



**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

LISZTHARMAT-REZISZTENCIATÍPUSOK ÉS A  
GAZDANÖVÉNY-KÓROKOZÓ KAPCSOLAT  
VIZSGÁLATA BÚZÁBAN

Doktori értekezés tézisei

Komáromi Judit

**Martonvásár**  
**2016**

## **A doktori iskola**

**megnevezése:** Növénytudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

**vezetője:** Dr. Helyes Lajos  
egyetemi tanár, az MTA doktora  
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Kertészeti Technológiai Intézet

**Témavezetők:** Dr. Vida Gyula  
osztályvezető, PhD  
MTA Agrártudományi Kutatóközpont  
Mezőgazdasági Intézet  
Kalászosgabona-nemesítési Osztály

Dr. Virányi Ferenc  
ny. egyetemi tanár, az MTA doktora  
SZIE, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar  
Növényvédelmi Intézet

.....  
Dr. Vida Gyula  
témavezető

.....  
Dr. Virányi Ferenc  
témavezető

.....  
Dr. Helyes Lajos  
iskolavezető

## A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* gomba által okozott búzalisztharmat a világ összes búzatermesztő régiójában évről évre megjelenő, jelentős gazdasági károkat okozó levélbetegség. Magyarországon 1961-ben figyelték meg először járványszerű elterjedését és azóta minden évben megjelenik a hazai búzatablákon. A búza lisztharmat-rezisztenciájának több típusa létezik. Speciális rezisztenciatípus a felnőttkori rezisztencia, amelyre jellemző, hogy csak kifejlett növényeken nyilvánul meg. Ez sok esetben kvantitatív jellegű genetikai tulajdonság, kialakításában legtöbbször több gén vesz részt, ezért tartósabb, mint a nagygénes rezisztencia. A nagyhatású lisztharmat-rezisztenciagének ugyanis csak bizonyos lisztharmat-patotípusokkal szemben biztosítanak védelmet. A kórokozó-populáció azonban folyamatosan változik, így idővel újabb patotípusok jelenhetnek meg, amelyekkel szemben a korábban hatékony rezisztenciagén már nem nyújt megfelelő védettséget.

A búzalisztharmat-rezisztencia kutatása és eredményeinek nemesítésben történő gyakorlati felhasználása elősegíti az új, betegség-ellenálló fajták előállítását, melyek termesztése során kevesebb fungicid kijuttatása szükséges. Ez nem csak a termesztési költségek mérséklése miatt kiemelkedő fontosságú, hanem a fenntarthatóság és környezettudatosság szempontjait figyelembe véve mindannyiunk hosszú távú érdeke.

Munkánk során a következő feladatok megvalósítását tűztük ki célul magunk elé:

1. speciális típusú, felnőttkori lisztharmat-rezisztencia források azonosítása;

2. az Mv Hombár őszi búza-fajtában megfigyelt kiemelkedő hatékonyságú lisztharmat-rezisztencia genetikai hátterének feltárása;
3. a lisztharmat-rezisztencia megnyilvánulásának jellemzése az Mv Hombár fajtában szántóföldi és üvegházi kísérletekben, beleértve a gazdanövény-kórokozó kapcsolat mikroszkópos nyomon követését is;
4. a *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* aszkospórák fertőzésének részletes tanulmányozása.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### *Speciális lisztharmat-rezisztencia azonosítása őszi búzában*

Martonvásáron két egymást követő évben (2004 és 2005) szántóföldi és üvegházi kísérletekben 24 őszi búza-fajtát és nemesítési törzset vizsgálva speciális lisztharmat-rezisztenciával rendelkező őszi búza-genotípusokat azonosítottunk. Olyan búzafajtákat, illetve búzatörzseket kerestünk, amelyek bár csíranövénykorban megfertőződtek lisztharmattal, felnőttkorban ellenálltak a betegségnek. Egy párhuzamos kísérletben, a korábbi években lisztharmattal szemben teljesen ellenálló vagy kismértékben fertőződő őszi búza-fajtákat és nemesítési törzseket teszteltünk szántóföldön három ismétlésben, üvegházban pedig két időpontban, alkalmanként három ismétlésben. E kísérletek célja annak megállapítása volt, hogy az adott fajták rendelkeznek-e speciális, felnőttkori lisztharmat-rezisztenciával. A vizsgálatokban martonvásári eredetű őszi búza-genotípusok és a CIMMYT által összeállított nemzetközi kísérletek fajtái vettek részt. Fogékony standardként a Carsten V. és Vermillon fajtákat, rezisztensként

pedig az irodalmi adatok alapján felnőttkori lisztharmat-ellenállóságú Massey búza-fajtát vetettük el.

