlóan az AxB tényezők kölcsönhatásához.



3. ábra: Az MKK kísérlet hibridjeinek összesített *Aspergillus flavus* fertőződése, Kiszombor, 2019

11. táblázat: MKK hibridek ellenállóságának tesztelése toxintermelő fajokkal szemben, háromtényezős varianciaanalízis az összesített *Aspergillus* fertőződési adatok alapján, Kiszombor, 2019

Variancia forrás	SS	df	MS	F	SZD 5 %
Hibrid A	2,63	22	0,12	2,23***	0,14
Toxikus faj B	11,43	3	3,81	71,27***	0,06
Izolátum C	0,03	1	0,03	0,54	0,04
AxB	7,87	66	0,12	2,23**	
AxC	0,83	22	0,04	0,71	
BxC	0,03	3	0,01	0,19	
AxBxC	2,37	66	0,04	0,67	
Hiba	19,67	368	0,05		
Összes	44,85	551			

Összegzés

A 2019. évi kiszombori mesterséges fertőzési kísérletekben - a 2017. évi kísérletekhez hasonlóan - a *F. graminearum* izolátumok által kiváltott fertőződés volt jelentős mértékű, a *F. verticillioides* és az *Aspergillus flavus* okozta fertőzések mértéke lényegesen kisebb. A kísérleti értékek alapján meghatározhatók azok a hibridek, amelyek az általunk részletesen vizsgált toxintermelő gombafajokkal szemben stabil ellenállóságot mutatnak. (4. ábra).

A mesterséges inokulációs kísérletben a Szegedi 521 mellett a Konfitas, a Lexxtour Duo és a Standard

T hibridek esetében a legkisebb az átlagfertőzöttség mértéke. A Sy Talisman, a Standard T, és a P0725 az összes vizsgált gombafajjal szemben átlag alatti fertőzöttséget mutatott.

Az ES Harmonium, az ES Lagoon, illetve a Janett szintén jó ellenállósággal rendelkeznek, azonban a kontroll sorok esetében megfigyelt természetes fertőződés mértéke a kísérleti átlag felett volt. A DKC5830 esetében csak az *Aspergillus flavus* fertőzöttség volt magasabb, míg az Armagnac és a Valkür a *Fusarium graminearum*-mal szemben volt fogékonyabb az átlagnál.

A mesterséges inokulációs vizsgálatok eredménye alapján a Sy Zoan, a P9415, a Kleopatras, illetve a Sy Zephir hibridek fertőzöttségi értéke magasabb volt a STANDARD S kontroll hibrid fertőzöttségénél. A 2019. évi kísérletekben a Valkür, az Armagnac, a P9718E hibridek ellenállóbbak, a Konfites, a P9415, a Sy Zoan hibridek fogékonyabbak a természetes, *Fusarium* gombák okozta fertőződéssel szemben. A szántóföldi vizsgálatok eredményeit a későbbiek során kiegészítik a minták mikotoxin tartalmára vonatkozó adatok. Ezek ismeretében további információkat nyerünk majd a kísérletben szereplő hibridek toxintermelő gombákkal szembeni ellenállóságáról.

Szeged, 2019. november 19.

Dr. Tóth Beáta
Osztályvezető helyettes
NAIK
NÖKO, Szeged

JELENTÉS

A Magyar Kukorica Klub Egyesület részére

2019. II. rész

Téma: Fertőzöttség és toxintartalom összehasonlítás

A toxinméréseket, a korábbi évek gyakorlatához hasonlóan, 2019-ben is a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. akkreditált laborja végezte el. A toxinminták begyűjtése is azonos módon történt, azaz minden sorból (15-20 cső) öt átlagos fertőzöttségű kukoricacsövet választottunk ki. Bontialás után, száraz fedett helyen két hétig száradtak a csövek, majd a csövek teljes termését durván lemorzsoltuk, és alaposan összekevertük. Ezután mindhárom ismétlésből durva darálmányából 100-100 g darálmányt kivettünk és egybeöntés és alapos átkeverés után 100 g-ot kivettünk belőle és labordarálón (Perten) liszté őröltük. Ezekre a műveletekre a mintavételi hiba csökkentése miatt volt szükség. Az így előkészített anyagot küldtük el Bábolnára. Az 1. ábra a mesterségesen fertőzött csövekből kapott toxin adatokat mutatja be. Jól látható, hogy a két izolátum között többnyire jelentős a különbség, ezért a két izolátum átlaga pontosabb adatokat szolgáltat, mint bármelyik külön-külön. A labor Fumonizin B1 és B2 toxinokat mért, ezeket az adatokat az itt hivatkozott táblázatban is feltüntettük, azonban a hibridek jellemzésénél már csak az összes fumonizin tartalommal számoltunk. A mintákban a fumonizin B1 volt a meghatározó, 1.32 mg/kg, míg a fumonizin B2 tartalom csak 0.43 mg/kg-nak adódott. Az egyes mintákon belül egyébként is igen nagy szórást tapasztaltunk, így előfordult olyan minta is, ahol a B2 koncentrációja a B1 kétszerese volt. A hibrideknél az FB1 tartalom az FB2 1-4 - 9.4-szerese között ingadozott. Ezért az FB1-re önmagában nem szabad döntéseket alapozni.

