



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

Győri Zoltán¹

Érkezett: 2016. december – Elfogadva: 2017. március

Az őszi búza ásványianyag-tartalmának értékelése az új vizsgálatok tükrében/eredményeként

Kulcsszavak: őszi búza, ásványi anyag, termesztési évek, fajták, makro- és mikroelemek

1. Összefoglalás

Az élelmiszer- és táplálkozástudományi kutatás és gyakorlat napjainkban mind nagyobb hangsúlyt fektet az alapélelmiszernek számító őszi búzaszem kémiai összetételére úgy a szerves, mint a szervetlen makro- és mikro-komponenseket illetően. Ez a figyelem több tényező hatásának eredménye, amelyek közül feltétlenül ki kell emelni a műszeres analitikai lehetőségek (HPLC, HPLC-MS, ICP-OES, ICP-MS) bővülését, továbbá a termesztéstechnológiához szorosan kapcsolódó, gyakran változó tényezőket (fajták, hibridek, növényvédelem, műtrágyázás, időjárás szélsőségei gyakorisága) is. Ennek eredményeként az elmúlt két évtizedben a kutatók figyelme egyre jobban arra a kérdésre irányult, hogy az intenzív agrotechnika és az új fajták genetikai adottságai következtében megváltozik-e a növényi termések és benne a búza kémiai, illetve a takarmányozási, táplálkozás-élettani minősége. Szándékom az volt, hogy dolgozatomban megnyugtató választ adjak a rendelkezésére álló nagyszámú és különböző kísérletekből (tartamkísérletekből) származó minták elemzési adatai alapján a felvetődött kérdésekre, amelyek közül kiemelkedően fontos kérdés, hogy az elmúlt száz évben miként alakult az alap táplálékokhoz tartozó őszi búza ásványianyag-tartalma. E célból olyan mintákat használtam fel, amelyeket hazánk különböző helyein archiváltak, és azokat a legkorszerűbb mérési eljárásokkal analizálták.

Az ásványianyag-tartalom ugyanis az a minőségi mutató, amelyet megbízhatóan lehet a hosszú távú hatások (tárgyázás, műtrágyázás, növényvédelem, SO₂ kibocsátás, légköri atomrobbantások, trágyaféleségek kísérőelemei, klímaváltozás, fajtaváltások) becslésére és értelmezésére használni úgy, hogy az archivált mintákban legkevesbé változik. A vizsgálatok kiterjedtek a foszforra, káliumra, kalciumra, magnéziumra, vasra, mangánra, cinkre, rézre és a stronciumra is.

A kapott eredmények hozzásegíthetik a kutatókat és a téma iránt érdeklődő, táplálkozástudományi foglalkozó gyakorlati szakembereket, hogy reális képet alkothassanak a környezeti tényezők és az agrotechnika a gabonafélék összetételére gyakorolt hatásáról.

2. Bevezetés

Hazánkban már az 1950-es évek végén elkezdődtek azok a kutatások, amelyek a termesztett növények ásványianyag-tartalmában beálló változásokat szándékozták követni. Az első, témánkat érintő ered-

ményeket az akkoriban elismert, a tudományágat meghatározó kutatók [1] [2] [3] közzölték. Az 1970-es évek elején az intenzív agrotechnika alkalmazásával többek között Debrecenben is megindultak az ilyen irányú kutatások [4]. Az eredmények közzlése kapcsán figyelemre méltó, Sarkadi megjegyzése „Meg-

¹ Debreceni Egyetem Táplálkozástudományi Intézet

kell említenem, hogy a szakirodalom egy része – elsősorban az alap kutatásokkal foglalkozó közlemények, de külföldön újabban néhány gyakorlati célú kiadványban is – a tápanyagokat nem oxidokban, hanem elemekben fejezik ki (P: P₂O₅ = 2,29; K: K₂O=1,2). Sajnos ez a kettősség is okozhat félreértéseket” [5]. Ez a meglátás azért fontos, mert a búza ásványi elemeiről az első összeállítás hazánkban 1942-ben jelent meg, ebben az eredményeket nem elemi mennyiségre, hanem oxidokra adta meg a szerző [6]. Magára a szemtermésre vonatkozóan akkoriban további adatok nem jelentek meg, és kevés Németországból származó adatot közöltek a különböző lisztek (búza, kukorica) ásványi anyag tartalmáról [7].

A hazai kutatási lehetőségek bővülésével az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetben (MTA TAKI), és a Debreceni Agrártudományi Egyetemen (DATE) jelentős kutatómunka kezdődött a gabonafélék ásványianyag-tartalmának vizsgálatára. Ennek eredményeként a kutatók megállapították, hogy az ásványianyag-tartalom lényegesen nem változott [8], [9], [10]. A hazai adatbázis bővülését jelentette, hogy fajta-összehasonlítási eredményeket közöltek maratonvásári kutatók [11], [12]. Ezzel egyidejűleg azok a külföldi kutatók, akiknek szántóföldi kutatási kísérleti, a minták archiválásának lehetőségei, valamint analitikai vizsgálati lehetőségei biztosítottak voltak, újabb és újabb adatokat közöltek az ásványianyag-tartalom változásával kapcsolatban.

1. táblázat. Az őszi búza ásványi anyag-tartalma (irodalmi adatok)
Table 1. Mineral content of winter wheat (literature data)

(1) Forrás / Source	(2) elem jele és mértékegysége / Element symbol and measurement unit							
	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	Fe
	(g/kg-1)		(mg/kg-1)					
PIIRONEN et al., 2009 [27]	2.2–9.1	2.8–7.3	100–800	200–2200	15–102	40–90	1–14	16–163
KENT, 1983 [28]	3.9	4.4	480	1520	33	40	6	46
LOCKHART & NESHEIM, 1978 [29]	3.6	5.2	500	1600	34	49	7	100
LÁNG, 1961 [30]	4.3	5.3	700	1400	-	-	-	-
SARKADI, 1960 [1]	2.8	3.3	-	-	-	-	-	-
KUTHY, 1961 [3]	3.3	5.1	-	-	-	-	-	-
KÁDÁR, 1997 [8]	3.6	3.0	300	1400	26	28	3	30
BÁLINT et al., 2001 [12]	-	-	513	1178	33	-	7	35
RODLER, 2006 [31]	3.0	1.4	390	200	31	-	4	32

2. táblázat. Minták származási helye
Table 2. Sources of samples

hely / Source	mintaszám Number of samples	évek / Years
DATE Hajdúszoboszlói Kísérleti Telepe Hajdúszoboszló Experimental Site of DATE	évi 208 minta 208 samples per year	1974–1982
DE AGTC Látóképi Kísérleti Telepe Látóképi Experimental Site of DE AGTC	évi 360 minta 360 samples per year	1983–2010
a Fajtakísérleti állomások telepei Variety Experimental Station Sites	évi 150 minta 150 samples per year	1995–2006
OMTK kísérletek OMTK experiments	évi 220 minta 220 samples per year	1985–2008
MGSZH (volt OMMI) MGSZH (former OMMI)	3 minta 3 samples	1909–1936
a Magyar Mezőgazdasági Múzeum Pannonhalmi Gyűjteménye [22] [23] Pannonhalmi Collection of the Museum of Hungarian Agriculture [22] [23]	1 minta 1 sample	1839
a Magyar Mezőgazdasági Múzeum Búza fajta Gyűjteménye Wheat variety collection of the Museum of Hungarian Agriculture	19 minta 19 samples	1965–1967
Nyíregyházi Kutatóintézetből származó minta (után termesztett) Samples from the Nyíregyháza Research Institute (post-cultivated)	19 minta 19 samples	2015

Ezek közül kiemelkedik az 1843-ban alapított rothamstedi kísérleti hely (Rothamsted Research) feldolgozási mintáiból született eredmények közzlése, amelyek szerint 1965-ig nem változott a minták ásványi elem tartalma majd, a rövidszárú búza fajták elterjedésével egyes elemek (Cu, Mg, Zn) mennyisége napjainkra 15-25 %-kal csökkent [13]. A bio és az intenzív termesztéssel kapott termések összehasonlítása során megállapították, hogy bio technológiával termesztett búza ásványianyag-tartalma a magasabb különösen az ősi fajták, fajok termesztése esetén [14].

Az eltérő ökológiai körzetekben termesztett fajtákról közölt adatok szerint szignifikáns különbség van a különböző kenyérbúza genotípusok vas- és cink-tartalma között, de nincs ilyen különbség a szeléntartalomban [15]. Svédországi tartamkísérletek adatai szerint a légszennyezés csökkenése azt eredményezte, hogy a búzaminták ólom- és kadmium-tartalma szignifikánsan csökkent, miközben az NPK műtrágyázásra tartamhatásként a réz és vas tartalom alacsonyabb lett [16], ugyanakkor ezzel ellenkező módon a nitrogéntrágyázás hatására a vas-, a cink- és a réztartalom növekedéséről számoltak be [17]. A hazai és a nemzetközi adatok összehasonlítását az 1. táblázat tartalmazza, amelyben a releváns eredményeket egységes mértékegységgel mutatom be.

