



**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

**A KALÁSZFUZÁRIUM REZISZTENCIA MOLEKULÁRIS  
HÁTTÉRÉNEK VIZSGÁLATA FRONTANA EREDETŰ TÉRKÉPEZŐ  
BÚZAPOPLÁCIÓKBAN**

**Doktori értekezés tézisei  
SZABÓ-HEVÉR ÁGNES**

**Gödöllő**

**2013**

**A doktori iskola**

**megnevezése:** Szent István Egyetem Növénytudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

**vezetője:** Dr. Heszky László  
egyetemi tanár, az MTA rendes tagja  
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Genetika és Biotechnológiai Intézet

**Témavezető:** Dr. Mesterházy Ákos  
egyetemi magántanár, az MTA levelező tagja  
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Korlátolt Felelősségű Társaság  
Rezisztenciakutatási Osztály

.....  
Dr. Heszky László  
doktori iskola vezetője

.....  
Dr. Mesterházy Ákos  
témavezető

## 1. A MUNKA ELŐZMÉNYI ÉS A KITŰZÖTT CÉLOK

A kalászfuzáriózis (FHB – *Fusarium head blight*) a búza (*Triticum aestivum* L.) egyik legveszélyesebb betegsége világszerte. Hatalmas károkat okozó járványok előfordultak már Kanadában, az USA-ban, Dél-Amerikában, Ázsiában és Európa-szerte is. Magyarországon az utóbbi évtizedekben több évben volt jelentős kárt eredményező járvány (például 1970, 1975, 1999 és 2010). A kalásztünetek súlyos szemfertőzöttséggel is járhatnak (FDK – *Fusarium damaged kernels*), ami azért fontos, mert a fertőzött szemek a legjelentősebb toxinhordozók. A toxinok veszélyessége a termésveszteség okozásán kívül az emberi és állati szervezetre gyakorolt rendkívül káros hatásukban rejlik.

A *Fusarium* fajok megtalálhatóak a gabonaszemeken, a száron, a talajban, a gyomokon, azonban a legtöbb szaporodóképes fertőző anyagot (inokulumot) a termőföldön maradó fertőzött növényi maradványok tartalmazzák. A kórokozó által termelt toxinok a szálas takarmányban, az almózásra használt szalmában, valamint raktárban elhelyezett gabonában is előfordulhatnak (Parry et al. 1995).

A kalászfuzárium fertőzöttség legjelentősebb ökológiai befolyásoló tényezője az időjárás. A fertőzéshez csapadék, vagy nagy relatív páratartalom és viszonylag meleg időjárás kell, ezért fontos a tenyészidőszak során, virágzás idején lehullott csapadék mennyisége. A fertőzést követően a meleg, párás időszak kedvező a betegség további terjedéséhez (Atanasoff 1920; Mesterházy 1995).

A védekezésre több módszer létezik. Megfelelő vetésforgó, talaj-előkészítés, tápanyag-utánpótlás, valamint a vegyszeres védelem is hatásosan mérsékelheti a *Fusarium* kártételét. A már betakarított gabona szakszerű kezelésével és megfelelő tárolási körülményekkel megakadályozható a termés tárolás során történő további fertőződése. Alapvető megoldást azonban csak a rezisztens fajták termesztése jelenthet.

A kalászfuzárium rezisztencianemesítés világszerte próbál olyan növényi forrásokat találni, amelyekből be lehetne építeni az új nemesítési törzsekbe a rezisztenciát okozó kromoszómaszakaszt, illetve -szakaszokat. A leggyakrabban vizsgált és egyben a leghatékonyabb rezisztenciával az ázsiai eredetű tavaszi búzafajták rendelkeznek, mint például a Sumai 3, Nobeoka Bozu, Wangshuibai és Chokwang. A felsorolt rezisztenciaforrások azonban egyéb betegségekkel szemben gyakran fogékonyak (pl.: lisztharmat, levélrozsda), valamint termő- és állóképességük gyenge, technológiai minőségük rossz. A kínai eredetű Sumai 3 az egyik leggyakrabban alkalmazott rezisztenciaforrás a nemesítési programokban világszerte (Rudd et al. 2001; McCartney et al. 2004; Kosová et al. 2009). A szűk számú rezisztenciaforrás és azok ellenállóságának szinte azonosnak vélt genetikai háttere szelekciós nyomást jelenthet a kórokozóra, ami nehezíti a nemesítők munkáját. Az elméleti lehetőség ellenére ez a gyakorlatban még nem okoz problémát. Ugyanakkor új rezisztenciaforrások bevonására lenne szükség ahhoz, hogy a növényanyagok kalászfuzárium rezisztenciájának szintjét – és még inkább tartósságát – növelni lehessen (Ruckenbauer et al. 2001; Gervais et al. 2003).

Az egyik ilyen rezisztenciaforrás a brazil, közepes rezisztenciával rendelkező Frontana, mely a Fronteira/Mentana keresztezésből származik (Schroeder és Christensen 1963; Van Ginkel et al. 1996). Steiner et al. (2004) a Frontana/Remus populációban térképezték a 3A, 5A, 2B, 4B, 6B kromoszómákra Frontana eredetű, és a 1B, 2A, 3B kromoszómákra Remus eredetű I. típusú kalászfuzárium rezisztencia QTL-eket. Mardi et al. (2006) a Frontana/Falat populáció térképezése során megerősítették a Frontana 3AL kromoszómáján elhelyezkedő kalászfuzárium rezisztencia QTL jelenlétét és két további azonosítottak a 1BL és 7AS kromoszómákon. Srinivasachary et al. (2008) az RL4137/Timgalen RIL populációban a Frontana eredetű RL4137 szülőnek tulajdonították az

1B, 2B, 3A, 6A, 7A és 7D kromoszómákon kalászfuzárium rezisztenciával kapcsolt QTL-eket, a 2B, 5B kromoszómákon pedig növénymagasságért felelős QTL-eket írtak le. Berzonsky et al. (2007) a 3A, 6A és 4D kromoszómákon azonosított Frontana eredetű kalászfuzárium rezisztencia QTL-eket. A Frontana, mint rezisztenciaforrás jelentőségét növeli Yang et al. (2006) megállapítása, miszerint a Frontanának nincs közös QTL-je a 3B és a 6B kromoszómákon a Sumai 3-mal. Ezt támasztják alá McCartney et al. (2004) kísérletei is, melyek során a 3BS, 3BSc és 5A kromoszómákon található markerekkel kapott fragmentméretek nem egyeztek meg a Frontana és a Sumai 3 (valamint a legtöbb kínai eredetű rezisztenciaforrás) között. Mindebből arra a következtetésre jutottak, hogy az ázsiai eredetű rezisztenciaforrásoktól eltérő QTL-ek jelenléte valószínűsíthető a Frontanában.

A kalászfuzárium tüneteket különböző morfológiai tulajdonságok is befolyásolhatják, mint például a növénymagasság és a kalászolási idő (Parry et al. 1995; Mesterházy 1987, 1995). A pontos QTL analízis megköveteli a rezisztenciáért felelős QTL-ek elkülönítését az egyéb morfológiai tulajdonságok kialakításáért felelős kromoszómarégióktól. Mindez azért is fontos, hogy a nemesítők a keresztezés során a rezisztencia QTL-lel (pleiotrópia, „linkage drag” esetén), vagy esetleg helyette (téves QTL azonosítás esetén) ne vigyenek be egy nem kívánt morfológiai tulajdonságot egy elit, jó termőképességű fajtába.

A molekuláris markerek validálása szükséges ahhoz, hogy a nemesítők számára megbízhatón jelezzék a vizsgált tulajdonság kialakításáért felelős lokusz jelenlétét. Egy adott fenotípusos tulajdonsággal kapcsolt markerek hatékonyságának validálását különböző populációkban és különböző környezetben célszerű elvégezni. Mindezt figyelembe véve kívántuk a Frontana rezisztenciájának molekuláris hátterét elemezni abból a célból, hogy eredményeinket később a búzanemesítők is hasznosítani tudják.

#### **Az értekezés alapját képező kísérletekkel a következő célokat kívántuk elérni:**

1. A Frontana brazil eredetű rezisztenciaforrás kalászfuzárium rezisztencia QTL-jeinek validálása több környezetben, eltérő inokulációs módszerrel és genetikai háttérben.
2. Nem csak kalászfertőzöttségi tünetekkel, hanem az irodalomban ritkán vizsgált szemfertőzöttséggel kapcsolt kromoszómarégiók azonosítása.
3. A kalászfuzárium rezisztencia, valamint az azt befolyásoló tulajdonságok (pl.: növénymagasság, kalászolási idő, szálkázottság) molekuláris hátterének vizsgálata, kölcsönhatások tanulmányozása.
4. A markerekre alapozott szelekció lehetőségének vizsgálata a Frontana búzafajta nemesítési folyamatban történő alkalmazásakor.

## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 4.1. Térképezési populációk előállítása

A vizsgált két térképezési DH populációt a Frontana Remusszal, valamint a GK Mini Manó Frontanával történő keresztezéséből állították elő. A Frontana (Fronteira/Mentana) egy tavaszi, kalászfuzáriózissal szemben közepesen ellenálló, brazil búzafajta. Az Ausztriából (IFA-Tulln) eredő Frontana/Remus populációt (210 törzs) Hermann Buerstmayr kutatócsoportjában állították elő kukoricapollennel történő megporzás módszerét alkalmazva; létrehozásakor a fogékony partner a Németországból (Bavarian State Institute for Agronomy, Freising) származó Remus volt. A GK Mini Manó/Frontana populációt (168 törzs) Szegeden a Gabonakutató Kft. Biotechnológia osztályán portoktenyésztés módszerével állították elő (Pauk et al. 2003); létrehozásakor a fogékony szülő egy korábbi nemesítési törzs, a kalászfuzáriózissal szemben fogékony GK Mini Manó volt.

### 4.2. Szántóföldi kísérlet leírása

A Frontana/Remus populációt 2002, 2004, 2005 és 2006 során teszteltük, míg a GK Mini Manó/Frontana populáció szántóföldi vizsgálatát 2008-ban és 2009-ben végeztük. A növényanyagokat ősszel (október közepe) vetettük el a Gabonakutató Kft. tenyészkertjében (Szeged, Kecskés telep) Wintersteiger Plot Spider vetőgéppel (Wintersteiger GmbH, Ried, Ausztria). A parcellák 1,5 m hosszú, és az alkalmazott izolátumok számával megegyező számú sorból álltak randomizált teljes blokk elrendezésben. Minden izolátummal 2 ismétlésben inokuláltunk, az ismétlések megközelítőleg 20 kalászt tartalmazó kalászcsokok voltak.

### 4.3. Inokulációs módszer

Kísérletünkben a fertőzőanyag előállítását, az izolátumok agresszivitásának *in vitro* vizsgálatát, valamint a teljes virágzásban (Feekes skála szerinti 10.5.1 stádiumban) történő mesterséges inokulációt Mesterházy (1985, 1987, 1995) módszere alapján végeztük. Az egyöntetű fedettség érdekében körkörös mozdulatokkal kézi permetezővel juttatunk 15-20 ml szuszpenziót a 15-25 kalászból álló csokrokra. A növényanyagokat évjáráttól függően 2-6 *F. graminearum*, illetve *F. culmorum* izolátummal fertőztük. Egy adott genotípus egy sorára egyetlen csokrot helyeztünk fel. A különböző sorokban elhelyezett csokrok között 30-40 cm távolságot tartottunk. Az inokulációt követően a fertőzött kalászcsokokat polietilén zacskóval fedtük le 48 órára. A zacskók eltávolítását követően a csokrokat az azonosítást elősegítő címkével együtt a levélzet szabad asszimilációjának érdekében lazára kötöttük.

### 4.3. Kalászfertőzöttségi értékek

A mesterséges inokulációt követő 10. napon kezdődtek a kalászfertőzöttség mértékének felvételezései és folytatódtak azt követően minden 4. napon egészen a kalászcsokok sárgulásáig, ami 4-5 felvételezést jelent egy vegetációs időszakban. A fertőzöttség súlyosságát a beteg kalászcsokok arányával becsültük az összes kalászcsokok százalékában. A dolgozatban

szereplő összes kalászfertőzöttségi érték a fertőzött kalászkák arányát mutatja százalékban megadva (összes felvételezés adatának átlaga).

### **4.3. Szemfertőzöttségi értékek**

A csokrok aratását követően a mintákat alacsony légsebesség mellett csépeztük (alkalmazott cséplőgép: Wintersteiger LD 180, Ausztria), majd kis légárammal tisztítottuk tovább úgy, hogy a töppedt, zsugorodott fuzáriumos szemeket ne veszítsük el (alkalmazott tisztító készülék: Ets Plaut-Aubry, 41290 Conan-Oucques, Franciaország). Ezt követően szintén egy 0-tól 100-ig terjedő skála szerint állapítottuk meg a fuzáriumos szemek arányát (FDK értékek).

### **4.4. A kalászfuzárium fertőzöttséget befolyásoló fenotípusos tulajdonságok értékelése**

Minden kísérletben felvételeztük a növénymagasságot (a talaj felszínétől a kalászcúsig mért távolság, cm), dőlést (egy parcellán belül a dőlt növények százalékos aránya), kalászolási időt (január 1-től a kalászolásig eltelt napok száma) valamint a szálkázottságot.

### **4.5. A fenotípusos adatok statisztikai analízisének lépései**

A statisztikai analízist SPSS 15.0 szoftverrel (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) végeztük a „Descriptive statistics”, „Compare means”, „General Linear Model” valamint a „Correlate” funkciókat használva. Mivel a *Fusarium* gomba esetében nincsenek rasszok, az adatokat úgy értékeltük ki, hogy minden *F. graminearum*, vagy *F. culmorum* izolátummal végzett mesterséges inokulációt egy-egy különálló járványhelyzetnek tekintettük.

### **4.6. Felhasznált molekuláris markerek**

A Frontana/Remus populáció térképezéséhez rendelkezésünkre állt az 583 marker (135 mikroszatellit, 416 AFLP és 32 RFLP marker) adatát tartalmazó adatbázis, melyet korábban kísérleteikhez Steiner et al. (2004) állított elő. Ezen a populáción a Gabonakutató Kft.-ben 45, míg a GK Mini Manó/Frontana populáción 40 SSR (ebből 24 polimorf) markert alkalmaztunk, melyeket irodalmi adatok szerint választottunk ki (Röder et al. 1998; Steiner et al. 2004; Somers et al. 2004; Mardi et al. 2006). A QTL validálási célunknak megfelelően a GK Mini Manó/Frontana populációban már azokat az SSR markereket használtuk, melyek a Frontana/Remus populációban erős kapcsoltságot mutattak a kalászfuzárium rezisztenciával. A GK Mini Manó/Frontana populációnál az SSR markerek számát 619 polimorf DArT markerrel egészítettük ki, így összesen 643 molekuláris marker adata állt rendelkezésünkre a térképezéshez. A DArT marker adatokat az ausztráliai Diversity Arrays Technology Pty Limited (Yarralumla, Ausztrália) „Wheat *PstI*(*TaqI*)” genetikai vizsgálatát követően kaptuk meg, melyhez a DNS mintákat a vizsgálatokat végző intézet előírásainak megfelelő kondíciókat betartva küldtük ki.

#### 4.7. Molekuláris térképkészítés és QTL analízis

A kapcsoltsági csoportok meghatározásához a JoinMap<sup>®</sup> 3.0 (Van Ooijen és Voorrips 2001), térképezéshez a MapQTL<sup>®</sup> 5 (Van Ooijen 2004) szoftvereket használtuk. A markerek sorrendjét a GrainGenes adatbázisban (<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/SSRclub/GeneticPhysical/>) található és a Somers et al. (2004) által publikált molekuláris térkép segítségével határoztuk meg. A DArT markerek sorrendjének meghatározásánál a Diversity Arrays Technology Pty Ltd honlapján fellelhető Triticarte adatbázis volt segítségünkre ([http://www.triticarte.com.au/content/further\\_development.html](http://www.triticarte.com.au/content/further_development.html)). Intervallum térképezést (IM: interval mapping) alkalmaztunk minden járványhelyzet adatával külön-külön, a *F. graminearum*, valamint a *F. culmorum* fertőzöttségi átlagértékeivel, a kalász- és szemfertőzöttség főátlaggal (szelektált adatsorok), valamint a dőlés, növénymagasság és kalászolási idő adatokkal is. A kapcsoltság megállapításánál a megadott minimum LOD érték 2,0 volt, habár több járványhelyzet adatával a permutációs tesztek már a LOD > 1,2 értéknél is szignifikáns összefüggést mutattak (Van Ooijen 1999).

## 5. EREDMÉNYEK

### 5.1. Molekuláris térkép készítése és QTL analízis a Frontana/Remus populációban

#### 5.1.1. A kalász- és szemfertőzöttségi vizsgálatok eredményei

A kalászfertőzöttség (összes felvételezés adatának átlaga) és a szemfertőzöttség adatok is normál eloszlást mutattak az összes izolátum átlagában. A kalászfertőzöttségi értékek magasak voltak: 6,6 és 65,4 % közötti tartományban helyezkedtek el, míg a szemfertőzöttségi adatok esetében az értékek magasabbak voltak: 8,3 és 85,0% közötti tartományban helyezkedtek el. A kísérleti eredmények megfelelő ismételtettségét mutatja az, hogy az örökölhetőség ( $H^2$ ) a különböző járványhelyzetekben kapott kalászfertőzöttségi adatok között 0,64, a szemfertőzöttségi adatok között pedig 0,74 volt.

