

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar
Biológia Doktori Iskola

A búza réztoleranciáját és a hajtás Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációját befolyásoló lókuszok térképezése

Bálint András Ferenc

Ph. D. értekezés tézisei

Témavezető: Dr. Galiba Gábor, az MTA doktora

Magyar Tudományos Akadémia
Mezőgazdasági Kutatóintézete
Genetika és Növényélettan Osztály
Martonvásár

Institute of Plant Genetics and Crop
Plant Research (IPK)
Genebank
Resources Genetics and
Reproduction Group, Gatersleben
Németország

2005

1. A TÉMA ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A réz kis mennyiségben minden élő szervezet számára esszenciális mikrotápelem, nagyobb mennyiségben azonban toxikus, gátolja a növények növekedését és fejlődését. A nehézfémzennyezett talajokon a természsökkenés elkerülése vagy a talajok nehézfém-tartalmának csökkentésével, vagy nehézfém-toleráns fajták előállításával valósítható meg. A toleráns és hajtás-nehézfém-akkumuláló növényeknek a szennyezett talajok olcsó megtisztításában (*phytoremediation*) lehet nagy jelentősége.

A gabonafélék szemterméséből készült élelmiszerek az összes előállított élelmiszer 50 %-át teszik ki, azonban a közönséges búza szemtermése az optimálishoz képest nagyon kevés esszenciális Fe-t és Zn-t, valamint szintén kevés Cu-t és Mn-t tartalmaz. Így bár a nehézfémzennyezett talajokon termesztett növényeknél a fogyasztásra szánt növényi részek nehézfém-tartalmát alacsonyan kell tartani, azonban nem szennyezett talajokon termesztett növények esetében bizonyos elemekből (Fe, Mn, Cu, Zn) a szemtermés ásványi-elem-koncentrációjának a növelése lenne kívánatos.

A réztolerancia és toxicitás mechanizmusának növényélettani vizsgálata gabonaféléknél egy intenzíven kutatott terület, azonban a toleranciáért felelős gének lokalizációjáról csak sejtéseink vannak. Ezen gének térképezésével ill. a kapcsolatos elhelyezkedő markerek azonosításával lehetővé válhat réztoleráns fajták molekuláris marker alapú szelekciója, mely a toleráns fajták előállításában nyújthat segítséget. Munkánk célja ezért a búza réztoleranciájára hatást gyakorló kromoszómák és lókuszok (QTL-ek, Quantitative Trait Loci – mennyiségi jelleget meghatározó lókuszok) meghatározása volt. Terveztük továbbá a hajtás Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációkat befolyásoló lókuszok azonosítását, és a réztoleráns búzák gyakorlati felhasználási lehetőségének vizsgálatát. A fentiek elérése érdekében a következő feladatok elvégzését tűztük ki célul:

1. Réztoleráns és érzékeny búzagenotípusok azonosítása, a búza réztoleranciájának összevetése a közeli rokon gabonafajokkal.
2. Nagyszámú genotípus gyors tesztelésére alkalmas vizsgálati rendszer kidolgozása, mely alkalmas térképezési populációk, illetve génbanki anyagok stressztoleranciájának meghatározására.

3. Citogenetikai anyagok – pl. szubsztitúciós sorozatok – réztoleranciájának tesztelésével a réztolerancia kromoszomális lokalizációjának meghatározása, és a kromoszomális lokalizáció ismeretében megfelelő genetikai anyagok – deléciós, introgressziós, rekombináns beltenyésztett vonalak, stb. – felhasználásával a réztoleranciát befolyásoló lókuszok meghatározása.
4. Rekombináns vonalakon elvégzett hajtás Cu-tartalom vizsgálatokkal a hajtásba történő Cu-transzlokációt befolyásoló lókuszok azonosítása kontroll és rézkezelt talajon nevelt növényeknél, továbbá a humántáplálkozás szempontjából fontos mikroelemek – Fe, Mn, Zn – hajtás koncentrációját befolyásoló lókuszok azonosítása kontroll, és rézkezelt talajon nevelt növényeknél.
5. A rézkezelt növényeken elvégzett hajtás Cu-koncentráció vizsgálatok segítségével annak a meghatározása, hogy a búza a nehézfémfelvétel korlátozásával (elkerülési-stratégia), vagy a felvett többlet nehézfém semlegesítésével (tolerancia-stratégia) védekezik a réz toxikus hatása ellen.
6. Érésig nevelt toleráns és érzékeny búzafajta agronómiai jellegeinek értékelésével a gyakorlati felhasználás lehetőségének vizsgálata. A fentiek ismeretében választ kerestünk arra is, hogy a búza alkalmas lehet-e Cu-szennyezett talajok fitoremediációjára (fémszennyezés eltávolítására).

