



DEBRECENI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG-, ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS
KÖRNYEZETGAZDÁLKODÁSI KAR

ÉLELMISZERTUDOMÁNYI INTÉZET
HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI
ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori iskola vezető:

Prof. Dr. Kátai János
egyetemi tanár, MTA doktora

Témavezető:

Prof. Dr. Győri Zoltán
egyetemi tanár, MTA doktora

Műtrágyakezelések hatása az őszi búza ásványianyag- és fehérjetartalmára

Doktori értekezés

Készítette:

Burján Zita Kata

DEBRECEN
2014

MŰTRÁGYAKEZELÉSEK HATÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÁSVÁNYIANYAG- ÉS FEHÉRJETARTALMÁRA

*Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok tudományágban*

Írta: Burján Zita Kata, doktorjelölt

Készült a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar, Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és
Élelmiszertudományok Doktori Iskolája keretében
Témavezető: Prof. Dr. Győri Zoltán, egyetemi tanár, DSc;

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. Fokozat
Elnök:	Tamás János	D.Sc. MTA doktora, kandidátus, Ph.D.
Tagok:	Karaffa Erzsébet Mónika Simon László	habil, Ph.D. dr. habil dr. univ. CSc. D.Sc.

A doktori szigorlat időpontja: 2013. december 04.

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat	Aláírás
.....		
.....		
.....		

A bíráló bizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:			
Titkár:			
Tagok:			
			
			
			

Az értekezés védésének időpontja: 20.....

*“Testünk és környezete között egyik legfontosabb kapocs minden bizonnyal az élelem.
Az élelem képében a környezet ténylegesen bekerül testünkbe és átjárja azt.”*

(Szent-Györgyi Albert)

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	4
BEVEZETÉS.....	6
CÉLKITŰZÉS.....	8
1. Szakirodalmi áttekintés	9
1.1. A szabadföldi kísérletek jelentősége	9
1.2. A búzatermesztés jelentősége és szerepe az ásványi anyag ellátásban	10
1.3. Vizsgált ásványi elemek bemutatása	13
1.3.1. A nitrogén.....	15
1.3.2. A foszfor	17
1.3.3. A kálium	18
1.3.4. A kén	19
1.3.5. A magnézium.....	20
1.3.6. A kalcium	21
1.3.7. A vas	22
1.3.8. A mangán.....	23
1.3.9. A cink	24
1.3.10. A réz	25
1.3.11. A stroncium	26
1.4. A búzaszemek fehérjetartalma, az ásványi elemek és a fehérjék kapcsolata	26
1.5. A búza minőségét befolyásoló tényezők	28
1.6. NPK műtrágyázás hatásai, NPK trágyázási eredmények	29
1.6.1. A pétisó és az ammónium-nitrát.....	30
1.6.2. A szuperfoszfát.....	31
1.6.3. A 60%-os kálisó	32
1.6.4. Az N műtrágyázás hatásai korábbi vizsgálatok eredményeinek alapján.....	32
1.6.5. P kezelések hatásai az ásványi elemtartalomra	34
1.6.6. A káliumtrágyázás hatása az ásványi elemtartalomra	37
1.7. Az ökológiai tényezők szerepe: a különböző termőhelyek és az éghajlat hatásai....	38
2. Anyagok és módszerek.....	40
2.1. A kísérletek leírása	40
2.1.1. A termőhelyek bemutatása	41
2.2. Vizsgált évek csapadék jellemzői.....	43
2.3. Laboratóriumi vizsgálatok.....	44
2.3.1. Elemtartalom meghatározás	44
2.3.1.1. A minták előkészítése.....	44
2.3.1.2. A mérések kivitelezése	45
2.3.1.3. Az ICP-OES berendezés bemutatása.....	45
2.3.2. Fehérjetartalom meghatározás	46
2.3.3. Nettó fehérjehasznosulási arány meghatározása állat etetési kísérletben.....	47
2.3.3.1. A tápokhoz felhasznált összetevők.....	47
2.3.3.2. Az etetési kísérlet bemutatása	48
2.3.4. Aminosav összetétel meghatározás	50
2.4. A statisztikai elemzés bemutatása	50
3. Eredmények és értékelésük	51
3.1. A különböző NPK kezelések hatása a búza elem- és fehérjetartalmára.....	51
3.1.1. Az eltérő dózisú N kezelések hatásának vizsgálata a fehérje- és ásványi anyag tartalomra.....	51

3.1.2. A P műtrágya hatása az ásványi alkotók és a fehérje mennyiségi alakulására..	66
3.1.3. Az elem- és fehérjetartalom alakulása eltérő dózisú K kezelések hatására.....	76
3.2. A különböző NPK kezelések hatása a liszt ásványi anyag- és fehérjetartalmára.....	86
3.3. Különböző termőhelyek hatása a búzaszem ásványi anyag és fehérje tartalmára ...	89
3.4. Különböző termőhelyek hatása a liszt ásványi anyag és fehérje tartalmára.....	95
3.5. A nettó fehérjehasznosulási arány vizsgálata állatetetési kísérletben	104
3.5.1. Az I. állat etetési kísérlet eredményei.....	104
3.5.2. A II. állat etetési kísérlet eredményei	108
3.5.3. Az állatetetési kísérletben tesztelt búzaminták aminosav összetétele	112
4. Következtetések.....	114
5. Összefoglalás	120
6. Summary.....	123
7. Új és újszerű tudományos eredmények	125
8. Gyakorlatban hasznosítható tudományos eredmények	127
9. IRODALOMJEGYZÉK	128
Mellékletek	147
Köszönetnyilvánítás	149

BEVEZETÉS

A búza az egyik legnagyobb mennyiségben termesztett gabonanövény, s mint olyan, a világ számos országában meghatározó szerepet tölt be az emberi táplálkozásban, emellett felhasználják az állati takarmányozásban is. Figyelembe véve, hogy a gabonafélék a humán szervezet napi tápanyagfelvételében jelentős részt képviselnek, igen fontos, hogy azok minél inkább képesek legyenek ellátni azt ásványi anyagokkal, és egyéb a számára szükséges alkotókkal (pl. fehérjékkel). Számos kutató munkálkodik azon, hogy elfogyasztott táplálékaink a felhasznált mezőgazdasági alapanyagokban – jelen esetben a gabonafélékben – rejlő potenciálokat kihasználva minél inkább képesek legyenek eleget tenni ennek a kritériumnak. Mindehhez szükség van azonban a növények szöveti összetételének, továbbá azok tápanyagfelvételi módjának, és az ezeket befolyásoló tényezőknek a beható ismeretére. A népesség növekedésével járó fokozott élelmiszerszükséglet, továbbá a jó minőségű, egészséges élelmiszerek iránti megnövekedett igény, a környezetvédelemre fektetett egyre nagyobb hangsúly, az ökológiai gazdálkodás és a talajkímélő agronómiai módszerek elterjedése, mind olyan tényezők, amelyek miatt napjainkban is aktuális kérdés, hogy mely faktorok milyen mértékben, illetve hogyan képesek hatást gyakorolni a termények összetételére.

Az egészségtudatos táplálkozás térhódításával egyre inkább előtérbe kerültek azok a kutatások, amelyek az ásványi elem koncentráció csökkenésével foglalkoznak az emberek táplálkozásában.

Ennek egyik oka az intenzív mezőgazdasági termelés eredményeként megnövekedett termésmennyiség. Több kutató figyelte meg ugyanis azt a tendenciát, miszerint a műtrágyák használatával, továbbá a rövidebb idő alatt nagyobb mennyiségi produkcióra képes fajták illetve hibridek elterjedésével járó egyre nagyobb és nagyobb hozamok a termények hamualkotóinak mennyiségi csökkenését vonták maguk után.

A táplálékban lévő ásványi anyagok csökkenésének másik oka a termékek élelmiszeripari feldolgozása során bekövetkező változásokban keresendő. Bár manapság egyre gyakrabban találkozhatunk az üzletek polcain olyan élelmiszer termékekkel, amelyeket valamilyen ásványi alkotó hozzáadásával dúsítottak az egészséges táplálkozás jegyében, a különböző mezőgazdasági termékek élelmiszeripari feldolgozása gyakran jár az alapanyag hamutartalmának csökkenésével. Ezek a folyamatok azonban számos esetben szükségesek a termék emészthetőségének, további felhasználásának megkönnyítése

érdekében (pl. a gabonafélék malmai feldolgozása). Sokszor azonban a melléktermékek is további felhasználásra kerülnek, például takarmányozási célokra, így végső soron továbbra is részesei maradnak a táplálékláncnak.

