

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

CSŐSZ LÁSZLÓNÉ

**KESZTHELY
2007**

PANNON EGYETEM
GEORGIKON MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola

Témavezető:
DR. HABIL FISCHL GÉZA
Mezőgazdasági tudományok kandidátusa, egyetemi tanár

Munkahelyi témavezető:
PROF. DR. MESTERHÁZY ÁKOS
Egyetemi magántanár, az MTA doktora

**NÖVÉNYKÓRTANI ÉS REZISZTENCIA VIZSGÁLATOK AZ
ŐSZI BÚZA ROZSDA, LISZTHARMAT ÉS
LEVÉLFOLTOSÁGOK KÓROKOZÓIVAL**

Készítette:
CSÓSZ LÁSZLÓNÉ

**KESZTHELY
2007**

NÖVÉNYKÓRTANI ÉS REZISZTENCIA VIZSGÁLATOK AZ ŐSZI BÚZA ROZSDA, LISZTHARMAT ÉS LEVÉLFOLTOSSÁGOK KÓROKOZÓIVAL

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
a Pannon Egyetem Georgikon Mezőgazdaságtudományi Kar
Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskolájához tartozóan

Írta:
CSŐSZ LÁSZLÓNÉ

A jelölt a doktori szigorlaton%-ot ért el.

Keszthely,

.....
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom:

Bíráló neve:igen/nem

.....
aláírás

Bíráló neve:igen/nem

.....
aláírás

Bíráló neve:igen/nem

.....
aláírás

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Keszthely,

.....
a Bíráló Bizottság Elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése:

.....
az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

KIVONAT	6
ABSTRACT	7
AUSZUG	7
1. BEVEZETÉS	8
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. A búza biotróf kórokozói	10
2.1.1. A búza vörös vagy levéltrozsdája (<i>Puccinia recondita</i> f. sp. <i>tritici</i>)	10
2.1.2. A búza fekete vagy szárrozsdája (<i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>)	11
2.1.3. A búza sárgarozsdája (<i>Puccinia striiformis</i> var. <i>striiformis</i> .)	13
2.1.4. A búza lisztharmata (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>)	14
2.2. Az őszi búza legfontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozói	15
2.3. A szárrozsdával szembeni ellenállóság öröklődésének vizsgálata	17
2.4. Rezisztencia gének hatékonyságának vizsgálata fiatal és felnőttkorban	19
2.5. A hatékony rezisztencia gének felhasználása a fajták ellenálló- képességének javításában	22
2.6. A fontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulása és a fajták ellenállóképességének tesztelése	23
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	24
3.1. A biotróf kórokozók és az őszi búza kapcsolata	24
3.1.1. A szárrozsdával szembeni ellenállóság és az ezerszemtömeg öröklődésének vizsgálata	24
3.1.2. Szárrozsdá rezisztencia gének hatásának kifejeződése szárrozsdával mesterségesen fertőzött körülmények között	25
3.2. Rezisztencia gének meghatározása hagyományos és molekuláris módszerekkel	26
3.2.1. Az <i>Sr36</i> -os szárrozsdá rezisztencia gén azonosítása hagyományos módon	26
3.2.2. Szárrozsdá rezisztencia gének azonosítása molekuláris módszerrel	28
3.3. Rezisztencia gének felnőttkori hatékonyságának felmérése	29
3.3.1. Az őszi búza vörössrozsdá rezisztencia génjeinek felnőttkori hatékonysága	29
3.3.2. Az őszi búza szárrozsdá rezisztencia génjeinek felnőttkori hatékonysága	30
3.3.3. Az őszi búza lisztharmat rezisztencia génjeinek felnőttkori hatékonysága	30
3.4. Specifikus vörössrozsdá patotípusok izolálása őszi búza molekuláris rezisztencia genetikai kutatásaihoz	33
3.5. A fontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók tanulmányozása	37
3.5.1. A fontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának felmérése	37
3.5.2. A <i>Drechslera teres</i> azonosítása őszi búzán	45
3.5.3. Őszi búza fajták <i>Drechslera tritici-repentis</i> -sel szembeni ellenállóságának vizsgálata mesterséges fertőzéses körülmények között szántóföldön	46
3.6. Az alkalmazott módszerek és eredmények felhasználása a fajtaelőállító nemesítésben	46

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK	48
4.1. A biotróf kórokozók és az őszi búza kapcsolata	48
4.1.1. A szárrozsdaval szembeni ellenállóság és az ezerszemtömeg öröklődésének vizsgálata	48
4.1.1.1. A szárrozsda fertőzőtség mértéke	48
4.1.1.2. Az ezerszemtömeg változásai	48
4.1.1.3. A diallél kísérletben vizsgált szülők és F ₁ -ek értékelése	50
4.1.1.4. Genetikai paraméterek	51
4.1.2. Szárrozsda rezisztencia gének hatásának kifejeződése szárrozsdaval mesterségesen fertőzött körülmények között	53
4.1.2.1. A mesterséges szárrozsda fertőzőtség mértékének értékelése	53
4.1.2.2. A termés értékelése	55
4.2. Rezisztencia gének meghatározása hagyományos és molekuláris módszerekkel	58
4.2.1. Szárrozsda rezisztencia gének azonosítása hagyományos módon	58
4.2.2. Szárrozsda rezisztencia gének azonosítása molekuláris módon	60
4.3. Rezisztencia gének hatékonyságának vizsgálata felnőttkorban	62
4.3.1. A vöröszrozsda rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága	62
4.3.2. Szárrozsda rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága	62
4.3.3. Lisztharmat rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága	62
4.4. Specifikus vöröszrozsda patotípusok izolálása őszi búza molekuláris rezisztencia genetikai kutatásaihoz	68
4.5. A legfontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók és az őszi búza kapcsolata	72
4.5.1. A legfontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának felmérése	72
4.5.2. A <i>Drechslera teres</i> előfordulása őszi búzán	77
4.5.3. Őszi búza fajták <i>Drechslera tritici-repentis</i> -sel szembeni ellenállóságának vizsgálata mesterséges fertőzéses körülmények között szántóföldön	80
4.6. Az alkalmazott módszerek és eredmények felhasználása a fajtaelőállító nemesítésben	84
5. ÖSSZEFOGLALÁS	91
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	94
7. IRODALOMJEGYZÉK	95
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	107

KIVONAT

NÖVÉNYKÓRTANI ÉS REZISZTENCIA VIZSGÁLATOK AZ ŐSZI BÚZA ROZSDA, LISZTHARMAT ÉS LEVÉLFOLTOSÁGOK KÓROKOZÓIVAL

A szerző 25 éves kutatói és nemesítői tevékenységének legfontosabb eredményeit foglalja össze értekezésében. Az értekezés az őszi búza biotróf (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *Puccinia striiformis* var. *striiformis*, *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) és nekrotróf kórokozóival (*Drechslera* spp., *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, *Bipolaris sorokiniana*) szembeni ellenállóképesség tanulmányozásán keresztül bemutatja, hogy az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) esetében hogyan változnak az öröklődési viszonyok a kórokozó jelenléte vagy hiánya esetében, a rezisztencia gének jelenléte a fajtákban milyen mértékű védelmet biztosít a kórokozó támadásával szemben. A vörös- és szárrozsda, valamint lisztharmat rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén törzsek segítségével nyomon követi a kórokozó populáció változását. A specifikus vörösrzsdá patotípusok azonosításával és azok felhasználásával lehetővé teszi a molekuláris munkához szükséges fenotípezálási munka elvégzését.

Vizsgálja a legfontosabb levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának gyakoriságát és összetételét Magyarország különböző helyein. Értékeli a fajták ellenállóképességét és termésreakcióját *Pyrenophora tritici-repentis* mesterségesen fertőzött körülmények között.

Végül bemutatja, hogy a fenti munkák hogyan kapcsolódnak a fajta-előállító nemesítési munkához.

Legfontosabb új tudományos eredmények:

1.) Bizonyítottuk Dr. Barabás Zoltán azon a hipotézisét, hogy az *Sr36*-os gén hatékony védelmet biztosít a magyarországi szárrzsdá populáció ellen. A GK Mini Manó – amely tartalmazza az *Sr36*-os szárrzsdá rezisztencia gént – jól öröközte szárrzsdával szembeni ellenállóképességét hibridjeiben. Ezek ezerszemtömegét fertőzött környezetben lényegesen javította. Ez az eredmény hozzájárult ahhoz, hogy a későbbiek folyamán a szegedi fajtákba széles körben beépítésre került az *Sr36*-os szárrzsdá rezisztencia gén.

2.) Igazoltuk két, hatékony szárrzsdá rezisztencia gén – *Sr36* és *Sr31* – hatását a szárrzsdá fertőzöttség mértékének csökkentésében. Kimutattuk, hogy az *Sr36*-os gént tartalmazó fajták termése – a GK Kincső kivételével – még nagy fertőzési nyomás következtében sem csökken szignifikánsan. Bizonyítottuk azt is, hogy az *Sr31*-es gén is jelentősen csökkenti a szárrzsdá fertőzöttség mértékét. A termés csökkenés mértéke, bár kissé magasabb, mint az *Sr36*-os gént tartalmazó fajtáké, azonban nem tér el azokétól szignifikánsan.

3.) Megállapítottuk, hogy felnőttkorban hatékony védelmet nyújt a vörösrzsdá populációval szemben az *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr29*, *Lr35*, *Lr38K*, szárrzsdá esetében az *Sr36*, *Sr27*, *Sr31*-es gén, a lisztharmat géneket tartalmazó törzsek közül pedig kisebb mértékben fertőződnek a *Pm17*, *Pm6* és *Pm5+6*-os génkombinációt tartalmazó törzsek.

4.) Adaptáltuk a molekuláris munkához szükséges fenotípezálási rendszert. A hasadó nemzedékekben az *Lr1*, *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr52(LrW)* gének jelenlétének igazolásához azonosítottunk specifikus izolátumot. Bizonyítottuk a vörösrzsdá populáció nagymértékű heterogenitását is a Thatcher alapú vörösrzsdá rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén törzsek segítségével.

5.) Megállapítottuk, hogy Magyarországon a legfontosabb levélfoltosságokat okozó kórokozók közül a *Drechslera* fajok és a *Septoria tritici* előfordulásának gyakorisága közel azonos, majd ezt követi a *Stagonospora nodorum*. A *Bipolaris sorokiniana* előfordulása sporadikus. A kórokozó populáció összetételének változására jellemző, hogy a tenyészidőszak elején a *Septoria tritici*, míg a tenyészidőszak végén a *Drechslera* fajok és a *Stagonospora nodorum* fordul elő nagyobb arányban, bár a *Septoria tritici*, számára kedvező években, a tenyészidő végén is igen nagy gyakorisággal megjelenik. Jelentős évjárat és helyhatást tapasztaltunk.

6.) Bizonyítottuk a *Pyrenophora teres* előfordulását őszi búzán, Magyarországon.

7.) Többéves kísérletsorozatban meghatároztuk 17 szegedi őszi búza fajta levélfoltosságokkal szembeni ellenállóképességét. Kimutattuk, hogy a levélfoltosságokat okozó kórokozók számukra kedvező feltételek esetén, akár 25 %-os termésvesztést is okozhatnak.

8.) A több mint 20 éves nemesítői munka során 44 őszi búza fajta létrehozásában működtem közre, amelyből 6 fajta vezető és 38 fajta társnemesítője vagyok.

ABSTRACT

STUDIES ON PATHOLOGY AND RESISTANCE OF WHEAT TO RUSTS, POWDERY MILDEW AND LEAF SPOTS

The author summarizes the most important results of her 25 years research work. The thesis reveals on the resistance of wheat to biotrophic (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *Puccinia striiformis* var. *striiformis*, *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) and necrotrophic pathogens (*Drechslera* spp., *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, *Bipolaris sorokiniana*). She presents how the inheritance will be modified in presence or absence of the disease, how effective the protection of the resistance genes of the host plant wheat (*T. aestivum* L.) is. With help of the near isogenic lines for leaf rust, stem rust and powdery mildew resistance genes she follows the changes in the structure of the pathogen populations. With the selection of specific races (pathotypes) for specific genes she makes possible the phenotyping of mapping populations for different leaf rust resistance genes. She tested the occurrence and composition of the necrotrophic pathogens across locations in Hungary. The author evaluates the resistance and yield response of cultivars to *Pyrenophora tritici-repentis* under artificial inoculation regime. In the last chapter she show this work connects to the breeding of new commercial varieties.

AUSZUG

UNTERSUCHUNGEN ÜBER PATHOLOGIE UND WIDERSTANDSFÄHIGKEIT DES WEIZENS GEGEN ROSTKRANKHEITEN, MEHLTAU UND BLATTFLÄCKIGKEITEN

Die Autorin fasst die wichtigsten Ergebnisse ihrer 25 jährigen Forschungsarbeit zusammen. Die Inauguration Dissertation konzentriert auf die Resistenz gegen biotrophische Krankheiten wie *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *Puccinia striiformis* var. *striiformis*, *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* und auch auf einige nekrotrophische Bekrankungen wie *Drechslera* spp., *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, *Bipolaris sorokiniana*. Sie zeigt wie die Vererbung gegebenen Eigenschaften wird durch die Anwesenheit und Abwesenheit der Krankheit modifiziert, wie effektiv der Schutz der Resistenzgene der Hostpflanze (*T. aestivum* L.) sind. Mit der Anwendung der Nahisogenischen Linien für Braunrost, Schwarzrost und Mehltau folgt sie die Änderungen in der Populationen der verschiedenen Pathogenen. Die Selektion spezifischer Rassen ermöglichte die Phenotypisierung der kartierenden Populationen für verschiedenen Resistenzgene des Braunrosts. Sie hatte das Vorkommen und Zusammensetzung der nekrotrophischen Krankheitserreger in verschiedenen Orten von Ungarn untersucht. Die Autorin hatte Widerstandsfähigkeit und Ertragsreaktion der Weizensorten gegen *Pyrenophora tritici-repentis* unter künstlichen Inokulationsbedingungen untersucht. In dem letzten Kapitel präsentiert sie, wie diese Forschungsarbeit mit der praktischen Weizenzüchtung geknüpft ist.

1. BEVEZETÉS

Az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) gombabetegségei közül a legjelentősebbek a rozsdagombák. Magyarországon a 70-es évek előtt a szározsdá (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) okozott jelentős károkat, bár fokozatosan növekedett a vörösrozsdá (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) jelentősége. Ma már a rozsdagombák közül a vörösrozsdá szinte minden évben előfordul, kisebb-nagyobb károkat okozva a fajták fogékonyságától és az időjárási körülményektől függően. A sárgarozsdá (*Puccinia striiformis* var. *striiformis*) nagyobb mértékű megjelenésére az enyhe telű, hűvösebb, csapadékosabb években számíthatunk. A lisztharmat (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) – hasonlóan a vörösrozsdához – ugyancsak minden évben kisebb-nagyobb mértékben fertőzi fajtáinkat (Husz 1932a, 1932b, Szepessy 1977, Barabás és Matuz 1983, Manninger és mtsai. 1994, Szunics és mtsai. 1989, Szunics és mtsai. 2000, Csősz 2000, Füzi 2000, Mohai 2000, Csősz és mtsai. 2002).

A levélfoltosságok kórokozói, bár magyarországi megjelenésüket már 1988-ban észlelték, jelentősebb problémát 1999-től okoztak, különösen a csapadékosabb, hűvösebb években (Aponyi és mtsai. 1988, Békési 1996, Rátai és Pecze 1997, Csősz 2006).

Magyarországon az őszi búza vetésterülete 1-1,2 millió ha között változik évente, amelyen – a martonvásári és szegedi búzanemesítésnek köszönhetően – legnagyobb arányban magyar fajtákat termesztene (1. táblázat).

1. táblázat
Őszi búza fajták mennyisége a Nemzeti Fajtajegyzéken a különböző években
(forrás: Matuz 2005)

Származás	Évek	1970	1980	1990	2000	2004	2005
Összesen (db)		14	20	29	88	122	116
Ebből: magyar		4	11	19	62	81	76
Közös		-	-	-	2	2	2
Külföldi		10	9	10	24	39	38
Ebből: jugoszláv, horvát		-	5	6	6	6	4
román		-	-	-	1	1	1
osztrák		-	-	-	6	13	13
francia		2	1	1	4	10	10
cseh, szlovák		-	-	1	3	5	6
német		-	-	-	2	2	2
szovjet, ukrán		6	2	1	1	2	2
holland		-	-	1	1	-	-
olasz		2	1	-	-	-	-

Ez igen nagy fajtaszám, azonban ha megnézzük az államilag elismert őszi búza fajták növénykórtani paramétereit láthatjuk, hogy olyan fajta, amely a magyarországi körülmények között minden fontosabb gombabetegségekkel szemben teljesen ellenálló, nincs a fajtasortimentben. Az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet vizsgálatai alapján a 72 fajtának közel fele mutat 10 % vagy az alatti természetes lisztharmat és vörösrozsdá fertőzöttséget. Ennél valamivel jobb az arány a sárga levélfoltosság (*Drechslera tritici-repentis*) esetében (Hertelendy és Viola 2001, Hertelendy és mtsai. 2004, Gergely és mtsai. 2006). Azonban az olyan fajták aránya, amely mindhárom betegséggel szemben 10 % vagy az alatti fertőzöttséget mutat, csak 30 %. Az EU csatlakozás után még inkább előtérbe kerültek a

környezetvédelmi szempontok, amelynek eredményeképpen megnövekedett az igény olyan őszi búza fajták előállítására, amelyek a legfontosabb betegségekkel szemben magasabb szintű ellenállóságot mutatnak még járványos években is. Ez az igény tovább növekedett a biotermesztés előtérbe kerülésével.

A nemesítők számára továbbra is fontos szempont a szelekció során a törzsek kórokozókkal szembeni ellenállóképessége. A Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaságnál már az 1970-es évek óta foglalkozunk növénykórtani és rezisztencia vizsgálatokkal, különböző szelekciós módszerek kidolgozásával, és a kapott eredmények felhasználásával a nemesítési munkában.

A kutatómunka célkitűzése az elmúlt több mint 20 év e téren kapott legfontosabb kutatási eredményeinek bemutatása a következő témakörökben:

- Az öröklődési viszonyok tanulmányozása szárrozsdával mesterségesen fertőzött és fungiciddal védett körülmények között.
- Szárrozsdával mesterségesen fertőzött körülmények között vizsgáltuk a különböző hatékonyságú szárrozsdá gének hatását a fertőzöttség mértékére és a termésre.
- A vöröszrozda rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén törzsek segítségével a rezisztencia gének felnőttkori hatékonyságának nyomon követése Magyarország különböző helyein, valamint a vöröszrozda populációban bekövetkezett változások figyelemmel kísérése magyarországi és európai szinten is.
- Fajtáinkban lévő rezisztencia gének meghatározása hazai és nemzetközi kooperációban.
- A molekuláris vizsgálatokhoz szükséges specifikus vöröszrozda izolátumok azonosítása és azok alkalmazása a fenotípezési munkához.
- A legfontosabb levélfoltosságot okozó kórokozók magyarországi előfordulásának és dominanciájuknak vizsgálata, valamint fajtáink ellenállóságának tanulmányozása *Pyrenophora tritici-repentis*-sel mesterségesen fertőzött körülmények között.
- A fajták és törzsek természetes vörös-, sárgarozsda, lisztharmat fertőzöttségének és a levélfoltosságok mértékének értékelése a nemesítés számára hasznos rezisztencia források felkutatása céljából. Ugyanezen törzsek szárrozsdá fertőzöttségének értékelése mesterséges fertőzéses körülmények között.
- A kapott kutatási eredmények felhasználása a nemesítési munkában.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A búza biotróf kórokozói (A 2.1. és 2.2. fejezetben szereplő ábrák az 1b., 3., 5., 7., 11a. (bal oldali), 12a. (bal oldali) és 13. ábra kivételével saját felvételek)

A közönséges búzát és durum búzát igen nagyszámú kórokozó és kártevő képes megtámadni, kevesebb, mint 20 betegség és körülbelül 5 kártevő az, amely jelentős károkat okozhat (Zillinsky 1983, Wiese 1987, McIntosh 1998) megfelelő feltételek (fogékony fajta, kórokozó jelenléte, kórokozó számára kedvező klimatikus viszonyok) esetén. Magyarországon a biotróf kórokozók jelentősége változó. Az 1800-as évek végétől a 1970-es évek elejéig a szározsdá okozta a legnagyobb károkat a fajták fogékonyságától függően, majd az 50-es évektől kezdődően fokozatosan nőtt a vöröszosda jelentősége és napjainkban már az egyik legjelentősebb kórokozója a hazai búzatermesztésnek. Bár a lisztharmat minden évben megjelenik búzáinkon, azonban a járványos évek száma lényegesen kevesebb, mint a vöröszosda esetében. A sárgarozsda előfordulása a legritkább, annak ellenére, hogy a járványos évek száma hasonló, mint a lisztharmat esetében (2. táblázat).

2. táblázat

Búza betegség járványok Magyarországon

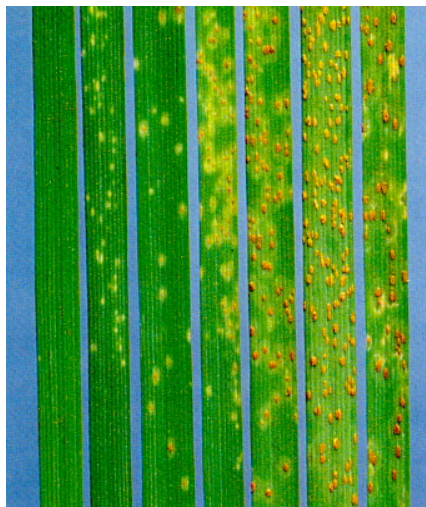
Betegség	Járványos évek
Szározsdá	1873, 1926, 1932, 1933, 1936, 1952, 1954, 1972
Vöröszosda	1952, 1957, 1958, 1975, 1981, 1982, 1988, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999*, 2006***
Sárgarozsda	1933, 1977, 1985, 1994, 1995, 2000**, 2001**
Lisztharmat	1961, 1987, 1988, 1989, 1994, 1998
Fuzárium	1925, 1965, 1970, 1972, 1975, 1978, 1979, 1985, 1991, 1996, 1997, 1998, 1999***, 2006***
Hópenész	1996, 1997
Kőüszög	jelentős 1950 előtt
Porüszög	jelentős 1950 előtt
Vírusbetegségek	1966, 1972, 1976, 1980, 1981, 1982, 1986, 1990, 1996, 1998

(Forrás: Szunics és mtsai. 2000, *Csősz 2000, **Csősz és mtsai. 2002, ***Csősz, Mesterházy saját megfigyeléseik)

2.1.1. A búza vörös- vagy levélrozsdája (*Puccinia recondita* Rob. ex Desmaz. f. sp. *tritici* (Erikss.), syn.: *Puccinia triticina* Erikss.) (1. ábra)



a)



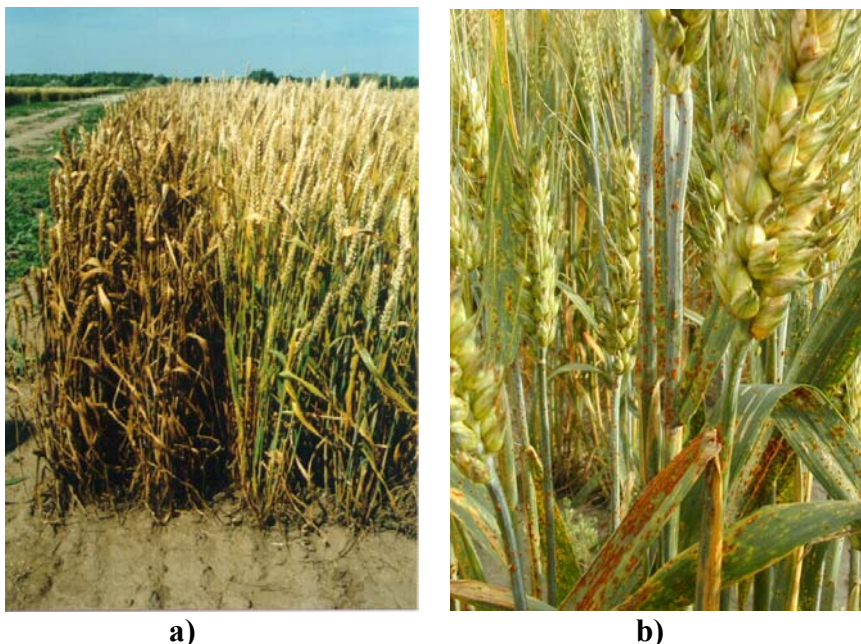
b)(Forrás: McIntosh 1995)

1. ábra: a) vöröszosdára fogékony genotípus, b) eltérő ellenállóságú fajták fiatalkori reakciói

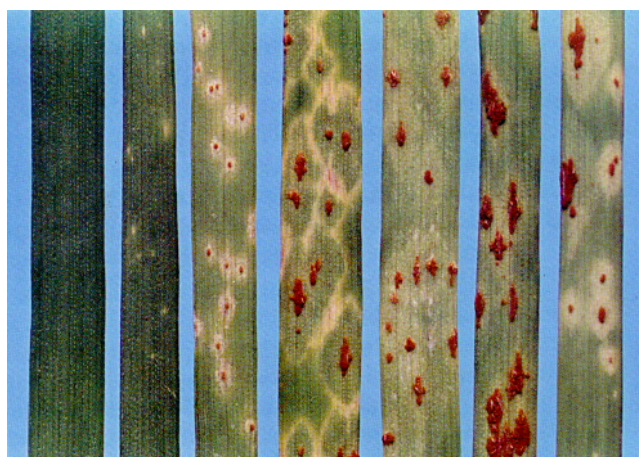
Az őszi búza betegségei közül a vöröszrozsda világszerte elterjedt, és a fajták fogékonyságától valamint a környezeti tényezőktől függően 5-40 %-os termésvesztést is okozhat, mely összességében több, mint az egyéb rozsdafajok által okozott veszteség (Barabás és Matuz 1983, Samborski 1984, McIntosh és mtsai. 1995, Manninger 1996).

A vöröszrozsda nagyobb mértékű megjelenésére kedvező környezeti feltételek mellett általában május közepétől lehet számítani, bár ettől lényeges eltérések lehetségesek: pl. 1999, amikor már április közepén megtaláltuk a tüneteket a fogékony fajtákon, vagy 2003, amikor az igen száraz tenyészidőszakban kb. június második dekádjában jelent meg a betegség nagyobb mértékben. Kedvező számára a meleg (22-25°C), párás időjárás. A gomba narancsbarna, telepei kör alakúak, 1-2 mm átmérőjűek, az uredotelepek zömmel a levél színén helyezkednek el és repednek fel kiengedve a további fertőzésre kész uredospórákat. A levél fonákán csak nagyon ritkán fordulnak elő. A búza érésekor kialakulnak a levél fel nem repedt epidermisze alatt a fekete színű teleutó telepek. A vöröszrozsda köztes gazdái a *Thalictrum*, *Isopyrum*, *Anehusa*, *Clematis* fajok.

2.1.2. A búza fekete vagy szárrozsdája (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) (2. és 3. ábra)

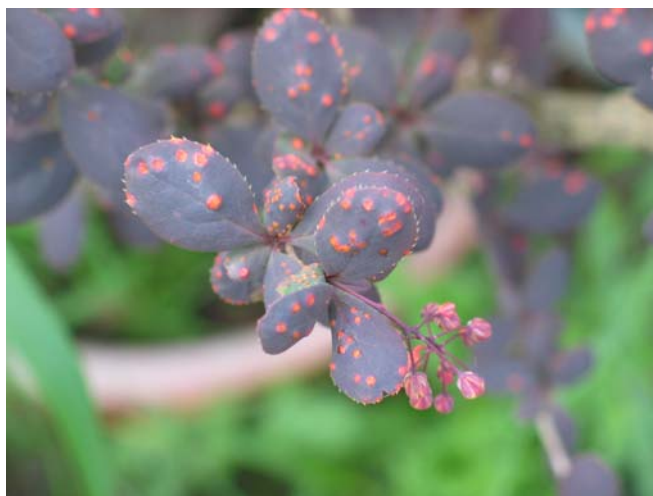


2. ábra: a) baloldalon szárrozsdára fogékony genotípus, b) szárrozzsda tünetei a száron, a levéllemezen és a kalászon

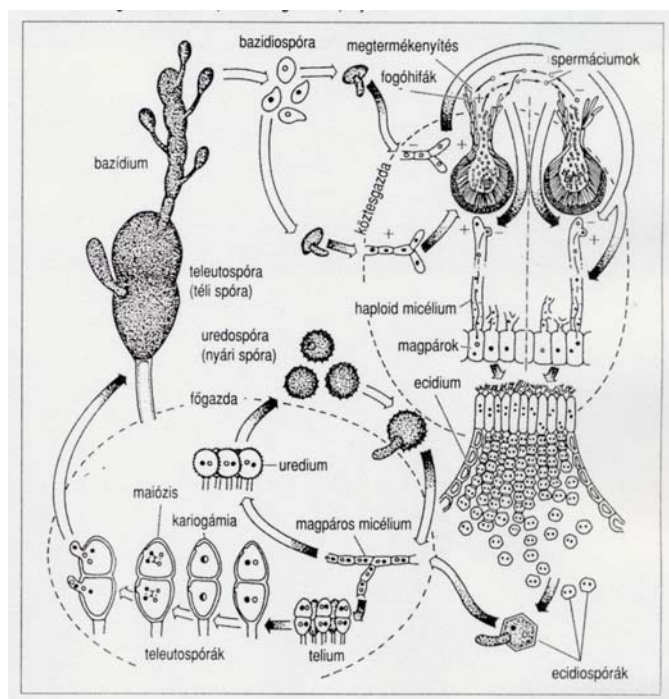


3. ábra: Szárrozsdával szemben eltérő ellenállóságú fajták fiatalkori reakciói
(Forrás: McIntosh 1995)

Amint azt a 2. táblázatban láthattuk, a szárrozsda komoly problémát 1972-ben jelentett utoljára. Az utóbbi évtizedekben természetes előfordulását nem, vagy csak sporadikusan tapasztaltuk (Manninger 1996, Csősz és mtsai. 1996a, 1996b, Vida és mtsai. 2000). Megjelenése esetén a fogékony fajtáknál igen nagymértékű veszteséget okozhat, amely akár 80-100 %-os is lehet. Súlyos fertőzés esetén (2a. ábra) a kalászt is megtámadja, amelynek hatására – a fokozott légzés miatt – a szemek jelentős ezerszemtömeg csökkenést szenvednek el, gyakorlatilag a kalászsok 'ocsut' teremnek. A magas hőmérsékletet (25-30°C) és páratartalmat kedveli. Telepei a száron, levélhüvelyen, a levél szárhoz közeli részén és a kalászon egyaránt előfordulnak, általában hosszúkasak, azonban pl. az *Sr31*-es gént tartalmazó fajták szárán ettől eltérően tüszzerű telepek formájában jelenik meg. Uredotelepei sötétbarna színűek. Köztesgazdája a sóskaborbolya (*Berberis vulgaris*) (4. ábra) és a mahónia (*Mahonia aquifolium*). Fejlődésmenete az 5. ábrán látható.



4. ábra: A szárrozsda fertőzés tünetei a *Berberis vulgaris* levelén

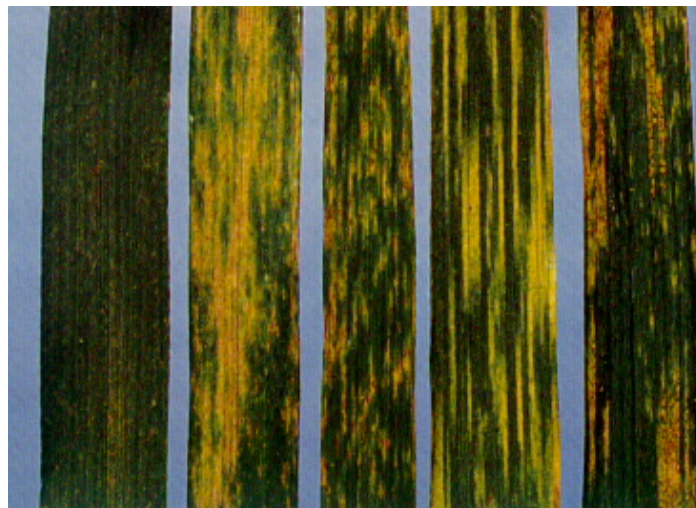


5. ábra: A szarrozsa (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) fejlődésmenete
(Forrás: Jakucs és Vajna 2003)

2.1.3. A búza sárgarozsdája (*Puccinia striiformis* var. *striiformis*.) (6. és 7. ábra)



6. ábra: a) a sárgarozsda fertőzés tünetei levélen, b) kalászon



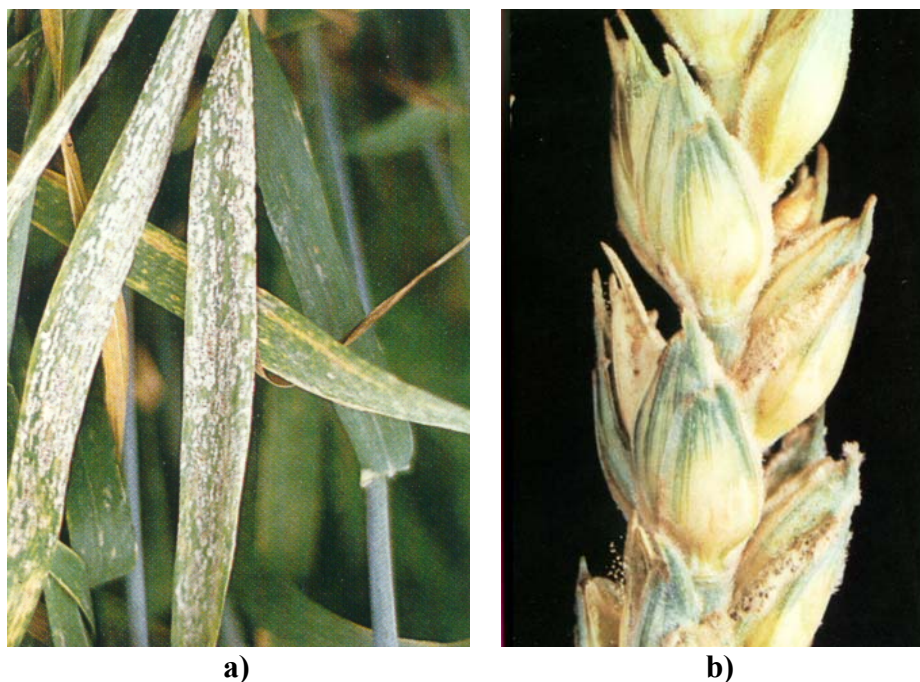
7. ábra: Sárgarozsdával szemben eltérő ellenállóságú fajták reakció típusai
(Forrás: McIntosh 1995)

A sárgarozsda fontos betegsége a búzának a világ számos részén. Elterjedése kisebb mértékű, mint a levél- vagy a szárrozsdáé. Kártétele jól ismert Észak- és Dél-Amerikában, Észak- és Kelet-Ázsiában, Új-Zélandban és jól ismert Európában is. Legelterjedtebb Hollandiában, Angliában, Franciaországban és Németországban. Ezekben az országokban a termésvesztés mértéke elérheti a 60 %-ot is (Beresford 1982, Johnson 1992). Magyarországon alacsony hőmérséklet igénye (optimum 8-10 °C) miatt ritkán okoz kárt (Lelley 1976, Szepessy 1977, Barabás 1987). Hazánkban 1977-ben (Manninger és mtsai. 1978), majd 1985-, 1994- és 1995-ben okozott az ország több helyén kárt, amelyet a jugoszláv fajták nagyobb mértékű elterjedésével magyaráztak (Szunics és mtsai. 1989, Manninger és mtsai. 1994, Johnson és mtsai. 1996). Járványos méretű előfordulását 2000 és 2001-ben tapasztaltuk (Békési és Viola 2000, Hertelendy és Viola 2001, Csősz és mtsai. 2002). Szepessy (1977) szerint a növény valamennyi részét megtámadhatja. A telepek világos narancssárga színűek, amelyek gyöngyfüzérszerűen helyezkednek el a levélen. Amennyiben a kalászt is megfertőzi, a spóratelepek a szemet is bevonják, ezt nevezik „paprikás búzának”. A sárgarozsda – az előbbi

két rozsdagombával ellentétben – hiányos fejlődésmenetű, köztesgazdája nem ismert. A fertőzés kedvező időjárás esetén már igen korán kialakulhat. Jellemző rá a „foltos” fertőzés, vagyis először a búzatábla egy-egy kisebb területén szaporodik fel nagyobb mértékben, majd erről a foltról terjed tovább a fertőzés. Emiatt a korai fertőzéseket nehéz észrevenni, ami a védekezés hatékonyságát jelentősen csökkenti.

Mindhárom rozsdagomba a búzán kívül termesztett gabonaféléinket és a fűfélék számos fajtát fertőzi.

2.1.4. A búza lisztharmata (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) (8. ábra)



8. ábra: a.) lisztharmat fertőzés tünetei a búza levelén és b) kalászáon

A lisztharmat a búzatermő területeken világszerte elterjedt kórokozó. Magyarországon az első súlyos lisztharmat járványt 1961-ben figyelték meg (Podhradszky és Csuti 1962). Átlagos években a kártétel mértéke 5-10 % között változik, azonban járványos években a fogékony fajták esetében akár 20-40 %-os terméseszkkenés is bekövetkezhet (Barabás és Matuz 1983, Szunics 1988, Csősz és mtsai. 1996, Mesterházy és Csősz 1996, Pearce és mtsai. 1996, Conner és mtsai. 2003). A lisztharmat fehéres, lisztes bevonata már ősszel megtalálható a búza levelein. Ezeken a leveleken a bokrosodás időszakában felszaporodik a kórokozó, majd fokozatosan felfelé terjedve megtámadja a felsőbb leveleket és a levélhüvelyeket, igen súlyos fertőzés esetén a kalászt is. A kalászosítás körüli időszakban megjelennek a lisztes bevonaton a feketésbarna színű kleisztotéciumok. A kórokozó az ősszel megfertőződött leveleken telel át micéliumos alakban, de a fertőzésben részt vesznek a termőtestekben kialakuló aszkospórák is. A mérsékelt meleg (20-22 °C), párás idő igen kedvező felszaporodásához.

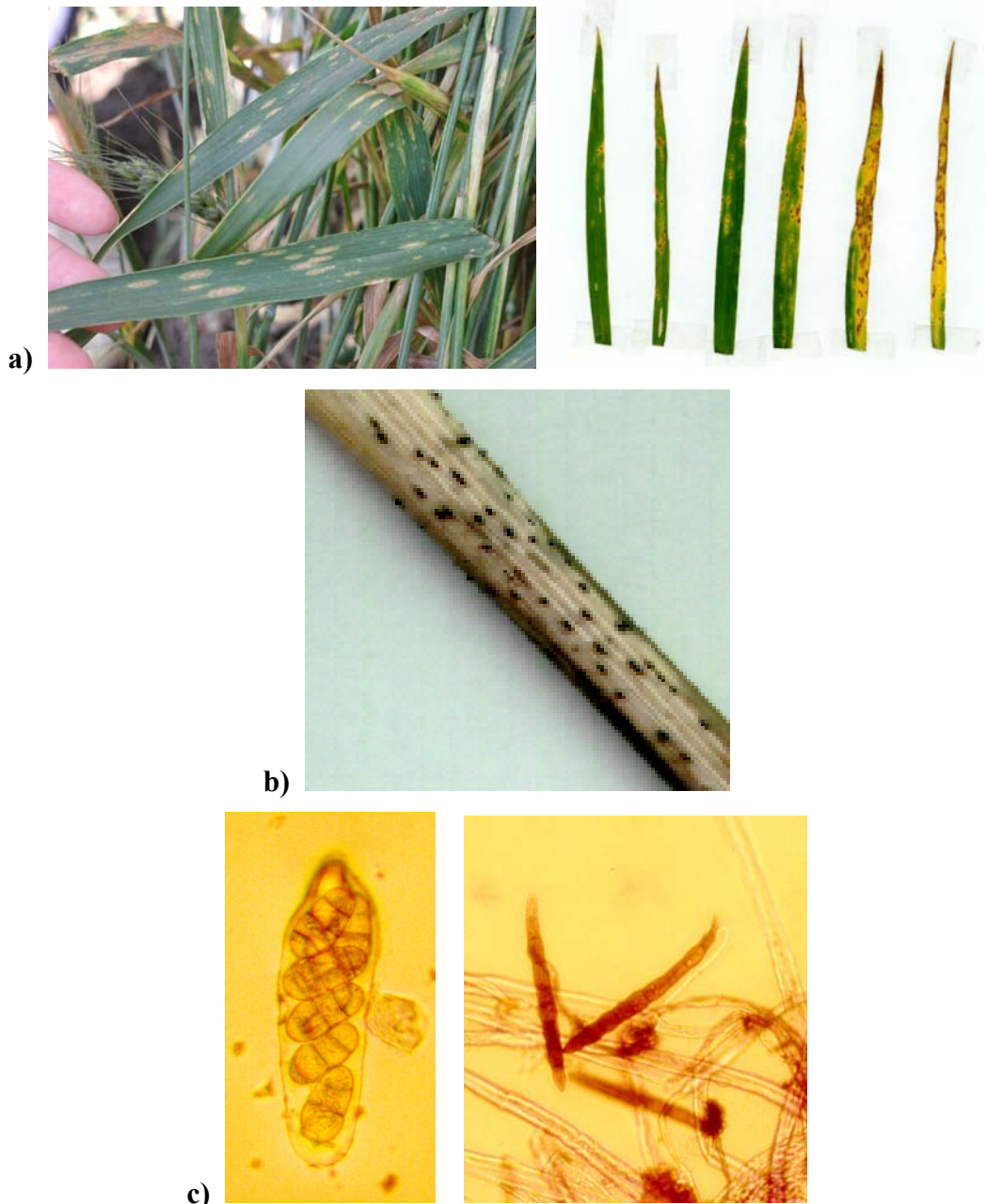
2.2. Az őszi búza legfontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozói

Pyrenophora tritici-repentis (Died.) Drechs. (anamorf: *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem.) (9. ábra),

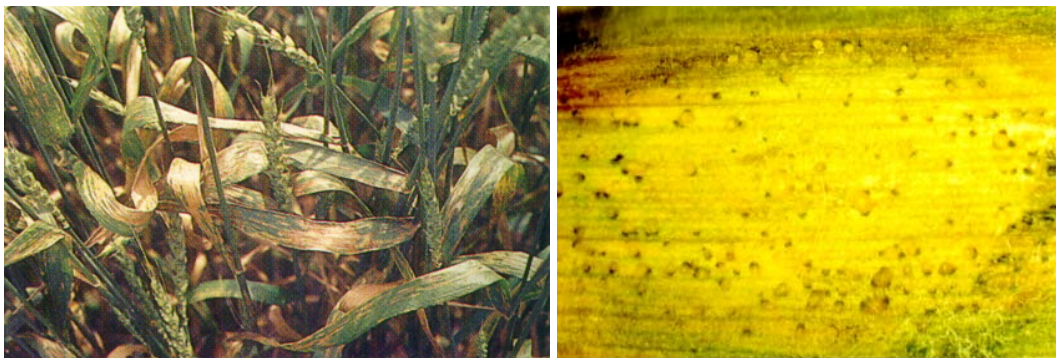
Mycosphaerella graminicola (Fuckler) Schröter (anamorf: *Septoria tritici* Rob. ex Desm.) (10. ábra),

Phaeosphaeria nodorum (Müller) Hedjaroude (anamorf: *Stagonospora nodorum* (Berk.) Cast & Gern, = *Septoria nodorum* (Berk.) Berk.) (11. ábra),

Cochliobolus sativus (Ito & Kuribayashi) Drechs. Ex Dastur (anamorf: *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.) (12. ábra)



9. ábra: Sárga vagy fahéjbarna levélfoltosság tünetei a) levélen, b) száron, valamint c) konídiuma
(*Pyrenophora tritici-repentis*, anamorf: *Drechslera tritici-repentis*)

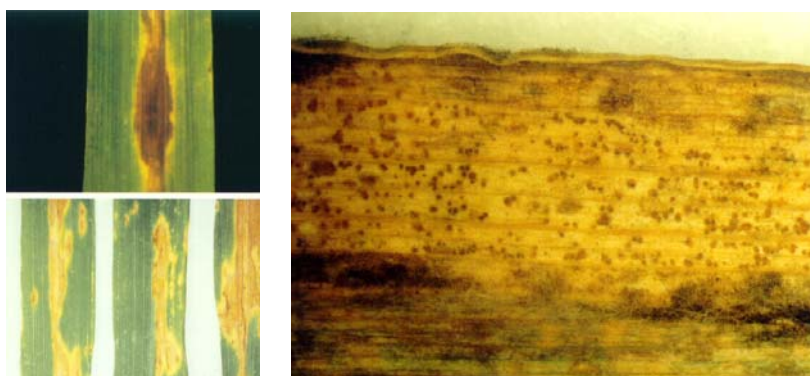


a)



b)

10. ábra: Szeptóriás levélfoltosság tünetei a) levélen, valamint b) konidiumai (*Mycosphaerella graminicola*, anamorf: *Septoria tritici*)



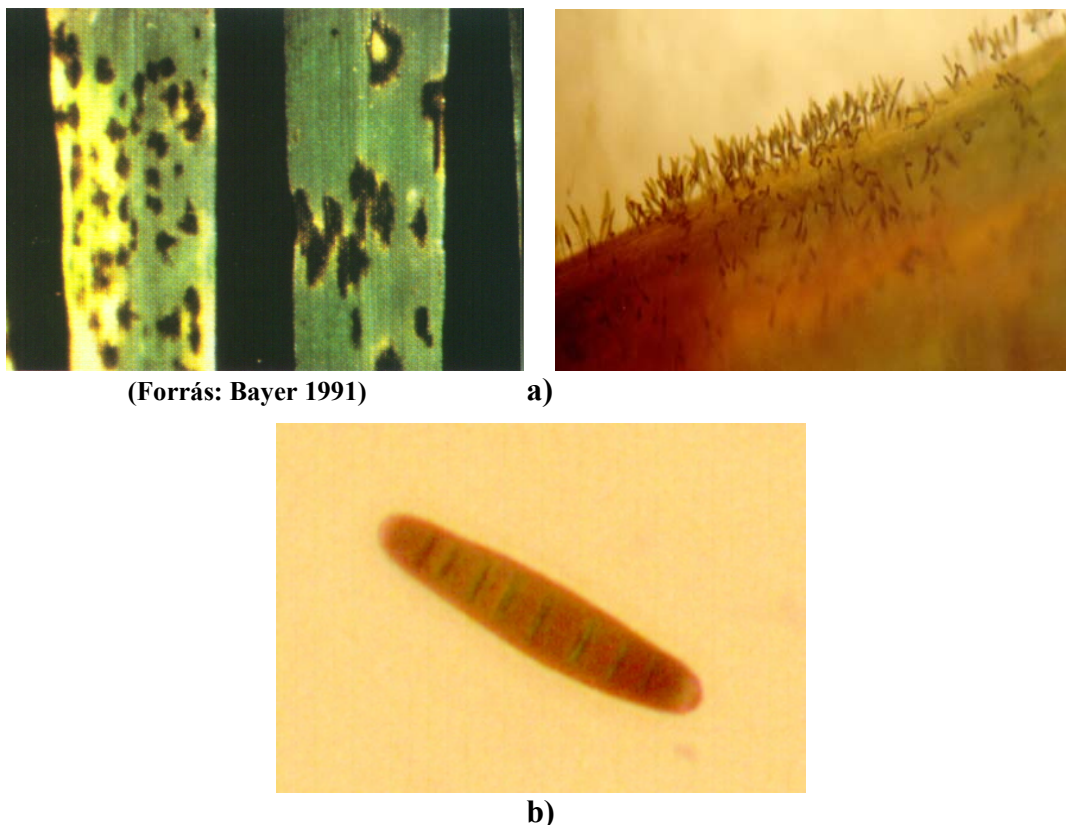
(Forrás: Bayer 1991)

a)



b)

11. ábra: Szeptóriás levél- és pelyvafoltosság tünetei a) levélen, valamint b) konídiuma (*Phaeosporia nodorum*, anamorf: *Stagonospora nodorum*)



12. ábra: Barna levélfoltosság tünetei a) levélen, valamint b) konídiuma
(*Cochliobolus sativus*, anamorf: *Bipolaris sorokiniana*)

A levélfoltosságokat okozó kórokozók régóta ismertek. Számukra kedvező körülmények esetén 2-50 %-os termésvesztést is okozhatnak a fajták ellenállóképességétől függően. Számos esetben jelentős mértékben csökkentették a termést, az ezerszemtömeget és a kalásonkénti szemszámot (Rees és mtsai. 1982, Shabeer és Bockus 1988, Cox és mtsai. 1989, Bockus és mtsai. 1992, Kremer és Hoffman 1993, Duczek és Jones-Flory 1994, Loughman és mtsai. 1994, De Wolf és mtsai. 1998, Sharma és Duveiller 2003, Balogh és mtsai. 1991, Rátainé és Pecze 1997, Csősz 2006). A levélfoltosságokat okozó gombafajok a fertőzött növényi maradványokon, vagy maradványokban, illetve vetőmagban maradnak fenn különböző szaporító képletek formájában. Ezek a maradványok az elsődleges fertőzés forrásai. Nagyobb mértékű előfordulásukra hűvösebb, csapadékosabb tavaszokon számíthatunk, mivel a korai fertőzések kialakulása szempontjából igen nagy jelentősége van a 'csapó' esőnek, amelynek segítségével a kórokozók az alsó levelekre jutnak. Az egyes kórokozók által okozott tünetek (9-12. ábra) igen változatosak, elkülönítésük a levélen nem olyan egyértelmű, mint a biotróf kórokozók esetében. Saját tapasztalataink is alátámasztják a kórokozók mikroszkópi azonosításának szükségességét.