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1. Növényi anyag

Rézérzékeny és toleráns búzafajták azonosítása, illetve a búza és búzarokonfajok réztoleranciájának összehasonlítása céljából a Martonvásári Gabona Génbankban tárolt 27 *Triticinae* szubtribuszba tartozó genotípus (8 *Aegilops*, 5 alakor, 6 kenyérbúza, 5 egyéb búza, 2 rozs és 1 tritikálé) réztoleranciájának a tesztelését végeztük el.

A réztoleranciát befolyásoló gének kromoszomális lokalizációjának meghatározásához a 'Chinese Spring'/'Cappelle Desprez' szubsztitúciókat használtuk, melyet előkísérletek alapján választottunk ki a rendelkezésre álló szubsztitúciós sorozatokból.

A réztoleranciát befolyásoló QTL-ek meghatározása céljából 3 térképezési populációt ('ITMI' búza térképezési populáció, 'Chinese Spring(Cheyenne5A)' x 'CS

(*Tspelta5A*)' és 'CS' x 'CS(Ch5B)'), és a 'CS' – *Aegilops tauschii* 3D kromoszómára introgressziós vonalakat vizsgáltuk.

A réztoleranciát befolyásoló gének fizikai térképezése céljából a 'CS' 5A és 5D kromoszóma hosszú karjára deléciós vonalak vizsgálatát is elvégeztük.

2.2. Növénynevelés

A vad és termesztett búzafajok vizsgálatát vízkultúras kísérletben, míg a többi vizsgálatot talajos növénynevelési rendszerben végeztük el. A vízkultúras rendszerben a növényeket Hoagland-tápoldatban neveltük, a Cu-koncentráció 10^{-7} M (kontroll) és 10^{-4} M (Cu-kezelés) volt, melyet előkísérletek alapján választottunk ki. A talajos rendszerben a kontroll nem tartalmazott hozzáadott rezet, míg a Cu-kezeléshez 1000, 1250 és 1500 mg/kg Cu-koncentrációkat használtunk, melyeket szintén előkísérletek alapján határoztunk meg. A növényeket a csírázást követő 2 ill. 3 hetes korig neveltük fitotronkamrában (MTA MgKi, Martonvásár), illetve üvegházban (IPK-Gatersleben, Németország), amikor is lemértük a gyökér- és hajtáshosszakat, illetve meghatároztuk a száraztömeg értékeket. A tolerancia mértékének megállapításához az ún. Tolerancia Indexet (TI) használtuk, mely az adott mért paraméter (pl. száraztömeg) kezelt és kontroll körülmények között mért értékének a hányadosa. Üvegházban (IPK-Gatersleben) az előkísérlet alapján érzékenynek és toleránsnak talált fajtákat érésig is felneveltük, és meghatároztuk a terméseredményeket. Minden kísérletet min. 3 ismétléssel, ismétlésenként és genotípusonként min. 4-6 növénnyel végeztük el.

2.3. Fluoreszcencia indukció és elemtartalmak mérése

A fluoreszcencia indukciós mérést PAM-2000 (Waltz, Effeltrich, Németország) készülékkel, 2 óra sötétadaptálás után végeztük el a legfiatalabb, teljesen kifejlett levélen. A Tolerancia Indexek kalkulálásához az F_v/F_m paramétert használtuk fel. A Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációkat atomabszorpciós spektrofotométerrel, lángatomizálással határoztuk meg.

2.4. Mikroszatellit analízis

A 'CS(Ch5A)' x 'CS(*Tspelta5A*)', a 'CS' x 'CS(Ch5B)' populációk egy kromoszómára rekombináns vonalainak, valamint a 'CS' 5AL és 5DL deléciós

vonalak genotipizálását is elvégeztük mikroszatellit (SSR) markerekkel. A vizsgálathoz a teljes genomikus DNS-t izoláltuk Anderson és mtsai. (1992) módszere alapján. Az SSR analízishez felhasznált primer párokat Röder és mtsai. (1995) fejlesztették ki, illetve állapították meg a kromoszomális lokalizációjukat (Röder és mtsai., 1998). Az SSR analízist Röder (1998) módszere alapján végeztük el.