#### 5.1.2. Egyéb fenotípusos tulajdonságok vizsgálatának eredményei

A populáció törzsei között sem dőlésben, sem növénymagasságban, sem pedig kalászolási időben nem volt olyan különbség, mely a térképezést jelentősen befolyásolta volna. A törzsek közötti magasságkülönbség nem volt jelentős. A populáció tar és szálkás kalászu törzsei között nem tapasztaltunk szignifikáns fertőződésbeli különbséget.

#### 5.1.3. Molekuláris térkép készítése

A kapcsoltsági térkép elkészítése során 1779 cM távolságban 504 polimorf molekuláris markert térképezve (átlagos markertávolság 3,53 cM) 31 kapcsoltsági csoportot sikerült elkülönítenünk, melyből 20 csoport kromoszómapozícióját is azonosítottuk. A 4D, 5B, 5D, 6D kivételével valamennyi kromoszómához sikeresen rendeltünk kapcsoltsági csoportokat. A morfológiai tulajdonságok közül az 1B kromoszómára a piros pelyvalevelűséget (*Rgl*), valamint az 5A kromoszómára a szálkázottságot (*Bl*) kódoló géneket szintén térképeztük.

#### 5.1.4. QTL-ek azonosítása

A QTL analízist az egyes járványhelyzetek fertőzöttségi adataival (kalász-, szemfertőzöttség), a kísérlet során alkalmazott *Fusarium* fajok fertőzöttségi átlagaival és a kalász-, illetve szemfertőzöttség főátlaggal végeztük el. Az egyéb fenotípusos tulajdonságok közül a növénymagasságot és kalászolási időt vontuk be az analízisbe. A 1. táblázat részletezi a *F. culmorum*mal és *F. graminearum*mal kapott fertőzöttségi értékek (kalász- és szemfertőzöttség) átlagával végzet analízis eredményét.



## **5.2. Molekuláris térkép készítése és QTL analízis a GK Mini Manó/Frontana populációban**

### **5.2.1. A kalász- és szemfertőzöttségi vizsgálatok eredményei**

A GK Mini Manó/Frontana DH populáció 168 törzsének kalászfertőzöttségi (összes felvételezés adatának átlaga) és szemfertőzöttségi adatai normál eloszlást mutattak az összes izolátum átlagában. A kalászfertőzöttségi értékek magasak voltak, 16,0 és 62,3% között helyezkedtek el, míg a szemfertőzöttségnél tapasztalt átlagadatok 22,3 és 94,4% közötti értékeket vettek fel. A különböző járványhelyzetek között számolt örökölhetőség ( $H^2$ ) a kalászfertőzöttségi adatoknál 0,89, a szemfertőzöttségnél pedig 0,82 volt, ami a kísérletek nagyon jó ismételhetőségére utal.

### **5.2.2. Egyéb fenotípusos tulajdonságok vizsgálatának eredményei**

A populáció törzsei között növénymagasságban nagy eltéréseket (58 és 133 cm közötti értékeket) figyeltünk meg. A populáció minden törzse szálkás kalászú volt, ami pontosabbá tette az analízist azzal, hogy a fertőzöttségi értékeket nem befolyásolta. További előnye a GK Mini Manó/Frontana populációnak, hogy a törzsek között kalászolási időben tapasztalt eltérés jóval kisebb volt, mint amit a Frontana/Remus populáció esetében tapasztaltunk. A növényanyag inokulációjának számát ezáltal mindössze két alkalomra tudtuk redukálni.

### **5.2.3. Molekuláris térkép készítése**

A 643 polimorf markerből 28 csoportba 527 markert térképeztünk be 1381 cM távolságban (átlagos markertávolság: 2,62 cM). Ebből 26 csoport kromoszómapozícióját is azonosítottuk. A 3D, 4D, 6D kromoszómák kivételével az összes kromoszómára térképeztünk markereket.

### **5.2.4. QTL-ek azonosítása**

A QTL analízist – ugyanúgy, mint a Frontana/Remus populációnál – a kalászfertőzöttségi adatokkal (járványhelyzetenként, *Fusarium* fajonként átlagolva, és a főátlaggal), a szemfertőzöttségi adatokkal (járványhelyzetenként, *Fusarium* fajonként átlagolva, és a főátlaggal), valamint a két kísérleti évben tapasztalt kalászolási idő és növénymagasság értékekkel végeztük el. A fertőzöttségi főátlagokkal és a *Fusarium* fajonkénti átlagokkal végzett QTL analízis eredménye stabil kapcsoltságot mutatott az azonosított kromoszómákkal (2. táblázat).

1. táblázat: A Frontana/Remus populáció kalászfuzárium (FHB) és szemfertőzöttségi (FDK) adataival (*F. culmorum*mal és *F. graminearum*mal kapott fertőzöttségi adatok átlag, főátlag) végzett QTL analízis eredménye (A), továbbá a kalászolási idő értékekkel kapott eredmény (B). A vastagon szedett LOD értékek szignifikánsak voltak a permutációs teszt alapján. (VE: a magyarázott fenotípusos variancia %)

A	Marker intervallum	Kromoszóma	FHB				FDK							
			<i>F. culmorum</i>		<i>F. graminearum</i>		Átlag		<i>F. culmorum</i>		<i>F. graminearum</i>		Átlag	
			LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE
	Xgwm526A - Xgwm120	2B	<b>2,43</b>	8,3	<b>2,39</b>	10,2	<b>2,30</b>	7,8	<b>4,50</b>	15,9	<b>2,09</b>	7,2	<b>4,22</b>	14,6
	Xs12m15_4	2D	0,56	1,6	0,40	1,6	0,40	1,1	<b>2,65</b>	10,3	1,37	3,8	<b>2,62</b>	8,7
	Xgwm1121 - Xgwm779	3A	<b>2,27</b>	6,2	0,92	2,6	<b>2,08</b>	5,7	1,64	4,6	0,72	2,2	1,54	4,3
	Xs12m19_5 - Xgwm341	3D	0,96	2,9	0,08	0,2	0,60	1,8	<b>3,24</b>	9,7	1,08	3,3	<b>2,88</b>	8,7
	Xwg232	4A	<b>2,69</b>	9,5	1,25	4,5	<b>2,60</b>	9,0	0,33	1,6	0,09	0,4	0,24	1,2
	Xs13m26_7 - Xs13m18_9	4B	<b>3,30</b>	8,8	<b>2,16</b>	5,9	<b>3,49</b>	9,4	1,40	3,8	<b>2,82</b>	7,6	<b>2,26</b>	6,1
	Xgwm293 - Xs24m19_5	5A	1,82	5,2	1,57	4,3	1,62	4,7	<b>2,50</b>	7,2	1,87	5,4	<b>2,43</b>	7,0
	Xs13m14_10 - Xs23m14_4	6B	<b>2,05</b>	6,1	1,89	5,4	<b>2,33</b>	6,8	0,07	0,2	0,01	0,0	0,04	0,1
	Xs12m25_2	7B	<b>4,57</b>	14,2	<b>3,01</b>	9,6	<b>4,96</b>	15,5	<b>4,92</b>	14,0	<b>2,07</b>	6,0	<b>4,50</b>	12,7

B	Marker intervallum	Kromoszóma	Kalászolási idő	
			LOD	VE
	Xwg983 - Xs13m14_6	1A	<b>3,12</b>	10,1
	Xs25m19_16 - Xgwm608	2D	<b>2,57</b>	8,7
	Xgwm46	7B	<b>2,87</b>	9,5

2. táblázat: A GK Mini Manó/Frontana populáció kalászfuzárium (FHB) és szemfertőzöttségi (FDK) adataival (*F. culmorum*mal és *F. graminearum*mal kapott fertőzöttségi adatok átlag, főátlag) végzett QTL analízis eredménye (A), továbbá a kalászolási idő értékekkel (B) és növénymagassággal kapott eredmény (C). A vastagon szedett LOD értékek szignifikánsak voltak a permutációs teszt alapján; a szürkével jelölt növénymagassággal kapcsolt régiók átfedést mutattak a kalászfuzárium rezisztenciát befolyásoló régiókkal. (VE: a magyarázott fenotípusos variancia %).

