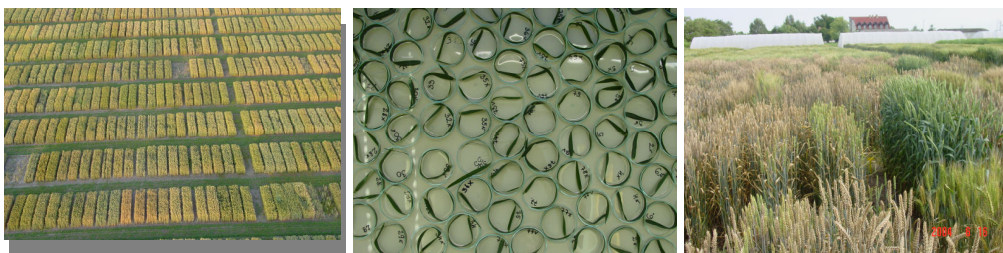


**SZENT ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- és KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR**

**A SZÁRAZSÁGTŰRŐ ŐSZI BÚZA (*Triticum aestivum* L.)
NEMESÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI ÉS KORLÁTAI**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Cseuz László



**Gödöllő
2009.**

A doktori iskola megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője:

Dr. Heszky László
Igazgató, az MTA rendes tagja
SZIE, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar,
Genetika és Biotechnológiai Intézet

Témavezető:

Dr. Heszky László
Igazgató, az MTA rendes tagja
SZIE, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar,
Genetika és Biotechnológiai Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

Napjainkban a környezeti stresszhatások a világ növénytermelésének legnagyobb korlátozó tényezői. A szárazság, az egyik legjelentősebb abiotikus stressz, lehetetlenné teszi a növénytermesztést a Föld területének több mint 26 %-án, de a művelésbe fogott területeken is óriási termésingadozást okoz. A szárazföld közel harmada aszályos övezetnek minősíthető, ugyanakkor a Föld lakosságának több mint egytizede ezen a területen él és folytat mezőgazdasági termelést. Az abiotikus stresszhatások egyik legjelentősebb formája a vízhiány, térségünkben is jelentős, esetenként országrésznyi területeken pusztító terméskorlátozó tényező. Az őszi búza, mint hosszú tenészidejű, szárazságtűrő növényfaj általában jól tolerálja a vízhiányt, de termése jelentősen ingadozhat. A szárazság e fajnál is jelentős károkat okoz, amire kitűnő példa volt Magyarországon a 2003. évi és a 2004. évi búza termésátlag változása. A rendkívüli meleg nyár és az alacsony éves csapadék (476 mm) miatt 2003-ban az országos termésátlag 2640 kg/ha volt, az azt követő esős évben (686 mm) 5120 kg volt hektáronként. Mivel hazánk éghajlatára legnagyobb mértékben a kontinentális tényezők hatnak, a csapadékhiány elleni védekezésnek hosszú története van Magyarországon.

A szárazság elleni védekezés egyik lehetősége a szárazságtűrésre történő nemesítés. Viszonyaink között olyan fajta nemesítése a cél, amely a fejlődés minden fázisában tűri a szárazságot. Magyarországon mások az elvárások a szárazságtűrő növényekkel szemben, mint a folyamatosan szárazság sújtotta fejlődő országokban. Itt azt a növényt nevezzük szárazságtűrőnek, amely száraz, aszályos években is viszonylag nagy termést ad, azaz a szárazságstressz hatására termése nem, vagy csak kis mértékben csökken. A cél tehát nem a szélsőséges vízhiányt is túlélő genotípus, hanem a száraz viszonyok között is gazdaságos hozamot produkáló nagy termőképességű fajta előállítás. A konvencionális nemesítés nehézségei között meg kell még említenünk azt, hogy a termőképesség és a szárazságtűrő képesség között általában negatív korreláció áll fenn, a szárazságtűrés komplexitása miatt az egyes tulajdonságokra történő szelekció legtöbbször nem vezet eredményre és mind a mai napig nincs olyan általánosan elfogadott szelekciós módszer amivel biztosan lehet tesztelni ezt a tulajdonságot.

Ugyanakkor az is kívánatos, hogy morfológiai jegyei tegyék lehetővé a száraz körülmények közötti leghatékonyabb vízfelhasználást, tehát a vízveszteségek minimalizálását és a környezetéből kinyerhető víz maximális föl vételét. Mivel hazánkban az időjárás évről évre jelentősen változik, ezért szántóföldi adatok elemzése alapján nehéz megítélni a köztermesztésben lévő fajták szárazságtűrésének mértékét. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a szárazságtűrés mechanizmusok nagy része negatív korrelációban van a termőképességgel. A szárazságtűrést olyan szántóföldön és laboratóriumban elvégezhető tesztvizsgálatokkal kell értékelni, amelyek az időjárástól függetlenül elvégezhetők, gyorsak, olcsók, ugyanakkor megbízható eredményekkel szolgálnak.

Az 1989 és 1992 közötti időszakban, őszi búzában különböző, szárazságtűrést tesztelő módszerek nemesítésben való alkalmazhatóságát tanulmányoztuk. A szakirodalomban található gyors és használható tesztelési módszerek közül megvizsgáltuk az ozmotikumban végzett csírázási próbák, a csíranövény vízkultúra tesztek, levágott levelek víztartó képességén, élve hervasztott levelek prolin analízisén alapuló módszerek, antitranszspiráns szántóföldi alkalmazásának, szántóföldön elvégzett vetéssűrűségi és deszikkáns tesztek, valamint a nyomáskamrás vízpote nciál mérések használhatóságát.

2001 és 2004 között a fenti módszerek közül kiválasztott két leghasznosabbnak ítélt módszerrel, a tápanyag transzlokációt tesztelő kémiai deszikkálással és a zászlóslevelek víztartó képességének vizsgálatával szelektáltunk a szárazságtűrésre egy nemesítési programban. Vizsgálati módszereink köre az utóbbi évben tovább bővült, így az eddig említetteken kívül lehetőségünk nyílt öntözéses

kísérletek beállítására, levélfelület hőmérsékletének mérésére, valamint a relatív klorofill tartalom meghatározására is.

Fentiekén kívül két egymást követő évben vizsgáltuk a szegedi búzanemesítési programból származó 70 régi és új fajta termőképességét és a terméskomponensek változását. A vizsgálatban választ kerestünk arra, hogy a megváltozott környezeti feltételek között mely terméskomponenseknek van legnagyobb szerepük az általános alkalmazkodó képesség kialakításában, továbbá melyek a fajták termésstabilitásának legfontosabb elemei.

Jelen értekezés célja:

- a szárazságtűrés tanulmányozására alkalmas - élettani alapokon kidolgozott - módszerek alkalmazhatóságának tesztelése az őszi búza genotípusokon
- a szárazságtűrést tesztelő módszerekkel történő szelekció értékelése a búzanemesítési programban
- az egyes terméskomponensek szerepének tisztázása a szegedi búzanemesítési programból származó régi és új genotípusok produktivitásában és stressztoleranciájában
- az összefüggés mértékének meghatározása a kiválasztott tesztmódszerekkel meghatározott, laboratóriumi és a szántóföldi körülmények között mért aszálytűrés között
- az eredményeink alapján kiválasztott módszerek felhasználása az őszi búza szárazságtűrésének és alkalmazkodóképességének javítására irányuló nemesítésében.

2. ANYAG és MÓDSZER

2.1. Szárazságtűrést tesztelő módszerek

2.1.1. Csírázási próba ozmotikumban

Az 1989. évben 10, 1991-ben 46, 1992-ben 74 őszi kenyér- és durumbúza (*Triticum aestivum* L. és *T. turgidum* var. *durum* Desf.) fajtával végeztünk csírázási próbát ozmotikumban. Az ozmotikus stresszt polietilén-glikol (PEG Karbowax 6000 Fluka AG.) oldattal idéztük elő. Az 1989-ben elvégzett kísérletben három (kontroll, 25 %-os illetve 30 %-os PEG oldat), 1991-ben és 1992-ben két, (kontroll és 25 %-os PEG oldat) kezelésben vizsgáltuk a fajták csírázásának változását az ozmotikus stressz hatására. A 25 %-os és a 30 %-os stresszközeg ozmotikus nyomása -0,82 MPa illetve -1,0 MPa volt. A csíráztatáskor a fertőtlenített szemeket 24 órás hidegkezelés után 25 °C-on négy napig értékeltük. A csíráztatás Petri-csészében történt csapvízzel (kontroll), illetve a PEG oldattal nedvesített szűrőpapíron. Kicsírázottak azt a szemet számítottuk, amelynél a primer gyököcske hossza a 2 mm-t elérte. A csírázási százalékot a négy ismétlésben, 4 x 25 szem alapján számítottuk és kontrollszázalékban fejeztük ki.