Egyes szerzők konkrét értéket adnak meg, mások elég széles tartományban jelölik meg a különböző elemek koncentrációját. A megbízható első hazai adatok az 1960-as évek elejéről származnak, sajnos csak négy elemre vannak mérési eredmények (P, K, Ca, Mg), de azok megfelelő egyezést mutatnak a nemzetközi kutatási eredmények között publikált, más forrásokból származó adatokkal. Kádár Imre munkásságának eredményeként állnak rendelkezésre 8 elemről vizsgálati adatok a 90-es évek végéről, és ezek az eredmények jó egyezést mutatnak a világirodalmi adatokkal [8]. Rodler Imre könyvében táplálkozás-élettani adatokhoz juthatunk, de munkájában

úgy a káliumtartalomra mint a magnéziumtartalomra vonatkozó értékek alacsonyok. Mangántartalomra vonatkoztatva nem közölt mérési eredményeket [31]. A világ különböző régióiból származó őszibúza-minták cink tartalmáról közölt adatok 21,9 és 38,5 mg/kg között változtak: Németországban 26,3-38,5 Dániában és Svédországban 28,0 Finnországban 32,6 az USA-ban 21,9-27, Törökországban 22,0 és Indiában 26,0 mg/kg [18]. Ezek a mennyiségek lényegesen kisebb különbségeket jeleznek, mint amit az egyes számú táblázatban Piironen et al. közöltek [27]. Napjaink egyik égető problémája az éghajlatváltozás és különösen a légkör növekvő széndioxid-tartalmának hatása a C3 termések és a maghüvelyesek cink- és vastartalmára [19], hiszen ez a csökkenés több milliárd ember alapélelmiszerének elemtartalom-változását (csökkenését) eredményezi, ami növeli az alultápláltságot. Hazánkban 2013-ban több növényfajra vonatkoztatva közöltek adatokat az ásványi elemek csökkenéséről 1942-től 2005-ig [20]. Ebben az őszi búza ásványianyag-tartalmának 50 %-os csökkenéséről írnak, de a forrást csak egy gödöllői forrásból származó ábrában nevezik meg [21].

Az esetenként egymásnak ellentmondó eredmények és az ezzel együtt járó – elsősorban a táplálkozás élettani szempontokat figyelembe vevő – drámai csökkenésnek a médiában történő hangsúlyozása miatt döntöttünk úgy, hogy részben a Magyarországon is a rendelkezésre álló mintaanyag egységes elemzésével (műszer, módszer) vizsgálatokat folytattunk, és a kapott mérési eredményeket a korábban ezrelék mért minták adataival összevetve értékeljük ki. Nálunk ugyanis rendelkezésre álltak mindazon feltételek, amelyek az elemtartalom meghatározásához alapvetően szükségesek. Ezek a következők: megbízható mintaanyag akár több évtizedre is visszamenőleg (archiválás), elemenkénti értékelés és interpretáció, több tényező hatásának a figyelembevétele, lehetőleg egységes módszer, egy időben végrehajtott mérés.



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

3. Anyag és módszer

A vizsgálatba vont minták több kísérleti helyről, valamint gyűjteményből származtak, amelyeket a **2. táblázatban** láthatunk.

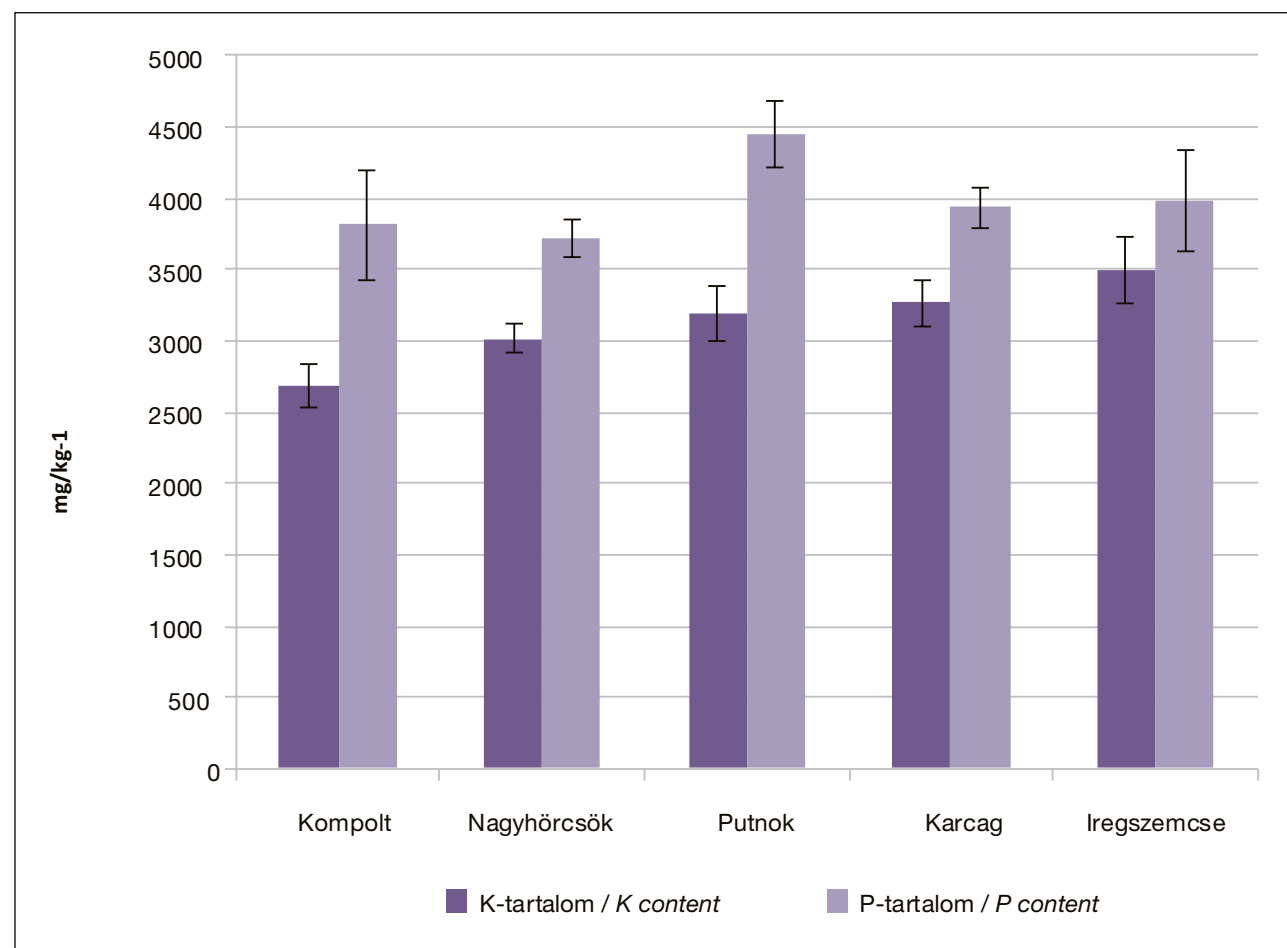
Ezek a szemminták egyrészt agrotechnikai kísérletekből származtak, ahol döntően a műtrágyázás hatását vizsgáltuk különböző talajtípusokon, vagy a külön-

böző fajták terméseredményeit értékelték más-más termőhelyeken. Az „öreg mintaanyag” (1839-1936) esetében ilyen háttér-információk nem álltak rendelkezésemre. A minták jellemzésére csak az egyszerű megnevezés („aestivum”) vagy – mint az 1965-68-as mintáknál – a mintavétel helye (tájfajták?) volt ismert.

Az 1974 utáni kísérletekből több ezer magmintát elemeztünk, míg a több évtizedes korú –1974 előtt-

3. táblázat. Az őszi búzaszem makro- és mikroelemtartalma 1974 és 2004 között mért adatok
Table 3. Macro- and microelement contents of winter wheat grain, date from 1974-2004

(1) Fajta / Variety	(1) Elem jele és mértékegysége / Element symbol and measurement unit							
	P (g/kg-1)	K (g/kg-1)	Ca (mg/kg-1)	Mg (mg/kg-1)	Zn (mg/kg-1)	Mn (mg/kg-1)	Cu (mg/kg-1)	Fe (mg/kg-1)
Jubilejnaja 50 (1974–1978)	2,8	3,0	371	895	25,3	32,0	3,0	42,0
Mv 8 (1980–1983)	2,9	3,4	334	887	16,7	31,6	3,5	36,5
Mv 23 (1993–1996)	4,0	4,4	363	1423	25,8	43,3	5,4	45,0
Jubilejnaja 50 (2003)	2,9	3,3	431	963	22,1	29,5	3,5	43,4
Jubilejnaja 50 (2004)	3,8	3,0	403	1019	22,8	37,9	3,7	45,4
GK-Kalász (2004)	4,1	2,9	368	1052	21,4	38,0	3,6	49,9
Lupus (2004)	4,1	2,8	433	1166	21,0	38,4	3,6	46,2



1. ábra. Azonos búzafajta kálium- és foszfortartalma eltérő kísérleti helyeken
Figure 1. Potassium and phosphorus contents of identical wheat varieties at different experimental sites

