

*Marker alapú szelekciós rendszer kidolgozása humántáplálkozás szempontjából kedvezőbb mikroelem-összetételű gabonafélék nemesítéséhez asszociációs térképezés segítségével*

*OTKA PD72080 2008-2011 (3 év)*

*Zárójelentés  
készítette: Bálint András*

**Bevezetés: a téma jelentősége, a projekt célja**

Az ember az egészséges életműködésekhez több mint 22 ásványi elem folyamatos bevitelét igényli, melyek közül az esszenciális mikrotápelemek - vas (Fe), cink (Zn), mangán (Mn), molibdén (Mo), réz (Cu) és szelén (Se) - gyakran az optimálisnál jelentősen kisebb mennyiségben találhatóak meg a táplálékokban. Az esszenciális tápelemek hiánya hiánytünetek megjelenéséhez vezethet, mely különösen a fejlődő, nagy népességű országokban (India, Kína) és az Afrikai kontinensen okoz problémákat (White és Brown, 2010). Az árpa és a búza több fejlődő országban is alapélelmiszernek számít, így fontos, hogy ne csak szénhidrátszükségletet, de az optimális életműködések fenntartásához szükséges nyomelem mennyiséget is biztosítsák. Sajnos mind az árpa, mind a búza kis mennyiségben tartalmazza ezen elemeket, ezért a népesség számára az esszenciális mikroelemek mennyiségét valamilyen módon biztosítani kell. Mivel az étel-miszer-kiegészítőként adható nyomelemek előállítása nagyon drága, ezért kézenfekvőnek tűnik az étel-miszernövények mikroelem összetételének javítása agrotechnikai eszközökkel vagy növény-nemesítés segítségével. Az agrotechnikai eljárások - mikroelem trágyázás, mikroelem felvételt fokozó kelátképzők adagolása - ugyan megoldást nyújt, azonban jelentősen drágább, mintha eleve genetikailag jobb mikroelem akkumulációra képes növények termesztésével érnénk el javulást. Mindezek miatt kimagasló jelentőségű lehet olyan fajták előállítása, melyek a fogyasztásra alkalmas részükben nagyobb mennyiségű mikroelemet képesek felhalmozni – és mindezt anélkül, hogy a terméssparamétereket károsan befolyásolná ez a változás.

Hazánkban a biotermesztés térhódításával megnőtt az igény az ellenőrzött ökológiai gazdálkodásból származó, egészségesebb élelmiszerek iránt. A tudatos vásárlók egyre inkább szeretnék tudni, hogy mi van az élelmiszerekben. Részben a reformtáplálkozás, részben az ökotermesztés térhódítása miatt, a teljes kiőrlésű liszt reneszánszát éli, mely esetében gyakran hivatkoznak e lisztek kedvezőbb összetételére, magasabb nyomelemtartalmára.

Búza és búzarokonfajok fajon belüli mikroelemvariabilitását ugyan már több kutatócsoport is vizsgálta (Bálint és mtsai., 2001, Gomez-Becerra és mtsai, 2009; Zhao és mtsai. 2009), azonban szemtermés mikroelemtartalmakat befolyásoló lókuszosokat még nem, csak hajtás mikroelemtartalmakat befolyásoló QTL-eket azonosítottak (Bálint és mtsai. 2007).

Munkánk célja az árpa és búza szemtermés mikroelemösszetételét befolyásoló lókuszosok azonosítása asszociációs térképezés segítségével, illetve olyan markerek azonosítása, melyek kapcsolatos helyezkednek el ezekkel a lókuszosokkal. Az ilyen markerek azonosítása segítheti a nemesítőket, hogy Marker Alapú Szelekcióval (MAS) kedvezőbb szemtermés összetételű genotípusokat szelektáljanak és vonjanak be a nemesítési programokba. Célul tűztük ki továbbá, hogy a több környezetben elvégzett kísérletek segítségével a környezeti hatás mértékét megbecsüljük. Végezetül, saját kísérleti anyagon terveztük meghatározni a mikroelemek megoszlását az árpa és búzaszemen belül, hogy meg tudjuk becsülni a teljes kiőrlésű és a finomliszt táplálkozási értékét a mikroelemek vonatkozásában.