1. táblázat: A kukorica toxikus gombákkal szembeni mesterséges fertőzéses kísérlet toxinadatai, Szeged, 2019.

Hibrid kódja	Gombafaj	Fusarium graminearum	Fusarium verticillioides			Aspergillus flavus aflatoxin ppb
			Toxin	DON mg/kg	B1 mg/kg	
	Izolátum					
1	I1	3,93	0,6	0,35	0,95	135
	I2	9,64	0,74	0,1	0,84	13
2	I1	13,17	0,47	0	0,47	50
	I2	149,46	0,71	0,21	0,92	83
3	I1	50,72	2,51	0,38	2,89	465
	I2	111,41	2,56	0,65	3,21	134
4	I1	124,2	1,42	0,7	2,12	347
	I2	57,13	4,92	0,62	5,54	64
5	I1	116,6	1,09	0,3	1,39	162
	I2	26,18	1,6	0,62	2,32	33
6	I1	184,43	2,1	0,55	2,65	149
	I2	193,68	0,6	0,15	0,75	6
7	I1	41,64	1,2	0,66	1,86	108
	I2	49,64	0,87	0,3	1,17	356
8	I1	54,52	1,04	0,36	1,4	40
	I2	0,28	0,99	0,18	1,17	42
9	I1	91,7	0,56	0,09	0,65	117
	I2	33,66	5,25	1,5	6,65	48
10	I1	25,23	0,8	0,15	0,95	43
	I2	20,99	0,4	0,23	0,63	41
11	I1	17,14	0,51	0,25	0,76	143
	I2	29,63	2,64	0,54	3,18	16
12	I1	12,1	1,76	0,54	2,3	476
	I2	15,66	1,25	0,69	1,94	235
13	I1	18,12	0,79	0,27	1,06	150
	I2	45,59	0	0	0	58
14	I1	15,38	0,28	0,2	0,48	40
	I2	23,65	1,26	0,27	1,53	32
15	I1	15,07	0,71	0,19	0,9	56
	I2	67,56	3,56	1,63	5,19	85
16	I1	50,07	0,43	0,11	0,54	32
	I2	68,27	1,1	0,47	1,57	25
17	I1	15,07	0,71	0,19	0,9	56
	I2	67,56	3,56	1,63	5,19	85
18	I1	3,27	1,21	2,18	3,39	1
	I2	41,73	0	0	0	1
19	I1	120,7	2,05	0,59	2,64	2
	I2	90,8	0,98	0,22	1,2	15
20	I1	90,8	2,21	0,38	2,59	19
	I2	15,4	0,24	0	0,24	30
21	I1	55,9	0,7	0,14	0,84	11
	I2	49,9	0,19	0,1	0,29	47
22	I1	154,9	0,68	0,21	0,89	1
	I2	74,3	1,54	0,72	2,26	12
23	I1	87,1	1,37	0,23	1,60	0
	I2	62,1	0,43	0,08	0,51	20

A 2. táblázat a kontrollparcellák toxinszennyezését mutatja be, ami azért fontos, hogy képünk legyen a természetes toxinszennyezés mértékéről is. Hét hibrid esetében mutat minden adat átlag alatti értéket. 13 esetben viszont átlag alatti és feletti adatok egyszerre fordulnak elő. Ezt a kockázatbecslésnél ugyanolyan súllyal vesszük számba, mint a mesterséges fertőzés értékeit. Jó esetben egybe csengenek, de ha nem, akkor további adatokra van szükség. Egyes hibridek csőve kinő a csuhélevelekből. A szabadon maradt, még éretlen szemek nyílt terepe a rovarkártételnek, melynek következtében a gombafertőzések is gyakoribbak. Ugyanez a hibrid a mesterséges fertőzéses kísérletben alacsony fertőzési értékeket mutathat. Az ilyen hibridek termesztése nem javasolt, mert kismértékű genetikai fertőződési hajlam ellenére is a minőségromlás veszélye fennáll.

