

KUTATÁSI BESZÁMOLÓ

a Magyar Kukorica Klub által koordinált kukorica csőpenész rezisztenciavizsgálatokról, 2017

A kísérletet a szegedi Gabonakutató Non-profit Kft. kiszombori tenyészkerterében állítottuk be, mely során húsz kukorica hibrid mikotoxinokat termelő gombafajokkal szembeni ellenállóságát vizsgáltuk. A kísérletben egy fogékony és egy ellenálló hibrid (Korimbos) szerepelt kontrollként (**1. táblázat**).

1. táblázat: A Magyar Kukorica Klub kísérletében részt vevő hibridek és kódszámuk, Kiszombor, 2017

Kód	Hibrid	FAO	Tulajdonos
MKK 1	P9241	350	Pioneer
MKK 2	DKC4590	350-370	Monsanto
MKK 3	DKC4541	360-380	Monsanto
MKK 4	P9537	370	Pioneer
MKK 5	<i>Fogékony kontroll</i>		
MKK 6	4420	470	Kiskun
MKK 7	4517	520	Kiskun
MKK 8	P9903	390	Pioneer
MKK 9	DKC4943	390-410	Monsanto
MKK 10	DKC4717	380-400	Monsanto
MKK 11	PR37F80	420	Pioneer
MKK 12	Fornad	420	KITE
MKK 13	P0023	420	Pioneer
MKK 14	P9911	450	Pioneer
MKK 15	Cardixxio Duo	460-480	RAGT
MKK 16	Janett	550	Limagrain
MKK 17	Siló Star	490	Gabonakutató
MKK 18	DKC5542	530-540	Monsanto
MKK 19	DKC5830	550-570	Monsanto
MKK 20	Valkür	731	Kiskun
MKK 21	Szegedi 521	560	Gabonakutató
MKK 22	Konsens	550-600	KWS
MKK 23	<i>Korimbos</i>	<i>550-600</i>	<i>KWS</i>

A szántóföldi kísérletek körülményei

A kiszombori tenyészkerter (46° 19'N; 20°41'E) magas agyagtartalmú, kötött területen helyezkedik el, aszályos időben gyakori a sorok közötti 6-8 cm széles repedés. A 2017. évi hőmérséklet és csapadék adatokat a **2. táblázat** foglalja össze. 2017 januárja és februárja 4 és 3 °C-kal hűvösebb volt, mint az előző év ugyanezen szakasza, míg a március 2 °C-kal volt

átlagosan melegebb. Ezen időszakban a lehullott csapadék mennyisége mindössze 60 mm volt, amely egyharmada a tavalyi mennyiségnek. Az áprilisi átlaghőmérséklet 2 °C-kal alacsonyabb volt, mint előző évben, csapadékból pedig háromszoros mennyiség hullott. Ez biztosította a megfelelő talajállapotot a jó magágy készítéséhez. A kísérletet 2017. május 5-én 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 tenyészidőszakban lehulló csapadék mennyisége mindössze fele volt a tavalyinak, míg a virágzás és terméskötés szempontjából igen kritikus júliusban pedig mindössze harmada, miközben az átlaghőmérséklet magasabb volt a több éves átlagnál. Az állományban a rovar kártétel nem volt jelentős.

2. táblázat: 2017. évi hőmérséklet és csapadék adatok

Év	Hónap	Átlag-hőmérséklet	Tmin	Tmax	Hőingás	Havi csapadék	Csapadékos napok száma
2016	Október	10,8 °C	1,3 °C	26 °C	16,5 °C	77,0 mm	13
2016	November	5,9 °C	-4,5 °C	16,5 °C	13,9 °C	35,7 mm	10
2016	December	0,3 °C	-7,9 °C	11,5 °C	12,2 °C	2,0 mm	2
2017	Január	-4,2 °C	-18 °C	4,2 °C	16 °C	20,0 mm	5
2017	Február	3,5 °C	-6,6 °C	19,9 °C	17 °C	21,5 mm	10
2017	Március	9,7 °C	-1,8 °C	25,2 °C	22,3 °C	20,2 mm	10
2017	Április	11 °C	0 °C	26,1 °C	21,3 °C	40,7 mm	15
2017	Május	18,2 °C	4 °C	32,7 °C	22 °C	39,3 mm	11
2017	Június	23,1 °C	10,7 °C	34,6 °C	17,8 °C	49,4 mm	13
2017	Július	23,3 °C	12,2 °C	36,9 °C	19,2 °C	45,4 mm	8
2017	Augusztus	24,2 °C	10,7 °C	38,3 °C	19,7 °C	18,8 mm	5
2017	Szeptember	18 °C	7,5 °C	33,1 °C	18,1 °C	36,0 mm	11

Az érés időszakában a száraz időjárás miatt a kísérlet hibridjei megfelelő víztartalommal értek be. A kísérletben szárprobléma nem jelentkezett, a megvizsgált hibridek szárkeresztmetszete egészséges volt. A tőállomány valamivel 70000 növény/ha alatt maradt.