A	Marker intervallum	Kromo- szóma	FHB						FDK					
			<i>F. culmorum</i>		<i>F. graminearum</i>		Átlag		<i>F. culmorum</i>		<i>F. graminearum</i>		Átlag	
			LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE	LOD	VE
wPt-734078 - wPt-731843	1A	<b>2,30</b>	5,9	<b>3,67</b>	9,5	<b>3,08</b>	8,0	1,79	4,6	<b>2,18</b>	5,8	<b>2,10</b>	5,6	
wPt-5347 - wPt-2315	1B	<b>4,03</b>	13,8	<b>5,33</b>	18,0	<b>5,06</b>	17,0	<b>4,50</b>	11,9	<b>4,71</b>	12,1	<b>5,02</b>	13,0	
wPt-732882 - wPt-667765	2D	<b>5,52</b>	18,7	<b>6,67</b>	23,0	<b>6,61</b>	23,0	<b>5,81</b>	14,3	<b>6,60</b>	22,2	<b>6,34</b>	20,6	
wPt-3812 - wPt-732411	2D	0,47	1,3	0,99	2,6	0,77	2,0	<b>3,54</b>	8,9	<b>5,01</b>	12,4	<b>4,73</b>	11,8	
Xgwm533 - wPt-3921	3B	<b>4,25</b>	10,6	<b>3,71</b>	9,3	<b>3,97</b>	10,0	<b>2,13</b>	5,5	<b>2,83</b>	7,2	<b>2,54</b>	6,6	
wPt-800509 - wPt-2780	4A	<b>5,10</b>	12,6	<b>6,07</b>	14,8	<b>5,73</b>	14,6	1,80	4,7	1,39	3,6	1,71	4,4	
wPt-5334 - wPt-4243	4B	<b>3,23</b>	8,2	<b>3,43</b>	8,7	<b>3,60</b>	9,1	1,55	4,0	0,94	2,5	1,31	3,4	
Xgwm205 - Xgwm156	5A	<b>3,58</b>	9,0	<b>5,26</b>	13,7	<b>4,73</b>	12,2	<b>4,97</b>	13,4	<b>3,79</b>	10,3	<b>4,71</b>	12,7	
wPt-741134 - wPt-5896	5B	<b>2,45</b>	8,2	<b>2,36</b>	8,1	<b>2,54</b>	8,7	<b>4,34</b>	14,1	<b>5,43</b>	15,0	<b>5,34</b>	15,0	
wPt-7204 - wPt-744786	6A	<b>3,99</b>	10,0	<b>3,34</b>	8,5	<b>3,97</b>	10,5	<b>5,19</b>	12,9	<b>5,57</b>	13,7	<b>5,79</b>	14,2	
wPt-6039 - Xgwm88	6B	<b>7,46</b>	18,9	<b>7,44</b>	18,7	<b>8,14</b>	20,5	<b>5,44</b>	13,6	<b>4,42</b>	11,3	<b>5,31</b>	13,3	
wPt-9925 - wPt-5922	7B	<b>3,13</b>	7,9	<b>3,55</b>	9,6	<b>3,52</b>	10,8	<b>6,28</b>	15,3	<b>4,32</b>	10,8	<b>5,67</b>	13,9	
wPt-0934 - wPt-743601	7D	0,48	1,3	0,74	1,9	0,65	1,7	<b>2,79</b>	7,1	<b>2,84</b>	7,3	<b>3,12</b>	7,9	
Xgwm44 - wPt-744219	NA1	<b>2,51</b>	6,5	<b>3,54</b>	9,0	<b>3,33</b>	8,5	<b>2,71</b>	7,0	1,45	3,8	<b>2,16</b>	5,6	
wPt-666593 - wPt-664682	NA2	<b>2,08</b>	5,6	<b>2,01</b>	5,4	<b>2,21</b>	7,6	<b>2,84</b>	10,1	<b>2,96</b>	10,4	<b>3,18</b>	11,1	

B	Marker intervallum	Kromo- szóma	Kalászolási idő	
			LOD	VE
	wPt-4664 - wPt-7715	2B	<b>4,28</b>	11,1
	wPt-741026 - wPt-744786	6A	<b>2,17</b>	5,7
	wPt-5283 - wPt-7318	7B	<b>3,37</b>	12,3

C Marker intervallum	Kromo- szóma	Növénymagasság	
		LOD	VE
wPt-666607	1A	<b>3,05</b>	7,9
wPt-734078 - wPt-731843	1A	<b>2,67</b>	7,0
wPt-0325 - wPt-2315	1B	<b>6,07</b>	14,9
wPt-4664 - wPt-3132	2B	<b>5,91</b>	14,5
wPt-8916 - wPt-5736	2B	<b>3,57</b>	9,0
wPt-732882 - wPt-667765	2D	<b>2,14</b>	7,7
wPt-3812 - wPt-732411	2D	<b>3,97</b>	10,3
wPt-9268 - wPt-1694	3A	<b>3,44</b>	8,8
Xgwm533 - wPt-3921	3B	<b>4,31</b>	19,3
wPt-7280	4A	<b>2,08</b>	5,3
wPt-8892 - wPt-5303	4B	<b>3,03</b>	7,7
Xgwm205 - Xgwm156	5A	<b>5,31</b>	13,3
wPt-1409 - wPt-5896	5B	<b>3,39</b>	9,3
wPt-7204 - wPt-744786	6A	<b>3,65</b>	10,8
wPt-6039 - Xgwm88	6B	<b>4,03</b>	12,9
wPt-9925 - wPt-1266	7B	<b>2,99</b>	7,7
wPt-0934 - wPt-743601	7D	<b>4,52</b>	11,3

## 6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A markerekre alapozott szelekció során olyan molekuláris markerek alkalmazása célszerű, melyek nem kapcsolnak semmilyen negatív agronómiai, vagy technológiai minőségi tulajdonsággal. A QTL-ek és azokat jelző markerek validálásának fontosságát már más kutatócsoportok is bebizonyították korábban (Li et al. 2008; Xu és Crouch 2008). Például a svájci Arina rezisztenciaforrást több kutatócsoport is vizsgálta eltérő keresztezési partnerrel előállított térképező populációban (Paillard et al. 2004; Draeger et al. 2007; Semagn et al. 2007). Ez utóbbi publikációk alapján az egyetlen közös Arina eredetű kalászfuzárium rezisztencia QTL az 1BL kromoszómán volt. Az Arina példája is jól mutatja tehát a kis és közepes hatású QTL-ek nagymértékű környezeti függőségét.

Az általunk is tanulmányozott, kalászolási idő, valamint szálkázottság tekintetében heterogén Frontana/Remus populációt egy osztrák kutatócsoport (IFA-Tulln) a miénktől eltérő módszerrel és más környezetben már korábban vizsgálta (Steiner et al. 2004). Ez utóbbi populáció törzseiben azonosított Frontana eredetű QTL-ek hatását megvizsgáltuk egy másik keresztezésből származó térképezési populációban is, ahol a keresztezési partner egy alacsony búza genotípus volt (GK Mini Manó), tehát a növényanyag növénymagasság tekintetében meglehetősen heterogén volt. Mindez azért fontos, mert a kalászfuzárium rezisztencia molekuláris hátterének kutatásakor figyelembe kell vennünk azt a tényt is, hogy az adott szintű fertőződés sok esetben morfológiai tényezők befolyásolása miatt alakul ki. Emrich et al. (2008) kísérleteikben kapott eredmények alapján leírták, hogy a kalászfuzárium rezisztenciára történő nemesítéssel párhuzamosan a nemesítők az általában kedvezőtlen késeiségre is szelektálnak. Tapasztalataink alapján azonban azt gondoljuk, hogy a valószínű ok az lehet, hogy a kései fertőzéseknél túlnyomórészt már száraz, meleg az időjárás, és ez számos fertőzési eljárás esetén hátráltatja a betegség fejlődését, amit az ellenállóság növekedéseként is lehet értékelni.

McCartney et al. (2007) az 5A kromoszómán található kalászfuzárium rezisztencia QTL-t írták le kapcsoltnak negatív minőségi tulajdonságokkal is (csökkent ezerszemtömeg és fehérjetartalom). Többben leírták a növénymagasság kalászfuzárium rezisztenciát befolyásoló hatását is (Mesterházy 1995; Hilton et al. 1999; Buerstmayr et al. 2000; Gervais et al. 2003; Paillard et al. 2004). Paillard et al. (2004) és Gervais et al. (2003) ez utóbbi tulajdonságok kialakításért felelős kromoszómaszakaszok egyezőségét is leírták, azonban az nem volt egyértelmű, hogy ezek a lokuszok kapcsolnak-e egymással, vagy pleiotrop hatásúak. Az ilyen kromoszómaszakaszok, QTL-ek, vagy gének feladatát segíti megfejteni, ha a kalászfuzárium rezisztenciát befolyásoló QTL-eket olyan populációban is megvizsgáljuk, ahol a keresztezési partner az ellenállóságot befolyásoló morfológiai szempontokból eltér, mint például a növénymagasság, a szálkázottság, vagy a kalász tömörsége. Az a tény, hogy a GK Mini Manó/Frontana populációban ilyen nagyszámú, növénymagassággal is kapcsolt QTL régiót találtunk, mindenképpen váratlan volt a korábbi irodalmi forrásokban közölt 1-2 QTL-hez képest. A háttérben álló összefüggések vizsgálata a jövőben további fontos kutatási terület lesz.

Azok a búza genotípusok, melyek kalászfuzáriummal szemben közepesen ellenállók (mint például a Frontana is), rendszerint több kis- vagy közepes hatékonyságú QTL-t tartalmaznak. A dolgozatból az is kiderül, hogy ezek száma ugyanazon rezisztenciaforrással létrehozott különböző kombinációk populációiban is eltérő lehet. Az ilyen növényanyagok azért is fontosak, mert az egzotikus eredetű forrásokhoz viszonyítva már jobban adaptálódtak a helyi körülményekhez és olyan kisebb hatású QTL-ekkel bírnak, melyek a kalászfuzárium rezisztenciát javíthatják.