Az ásványi anyagokkal kapcsolatos kutatások másik irányvonala ezzel éppen ellentétes, a kémiai elemek környezetben való feldúsulásával foglalkozik. A különböző szennyezők ugyanis a tápláléklánc valamely elemébe kerülve végül az emberi szervezetbe jutnak, ezáltal potenciális veszélyt jelentenek az egészségre. Ezeknek a szennyezőknek számos forrása lehet, s e források legtöbbje antropogén eredetű, mint a mezőgazdaságban felhasznált kemikáliák, a közlekedés és minden egyéb tevékenység, amely fosszilis tüzelőanyagok elégetése által törekszik energianyerésre, a bányászat, az ipari termelés során keletkezett különböző melléktermékek, továbbá idetartozik a háztartások által kibocsátott szennyvíz és hulladékok is. A problémát alapvetően nem az egyes elemek jelenléte okozza, hanem azok felhalmozódása a szervezetben. Bár bizonyos szennyezőkből csak nagyobb dózis felvétele jár egészségkárosító hatással, vannak olyan kémiai elemek, amelyek már igen csekély mennyiség felett is toxikusak lehetnek. Az előzőekből kitűnik, hogy az elemek táplálékláncban betöltött szerepével kapcsolatos kutatásokban igen nagy jelentősége van azok koncentrációjának, ezáltal a mennyiségi mérésekkel foglalkozó analitikai módszereknek. Napjainkban modern berendezések teszik lehetővé az elemtartalom pontos meghatározását.

CÉLKITŰZÉS

Vizsgálataink során több célt is kitűztünk, többek között annak megfigyelését, hogy valóban lehetséges-e a termés – jelen esetben a búza – ásványi anyag tartalmának (különösen mikroelemtartalmának) növelése megfelelően kialakított nitrogén, illetve NPK trágyázási stratégiákkal. Ennek azért van jelentősége, mert amennyiben ilyen módon növelhető az ásványi alkotók mennyisége a betakarított terményben, az hozzájárulna azon mikroelemek pótlásához, amelyek a szükségesnél csekélyebb mennyiségben vannak jelen étrendünkben.

Emellett azokra a kérdésekre is választ kerestünk, hogy hogyan hatnak a gabonaszemek és a belőlük nyert lisztek elemtartalmára az NPK kezelések különböző szintjei. Ennek során megfigyeltük az általunk vizsgált ásványi alkotók (P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr) mennyiségének alakulását a teljes búzaszemben és a lisztben különböző NPK kezelési kombinációkkal ellátott mintákban. Ezt követően arra is szeretnénk volna választ kapni, hogy vizsgálataink során milyen mértékű elemtartalom veszteséget okozott a gabona malmi őrlése, a korpa részek elválasztása a lisztől, azaz mennyivel tartalmaz többet a teljes búzaszem az egyes ásványi anyagokból, mint a liszt, és mely hamualkotóknál milyen mértékű különbség tapasztalható.

A továbbiakban azt is megvizsgáltuk, hogy hogyan nyilvánul meg, illetve milyen mértékű hatása van a különböző termőhelyeknek a gabona ásványi anyag tartalmára. Ebben az esetben öt termőhely mintáinak eredményeit hasonlítottuk össze.

Munkánk során a termények ásványi alkotóinak vizsgálatán kívül célunk volt a búzában lévő fehérjetartalom mennyiségi, illetve minőségi alakulásának megfigyelése is, hiszen amellett, hogy az emberi és állati szervezet számára nélkülözhetetlen táplálóanyag, a búza termésében lévő fehérjék mennyisége meghatározó a belőlük készült lisztek sütőipari minőségének szempontjából is. Célunk volt annak vizsgálata, hogy hogyan alakul a szemek és a liszt fehérjetartalma az eltérő régiók illetve a különböző dózisú NPK kezelések hatására, továbbá, hogy hogyan mutatkozik meg a műtrágyázás hatása a fehérjék táplálóértékében. Annak érdekében, hogy erre választ kapjunk, állat etetési kísérlet eredményein keresztül vizsgáltuk a minták nettó fehérjehasznosulását, és az elfogyasztással elérhető testtömeg-gyarapodást. A táplálóérték átfogóbb vizsgálatának érdekében a tesztápként szereplő műtrágyakezelésben részesített mintáknak az aminosavösszetétele is meghatározásra került.

1. Szakirodalmi áttekintés

1.1. A szabadföldi kísérletek jelentősége

Vizsgálatainkat szántóföldi kísérletből származó mintákból mért eredmények elemzésén keresztül végeztük. A szabadföldi kísérletek története egészen az 1800-as évig nyúlik vissza, amikor is megjelentek a legkorábbi állomások. Az első, valóban kísérleti állomásnak tekinthető intézményt Boussingault alapította 1834-ben, Elzászban (Franciaország), majd 1843-ban hozták létre a Rothamstedi Kísérleti Állomást (Egyesült Királyság). Az 1843-1856-ig beállított kilenc tartamkísérlet közül nyolc ma is folyik „Rothamsted Classical Experiments” néven. Németországban 1851-ben, a Lipcse melletti Möckernben alapították meg az első ilyen intézményt, amelyet tizenöt éven belül további húsz követett. Oroszországban 1867 és 1869 között Mengyelejev vezetésével zajlottak az első szabadföldi kísérletek, amely során minden jelentős, abban az időben ismert műtrágyát kipróbáltak. 1875-ben az Egyesült Államokban is létesült mezőgazdasági kísérleti állomás Connecticutban. Hazánkban az első szabadföldi kísérleteken keresztül végzett tudományos kutatások Cserháti nevéhez fűződnek, és az 1800-as évek utolsó negyedére tehetők (Kádár, 1992).

A korai szabadföldi kísérleteket később világszerte egyre több követte. Ezen vizsgálati módszer jelentősége abban rejlik, hogy a talaj–növény–klíma rendszerének körülményei között, természetes környezetben és éghajlaton, eredeti vízellátottsági viszonyok mellett, természetes szerkezetű talajokon zajlik. Az ilyen kísérletek hátránya, azonban, hogy eredményüket nagyban befolyásolják olyan állandóan változó tényezők, mint pl. az időjárás. Ebből következően egyetlen év eredménye nem elegendő következtetések levonásához, hanem több évre van szükség (Debreczeni, 1979), azonban sok olyan kérdés van, amelynek megoldása csak ezzel a módszerrel lehetséges (Debreczeni, 1979; Kádár, 2000b).

A szabadföldi kísérleteket többféle módon is csoportosíthatjuk. Parcella mérete alapján mikro-, kis-, közép-, és nagyparcellás kísérleteket különböztethetünk meg. A méret a céltól, növényfajtól, a tervezett időtartamtól, elrendezési módtól, stb. függ. Típus szerint beszélhetünk egy-, és többtényezős kísérletről. Az egytényezős kísérlet esetén csak egy elemmel, míg a többtényezős vizsgálatokban egyszerre több elemmel, illetve azok kölcsönhatásaival foglalkoznak (Debreczeni, 1979; Loch, 1999a).

Bár a szabadföldi kísérletekben nyert adatok egy adott terület adott termőhelyére, illetve a megfigyelési időszakra vonatkoznak, ezek tapasztalatai egy nagyobb területre és hosszabb időszakra vonatkozó agrotechnikai szaktanácsadás egzakt tudományos alapjaként használhatóak fel (Várallyay, 2009).

1.2. A búzatermesztés jelentősége és szerepe az ásványi anyag ellátásban

Világviszonylatban a búzát évi 600 millió tonna körüli betakarított termésével a három legnagyobb mennyiségben termesztett gabonanövény között tartják számon (Shewry, 2009). Az őszi búza a Magyarországon előállított növényi termények meghatározó részét teszi ki, vetésterülete 1,0-1,2 millió hektár között változik hazánkban (Pepo, 2007). A növény a mérsékelt éghajlatú területek meghatározó kalászos gabonaféléje, ökológiai adaptációs képessége rendkívül jó, így megfelelően alkalmazkodik a mérsékelt éghajlati öv különböző klimatikus feltételeihez (humid, kontinentális, mediterrán, stb.) (Pepó, 2004b). Termeszthetőségi területének kiterjedtsége páratlan, hiszen az északi szélesség 67. fokán fekvő skandináv és orosz területektől egészen a déli szélesség 45. fokán fekvő argentin vidékekig megtalálható (Feldman, 1995).

A gabonanövények termése fontos ásványi elem- és tápanyagforrás az emberek számára (Galand et al., 1997; Gupta et al., 1999; McKevith, 2004; Fan et al., 2008; Zhao et al., 2009). A búza számos országban az emberi táplálkozás fő komponenseként a szénhidrátforrás 55%-át (Gupta et al., 1999), illetve a napi kalóriefelvétel több, mint 50%-át adja (Cakmak, 2008), emellett a búzaszemekben számos kémiai elem fordul elő (Szabó et al., 1987; Pethő, 1993). Figyelembe véve, hogy a hamutartalom friss zöld tömegnek viszonylag kis részét alkotja, annak mennyiségét szárazanyag százalékban szokták megadni. Ez az érték a búzaszem esetében 1,2-3,7% (Shellenberger, 1978; Lásztity, 1981; Győri és Győriné, 1998; Loch, 1999a).

Az ásványi összetétel tekintetében a szakirodalom meglehetősen változatos adatokat közöl. Az alábbiakban azon hamualkotók mennyiségi adatait kívánom taglalni, amelyekkel elemzéseink során mi is foglalkoztunk. Pais (1980), Győri (1983), Szabó et al. (1987), Győri és Győriné (1998), Dániel et al. (1998); Győri (2002); Kincses, S.-né (2002), Lewandowski és Kauter (2003), Oury et al. (2006); Škrbić és Onjia (2007), Tang et al. (2008), Mars (2009), Sipos (2009), Zhao et al. (2009), Shi et al. (2010) és Shtangeeva et al.