**Alkalmazott módszerek**

*Növényi anyag*

A munkánk során egy-egy árpa és búza kollekciónak használtunk az asszociációs térképezéshez. Az árpa gyűjtemény 116 fajtát és tájfajtát tartalmazott, melyet az ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas, Aleppo, Szíria) gyűjtött össze, és bocsátott a német együttműködő partnerünk rendelkezésére. A populáció egyaránt tartalmaz két és hatsoros árpaikat, de az összes vonal

ellenőrzött, tavaszi vonal. A búza populációt egy német-szerb együttműködés keretében állították össze, és a világ minden tájáról származó fajtákat reprezentálnak. A gyűjtést az Institute for Field and Vegetable Crops (Novi Sad, Szerbia) végezte Boris Kobiljski irányításával. A populációt a martonvásári kutatóintézetnek Andreas Börner (Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, IPK-Gatersleben, Németország) bocsátotta rendelkezésére. A populáció részletes leírása Neumann és mtsai. (2010) cikkében található meg. A fenotipizáláshoz az izoláltan felszaporított magvakat a német partnerünk adta át számunkra (Andreas Börner, Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Gatersleben, Németország).

#### *Genotipizálás*

Mindkét populációt már korábban genotipizálták DArT (Diversity Array Technology) markerekkel, mely adatokat szintén német partnerünk bocsátotta rendelkezésünkre. Az árpa populáción 703 DArT markert térképeztek, mely alapján a markersűrűség kb. 100 marker/kromoszóma. A búza kollektív genotípusait 525 DArT markerrel genotipizálták, mely kb. 25 marker/kromoszóma markerdenzitásnak felel meg.

#### *Növénynevelés*

Búza: a növények felszaporítását több független ismétlésben illetve környezetben elvégeztük. A növénynevelés kétféle módon történt; kiültetésre kerültek a növények a martonvásári kutatóintézet tükrösi kísérleti területén, illetve növénynevelő kamrában (fitotron) is folyt növénynevelés. A fitotron kamrás növénynevelés PGB 96-os kamrában történt 2008 őszén. A növények szabványos, ún. pálmacserepekbe lettek elvetve (1 növény/cserép), 4 ismétlésben. A növénynevelés tavasz-őszi klímaprogramon történt, mely magában foglal egy 6 hétig tartó 4 °C-os vernalizációs előnevelést.

Külső területen a vetés 2008. október 20-án történt a következő kísérleti elrendezésben: sorszálesség 1 m, egy sorba egy genotípusból származó 10 szem került elvetésre, sorköz 15 cm. A 94 genotípust három ismétlésben vetettük, így összesen  $94 \times 3 = 288$  sor volt a területen. Az aratás 2009. július 13-án történt. Az aratást két hetes szárítás, majd a cséplés, és a magszámok és magtömegek meghatározása követte. 2009-es évi őszi vetés során a kísérleti beállítások az előző évivel megegyeztek. A vetés, a vizsgálatok és az aratás az előző évi vetés hasonló időszakainak megfelelő időpontokban történt.

Árpa: a tavaszi árpa kollektív genotípusait 2008-ban és 2009-ben tavaszi vetésként vetettük el a martonvásári intézet esősátra mellett kialakított területen a búzánál leírtakkal megegyező elrendezésben, szintén három párhuzamos ismétléssel. A vetést minden évben március folyamán az első megfelelő alkalommal (száraz időjárás) végeztük el. Két felszaporítást a német együttműködő partnerünk végzett el a gaterslebeni intézet kísérleti parcelláin, a martonvásárral megegyező kísérleti elrendezésben.

#### *Fenotipizálás*

Szemtermés mikroelemtartalom: a fenotipizálás elsősorban a szemtermés-mikroelemtartalmak meghatározását jelentette, melyeket adott kísérletből származó homogenizált, reprezentatív mintákból végeztünk. A méréseket megbízás alapján 3 laboratórium végezte (két magyar és egy német), de az alkalmazott módszer minden esetben megegyezett (kb. 0,5 g légszáraz növényi mag savas feltárását követően ICP-OES (induktív csatolású plazma optikai emissziós spektroszkópia) készülékkel).

Lisztminták: saját mintáinkból végeztünk örlést a teljeskiörlésű és finomliszt közötti különbségek meghatározása céljából, ezt árpán ('GK Habzó', 'Pasadena') és búzán ('Bezostajal', 'Sava') is elvégeztük. A lisztminták elemtartalom meghatározása a szemterméssel megegyező módon történt.