2. táblázat: A kontrollparcellák természetes eredetű toxinszennyezettsége, 2019.

MKK kód	Hibrid	Kontrollok			
		DON mg/kg	Fum mg/kg	Afla mg/kg	Átlag
6	SY Zephir	0,33	0,00	0,00	0,11
8	Koregraf	0,00	0,36	0,00	0,12
18	P0725	0,00	0,63	0,00	0,21
4	DKC 4590 Waxy	0,00	0,78	0,00	0,26
14	Kathedralis	0,53	0,43	0,00	0,32
5	ES Harmonium	0,25	0,00	1,00	0,42
7	P9718E	1,13	0,24	0,00	0,46
15	Illango	0,09	1,89	0,00	0,66
23	Valkür	2,40	0,00	0,00	0,80
2	P9415	1,16	1,35	0,00	0,84
19	Sy Zoan	0,00	2,54	0,00	0,85
22	Kleopatras	0,00	3,34	0,00	1,11
1	Sy Talisman	1,04	1,07	2,00	1,37
9	DKC5075	3,87	0,45	0,00	1,44
10	Konfites	3,27	1,23	0,00	1,50
13	Armagnac	4,65	0,61	0,00	1,75
20	Szegedi 521	0,25	0,1	6,00	2,12
3	DKC 4541	7,18	0,00	0,00	2,39
17	DKC 5830	4,35	2,84	0,00	2,40
21	Korimbos	6,80	1,39	0,00	2,73
16	Janett	2,93	3,73	2,00	2,89
11	ES Lagoon	0,00	2,28	21,00	7,76
12	Lexxtour Duo	0,52	1,47	65,00	22,33
	Átlag	1,77	1,16	4,22	2,38

Megjegyzés: **Zöld** = átlag alatti toxin tartalom.

A toxinadatok szerint a *F. graminearum* fertőzés sikeres volt, 2018-hoz viszonyítva lényegesen nagyobb fertőzést értünk el. (3. táblázat) A szélső értékek között 30-szoros különbséget tapasztaltunk. A fumonizineknél négyszeres különbséget mértek. Ugyanez érvényes az aflatoxinra is (Aflatoxin B1), a genotípusok között csaknem százszoros a különbség. A fumonizineknél a fertőzöttségi szint alacsony volt, a toxin esetében is inkább alacsonyabb értékeket kaptunk. A hibridek felsorolása az átlaghoz viszonyított teljesítményük alapján történt.

Az összefüggések statisztikai analízis alapján egy kivétellel nem szignifikánsak (FUM/AFLA). A laza összefüggés nem meglepő, a szakirodalmi adatok is alátámasztják. Az összefüggés nem jelent genetikai kapcsolatot. Az adatokból végül azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a mérések eredményeként kapott fumonizin tartalomból nem lehet következtetni az aflatoxin tartalomra. (Esetükben pl. az 1.7 mg/kg fumonizin tartalom mellett előfordulhat 1 ppb aflatoxin, ugyanakkor hasonló fumonizin tartalom mellett lehetséges akár 232 ppb aflatoxin érték is.)

Megjegyzések:

- A toxinérzékenység megítélése szempontjából a vizsgált hibrideket szennyezettségi (kockázati) szintjük szerint több csoportba indokolt besorolni a szakszerűbb összehasonlítás érdekében.
- A kísérleti tapasztalatok a kontrollok használatának finomítását is indokolják. (A biológiában nincsenek stabil mérőföldkövek!)

3. táblázat: Rezisztenciavizsgálatok kukoricában toxikus gombákkal szemben. Toxinadatok a két izolátum átlagában, 2019.