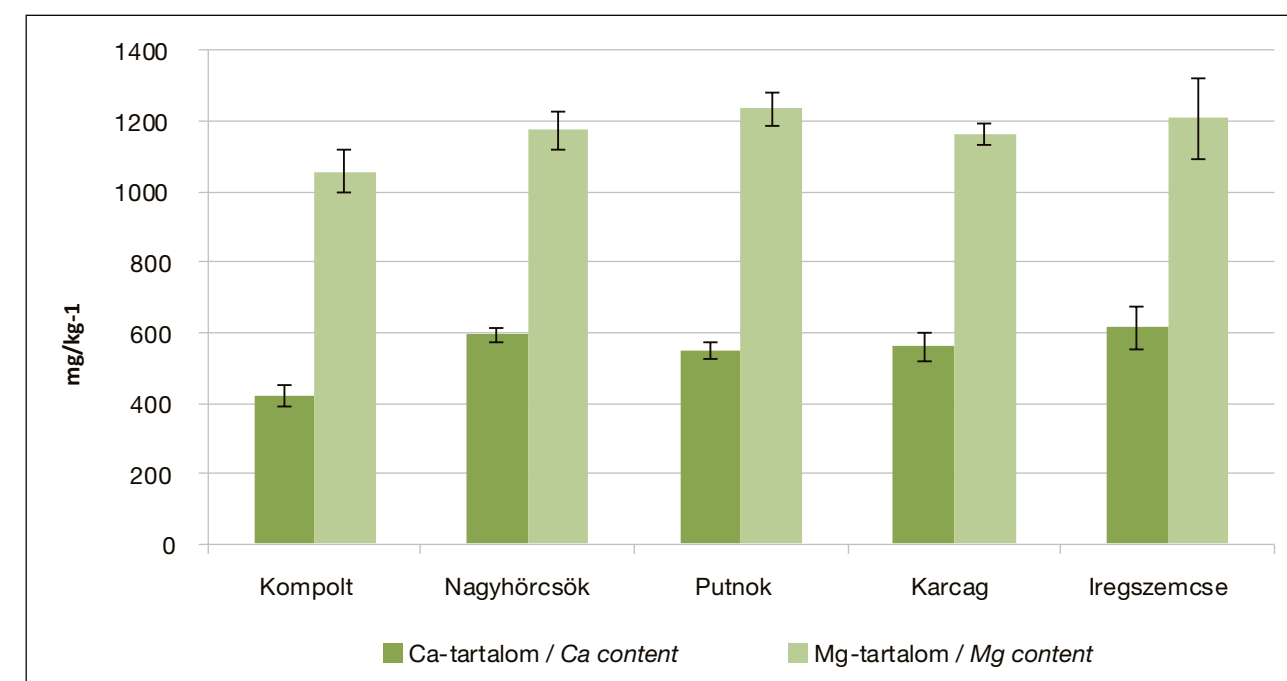
ti – minták száma korlátozott volt. A kis mennyiségű minták esetében legtöbbször mikro roncsolást kellett alkalmaznunk. A minták aprítását, homogenizálását Retsch Sk-1 illetve Sk-3 típusú készülékkel végeztük el. Az ásványi anyagok vizsgálatához kezdetben hamvasztásos feltárási módszert [24], később nedves roncsolásos eljárást (salétromsav/hidrogén-peroxid eleggyel) alkalmaztunk [25]. Az elemtartalom mérésekhez, 1974 és 1988 között atomabszorpciós spektrofotométert (SP 90; PYE UNICAM Ltd., UK), majd induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (LABTAM 8440; LABTAM Ltd., Ausztrália, illetve 1998-tól OPTIMA 3300 DV; Perkin-Elmer Ltd., USA), valamint ICP-MS készüléket (XSeries I; ThermoFisher Scientific Inc., Waltham, MA USA)

használtunk. Megjegyzem, hogy a foszfortartalmat 1988-ig nem nagyműszeres technikával, hanem mobildo-vanadátos spektrofotométeres módszerrel határoztuk meg [26].

A méréseket a DATE és jogutódja Műszerközpontjában végeztük el. A közölt adatok szárazanyag-tartalomra vonatkoznak. A mérések pontosságának ellenőrzéséhez BCR CRM 189 jelölésű (European Reference Material) hiteles búzaminintát (teljes őrlmény) használtunk, és részt vettünk hazai és nemzetközi (MTA TAKI, WESSLING Hungary Kft., Wageningeni Egyetem, WEPAL Program) körmérésekben is. A statisztikai értékelést az SPSS 22.0 programmal végeztük el.

4. táblázat. Az őszi búzaszem makro- és mikroelemtartalma 1839 és 2004 között
Table 4. Macro- and microelement contents of winter wheat grain between 1839 and 2004

(1) év Year		(2) Elem jele és mértékegysége / Element symbol and measurement unit								
		P (g/kg-1)	K (g/kg-1)	Ca (mg/kg-1)	Mg (mg/kg-1)	Zn (mg/kg-1)	Mn (mg/kg-1)	Cu (mg/kg-1)	Fe (mg/kg-1)	S (mg/kg-1)
1839	(a) Átlag / Average	4	4	338	1403	28	50	5	34	1195
	(b) Szórás / Standard deviation	0	0	55	103	7	6	3	3	156
1909	(a) Átlag / Average	5	4	290	1440	43	34	10	50	1643
	(b) Szórás / Standard deviation	0	0	71	77	1	3	2	2	93
1919	(a) Átlag / Average	4	4	360	1477	33	38	6	51	1737
	(b) Szórás / Standard deviation	1	1	34	121	5	2	0	10	281
1936	(a) Átlag / Average	3	4	334	1130	20	28	3	30	1248
	(b) Szórás / Standard deviation	0	0	77	83	3	2	0	3	47
1965	(a) Átlag / Average	3	3	307	1210	27	37	5	24	1210
	(b) Szórás / Standard deviation	1	0	55	118	7	5	1	5	137
2004	(a) Átlag / Average	4	3	498	1162	24	37	4	51	1696
	(b) Szórás / Standard deviation	1	0	57	97	9	8	1	6	154



2. ábra. Azonos búzafajta kalcium- és magnéziumtartalma eltérő kísérleti helyeken
Figure 2. Calcium and magnesium contents of identical wheat varieties at different experimental sites

4. Eredmények

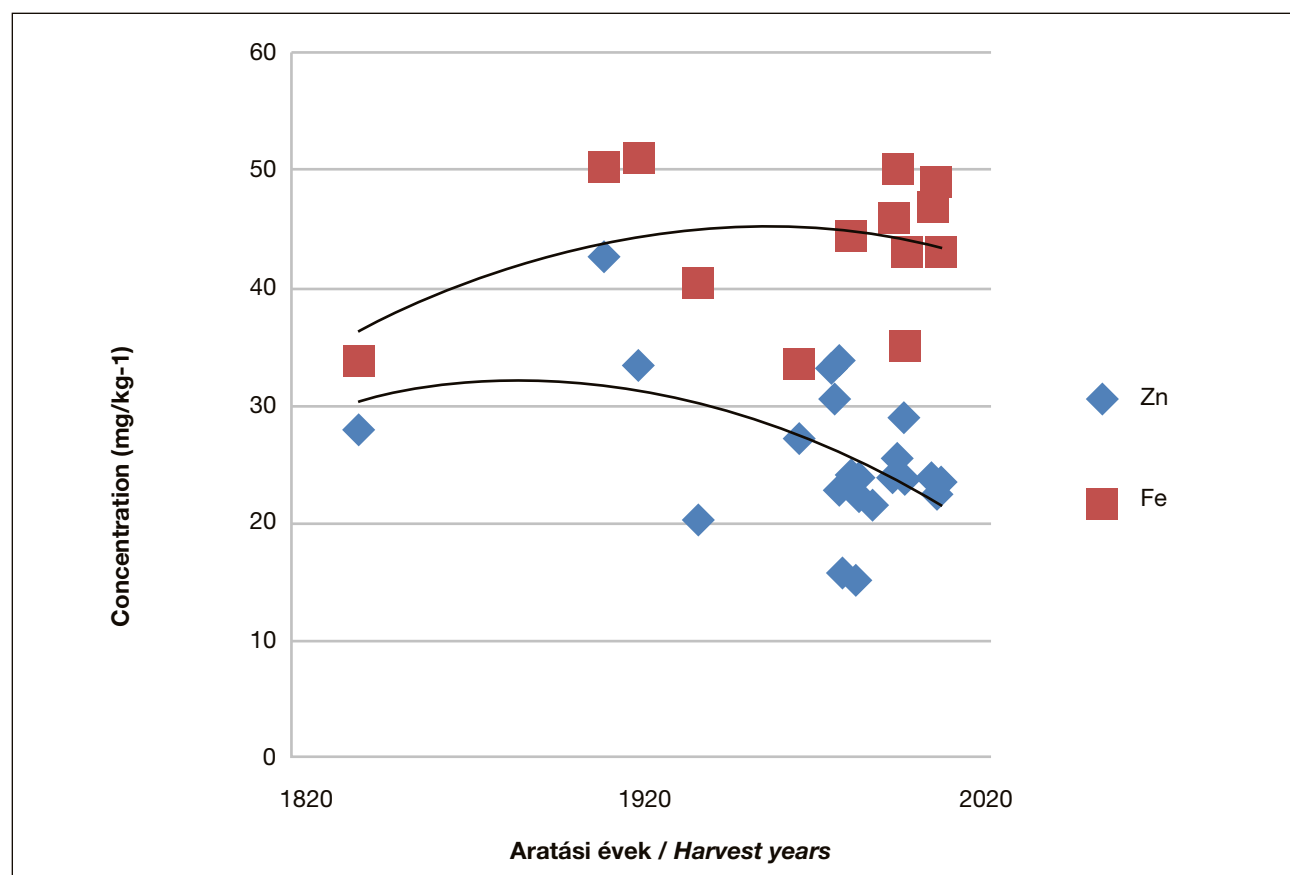
Mérési eredményeinket fajták szerint csoportosítva az 1974-2004 közötti időszakra a **3. táblázatban** látható adatokat kaptuk.