(2011) nyomán a búzaszem káliumtartalma 1524-4500 mg/kg, míg foszfor esetében ez az érték 2279-4704 mg/kg. A harmadik legnagyobb mennyiségben fellelhető elem a kén, amiből a szemek 1211-1960 mg/kg-ot tartalmaznak. Ezt követi a magnézium 700-2410 mg/kg mennyiséggel, majd a kalcium, amiből 237-1000 mg/kg van a szemekben. A búzaszemek vastartalma 18-165 mg/kg. Mangánból a szakirodalom 19,7-88 mg/kg intervallumot ad meg, cinkből pedig 12-74 mg/kg-ot. A szemes termények réztartalma 3-10 mg/kg közötti, és a bennük lévő bór koncentrációja 0,1-5,0 mg/kg. Stronciumból a szemek 1,10-6,78 mg/kg-ot tartalmaznak. Tekintettel a szakirodalmi adatok igen nagy szórására, ami számos tényezőtől – köztük az eltérő termőhelyekből adódhatnak –, a hazai területekről származó minták mérési eredményeit összefoglaltam az 1. táblázatban.

1.táblázat: A hazai területeken termesztett búzaszemek ásványi elemtartalma (mg/kg)

Ásványi elem	Búzaszem (mg/kg)	Forrás
P	2800-3500	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Kincses, S.-né, 2002
K	2800-4298	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Kincses, S.-né, 2002
Ca	253-673	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Dániel et al., 1998; Kincses, S.-né, 2002
Mg	700-1976	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Dániel et al., 1998; Kincses, S.-né, 2002
S	1243-1748	Győri, 2002
Fe	46,6-106,6	Dániel et al., 1998;
Mn	25,0-52,9	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Dániel et al., 1998; Kincses, S.-né, 2002
Zn	17,9-31,3	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Dániel et al., 1998; Kincses, S.-né, 2002
Cu	3,0-6,4	Győri, 1983; Győri és Győriné, 1998; Dániel et al., 1998; Kincses, S.-né, 2002
Sr	2,3- 3,17	Dániel et al., 1998

Az Egyesült Királyságban végzett vizsgálatok szerint 19 és 64 év közötti felnőttek táplálkozásában a gabonafélék és a belőlük készült termékek a napi ásványi elem felvétel 44%-át adják a Fe, míg 27%-át a Mg, 25%-át a Zn, és 31%-át a Cu esetében (Henderson et al., 2003). Szalay et al. (1982) szerint az emberi szervezetbe jutó Mn legalább 70%-a származik cereáliákból.

Az ásványi elemek megoszlása a búzaszem egyes részei között egyenetlen. Ezeket legnagyobb mennyiségben az aleuron réteg tartalmazza (Galand et al., 1997; Anjum et al., 2002; Ortiz-Monasterio et al., 2007; Shi et al., 2010), viszont számos országban az ásványi alkotókban legszegényebb endospermium a mag legszélesebb körben fogyasztott része (Kutman et al., 2011). A gabonaszemek elemtartalma az őrlési folyamat során szignifikánsan csökken, így a búzatermékek ásványi alkotóinak mennyisége nagymértékben függ az őrlési finomságtól. Vegyük példának a BL-55 jelű búzalisztet (hamutartalma 0,55%), amely igen kevés ásványi alkotót tartalmaz, ugyanakkor a korpa, amelynek mennyisége nem számottevő az emberi táplálkozásban, gazdag mikroelemekben (Szabó et al., 1987; Tang et al., 2008). Az eltérő őrlési finomságú lisztek, a búzadara és a búzakorpa ásványi elemtartalmát foglalja össze a 2. táblázat.

2.táblázat: Malomipari termékek ásványi elemtartalma (mg/kg) (Pais, 1980; Tang et al., 2008; Shi et al. 2010)

Ásványi elem (mg/kg)	Lisztek	Búzadara	Búzakorpa
P	778-1314	3861	10819
K	1018-1495	4786	13029
Ca	180-318	498	978
Mg	233-504	1692	5320
Fe	5,5-15,7	43,5-109,9	100,5-151,4
Zn	7,8-16,3	49,1-83,5	60-86,3-102
Mn	5,7-10,5	51,6-97,0	96,0-109,8
Cu	1,5-3,0	10,3-15,1	12,3-22,0

Az utóbbi évtizedekben egyre több kutatás foglalkozik a rákos és egészséges sejtek mikroelem tartalma közötti eltérésekkel. A rákos megbetegedések és a táplálkozás – ezen belül az élelmiszerekben lévő mikroelemek – mennyisége között összefüggések vannak. A betegségek megelőzésében fontos szerepet tulajdonítanak az élelmiszerek minőségének és összetételének (Pais, 1980). Mint a humán táplálkozás potenciális toxikus mikroelem forrásai, az elmúlt néhány évtizedben a gabonafélék – különösen a búza alapú termékek – a figyelem középpontjába kerültek (Škrbić és Onjia, 2007). Tekintettel arra, hogy a kenyérfogyasztás jelentős szerepet tölt be az emberek táplálkozásában, a búza szemtermésének már kismértékű szennyeződése is a lakosság drasztikus károsterhelésével járhat hosszú távon. Igaz ez annak ellenére, hogy általánosságban minden

vizsgált elem esetében elmondható, hogy azok legkevésbé a magban dúsulnak, mely genetikailag védett (Szabó et al., 1987; Kádár és Daood, 2001).

1973-ban az As, Cu, Cd, Fe, Hg, Pb és a Zn a FAO/WHO Codex Alimentarius Bizottságának ítélete által a humán táplálkozás szempontjából potenciálisan toxikusnak nyilvánultak (Ybanez és Montoro, 1996). Mára számos országban jogszabályok rögzítik az élelmiszerekben maximális megengedhető koncentrációt, illetve a talajok esetében maximálisan elfogadható koncentrációt a nem esszenciális nyomelemek, illetve a mikroelemek esetében, mint a Hg, As, Pb, Cd, Co, Cu, Cr, Mo, Ni, Se, és Zn (Delschen és Werner, 1989; Ewers, 1991; Alloway, 1995; Škrbić és Onjia, 2007). Hazánkban a 17/1999. (VI. 16.) EüM rendelet határozza meg az élelmiszerek maximálisan megengedhető fémtartalmát, amely gabonafélékben és őrleményeikben a következő értékeket adja meg: 0,02 Hg-, 0,1 As- és Cd-, 0,15 Pb-, 5 Cu-, illetve 30 mg/kg Zn koncentráció.

1.3 Vizsgált ásványi elemek bemutatása

A felmérések azt mutatják, hogy a talajok nyomelem tartalma rendkívül változatos (Kabata-Pendidas és Pendidas, 2001). A talajképző kőzetek ásványi összetétele a nyomelemek elsődleges forrásaként meghatározóak a talajok ásványi anyag tartalma szempontjából, tehát ez az a kiindulási alap, amelyből a biogén körforgalomba bekerülnek az ásványi alkotók. Az elemek talajból való felvehetőségének mértékét azonban számos tényező befolyásolja, mint a pH, az agyag-, mész- és szerves anyag tartalom. A talajok tápanyagainak összes mennyisége tehát csak kevés információt nyújtó érték, mert nem azonos a növények által felvehető mennyiséggel (Aubert és Pinta, 1977; Pais, 1980; Szabó et al., 1987; Škrbić és Onjia, 2007). Jackson és Alloway (1992) véleménye szerint a növények kémiai összetétele általában jobban tükrözi a talajoldat összetételét, mint a talajok teljes ásványi elemtartalma.

Mára a növények szöveteiben a legtöbb természetben előforduló elemet kimutatták, valószínű azonban, hogy a növényekben minden – a földkérget alkotó – kémiai elem megtalálható (Ensminger és Freney, 1966; Epstein és Bloom, 2005; Loch és Nosticzius, 1992; Marschner, 2012). Az egyéves szántóföldi növények esetén a tápanyagtartalmat nagymértékben befolyásolja a fiziológiai életkor. Az egyes elemek a különböző növényekben, és azok szerveiben (szem, szár, gyökér, levél, stb.) más és más mennyiségben vannak jelen (Szabó, 1977; Debreczeni 1979; Pais, 1980; Szabó et al., 1987;

Loch és Nosticzius, 1992), így normális körülmények között minden növényi rész saját, rá jellemző elemkoncentrációval rendelkezik (Shtangeeva et al., 2011). A különböző elemek koncentrációját az egyes növényi szervekben nemcsak a genetikai adottságok, hanem a környezeti tényezők is befolyásolják (Bergmann, 1988; Csathó, 1994; Sarkadi, 1975).

Ezen elemek egy része esszenciális, azaz jelenlétük – pontosabban meglehetősen szűk határok között változó optimális koncentrációjuk – a növényi, állati, vagy emberi szervezet számára nélkülözhetetlen, továbbá tartós hiányuk esetén jellegzetes biológiai funkciók az optimális szint alá csökkennek (Szabó et al., 1987; Gasztonyi és Lásztity, 2005). Más részük serkentőleg hat bizonyos egyéb kémiai elemek felvételére, hasznosulására, megint mások pedig már nagyon kis koncentrációban is toxikusnak bizonyulnak (Pais, 1991; Szabó és Kádár, 1994; Szabó et al., 1987).