2.5. Kapcsoltsági térkép elkészítése és QTL analízis

A kapcsoltsági térképek elkészítéséhez a MAPMAKER programot (5B kromoszóma), illetve a JoinMap 3.0 programot (5A, 5B kromoszóma) használtuk.

A QTL analízis első lépéseként a fenotípusos adatok eloszlását vizsgáltuk meg a Statistica 6.0 szoftver segítségével, majd a single marker ANOVA módszerrel meghatároztuk az egyes markerallélok és adott fenotípusok megjelenése közötti kapcsoltságot. Az ezt követő intervallum térképezést regressziós és maximum likelihood módszerrel is elvégeztük a QTL Cafe és a MapQTL 5 szoftverek felhasználásával.

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

3.1. Réztoleráns és érzékeny búzagenotípusok azonosítása, a búza réztoleranciájának összevetése a közeli rokon gabonafajokkal

Réz hatására bekövetkező növekedésgátlás, ill. a fluoreszcencia indukciós (F_v/F_m) paraméterben bekövetkező csökkenés alapján a 27 *Triticinae* szubtribuszba tartozó genotípus közül legtoleránsabbnak a rozs (*Secale*) fajok mutatkoztak, míg a legérzékenyebb genotípusokat a diploid A genomú fajok (*T. monococcum* – alakor) között találtuk. Bár a rozs genotípusok korábban már igazolt fémtoleráns képessége most is megmutatkozott, de réztűrő képességük a legtoleránsabb búzafajták toleranciáját csak kismértékben haladta meg. Az *Aegilops* fajok között nem találtunk kiugróan toleráns genotípusokat. Az általunk vizsgált hexaploid genotípusok nagy része viszonylag toleránsnak tekinthető - legtoleránsabb a 'Chinese Spring' fajta volt -, míg a 'Bánkúti1201' kifejezetten érzékenynek tűnt a többlet réz károsító hatásával szemben. A 'Chinese Spring' fajta a későbbiekben is a stabilan legtoleránsabb genotípusnak bizonyult, míg a 'Bánkúti1201' érzékeny kontrollfajtaként szerepelt a

további kísérletekben.

3.2. Nagyszámú genotípus tesztelésére alkalmas vizsgálati rendszer kidolgozása

A réztolerancia élettani vizsgálatához a vízkultúras tesztek az általánosan elfogadottak, azonban nagyszámú genotípus – pl. térképezési populációk, génbanki anyagok – tesztelésére a módszer nem alkalmas. A fentiek miatt kidolgoztunk egy talajos tesztelési rendszert, ahol szilárd, elporított $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ -t kevertünk a talajhoz. A réz-szulfátra azért esett a választásunk, mert évszázadok óta használják növényvédőszerként („*bordói lè*”), és a szőlő valamint komlóültetvények talajába – ahol állókultúrák egyéves növényekkel történő felváltása esetén a Cu-toxicitás valós probléma – szintén ilyen formába jut be. Bár irodalmi adatok alapján a réz toxikus hatása már 60-125 mg/kg talaj Cu-koncentrációnál jelentkezik, azonban nekünk még 375 mg/kg talaj Cu-koncentráción sem sikerült a réztoxicitásra utaló tüneteket megfigyelni 2 hónapos búzanövényeken. A kísérleteink alapján a búza réztoleranciájának tesztelésére az 1000-1500 mg/kg Cu-koncentráció a megfelelő. 3 év tapasztalata alapján a leginformatívabb az 1250 mg/kg Cu-koncentráció. Ez a koncentráció már 2 hetes korban kihozza az egyes genotípusok toleranciája közötti különbségeket, ugyanakkor az érésig nevelt növények – genotípustól függően – még képesek termést hozni. Az általunk kidolgozott talajos tesztelési rendszerben kapott eredmények 6 genotípus vizsgálata alapján szoros korrelációt mutattak a vízkultúras kísérletekben kapott eredményekkel.