A bemutatott fajták foszfortartalmának átlaga 2,8 és 4,0 g/kg közötti, míg a kálium tartalom 2,8 és 4,4 g/kg között változott a vizsgált időszakban. A kalcium esetén az értékek 334 és 433 mg/kg, a magnéziumnál 887-1423 mg/kg, míg a cinknél 16,7-25,8 mg/kg, a mangánál 31,6-43,3 közöttinek adódtak. A réz tartalom 3,0 és 5,4 mg/kg között változott, míg a vastartalomnál 36,5-45,9 mg/kg értékeket kaptunk. Figyelemre méltó, hogy az egyébként közepes lisztminőséggel rendelkező [34] Mv23-as fajta a foszfor, a kálium, a magnézium, a mangán, a cink és a réz elemeket illetően a legmagasabb értékeket mutatta. Jól szemlélteti az adott fajta évjárat által változó összetételét a már hosszú ideje vizsgált Jubilejnaja 50 fajta makro elem tartalmában (P, K) megmutatkozó hatás. Egy adott fajta (Mv Csárdás) különböző termőhelyeken mért foszfor, kálium, kalcium és magnézium adatait foglaltam össze az **1. és 2. ábrákon**, ahol ugyanakkor a fajtának az eredményeit láthatjuk. Ezáltal megítélhető az adott évjáratban a termőhely hatása. Az előzőek összegzéseként pedig megállapítható, hogy a mérési eredmények között nem találtunk szélsőséges értékeket.

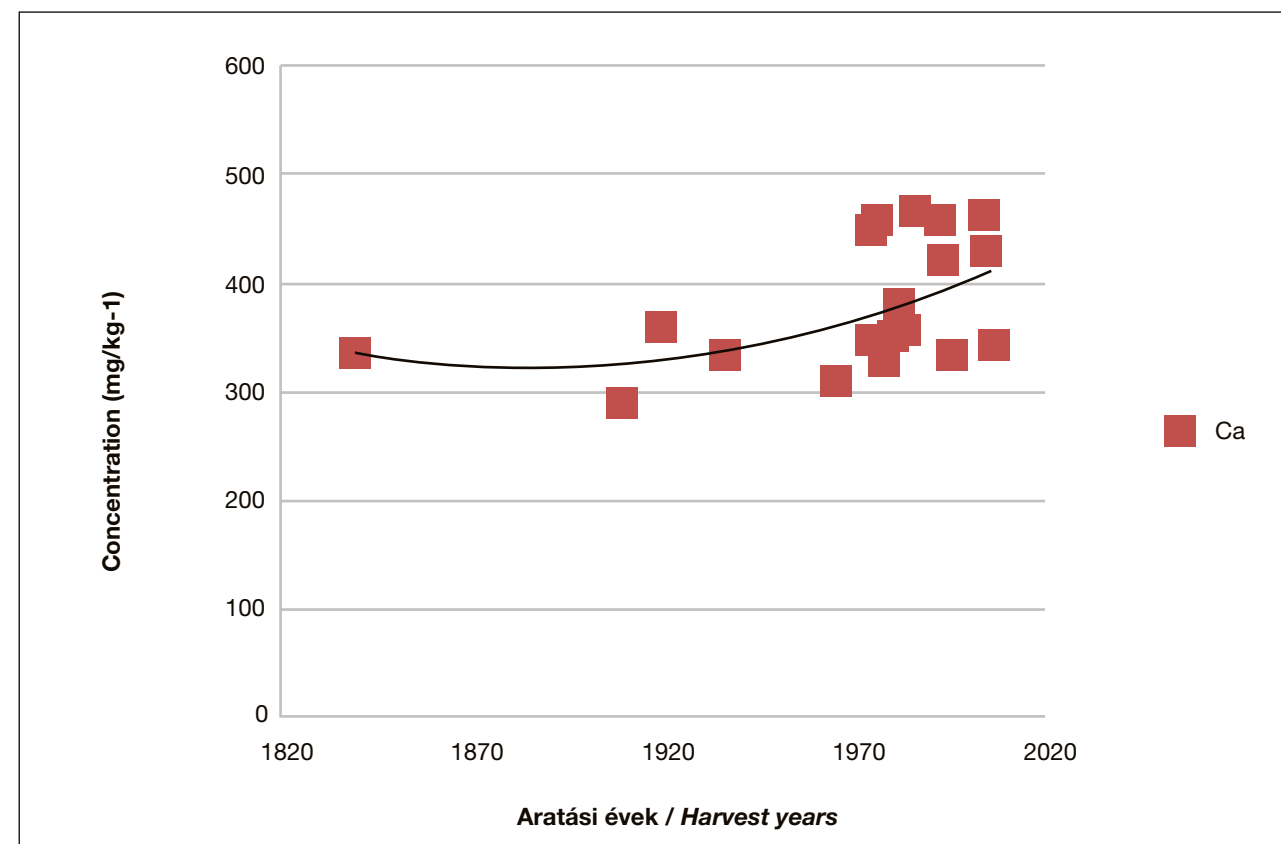
A közel 170 évet átölelő időszakból származó minták elemzéséből származó adatokat a **4. táblázatban** foglaltam össze, ahol a kén tartalmat is feltüntettem a mérési eredmények szórásával együtt. Egyértelmű változás, azaz csökkenés a cink-, a magnézium- és a vastartalomnál figyelhető meg. A kalciumtartalom pedig növekedett, amivel a stronciumtartalom is nőtt. A megállapítható tendenciákat jól szemlélteti az úgynevezett trendvonalas ábrázolás, amely a cinknél és a vasnál az **3. ábrán** látható. Ezek az adatok ugyanazt a tendenciát mutatják, amit Fan és munkatársai a rothamstedi tartamkísérleti anyagok vizsgálati eredményei alapján közöltek [13].

Eredményeim szerint a mangántartalom esetében kismértékű csökkenés figyelhető meg, amely ellentétes a korábbi, Magyarországon mért eredmények tendenciájával [33].

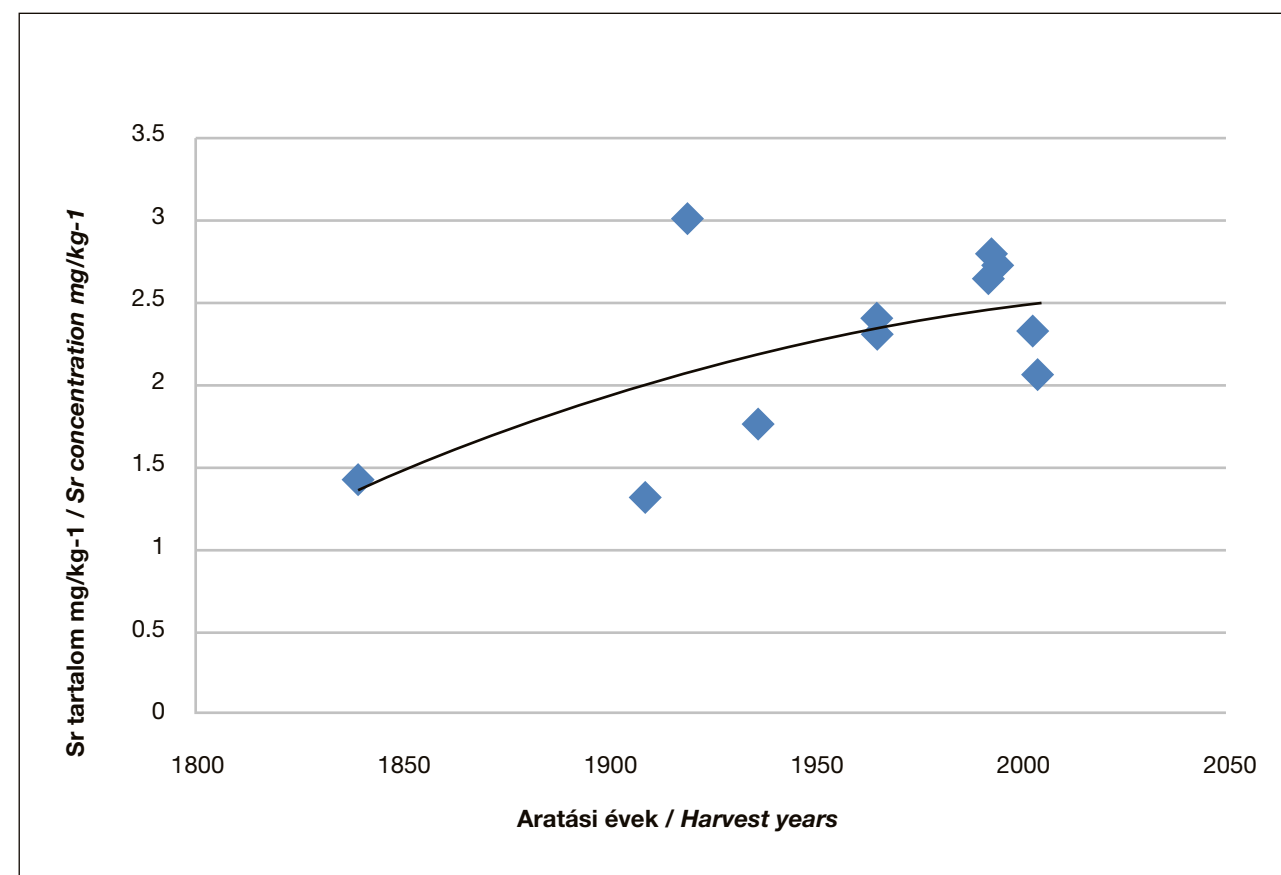
A **4. ábrán** látható, hogy a kalciumtartalom értékeiben növekedés figyelhető meg, ami arra utal, hogy talajaink a termesztett fajták számára elegendő kalcium készlettel rendelkeznek. Ugyanakkor arra is fel kell hívni a figyelmet, hogy a szoros kalcium-stroncium kölcsönhatás [34] miatt a stronciumtartalom is emelkedett a mintákban az **5. ábra** tanúsága szerint. Ez olyan esetekben lehet figyelemre érdemes, ahol a húsfogyasztás sokkal nagyobb mértékű, mint amelyet a táplálkozástudomány szakemberei javasolnak, mivel ott az emberek csontozatában a kalcium-stroncium arány alacsony [35].