Mennyiségi megoszlásuk alapján az elemeket makro- és mikroelemekre oszthatjuk (Szabó et al., 1987; Pethő, 1993). A makroelemek csoportjába sorolható a C, H, O, N, P, K, S, Ca, és a Mg, mikroelemnek minősül a Fe, Mn, B, Cu, Mo és a Zn (Buzás, 1983; Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a). A makroelemek a növényi szárazanyagban általában 0,1-50%-nyi mennyiségben vannak jelen, míg a mikroelemek esetében ez a koncentráció 0,0001-0,1% (Pais, 1980). A mikroelem – esetenként nyomelem – elnevezés tehát a tápelemek rendkívül kicsi részesedésére utal a növényi anyagból. A mikroelemek növényélettani jelentőségét történetileg később ismerték fel, mint a makroelemekét, kimutatásuk ugyanis csekély mennyiségük miatt csak a kémiai elemző eljárások tökéletesedésével vált lehetővé (Almássy et al., 1977).

Táplálkozásbiológiai szempontból a makroelem fogalmát azon elemek esetében használják, amelyek az emberi testszövetekben g/kg koncentrációban vannak jelen, s amelyekből az ember napi szükséglete gramm nagyságrendű. Ezzel szemben a mikroelemekből a szervezet napi szükséglete legfeljebb csak mg nagyságrendű, és az élelmiszerekben is csak mg/kg körüli mennyiségben fordulnak elő. Mezoelemnek tekintik viszont azon elemeket, amelyek ez alapján egyik csoportba sem sorolhatók, mint a Fe, Zn (Szabó et al., 1987; Gasztonyi és Lásztity, 2005).

Bizonyított tény, hogy az elmúlt fél évszázadban világszerte növekedett a különböző mikrotápanyagok hiányában szenvedők aránya (Welch és Graham, 2002, Graham et al, 2007). Ezzel összefüggésben állhat, hogy körülbelül ettől az időszaktól kezdve több kutató eredményei szerint a mikroelemek koncentrációja csökkent az élelmiszerekben (Thomas, 2003; White és Broadley, 2005; Fan et al., 2008). Az elégtelen

ásványi anyag bevitel növekvő problémát jelent az emberi táplálkozásban. Az ásványi elemek, amelyek leggyakrabban hiányoznak az étrendből a Fe, I és Zn habár néhány populációban egyéb elemek, mint a Ca, Mg és Se mennyisége sem kielégítő (White és Broadley, 2005). Egyes felmérések szerint a föld közel fele érintett Fe és Zn hiányban (WHO, 2002; 2004; Cakmak et al., 2010). A búzaliszt ásványi elemekkel és vitaminokkal való dúsítása a hiánybetegségek megelőzésének egyik lehetséges módja (Gleason és Sharmanov, 2002). Az ilyen, és ehhez hasonló tápanyagpótlási stratégiák kidolgozása továbbá az ásványi anyagok geo-biokémiai körforgalmának, és a táplálékláncban betöltött szerepének tisztázása teszi indokoltá az e problémakörrel kapcsolatos kutatások szükségességét (Lásztity és Csathó, 2001).

1.3.1. A nitrogén

A nitrogén egyaránt részt vesz az élő sejtek és a működésüket szabályozó vegyületek felépítésében, hiszen a fehérjék nitrogéntartalmú aminosavakból állnak, emellett a sejtekben zajló biokémiai átalakulásokat katalizáló enzimek, és az anyagcserében részt vevő nukleotidok és foszfatidok ugyancsak nitrogént tartalmaznak (Di Gleria, 1959). A nitrogén a növényi életben is több szerves vegyület alkotó eleme (pl. aminosavak, nukleinsavak, egyszerű és összetett fehérjék, nukleotidok, klorofilok, alkaloidák, sejtalkotók, kromoszómák, gének, riboszómák, enzimek, stb.) (Debreczeni, B.-né és Sárdi, 1999; Loch, 1999a). Az állatoktól eltérően azonban a kultúrnövények minden számukra szükséges aminosav előállítására képesek (Debreczeni, B.-né és Sárdi, 1999; Gasztonyi és Lásztity, 2005). A nitrogén közvetve is hatással van a növényben végbemenő anyagcsere-folyamatokra, fontos szerepet tölt be a növények fitohormon-háztartásának funkcionálásában. Növeli a citokinin és a gibberellin mennyiségét, gátolva ezáltal az abszizinsav képződést, ami a növények öregedéséért felelős. A növények N tartalma általában 15% a szárazanyagra számítva (Debreczeni, B.-né és Sárdi, 1999).

A magasabb rendű növények nem képesek az elemi nitrogén hasznosítására, csak a nitrát- (NO_3^-) és az ammónium- (NH_4^+) ionokat veszik fel a talajoldatból, illetve egyszerűbb aminosavak (pl. karbamid) is bejuthatnak a növénybe (Di Gleria, 1959; Tisdale et al., 2005; Debreczeni, B.-né és Sárdi, 1999; Loch, 1999a). Az NH_4^+ nagyobb része a háromrétegű agyagásványok rétegrácsaiban fixálva található, és csak kisebb hányada van a talajkolloidokon adszorbeálva könnyen kicserélhető formában (Loch, 1999a). Az NH_4^+

vagy a NO_3^- ion felvétele a reakcióközeg pH változását okozza a növényi anyagszerkezetekben, ezáltal változás következik be az egyes elemek felvételi viszonyaiban (pl. Mn, Fe). Az NH_4^+ ion felvétele pH csökkenést idéz elő, míg a NO_3^- ionfelvétel általában a rizoszféra és a sejtek pH-jának növekedését vonja maga után. Az NO_3^- ion felvétele kedvezően hat a Mg^{2+} és a Ca^{2+} felvételére, azonban csökkenti a foszforfelvételt. Az ammóniumtáplálás a fémkationok felvételét visszaszorítja, azonban az anionok felvételének (pl. foszfát) kedvez, míg a nitráttáplálás ezzel éppen fordított hatású (Debreczeni, B.-né és Sárdi, 1999; Loch, 1999a). A növények legfontosabb nitrogénforrását a talajban lévő szerves vegyületek adják, amelyekből a talajlakó mikroszervezetek közreműködésével ammónium- és nitrátiók keletkeznek (ammonifikáció és nitrifikáció). Ez a folyamat a nitrogénvegyületek ásványosodása (Di Gleria, 1959; Loch, 1999a; Tisdale et al., 2005; Szabó, 2008). A művelt rétegben a N több mint 95%-a szerves kötésben van, mennyisége arányos a humusztartalommal. A N mobilizációja függ a szerves anyag C/N arányától, ugyanis a szűk C/N arányú pillangós gyökérmagmaradványok lebomlása gyorsabb, mint a tág C/N arányú, N-ben szegényebb szervesanyag maradványoké. Ezáltal a növények számára hozzáférhető N mennyiségét az elővetemény is befolyásolhatja. Ez a jelenség a pentozánhatás, amely N műtrágyázással kiküszöbölhető. A N immobilizációja C/N 30 értéknél következik be (Loch, 1999a). A talajok N készletét jelentős mértékben növelik a pillangós növényekkel szimbiózisban lévő (pl. Rhizobium-fajok), valamint a szabadon élő mikroorganizmusok azáltal, hogy képesek a légköri nitrogén megkötésére. A talaj N tartalmának bizonyos része azonban kilúgzódás, vagy denitrifikáció következtében eltávozik a talajból. A denitrifikáció kémiai reakcióként vagy baktériumok közreműködésével egyaránt lejátszódhat (Di Gleria, 1959; Tisdale et al., 2005; Szabó, 2008). Lúgos talajokon az ammóniagáz távozása is veszteséget okozhat (Loch, 1999a). Az NH_4^+ -t kation természetének köszönhetően a talaj kolloid anyagai képesek visszatartani, így nincs annyira kitéve a víz kilúgzó hatásának mint a nitrát alak, amennyiben az adott talaj eléggé nagy abszorpciós kapacitással rendelkezik. Ha azonban az ammónia nitrifikálódott, alá van vetve a kilúgzásnak, mert a nitrát-aniont nem köti meg az agyag (Tisdale et al., 2005). Az ammónium ionok viszont az agyagásványokon irreverzibilisen megkötődhetnek. A talajok N tartalma 0,02-0,4 % között változik a talaj típusától függően. Homok talajokban ez az érték az alsó-, míg agyagtalajokban a felső határértékhez áll közelebb (Di Gleria, 1959; Loch, 1999a).

A javuló N-ellátás növeli a takarmányok fehérjetartalmát (Loch, 1999a), a fehérjék pedig a takarmány valamennyi szerves táplálékanyaga közül a legfontosabbak, ugyanis az

állati test sejtjeinek létfontosságú anyagai között a fehérje kiemelkedő jelentőségű, és az állati szervezet fehérjét csak fehérjéből képes felépíteni (Schmidt, 1993). Táplálkozásélettani szempontból fontos még megemlíteni, hogy a túlzott N ellátottság nitrátfelhalmozódáshoz vezethet. Az élelmiszer- és takarmánynövények magas nitrát- és nitrittartalma az állatoknál methemoglobinémiát okozhat, ami csecsemőkorban is életveszélyes. A növények nitrát akkumulációját a faj, a fényviszonyok és a csapadék is befolyásolhatja (Debreczeni, B.-né és Sárdi, 1999).