3.3. A réztoleranciáért felelős gének kromoszomális lokalizációjának meghatározása, illetve a réztoleranciát befolyásoló lókuszok azonosítása

A 'Chinese Spring' (recipiens) / 'Cappelle Desprez' (donor) szubsztitúciós sorozat tesztelése alapján a búza réztoleranciájára a legnagyobb hatást a 7D, 5A, 3D és 5D kromoszóma gyakorolta, az 5B és 6B kromoszómák csak kis mértékben, bár szignifikánsan befolyásolták a recipiens szülő réztoleranciáját. Az 5-ös homeológ csoport szerepét a búza/rozs szubsztitúciókkal elvégzett vizsgálataink is alátámasztották.

QTL és deléciós analízissel a Cu-toleranciát befolyásoló nagy hatású QTL-t azonosítottunk az 5D kromoszóma hosszú karján, míg kisebb hatású lókuszokat az

1AL, 2DS, 4AL, 5AL, 5BL és 7DS kromoszómákon. 'CS'-*Aegilops tauschii* introgressziós vonalak tesztelésével a 3DS kromoszómán is sikerült egy Cu-toleranciát befolyásoló lókuszt azonosítani. Mindezek a vizsgálatok – más kutatócsoportok eredményeivel összhangban - a Cu-tolerancia poligénikus kontrollját támasztották alá.

3.4. A hajtás Cu, Fe, Mn és Zn, valamint a hajtás Cu-akkumulációt befolyásoló lókuszok azonosítása

Az 'Opata85' x 'Synthetic' ('ITMI') búza térképezési populáción sikerült hajtás nehézfém tartalmakat befolyásoló lókuszokat meghatározni: a hajtás Mn- és Zn-koncentrációkat befolyásoló QTL-ek a 3BL és 3AL kromoszómákon lokalizálódtak. A Zn-koncentrációkat Cu-kezelt körülmények között a 7A kromoszómán elhelyezkedő lókuszt kontrollálta. A Cu-kezelt növények Fe-koncentrációját befolyásoló QTLt a 3B kromoszóma centromerikus régiójában, míg Cu-koncentrációját befolyásoló lókuszt az 1BL kromoszómán azonosítottuk. Az 5AL kromoszómán meghatározott lókuszt a hajtás Cu-akkumulációt befolyásolta.

3.5. Az elemtartalom vizsgálatok alapján a búza Cu-toxicitással szembeni védekezési stratégiájának meghatározása

Az 'Opata85' x 'Synthetic' ('ITMI') térképezési populáció rekombináns vonalainak elemtartalom vizsgálata megmutatta, hogy a toleráns vonalak kisebb mértékben akkumulálják hajtásukban a rezet a Cu-szennyezett talajból. Mindez arra utal, hogy a búza Cu-toleranciájában a nehézfémfelvétel ill. a gyökérből hajtásba történő transzlokáció korlátozása a védekezés alapja (elkerülési vagy ún. kizárási stratégia).

3.6. Réztoleráns búzák gyakorlati felhasználása

Mind a búzarakonfajokkal, mind az 'ITMI' búza térképezési populációval elvégzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a hajtásukban a rezet nagy mennyiségben akkumuláló genotípusoknak mind a toleranciája, mind a biomasszaprodukciója alacsony, ezért fitoremediációra nem alkalmasak. A Cu-kezelt talajon érésig nevelt toleráns és érzékeny búza genotípusok vizsgálata azonban megmutatta, hogy a Cu-toleráns búzafajta az érzékennyel ellentétben még 1500 mg/kg rézkoncentrációjú

talajon is képes elfogadható mennyiségű termést hozni. Mindez azt jelzi, hogy a toleráns búzafajták termesztésével rézszennyezett talajokon a termésveszteség valóban csökkenthető.

3.7. Új genetikai térkép a búza 5B kromoszómájára, és mikroszatellit markerek fizikai térképezése

Új nagyobb felbontású genetikai térképet készítettünk a 'Chinese Spring' x 'Chinese Spring(Cheyenne5B)' térképezési populáció genotipizálásával mikroszatellit markerekkel a búza 5B kromoszómájára. Az új térkép 23 markert tartalmaz, a markerek közötti átlagos távolság 7.50 cM. A térkép jó egyezést mutat a búza konszenzus mikroszatellit térképpel (Somers és mtsai., 2004). 'Chinese Spring' 5AL deléciós vonalakkal 11, míg az 5DL deléciós vonalak segítségével 18 mikroszatellit marker hozzávetőleges fizikai pozícióját határoztuk meg. Az új térképadatok jelentősen segíthetik más tulajdonságok térképezését is a jövőben.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK FELSOROLÁSA