2.1.2. Csíranövény vízkultúra teszt

Tíz búzafajtával végeztük el a háromismétléses, háromkezeléses vízkultúras tesztet 1989-ben. Az ozmotikus stresszt PEG 6000-es oldattal idéztük elő. A három stresszközegben alkalmazott ozmotikus potenciál kezelésenként 0 (kontroll), -0,6 MPa és -0,82 MPa volt. A növényeket 600 cm³-es műanyag tartályokban, vízkultúrában tartottuk. Ismétlésenként és kezelésenként 15 csíranövényünk volt. A párolgási veszteséget ioncserélt vízzel pótoltuk. Az első tizenegy napon minden edényben tápoldat volt. 11 nap után (a növények kétleveles állapotában) az első kezelés növényeit friss tápoldatba, a 2. és 3. kezelés növényeit a KNOP (0,2 g/l KNO₃, 0,8 g/l Ca(NO₃)₂, 0,2 g/l KH₂PO₄, 0,2 g/l MgSO₄·7H₂O, 0,1 g/l FePO₄) + 20 %-os PEG oldatba helyeztük át. Egyidejűleg mintát vettünk, s minden kezelésből ismétlésenként 5-5 növényt dolgoztunk fel. 7 nap után az első kezelés növényeit újra friss tápoldatba, a 2. kezelés növényeit újra KNOP + 20%-os PEG oldatba, míg a harmadik kezelés növényeit KNOP + 25 %-os PEG oldatba ültettük át. Egyidejűleg ismét mintát vettünk az előbb leírt módon. Újabb 7 nap elteltével az összes megmaradt növényt (kezelésenként és ismétlésenként 5-5) értékeltük.

Feldolgozáskor hajtáshosszúságot, gyökérhosszúságot, hajtás- és gyökértömeget mértünk. A különválasztott hajtásokat és gyökereket ezután szárítószekrényben 60 °C-on 4 napig szárítottuk, majd mértük a száraz tömeget. A mért adatokat és a számított víztartalom adatokat a kontrollhoz hasonlítottuk, annak százalékában fejeztük ki, majd variancia analízissel értékeltük.

2.1.3. Levágott levelek víztartó képessége

Egy 46 búzafajtából álló szántóföldi teljesítménykísérlet növényeiről közel azonos méretű, sérüléstől és betegségtől mentes 5-5 fiatal, de már teljesen kifejlődött levelet gyűjtöttünk a kora reggeli órákban. Megmértük a friss tömegüket ($FM_1 = \text{fresh mass}_1$) majd a leveleket vízzel telt Petri-csészékben 24 órán keresztül inkubáltuk. A 24 óra elteltével meghatároztuk a levelek nedves tömegét ($TM = \text{turgid mass}$). A leveleket ezután saját nyitott Petri-csészéjükben 8 órán keresztül ellenőrzött körülmények között tartottuk (24 °C ± 2 °C, 65 % rel. páratartalom), majd a mérést megismételtük.

A levélmintákat ezután szárítószekrényben 70 °C-on súlyállandóságig szárítottuk, majd meghatároztuk a száraz tömeget ($DM = \text{dry mass}$). Az $RWC = \frac{FM - DM}{TM - DM} * 100(\%)$ képlet alapján

meghatároztuk a levelek kezdeti relatív víztartalmát (*relative water content*= RWC_1), a kezelésen átesett (deszikkált) levelek tömegéből (FM_2) és a száraz tömegből a deszikkált levelek relatív víztartalmát (RWC_2). A víztartó képességet (WRA = *water retention ability*) a friss levelek relatív víztartalmának százalékában fejeztük ki. A kapott adatokat varianciaanalízissel értékeltük. A mintavételt és a méréseket a bokrosodás fenofázisától a kalászolást követő fenofázisig kétszer végeztük el. A kísérletet 1991-ben és 1992-ben is elvégeztük 74, illetve 110 genotípuson. A tesztet 2001-től a szárazságtűrő tenyészkertben szelekciós célra alkalmaztuk.

2.1.4. Élve hervasztott levelek prolin analízise

A módszer lényege az, hogy a levágott búzaleveleket ellenőrzött körülmények között, azonos idő alatt éri a letális szárazságstressz.

1988-ban, két éréscsoportban összesen 11 búza genotípus prolin akkumulációját vizsgáltuk. Az azonos fenofázisban lévő (éppen kalászoló) fajtákról 24 hajtást szedtünk. A hajtásokról levágott búzaleveleket 26-28 °C-on, 5000 m² cd s konstans megvilágítás mellett 90 %-os relatív páratartalom tartottuk 60 órán keresztül, majd a páratartalmat az utolsó 12 órában 60 %-ra csökkentettük. Ezzel a módszerrel a búzalevelek közel azonos ütemben veszítették el víztartalmukat, azaz a harmadik nap végére egyaránt letális belső vízhiányt értek el. Az élve hervasztás után a leveleket apróra vágtuk, majd 90 °C-on megszáritottuk, és porrá őröltük. A kalászokkal ugyanezt az eljárást alkalmaztuk. A prolintartalom meghatározását papírkromatográfiával végeztük.

2.1.5. Nyomáskamrás vízpotenciál mérések

Kísérletünkben 15 kenyérbúza és egy tritikálé genotípus levágott zászlóslevelein végeztünk nedvességtartalom és vízpotenciál méréseket. A mérésekhez eltérő származású egész növényeket szedtünk a GK Kht. tenyészkertjéből a kora reggeli órákban. A növényekről a kiválasztott leveleket levágtuk és analitikai mérlegen mértük (friss tömeg). A mérés után mértük a vízpotenciál értékét, majd újra a tömegét. A vízpotenciál értékét P.M.S nyomáskamrával (PMSI Co., Corvallis, Oregon) határoztuk meg, fajtánként három ismétlésben. A vízpotenciál és tömegméréseket ezután felváltva addig folytattuk, amíg értékelhető nyomásértékeket kaptunk, majd új levelet választottunk, és folytattuk a mérést. Arra törekedtünk, hogy levelenként legalább 7-8 adatpárunk legyen a lemetszett búzalevél vízvesztésének dinamikájáról. A leveleket ezután 24 óráig nedves szűrőpapír között tároltuk, majd mértük a nedves tömegét, majd szárítószekrényes szárítás után a száraz tömegét is. Ezután a mért nyomásértékek és a hozzájuk tartozó számolt relatív víztartalom, illetve relatív vízhiány értékek birtokában nyomás-térfogató görbéket szerkesztettünk, majd regressziós egyenes illesztésével meghatároztuk a minták ozmotikus potenciálját teljes turgornál, és a vízpotenciált a turgor elvesztésekor. Kifejeztük a relatív vízhiány mértékét nulla turgornál, valamint a vizsgálatba vont fajták zászlósleveleinek nedvestömeg-száraztömeg arányát is. A kapott adatokat varianciaanalízissel értékeltük.

2.1.6. Antitranszspiráns szántóföldi alkalmazása

Szántóföldi körülmények között vizsgáltuk a Phytowax (MAFKI, Veszprém) párolgáscsökkentő szer hatását 19 őszi kenyérbúza és 3 őszi durumbúza ezerszemtömegére és a vizuálisan elbírálható morfológiai és fenológiai bélyegeire. A 6,5 m²-es parcellákat kettéosztottuk. A Phytowaxos kezelést a kertészetekben előírt töménységben, tízszeresen hígított oldattal végeztük úgy, hogy az egyik parcellafelet háti permetező segítségével lepermeteztük. A kezelést az egész tenyészidőszak folyamán, ötször ismételtük meg. Kezelésünkkel célunk az volt, hogy a feltételezett, természetes körülmények között előforduló szárazságstressz hatását csökkentsük, és így a kezelt parcellafélen gyarapodást tudjunk kimutatni egyes agronómiai paraméterekben. A kísérlet értékelésekor a növénymagasság, ezerszemtömeg, szemtermés, valamint a kalászolási idő változását értékeltük. Az

egytenyezős varianciaanalízist a kezelt és kezeletlen parcellafél között számolt kontroll százalék adatokkal végeztük el.