Hibrid kódja	FAO szám	Hibrid	FUM ppm	DON ppm	Afla ppb
18	560	P0725	1,7	22,5	1
14	490	Kathedralis	1,01	19,52	36
10	430	Konfites	0,79	23,11	42
8	410	Koregraf	1,29	27,4	41
20	560	Szegedi 521	1,42	53,1	24,5
1	250	Sy Talisman	0,9	6,79	74
21	580	STANDARD T	0,57	52,9	29
23	731	Valkür	1,06	74,6	10
16	550	Janett	1,06	59,17	28,5
11	460	ES Lagoon	1,97	23,39	79,5
17	560	DKC 5830	3,05	41,32	70,5
19	560	Sy Zoan	1,92	105,75	8,5
22	630	Kleopatras	1,58	114,6	6,5
13	490	Armagnac	0,53	31,86	104
2	350	P9415	0,7	81,32	66,5
9	410	DKC5075	3,65	62,68	82,5
5	380	ES Harmonium	1,86	71,39	97,5
6	390	SY Zephir	1,7	189,06	77,5
15	530	Illango	1,35	83,75	193,5
7	390	P9718E	1,52	45,64	232
4	360	DKC 4590 Waxy	3,83	90,67	205,5
12	470	Lexxtour Duo	2,12	13,88	355,5
3	360	STANDARD S	3,05	81,07	299,5
		Átlag	1,68	59,80	94,13
		LSD 5%	ns	8,31	169,29

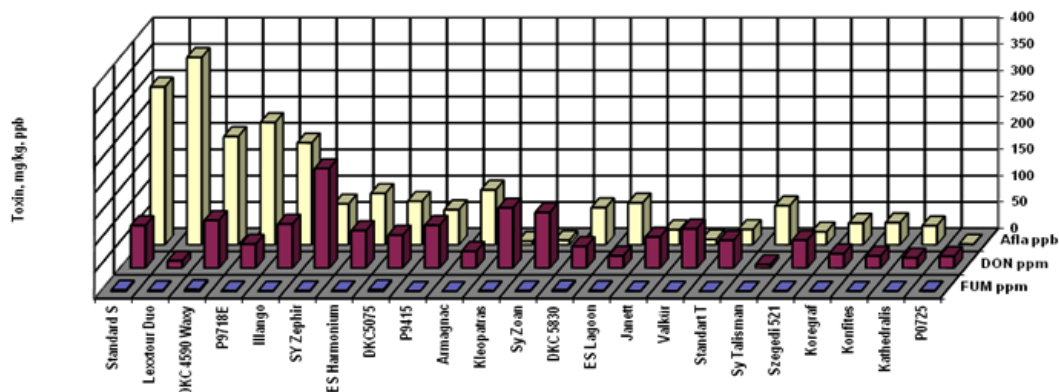
Megjegyzés: **zöld** = alacsony, **sárga** = átlagos, **piros** = magas relatív kockázati szint.

Összefüggések:

	FUM ppm	DON ppm	Afla ppb
FUM ppm	1		
DON ppm	0.2055	1	
Afla ppb	0.4170*	-0.0488	1

P = 5%

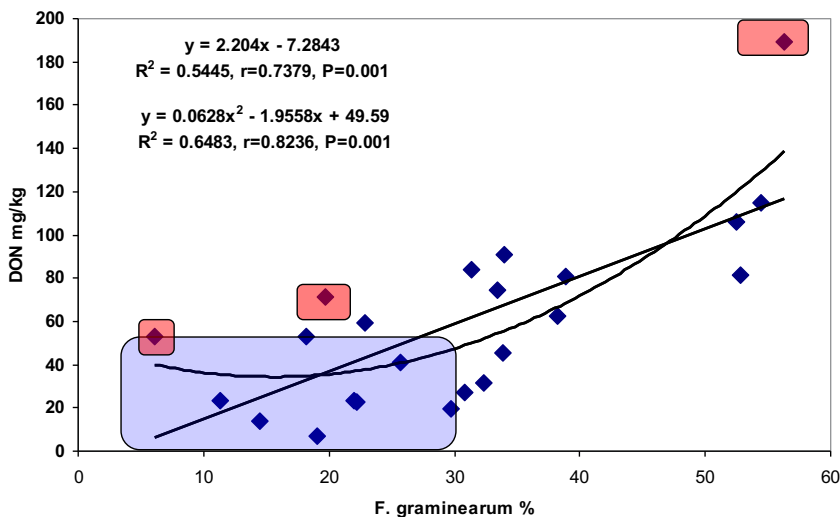
Az 1. ábrán a 3. táblázat adatait vizuálisan is bemutatjuk.