A vetésváltás figyelmen kívül hagyása, a szántás nélküli termesztés, a nagytömegű fertőzött szártőmaradvány és szalma elősegíti a betegség kialakulását. Vizsgálataink alapján a fenti négy kórokozó közül Magyarországon a *Pyrenophora tritici-repentis* és a *Mycosphaerella graminicola* jelentősége a legnagyobb, de egyes évjáratokban és helyeken a *Phaeosphaeria nodorum* nagyobb arányú megjelenése is gondot okozhat (Csősz 2006).

2.3. A szárrozsdával szembeni ellenállóság öröklődésének vizsgálata

Matuz és mtsai. (1974) és Szunics és mtsai. (1975) Magyarországon elsőként alkalmazták a diallél analízist a búza szemtermés, a növényenkénti kalász, a kalásonkénti szemszám és szemtömeg, a növényenkénti szemtömeg, a növénymagasság és az 1000 szemtömeg

öröklődésének vizsgálatára. Az elkövetkező években világszerte alkalmazták a módszert, a termés és a terméselemek (Szunics és mtsai. 1975, Singh és mtsai. 1978, Raghuvanshi és mtsai. 1988, Srivastava és Nema 1993, Mou és Kronstad 1994, Borghi és Perenzin 1994, Martin és mtsai. 1995, Knobel és mtsai 1997, Hill és mtsai. 1999, Wagoire és mtsai. 1999, Budak és Yildirim 1999, Joshi és mtsai. 2004, Singh és mtsai. 2004,), a harvest index (Sharma és mtsai. 1991, Csősz és Kertész 1991, Kertész 1993, Yildirim és mtsai. 1995), a minőségi paraméterek (SDS, fehérjetartalom) (ElHaddad és mtsai. 1996,), és a szárazságtűrés (Solomon és Labuschagne 2003, El-Maghraby és mtsai. 2005) öröklődésének vizsgálatára. Az eredmények értékelésekor azonban csak néhány szerző tér ki a környezeti tényezők szerepének elemzésére is (Csősz és Kertész 1991, Kertész 1993, Knobel és mtsai. 1997, Hill és mtsai. 1999, Wagoire és mtsai. 1999, Singh és mtsai. 2004).

A betegségekkel szembeni ellenállóképesség öröklődésének a vizsgálatára is egyre gyakrabban használták a diallél analízist. Skovmand és mtsai. (1978a, 1978b) valamint Das és mtsai. (1992) a 'slow-rusting' típusú rezisztencia öröklődését vizsgálták szár- és vörösrózsa esetében. A járvány felépülésének gyorsaságát mutató görbe alatti terület (area under the disease progress curve (AUDPC)) értékeknél mind az általános (general combining ability (GCA)), mind a specifikus (specific combining ability (SCA)) kombinálódóképességi értékek esetében szignifikáns hatásokat mutattak ki. A GCA:SCA hatások aránya magas volt, ami az additív génhatások nagyobb szerepére utal. Hasonló eredményeket kaptak Kaur és mtsai. (2003) sárgarózsa esetében. Wagoire és mtsai. (1998) a felnőttkori szántóföldi rezisztencia öröklődését tanulmányozták sárgarózsánál. Megállapították, hogy az additív génhatások, a dominancia és az episztatikus hatások egyaránt befolyásolták a sárgarózsával szembeni ellenállóságot.

Zhang és mtsai. (2001) a *Septoria tritici* rezisztencia öröklődését tanulmányozták és szignifikáns GCA, SCA és reciprok hatást mutattak ki. A GCA hatások jelentősebbek voltak, mint az SCA hatások, ami az additív génahtások jelentőségére utal. Du és mtsai. (1999) üvegházi mesterséges fertőzéses kísérleteikben a lappangási idő hosszában és a nekrosis mértékében szignifikáns GCA és nem szignifikáns SCA hatásokat tapasztaltak a *Stagonospora nodorum* esetében. Gal és Oettler (2003) az őszi tritikále esetében tanulmányozták a *Stagonospora nodorum* rezisztencia öröklődését és szignifikáns GCA és SCA hatást mutattak ki a zászlós levél és a kalász fertőzöttségénél mind a két vizsgálati helyen, ami szintén az additív génhatások jelentőségére utal. Sharma és mtsai. (2004) tavaszi búza *Helminthosporium*os levélfoltossággal szembeni rezisztenciájának komplex öröklődését tanulmányozták. Ez két kórokozó (*Cochliobolus sativus* (Ito & Kuribayashi) Drechs. Ex Dastur és a *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs.) tünet együttesének az elemzését jelenti. Az AUDPC értékeknél szignifikáns GCA és SCA hatásokat kaptak mind a két generációban. A GCA hatások lényegesen nagyobbak voltak, mint az SCA hatások, ami az additív génhatások jelentőségére utal. Bár eredményeik igen meggyőzőek, nem biztos, hogy ugyan erre az eredményre jutottak volna, ha a két kórokozót külön-külön vizsgálják. Nemesítési szempontból viszont az itt szelektált és továbbvitt legrezisztensebb vonalak nagy valószínűséggel mind a két kórokozóval szemben kiváló ellenállóságot mutattak.

A fentiekből levonható az a következtetés, hogy a rezisztencia öröklődésének vizsgálatakor a GCA hatások minden esetben szignifikánsak voltak, míg az SCA hatások nem minden esetben. Jelentős szerepe van az F_1 és F_2 nemzedékek ellenállóságának alakulásában az additív génhatásoknak. Saját kísérletünkben (Csősz és mtsai. 1995) ugyancsak szignifikáns GCA és SCA hatásokat tapasztaltunk a szárrózsa fertőzöttség mértékében és az 1000 szemtömeg alakulásában függetlenül a környezettől. A szülők 1000 szemtömegének GCA értékei viszont néhány esetben jelentős eltérést mutattak az eltérő környezetben.

2.4. Rezisztencia gének hatékonyságának vizsgálata fiatal és felnőttkorban

Vöröszrozdából ez idáig több mint 60, szárrozdából több mint 50 (McIntosh és mtsai. 1995, Marais és mtsai. 2005, Hiebert és mtsai. 2005) és lisztharmatból 24 (Szunics 1998) rezisztencia gént azonosítottak, amelyek legtöbbszörrel szemben kifejlődött az adott kórokozó virulens változata. A virulencia felmérések célja kimutatni a patotípusokat, megfigyelni a patotípusok gyakoriságának változását és segíteni a nemesítőknek egy hatékony rezisztenciára nemesítési stratégia kialakítását.

A rozsdá patotípusokat meghatározó fajtasor többször változott (3. táblázat).

Amint azt Zadoks és Bouwman (1985) megállapította „a búza vöröszrozdá patotípusok azonosítása terén hosszú ideje zűrzavar van” Európában. Ezt az okozta, hogy nem volt egyetértés a patotípusok megkülönböztetésére használt differenciáló tesztszortiment használatában. Ez nemcsak a vöröszrozdára, hanem a szárrozdára is igaz. Az egységesítési törekvések során az első szárrozdá izogén törzseket Watson és Luig (1963), Knott és Anderson (1965), Loegering és Harmon (1969) állította elő. A 90-es évek kezdetén Knott (1990) létrehozta az 'LMPG' alapú izogén törzseket, amellyel jelenleg dolgozunk (lásd. 3.3.1.2. fejezetben). A vöröszrozdá virulencia felmérésekhez használható közel izogén törzseket Johnston és Heyne (1964) a Wichita, míg Dyck és Samborski (1968) Thatcher fajtából állították elő.

A patotípusok azonosítása és a populáció változásának a nyomon követésében a legkiterjedtebb munka a vöröszrozdá terén folyt és folyik. McIntosh és mtsai. (1995) leírták az Ausztráliában (Park és Wellings 1992), Észak-Amerikában (Kolmer és Liu 1997, Long és Kolmer 1989, Samborski 1985), Közép-Amerikában (Anonymous 1976), Dél-Afrikában (Pretorius és Le Roux 1988) és Indiában (Nagarajan és mtsai. 1986) használt differenciáló tesztszortimenteket. A differenciáló tesztszortimentek között alapvető különbségek voltak. McIntosh és mtsai. (1995) nem tettek említést az Európában használt differenciáló tesztszortimentről, bár ezzel számos virulencia felmérést végeztek el a különböző országokban több éven keresztül (Bartos és mtsai. 1994, Goyeau és de Vallavieille-Pope 1996, Todorova 1996, Strzembicka 1997, Bartos és Huszar 1998, Casulli és Pasquini 1998, Park és Felsenstein 1998, Bartos és Stuchlikova 1999, Jones 1999, Manninger 1999). Mindegyik ország laboratóriuma a saját differenciáló tesztszortimentjét használta és tartotta fenn.

A COST 817-es munkacsoportja a Thatcher alapú vöröszrozdá rezisztencia géneket hordozó búza közel izogén törzsek felhasználásával alakított ki egy egységes rendszert a vöröszrozdá patotípusok virulencia vizsgálatára. 15 közel izogén törzsből álló differenciáló tesztszortimentet állítottak össze az európai országok számára a Thatcher alapú törzsekből. Ezek a törzsek a következő vöröszrozdá rezisztencia géneket hordozzák külön-külön: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3a*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26* és *Lr28*. Ezeket a törzseket használják a többi kontinensen is, így az eredmények összehasonlíthatóvá váltak. A törzsek fiatalkori reakciói alapján azonosítják az új virulens formákat. Néhány együttműködő kiegészítette a 15 törzset az *Lr25*, *Lr29* és *Lr30*-as gént hordozó törzsekkel.

A környező országokban (Csehország, Románia, Bulgária, Jugoszlávia) – hasonlóképpen Magyarországhoz – a 77, 61, 20, 14-es rassz bizonyult dominánsnak, amelyek dominanciájának változása szorosan összefüggött a nagy területen termesztett fajták (Bezostaja 1, Mironovszkaja 808, Avrora, Kavkaz) vöröszrozdával szembeni ellenállóságával. A COST 817-es munkacsoportja által végzett felmérés szerint Európában az *Lr9*, *Lr19* teljes védelmet biztosított, de igen kevés virulens izolátumot találtak még *Lr24*, *Lr25* és *Lr28*-as géneket tartalmazó izogén törzseken is (Negulescu és Ionescu-Cogocaru 1973, 1974, Bartos 1980, Gospodinova 1980, Boskovic 1974, Bartos és mtsai. 1973, 1983, 1984, 1992, 1999, 2001, Manninger 1988, 1991a, 1991b, 1992, 1993, 1994a, 2004, 2006,

Mesterházy és mtsai. 2000, Gulyaeva és mtsai. 2000, Lind 2001, Wozniak-Strzembicka 2003, Del Olmo és Rubiales 2004, Volkova 2004).

Winzeler és mtsai. (2000) elvégezték az európai őszi búza fajták vörösszrozsda rezisztencia génjeinek azonosítását, amelynek eredményeképpen megállapították, hogy az európai fajtákban leggyakrabban az *Lr13*-as és az *Lr37*-es, felnőttkori ellenállóságot biztosító gén fordul elő. A fiatalkori ellenállóságot pedig leggyakrabban az *Lr1*, *Lr3a*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr14a*, *Lr17b*, *Lr20* vagy *Lr26*, illetve sok esetben ezek kombinációja biztosította. Szintén az *Lr1*, *Lr10*, *Lr13* és *Lr26* jelenlétét mutatták ki fajtáikban Csősz és mtsai. (1999b).

3. táblázat
Rozsda rasszok meghatározására javasolt búza fajtasorok

Rozsdagomba	Szerző	Év	Fajtasor
Szárrozsdá	Stakman és Levine	1922	Little Club, Marquis, Kanred, Kota, Arnautka, Mindum, Speltz Marz, Kubanka, Acme, Einkorn, White Spring, Emmer
	Stakman és mtsai.	1962	Little Club, Marquis, Reliance, Kota, Arnautka, Mindum, Spelmar, Kubanka, Acme, Einkorn, Vernal, Khapli
Vöröszosda	Mains és Jackson	1921	Malakof, Kanred
	Mains és Jackson	1926	Malakof, Carina, Brevit, Webster, Loros, Mediterreanean, Hussar, Democrat, + 3 fajta
	Johnston és Mains	1932	Malakof, Carina Brevit, Webster, Loros, Mediterreanean, Hussar, Democrat
	Johnston Basile	1956 1957	Malakof, Webster, Loros, Mediterreanean, Democrat
	Solimon és mtsai.	1964	Malakof, Carina, Brevit, Webster, Loros, Hussar, Mediterreanean vagy Democrat
	Watson és Luig Loegering és mtsai. Yung és Browder	1961 1961 1965	Malakof, Carina, Brevit, Webster, Loros, Hussar, Mediterreanean, Democrat + 5 fajta

(Forrás: Manning 1996)

Európában a 70-es évekig a 14, 17, 21-es szározsdá rasszok dominanciáját tapasztalták, majd a 70-es évek után megjelentek az 1, 11, 14, 34, 40, 50, 56, 211 és 218-as rasszok, amelyek közül a 11 és 34-es rasszok szaporodtak föl nagyobb arányban a populációban (Bócsa 1959, 1964, 1968a, 1968b, 1972, Sebesta és Bartos 1969, Bartos 1972, 1980, Bartos és Hladká 1978, Bartos és mtsai. 1992, Babajants 1972, Kulikova és Kurbatova 1977a, 1977b, Stewart és mtsai. 1967, Ionescu-Cojocarú és mtsai. 1978, Dodov és mtsai., 1968, Hassebrauk 1966, 1967a, 1967b, Manninger 1988, 1994b). Az USA-ban és Kanadában hatékony védelmet nyújtó szározsdá rezisztencia génnek bizonyult már viszonylag sok év óta az *Sr24*, *Sr25*, *Sr26*, *Sr27* és *Sr31* (McVey és mtsai. 1996, 1997, 1999, 2002, Harder 1999). Ettől eltérő Lekomtseva és mtsai. (2004) tapasztalata, akik szerint valamennyi izolátum avirulens volt az *Sr9c*, *Sr11*, *Sr21*, *Sr30* és *Sr36*-os gént tartalmazó vonalakon. Saját eredményeink alapján Magyarországon a termesztett őszi búza fajtákban az *Sr36* és *Sr31*-es gén biztosít védelmet a szározsdá fertőzés ellen (Csősz és mtsai. 1997a, 2001, Manninger és mtsai. 1998). Az eredmények alapján úgy tűnik, hogy a szározsdá populáció stabilabb, mint a vörösrozsdaé.

A COST 817-es munkacsoportja nemcsak a vörösrozsda esetében végezte el a kórokozó európai virulencia felmérését, hanem a lisztharmatnál is. Kialakítottak szintén egy differenciáló tesztszortimentet, amely a *Pm1*, *Pm2*, *Pm3a*, *Pm3b*, *Pm3c*, *Pm3d*, *Pm4a*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm6*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm17*, *Pm2,6*, *Pm1,2,9* és *Pm2,4b,8*-as gént tartalmazó fajták szerepelnek. Vizsgálataik szerint kevés virulens izolátumot találtak a *Pm3a*, *Pm3b*, *Pm4a* és *Pm17*-es gént hordozó törzseken és Szlovákiában a *Pm1,2,9*-es génkombináció esetében (Clarkson 2000). Szunics és mtsai. (2001) hasonló eredményt kaptak, bár a 80-as évek végéig a *Pm4b* is a hatékony gének közé tartozott. Ezekhez hasonló eredményeket kaptunk felnőttkori vizsgálatainkban is, bár felnőttkorban olyan hatékonyságú lisztharmat rezisztencia gént nem találtunk, mint pl. a vörösrozsda esetében az *Lr9*- vagy az *Lr19*-es gén (Csősz és mtsai. 1997b). Szunics és mtsai. (2001) jelentős rassz-összetételbeli változást figyeltek meg 1971 óta Martonvásáron, amely tükrözi a köztermesztésben lévő fajták változását is, ami jelentősen befolyásolta a rasszösszetételt (Szunics és Szunics 1978, 1990, 1999, Szunics és mtsai. 1991). Szunics (1998) a lisztharmat rezisztencia gének előfordulását vizsgálta 12 ország fajtái alapján és megállapította, hogy leggyakrabban a *Pm2*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm6* és *Pm8* gén fordul elő a termesztett fajtákban, melyek közül egyik sem biztosít hatékony védelmet.

2.5. A hatékony rezisztencia gének felhasználása a fajták ellenállóképességének javításában

A hatékony rezisztencia gének, illetve azok, amelyek a legnagyobb arányban fordulnak elő az európai búzafajtákban, jelentősen befolyásolhatják nemcsak a termés mennyiségét, hanem minőségét is pozitív és negatív irányban egyaránt (Drijepondt és mtsai. 1990, Ortellí és mtsai. 1996, Csősz és mtsai. 1996, 1999a, 1999b, Gal és mtsai. 2001, Labuschagne és mtsai. 2002, Martin és mtsai. 2003, Kumar és Raghavaiah 2004). A hatékony szározsdá rezisztencia gének közül fajtáinkban igen gyakran előfordul az *Sr36* és az *Sr31*-es szározsdá rezisztencia gén, amely hatékony védelmet nyújt a jelenlegi kórokozó populáció ellen. Fenn áll azonban annak a veszélye, hogy kialakul a patogén populációban egy olyan patotípus, amely képes megfertőzni az adott gént tartalmazó fajtákat. Az *Sr31*-es gén esetében Jin és Singh (2006) Kelet-Afrikában azonosítottak az *Sr31*-es génre virulens patotípust. Ennek elterjedése esetén az *Sr31*-es gént tartalmazó fajták szározsdá ellenállósága lényegesen romolhat, amely nagymértékű termésveszteséget eredményezhet. Ez a helyzet, más, hatékony gén esetében is kialakulhat, ezért nemesítési stratégiánkat célszerű úgy kialakítani, hogy a hatékony gének felhasználása mellett más, kisebb hatékonyságú géneket is bevonjunk a fajták ellenállóképességének javítására, lassítva ezzel az új, agresszívebb patotípusok kialakulását. Ez természetesen a vörösrozsda és a lisztharmat esetében is hasonló.

2.6. A fontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulása és a fajták ellenállóképességének tesztelése

A levélfoltosságokat okozó kórokozók a világ fő búzatermő területein 3-50 %-os termés kiesést is okozhatnak (Hosford 1982). A levélfoltosságok jelentősége az agronómiai gyakorlat változása miatt (elővetemény probléma, monokultúra, minimum tillage) növekedett (De Wolf és mtsai. 1998). A levélfoltosságokat okozó gombák közül a *Pyrenophora tritici-repentis* előfordulását Magyarországon Aponyi és mtsai. 1988-ban írták le először. Viszonylag kevés magyarországi helyről áll rendelkezésünkre a *Pyrenophora tritici-repentis* járvány kialakulásáról adat, amelyek nagyrészt monokultúras területekről származnak (Balogh és mtsai. 1991; Rátainé és Pecze 1997). Súlyosabb epidémiák főleg monokultúras területeken, vagy búza elővetemény (amely esetlegesen egy szántás nélküli talajelőkészítéssel is párosul) után alakulhatnak ki. 2000-ig a nemesítők munkájuk során csak a negatív szelekció szintjén foglalkoztak a betegséggel. 1999-ben Aponyiné és Vendrei (1999) az ország valamennyi megyéjére kiterjedő felmérésük során a *Drechslera tritici-repentis* előfordulásának dominanciáját mutatták ki. A nekrotróf kórokozók előfordulásának részletes tanulmányozását 2000-ben kezdtük el intézetünkben (Csősz 2001a, 2001b, 2002, 2004, 2005, 2006, Csősz és mtsai. 2006a, 2006b). Nemcsak Magyarországon, hanem a környező országokban is megnövekedett a jelentősége a búza levélfoltosságát okozó kórokozóknak. A Cseh Köztársaságban az első beszámolók helyi epidémiákról tájékoztattak (Vícha 1998, Tvaruzek és mtsai. 2000), majd Sárova és mtsai. (2003) és Sárova (2004) végzett széleskörű felmérést a nekrotróf kórokozók előfordulásáról. Lengyelországban Zamorski és Scollenberger (1994), Oroszországban Mikhailova és Prigorovskaya (2000), Ukrajnában Gontarenko és mtsai. (1998), Szíriában pedig Orabi és mtsai. (2002) számoltak be a kórokozók megjelenéséről és nagyobb mértékű előfordulásáról.

Magyarországon a fajták levélfoltosságokkal szembeni fiataalkori ellenállóképességét először Bakonyi és mtsai. (1993) vizsgálták. Az Alföld, Adriana, Mv15, Mv23 és az Mv16 fajtákat tartották jó ellenállóságúaknak elsősorban a sporulációs intenzitás alapján a *Bipolaris sorokiniana* és a *Drechslera tritici-repentis* szemben. Cséplő és mtsai. (2004) két standard izolátummal állítottak be üvegházi kísérleteket, ahol az AUDPC érték alapján az M3, Mv Magvas és a Disponent bizonyult jó ellenállóságúnak. Csősz (2005, 2006), Csősz és mtsai. (2003, 2005) többéves szántóföldi kísérletben vizsgálták őszi búza fajták levélfoltosságokat okozó kórokozókkal szembeni ellenállóságát. A fajták közül a GK Holló és a GK Héja mutatott kiváló szántóföldi ellenállóságot, amelyet csehországi és németországi vizsgálatok is alátámasztottak. Ugyancsak a fajták levélfoltosságokat okozó kórokozóival szembeni ellenállóságát vizsgálták Loughman és mtsai. (1994), Ali és Franc (2001), Sharma és Duveiller (2003), Sharma és mtsai. (2004), Palicová-Sárova és Hanzalová (2006). Ezek az eredmények további információkat nyújtanak a nemesítők számára és lehetővé teszik új rezisztenciaforrások felhasználását a levélfoltosságokkal szembeni ellenállóképesség javításában.

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1. A biotróf kórokozók és az őszi búza kapcsolata

3.1.1. A szárrozsdával szembeni ellenállóság és az ezerszemtömeg öröklődésének vizsgálata

Földiallél kísérletben kilenc, szárrozsdával szemben eltérő ellenállóságú fajtát és azok 36 hibridjét vizsgáltuk szárrozsdával fertőzött (F) és fungiciddal védett (V) környezetben, két évben (1986, 1987), 4-4 ismétlésben. A kísérletben szereplő fajtákat és azok szárrozsdá ellenállóságát a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A diallél kísérletben szereplő fajták és azok szárrozsdá ellenállósága

Fajták	Kombináció	Reakció típusa
GK Ságvári	Aurora / GT 76.150	R-MR ^x
GK Mini Manó	Arthur 71 / Sava // Rusalka / NS 171.2 /3/ F 30.74	0
Aurora	Neuzucht / Bezosztaja 4 // Bezosztaja 1	MR-MS
SO 1586	Aurora / SO 985 // PD-5517	R
GK Csongor	GT 76.150 / Predgornaja 2	MR
G 7783	-	MR-MS
GK Örzse	Sava / Maris Hunstman	MS
GK Korány	Rusalka / Rannaja 12 // Rana 3 /3/ Zg 2396	MS-S
GK Szeged	Strampelli / GK Mini Manó // Bezosztaja 1	S

^x 0 = tünet mentes, R = rezisztens, MR = mérsékelten rezisztens, MS = mérsékelten fogékony, S = fogékony

Az első évben kezelésenként és ismétlésenként 12, a második évben 20 szemet vetettünk el szárrozsdá rasszkeverékkel fertőzött és fungiciddal védett részben, azonos elrendezésben, 15 x 10 cm-es kötésben. A kezeléseket szárrozsdá fogékony spreader sorokkal (2-2 sor) választottuk el egymástól az 13. ábrán látható módon.



13. ábra: A diallél kísérlet elrendezése

A szárrozsdával fertőzött részben ezeket a sorokat injektáltuk szárbainduláskor (G 31) (Zadoks és mtsai. 1974) az 1, 11, 34, 218 és 331-es rasszok keverékével, amelyet dr. Manninger Sándorné (MTA Növényvédelmi Kutatóintézete, Budapest) bocsátott rendelkezésünkre. A fertőzést kilenc nap múlva megismételtük. A védett részt triadimefon hatóanyagú szerrel (0,5 kg/ha) kezeltük az elsődleges tünetek megjelenésétől kezdődően, hetenként. A fertőzött és a védett részt egy 4 m széles, szárrozsdával szemben ellenálló fajtával választottuk el.

A szárrozsdá fertőzöttség mértékét a módosított Cobb skála szerint értékeltük (Anonymus 1976), amely tartalmazza a borítottság mértékét %-ban az egész növényre és parcellára vonatkoztatva, valamint a reakció típusát (0 = tünetmentes, R = rezisztens, MR = mérsékelten rezisztens, MS = mérsékelten fogékony, S = fogékony). A statisztikai analízishez az utolsó felvételezés adatait számítottuk át az átlagos fertőzöttségi koefficiens értékeire (ACI), amely érték magában foglalja a fertőzöttség mértékét és a reakció típust (pl.: 30MS = 30 x 0,8 = 24). A szorzószámok reakciótipusonként változtak (0 = 0, R = 0,2, MR = 0,4, MS = 0,8, S = 1). Az ezerszemtömeget növényenként határoztuk meg, így az értékek 12 illetve 20 növény átlagát mutatják ismétlésenként.

Az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képességi értékeket Griffing 2. módszer I. model szerint határoztuk meg (Griffing 1956), a genetikai paramétereket Jinks és Hayman (1953) módszere alapján számítottuk ki.

3.1.2. Szárrozsdá rezisztencia gének hatásának kifejeződése szárrozsdával mesterségesen fertőzött körülmények között

Az 5. táblázatban szereplő 10 őszi búza fajtát teszteltünk 6 éven keresztül (1993-1998) ikerparcellás rendszerben (szárrozsdá rasszkeverékkel fertőzött és fungiciddal védett rész) véletlen blokk elrendezésben, amely mind a két részben azonos volt (14. ábra).

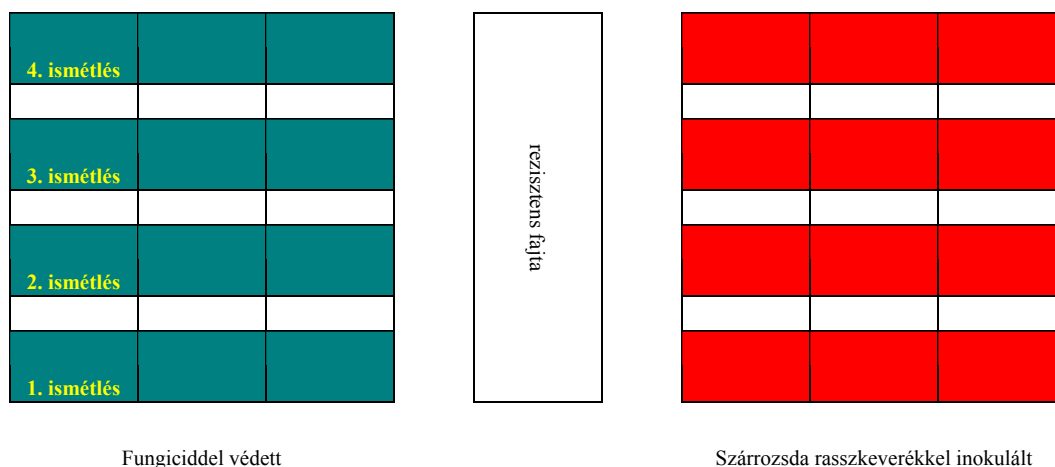
5. táblázat

Az ikerparcellás kísérletben szereplő fajták és az azokban azonosított szárrozsdá rezisztencia gének

Fajta	Kombináció	Sr gén
Arthur 71	Arthur X ₅ /3/ Purdue 6028A2-15-9-2 //Riley sib X ₂ /Riley 67	Sr36
GK Kincső	Arthur 71 / Sava	Sr36
GK Garaboly	D 12 / GK Mini Manó	Sr36
GK Kalász	GK Mini Manó / GK Kincső // Lovrin 24 / GK Korány	Sr36
GK Góbé	GK Mini Manó / GK Kincső	Sr36
GK Csörnőc	F ₃ populációból 6077 sz. törzs	Sr31
GK Véka	Lovrin 24 / GK Mini Manó // GK Mini Manó / GK Kincső	Sr31
GK Élet	GK Öthalom // GK Ságvári / Bounty /3/ Mv 4 / Baranjka	Sr5
GK Dávid	GK Mini Manó / GK István	Ismeretlen
Jubilejnaja 50	Mironovszkaja 808 / Bezosztaja 1	Ismeretlen

A fertőzést a magyarországon domináns szárrozsdá rasszok keverékével (megegyeznek a 3.1.1. fejezetben leírtakkal) végeztük az első nódusz megjelenésekor (G 31) a parcella végeken (minden soron 3-3 hajtás) injektálással, amelyet kilenc nap múlva megismételtünk. A védekezés módja és a szárrozsdá fertőzöttség mértékének meghatározása a 3.1.1. fejezetben leírtak szerint történt. A szárrozsdá felvételezések száma 2-4 között változott az évjáratától függően. Aratás után megmértük a termést. Az eredmények kiértékelése két- és háromtényezős varianciaanalízissel és korreláció számítással történt (Sváb 1973).

A havi átlag hőmérsékletet (°C) és a havi csapadék mennyiségét (mm) a Walter-Lieth féle klímadiagrammal ábrázoltuk (Walter és Lieth 1967) (15. ábra). Az adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat által kiadott Időjárási havi jelentések alapján dolgoztuk fel.



14. ábra: Az ikerparcellás kísérlet elrendezése

3.2. Rezisztencia gén meghatározása hagyományos és molekuláris módszerekkel

3.2.1. Az *Sr36*-os szárrozsda rezisztencia gén azonosítása hagyományos módon

A vizsgálatban szereplő fajták és az *Sr36*-os gént tartalmazó szárrozsda vonal kombinációi a 6. táblázatban láthatók.

6. táblázat

A hagyományos módon végzett fiatalkori és felnőttkori génazonosításban szereplő fajták és törzsek, valamint azok kombinációi.

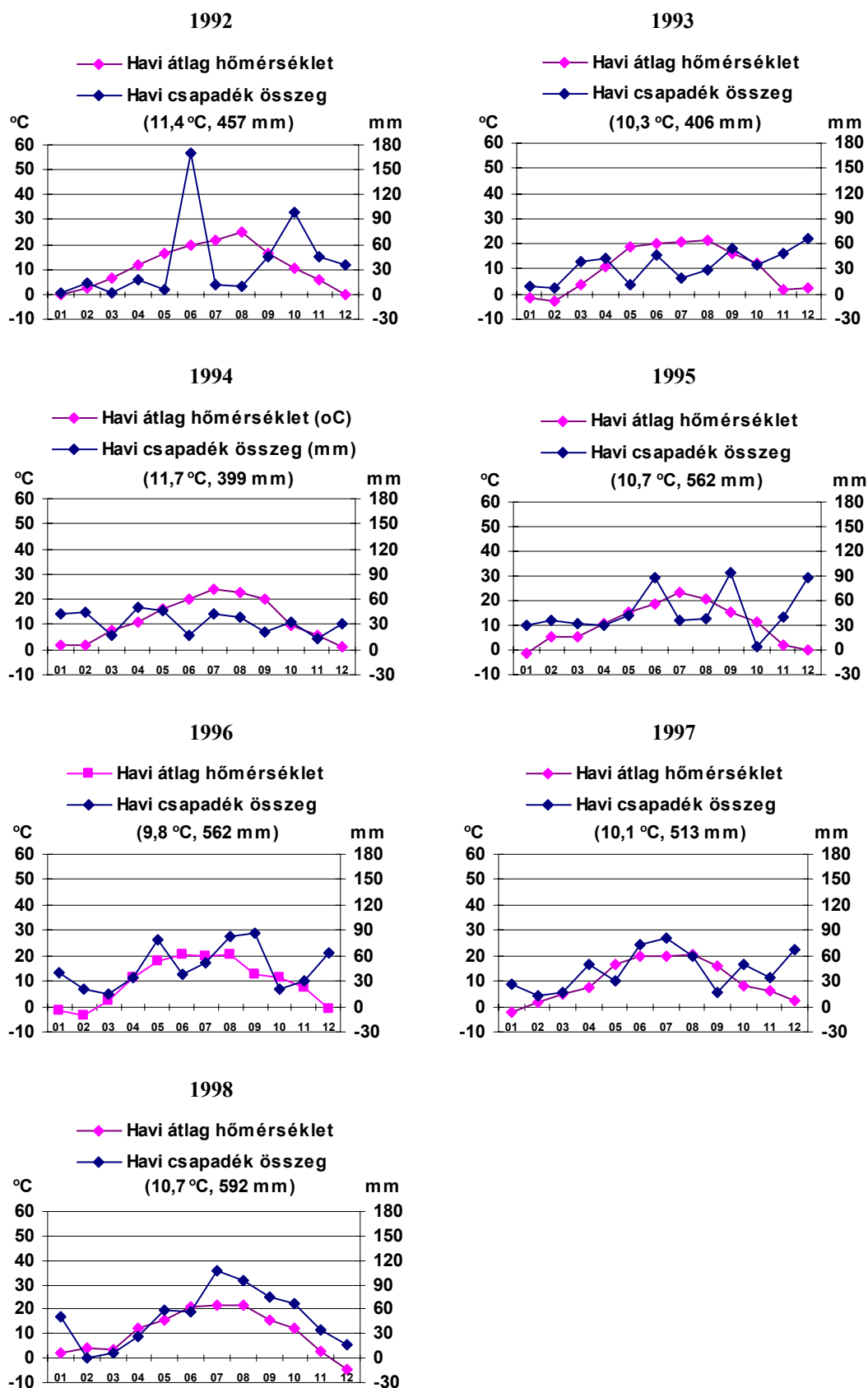
Fajta/törzs	Kombináció
GK Kincső	Arthur 71 / Sava
GK Góbé	GK Mini Manó / GK Kincső
GK Kalász	GK Góbé // Lovrin 24 / GK Korány
GK Garaboly	D 12 / GK Mini Manó
GK Zugoly	GK Kincső / GK István
GK Szindbád	DH GK Kincső / GK István
W-2691- <i>SrTt1</i> *	W-2691/CI-12632

* származási hely: Kanada, továbbszaporítás: Magyarország, Szeged, GK Kht., *SrTt1*=*Sr36*

Szántóföldi körülmények között felnőttkorban értékeltük a W-2691 / GK Kincső keresztezés F_1 , BCF_1 és F_2 nemzedékét, valamint a W-2691 (*SrTt1* = *Sr36*-os gént tartalmazó törzs) és a GK Kincső fajtát, amelyeket tág térállásban (30 x 10 cm), 10 m hosszú sorokban vetettünk el. Minden tizedik sor szárrozsda fogékony fajta (GK Szeged) volt. Valamennyi növényt a 218-as, Magyarországon domináns szárrozsda rasszal inokuláltuk az első csomó megjelenésekor (G 31). A szárrozsda fertőzöttség mértékét minden egyes növényen a virágzást követő harmadik héten értékeltük.

Az F_3 nemzedék vizsgálatához az F_2 nemzedék minden egyes növényéről külön-külön learattuk a főkalászt, amelyeket kalásonként vetettünk el a GK Kincső fajtával és a W-2691-es vonallal együtt. Minden tizedik sor szárrozsda fogékony fajta volt. A sorok hossza 2 m, a sortávolság 15 cm volt. A spreader sorokon 10-10, a többi sor végén 3-3 hajtást fertőztük szintén a G 31-es növekedési stádiumban a 218-as rasszal.

A fertőzöttség mértékét a 3.1.1. fejezetben leírtak szerint értékeltük.



15. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Szegeden

A fiatalokori teszteket a prágai Gabonakutató Intézet (Research Institute of Crop Production) üvegházában végeztük el. Az inokulációt 7 napos csíranövényeken, szárrozsdá patotípusok uredospóráiból készült vizes szuszpenzióval végeztük. A fertőzés előtt a leveleket nedves újjal végighúztuk, hogy a viaszréteg ne akadályozza a kórokozó behatolását. Az inokuláció után a növényeket vízzel permeteztük és zárt üveghengerrel fedtük le a 90-100 %-os páratartalom biztosítására két napon keresztül. A hőmérséklet éjjel 18, nappal 24°C volt. A megvilágítás hossza 16 óra/nap. A reakciótypusokat a fertőzés után két héttel Stakman és mtsai. (1962) által kifejlesztett skálával értékeltük. Azokat a növényeket soroltuk a rezisztens kategóriába, amelyek 0, ;, 1, és 2 infekciós típust (IT) mutattak. A táblázatban felsorolt fajtákat és az *Sr36*-os gént tartalmazó törzset 18 specifikus szárrozsdá patotípussal teszteltük. A patotípusok a prágai intézet szárrozsdá gyűjteményéből származtak, amelyeket Dr. Pavel Bartoš bocsátott rendelkezésünkre.

3.2.2. Szárrozsdá rezisztencia gének azonosítása molekuláris módszerrel

Növényanyag: A vizsgálatban szereplő fajták és azok kombinációi a 7. táblázatban láthatók.

7. táblázat

A molekuláris módszerrel végzett génazonosításban szereplő fajták és azok kombinációi

Fajta/törzs	Kombináció
GK Zombor	Kavkáz / Produttore // Sava
GK István	Kremena / Aurora
GK Barna	D1 / Sava // Aquileja
GK Csűrös	Arthur / 2*Tiszatáj
GK Délibáb	DH GK Mini Manó /3/ Jubilejnaja 50 / SadovoS // GK Mini Manó / Mv12
GK Csörnőc	F ₃ pop-ból 6077 sz. törzs
GK Véka	Lovrin24 / GK Mini Manó // GK Mini Manó / GK Kincső
GK Élet	GK Öthalom // GK Ságvári / Bounty /3/ Mv4 / Baranjka
GK Kunság	GK Kincső / 2*GK Mini Manó
GK Jászság	GK Kincső / 2*GK Mini Manó
GK Forrás	GK Kincső / Mv4
GK Csongrád	GK Kincső / 2*GK Mini Manó // GK Kincső / GK István
GK Héja	Mv16 / GK Zugoly
GK Holló	Mv16 / GK Zugoly 612
GK Tündér	GK Zugoly / 85.50
GK Ati	2*Mv4 /3/ Jakometti / Rana2 // Grana / D1 /4/ GK Mini Manó
GK Margit	CK 983 / GK Gereben // GK Mini Manó / GK Réka
GK Jutka	CK 983 / GK Gereben // GK Mini Manó / GK Réka
GK Cinege	GK Zugoly / GK Élet

Megjegyzés: A vizsgálatban szereplő GK Kincső, GK Góbé, GK Kalász, GK Garaboly, GK Zugoly és GK Szindbád kombinációi a 6. táblázatban láthatók.

DNS-izolálás. Két hétig üvegházban csíráztatott növények levágott leveleiből levél présnedvet nyertünk, amiből a CTAB-módszerrel (Roger és Besndich, 1985) genomikus DNS mintát izoláltunk. A vizsgálatban szereplő fajták és kombinációik a 6. táblázatban találhatók.

Molekuláris vizsgálatok

A rozs transzlokációt RAPD módszerrel (Williams és mtsai, 1990) mutattuk ki az OPH20 (Operon Technologies) primerrel, Francis és mtsai (1995) eredményei alapján. Az analízist

mintánként 20 µl reakcióelegyben végeztük: 1x PCR puffer (Dynazyme II), 100 µM dNTP keverék (Fermentas); 0,35 µM primer, 1,5 mM MgCl₂; 0,3 U Taq DNS polimeráz (Dynazyme II). *A PCR reakció lépései* (PE Applied Biosystem által gyártott GeneAmp PCR System 9700 készülékben): 94°C-os előciklus, a primer és a minta DNS denaturálására, 2 percig; majd egymást követő PCR ciklusok 40x (ciklusonként: 94°C 30 másodpercig a DNS denaturálására; 36°C 30 másodpercig a primer kötődésére; 72°C, 2 percig a DNS lánc szintézisére) a folyamatot 10 perces 72°C hőmérséklet zárta a szintézis tökéletes befejezéséhez, amit automatikus 4°C-ra történő lehűtés követett. *Gélelektroforézis*: 1,6 %-os agarózba (SEA KEM), 90 V feszültség, 1-2 órás futtatási idő, 1x TBE puffer mellett, gélfestés etidium bromid vizes oldatában, a megfigyelés UV átvilágítón történt, az eredmény dokumentálásához UV szűrővel ellátott digitális kamerát használtunk.

Az Sr36 rezisztenciagén kimutatására a búzára kidolgozott mikroszatellit módszert használtuk, a reakciót a mintánként 20 µl reakcióelegyben végeztük: 1x PCR puffer (Promega), 200 µM dNTP keverék (Fermentas); 0,2 µM Gwm271 primerpár (Röder és mtsai 1998), 1,5 mM MgCl₂; 0,5 U Taq DNS polimeráz (Promega). A PCR reakció lépései (PE 9700 készülékben): 94°C-os előciklus, a primer és a minta DNS denaturálására, 8 percig; majd 40 PCR ciklus (ciklusonként 94°C, 5 másodpercig, DNS denaturálására; 55°C, 5 másodpercig, primer bekapcsolódására; 72°C, 8 másodpercig) teljes folyamatot 5 perces 72°C hőmérséklet zárja, az automatikus tárolási hőmérséklet 4°C volt. A mikroszatellit fragmentek szétválasztása szekvenáló gélelektroforézis készüléken (SequiGene, BioRad) történt, 6 % denaturáló gélen, a mikroszatellit fragmentek láthatóvá tétele ezüsfestéssel történt, a Promega cég által kidolgozott leírás (Q4132) szerint. Dokumentálás céljából a kiszáradt gélről szkennelvel készítettünk digitális képet.