Szántóföldi kísérleteinkben a Saari-Prescott-skála és a levélborítottság alapján meghatároztuk a genotípusok lisztharmat fertőzöttségét, majd ezekből az adatokból kiszámítottuk a betegség-előrehaladási görbe alatti terület (AUDPC) értékeket. Adatainkat varianciaanalízissel elemeztük. A többismétléses üvegházi kísérletekből származó adatokat is varianciaanalízissel értékeltük. A szántóföldi és az üvegházi adatok összefüggését korrelációanalízissel határoztuk meg.

### ***Az Ukrainka/Mv Hombár térképező populáció vizsgálata***

Az Mv Hombár őszebúza-fajta lisztharmat-ellenállóságával kapcsolt genetikai faktorok azonosítása érdekében 178 törzsből álló térképezési populációt állítottunk elő az Ukrainka (pedigré: Selena/Mayak//Promin) és az Mv Hombár (pedigré: Fleming/Mv Matador) búzafajták keresztezését követően, 2003-ban. Az Mv Hombár lisztharmattal szemben teljesen ellenálló, az Ukrainka ugyanezzel a betegséggel szemben fogékony őszebúza-fajta. Az utódtörzsek és a szülői genotípusok természetes búzalisztharmat-fertőződését minden vizsgált évben (2006, 2008, 2010, 2012, 2013 és 2014) május elejétől június közepéig, 7-napos időintervallumban, öt felvételezési időpontban, kétféle felvételezési módszer (Saari Prescott-skála és a levélborítottsági érték) alapján jegyeztük fel.

Üvegházban a fiatalkori lisztharmat-ellenállóságot összesen négy alkalommal, 2006-ban (F<sub>3</sub>), 2007-ben (F<sub>4</sub>), 2008-ban (F<sub>4</sub>) és 2010-ben (F<sub>5</sub>) vizsgáltuk.

Az utódtörzsek normalitásvizsgálata során megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált populáció nem normál eloszlású, így a további statisztikai elemzésre a nem-parametrikus Kruskal-Wallis

tesztet használtuk. A különböző években és termőhelyeken felvételezett lisztharmat-fertőzöttségi adatsorokat a Mann-Whitney-teszttel páronként hasonlítottuk össze.

Az Ukrainka/Mv Hombár törzsek és a szülői genotípusok DNS-mintáinak genetikai vizsgálatát DArT és mikroszatellit markerekkel végeztük. A 178 rekombináns törzset és a szülői genotípusokat összesen 1230 binomiális domináns DArT markerrel és 66 mikroszatellit-primerpárral vizsgáltuk.

Az Ukrainka/Mv Hombár törzsek DArT- és SSR-marker adatait JoinMap 4 szoftverrel elemeztük, és kapcsoltsági csoportokat alakítottunk ki. A térkép elkészítését követően mindhárom adatsort – a markeradatokat, a kapcsoltsági csoportokra vonatkozó információkat és a lisztharmat-ellenállóság fenotípusos vizsgálata során kapott eredményeket egyaránt – MapQTL 5 programmal létrehozott fájlba importáltuk. Az elemzés során intervallum térképezéssel, majd kofaktor-szelekciót követően többszörös QTL-modell térképezési módszerrel kerestük a lisztharmat-rezisztenciát meghatározó QTL-eket.

#### ***A búza–búzalisztharmat gazdanövény–kórokozó kapcsolat mikroszkopikus vizsgálata az Mv Hombár fajtán***

Fény- és konfokális lézerpásztázó mikroszkópos (CLSM) vizsgálatokkal figyeltük meg a gombafejlődés stádiumait és a növényi válaszokat a rezisztens Mv Hombár búzafajtán, három különböző búzalisztharmat-patotípussal történt mesterséges fertőzést követően. Az inokuláláshoz a Magyarországon az utóbbi években leggyakrabban előforduló 76-os és 51-es rasszt használtuk, továbbá az egyetlen olyan patotípust, amellyel szemben az Mv Hombár fogékonynak bizonyult. Ez utóbbi patotípus a differenciáló fajtákon végzett meghatározás alapján, az 51-es rasszba tartozik, viszont az

eredeti rassztól eltérően virulens volt az Mv Hombár búzafajtán, ezért 51-Ho-nak neveztük el. A kísérletben az Mv Hombáron kívül fogékony standardként az Ukrainka és Carsten V. fajtákat, *non-host* rezisztens standardként egy árpafajtát (Orca), míg *host* rezisztens standardként a – magyarországi körülmények között teljes rezisztenciát biztosító *Pm21* rezisztenciagént hordozó – Nannong02Y23 búzatörzset használtuk.