3. ábra. Cink- és vastartalom változása 1839 és 2004 között
Figure 3. Changes in the zinc and iron contents between 1839 and 2004



4. ábra. A kalcium-koncentráció változása 1839 és 2004 között
Figure 4. Changes in the calcium concentration between 1839 and 2004



5. ábra. A stroncium-koncentráció változása 1839 és 2004 között
Figure 5. Changes in the strontium concentration between 1839 and 2004

Az értékelés finomításához sikerült további minták elemzési adatait is figyelembe venni. Ezen eredmények különlegességét az adja, hogy a Magyar Mezőgazdasági Múzeumból kapott 12 búzaminta azokból az évekből (1965-1968) származik, amikor még nem folyt az intenzív agrotechnika alkalmazása. Ezek tehát így a klasszikus fajtákat képviselik, és nem a rövid szárú fajtákat. Ugyanakkor a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutató Intézetéből megkaptam ugyanazon fajták után-termesztett mintáit 2015-ből. Ezzel az összehasonlító elemzés szinte teljes lett, bár az azonos mikroökológiai helyzetet értelemszerűen nem lehetett biztosítani. A mérési eredményeket az **5. táblázat** tartalmazza. Az adatokból a következő tendenciák állapíthatók meg az elmúlt ötven évre: a kalcium mennyisége mintegy 6%-al, a mangán tartalom 9,5%-al, a vas tartalom 26%-al, a nátrium mennyisé-

ge 17%-al, a kén tartalom 19%-al és a cink mennyisége 12%-al nőtt. A magnézium-, a foszfor- valamint a réztartalom gyakorlatilag nem változott.

A kénnél tapasztalható növekedés annak következménye, hogy a nitrogén-, azaz fehérjetartalom is számottevően nőtt. Ismerve a szoros nitrogén-kén kapcsolatot ez a jelenség nem meglepő **[36]**.

Hazai régi és új nemesítésű búzák (többek között Bánkúti 1201, GK Tiszatáj, Mv Suba) is szerepeltek a Zhao et al. 2009-ben elvégzett és közzétett vizsgálatsorozatban is, amelyet a Healthgrain című európai uniós projektben biztosítottak a programban részt vevő martonvásári kutatók **[15]**. Az eredményeket az általam közzétett adatokkal összevetve nincs számottevő eltérés a különböző intenzitású fajták vas- és a cink tartalmában.

5. táblázat. Azonos búzafajták elemzési (mg/kg) adatai (2016)
Table 5. Analytical data of identical wheat varieties (mg/kg) (2016)

Elemek Element	Múzeumi minták 1965-1967 Museum samples 1965-1967		Utántermesztett minták (2015) Post-cultivated samples (2015)	
	Átlag Average	Szórás Standard deviation	Átlag Average	Szórás Standard deviation
B	1,5	0,35	1,2	0,21
Ca	307,3	55,32	326,6	41,66
Cu	5,0	0,67	4,5	0,66
Fe	24,0	5,14	30,3	3,50
K	3,4	0,34	3,2	0,2
Mg	1210,8	118,42	1250,7	151,26
Mn	36,8	4,95	40,3	5,27
Na	68,8	10,66	80,5	15,48
Ni	0,5	0,29	0,4	0,28
P	3443,2	487,90	3589,7	362,93
S	1210,5	137,78	1440,5	143,43
Zn	27,4	7,62	30,8	5,44



A kép illusztráció / Picture is for illustration only
Fotó/Photo: Shutterstock

A három gyakran vizsgált és közzétett foszfor, kálium és kalcium elemekre vonatkozó adataink összehasonlítva a Dworak által 1942-ben közzétett (P 3,49 g/kg⁻¹, K 4,25 g/kg⁻¹, Ca 355 mg/kg⁻¹) adatokkal nem igazolják azokat az állításokat, amelyek szerint felére csökkent volna az ásványianyag-tartalom az őszi búza szemtermésében.

Az „Új tápanyagtáblázat” című könyvben **[38]** javasolom a kálium-, a magnézium- és a mangán adatok kijavítását a mai kísérleti és vizsgálati eredmények alapján.

5. Következtetések

A vizsgálatok elvégzésével és az adatok közzétételével szándékom volt választ adni a napjainkban egyre gyakrabban felmerülő kérdésre: az elmúlt több mint 150 évben milyen mértékben változott az őszi búza (aestivum) ásványianyag-tartalma mindazon tényezők hatására, amelyek ezen időszak alatt ezt az alapélelmiszer-alapanyagot számító szemtermést érték. A döntően ICP-OES és ICP-MS technikával végzett vizsgálatok eredményeik szerint az őszi búza szem ásványianyag-tartalma lényegesen nem változott.

Vizsgálataim megerősítik azokat a hasonló külföldi eredményeket, amelyek szerint a több mint egy évszázad alatt 15-25 %-kal csökkent a cink-, a vas- és a magnézium-tartalom. Különösen igaz ez a rövidebb szárú intenzív fajták köztermesztésbe vonása után betakarított gabonák összetételére. A kalcium-tartalom viszont napjainkban lényegesen magasabb, mint a hagyományos fajták természetesen volt, és ezzel párhuzamosan a stronciumtartalom is nagyobb. A foszfor- és káliumtartalomban elsősorban a hazánkban hangoztatott nagymértékű – 50%-os – csökkenés az elvégzett vizsgálatok szerint nem igazolódott be. Eredményeim alapján indokolt az „Új tápanyagtáblázat” című könyvben **[38]** a búzára vonatkozó kálium-, magnézium- és mangántartalomra vonatkozó adatokat korrigálni a táplálkozástudományi oktatási, kutatási és szaktanácsadási tevékenység végzéséhez szükséges adatforrások adatainak helyesbítése érdekében.

6. Köszönetnyilvánítás

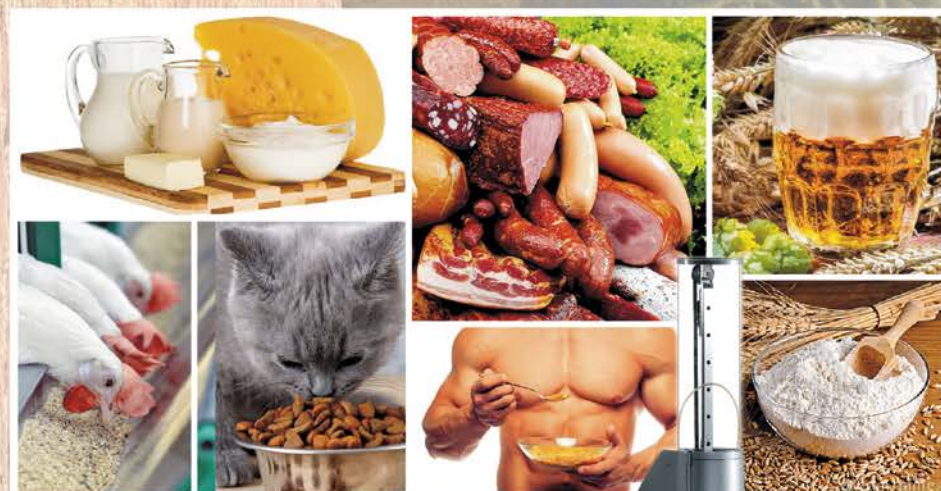
Szerző köszöni a Magyar Mezőgazdasági Múzeum dolgozóinak Dr. Estók János főigazgatójának és Dr. Nagy Ágota főmuzeológusnak, a NÉBIH Növénytermesztési és Kertészeti Igazgatóság vezetőjének Dr. Lukács Józsefnek és Ripka Gézőnének, Koncz Józsefnek az MTA ATK TAKI munkatársának, a WESSLING Hungary Kft. analitikusainak, Dr. Szigeti Tamásnak és Lakos Istvánnak, Dr. Zsombik Lászlónak, a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézet vezetőjének. Valamint közvetlen munkatársaimnak az anyag elkészítéséhez nyújtott segítségét.

7. Irodalom

- [1] Sarkadi J., 1960. Kísérletek különféle foszfát műtrágyákkal. Növénytermelés 9. (2) 159–170.
- [2] Krámer M., 1967. A műtrágyák és az istállótrágya hatásának illetve kölcsönhatásának vizsgálata a Martonvásári tartamkísérletekben In: Trágyázási Kísérletek 1955–1964. (Ed.: Sarkadi J.) 131–144. Akadémiai Kiadó. Budapest
- [3] Kuthy S., 1961. Az őszi búza és az őszi árpa permetező trágyázásának problémái és eddigi eredményei. OMMI évkönyve. 5. 131–154.
- [4] Bocz E. & Győri Z., 1978. Az öntözés és trágyázás hatásának vizsgálata a különböző növények minőségére. OMFB Tanulmány. p. 49 Budapest
- [5] Sarkadi J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- [6] Dworak L., 1942. A talajból felvett táplálóanyagok mennyisége a fontosabb gazdasági növényekben. In: KÖZTELEK Zsebnaptár (Ed.: Szilassy Z. & Budai B.) 389. OMGE. Budapest.
- [7] Sós J., 1940. Néptáplálkozási vizsgálat kalóriát adó anyagokra, vitaminokra és ásványi elemekre nézve, IV. Vizsgálatok ásványi anyagcserére nézve. Népegészségügy. 6. 373–386.
- [8] Kádár I. 1997. Mikroelemterhelés hatása a búzára 1997-ben. In: A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. (Ed.: KÁDÁR I.) 359. MTA ATK TAKI. Akaprint. Budapest.
- [9] Lásztity B., 2006. Az ásványi tápelemek felhalmozása gabonafélékben. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- [10] Lásztity B., 2004. A nem esszenciális elemek forgalma a hazai gabonafélékben. MTA ATK TAKI. Budapest.
- [11] Szira, F., Monostori, I., Galiba, G., Rakszegi, M. & Bálint, A. F., 2014. Micronu-trient contents and nutritional values of commercial wheat flours and flours of field – grown wheat varieties – A survey in Hungary. Cereal Research Communications. 42. (2) 293–302.
- [12] 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 Research Communications. 29. (3–4) 375–382.
- [13] Fan, M. S., Zhao, F. J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J. & McGrath, S. P., 2008. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 22. (4) 315–24.