3.3. Rezisztencia gének felnőttkori hatékonyságának felmérése

3.3.1. Az őszi búza vöröszrozsda rezisztencia génjeinek felnőttkori hatékonysága

A COST 817-es program révén módunk volt egy európai együttműködésben lényeges szerepet játszani. A cél az egységes tesztnövény sor biztosítása a gének hatékonyságának felméréséhez, ezzel az európai szintű összehasonlítást is lehetővé téve, illetve egy körvizsgálat keretében vöröszrozsdaival szemben kisebb-nagyobb ellenállóságot mutató fajták rezisztenciájának európai elemzése.

A vöröszrozsda rezisztencia gének hatékonyságának felméréséhez szükséges differenciáló törzseket (közel izogén törzsek, near isogenic lines = NILs, Thatcher háttérben) Dr. Kolmer (Winnipeg, Canada) bocsátotta rendelkezésünkre 1994-ben (8. táblázat).

A törzsek fenntartása a szegedi Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaságban valósult meg. Minden törzsből 10 m hosszú sorokat vetettünk (sortávolság 30 cm, tótávolság 8 cm), amelyeken 20-20 növény valamennyi kalászat virágzás előtt celofánzacskóval szigeteltük az idegen megporzás elkerülése végett és csak azokat arattuk le, amelyek morfológiailag és az infekciós típusuk alapján megfelelőek voltak. Ezek az izolált és ellenőrzött növények magjai biztosították az alapanyagot az együttműködők számára, valamint a további szaporításoknak. Dr. Bartos fiatalkori teszttel ellenőrizte néhány, bizonytalan infekciós típust mutató törzs reakcióját.

A 42 Thatcher alapú búza közel izogén törzs vöröszrozsda fertőzöttségének mértékét 1995 óta kísérjük figyelemmel Szegeden. A vizsgált évek közül egyedül 2003-ban nem tudtuk értékelni a törzsek vöröszrozsda fertőzöttségének mértékét a vöröszrozsda késői megjelenése

miatt. Emellett 1998-ban 4 helyen (Szeged, Táplánszentkereszt, Budapest, Martonvásár) értékeltük a törzseket.

A COST 817-es munkacsoportja a Thatcher alapú törzsekből 15 közel izogén törzset tartalmazó differenciáló tesztnövény sorozatot állított össze az európai országok számára, figyelembe véve az ausztrál és USA gyakorlatot. Ezek a törzsek alkalmasak a felnőttkori génhatékonysági vizsgálatokra, valamint a többi kontinensen kapott eredménnyel való összehasonlításra.

A fertőzöttség mértékének és a természetes fertőződés típusának értékeléséhez a 3.1.1. fejezetben ismertett módosított Cobb skálát használtuk. A táblázatokban az utolsó bonitálási értékeket adtuk meg. Miután fungicides kezelést nem alkalmaztunk, így a levélrozsdá fertőzöttség mértékét más levélbetegségek megjelenése befolyásolhatta.

3.3.2. Az őszi búza szárrozsdá rezisztencia génjeinek felnőttkori hatékonysága

1998-ban Dr. Harder (Kanada) bocsátotta rendelkezésünkre a Knott (1990) által a Little Club-Marquies-Prelude-Gabo ('LMPG') fajtákból kifejlesztett szárrozsdá közel izogén törzseket (9. táblázat).

A búza közel izogén törzseket üvegházban szaporítottuk fel a kalászkok izolációjával, majd 1999 őszén vetettük el szántóföldön, ahol szárrozsdával mesterségesen inokulált tenyészkertben vizsgáltuk őket (a fertőzést a 3.1.2. fejezetben leírtak alapján végeztük). Az ehhez szükséges fertőző anyagot már a Gabonatermesztési Kutató Közhasznú Társaság üvegházban szaporítottuk fel. Sajnos a fajták gyenge télállósága miatt csak két évről rendelkezünk teljes adatsorral. A fertőzöttség mértékének meghatározása ez esetben is a 3.1.1. fejezetben ismertetett módosított Cobb skálával történt.

3.3.3. Az őszi búza lisztharmat rezisztencia génjeinek felnőttkori hatékonysága

1989 óta kísérjük figyelemmel a lisztharmat rezisztencia gének felnőttkori hatékonyságát (10. táblázat). A lisztharmat rezisztencia géneket tartalmazó törzsek felszaporítása szántóföldi körülmények között történt, tág térállásban, ahol minden második évben 5-5 növényen izoláltunk kalászkokat. A természetes fertőződés értékelése során meghatároztuk %-ban a fertőzöttség mértékét, valamint a telepnagyságot, amely alapján meghatároztuk, hogy fogékony, vagy mérsékelten fogékony az adott gént tartalmazó törzs.

8. táblázat

A 42 vöröszrozsda rezisztencia gént tartalmazó Thatcher alapú búza közel izogén törzs azonosító száma és kombinációja

Gén	Törzs azonosító száma	Kombináció
Lr1*	RL 6003	Tc*6/Centenario
Lr2a*	RL 6016	Tc*6/Webster
Lr2b*	RL 6019	Tc*6/Carina
Lr2c*	RL 6047	Tc*6/Loros
Lr3*	RL 6002	Tc*6/Democrat
Lr3bg	RL 6042	Bage/Tc*8
Lr3ka	RL 6007	Tc*6/Aniversario
Lr9*	RL 6010	Transfer/Tc*6
Lr10	RL 6004	Tc*6/Exchange
Lr11*	RL 6053	Tc*2/Hussar
Lr12	RL 6011	Exchange/Tc*6 adult plant resistance
Lr13	RL 4031	Tc*6/Frontana
Lr14a	RL 6013	Selkirk/Tc*6
Lr14b	RL 6006	Tc*6/Mario Escobar
Lr15*	RL 6052	Tc*6/W1483
Lr16	RL 6005	Tc*6/Exchange
Lr17*	RL 6008	Klein Lucero/Tc*6
Lr18	RL 6009	Tc*7/Africa 43
Lr19*	RL 6040	Tc*7/Translocation 4-Agropyron elongatum
Lr20	RL 6092	Tc*6/Jimmer
Lr21*	RL 6043	Tc*6RL 5406 Tetra Canthatch X Ae.squarrosa var. meyeri-RL5289
Lr22	RL 6044	Tc*6/RL 5404 Tetra Canthatch X Ae. Squarrosa var. strangulata-RL5271
Lr23*	RL 6012	Lee 310/Tc*6
Lr24*	RL 6064	Tc*6/Agent
Lr25**	RL 6084	Tc*6/Transec
Lr26*	RL 6078	Tc*6/St-1-25
Lr28*	RL 6079	Tc*6/C-77-1
Lr29**	RL 6080	Tc*6/CS7D-Ag#11
Lr30**	RL 6049	Tc*6/Terenzio
Lr32	RL 6086	Tc*6/3/Ae. Squarrosa
Lr33	RL 6057	Tc*6/PI 58548 (1+gene)
Lr34	RL 6058	Tc*6/PI 58548 (2+gene)
Lr35	RL 6082	Tc*6/RL 5711
Lr37	RL 6081	Tc*8/VPM
Lr38	RL 6097	Tc*6/T7 Kohn
Lr38	RL 6137	Tc*6/TMR-514-12-24
Lr44	RL 6147	Tc*6/T. spelt
Lr44	RL 6149	Tc*6/8404
LrB	RL 6051	Tc*6/Carina
LrB	RL 6061	Tc*6/PI 268316
LrW	RL 6107	Tc*6/V336
Tc	RL 6101	

*differenciáló tesztszortiment fajtái (vastagítással jelölt)

**kiegészítés a differenciáló tesztszortiment fajtáihoz (vastagítással és dőlt betűvel jelölt)

9. táblázat
A szárrozsdá rezisztencia géneket tartalmazó 'LMPG' alapú közel izogén törzsek kombinációi

Gének	Kombináció
Sr5	Mg*10/Tc//7*LMPG-2-1-4-3
Sr6	Sr 6/9* LMPG-1-3-1-1-1
Sr7a	Sr 7a/9* LMPG-2-6-2-1-1-4
Sr8a	Sr 8a/9* LMPG-1-5-1-1-1
Sr8b	Barleta"B"/6* LMPG-1-1-2-1-1-1-2-1
Sr9a	Sr 9a/9* LMPG-2-1-1-2
Sr9b	Sr 9b/10* LMPG-1-1-3-1-1
Sr9d	Sr 9d/8* LMPG-1-1-1-2-1-3
Sr9e	K253/3* Heinevedel//8* LMPG-1-1-1-1-1-2-3
Sr11	Lee/6* LMPG-2-1-1-2-1-1-1-4-1
Sr12	CS/Mg3B//7* LMPG-2-1-2-1-1-1-3
Sr13	Sr 13/9* LMPG-2-3-3-1-1-2-4
Sr17	H44 Mg2 (Mg8Pld)/6* LMPG-2-1-1
Sr18	Marquis A/8* LMPG-2-1-1-2-2
Sr21	Sr 21/8* LMPG-2-2-1-1-1-1
Sr22	Sr 22/9* LMPG-1-1-1-2-1-2-1-2
Sr23	Exchange/6* LMPG-1-2-3-2-2-1-1-1
Sr24	Ag 3D/9* LMPG
Sr25	Agatha/9* LMPG-2-2-1-1-1-1-1
Sr26	9A/9* LMPG-2-1-1-1-1-2
Sr27	Sr 27/9* LMPG-1-2-1-1-2
Sr28	Sr Kt'2'/6* LMPG-1-1-2-1-2-1
Sr29	(Pld Mg8)6 Et. De Choisy/6* LMPG-2-1-2-1
Sr30	Webster/7* LMPG-1-2-1-1-1-5
Sr31	Benno Sr 31/6* LMPG-2-2-1-1-1-1-1-2-1
Sr32	C82.1 CS+Sr 32/6* LMPG-2-2-2-1-1-1-2-2-1
Sr33	Tetra Canthatch/Ae.sq.//6* LMPG-1-1-4-2-1
Sr34	Compair/6* LMPG-1-1-1
Sr35	W3763 Sr 35/6* LMPG-1-1-2-1-1-1-2-1-1
Sr36	Sr 36/8* LMPG-1-3-1-1-2-1

10. táblázat
A lisztharmat rezisztencia géneket tartalmazó törzsek

Rezisztenciagének	Forrás
<i>Pm1</i>	CI 14114
<i>Pm2</i>	CI 14118
<i>Pm2+</i>	CI 14119
<i>Pm3a</i>	CI 14120
<i>Pm3b</i>	CI 14121
<i>Pm3c</i>	CI 14122
<i>Pm4</i>	CI 14123
<i>Pm4</i>	CI 14124
<i>Pm5</i>	CI 14125
<i>Pm2+Pm6</i>	PI 405718
<i>Pm7</i>	CI 14189
<i>Pm8</i>	PI 361879
<i>MA</i>	CI 15888
	CI 15886
<i>Pm3b</i>	CI 15887
	CI 17739
	CI 17760
<i>Pm17</i>	Amigo
<i>Pm6</i>	NK747
<i>Pm5+Pm6</i>	NK 983
Fogékony kontrol	Chancellor

3.4. Specifikus vörösszrozsda patotípusok izolálása őszi búza molekuláris rezisztencia genetikai kutatásaihoz

A szántóföldről gyűjtött rozsdafertőzött búza levelekről származó vörösszrozdát fogékony búza fajtán szaporítottuk fel üvegházban. A fogékony fajtáról 1-1 uredotelepről származó vörösszrozsda uredospórákból keményítőszuszpenziót készítettünk, amelyet a 7 napos csíranövények levelére ecsettel kentünk fel (16. ábra).



a)



b)

16. ábra: Az inokulációhoz szükséges keményítővel dúsított vörösszrozsda szuszpenzió (a) és felhordása (b) ecsettel a levelekre.

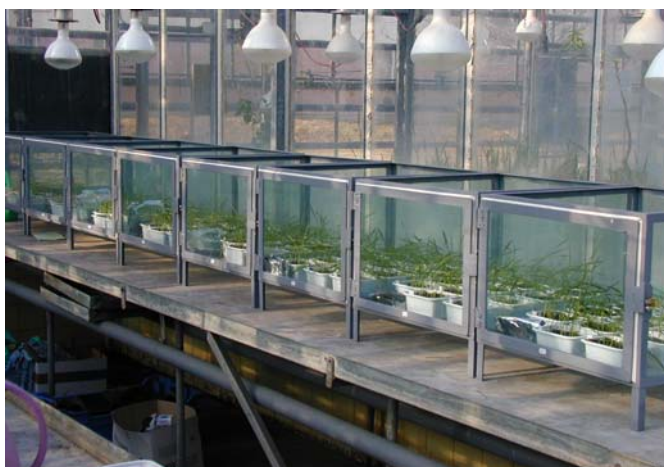
A fertőzés után 48 óráig 100 %-os páratartalmat biztosítottunk a növények számára (17. ábra).



17. ábra: A vörössrozsdaival fertőzött növények inkubálása.

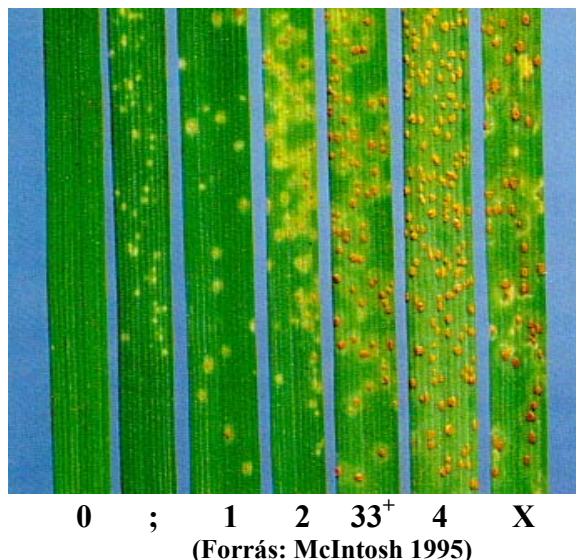
Két nap múlva a fertőzött növényeket izolátumonként egymástól elkülönítve helyeztük el. Az üvegházi kabinban a hőmérséklet nappal 22-25°C, éjjel 10-15°C között változott. A megvilágítás: napos idő esetén 19 órától 7 óráig, borult idő esetén folyamatos. A relatív páratartalom: 80 % volt.

Ezt a műveletet még kétszer megismételtük. Összesen 63 monospóras vörössrozsda izolátumot állítottunk elő és teszteltük azok reakcióját a 42 Thatcher alapú búza vörössrozsda közel izogén törzsön. A monospóras izolátumokkal megfertőzött izogén törzseket szeparáltan helyeztük el az üvegházban, hogy megakadályozzuk a keveredést (18. ábra).



18. ábra: A fertőzött növények elkülönített elhelyezése az üvegházban.

A reakció típusok értékelése a fertőzés utáni 12-14. napon történt Stakman és mtsai. (1962) módszere alapján (19. és 20. ábra).



19. ábra: A Stakman és mtsai. (1962) által a vörösrózsa infekciós típusainak meghatározásához kidolgozott értékelési skála

A monospórás vörösrózsa izolátumok patotípusokba sorolására a COST 817-es munkacsoportja keretében egy 15 vonalból álló differenciáló tesztszortiment kialakítására került sor, amely lehetővé tette az európai országok patotípusai között jelentkező azonosságok illetve különbségek kimutatását, valamint a patotípusok összetételében történő változások figyelemmel kísérését (11. táblázat).

11. táblázat

A vörösrózsa differenciáló tesztszortimentben szereplő törzsek, az azokban lévő vörösrózsa rezisztencia gének, azok kódszámai és reakció típusai

Megnevezés	Gének	Kód	Reakció
Tc*6/Centario	<i>Lr1</i>	1	R
Tc*6/Webster	<i>Lr2a</i>	2	R
Tc*6/Carina	<i>Lr2b</i>	4	R
Tc/6/Loros	<i>Lr2c</i>	1	S
Tc*6/Democrat	<i>Lr3</i>	2	S
Transfer/Tc*6	<i>Lr9</i>	4	R
Tc*2/Hussar	<i>Lr11</i>	1	S
Tc*6/W1483	<i>Lr15</i>	2	S
Klein Lucero/Tc*6	<i>Lr17</i>	4	S
Tc*7/Translocation 4-Agropyron elongatum	<i>Lr19</i>	1	R
Tc*6RL 5406 Tetra Cantach x Ae. squarrosa var meyeri-RL 5289	<i>Lr21</i>	2	S
Lee 310/Tc*6	<i>Lr23</i>	4	R
Tc*6/Agent	<i>Lr24</i>	1	R
Tc*6/St-1-25	<i>Lr26</i>	2	S
Tc*6/C-77-1	<i>Lr28</i>	4	R

A fenti 15 közel izogén törzset 3-as csoportokra osztották. A csoportokba szereplő génekhez egy-egy kódszámot rendeltek. A tripletekben lévő, fiatal korban fogékony reakciótípust mutató törzsek kódszáma összeadódik és így kapunk egy 5 jegyű számot – pl. jelen esetben 03722 –, amely azt mutatja, hogy az adott monospórás izolátum melyik patotípusba tartozik. Az előállított 63 monospórás izolátumból 55 izolátum komplett értékelését tudtuk elvégezni. A differenciáló tesztszortimenten kívül rendelkezésünkre álló még 27 közel izogén törzset is bevontuk az értékelésbe. Erre azért volt szükség, hogy a többi rezisztenciagén vizsgálatához is tudjunk megfelelő specifikus izolátumot azonosítani.



20. ábra: Egy monospóras vörösrozsda izolátummal szemben mutatott reakció típusok a 42, Thatcher alapú búza vörösrozsda közel izogén törzsön

3.5. A fontosabb levélfoltosságokat okozó kórokozók tanulmányozása

3.5.1. A fontosabb levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának felmérése

A fontosabb levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának felméréséhez a 12. táblázatban szereplő helyekről begyűjtött levélmintákat (3-5 levél/minta) dolgoztuk fel.

Az elővetemény csak egy-egy esetben volt őszi búza (Mosonmagyaróvár 2005), amely jelentős mértékben befolyásolta az eredményeket a nem megfelelő minőségű talajelőkészítés miatt.

A begyűjtött levélmintákat Petri-csészében nedves szűrőpapírra helyeztük, majd 48-72 órára 20°C-os ($\pm 2^\circ\text{C}$) termosztátba helyeztük.

12. táblázat

A levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának felméréséhez feldolgozott minták száma

Mintagyűjtés helyei	Minta (db)						
Évek	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Röjtökmuzsaj	69	312	340	316	225	288	1550
Táplánszentkereszt	357	312	340	316	225	144	1694
Mosonmagyaróvár	-	312	340	316	-	288	1256
Szombathely	140	156	-	-	-	-	296
Bábolna	-	-	-	-	-	288	288
Bóly	154	156	340	316	300	288	1554
Siófok	20	-	340	316	300	288	1264
Fülöpszállás	98	-	-	-	-	-	98
Gödöllő	69	-	-	-	-	-	69
Debrecen (Látókép)	135	312	340	316	225	-	1328
Debrecen (Kismacs)	-	312	340	316	225	288	1481
Szarvas	109	234	-	-	-	-	343
Szeged (Öthalom)	161	312	340	316	300	216	1645
Szeged (Kecskés telep)	416	-	-	-	-	-	416
Kiszombor	32	-	-	-	-	-	32
Zsombó	119	-	-	-	-	-	119
Összesen	1879	2418	2720	2528	1800	2088	
Mindösszesen							13433

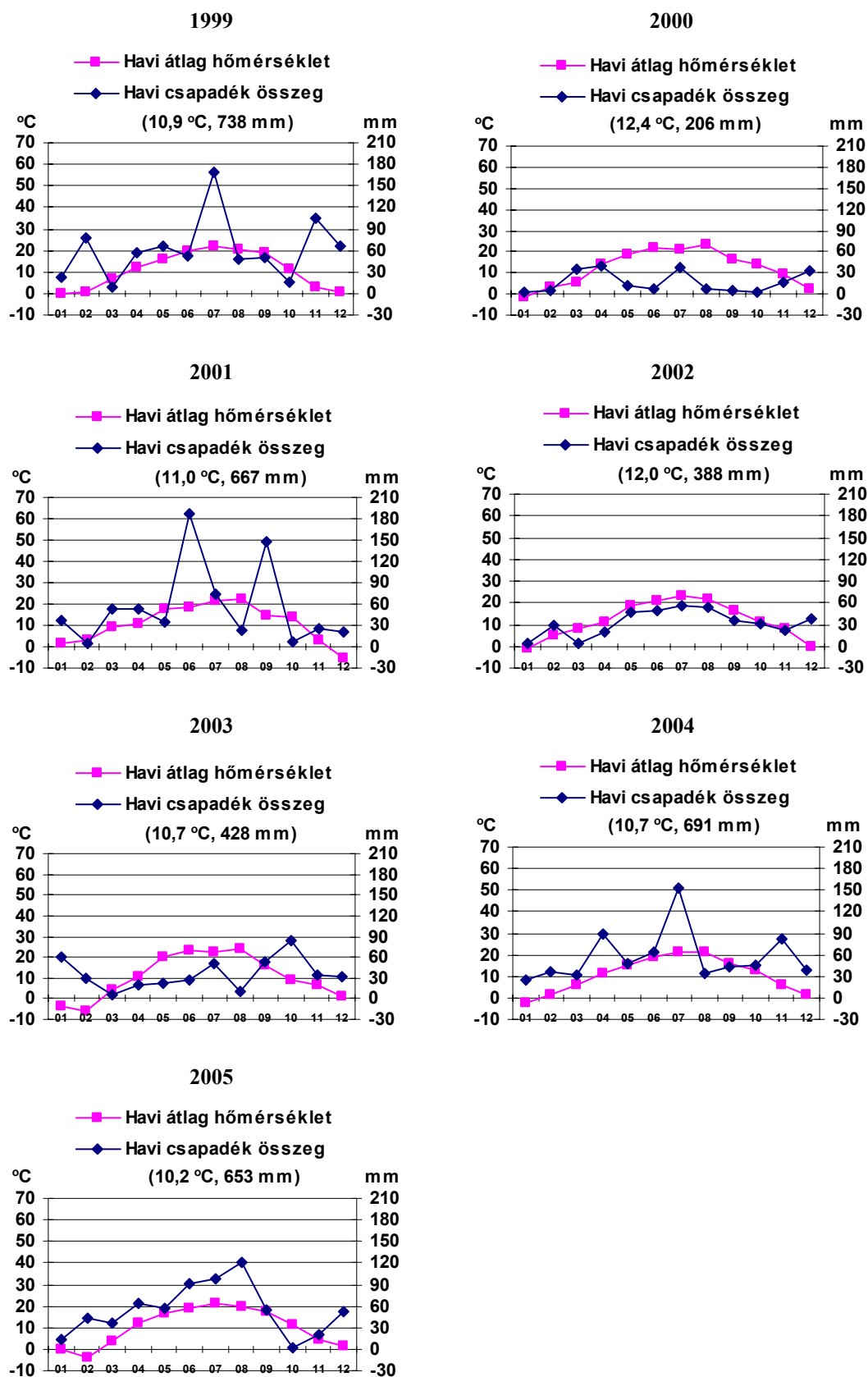
A mikroszkópi azonosítás során az alábbi négy kórokozót határoztuk meg:

Drechslera tritici-repentis, *Septoria tritici*, *Stagonospora nodorum*, *Bipolaris sorokiniana*.

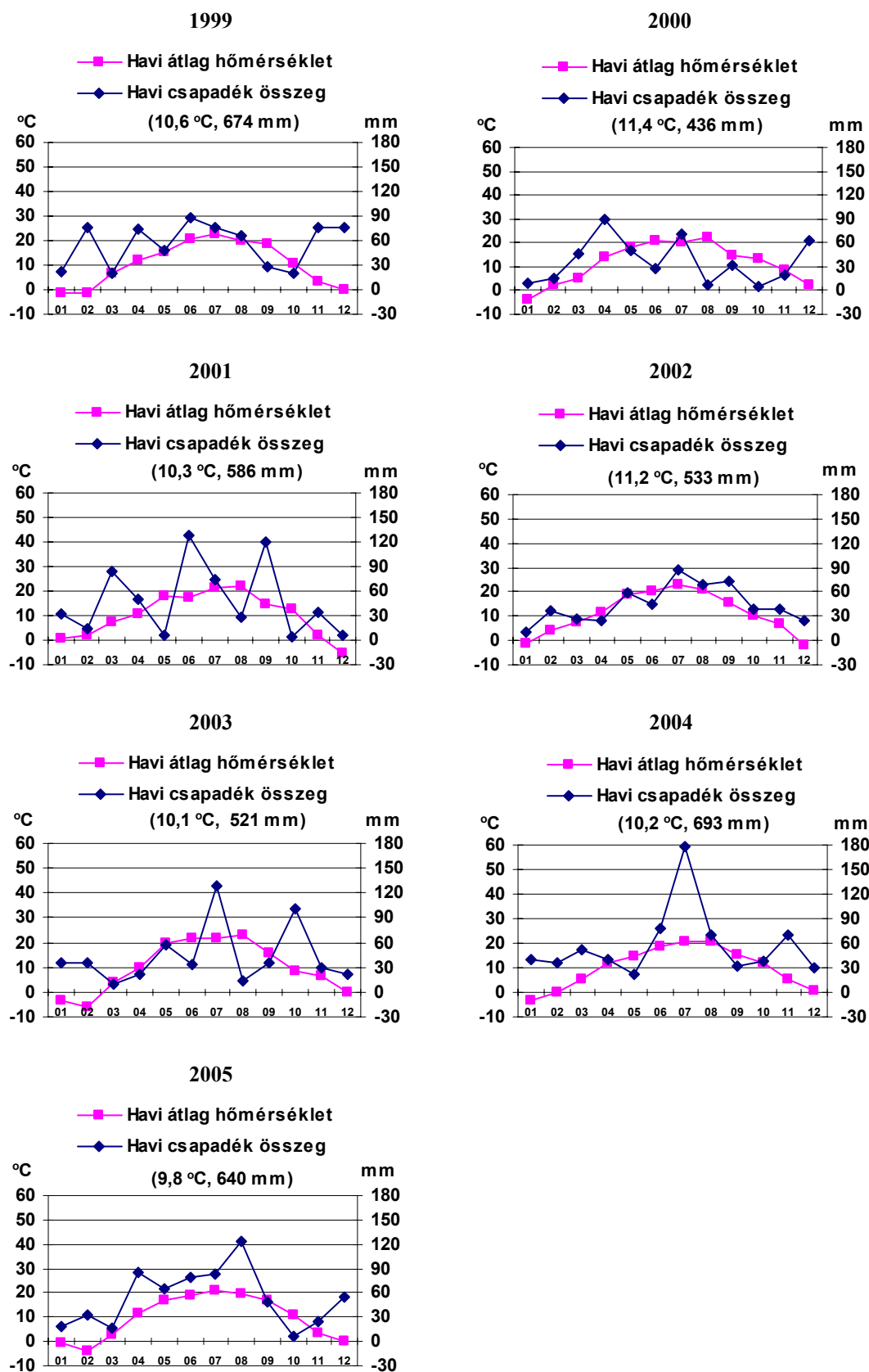
Az előfordulás gyakoriságát az egyes hónapokban begyűjtött és feldolgozott minták %-ában adtuk meg.

A mintagyűjtések alkalmával értékeltük a fajták természetes fertőzöttségének mértékét is. Mivel a vizuális felvételezés során a levélfoltosságokat okozó kórokozók tünetei nem különíthetők el olyan egyértelműen, mint pl. a levélrozda a sárgarozsdától, ezért ez esetben a „levélfoltosságok” megnevezést használtuk. A levélfoltosságok mértékét az egész növényre és egész parcellára vonatkoztatva, %-os értékben adtuk meg.

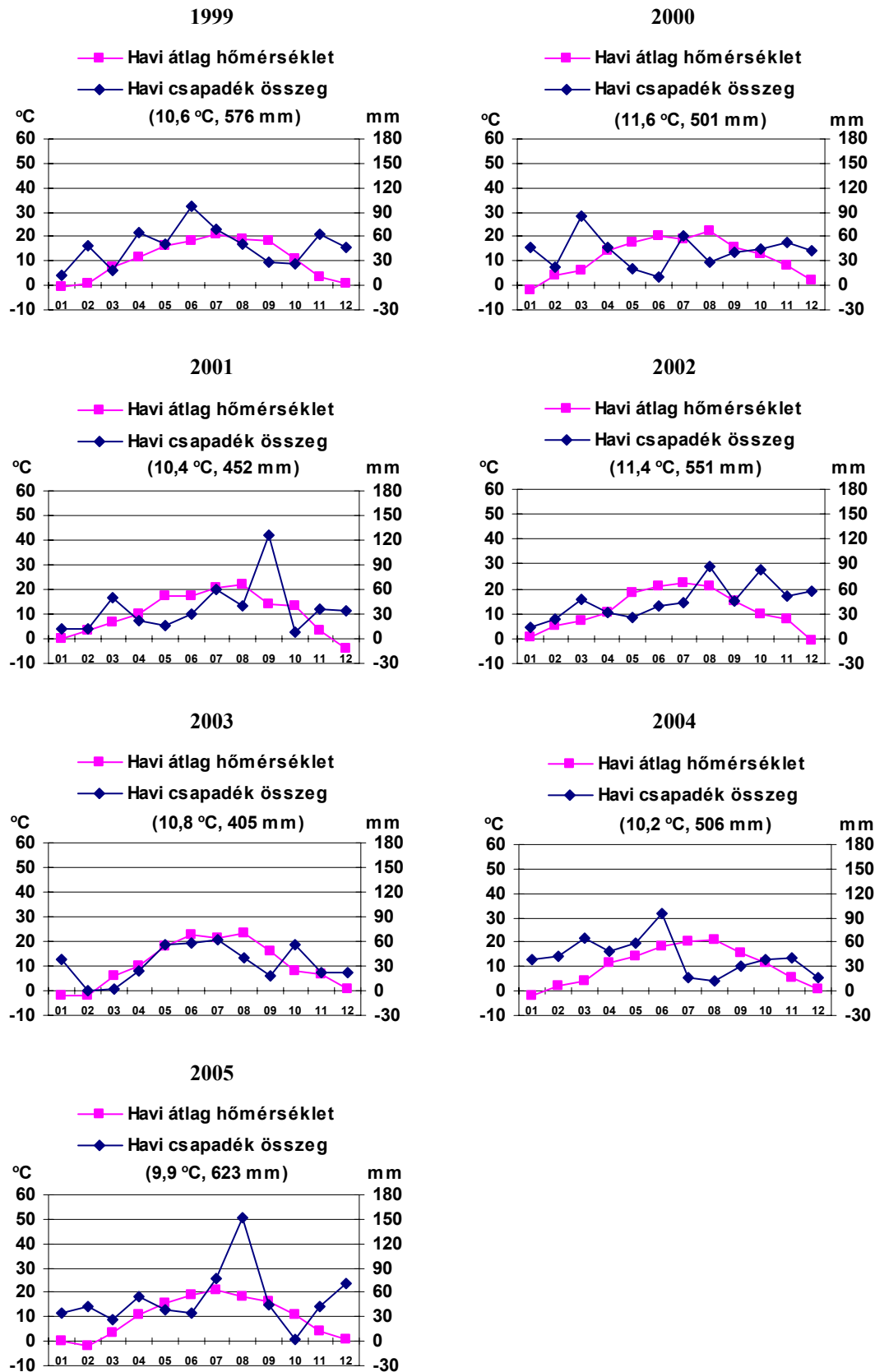
A havi átlag hőmérséklet ($^\circ\text{C}$) és a havi csapadék mennyiségét (mm) a Walter-Lieth féle klímadiagrammal ábrázoltuk (Walter és Lieth, 1976). Az adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat által kiadott Időjárási havi jelentések alapján dolgoztuk fel, a vizsgálati helyekhez legközelebbi meteorológiai állomás adatait figyelembe véve, kivéve Sopronhórpács és Bóly, ahol a Béta Kutatóintézet, illetve a bolyi Mezőgazdasági Rt megfigyelési adatait vettük figyelembe (21. – 27. ábra).



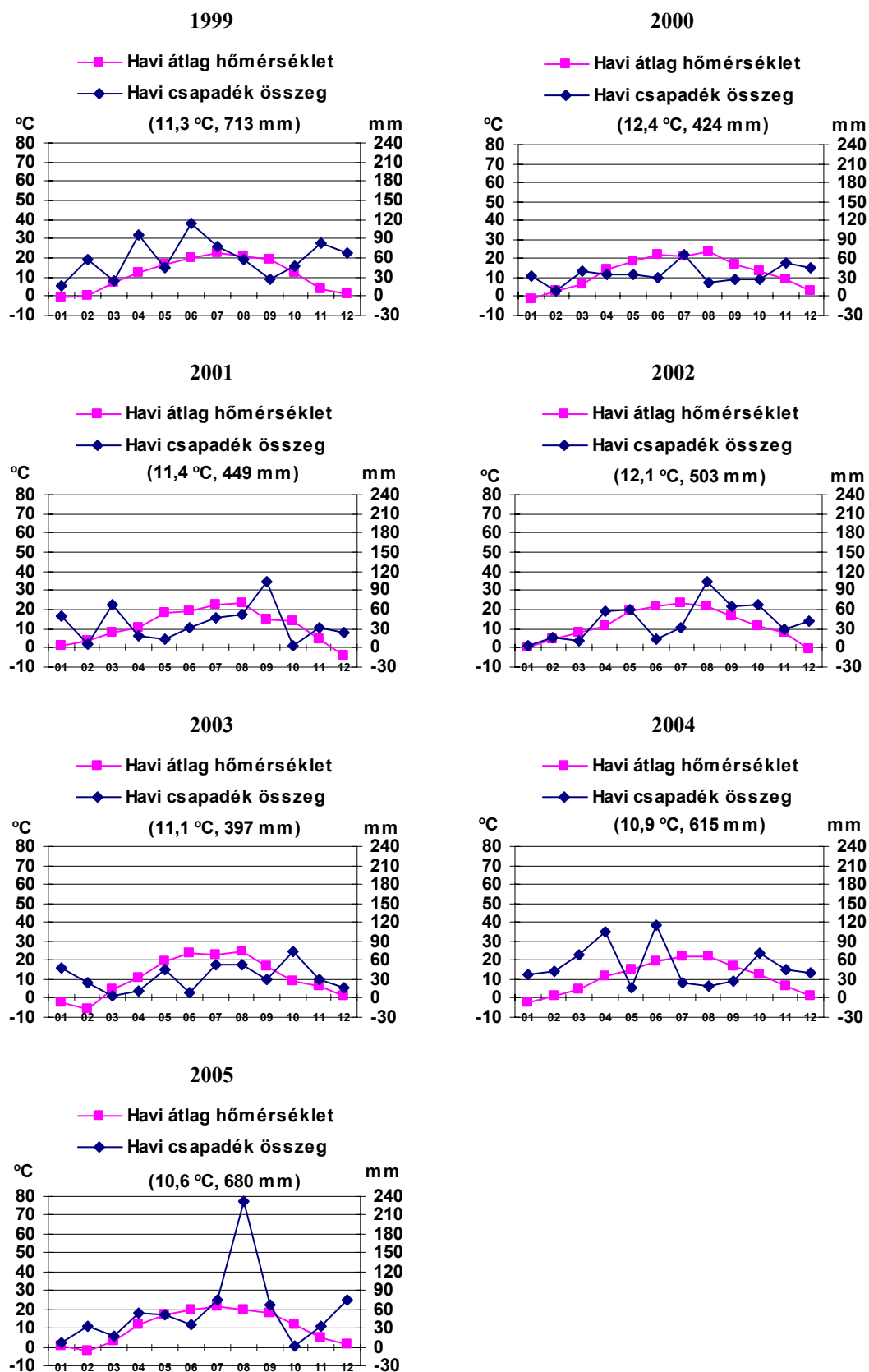
21. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Szegeden



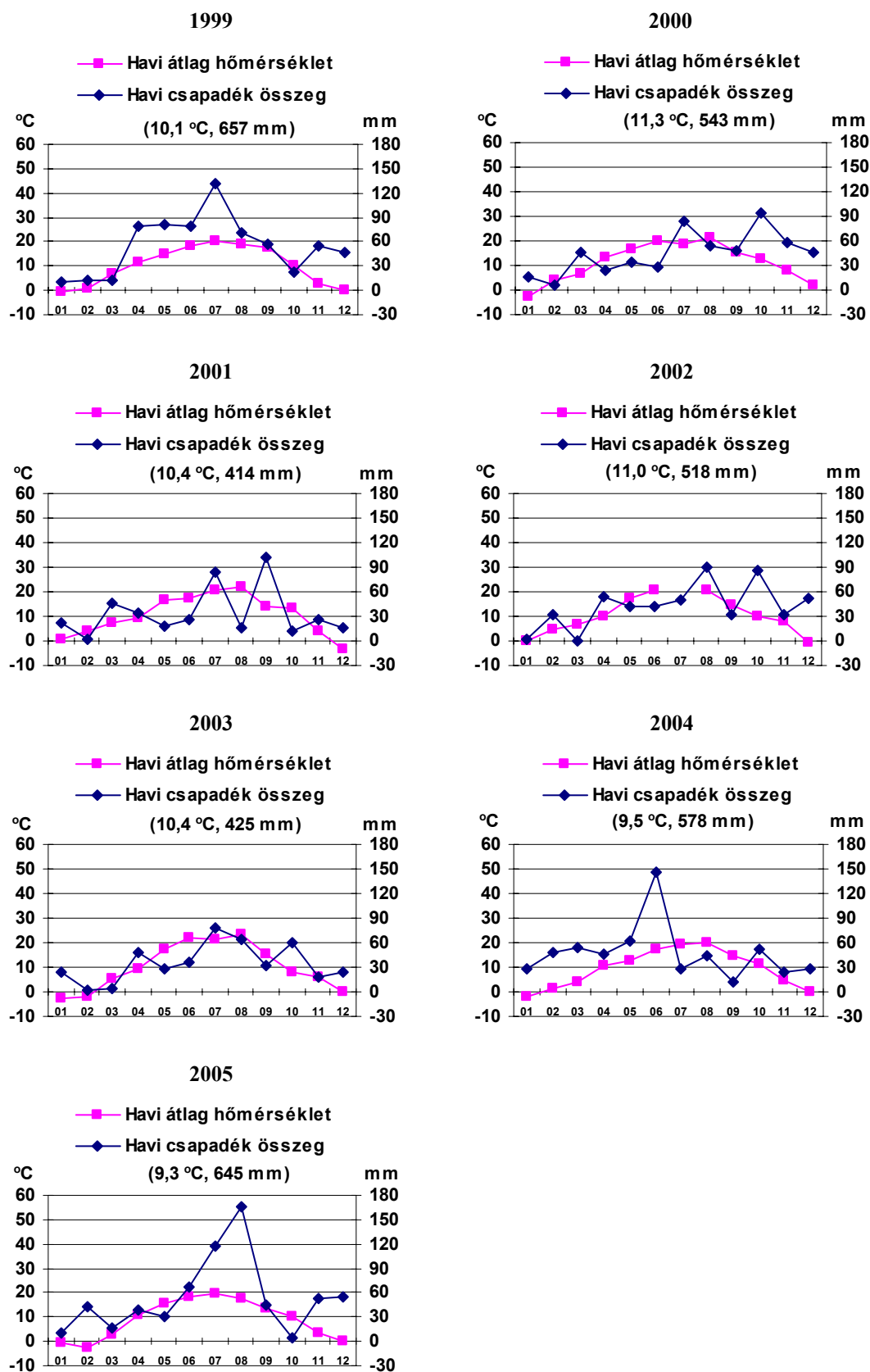
22. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm) Debrecenben



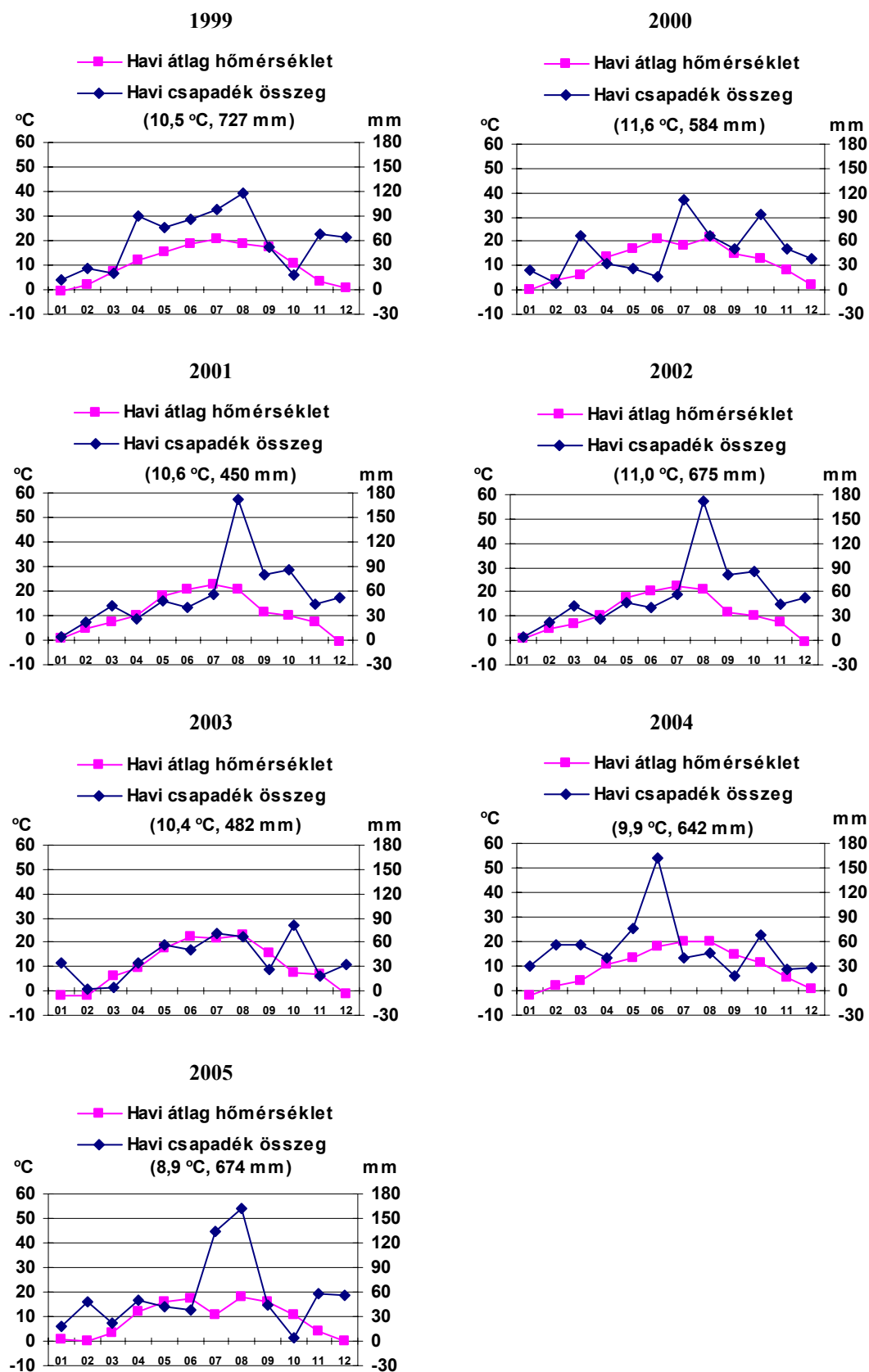
23. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Mosonmagyaróváron



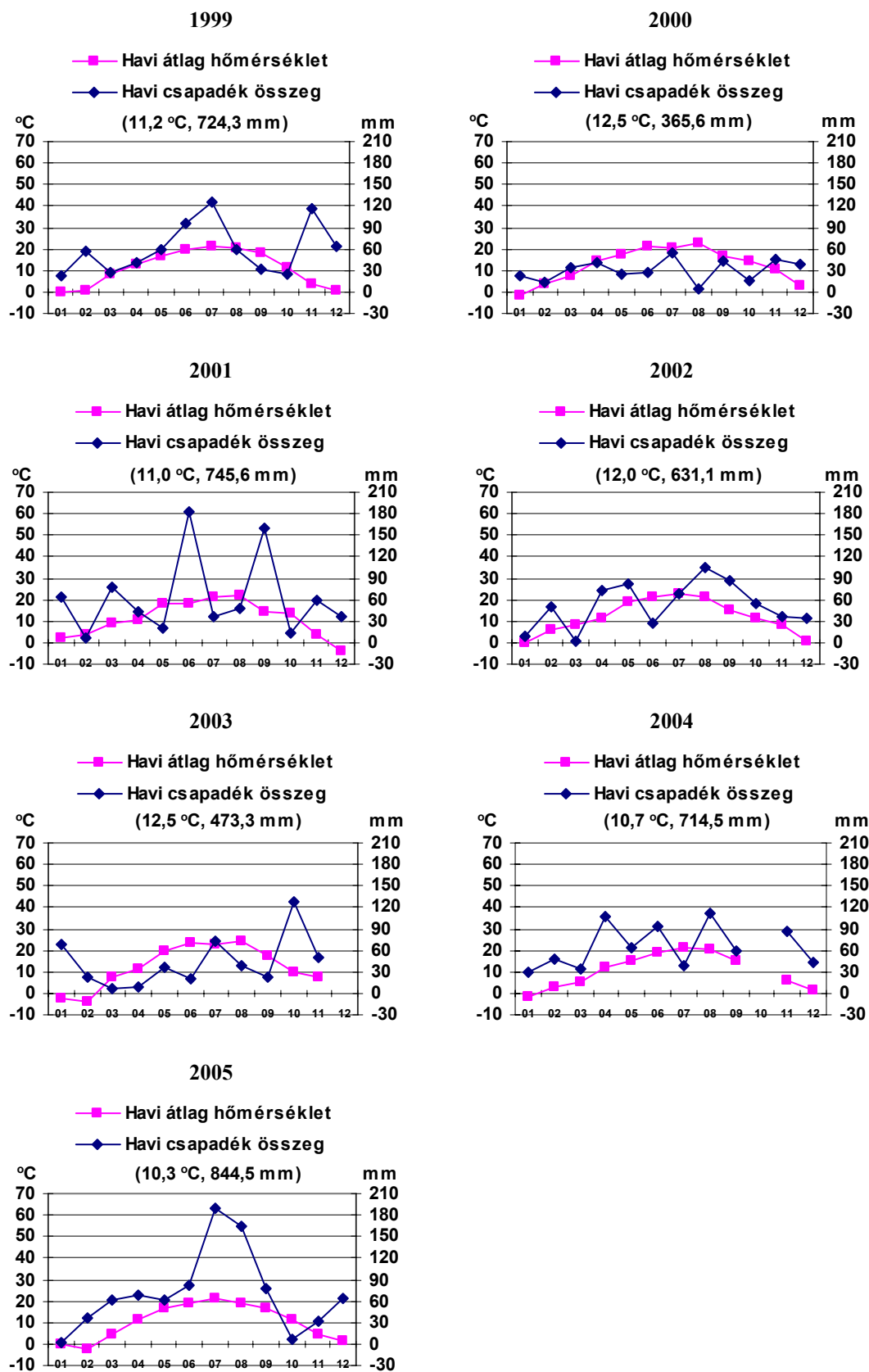
24. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Siófokon



25. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Szombathelyen



26. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Sopronhorpácson



27. ábra: A havi átlag hőmérséklet (°C) és a havi csapadék mennyisége (mm)
 Bólyban

3.5.2. A *Drechslera teres* azonosítása őszi búzán

Totál DNS izolálása

Az össz DNS izolálás az Epicentre cég MasterPure Yeast DNA Purification Kit-jével történt.