Az alkalmazott izolátumok és módszerek

A kísérletet négy 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* (46.06 és 19.42) 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 génklusztter csak részben vagy egyáltalán nincs meg a genomjukban. A kísérletet három ismétléses véletlen blokk elrendezésben állítottuk be. Az inokulációhoz a Young-féle fogvájós módszer módosított változatát alkalmaztuk.

A fertőzést az 50 %-os nővirágzás utáni 6. napon végeztük, ugyanis a módszertani kísérleteink azt mutatták, hogy a korábbi fertőzési időpont jelentősebb mértékű fertőződéssel jár, így a rezisztencia sorrend megállapítása is biztonságosabb.

A kísérletet 2017. október 2-án és 3-án értékeltük. Bár a természetes fertőződés mértéke lényegesen alacsonyabb volt, mint a korábbi években, minden csövet úgy értékeltünk, hogy a fogvájó környékén látható fertőződés kiterjedését néztük és fejeztük ki százalékban. A cső egyéb részein látható természetes eredetű fertőződést 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 húszszoros fajtakülönbségek vannak, amelyek 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 az általunk kiváltott fertőződés erősségét figyelembe véve.

A legellenállóbb hibridek között van a Cardixxio Duo mellett a Szegedi 521 és a 4420 hibrid is. A fogékonyabb hibridek között szerepel a P0023, a PR37F80, illetve a Valkür.

3. táblázat: Az MKK kísérlet hibridjeinek mesterséges fertőzöttségi adatai a csőfelület %-ában, Kiszombor, 2017

Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum						Kontroll	Átlag
		Fg1	Fg3	Fv1	Fv2	Asp1	Asp2		
Cardixxio Duo	MKK 15	0,10	1,43	0,14	0,25	0,08	0,29	0,44	0,39
Szegedi 521	MKK 21	0,09	2,66	0,11	0,08	0,11	0,09	0,42	0,51
4420	MKK 6	0,27	3,24	0,65	0,41	0,29	0,16	0,38	0,77
DKC4943	MKK 9	0,23	4,51	0,42	0,35	0,36	0,24	0,40	0,93
DKC5830	MKK 19	0,30	5,06	0,22	0,28	0,33	0,09	0,28	0,94
P9903	MKK 8	0,08	5,48	0,22	0,32	0,18	0,12	0,70	1,02
<i>Korimbos</i>	MKK 23	0,76	6,37	0,03	0,03	0,07	0,00	0,18	1,06
DKC4717	MKK 10	0,13	6,04	0,33	0,31	0,13	0,09	0,42	1,07
Konsens	MKK 22	0,35	6,47	0,86	0,21	0,08	0,47	0,65	1,30
4517	MKK 7	0,55	6,13	1,08	1,50	0,14	0,24	0,82	1,49
Janett	MKK 16	5,40	4,41	0,10	0,10	0,11	0,12	0,25	1,50
DKC4590	MKK 2	2,15	10,60	0,45	0,37	0,04	0,03	0,75	2,05
Siló Star	MKK 17	0,16	13,93	0,20	0,22	0,12	0,25	0,30	2,17
DKC4541	MKK 3	1,46	9,42	0,65	2,69	0,21	0,24	0,53	2,17
DKC5542	MKK 18	0,17	14,57	0,34	0,34	0,11	0,13	0,60	2,32
P9241	MKK 1	0,21	16,63	0,33	0,34	0,09	0,07	0,29	2,57
P9537	MKK 4	0,13	17,14	0,48	0,31	0,14	0,23	0,36	2,68