- [14] Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R. & Johansson, E., 2010. Mineral composition of organically grown wheat genotypes: Contribution to daily minerals intake. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 7. (9) 3442–3456.
- [15] Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham, S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. P. & Shewry, P. R., 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*. 49. (2) 290–295.
- [16] Kirchmann, H., Mattson, L. & Eriksson, J., 2009. Trace element concentration in wheat grain: Results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environ. Geochem. Health*. 21. (5) 561–571.
- [17] Shi, R., Zhang, Y., Chen, X., Sun, Q., Zhang, F., Römhild, V., Zou, C. (2010): Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum*, L.). *Journal of Cereal Science*. 51. 165–170.
- [18] Scherz, H., Kirchoff, E. 2006. Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods—A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *Journal of Food Composition and Analysis* 19. p.420–433
- [19] Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A. d. b., Bloom, A. J., Carlisle, E., Dietterich, L. H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N. M., Nelson, R. L., Ottman, M. J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K. A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M. & Usui, Y., 2014. Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature*. 511. 139–142.
- [20] Bardócz Zs. & Pusztai Á., 2013. Eltérő gazdálkodási rendszerekből származó élelmi-szer fogyasztásának következményei. A vegyszeres, nagyüzemi mezőgazdaság. *Biokultúra*. 24. (1) 31–34.
- [21] http://www.agrarszektor.hu/novenytermesztes/elrettento_kutatasi_eredmenyek_60_evunk_van_hatra_a_termo_foldon.3382.html
- [22] Vörös L, Zs., 1971. Pannonhalmi maggyűjtemény az 1830-as évekből. *Botanikai Gyűjtemények* 58.3. 179–180.
- [23] Nagy Á. 2012.: A pannonhalmi maggyűjtemény. Üvegbe zárt botanika történet. *Élet és tudomány*, 67.12. 358–360.
- [24] Varju M., 1972. Növényi anyagok hamvasztásának néhány módszertani kérdése *Agro-kémiai és Talajtan* 21. (1–2) 139–153.
- [25] Kovács, B., Győri, Z., Prokisch, J., Loch, J. & Dániel, P., 1996. A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry parameters. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 27. (5–8) 1177–1198.
- [26] Duduk V., 1973. *Takarmánykémia IV. A takarmányok kémiai vizsgálatának módszerei.* KATE MGK. Keszthely.
- [27] Piironen, et al. 2009. cit.: WRIGLY, C. W., 2010. Wheat characteristics and quality requirements. In: *Cereal Grains Assessing and Managing Quality.* (Ed.: WRIGLY, C. W. & BATEY, I. L.) 59–103. Woodhead Publishing. Oxford, Cambridge, New Delhi.
- [28] Kent, N. L. 1983. *Technology of cereals.* Pergamon Press. Oxford.
- [29] Lockhart, H. B. & Nesheim, R. O., 1978. Nutritional qualities of cereal grains. In: *Cereals '78 Better Nutrition for Worlds Millions* (Ed.: POMERANZ, Y.) 201–221. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- [30] Láng I., 1961. Adatok néhány gazdasági növény ásványi táplálkozásáról réteges homokjavítás esetén. *Kandidátusi értekezés.* MTA. Budapest.
- [31] Rodler I., 2006. Új tápanyagtáblázat. *Medicina Könyvkiadó Zrt.* Budapest.
- [32] Burján Z. & Győri Z., 2013. A termőhelyek hatása a búzaszem és a liszt ásványi anyag és fehérjetartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 62. (2) 387–400.
- [33] Győri Z., 2006. Effect of mineral fertilization on the Mn-Zn-Cu and Sr content of winter wheat. *Cereal Research Communications*. 34: (1) 461–464.
- [34] Győri Z., 1999. A termesztési tényezők hatása egyes gabonafélék és maghüvelyesek minőségére. *MTA Doktori értekezés.* Debrecen
- [35] S. Ozgur, H. Siimer, G. Kocoglu. 1996. Rickets and soil strontium. *Archives of Disease in Childhood*. 75:524–526.
- [36] S. Haneklaus, E. Schnug. 1992. Baking quality and sulphur content of wheat II: Evaluation of the relative importance of genetics and environment including sulphur fertilization. *Sulphur in Agriculture*, 16: 889–892.
- [37] Győri Z. 2005. Sulphur Content of Winter Wheat Grain in Long Term Field Experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36:(1-3) 373–382.
- [38] Rodler, I. (szerk.) (2005): Új tápanyagtáblázat. *Medicina Könyvkiadó Rt.* Budapest. pp. 245

NITROGÉN / FEHÉRJE ANALIZÁTOROK



- * élelmiszerek
- * talajok
- * gabonák
- * növények
- * bio-iszapok vizsgálatához



Egyedülálló előnyök:

- * gyors és olcsó mérés: 4 perc/minta (napi >300 minta)
- * makro bemérés: 1g-ig / 5g-ig, detektálás: 500 mg N abs.
- * egyszerű felépítés, olcsó üzemeltetés CO₂ gázzal, felügyelet nélkül
- * önregeneráló redukciós egység: karbantartás 2000 mérésenként
- * megbízható eredmények, kétfokozatú tökéletes égetés
- * évekig stabil kalibráció - egyetlen kalibráció minden mintára
- * extrém hosszú élettartam: a fő egységekre **10 év garancia**
- * bemérés 5mL-es acéltégelybe, mintaelőkészítés nélkül (MAX)

Zoltán Győri¹

Received: 2016. June – Accepted: 2016. September

Evaluation of the mineral content of winter wheat in light of/as a result of the new studies

Keywords: winter wheat, minerals, cultivation years, varieties, macro- and microelements

1. Summary

Today, more and more emphasis is placed by food and nutrition research and practice on the chemical composition of winter wheat, which is considered a staple food, both in terms of organic and inorganic macro- and microcomponents. This attention is the result of several factors, of which should be highlighted the expansion of the possibilities in instrumental analysis (HPLC, HPLC-MS, ICP-OES, ICP-MS), as well as the often changing factors closely related to cultivation technology (varieties, hybrid, plant protection, fertilization, frequency of weather extremes). As a result, over the past two decades, researchers have been focusing more and more on the question whether the chemical, as well as the feedstock and nutritional physiology quality of crops, including wheat, changed because of intensive agrotechnics and the genetic capabilities of the new varieties. My intention was to provide satisfying answers, based on the analytical data of the large number of samples coming from different experiments (long-term experiments), to the questions that had been raised, one of the most important of which is the question how the mineral content of winter wheat, a staple food, had changed over the last hundred years. To this end, I used samples that had been archived at different locations of Hungary and analyzed using state-of-the-art measurement methods.

Mineral content is the quality indicator that can be used reliably to estimate and interpret long-term effects (fertilization, plant protection, SO₂ emission, atmospheric nuclear explosions, accompanying elements of fertilizers, climate change, switching varieties), because it changes very little in archived samples. Phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, manganese, zinc, copper and strontium were included in the analyses.

The results obtained can help researchers and practical experts of nutritional science interested in the topic to form a realistic picture about the effect of environmental factors and agrotechnics on the composition of cereals.

2. Introduction

In Hungary, research intended to follow the changes in the mineral contents of the cultivated plants started already in the late 1950s. The first results related to our topic were published by the then recognized researchers of the discipline [1] [2] [3]. In the early 1970s, with the advent of the use of intensive agrotechnics, such research was launched in Debrecen

as well [4]. Noteworthy is Sarkadi's remark on the communication of the results. „It should be noted that some of the literature – primarily publications on basic research, but recently some practical publications abroad as well – expresses nutrients not as oxides but as the elements (P: P₂O₅ = 2.29; K: K₂O=1.2). Unfortunately, this duality can lead to misunderstandings” [5]. This observation is important, because the first compilation of the mineral elements of wheat

was published in Hungary in 1942, and in this, results were expressed not as the elemental quantities, but as the oxides by the author [6]. At that time, no further data were published for the grain yield itself, and little data from Germany was reported about the mineral content of different flours (wheat, corn) [7].

With the expansion of research opportunities in Hungary, significant research began at the Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences (MTA TAKI) and at the Agricultural University of Debrecen (DATE) to investigate the mineral contents of cereals. As a result, researchers found that there had been no significant change in the mineral content [8], [9], [10]. Expansion of the Hungarian database was indicated by the fact that variety comparison results were published by Martonvásár researchers [11], [12]. At the same time, newer data on changes in the mineral content were published by foreign researchers who had at their disposal field research experimental and sample archiving capabilities, as well as analytical testing capabilities.