DNS koncentráció meghatározás

DNS koncentráció meghatározáshoz standardnek egy hattagú, 5, 10, 25, 50, 100, 200 ng μl^{-1} koncentrációjú λ DNS hígítási sorozatot használtunk. A koncentrációsor és az általunk vizsgált izolátumok DNS mennyiségét agaróz gélelektroforézissel detektáltuk.

ITS szekvenciák amplifikálása

A DNS fragmentek amplifikálását az az ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') - ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') specifikus primerpárral végeztük. A reakcióelegy (10 mintára): 50 μl templát DNS (10 ng μl^{-1}); 50 μl 1x-es PCR puffer; 10 μl dNTP (0,2 mM); 50 μl mindkét primerből (0,35 μM); 180 μl steril desztillált víz, 15 μl MgCl₂ (1.5 mM) és 5 μl Taq polimeráz (1U).

A reakciót a Gene Amp PCR System 9700-as készülékekben az alábbi paraméterek mellett végeztük: a predenaturáció 94 °C-on 5 percig, a denaturáció 94 °C-on 1 percig, az annealing 50 °C-on 1 percig, az extenzió 72 °C-on 2 percig tart, ezt végül egy 72°C-os, 7 percig tartó utó-polimerizáció követi. A program 30 cikluson keresztül ismétlődik.

A DNS-t kivágott agaróz blokkból izoláltuk vissza Genelute oszlopok segítségével (Supelco).

Szekvenciaanalízis

A szekvenciák meghatározását az MTA Szegedi Biológiai Központjában végezték el, ABI-373A DNS automata szekvenátorral (Applied Biosystems Inc.), a Sanger-féle módszer alapján. A szekvenciák adatbankokkal történő összehasonlítását az NCBI (National Center for Biotechnology Information) "on-line service"-én a BLAST (Altschul és mtsai., 1990) és FASTA (Pearson és Lipman, 1988) programok felhasználásával végeztük.

Filogenetikai analízis

A szekvenciák illesztését a CLUSTAL-X (Thompson és mtsai., 1997) programmal végeztük. A szekvenciák közötti evolúciós távolságot Kimura formulája segítségével számoltuk ki (Kimura, 1980) a DNADIST program segítségével. A filogenetikai törzsfák a neighbor-joining módszerrel készültek (Saitou és Nei, 1987), a PHYLIP programcsomag segítségével. A bootstrap értékeket 1000 ismétlésből számoltuk a SEQBOOT, DNADIST, NEIGHBOR és a CONSENSE programok segítségével (Felsenstein, 1985).

További *Pyrenophora tritici-repentis* és *Pyrenophora teres* izolátumok ITS szekvenciáit a GenBank szekvencia adatbázisból töltöttük le.

Fertőzőanyag előállítása

A röjtökmuzsaji őszi búza mintából izolált *Pyrenophora teres* izolátumot először PDA táptalajra oltottuk, majd 72 órán keresztül 21°C-on, sötétben neveltük. Három nap múlva V8+ táptalajra oltottuk át az izolátumokat, majd újra 72 óráig sötétben neveltük. Ezután steril vízzel megnedvesítettük a már kialakult micéliumot, majd 24 órán keresztül 21°C-on UV fény alatt tartottuk a tenyészetet. Ezután 21°C-on sötétben neveltük a tenyészetet két hétig.

A fertőzéshez lekapartuk a tenyészetről a konídiumok és a micélium keverékét, amelyet Twin 20-at tartalmazó steril vízzel összeturmixoltunk, majd átszűrünk. A szűrés után meghatároztuk a konídium számot és ennek alapján beállítottuk ml-ént a háromezres konídiumszámot.

Növényanyag előállítása

A visszafertőzéshez *Pyrenophora teres* szemben fogékony árpa (Pasadena), és *Pyrenophora tritici-repentis* szemben fogékony búzafajtát (Alcedo) vetettünk el. A

növényeket kétleveles korukig neveltük. A teszthez a 2. levelet vágtuk le és tartottuk életbe Benzimidazolos oldattal (0,6 ppm). A fertőzés előtt és után 24 órára 100 %-os páratartalmú kamrába helyeztük a leveleket.

3.5.3. Őszi búza fajták *Drechslera tritici-repentis*-sel szembeni ellenállóságának vizsgálata mesterséges fertőzéses körülmények között szántóföldön

2001-2005-ben 17 őszi búza fajtát teszteltünk 4-4 ismétlésben, 4 m²-es parcellákon, azonos elrendezésben, fungiciddal védett és mesterségesen fertőzött (*Pyrenophora tritici-repentis* természetes úton fertőződött búza szalma kiszórása december közepén, kb. 25 g/m²) részben. Az elővetemény minden évben őszi búza volt. A tenyésztő folyamán évente több alkalommal felvételeztük a levélrozsdá és a levélfoltosságok mértékét. Aratás után megmértük a termést, majd egytényezős, kéttényezős varianciaanalízis ismétlésekkel, illetve kéttényezős varianciaanalízis ismétlések nélkül és korreláció számítással értékeltük az adatokat.

A kísérletről minden évben levélmintát gyűjtöttünk a nekrotróf kórokozók összetételének a meghatározásához, amelyet a 3.5.1. fejezetben leírtak szerint végeztünk el.

A Szegedre vonatkozó meteorológiai adatokat (havi átlaghőmérséklet (°C), havi csapadék mennyisége (mm)) a 3.5.1. fejezet tartalmazza.

3.6. Az alkalmazott módszerek és eredmények felhasználása a fajtaelőállító nemesítésben

A fajtaelőállító nemesítési programban évenként értékelt törzsek számát a 13. táblázat tartalmazza. A betegségek felvételezése és átszámítása a statisztikai analízishez a fentiekben leírt módon történt ezen törzsek esetében is. A szárrozsdá teszteket minden évben mesterséges fertőzéses körülmények között végeztük. A fertőzéshez szükséges inokulumot 1990-1998-ig Dr. Manninger Sándorné biztosította számunkra, 1998-tól pedig saját előállítású szárrozsdá rasszkeveréket használtunk.

13. táblázat
A szár-, levél-, sárgarozsda, lisztharmat és levélfoltosságokra évenként értékelt
nemesítési törzsek száma

Év	Szárhozsda	Levélozsda	Sárgarozsda	Lisztharmat	Levélfoltosságok
Összes vizsgált törzs					
1990	1441	1344	-	1752	-
1991	1384	1536	-	1536	-
1992	1130	1344	-	1344	-
1993	1032	1012	-	1320	-
1994	283	1416	-	1416	-
1995	1427	1632	-	1632	-
1996	664	1632	-	1680	-
1997	1210	1583	-	1583	-
1998	2071	2087	-	1967	-
1999	-	2472	-	1934	-
2000	1433	1968	-	1968	-
2001	1534	2040	2370	2375	-
2002	-	1765	-	1765	1464
2003	-	1955	-	1955	-
2004	790	2172	-	2107	2141
2005	912	1512	-	1296	1512
2006	691	1760	-	1752	1708
4 ismétléses kísérletekben vizsgált törzsek					
1990	330	384	-	384	-
1991	284	288	-	288	-
1992	247	288	-	288	-
1993	255	178	-	288	-
1994	283	360	-	360	-
1995	210	288	-	288	-
1996	197	288	-	336	-
1997	295	360	-	360	-
1998	369	384	-	384	-
1999	-	456	-	408	-
2000	314	432	-	432	-
2001	320	455	451	456	-
2002	-	326	-	326	326
2003	-	329	-	329	-
2004	232	312	-	235	309
2005	139	216	-	-	216
2006	157	216	-	240	208
Ismétlés nélküli kísérletekben vizsgált törzsek					
1990	1111	960	-	1368	-
1991	1100	1248	-	1248	-
1992	883	1056	-	1056	-
1993	777	834	-	1032	-
1994	-	1056	-	1056	-
1995	1217	1344	-	1344	-
1996	467	1344	-	1344	-
1997	915	1223	-	1223	-
1998	1702	1703	-	1583	-
1999	-	2016	-	1526	-
2000	1119	1536	-	1536	-
2001	1214	1585	1919	1919	-
2002	-	1439	-	1439	1138
2003	-	1626	-	1626	-
2004	558	1872	-	1872	1832
2005	773	1296	-	1296	1296
2006	534	1490	-	1512	1500

4. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

4.1. A biotróf kórokozók és az őszi búza kapcsolata

4.1.1. A szárrozsdával szembeni ellenállóság és az ezerszemtömeg öröklődésének vizsgálata

4.1.1.1. A szárrozsd fertőzöttség mértéke

Az 1986 és 1987-es év között a mesterséges szárrozsd fertőzés hatására kialakult epidémia mértékében 2,5 x-es különbség volt. A szülők közül a GK Mini Manó mindkét évben tünetmentes volt, a többi szülő mérsékelten fogékony vagy fogékony. Az F₁ nemzedék esetében is a GK Mini Manó kombinációi fertőződtek legkisebb mértékben (14. táblázat).

14. táblázat

A diallél kísérletben vizsgált szülők és hibridek szárrozsd fertőzöttségének mértéke (ACI) (Szeged 1986,1987)

Szülők	Év	GK Ságvári	GK Mini Manó	Aurora	SO1586	GK Csongor	G 7783	GK Örzse	GK Korány	GK Szeged
GK Ságvári	1986	8,5	1,1	2,8	13,0	5,1	2,8	7,5	16,0	12,0
	1987	60,0	1,1	60,0	80,0	70,0	13,0	80,0	55,0	80,0
GK Mini Manó			0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	2,1	6,5
			0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	1,0
Aurora				32,0	5,0	24,1	26,0	52,0	11,5	27,0
				95,0	72,5	95,0	80,0	90,0	100,0	95,0
SO1586					5,0	3,0	3,5	2,8	6,0	13,0
					80,0	80,0	51,0	80,0	95,0	70,0
GK Csongor						10,0	25,0	67,5	51,0	52,5
						100,0	80,0	100,0	100,0	100,0
G 7783							35,0	52,5	72,5	55,0
							76,0	80,0	80,0	80,0
GK Örzse								55,0	65,0	80,0
								100,0	92,5	100,0
GK Korány									57,5	85,0
									100,0	100,0
GK Szeged										80,0
										100,0

A szárrozsd fertőzöttség mértéke a szülők és hibridjeik átlagában: 1986=27,50; 1987=70,65

4.1.1.2. Az ezerszemtömeg változásai

A mesterséges szárrozsd fertőzés hatására kialakult epidémia mindkét évben jelentős mértékben csökkentette a szülők és hibridjeik ezerszemtömegét. Az F₁-ek ezerszemtömegének átlaga nagyobb, mint a szülőké.

A szülők közül mind a szárrozsdával mesterségesen fertőzött, mind a fungiciddal védett környezetben a legnagyobb ezerszemtömegű a GK Ságvári és az Aurora volt. A fungiciddal védett környezetben a legkisebb ezerszemtömegű fajta a GK Mini Manó és a GK Korány volt, míg a szárrozsdával mesterségesen fertőzött környezetben a GK Örzse, GK Korány és GK Szeged. A szárrozsdával mesterségesen fertőzött környezetben a fogékony szülők származékainak ezerszemtömege nagyobb mértékben csökkent, mint a rezisztens szülők származékainak (15. és 16. táblázat).

15. táblázat
A diallél kísérletben vizsgált szülők és hibridjeik 1000 szemtömege (g) szárrozsdra
rasszkeveréssel mesterségesen fertőzött (F) és fungiciddal védett (V) környezetben

Kombinációk		Ezerszemtömeg (g)			
		1986		1987	
		V	F	V	F
<i>Szülők</i>	GK Ságvári	53,66	44,29	48,40	38,13
	GK Mini Manó	33,85	30,01	30,70	29,29
	Aurora	47,86	38,58	51,51	32,64
	SO1586	42,45	38,81	37,66	29,19
	GK Csongor	36,76	33,86	42,05	30,21
	G 7783	42,73	26,78	44,75	28,74
	GK Örzse	40,49	26,48	39,53	18,38
	GK Korány	35,54	25,18	38,04	21,55
	GK Szeged	43,77	24,60	44,86	18,52
<i>Szülők átlaga</i>		41,90	32,06	41,94	27,41
<i>F₁-ek</i>	GK Ságvári / GK Mini Manó	48,46	46,50	48,01	41,71
	GK Ságvári / Aurora	50,74	39,29	52,61	39,46
	GK Ságvári / SO1586	46,49	42,18	48,73	35,96
	GK Ságvári / GK Csongor	48,85	45,70	53,73	43,24
	GK Ságvári / G 7783	50,31	42,93	53,37	47,22
	GK Ságvári / GK Örzse	50,43	45,20	50,83	38,11
	GK Ságvári / GK Korány	45,18	39,91	47,65	41,58
	GK Ságvári / GK Szeged	48,28	43,63	55,85	41,56
	GK Mini Manó / Aurora	48,04	44,34	46,22	40,88
	GK Mini Manó / SO1586	45,21	40,46	38,18	38,51
	GK Mini Manó / GK Csongor	39,90	36,80	40,95	37,74
	GK Mini Manó / G 7783	42,04	37,65	43,98	35,66
	GK Mini Manó / GK Örzse	43,58	41,03	44,73	40,87
	GK Mini Manó / GK Korány	43,65	39,28	44,14	39,48
	GK Mini Manó / GK Szeged	45,65	38,84	45,45	37,26
	Aurora / SO1586	49,21	38,14	46,05	41,52
	Aurora / GK Csongor	45,73	42,08	52,83	39,76
	Aurora / G 7783	49,38	37,40	50,86	32,51
	Aurora / GK Örzse	47,53	35,85	47,42	41,04
	Aurora / GK Korány	45,24	36,83	46,75	26,51
	Aurora / GK Szeged	48,85	39,73	49,00	23,35
	SO1586 / GK Csongor	44,44	42,13	45,34	36,47
	SO1586 / G 7783	47,49	41,86	46,66	38,52
	SO1586 / GK Örzse	45,08	43,00	47,53	37,02
	SO1586 / GK Korány	42,53	42,36	44,74	34,15
	SO1586 / GK Szeged	42,16	45,16	50,34	38,85
	GK Csongor / G 7783	47,85	34,35	47,11	34,79
	GK Csongor / GK Örzse	44,83	32,88	44,27	26,88
	GK Csongor / GK Korány	38,08	29,15	45,62	29,52
	GK Csongor / GK Szeged	44,05	31,64	45,82	26,86
	G 7783 / GK Örzse	42,58	31,16	50,54	31,81
	G 7783 / GK Korány	40,41	24,35	46,36	29,85
	G7783 / GK Szeged	45,96	31,54	50,68	29,94
	GK Örzse / GK Korány	39,20	26,16	49,62	20,96
	GK Örzse / GK Szeged	44,91	23,15	47,82	19,67
	GK Korány / GK Szeged	39,69	23,93	45,06	18,57
<i>F₁-ek átlaga</i>		45,61	37,68	47,62	34,93
SzD _{5%} a szülők és F ₁ -ek átlaga között		0,85	0,86	0,92	0,98
SzD _{5%} bármely két érték között		3,24	3,27	3,51	3,74

16. táblázat
A diallél kísérletben vizsgált F₁-ek átlagos ezerszemtömeg változása a szülők szerint csoportosítva

Szülők	Reakció típus	Ezerszemtömeg csökkenés (%)	
		1986	1987
GK Ságvári	R-MR	-11,08	-19,84
GK Mini Manó	0	-8,91	-10,97
Aurora	MR-MS	-18,35	-27,13
SO1586	R	-9,72	-17,60
GK Csongor	MR	-17,64	-26,67
G 7783	MR-MS	-23,42	-27,92
GK Örzse	MS	-22,58	-32,77
GK Korány	MS-S	-22,10	-34,81
GK Szeged	S	-25,43	-38,49

4.1.1.3. A diallél kísérletben vizsgált szülők és F₁-ek értékelése

Mind a két vizsgált tulajdonság esetében szignifikáns differenciát találtunk a genotípusok, a szülők és F₁-ek között (17. táblázat).

17. táblázat
A diallél kísérletben vizsgált szülők és hibridek szárrozsdá fertőzöttségének (ACI) és ezerszemtömegének (g) varianciái

Források	FG	Szárrozsdá fertőzöttség		Ezerszemtömeg			
		1986	1987	1986		1987	
				V+	F	V	F
Összes	179	847,83	1386,93	23,02	51,03	27,17	62,24
Ismétlések	3	1417,04	30,89	9,82	8,56	4,85	16,03
Genotípusok	44	2902,95***	5316,28***	76,89***	190,67***	91,36***	230,72***
Csoportok között	1	1782,90***	7066,29***	396,35***	908,75***	929,50***	1631,96***
Szülők	8	3139,36***	4316,00***	156,03***	203,64***	157,74***	176,65***
F ₁ -ek	35	2880,91***	5494,92***	49,67***	167,18***	52,24***	203,04***
Hiba	132	149,86	107,96	5,36	5,45	6,28	7,13
GCA	8	719,44***	1526,18***	18,36***	40,87***	18,93***	43,36***
SCA	36	61,88***	58,95***	1,80***	5,48***	2,77***	7,99***
Hiba	132	9,37	6,75	0,34	0,34	0,39	0,45
GCA:SCA		11,63:1	26,5:1	10,2:1	7,46:1	6,83:1	5,43:1

*: Szignifikáns P=5%-os; *** P=0,1%-os szinten

+ V = fungiciddal védett, F = szárrozsdá rasszkeverékkel mesterségesen fertőzött

A szárrozsdá fertőzöttség általános kombinálódó képességi értékei alapján a GK Mini Manó (-21,97 és -58,51) és a GK Ságvári (-15,85 és -9,60) csökkentette legjobban, míg a GK Örzse, GK Korány és különösen a GK Szeged szignifikánsan növelte az F₁-ek fertőzöttségének mértékét.

A fungiciddal védett környezetben a GK Ságvári, Aurora és GK Szeged mindkét évben növelte, míg a GK Mini Manó és GK Korány csökkentette F₁-eik ezerszemtömegét. A szárrozsdával mesterségesen fertőzött környezetben a GK Ságvári esetében egy erős pozitív kombinálódó képességi hatást tapasztaltunk mindkét évben, aminek következtében az F₁-ek ezerszemtömege 6,21 és 6,44 g-al növekedett. Hasonló tendenciát tapasztaltunk az Aurora

esetében is. A szárrozsdával szemben fogékony GK Szeged esetében viszont erős negatív kombinálódó képességi hatásokat kaptunk. A fogékony GK Korány, amelynek szintén alacsony az 1000 szemtömege a szárrozsdával mesterségesen fertőzött részben, a GK Szegedhez hasonlóan drasztikusan csökkentette az F_1 -ei ezerszemtömegét. A GK Mini Manó esetében egy speciális hatást tapasztaltunk. Annak ellenére, hogy a fungiciddel védett környezetben mindkét évben a legalacsonyabb ezerszemtömegűnek bizonyult, szárrozsdával mesterségesen fertőzött környezetben mégis növelte hibridjei ezerszemtömegét, amely kiváló szárrozsdá ellenállóságuknak tulajdonítható. Mindkét évben egy pozitív kombinálódó képességi hatást mutatott az ezerszemtömeg vonatkozásában (18. táblázat).

18. táblázat
A diallél kísérletben vizsgált szülők általános kombinálódó-képességi hatásai a szárrozsdá fertőzöttség (ACI) és az ezerszemtömeg (g) esetében

Szülők	Általános kombinálódó-képességi értékek					
	Szárrozsdá fertőzöttség (ACI)		Ezerszemtömeg (g)			
	1986	1987	1986		1987	
			V*	F	V	F
GK Ságvári	-15,85	-9,60	4,31	6,21	3,86	6,44
GK Mini Manó	-21,97	-58,51	-2,22	1,76	-4,71	3,31
Aurora	-3,56	10,85	2,89	2,29	2,71	1,42
SO1586	-17,75	2,16	0,80	4,30	-2,00	2,28
GK Csongor	-0,31	14,57	-1,95	-0,29	-0,46	0,14
G 7783	5,09	-4,43	0,25	-2,80	1,28	0,34
GK Örzse	16,89	14,35	-0,87	-3,11	-0,29	-3,74
GK Korány	15,69	15,94	-3,97	-4,84	-1,72	-4,63
GK Szeged	21,77	14,66	0,76	-3,53	1,33	-5,56
S.E.(G(I)-G(J))	6,81	4,91	0,24	0,25	0,29	0,32

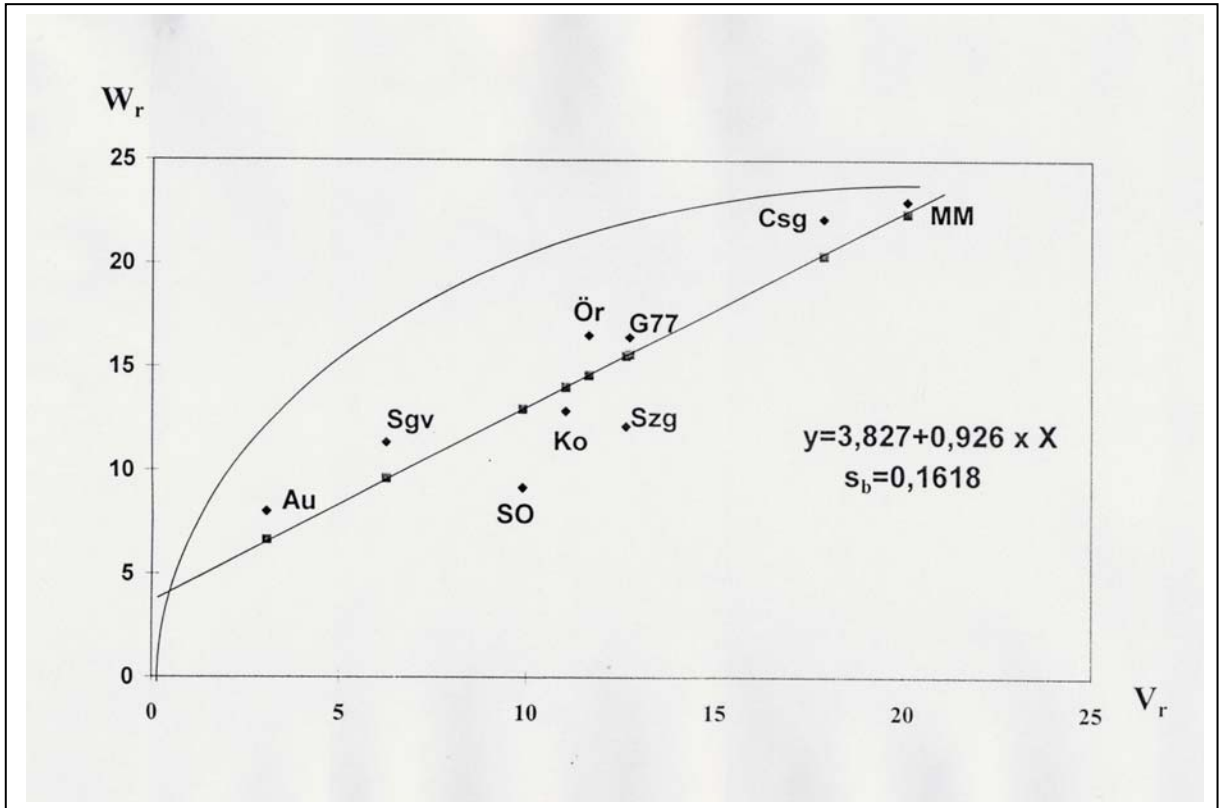
* V = fungiciddel védett, F = szárrozsdá rasszkeverékkel mesterségesen fertőzött

4.1.1.4. Genetikai paraméterek

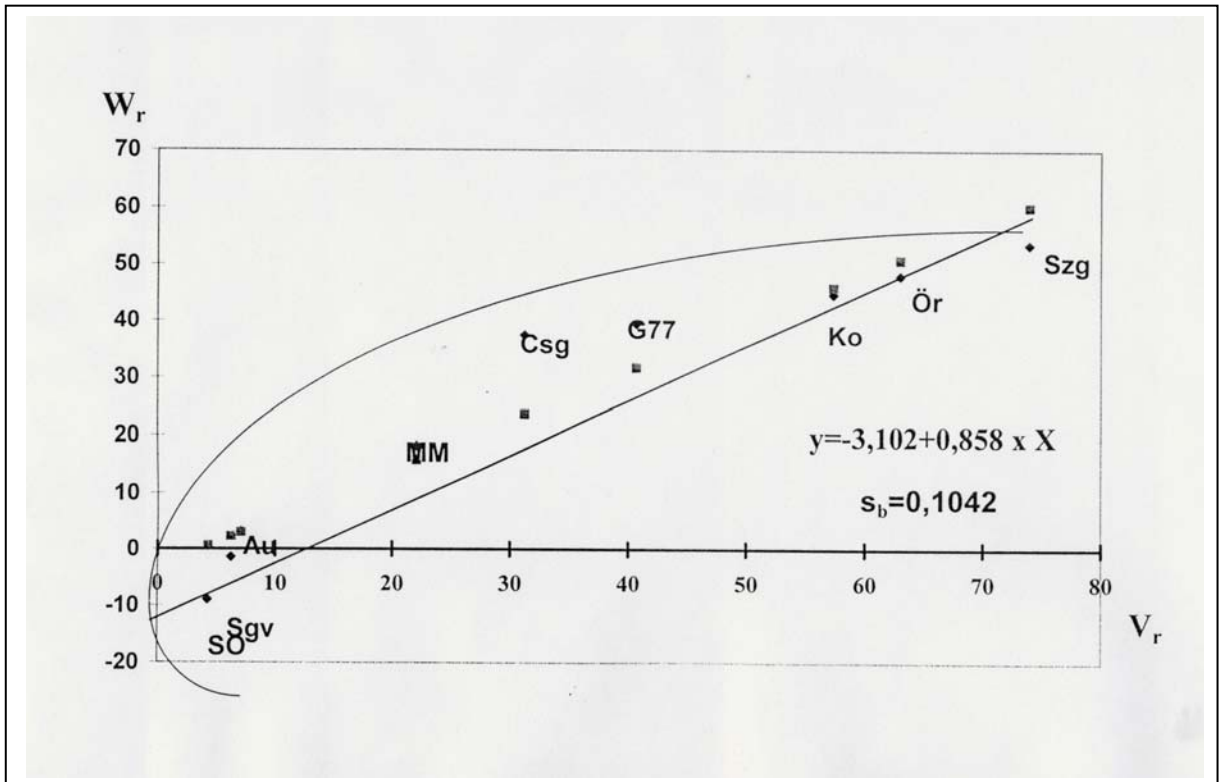
A kovariancia/variancia analízis és a grafikus analízis az ezerszemtömeg esetében részleges dominanciát mutatott fungiciddel védett környezetben (28. ábra). A regressziós egyenes mentén az Aurora és a GK Ságvári helyezkedett el a legközelebb az origóhoz, ami azt jelenti, hogy ezek hordozzák a legtöbb domináns gént. A GK Csongor és GK Mini Manó foglalta el a legtávolabbi pozíciót az origótól, így ezekben főként recesszív gének vannak.

Amikor a genetikai paramétereket szárrozsdával mesterségesen fertőzött környezetben vizsgáltuk, overdominanciát tapasztaltunk az ezerszemtömeg esetében (29. ábra). Az Aurora és a GK Ságvári hasonlóképpen viselkedett, mint a fungiciddel védett környezetben, míg a GK Mini Manó és a SO 1586 esetében úgy tűnik, mintha szárrozsdával fertőzött környezetben domináns géneket is tartalmazna, a GK Örzse, GK Korány és GK Szeged pedig csak recesszív géneket hordozna ezerszemtömegre. Ez azonban nem az öröklődési viszonyok megváltozásával magyarázható, hanem a szárrozsdával szembeni ellenállósággal, amely alapvetően befolyásolja az ezerszemtömeg manifesztálódását. A GK Örzse, GK Korány és GK Szeged ugyanis fogékony szárrozsdával szemben, és egy súlyos epidémiailag jelentősen csökkenti ezek ezerszemtömegét.

Öröklődés vizsgálatok esetén ezért fontos, hogy betegség mentes környezetet biztosítsunk, hogy ne befolyásolják a következtetéseket biotikus stresszhatások.



28. ábra: Kovariancia/variancia regresszió az ezerszemtömegre fungiciddel védett körülmények között



29. ábra: Kovariancia/variancia regresszió az ezerszemtömegre szárrozsdával mesterségesen fertőzött körülmények között

A fenti eredményeink összhangban vannak Dask és mtsai. (1992) Zhang és mtsai. (2001), Gal és Oettler (2003) és Sharma és mtsai. (2004) eredményeivel, akik szintén szignifikáns általános és specifikus kombinálódó képességi hatásokat kaptak. A keresztezési programok összeállításakor a szülők ellenálló képessége fontos tényező az eredmények szempontjából. Egy súlyos epidémia jelentős hatással lehet a mennyiségi paraméterek, mint pl. az 1000 szemtömeg manifesztálódására. Öröklődés vizsgálatok esetén ezért fontos, hogy betegség mentes környezetet biztosítsunk, hogy ne befolyásolják a következtetéseket biotikus stresszhatások. A hatékony szelekció szempontjából viszont a kórokozók jelenlétében kapott eredmények a mérvadóak, mivel ott egyértelműen megmutatkozik a rezisztencia hatása, mint pl a GK Mini Manó és SO 1586 kombinációi esetében, hiszen ezeknél volt a legkisebb mértékű az ezerszemtömeg csökkenés. Következtetéseinket Knobel és mtsai. (1997) és Hill és mtsai. (1999) eredményei is alátámasztják. A szülők rezisztenciája vagy fogékonyasága meghatározó faktor, amely eltérő környezetben (fungiciddal védett, szárrozsdával mesterségesen fertőzött) megváltoztatja a kombinálódó képességi hatásokat. Ezeket a változásokat igen jól illusztrálják a szárrozsdával szemben ellenálló GK Mini Manó és a szárrozsdával szemben fogékony GK Szeged esetében bekövetkezett változások.

4.1.2. Szárrozsdá rezisztencia génnek hatásának kifejeződése szárrozsdával mesterségesen fertőzött körülmények között

A szárrozsdá a legagresszívabb kórokozója a búzának. Előfordulása esetén akár a teljes termés elpusztulhat. Ezért nagyon fontos a hatékony rezisztencia génnek felhasználása a fajtaelállító nemesítési munkában. Hat éves kísérletünkben az *Sr36*, *Sr31* és *Sr5*-ös génnek hatását vizsgáltuk a fertőzöttség mértékére és a termésre.

4.1.2.1. A mesterséges szárrozsdá fertőzöttség mértékének értékelése

A szárrozsdá fertőzöttség mértékének varianciaanalízise során 5 %-os szinten szignifikáns kölcsönhatás értéket kaptunk, ami arra utal, hogy a vizsgált években a fajták sorrendje nem teljesen egyezik, azonban a legellenállóbbak és legfogékonyabbak sorrendjében lényeges változás nem volt. A mesterséges szárrozsdá fertőzés esetében a járvány mértékét alapvetően a fajták szárrozsdával szembeni ellenállóképessége befolyásolta, az évjárat szerepe ötször kisebb volt (19. táblázat).

19. táblázat
Őszi búza fajták mesterséges szárrozsdá fertőzöttségének (ACI)
varianciaanalízise (Szeged, 1993-1998)

	Szárrozsdá fertőzöttség mértéke (ACI)		
Tényezők	<i>SQ</i>	<i>FG</i>	<i>MQ</i>
Év (A)	4211,64	5	842,33***
Fajta (B)	38367,92	9	4263,10***
A x B	7328,63	45	162,86*
Hiba	10251,75	180	56,95
Összesen	60159,94	239	

*P = 5%, ***P = 0,1 %-os szinten szignifikáns

A mesterséges szárrozsdá fertőzés hatására 1994-ben (ACI=13,38) és 1998-ban (ACI=20,68) alakult ki a legnagyobb mértékű epidémia a 10 fajta és a felvételezések átlagában. 1998-hoz képest valamennyi évben szignifikánsan alacsonyabb volt a fertőzöttség mértéke a fajták átlagában. Ugyancsak szignifikáns mértékű különbséget tapasztaltunk 1994-hez viszonyítva 1993- és 1995-ben.

A hat év átlagában a 10 fajta között teljesen tünetmentes nem volt.

A fajták közül az *Sr36*-os gént hordozók fertőződtek legkevésbé. Az évjárat hatás még az *Sr36*-os gént tartalmazó fajták esetében is megmutatkozott, a legnagyobb mértékben 1996-ban és 1998-ban fertőződtek szárrozsdával. A csoporton belül a fajtasorrend kismértékben változott az egyes években (pl. GK Góbé 1996, Arthur 71 1998 stb.), azonban ennek ellenére e csoport fajtái kevés kivételtől eltekintve minden évben a legellenállóbbnak bizonyultak és a fertőzöttség mértékében e fajták között a hat év átlagában szignifikáns különbség nem volt.

Az *Sr31*-es gént hordozó fajták a hat év és a felvételezések átlagában mérsékelten rezisztensnek bizonyultak. Az évjárat hatás lényegesen nagyobb különbségeket okozott a fertőzöttség mértékében. Az évek átlagában az átlagos fertőzöttségi koefficiens értékei e csoportban 2,91 és 23,80 között változtak. Fertőzöttségük mértéke 1994- 1995- és 1997-ben nem tért el szignifikáns mértékben az *Sr36*-os gént tartalmazó fajtákétól, a hat év átlagában viszont a fertőzöttség mértéke szignifikánsan nagyobb volt, mint az *Sr36*-os gént hordozó fajtáké.

Az *Sr5*-ös gént hordozó GK Élet valamennyi évben fogékonynak bizonyult, az átlagos fertőzöttségi koefficiens értéke a felvételezések átlagában 21,03 és 52,75 között változott, és a hat év átlagában szignifikánsan nagyobb mértékben fertőződött, mint az előző két csoport.

Az ismeretlen *Sr* génű fajták szárrozsdával szembeni ellenállóképessége között igen kontrasztos különbséget tapasztaltunk. A GK Dávid fertőzöttségének mértéke szignifikánsan eltért (44,1 %-al kevesebb) a Jubilejnaja 50 fajtáétól. A Jubilejnaja 50 fertőzöttségének mértéke az *Sr5*-ös gént tartalmazó GK Élettel azonos. A GK Dávid fertőzöttségének mértéke 1995 és 1996-ban nem tér el szignifikáns mértékben az *Sr36*-os gént tartalmazó fajtákétól. A hat év átlagában a GK Dávid fertőzöttségének mértéke szignifikánsan eltér az *Sr36*, *Sr31* és *Sr5*-ös gént tartalmazó csoport fertőzöttségétől, míg a Jubilejnaja 50-é csak az *Sr36* és *Sr31*-es gént tartalmazó csoportétól (20. táblázat).

20. táblázat
Őszi búza fajták szárrozsd fertőzöttségének mértéke (ACI) az ikerparcellás kísérletben (Szeged, 1993-1998)

Fajta	Szárrozsd fertőzöttség mértéke (ACI)							
	Év	1993	1994	1995	1996	1997	1998	6 év átlaga
<i>Sr36</i>								
GK Kincső		0,00	0,70	1,38	2,38	0,70	4,03	1,53
GK Garaboly		0,00	0,03	3,25	4,25	0,55	2,55	1,77
GK Kalász		0,33	0,05	3,43	6,23	0,13	4,80	2,49
GK Góbé		0,73	0,05	0,08	11,00	0,00	5,53	2,90
Arthur 71		4,00	7,48	2,56	6,45	3,11	0,73	4,05
<i>Sr31</i>								
GK Véka		12,33	7,34	5,81	10,60	2,91	23,80	10,47
GK Csörnöc		4,17	8,89	4,30	21,05	6,56	20,48	10,91
<i>Sr5</i>								
GK Élet		27,17	44,68	22,88	21,03	32,13	52,75	33,44
<i>Ismeretlen Sr génű fajták</i>								
GK Dávid		10,17	18,93	5,68	5,20	21,69	38,35	16,67
Jubilejnaja 50		32,33	45,68	28,55	28,98	37,25	53,78	37,76
Átlag		9,12	13,38	7,79	11,72	10,50	20,68	12,20
SzD _{5%} évek főátlagai között		3,32						
SzD _{5%} fajták főátlagai között								4,29
SzD _{5%} bármely két érték között		10,51						

4.1.2.2. A termés értékelése

A varianciaanalízis eredménye szerint valamennyi kölcsönhatás szignifikáns volt, ami arra utal, hogy az egyes években a fajták termésének sorrendje nem minden esetben volt azonos. A kölcsönhatások MQ értékei azonban a főhatásokhoz viszonyítva igen kicsik. A főhatások alapján a termés mennyiségét legnagyobb mértékben az évjárat befolyásolta, de jelentős szerepe volt a mesterséges szárrozsda fertőzés hatására kialakult járváynak és a fajták szárrozsdaival szembeni ellenállóképességének is (21. táblázat).

Az 1996-os év kivételével a védett és fertőzött parcellák átlaga között szignifikáns különbséget tapasztaltunk. Ugyanez látható a hat év átlaga esetében is. Az *Sr36*-os gént tartalmazó fajták közül egyedül a GK Kincső termése csökkent szignifikáns mértékben a fungiciddal védett parcella terméséhez viszonyítva a hat év átlagában. Az *Sr31*, *Sr5* és az ismeretlen *Sr* génű fajták termése szignifikáns mértékben csökkent a védett parcellákhoz viszonyítva (22. táblázat).

21. táblázat

Szárrozsdaival mesterségesen fertőzött őszi búza fajták termésének (t/ha) varianciaanalízise (Szeged, 1993-1998)

Tényezők	<i>SQ</i>	<i>FG</i>	<i>MQ</i>
Összes	1550,97	479	
Ismétlés	2,88	3	
Kezelés	1435,64	119	12,06***
Fajta /A/	250,27	9	27,81***
Védett és fertőzött /B/	65,08	1	65,08***
Év /C/	826,68	5	165,34***
A x B	78,94	9	8,77***
A x C	128,40	45	2,85***
B x C	41,68	5	8,34***
A x B x C	44,59	45	0,99***
Hiba	112,46	357	0,32

***P = 0,1 %-os szinten szignifikáns

A terméscsökkenés mértéke 1994-ben és 1998-ban volt a legnagyobb a 10 fajta átlagában. Amint azt a varianciaanalízis eredménye mutatta (21. táblázat) legjelentősebb az évjáráthatás volt. Ez még az *Sr36*-os gént tartalmazó fajták esetében is megmutatkozott nem egy esetben 10 %-hoz közeli illetve a fölötti (legnagyobb -18,42 %) terméscsökkenésben, annak ellenére, hogy a fertőzöttség mértéke igen kicsi volt. Ennek oka feltételezhetően a fokozott védekezés a kórokozó behatolása ellen, mivel a mesterséges fertőzés hatására sokkal nagyobb mennyiségű fertőzőanyag volt jelen. Ez a jelenség hasonló a Smedegaard-Petersen és Stolen (1981) által árpa lisztharmat, Barabás és mtsai. (1983) búza levélrozsda, illetve Wagoire és mtsai. (1998) búza sárgarozsda esetében tapasztaltakhoz. Az *Sr31*-es gént tartalmazó fajtáknál bár szignifikáns mértékű a terméscsökkenés, de még 10 % alatti a hat év átlagában, és a legnagyobb mértékű csökkenés sem éri el a 15 %-ot. Az *Sr5*-ös gént tartalmazó fajta esetében viszont -14,26 és -56,31 % közötti terméscsökkenést tapasztaltunk, amely a hat év átlagában elérte a -35,37 %-ot, amely 5 t/ha termést feltételezve 1,75 t/ha veszteséget jelent (jelenlegi árakon ez több mint 30.000,- Ft/ha). Az ismeretlen *Sr* génű fajták közül a GK Dávid terméscsökkenésének mértéke az *Sr36*-os gént tartalmazó fajták szintjén van, annak ellenére, hogy a legtöbb évben közepes mértékben fertőződött. Ezt okozhatja egy, még eddig a GK Dávidban nem azonosított szárrozsda rezisztencia gén, vagy pedig egy bizonyos mértékű tolerancia a kórokozóval szemben (23. táblázat).

22. táblázat
Őszi búza fajták termése (t/ha) fungiciddel védett (V) és szárrozsda rasszakeverékkel mesterségesen fertőzött (F) körülmények között (Szegeden, 1993-1998)

[illegible]

23. táblázat
Őszi búza fajták termésének változása az ikerparcellás kísérletben a fungiciddel védett parcellák terméséhez viszonyítva (Szeged, 1993-1998)

Fajta	Terméscsökkenés mértéke (%) a fungiciddel védett parcellához viszonyítva						
Év	1993	1994	1995	1996	1997	1998	6 év átlaga
Sr36							
GK Góbé	3,20	-4,50	6,43	1,74	-11,35	1,35	-1,71 NS
GK Kalász	-4,22	-0,70	-6,62	-9,98	-8,33	4,88	-3,88 NS
GK Garaboly	2,83	-7,15	-1,52	6,53	-14,44	-3,45	-4,38 NS
Arthur 71	-5,51	-3,98	-18,42	4,12	-7,62	4,71	-4,64 NS
GK Kincső	-6,66	-9,32	-2,83	9,10	-11,04	-2,41	-5,00
Sr31							
GK Véka	-7,90	-10,76	-2,19	2,84	-13,37	1,32	-5,78
GK Csörnöc	-3,38	-14,72	-14,08	2,24	-13,11	-6,06	-9,71
Sr5							
GK Élet	-20,39	-56,31	-14,26	-21,16	-45,16	-40,64	-35,37
Ismeretlen Sr génű fajták							
GK Dávid	8,36	-18,77	38,32	-4,99	-17,37	-14,09	-5,01
Jubilejnaja 50	-27,65	-51,28	-17,86	-13,36	-46,14	-44,61	-36,17
Átlag	-6,13	-17,75	-3,30	-2,29	-18,79	-9,90	-11,17

NS = nem szignifikáns mértékű

A mesterséges szárrozsda fertőzés eltérő módon befolyásolta a termés mennyiségét. A korrelációs koefficiens értékei alapján a mesterséges szárrozsda fertőzés hatása a legtöbb évben meghatározó volt, kivéve az 1995-ös és 1996-os esztendőt (24. táblázat).

24. táblázat
A mesterséges szárrozsda fertőzés hatása őszi búza fajták termésére (Szeged, 1993-1998) (n = 10)

Év	Korrelációs koefficiens értékei
1993	-0,8168**
1994	-0,9772***
1995	-0,3511
1996	-0,6116 ^o
1997	-0,9333***
1998	-0,9119***

^oP = 10 %, **P = 1 %, ***P = 0,1 %-os szinten szignifikáns

A nemesítési munka során a fajtáinkba beépített szárrozsda rezisztencia gének közül az *Sr36* és *Sr31*-es gén hatékony védelmet nyújt a kórokozó támadásával szemben. E gének nemcsak a fertőzöttség mértékét csökkentik jelentősen, hanem a termésveszteség mértékét is. Bár az

utóbbi 25-30 évben a szározsdá természetes előfordulása nem okozott problémát Magyarországon, ezek a fajták (GK Kincső, GK Garaboly, GK Kalász, GK Góbé, GK Csörnóc, GK Véka) egy esetlegesen fellépő járvány esetén is biztonsággal termeszthetők. Emellett a nemesítési munkában hatékonyan felhasználhatók az új fajták szározsdával szembeni ellenállóképességének javítására is. Ugyancsak hasznos lehet azoknak a formáknak a megtalálása is, amelyek kissé fogékonyak, azonban termésük nem csökken nagyobb mértékben, mint a hatékony rezisztencia géneket tartalmazó fajtáké (lásd: GK Dávid). A kiváló szározsdá rezisztenciájú GK Kincső esetében a hatéves kísérletsorozatban bizonyítottuk, hogy a rezisztens fajta termése is csökkenhet szignifikáns mértékben nagy fertőzési nyomás esetében, amely megegyezik a Smedegaard-Petersen és Stolen (1981) árpa lisztharmatnál, Barabás és mtsai. (1983) búza vörösrözdájánál és Wagoire és mtsai. (1998) által a búza sárgarözdájánál tapasztaltakkal.