Elemtartalmakat meghatároztuk a kísérleti talajokon vett mintákon is (szabadszíven és fitotronkamrában használt talajból is vettünk mintát).

Agronómiai jellegek: meghatároztuk a martonvásári kísérletekben a fontosabb agronómiai jellegeket is (növénymagasság, virágzási idő, ezerszemtömeg, növényenkénti termés mennyiség, illetve a szántóföldön termesztett őszi búzánál a fagyűrést is bonitáltuk: 1-5, 1: nagyon érzékeny, 5: nagyon toleráns). A vizsgált jellegeket és az alkalmazott független ismétlések számát (eltérő termőhely és/vagy környezet) az 1. táblázat foglalja össze.

**1. táblázat. A kísérletben vizsgált agronómiai jellegek és a független ismétlések száma**

Jelleg	Árpa	Búza
1. Réz (Cu)	4	3
2. Vas (Fe)	4	3
3. Mangán (Mn)	4	3
4. Molibdén (Mo)	3	3
5. Cink (Zn)	4	3
6. Nikkel (Ni)	2	-
7. Kobalt (Co)	1	-
8. Kadmium (Cd)	2	-
9. Szelén (Se)	1	3
10. Termésmennyiség növényenként (TN)	2	3
11. Ezerszemtömeg (ESZT)	2	3
12. Virágzási idő (VI)	1	1
13. Növénymagasság (NM)	1	2
14. Fagytűrés (FT)	-	2
<b>Összesen vizsgált jellegek száma:</b>	32	29

### Statistikai elemzés

A marker-jelleg asszociációk (MTA: Marker Trait Association) statisztikai vizsgálatát a speciálisan e célra kifejlesztett TASSEL (Trait Analysis by ASSociation, Evolution and Linkage) szoftver 2.1-es verziójával végeztük el ([http://www.maizegenetics.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=89&Itemid=119](http://www.maizegenetics.net/index.php?option=com_content&task=view&id=89&Itemid=119)). A szoftverrel négy különböző statisztikai megközelítést is lehet használni az MTA-k vizsgálatára. Szignifikáns MTA-nak azt fogadtuk el, ha a 4 módszerből legalább 3 esetben 95 %-os megbízhatósági szinten szignifikánsnak bizonyult a kapcsolat.

A vizsgált jellegek leíró statisztikai vizsgálatát illetve a jellegek közötti korrelációt az SPSS 16.0 szoftverrel vizsgáltuk.

### Eredmények

#### *Mikroelemtartalmak variabilitása árpa és búza fajok között, illetve fajon belül*

Az eredmények azt mutatták, hogy mind árpánál, mind búzánál jelentős fajon belüli variabilitás figyelhető meg, ami a jelleg térképezésének előfeltétele. A megfigyelt nagy variabilitás azért is érdekes, mivel csak agronómiai értékkel bíró genotípusokat vontunk be a vizsgálatba, melyek emiatt már egy szűkebb génállományt reprezentálnak. Az egyes jellegeknél megfigyelhető variabilitást a 2. táblázat mutatja meg.

**2. táblázat. A fenotípusos adatok átlag, minimum és maximum értékei**

	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Se (mg/kg)	Ni (mg/kg)
Búza	5,1 2,4-9,7	38,4 19,8-75,9	32,8 5,5-56,2	1,07 0,22-1,90	36,2 16,5-72,5	0,43 0,05-1,53	-
Árpa	7,2 3,2-15,9	52,0 16,7-106,8	20,6 7,3-35,4	1,70 0,27-4,46	44,4 14,9-91,1	0,118 ?-0,280	2,33 ?-13,09

  

	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	ESZT (g/1000)	TN (g/növény)	FT (1-5)	NM (cm)	VI (napok)
Búza	-	-	36,1 16,9-56,2	4,7 0,2-14,0	3,1 1,0-4,7	69,2 24,0-115,0	207 196-224
Árpa	0,082 ?-0,332	0,061 ?-0,095	42,3 25,8-63,2	1,5 0,04-3,9	-	53,5 25,0-76,7	88 81-98

Az árpa és búza szemtermés összetételében megmutatkozó különbséget nem tudtunk igazolni. Bár az egyes vizsgált jellegek esetében az átlagértékek a különböző kísérletekben eltérhettek, de ennek fő oka

feltehetően az eltérő környezet - főként a más talaj - és nem a fajok között fennálló genetikai különbségek voltak.