Of these, publication of the results of the processing samples of the Rothamsted experimental site, established in 1843, stands out, according to which there had been no change in the mineral content of the samples up to 1965, and then, with the spread of short-stemmed wheat varieties, the amount of certain elements (Cu, Mg, Zn) decreased by 15-25% by today [13]. When comparing crops obtained via organic and intensive farming, it was found that the mineral content of wheat grown using organic technology was higher, especially when growing ancient varieties and species [14].

According to data published about varieties grown in different ecological environments, there was a significant difference between the iron and zinc contents of different bread wheat genotypes, but no such difference was observed in the case of selenium [15]. According to the data of long-term experiments in Sweden, a decrease in air pollution resulted in a significant decrease of the lead and cadmium contents of wheat samples, while the copper and iron contents decreased as the effect of NPK fertilization [16], however, as the effect of nitrogen fertilization, an increase in the iron, zinc and copper contents were reported [17]. Comparison of domestic and international data is shown in Table 1, in which relevant results are presented with uniform units of measurement.

For the concentrations of the different elements, specific values are given by certain authors, while other indicate fairly wide ranges. The first reliable domestic data come from the early 1960s, unfortunately, analytical results are only available for four elements (P, K, Ca, Mg), but they are in good agreement with data from other sources, published among international research results. As a result of the work of Imre Kádár, there are analytical results available for 8 ele-

ments from the late 1990s, and these results show good agreement with international literature data [8]. From the book of Imre Rodler, nutrition physiological data can be obtained, but both the results for potassium content and magnesium content are low in his work. There were no manganese content measurement results published [31]. Data on the zinc contents of winter wheat samples from different regions of the world ranged from 21.9 to 38.5 mg/kg: 26.3-38.5 mg/kg in Germany, 28.0 mg/kg in Denmark and Sweden, 32.6 mg/kg in Finland, 21.9-27 mg/kg in the USA, 22.0 mg/kg in Turkey and 26.0 mg/kg in India [18]. These quantities indicate significantly smaller differences than the ones published by Piironan et al. in Table 1 [27]. One of the major problems of today is the effect of climate change and, in particular, the increasing carbon dioxide content of the atmosphere on the zinc and iron contents of C3 and pulse crops [19], since this decrease results in the change (decrease) of the element content of the staple foods of billions of people, thus increasing malnutrition. In Hungary, data on the decrease in the element contents of several plants from 1942 to 2005 were published in 2013 [20]. In this work, a 50% decrease in the mineral content of winter wheat is reported, but the source is only referred to as a figure from a Gödöllő source [21].

Because of the occasionally contradictory results and because of the stressing of the accompanying dramatic decrease in the media, taking into consideration mainly nutrition physiological aspects, we decided to perform analyses partly by the uniform testing (instrument, method) of the sample material available in Hungary, and to evaluate the measurement results obtained by comparing them to the data of the thousands of samples analyzed earlier. This was decided because we had all the conditions available to us which were essential for the determination of element content. These are as follows: reliable sample material going back for decades (archiving), evaluation and interpretation element by element, taking into account of several factors, preferably a uniform method, measurements carried out at the same time.

3. Materials and methods

The samples included in the study came from several experimental sites and collections, which are shown in Table 2.

These grain samples either came from agrotechnical experiments, where the effect of fertilization on different soil types was mainly investigated, or the crop yields of different varieties in different growing areas were evaluated. In the case of the „old sample material” (1839-1936) there was no such background information available. To characterize the samples, only a simple designation („aestivum”) or – as for the 1965-68 samples – the sampling location (regional varieties?) was known.

¹ University of Debrecen, Institute of Nutritional Science

From the experiments after 1974, several thousands of grain samples have been analyzed, while the number of samples several decades old – from before 1974 – was limited. In the case of small sample quantities, usually micro-digestion had to be used. Cutting and homogenization of the samples were performed using Retsch Sk-1 and Sk-3 instruments. For the analysis of minerals, an incineration digestion method was used initially [24], while later a wet digestion procedure was applied (using a mixture of nitric acid and hydrogen peroxide) [25]. For the determination of element content, between 1974 and 1988, an atomic absorption spectrophotometer (SP 90; PYE UNICAM Ltd., UK) was used, then inductively coupled plasma optical emission spectrometers (LABTAM 8440; LABTAM Ltd., Australia, and, from 1998, OPTIMA 3300 DV; Perkin-Elmer Ltd., USA), as well as an ICP-MS instrument (XSeries I; ThermoFisher Scientific Inc., Waltham, MA USA). It should be noted that until 1998, the phosphorus content was measured not by using large instrument techniques, but by the molybdovanadate spectrophotometric method [26].

Measurements were performed at the instrument center of DATE and its successor. The data published are on a dry matter basis. To check the accuracy of the measurements, certified wheat sample BCR CRM 189 (International Atomic Energy Agency) was used (whole meal), and we also participated in domestic and international (MTA TAKI, WESSLING Hungary Kft.) proficiency testing schemes. Statistical evaluations were performed using the program SPSS 22.0.

4. Results

When measurement results for the 1974–2004 period are grouped by the varieties, the data in **Table 3** were obtained.

The average phosphorus content of the varieties presented were between 2.8 and 4.0 g/kg, while the potassium content varied between 2.8 and 4.4 g/kg during the period investigated. In the case of calcium, values were between 334 and 433 mg/kg, for magnesium, they were between 887 and 1423 mg/kg, for zinc, between 16.7 and 25.8 mg/kg, and for manganese, between 31.6 and 43.3 mg/kg. Copper contents varied between 3.0 and 5.4 mg/kg, while for iron, values in the range of 36.5–45.9 mg/kg were obtained. It is noteworthy that the Mv23 variety, having only a medium flour quality [34] had the highest values for the elements of phosphorus, potassium, magnesium, manganese, zinc and copper. The changes from year to year in the composition of a given variety are well illustrated by the macroelement (P, K) content of the Jubilejnaja 50 variety, which has been studied for a long time. Phosphorus, potassium, calcium and magnesium data of a given variety (Mv Csárdás), measured at different growing sites, are summarized in **Figures 1 and 2**, where the results of the same variety are shown. This way, the

effect of the growing site on a certain year's crop can be evaluated. As a summary of the above it can be concluded that there no extreme values were found among the measurement results.

Data from the analysis of samples from a period spanning nearly 170 years are summarized in **Table 4**, where the sulfur content was also included, together with the standard deviation of the results. A clear change, i.e., a decrease can be observed in the case of the zinc, magnesium and iron contents. The calcium content increased, and with it the strontium content increased as well. The observed tendencies can be illustrated well by using the so-called trend line representation, which is shown in **Figure 3** for zinc and iron. These data show the same trend which was reported by Fan et al., based on the test results of the Rothamsted long-term experiments [13].

According to my results, a slight decrease could be observed in the case of the manganese content, which is opposite to the trend of the results measured earlier in Hungary [33].

Figure 4 shows that an increase can be observed in the calcium content values, suggesting that our soils have sufficient calcium stocks for the cultivated varieties. At the same time, it should be pointed out that, due to the close calcium-strontium interaction [34], the strontium contents of the samples increased as well, as shown by **Figure 5**. This could be noteworthy in cases where meat consumption is much greater than what is recommended by nutrition scientists, because here the calcium to strontium ratio is low in the bones of humans [35].

To refine the evaluation, we managed to take into account the analytical results of further samples. The special nature of these results originates from the fact that the 12 wheat samples, obtained from the Museum of Hungarian Agriculture, are from those years (1965–1968) when intensive agrotechnics were not yet used. Thus, these represent the classical varieties, and not the short-stemmed varieties. At the same time, post-cultivated samples of the same varieties from 2015 were obtained from the Nyíregyháza Research Institute of the University of Debrecen. This way, the comparative analysis became almost complete, although, of course, identical microecological conditions could not be ensured. Measurement results are shown in **Table 5**. From the data, the following trends can be identified for the last fifty years: the amounts of calcium, manganese, iron, sodium, sulfur and zinc increased by 6%, 9.5%, 26%, 17%, 19% and 12%, respectively. Magnesium, phosphorus and copper contents remained practically the same.

The increase in the sulfur content is due to the significant increase in the nitrogen content, i.e., the amount of proteins. This phenomenon is not surprising, in view of the close nitrogen-sulfur relationship [36].

Domestic old and new wheat breeds (Bánkúti 1201, GK Tiszatáj, Mv Suba, among others), provided by the Martonvásár researchers participating in the European Union project titled Healthgrain, were also included in the series of tests performed and published by Zhao et al. in 2009 [15]. By comparing the results to the data presented by me, no significant difference could be found in the iron and zinc contents of varieties of different intensities.

When comparing our results with those of Dworak, published in 1942, regarding phosphorus, potassium and calcium, three elements that are analyzed often (P 3,49 g/kg⁻¹, K 4,25 g/kg⁻¹, Ca 355 mg/kg⁻¹), allegations that the mineral contents in the grains of winter wheat had halved could not be substantiated.

It is recommended that data for potassium, magnesium and manganese are corrected in the book titled "Új tápanyagtáblázat" (New Nutrition Table) [38], based on today's experimental and test results.

5. Conclusions

By carrying out the analyses and publishing the data, I intended to answer the question that has become more and more common these days: to what extent did the mineral content of the grain of winter wheat (aestivum) change over the last 150 plus years, due to all of the factors impacting the grain of this staple food raw material over this period. According to the analysis, performed mainly using ICP-OES and ICP-MS techniques, the mineral content of the grain of winter wheat has not changed significantly.