4.2. Rezisztencia gének meghatározása hagyományos és molekuláris módszerekkel

4.2.1. Szározsdá rezisztencia gének azonosítása hagyományos módon

A GK Kincsőben lévő rezisztencia gén azonosításakor a W-2691 / GK Kincső keresztezéséből származó F_1 , BCF_1 , F_2 és a szülők szántóföldi tesztje során nem találtunk fogékony növényt, amelyet az F_3 nemzedékben kapott eredmények is alátámasztottak. Ez egyértelműen bizonyítja a szározsdá *Sr36*-os génjének jelenlétét a GK Kincső fajtában (25. táblázat).

25. táblázat
A GK Kincsőben lévő *Sr36* jelenlétének igazolása szántóföldi, felnőttkori tesztel
(Szeged, 1995, 1996)

Megnevezés		Szározsdá fertőzöttség (növények száma)		
		Rezisztens	Fogékony	Hasadási arány
W-2691 / GK Kincső	F_1	6	0	0
	BCF_1	8	0	0
	F_2	585	0	0
	F_3	479	0	0
W-2691	1995	33	0	0
	1996	33	0	0
GK Kincső	1995	83	0	0
	1996	69	0	0

A felnőttkori tesztek mellett elvégeztük a fiatalkori vizsgálatokat is. A GK Kincső reakciói a 18 szározsdá patotípussal szemben hasonlóak voltak, mint a W-2691-é, bár néhány esetben a GK Kincső változatosabb reakciókat mutatott (néhány fogékony infekciós típussal az uralkodó rezisztens reakció típusok között), mint a W-2691. A G 425-ös patotípussal szemben fogékony volt, hasonlóképpen a W-2691 vonalhoz (26. táblázat).

Ezek az eredmények megerősítik a szántóföldi teszt eredményét, mely szerint a GK Kincső tartalmazza az *Sr36*-os szározsdá rezisztencia gént, valamint feltételezhető más ismeretlen rezisztencia gén vagy gének jelenléte is.

A GK Kincső származékai közül a GK Szinbád teljesen fogékonyságot mutatott a G 425-ös patotípussal szemben, ugyanúgy, mint a GK Kincső (26. táblázat). A GK Góbé és a GK Zugoly reakciója variábilisabb, fogékony és rezisztens reakció típus egyaránt megfigyelhető volt a G 425-ös patotípus esetében. A GK Kalász és GK Garaboly egységesen rezisztens reakció típust mutatott a G 425-ös patotípussal szemben. Ezek az eredmények azt jelzik, hogy a GK Kincsőből származó *Sr36*-os gén mellett komplementer gén vagy gének is jelen lehetnek a GK Góbé, GK Kalász, GK Garaboly és GK Zugoly fajtákban a G 425-ös patotípussal szemben mutatott reakciójuk alapján.

26. táblázat
Őszi búza fajták reakció típusa 18 szárrozsda patotípussal szemben csíranövénykorban

Patotípusok	GK Kincső	W-2691 (<i>Sr36</i>) (Magyar)	GK Góbé	GK Kalász	GK Garaboly	GK Zugoly	GK Szindbád
G 927	;1-1 +23	;	0 (;)	0;	0	0	0(;1-1)
G 283	0; 2+3	;3-	03(2+)	0,12+3	012+3	02+3	03(1+)
G 269	0, 1-123	;	0	0;	0;1-1	0;(1+)	0(3)
G 605	0; 13	;	0	0	0	0(;4)	0(13)
G 702	; 123	;1+	0;(3)	0;	0;	0;1-1	;1-1
G 530	;1-1 (X)	;1	0(1-)	0;	0	0(;)	0(1-)
G 327	; 13	;1-2	0(;)	0;	0;	0(;)	;1-1(0)
G 69	;1-1	;	0	0(;)	0	0	0
G 64A	0; 2-3	;	0(13)	0;	0;	0	0
G 1728	;1 1+3	;1	0(;13)	0(;)	0;	0;	0
G 2011	;1-1 (3)	;	0;(1-)	;1-)	0;	;0)	0;
G XLC 18	;1 1+3	0;	;0(1-1)	;1	0;1(3)	;1-1	;1-1(0)
G 2106	;1 1-1+	;	0(;1)	;0	0	0	0
G 334/1	0; 1-1+	;	0(;1)	0	0	0	0
G 1713	0; 1-1 1+(3)	;1	0;	0;(1)	0	0	0(;)
G 425	33+	3-	;13-3+(0)	;1-1	;1	13	33+
G 802	;1 1+(0)	0;	0	0(;)	0	0	0
G Sr 11	0; 1+	;1	0;1-1+	0;	0	0	0(;1-)

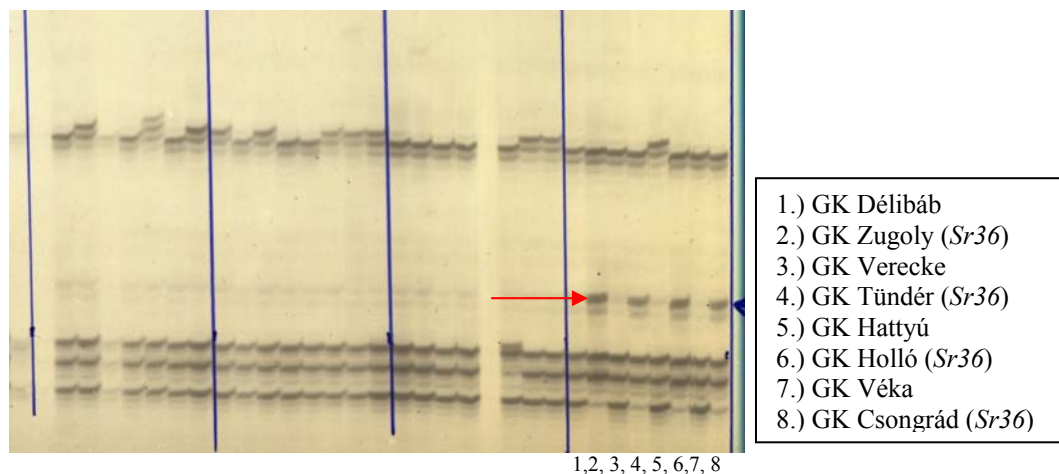
A fajtában lévő *Sr36*-os szárrozsda rezisztencia gén 1978 óta biztosít hatékony védelmet e kórokozó ellen (27. táblázat) mesterséges fertőzések körülmények között, ahol a fogékony genotípusok fertőzöttségének mértéke megközelítette a 80-100 %-ot.

27. táblázat
Az Sr36-os szárrozsda rezisztencia gént tartalmazó fajták ellenállósága szárrozsdával szemben felnőttkorban

	Fajták						
	GK Kincső	GK Góbé	GK Kalász	GK Garaboly	GK Zugoly	GK Szindbád	Fogékony fajta
Évek	Átlagos fertőzöttségi koefficiens (ACI)						
1978	0,5*	-	-	-	-	-	100
1979	1	-	-	-	-	-	40
1980	4	-	-	-	-	-	100
1981	0	-	-	-	-	-	100
1982	0	-	-	-	-	-	100
1983	0	-	-	-	-	-	80
1984	0	-	-	-	-	-	80
1985	0	-	-	-	-	-	70
1986	0	-	-	-	-	-	80
1987	0	2	-	-	-	-	100
1988	0	0	-	-	-	-	100
1989	0	0	-	-	-	-	100
1990	0	-	-	-	-	-	100
1991	0	0	-	-	-	-	80
1992	0	7,5	-	0	-	-	60
1993	0	2	0	0	4	0,1	70
1994	2,5	0	0	0	0	0	70
1995	1,4	0,8	3,4	3,3	0	0	80
1996	0	0	0	0	0	0	100
1997	0	0	0,3	0,7	0	0	100
1998	0,5	0	0	1,6	0	0	100
1999	-	-	-	-	-	-	-
2000	0	0	0	2	0	0,5	100

4.2.2. Szárrozsda rezisztencia gének azonosítása molekuláris módon

A hagyományos génazonosításhoz alkalmazott módszerek viszonylag hosszú időt vesznek igénybe, nagyon munka- és költségigényesek. Ez nemcsak a tesztek elvégzésére vonatkozik, hanem az ehhez szükséges szárrozsda patotípusok előállítására, felszaporítására és fenntartására is. A különböző molekuláris módszerek (PCR, RAPD) már lehetővé teszik az *Sr31* és az *Sr36*-os gének jelenlétének jóval rövidebb idő alatti azonosítását is anélkül, hogy szükség lenne a fiatal kori üvegházi tesztek elvégzésére (30. ábra). E módszerekkel jelentősen lerövidíthető az idő- és munkaigény, amely jelentős költségcsökkenést is okoz. A 28. táblázatban azokat a szegedi fajtákat láthatjuk, amelyek esetében a különböző módszerekkel azonosítottuk a bennük lévő szárrozsda rezisztencia géneket (Manninger és mtsai. 1998, Purnhauser még nem publikált adat, Csősz és mtsai. 2001). A molekuláris vizsgálatok eredményei sok esetben megerősítették a hagyományos módon végzett tesztek eredményét.



30. ábra: Az *Sr36* szárrozsdá rezisztenciagén azonosítása szegedi búzafajtákban a rezisztenciagénnel szorosan kapcsolt mikroszatellit (gwm271) markerrel. A nyíl az *Sr36*-al kapcsoltan öröklődő markerfragmentumot jelöli.

28. táblázat

Szegedi nemesítésű őszi búza fajták szárrozsdával szembeni ellenállósága felnőttkorban és az azonosított szárrozsdá gének

Fajta	Elismerés	Felnőttkori	Azonosított gének		
	Éve	Reakció	Módszerek		
		Típus	Hagyományos	SSR	RAPD
GK Kincső	1983	R	<i>Sr36</i>	<i>Sr36</i>	
GK Zombor	1983	MR	<i>Sr31</i>		<i>Sr31</i>
GK István	1984	S	<i>Sr5</i>		
GK Barna	1986	S	<i>Sr5</i>		
GK Csűrös	1987	MR	<i>Sr31</i>		<i>Sr31</i>
GK Góbé	1992	R	<i>Sr36</i>	<i>Sr36</i>	
GK Délibáb	1992	S	<i>Sr5</i>		
GK Zugoly	1993	R	<i>Sr36</i>	<i>Sr36</i>	
GK Csörnóc	1995	MR			<i>Sr31</i>
GK Szindbád	1996	R	<i>Sr36</i>	<i>Sr36</i>	
GK Véka	1996	MR			<i>Sr31</i>
GK Kalász	1996	R	<i>Sr36</i>	<i>Sr36</i>	
GK Élet	1996	S	<i>Sr5</i>		
GK Garaboly	1998	R	<i>Sr36</i>	<i>Sr36</i>	
GK Kunság	1998	R		<i>Sr36</i>	
GK Jászság	1999	R		<i>Sr36</i>	
GK Forrás	1999	R		<i>Sr36</i>	
GK Csongrád	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Héja	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Holló	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Tündér	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Ati	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Margit	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Jutka	2001	R		<i>Sr36</i>	
GK Cinege	2002	R		<i>Sr36</i>	

4.3. Rezisztencia gének hatékonyságának vizsgálata felnőttkorban

4.3.1. A vöröszrozsda rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága

Szeged Kecskés telepi tenyészterületünkben 1995 óta (kivétel az igen száraz 2003-as év) kísérjük figyelemmel a Thatcher alapú búza közel izogén törzsek fertőzöttségének mértékét. A két legfertőzöttebb év 1996 és 2006 volt. 2006-ban a hatékony csoportba sorolt *Lr35* és *Lr38*-as gént tartalmazó közel izogén vonal is jelentős mértékben fertőződött, amely mind a borítottság mértékében, mind a reakció típusban megmutatkozott. Ugyancsak erősebben fertőződött a mérsékelt hatékony csoportba tartozó vöröszrozsda rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén törzsek nagy része is, amely a patotípusok összetételében bekövetkezett változásokra utalhat. Ezt jelezheti a hatástalan csoportba sorolt *Lr3ka* gént tartalmazó közel izogén vonal 2004 óta tapasztalt alacsony fertőzöttsége is (tünetmentes ill. nyomokban fertőződött (29. táblázat). A leghatékonyabb gének (*Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, és *Lr25*) hatékonysága azonban változatlan szegedi körülmények között (Csősz és mtsai. 2000). Ezek viszont a köztermesztésben lévő fajtáinkban nem szerepelnek.

A szántóföldi tesztekben jelentős különbségek voltak az országok és az országon belül a helyek természetes fertőzöttségének mértékében, amelyet az 1998-as év adatai jól mutatnak (30. táblázat).

A modern európai őszi búza gyűjteményben a leggyakrabban azonosított rezisztencia gének az *Lr3a*, *Lr10*, *Lr13*, *Lr14a*, *Lr20*, *Lr26* és *Lr37* (Winzeler et al. 2000). Ezen gének legtöbbször a védekezés szintje alacsony volt szántóföldön, jelenleg az Európában kiterjedten használt közül az *Lr35* és *Lr37*-es a leghatékonyabb (30. táblázat).

4.3.2. Szárrozsda rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága

Sajnos az új, LMPG alapú szárrozsda izogén vonalokról még csak két éves adatsorral rendelkezünk, amely messzemenő következtetések levonására nem nyújt lehetőséget. A fertőzöttség mértéke alapján felnőttkorban a leghatékonyabb az *Sr36*, *Sr27* és *Sr31*-es gén. A két év alapján ugyancsak jó hatékonyságú volt az *Sr24*, *Sr25* és *Sr26*-os gén. A három hatékony gén esetében megfigyeléseink megegyeznek Vida és mtsai. (2000) eredményeivel, míg az *Sr24* és *Sr25* esetében jelentős eltérést tapasztaltunk (31. táblázat). A szárrozsda vonalak további vizsgálata feltétlenül szükséges hatékonyságuk megítéléséhez.

4.3.3. Lisztharmat rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága

A lisztharmat rezisztencia gének hatékonyságát 1989 óta kísérjük figyelemmel. Látható, hogy olyan hatékonyságú rezisztencia gén, mint pl. a levélrozsda esetében az *Lr9*, *Lr19*, nincs a rendelkezésünkre álló lisztharmat rezisztencia gének között. A 14 év eredményét figyelembe véve az Amigo-ban lévő *Pm17*-es gén bizonyult a leghatékonyabbnak. E gén esetében a természetes lisztharmatfertőzés számára igen kedvező 1994-es évben is csak közepes mértékű fertőzödést figyeltünk meg (32. táblázat). Szántóföldi körülmények között jó hatékonyságú még a CI 17739 és CI 17760-as vonalban lévő gén/gének és a *Pm6*-os gén (NK 747), valamint a *Pm5+Pm6*-os gén (NK 983). Eredményeink hasonlóak a COST 817-es munkacsoportjában kapott eredményekhez (Clarkson 2000) és a Szunics és mtsai. (2001) által megfigyeltékhez.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy vizsgálataink alapján magyarországi körülmények között felnőttkorban hatékony védelmet nyújt a vöröszrozsda populációval szemben az *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr29*, *Lr35*, *Lr38K*-as, szárrozsda esetében az *Sr36*, *Sr27*, *Sr31*-es gén, lisztharmat gének közül pedig kisebb mértékben fertőződnek a *Pm17*, *Pm6* és *Pm5+6*-os gének kombinációt tartalmazó vonalak. Ezen hatékony gének közül az *Sr36* és az *Sr31* fordulnak elő nagy gyakorisággal fajtáinkban.

29. táblázat
Vöröszorsda rezisztencia gének hatékonysága felnőttkorban (1995-2006, Szeged)

Gének	Vöröszorsda fertőzöttség mértéke										
	Évek										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2006
<i>Hatékony</i>											
<i>Lr9</i>	0	0	0	0	0	0	0	tMR-MS	0	0	10MR
<i>Lr19</i>	5R	0	0	tMR	0	0	0	tMR-MS	0	tMR	0
<i>Lr24</i>	0	tR	5MR	tMR	0	0	0	15MR-MS-S	0	0	0
<i>Lr25</i>	0	30R	0	tMR	0	5MR	0	5MR-MS	0	0	20MS
<i>Lr29</i>	10R	20R-MR	tR	30MR	20;R	10R	0	1MR-MS	0	10R-MR	40MR
<i>Lr35</i>	2R-MR	tMR	tR	0	30R-MR	10R	TMR	40MS-S	tMR	5R	60S
<i>Lr38K</i>	5R	0	Tr	0	30R-MR	30MR-MS	TMR	30MS-S	10MR	5R	60S
<i>Mérsékelt hatékony</i>											
<i>Lr12</i>	20R-MR	80R-MR	40R	20MR	80;R-MR	30MR	30MR-MS	20MR-MS-S	30MR-MS	60R-MR	20MS
<i>Lr13</i>	40MS(MR)	80R-MR	30R-MR	40MR	80;R-MR	30R-MR	10R-MR	40MS-S	20R-MR	60MS-S	60S
<i>Lr17</i>	5R	30R-MR	20R-MR	10MR	100;R-MR	20R	10MR	30MS-S	10MR	30R-MR	10MS
<i>Lr18</i>	30R	100R-MR	20R-MR	10R	80;R-MR	30R-MR	10R-MR	10MS-S	10R-MR	0	60S
<i>Lr23</i>	5R-MR	40MS	30R-MR	tMR	40;R-MR	0	10R-MR	15MR-MS-S	5R-MR	20R	60S
<i>Lr28</i>	40R-MR	30MR	20MS-S	5R	40;R-MR	30MR-MS	0	15MS-S	0	0	60MS-S
<i>Lr32</i>	30MR-MS	60MR	20R-MR	10MR	80;R-MR	30R-MR	5MR	30MS-S	10MR	5R-MR	60S
<i>Lr37</i>	10R-MR(MS)	80MR	20R	5MR	60;R-MR	20R	TR	15MR-MS-S	5R	5R	100MS-S
<i>Lr44</i>	30MS	80R-MR	50R-MR	tMS	70;R-MR-MS	40R-MR	TMR	30MS-S	5MR	10MR	60S
<i>LrW</i>	40MS(MR)	60MR	20R-MR	60MS	30;R-MR	10MR	TR	30MS-S	tR	0	40S
<i>Hatástalan</i>											
<i>Lr1</i>	25MR-MS	100S	40MR-MS	40MS	50R-MR	30R-MR-MS	5MR	40MS-S	5MR	30MR	100S
<i>Lr2a</i>	20MR	100S	60MR	40MS	70MR-MS	20MR-MS	60MS-S	40MR-MS-S	50MS-S	50MR-MS	100S
<i>Lr2b</i>	30MR-MS	100S	80MS	-	100MS	50S	80S	40MS-S	70S	50MS-MS	100S
<i>Lr2c</i>	50MS-S	100S	100S	60MS	100MS	40S	60S	30MS-S	60S	50S	100S
<i>Lr3</i>	50S	100S	100S	80MS	100S	40S	50MS-S	40MS-S	50MS-S	60S	80S
<i>Lr3bg</i>	30S	100S	100S	40MR	100S	50MR-MS	60MS-S	40MS-S	50MS-S	60S	80S
<i>Lr3ka</i>	50S	100S	80MS-S	20MR	60MS-S	20MR-MS	0	50MS-S	0	0	tMR

Gének	Vöröszorsda fertőzöttség mértéke										
	Évek										
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2004	2005	2006
<i>Lr10</i>	60S	100S	80S	30MR	100S	40S	20MR-MS	40MS-S	20MR-MS	50MS-S	100S
<i>Lr11</i>	60S	100S	100S	30MR	100S	40MR-MS	30S	45MS-S	30MS-S	60S	80S
<i>Lr14a</i>	40MS-S	100S	80S	40MR	100S	20MS-S	50MS-S	50MS-S	40MS-S	80S	60S
<i>Lr14b</i>	15MR-MS	100S	80MS	10MR	80R-MR-MS	30MR	20MR	40MS-S	20MR	30MR-MS	60S
<i>Lr15</i>	60S	100S	100S	20MR	100S	40MS-S	30MR-MS	60S	30MR-MS	0-60MR-MS	80S
<i>Lr16</i>	10S	100S	100S	40MR	100S	40S	20MR	45S	20MR	5R	30MS
<i>Lr20</i>	30MR-MS-S	100S	60R-MR-MS	10MR	80R-MR-MS	-	20R-MR	30MS-S	20R-MR	0	80S
<i>Lr21</i>	50MS-S	100S	60MR	10MR	100S	-	50MR-MS-S	40S	40MR-MS-S	5R	60S
<i>Lr22</i>	30MR	80S	20R-MR	tMR	60;R-MR	5R	5MR	10MR-MS-S	5MR	0	60S
<i>Lr26</i>	50S	100S	80MS	5MR	100S	20MR	60MS-S	60MS-S	40MS-S	60S	80S
<i>Lr30</i>	30MR-MS-S	80S	60R-MR	5MR	80MR-MS-S	40MR-MS	50MR-MS	50S	30MR-MS	30MR-MS	80S
<i>Lr33</i>	40S	100S	30MR	40MS	100S	60MS-S	40MR-MS	10MS-S	30MR-MS	20MR-MS	60S
<i>Lr34</i>	20MS-S(MR)	80MS	20R-MR	20MR	60S	40MR-MS	tMR	50S	5MR	5MR-MS	60S
<i>Lr38T</i>	40MR-MS	80S	50R-MR	5MR	50;R-MR-MS	20MR	5MR	40MS-S	10MR	5R-MR	60S
<i>Lr44</i>	40MR-MS-S	80MS	50MR-MS	tMS	80R-MR-MS	50R-MR	5R	40MS-S	5R	50;R-MR	80S
<i>LrBC</i>	40S	100S	80MS-S	60MS	100S	50MS-S	30MR-MS	50MS-S	30MR-MS	20MR-MS	80S
<i>LrBPI</i>	40S(MS)	80S	50MS	60MS	100S	60S	20MR-MS	50S	20MR-MS	5MR-MS	60S
<i>Tc (S)</i>	60S	100S	80S	60MS	100S	30MS	50S	40S	40S	30S	60S

0 = tünetmentes, ; = nagyon rezisztens, R = rezisztens, MR = mérsékelten rezisztens, MS = mérsékelten fogékony, S = fogékony

Megjegyzés: 2003-ban a szárazság miatt nem tudtuk értékelni a vörös rozsdá rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén vonalak természetes vöröszorsda fertőződésének mértékét.

30. táblázat

A vöröszrozsda közel izogén törzsek fertőzöttségének mértéke felnőttkorban néhány európai országban 1998- és 1999-ben (Kivonat, Mesterházy et al. 2000)

	Románia	Magyarország				CH **	GB	PL	
Lr gén	1998	1998				1998	1999	1998	1999
	Fundulea	Szeged	Marton.	Táplán	Budapest	Rkholz	Abery	Kr. ***	Kr
Lr1	70MS-S	40MS-S	60S	50R-MR	0	2	18MS	3	40MR
Lr2a	80MS-S	40R-MR-MS	70S	80MS	0	4	18S	3	30MS
Lr2b	80MS-S	- [#]	50S	80MR-MS	30 S	5,5	25S	6	60MS
Lr2c	80S	60MS-S	40S	80MS	40-50MS	6	35S	6	50MS
Lr3	80S	80MR-MS-S	50 S	30R	20 MS	6	45S	7	60MS
Lr3bg	40MS	40MR, S	80S	80MS-S	30-40MS	6	45S	5	70MS
Lr3ka	80S	20R-MR	70S	tR-MR	30-40MS	5	45S	6	40MS
Lr9	-	0	0	0	0	1	0	1	-
Lr10	80S	30MR-MS	20S	60MR-MS	10MR-MS	5	-	6	30MR
Lr11	60MS	30MR	30S	-	5MR-MS	4,5	45S	6	50MS
Lr12-A [†]	70MS-S	20MR-MS	1R-40MS	30R-MR	0	3	-	3	30MR
Lr13-A	80S	40R-MR	0	30R-MR	t R-MR	3	30S	4	50MS
Lr14a	80S	40MR-MS-S	-	40MS	50S	5,5	50S	6	60MS
Lr14b	70MS	10MR	15MS	40MR-MS	10MR-MS	3,5	-	5	70MS
Lr15	80S	20MR-MS	1R-40 S	80MS	40-50MS-S	6	50S	5	70S
Lr16	80S	40MR-MS	50S	60MS	30MS-S	4,5	-	5	50MS
Lr17	-	10MR	1 R	20R-MR	t MS	3	35MR	6	60MS
Lr18	30MS	10R	0-40MR	10R-MR	t MR-MS	2,5	-	3	10R
Lr19	0R	tMR	t R	0	0	1	tR	1	0
Lr20	30MR-MS	10R-MR	0-10MR	40MR	t MR-MS	2	35S	5	30MS
Lr21	70MS-S	10MR	0	60MR-MS	0	2,5	30X	6	50S
Lr22a-A	50MS	tMR	0-30 MR	10R-MR	0	3,5	-	2	10MR
Lr23	80S	2R-MR	1 R	40MS	20MR-MS	3	40X	3	2R
Lr24	0R	t MR	0	T MR	t MR	1	0	1	0
Lr25	80S ⁺	t MR	0	0	10-30MR-MS	1	-	4	0
Lr26	80S	5R-MR	80S	60MS	30 MS	4,5	45S	7	60MS
Lr28	20MR	5R	0-5 R	80MS	0	1	15R	5	10S
Lr29	90MS-S	30MR-MS-S	0	T MR	0	1	-	3	0
Lr30	90S	5MR	60S	80MS	30MS	4,5	-	7	20MR
Lr32	80MS-S	10R-MR	0 (50 S)	30R-MR	t MR	3	-	5	20MR
Lr33	80MS-S	40MS	30 MS	80MS	0	5	-	7	60MS
Lr34-A	80MS-S	20MR-MS	0 (5 MR)	60MS	t MR	4,5	-	3	10MR
Lr35-A	tMS	0	0-50 R	-	t MR	1	-	3	5R
Lr37-A	50MR-MS	5MR	0	10R-MR	t MR	1	35MR	2	0
Lr38	0R	0	0	-	0	1	-	3	10MR
Lr44	30MR-MS	5 MR	3 R	60MR	20MS	1	-	5	30S
LrB	-	60MS-S	1 R	40MS	30MS	8	-	2	40MS
LrW	-	40MS	0	-	0	2,5	-	3,5	20MR
Thatcher	50S	70S	60S	80S	80-100S	5,5	-	5	80-100S

Bonitálási skála: módosított Cobb skála, S = fogékony, MS = mérsékelt fogékony, MR = mérsékelt rezisztens, R = rezisztens, X vegyes infekciós típus, t = nyomokban, ** Svájc, Zürich-Reckenholz, bonitálási skála 1-6, 1 = tünetmentes, *** Lengyelország, Krakow, bonitálási skála 1-9, 1 = tünetmentes, -: nincs adat, 0: tünetmentes, + valószínűleg az Lr gén nincs jelen a törzsben, [†]: -A: felnőttkorban hatékony rezisztencia gének (Manninger, 1999)

31. táblázat: Szárrozsda rezisztencia gének felnőttkori hatékonysága (Szeged, 2000-2001)

Gének	Szárrozsda fertőzöttség mértéke	
	2000	2001
<i>Sr5</i>	50MS	50MS
<i>Sr6</i>	10MS	40MS
<i>Sr7a</i>	60MS	40MS
<i>Sr8a</i>	50MS	60S
<i>Sr8b</i>	50MS	20MS
<i>Sr9a</i>	40MR	60MS
<i>Sr9b</i>	30R-MR	60S
<i>Sr9d</i>	30MS	40MS
<i>Sr9e</i>	5R	40MR
<i>Sr11</i>	5R	40MS
<i>Sr12</i>	30MS	60S
<i>Sr13</i>	50MS	40MS
<i>Sr17</i>	30MR-MS	40MS
<i>Sr18</i>	60MS	40MS
<i>Sr21</i>	40MS	40MS
<i>Sr22</i>	30MS	40MS
<i>Sr23</i>	30MR-MS	60MS
<i>Sr24</i>	5R	20MS
<i>Sr25</i>	0-30MS	20MR
<i>Sr26</i>	5R	20MR
<i>Sr27</i>	tR	tMS
<i>Sr28</i>	60MS	60S
<i>Sr29</i>	40MS	tMS
<i>Sr30</i>	30MS	60S
<i>Sr31</i>	5R	5MS
<i>Sr32</i>	0-tR	20MS
<i>Sr33</i>	40MS	70S
<i>Sr34</i>	50MS	tMS
<i>Sr35</i>	30MS	60MS
<i>Sr36</i>	0	tMS

**32. táblázat: Lisztharmat rezisztencia gének hatékonysága felnőttkorban Szegeden
(1989-2003)**

Gének	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	2000	2001	2002	2003
CI 14114 (<i>Pm1</i>)	80S	80S	80S	60S	20S	80S	60S	20S	20S	40MS	30MS	40S	30S	30MS
CI 14118 (<i>Pm2</i>)	100S	80S	100S	60S	20S	80S	80S	40S	20S	40MS	30MS	80S	50S	40MS
CI 14119 (<i>Pm2+</i>)	100S	80S	100S	60S	30S	80S	60S	40S	20S	30MS	20MS	80S	60S	20MS
CI 14120 (<i>Pm3a</i>)	80MS	80S	40S	40S	10S	60S	40S	10S	10S	30MS	10MS	60S	30S	20MS
CI 14121 (<i>Pm3b</i>)	60MS	60S	100S	-	20S	80S	80S	5S	20S	50MS	20MS	40S	20MS	30MS
CI 14122 (<i>Pm3c</i>)	40MS	80S	100S	40S	20MS	80S	60S	5S	20S	40S	20MS	80S	30MS	20MS
CI 14123 (<i>Pm4</i>)	40MS	80S	80S	30MS	20MS	80S	80S	5S	20S	40S	30MS	80S	40S	20MS
CI 14124 (<i>Pm4</i>)	40MS	60S	80S	40S	20S	80S	40S	5S	5S	10MS	20MS	80S	40S	20MS
CI 14125 (<i>Pm5</i>)	60MS	60S	100S	60S	10MS	80S	60S	tMS	5S	30MS	5MS	40S	30S	10MS
PI 405718 (<i>Pm2+Pm6</i>)	-	-	100S	60S	40S	100S	80S	10MS	5S	60S	20MS	80S	40S	5MS
CI 14189 (<i>Pm7</i>)	40MS	80S	80S	100S	30S	100S	40S	40S	10S	50S	20MS	60S	60S	20MS
PI 361879 (<i>Pm8</i>)	60S	80S	60S	80S	30S	80S	0-30S	40S	40S	60S	tMS	80S	60S	10MS
CI 15888 (<i>MA</i>)	100S	80S	100S	40S	20S	80S	0-30S	10S	30S	60MS	5MS	60S	20MS	5MS
CI 15886	80S	80S	100S	40S	10S	60S	40S	5S	30S	50MS	20MS	40S	40S	20MS
CI 15887 (<i>Pm3b</i>)	60S	60S	100S	40S	10S	60S	60S	tS	30S	40MS	20MS	40MS	30S	10MS
CI 17739	30MS	40S	40S	30MS	10S	60S	5S	tS	20S	20MS	10MS	40MS	20MS	10MS
CI 17760	10MS	30S	40S	30MS	0	60S	tS	5S	20S	20MS	20MS	40S	20MS	10MS
Amigo (<i>Pm17</i>)	30MS	10MS	20MS	20MS	0	40MS	5S	tMS	30S	tMS	10MS	5MS	tMS	10MS
NK747 (<i>Pm6</i>)	-	-	-	-	-	-	-	5MS	5MS	20MS	5MS	60S	20MS	-
NK 983 (<i>Pm5+Pm6</i>)	-	-	-	-	-	-	-	5MS	10MS	20MS	20MS	60S	40MS	tMS
Chancellor (S kontrol)	100S	100S	100S	30MS	40S	60S	40S	40S	20MS	40S	20MS	80S	30MS	20MS

4.4. Specifikus vöröszrozsda patotípusok izolálása őszi búza molekuláris rezisztencia genetikai kutatásaihoz

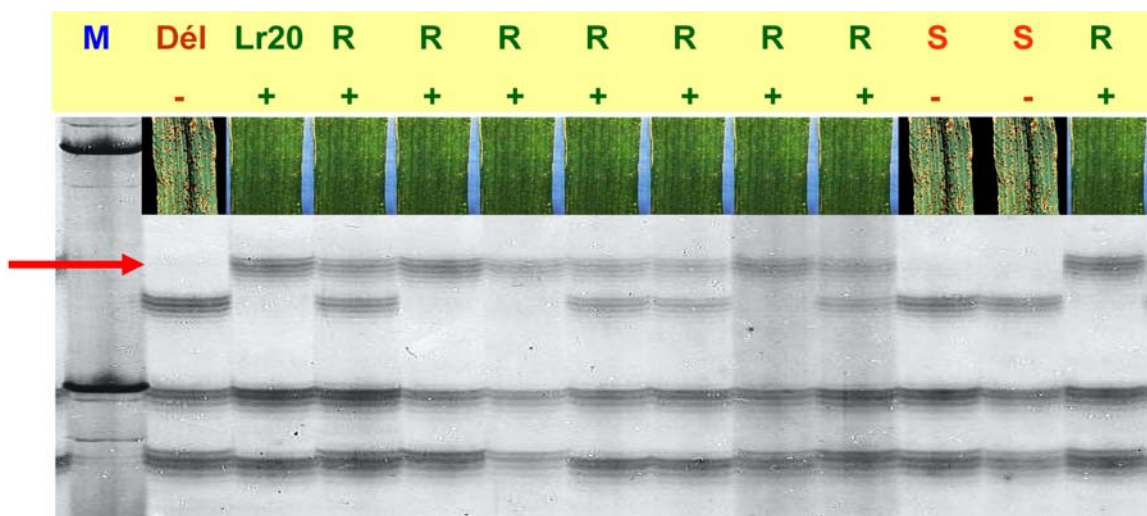
A fenotípezési munkához szükséges, specifikus reakciókat adó izolátumok megtalálásához összesen 63 monospóras izolátumot állítottunk elő, amelyből 55 izolátum komplett értékelését tudtuk elvégezni. A differenciáló tesztosztimenten kívül rendelkezésünkre álló még 27, Thatcher alapú búza közel izogén törzset is bevontuk az értékelésbe, amely alapján a következő eredményt kaptuk.

A 15-ös standard differenciáló tesztosztiment alapján az 55 izolátum 17 levélszrozsda patotípust képviselt. A legnagyobb számban a 43722-es számú rasszba tartozó izolátum fordult elő a populációban, amely az 55 izolátum 50,9 %-át képviselte. Ez az eredmény megegyezik Manninger (2000) és Mesterházy és mtsai. (2001) adataival. A Manninger (2000) által leírt másik domináns patotípust (43702) az általunk vizsgált populációban nem találtuk meg. Ez magyarázható a mintavételbeli különbségekkel (nem azonos helyek és kísérletek), valamint az értékelt izolátumok viszonylag alacsony számával.

Miután alapvető célunk nem a vöröszrozsda populáció összetételének felmérése volt, hanem a fenotípezési munkához szükséges specifikus izolátum megtalálása, ezért a rendelkezésünkre álló 42 Thatcher alapú búza közel izogén törzs vöröszrozsda fertőzöttségét értékeltük fiatal korban. Ezeknek a reakció típusait figyelembe véve (a differenciáló tesztosztimenthez hasonlóan tripleteket alkotva), az 55 izolátum 46 vöröszrozsda patotípust képviselt (33. táblázat).

A 63 monospóras izolátumnak a 42 izogén vonalon megfigyelt reakció típusai alapján csíranövénykorban hatékony génnek bizonyult az *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *LrW*, *Lr28*, *Lr1*, *Lr23*, *Lr2a*, *Lr29*, *Lr38*(TMR), mérsékelten hatékonynak az *Lr20*, *Lr25*, *Lr44*(8404), *Lr3ka*, *Lr44*(T.spelt), *Lr32* vöröszrozsda rezisztencia gén. Ezek az eredmények a fenti okok miatt néhány esetben eltérnek Manninger (2000, 2006) eredményétől (34. táblázat).

A rendelkezésünkre álló specifikus izolátumok közül a 02000 számú patotípust használtuk fel a molekuláris munkához szükséges fenotípezési munkához. A 31. ábrán a GK Délibáb / *Lr20* F₂ nemzedékében lévő rezisztencia gén azonosítását látjuk SSR markerrel, kiegészítve a fiatal kori tesztek eredményével, amelyek, mint a képen is látható szoros kapcsoltságot mutatnak. Az ábrán a nyíllal jelzett marker sáv jelzi a rezisztencia gén jelenlétét (megfigyelhető a rezisztens fenotípus és a marker koszegregációja, azaz a marker és a rezisztencia gén szoros kapcsoltsága) (Tar és mtsai. 2003, 2004, 2005).



31. ábra: A rezisztens (R) és a fogékony (S) egyedek azonosítása az F₂ populációban mikroszatellit marker segítségével. (Dél = GK Délibáb, *Lr20* = NIL *Lr20*, + = rezisztencia gén jelen van, - = rezisztencia gén hiányzik)

Az általunk előállított patotípusok számos gén (pl. *Lr1*, *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *LrW* stb.) esetében alkalmasak a fenotípezési munka elvégzéséhez.

34. táblázat

Virulens izolátumok aránya a vörösrózsa rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén vonalakon

Gének	Virulens izolátumok aránya %	Gének	Virulens izolátumok aránya %
<i>Tesztosztiment</i>		+ 27 izogén vonal	
<i>Lr1</i>	9,5	<i>Lr3bg</i>	88,7
<i>Lr2a</i>	11,3	<i>Lr3ka</i>	57,1
<i>Lr2b</i>	82,3	<i>Lr10</i>	82,3
<i>Lr2c</i>	88,9	<i>Lr12</i>	93,7
<i>Lr3</i>	93,5	<i>Lr13</i>	93,7
<i>Lr9</i>	0,0	<i>Lr14a</i>	93,5
<i>Lr11</i>	92,1	<i>Lr14b</i>	91,9
<i>Lr15</i>	90,5	<i>Lr16</i>	84,1
<i>Lr17</i>	90,5	<i>Lr18</i>	88,7
<i>Lr19</i>	0,0	<i>Lr20</i>	22,2
<i>Lr21</i>	92,1	<i>Lr22</i>	90,5
<i>Lr23</i>	11,1	<i>Lr25</i>	28,6
<i>Lr24</i>	0,0	<i>Lr29</i>	7,9
<i>Lr26</i>	93,7	<i>Lr30</i>	92,1
<i>Lr28</i>	3,2	<i>Lr32</i>	68,9
		<i>Lr33</i>	95,1
		<i>Lr34</i>	100,0
		<i>Lr35</i>	100,0
		<i>Lr37</i>	100,0
		<i>Lr38(K)</i>	88,5
		<i>Lr38(TMR)</i>	18,0
		<i>Lr44(T.spelt.)</i>	66,1
		<i>44(8404)</i>	44,3
		<i>LrB(Ca)</i>	90,2
		<i>LrB(PI)</i>	82,0
		<i>Lr52(LrW)*</i>	0,0
		<i>Tc</i>	96,7

*Obert és mtsai. (2005), Hiebert és mtsai. (2005)

33. táblázat

55 monospórák izolátum besorolása rasszokba a 42 közel izogén vonal reakció típusai alapján

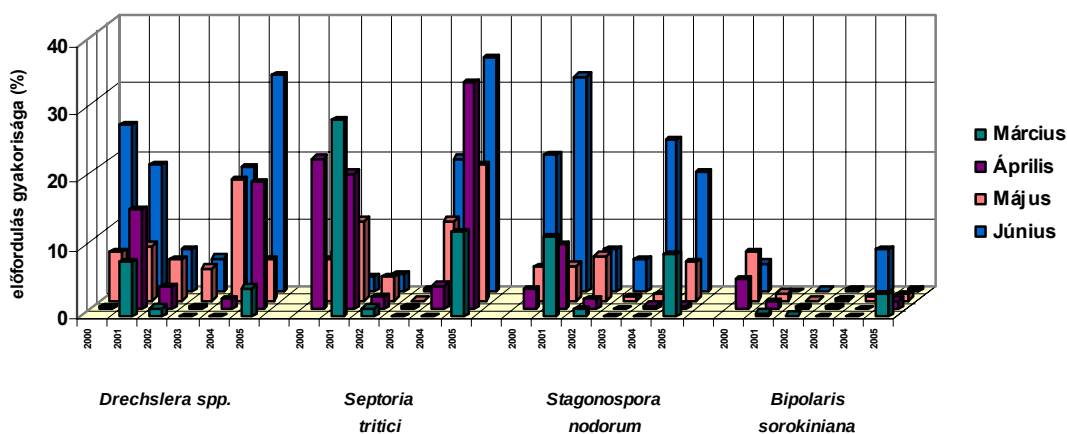
Rasszok		Virulens*	Előfordulásuk aránya
Differenciáló tesztzortiment alapján	+27 közel izogén vonal alapján	(*A felsorolt rezisztencia géneket tartalmazó izogén vonalakon az adott izolátum fogékony reakció típust mutatott)	a differenciáló tesztzortiment alapján
00022		<i>Lr21,26</i>	1,8
	047206305	<i>Lr14a,14b,16,18,22,34,35,37,38,22a</i>	
00322		<i>Lr11,15,21,26</i>	1,8
	472207345	<i>Lr10,12,13,14a,16,22,33,34,35,37,38,22a</i>	
00722		<i>Lr11,15,17,21,26</i>	1,8
	457227324	<i>Lr10,12,14a,14b,16,18,22,30,33,34,35,37,38,44,22a</i>	
01500		<i>Lr2c,11,17</i>	1,8
	572026140	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,16,34,35,37,B</i>	
02122		<i>Lr3,11,21,26</i>	1,8
	730126304	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,20,30,34,35,37,38,22a</i>	
42722		<i>Lr2b,3,11,15,17,21,26</i>	1,8
	773667354	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,22,25,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>	
43222		<i>Lr2b,2c,3,15,21,26</i>	1,8
	667227375	<i>Lr3ka,10,13,14a,14b,16,18,22,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>	
43505		<i>Lr2b,2c,3,11,17,26</i>	1,8
	077303734	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,30,32,33,34,35,37,38,B,22a</i>	
63322		<i>Lr2a,2b,2c,3,11,15,21,26</i>	1,8
	736567304	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,16,18,20,25,30,32,33,34,35,37,38,22a</i>	
63762		<i>Lr2a,2b,2c,3,11,15,17,21,23,26</i>	1,8
	577367355	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>	
03722		<i>Lr2c,3,11,15,17,21,26</i>	3,6
	577667375	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>	
	777767745	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,25,30,32,33,34,35,37,38,B,22a</i>	
43726		<i>Lr2b,2c,3,11,15,17,21,26,28</i>	3,6
	375267755	<i>Lr3bg,3ka,12,13,14a,14b,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>	
	577267355	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>	
63722		<i>Lr2a,2b,2c,3,11,15,17,21,26</i>	3,6
	577367144	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,32,33,34,35,37,B,22a</i>	
	577667175	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,32,33,34,35,37,44,B,22a</i>	
53722		<i>Lr1,2b,2c,3,11,15,17,21,26</i>	5,5
	375667745	<i>Lr3bg,3ka,12,13,14a,14b,18,22,25,30,32,33,34,35,37,38,B,22a</i>	

33. táblázat folytatása		
Rasszok		Virulens*
Differenciáló tesztszortiment alapján	+27 közel izogén vonal alapján	(*A felsorolt rezisztencia géneket tartalmazó izogén vonalakon az adott izolátum fogékony reakció típust mutatott)
53722	377367345	<i>Lr3bg,3ka,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,32,33,34,35,37,38B,22a</i>
	777257165	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,29,32,33,34,35,37,44,B,22a</i>
73722		<i>Lr1,2a,2b,2c,3,11,15,17,21,26</i>
	577327375	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777267375	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777367774	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
43762		<i>Lr2b,2c,3,11,15,17,21,23,26</i>
	175267745	<i>Lr3bg,12,13,14a,14b,18,22,30,32,33,34,35,37,38,B,22a</i>
	375267755	<i>Lr3bg,3ka,12,13,14a,14b,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	677667375	<i>Lr3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777667375	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
43722		<i>Lr2b,2c,3,11,15,17,21,26</i>
	036257375	<i>Lr12,13,16,18,22,29,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	573337155	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,20,22,29,30,33,34,35,37,44,B,22a</i>
	575667755	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,18,22,25,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	577227355	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	577227375	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	577267355	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	577627745	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,33,34,35,37,38,B,22a</i>
	577627775	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	577667375	<i>Lr3bg,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	773267375	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	775067765	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,18,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	775667745	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,18,22,25,30,32,33,34,35,37,38,B,22a</i>
	777267355	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777267375	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777327344	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,33,34,35,37,38,B,22a</i>
	777327375	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777367355	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777377365	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,20,22,29,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777627355	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,30,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>
	777677375	<i>Lr3bg,3ka,10,12,13,14a,14b,16,18,22,25,29,30,32,33,34,35,37,38,44,B,22a</i>

4.5. A legfontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók és az őszi búza kapcsolata

4.5.1. A legfontosabb, levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának felmérése

A felmérés hatéves (2000-2005) időszakot ölel fel, amelyek között az extrém száraz évtől (2003) kezdve, az ország nagy részén igen csapadékos és viszonylag hűvös (2005) év egyaránt előfordult, ami széleskörű vizsgálatra adott alkalmat. Az eltérő évjáratok – hasonlóképpen a biotróf kórokozókhoz – jelentősen befolyásolták a betegségek megjelenésének időpontját és az előfordulás gyakoriságát mind a négy levélfoltosságot okozó kórokozó esetében. A *Drechslera* fajokat nagyobb arányban a májusi és júniusi mintákban azonosítottuk, azonban 2001- és 2005-ben már az áprilisban gyűjtött mintákban is 10 % fölötti volt azok előfordulása. A két legszárazabb évben (2002 és 2003) még május és június hónapban is csak 5 % körüli volt a fertőzött minták aránya. A *Septoria tritici* előfordulása 2001-ben és 2005-ben már a márciusban jelentős volt. 2000-ben és 2001-ben a kórokozó felszaporodásának nem kedvezett az időjárás így a felsőbb levélszinteken nem alakult ki jelentős mértékű fertőzöttség. 2004-ben és 2005-ben a májusi és júniusi csapadék hatására a fertőzöttség mértéke megnövekedett, amely a fertőzött levélminták arányának növekedésében is megmutatkozott. A két legszárazabb évben (2002 és 2003) a *Septoria tritici* fertőzöttség mértéke még a *Drechslera* fajokénál is kisebb volt. A *Stagonospora nodorum* általában a tenyészidő végén (június) találtuk meg nagyobb arányban a mintákban. Előfordulásuk mértéke e kórokozó esetében is 2002-ben és 2003-ban volt a legalacsonyabb. A 21-27. ábrák egyértelműen mutatják, hogy valamennyi vizsgált helyen a januártól ápriliséig lehullott csapadék mennyisége igen kevés volt, amely lassította a kórokozók felszaporodásának ütemét. A *Bipolaris sorokiniana* előfordulása valamennyi évben sporadikus volt (32. ábra).



32. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) Magyarországon 2000-2005-ben, az összes vizsgálati hely és minta alapján

Valamennyi vizsgálati helyen megtaláltuk mind a négy kórokozót. Jelentős különbségeket a kórokozó populáció összetételében és felszaporodásának ütemében találtunk a vizsgált helyek között. A 33-38. ábrák azon helyek eredményeit mutatják, amelyekről a legtöbb adattal rendelkezünk.

Bólyban (33. ábra) egyértelműen a *Septoria tritici* a domináns kórokozó, különösen a 2004- és a 2005-ös év időjárása kedvezett felszaporodásának. A tenyészidő végére a fertőzött levélminták aránya megközelítette, illetve meg is haladta a 80 %-ot.

Röjtökmuzsajon (34. ábra) a *Drechslera* fajokat és a *Stagonospora nodorum*ot találtuk meg gyakrabban a levélmintákban.

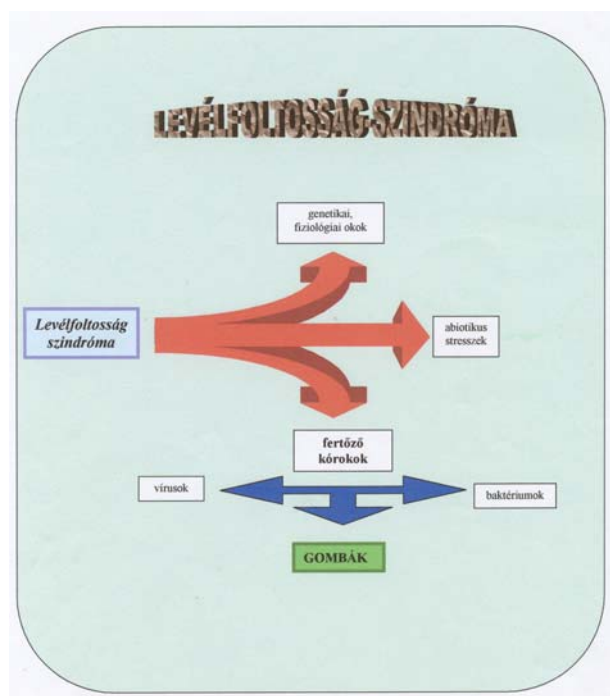
Szegeden (35. ábra) (Öthalom) 2005-ben jelentős *Septoria tritici* fertőzöttséget tapasztaltunk. Debrecenben (36. ábra) (Kismacs) a *Septoria tritici* és a *Stagonospora nodorum* fordult elő nagyobb gyakorisággal a mintákban.

Mosonmagyaróváron (37. ábra) 2005-ben a *Drechslera* fajok szaporodtak fel nagyobb mértékben, azonban ennek oka az időjárási tényezők mellett az őszi búza elővetemény volt. A szármaradványokon kialakult a kórokozó ivaros alakja, amely elősegítette egy súlyos járvány kialakulását. Ezért fordulhatott elő 2005-ben, hogy a minták kb. 80 %-ában megtaláltuk a *Drechslera* fajokat.

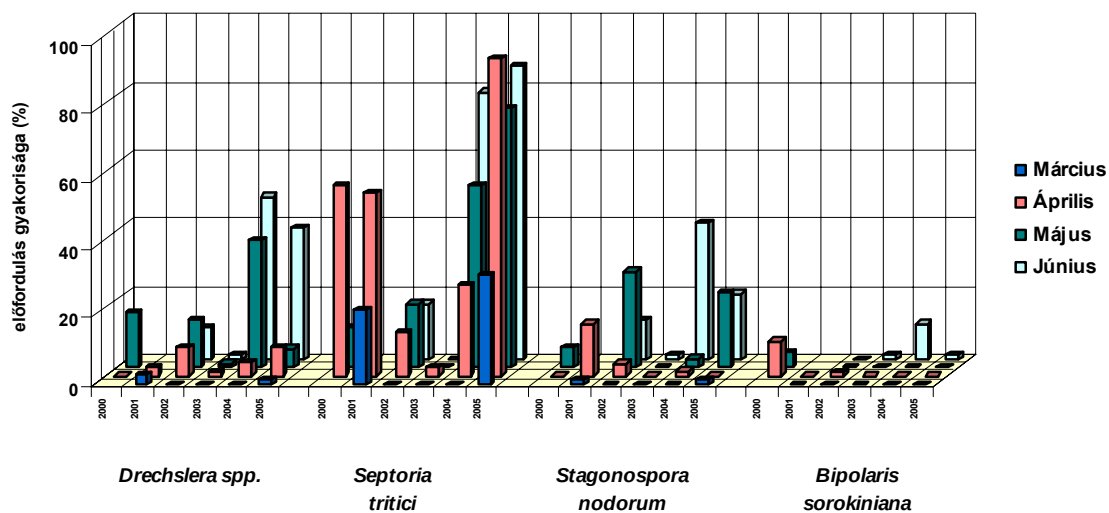
Táplánszentkereszt (38. ábra) teljesen eltérő képet mutat az előző helyektől. Annak ellenére, hogy valamennyi levélfoltosságot okozó kórokozót megtaláltuk ezen a helyen is, a járvány kialakulása szempontjából fontos hónapokban a csapadék mennyisége nem volt elegendő sem a megfelelő növényállomány kialakulásához, sem a kórokozó populáció felszaporodásához.

A mintagyűjtések során figyelemmel kísértük a természetes fertőződés mértékét is. Amint a fentiekből láthattuk, hogy az általunk vizsgált levélfoltosságokat okozó kórokozókat minden vizsgálati helyen megtaláltuk, azonban az, hogy melyik szaporodott fel nagyobb mértékben, azt az adott hely mikroklímája alapvetően befolyásolta, ezért igen jelentős eltéréseket kaptunk a helyek között. A természetes fertőződésének mértékéről összesen 3-4 helyen kaptunk értékelhető fajtakülönbségeket. Mivel a mérhető fajtakülönbségeket mutató helyeken nem volt következetes a fajtasorrend, ezért jelen adatok alapján nem tudunk következtetni a fajták természetes fertőzéssel szembeni ellenállóképességére illetve fogékonyságára.

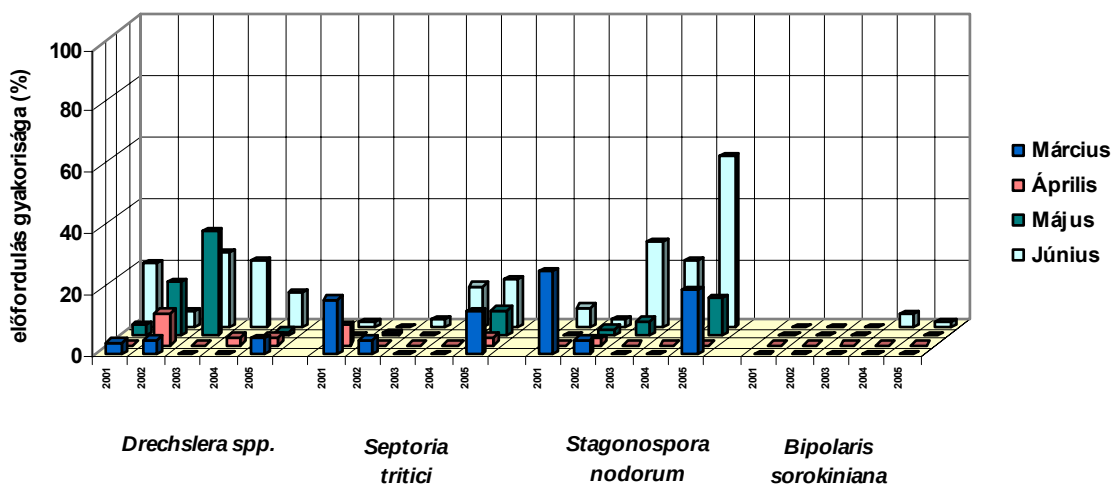
Sok problémát okozott, és okoz még most is az, hogy a vizuális felvételezések során a levélfoltosságok kórokozói által okozott tünetek azonosítása. Levélfoltossági tüneteket okozhatnak genetikai, fiziológiai okok, abiotikus stresszek is. Ehhez járulhat még a vírusok, baktériumok és az általunk nem figyelt egyéb gombabetegségek (*Fusarium*, *Alternaria* fajok stb.) okozta tünetek is (39. ábra). Ezért használjuk a „levélfoltosságok” megnevezést, amely a négy gombafaj által okozott tüneteket is magába foglalja. Az általunk legfontosabbnak tartott kórokozók jelenlétének igazolásához minden esetben elvégeztük a mikroszkópi azonosítást.



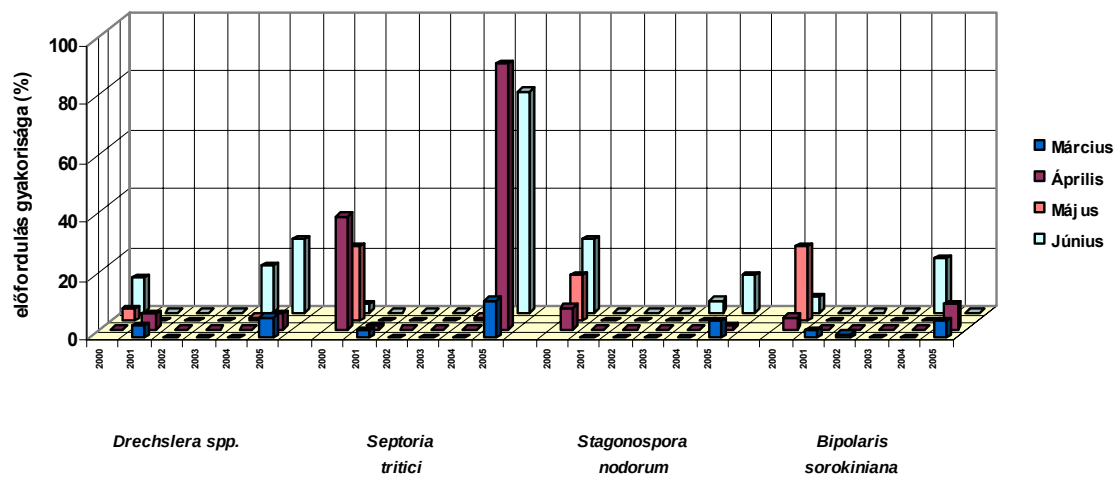
39. ábra: A levélfoltossági szindróma lehetséges okai (Forrás: Fischl G.)



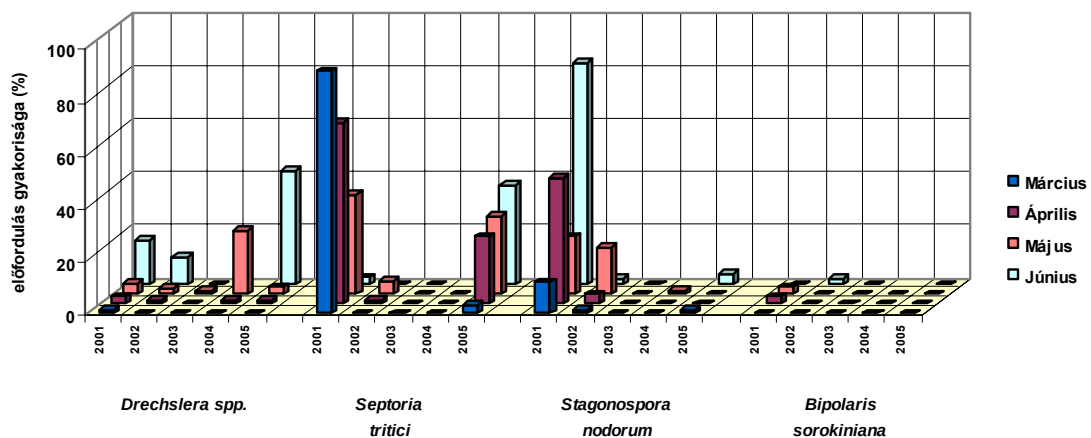
33. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) 2000-2005-ben Bolyban



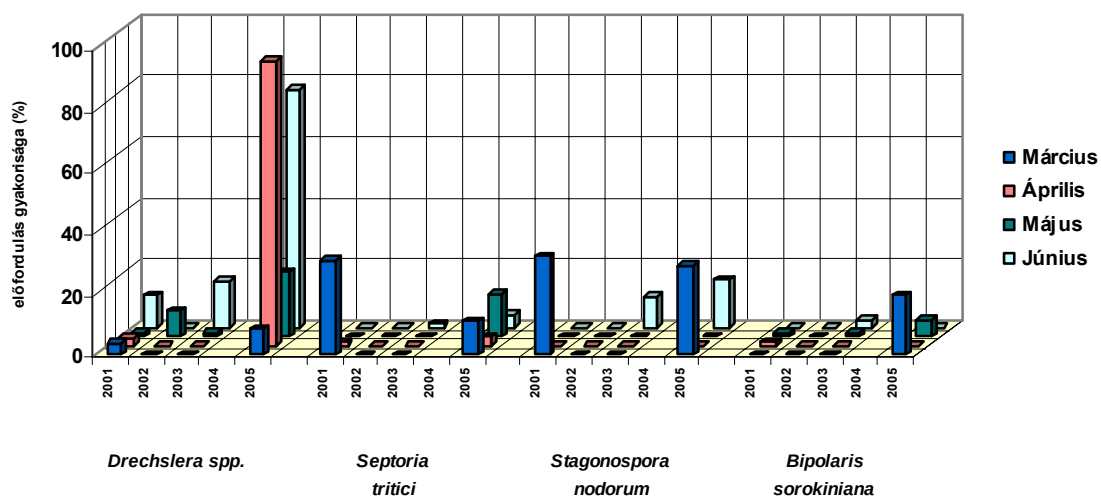
34. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) 2001-2005-ben Röjtökmuzsajon



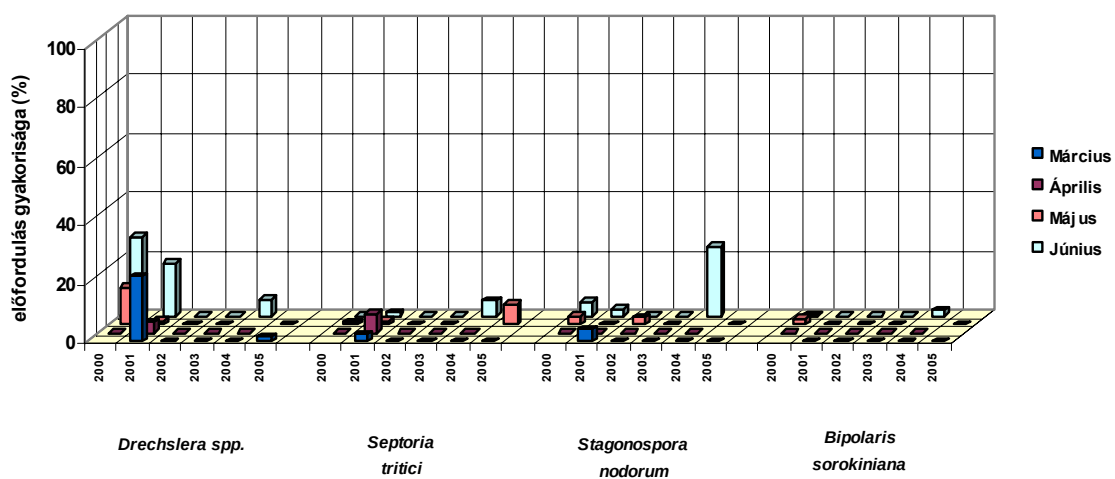
35. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) 2000-2005-ben Szegeden (Öthalom)



36. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) 2001-2005-ben Debrecenben (Kismacs)



37. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) 2001-2005-ben Mosonmagyaróváron



38. ábra: Az őszi búza levélfoltosságokat okozó kórokozói előfordulásának gyakorisága (%) 2000-2005-ben Táplánszentkeresztben

4.5.2. A *Drechslera teres* előfordulása őszi búzán

Az közzismert, hogy a *Drechslera tritici-repentis* megfertőzheti az árpát, ugyan úgy, ahogy a *Drechslera teres* a búzát és a *Drechslera teres* előfordulása búzán 1-2 % is lehet (Zillinsky, 1983, Ali és Franc 2001). A GVOP-3.1.1.-2004-05-0206/3.0 pályázat keretében a *Drechslera tritici-repentis* magyarországi patotípusainak a meghatározása az egyik célunk.

Az ehhez készített monospórák izolátumok ITS szekvencia analízise azt mutatta, hogy a monospórák izolátum gyakran *Drechslera teres*-nek bizonyult.

A filogenetikai analízisbe az ITS fragment összesen 395 nukleotidját vontuk be. A szekvenált régió egyéb részei nem voltak egyértelműen illeszthetők, ezért az analízisnél nem vettük figyelembe. Ezen a régióon belül az 52 polimorfikus nukleotid közül 29 volt parszimónia szempontjából informatív hely. A vizsgálatba bevont hazai, valamint a Varsóból és Prágából érkezett izolátumok ITS szekvenciájának összehasonlító vizsgálata során megállapítottuk, hogy a *Pyrenophora tritici-repentis* izolátumok mellett számos *Pyrenophora teres* izolátumot tartalmaz a levélfoltokból izolált gyűjtemény. A *Pyrenophora tritici-repentis* és *Pyrenophora teres* izolátumok ITS szekvenciaadatok alapján létrehozott dendogramján (40. ábra) a *Pyrenophora teres* izolátumok nagyobb genetikai variabilitást mutatnak a *Pyrenophora tritici-repentis* izolátumoknál.

Az ITS szekvencia analízisben szereplő *Drechslera teres* izolátumok közül kettővel végeztük el a visszafertőzést árpa és búza leveleken. Ezek közül az agresszívebb izolátummal végzett visszafertőzés eredménye látható a 41. ábrán.

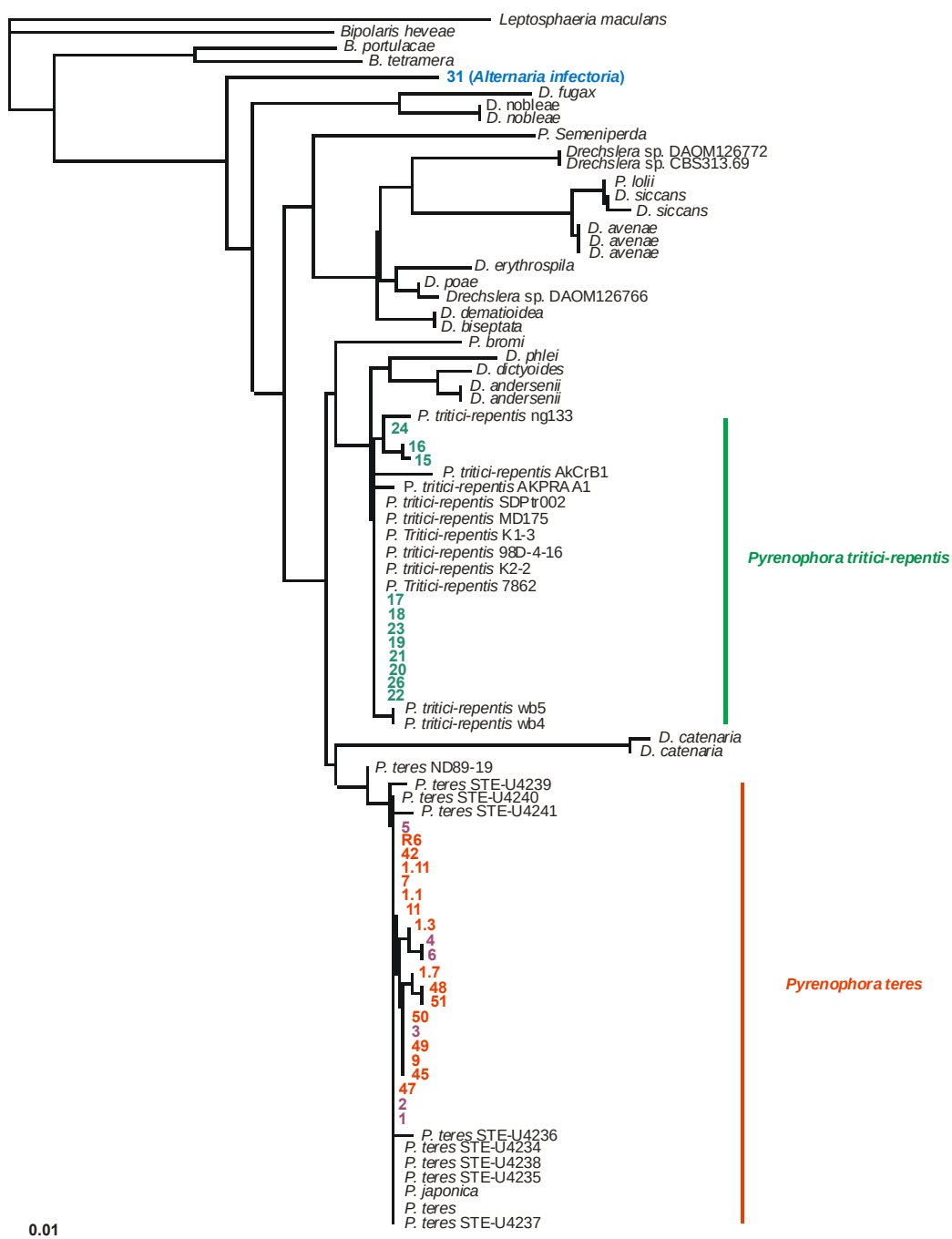
Az izolátum között a tenyészetek morfológiájában és konídium termelő képességben is jelentős különbségeket tapasztaltunk (42. ábra). A konídiumszám 2812 és 16562 db/ml között változott.

Drechslera teres még a Kiszomborról, Szegedről és Kocsról származó mintákban is találtunk.

A hat éves felmérés alapján a vizsgált helyeken valamennyi általunk vizsgált levélfoltosságot okozó kórokozót megtaláltuk. Magyarországon a *Drechslera* fajok és a *Septoria tritici* előfordulásának gyakorisága közel azonos, majd ezt követi a *Stagonospora nodorum*. A legkisebb arányban a *Bipolaris sorokinia*-t találtuk meg a mintákban. A tenyészidőszak elején a *Septoria tritici*, míg a tenyészidőszak végén a *Drechslera* fajokat és a *Stagonospora nodorum*-ot találtuk nagyobb arányban, bár a *Septoria tritici*, számára kedvező években (2004, 2005), a tenyészidő végén is igen nagy gyakorisággal fordult elő a mintákban. Az évjáratok és a helyek között jelentős különbségeket figyeltünk meg.

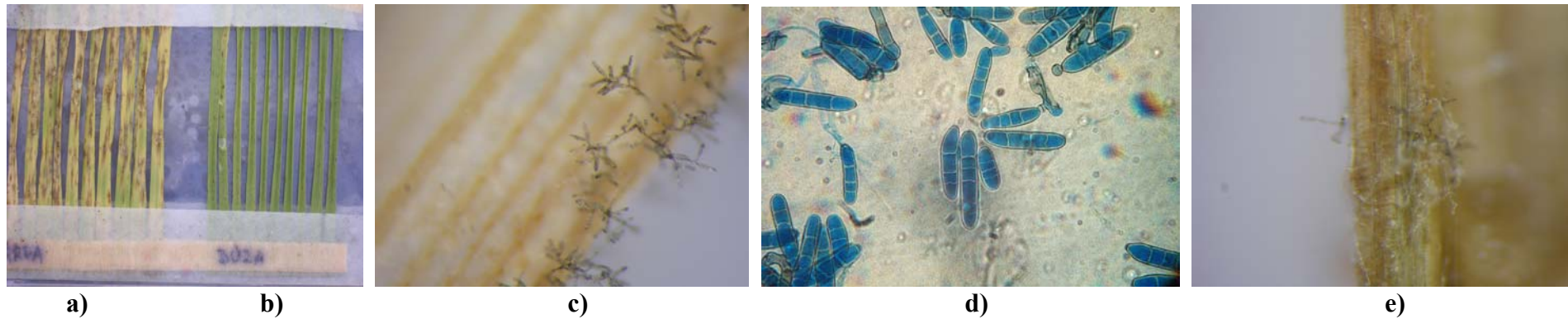
A természetes fertőződés mértéke alapján nem tudtunk következtetést levonni a fajták nekrotróf kórokozókkal szembeni ellenállóképességére vonatkozóan, mivel csak egy-egy helyen és évben alakult ki értékelhető mértékű járvány. A fajtasorrend jelentősen eltért ezeken a helyeken, melynek magyarázata a kórokozó populáció összetételének különbözősége. A vizuális bonitálás során nem különíthetők el olyan egyértelműen a levélfoltosságot okozó kórokozók tünetei, mint a biotróf kórokozóké, így a fertőzöttség mértéke magában foglalja az összes levélfoltosságot okozó kórokozó által okozott tünetet.

Az ITS szekvencia analízis eredményei szerint a *Drechslera tritici-repentis* mellett több vizsgálati helyről *Drechslera teres* is izoláltunk a levélmintákból.

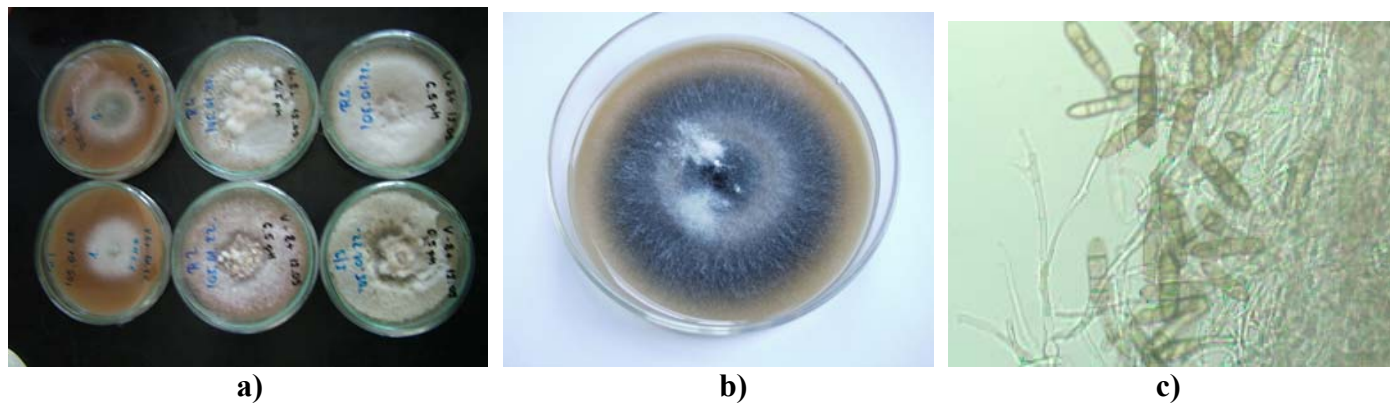


40. ábra. *Pyrenophora* izolátumok evolúciós rokonsági viszonyai ITS szekvencia adatok filogenetikai analízise alapján

A törzsfán az 50%-nál magasabb bootstrap értékeket tüntettük fel.



41. ábra: A *Drechslera teres* tünetei a) árpa és b) búza levélen csíranövénykorban, c) konídiumok és konídiumtartók az árpa levelén, d) az árpa leveléről izolált konídiumok, e) konídiumok a búza levelén



42. ábra: A *Drechslera teres* a) tenyészetek (V8+ táptalajon), b) egy jó konídium termelő izolátum (V8+) és c) ennek konídiumai a tenyészetben

4.5.3. Őszi búza fajták *Drechslera tritici-repentis*-sel szembeni ellenállóságának vizsgálata mesterséges fertőzéses körülmények között szántóföldön

A természetes fertőzöttség felmérésével párhuzamosan mesterséges fertőzéses kísérleti rendszert alakítottunk ki (*Pyrenophora tritici-repentis*-el fertőzött szalma kiszórása december közepén), hogy megbízható információt kapunk fajtáink ellenállóképességéről. A 2005-ös év kivételével valamennyi évben a *Drechslera tritici-repentis* volt a domináns kórokozó. 2005-ben még a mesterséges fertőzés ellenére is *Septoria tritici* dominancia volt, bár a *Drechslera tritici-repentis* előfordulásának gyakorisága ugyancsak jelentős (65,71 %) (35. táblázat).

35. táblázat

Azonosított levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának gyakorisága (%) a mesterséges fertőzéses kísérletekben (Szeged, 2001-2005)

Kórokozók	2001	2002	2003	2004	2005
<i>Drechslera tritici-repentis</i>	15,91	85,00	29,20	87,00	65,71
<i>Septoria tritici</i>	2,27	23,00	12,50	35,00	88,57
<i>Stagonospora nodorum</i>	13,64	2,00	12,50	5,00	5,71
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	2,27	17,00	2,90	3,20	0,00

A varianciaanalízis eredményei szerint a levélfoltosságok (mesterséges fertőzés) és a természetes vörösrózsa fertőzöttség mértékét az évjárat befolyásolta nagyobb mértékben. A fajta és év hatás minden esetben 0,1 %-os szinten szignifikáns volt (36. táblázat).

A legkorábbi és legsúlyosabb epidémia 2005-ben alakult ki. Tünetmentes fajtát egyik évben sem találtunk, azonban a fajták fertőzöttségének mértéke között jelentős különbségek voltak. Az első négy évben, amikor a *Drechslera tritici-repentis* volt a domináns kórokozó, sok esetben találtunk 10 % alatt fertőződött fajtát, míg a 2005-ös évben a legkevésbé fertőződött fajta is 26,42 %-os mértékben fertőződött, amelynek magyarázata lehet a *Septoria tritici*-vel szembeni nagyobb mértékű fogékonyság. Az öt év átlagában fajtáink fertőzöttsége 12,67-32,67 % között változott (37. táblázat).

36. táblázat

Őszi búza fajták levélfoltosságának (%) (mesterséges fertőzés) és természetes vörösrózsa fertőzöttségének (ACI) varianciaanalízise (Szeged, 2001-2005)

Tényezők	Levélfoltosságok mértéke (%)			Vörösrózsa fertőzöttség mértéke (ACI)		
	<i>SQ</i>	<i>FG</i>	<i>MQ</i>	<i>SQ</i>	<i>FG</i>	<i>MQ</i>
Fajta	3528,14	16	220,51***	20504,04	16	1281,50***
Év	6785,82	4	1696,45***	12822,01	4	3205,50***
Hiba	2897,92	64	45,28	11542,27	64	180,35
Összesen	13211,87	84		44868,32	84	

***P = 0,1 %-os szinten szignifikáns

37. táblázat
***Pyrenophora tritici-repentis*tel mesterségesen fertőzött őszi búza fajták**
levélfoltosságának mértéke (%) (Szeged, 2001-2005)

Fajta	Levélfoltosságok mértéke (%)					
Év	2001	2002	2003	2004	2005	5 év átlaga
GK Selyemdur	10,00	11,67	3,25	9,25	29,17	12,67
GK Héja	8,38	9,61	10,00	19,33	28,50	15,16
GK Holló	3,25	21,28	18,75	7,84	26,50	15,52
GK Bétadur	22,50	13,35	13,75	13,75	26,50	17,97
GK Margit	9,75	22,08	16,25	16,67	26,42	18,24
GK Garaboly	11,25	25,02	10,00	15,83	31,67	18,75
GK Jászság	14,63	28,76	5,00	19,75	28,88	19,40
GK Csongrád	6,88	29,60	17,50	15,17	29,00	19,63
GK Kalász	8,75	19,18	20,00	23,33	31,79	20,61
GK Pinka	12,50	25,00	2,50	38,33	49,71	25,61
GK Petur	16,13	31,68	22,50	26,67	41,42	27,68
GK Élet	16,25	31,67	20,00	33,33	41,88	28,63
Jubilejnaja 50	18,13	29,58	12,50	38,33	45,42	28,79
GK Csörnőc	9,88	36,25	17,50	33,75	50,83	29,64
GK Marcal	14,63	40,83	30,00	29,17	41,88	31,30
GK Verecke	13,63	28,75	21,25	39,58	58,13	32,27
GK Mura	7,50	35,00	25,00	45,00	50,83	32,67
Átlag	12,00	25,84	15,63	25,01	37,56	23,21
SzD_{5%}	7,74	8,70	13,60	8,82	5,85	8,51

Megjegyzés: A fertőzöttség mértékét minden évben a felvételezések átlagában adtuk meg.

Vöröszrozdából minden évben közepes vagy annál súlyosabb járvány alakult ki még a két legszárazabb évben is (38. táblázat). A fajták között az öt év átlagában lényegesen nagyobb ellenálláságbeli különbségeket tapasztaltunk, mint a levélfoltosságok esetében.

38. táblázat
***Pyrenophora tritici-repentis*tel mesterségesen fertőzött őszi búza fajták vöröszrozsda**
fertőzöttségének mértéke (ACI*) (Szeged, 2001-2005)

	Levélszrozsda fertőzöttség mértéke (ACI)					
	2001	2002	2003	2004	2005	5 átlaga
GK Verecke	26,23	11,25	4,50	0,00	0,20	8,44
GK Selyemdur	23,00	0,80	22,50	0,00	1,45	9,55
GK Bétadur	27,75	0,25	19,20	2,50	6,04	11,15
GK Héja	0,80	23,80	34,00	10,00	2,94	14,31
GK Mura	9,50	36,50	17,00	2,00	19,70	16,94
GK Kalász	31,05	28,88	26,50	1,10	13,06	20,12
GK Garaboly	10,50	33,75	36,00	14,50	12,20	21,39
GK Marcal	20,25	28,00	33,50	20,00	13,44	23,04
GK Holló	20,00	54,50	27,00	13,50	9,62	24,92
GK Margit	14,25	47,50	37,00	7,00	19,42	25,03
GK Petur	30,80	31,00	55,00	9,50	28,09	30,88
GK Csongrád	30,80	46,00	44,00	42,00	24,15	37,39
GK Jászság	23,55	46,50	47,00	35,50	40,20	38,55
GK Csörnőc	30,55	43,75	40,00	28,50	60,70	40,70
GK Élet	10,60	52,50	70,00	51,00	65,30	49,88
Jubilejnaja 50	26,50	57,38	71,50	60,00	50,60	53,20
GK Pinka	22,25	73,75	57,00	95,00	75,20	64,64
Átlag	21,08	36,24	37,75	23,06	26,02	28,83
SzD_{5%}	-	20,19	20,08	21,19	8,97	17,11

A termés csökkenés varianciaanalízise alapján az évjárat jelentősebb mértékben befolyásolta a termés mennyiségét, mint a fajta. A szignifikáns kölcsönhatás arra utal, hogy az egyes években a fajták sorrendje kismértékű eltérést mutatott (39. táblázat).

39. táblázat
***Pyrenophora tritici-repentiss*vel mesterségesen fertőzött őszi búza fajták termés csökkenésének (%) varianciaanalízise (Szeged, 2001-2005)**

<i>Tényezők</i>	<i>SQ</i>	<i>FG</i>	<i>MQ</i>
Év (A)	8121,16	4	2030,29***
Fajta (B)	10489,84	16	655,62***
A x B	14322,82	64	223,79***
Hiba	15123,67	255	59,31
Összesen	48057,49	339	

***P = 0,1 %-os szinten szignifikáns

A termés csökkenés mértéke 2005-ben volt a legnagyobb és 2003-ban a legkisebb, amelyeknek mértéke szignifikánsan eltér a másik 4 évtől. A 2002 és 2004-es év termés csökkenése között nem volt szignifikáns különbség. A fajták igen érzékenyen reagáltak az évjáratok közötti különbségekre (pl. GK Petur, GK Csongrád, GK Holló, GK Mura). Az öt év átlagában a legkisebb mértékű termés csökkenést a GK Kalász, GK Héja és GK Petur fajtánál tapasztaltuk, míg a legnagyobb mértékűt a GK Csörnőc és GK Élet fajtánál (40. táblázat).

40. táblázat
***Pyrenophora tritici-repentiss*vel fertőzött őszi búza fajták termés változása a kontrol parcellákhoz viszonyítva (Szeged, 2001-2005)**

Fajta	Termés csökkenés mértéke (%) a kontrol parcellákhoz viszonyítva					
Év	2001	2002	2003	2004	2005	5 év átlaga
GK Kalász	-9,94	-9,88	-2,39	-2,19	-17,83	-8,45
GK Héja	-11,71	-1,54	-6,16	-5,26	-21,14	-9,16
GK Petur	-8,99	-14,35	1,68	-4,92	-19,83	-9,28
GK Csongrád	-8,60	-14,18	4,69	-13,84	-23,58	-11,10
GK Verecke	-17,60	-9,55	-4,71	-7,10	-21,33	-12,06
GK Holló	-5,41	-27,88	7,14	-9,54	-28,29	-12,80
GK Margit	-17,74	-14,60	-8,33	-6,70	-20,79	-13,63
GK Mura	-19,94	-11,14	4,19	-18,23	-25,78	-14,18
GK Jászság	-11,42	-12,59	-11,83	-14,01	-22,35	-14,44
Selyemdur	-17,27	-21,21	-1,06	-19,39	-14,28	-14,64
GK Marcal	-23,50	-19,64	-1,58	-16,91	-13,99	-15,12
GK Garaboly	-30,77	-12,03	-13,79	-7,08	-13,33	-15,40
Jubilejnaja 50	-26,49	-12,97	-6,48	-16,31	-27,35	-17,92
GK Bétadur	-35,55	-17,64	-37,68	-5,24	-12,28	-21,68
GK Pinka	-15,41	-20,86	-19,36	-28,96	-23,89	-21,70
GK Csörnőc	-24,38	-24,15	-17,63	-25,29	-39,44	-26,18
GK Élet	-30,24	-21,12	-26,85	-21,03	-40,30	-27,91
Átlag	-18,53	-15,61	-8,24	-13,06	-22,69	-15,63
SzD _{5%} évek főátlagai között	2,60					
SzD _{5%} fajták főátlagai között						4,79
SzD _{5%} bármely két érték között	10,72					

A korrelációs koefficiens értékei is jól mutatják az évjáratok közötti eltéréseket. A két legszárazabb évben (2002 és 2003) egyik betegség sem befolyásolta szignifikáns mértékben a termés mennyiségét. A levélfoltosságok 2001-, 2004- és 2005-ben, a vöröszrozsda 2004- és 2005-ben, a lisztharmat pedig 2001-ben és 2004-ben befolyásolta jelentősebb mértékben a termést. A korrelációs koefficiens értékei arra is rámutatnak, hogy a kórokozók számára kedvező években a vöröszrozsda fertőzés termésbefolyásoló hatása nagyobb mértékű, mint a levélfoltosságoké, annak ellenére, hogy a levélfoltosságok esetében mesterséges fertőzést is alkalmaztunk. Ezt valószínűleg az okozza, hogy a vöröszrozsda megjelenésekor sokkal gyorsabban szaporodik fel és lényegesen nagyobb mértékben borítja – különösen a fogékony fajták esetében – az asszimiláció szempontjából fontos felső két levélszintet, mint a levélfoltosságok tünetei (41. táblázat).

41. táblázat

A természetes vöröszrozsda fertőzés és a levélfoltosságok (mesterséges fertőzés) hatása őszi búza fajták termésére (Szeged, 2001-2005)

Év	A korrelációs koefficiens értékei	
	Vöröszrozsda	Levélfoltosságok
2001	-0,3461	-0,6325**
2002	-0,3528	-0,1710
2003	-0,2157	0,3164
2004	-0,6796**	-0,4999*
2005	-0,7083**	-0,5147*

^oP = 10 %, *P = 0,5 %, **P = 1 %-os szinten szignifikáns, n = 17

Szántóföldi kísérletek esetében nagyon nehéz elkülöníteni a biotróf és nekrotróf kórokozók által okozott termésveszteség mértékét. 2005-ben a vizsgált 17 fajta közül a GK Verecke, GK Selyemdur és a GK Héja alig fertőződött vöröszrozsdaival (ACI 0,20-2,94), míg a GK Selyemdur és GK Héja közepes, a GK Verecke pedig erős fertőzöttséget mutatott a levélfoltosságok esetében (37. és 38. táblázat). A GK Verecke levélfoltosságának mértéke kétszerese volt a másik két fajta fertőzöttségének. E három fajta esetében a termés csökkenést döntő mértékben a levélfoltosságok okozták. A GK Verecke termés csökkenésének mértéke azonos volt a GK Héja termés csökkenésével annak ellenére, hogy a levélfoltosságok mértéke kétszerese volt, mint a GK Héja fajtáé. Ez azt mutatja, hogy a nagymértékű fertőzöttséget lényegesen jobban tudta tolerálni, mint a GK Héja. A két hasonló fertőzöttségű fajta közül a GK Selyemdur termése kisebb mértékben csökkent, mint a GK Héja fajtáé, azonban a különbség nem volt szignifikáns mértékű (42. táblázat).

42. táblázat

Vöröszrozsdaival szemben ellenálló, de levélfoltosságokkal szemben fogékony fajták termésének változása (Szeged, 2005)

Fajta	Vöröszrozsda fertőzöttség mértéke (ACI)	Levélfoltosságok mértéke (%)	Termés csökkenés mértéke (%)
GK Verecke	0,20	58,13	-21,33
GK Selyemdur	1,45	29,17	-14,28
GK Héja	2,94	28,50	-21,14

A nekrotróf kórokozók nagyobb mértékű megjelenésére és kártételére őszi búza elővetemény, illetve monokultúra esetén lehet számítani. Az ötéves kísérletsorozat jól reprezentálja e körülményeket, hiszen minden évben ugyanazon a helyen, búza elővetemény után került beállításra a kísérlet.

A vizsgált 17 fajta között teljesen ellenállót egyik évben sem találtunk, az öt év alapján a GK Selyemdur és a GK Héja levélfoltosságokat okozó kórokozókkal szembeni ellenállósága volt a legjobb, míg a GK Verecke és GK Marcal bizonyult a legfogékonyabbnak. Ezeket az eredményeinket németországi és csehországi tapasztalataink is megerősítik (Csósz és mtsai. 2003, 2004, 2005).

A vizsgált évek közül különösen 2001-ben és 2005-ben tapasztaltunk jelentős mértékű terméseszkökenést, amely figyelmeztet bennünket arra, hogy lehetőség szerint kerülnünk kell a kalászos előveteményt és a monokultúrás termesztést. Ha mégis rákényszerülünk, oda kell figyelniük a gondos talajelőkészítésre és a szármaradványok tökéletes leforgatására, mert a talaj felszínén maradó szármaradványok elősegítik a levélfoltosságokat okozó kórokozók fennmaradását, amely fogékony fajták és kedvező mikroklíma esetében szükségessé teheti a kétszeri védekezést.

A levélfoltosságokat okozó kórokozók elleni védekezés során nem elhanyagolható tényező a fajta. Célszerű figyelembe venni a fajtákról már meglévő információkat. E dolgozatban csak annak a 17 fajtának az eredményeit ismertettük, amelyek mind az öt évben vizsgálatra kerültek, azonban e mellett még számos fajta illetve fajtajelölt fertőzőttségéről van már 2-3 éves adatunk. Ezek alapján lehetőség nyílik arra, hogy a kevésbé fogékony fajták termesztésével csökkenthessük a kockázatot. Fajtakínálatunk lehetőséget nyújt a termesztési körülményeknek kórtani és egyéb szempontból is megfelelő fajta kiválasztására.

A 2005-ös év alapján úgy ítéljük meg, hogy a *Septoria tritici* időnként legalább olyan, de egyes helyeken talán még nagyobb problémát is okozhat, mint a *Drechslera tritici-repentis*.

4.6. Az alkalmazott módszerek és eredmények felhasználása a fajtaelőállító nemesítésben

Az előző fejezetekben ismertetett speciális kísérletek eredményei több szálon is szorosan kapcsolódnak a fajtaelőállító nemesítési munkához.

A szárrozsdá ellenállóság tesztelésére kialakított mesterséges fertőzéses rendszer nemcsak a már kész fajták illetve fajtajelöltek vizsgálatára terjed ki, hanem a termés összehasonlító kísérletekben (F_8 - F_{10} nemzedék) vizsgált törzsek, valamint a külföldi és hazai fajták, törzsek (más intézetekből származó) ellenállóságának a vizsgálatára. Ez 1990 óta 16000 fajta és törzs értékelését jelentette.

Ugyancsak a nemesítési munka eredményességét szolgálja a fajták, törzsek természetes fertőződésének figyelemmel kísérése is. A betegségek közül a levélrozsdá és a lisztharmat az, amely általában minden évben kisebb-nagyobb mértékű megbetegedést okoz az őszi búza esetében. 1990 óta több mint 29000 genotípus esetében határoztuk meg a fertőzőttség mértékét. A sárgarozsdá Magyarországon ritkán fordul elő járványos méretekben. 1990 óta csak 2001-ben alakult ki értékelhető mértékű epidémia, ekkor 2370 fajta és törzs fertőzőttségét értékeltük. A levélfoltosságok mértékét 2002 óta jegyezzük fel, azóta több mint 6800 fajtát és törzset értékeltünk (43. táblázat).