### ***Mikroelemösszetételbeli különbségek teljeskiörlésű és finomliszt között***

A liszt vizsgálatokhoz a saját kísérletekben felszaporított 'Bezostajal' és 'Sava' búzafajtákat, és 'GK Habzó' és 'Pasadena' árpafajtákat (ez utóbbiak a térképezési populációban nem voltak benne) használtuk. Mindegyik minta a 2010-ben aratott anyagból származik, és ugyanabban az anyagban mértük meg mind a teljeskiörlésű, mind a finomliszt elemösszetételét.

**3. táblázat. Árpa és búza teljeskiörlésű és finomliszt mikroelemösszetétele, %-os arány a teljeskiörlésű lisztkez képest**

	<b>Cu (mg/kg)</b>	<b>Fe (mg/kg)</b>	<b>Mn (mg/kg)</b>	<b>Mo (mg/kg)</b>	<b>Se (mg/kg)</b>	<b>Zn (mg/kg)</b>
Árpa teljes	4,9	24,3	15,2	0,386	0,034	32,6
Árpa finomliszt	4,2 (86%)	13,4 (55,1%)	7,7 (50,6%)	0,245 (63,5%)	0,067 (197,0%)	30,8 (94,4%)
Búza teljes	5,7	26,0	35,5	0,723	0,063	30,8
Búza finomliszt	5,2 (91,2%)	17,6 (67,7%)	18,3 (51,5%)	0,622 (86,0%)	0,094 (149,2%)	22,5 (73,1%)

A legfontosabb észrevételek a következők:

- a teljes kiörlésű lisztkez képest a legtöbb mikroelem mennyisége csökken a finomlisztben, a csökkenés mértéke 9-49 % közé tehető
- mind árpánál, mind búzánál a csökkenés mértéke a réz esetében a legkisebb (10-15 %) és a mangán esetében a legnagyobb (kb. 50 %),
- a szelén tartalmak a finomlisztben magasabbak (50-100 %-al), ami arra utal, hogy a szelén fő forrása nem a korpa, hanem az endospermium.

### ***Kimagaslóan magas és alacsony szemtermés mikroelemösszetételű fajták szelektálása***

A többismétléses kísérletek lehetőséget nyújtottak arra, hogy k szelektáljunk olyan fajtákat, melyek kimagaslóan magas, illetve alacsony szemtermés mikroelem összetételűek. A magas mikroelemösszetételű fajtákat a nemesítők keresztezési partnerként használhatják kedvezőbb tulajdonságú fajták nemesítéséhez, illetve a magas és alacsony mikroelemösszetételű fajták keresztezésével térképezési populáció állítható elő, mellyel a jelleg finomtérképezése valósítható meg. Búzánál a 'Bezostajal' és 'Min. Dwarf' fajták mutattak stabilan, több környezetben magas elemösszetételt, míg alacsony mikroelem tartalmúak a 'Sava' és 'Triple Dirk S' fajták voltak. A 'Bezostajal' és 'Sava' vonatkozásában kapott eredmények egybevágóak Zhao és mtsai (2009) által publikált adatokkal. Árpánál a kimagaslóan kedvező mikroelemösszetételt a 'Giza125' és 'Rum' fajták mutattak, míg stabilan alacsony mikroelem tartalmakat az 'Arta' és 'Pamir 009' fajták esetében mértünk.

### ***Szemtermés mikroelemtartalmakat befolyásoló lókuszek azonosítása***

#### *Búzáknak azonosított lókuszek*

Búzánál a 3 vizsgált környezetben összesen 258 szemtermés mikroelemtartalmat befolyásoló lókuszt azonosítottunk. A környezeti hatás azonban jelentős mértékű, mivel a 258 lókuszból mindössze 17 lókuszt sikerült legalább két környezetben is azonosítani, tehát mindössze ennyi lókuszt nevezhető „stabil” hatásúnak (4. ábra). Az egyes mikroelemtartalmakat más-más lókuszek befolyásolják, igaz azonban, hogy pl. a Cu-tartalmakat befolyásoló lókuszek más mikroelemek koncentrációját is befolyásolják (lásd később a korrelációkat).