1.3.2. A foszfor

A foszfor nélkülözhetetlen sejtépítő anyag, kulcsszerepe van a metabolikus folyamatokban, a fotoszintézisben és az energia-transzformációban (Debreczeni, B.-né, 1999; Máthéné et al., 2010). Az elem a membránok, számos sejtalkotó- (foszfolipidek, foszfoproteidek) és fontos életfolyamatokat szabályozó és örökletes tulajdonságokat hordozó vegyület, mint a nukleotidok, polinukleotidok (AMP, ADP, ATP, DNS, RNS) és nukleotid komponensű koenzimek (NAD-NADH, NADP-NADPH) felépítésében is részt vesz (Debreczeni, B.-né, 1999).

A növények H_2PO_4^- és HPO_4^{2-} ionokat vesznek fel. A növények foszfátfelvételét befolyásolja azok magnéziummal való ellátottsága, ahogy a Mg felvételére pedig a foszfátionok jelenléte hat kedvezően (Loch, 1999a). A foszfor a talajban szerves és ásványi kötésben egyaránt megtalálható, tehát a foszforgazdálkodásban a biológiai és szervetlen kémiai folyamatok egyenlő arányban vannak jelen. A talajoldatban a foszfor különböző foszfátionok formájában lelhető fel, ezek aránya pedig jelentős mértékben függ az oldat pH értékétől. A foszfor felvehetősége a semlegeshez közeli tartományban a legkedvezőbb, vagyis 5,5 és 7 pH között. A foszforban igen szegény talajok 0,05-0,1% P_2O_5 tartalommal rendelkeznek, míg az igen gazdag talajok esetében ez az érték meghaladja a 0,3%-ot. (Stefanovits, 1975). Hazánk talajainak AL- P_2O_5 készlete talajtípustól függően átlagosan 86-205 mg/kg (országos átlagban 151 mg/kg) (Baranyai et al., 1987).

Az emberi és állati szervezetben a foszfort elsősorban a fogak és csontok szerkezete tartalmazza kalciumhoz kötötten. Szerves formája a nukleinsavakban, enzimekben, B-vitaminokban és a szénhidrátok, lipidek, fehérjék foszforvegyületeiben lelhető fel, továbbá fontos szerepet tölt be az energiatárolásban és -felszabadításban (ATP, ADP). Egy felnőtt ember szervezetében 600-700 g foszfor van, amelynek 80-85%-a szervetlen formában

található meg. A napi foszforszükségletünk 800 mg. A humán szervezetben táplálkozási eredetű foszforhiány nem figyelhető meg, mivel a legtöbb élelmiszer tartalmaz többkevesebb foszfort (Gasztonyi és Lásztity, 2005).

1.3.3. A kálium

A káliumot – a nitrogén mellett – a növények a legnagyobb mennyiségben igénylik, és számos életfolyamatban nélkülözhetetlen (Tisdale et al., 2005). A K tartalom a zöld növényekben 1-6% a szárazanyag tartalomra vonatkoztatva. A kálium több mint 60 enzimreakciót katalizál (Kádár, 1999; Sárdi, 1999). Az elem elősegíti a sejtmembránok permeabilitását, a sejtek turgorállapotának megtartását és a sztómák nyitódásának és záródásának szabályozója is (Sárdi, 1999). A K hat a nitrátreduktáz enzim szintézisére, így a fehérjeképzést befolyásolja. A K hiány aránytalan N/K táplálást idéz elő, amelynek következményeként nőhet a %-os N tartalom, míg a szerves N aránya csökken. Ezért fontos az optimális N/K arány a növénytáplálásban. A K-mal gyengén ellátott növényekben oldható N-vegyületek és kismolekulájú szénhidrátok halmozódnak fel, közvetlen táplálékot szolgáltatva ezáltal a különféle károsító szervezeteknek. A talaj és a növény magas K tartalma viszont közvetetten károsíthatja a minőséget más elemek felvételének gátlásával (Ca, Mg, B, Mn, Fe) (Kádár, 1993). A kálium nem épül be kötötten a növényi sejtekbe, ezáltal könnyen kimosódhat (Kádár, 2000b).

A növények a káliumot K^+ -ion formájában veszik fel (Loch, 1999a). Szélsőségesen nagy ionarányok esetében a talajoldat K^+ , Ca^{2+} és Mg^{2+} tartalma gátló hatással lehetnek egymás felvételére (Kincses, S.-né, 2002). Valamennyi fémkation akadályozhatja egymás felvételét, emellett a fémkationok és az NH_4^+ -ion közt is antagonizmus van. A növények közvetlenül csak a talajoldatban ionos formában található, illetve a kolloidokon ionos formában adszorbeálva lévő káliumot képesek felvenni. A talajok káliumtökéje 0,-3,3% közötti, szikes talajokban meghaladhatja a 6%-ot (Loch, 1999a). A kálium a talajban szinte kizárólag szervesetlen kötésben fordul elő. A káliumtartalom oldhatóságára jellemző, hogy fagyás és száradás esetén csökken a könnyen oldható kálium mennyisége, míg felengedés és nedvesedés hatására ennek fordítottja történik. A talajszelvényben a káliumtartalom eloszlása szoros összefüggésben áll az agyagtartalommal. A nagyobb agyagtartalmú talajokban ugyanis több a kálium, de nagyobb annak megkötődésének lehetősége is

(Stefanovits, 1975). Magyarország talajainak átlagos AL-K₂O készlete talajtípustól függően 134-360 mg/kg (országos átlagban 232 mg/kg) (Baranyai et al., 1987).

Az emberi és állati szervezetben a kálium az intracelluláris tér legfontosabb elektrolitja (Mézes, 1993). Az elem több mint 90%-a a sejtközüti térben található, és fontos szerepet tölt be a sav-bázis egyensúly fenntartásában, az enzimátikus folyamatokban, a fehérje- és glikogénszintézisben, és az energiatermelésben. A magnéziummal együtt segíti az izmok nyugalmi állapotba jutását. Az emberi szervezetben testkilogrammonként átlagosan 2 g kálium van. Vegyes táplálkozással felvett napi káliummennyiség (2-6 g) fedezi a napi szükségletet, ami 1,6-3,0 g (Gasztonyi és Lásztity, 2005).

1.3.4. A kén

A kén a nitrogént, a foszfort és a káliumot követően a 4. legnagyobb mennyiségben található alkotóeleme a növényi szervezetnek. Ez a kémiai elem a kéntartalmú aminosavak építője, a peptidek, fehérjék és lipidek alkotója (Loch és Nosticzius, 1992; Kalocsai et al., 2005). Specifikus szerepe az SH- csoportokat tartalmazó enzimekben és koenzimekben, illetve a redoxirendszerekben érvényesül (Loch és Nosticzius, 1992). A kénellátottság a termés hozama mellett annak minőségére is befolyással van (Scherer, 2001).

A ként szulfátion formájában veszik fel a növények (Loch, 1999a). A szervetlen és szerves formában kötött kéntartalom a talajban folyamatos körforgásban van, az utóbbi azonban nem hozzáférhető a növények számára (Castellano és Dick, 1991). A talaj összes kéntartalmának azonban akár 98%-a is lehet szervesen kötött alakban (Bloem, 1998), ezért annak szelvényen belüli eloszlása általában a szintek szerves anyag tartalmától függ (Probert, 1980). A kénből a növények ugyanolyan mennyiséget igényelnek, mint foszforból. Az eredetileg szulfid alakban ásványokat alkotó elem a talajban 0,02-0,2%-ban van jelen, de lúp és szikes, sós talajokban ennek többszöröse is előfordul. Nem sós talajokban a kén nagyrészt szerves kötésben van, melyből a mikrobiológiai folyamatok során szabadul fel, illetve kötődik meg újra. Ezen kívül adszorpció útján is megkötődhet, aminek azonban csak erősen savanyú talajok esetében van jelentősége (Stefanovits, 1975). A szulfátionok felvételét a talajban nagyobb mennyiségben lévő ionok, továbbá a talaj kémhatása nem befolyásolják számottevően (Loch és Nosticzius, 1992). Hazánk talajainak

SO₄ tartalma talajtípustól függően 12,6-28,5 mg/kg (országos átlagban 17,4 mg/kg) (Baranyai et al., 1987).

Hagyományosan az ipariasodott országok talajainak S kínálata magas, ami a légköri kényszennyezésből és a kéntartalmú műtrágyákból származik. A csökkenő kén-emisszió és a műtrágyahasználatban bekövetkezett változások viszont kénhiányhoz vezettek, amelynek pótlása kénműtrágyák használatát tette indokolttá (Eriksen, 1997; Zhao et al., 1999; 2002).

Az emberi szervezet kéntartalma átlagosan 0,25%. A napi kén szükséglet 0,8-1,2 g (Gasztonyi és Lásztity, 2005). Az emberi és állati szervezetben a kén az aminosavak fehérjéinek, a kötőszöveteknek, szaruképleteknek, néhány enzimnek és hormonnak a felépítésében vesz részt.