43. táblázat
A szár-, vörös-, sárgarozsda, lisztharmat és levélfoltosságok mértéke a vizsgált törzsek
átlagában (Szeged, 1990-2006)

Év	Szározszda	Vöröszrozszda	Sárgarozszda	Lisztharmat	Levélfoltosságok
	ACI	ACI	%	ACI	%
Összes vizsgált törzs					
1990	35,2	27,6	-	40,4	-
1991	17,6	35,8	-	46,8	-
1992	16,2	32,0	-	35,2	-
1993	17,4	38,7	-	12,9	-
1994	30,8	34,7	-	24,7	-
1995	24,1	9,1	-	21,5	-
1996	29,2	51,8	-	17,0	-
1997	36,2	36,0	-	17,3	-
1998	10,2	11,4	-	12,0	-
1999	-	68,1	-	11,6	-
2000	30,5	31,3	-	9,7	-
2001	33,2	39,6	13,0	21,2	-
2002	-	28,9	-	14,1	8,3
2003	-	23,5	-	3,8	-
2004	41,1	47,4	-	19,8	34,1
2005	41,9	31,8	-	-	64,2
2006	37,7	61,1	-	17,3	54,6
4 ismétléses kísérletekben vizsgált törzsek					
1990	38,7	32,6	-	34,1	-
1991	15,2	38,7	-	49,8	-
1992	19,2	25,6	-	40,8	-
1993	16,2	38,7	-	9,1	-
1994	30,8	33,8	-	26,8	-
1995	26,2	13,7	-	19,7	-
1996	31,8	66,6	-	13,0	-
1997	37,3	48,5	-	25,1	-
1998	9,2	15,3	-	14,3	-
1999	-	77,0	-	6,6	-
2000	29,9	38,0	-	9,5	-
2001	32,4	35,0	15,3	14,7	-
2002	-	33,0	-	6,9	9,6
2003	-	19,7	-	4,4	-
2004	41,8	23,5	-	31,7	36,2
2005	45,6	24,7	-	-	67,2
2006	40,0	59,0	-	21,0	51,4
Ismétlés nélküli kísérletekben vizsgált törzsek					
1990	34,2	25,6	-	42,1	-
1991	18,2	35,1	-	46,2	-
1992	15,3	33,7	-	33,7	-
1993	17,9	38,6	-	13,9	-
1994	-	35,6	-	22,6	-
1995	21,9	4,4	-	23,2	-
1996	26,5	36,9	-	20,9	-
1997	35,1	23,4	-	9,5	-
1998	11,1	7,5	-	9,7	-
1999	-	59,1	-	16,5	-
2000	31,1	26,5	-	9,7	-
2001	34,1	44,2	10,7	27,6	-
2002	-	24,9	-	21,2	6,9
2003	-	27,3	-	3,1	-
2004	40,5	60,5	-	7,9	31,9
2005	41,2	27,7	-	-	61,1
2006	35,5	63,4	-	13,3	57,7

A fertőzöttség mértékét az évjárat és a vizsgálatban szereplő törzsek genetikai háttere befolyásolta alapvetően. A törzsek természetes vöröszrozsda fertőzöttség szerinti megoszlása egyértelműen mutatja, hogy a hatékony szelekcióra a járványos évek alkalmasak (1999 és 2006).

A nemesítők számára alapvető fontosságú a 0 és 10 ACI értékű kategóriába tartozó törzsek genetikai hátterének elemzése, hogy a keresztezési programok tervezésekor olyan forrásokat tudjanak kiválasztani, amelyekből várhatóan nagyobb arányban származhatnak jó rezisztenciával rendelkező törzsek (44. táblázat).

A levélfoltosságok esetében döntő a környezeti tényezők hatása. Az, hogy a genetikai háttér mennyiben játszik szerepet a levélfoltosságok mértékének növekedésében vagy csökkenésében, legalább 8-10 éves periódus után ítéltető meg reálisan.

44. táblázat

Termésösszehasonlító kísérletekben vizsgált törzsek természetes levélszrozsda fertőzöttség (ACI) szerinti megoszlása (Szeged, 1999-2006)

Év	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>n</i> *	2472	1968	2040	1765	1955	2172	1512	1760
<i>ACI</i> **	68,1	31,3	39,6	28,9	23,5	47,4	31,8	61,1
0***	3,04	0,97	0,00	1,19	16,75	0,14	39,02	1,76
10	10,18	30,18	10,94	34,50	24,51	25,60	4,63	12,25
20	5,57	15,24	11,42	10,65	9,68	10,45	3,24	4,28
30	5,09	13,01	8,98	13,14	10,41	7,69	8,13	5,51
40	7,61	15,50	29,69	18,70	12,13	14,04	10,65	7,80
% összesen	31,49	74,90	61,02	78,19	73,48	57,92	65,67	31,59
50	4,37	5,28	2,92	6,52	6,63	8,38	3,17	3,69
60	6,81	8,89	27,56	10,37	4,76	14,00	12,04	10,90
70	4,69	3,91	1,06	2,21	3,49	3,96	1,46	2,11
80	18,83	5,08	7,43	2,44	8,40	11,51	13,03	25,73
90	5,13	1,22	0,00	0,06	0,15	0,05	0,00	1,17
100	28,69	0,71	0,00	0,23	3,09	4,19	4,63	24,79
% összesen	68,51	25,10	38,98	21,81	26,52	42,08	34,33	68,41

*n= vizsgált törzsek száma, **ACI = átlagos fertőzöttségi koefficiens a vizsgált, törzsek átlagában

***0, 10, stb. = fertőzöttségi kategóriák 0 = tünetmentes, 100 = legfogékonyabb

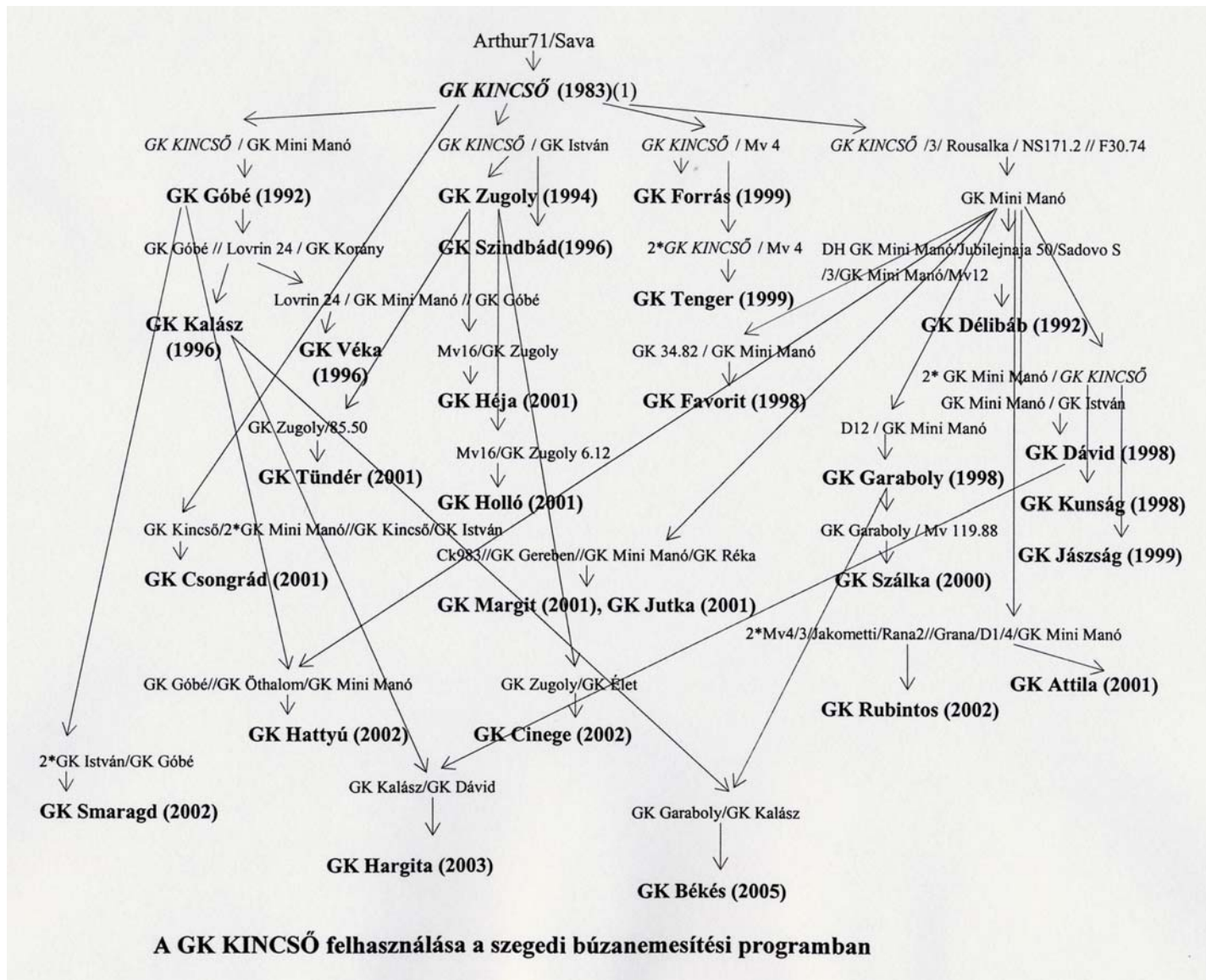
A nemesítési munka hatékonyságát jelentősen javíthatjuk, ha céltudatosan állítjuk össze a keresztezési programokat. Ezt nagyban elősegíti a fajtáinkban lévő rezisztencia gének meghatározása. A 4.2. fejezetben ismertettük a fajtáinkban lévő szárszrozsda gének meghatározásának eredményeit. Emellett külföldi és hazai együttműködések kapcsán számos szár-, levél- és sárgarozsda, valamint lisztharmat gént azonosítottunk fajtáinkban (Limpert és mtsai. 1994, Johnson és mtsai. 1996, Csősz és mtsai. 1997, Manninger és mtsai. 1998, Winzeler és mtsai. 2000, Szunics és mtsai. 2001, Purnhauser 2006, személyes közlés). E munkák eredményét foglalja össze a 45. táblázat.

45. táblázat
A GK Kht által nemesített őszi búza fajtákban és fajtajelöltekben azonosított
rezisztencia gének

Fajta	Elismerés éve	Gén/gének	Fajta	Elismerés éve	Gén/gének
GK Tiszatáj	1978	<i>Yr3?</i> , <i>TP?</i>	GK Kunság	1998	<i>Lr?</i> , <i>Sr36</i>
GK Szeged	1978	<i>YrTP?</i>	GK Dávid	1998	<i>Lr?</i>
GK Ságvári	1982	<i>Pm8</i> , <i>Sr31</i>	GK Garaboly	1998	<i>Lr?</i> , <i>Sr36</i>
GK Kincső	1983	<i>Lr3+</i> , <i>Sr36</i>	GK Forrás	1999	<i>Lr3+</i> , <i>Sr36</i>
GK Öthalom	1985	<i>Yr?</i>	GK Tenger	1999	<i>Sr36</i>
GK Zombor	1985	<i>Sr31</i> , <i>Yr9+</i>	GK Jászság	1999	<i>Sr36</i>
GK Bence	1987	<i>Pm8</i> , <i>Sr36</i> , <i>Sr31</i>	GK Bagoly	2000	<i>Sr36</i>
GK István	1987	<i>Sr5</i>	GK Szálka	2000	<i>Lr?</i>
GK Örzse	1988	<i>Pm2+5</i>	GK Sas	2000	<i>Sr36</i> , <i>Sr31</i>
GK Barna	1990	<i>Sr5</i> , <i>Yr?</i>	GK Jutka	2001	<i>Sr36</i>
GK Csürös	1991	<i>Sr31</i> , <i>Yr9</i>	GK Tündér	2001	<i>Sr36</i>
GK Őrség	1991	<i>Yr2?</i> , +	GK Ati	2001	<i>Sr36</i>
GK Kata	1991	<i>YrTP?</i>	GK Csongrád	2001	<i>Sr36</i>
GK Góbé	1992	<i>Lr?</i> , <i>Sr36</i> , <i>Yr?</i>	GK Héja	2001	<i>Sr36</i>
GK Délibáb	1992	<i>Sr5</i>	GK Holló	2001	<i>Sr36</i>
GK Zugoly	1993	<i>Lr?</i> , <i>Sr36</i>	GK Margit	2001	<i>Sr36</i>
GK Pinka	1994	<i>Lr3a+</i>	GK Cinege	2002	<i>Sr36</i>
GK Répce	1995	<i>Lr1+Lr3a</i>	GK Csaba	Fj.	<i>Yr2,3?</i> , <i>TP?</i>
GK Marcal	1995	<i>Lr?</i>	GK Gereben	Fj.	<i>YrTP?</i>
GK Csörnőc	1995	<i>Sr31</i> , <i>Yr9</i>	GK Kovász	Fj.	<i>Yr?</i>
GK Malmos	1996	<i>Lr3</i>	GK Táltos	Fj.	<i>Lr3a+Lr26</i>
GK Kende	1996	<i>Lr3+Lr3a</i>	GK Szemes	Fj.	<i>Pm8</i>
GK Szindbád	1996	<i>Lr?</i> , <i>Sr36</i> , <i>YrTP</i>	GK Tiborc	Fj.	<i>Pm8</i>
GK Kalász	1996	<i>Lr13+</i> , <i>Sr36</i> , <i>Yr?</i>	GK Mini Manó	Fj.	<i>Pm5+6</i> , <i>Sr36</i>
GK Élet	1996	<i>Sr5</i> , <i>Yr?</i>	GK Bokros	Fj.	<i>Sr36</i> , <i>Sr31</i>
GK Véka	1996	<i>Yr9+</i> , <i>Sr31</i>	GK Boglár	Fj.	<i>Sr36</i>

Amint láthattuk, az *Sr36* a hatékony szározsa rezisztencia gének közé tartozik. A GK Kincső fajta tartalmazza ezt a gént. A szegedi nemesítési programban a GK Kincső széleskörben felhasználásra került. E programból 2005-ig 27 fajta került minősítésre, amelynek nagy része tartalmazza az *Sr36*-os gént (45. táblázat), amely kiváló szározsa ellenállóságot biztosít számukra, legtöbbjük jó szántóföldi ellenállósággal rendelkezik a lisztharmat és levélrozsda fertőzéssel szemben is, s emellett kiváló kenyérsütési minőségűek és jó termőképességűek (43. ábra).

Azt is láthatjuk viszont, hogy fajtaink genetikai háttere az ellenállóképesség szempontjából igen szűk. Ez akkor jelenthet problémát, ha kialakul a patogén populációban egy olyan patotípus, amely képes megfertőzni az adott gént tartalmazó fajtát. A szegedi fajtákban ritkábban, a martonvásári fajtákban viszont igen gyakran előfordul az *Sr31*-es szározsa rezisztenciagén. Jin és Singh (2006) Kelet-Afrikában azonosítottak az *Sr31*-es génre virulens patotípust. Ennek elterjedése esetén az *Sr31*-es gént tartalmazó fajták szározsa ellenállósága lényegesen romolhat, amely nagymértékű termésvesztést eredményez. De ugyanez a helyzet kialakulhat az *Sr36*-os gén esetében is. Ez a tény jelzés értékű a nemesítők számára, hogy a fajtaelállító nemesítési munkában más hatékony, vagy mérsékelt hatékony – de szántóföldi viszonyok között megfelelő szintű védelmet nyújtó gént is célszerű felhasználni az ellenállóképesség javításában.



43. ábra

Az OMMI Vetőmagfelügyeleti Főosztályának adatai alapján az e programból kikerült 3 fajta – GK Kalász, GK Garaboly, GK Ati – a vetőmagelőállításra bejelentett területek 12,2 %-át foglalja el (Neszmélyi 2006) (46. táblázat).

46. táblázat
Őszi búza fajtaarányok a szemlézett alkalmas minősítésű területek alapján
(Kivonat)

Rangsor			Fajta	Vetőmag előállító terület aránya (%)		
2005	2004	2003		2003	2004	2005
1.	1.	1.	Mv Csárdás	13,6	10,6	9,4
2.	2.	2.	Mv Magdaléna	12,0	10,3	8,4
3.	6.	7.	Lupus	3,7	4,3	6,5
4.	4.	4.	Mv Palotás	6,7	5,7	6,2
5.	3.	10.	Mv Verbunkos	2,4	8,0	5,9
6.	7.	6.	GK Kalász	5,0	4,3	5,8
7.	5.	5.	Jubilejnaja 50	6,2	5,6	4,7
8.	10.	9.	GK Garaboly	3,0	3,0	3,3
9.	14.	34.	Mv Ködmön	0,6	2,2	3,2
10.	8.	3.	Mv Magvas	7,6	4,2	3,1
11.	9.	14.	GK Ati	1,4	3,2	3,1
12.	17.	13.	GK Petur	2,2	1,8	2,8

A nemesítői munka legrangosabb elismerésének számít, ha a több mint egy évtizedes munka végén az Országos Fajtaminősítő Bizottság hivatalosan is minősíti fajtainkat. A 47. táblázat mutatja be azokat a fajtaikat, amelyek előállításában vezető nemesítőként vagy közreműködőként vettem részt. E fajták közül három (GK Kalász, GK Garaboly, GK Ati), amint az a 46. táblázatból is látható, vetőmagterülete alapján a legnagyobb területen termesztett első 12 fajta között van a 2005-ös évi adatok alapján.

47. táblázat
A vezetéssel illetve közreműködéssel előállított búzafajták listája

Fajta neve	Kombináció	Bejelentés	Elismerés	Nemesítői	Szabadalmi
		éve	éve	részarány (%)	lajstromszám
<i>Vezetéssel előállított fajták</i>					
GK Garaboly	D12 / GK Mini Manó	1994	1998	25	215.479
GK Dávid	GK Mini Manó / GK István	1994	1998	25	215.478
GK Szálka	GK Garaboly / Mv119.88	1997	2000	30	
GK Margit	CK 983 / GK Gereben // GK Mini Manó / GK Réka	1998	2001	25	
GK Jutka	CK 983 / GK Gereben // GK Mini Manó / GK Réka	1998	2001	25	
GK Hargita	GK Dávid / GK Kalász	2001	2003	30	
<i>Közreműködéssel előállított fajták</i>					
GK Csongor	GT 76.150 / Predgornaja 2	1977	1980	5	
GK Kincső	Arthur 71 / Sava	1981	1983	5	192.412
GK Pannondur	KGST rek. Szel	1983	1985	4	
GK Zombor	Kavkaz / Produttore // Sava	1983	1985	4	
GK István	Kremena / Aurora	1984	1987	5	202.039
GK Örzse	Sava / Maris Huntsman	1985	1988	6	202.040
GK Szőke	Tobari 66-8156R / Bezostaja 1	1985	1987	6	
GK Bence	Artur / Sava // Libellula	1985	1987	6	
GK Barna	D1 / Sava // Aquileja	1986	1990	7	202.356
GK Csűrös	Arthur 71 / Tiszatáj*2	1987	1991	7	204.648
GK Góbé	GK Mini Manó / GK Kincső	1989	1992	7	204.564
GK Olt	GK Lilla / Mv 8	1989	1992	7	213.225
GK Délibáb	HD 773 GK Mini Manó // Jubilejnaja 50 / Sadovo S / GK Mini Manó / Mv 12	1990	1992	5	209.040
GK Csörnőc	F3 pop-ból 6077 sz. törzs	1990	1995	20	
GK Zugoly	GK Kincső / GK István	1991	1993	5	210.222
GK Kalász	GK Mini Manó / GK Kincső // Lovrin 24 / GK Korány	1993	1996	3	214.541
GK Élet	GK Öthalom // GK Ságvári / Bounty // Mv4 / Baranjka	1993	1996	8	214.538
GK Véka	Lovrin24 / GK Mini Manó // GK Mini Manó / GK Kincső	1993	1996	3	215.022
GK Tavasz	CIMMYT-től kapott bulkból szel.	1995	1998	20	
GK Verecke	Bezostaja 1 / GK Pusztaszer	1996	1999	5	221.325
GK Tenger	GK Kincső*2 / Mv4	1996	1999	3	221.324
GK Forrás	GK Kincső / Mv4	1996	1999	3	221.326
GK Bagoly	Mv 16 / Zágrábi 241	1997	2000	5	223.671
GK Sas	Mv 16 / Zágrábi 241	1997	2000	5	
GK Szivárvány	Zágrábi241 / GK Öthalom // Mv17 / GK Öthalom	1997	2000	10	
GK Csongrád	GK Kincső*2 / GK Mini Manó // GK Kincső / GK István	1998	2001	8	
GK Héja	Mv16 / GK Zugoly	1998	2001	5	
GK Holló	Mv16 / GK Zugoly 612	1998	2001	5	
GK Tündér	GK Zugoly / 85.50 DH változata	1998	2001	9	
GK Attila	Mv4*2 // Jakometti / Rana 2 // Grana / D1 /3/ GK Mini Manó	1998	2001	5	223.567
GK Hattyú	GK Góbé // GK Öthalom / GK Mini Manó	1999	2002	5	
GK Cinege	GK Zugoly / GK Élet	1999	2002	5	
GK Smaragd	GK István*2 / GK Góbé	1999	2002	5	
GK Rubin	Mv4*2 // Jakometti / Rana 2 // Grana / D1 /3/ GK Mini Manó	1999	2002	5	
GK Békés	GK Garaboly / GK Kalász	2002	2005	10	
GK Hunyad	GK Mura / GK Kende	2002	2005	5	
GK Csillag	GK Véka / GK Kalász	2002	2005	5	
GK Selyemdur	GK Novodur / GK Coopdur	1999	2001	5	

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon az őszi búzát károsító kórokozók közül minden évben előfordul a vörösrózsa (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) és a lisztharmat (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), kisebb-nagyobb károkat okozva a környezeti tényezőktől és a fajták ellenállóképességétől függően. A sárga rozsa (*Puccinia striiformis* var. *striiformis*) ritkán okoz olyan országos méretű járványt, mint 2001-ben. Számára kedvező feltételek és a fogékony fajta jelenléte esetén általában helyi járványok kialakulására számíthatunk. Fajtáink szárrozsdával (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) szembeni ellenállóságát pedig csak mesterséges fertőzéses körülmények között tudjuk tesztelni, mivel az utóbbi évtizedekben egyáltalán nem, vagy csak sporadikus megjelenését tapasztaltuk.

A levélfoltosságokat okozó nekrotróf kórokozók (*Drechslera tritici repentis*, *Septoria tritici*, *Septoria nodorum*, *Bipolaris sorokiniana*) jelentősége a 90-es évek végétől növekedett meg Magyarországon.

A biotróf kórokozókkal kapcsolatos vizsgálatok a Gabonatermesztési Kutató Intézetben, illetve Közhasznú Társaságban már a 70-es évek elején elkezdődtek, míg a nekrotróf kórokozók tanulmányozása 2000 óta folyik intenzíven.

Egy súlyos epidémia a rezisztencia viszonyoktól függően jelentős termés- ill. ezerszemtömeg csökkenést okoz. Ezért kezdtük el a különböző rezisztenciájú fajták vizsgálatát eltérő környezetben (fungiciddal védett és szárrozsdával mesterségesen fertőzött). Vizsgálataink során kimutattuk, hogy öröklődés vizsgálatok esetén fontos a stressz (betegség) mentes környezet, hogy a következtetések helytállóak legyenek. A hatékony szelekció szempontjából viszont a járványos környezetben kapott eredmények a mérvadóak, mivel ott egyértelműen megmutatkozik a rezisztencia hatása. Ki tudjuk válogatni azokat a növényeket, kombinációkat, amelyeknek nem csökken, vagy csak nagyon kis mértékben a termése vagy ezerszemtömege.

Fajtáinkban két hatékony szárrozsa rezisztencia gén – *Sr36*, *Sr31* – beépítésére került sor. Ez a két szárrozsa gén Magyarországon hatékony védelmet nyújt a kórokozó ellen a fertőzöttség mértékének csökkentésével. Ez megnyilvánul a termésben is, hiszen ezen géneket tartalmazó fajták termése csak igen kismértékben csökkent szárrozsdával mesterségesen fertőzött környezetben. Bár az utóbbi 25-30 évben a szárrozsa természetes előfordulása nem okozott problémát Magyarországon, az intézetben nemesített fajták (GK Kincső, GK Garaboly, GK Kalász, GK Góbé, GK Csörnök, GK Véka) egy esetlegesen fellépő szárrozsa járvány esetén is biztonsággal termesztethetők. Emellett a nemesítési munkában hatékonyan felhasználhatók az új fajták szárrozsdával szembeni ellenállóképességének javítására is.

A GK Kincső esetében a hatéves kísérletsorozatban bizonyítottuk, hogy a szárrozsa rezisztens fajta termése szignifikáns mértékben csökkenhet nagy fertőzési nyomás esetében, amely megegyezik a Smedegaard-Petersen és Stolen (1981) árpa lisztharmatnál, Barabás és mtsai. (1983) búza vörösrózsdájánál és Wagoire és mtsai. (1998) által a búza sárgarózsdájánál tapasztaltakkal.

A nemesítési munka tulajdonképpen versenyt fut a kórokozókkal. A kórokozó populáció összetételének változása – különösen, ha együtt jár egy új, virulens patotípus megjelenésével – jelentősen megváltoztathatja termesztett fajtáink fertőzöttségének mértékét. Ezért nagyon fontos nyomon követni nemcsak Magyarországon, hanem az európai térségben is a kórokozó populáció összetételét, hogy követni tudjuk a változásokat. Vizsgálataink alapján

magyarországi körülmények között felnőttkorban hatékony védelmet nyújt a vörösrózsa populációval szemben az *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr29*, *Lr 35*, *Lr38K*-as, szárrózsa esetében az *Sr36*, *Sr27*, *Sr31*-es gén, lisztharmat gének közül pedig kisebb mértékben fertőződnek a *Pm17*, *Pm6* és *Pm5+6*-os génkonbinációt tartalmazó vonalak. Ezen hatékony gének közül azonban csak az *Sr36* és az *Sr31* fordul elő nagy gyakorisággal fajtáinkban. Ez rámutat arra, hogy az elkövetkezendő években is fontos feladat olyan rezisztencia források felkutatása, amelyek tartalmazzák a Magyarországon hatékony géneket.

A fajtákban lévő rezisztencia gének meghatározása hagyományos úton, munka és időigényes feladat, mert ahhoz, hogy tesztelni tudjuk anyagainkat fenn kell tartani a kórokozót, elő kell állítani olyan specifikus izolátumokat, amelyek alkalmasak az adott rezisztencia gén azonosítására. Emellett nagy a hely-, munka- és időigénye. Mindezek egyszerűsíthetőek a molekuláris technikák alkalmazásával. Az ezirányú munka a 90-es években kezdődött el intézetünkben. Az ehhez szükséges specifikus izolátumok segítségével számos gén (pl. *Lr1*, *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr52(LrW)* stb.) esetében biztosítható a fenotípezési munka elvégzése.

Magyarországon az 1999-es csapadékos év növénykórtani helyzete hívta fel a figyelmet a levélfoltosságokat okozó kórokozók megnövekedett jelentőségére. 2000-ben kezdtük el a levélfoltosságokat okozó kórokozók előfordulásának, a járvány kialakulásának országos felmérését. A hat év alapján megállapítható az a tendencia, hogy a *Drechslera* fajok és a *Septoria tritici* előfordulásának gyakorisága közel azonos, majd ezt követi a *Stagonospora nodorum*. A legkisebb arányban a *Bipolaris sorokiniana*t találtuk meg a mintákban. A tenyészidőszak elején a *Septoria tritici*t, míg a tenyészidőszak végén a *Drechslera* fajokat és a *Stagonospora nodorum*ot találtuk nagyobb arányban, bár a *Septoria tritici*, számára kedvező években (2004, 2005), a tenyészidő végén is igen nagy gyakorisággal fordult elő a mintákban. Jelentős különbségeket tapasztaltunk az évjáratok és a helyek között.

A vizsgált időszakban a természetes fertőződés mértéke alapján nem tudtunk következtetést levonni a fajták levélfoltosságokat okozó kórokozókkal szembeni ellenállóképességére vonatkozóan. Csak egy-egy helyen és évben alakult ki értékelhető mértékű járvány, és a fajtasorrend jelentősen eltért ezeken a helyeken. Ennek magyarázata lehet a kórokozó populáció összetételének különbözősége.

Problémát okozott a vizuális bonitálás során, hogy e kórokozó csoport tünetei nem különíthetők el olyan egyértelműen, mint a biotróf kórokozóké, így a fertőzöttség mértéke magában foglalja az összes levélfoltosságokat okozó kórokozó fertőzése miatt jelentkező tünetet, ezért összefoglaló néven 'levélfoltosságok'-nak nevezzük a tünetegyüttest.

Először izoláltuk Magyarországon az őszi búza leveléről a *Drechslera terest*, amelyet ITS szekvencia analízissel és visszafertőzéssel egyaránt bizonyítottunk. Az elkövetkező években a *Drechslera tritici-repentis* mellett figyelemmel kísérjük a *Drechslera teres* előfordulását is őszi búzán, jelentőségének megítélésére.

A levélfoltosságokat okozó kórokozók nagyobb mértékű megjelenésére és kártételére alapvetően őszi búza elővetemény, illetve monokultúra esetén lehet számítani. Mesterséges fertőzéses kísérleteinkben e helyzetet szimuláltuk. A dolgozatban csak 17 fajta 5 éves eredményét mutattuk be, azonban emellett minden évben vizsgáltuk a harmad éves fajtajelölteket is, hogy e betegség csoporttal szembeni ellenállóságukról is képet kapjunk. Vizsgálataink során teljesen tünetmentes genotípust nem találtunk. Az öt év alapján a GK Selyemdur és a GK Héja nekrotrof kórokozókkal szembeni ellenállósága volt a legjobb, míg a GK Verecke és GK Marcal bizonyult a legfogékonyabbnak. Ezeket az eredményeinket

németországi és csehországi tapasztalataink is megerősítették. A vizsgált évek közül különösen 2001-ben és 2005-ben tapasztaltunk jelentős mértékű terméseszkkenést, amely figyelmeztet bennünket arra, hogy lehetőség szerint kerülnünk kell a kalászos előveteményt és a monokultúrát. Ha mégis rákényszerülünk, fontos a gondos talajelőkészítés, a szármadarványok tökéletes leforgatása. A talaj felszínén maradó szármadarványok ugyanis elősegítik a levélfoltosságokat okozó kórokozók fennmaradását, amely fogékony fajta és kedvező mikroklíma esetében szükségessé teheti a kétszeri védekezést e kórokozó csoport ellen.

A 2005-ös év alapján úgy gondoljuk, hogy a *Septoria tritici* időnként legalább olyan, de egyes helyeken talán még nagyobb problémát is okozhat, mint a *Drechslera tritici-repentis*.

A terméseszkkenés mértéke az öt év átlagában 8 és 27 % között mozgott, de ha a 2005-ös évet vesszük figyelembe a legnagyobb mértékű terméseszkkenés elérte a 40 %-ot, amely már igen jelentős termésvesztés. A terméseszkkenés mértékét azonban nemcsak a levélfoltosságot okozó kórokozók határozták meg, hanem a levélrozda fertőzöttség mértéke is. Azon fajták esetében, ahol minimális volt a biotróf kórokozók megjelenése, a levélfoltosságok fogékony fajta esetében 15-25 % közötti termésvesztést okoztak. Ezért a tünetek korai, nagymértékű megjelenése és felszaporodásukhoz kedvező időjárási feltételek esetén feltétlenül szükséges a védekezés.

A nemesítési munka során 1990 óta kísérjük figyelemmel a termésösszehasonlító kísérletekben szereplő törzseink betegségekkel szembeni ellenálló képességét. Úgy gondoljuk, hogy a keresztezési programok kialakítása során alapvető fontosságú a 0 és 10 ACI értékű kategóriába tartozó vonalak genetikai háttérének elemzése, hogy olyan forrásokat tudjunk kiválasztani, amelyekből várhatóan nagyobb arányban származhatnak jó rezisztenciával rendelkező törzsek. E téren sajnos sárgarozda esetében rendelkezünk a legkevesebb információval. A levélfoltosságoknál, bár már több éves információnk van, legalább egy 8-10 éves periódus szükséges ahhoz, hogy reálisan tudjuk megítélni a környezeti tényezők mellett a genetikai háttér szerepét a törzsek ellenállóképességének változásában.

Ennek az elemzésnek az elvégzését támasztja alá az is, hogy fajtaink genetikai háttére az ellenállóképesség szempontjából igen szűk. Ez akkor jelenthet problémát, ha kialakul a populációban egy olyan patotípus, amely képes megfertőzni az adott gént tartalmazó fajtát. A szegedi fajtákban ritkábban, a martonvásári fajtákban viszont igen gyakran előfordul az *Sr31*-es szármadarza gén. Yin és Singh (2006) Kelet-Afrikában azonosítottak az *Sr31*-es génre virulens patotípust. Ennek hazai elterjedése esetén az *Sr31*-es gént tartalmazó fajták szármadarza ellenállósága lényegesen romolhat, amely nagymértékű termésvesztést okozhat. De ugyanez a helyzet kialakulhat az *Sr36*-os gén esetében is. Ez a tény jelzés értékű a nemesítők számára, hogy a fajtaelőállító nemesítési munkában más hatékony, vagy mérsékelt hatékony – de szántóföldi viszonyok között megfelelő szintű védelmet nyújtó gént is célszerű felhasználni az ellenállóképesség javításában.

Az értekezésben ismertett eredmények nagymértékben segítettek a sikeres fajtaelőállító nemesítési munkát. A GK Kincső felhasználásával – amely nemcsak szármadarzával szemben, hanem levélrozdával és lisztharmattal szemben is jó ellenállóképességgel rendelkezik – jelentős mértékben javult fajtaink betegségekkel szembeni ellenállóképessége. Napjainkig összesen 27 fajta került elismerésre e programból.

A több mint 20 éves nemesítési munka során 44 őszi búza fajta létrehozásában vettem részt, amelyből 6 fajta vezető és 38 fajta társnemesítője vagyok. E fajták közül a GK Kalász, GK Garaboly, GK Ati vetőmagterülete alapján a legnagyobb területen termesztett első 12 fajta között van.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 1.) Bizonyítottuk Dr. Barabás Zoltán azon a hipotézisét, hogy az *Sr36*-os gén hatékony védelmet biztosít a magyarországi szározsdá populáció ellen. A GK Mini Manó – amely tartalmazza az *Sr36*-os szározsdá rezisztencia gént – jól öröközte szározsdával szembeni ellenállóképességét hibridjeiben. Ezek ezerszemtömegét fertőzött környezetben lényegesen javította. Ez az eredmény hozzájárult ahhoz, hogy a későbbiek folyamán a szegedi fajtákba széles körben beépítésre került az *Sr36*-os szározsdá rezisztencia gén.
- 2.) Igazoltuk két, hatékony szározsdá rezisztencia gén – *Sr36* és *Sr31* – hatását a szározsdá fertőzöttség mértékének csökkentésében. Kimutattuk, hogy az *Sr36*-os gént tartalmazó fajták termése – a GK Kincső kivételével – még nagy fertőzési nyomás következtében sem csökken szignifikánsan. Bizonyítottuk azt is, hogy az *Sr31*-es gén is jelentősen csökkenti a szározsdá fertőzöttség mértékét. A termésnövekedés mértéke, bár kissé magasabb, mint az *Sr36*-os gént tartalmazó fajtáké, azonban nem tér el azokétól szignifikánsan.
- 3.) Megállapítottuk, hogy felnőttkorban hatékony védelmet nyújt a vörösszda populációval szemben az *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr29*, *Lr35*, *Lr38K*, szározsdá esetében az *Sr36*, *Sr27*, *Sr31*-es gén, a lisztharmat géneket tartalmazó törzsek közül pedig kisebb mértékben fertőződnek a *Pm17*, *Pm6* és *Pm5+6*-os génkombinációt tartalmazó törzsek.
- 4.) Adaptáltuk a molekuláris munkához szükséges fenotípezési rendszert. A hasadó nemzedékekben az *Lr1*, *Lr2a*, *Lr9*, *Lr19*, *Lr20*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr28*, *Lr29*, *Lr52(LrW)* gének jelenlétének igazolásához azonosítottunk specifikus izolátumot. Bizonyítottuk a vörösszda populáció nagymértékű heterogenitását is a Thatcher alapú vörösszda rezisztencia géneket tartalmazó búza közel izogén törzsek segítségével.
- 5.) Megállapítottuk, hogy Magyarországon a legfontosabb levélfoltosságokat okozó kórokozók közül a *Drechslera* fajok és a *Septoria tritici* előfordulásának gyakorisága közel azonos, majd ezt követi a *Stagonospora nodorum*. A *Bipolaris sorokiniana* előfordulása sporadikus. A kórokozó populáció összetételének változására jellemző, hogy a tenyészidőszak elején a *Septoria tritici*, míg a tenyészidőszak végén a *Drechslera* fajok és a *Stagonospora nodorum* fordul elő nagyobb arányban, bár a *Septoria tritici*, számára kedvező években, a tenyészidő végén is igen nagy gyakorisággal megjelenik. Jelentős évjárat és helyhatást tapasztaltunk.
- 6.) Bizonyítottuk a *Pyrenophora teres* előfordulását őszi búzán, Magyarországon.
- 7.) Többéves kísérletsorozatban meghatároztuk 17 szegedi őszi búza fajta nekrotróf kórokozókkal szembeni ellenállóképességét. Kimutattuk, hogy a nekrotróf kórokozók számukra kedvező feltételek esetén, akár 25 %-os termésvesztést is okozhatnak.
- 8.) A több mint 20 éves nemesítési munka során 44 őszi búza fajta létrehozásában működtem közre, amelyből 6 fajta vezető és 38 fajta társnemesítője vagyok.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Ali, S., Franc, L.J. (2001): Recovery of *Pyrenophora tritici-repentis* from Barley and Reaction of 12 Cultivars to Five Races and Two Host-Specific Toxins. *Plant Disease* 85(6): 580-584.
- Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W., Lipman, D.J. (1990): Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology* 215: 403-410
- Anonymous (1976): CIMMYT Report on Wheat Improvement. Mexico D. F. p. 115.
- Aponyiné, G.I., Békési, P., Matók, I. (1988): Újabb betegség veszélyezteteti a gabonát. *Magyar Mezőgazdaság* 40: 9.
- Aponyiné, G.I., Vendrei, Zs. (1999): Az őszi búza levélbetegségeinek dominanciaviszonyai Magyarországon 1999-ben. HTR Konferencia Balatonkenese, 1999. Október 19-20. p. 10-16.
- Babajants, L.T. (1972): Wheat leaf rust and stem rust races in the Southwest steppe of Ukraine. *Proc. Europ. and Medit. Cereal Rust Conf.* 3: 23-26.
- Bakonyi, J., Fischl, G., Falusi, J. (1993): *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. és *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem. fertőzés sajátosságai őszi búza csíranövények levelein. *Növénytermelés* 42(2): 127-134.
- Balogh, S., Rátainé, VR., Aponyiné, G.I., Schweigert, A-né, Füzi, I. (1991): A kalászosok helmintosporiumos levélszáradása. *Gyakorlati Agrofórum* 2, májusi különszám: 30-33.
- Barabás, Z. (1987): A búzatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Barabás, Z., Matuz, J. (1983): A levélrozsda és a lisztharmat epidémia, illetve különféle rezisztencia típusok befolyása őszi búza genotípusok termésére. *Növénytermelés*, 32(3): 193-198.
- Bartos, P. (1972): Physiologic specialization of wheat stem rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) in Czechoslovakia in the years 1966-1971. *Vyzk. Ust. Rostlinné Vyroby* 17: 173-179.
- Bartos, P. (1980): Physiologic specialization of stem rust and leaf rust of wheat in Czechoslovakia in the last 17 years. *Cereal Rusts Bulletin* 8: 9-11.
- Bartos, P., Stuchliková, E., Hanusová, R. (1992): Wheat Leaf and Stem rust Virulence in Czechoslovakia (1970-1992). *Votr. Pflanzzüchtg.* 24: 91-93.
- Bartos, P., Hanzalová, A., Stuchliková, E. (2001): Wheat leaf rust races/pathotypes in the Czech Republic in 1999-2000.
- Bartos, P., Hladká, O. (1978): Physiologic specialization of stem rust in Czechoslovakia in the years 1974-1976. *Vyzk. Ust. Rostlinné Vyroby* 24: 545-550.
- Bartos, P., Huszar, J. (1998): Virulence of the wheat leaf rust population in Slovakia in 1996. *Biológia (Bratislava)* 53: 99-105.
- Bartos, P., Stuchliková, E. (1999): Wheat leaf rust pathotypes/pathotypes in the Czech Republic in 1997-1998. *Plant Protection Science*, 35: 51-56.
- Bartos, P., Stuchliková, E., Hanusová, R. (1994): Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia persistens* Plow. var. *triticea* (Eriks.) Urban et Marková) and stem rust (*Puccinia graminis* Pers. subsp. *graminis*) in the Czech and Slovak Republics in the years 1991-1993). *Genetika a Slechteni* 30: 253-267.
- Bartos, P., Stuchliková, E., Kubová, R. (1984): Wheat leaf rust epidemics in Czechoslovakia in 1983. *Cereal Rusts Bulletin* 12: 40-41.
- Bartos, P., Tersová, R., Slovenciková, V. (1983): Genetics of rust resistance in Czechoslovak wheat cultivars. *Tagungsbericht, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der Deutschen Demokratischen Republik* 216: 555-560.

- Bartos, P., Valkoun, J., Kosner, J.J., Slovenciková, V. (1973): Rust resistance of some European wheat cultivars derived from rye. Proc. 4th Int. Wheat Gens. Symp. Missouri (USA), p. 145-146.
- Basile, R. (1957): A diagnostic key for the identification of physiological races of *Puccinia rubigo-veras tritici*. Gouged according to an Unified Numeration scheme. Plant Ids. Rep. 41: 508-511.
- Bayer (1991): Getreidekrankheiten.
- Békési, P. (1996): Az őszi búzafajták rezisztencia-vizsgálatának 1996. évi eredményei. Gyakorlati Agroforum, 7(10): 12-14.
- Békési, P., Viola, J-né (2000): Minősített őszi búzafajták rezisztencia-vizsgálatának 2000. évi eredményei. Gyakorlati Agroforum, 11(9): 36-37.
- Beresford, R.M. (1982): Stripe rust (*Puccinia striiformis*), a new disease of wheat in New Zealand. Cereal Rusts Bull. 10: 35-41.
- Bockus, W.W., Davis, M.A., Shroyer, J.P. (1992): Effect of foliar fungicide application on seed size of winter wheat. J. Applied Seed Production 10: 1-6.
- Bócsa, É. (1964): Physiologic specialization of brown and black rust of wheat in Hungary. Proc. Cereal Rust Conf. 1: 321-323.
- Bócsa, É. (1968a): Physiologic races of wheat stem and leaf rust in Hungary during the period 1964-1968. Proc. Cereal Rusts Conf. 2: 102-103.
- Bócsa, É. (1972): Physiological specialization of wheat leaf and stem rust in Hungary. Proc. Europ. and Medit. Cereal Rusts Conf. 3: 109-113.
- Bócsa, I-né (1959): A búza szár- és levélrozsa fiziológiai specializálódása Magyarországon 1956-ban. Növénytermelés 8: 325-332.
- Bócsa, I-né (1968b): A búza levél- és szárrozsa fiziológiai specializálódásának hazai kutatási eredményei a legutóbbi 10 évben. Agrártudományi Közlemények 27: 471-474.
- Borghini, B., Perenzin, M. (1994): Diallel analysis to predict heterosis and combining ability for grain-yield, yield components and bread-making quality in bread wheat (*Triticum aestivum*). Theor. Appl. Genet. 89(7-8): 975-981.
- Boskovic, M.M. (1974): International Survey of factors of virulence of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* and testing the bsources of resistance. Faculty of Agriculture, Novi-Sad. Yugoslavia.
- Budak, N. Yildirim, M.B. (1999): Correlations among the yield and yield components at segregating populations derived from selection based on harvest index in bread wheat. Cereal Res. Comm. 27(3): 267-272.
- Casulli, F., Pasquini, M. (1998): Pathogenicity of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in Italy from 1993 to 1996. Phytopathologia Mediterranea, 27: 51-57.
- Clarkson, J.D.S. (2000): Virulence survey report for wheat powdery mildew in Europe, 1996-1998. Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin (www.crpmb.org) 2000/1204clarkson.
- Conner, R.L., Kuzyk, A.D., Su, H. (2003): Impact of powdery mildew ont he yield of soft white spring wheat cultivars. Canadian Journal of Plant Science 83(4): 725-728.
- Cox, W.J., Bergstrom, G.C., Reid, W.S., Sorrells, M.E., Otis, D.J. (1989): Fungicide and nitrogen effects on winter wheat under low foliar disease severity. Crop Sci. 29: 164-170.
- Cséplő, M., Vida, Gy., Bakonyi, J., Veisz, O. (2004): Búza-genotípusok *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler ellenállóságának vizsgálata üvegházi körülmények között. Növényvédelem 40(6): 281-285.
- Csősz, L-né (2000): Búza levélbetegségek járványtani jelentősége szegedi szemmel. 46. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, február 22-23., p.90.