Kísérleteink során a legstabilabb Frontana eredetű kalászfuzárium rezisztencia QTL-ek a 4B, 5A és 6B kromoszómán voltak, melyeket a Frontana/Remus populációban Steiner et al. (2004) és mi is azonosítottunk, valamint a GK Mini Manó/Frontana populációban is sikeresen detektáltunk. Bizonyítottuk, hogy ezek a validált QTL-ek átfedésben vannak növénymagasságot befolyásoló kromoszómaszakaszokkal. Nemesítési szempontból ez azt jelenti, hogy a 4B, 5A és 6B kromoszómákon azonosított, kalászfuzárium rezisztenciával kapcsolt régiókban elhelyezkedő molekuláris markerek alkalmazását szántóföldi teszteléssel is ki kell egészíteni a szelekció során. A szántóföldi tesztelés során nem csak a közép magas genotípusokat tudjuk szelektálni, hanem azoknak a kalászfuzárium rezisztencia QTL-eknek a hatása is megállapítható, melyek nem tűntek stabilnak, vagy növénymagassággal is kapcsoltságot mutattak. Hasonló következtetésre jutottak Wilde et al. (2008), akik a 2BL, 6AL és 7BL kromoszómákon közöltek kalászfuzárium rezisztenciával kapcsolt markerekkel végzett szelekciót, melyet követően a szelektált rezisztens növények szignifikánsan magasabbak voltak. Ezt az eredményt igazolja számos irodalmi forrásból származó adat is, melyek szerint ez utóbbi QTL-ek kapcsoltak növénymagassággal is (Steiner et al. 2004; Schmolke et al. 2005; Mao et al. 2010). Azt azonban figyelembe kell venni, hogy a nagyobb magasság azonos fiziológiai rezisztencia mellett is kisebb fertőzöttséget jelenthet, aminek morfológiai oka van. A búzafajták optimális növénymagassága 80-100 cm között van, a magasabb fajtáknál azonban sok esetben alkalmaznak szárcsökkentő szereket az állóképesség javítása miatt, ami így a növénymagasság pozitív hatását rontja le.

Eredményeinkből kiderült, hogy még a stabil kalászfuzárium rezisztencia QTL-ek sem voltak állandók kalász- és szemfertőzöttség tekintetében, a különböző járványhelyzeteket már nem is említve. Még a szegedi körülmények között validált kalászfuzárium rezisztencia QTL-ek között is volt olyan, amelyik a két populációban eltérő eredményt adott abban a tekintetben, hogy kalászfertőzöttséggel, vagy szemfertőzöttséggel szembeni rezisztenciával volt kapcsolt. Ez azt bizonyítja, hogy nem elegendő csak a kalászfuzárium tüneteket vizsgálni, szemfertőzöttséget is figyelembe kell venni, sőt ez utóbbit érdemes még nagyobb súlyozással kezelniük a nemesítőknek a szelekció során, mivel statisztikai eredményeink szerint (korrelációanalízis, ANOVA, QTL analízis) a szemfertőzöttségi adatok pontosabbak, másrészt a korábbi megfigyeléseink alapján a toxintartalommal túlnyomó részben ez ad szorosabb összefüggést. Márpedig élelmiszerbiztonsági szempontból a toxintartalom sarkalatos szempont. Eredményeink szerint csak a Frontana 4A kromoszómáján elhelyezkedő kalászfertőzöttséggel szembeni rezisztenciával kapcsolt régiója, továbbá az 5A és 7B kromoszómák kalász- és szemfertőzöttséget befolyásoló QTL-je volt egyértelműen kimutatható mindkét vizsgált populációban. További igazolást nyert tehát az a nézet, hogy a markerekre alapozott szelekciót ki kell egészíteni szántóföldi teszteléssel is, és nem csak a kalásztüneteket, hanem a szemfertőzöttséget is figyelembe kell venni a szelekció során, sőt más kísérletekben tett megfigyeléseink alapján e két rezisztenciakomponens mellett a toxinakkumulációt is szükséges vizsgálni. Az alkalmazott markereket pedig olyan QTL régiókból érdemes kiválasztani, melyet minél több rezisztencia típussal szemben kapcsoltak írtak le és lehetőleg több rezisztenciaforrásban is validáltak.

A búza szántóföldi tesztelésének metodikája is több kérdést vet fel a kutató-nemesítők körében. Kínában és Észak-Amerikában nagy hangsúlyt fektettek az egyvirág inokulációs módszerre, amely csak a II. típusú rezisztenciát teszteli. Az általunk alkalmazott inokulum permetezési módszerrel viszont együttesen tesztelhető az I. és a II. típusú rezisztencia is, sőt a szemfertőzöttség és toxinmennyiség vizsgálatához is alkalmas (Mesterházy 1995; Mesterházy et al. 2007).

Kísérletünkben ismételt bizonyítást nyert, hogy a kalászfuzárium rezisztencia horizontális, mivel csak a Frontana/Remus populációban azonosított egyes QTL-eknél tapasztaltunk eltérést a *F. culmorum* és *F. graminearum* átlag fertőzöttségi adataival kapott

LOD értékek között, ami azzal magyarázható, hogy az előbbivel négy, míg utóbbival két adatsorunk volt. A GK Mini Manó/Frontana populációban nem volt ekkora különbség az adatsorok számában, így kisebb mértékű eltéréseket tapasztaltunk. Az egyes járványhelyzetek LOD értékeinek összehasonlításakor több alkalommal figyeltünk meg szignifikáns eltérést. Az egyes járványhelyzetek eredményei között legfeljebb közepes összefüggés tapasztalható, lényegesen jobbák a járványhelyzetek, illetve a fajspecifikus átlagokkal kapott eredmények közötti összefüggések és a legszorosabbak a főátlaggal kapcsolatos összefüggések. Mindez rámutat, hogy miért fontos egy növényanyag minél több járványhelyzetben történő tesztelése, amit nem csak a térképezés során kell figyelembe venni, hanem a növénynemesítési folyamat során is. Jiang et al. (2007) is bizonyították, hogy több járványhelyzet fertőzöttségi adatsorának átlagértékei megbízhatóbb QTL analízis eredményt, és általában magasabb LOD értéket adnak. A GK Mini Manó/Frontana populáció eredményei azt is megerősítették, hogy ajánlott egy adott évjáratban több izolátum párhuzamos használata, ez ugyanis csökkenti a környezeti hatást, mivel a 2-3 izolátum az adott évben ugyanabban a környezetben van.

A dolgozat eredményeiből tehát metodikai és rezisztencianemesítési szempontból is fontos következtetések vonhatók le. Módszertani aspektusból bizonyítottuk, hogy a kalászfuzárium rezisztenciáért felelős QTL-ek hatásának igazolásához az irodalmi forrásokban általában közölt 2-3 járványhelyzetnél szélesebb körű vizsgálatok elvégzése szükséges több populációban és több környezetben. Mindez fokozottan érvényes a kis- és közepes hatású QTL-ek esetén, amelyek környezeti befolyásolhatósága sokkal nagyobb. A nemesítők számára pedig a stabil QTL-eket jelző markerekkel végzett szelekciót követően a minél több rezisztenciatípust magában foglaló fenotípusos szelekció is szükségszerű.

## Új tudományos eredmények

1. Munkánk során új markerekkel bővítettük a Frontana/Remus markertérképet, illetve teljesen új markertérképet hoztunk létre a GK Mini Manó/Frontana populációval. Ezáltal új, a 2D, 4A és 7B kromoszómákon található Frontana eredetű kalászfuzárium rezisztenciát befolyásoló QTL-ek azonosítása és validálása vált lehetővé.
2. A kalászfertőzöttséget befolyásoló kromoszómarégiókon kívül szemfertőzöttséggel kapcsolt QTL-eket is azonosítottunk, mely egyedülálló a Frontanáról eddig megjelent közlemények szerint és más donoroknál is igen ritka. Eredményeink alapján megállapítható, hogy több, kalászfuzárium rezisztenciával összefüggő tulajdonságot is szükséges vizsgálni, mivel ezek genetikai szabályozása eltérő lehet.
3. A kalászfuzárium rezisztenciát befolyásoló tulajdonságok molekuláris hátterének vizsgálata során világossá vált, hogy a populáció morfológiai homogenitása sarkalatos kérdés. Kísérleteink során több esetben elkülönítettük az e tulajdonságokat befolyásoló QTL-eket a valódi kalászfuzárium rezisztencia QTL-ektől. A GK Mini Manó/Frontana populációban azonban a növénymagasságot befolyásoló QTL-ek közül több átfedést mutatott a kalászfuzárium ellenállóságot befolyásoló kromoszómaszakaszokkal.
4. A Frontana eredetű kalászfuzárium rezisztencia QTL-ek több környezetben, eltérő inokulációs módszerrel és genetikai háttérben történő vizsgálata és validálása során arra a következtetésre jutottunk, hogy a 4B, 5A és 6B kromoszómákon azonosított QTL-ek a legstabilabbak. Ezért az ezekben a régiókban elhelyezkedő molekuláris markerek a legalkalmasabbak markerekre alapozott szelekcióra szigorú fenotípusos szelekció mellett.