2.1.7. Vetéssűrűségi teszt szántóföldön

1990-ben 6,5 m²-es parcellákon két vetési normával 12 búzafajtát vizsgáltunk, négy ismétlésben a GK Kht. kiszombori tenyészkerületében. A vetett csíraszám az első kezelésben 550 csíra m⁻², míg a második kezelésben 1650 csíra m⁻² volt. Tavasszal tőszámlálással ellenőriztük a tényleges tőszámot a normál és a sűrű vetésben egyaránt. A tenyészidő folyamán vizsgáltuk a legfontosabb agronómiai paraméterek (pl. kalászosítás, növénymagasság, stb.) változását az extrém magas tőszám hatására. A gépi aratást megelőzően a parcellákról mintát szedtünk, és meghatároztuk az ezerszemtömeget, melynek csökkenését kontroll százalékában fejeztük ki.

2.1.8. Deszikkációs teszt szántóföldön

A GK Kht. kecskés telepi tenyészkerületében 1990-ben 46, 1991-ben 74, míg 1992-ben már 110 fajtát teszteltünk ezzel a módszerrel. A négyismétléses véletlen blokk elrendezésű szántóföldi kísérlet parcelláit kettéosztottuk. A fajták virágzását pontosan regisztráltuk és a perzselőszeres kezelést minden genotípus esetében azonos fenofázisban, a virágzást követő 14. napon végeztük el. Deszikkálásra 2 %-os, ioncserélt vízben oldott nátrium-klorát oldatot (NaClO₃, Fluka A.G.) használtunk, amelyet 80 ml/m² dózisban, kézi permetezőgéppel juttattunk ki a kettéosztott parcellák egyik felére. Aratás előtt kalázmintát szedtünk, minden ismétlés mindkét parcellafeléről. Az ezerszemtömeg méréshez szedett kalázmintákat kalászcseplővel csépeztük. Az ezerszemtömeg csökkenést a kezeletlen parcellafél (kontroll) százalékában fejeztük ki. A tesztet 2001-től, a szárazságtűrő tenyészkerületben szelekciós célra alkalmaztuk.

2.2. Szárazságtűrési szelekciós kerti vizsgálatok

A tenyészkerületi tesztjeinket minden évben hasonlóan, egy háromismétléses, véletlen blokk elrendezésű szántóföldi szelekciós kísérletben végeztük. A kísérletekben 2001-ben 55, 2002-ben 70, 2003-ban és 2004-ben 100 genotípust vizsgáltunk. A kétsoros parcellákat (0,5 m²) kezelésként három ismétlésben vetettük el. A kontroll mellett deszikkációs szerrel (NaClO₃) kezelve és öntözött körülmények között is (2002-től) vizsgáltuk a fajták reakcióit a különböző szintű vízhiánystresszre. Egy héttel kalászosítás előtt és egy héttel kalászosítás után mértük a kísérletben vizsgált genotípusok zászlósleveleinek víztartó képességét a 2.1.3. fejezetben leírtak szerint. A tápanyag transzlokációs képességet a tenyészkerületi deszikkációs teszt alapján határoztuk meg, a 2.1.8. fejezetben írtaknak megfelelően. Csapadékpótló öntözéses kezelést 2002-től alkalmaztunk. Az öntözést kalászosítás előtt kezdtük el, és egészen viaszerésig folytattuk. 2002-ben 50 mm, 2003-ban 140 mm, 2004-ben 150 mm vizet juttattunk ki, öt-öt részletben. Mértük a különböző agronómiai bélyegek (növénymagasság, kalászosítás, ezerszemtömeg), a levélfelület hőmérséklet, és a klorofill tartalom változását. A parcellák felületi hőmérsékletét kézi infravörös hőmérővel (Crop-Track, Spectrum Inc.), a klorofill tartalmat Fieldscout CM-1000 típusú (Spectrum Inc.) klorofillmérő műszerrel határoztuk meg.

2.3. Több termőhelyes kísérletek

Évente 9-11 helyen állítjuk be a négyismétléses teljesítménykísérleteket, hogy a bejelentés előtt álló búzatorzsek alkalmazkodóképességéről kapjunk információt. A kísérletben a bejelentés előtt álló kiegyenlített törzsek és kontroll fajták (40-60 genotípus) vesznek részt. Meteorológiai adatok (csapadék, hőösszeg, napsütéses órák száma) alapján a stresszelt és stresszmentes termőhelyek között szárazságtűrőképességi mutatót (S) számoltunk, továbbá a kilenc termőhely átlagtermése és a

Szegeden végzett szárazságtűrési tesztek eredményei közötti korrelációt vizsgáltuk 2001-2004 között.

2.4. Szegedi nemesítésű genotípusok szántóföldi teljesítménykísérletei

Két egymást követő évben (2003, 2004) vizsgáltuk 70, régi és modern kenyér- és durumbúza genotípus teljesítményét két eltérő kezelésben egy négyismétléses szántóföldi termésösszehasonlító kísérletben. A kísérletet mindkét évben Szegeden, két kezeléssel (kontroll és high input) négy ismétléssel állítottuk be. A kontrollkezelésben részesült parcellák csak alaptrágyát (70+70+70 kg NPK őszi alaptrágya hatóanyag) és rovarirtószeres növényvédelmet kaptak (Enduro, Fendona, Sumi Alfa). Az intenzív agrotechnikai kezelésben 120 kg N fejtrágya, és teljes körű növényvédelem (fungicidés védelem 2x) egészítette ki a kontroll technológiát. Betakarítás előtt a parcellákról növénymintát szedtünk a terméskomponensek meghatározásához. A szemtermésen kívül felveteleztük a kalásonkénti termést és szemszámot, a kalászszaámot, a növénymagasságot, az ezerszemtömeget, a biológiai termést továbbá harvest indexet számoltunk 50 -50 hajtás földolgozása alapján. Minden parcelláról szedtünk magmintákat és NIR gyorsmódszerrel meghatároztuk a minták fehérjetartalmát, nedvessikér tartalmát és a szemkeménységét.

2.5. Nemesítési rendszer

Nemesítési rendszerünk a klasszikus Pedigré módszeren alapszik, a genetikai változékonyságot keresztezéssel, a kiegyenlítetttséget többszöri egyedkiválogatással érjük el.

A keresztezéseket kézi megporzással végezzük. Az F_1 nemzedéket legtöbbször üvegházban neveljük föl, így a keresztezéstől számított egy éven belül földbe kerülhet az F_2 generáció. Az F_2 nemzedéket tág térállásban vetjük el és az alapvető morfológiai és kórtani követelményeknek megfelelő növényekről kalászt szedünk. A kalászkok termését kalászutódsorokba vetjük. A kiegyenlítettnek látszó kalászutódsorok (F_3 - F_5) termését ismétlés nélküli, információs teljesítménykísérletbe vetjük (parcellaméret 6,5 m²), de ezzel párhuzamosan a genetikai tisztaságot kalászutódsorokban tartjuk fenn. A legjobban szereplő törzseket ezután négyismétléses kísérletben vizsgáljuk. Ekkor már minden törzsnek van vetőmagszaporítása és minimálisan 48 kalászutódsora. A tesztelés ezután, az ország kilenc-tíz, ökológiailag eltérő termőhelyén elhelyezett "tájtörzs" kísérletben folytatódik. A legjobbakat jelentjük be fajtajelöltként a Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal (MgSzH) fajtavizsgálataiba. A szelekciós munkát kórtani tesztek, télállósági, szárazságtolerancia és minőségi vizsgálatok segítik.

3. EREDMÉNYEK

3.1. A szárazságtűrést tesztelő módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata őszi búza genotípusokon

3.1.1. A genotípus, az évjárat és a mesterséges szárazságstressz hatása a csírázásra ozmotikumban

Az 1989-ben beállított kísérletben a 25 %-os PEG-oldat átlagosan 15,8 %-kal, a 30 %-os oldat 46,4 %-kal csökkentette a csírázási százalékot. Az eredmények azt mutatják, hogy a csírázási közeg változtatásának hatására megváltozott a fajták sorrendje. Az 1991-ben elvégzett kísérletben a csírázási százalék 0–44 %-kal volt alacsonyabb az ozmotikumban (25 %-os PEG 6000-oldat), mint a csapvizet kontrollban. A kezelés a fajták átlagában 15 %-kal csökkentette a csírázási százalékot ($SzD_{5\%}=9,04$). A kísérletet 1992-ben megismételtük (kontroll illetve 25 %-os PEG oldatban), de a két év eredményei között jelentős eltéréseket figyeltünk meg. Ennek oka az, hogy az aratást megelőző időjárás a két évben igen eltérő volt, s egy genotípus x évjárat kölcsönhatás következtében az azonos szárazságstressz a fajták csírázóképeségére eltérően hatott. A csírázási próbák gyorsan, egyszerűen, és könnyen elvégezhető vizsgálatok, azonban információ értékük igen csekély. Segítségükkel a magvak vízfelvevő képességét hasonlíthatjuk csak össze akkor, ha a magvak azonos termőhelyről származtak, egészségi állapotuk is azonos. Az azonos magmintából indított kísérletek általában jól megismételhetők, viszont az eredményeket az évjáráthatások és a termőhelyi hatások jelentősen módosíthatják. A csírázási tesztek eredményei azt mutatják, hogy ezek a vizsgálatok nem alkalmasak arra, hogy segítségükkel eredményes szelekciót végezhessünk a szárazságtoleranciára.