1. Réztoleráns búzagenotípus azonosítása vízkultúrák és talajos kísérletek alapján (Bálint és mtsai., 2002, Bálint és mtsai., 2003b).
2. Nagyszámú genotípus réztoleranciájának tesztelésére alkalmas talajos tesztelési rendszer kidolgozása, melynek eredményei összevethetők a vízkultúrák kísérletek eredményeivel (Bálint és mtsai., 2003b).
3. A búza réztoleranciáját befolyásoló kromoszómák (Bálint és mtsai., 2003a) és lókuszok azonosítása (részben már publikált eredmények: Bálint és mtsai., 2003c, Bálint és mtsai. 2004).
4. Hajtás Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációkat befolyásoló lókuszok azonosítása búzában (részben már publikált eredmények: Bálint és mtsai., 2003; Bálint és mtsai. 2004).
5. Új genetikai térkép készítése a búza 5B kromoszómájára, és mikroszatellit markerek térképezése az 5A és 5D kromoszómán (nem publikált eredmény).

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁGA

Az általunk kidolgozott tesztelési rendszer nagyszámú genotípus réztoleranciájának gyors meghatározására alkalmas, mely felgyorsíthatja a toleráns vonalak kiemelését a génbanki anyagokból, jelentősen segítve ezáltal a nehézfém-toleráns fajták előállítását. Hasonlóan segítheti a toleráns genotípusok azonosítását a nagy hatású QTL-ekkel kapcsolatosan elhelyezkedő markerek felhasználása ismeretlen réztoleranciájú genotípusok marker alapú szelekciójára. A hajtás ásványi összetételét befolyásoló lókuszekkel kapcsolatosan elhelyezkedő markerek meghatározása a magasabb hajtás – és ezáltal magasabb szemtermés - ásványi összetételű genotípusok marker alapú szelekciójához nyújthat segítséget. Erősen rézszennyezett talajok megtisztítására a búza ugyan nem tűnik alkalmasnak, azonban ezen talajok hasznosítására a toleráns genotípusok még 1500 mg/kg talaj Cu-tartalom esetén is felhasználhatók.

6. HIVATKOZOTT IRODALMAK

- Anderson, J. A., Ogihara, Y., Sorrells, M. E., Tanksley, S. D. (1992) Development of a chromosomal arm map for wheat based on RFLP markers. *Theor Appl Genet* 83: 1035-1043.
- Bálint, A.F., Kovács, G., Sutka, J. (2002) Copper tolerance of *Aegilops*, *Triticum*, *Secale* and triticale seedlings and copper and iron content in their shoots. *Acta Biol Szeged* 46 (3-4): 77-78.
- Bálint, A. F., Kovács, G., Börner, A., Galiba, G., Sutka, J. (2003a) Substitution analysis of seedling stage copper tolerance in wheat. *Acta Agron Hun* 51(4): 397-404.
- Bálint, A. F., Kovács, G., Sutka, J. (2003b) Comparative studies on the seedling copper tolerance of various hexaploid wheat varieties and of spelt in soil with a high copper content and in hydroponic culture. *Acta Agron Hun* 51(2): 199-203.
- Bálint, A. F., Röder, M. S., Hell, R., Galiba, G., Börner, A. (2003c) Mapping of the QTLs for copper tolerance traits and for Cu, Fe, Mn and Zn concentrations in the shoots under non-stress and stress conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.). *11th Molecular Markers Symposium of the GPZ: Harnessing genetic diversity: genomics and allele mining*. September 16-17, Gatersleben, Germany.

- Bálint, A. F., Röder, M. S., Hell, R., Galiba, G., Börner, A. (2004) Réztoleranciát és a hajtás Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációkat befolyásoló lókuszek térképezése búza (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) genetikai anyagok felhasználásával. *X. Növénynevelési Tudományos Napok*, MTA, Budapest,
- Röder, M. S., Plaschke, J., König, U. S., Börner, A., Sorrells, M. E., Tanksley, S. D., Ganal, M. W. (1995) Abundance, variability and chromosomal location of microsatellites in wheat. *Mol Gen Genet* 246: 327-333.
- Röder, M. S., Korzun, V., Wendehake, K., Plaschke, J., Tixier, M-H., Leroy, P., Ganal, M. W. (1998) A microsatellite map of wheat. *Genetics* 149: 2007-2023.
- Somers, D. J., Isaac, P., Edwards, K. (2004) A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 109: 1105-1114.