P9911	MKK 14	0,70	21,93	0,50	0,23	0,12	0,17	0,78	3,49
<i>Fogékony kontroll</i>	MKK 5	0,64	22,83	0,30	0,61	0,14	0,22	0,38	3,59
Fornad	MKK 12	2,03	20,63	1,12	1,72	0,23	0,17	0,66	3,79
Valkür	MKK 20	0,04	31,03	0,20	0,25	0,00	0,00	0,02	4,51
PR37F80	MKK 11	0,73	30,43	1,13	1,31	0,14	0,10	0,77	4,95
P0023	MKK 13	0,38	44,53	0,62	0,51	0,14	0,11	0,34	6,66
Átlag		0,74	13,28	0,46	0,55	0,15	0,16	0,47	2,26
SZD 5%									2,25

A varianciaanalízis (**4. táblázat**) eredményei azt mutatják, hogy a hibridek között, illetve a toxikus izolátumok fertőzőképessége között szignifikáns különbség van, hasonlóan, mint a két tényező kölcsönhatása esetében.

4. táblázat: MKK hibridek ellenállóságának tesztelése toxintermelő fajokkal szemben, háromtényezős varianciaanalízis a mesterséges fertőződési adatok alapján, Kiszombor, 2017

Variancia forrás	SS	df	MS	F	SZD 5 %
Hibrid A	1037,38	22	47,15	3,30***	2,25
Toxikus faj B	4570,34	3	1523,45	106,64***	0,90
Izolátum C	1380,36	1	1380,36	96,62***	0,63
AxB	2994,92	66	45,38	3,18***	
AxC	1041,69	22	47,35	3,31***	
BxC	4046,20	3	1348,73	94,41***	
AxBxC	3135,01	66	47,50	3,32***	
Hiba	5257,24	368	14,28		
Összes	23463,14	551			

*** $P=0,1$

A különböző kórokozó fajokkal szembeni ellenállóság korábbi vizsgálataink alapján nem feltétlenül esik egybe, de vannak olyan hibridek, amelyek az összes kórozóval szemben jó vagy kiváló teljesítményt mutattak fel. A két-két izolátum átlagát bemutató **5. táblázat** adatai alapján a Szegedi 521, a Korimbos, a DKC4717, illetve a Janett az összes vizsgált gombafajjal szemben átlag alatti fertőzöttséget mutatott. A Cardixio Duo, a DKC5830, illetve a DKC4943 szintén jó ellenállósággal rendelkeznek, azonban *Aspergillus flavus*-szal szemben fogékonyabbak voltak. A DKC4590-nél a természetes fertőzöttséget indikáló kontroll sorok voltak fertőzöttebbek. Az összefüggés vizsgálat eredményei alapján az átlagot a *Fusarium graminearum* ellenállóság mértéke határozta meg, a természetes fertőzés pedig leginkább a *Fusarium verticillioides* okozta fertőzésekhez volt köthető.

5. táblázat. Toxikus fajok szerinti fertőződés az MKK kísérlet hibridjein mesterséges inokulációt követően, Kiszombor, 2017.

(Sárga színnel az átlag alatti fertőződési értékeket jelöltük.)

Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum			Kontroll	Átlag
		Fg	Fv	Asp		
Cardixio Duo	MKK 15	0,77	0,19	0,18	0,44	0,40
Szegedi 521	MKK 21	1,38	0,10	0,10	0,42	0,50
4420	MKK 6	1,75	0,53	0,23	0,38	0,72
DKC5830	MKK 19	2,68	0,25	0,21	0,28	0,86
DKC4943	MKK 9	2,37	0,39	0,30	0,40	0,86
Korimbos	MKK 23	3,57	0,03	0,03	0,18	0,95
P9903	MKK 8	2,78	0,27	0,15	0,70	0,98
DKC4717	MKK 10	3,09	0,32	0,11	0,42	0,98
Konsens	MKK 22	3,41	0,54	0,28	0,65	1,22
Janett	MKK 16	4,91	0,10	0,12	0,25	1,34
4517	MKK 7	3,34	1,29	0,19	0,82	1,41
DKC4590	MKK 2	6,38	0,41	0,03	0,75	1,89
Siló Star	MKK 17	7,04	0,21	0,18	0,30	1,93
DKC4541	MKK 3	5,44	1,67	0,23	0,53	1,97
DKC5542	MKK 18	7,37	0,34	0,12	0,60	2,11
P9241	MKK 1	8,42	0,34	0,08	0,29	2,28
P9537	MKK 4	8,63	0,39	0,19	0,36	2,39
P9911	MKK 14	11,32	0,37	0,15	0,78	3,15
Fogékony kontroll	MKK 5	11,74	0,46	0,18	0,38	3,19
Fornad	MKK 12	11,33	1,42	0,20	0,66	3,40
Valkür	MKK 20	15,54	0,22	0,00	0,02	3,95
PR37F80	MKK 11	15,58	1,22	0,12	0,77	4,42
P0023	MKK 13	22,46	0,56	0,13	0,34	5,87
Átlag		7,01	0,51	0,15	0,47	2,03
SZD 5%		2,20	0,19	0,05	0,11	2,25