3.1.2. A hajtás- és gyökérnövekedés genotípus függősége csíranövény vízkultúra tesztben

A stresszkezelésre a fajták szignifikánsan eltérő mértékben reagáltak. A 20 %-os, illetve a 25 %-os stresszkezelésben átlagosan 24,4 %-kal, illetve 30,6 %-kal rövidebb hajtást és 30 %-al illetve 34%-al rövidebb gyökeret fejlesztettek. A hajtás hossznövekedésben tapasztalt depresszió hasonló mértékű volt a vizsgált fajták között. A gyökérnövekedésben viszont sokkal nagyobbak voltak a különbségek. A Jubilejnaja-50 esetében tapasztalt fokozott gyökérnövekedés minden bizonnyal egy adaptációs mechanizmus révén tapasztalható. Meg kell jegyezni azonban, hogy a vízkultúrában, illetve a szántóföldi kísérletben nevelt növények az egészen más körülmények miatt eltérően fejlődnek, gyakran más morfológiát mutatnak. Az így kapott eredményeket ezért nem lehet közvetlenül felhasználni, azok tényleges kapcsolatát a növények szántóföldön megnyilvánuló tulajdonságaival meg kell vizsgálni. Nem találtunk összefüggést a búzaszemek csírázási százalékban bekövetkező változása és az adott fajta vízkultúrában mért stresszreakciói között. A fiatal növényeken végzett vízkultúras tesztek elvégzése során kapott információk azt bizonyították, hogy alkalmazásuk hasznossága nem áll arányban a vizsgálat munkai igényességével és költségességével.

3.1.3. Fajták és genotípusok csoportosítása a levágott levelek víztartó képessége alapján

1990-ben a 24 órás deszikkálást követően a vizsgált 46 fajta között jelentős különbségeket találtunk a vízvesztés mértékében. Az átlagos vízvesztés 74 %-os volt. A kísérletet 1991-ben és 1992-ben megismételtük. A vízvesztés átlagos mértéke rendre 64,6 % és 62,7 % volt. A korrelációs számítás szoros összefüggést jelez, az r értékek a következők: az 1990-es és az 1991-es év eredményei között 0,7223**, az 1990 és az 1992 év eredményei között 0,6276**, az 1991 és a 1992 év között pedig 0,3885*. A levágott levelek víztartó képességének mérése, igen gyors és jól használható módszer a szárazságtoleranciára történő nemesítésben, mivel ez fontos mechanizmus a növény

vízvesztésének csökkentésében. A levágott leveleken a gyors turgorváltozás miatt a sztómák rögtön becsukódnak, a vízvesztést csak a bőrszövet minősége befolyásolja. Megnö a szerepe a levelet borító viaszrétegnek és levélszőröknek, ezek a vízvesztésüket 10 % -kal is mérsékelhetik. A vizsgálatok bármely fenofázisban elvégezhetőek, az eredmények gyorsan rendelkezésre állnak. A korai fenofázisokban, pl. kalászás előtt a kísérlet informatívabb, a különbségek jelentősebbek a genotípusok között.

3.1.4. A prolinfelhalmozás genotípus függősége élve hervasztott levelekben

Az élve hervasztást két fajtacsoporton végeztük el a növények virágzásának fenofázisában. A levágott hajtások a nagy páratartalom ellenére már az első nap után is jelentős mennyiségű vizet veszítettek. A levelek és a kalászkok a kialakult szárazságstressz hatására prolint akkumuláltak, ami lassította a további vízvesztésüket.

A kalászkok prolinakkumulációjában nagyobb különbséget találtunk, mint a levelekben, annak ellenére, hogy a levelek 3-4-szer nagyobb mennyiségben halmoztak fel prolint. A szárazanyag százalékában kifejezett prolintartalom a GK Szőkénél 3,2 %, a Jubilejnaja-50-nél 3,1 % volt, szemben a GK Örzse 2,3 %-ával. A prolin mint ozmotikum, szerepet játszik az ozmoregulációban, ezzel az enzimek és a sejtmembránok védelmében. A teszt gyakorlati használhatóságát az élvehervasztás és az analízis minta előkészítésének munkaigényessége korlátozza. A prolin mennyiségének kimutatását folyadék kromatográfiás (HPLC) vizsgálatokkal gyorsan és nagy pontossággal lehet elvégezni.

3.1.5. Az ozmotikus potenciál genotípus függősége

A kiválasztott fajták között jelentős különbségeket figyeltünk meg a vizsgált bélyegekből. Az arid vidékekről származó fajták és a Tiszatáj m. nagyobb ozmotikus potenciállal rendelkeztek. A számított ozmotikus potenciál a Kínából származó Kobomugi, az Mv-8 és az NE 83/T fajtáknál volt a legalacsonyabb, és a szárazságtűrőnek ismert Plainsman V., Pitic 62, T 79 és a Tiszatáj m. esetében volt a legmagasabb teljes turgornál.

Az egyik legfontosabb bélyeg a vízpotenciál mellett az, hogy a levelek milyen mértékű vízhiány mellett veszítik el turgorukat. Az eredmények részben igazolni látszanak a szántóföldi tapasztalatokat és a víztartóképeség teszt valamint a deszikkáns teszt eredményeit. Az említett tesztek alapján stresszre fogékonyak bizonyult genotípusok a nyomás-térfogató görbék elemzése útján nyert adatok szerint kevésbé hatékony ozmoregulációval rendelkeznek, mint a legtöbb tesztben toleránsnak bizonyult Tiszatáj m. Az ozmoreguláció teszi ugyanis lehetővé a szénmegkötést a szárazságstressz esetén. Egyedül az OK 84343 törzs amely a korábbi tesztekkel ellentétben fogékonyak bizonyult a nyomás-térfogató görbék elemzése alapján.

3.1.6. Antitranszspiráns szántóföldi alkalmazásának előnyei és hátrányai

A kísérletbe vont fajták között elenyésző különbségek voltak a vizsgált bélyegekből. A kezelt parcellafélen szignifikánsan nem (0,57 cm-rel) nőtt a növénymagasság, ami gyakorlatilag elhanyagolható ($SzD_{5\%}=4,65$). A számolt kontroll százaléktérképek vizsgálata alapján a kezelés a kísérletben résztvevő fajtákra különbözően hatott. A fajták egy részének növénymagassága nőtt, másoké csökkent. Ugyanezt tapasztaltuk a másik két vizsgált tulajdonság, az ezerszemtömeg és a parcellafélek termésének vizsgálatokor is.

Kísérletünk valószínűsíti, hogy ennek a módszernek a használhatósága korlátozott, erősen évszám-függő. Normális viszonyok, vagy gyenge szárazság esetén az antitranszspiráns csökkenti a növény párologtatását, ezzel a vízforgalmát és a fotoszintézist a kontroll növényekhez képest. Emiatt csökkenhet a termés és az ezerszemtömeg.

3.1.7. A tőszám hatásának vizsgálata szántóföldön

A vizsgált morfológiai bélyegek közül a sűrű vetés csak a növénymagasságra hatott, azt kissé növelte. A terméskomponensek közül a sűrű vetés csökkentette az ezerszemtömeget, a kísérlet átlagában a csökkenés mértéke 6,3 %-os volt. Nyilvánvaló, hogy ebben az esetben a szárazságstresszen kívül, számos, egyéb stresszhatás is érvényesül, mégis ennek a kezelésnek volt a legkisebb hatása a vizsgált bélyegekre. A vizsgálati módszer erősen függ az időjárástól, mely használhatóságát korlátozza.