- Csősz, L-né (2001a): Az őszi búza szaprofita gombáinak és nekrotróf kórokozóinak előfordulása 2000-ben. Gyakorlati Agrofórum, 12(4): 4-7.
- Csősz, M. (2001b): Incidence of saprophytic and necrotrophic pathogens on wheat in Hungary in 2000. „Sustainable Systems of Cereal Crop Protection against Fungal Diseases as the Way of Reduction of Toxin Occurrence in Food Webs” Conference, Kromeriz, Czech, p.46. (Abstr.), and Proceedings p.30-34.
- Csősz, M. (2002): Symptom development and evaluation of resistance at necrotrophic leaf disease in wheat. 6th Conference of the European Foundation for Plant Pathology, Prague, Czech Republic, 8-14. September, 2002., p. 99.
- Csősz, L-né (2004): A búza levélbetegségei száraz években. Gyakorlati Agrofórum Extra 6., p. 26-29.
- Csősz, M. (2005): Occurrence of necrotrophic leaf pathogens in wheat and their relation to symptom development in Hungary (2000-2002). Acta Agrobotanica, 58(1): 11-16.
- Csősz, L-né (2006): Hat év tapasztalata az őszi búza levélfoltosságát előidéző kórokozókról. Gyakorlati Agrofórum Extra 14: 44-47.
- Csősz, L-né, Bartos, P., Mesterházy, Á. (1999): A GK Kincső őszi búzafajta és rokonsági körében lévő szárrozsda rezisztenciagének azonosítása. IV. Magyar genetikai kongresszus, Siófok, április 11-14., p.173.
- Csősz, L-né, Kertész, Z. (1991): A szárrozsda fertőzés hatása őszi búzák biológiai termésére. „A biotikus és abiotikus stresszrezisztencia genetikai kontrollja” c. konferencia, Budapest, 1991, november 27. p.11.
- Csősz, L-né, Láda-Nagyhaska, E., Cseuz, L. (2006a): Őszi búza genotípusok fertőzőttségének mértéke (biotróf és nekrotróf kórokozók) és termésreakciója Szegeden 2005-ben. XVI. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum 2006. január 26-27., p. 27.
- Csősz, L-né, Láda-Nagyhaska, E., Kertész, Z., Cseuz, L. (2006b): Őszi búza fajták biotróf és nekrotróf kórokozókkal szembeni ellenállósága és termésreakciója Szegeden 2001-2005-ben. XII. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest, 2006. március 7-8., p. 54
- Csősz, L-né, Matuz, J., Kertész, Z., Mesterházy, Á. (2002): A 2001. évi sárgarozsda-járvány tapasztalatai. Gyakorlati Agrofórum, 13(5):14-16.
- Csősz, L-né, Nagyhaska, E., Pusztai, L-né (2004): A nekrotróf kórokozók előfordulásának változása és a fajták természetes fertőződésének értékelése őszi búzán. 50. Növényvédelmi Tudományos Napok Budapest, 2004. február 24-25., p. 142.
- Csősz, M., Barabás, Z., Mesterházy, Á. (1997a): Genes effective against powdery mildew and leaf rust in Hungary, Szeged. Protection of Cereal Crops against Harmful Organisms, 1-4 July, Kromeriz, Czech Republic, Abstr.
- Csősz, M., Bartos, P., Mesterházy, Á. (1997b): Identification of stem rust resistance in cultivar Kincső (Preliminary results). Approaches to improving disease resistance to meet future needs: Airborne pathogens of wheat and barley. 11-13 November 1997, Praha, Czech Republic, Abstr.
- Csősz, M., Bartos, P., Mesterházy, Á. (2001): Identification of stem rust resistance gene *Sr36* in the wheat cultivar GK Kincső and in its derivatives. Cereal Res. Comm. 29(3-4): 267-273.
- Csősz, M., Kertész, Z., Matuz, J., Barabás, Z. (1995): Manifestation of inheritance of 1000 kernel mass under artificial stem rust inoculated and disease free conditions in wheat. Cereal Res. Comm. 23(1-2): 133-140.

- Csősz, M., Kopahnke, D., Nagyhasa, E., Pusztai, I., Mesterházy, Á. (2003): Resistance of winter wheat cultivars against necrotrophic leaf pathogens (2001-2003 Szeged, Hungary and 2003 Aschersleben, Germany). 3rd International Plant Protection Symposium at Debrecen University, 15-16 October, 2003 Debrecen, Hungary, Proceedings, p.166-170.
- Csősz, M., Matuz, J., Mesterházy, Á. (1996): Tolerance reaction of wheat genotypes against stem rust and powdery mildew. Proc. of the 9th European and Mediterranean Cereal Rusts & Powdery Mildew Conference 2-6 September 1996. Lunteren, The Netherlands. p. 254.
- Csősz, M., Mesterházy, Á., Szunics, L., Vida, Gy. Manninger K. (2000): Leaf rust reactions of the wheat Lr near-isogenic lines in adult stage in Hungary, 1995-1999. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 35 (1-4), pp.177-185.
- Csősz, M., P. Bartos, Á. Mesterházy, L. Purnhauser, G. Gyulai (1999b) Postulated resistance genes of several Hungarian wheat cultivars to leaf rust in seedling stage. Disease Resistance and Cereal Leaf Pathogens Beyond the Year 2000. COST 817 Workshop 9-14 November 1999. (Abstract) p.31.
- Csősz, M., Šárová, J., Hanzalová, A., Čejka, L. (2005): Őszi búza fajták levélfoltossággal szembeni ellenállósága Magyarországon és Csehországban. XLVII. Georgikon Napok, Keszthely, 2005. szeptember 29-30. CD: ISBN 963 9639 03 6.
- Das, M.K., Rajaram, S., Mundt, C.C., Kronstad, W.E. (1992): Inheritance of slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. Crop Science 32(6): 1452-1456.
- De Wolf, E.D., Effertz, R.J., Ali, S., Franc, L.J. (1998): Vistas of tan spot research. Can. J. Plant Pathol. 20: 349-370.
- Del Olmo, A.I., Rubiales, D. (2004): Physiologic specialization of *Puccinia triticina* in Andalusia (Spain) in 2003. 11th International Cereal Rusts & Powderz Mildew Conference, Norwich, UK, 22-27 August, 2004, A2.15.
- Dodov, D., donchev, N., Kounovski, J. (1968): Race composition of *Puccinia graminis* var. *tritici* and *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* in Bulgaria and resistance sources. Proc. Cereal Rusts Conf. 2: 174-177.
- Drijepondt, S.C., Pretorius, Z.A., Van Lill, D., Rijkenberg, F.H.J. (1990): Effect of *Lr34* resistance on leaf rust development, grain yield an baking quality in wheat. Plant Breeding 105: 62-68.
- Du, C.C., Nelson, L.R., McDaniel, M.E. (1999): Diallel analysis of gene effects conditioning resistance to *Stagonospora nodorum* (Berk.) in wheat. Crop Sci. 39(3): 686-690.
- Duczek, L.J., Jones-Flory, L.L. (1994): Effect of timing of propiconazole application on foliar disease and yield of irrigated spring wheat is Saskatchewan from 1990 to 1992. Can. J. Plant Sci. 74: 205-207.
- Dyck, P.L., Samborski, D.J. (1968): Genetics of resistance to leaf rust int he common wheat varieties Webster, Loros, Brevit, Carina, Malakof and Centenario. Canadian Journal of Genetics and Cytology 10: 7-17.
- ElHaddad, L., Sarrafi, A., Fabre, J.L., Aussenac, T. (1996): Genetic expression of some grain quality and yield components in hexaploid wheat (*Triticum aestivum*). Cereal Res. Comm. 24(3): 323-329.
- El-Maghraby, M.A., Moussa, M.E., Hana, N.S., Agrama, H.A. (2005): Combining ability under drought stress relative to SSR diversity in common wheat. Euphytica 141(3): 301-308.
- Felsenstein, J. (1985): Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution 39: 783-791

- Francis, H.A., Leitch, A.R., Koebner, R.M.D. (1995): Conversion of a RAPD-generated PCR product, containing a novel dispersed repetitive element, into a fast and robust assay for the presence of rye chromatin in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 90: 636-642.
- Füzi, I. (2000): A vörösrózsa kártételi jelentősége hazánkban. *Gyakorlati Agrofórum*, 11(5): 27-29.
- Gal, M., Oettler, G. (2003): Diallel analysis of resistance to *Stagonospora nodorum* in winter triticale. *Cereal Res. Comm.* 31(3-4): 315-322.
- Gal, M., Szunics, L., Szunics, Lu, Vida, G., Bedő, Z. (2001): Technological quality of near-isogenic lines of the wheat variety Thatcher carrying different leaf rust resistance genes. *Növénytermelés*, 50(5): 505-516.
- Gergely, L., Bartus, E., Birtáné Vas, Zs., Hertelendy, P., Jakab, L-né, Orlócziné Debreceni, Á., Szilávik, L., Tőkés, Á., Véghné Keresztes, E., Szabó, T., Zalka, A. (2006): A Növénykórtani Osztály 2005. évi munkája. OMMI, Budapest, 2006.
- Gontarenko, O.V., Babayants, L.T., Gerzhova, M.A. (1998): Leaf spot diseases of wheat and triticale in southern Ukraine. *Mikologiya i Fitopatologiya* 32(2): 61-64.
- Gospodinova, E. (1980): Racial and genetic differentiation on wheat brown rust (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f.sp. *tritici* Erikss.) in Bulgaria for the period 1977-1978. *Plant Sci.* 17: 322-325.
- Goyeau, H., de Vallevieille-Pope, C. (1996): Population structure and sampling of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in France during 1993-1995. *Proc. of the 9th Cereal Rust & Powdery Mildews Conference*, 2-6 Sept. Lunteren, The Netherlands, p. 136. (Abstr.)
- Griffing, J.B. (1956): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Gulyaeva, E., Walther, U., Kopahnke, D., Mikhailova, L. (2000): Virulence of *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f.sp. *tritici* in Germany and European Part of Russia in 1996-1999. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.* 35(1-4): 409-412.
- Harder, D.E. (1999): Stem rusts on wheat, barley, and oat in Canada in 1996 and 1997. *Can J. of Plant Path.-Revue Can. de Phytopath.* (21(2): 181-186.
- Hassebrauk, K. (1966): Investigation on physiologic specialization of wheat stem rust *Puccinia graminis tritici* in the year 1964. *Pflanzenschutzd.* 18: 69-73.
- Hassebrauk, K. (1967a): Zur Epidemiologie des Schwarzrostes in Mitteleuropa. *Phytopath.* 60: 169-176.
- Hassebrauk, K. (1967b) Untersuchungen über die physiologische Spezialisierung des Weizenschwarzrostes (*Puccinia graminis tritici*) in den Jahren 1965-1966. *Deutsch. Pflanzenschutzd.* 19: 25-27.
- Hertelendy, P., Birtáné Vas, Zs., Szabó, T., Zalka, A. (2004): Az őszi búza sárga levélfoltosságának tavaszi kártételéről. *Gyakorlati Agrofórum* 15(6): 35-37.
- Hertelendy, P., Viola, J-né (2001): Minősített őszybúza fajták rezisztencia vizsgálatának 2001. évi eredményei. *Gyakorlati Agrofórum*, 12(10): 9-10.
- Hiebert, C., Thomas, J., McCallum, B. (2005): Locating the broad-spectrum wheat leaf rust resistance gene *Lr52(LrW)* to chromosome 5B by a new cytogenetic method. *Theor. Appl. Genet.* 110: 1453-1457.
- Hill, J., Ortiz, R., Wagoire, W.W., Stolen, O. (1999): Effectiveness of indirect selection for wheat yield in a stress environment. *Theor. Appl. Genet.* 98(2): 305-309.
- Hosford, R.M. (1982): Tan spot-developing knowledge 1902-0981, virulent races and wheat differentials, methodology, rating systems, other leaf diseases, literature. In: Hosford, F.M. (ed.): *Tan Spot of Wheat and Related Diseases Workshop*, Fargo, pp. 1-24.
- Husz, B. (1932a): A búza 1932. évi rozsdajárványa. *Köztelek*, 42: 34-41.
- Husz, B. (1932b): Adatok a magyar búza rozsdakérdéséhez. *Mezőgazdasági Kutatások*, 5: 77-112.

- Ionescu-Cojocaru, M., Saulescu, N.N., Negulescu, F. (1978): Genes for resistance to stem rust detected and used in the wheat breeding programme of the Research Institute for Cereals and Industrial Crops Fundulea. *Probleme de Genetica Teoretica si Aplicata* 10: 27-41.
- Jakucs, E., Vajna, L. (2003): Mikológia. Agroiinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest.
- Jin, Y., Sing, R.P. (2006): Resistance in U.S. Wheat to Recent Eastern African Isolates of *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* with Virulence to Resistance Gene *Sr31*. *Plant Disease* 91(4): 476-480.
- Jinks, J.L., Hayman, B.I. (1953): Analysis of diallel crosses. *Maize Genetic Cooperation News Letter*, 27: 48-54.
- Johnson, R. (1992): Reflections of a plant pathologist on breeding for disease resistance, with emphasis on yellow rust and eyespot of wheat. *Plant Pathol.* 41: 239-254.
- Johnson, R., Manninger, K., Csősz, M., Mesterházy, Á. (1996): Vulnerability of yellow rust resistance in Hungarian wheats. *Proceedings of the 9th Europ. and Medit. Cereal Rusts and Powdery Mildews Conf.* 9: 307.
- Johnston, C.O. (1956): Unified numbers for races of *Puccinia triticina*. *Robigo* 1: 2-3.
- Johnston, C.O., Heyne, E.G. (1964): Wichita wheat backcross lines for differential host identifying physiologic races of *Puccinia recondita*. *Phytopath.* 54: 385-388.
- Johnston, C.O., Mains, E.B. (1932): Studies on physiologic specialization in *Puccinia triticina*. U.S., Dep. Agric., Tech. Bull. 313: 1-22.
- Jones, E.R.L. (1999): Brown rust of wheat. UK Cereal Pathogen Virulence Survey 1998. *Annual Report*, p. 34-42.
- Joshi, S.K., Sharma, S.N., Singhania, D.L., Sain, R.S. (2004): Combining ability in the F₁ and F₂ generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell). *Hereditas* 141(2): 115-121.
- Kaur, J., Saini, R.G., Kaur, L. (2003): Gene effects for partial strips rust resistance in six bread wheat cultivars. *Cereal Res. Comm.* 31(1-2): 41-48.
- Kertész, Z. (1993): Hagymányos és új módszerek alkalmazása a búzanemesítésben. *Doktori értekezés tézisei*, pp. 74.
- Kimura, M. (1980): A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies on nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution* 2: 87-90.
- Knobel, H.A., Labuschagne, M.T., Van Deventer, C.S. (1997): The expression of heterosis in the F₁ generation of a diallel cross of diverse hard red winter wheat genotypes. *Cereal Res. Comm.* 25(4): 911-915.
- Knott, D.R. (1990): Near-isogenic lines of wheat carrying genes for stem rust resistance. *Crop Sci.* 901-905.
- Knott, D.R., Anderson, R.G. (1965): The inheritance of rust resistance. I. The inheritance of stem rust resistance in ten varieties of common wheat. *Can. J. Agric. Sci.* 36: 174-195.
- Kolmer, J.A., Liu, J.Q. (1997): Physiologic specialization of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in Canada in 1995. *Can. J. Plant Path.*, 19: 166-170.
- Kremer, M., Hoffmann, G.M. (1993): Effects of leaf infections of *Drechslera tritici-repentis* on the carbohydrate and nitrogen metabolism of wheat plants. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz*, 100: 259-277.
- Kulikova, G.N., Kurbatova, V.SH. (1977a): Determination of biotypes of stem rust of wheat from different geographical zones. *Vestnik. Selskokhozyastvennoi Nauki Kazakhstana* 20: 38-40.
- Kulikova, G.N., Kurbatova, V.SH. (1977b): Survival of races of stem rust in a mixture of different wheat cultivars. *Vestnik Selskokhozyaistvennoi Nauki Kazakhstana* 20: 40-42.

- Kumar, A.A., Raghavaiah, P. (2004): Effect of the leaf rust resistance gene *Lr28* on grain yield and bread-making quality of wheat. *Plant Breeding* 123: 35-38.
- Labuschagne, M.T., Pretorius, Z.A., Grobbelaar, B. (2002): The influence of leaf rust resistance genes *Lr29*, *Lr34*, *Lr35* and *Lr37* on breadmaking quality in wheat. *Euphytica* 124: 65-70.
- Lekomtseva, S.N., Volkova, V.T., Zaitseva, L.G., Chaika, M.N. (2004): Pathotypes of wheat stem rust pathogen *Puccinia graminis* f.sp. *tritici* from various host plants in 1996-2000.
- Lelley, J. (1976): Wheat breeding. Theory and practice. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Limpert, E., Lutz, J., Remein, E.I., Sutka, J., Zeller, F.J. (1994): Identification of powdery mildew resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum* L.). III. Hungarian and Croatian cultivars. *J. Genet. and Breed.*, 48: 107-112.
- Lind, V. (2001): Analysis of virulences and evaluation of genetic resources for resistance within the host/pathogen combination wheat/*Puccinia triticina*. BAZ, Annual Report, 2001.
- Loegering, W.Q., Harmon, D.L. (1969): Wheat lines near-isogenic for reaction to *Puccinia graminis tritici*. *Phytopath.* 59: 456-459.
- Loegering, W.Q., Johnston, C.O., Samborski, D.J., Caldwell, R.M., Schafer, J.F., Young, H.C. (1961): The North American 1961 set of supplemental differential wheat varieties for leaf rust race identification. *Plant Dis. Rep.* 45: 444-446.
- Long, D.L., Kolmer, J.A. (1989): A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici*. *Phytopath.* 79: 525-529.
- Loughman, R., Wilson, R.E., Thomas, G.J. (1994): The influence of disease complexes involving *Leptosphaeria* (*Septoria*) *nodorum* on detection of resistance to three leaf spot diseases in wheat. *Euphytica* 72: 31-42.
- Mains, E.B., Jackson, H.S. (1926): Physiologic specialization in the leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology* 16: 89-120.
- Mains, E.B., Jackson, H.S. (1921): Two strains of *Puccinia triticina* on wheat in the United States. *Phytopathology* 11: 40.
- Manninger, I-né, Balla, L., Szunics, L., Szunics, L. (1978): Minősített búzafajták és fajtajelöltek betegséggellenállósága. *Magyar Mezőgazdaság*, 13(21): 6-7.
- Manninger, K. (1988): Role of epidemic of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* in Hungary. *Proceedings of the 7th European and Mediterranean Cereal Rust Conference*, Vienna, Austria. P. 163-165.
- Manninger, K. (1992): Occurrence and virulence of wheat leaf rust in Hungary. *Vorträge für Pflanzenzüchtung* 24: 84-86.
- Manninger, K. (1994a): diversity and virulence of *Puccinia recondita* in Hungary during 1990-1992. *Cereal Res. Comm.* 22: 219-226.
- Manninger, K. (1994b): Survey of virulence genes in wheat stem rust in Hungary during 1989-1991. *Cereal Res. Comm.* 22: 227-234.
- Manninger, K. (1999): Physiologic specialization of *Puccinia triticina* in Hungary during 1994-1998. *Workshop on Disease Resistance and Cereal Leaf Pathogens beyond the Year 2000*. COST Action 817, 11-12 November, Martina Franca, Italy. P. 45. (Abstr.)
- Manninger, K. (2000): Virulence survey of wheat leaf rust in Hungary: Races/pathotypes in 1999. *Acta Phytopath. et Entom. Hung.* 35(1-4): 421-42.
- Manninger, K. (2004): Virulence survey for wheat rusts in Hungary during 2000-2003. 11th International Cereal Rusts & Powdery Mildew Conference, Norwich, UK, 22-27 August, 2004, A2.41.
- Manninger, K. (2006): Physiological Specialization of *Puccinia triticina* on Wheat and Triticale in Hungary in 2004. *A. Phyt.* 41(1-2): 93-100.

- Manninger, K., Csősz, M., Falusi, J., Mesterházy, Á. (1998): Postulation of Resistance Genes to Wheat Stem Rust in winter Wheat Genotypes from Szeged. *Acta phytopath. et Entomol. Hung.* 33(1-2): 37-42.
- Manninger, S-né (1991a): A búza levélrozsa fiziológiai specializálódása Magyarországon 1984-1989 években. *Növénytermelés* 40: 235-239.
- Manninger, S-né (1991b): A hazai búzarozsák fiziológiai specializálódásának tanulmányozása 1955-1989 között. *Növényvédelem* 27: 250-255.
- Manninger, S-né (1993): A búzalevélrozsa előfordulása, virulenciája Magyarországon 1991-ben. *Növényvéd. Tud. Napok, Budapest*, p. 105.
- Manninger, S-né (1996): A hazai búzarozsák virulenciaváltozásainak és a búzafajták rezisztenciájának tanulmányozása az integrált védekezés érdekében. *Agrártudományi Egyetem Gödöllő, PhD* 155pp.
- Manninger, S-né, Csősz, L-né, Johnson, R., Mesterházy, Á. (1994): Adatok a hazai búzafajták sárgarozsa (*Puccinia striiformis*) rezisztenciájáról. *Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest*, p. 116.
- Marais, G.F., Pretorius, Z.A., Wellings, C.R., McCallum, B., Marais, A.S. (2005): Leaf rust and stripe rust resistance genes transferred to common wheat from *Triticum dicoccoides*. *Euphytica* 143: 115-123.
- Martin, J.M., Talbert, L.E., Lanning, S.P., Blake, N.K. (1995): Hybrid performance in wheat as related to parental diversity. *Crop Sci.* 35(1): 104-108.
- Martin, J.N., Carver, B.F., Hunger, R.M., Cox, T.S. (2003): Contributions of leaf rust resistance and awns to agronomic and grain quality performance in winter wheat. *Crop Sci.* 43: 1712-1717.
- Matuz, J. (2005): A kalászos gabonafélék jelene és jövője Magyarországon. Wellmann Oszkár Tudományos Tanácskozás, Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Hódmezővásárhely, 2005. április 23. CD
- Matuz, J., Parádi, L., Schultz, M., Barabás, Z. (1974): General and specific combining ability in winter wheat at two plant densities.
- McIntosh, R.A. (1998): Breeding wheat for resistance to biotic stresses. *Euphytica*, 100 (1-3): 19-34.
- McIntosh, R.A., Wellings, C.R. és Park, R.F. (1995): *Wheat Rusts an Atlas of Resistance Genes*, Kluwer Academic Publishers, Dodrecht.
- McVey, D.V., Long, D.L., Roberts, J.J. (1996): Races of *Puccinia graminis* in the United States during 1994. *Plant Disease* 80(1): 85-89.
- McVey, D.V., Long, D.L., Roberts, J.J. (1997): Races of *Puccinia graminis* in the United States during 1995. *Plant Disease* 81(3): 306-310.
- McVey, D.V., Long, D.L., Roberts, J.J. (1999): Races of *Puccinia graminis* in the United States during 1996. *Plant Disease* 83(9): 871-875.
- McVey, D.V., Long, D.L., Roberts, J.J. (2002): Races of *Puccinia graminis* in the United States during 1997 and 1998. *Plant Disease* 86(6): 568-572.
- Mesterházy Á. - M. Csősz (1996): Breeding wheat for resistance against powdery mildew in Szeged. Eds.: E. Limpert - M.R. Finckh - M.S. Wolfe: *Integrated control of cereal mildew and rusts: Towards coordination of research across Europe*, COST 817, Nov. 5-10. 1994. Zürich/Kappel am Albis, p. 149-152.
- Mesterházy, Á., Bartos, P., Goyeau, H., Niks, R., Csősz, M., Andersen, O., Casulli, F., Ittu, M., Jones, M., Manisterski, J., Manninger, K., Pasquini, M., Rubiales, D., Schachermayr, G., Strzembicka, A., Szunics, L., Todorova, M., Unger, O., Vanco, B., Vida, G., Walther U. (2000): European virulence survey for leaf rust in wheat. *Agronomie*. 20(7): 793-804.

- Mesterházy, Á., Csősz, M., Bartos, P., Manninger, K. (2001): Az európai levélrozsdá populáció virulencia vizsgálata 1996-1999. VII. Növénytermesztési Tudományos Napok 2001. január 23-24., Budapest, p. 55. (Abstr.)
- Mikhailova, L.A., Prigorovskaya, T.I. (2000): Yellow leaf spot of wheat – *Pyrenophora tritici-repentis*. Mikologia i. Fitopatologia 34(1): 7-16.
- Mohai, Gy-né (2000): Az őszi búza növényegészségügyi helyzete 1999-ben. Növényvédelem, 36(2): 83-87.
- Mou, B.Q., Kronstad, W.E. (1994): Duration and rate of grain filling in selected winter wheat populations. 1. Inheritance. Crop Science 34 (4): 833-837.
- Nagarajan, S., Nayar, S. K., Bahadur, P., Kumar, J. (1986): Wheat Pathology and Wheat Improvement. Azad Hind Stores: Chandigarh, India.
- Negulescu, F.I., Ionescu-Cojocaru, M. (1973): The outbreak of a new of race 77 of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* on wheat cultivar Aurora in Romania in 1973. Cereal Rusts Bulletin 1(2): 19-21.
- Negulescu, F.I., Ionescu-Cojocaru, M. (1974): Physiologic races of *Puccinia recondita tritici* and *Puccinia graminis tritici* occurring on wheat in Romania during 1968-1970. Cereal Rusts Bulletin 1: 35-37.
- Neszmélyi, K. (2006): Beszámoló az OMMI Vetőmagfelügyeleti Főosztályának 2005. évi munkájáról. OMMI, Budapest, 2006.
- Obert, D.E., Fritz, A.K., Moran, J.L., Singh, S., Rudd, J.C., Menz, M.A. (2005): Identification and molecular tagging of a gene from PI 289824 conferring resistance to leaf rust (*Puccinia triticina*) in wheat. Theor. Appl. Genet. 110(8): 1439-1444.
- Orabi, J., Yahyaoui, A.H., Mamluk, O.F., Lamari, L., Azmeh, F. (2002): First report on tan spot disease (*Pyrenophora tritici-repentis*) of wheat in Syria. Phytopathol. Mediterr. 41: 271-274.
- Ortelli, S., Winzeler, H., Winzeler, M., Fried, P.M., Nösberger, J. (1996): Leaf rust resistance gene *Lr9* and winter wheat yield reduction: I. Yield and yield components. Crop Sci. 36: 1590-1595.
- Palivová-Sárová, J., Hanzalová, A. (2006): Reaction of 50 Winter Wheat Cultivars Grown in the Czech Republic to *Pyrenophora tritici-repentis* Races 1, 3 and 6. Czech J. Genet. Plant Breed. 42(2): 31-37.
- Park, R.F., Felsenstein, F.G. (1998): Physiological specialization and pathotype distribution of leaf rust of wheat in Western Europe, 1995. Plant Pathology, 47: 157-164.
- Park, R.F., Wellings, C.R. (1992): Pathogenic specialization of wheat rusts in Australia and New Zealand in 1988 and 1989. Australasian Plant Pathology 21: 61-69.
- Pearce, W.L., VanSanford, D.A., Hershman, D.E. (1996): Partial resistance to powdery mildew in soft red winter wheat. Plant Disease 80(12): 1359-1362.
- Pearson WR és Lipman DJ (1988) Improved tools for biological sequence comparison. Proceeding of the National Academy of Sciences USA 85: 2444-2448
- Podhradszky, J., Csuti, I.-né (1962): Búza- és árpa lisztharmatjárvány 1961. évben Magyarországon. Növénytermelés, 11(3): 249-254.
- Pretorius, Z.A., Le Roux, J. (1988): Occurrence and pathogenicity of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* on wheat in South Africa during 1986 and 1987. Phytolactica 20: 349-352.
- Raghuvanshi, K.M.S., Singh, S.P., Rao, S.K., Singh, C.B. (1988): Diallel-cross analysis for yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal of Agricultural Sciences 58(10): 789-791.
- Rátainé Vida, R., Pecze, R. (1997): Ismerkedjünk az őszi búza levélszáradásával! Gyakorlati Agroforum, 8(6): 41-43.

- Rebetzke, G.J., Richards, R.A., Sirault, X.R.R., Morrison, A.D. (2004): Genetic analysis of coleoptile length and diameter in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 55(7): 733-743.
- Rees, R.G., Platz, G.J., Mayer, R.J. (1982): Yield losses in wheat from yellow spot: comparison of estimates derived from single tillers and plots. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 899-908.
- Roger, S.O., Besndich, A.J. (1985): Extraction of DNA from milligram amounts of fresh, herbarium and mummified plant tissue. *Plant Mol. Biol.* 5: 69-76.
- Saitou, N., Nei, M. (1987): The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4: 406-425
- Samborski, D.J. (1985): Wheat leaf rust. In: Roelfs, A. P., Bushnell, W. R.(Eds). *The cereal rusts*. Vol. II. Academic Press, Orlando, p. 39-59.
- Sárová, J. (2004): Wheat leaf spot disease *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. Ph.D. Thesis p.1-16.
- Sárová, J., Hanzalová A., Bartos, P. (2003): Incidence of wheat leaf spot pathogens in the Czech Republic. *Cereal Res. Comm.* 31 (1-2): 145-151.
- Sebesta, J., Bartos, P. (1969): Physiologic specialization of the wheat stem rust in Czechoslovakia in 1964 and 1965. *Ochr. Rost.* 5: 139-146.
- Shabeer, A., Bockus, W.W. (1988): Tan spot effects on yield and yield components relative to growth stage in winter wheat. *Plant Dis.* 72: 599-602.
- Sharma, R.C., Duveiller, E. (2003): Selection Index for Improving *Helminthosporium* Leaf Blight Resistance, Maturity, and Kernel Weight in Spring Wheat. *Crop Sci.* 43: 2031-2036.
- Sharma, R.C., Sah, S.N., Duveiller, E. (2004): Combining ability analysis of resistance *Helminthosporium* leaf blight in spring wheat. *Euphytica* 136: 341-348.
- Sharma, R.C., Smith, E.L., McNew, R.W. (1991): Combining ability analysis for harvest index in winter-wheat. *Euphytica* 55(3): 229-234.
- Singh, H., Sharma, S.N., Sain, R.S. (2004): Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. *Hereditas* 141(2): 106-114.
- Singh, S., Singh, M., Doshi, S.P. (1978): Note on heterotic response for kernel weight and grain-yield in a 9 x 9 wheat diallel. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 48 (10): 625-626.
- Skovmand, B., Roelfs, A.P., Wilcoxson, R.D. (1978a): Relationship between slow-rusting and some genes specific for stem rust resistance in wheat. *Phytopathology* 68(3): 491-499.
- Skovmand, B., Wilcoxson, R.D., Shearer, B.L., Stucker, R.E. (1978b): Inheritance of slow rusting to stem rust in wheat. *Euphytica* 27: 95-107.
- Smedegaard-Petersen, V., Stolen, O. (1981): Effect of Energy-Requiring Defense Reactions on Yield and Grain Quality in a Powdery Mildew-Resistant Barley Cultivar. *Phytopathology* 71: 396-399.
- Solimon, A.S., Heyne, E.G., Johnston, C.O. (1964): Genetic analysis of leaf rust resistance in the eight differential varieties of wheat. *Crop Sci.* 4: 245-248.
- Solomon, K.F., Labuschagne, M.T. (2003): Expression of drought tolerance in F₁ hybrids of diallel cross of durum wheat (*Triticum turgidum* var. *durum* L.). *Cereal Res. Comm.* 31(1-2): 49-56.
- Srivastava, A.N., Nema, D.P. (1993): Graphical analysis of physiological traits and yield in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63(8): 479-483.
- Stakman, E.C., Stewart, D.M., Loegerint, W.Q. (1962): Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. U.S., Dept. Agric., Res. Serv. E-617(rev.), 1-53.

- Stakman, E.D., Levin, M.N. (1922): The determination of biologic forms of *Puccinia graminis* on *Triticum* spp. Minn. Agric. Exp. Stn. Tech. Bull. 8, 1-10.
- Stewart, D.M., Radulescu, E., Negulescu, F.I. (1967): Physiologic races of *Puccinia recondita* and *Puccinia graminis* in Romania in 1964 and 1965. Plant Dis. Repr. 51: 358-366.
- Strzembicka, A. (1997): Virulence of *Puccinia recondita* f.sp.*tritici* in Poland. J. Appl. Genet. 38B: 101-105.
- Sváb, J. (1973): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szepessy, I. (1977): Növénybetegségek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szunics, L. (1988): A búzalisztharmat fiziológiai specializációja, virulenciája: rezisztencia nemesítés. Akadémiai doktori értekezés, Martonvásár.
- Szunics, L. (1998): Búzalisztharmat rezisztencia gének. Növénytermelés 47(6): 697-708.
- Szunics, L., Bartos, P., Szunics, Lu. (1989): Búzafajták sárgarozsda ellenállósága. Növénytermelés, 38: 501-506.
- Szunics, L., Pocsai, E., Szunics, Lu., Vida, G. (2000): Viral diseases on cereals in central Hungary. Acta Agr. Hung. 48(3): 237-250.
- Szunics, L., Szunics, Lu. (1990): Rezisztencia gének felhasználása a búzalisztharmat elleni biológiai növényvédelemben. Növénytermelés 39(1): 1-9.
- Szunics, L., Szunics, Lu. (1999): Wheat powdery mildew resistance genes and their application in practice. Acta Agr. Hung. 47(1): 69-89.
- Szunics, L., Szunics, Lu., Balla, L. (1991): Termesztett lisztharmat- és rozsda rezisztens búzafajták hatása a kórokozókra. Növénytermelés 40(5): 395-404.
- Szunics, L., Szunics, Lu., Sutka, J. (1975): A búza általános és speciális kombinálódóképességének vizsgálata diallél keresztezésben. Növénytermelés, 24 (1): 1-9.
- Szunics, L., Szunics, Lu., Vida, G., Bedő, Z., Svec, M. (2001): Dynamics of changes in the races and virulence of wheat powdery mildew in Hungary between 1971 and 1999. Euphytica 119: 143-147.
- Szunics, Lu., Szunics, L. (1978): A Kavkaz és az Avrora búzafajták lisztharmat fertőzőtségének okai. Agrártudományi Közlemények 37: 157-160.
- Tar, M., Purnhauser, L., Csosz, L., Mesterhazy, A. (2003): Identification and application of molecular markers for *Lr29* wheat leaf rust resistance gene (4-5 April 2003) XII Conference Workshop on „Microscopic Fungi – Host Resistance Genes, Genetics and Molecular Research. Book of Abstracts, Poznan, Poland
- Tar, M., Purnhauser, L., Csosz, M., Mesterhazy, A. (2004): Identification of molecular markers linked to the wheat leaf rust resistance gene *Lr20*. 11th International Cereal Rusts & Powdery Mildews Conference, John Innes Centre Norwich, UK, 22-27 August 2004., p.A2.67.
- Tar, M., Purnhauser, L., Csosz, L-né, Mesterházy, Á. (2005): Kapcsolt SSR marker azonosítása az *Lr20* levélrozsda rezisztencia génre. Tavaszi Szél 2005. május 5-8., Debrecen, p. 400-403. lektorált
- Thompson, J.D., Gibson, T.J., Plewniak, F., Jeanmougin, F., Higgins, D.G. (1997): The ClustalX windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Research 25: 4876-4882
- Todorova, M. (1996): Pathotype specialization of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* in Bulgaria during 1973-1993. Cereal Rusts and Powdery Mildews Bulletin, 24: 54-59.
- Tvaruzek, L., Hobzová, D., Sterba, B. (2000): K rostoucímu vyskytu původce skvrnitosti listu pšenice (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., anamorph. *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoem.). Agro 5: 2-7.
- Vícha, Z. (1998): Listová skvrnitost pšenice – *Helminthosporium tritici vulgaris* Nisikado. Agro 5: 10.

- Vida, Gy., Szunics, L., Szunics Lu., Gál, M., Veisz, O., Láng, L., Bedő, Z., (2000): Stem Rust Resistance of Wheat Genotypes in the Adult Plant Stage. *Acta Phytopath. et. Ent. Hung.* 35(1-4): 169-176.
- Volkova, G.V. (2004): Virulence of *Puccinia triticina* population in the North-Caucasian Region, Russia. 11th International Cereal Rusts & Powdery Mildew Conference, Norwich, UK, 22-27 August, 2004, A2.72.
- Wagoire, W.W., Hill, J., Stolen, O., Ortiz, R. (1999): Impact of genotype-environment interactions on the inheritance of wheat yield in low-yielding environments. *Euphytica* 105(1): 17-23.
- Wagoire, W.W., Stolen, O., Hill, J., Ortiz, R. (1998): Is there a 'cost' for wheat cultivars with genes for resistance to yellow rust caused by *Puccinia striiformis*? *Crop Protection* 17(4): 337-340.
- Walter, H., Lieth, H. (1967): *Klimadiagram-Weltatlas*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Watson, I.A., Luig, N.H. (1961): Leaf rust on wheat in Australia: A systemic scheme for the classification of strains. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.* 86: 241-250.
- Watson, I.A., Luig, N.H. (1963): The classification of *Puccinia graminis* var. *tritici* in relation to breeding resistant varieties. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.* 88: 235-258.
- Wiese, M.V. (1987): *Compendium of Wheat Diseases*. The American Phytopathological Society, Second Edition.
- Williams, G.K., Kubelik, A.R., Kennedy, J.L., Rafalski, A., Scott, V.T. (1990): DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acid Res* 18: 6531-6535.
- Winzeler, M., Mesterházy, A., Park, R.F., Bartos, P., Csősz, M., Goyeau, H., Ittu, M., Jones, E., Löschnerberger, F., Manninger, K., Pasquini, M., Richter, K., Rubiales, D., Schachermayr, G., Strzembicka, A., Trotter, M., Unger, O., Vida, G., Walther, U., (2000): Resistance of European winter wheat germplasm to leaf rust. *Agronomie* 20(7): 783-792.
- Wozniak-Strzembicka, A. (2003): Virulence of *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* population in Poland in 1998-2001. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin* NR 230. p. 109-117.
- Yildirim, M.B., Budak, N., Arshad, Y. (1995): Inheritance of harvest index in a 6 x 6 diallel cross population of bread wheat. *Cereal Res. Comm.* 23(1-2): 45-48.
- Young, H.C., Browder, L.E. (1965): The North American set of supplemental differential wheat varieties for leaf rust race identification. *Plant Dis. Rep.* 49: 308-311.
- Zadoks, J.C., Bouwman, J.J. (1985): Epidemiology in Europe. In: *The Cereal Rusts*. Vol. II. Eds.: Roelfs A. P., Bushnell W. R., Academic Press: Orlando, Florida, USA. p. 329-369.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F. (1974): A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Zamorski, C., Schollenberger, M. (1994): The occurrence of tan spot of wheat and triticale in Poland. *Genetica Polonica* 35B: 375-378.
- Zhang, X., Haley, S.D., Jin, Y. (2001): Inheritance of *Septoria tritici* blotch resistance in winter wheat. *Crop Sci.* 41(2): 323-326.
- Zillinsky, F.J. (1983): *Common diseases of small grain cereals: A guide to identification*. CIMMYT, p1-141.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A PhD értekezésben bemutatott kísérletek és az új fajták létrehozása a szegedi búzanemesítési csoport munkája révén valósultak meg. E csoportnak 1972-től vagyok tagja.

Köszönettel tartozom dr. Barabás Zoltánnak†, aki a kutatói-nemesítői pályán elindított és egészen haláláig tanított és vezetett ezen a pályán. Schulcz Józsefnének, a kísérleti technikák elsajátításában nyújtott segítségével.

Az intézet mindenkori vezetőinek – dr. Szániel Imre, dr. Erdei Péter, dr. Frank József, dr. Matuz János –, akik biztosították számomra a kutatómunka elvégzéséhez szükséges feltételeket.

Témavezetőimnek – dr. Fischl Géza, dr. Mesterházy Ákos –, akik kritikai észrevételeikkel jelentősen javították értekezésem színvonalát.

Munkatársaimnak – Ács Péterné dr., Bánhidó Judit, Becsey Magdolna, dr. Beke Béla, dr. Bekéné dr. Süli Aranka, Berki László, Bóka Szilvia, dr. Cseuz László, dr. Dévényi Károlyné, Falusi János, Farkas János, Fónad Péter, Földesi József†, Földesi Józsefné, Gajdács Kálmánné, Gyuris Kálmán, Herczeg György, dr. Kertész Zoltán, dr. Kertész Zoltánné, Kislukács Gézané, Kótai Csaba, Kovács József†, Kovács Zsuzsa dr. Kreuter Vilmosné†, Lajtár Tímea, Lantos Csaba, Láda-Nagyhaska Edit, Marótiné Ungi Angéla, dr. Mesterházy Ákosné, Mityók Sándorné, Nagyhaska István, dr. Papp Mária, dr. Pauk János, dr. Petróczi István, dr. Purnhauser László, Pusztai Lászlóné†, dr. Sági Ferenc†, Sándor Zoltán, Selmeczi István, Szabó Józsefné, Szalma Mátyás, Szalma Mátyásné, Szellő Lajosné, Széll Gyuláné, Tar Melinda, dr. Tóth Beáta, Tóth Károlyné, Vér Zoltánné – akik munkájukkal nagymértékben támogatták ezen kutatási és nemesítési eredmények elérését.

Azoknak a nem intézeti kollégáknak, akik szintén előre vivő módon segítettek munkámat – Aponyiné dr. Garamvölgyi Ilona†, dr. Bakonyi József, dr. Békési Pál, dr. Bócsa Ivánné, Cseh Katalin, Dégenhart Attila, dr. Füzi István, dr. Gergely László, Győri Tibor, dr. Hertelendy Péter, dr. Kajdi Ferenc, Kutas János, dr. Manninger Sándorné, Szabó Tibor, dr. Szeredi András, dr. Szeredi Attila, dr. Szunics László, dr. Vida Gyula, Zalka Andrea

Dr. Doris Kopahnkenak (Federal Centre for Breeding Research on Cultivated Plants Institute for Epidemiology and Resistance, Ascherleben, Németország) a nekrotróf kórokozók vizsgálatával kapcsolatos szabadföldi és üvegházi módszerek megtanításáért és az ezzel kapcsolatos közös kísérletek végzéséért.

Dr. Pavel Bartosnak, dr. Jana Palicovának és dr. Alena Hanzalovának (Research Institute of Crop Production, Prága, Csehország) a szár- és levélrozda génazonosítási és a nekrotróf kórokozókkal szembeni ellenállóság tesztelése terén nyújtott segítségével.

Dr. Wojciech Wakulinskinak, dr. Czesław Zamorskinak és dr. Ewa Mirzwa-Mroznak (Department of Plant Pathology Agricultural University of Warsaw, Lengyelország) a fajták nekrotróf kórokozókkal szembeni ellenállóságának vizsgálata terén nyújtott segítségével.

Hálás köszönettel tartozom férjemnek, Csősz Lászlónak† és családomnak a munkámat segítő nyugodt családi háttér biztosításáért.

Ugyancsak köszönettel tartozom az alábbi pályázatok anyagi támogatásáért, amellyel nagymértékben elősegítették fenti eredmények megszületését.

A következő pályázatokban mint témavezető vettem részt:

Rozsdagombáknak ellenálló új búza fajták nemesítése hagyományos és új módszerekkel (OMFB 4054/93)

Minimális fungicid felhasználással vagy anélkül termesztendő búzafajták és törzsek előállítás, felszaporítása és elterjesztése (OMFB 6397)

Őszi búza fajták és törzsek levélszáradását okozó betegségekkel (*lisztharmat*, rozsdagombák, *Septoria tritici*, *Helminthosporium tritici-repentis*) szembeni ellenállóságának felmérése, a kártétel mértékének meghatározása, rezisztencia források keresése és ezek felhasználása az ellenállóképesség javításában (FVM azonosító száma: 70-a1/2000)

A *Drechslera tritici-repentis*-el szembeni ellenállóság tesztelésére alkalmas módszerek kifejlesztése őszi búzában (FVM azonosító száma: 57-a1/2002.)

Specifikus levéltrozda patotípusok izolálása őszi búza molekuláris rezisztencia genetikai kutatásaihoz (FVM azonosító száma: 58-d4/2002)

Az őszi búza levélbetegségekkel szembeni ellenállóságának javítása hagyományos és molekuláris genetikai módszerekkel (Magyar-cseh Tét Cz-10/02, Cz-13/04)

A *Mycosphaerella graminicola* és a *Pyrenophora tritici-repentis* előfordulásának vizsgálata, valamint őszi búza fajták reakciójának tanulmányozása (Magyar-lengyel Tét PL-2/03.)

Az őszi búza *Drechslera tritici-repentis* szembeni ellenállóságának genetikai alapjai és a kórokozó populáció variabilitásának vizsgálata (GVOP-3.1.1.-2004-05-0206/3.0)

A következő pályázatokban résztvevő voltam:

DNS markerekre alapozott szelekció felhasználása a búza komplex betegség-ellenállóságra történő nemesítésben (Biotechnológia 2000)

A nekrotróf (*Helminthosporium tritici-repentis*) és biotróf (*Puccinia* spp.) kórokozók rezisztencia mechanizmusának tanulmányozása őszi búzában hagyományos és molekuláris genetikai módszerekkel (Magyar-német Tét D-22/01)

COST 817-es munkacsoportja (1996-2000)

A rezisztencia mechanizmusok vizsgálata a búza levél- és szárrozda rezisztenciáját örökítő gének esetében. (OTKA T 17453, 1995-1998)

A magyar búza aszály- és fagytüréseinek, valamint betegség-ellenállóságának javítása növénynemesítési, genomikai és biotechnológiai módszerekkel (NKFP 4/064/2004)

Rozsda és lisztharmat rezisztenciagének azonosítása búzában molekuláris markerekkel (OTKA T026559)

DNS markerekre alapozott szelekció felhasználása a búza komplex betegség-ellenállóságra történő nemesítésében (OMFB-02560/2000)

DNS markerekre alapozott szelekció felhasználása a búza levéltrozda és kalászfuzárium ellenállóságra történő nemesítésében (FVM pályázat)

2001-2002. évi Magyar-Román Közös Kisprojektek Alap: Együttműködés fejlesztés a búza stressz-rezisztenciájának növelésére (PHARE, VÁTI, HU.2002/000.627.03-30)

Kutatási együttműködés fejlesztése korszerű növénynemesítési technikák alkalmazására (HUROSCG/05/01)