### ***A búzalisztharmat kórokozója, a Blumeria graminis f. sp. tritici aszkospórák fertőzésének vizsgálata***

A *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* aszkospórák fertőzésének vizsgálatához a lisztharmatra rendkívül fogékony MVMA/BIPE búzatörzset használtuk gazdanövényként. Az aszkospórák differenciálódását és kiáramlását laboratóriumi körülmények között az alábbi két módszerrel idéztük elő:

1. A száraz levelekről üvegtűvel leszedett kazmotéciumokat egy mélyített tárgylemez mélyedésébe raktuk, amibe előzetesen vizet cseppentettünk. A tárgylemezt ezután olyan Petri-csészébe tettük, melynek aljába nedves szűrőpapírt helyeztünk.
2. A kazmotéciumokat a fent említett módon, mélyített tárgylemezen nedves szűrőpapírral bélelt Petri-csészékbe tettük, a tárgylemezre azonban nem cseppentettünk vizet.

A Petri-csészéket kontrollált környezetben, 16 órás megvilágítás mellett 20°C-on tároltuk klímakamrában. A szűrőpapírokat szükség szerint nedvesítettük, így biztosítottuk a kazmotéciumok számára az állandó nedves környezetet. Módszerenként 5 Petri-csészével végeztük el a kísérletet, és kétszer megismételtük. Egy héten keresztül naponta 20 kazmotéciumot vettünk ki minden tesztből, majd tárgylemezen szétnyomva

laktofenolos gyapotkék festékkel festve, vagy festés nélkül, fénymikroszkóppal ellenőriztük az aszkospórák differenciálódását, kiáramlását és a csírázási mintázatokat.

A *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* aszkospórák fertőzésének tanulmányozására egy új módszert dolgoztunk ki, amely lehetővé tette a kazmotécium érés és az aszkospórák fertőzés teljes folyamatának közvetlen megfigyelését az aszkospórák differenciálódásától az aszkospóra-eredetű telepek kialakulásáig. Őszi búzát kontrollált körülmények között, 20°C-on 16 órás megvilágítás mellett neveltünk izolálva, átlátszó műanyag dobozban, aminek tetejét fóliával takartuk be. A szántóföldön meghagyott búzaállományról begyűjtött, kazmotéciumokat tartalmazó száraz leveleket használtunk inokulum-forrásként. Megközelítőleg 100 csíranövényt neveltünk dobozonként, 3 cm-es magasságig. Ebben a stádiumban helyeztük a kazmotéciumokat a dobozokba annak érdekében, hogy a kazmotéciumokból spontán kiáramló aszkospórákból kiinduló fertőzést előidézzük. Az aszkospórák fertőzés megfigyelésére naponta öt csíranövényt vágunk le dobozonként és preparátumot készítettünk a fénymikroszkópos vizsgálathoz.

Az aszkospórák fertőzéssel összefüggő gombastruktúrák és a gazdanövény–kórokozó kapcsolatra jellemző növényi válaszok (papillaképződés) alaposabb tanulmányozása érdekében CLSM-vizsgálatokat végeztünk.



## EREDMÉNYEK

A dolgozatban ismertetett kutatómunka során fő célunk hatékony lisztharmat-rezisztenciaforrások azonosítása volt a martonvásári nemesítési programban részt vevő búzagenotípusokban. A megfogalmazott célkitűzések szerint összegezve az eredményeinket a következő megállapításokat tettük.

### *1. Speciális, felnőttkori lisztharmat-rezisztenciával rendelkező búzagenotípusokat azonosítottunk.*

A lisztharmatgomba-populáció változatossága, illetve a gomba szaporodási és terjedési stratégiája miatt a nagyhatású lisztharmat-rezisztenciagének általában csekély hatékonysággal, csak rövid távon használhatók fel a búza lisztharmattal szembeni rezisztencianemesítésében. A kvantitatív típusú rezisztencia a nagygének által kódolt ellenállóságnál tartósabb védelmet biztosít. Az MTA ATK MGI búzanemesítési programjában felhasznált nemesítési anyag lisztharmat-ellenállóságának felmérése során olyan speciális lisztharmat-rezisztenciával rendelkező búzagenotípusokat azonosítottunk, amelyek felnőttkorban ellenálltak a betegségnek, csíranövénykorban viszont megbetegedtek. Az ilyen típusú rezisztenciát felnőttkori rezisztenciának nevezik. Kiváló felnőttkori rezisztenciával rendelkeztek a martonvásári nemesítésű Mv Magdaléna és Mv Táltos őszibúza-fajták, az Mv07-03 törzs, illetve a külföldi eredetű genotípusok közül a Lona fajta, valamint az ONWPM-13 búzatörzs.