3.1.8. Deszikkáció hatása a fajták ezerszemtömegére

Az 1990-ben a kezeletlen parcellafélen mért ezerszemtömeg adatok 32,7 g és 50,6 g között alakultak. Az átlagos ezerszemtömeg itt 42,2 g volt. A nátrium-klorát oldattal kezelt parcellafélen az átlagos szemtömeg 29,0 g volt, tehát a perzselőszeres kezelés átlagosan 32,2 %-os ezerszemtömeg csökkenést okozott, a szignifikáns különbség 5,2 % volt.

Az 1991-ben és 1992-ben elvégzett kísérletek hasonló eredménnyel zárultak. 1991-ben a deszikkáns kezelés átlagosan 29 %-os, 1992-ben 31 %-os szemtömeg csökkenést eredményezett. A három évben végzett vizsgálatokban a fajták sorrendje hasonlóan alakult. A korreláció számítás a három év azonos fajtáinak adatai között erős összefüggést jelez. 1990 és 1991 között $r=0,8151^{***}$, 1990 és 1992 között $r=0,7512^{**}$, 1991 és 1992 között $r=0,7834^{**}$.

Méréseink alapján nem fedeztünk fel igazolható összefüggést a fajtára jellemző ezerszemtömeg és a depresszió mértéke között, mind a toleráns, mind a fogékony fajták között voltak nagy- és kis ezerszemtömegű genotípusok.

Ez a teszt a transzlokációs képességet vizsgálja, ami a késői szárazságtűrő képesség egyik legfontosabb komponense. A nyár közepén bekövetkező aszály a szemtömeg csökkenésén keresztül akár 20 - 50 %-os termésvesztésért is okozhat. A teszt jól ismételhető, segítségével jelentős különbségeket tudunk kimutatni az egyes búzatörzsek tápanyag transzlokációs képességében. Fontos, hogy a teszt gyakorlatilag az időjárástól függetlenül elvégezhető, és az évjárat sem gyakorol jelentős hatást az eredményekre. Lehetőséget ad arra, hogy a transzlokáció szempontjából legjobb illetve leggyengébb egyedeket kiválasszthassuk. Ez rendkívül fontos tulajdonság, hiszen a búzatermesztésben a június végi - július eleji, a szemtelítődést csökkentő szárazságstressz a leggyakoribb. Ilyenkor már minden terméskomponens kialakult, a szemtömeg kivételével.

3.1.9. Összefüggés az alkalmazott szelekciós módszerek eredményei között

Az elvégzett vizsgálatok eredményei között, a legtöbb esetben nem találunk korrelációt, vagy igen gyenge korrelációt kaptunk. A különböző tesztek eredményeit kontroll százalékban fejeztük ki és így végeztük el a korrelációszámításokat. A legszorosabb összefüggést az antitranszspiráns hatására bekövetkező szemtömeg változás és a sűrítés hatására tapasztalt szemtömeg csökkenés eredményei között találtuk ($r=0,7122^{***}$). Ebben az esetben azonban mindkét tényezőnek csekély hatása volt az ezerszemtömegre. A korrelációs koefficiensek gyenge pozitív kapcsolatot mutatnak még a víztartó képesség és az antitranszspiráns alkalmazása, valamint a víztartó képesség és a kémiai deszikkálás hatására mutató tápanyag - transzlokáció eredményei között is ($r=0,3541^*$ és $r=0,2382$).

A szemek vízfelvevő képessége, a levelek víztartó képessége, a sűrű vetésben jelentkező stresszekkel szembeni tolerancia, valamint a jó tápanyag mobilizációs képesség, nagy valószínűséggel egymástól függetlenül öröklődő tulajdonságok, így nem meglepő, hogy egy sok fajtát tesztelő kísérletsorozatban - amelyben a fenti tulajdonságok megléte, hiánya és különböző erőssége igen sokféle variációban fordulhat elő - e tulajdonságok nem mutatnak szoros korrelációt.

Az általunk tesztelt módszerek közül tehát a levágott levelek víztartó képességének mérése és a tenyészkertben alkalmazott módszerek közül a késői vízhiánystresszt modellező perzselőszeres teszt szolgáltatta a legjobban használható eredményeket.

3.2. Szántóföldi szárazságtűrési szelekciós kísérletek

A szárazságtűrési szelekciós kertben 2001-2004 között a vizsgált tulajdonságokban minden évben jelentős különbségeket találtunk a tesztelt genotípusok között.

3.2.1. Zászlóslevelek víztartó képességének vizsgálata

2001-ben a legnagyobb különbséget a frissen lemetszett zászlóslevelek relatív víztartalmában találtuk. Itt általában a késői fajták rendelkeztek a legnagyobb víztartalommal.

A 2002. évben 70, bejelentés előtt álló genotípus és 26 fajta vizsgálatát végeztük el. A kezdeti víztartalomhoz képest a genotípusok átlagosan közel 20 % vizet tudtak fölvenni, és a kezelés hatására átlagosan kezdeti víztartalmuk 55 %-át őrizték meg. A legjobb genotípusok víztartalmuk 80 %-át, a legrosszabbak csak 21 %-át tartották meg a deszikkálás hatására ($SzD_{5\%} = 19,95$). 2003-ban 100 genotípus vizsgálatát végeztük el. A kezdeti víztartalomhoz képest a genotípusok átlagosan 7 % vizet tudtak fölvenni, és a kezelés hatására átlagosan kezdeti víztartalmuk 57 %-át őrizték meg. A 2004. esztendőben az előző évhez hasonlóan mind a kezdeti víztartalomban, mind a vízvesztésben jelentős különbségeket tapasztaltunk a vizsgált 100 genotípus között. Az évjárattól és a mérés időpontjától függően a kezdeti víztartalomhoz képest a genotípusok átlagosan 7 – 20 % vizet tudtak fölvenni, és a kezelés hatására átlagosan kezdetirelatív víztartalmuk 40 – 50 %-át őrizték meg. A toleráns genotípusok zászlóslevelei víztartalmuk 65 – 80 %, a legrosszabbak csak 17 – 21 %-át tartották meg a deszikkálás hatására. A vizsgálatban kapott eredményeket felhasználtuk a szelekciós döntéshozatalban.

3.2.2. A deszikkációs teszt eredményei

Ezt a szelekciós tesztet mind a négy évben az előző kísérlettel azonos fajtakörön végeztük el. A 2001. évben a kezelés 27,02 %-os szemtömeg csökkenést okozott a fajták átlagában ($SzD_{5\%} = 9,47$). 2002-ben az ezerszemtömeg 34,6 %-kal csökkent átlagosan. A pozitív kontroll teljesítményét 13 törzs múlta fölül. A 2003. évben levélzet leperzselése hatására az ezerszemtömeg átlagosan 38,8 %-kal csökkent. A legjobban a CY-45 és a Kharchia fajták szerepeltek, amelyek szemtömege csak mintegy 12,5 %-kal, míg a legérzékenyebb törzsnek több mint 42,5 %-kal csökkent az ezerszemtömege a stressz hatására. A 2004. évben a különbség jóval nagyobb volt a perzselőszeres és a kontroll kezelésben mért között. Átlagosan 34,1 %-kal csökkent az ezerszemtömeg. A kontroll kezelésnél a legmagasabb ezerszemtömeg 53,2 g, a legalacsonyabb 32,7 g volt. A kezelt parcellákon a legmagasabb a 40,4 g, a legalacsonyabb 19,0 g volt.

Ha a vizsgált 4 évet összehasonlítjuk, látható, hogy az eltérő genotípus összetétel és időjárás ellenére az átlagos ezerszemtömeg csökkenés hasonló mértékű volt (27, 34, 38 és 34 %). A toleráns genotípusok mind a négy évben hasonló kismértékű szemtömeg depressziót mutattak. A szántóföldi tesztben kapott eredmények hozzájárultak szelekciós döntéseinkhez.

3.2.3. Öntözési kísérlet

2003-tól hőségnapokon szelekciós célból mértük az öntözési kísérlet parcelláinak felületi hőmérsékletét. Az optimális vízellátottságú parcellák átlagos levélfelület hőmérséklete 22,8 °C, míg a kontroll parcellák átlagos hőmérséklete 26,5 °C volt. Az öntözött állományban a hőmérsékleti szélsőértékek szűkebb intervallumban változtak, mint a kontroll parcellákon. A szárazság a növényfelület hőmérsékletét átlagosan 3,6 °C-kal (13,6 %) emelte.

Az öntözési kísérletet 2004. évben is beállítottuk, de a csapadékos időjárás miatt öntözési reakciót nem tudtunk mérni sem növénymagasságban, sem a szemtermésben.