My analyses confirmed those similar foreign results, according to which zinc, iron and magnesium contents have decreased by 15 to 25% over more than a century. This is especially true for the composition of cereals harvested after the inclusion in public cultivation of shorter stem intensive varieties. On the other hand, the calcium content is significantly higher today, than it was in the case of the cultivation of traditional varieties, and at the same time, the strontium content is higher as well. The major decrease (50%) in phosphorus and potassium content, an idea mainly propagated in Hungary, was not confirmed by the analyses performed. Based on my results, it is justified to correct the data for potassium, magnesium and manganese for wheat in the book titled "Új tápanyagtáblázat" (New Nutrition Table) [38], to correct the data in the sources required to perform nutrition science education, research and consulting activities.

6. Acknowledgement

I would like to thank the staff of the Museum of Hungarian Agriculture: director general Dr. János Estók and Dr. Ágota Nagy, chief museologist; head of the Directorate of Plant Production and Horticulture of NÉBIH, Dr. József Lukács, Gézáne Ripka, József Koncz of the MTA ATK TAKI, analysts of WESSLING

Hungary Kft., Dr. Tamás Szigeti and István Lakos, and Dr. László Zsombik, head of the Nyíregyháza Research Institute of the University of Debrecen. I would also like to thank my immediate colleagues for their assistance in the preparation of this manuscript.

7. References

- [1] Sarkadi J., 1960. Kísérletek különféle foszfát műtrágyákkal. *Növénytermelés* 9. (2) 159–170.
- [2] Krámer M., 1967. A műtrágyák és az istállótrágya hatásának illetve kölcsönhatásának vizsgálata a Martonvásári tartamkísérletekben. In: *Trágyázási Kísérletek 1955–1964*. (Ed.: Sarkadi J.) 131–144. Akadémiai Kiadó. Budapest
- [3] Kuthy S., 1961. Az őszi búza és az őszi árpa permetező trágyázásának problémái és eddigi eredményei. *OMMI évkönyve*. 5. 131–154.
- [4] Bocz E. & Györi Z., 1978. Az öntözés és trágyázás hatásának vizsgálata a különböző növények minőségére. *OMFB Tanulmány*. p. 49 Budapest
- [5] Sarkadi J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest.
- [6] Dworak L., 1942. A talajból felvett táplálóanyagok mennyisége a fontosabb gazdasági növényekben. In: *KÖZTELEK Zsebnaptár* (Ed.: Szilassy Z. & Budai B.) 389. OMGE. Budapest.
- [7] Sós J., 1940. Néptáplálkozási vizsgálat kalóriát adó anyagokra, vitaminokra és ásványi elemekre nézve, IV. Vizsgálatok ásványi anyagcserére nézve. *Népegészségügy*. 6. 373–386.
- [8] Kádár I. 1997. Mikroelemterhelés hatása a búzára 1997-ben. In: *A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása*. (Ed.: KÁDÁR I.) 359. MTA ATK TAKI. Akaprint. Budapest.
- [9] Lásztity B., 2006. Az ásványi tápelemek felhalmozása gabonafélékben. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest.
- [10] Lásztity B., 2004. A nem esszenciális elemek forgalma a hazai gabonafélékben. MTA ATK TAKI. Budapest.
- [11] Szira, F., Monostori, I., Galiba, G., Rakszegi, M. & Bálint, A. F., 2014. Micronutrient contents and nutritional values of commercial wheat flours and flours of field – grown wheat varieties – A survey in Hungary. *Cereal Research Communications*. 42. (2) 293–302.
- [12] 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 Research Communications*. 29. (3–4) 375–382.

- [13] Fan, M. S., Zhao, F. J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J. & Mcgrath, S. P., 2008. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 22. (4) 315–24.
- [14] Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R. & Johansson, E., 2010. Mineral composition of organically grown wheat genotypes: Contribution to daily minerals intake. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 7. (9) 3442–3456.
- [15] Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham, S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., Mcgrath, S. P. & Shewry, P. R., 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*. 49. (2) 290–295.
- [16] Kirchmann, H., Mattson, L. & Eriksson, J., 2009. Trace element concentration in wheat grain: Results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environ. Geochem. Health*. 21. (5) 561–571.
- [17] Shi, R., Zhang, Y., Chen, X., Sun, Q., Zhang, F., Römhild, V., Zou, C. (2010): Influence of long-term nitrogen fertilization on micronutrient density in grain of winter wheat (*Triticum aestivum*, L.). *Journal of Cereal Science*. 51. 165–170.
- [18] Scherz, H., Kirchoff, E. 2006. Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods—A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *Journal of Food Composition and Analysis* 19. p.420–433
- [19] Myers, S. S., Zanobetti, A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.d.b., Bloom, A. J., Carlisle, E., Dietterich, L. H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N. M., Nelson, R. L., Ottman, M. J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K. A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M. & Usui, Y., 2014. Increasing CO₂ threatens human nutrition. *Nature*. 511. 139–142.
- [20] Bardócz Zs. & Pusztai Á., 2013. Eltérő gazdálkodási rendszerekből származó élelmi-szer fogyasztásának következményei. A vegyszeres, nagyüzemi mezőgazdaság. *Bio-kultúra*. 24. (1) 31–34.
- [21] http://www.agrarszektor.hu/novenytermesztes/elrettento_kutatasi_eredmenyek_60_evunk_van_hatra_a_termo_foldon.3382.html
- [22] Vörös L, Zs., 1971. Pannonhalmi maggyűjtemény az 1830-as évekből. *Botanikai Gyűjtemények* 58.3. 179–180.
- [23] Nagy Á. 2012.: A pannonthalmi maggyűjtemény. *Üvegbe zárt botanika történet. Élet és tudomány*, 67.12. 358–360.
- [24] Varju M., 1972. Növényi anyagok hamvasztásának néhány módszertani kérdése *Agro-kémiai és Talajtan* 21. (1–2) 139–153.
- [25] Kovács, B., Győri, Z., Prokisch, J., Loch, J. & Dániel, P., 1996. A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry parameters. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 27. (5–8) 1177–1198.
- [26] Duduk V., 1973. *Takarmánykémia IV. A takarmányok kémiai vizsgálatának módszerei.* KATE MGK. Keszthely.
- [27] Piironen, et al. 2009. cit.: WRIGLY, C. W., 2010. Wheat characteristics and quality requirements. In: *Cereal Grains Assessing and Managing Quality*. (Ed.: WRIGLY, C. W. & BATEY, I. L.) 59–103. Woodhead Publishing. Oxford, Cambridge, New Delhi.
- [28] Kent, N. L. 1983. *Technology of cereals.* Pergamon Press. Oxford.
- [29] Lockhart, H. B. & Nesheim, R. O., 1978. Nutritional qualities of cereal grains. In: *Cereals '78 Better Nutrition for Worlds Millions* (Ed.: POMERANZ, Y.) 201–221. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- [30] Láng I., 1961. Adatok néhány gazdasági növény ásványi táplálkozásáról réteges homokjavítás esetén. *Kandidátusi értekezés.* MTA. Budapest.
- [31] Rodler I., 2006. *Új tápanyagtáblázat.* Medicina Könyvkiadó Zrt. Budapest.
- [32] Burján Z. & Győri Z., 2013. A termőhelyek hatása a búzaszem és a liszt ásványi anyag és fehérjetartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 62. (2) 387–400.
- [33] Győri Z., 2006. Effect of mineral fertilization on the Mn-Zn-Cu and Sr content of winter wheat. *Cereal Research Communications*. 34: (1) 461–464.
- [34] Győri Z., 1999. A termesztési tényezők hatása egyes gabonafélék és maghüvelyesek minőségére. *MTA Doktori értekezés.* Debrecen
- [35] S. Ozgur, H. Siimer, G. Kocoglu. 1996. Rickets and soil strontium. *Archives of Disease in Childhood*. 75:524–526.
- [36] S. Haneklaus, E. Schnug. 1992. Baking quality and sulphur content of wheat II: Evaluation of the relative importance of genetics and environment including sulphur fertilization. *Sulphur in Agriculture*, 16: 889–892.
- [37] Győri Z. 2005. Sulphur Content of Winter Wheat Grain in Long Term Field Experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36:(1-3) 373–382.
- [38] Rodler, I. (ed.) (2005): *Új tápanyagtáblázat.* Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest. pp. 245



Futásra született

LCMS-8045 – kemény körülmények között is gyors és megbízható

A Shimadzu új LCMS-8045 készüléke egy kiváló paraméterekkel rendelkező tandem tömegspektrométer, amely a gyártó ultragyors UFMS sorozatát egészíti ki. Alkalmazható állatgyógyászatban használt hatóanyagok, növényvédő szer maradványok elemzésében, vízminőség vizsgálatokban és bioanalitikai feladatokban is.

5 msec alatti polaritás váltás
 lehetővé tesz, hogy egy futtatásból a lehető legtöbb adat legyen kinyerhető, csökkentve ezzel az elemzési időt és a költségeket

30 000 u/sec pásztázási sebesség
 biztosítja a nagy érzékenységű kvantitatív mérést és a kvalitatív komponensazonosítást egy elemzés során

Kiemelkedő robusztusság
 hosszútávon biztosított érzékenyég még komplex biológiai és élelmiszer minták elemzése esetében is

Továbbfejleszthető
 LCMS-8060 készülékké, amely biztosítja a felhasználó számára a világ élvonalába tartozó érzékenységet és ultragyors technológiákat



LCMS-8045