### *2. Az Mv Hombár őszibúza-fajtában megfigyelt kiemelkedő hatékonyságú lisztharmat-rezisztencia genetikai hátterének feltárása*

Az Mv Hombár őszibúza-fajta lisztharmat-ellenállósága kiemelkedően jó. Ez több mint egy évtizede, minden évben, mind a

szántóföldi kísérletekben, mind az üvegházi csíranövénykori tesztekben, minden vegetációs időszakban megnyilvánuló tulajdonság. Az Mv Hombár lisztharmat-rezisztenciáját meghatározó genetikai faktorok azonosítására a fogékony Ukrainka őszibúza-fajtaival végzett keresztezést követően térképező populációt hoztunk létre. A QTL-elemzés során négy, a lisztharmat-rezisztenciával összefüggő QTL-t azonosítottunk a 2A, az 1A, a 2B és a 2D kromoszómán. Az Mv Hombár lisztharmat-rezisztenciájának kialakításában a 2A kromoszóma hosszú karján azonosított QTL-nek volt a legnagyobb hatása, amely minden kísérleti évben, minden felvételezett tulajdonságban és minden termőhelyen a szignifikanciahatárt messze meghaladó LOD-csúccsal nyilvánult meg és a fenotípusos varianciát 11-33%-ban magyarázta. Ez arra utal, hogy a 2AL kromoszómaregióban azonosított QTL egy új nagyhatású lisztharmat-rezisztenciagén, amelyet *PmHo*-nak nevezünk el. Az Mv Hombár lisztharmat-rezisztenciájának rasszspecifikus, azaz nagygénes jellegét alátámasztja az is, hogy azonosítottunk egy új lisztharmatgomba patotípust, amely képes volt megfertőzni ezt a búzafajtát. Az új, általunk azonosított lisztharmatgomba patotípus a nemzetközileg elfogadott tesztszortiment alapján az 51-es kórokozórasszba tartozik és attól csak az Mv Hombáron adott virulens reakciója különíti el, ezért 51-Ho-nak neveztük el. Mikroszkópos vizsgálatban megállapítottuk, hogy az újonnan azonosított patotípus ugyan képes szemmel látható tüneteket okozni az Mv Hombáron, de a gomba fejlődése késleltetett, és a fogékony standard növényeihez képest kb. 30-40%-kal kevesebb telep képződik. Ez arra utal, hogy a lisztharmat-rezisztencia kialakításában részt vevő, az 1A, a 2B, illetve a 2D kromoszómákon azonosított jóval gyengébb hatású QTL-ek, vagy maga a letört újonnan azonosított lisztharmat-rezisztenciagén

részleges rezisztenciát biztosíthatnak ezzel a patotípussal szemben is. A *PmHo* gyakorlati búzanemesítésben való felhasználásával növelhetjük az új fajták lisztharmat-ellenállóságát.

### 3. Az *Mv Hombár* és a *Blumeria graminis f. sp. tritici* gazdanövény-kórokozó kapcsolat mikroszkópos vizsgálata

A gazdanövény-kórokozó interakciók mikroszkópos tanulmányozása során megállapítottuk, hogy az *Mv Hombár*ban a lisztharmat-rezisztencia a gomba epidermiszsejt falán történő áthatolásakor és az azt követő rövid időszakban bekövetkező hiperszenzitív reakció formájában nyilvánul meg. Ez a legjellemzőbb, de nem az egyetlen növényi válasz. Az interakciók kb. 30%-ában ugyanis a papillák akadályozzák meg a fertőzés kialakulását. A gomba fejlődése a legtöbb esetben a behatolás környéki időszakban, illetve a hausztórium- és telepképzés korai stádiumában áll meg.

### 4. Elsőként dokumentáltuk a búzalisztharmatot okozó *Blumeria graminis f. sp. tritici* aszkospóras fertőzésének folyamatát.

Jóllehet a *Blumeria graminis* az egyik legintenzívebben kutatott lisztharmatgomba faj, életciklusának egy fontos mozzanatát, mégpedig az aszkospóra-eredetű elsődleges fertőzést, ez idáig még nem tanulmányozták részletesen. Elsőként figyeltük meg és jellemeztük ezt a folyamatot a *B. graminis f. sp. tritici* esetében fény- és konfokális lézerpásztázó mikroszkóptechnikával. Megállapítottuk, hogy más lisztharmatgomba-fajoktól eltérően a *B. graminis f. sp. tritici* aszkospóráinak csírázási mintázata lényegesen különbözik a konídiumok csírázási mintázataitól *in vitro* és *in vivo*

körülmények között egyaránt. Az aszkospórák ugyanis egyetlen típusú csíratömlőt képeznek, amelyből behatoló hifa fejlődik, tehát a *B. graminis* konídiumok csírázására jellemző elsődleges csíratömlők kialakulása nem figyelhető meg. A csírázó aszkospórák az epidermiszsejtbe való behatolást követően hausztóriumot fejlesztenek, és elkezdődik a telepképzés, amely már megegyezik a konídiumos fertőzésnél megfigyelt folyamattal.