7. A TÉMÁVAL KAPCSOLATOS SAJÁT PUBLIKÁCIÓK

I. SCI folyóirat:

- Tari I., Szalai G., Lőrincz Zs., **Bálint A.** (2002) Changes in thiol content in roots of wheat cultivars exposed to copper stress. *Biol Plantarum* 45(2):255-260.
- Bálint A. F.**, Kovács G., Erdei L., Sutka J. (2001) Comparison of the Cu, Zn, Fe, Ca and Mg contents of the grains of wild, ancient and cultivated wheat species. *Cereal Res Commun* 29:375-382.

II. Folyóirat:

- Bálint, A. F.**, Kovács, G., Börner, A., Galiba, G., Sutka, J. (2003) Substitution analysis of seedling stage copper tolerance in wheat. *Acta Agron Hun* 51(4): 397-404.
- Bálint, A. F.**, Kovács, G., Sutka, J. (2003) Comparative studies on the seedling copper tolerance of various hexaploid wheat varieties and of spelt in soil with a high copper content and in hydroponic culture. *Acta Agron Hun* 51(2): 199-203.

III. Nemzetközi konferencia proceeding:

- Bálint AF.**, Kovács G., Erdei L., Sutka J. (2002) Variability of mineral element concentrations in the whole grains of *Triticum* L. and *Aegilops* L. Species. In: *Broad*

Variation and Precise Characterization – Limitation for the Future. Proceedings of the XVIth EUCARPIA Genetic Resources Section Workshop, Poznan, Poland, 16-20 May, 2001., Eds. Swiecicki W., Naganowska B., Wolko B., EUCARPIA, Wageningen, Netherlands, ISBN 83-88518-47-x, pp. 153-155.

IV. Nemzetközi konferencia absztrakt:

- Bálint, A. F.**, Röder, M. S., Galiba, G., Börner, A., Hell, R. (2005) Physical and genetic mapping of copper tolerance of wheat (poszter). *8th Gatersleben Research Conference: Genetic Diversity and Genome Dynamics in Plants*. Júnus 3-6, Meisdorf, Németország, p. 104.
- Bálint A. F.**, Röder, M. S., Hell, R., Galiba, G., Börner, A. (2003) Mapping of the QTLs for copper tolerance traits and for Cu, Fe, Mn and Zn concentrations in the shoots under non-stress and stress conditions in wheat (*Triticum aestivum* L.). *11th Molecular Markers Symposium of the GPZ: Harnessing genetic diversity: genomics and allele mining*. September 16-17, Gatersleben, Germany.
- Bálint A. F.**, Röder M. S., Sutka J., Kovács G., Börner A. (2003) Copper tolerance studies using wheat genetic stocks. *Abiotischer Stress – Herausforderung für die Pflanzenzüchtung*. Institut für Stressphysiologie und Rohstoffqualität der BAZ, Groß Lüsewitz, Germany, Juni 11-12., Poster.
- Bálint A.**, Kovács G., Erdei L., Sutka J. (2001) Variability of mineral element concentrations in whole grains of *Triticum* L. and *Aegilops* L. species. *EUCARPIA-Section Genetic Resources. “Broad Variation and Precise Characterization – Limitation for the Future”*, Poznan, Poland, May 16-20, 2001. Abstracts, p. 74. ISBN83-88518-11-9.
- Tari I., Szalai G., Csiszár J., Janda T., **Bálint A.**, Szegletes Zs., Erdei L. (2000) Modifications of thiol contents, glutathione reductase and glutathione-S-transferase activities in wheat varieties with different sensitivities to copper. *12th Congress of the FESPP, Plant Physiology and Biochemistry*, 38, (supple.), p. 203.
- Tari I., Szegletes Zs., **Bálint A.**, Purnhauser L., Erdei L. (1998) Characterization of copper toxicity in wheat varieties with different stress sensitivity. *11th Congress of the FESPP, Bulgarian Journal of Plant Physiology*, Special Issue 1998.
- Bálint A.** (1998) Select of copper stress tolerant wheat varieties and examination of their ionaccumulation. *4th International Students Conference of Global Environment Protection*, Mezőtúr, Hungary, 1-3 July 1998, Book of Abstracts (in Hungarian).