## IRODALOMJEGYZÉK

- ATANASOFF D. (1920): Fusarium-blight (scab) of wheat and other cereals. *J Agri Res*, 20:1-40. p.
- BERZONSKY W. A., GEBHARD B. L., GAMOTIN E., LEACH G. D., ALI S. (2007): A reciprocal backcross monosomic analysis of the scab resistant spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar, 'Frontana'. *Plant Breeding*, 126:234-239. p.
- BUERSTMAYR H., STEINER B., LEMMENS M., RUCKENBAUER P. (2000): Resistance to Fusarium head blight in winter wheat: heritability and trait associations. *Crop Sci*, 40:1012-1018. p.
- DRAEGER R., GOSMAN N., STEED A., CHANDLER E., THOMSETT M., SRINIVASACHARY, SCHONDELMAIER J., BUERSTMAYR H., LEMMENS M., SCHMOLKE M., MESTERHAZY A., NICHOLSON P. (2007): Identification of QTLs for resistance to Fusarium head blight, DON accumulation and associated traits in the winter wheat variety Arina. *Theor Appl Genet*, 115:617-625. p.
- EMRICH K., WILDE F., MIEDANER T., PIEPHO H. P. (2008): REML approach for adjusting the *Fusarium* head blight rating to a phenological date in inoculated selection experiments of wheat. *Theor Appl Genet*, 117:65-73. p.
- GERVAIS L., DEDRYVER F., MORLAIS J.-Y., BODUSSEAU V., NEGRE S., BILOUS M., GROOS C., TROTTET M. (2003): Mapping of quantitative trait loci for field resistance to Fusarium head blight in an European winter wheat. *Theor Appl Genet*, 106:961-970. p.
- HILTON A. J., JENKINSON P., HOLLINS T. W., PARRY D. W. (1999): Relationship between cultivar height and severity of Fusarium ear blight in wheat. *Plant Pathol*, 48:202-208. p.
- JIANG G.-L., DONG Y., SHI J., WARD R. W. (2007): QTL analysis of resistance to Fusarium head blight in the novel wheat germplasm CJ 9306. II. Resistance to deoxynivalenol accumulation and grain yield loss. *Theor Appl Genet*, 115:1043-1052. p.
- KOSOVÁ K., CHRPOVÁ J., ŠÍP V. (2009): Cereal resistance to Fusarium head blight and possibilities of its improvement through breeding. *Czech J Genet Plant Breed*, 45:87-105. p.
- LI C., ZHU H., ZHANG C., LIN F., XUE S., CAO Y., ZHANG Z., ZHANG L., MA Z. (2008): Mapping QTLs associated with Fusarium-damaged kernels in the Nanda 2419 x Wangshuibai population. *Euphytica*, 163:185-191. p.
- MAO S.-L., WEI Y.-M., CAO W., LAN X.-J., YU M., CHEN Z.-M., CHEN G.-Y., ZHENG Y.-L. (2010): Confirmation of the relationship between plant height and Fusarium head blight resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.) by QTL meta-analysis. *Euphytica*, 174:343-356. p.
- MARDI M., PAZOUKI L., DELAVAR H., KAZEMI M. B., GHAREYAZIE B., STEINER B., NOLZ R., LEMMENS M., BUERSTMAYR H. (2006): QTL analysis of resistance to Fusarium head blight in wheat using a 'Frontana'-derived population. *Plant Breeding*, 125:313-317. p.
- MCCARTNEY C.A., SOMERS D.J., FEDAK G., CAO W. (2004): Haplotype diversity at fusarium head blight resistance QTLs in wheat. *Theor Appl Genet*, 109:261-271. p.
- MCCARTNEY C.A., SOMERS D.J., FEDAK G., DEPAUW R.M., THOMAS J., FOX S.L., HUMPHREYS D.G., LUKOW O., SAVARD M.E., MCCALLUM B.D., GILBERT J., CAO W. (2007): The evaluation of FHB resistance QTLs introgressed into elite Canadian spring wheat germplasm. *Mol Breeding*, 20:209-221. p.
- MESTERHÁZY Á. (1985): Effect of seed production area on the seedling resistance of wheat to *Fusarium* seedling blight. *Agronomie*, 5:491-497. p.



- MESTERHÁZY Á. (1987): Selection of head blight resistant wheats through improved seedling resistance. *Plant Breeding*, 98:25-36. p.
- MESTERHÁZY Á. (1995): Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breeding*, 114:377-386. p.
- MESTERHÁZY Á., BUERSTMAYR H., TÓTH B., LEHOCZKI-KRSJAK SZ., SZABÓ-HEVÉR Á., LEMMENS M. (2007): An improved strategy for breeding FHB resistant wheat must include Type I resistance. 51-66. p. In: CLEAR R. (szerk.): Proc. of the 5th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight., Winnipeg, Kanada. 156 p.
- PAILLARD S., SCHNURBUSCH T., TIWARI R., MESSMER M., WINZELER M., KELLER B., SCHACHERMAYR G. (2004): QTL analysis of resistance to Fusarium head blight in Swiss winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet*, 109:323-332. p.
- PARRY D. W., JENKINSON P., MCLEOD L. (1995): *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathol*, 44:207-238. p.
- PAUK J., MIHÁLY R., PUOLIMATKA M. (2003): Protocol of wheat (*Triticum aestivum* L.) anther culture. 59-64. p. In: MALUSZYNSKI M., KASHA K. J., FORSTER B. P., SZAREJKO I. (szerk.): Doubled Haploid Production in Crop Plants, a manual., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 428 p.
- RÖDER M. S., KORZUN V., WENDEHAKE K., PLASCHKE J., TIXIER M. H., LEROY P., GANAL M. W. (1998): A microsatellite map of wheat. *Genetics*, 149:2007-2023. p.
- RUCKENBAUER P., BUERSTMAYR H. LEMMENS M. (2001): Present strategies in resistance breeding against scab (*Fusarium* spp.). *Euphytica*, 119:121-127. p.
- RUDD J. C., HORSLEY R. D., MCKENDRY A. L., ELIAS E. M. (2001): Host plant resistance genes for Fusarium head blight: sources, mechanisms, and utility in conventional breeding systems. *Crop Sci*, 41:620-627. p.
- SCHMOLKE M., ZIMMERMANN G., BUERSTMAYR H., SCHWEIZER G., MIEDANER T., KORZUN V., EBMEYER E., HARTL L. (2005): Molecular mapping of Fusarium head blight resistance in the winter wheat population Dream/Lynx. *Theor Appl Genet*, 111:747-756. p.
- SCHROEDER H. W., CHRISTENSEN J. J. (1963): Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology*, 53:831-838. p.
- SEMAGN K., SKINNES H., BJØRNSTAD Å., MARØY A. G., TARKEGNE Y. (2007): Quantitative trait loci controlling Fusarium head blight resistance and low deoxynivalenol content in hexaploid wheat population from Arina and NK93604. *Crop Sci*, 47:294-303. p.
- SOMERS D. J., ISAAC P., EDWARDS K. (2004): A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet*, 109:1105-1114. p.
- SRINIVASACHARY, GOSMAN N., STEED A., FAURE S., BAYLES R., JENNINGS P., NICHOLSON P. (2008): Mapping of QTL associated with Fusarium head blight in spring wheat RL4137. *Czech J Genet Plant*, 44:147-159. p.
- STEINER B., LEMMENS M., GRIESSER M., SCHOLZ U., SCHONDELMAIER J., BUERSTMAYR H. (2004): Molecular mapping of resistance to *Fusarium* head blight in the spring wheat cultivar Frontana. *Theor Appl Genet*, 109:215-224. p.
- VAN GINKEL M., VAN DER SCHAAR W., ZHUPING Y., RAJARAM S. (1996): Inheritance of resistance to scab in two wheat cultivars from Brazil and China. *Plant Dis*, 80:863-867. p.
- VAN OOIJEN J. W. (1999): LOD significance thresholds for QTL analysis in experimental populations of diploid species. *Heredity*, 83:613-624. p.
- VAN OOIJEN J. W. (2004): MapQTL Version 5: Software for the mapping of quantitative trait loci in experimental populations. Kyazma B.V., Plant Research International,

- Wageningen, the Netherlands. 57 p.
- VAN OOIJEN J. W., VOORRIPS R. E. (2001): JoinMap Version 3.0: Software for the calculation of genetic linkage maps. Kyazma B.V., Plant Research International, Wageningen, the Netherlands. 51 p.
- WILDE F., SCHÖN C. C., KORZUN V., EBMEYER E., SCHMOLKE M., HARTL L., MIEDANER T. (2008): Marker-based introduction of three quantitative-trait loci conferring resistance to *Fusarium* head blight into an independent elite winter wheat breeding population. *Theor Appl Genet*, 117:29-35. p.
- XU Y., CROUCH J. H. (2008): Marker-assisted selection in plant breeding: from publications to practice. *Crop Sci*, 48:391-407. p.
- YANG Z. P., GILBERT J., PROCUNIER J. D. (2006): Genetic diversity of resistance genes controlling fusarium head blight with simple sequence repeat markers in thirty-six wheat accessions from east asian origin. *Euphytica*, 148:345-352. p.