1.3.5. A magnézium

A magnézium a klorofill központi elemeként egyedülálló jelentőséggel bír a növények életében. Ezen kívül az elem részt vesz még az energiaháztartásban, a fehérje-bioszintézisben, és fémkatalizátorként is szerepet játszik. Enzimalkotó és – aktiváló funkciót tölt be elsősorban a nukleinsav-anyagcserében, emellett a riboszómák és a sejtmagmátrix építőeleme (Debreczeni B.-né, 1999).

A magnézium a talajban mintegy 0,05-0,5% mennyiségben van jelen a szilikátok alkotórészeként, ezen kívül sok magnézium található dolomitban és előfordul magnéziumszulfát alakjában is. A magnézium az agyagásványok felületén erősebben kötődik meg, mint a kalcium. Eloszlása a talajszelvényben az agyagos rész eloszlását követi, ezért a homoktalajokban általában kevés, agyagtalajokban több magnézium van, így magnéziumhiány hazai viszonylatban elsősorban savanyú homoktalajokon fordul elő (Stefanovits, 1975). A növények Mg²⁺-ion formájában veszik fel (Loch, 1999a). A magnézium felvételére a káliumkészlet, a Ca²⁺, és az NH₄⁺ ionok mennyisége is hatással van az elemek antagonizmusa miatt (Stefanovits, 1975; Loch, 1981; Loch, 1999a; Kincses, S.-né, 2002; Jug et al., 2007). Magyarország talajainak Mg tartalma talajtípustól függően átlagosan 67-299 mg/kg (országos átlagban 211 mg/kg) (Baranyai et al., 1987).

Az emberi és állati szervezetben a Mg nagyrészt a csontokban van (50-60%), míg kisebb része a lágy szövetekben, intracellulárisan található meg. Az extracelluláris térben és a vérplazmában körülbelül csak 1%-a van jelen, ami fontos szerepet játszik az izoionia kialakításában (Mézes, 1993). Az ATP-szintézist, az ATP-ADP átalakulást, a

fehérjesszintézist, tiroxinképződést, és az oxidatív dekarboxileződést katalizáló enzimek alkotórésze. Az emberi szervezetben 20-28 mg magnézium van. A napi magnéziumszükséglet egy felnőtt ember esetében 250-350 mg, amit a vegyes étrend általában fedez (Gasztonyi és Lásztity, 2005).

1.3.6. A kalcium

A növényi életben a kalcium szerepe meglehetősen szerteágazó. A kalcium részt vesz a sejtmembránok stabilizálásában, ami által befolyásolja a légzési folyamatokat, a szintetikus folyamatok aktiválását, és az elektronszállítást. A kalcium koncentráció változásán keresztül szabályozza az ionfelvételben az antagonista és szinergista hatásokat és az enzimek működését. Az indolecetsavval együtt szabályozza a sejt méretet és az osztódást, sejtfalképződést. A kalcium növeli a növények ellenálló képességét a toxikus fémkoncentráció, valamint a sókoncentráció károsító hatása ellen. Az elem a fitinben is megtalálható, ami fontos tartalék vegyület a növények magjaiban (Debreczeni, B.-né, 1999).

A növények a kalciumot Ca^{2+} -ion formában veszik fel (Loch, 1999a). A kalcium mennyisége karbonátmentes talajokban 0,1-1,2%, ami, ha a talajban karbonátkiválás vagy gipsz található 8-12%-tól akár 20%-ig is terjedhet. A talajban ásványok alkotórészeként, kolloidok felületén adszorbeált formában, és a talajoldatban fordul elő. A kalcium megkötődésétől nem kell tartani, ezért ha az össz mennyiség kielégítő, akkor rendszerint a növények kalcium-ellátása sem ütközik problémákba. A talajok kalciumtartalmát viszont a kilúgzás csökkentheti (Stefanovits, 1975). Hazánk talajainak kalcium tartalma talajtípustól függően átlagosan 0,04-9,94 $\text{CaCO}_3\%$ (Baranyai et al., 1987).

A Ca az emberi és állati szervezetben részt vesz a vérárvadási folyamatokban, az izomkontrakcióban, a szívizomzat működésében, a neurotranszmissziós folyamatokban, emellett több enzim aktivátora, és felelős néhány hormon szekréciójáért. Hiánya csontképződési zavarokkal járhat (Mézes, 1993). Az emberi testben a kalcium a legnagyobb mennyiségben jelenlévő ásványi elem. Mennyisége 15-20 g testkilogrammonként, aminek 97-99%-a csontokban illetve a fogakban található. Egy felnőtt szervezet napi kalciumszükséglete 800-1000 mg. A gabonák fitinsavtartalma a kalciummal komplex vegyületet képez, ami csökkenti a felszívódást (Gasztonyi és Lásztity, 2005).

1.3.7. A vas

A növényi szervezetben a vas számos enzimrendszer (kataláz, oxidáz, fumársav-dehidrogenáz, citokrómok) aktiválásában szerepet játszik. A flavinenzim is vastartalmú. A vas részt vesz a fotoszintézis folyamataiban, a szénhidrátok oxidációjában, és a klorofillképződés katalizátora (Szabó et al., 1987). Jelenléte a lisztben rontja annak sütőipari értékét (Gasztonyi és Lásztity, 2005).

A vas kettő, vagy három vegyértékű alakban fordul elő. A talajban a szilícium után a legnagyobb mennyiségben található meg, azonban a talaj összes vastartalmának csak kis része hozzáférhető a növények számára. Ezek ugyanis elsősorban a két vegyértékű vasionokat képesek felvenni a talajoldatból. A vas mobilitását a savanyú kémhatás és a redoxpotenciál csökkenése növeli, míg a meszezés, a lúgos pH-érték csökkenti oldódását. Sok karbonátot vagy foszfátot tartalmazó talajokon, különösen magas pH mellett vashiány léphet fel. A talajban lévő más nehézfémek (Cu, Mn, Ni) mennyiségének növekedésével csökken a talajból felvehető vas mennyisége (Pande és Misra, 1976; Pais 1980). A nitráttáplálás gátolja, az NH_4^+ -táplálás elősegíti a növényi vasszorbálást a gyökér közelében kiváltott pH változás hatására. Az elem talajszelvényben való eloszlása az agyagtartalommal és a redoxviszonyok változásával függ össze. A vas mennyisége a talajokban igen széles határok között változik, ami azt jelenti, hogy 0,02-10%-ig terjed. A hazai talajok viszonylatában ez 2-8% Fe_2O_3 közötti (Stefanovits, 1975). A talajok átlagos Fe tartalma 30000 mg/kg (Pais, 1980).

A vas az emberi és állati sejtekben enzimek (pl. citokrómok), és fehérjék alkotórésze (Szabó et al., 1987). A vasszorbálást nagymértékben függ a Cu ellátottságtól: rézhiány és -felesleg esetén egyaránt csökken a felszívódás. A vas esetében antagonista hatása van a nagy Ca-bevitelnek is (Szabó et al., 1987). Egy átlagos felnőtt emberi szervezet 4-5 g vasat tartalmaz (Pais, 1980). A napi vasszükségletet Gasztonyi és Lásztity (2005) napi 1-3 mg-ban határozta meg, azonban annak rossz felszívódási hatásfoka miatt ennél lényegesebben többet (5-28 mg) kell belőle bevinni. Az elégtelen felvétel nemcsak izomelfajulással, hajhullással, és a belső elválasztású mirigyek zavarával (Szabó et al., 1987), fáradtsággal, és csökkent immunitással járhat (Haas és Brownlie, 2001), de a vérszegénység kialakulásának fő okozója világszerte (Bothwell és Finch, 1962).

1.3.8. A mangán

A mangán több biológiailag fontos enzim (pl. peptidáz, prolidáz, glutamil-transzferáz, enoláz, karboxiláz, argináz, cisztein-deszulfhidráz, dezoxi-ribonukleáz, élesztő foszfatáz) aktiválásán keresztül közreműködik a növényi sejtekben lejátszódó oxidációs és redukciós folyamatokban, a sejtlélegzésben, a foszforilációs folyamatok és a citromsavciklussal összefüggő reakciók szabályozásában, továbbá a nitrogén anyagcserében is szerepet játszik (Szabó et al., 1987). A Mn mennyisége a növényi magvakban kevesebb, mint a levelekben vagy a virágokban (Graupe et al. 1960), annak ellenére, hogy azokat Mn-ban gazdagnak tartják (Pais és Benton Jr., 1997). A növények Mn helyzetét nagyban befolyásolja annak kapcsolata más elemekkel, mint a Fe, P, Ca, Mg és Si (Markert, 1993).

A mangán vegyületeiben két, három, négy és hét vegyértékű lehet. Ezek közül a növények számára a két vegyértékű forma a felvehető. A talajban a három és négy vegyértékű alak is megtalálható, ezek mennyisége az oxidációs folyamatok előtérbe kerülésével nő. A növények számára felvehető formák mennyisége az összes mangántartalomnak mindössze 0,1-1%-át teszi ki. A talajok összes mangántartalma hazánkban 100-1100 mg/kg között változik (Szabó et al., 1987). Magyarország talajainak mangántartalma talajtípustól függően átlagosan 37,6-171,8 mg/kg (országos átlagban 112 mg/kg) (Baranyai et al., 1987). A mangán talajoldatbeli mennyisége Kabata-Pendidas és Pendidas (2001) szerint 30-270 µg/l. Elérhetőségét befolyásolja a talaj pH-ja, szerves anyag tartalma, a talaj szellőzőtségi foka, nedvességtartalma és hőmérséklete (Aubert és Pinta, 1977; Ermidou-Pollet et al., 2003). A Mn talajoldatbeli mennyisége szignifikánsan nő a talaj pH értékének csökkenésével. A magas pH érték (>7,5) a növények Mn hiányát okozhatja, míg toxicitást okozhat az alacsony pH (<5,5) (Anke et al. 1998).