Tari I., Szegletes Zs., **Bálint A.**, Purnhauser L. (1998) Characterization of copper toxicity in wheat varieties with different stress sensitivity. *2nd Conference on Progress in Plant Sciences from Plant Breeding to Growth Regulation*, Mosonmagyaróvár, Hungary, 15-17 June, 1998, Book of Abstracts.

V. Hazai konferencia proceeding:

Bálint, A.F., Kovács, G., Sutka, J. (2002) Copper tolerance of *Aegilops*, *Triticum*, *Secale* and triticale seedlings and copper and iron content in their shoots. *Acta Biol Szeged* 46 (3-4): 77-78.

Bálint A., Kovács G., Erdei L., Sutka J. (2000) A szemtermés ásványi összetételben megfigyelhető különbségek eltérő ploidszintű *Triticum* L. és *Aegilops* L. fajoknál. *Az agrobiodiverzitás megőrzése és hasznosítása - Szimpózium Jánossy Andor emlékére*, Budapest 2000. május 4-6. Összefoglalók, pp. 291-295.

VI. Hazai konferencia absztrakt:

Bálint, A. F., Röder, M. S., Hell, R., Galiba, G., Börner, A. (2004) Réztoleranciát és a hajtás Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációkat befolyásoló lókuszos térképezése búza (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) genetikai anyagok felhasználásával. *X. Növénynevelési Tudományos Napok*, MTA, Budapest.

Bálint A., Kovács G., Sutka J. (2002) Rézszennyezés fitoremediációjára alkalmas genotípusok keresése a martonvásári gabona génbankban tárolt tételek között. *VIII. Növénynevelési Tudományos Napok*, MTA, Budapest, p. 75.

Bálint A., Tari I., Sutka J. (2001) Réztolerancia vizsgálatok a Martonvásári Gabona Génbankban. *VII. Növénynevelési Tudományos Napok*, MTA, Budapest, p. 72.

Bálint A., Erdei L., Sutka J., Kovács G. (2000) A Martonvásári Gabona Génbank néhány *Triticum* és *Aegilops* tételének Cu, Fe, Zn, Ca és Mg tartalom vizsgálata. *VI. Növénynevelési Tudományos Napok*, MTA, Budapest, p. 69.

Bálint A. (1999) Réz hatása búzafajták ásványi elem akkumulációjára és a réztoxicitást jellemző fiziológiai paraméterekre. *XXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia*, Debrecen, p. 117.

Tari I., Szegletes Zs., **Bálint A.**, Purnhauser L. (1998) Characterization of copper toxicity in wheat varieties. *The 4th Symposium on analytical and Environmental Problems*,

Szeged, Hungary, 29 October, 1998. Book of Abstracts.

VII. Egyéb publikáció:

Sutka J., Galiba G., Molnár-Láng M., Kocsy G., Kovács G., Linc G., Vágújfalvi A., Nagy E. D., **Bálint A. F.**, Tóth B., and Molnár I. (2003) Department of Genetics, Nutrient composition studies/Copper tolerance studies. Agricultural Research Institute, Martonvásár, Hungary. *Annual Wheat Newsletter*, 49: 35-36.

Boerner, A., **Balint, A.**, Salem, K. F. M., Pestsova, E., Roeder, M. S., Khlestkina, E. K. (2003) Copper tolerance/Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Gatersleben, Germany. *Annual Wheat Newsletter*, 49:p 28.

Sutka J., Galiba G., Molnár-Láng M., Kocsy G., Kovács G., Linc G., Vágújfalvi A., Nagy E.D., **Bálint A. F.**, Tóth B., Molnár I. (2002) Department of Genetics, Nutrient composition studies. Agricultural Research Institute, Martonvásár, Hungary. *Annual Wheat Newsletter*, 48:70-71.

Bálint A. (2001) Búza és rokonfajok szemtermésének ásványi összetétele. *Martonvásár*, 2001/1., pp. 21-22.

VIII. Elfogadott konferencia részvétel:

Bálint, A. F., Röder, M. S., Hell, R., Galiba, G., Sutka, J., Börner, A. (2005) Cereals with better heavy metal tolerance: physical and genetic mapping of copper tolerance by wheat (előadás). EWAC Meeting, június 27-július 2., Prága, Csehország.