Interneten fellelhető szerző, vagy évszám nélküli hivatkozások:

- SOURDILLE P., GANDON B., CHIQUET V., NICOT N., SOMERS D., MURIGNEUX A., BERNARD M. (É.n.): Wheat Génoplante SSR mapping data release: a new set of markers and comprehensive genetic and physical mapping data. <http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/SSRclub/GeneticPhysical/>
- Diversity Arrays Technology Pty Ltd: Triticarte whole-genome genotyping for wheat and barley. Genetic location of DArT markers. [http://www.triticarte.com.au/content/further\\_development.html](http://www.triticarte.com.au/content/further_development.html)

## SZABÓ-HEVÉR ÁGNES TUDOMÁNYOS TEVÉKENYSÉGE

### Tudományos folyóiratcikk

#### ***IF-os idegen nyelvű:***

Lehoczki-Krsjak S., Varga M., Szabó-Hevér Á., Mesterházy Á. Translocation and degradation of tebuconazole and prothioconazole in wheat in the most Fusarium-susceptible phenophase. Pest Management Science. IN PRESS.

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) pp. 224-238.

Lu Q.X., Szabó-Hevér A., Bjørnstad Á., Lillemo M., Semagn K., Mesterhazy A., Ji F., Shi J., Skinnes H. Two major resistance quantitative trait loci are required to counteract the increased susceptibility to Fusarium head blight of the Rht-D1b dwarfing gene in wheat. Crop Science. 2011. 51 (6) pp. 2430-2438.

Tóth B., Csősz M., Szabó-Hevér Á., Simmons E.G., Samson R.A., Varga J. *Alternaria hungarica* sp. nov., a minor foliar pathogen of wheat in Hungary. Mycologia. 2011. 103 (1) pp. 94-100.

Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Tóth B., Kótai Cs., Bartók T., Varga M., Farády L. and Mesterházy Á. Prevention of Fusarium mycotoxin contamination by breeding and fungicide application in wheat. Food Add. Cont. A. 2010. 27: pp. 616-628.

#### ***Lektorált idegen nyelvű:***

Mesterházy Á., Tóth B., Varga M., Bartók T., Szabó-Hevér Á., Farády L., Lehoczki-Krsjak S. Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of Fusarium head blight and deoxynivalenol. Special Issue of Toxins: Trichotecenes. Toxins. 2011. 3. pp. 1453-1483.

Mesterházy Á., Tóth B., Szabó-Hevér Á., Varga J., Lehoczki-Krsjak S. Node infection caused by *Fusarium graminearum* in wheat. *Cereal Research Communications*. 2008. 36: pp. 471-475.

#### ***Lektorált magyar:***

Szabó-Hevér Á., Lehoczki-Krsjak S., Tóth B., Pauk J., Lantos C., Purnhauser L., Mesterházy Á. *Fusarium* rezisztencia molekuláris vizsgálata Frontana térképező populációkban. Molecular mapping of *Fusarium* resistance in Frontana mapping populations. Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle. 2011. 6 (2): pp. 176-187.

Tóth B., Csősz L., Szabó-Hevér Á., Kiss A., Varga J. Búza levélfoltosságot előidéző új kórokozó gombák molekuláris detektálása Magyarországon. Növényvédelem. 2009. 45: pp. 543-548.

Kaszonyi G., Kótai C., Martonosi I., Bartok T., Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér A., Toth B., Vaha A., Mesterhazy A. Fungicidkijuttatási technológiafejlesztés és összehasonlítás a búza kalászfuzáriózisa ellen. Növényvédelem. 2008. 44: pp. 39-45.

### Konferencia kiadvány (proceeding):

#### ***Idegen nyelvű:***

Mesterházy Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Cseuz L., Lemmens M., Varga M., Hertelendy P. Breeding wheat to resistance against FHB in wheat, concepts, methods and results. 7th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight, Winnipeg, Manitoba, Nov. 27-30, 2011. p. 59.

- 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. *Cereal Research Communications*. 2008. 36: pp. 271-275.
- Toth B., Varga J., Szabo-Hever A., Lehoczki-Krsjak S., Mesterhazy A. Reproductive mode of Central European *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* populations. *Cereal Research Communications*. 2008. 36: pp. 625-629.
- 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. *Cereal Research Communications*. 2008. 36: pp. 677-681.
- Mesterházy Á., Buerstmayr H., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., 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, Kanada, 2007.p. 51-66.
- Mesterházy Á., Tóth B., Kászonyi G., Szabó-Hevér Á., Bartók T., Szekeres A. Methodological background: QTLs and breeding for resistance for FHB resistance in wheat. 9th European Fusarium Seminar, Wageningen, Book of Abstracts. Wageningen, Hollandia, 2006. p. 86.
- Magyar nyelvű:**
- Mesterházy Á., Lehoczki-Krsjak S., Tóth B., Szabó-Hevér Á., Bartók T., Varga M. Rezisztencianemesítési modellek értékelése búzában kalászfuzáriummal szemben. XV. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. Hagyomány és haladás a növénynevelésben. p. 327-331.
- Szabó-Hevér Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Kis és közepes hatású fuzárium rezisztencia QTL-ek validálási problémái. XV. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. Hagyomány és haladás a növénynevelésben. p. 442-446.
- Lehoczki-Krsjak S., Tóth B., Szabó-Hevér Á., Mesterházy Á. A kalászfuzárium ellenállóság ismételtetősége egy négyéves fajtakísérlet keretében XV. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. Hagyomány és haladás a növénynevelésben. p. 297-301.

**Előadás összefoglalás, poszter:**

***Idegen nyelvű előadás:***

- Mesterházy, Á., Lehoczki-Krsjak, S., Szabó-Hevér, Á., Cseuz, L., Tóth, B., Lemmens M. Novel results in reducing *Fusarium* head blight (FHB) and DON in wheat by integrating resistance, updated fungicide technology and agronomy skill. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on *Fusarium* Head Blight. Nanjing, China, 23-26 August 2012. p. 101.
- Mesterházy, Á., Tóth, B., Lehoczki-Krsjak, Sz., Szabó-Hevér, Á., Cseuz, L., Hertelendy, P. (2012): Progress in breeding wheat to resistance against FHB in wheat, concepts, methods and results. 19th EUCARPIA General Congress, Budapest, Hungary, 21-24 May 2012. p. 403.
- 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”. February 8–11, 2012, Vienna, Austria.
- 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. MycoRed International Workshop. Reduction of Mycotoxins in Production Chains of EU and

- Russia: Modern Investigations and Practical Features. (proceeding) 9-10 June 2011, Moscow, Russia p.39.
- Szabó-Hevér Á., Lehoczki-Krsjak S., Tóth B., Pauk J., Lantos C., Chao S., Mesterházy Á. Identification of Fusarium QTL in different wheat resistance sources and their significance for breeding. 1st Congress of Cereal Biotechnology & Breeding May 24–27, 2011, Szeged, Hungary p. 28.
- 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. Modern Fungicides and Antifungal Compounds VI. Proceedings of the 16th International Reinhardsbrunn Symposium April 25 -29, 2010, Friedrichroda, Germany p. 389-400.
- Mesterhazy A., Szabo-Hever A., Toth B., Varga M., Kotai Cs., Martonosi A.I., Lehoczki-Krsjak S. Role of resistance and chemical control of FHB to prevent mycotoxin contamination in wheat. Mycotoxicological Risks in Mediterranean Countries: Economic Impact, Prevention, Management and Control. October 25-27, 2010. Cairo, Egypt. p. 60-61.
- Szabo-Hever A., Lehoczki-Krsjak S., Toth B., Mesterhazy A. Mapping small and medium effective Fusarium resistance QTLs in Frontana derived populations. 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar. September 20-23, 2010. Radzików, Poland. p. 89-90.
- Mesterhazy A., Szabo-Hever A., Toth B., Kotai C., Martonosi A.I., Lehoczki-Krsjak S. Role of resistance and chemical control of FHB to prevent mycotoxin contamination in wheat. 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar. September 20-23, 2010. Radzików, Poland. p. 105-106.
- Lehoczki-Krsjak S., Varga M., Szabó-Hevér Á., Mesterházy Á. Quantification of fungicide translocation in wheat for tebuconazole and prothioconazole. 11<sup>th</sup> European Fusarium Seminar. September 20-23, 2010. Radzików, Poland. p. 119-120.
- Mesterházy Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Theoretical, biological and methodical background of resistance testing against Fusarium head blight in wheat. Workshop for variety registration in cereals for Fusarium resistance in EU. March 23-24, 2010. Szeged, Hungary. p. 10.
- 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-2009. p. 48.
- Lehoczki-Krsjak S., Szabo-Hever A., Mesterhazy A. Evaluation of pyramided Fusarium resistance QTL-s in wheat. International Life Sciences Student's Conference Kyiv-2009. p. 64.
- Idegen nyelvű poszter:***
- Szabó-Hevér, Á., Chao, S., Skinnes, H., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Mapping of *Fusarium* resistance QTL in the Japanese wheat cultivar Nobeoka Bozu. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on *Fusarium* Head Blight. Nanjing, China, 23-26 August 2012. p. 49.
- Lehoczki-Krsjak, S., Varga, M., Szabó-Hevér, Á., Mesterházy Á. Translocation and degradation of tebuconazole and prothioconazole in wheat during flowering. Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on *Fusarium* Head Blight. Nanjing, China, 23-26 August 2012. p. 88.
- Szabo-Hever A., Chao S., Lu Q., Skinnes H., Lehoczki-Krsjak S., Mesterhazy A. Molecular mapping of Fusarium resistance in the Japanese wheat cultivar Nobeoka Bozu. 7th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight, Winnipeg, Manitoba, Nov. 27-30, 2011. p. 80.