Összefüggés vizsgálat

	Fg	Fv	Asp	Kontroll
Fv	0,2302			
Asp	-0,3174	0,3491		
Kontroll	-0,0502	0,5330**	0,2582	
Átlag	0,9939***	0,3309	-0,2604	0,0350

***P=0,1, **P=2

A természetes, *Fusarium* jellegű fertőződés mértékét a kísérletben a **6. táblázat** mutatja be. Ezek egyrészt a kórokozókkal fertőzött csöveken, másrészt a kontroll, mesterségesen nem fertőzött csöveken kialakult fertőzések voltak. A természetes fertőződés mértéke csak tizede volt a mesterséges inokuláció okozta fertőzöttségnek. A fajtakülönbségek itt is jelentősek, a legellenállóbb és a legfogékonyabb hibrid között hétszeres különbség van. A főátlagok alapján a Korimbos fertőződött legkevésbé, öt követte a Valkür, a Siló Star és a DKC4943 hibrid. A legmagasabb átlag fertőzöttségi értékeket a PR37F80 hibrid esetében kaptuk.

6. táblázat: Az MKK kísérlet hibridjeinek természetes *Fusarium* fertőzöttségi adatai a csőfelület %-ában (a mesterségesen fertőzött sorok szerint csoportosítva), Kiszombor, 2017

Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum						K	Átlag
		Fg1	Fg3	Fv1	Fv2	Asp1	Asp2		
<i>Korimbos</i>	MKK 23	0,03	0,00	0,00	0,05	0,07	0,06	0,28	0,07
Valkür	MKK 20	0,00	0,00	0,27	0,10	0,15	0,00	0,02	0,08
Siló Star	MKK 17	0,07	0,00	0,06	0,05	0,15	0,07	0,30	0,10
DKC4943	MKK 9	0,03	0,06	0,15	0,08	0,10	0,00	0,30	0,10
4420	MKK 6	0,25	0,00	0,02	0,10	0,00	0,00	0,38	0,11
P9911	MKK 14	0,00	0,00	0,10	0,25	0,07	0,08	0,45	0,14
Szegedi 521	MKK 21	0,22	0,02	0,02	0,07	0,09	0,11	0,42	0,14
P0023	MKK 13	0,08	0,00	0,47	0,10	0,03	0,07	0,24	0,14
DKC5830	MKK 19	0,08	0,20	0,03	0,22	0,02	0,18	0,28	0,15
P9537	MKK 4	0,00	0,10	0,26	0,25	0,00	0,06	0,36	0,15
DKC4717	MKK 10	0,13	0,00	0,15	0,21	0,08	0,05	0,42	0,15
P9241	MKK 1	0,37	0,00	0,07	0,22	0,13	0,00	0,29	0,15
Cardixio Duo	MKK 15	0,28	0,00	0,09	0,04	0,03	0,22	0,44	0,16
4517	MKK 7	0,00	0,00	0,02	0,04	0,17	0,10	0,82	0,16
Janett	MKK 16	0,07	0,70	0,06	0,05	0,09	0,02	0,25	0,18
Konsens	MKK 22	0,32	0,00	0,17	0,07	0,27	0,05	0,65	0,22
DKC4541	MKK 3	0,13	0,00	0,53	0,07	0,23	0,10	0,47	0,22
DKC5542	MKK 18	0,18	0,10	0,08	0,07	0,20	0,36	0,60	0,23
P9903	MKK 8	0,05	0,23	0,05	0,48	0,05	0,07	0,70	0,23
Fornad	MKK 12	0,20	0,00	0,36	0,27	0,05	0,50	0,49	0,27
DKC4590	MKK 2	0,33	0,06	0,22	0,12	0,18	0,37	0,65	0,28
<i>Fogékony kontroll</i>	MKK 5	0,03	0,00	0,27	1,20	0,15	0,10	0,38	0,30
PR37F80	MKK 11	0,35	0,00	0,70	1,46	0,10	0,00	0,77	0,48
Átlag		0,14	0,06	0,18	0,24	0,10	0,11	0,43	0,18
SZD 5%									0,20

A **7. táblázat** alapján, a 2017. évi kísérletekben a Valkür, a Korimbos, a DKC4943, valamint a DKC4717 hibridek ellenállóbbak, a PR37F80, a fogékony kontroll, és a DKC4590 hibridek fogékonyabbak a természetes fertőződéssel szemben. A korreláció vizsgálat eredménye azt mutatja, hogy az átlagot leginkább a *Fusarium verticillioides*-szel fertőzött csövek mellett

kialakult másodlagos fertőződés befolyásolta, illetve a szintén *F. verticillioides* okozta természetes fertőződés.