Összegezve eredményeinket megállapítható, hogy száraz évjáratban az öntözött területen a növényállomány felületi hőmérséklete alacsonyabb, a klorofill tartalom magasabb volt, nőtt a növénymagasság, nem szignifikáns mértékben késett a kalászás és az érés, nőtt az ezerszemtömeg és a szemtermés mennyisége. A három vizsgált évből csak egy évjárat volt, amikor értékelhető különbségeket tudunk mérni a felvételezett tulajdonságokban.

3.3. Összefüggés vizsgálatok a genotípusok produktivitásában és stressztoleranciájában

Négy, egymást követő évben (2001-2004) vizsgáltuk a bejelentés előtt álló kiegyenlített búzatorzseinket a 9-10 termőhelyes tájkísérleti hálózatunkban. A meteorológiai adatok alapján kiválasztottunk 4 kontrasztos termőhelyet. Ha a négy termőhely átlagát nézzük, a négy év közül a 2004. év nevezhető leginkább stresszmentesnek, és a 2003. év a legsúlyosabb stresszel terheltnek. Terméseredmények tekintetében a 2004. évben voltak a legnagyobb termések, a négy termőhelyen a fajták átlagában 7,6 t/ha szemtermést mértünk. A legkisebb termés a szárazságstresszel leginkább sújtott 2003-ban volt, ebben az évben a kísérleti átlag 4,6 t/ha szintet ért el, ami alig több mint a 2004. évi szint 61 %-a. A búzafajták és -torzsek terméseredményei között mind a négy évben, mind a négy termőhelyen szignifikáns különbségeket figyeltünk meg. Évről évre a négy termőhely adatai alapján számoltuk ki a tájkísérletekben szereplő fajták stresszindexét (S) és kiválósági mutatóit (P). 2001. évben a korreláció analízissel gyakorlatilag nem találtunk kapcsolatot a terméseredmények, az azokból számolt stresszindex és a legfontosabb szárazságtűrést tesztelő módszerek eredményei között. A 2002-ben beállított öntözési kísérletben hasonló eredményeket kaptunk. A szárazságtűrési kísérletben mért számsorok összevetésekor sem tudunk kimutatni szoros kapcsolatot az egyes tesztek eredményei között. Az ugyanabban a kísérletben az öntözés hatására kapott termésnövekedés és a deszikkánszal előidézett termésnövekedés között találtunk gyenge, 5%-on szignifikáns kapcsolatot ($r=0,2468^*$). A levágott zászlóslevelek víztartó képességének és a perzselőszeres kísérletben mért tápanyag transzlokációs képességnek gyakorlatilag nem volt jelentős hatása a termés kialakulására és a számolt mutatókkal sem találtunk kapcsolatot.

A 2003. év aszályos év volt hazánkban. Valószínűleg ez az oka, hogy ebben az évben találtuk a legszorosabb kapcsolatot a fiziológiai tesztek eredményei és a több termőhelyes kísérletekben mért terméseredmények között. Ebben az esztendőben a közepesnél szorosabb kapcsolat volt a több termőhelyes tájkísérlet termésidejéből számolt stresszindex és a kiválósági mutató között ($r=0,6247^{***}$). A tesztvizsgálatok közül szoros volt a kapcsolat az ezerszemtömeg és szemtermés változás tekintetében a perzselőszerrel kezelt és az öntözött parcellák adatai között is ($r=0,6278^{***}$ és $r=0,8363^{***}$). A tájkísérletben mért P érték és a szegedi tesztben mért perzselőszeres termésdepresszió illetve öntözési reakció között, továbbá a szegedi kísérletben számolt stresszindex között is a közepesnél szorosabb kapcsolat volt kimutatható. A levágott zászlóslevelek víztartó képessége a korrelációszámítás szerint nem gyakorolt hatást a stressztűrő képességre, azaz elsősorban a késői vízhiány okozta a termésnövekedést. A 2004. év az elmúlt évek egyik legcsapadékosabb éve volt és az utóbbi évek rekordtermését hozta országszerte. A tájkísérletek közötti termés szint különbségek legfőbb oka nem az eltérő csapadékmennyiség, hanem elsősorban a talaj illetve az agrotechnikai színvonal volt. Ezzel magyarázható, hogy az eltérő tájkísérletekben számolt stresszindex, a P érték és a 9 termőhelyen mért termésidejék között gyakorlatilag nem találtunk kapcsolatot. Közepesnél gyengébb kapcsolatot találtunk a perzselőszeres tesztben mért transzlokációs képesség (ezerszemtömeg depresszió) és a lemetszett zászlóslevelek víztartó képessége között. A perzselőszeres kísérletben mért ezerszemtömeg depresszió és az ugyanabban a kísérletben mért termésdepresszió között is közepes kapcsolatot találtunk ($r=0,6278^{***}$). Gyenge korrelációt találtunk a zászlóslevél víztartó képessége és a stressz mellett mért levélhőmérséklet között ($r=0,2863^{**}$).

3.4. Terméskomponensek szerepének vizsgálata a genotípusok produktívásában és stressztoleranciájában

3.4.1. Az évjárat hatása a termésre és a terméskomponensekre

A hideg téllal és nyári szárazsággal sújtott 2003. évben a pótlólagosan befektetett agrotechnikai beavatkozások nem térültek meg, termésmnövekedés nem, sőt hibahatáron belüli termésdepresszió volt kimutatható. Ezzel ellentétben a 2004. évben a „high input” kezelés átlagosan 860 kg/ha (12,6 %) termésmnövekedést hozott. Az évjárat (a bőséges csapadék) sokkal nagyobb hatást gyakorolt a mért tulajdonságokra, mint az agrotechnikai kezelésesek. A kenyérbúzáék termésmátlaga 127 %-kal, a durum búzáék több mint 300 %-kal emelkedett, köszönhetően a fagyra leginkább érzékeny fajták első évben történt nagyarányú kiritkulásának. A kalászszaám mellett jelentősen változott a búzafajták kalászonkénti számszáma (33 %-os emelkedés) és ezerszemtömege (21 %-os emelkedés) is. A kalászonkénti szemtermés tömege a 26 %-kal emelkedett. Természetesen nem csak a szemtermés és annak összetevői változtak az eltérő évhatás következtében. Jelentősen nőtt a növénymagasság (66,5 %) és a biológiai termés mennyisége is, ez utóbbi (az egy tőhöz tartozó összes föld fölötti növénytömeg) növekedése volt a legnagyobb (172 %) a vizsgált bélyegek között a 70 genotípus esetében. Mivel ez a növekedés nagyobb mértékű volt, mint az egy hajtáshoz tartozó szemtermés gyarapodás, a harvest index (HI) érték valamelyest csökkent a 2004. évben. A kísérletbe vont kenyér- és durumbúzáék átlagos HI értéke 2003. évben 50,4 %, 2004-ben 49,8 % volt.

3.4.2. A termés és a terméskomponensek alakulása az elmúlt 60 évben minősített fajtákban

A fajtákat elismerésük és köztermesztésbe kerülésük ideje alapján öt csoportra osztottuk. Összevetve a csoportátlagokat, következtetéseket tudunk levonni a fajták termőképességének és termésösszetevőinek időbeli változásáról. Az összehasonlítása alapján a nemesítés hatására jelentős mértékben nőtt a modern fajták szemtermés mennyisége. Ezzel egyező tendenciát tapasztaltunk a durum búzáék esetében is. Míg az 1970-es éveket megelőzően elismert búzafajták termésmátlaga 3,75 t/ha volt addig a 90-es évek fajtái és a legújabb fajták 5,59 t/ha-os értéket értek el. Hasonlóképpen nőtt a biológiai termés, de mivel a szemtermés aránya nagyobb lett, a harvest index is emelkedett. A terméskomponensek vizsgálata szerint legnagyobb mértékben a területegységre eső kalászszaám, és a kalászonkénti számszaám emelkedett. Az ezerszemtömeg azonban a régi fajtákhoz viszonyítva csökkent.

3.5. A módszerek felhasználása az őszi búza nemesítésében

A szárazságtűrésre történő nemesítés fő módszertani lépései megegyeznek a fajtaelőállító nemesítésével: szelekció a legfontosabb agronómiai paraméterek alapján.