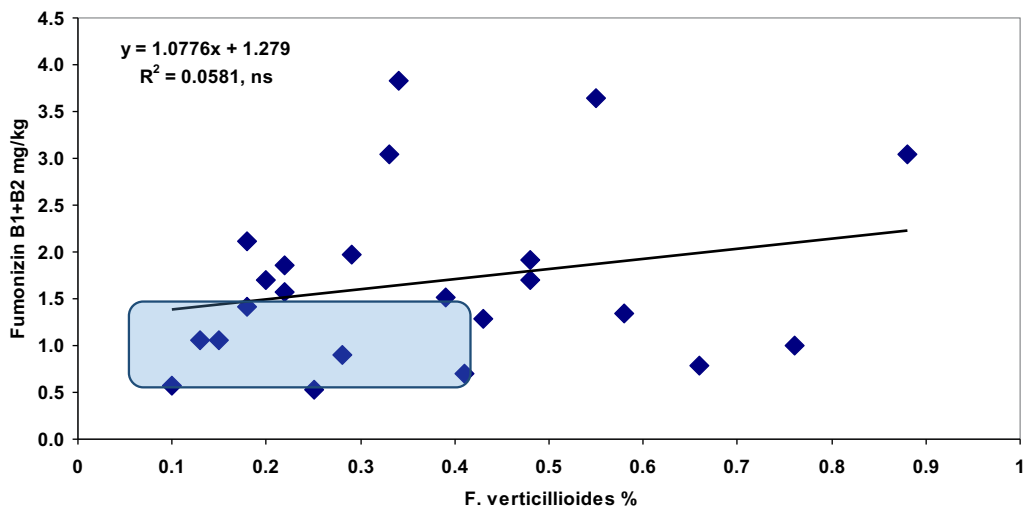
1. ábra: Kukorica hibridek toxintartalma mesterséges fertőzés következtében, 2019.

A 2. ábrán A *F. graminearum* fertőzés és a DON tartalom összefüggéseit mutatjuk be. Mind két függvényváltozatnál szoros és szignifikáns összefüggést kaptunk. A 23 hibridből mindössze 3-4 hibridnél állapítható meg toxin túltermelés. A toxin túltermelés megbízható kimutatásához a jelenleginél lényegesen nagyobb adattömegre van szükség. A jelenség élelmiszerbiztonsági jelentősége igen nagy.

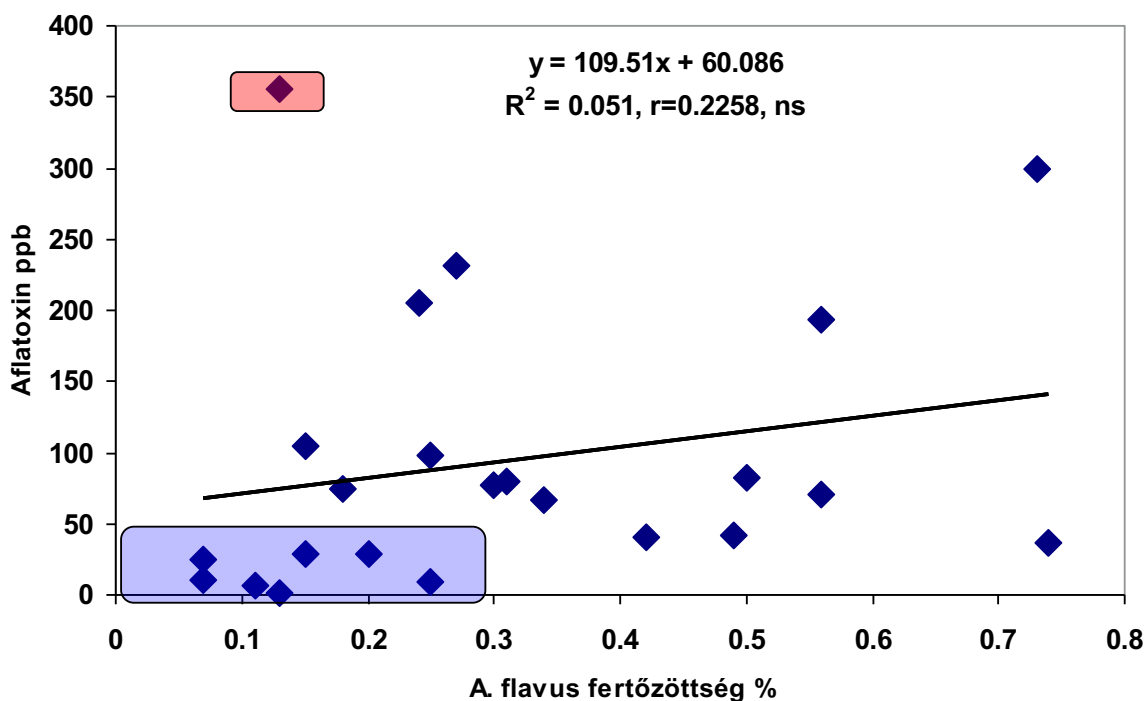
A *F. verticillioides* esetében a fertőzöttség és a toxintartalom között nincs szignifikáns összefüggés. Vviszont előfordul három alacsony fertőzöttségű és magas fumonizin termelő hibrid, amelyek egyrészt korrelációtörők, másrészt élelmiszerbiztonsági kockázatot is hordoznak. Ami számunkra fontos, az az, hogy azonosíthatóak azok a hibridek, amelyek alacsony fertőzöttséggel és alacsony toxintartalommal bírnak. A közepesen vagy erősen fertőzött hibrid selejtezése egyébként a toxintartalom megállapítása nélkül is selejtezhető a termés minőségcsökkenése és a tárolás alatti várható továbbromlása miatt. A következő grafikonokon (2., 3. és 4. ábra) a kék kiemelés az alacsony fertőzöttségű és alacsony toxin-tartalmú hibrideket jelöli. A mély rózsaszín a toxin túltermelőkre hívja fel a figyelmet a lineáris regressziós modell szerint, míg a zöld a relatív toxinrezisztenciával rendelkező hibrideket jelöli.