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az MTA ATK MGI búzanemesítési programjában részt vevő nemesítési anyag lisztharmat-ellenállóságának felmérése során olyan speciális lisztharmat-rezisztenciával rendelkező búzagenotípusokat azonosítottunk, amelyek felnőttkorban ellenálltak a betegségnek, csíranövénykorban viszont megbetegedtek (felnőttkori rezisztencia). Kiváló felnőttkori rezisztenciával rendelkeztek a martonvásári nemesítésű Mv Magdaléna és Mv Táltos fajták, az Mv07-03 törzs, a külföldi búza genotípusok közül pedig a Lona fajta és az ONWPM-13 törzs.
2. Négy lisztharmat-rezisztenciával összefüggő QTL-t azonosítottunk a Martonvásáron nemesített Mv Hombár őszibúza-fajtában, amelyek a 2A, az 1A, a 2B és a 2D kromoszómákon helyezkednek el. Közülük a 2A kromoszóma hosszú karján azonosított QTL-nek volt a legnagyobb hatása, amely minden kísérleti évben, minden felvételezési mód szerint és minden termőhelyen szignifikánsan megnyilvánult. A három másik QTL hatása nem volt konzekvensen kimutatható.

3. Megállapítottuk, hogy a 2A kromoszóma hosszú karján azonosított QTL egy új, nagyhatású lisztharmat-rezisztenciagén, amelyet *PmHo*-nak neveztünk el. Az Mv Hombár lisztharmat-rezisztenciájának nagygénes jellegét alátámasztja, hogy a *PmHo* hatása minden körülmények között megnyilvánul és rasszspecifikus, amelyet egy, az ezen a fajtán virulens, újonnan azonosított lisztharmatgomba-patotípus (5. pont) megjelenése bizonyít.
4. A gazdanövény–kórokozó interakciók mikroszkópos tanulmányozása során megállapítottuk, hogy a lisztharmat-rezisztencia az Mv Hombárban elsősorban a gomba epidermiszsejt falán történő áthatolásakor és az azt követő rövid időszakban, hiperszenzitív reakció során bekövetkező programozott sejthalál formájában nyilvánul meg.
5. Azonosítottunk egy új lisztharmatgomba-patotípust, amely a nemzetközileg elfogadott tesztszortiment alapján az 51-es patotípussal azonos, és attól csak az Mv Hombáron adott virulens reakciója különíti el, ezért 51-Ho-nak neveztük el.
6. Elsőként dokumentáltuk a búzalisztharmatot okozó *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* aszkospórák fertőzésének folyamatát, ami kiterjedt az aszkospórák csírázásának, az epidermiszsejtbe való behatolásnak, a hausztóriumképzésnek és a telepképzés folyamatának a leírására. Megállapítottuk, hogy az aszkospórák csírázása változatos, és eltér a konídiumok jellegzetes, egyedül a *Blumeria* nemzetségre jellemző csírázási mintázatától.

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A speciális (felnőttkori) lisztharmat-rezisztenciával rendelkező búzagenotípusok azonosítása céljából végzett kísérletekben azonosítottunk olyan genotípusokat is, melyek mind a felnőttkori szántóföldi kísérletekben, mind pedig az üvegházi fiatalkori tesztekben rezisztensek voltak lisztharmattal szemben (Mv08-03, Mv Hombár, Mv Regiment és HT02-03). Ezeknél a genotípusoknál nagyhatású rezisztenciagének jelenlétét feltételeztük, amit az Mv Hombár esetében igazoltunk is. Mivel az elmúlt évtizedekben végzett üvegházi vizsgálatainkban olyan *Pm*-gént nem azonosítottunk, amely ilyen mértékű ellenállóságot kódolt volna, így feltételezhető, hogy vagy eddig ismeretlen rezisztenciagén, vagy valamilyen különlegesen hatékony génkombináció található ezekben a genotípusokban. Érdekes, új rezisztenciaforrás lehet a jövőben a HT02-03 törzs, ami 2BS/2RL búza–rozs transzlokációt hordoz. Az Mv Táltos fajtában, valamint az Mv07-03 és az ONWPM-13 törzsben felnőttkori rezisztenciát azonosítottunk, így ezek a genotípusok a jövőben értékes forrásai lehetnek a lisztharmattal szembeni ellenállóság javításának. A felhasználásukkal elérhető tartós betegség-ellenállóság hozzájárulhat a költségtakarékos és környezetkímélő búzatermesztés megvalósításához.