A keresztezési partnereknek jó adaptálódóképességű, illetve az ideális genotípushoz legközelebb álló típusokat, törzseket kell kiválogatnunk. A poligénikusan öröklődő előnyös tulajdonságokat hasadó populációkban rekurrens szelekció alkalmazásával kombinálhatjuk, míg az általunk fontosnak ítélt, egyszerűen öröklődő (pl. morfológiai) bélyegeket *back cross* alkalmazásával vihetjük át. Az F₂ generációban a megszokott agronómiai paramétereken kívül a szárazsághoz való adaptálódást segítő, vizuálisan felvételezhető morfológiai tulajdonságok figyelembevétele is fontos. Előnyben részesítjük a szálkázottságot, az egészséges kitélt szemtermést, a felálló levélzetet és a viaszoltságot illetve szőrözöttséget. Kizárjuk a további kísérletekből azokat, amelyek súlyos stressztüneteket mutatnak (levélvég elhalás, csúcscsáradás, turgorvesztés, levélsodródás, gyors felszáradás, szemek megszorulása, stb.). A kalászutódsorokban (F₃-F₅) a kiegyenlítettésre való szelekciós munkával párhuzamosan regisztráljuk és a populációból eltávolítjuk a vizuálisan felvételezhető bélyegek (csúcscsáradás, levélsodródás, kisülés, megszorult szem stb.) alapján szárazságra érzékeny törzseket.

A későbbi generációkban (F₅ -) a teljesítmény tesztekkel párhuzamosan végezzük a szárazságtűrési teszteket (perzselőszeres kísérlet, levél víztartóképeség mérés, déli levélhőmérséklet mérések), valamint egyes, vizuálisan felvételezhető tulajdonságok (csúcscsáradás, levélsodródás) regisztrálását. A fajtajelöltek állami kísérletekbe való bejelentéséig a termőképesség, rezisztencia, minőség, főbb agronómiai jellemzők mellett a döntéshozatalhoz elegendő információ fog így rendelkezésre állni a jelöltek szárazságtoleranciájáról is.

A közelmúltban elismert fajták közül a GK Hunyad (*GK Mura/GK Kende*), a GK Békés (*GK Kalász/GK Garaboly*) és a GK Csillag (*GK Véka/GK Kalász*) alkalmazkodó képessége és szárazságtűrő képessége átlagon felüli. A GK Hunyad elsősorban kiváló víztartó képessége alapján, valamint a 2003. és 2004. évben mért levélfelületi hőmérséklet alapján nevezhető szárazságtűrőnek. A szintén 2005-ben regisztrált GK Békés és a GK Csillag fajták szárazságtűrésük mellett kiváló termőképességűek és termésstabilitásúak.

3.6. Új tudományos eredmények

a) Megvizsgáltuk több tesztelési módszer hatékonyságát és alkalmazhatóságát a szárazságtűrésre történő szelekcióban. A fenti kritériumok alapján szelekcióra alkalmasnak találtuk és kiválasztottuk a levágott zászlóslevelek víztartó képességét, a deszikkálással tesztelhető tápanyag transzlokációs képességet, és a levélfelület hőmérsékletmérést.

b) Kidolgoztuk a kiválasztott szelekciós módszerek adaptálását és nemesítési rendszerünkbe való beillesztését. Nemesítési rendszerünkben eredményesen szelektáltunk a szárazságtűrésre. A módszereket a szülővonalak (keresztelési partnerek) kiválasztásánál és a fejlett törzsek tesztelésénél alkalmazzuk.

c) Eltérő évjáratokban vizsgáltuk a laboratóriumi tesztek eredményeinek és a több termőhelyes kísérletek terméseredményeinek összefüggéseit. Kimutattuk, hogy száraz évjáratokban a kiválasztott szárazságtűrési tesztvizsgálatok szorosabb korrelációban állnak a több termőhelyes termésösszehasonlító szántóföldi kísérletek eredményeivel, mint a stresszmentes években.

d) Tisztáztuk a legfontosabb termékkomponensek szerepét régi és újonnan elismert őszi búza genotípusok produktivitásában és stressztoleranciájában. Vizsgálataink eredményei szerint a modern fajták fölényéért legnagyobb mértékben a területegységre eső magasabb kalászszaám és a kalásonkénti szemszaám a felelős.

e) Mindezen tesztmódszerek adaptálásával, alkalmazásával olyan nemesítési programot működtetünk, melynek segítségével szárazságtűrésre tudunk szelektálni úgy, hogy az alkalmazott tesztelési módszerek rutinszerűen elvégezhetők és jól illeszkednek a már működő nemesítési rendszerünkhöz. E munka eredményességét bizonyítja, hogy a közelmúltban új szárazságtűrő fajtajelölteket jelentettünk be, amelyek közül 2005-ben a GK Hunyad, a GK Békés és a GK Csillag állami elismerésben részesült. E fajtáink a hazai és nemzetközi piacon egyaránt sikeresek.

Gyakorlati eredmények, szabadalmak:

Búzanemesítői tevékenységemet 1987-ben kezdtem el. Eddig 96 kenyérbúza (*Triticum aestivum* L.) fajtajelölt és 31 elismert fajta előállításában vettem részt.

Durum búza (*Triticum turgidum* L. var. *durum* Desf.) vonatkozásában 1 elismert fajta és 6 fajtajelölt, továbbá 2 tritikálé (*Triticosecale* sp.) fajta társnemesítője vagyok. A regisztrált fajták mind szabadalmi oltalmat kaptak, illetve jelenleg szabadalmaztatási eljárás alatt állnak. A három állami elismerést nyert kenyérbúza fajta, amelynek vezető nemesítője vagyok a *GK Hattyas*, a *GK Verecke* és a *GK Hunyad*.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Programunkban azt a növényt nevezzük szárazságtűrőnek, amely száraz, aszályos években is viszonylag nagy termést ad, azaz a szárazságstressz hatására termése nem, vagy csak kis mértékben csökken. Célunk tehát nem a szélsőséges vízhiányt is túlélő extenzív genotípus, hanem a száraz viszonyok között is gazdaságos hozamot produkáló nagy termőképességű „intenzív” fajta előállítás. Az új fajták nemesítésekor ezért a kiemelkedő terméspotenciált kell kombinálnunk egy (vagy több) olyan speciális tulajdonsággal, melyek képesek megvédeni a termést a szélsőséges körülmények között is.

A szántóföldi tenyészkertben a szárazságtűrésre történő szelekció az új keresztezési kombinációk szülőpartnereinek kiválasztásával kezdődik. Az F₂ generációt követően kalászutódsorokba vetett szegregáló populációk szelekciónját vizuális megfigyelésére alapozzuk, hiszen ebben a stádiumban lehetetlen a fiziológiai tesztek elvégzése. Az élettani teszteken alapuló szántóföldi szelekcións módszerekkel végzett kísérleteinkben a bejelentés előtt álló törzseinket és fajtajelölteinket vizsgáljuk közvetett módszerekkel szárazságtűrésre, illetve olyan tulajdonságokra, amelyek a szárazságban előnyt jelenthetnek a növények számára.

A tenyészkerti tesztkísérletben kis parcellákon késői szárazságstresszt modellezzük deszikkáns kezelésekkel. Az öntözéses kezelésben mérjük a különböző agronómiai bélyegek változását, és a levélfelület hőmérsékletét. Laboratóriumi körülmények között, pedig a zászlóslevelek víztartó képességét tudjuk meghatározni. Mindezen tesztelési módszerek eredményei nagymértékben hozzájárulnak a sikeres szelekcióhoz. A tesztkísérletekben szárazságtűrőnek bizonyult genotípusok közül csak azokat jelentjük be az MgSzH fajtakísérleteibe, amelyek a tájkísérletben bizonyították termőképességüket és termésstabilitásukat.

A szántóföldi tesztmódszerek palettáját bővítettük a 2006. év tavaszán üzembe helyezett saját terveink alapján készült automata esőárnyékoló berendezéssel, mely segítségével valódi szárazságstresszt idézhetünk elő. A berendezés esőérzékelőkkel felszerelt és így árnyékolása csak a csapadék hullás idejére korlátozódik. Az *in situ* kísérletet így nagymértékben függetleníteni tudjuk az időjárási viszonyoktól, és a valódi vízhiány hatását tanulmányozhatjuk. A sátor mérete és belmagassága lehetővé teszi a terület gépi művelését és a kísérletek gépi vetését is. Az oldalirányú szivárgást drénárok akadályozzák meg. Az árnyékolt (száraz) és a kontrollkezelésben elhelyezett automata meteorológiai berendezések óránként regisztrálják a léghőmérsékletet, a páratartalmat, a harmatpontot, a napsugárzást, a csapadékot, továbbá a talaj hőmérsékletét és nedvességtartalmát. A berendezés mellé a sátor alá vetett kísérlet kontroll kezelése kerül. A tesztelt genotípusok köre a szárazságtűrő és szárazság érzékeny példafajták mellett a laboratóriumban szárazságtűrésre szelektált populációkból áll össze. Ide vetjük el a bejelentés előtt álló kiegyenlített törzseket is.