- Lehoczki-Krsjak S., Varga M., Szabo-Hever A., Mesterhazy A. Active ingredient content and ear coverage after spraying wheat with different nozzle types. 7th Canadian Workshop on Fusarium Head Blight, Winnipeg, Manitoba, Nov. 27-30, 2011. p. 73.
- Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Tóth B., Varga M., Bartók T., Mesterházy Á. Fusarium head blight evaluation of Hungarian wheat varieties in four year's experiment. Workshop for variety registration in cereals for Fusarium resistance in EU. March 23-24, 2010. Szeged, Hungary. p. 29.
- Szabó-Hevér Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., 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, Egyesült Államok, 2007. p. 64.
- Mesterházy A., Szabó-Hevér Á., Tóth B., Kászonyi G., Lehoczki-Krsjak S. 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, Egyesült Államok, 2007. p. 211.
- Mesterházy A., Szabó-Hevér Á., Tóth B., Kászonyi G. Comparison of fungicides and nozzle types against FHB in wheat at farm application. Proc. of the 2007 National Fusarium Head Blight Forum. Kansas, Egyesült Államok, 2007. p. 104-105.
- Magyar nyelvű előadás:**
- Lehoczki-Krsjak S., Varga M., Szabó-Hevér Á., Kótai C., Mesterházy Á. Tebukonazol és protiokonazol hatóanyagok transzlokációjának és mennyiségének vizsgálata különböző fűvókákkal végzett permetezés esetén. 58. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2012. február 21. p. 32.
- Szabó-Hevér Á., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Nobeoka Bozu rezisztencia hátterének vizsgálata a Ringo Star//Mini Manó/Nobeoka Bozu/3/Avle DH populációban. XVII. Növénynevelési Tudományos Napok 2011. április 27. p. 48.
- Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Varga M., Tóth B., Mesterházy Á. Fuzárium rezisztencia QTL-ek piramidálása és hatása egy előnemesített populációban. XVII. Növénynevelési Tudományos Napok 2011. április 27. p. 138.
- Mesterházy Á., Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Varga M., Tóth B., Lemmens M. Kalászfuzáriummal szembeni mesterséges inokulációs módszerek összehasonlítása búzában. XVII. Növénynevelési Tudományos Napok 2011. április 27. p. 61.
- Mesterházy Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Purnhauser L., Csósz M., Szabó-Hevér Á., Bartók T., Varga M. Gabonafélék rezisztenciára nemesítése betegségekkel szemben. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok. Busapest, Magyarország, 2010. p.15.
- Lehoczki-Krsjak S., Tóth B., Kótai C., Martonosi I., Kondrák L., Farády L., Szabó-Hevér Á., Kászonyi K., Mesterházy Á. Fungicidtechnológiai fejlesztések kalászfuzárium ellen. 55. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2009. p. 28.
- Szabó-Hevér Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Fusarium rezisztenciáért felelős QTL-ek kutatása Frontana-Remus és Mini Manó/Frontana térképező populációkban. XIV. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2008. p. 25.
- Mesterházy Á., Hertelendy P., Gergely L., Tóth B., Bartók T., Varga M., Szekeres A., Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á. A kalászfuzárium elleni rezisztencia, mint lehetséges fajtaminősítő tulajdonság. XIV. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2008. p. 32.
- Tóth B., Csósz L-né, Szabó-Hevér Á., Kiss A., Varga J. Búza levélfoltosságot előidéző új kórokozók Magyarországon. 54. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, Magyarország, 2008. p. 21.

- Szabó-Hevér Á., Tóth B., Kászonyi G., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Fusarium rezisztenciáért felelős QTL-ek kutatása a Frontana-Remus térképező populációban. XIII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2007. p. 40.
- Mesterházy Á., Tóth B., Kászonyi G., Szabó-Hevér Á., Bartók T., Varga M., Lemmens M., Bürstmayr H. Nagyhatású QTL-ek befolyása a kalászfuzárium ellenállóságra a CM 82036/Remus DH populációban. XII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2006. p. 52.
- Kászonyi G., Tóth B., Mesterházy Á., Szabó-Hevér Á., Lehoczki-Krsjak S., Lemmens M., Bürstmayr H. Kalászfuzárium rezisztencia QTL analízise a Frontana/Remus populációban. XII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2006. p. 53.
- Magyar nyelvű poszter:**
- Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Mesterházy Á. Kalászfuzáriummal szembeni natív rezisztencia azonosítása búzában. XVIII. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2012. március 6. p. 106.
- Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Tóth B., Mesterházy Á. Fusarium rezisztencia QTL-ek azonosítása a Ságvári/Nobeoka Bozu//Mini Manó/Sumai 3 előnevelített térképező populációban. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2010. p.94.
- Szabó-Hevér Á., Tóth B., Lehoczki-Krsjak S., Mesterházy Á. Egy hazai Fusarium graminearum populáció agresszivitási tesztjének vizsgálata. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Magyarország, 2010. p.127.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki Dr. Heszky László akadémikus úrnak, – SZIE Növénytudományi Doktori Iskola vezetőjének – Dr. Kiss Erzsébet professzor asszonynak – SZIE Genetika és Biotechnológia Intézet vezetőjének – a sokéves oktatási tevékenységért, mellyel segítették korábbi diplomadolgozatom és jelen doktori értekezésem elkészülését.

Köszönettel tartozom Dr. Mesterházy Ákos akadémikus úrnak – a Gabonakutató Kft. tudományos igazgatóhelyettesének – témavezetéséért, kutatásaim anyag- és eszközigényének biztosításáért. Köszönöm Dr. Matuz János volt igazgató úrnak és Szilágyi László jelenlegi igazgató úrnak, hogy tanulmányimat támogatták. Külön köszönet illeti a Gabonakutató Kft. Rezisztencia Kutatási Osztály dolgozóit lelkiismeretes munkájukért. Köszönöm azon munkatársaimnak a segítségét, akik a dolgozatom készítése során hasznos tanácsokkal láttak el: Dr. Purnhauser László, Dr. Csősz Lászlóné, Dr. Matuz János, Dr. Varga Mónika, Lehoczki-Krsjak Szabolcs. Köszönöm segítségét a Gabonakutató Kft. többi dolgozójának is: kutatóknak, technikusoknak és fizikai dolgozóknak.

A dolgozatomban vizsgált populációk előállítását köszönöm Dr. Pauk János és Dr. Hermann Buerstmayr kutatócsoportjának, továbbá köszönöm Dr. Barbara Steinernek a rendelkezésemre bocsájtott genotípusos adatokat.

Nagyon szépen köszönöm családom hosszú éveken át tartó támogatását és barátaim biztatását!

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú "Nemzeti Kiválóság Program - Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program" című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

„Minden okom megvan rá, hogy azt higgyem: a bolygó, ahonnét a kis herceg jött, a B-612-es kisbolygó. Távcsövön ezt a csillagocskát csak egyetlenegyszer észlelték: 1909-ben egy török csillagász.

Fölfedezéséről akkor nagy előadást tartott a Nemzetközi Csillagászati Kongresszuson. Öltözéke miatt azonban nem hitt neki senki. Mert ilyenek a fölnöttek.

A B-612-es kisbolygó hírnevének nagy szerencséjére azonban egy török diktátor utóbb halálbüntetés terhe mellett megparancsolta népének, hogy öltözködjék európai módra. A csillagász 1920-ban megismételte előadását, ezúttal fölöttébb elegáns öltönyben. És ezúttal egyet is értett vele mindenki.

Csak a fölnöttek miatt mesélem el ezeket a részleteket a B-612-es kisbolygóról...”

(Antoine de Saint-Exupéry: A kis herceg)