2. ábra: Kukorica rezisztenciavizsgálatok, *F. graminearum* fertőzöttség és DON tartalom kapcsolata, 2019. Piros kiemelés: toxin túltermelés, kék kiemelés: átlag alatti fertőzöttség és DON



3. ábra: Kukorica rezisztenciavizsgálatok, *F. verticillioides* és a fumonizin fertőzöttség tartalom kapcsolatát mutatja. 2019.



4. ábra: Kukorica rezisztenciavizsgálatok, *A. flavus* fertőzöttség és aflatoxin tartalom kapcsolata, 2019. Piros kiemelés: toxin túltermelés

A 4. táblázatban mind a mesterséges, mind a természetes fertőződés adatait egy táblázatba vontuk össze. A besorolást oszloponként külön végeztük. (zöld = alacsony, sárga = átlagos, piros = magas relatív kockázati szint)

4. táblázat: Kukorica hibridek kockázata a kontroll hibridek teljesítménye alapján, 2019.

	Mesterséges			Kontroll			FAO
	DON ppm	FUM ppm	afla ppb	DON mg/kg	Fum mg/kg	Afla µg/kg	
Sy Talisman	6,8	0,9	74	1,04	1,07	2	250
P9415	81,3	0,7	66,5	1,16	1,35	0	350
STANDARD S	81,1	3,1	299,5	7,18	0	0	360
DKC 4590 Waxy	90,7	3,8	205,5	0	0,78	0	360
ES Harmonium	71,4	1,9	97,5	0,25	0	1	380
SY Zephir	189,1	1,7	77,5	0,33	0	0	390
P9718E	45,6	1,5	232	1,13	0,24	0	390
Koregraf	27,4	1,3	41	0	0,36	0	410
DKC5075	62,7	3,7	82,5	3,87	0,45	0	410
Konfites	23,1	0,8	42	3,27	1,23	0	430
ES Lagoon	23,4	2	79,5	0	2,28	21	460
Lexxtour Duo	13,9	2,1	355,5	0,52	1,47	65	470
Armagnac	31,86	0,53	104	4,65	0,61	0	490
Kathedralis	19,5	1	36	0,53	0,43	0	490
Illango	83,75	1,35	193,5	0,09	1,89	0	530
Janett	59,2	1,1	28,5	2,93	3,73	2	550
DKC5830	41,3	3	70,5	4,35	2,84	0	560
P0725	22,5	1,7	1	0	0,63	0	560
Sy Zoan	105,8	1,9	8,5	0	2,54	0	560
Szegedi 521	53,1	1,4	24,5	0,25	0,,10	6	560
STANDARD T	52,9	0,6	29	6,8	1,39	0	580
Kleopatras	114,6	1,6	6,5	0	3,34	0	630
Valkür	74,6	1,1	10	2,4	0	0	731
Átlag	57,2	1,8	99,7	1,8	1,2	6,8	

Megjegyzés: **zöld** = alacsony, **sárga** = átlagos, **piros** = magas relatív kockázati szint.