A Martonvásáron nemesített Mv Hombár őszibúza-fajtában azonosított rezisztenciafaktor (*PmHo*) hatása minden környezetben, minden évben és minden felvételezési módszer alapján megnyilvánult. Ez arra utal, hogy a *PmHo* egy domináns nagygén. Az Mv Hombár lisztharmat-rezisztenciájának nagygénes jellegét alátámasztja továbbá egy új, általunk azonosított patotípus, az 51-Ho megjelenése is, amely – a többi lisztharmat-patotípussal ellentétben – képes szabad szemmel látható, sporuláló telepeket képezni az Mv

Hombáron. Ez az eredmény a liztharmat-rezisztencia rasszspecifikus jellegére utal, ami nagygén által meghatározott tulajdonság. Jóllehet napjainkig több mint 90 liztharmat-rezisztenciagént/allélt azonosítottak a búza különböző kromoszómáin, az általunk a 2AL kromoszómakaron azonosított *PmHo*-hoz hasonló hatékonyságú rezisztenciagének csak elvétve fordulnak elő. Az egyik ilyen teljes védelmet biztosító *Pm*-gén, a *Dasyphyrum villosum* eredetű *Pm21*. A liztharmat-rezisztenciagének hatékonyságának vizsgálata során a szántóföldi kísérletekben a *Pm21* génen kívül még egy, a liztharmattal szemben hazai körülmények között kiváló védelmet biztosító rezisztenciagént (*Pm3d*) azonosítottunk. A *Pm3d* gént hordozó Ralle fajta azonban az üvegházi csíranövénykori tesztekben több liztharmat izolátummal szemben is fogékonynak bizonyult. Amint azt a *Pm3d* példája mutatja, a kórokozó változékonysága miatt a nagygénnek önmagukban történő felhasználása csak ideiglenes megoldást jelenhet a liztharmattal szemben rezisztens fajták előállítására területén. Még a jelenleg kiváló hatékonyságú *PmHo*, vagy *Pm21* rezisztenciagént hordozó őszibúza-genotípusokon is rövid időn belül megjelenhetnek virulens patotípusok. Ezért a nagygénnek hosszú távú sikeres hasznosítása a liztharmat rezisztencia javítására kizárólag több gén együttes felhasználásával lehetséges genotípus (génpiramidálás), vagy populáció (multiline) szinten.

A gazdanövény–kórokozó interakciókban a rasszspecifikus liztharmat-rezisztencia (egyben *host* rezisztencia) általában a kórokozó megtelepedését – azaz a behatolást és a hausztóriumképzést – követő hiperszenzitív reakcióban (HR) nyilvánul meg, ami a gomba fejlődésének ebben a stádiumban történő gátlását eredményezi. Az Mv Hombár őszibúza-fajtának a *B. graminis* f. sp. *tritici* 51-es és 76-os rasszával történt inokulálása

után megállapítottuk, hogy a megtelepedést követő HR volt a leggyakoribb, de nem az egyetlen növényi védekezési válaszreakció, ami az interakciók megközelítőleg 70%-ára volt jellemző. Az interakciók fennmaradó 30%-ában a lisztharmatgomba növényi epidermisz sejtek falán történő áthatolását papillák akadályozták meg. Kialakulásuk az interakciók során nem meglepő, mert a papillaképződés a gazdanövény–kórokozó kapcsolatokra általában jellemző válaszreakció, függetlenül a rezisztencia típusától és a kapcsolat inkompatibilis vagy kompatibilis voltától. A papillaképzés azonban leginkább a *non-host* típusú rezisztencia esetében bizonyul hatékony védekezési reakciónak, ilyenkor ugyanis teljesen megakadályozza a gomba behatolását az epidermisz sejtbe. Ennek némileg ellentmond, hogy a tritikálé és a nemrégiben erre a gazdanövényre specializálódott *B. graminis* kapcsolatában (*host* típusú rezisztencia) a legfontosabb növényi védekezés a hatékony papillák képződése, illetve hogy az *Arabidopsis* és lisztharmatgombája, a *Golovinomyces orontii* kapcsolatában a papillákban felhalmozódott kallóznak aktív szerepe van a rezisztencia kialakításában, tehát a hatékony papillák szerepe nem irreleváns a *host* típusú rezisztenciában sem. Az Mv Hombár esetében a hatékony papillák 30%-os aránya ugyanezt támasztja alá. A *host* és a *non-host* típusú rezisztencia sejtszintű megnyilvánulásában több a hasonlóság, mint a különbség, jóllehet eddig a gazdanövény–kórokozó interakciók alapján elkülönítették őket.