5. A TÉMÁHOZ SZOROSAN KAPCSOLÓDÓ BIBLIOGRÁFIA

CSEUZ, L. (1990a): Testing the drought resistance of winter wheat varieties by laboratory and field methods. In: Panayotov, I. and Pavlova, S. (Eds.) *Wheat Breeding- Prospects and Future Approaches*. Proc. Int. Symp. Albena, Bulgaria. pp. 214-219.

CSEUZ, L. (1990b): Őszi búza (*Triticum aestivum L.*) fajták tesztelése szárazságtűrésre egyszerű laboratóriumi módszerekkel. *Növénytermelés* 39(3): 227-233.

CSEUZ, L. and ERDEI, L. (1994): Plant water status studies and simple field screening methods for selecting drought tolerant genotypes in wheat. In: P. C. Struik et al. (eds.) *Plant production on the threshold of a new century*. Kluwer Academic Publishers. pp. 437-438.

CSEUZ, L. (1995): Breeding Wheat for Drought Tolerance in the Cereal Research Institute. *Proceedings of INTERDROUGHT* Montpellier, France. p. IX/4

CSEUZ, L. and ERDEI, L. (1996): Improving the drought tolerance of winter wheat in a breeding program. *Proceedings of the 5th International Wheat Conference* Ankara pp.176 -177.

CSEUZ L. és MATUZ J. (1998): A Környezeti tényezők hatása a perspektivikus búzatörzsek termésmennyiségére. *IV. Növénynevelési Tudományos Napok*. Összefoglalók p. 37

CSEUZ, L., KERTÉSZ, Z., MATUZ, J., MÓZSIK, L., SZEGLETES, ZS., and L. ERDEI (1998): Wheat breeding system with special attention to tolerance to abiotic stresses. *Proceedings of the 9th International Wheat Genetics Symposium* Vol.4 1998 Saskatoon, Sask. pp.13-15.

CSEUZ L., KERTÉSZ Z., PAUK J., FÓNAD P., BEKE B. és MATUZ J. (2001): Szárazságtoleráns kenyérbúza (*Triticum aestivum L.*) és durum búza (*Triticum turgidum var. durum*) vonalak előállítására pedigre nemesítési rendszerbe illeszthető szelekciós módszerek alkalmazásával. *VII. Növénynevelési Tudományos Napok 2001. január 23-24.* Összefoglalók p. 37.

CSEUZ L., PAUK J., BARTÓK T., ERTUGRUL F., KERTÉSZ Z., és MATUZ J. (2002a): Búzanemesítés szárazságtűrésre hagyományos és géntechnológiai módszerekkel *VIII. Növénynevelési Tudományos Napok 2002. február.* Összefoglalók p. 12-13

CSEUZ, L., PAUK, J., KERTÉSZ, Z., MATUZ, J., FONAD, P., TARI, I. and ERDEI, L. (2002b): Wheat breeding for tolerance to drought stress at the Cereal Research Non-Profit Co. *Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, Acta Biol. Szegediensis* 46(3-4): 25-26.

CSEUZ, L., PAUK, J., KERTÉSZ, Z., MATUZ, J., FÓNAD, P. and ERDEI, L. (2002c): Breeding drought tolerant wheat genotypes: selection methods *EUCARPIA Cereal Section Meeting 21-25 November 2002* Salsomaggiore, Italy p: 171.

CSEUZ, L., KERTÉSZ, CS., FONAD, P., KOVÁCS, E., ÓVÁRI, J. MATUZ, J., and KERTÉSZ, Z. (2006): Progress in Yield Components and Yield Potential in Bread Wheat and Durum Wheat Genotypes. *EUCARPIA Cereal Section Meeting* 13-17 November 2006, Lleida, Spain. Abstracts p.169.

CSEUZ, L., PAUK, J., FÓNAD, P., KOVÁCS, E., and MATUZ, J. (2008): Field selection of winter wheat genotypes tolerant to water shortage with a mobile automatic rain shelter (MARS) and chemical desiccation. In: R. Appels, R. Eastwood, E. Lagudah, P. Langridge, M. Mackay, L. McIntyre, P. Sharp (Eds.) *Proceedings of the 11th International Wheat Genetics Symposium*. Sydney: Sydney University Press.

CSÓSZ, M., CSEUZ, L., KERTÉSZ, Z. and PAUK, J. (1994): The effects of biotic environmental factors on the yield of different winter wheat (*T. aestivum L.*) genotypes. In: P. C. Struik et al. (eds.) *Plant production on the threshold of a new century*. Kluwer Academic Publishers. pp. 481-483.

ERDEI, L., TARI, I., CSISZÁR, J., PÉCSVÁRADI, A., HORVÁTH, F., SZABÓ, M., ÖRDÖG, M., CSEUZ, L., ZHIPONOVA, M., SZILÁK, L. and GYÖRGYÉY, J. (2002a): Osmotic stress responses of wheat species and cultivars differing in drought tolerance: some interesting genes (advices for gene hunting) Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology, *Acta Biol. Szeg.* 46(3-4): 63-65.

ERDEI, L., TARI, I., CSISZÁR, J., PÉCSVÁRADI, A., HORVÁTH, F., SZABÓ, M., ÖRDÖG, M. and CSEUZ, L. (2002b): Physiological and biochemical responses to osmotic stress of wheat species and varieties differing in drought tolerance: advices for gene hunting. *Chinese - Hungarian Workshop on Molecular genetics and breeding in wheat*, Martonvásár

FEHÉRNÉ, J. E., CSEUZ, L., HORVÁTH, V. G., MAI, A., SECENJI, M., SASS, L., HIDEG, É., VASS, I., DUDITS, D. and PAUK, J. (2006): A búzába történő génbeépítés módszerei és a hazai géntechnológiai eredmények a búzaszárazságtűrésének javítására. In.: Dudits Dénes (szerk.) *A búza nemesítésének tudománya a funkcionális genomikától a vetőmagig*. MTA Szegedi Biológiai Központ Winter Fair Szeged. pp. 99-110.

HOFFMANN, B., CSEUZ, L. és PAUK J. (2006): Az őszi búza szárazságtűrésre történő nemesítésének lehetőségei és korlátai. In: (Szerk.: Dudits D.) *A búza nemesítésének tudománya a funkcionális genomikától a vetőmagig*. MTA Szegedi Biológiai Központ Winter Fair Szeged. 5(6): 191-224.

KERTÉSZ, Z. MATUZ, J. PAUK, J., MESTERHÁZY, Á., PAPP, M., CSEUZ, L., KERTÉSZ, C. and CSÓSZ, M. (1998): Traditional and novel wheat breeding methods used in Hungary. In: Braun, H. J. et al. (eds.), *Wheat Prospects for Global Improvement* Kluwer Academic Publishers. pp. 37-45.

PÁLFI, G., GULYÁS, S., RAJKI, E.S. and CSEUZ, L. (1988): The proline test - a method to the demonstration of the water deficiency and of frost - and to the qualification of pollens. *Acta Biol. Szeg.* 34: 11-25.

PÁLFI-DEIM, G., GULYÁS, S. and CSEUZ, L. (1989): Demonstration of the extent of drought resistance in winter wheat varieties, and study of the proline accumulation ability of 25 cultivated species. *Acta Biol. Szeg.* 35: 81-89.

PAUK, J., ERTUGRUL, F., BARTÓK, T., MIHÁLY, R., KISS, O., CSEUZ, L. and DUDITS D. (2002a): Improvement of wheat abiotic stress resistance via genetic transformation. Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology. *Acta Biol. Szeg.* 46 (3-4): 5-7.

PAUK, J., ERTUGRUL, F., KÓTAI, É., BARTÓK, T., MIHÁLY, R., KISS, O., CSEUZ, L., GYÖRGYÉY, J., and DUDITS, D. (2002b): Breeding drought tolerant wheat genotypes: Utilizing alien genes (ALR, Ferritin) *EUCARPIA Cereal Section Meeting*. 21-25 November 2002 Salsomaggiore, Italy p.: 119.

SZEGLETES, ZS., ERDEI, L., TARI, I. and CSEUZ, L. (2000): Accumulation of osmoprotectants in wheat cultivars of different drought tolerance. *Cereal Res. Com.* 28(4): 403-410.