Egy átlagos felnőtt (70 kg) ember szervezete 12-20 mg mangánt tartalmaz (Pais, 1980). A WHO (1996) szerint javasolt napi mangánszükséglet 3,5 mg. Humán vonatkozásban Mn-hiány csak ritkán fordul elő. Hiánya az emberi és állati szervezetben termékenyülési rendellenességekhez, fiatal korban növekedési problémákhoz vezethet, továbbá csontképződési zavarokkal járhat (Szabó et al., 1987). Az oxidatív foszforiláció és a különböző glükózil-transzferáz enzimek mangán igényesek, továbbá a koleszterin- és zsírszintézis zavartalan lefolyásához is szükség van Mn-ionokra (Zidek, 1983).

1.3.9. A cink

Sommer és Lipmann 1926-ban végleg igazolta a cink esszenciális voltát. Meldrum és Roughton (1933) leírta a karbo-anhidráz enzimet, amely egy mind a növényi, mind az állati szervezetben megtalálható Zn-fehérje komplex, és szabályozza a CO₂ és víz egyensúlyát a sejtekben (In: Szabó et al., 1987). Bergmann (1979) megállapította, miszerint a Zn növényfiziológiai jelentősége abban rejlik, hogy számos enzim fémkomponense, illetve szerepet játszik az auxin anyagcserében.

A cink talajbeli mennyisége 0,0001-0,03% (Stefanovits, 1975). A talajok átlagos cinktartalma 50 mg/kg (Pais, 1980). Hazánkban a talajok összes cinktartalma széles határok között változik. Legkisebb a homoktalajoké, ami körülbelül 30 mg/kg, az erdőtalajoké 70-115 mg/kg, míg a csernozjom talajok 120-150 mg/kg cinket tartalmaznak. A mozgékony mennyiség átlagosan a teljes mennyiségnek mindössze 1%-a (Szabó et al., 1987). Az elem oldhatóságát befolyásolja az agyagtartalom, a szerves anyag készlet és a foszfortartalom. Általában savanyú talajokban jobban oldódik, viszont magas foszfát és cink tartalmú talajokban nehezen oldható formába megy át. Ugyancsak csökkenti az oldhatóságot a nagyobb szerves anyag tartalom, illetve az ezzel együtt járó fokozott mikrobiológiai aktivitás. A cink az agyagásványok és a kalcium-karbonát felületén kicsapódik, ezért ha a talaj sok agyagot és szénsavas meszet tartalmaz, az elem mozgékonyasága jelentősen csökken (Stefanovits, 1975; Aubert és Pinta, 1977). Hiánya főként a 6,0-6,5 vagy ettől magasabb pH-jú talajokon fordul elő (Bergmann, 1979).

Egy felnőtt ember szervezete 2-3 g cinket tartalmaz (Gasztonyi és Lásztity, 2005). A napi cinkszükséglet 16 mg (WHO, 1996). Az emberi és állati szervezetben a cink sok fontos enzim (pl. karbo-anhidráz, karboxi-peptidáz, alkalikus foszfatáz, alkohol-dehidrogenáz, laktát-dehidrogenáz) alkotóeleme, emellett több hormon, köztük az inzulin is tartalmazza, továbbá részt vesz a fehérje- és nukleinsav szintézisben is. Hiánya bőrbetegségekhez, az ízérzékelés romlásához, növekedési zavarokhoz, csökkent enzimaktivitáshoz, és szexuális infantilizmushoz vezet (Szabó et al., 1987; Prasad, 1998).

1.3.10. A réz

A réz a növényi életfolyamatokban olyan enzimek alkotójaként és aktivátoraként vesz részt, amelyek a transzspirációs anyagcserében illetve az elektrontranszportban vesznek részt, emellett fontos szerepet tölt be a szénhidrát-, fehérje-, és zsír anyagcserében (Szakál et al., 2007) és katalizálja a flavonoidok redoxi reakcióit is (Strack, 1984).

A réz 0,0002-0,01% mennyiségben van jelen a talajban, részben a vas-mangán konkréciók kísérőelemeként, részben szerves kötésben, amely a növények számára hasznosítható forma. Összmennyiségének igen kis része van csak kicserélhető formában, a szelvényen belüli réztartalom mégis változik az agyag eloszlásával (Stefanovits, 1975). Rézhiány gyakran fordul elő homoktalajokban és magas szerves anyag tartalmú talajokban (Kádár, 2002). A réz két, ritkábban egy vegyértékű. Hazánk talajainak összes réztartalma 3,2-38 mg/kg (Szabó et al, 1987). Baranyai, et al. (1987) szerint talajaink réztartalma talajtípustól függően átlagosan 2,86-7 mg/kg (országos átlagban 4,82 mg/kg). A növények számára hozzáférhető forma mennyisége általában 4-20 mg/kg. Hazánk a talajok mozgékony réztartalma alapján normális Cu-ellátottsági zónába esik. A réz humuszvegyületekkel stabil komplexet képez, és ebből a formából nehezen felvehető a növények számára. Cu-hiány felléphet hosszan tartó szárazság és magas pH esetén, illetve a talaj nagy mésztartalma is elősegíti. A Cu-Mo antagonizmus miatt a nagy molibdéntartalom is másodlagos rézhiányt válthat ki (Szabó et al, 1987).

Az emberi és állati szervezetben a réz számos fehérje (pl. a vas hemoglobinba való beépülését lehetővé tévő ceruloplazmin) alkotóeleme és bizonyos enzimek (pl. ferroxidáz, citokróom-oxidáz, tirozináz) aktivátora (Szabó et al., 1987, Mézes, 1993). Szerepet játszik a lipid, koleszterin és glükóz anyagcserében, és az idegrendszer megfelelő működésében (H. H. Sandstead, 1985). Az emberi szervezetben 80-100 mg mennyiségű réz van. A napi rézszükséglet egyes szerzők szerint 1,5-5 mg közötti (Gasztonyi és Lásztity, 2005), míg a WHO (1996) 1-1,5 mg-ban határozta meg ezt az értéket. Hiánya anémiát, neutropeniát, hasmenést, növekedésbeli visszamaradottságot, arterioszklerózist okozhat. Mezőgazdasági állataink esetében a rézhiány különösen a kérődzőkre jelenthet veszélyt (Szabó et al. 1987). Hiányában a gyapjú mennyisége kevesebb, minősége gyengébb, a tej- és tejszírttermelés csökken, továbbá kialakulhatnak méhen belüli rendellenességek, mint a születéskori ataxia (Underwood, 1977).

1.3.11. A stroncium

A stroncium a talajban gyakran előforduló elem (Kádár és Szemes, 1994; Sasmaz és Sasmaz, 2009), a földkéreg 0,0333%-ban tartalmazza (Wedepohl, 1995). A talajok felvehető Sr tartalma függ az agyagásvány tartalomtól, a szervesanyagkészlettől, a pH-tól és a redox-viszonyoktól (Kabata-Pendidas és Pendidas, 2001; Tamponnet et al., 2008). A stroncium a növények vegetatív részeiben koncentrálnak (Kastori et al., 1992; Lásztity és Csathó, 2001; Kabata Pendidas és Pendidas, 2001). Az elem a növényi felvétel során kalciummal kompetitív viszonyban áll (Lembrechts et al., 1990).

A stroncium nem vállal részt az élő szervezetek ismert anyagcsere folyamataiban, és nincs szerepe a homeosztázis fenntartásában sem (Szostek et al., 2009). Habár Kabata-Pendidas és Pendidas (2001) szerint nincs elegendő bizonyíték a bioszférában lévő magas Sr szint emberekre vagy állatokra gyakorolt káros hatására, Jug et al. (2007) a nagy Sr tartalmat a növényi táplálásban és az emberi táplálkozásban egyaránt toxikusnak tartják. Shacklette et al. (1978) a növényi szervezet számára toxikus Sr koncentrációt 30 mg/kg-ban állapították meg a szárazanyagra vonatkoztatva.

Tekintve, hogy a stroncium alkáliföldfém, fizikai és kémiai tulajdonságai tekintetében hasonlít a kalciumhoz, illetve a táplálékból való felszívódása is a kalciuméhoz hasonlóan történik, és 90%-a a csontokba épül (Schroeder, 1972; Gasztonyi és Lásztity, 2005; Burton és Wright, 1995).

1.4. A búzaszemek fehérjetartalma, az ásványi elemek és a fehérjék kapcsolata

Az élelmezési célokra felhasznált búzával szemben támasztott fontos minőségi követelmény, hogy annak szemtermése minél nagyobb fehérjetartalommal rendelkezzen. A fehérjetartalom ugyanis nemcsak a liszt sütőipari értékét befolyásolja kedvezően, hanem jó hatással van a belőle készült kenyér emészthetőségére is (Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a). Fontos azonban megjegyezni a tartalékfehérjék kapcsán, hogy nemcsak azok mennyisége, hanem összetétele is nagymértékben befolyásolja az őszi búza lisztjéből készített tészta reológiai tulajdonságait (Peck et al., 2008).