4. ábra. Búza szemtermés mikroelemtartalmakat legalább két független környezetben befolyásoló lókuszek pozíciója és a lókuszal kapcsolatosan elhelyezkedő markerek

Vizsgált jelleg	Kromoszóma	cM	Kapcsolt Marker	DArT
1. Cu	1D	82	wPt7092	
2. Cu	2B	70	wPt0615	
3. Fe	1D	60	wPt0077	
4. Fe	5B	130	wPt9103	
5. Fe	6B	172	wPt0171	
6. Mn	2A	0	wPt9624	
7. Mn	6A	136	wPt9474	
8. Mo	3A	4	wPt8753	
9. Mo	3A	19	wPt6891	
10. Mo	3B	64	wPt8412e	
11. Mo	4A	58	wPt2788	
12. Mo	6B	75	wPt9594	
13. Mo	7A	222	wPt5533	
14. Zn	2B	72	wPt6477	
15. Zn	7A	79	wPt4880	
16. Se	1A	41	wPt6354, wPt6709	

#### Árpánál azonosított lókuszek

Árpánál a 4 vizsgált környezetben összesen 379 szemtermés mikroelemtartalmat befolyásoló lókuszt azonosítottunk. A környezeti hatás azonban itt is jelentős mértékű, mivel a 379 lókuszból mindössze 35 lókuszt sikerült legalább két környezetben is azonosítani, igaz meghatároztunk olyan lókuszeket is, melyek 3 környezetben is szignifikáns hatást mutattak (5. ábra). Az egyes mikroelemtartalmakat alapvetően itt is más-más lókuszek befolyásolják, azonban 5 olyan lókuszt is azonosítottunk, melyek több mikroelem koncentrációját is befolyásolják.

5. ábra. Árpa szemtermés mikroelemtartalmakat legalább két független környezetben befolyásoló lókuszek pozíciója és a lókuszal kapcsolatosan elhelyezkedő markerek. Vastag betűvel azokat a lókuszeket emeltük ki, melyek több jelleget is befolyásolnak. A vastag dőlt betűvel szedett lókuszek kettőnél több környezetben is szignifikáns hatást mutattak.

Vizsgált jelleg	Kromoszóma	cM	Kapcsolt Marker	DArT
1. Cu	1H	119	<i>bPb8453, bPb8935, bPb0617</i>	
2. Cu	2H	47	<i>bPb4875, bPb7906</i>	
3. Cu	2H	101	<i>bPb7991, bPb1926, bPb6194, bPb3563</i>	
4. Cu	3H	20	<i>bPb9745, bPb1077</i>	
5. Cu	3H	145	<i>bPb4156, bPb5298, bPb5396</i>	
6. Cu	6H	59	<i>bPb7179</i>	
7. Cu	6H	128	<i>bPb7446</i>	
8. Cu	7H	35	<i>bPb6747, bPb5494</i>	
<b>9. Cu, Zn</b>	<b>7H</b>	<b>107</b>	<i>bPb4191, bPb0202</i>	
<b>10. Fe, Mn</b>	<b>1H</b>	<b>73</b>	<i>bPb4909</i>	
11. Fe	3H	42	<i>bPb7002, bPb0312</i>	
<b>12. Fe, Mo</b>	<b>3H</b>	<b>67</b>	<i>bPb5351, bPb4645, bPb2040</i>	
13. Fe	3H	116	<i>bPb1579, bPb7695</i>	
<b>14. Fe, Mo</b>	<b>4H</b>	<b>94</b>	<i>bPb8701, bPb1329</i>	
<b>15. Fe, Zn</b>	<b>6H</b>	<b>135</b>	<i>bPb3144, bPb9349</i>	