7. táblázat: Az MKK hibridek természetes *Fusarium* fertőzöttségének értékei a mesterségesen fertőzött sorok szerint csoportosítva, Kiszombor, 2017
(Zöld színnel az átlag alatti fertőződési értékeket jelöltük.)

Hibrid	Kód	Toxikus faj/ izolátum			Kontroll	Átlag
		Fg	Fv	Asp		
Valkür	MKK 20	0,00	0,18	0,08	0,02	0,07
Korimbos	MKK 23	0,02	0,03	0,07	0,28	0,10
Siló Star	MKK 17	0,04	0,05	0,11	0,30	0,12
DKC4943	MKK 9	0,05	0,12	0,05	0,30	0,13
4420	MKK 6	0,12	0,06	0,00	0,38	0,14
P0023	MKK 13	0,04	0,28	0,05	0,24	0,15
DKC5830	MKK 19	0,14	0,13	0,10	0,28	0,16
P9241	MKK 1	0,18	0,14	0,07	0,29	0,17
Szegedi 521	MKK 21	0,12	0,05	0,10	0,42	0,17
P9537	MKK 4	0,05	0,25	0,03	0,36	0,17
P9911	MKK 14	0,00	0,18	0,08	0,45	0,18
DKC4717	MKK 10	0,07	0,18	0,07	0,42	0,18
Janett	MKK 16	0,38	0,05	0,06	0,25	0,19
Cardixio Duo	MKK 15	0,14	0,07	0,13	0,44	0,19
4517	MKK 7	0,00	0,03	0,13	0,82	0,25
DKC4541	MKK 3	0,07	0,30	0,17	0,47	0,25
Konsens	MKK 22	0,16	0,12	0,16	0,65	0,27
DKC5542	MKK 18	0,14	0,08	0,28	0,60	0,27
P9903	MKK 8	0,14	0,27	0,06	0,70	0,29
Fornad	MKK 12	0,10	0,32	0,28	0,49	0,30
Fogékony kontroll	MKK 5	0,02	0,73	0,13	0,38	0,31
DKC4590	MKK 2	0,20	0,17	0,28	0,65	0,32
PR37F80	MKK 11	0,18	1,08	0,05	0,77	0,52
Átlag		0,10	0,21	0,11	0,43	0,21

Összefüggés vizsgálat

	Fg	Fv	Asp	Kontroll
Fv	-0,0252			
Asp	0,1015	-0,0605		
Kontroll	0,1400	0,2818	0,3953	
Átlag	0,3019	0,7470***	0,3815	0,7826***

***P=0,1%

Külön felvételeztük a természetes *Aspergillus* fertőzést is. Látható fertőzés mindössze a csövek 10%-nál volt megfigyelhető, az átlagszennyezettség 0,09% volt. Az átlagfertőzöttségnél magasabb értéket a két, *Aspergillus* izolátummal fertőzött sorok mintái esetében kaptunk, így ebből megfelelő következtetéseket nem lehet levonni.

Összegzés

A 2017. évi kiszombori mesterséges fertőzési kísérletekben - a 2016. évi kísérletekhez hasonlóan - a *F. graminearum* izolátumok által kiváltott fertőződés volt jelentős mértékű, a *F. verticillioides* és az *Aspergillus flavus* okozta fertőzések mértéke lényegesen gyengébb. A kísérlet alapján a vizsgált hibridek között több olyan is van, amely stabil ellenállóságot mutat az általunk részletesen vizsgált toxintermelő gombafajokkal szemben (**1. ábra**).

A mesterséges inokulációs kísérletben a Cardixxio Duo, a Szegedi 521 és a 4420 hibridek esetében a legalacsonyabb az átlagfertőzöttség mértéke. A Szegedi 521, a DKC4717, illetve a Janett az összes vizsgált gombafajjal szemben átlag alatti fertőzöttséget mutatott. Ezen hibridek természetes fertőzöttségének mértéke is átlag alatti.