A *B. graminis* f. sp. *tritici* alaposan, számos szempontból tanulmányozott konídiumos fertőzésével szemben az aszkospórás fertőzés folyamata viszonylag kevesbé ismert, bár más lisztharmatgombafajokhoz hasonlóan a *B. graminis* esetében is részletesen vizsgálták már az aszkospórák differenciálódását és



kiáramlását. Eredményeinket összehasonlítva ezekkel a korábbi munkákkal megerősítettük, hogy a *B. graminis* aszkospórák kialakulása a differenciálatlan protoplazmával telt aszkuszokban egy viszonylag gyors folyamat, amelynek beindulásához nedves környezet szükséges. A 2013. július végétől augusztus végéig gyűjtött kazmotéciumokban az *in vitro* és *in vivo* kísérleteinkben átlagosan három napra volt szükség az aszkospórákéréséhez. Ez a folyamat hosszabb ideig tartott azon kazmotéciumok esetében, amelyeket 2014 júniusában, kb. egy hónappal az aratás előtt gyűjtöttünk. A *B. graminis* aszkospórákhoz képest a legtöbb liztharmatgombafaj aszkospóráinak hosszabb időre van szüksége azéréshez, ami heteket vagy hónapokat is jelenthet. Sőt, néhány faj esetében a már morfológiailag differenciálódott aszkospórák fiziológiailag még éretlenek, mint ahogy azt az *E. necator*, vagy az epret fertőző *Podosphaera aphanis* esetében is megfigyelték. Ennél a két fajnál a kazmotéciumokból mesterségesen kiáramoltatott, még fiziológiailag éretlen aszkospórák vízben gyakran kipukkadtak, ahelyett, hogy csírázni kezdtek volna. A *B. graminis* esetében a gyors morfológiai differenciálódást követően az aszkospórák azonnal készen állnak a gazdanövényük fertőzésére, tehát fiziológiailag is éretnek tekinthetők.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁVAL KAPCSOLATOS TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

### Tudományos publikációk

#### *Nemzetközi tudományos folyóiratokban megjelent publikációk*

Jankovics T., **Komáromi J.**, Fábrián A., Jäger K., Vida G., Kiss L. (2015): New insights into the life cycle of the wheat powdery mildew: direct observation of ascospore infection in *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*. *Phytopathology* 105:797-804. (IF: 3,119)

#### *Hazai tudományos folyóiratokban megjelent publikációk*

**Komáromi J.**, Bencze S., Varga B., Vida G., Veisz O. (2013): Changes in the powdery mildew resistance and biomass of wheat genotypes at normal and elevated atmospheric CO<sub>2</sub> levels. *Acta Agron. Hung.* 61:247-254.

Vida G., Cséplő M., Gulyás G., Karsai I., Kiss T., **Komáromi J.**, László E., Puskás K., Wang Z.L., De Pace C., Bedő Z., Láng L., Veisz O. (2011): Effectiveness of major resistance genes and identification of new sources for disease resistance in wheat. *Acta Agron. Hung.* 59:241-248.

**Komáromi J.**, Vida Gy., Szunics L., László E., Veisz O. (2009): Speciális lisztharmat-rezisztenciátípusú búzagenotípusok azonosítása. *Növényvédelem* 45:663-667.

Vida Gy., **Komáromi J.**, Szunics L., Láng L., Bedő Z., Veisz O. (2007): Búzalisztharmat-virulencia felmérése és szántóföldi rezisztenciavizsgálatok Martonvásáron. *Növénytermelés* 56:3-11.

Vida Gy., Szunics L., Szunics Lu., **Komáromi J.**, Veisz O. (2007): Búzalisztharmat-kutatások Martonvásáron. *Növényvédelem* 43:231-235.

**Komáromi J.**, Vida G., Puskás K., Szunics L., Veisz O. (2006): Identification of wheat genotypes with adult plant resistance to powdery mildew. *Cereal Res. Commun.* 34:1051-1058. (IF: 1,037)

### Egyéb tudományos művek:

#### *Konferencia kiadványok*

Bencze S., **Komáromi J.**, Vida G., Puskás K., Balla K., Veisz O. (2015): Impact of elevated atmospheric CO<sub>2</sub> level on powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*) severity in wheat depends on the pathotype × genotype interaction. *Procedia Environmental Sciences* 29:232-233.

Bencze S., Komáromi J., Vida Gy., Balla K., Veisz O. (2014): Az emelt léghőmérséklet hatása az őszi búza lisztharmat fertőzésére. 75-79.