16. Fe	7H	87	<i>bPb2188, bPb8396, bPb3227, bPb7915</i>
17. Mn	1H	116	<i>bPb5014</i>
18. Mn	2H	6	<i>bPb7057</i>
<b>19. Mn</b>	<b>2H</b>	<b>14</b>	<i>bPb6848, bPb2086, bPb5991, bPb9757</i>
20. Mn	2H	113	<i>bPb0994</i>
21. Mn	3H	148	<i>bPb3843, bPb4739, bPb1253, bPb6228, bPb3109, bPb7689, bPb3623</i>
<b>22. Mn</b>	<b>6H</b>	<b>138</b>	<i>bPb3760</i>
23. Mo	1H	66	<i>bPb3382, bPb1150</i>
24. Mo	2H	8	<i>bPb1422</i>
25. Mo	2H	140	<i>bPb4094, bPb 1066, bPb6047, bPb 4228, bPb0326</i>
26. Mo	4H	96	<i>bPb7719</i>
27. Mo	7H	17	<i>bPb4634</i>
<b>28. Mo</b>	<b>7H</b>	<b>85</b>	<i>bPb7603, bPb7434</i>
29. Mo	7H	159	<i>bPb5556, bPb9865, bPb2620, bPb9704</i>
30. Zn	1H	19	<i>bPb7306</i>
31. Zn	1H	118	<i>bPb8453, bPb8935, bPb0617</i>
32. Zn	2H	140	<i>bPb0326, bPb1154</i>
33. Zn	3H	6	<i>bPb1264</i>
34. Zn	6H	29	<i>bPb8836, bPb9749</i>
35. Zn	7H	141	<i>bPb6167, bPb0917, bPb0889</i>

### ***Korreláció a vizsgált jellegek között***

Az árpán és búzán megvizsgáltuk a vizsgált jellegek közötti korrelációkat (a korrelációs táblákat terjedelmi okokból nem közöljük). Az elemzések alapján a következő megállapítások tehetők:

1. a termés mennyisége a vizsgált esetek közel felében mutatott szignifikáns korrelációt az egyes mikroelemek mennyiségével, és ez szinte kizárólag negatív irányú kapcsolata volt;
2. az ezerszemtömegek az esetek közel harmadában mutattak korrelációt a szemtermés mikroelemtartalmakkal, búzána kizárólag pozitív (Cu, Fe, Mn), míg árpánál pozitív (Cu, Mo) és negatív (Fe, Mn, Zn) irányú kapcsolat is megfigyelhető volt;
3. a különböző mikroelemek koncentrációi között az esetek nagyrésztében pozitív korreláció volt megfigyelhető, mindössze az árpánál figyeltünk meg Mo és Mn, illetve Zn és Mo tartalmak változása között negatív irányú kapcsolatot.

### **Összefoglalás, következtetések**

Munkánk során egy 94 búza- és egy 116 árpa fajtát és tájfajtát tartalmazó populáción vizsgáltuk a szemtermés mikroelemtartalmak változását. A búzán három, az árpán négy független ismétlésben/környezetben elvégzett tesztek segítségével sikerült mindkét fajnál olyan fajtákat azonosítani, melyek több környezetben is stabilan magas illetve alacsony elemtartalmakat mutattak. Ezek a genotípusok alkalmasak lehetnek – szülői vonalakként – olyan térképezési populációk létrehozására, mellyel a jelleget befolyásoló lókuszok nagyfelbontással azonosíthatók. A magas mikroelemösszetételű vonalakat közvetlenül is fel lehet használni a nemesítésben olyan vonalak előállításához, melyek kedvezőbb szemtermés mikroelemösszetételűek.

Sikerült szemtermés mikroelemtartalmakat stabilan befolyásoló lókuszosokat azonosítani mind árpánál, mind búzánál, illetve az azonosított lókuszosokhoz kapcsolt DArT markereket is meghatároztuk. Ezen markerek felhasználásával a jelleg marker alapú szelekciója megvalósítható, azonban fontos megjegyezni, hogy a nagy környezeti hatás – kicsi örökíthetőség – miatt csak kismértékű, pár %-os javulást lehet elérni. Mivel a mikroelemtartalmak és a termésmennyiség között vagy nem volt kapcsolat, vagy kismértékű negatív korrelációt lehetett megfigyelni, ezért nem képzelhető el a mikroelemtartalom és termésmennyiség együttes fokozása. A különböző mikroelemek koncentrációja között azonban ha volt szignifikáns kapcsolat, akkor az esetek 90 %-ban pozitív irányú volt, így nagy valószínűséggel az egyik mikroelem koncentrációjának növelése a másik mikroelem koncentrációjának a növekedését vonja maga után, ami segítheti a nemesítők munkáját. Munkánk eredményét leginkább a zárt láncú – így alapvetően ökológiai gazdálkodású – rendszerben termesztett búza esetén lehet majd felhasználni.