Összefüggések:

Toxin	Mesterséges fertőzéssel			Természetes fertőzéssel		
	DON ppm	FUM ppm	afla ppb	DON mg/kg	Fum mg/kg	Afla mg/kg
FUM ppm	0.2056					
Afla ppb	-0.0489	0.4171				
DON mg/kg	-0.1168	0.0357	0.0960			
Fum mg/kg	0.0015	-0.0513	-0.2426	-0.0666		
Afla mg/kg	-0.3044	0.1091	0.5502**	-0.1840	0.1267	
FAO	0.0710	-0.199s	-0.4214*	0.0847	0.3956	-0.0175
szignifikancia: ** P = 0.01, *P=0.05, ns						

A Magyar Kukorica Klub 2010-ben csatlakozott a Szegedi Gabonakutató Kht. Kutatási programjához azzal a céllal, hogy a nemesítők és gazdák segítségével legyen a biztonságos termesztéshez és az egészséges termék-előállításához megfelelő hibridek kiválasztásában. Az akkor még kiforratlan vizsgálati módszertan és a még ma sem kellően ismert genetikai háttér ellenére azért vállaltuk ezt a küldetést, mert biztosak voltunk benne, hogy a kutatóintézetnél rendelkezésre álló tudás és a gyakorlati igény együtt képes lesz áttörni azokat az akadályokat, amelyek akkor még az előrelépést nehezítették. Ma már látjuk, hogy helyesen cselekedtünk, mert részben a társadalmi igény, részben a felgyorsult technikai haladás kiköveteli azt a minőséget, amit célul tűztünk ki, s azért is, mert az általunk is támogatott kutatási tevékenység eredményei beérni látszanak. A kutatás fontos lépéseket tett a metodika fejlesztésében, s az egyes gombaféleségek, a toxintermelés és a hibridek kapcsolatának feltárásában. A vizsgálati eredményekből ma már nagy biztonsággal állíthatja egyes hibridekről, hogy a termesztés és felhasználás egyes területei számára szükségtelenül vállalt kockázatot jelenthetnek, míg másokról, hogy kellő körültekintéssel erősebb fertőzőes nyomás hatása ellenére is általánosan, vagy adott piaci célra értékesíthető terményt produkálnak.

Köszönjük, azoknak, akik eddig együttműködtek velünk és támogattak céljaink megvalósításában! Várjuk azokat, akik szintén szeretnék kivenni részüket a sikerből!

A vizsgálatokra bárki küldhet saját tulajdonú vetőmagot!










A vizsgálati, eredmények alapján a korábbiakkal megegyezően megállapíthatjuk, hogy a hibridek többségére a fertőzéssel arányos toxintermelés jellemző. Úgy tűnik, hogy a FAO számok, azaz a hibrid korábbi vagy későbbi volta csak az aflatoxinnál mutatott szignifikáns, de nem túl szoros negatív korrelációt, azaz a későbbiek kevésbé fertőződtek.

A kockázati tényezőt most elesősorban a toxintermelés és a fertőzöttség alapján becsültük. Van azonban a kockázatnak olyan oldala is, hogy milyen állatfaj és milyen életkorban kapja az adott takarmányt. Az új takarmányozási toxin ajánlati határértékek kidolgozása elkezdődött, ezt az MTA Állatorvosi és Takarmányozási Bizottságai végzik. Ennek alapján 2021-ben várhatólag a hibridek kiválasztását az is befolyásolni fogja, hogy milyen állatfajjal szándékozzák feleltetni. A fiatal állatok és a tenyészállatok takarmányát csak bébiétel tisztaságú takarmánnyal érdemes végezni.

Szeged, 2019. november 25.

Dr. Mesterházy Ákos

Toxikus csőpenészgombák különböző fertőzés-erősségi fokozatai

	<i>F. graminearum</i>	<i>F. verticillioides</i>	<i>Aspergillus flavus</i>
Gyenge			
Közepes			
Erős			

1. ábra: Toxikus csőpenészgombák különböző fertőzés-erősségi fokozatai mesterséges fertőzéssel (képek: MÁ)