- In: Veisz O. (Szerk.) Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban: XX. Növénynevelési Tudományos Nap, Budapest.
- Komáromi J., Bencze S., Varga B., Vida Gy., Veisz O. (2014): Búza genotípusok lisztharmattal szembeni ellenállóságának változása normál és emelt légköri CO<sub>2</sub>-szinten. *Georgikon for Agriculture: A Multidisciplinary Journal in Agricultural Sciences* 19:199-204.
- Komáromi J., Zengyan Z., De Pace C., Veisz O., Vida Gy. (2014): *Dasyphyrum villosum* eredetű lisztharmat-rezisztencia beépítése martonvásári búzafajtákba markerszelekcióval. 249-253. In: Veisz O. (Szerk.) Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban: XX. Növénynevelési Tudományos Nap, Budapest.
- Komáromi J.**, Szunics L., Szunics Lu., Vida Gy. (2013): A búzalisztharmat-populáció változása 40 év alatt. *Georgikon for Agriculture: A Multidisciplinary Journal in Agricultural Sciences* 16:115-119.
- Vida G., Cséplő M., Gulyás G., Karsai I., Kiss T., **Komáromi J.**, László E., Puskás K., Wang Z.L., Bedő Z., Láng L., Veisz O. (2011): Molecular and traditional approaches for combating major diseases of wheat in Martonvásár. 273-276. In: Veisz O. (Szerk.) *Climate Change: Challenges and Opportunities in Agriculture: AGRISAFE Final Conference*.
- Komáromi J.**, Veisz O., Vida Gy. (2009): A nagygénes búzalisztharmat rezisztencia hatékonyságának vizsgálata Martonvásáron. 257-261. In: Veisz O. (Szerk.) *Hagyomány és haladás a növénynevelésben: XV. Növénynevelési Tudományos Napok*, Budapest.
- Komáromi J.**, Vida G. (2009): Effectiveness of designated major powdery mildew resistance genes in various wheat genotypes. *Proc. VIII. Alps-Adria Scientific Workshop, Neum, Bosnia-Herzegovina. Cereal Res. Commun.* 37:213-216.

#### *Konferencia absztraktok*

- Bencze S., Balla K., Vida Gy., Varga B., **Komáromi J.**, Puskás K., Veisz O. (2015): A klímaváltozást kísérő jelenségek hatása a gabonafélékre. 61. In: Veisz O. (Szerk.) *XXI. Növénynevelési Tudományos Napok*, Martonvásár.
- Jankovics T., **Komáromi J.**, Fábíán A., Jäger K., Vida Gy., Kiss L. (2015): A búzalisztharmat életciklusának rejtett mozzanata: A *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* aszkospórák fertőzése. 41. In: Horváth J., Haltrich A., Molnár J. (Szerk.) *61. Növényvédelmi Tudományos Napok*, Budapest.
- Komáromi J.**, Jankovics T., Mikó P., Fábíán A., Vida Gy. (2015): Az Mv Hombár őszi búzafajta búzalisztharmat rezisztenciájának mikroszkópos vizsgálata. 94. In: Veisz Ottó (Szerk.) *XXI. Növénynevelési Tudományos Napok*, Martonvásár.
- Komáromi J.**, Szunics L., Szunics Lu., Vida Gy. (2013): A búzalisztharmat-populáció összetétele és virulenciája. 105. In:

- Hoffmann B., Kollaricsné Horváth M. (Szerk.) XIX. Növénynevelési Tudományos Nap, Keszthely.
- Vida G., **Komáromi J.**, Szunics L., Kosman E., Láng L., Bedő Z., Veisz O. (2010): Virulence of the wheat powdery mildew population and the efficiency of *Pm* resistance genes. 325-326. In: Dzyubenko N.I. (Szerk.) 8th International Wheat Conference, Szentpétervár.
- Vida Gy., **Komáromi J.**, Szunics L., Láng L., Bedő Z., Veisz O. (2010): A búzalisztharmat populáció rassz-összetételének és az ismert lisztharmat rezisztenciagének hatékonyságának vizsgálata. 142. In: Veisz O. (Szerk.) XVI. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest.
- Komáromi J.**, Vida Gy., Veisz O. (2006): Szántóföldi és üvegházi búzalisztharmat rezisztenciavizsgálatok Martonvásáron. 115. In: Veisz O. (Szerk.) XII. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest.
- Komáromi J.**, Veisz O., Vida Gy. (2005): Őszi búza genotípusok fiatalkori lisztharmat rezisztenciája. 164. In: Kertész Z. (Szerk.) XI. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest.

*Ismeretterjesztő cikkek*

- Vida Gy., Szunics L., Komáromi J., Veisz O. (2007): A búzalisztharmat és a védekezés lehetőségei. Agrárágazat 8:14-15.
- Vida Gy., Szunics L., Szunics Lu., **Komáromi J.**, Veisz O. (2007): Búzalisztharmat populáció- és rezisztenciakutatások Martonvásáron. Martonvásár 19/2:10-12.
- Vida Gy., **Komáromi J.**, Veisz O. (2010): Lisztharmat rezisztencia típusok tanulmányozása és felhasználása a búzanemesítésben. Martonvásár 22/2:11-13.