### **A munkából született előadások, publikációk, szakdolgozatok**

A projekt során nem egy kísérletsorozatot folytattunk, hanem egy új témát kezdtünk el, szinte az alapoktól. Impakt faktoros cikk a munka jellegéből adódóan – és a pályázatban vállalt ütemtervnek megfelelően - még nem született a témából, de a pályázatban megjelölt időpontot – a pályázat zárását követő évet – tartani tudjuk, mivel a statisztikai elemzések jelentős részét már elvégeztük. A projekttervben ígérténél azonban magasabb a konferenciakiadványok száma, mivel a tervezettnél több rendezvényen sikerült bemutatnunk az eredményeket, illetve az anyag egy részének felhasználásával egy szakdolgozat is készült, melyet a szakdolgozó 2010-ben sikeresen megvédett. A megjelent publikációk a következők voltak:

#### Szakdolgozat:

*1. Pintér Ramóna, kertészmérnök B.Sc. hallgató, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar (2010): Agronómiailag fontos jellegeket befolyásoló lókuszosokhoz kapcsolt mikroszatellit markerek vizsgálata őszi búzán. Külső konzulens: Bálint András*

#### Hazai és nemzetközi konferencia poszter és kiadvány:

*2. Bálint, A. F., Szira, F., Galiba, G., Börner, A. (2010) Szemtermés mikroelemtartalom variabilitásának vizsgálata árpában és búzában. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók., Budapest, 2010. március 11., poszter, p. 55.*

*3. Bálint, A. F., Szira, F., Börner, A. (2011) Identification of loci affecting grain micronutrient content in cereals using association mapping. Agrisafe final conference: Climate change: Challenges and opportunities in agriculture, ISBN978-963-8351-37-1, 195-198.*

#### Hazai és nemzetközi konferencia előadás és kiadvány:

*4. Bálint, A. F., Szira, F., Börner, A., Neumann, K., Galiba, G. (2010) Mapping of loci affecting grain micronutrient contents in wheat and barley. 9th European Young Cereal Scientist and Technologists Workshop, 25-27 May 2010, Budapest-Martonvásár, Book of Abstracts, p. 67.*

*5. Bálint, A. F., Rensch, S., Szira, F., Neumann, K., Monostori, I., Clemens, S., Börner, A. (2011) Association mapping-based identification of loci for higher grain micronutrient*

contents in barley and in wheat. *1st Congress of Cereal Biotechnology and Breeding 24-27 May 2011, Szeged, Hungary. Book of Abstract, 8-9.*

6. Monostori, I., Szira, F., Galiba, G., Bálint, A. F. (2011) Identification of loci affecting grain micronutrient contents in wheat using association mapping. *Pannonian Plant Biotechnology Workshops: The Bioenergy question: Reality or wishful thinking? Tulln/Donau, Austria, Abstracts., 48.*

Előadás konferencián, konferencián kiadvány nélkül, meghívott előadóként:

7. Bálint, A.: Szárazságtűrést és szemtermés mikroelemtartalmakat befolyásoló lokuszok térképezése búzán és árpán, előadás, *Agrár-Biotechnológiai Napok, Herceghalom, 2011.06.20-21.*

### **Irodalomjegyzék**

- Bálint, A. F. és mtsai. (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.
- Bálint A.F. és mtsai. (2007) Mapping of QTLs affecting copper tolerance and the Cu, Fe, Mn and Zn contents in the shoots of wheat seedlings. *Biol Plantarum* 51:129-134.
- Gomez-Becerra H.F. és mtsai (2009) Genetic variation and environmental stability of grain mineral nutrient concentrations in *Triticum dicoccoides* under five environments *Euphytica* (2010) 171:39–52
- Neumann, K., és mtsai. (2010) Genome-wide association mapping: a case study in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecular Breeding* DOI 10.1007/s11032-010-9411-7.
- White, P.J, és Brown, P.H. (2010) Plant nutrition for sustainable development of global health. *Annals of Botany* 105: 1073-1080.
- Zhao, F.J. és mtsai. (2009) Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science* 49 (2009) 290–295