A mesterséges inokulációs vizsgálatok eredménye alapján a P0023, a PR37F80 és a Valkür hibridek fogékonyak mindhárom toxintermelő gombafajjal 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, 2017. november 30.

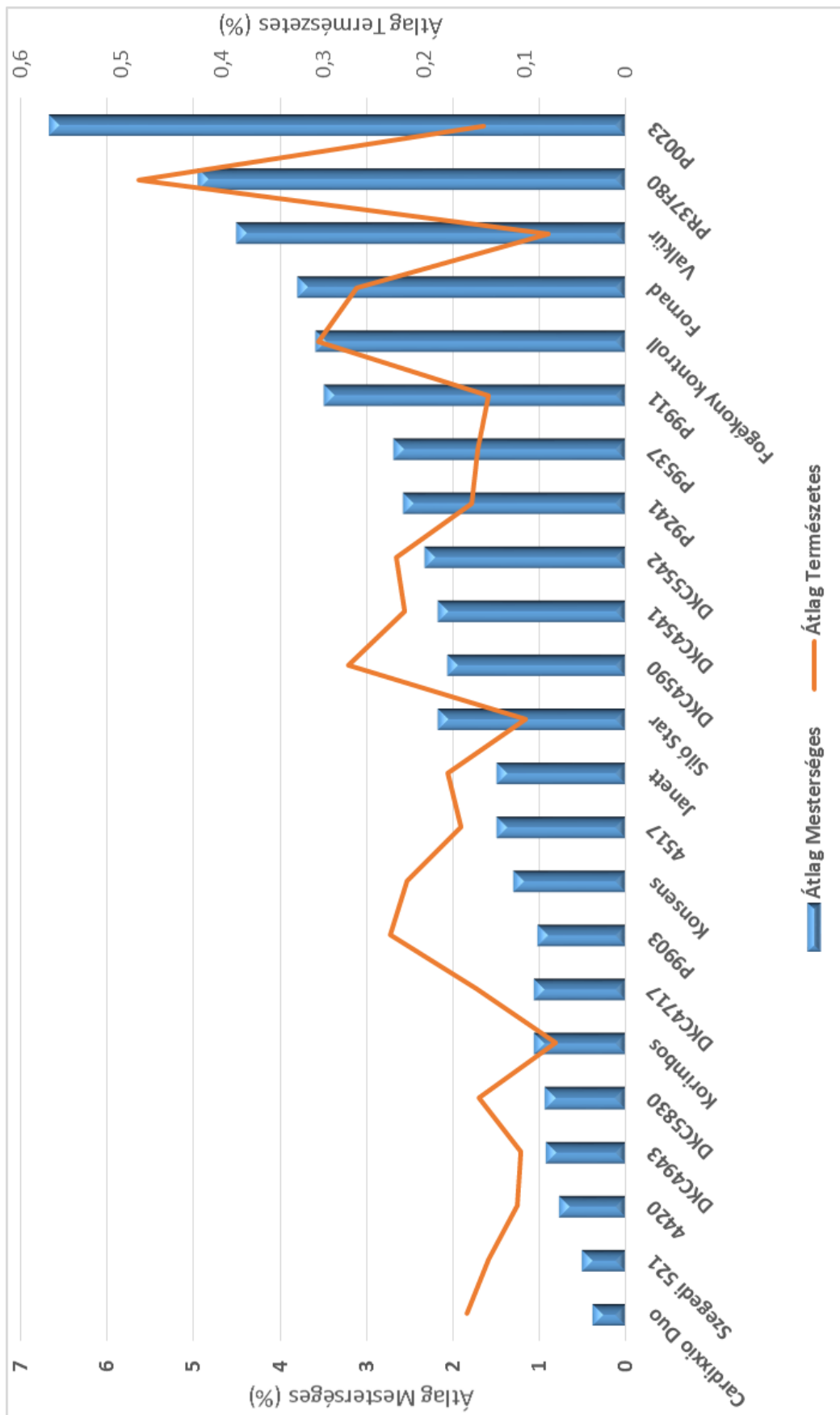
Szabó Balázs

Intézeti mérnök

Dr. Tóth Beáta

Osztályvezető helyettes

NAIK NÖKO, Szeged



1. ábra: MKK hibridek átlagfertőzöttsége a mesterséges és természetes fertőződés figyelembevételével, Kiszombor, 2017