A gabonafélék közül a búza a leggazdagabb fehérjében. A búzaszemek minden részében található fehérje, ám az legnagyobb koncentrációban az aleuronrétegben és a

csírában van, így a teljes szem értékesebb, mint a gyakorlatilag endosperméből álló termékek (Lásztity, 1981).

A magas fehérjetartalom a takarmányozási célra használt gabonafélék esetében szintén kívánatos (Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a). Ez a búzaszem esetében 8,7-18,1% körüli érték a nyersanyagra vonatkoztatva (Shellenberger, 1978; Lásztity, 1981; Loch, 1999a; Oury et al., 2006).

A fő probléma a gabonafélékkel, mint táplálék-fehérje szolgáltatókkal, hogy fehérjéjük gyenge minőségű, nem pedig az, hogy kis mennyiségben tartalmazzák azt. A gabonafehérjék gyenge minőségét némely esszenciális aminosav hiánya okozza, ugyanis egy adott fehérje biológiai értéke a benne lévő limitáló aminosavtól függ, azaz ennek az aminosavnak a mennyisége határozza meg az adott fehérje hasznosulását. A másik problémát néhány gabonaféle alacsony emészthetősége jelenti.

Éppen ezért a gabonafélék elsődleges jelöltek az aminosav összetétel erősítésében, mivel általában megfelelő mennyiségben alkalmazzák táplálék fehérjének, azonban gyenge minőségű fehérjét tartalmaznak. A gabonamagvak különösen a fejlődő országokban játszanak nagy szerepet, mint elsődleges fehérje források (Jansen, 1974)

A búzafehérjék kis lizin- és treonintartalommal rendelkeznek, azonban nagy bennük a glutaminsav és a prolin mennyisége. Az egyes fehérjetípusok aminosavösszetétele többnyire állandó, így a búzaszemek fehérjeösszetételét a morfológiai részek súlyaránya befolyásolja. A búzák, illetve a belőlük készült lisztek és kenyerek biológiai értéke 50-60 körüli, szemben a legjobb minőségű fehérjék (pl. tojás) 90-100-as értékével. Táplálkozási és takarmányozási szempontból fontos azonban megjegyezni, hogy a gabonafehérjék számos fehérjével jól kiegészíthetők (Lásztity, 1981).

Emellett a limitáló aminosav mennyiségét növénytaplálási stratégiákkal is igyekeznek növelni, azonban bonyolult annak megállapítása, hogy milyen mértékű minőség-növekedés érhető el a növénytaplálás útján (Jansen, 1974).

Ennek meghatározását több módszer segíti, a biológiai értékre többek között az állatok testtömeg-gyarapodásából is lehet következtetni. Az egyik ilyen – testtömeggyarapodáson alapuló mutató – a nettó fehérjearány (Nettó Protein Ratio, NPR), amely segítségével megtudhatjuk, hogy egy fehérjementes táphoz viszonyítva a vizsgált fehérje miként befolyásolja az állatok testtömeggyarapodását (Vincze, 1993).

Az ásványi elemek jelentős szerepet játszanak a búzafehérjék minőségének kialakításában. Randall és Wrigley (1986) szerint a magas kén koncentráció igen fontos a búzaszemekben, nemcsak azért, mert a kénhiányos búza csökkent esszenciális

aminosavtartalma rontja a liszt sütési tulajdonságait, hanem az állati takarmányozásban is alacsonyabb táplálóértékkel jár együtt.

A gabona fehérje- és ásványi anyag tartalma közötti összefüggésekre további példa Flynn et al. (1987) vizsgálata, amely során a rézhiányos búza lisztjéből készített tészta nyújtási ellenállása gyengének bizonyult a termés magas fehérjetartalma ellenére, továbbá Peck et al. (2008) munkája, akik azt tapasztalták, hogy a Zn táplálás képes megváltoztatni a fehérje-összetételt. Oury et al. (2006) vizsgálataiban a fehérjetartalom és az ásványi alkotók között csak mérsékelt korrelációt ($R < 0,5$) találtak. Relatív magas volt viszont a korreláció a Mg és a Zn között. Ezzel szemben Morgounov et al. (2007) és Cakmak et al. (2010) kísérleteiben a Zn és Fe koncentráció a fehérjetartalommal erősen szignifikáns pozitív korrelációt mutatott.

1.5. A búza minőségét befolyásoló tényezők

A búzatermesztés két legfontosabb célja a megfelelő hozam és minőség elérése (Bedő és Láng, 1997; Szakál et al., 2005). A búzaminőség jellemzőit a genotípus, a környezeti hatások, és a környezet-genotípus kapcsolata határozza meg (Loch és Nosticzius, 1992; Lesznayák, 1997; Loch, 1999a; Oury, 2006; Pepo, 2007; Singh et al., 2010). A genotípus hatásának vizsgálata során Zhao et al. (2009) 150 különböző fajta kenyérbúzával illetve további négy Triticum fajjal végzett elemzéseik során szignifikáns eltérést találtak azok Fe és Zn tartalmában. Ezzel szemben Oury et al. (2006) kísérleteiben a búzaszemek Fe koncentrációjára nem volt szignifikáns hatással a genotípus, azonban a Mg és a Zn tartalom esetében szignifikáns eltéréseket tapasztaltak a vizsgált fajták között. A Zn és Fe koncentráció alakulásában a genotípus-környezet interakció szerepe magas volt. Graham et al., (1999) vizsgálataiban szintén azt találta, hogy a termés Zn- és Fe-tartalmát a genotípus-környezet interakció határozza meg. Több szerző véleménye szerint a környezeti faktorok szerepe felülmúlja a genotípus hatását (Lukow és McVetty, 1991; Borghi et al., 1997). Hasonló megállapításra jutottak a közelmúltban Gomez-Becerra et al. (2010). Spelta genotípusú búzaszemmintákban fehérje és ásványi anyag tartalommal végzett vizsgálataik során a mért koncentrációk eltérései legnagyobb mértékben a környezeti tényezők hatásaiból adódtak.

Ezen tényezők körébe sorolhatóak az alkalmazott agrotechnikai faktorok, amelyek hatást gyakorolnak a búza őrlési és sütési tulajdonságaira (Pepo, 2007; Pollhamer, 1981;

Ragasits, 1992; Vida et al., 1996). Jug és munkatársai (2007) vizsgálatai szerint az őszi búza ásványi összetételét az alkalmazott talajművelési kezelések csak igen kismértékben befolyásolják. Annál nagyobb jelentőséggel bír azonban a tápanyagellátás, trágyázás, amely az őszi búza termesztéstechnológiája során az egyik legfontosabb, legkritikusabb tényező (Pepó, 2004a). Schlechtner (1972) szerint a trágyázás célja kettős: a hozam növelése és a minőség javítása. Meg kell azonban említeni, hogy a hozamban bekövetkezett növekedés az ásványi elemek mennyiségének csökkenését is maga után vonhatja. Ez a jelenség az úgynevezett hígulási effektus (Mench, 1997).

A növényi tápelemarányok tükrözik az ásványi táplálás minőségét (Kádár, 1993). Az optimális N/P₂O₅ arány tájanként és a műtrágyaadag nagyságától függően változik, így nem tekinthető állandó értéknek. Ahhoz, hogy a műtrágyázás során a talajba juttatott egyik vagy másik tápanyag hatása megfelelő legyen, az is szükséges, hogy minden – a növényi szervezet felépítéséhez szükséges – tápanyag rendelkezésre álljon a talajban. Ezért az egyes tápanyagok hatása mindig relatív, és attól is függ, hogy mennyi van a többi tápanyagból. Azon kezeléskombinációkban, amelyekben valamelyik tápanyag 0 szintje szerepel, a vizsgált tápelem érvényesülése akadályozott lehet (Denke, 1974). Ezt támasztják alá Kádár és Márton (2009) tapasztalatai is, miszerint mészlepedékes csernozjom talajon az önmagában adagolt 50 kg/ha/év feletti N-műtrágyázás nyomán a szemtermés mennyisége mérséklődött, megnyilvánult az N-túlsúly depresszív hatása, megnőtt a relatív P-hiány.

A dolgozatban vizsgált OMTK (Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek) kilenc kísérleti állomásán 1967-2001 között a legnagyobb búzatermésekről gyakran a 150-200 kg N/ha 120 kg P/ha és 100 kg K/ha hatóanyagtartalmú műtrágyakezelések mellett számoltak be (Debreczeni, B.-né, 2009).

1.6. NPK műtrágyázás hatásai, NPK trágyázási eredmények

A trágyázás célja a növények tápelemekkel való ellátása mellett a talajok termékenységének megőrzése, a termésmennyiség szinten tartása, illetve növelése, és a termésminőség javítása. A műtrágya-felhasználás Európában a XX. század elejétől napjainkig az ipar és a gazdaság fejlődésével összefüggésben változott. A termések növekvő tendenciája a fokozódó műtrágya-felhasználás következtében statisztikai adatokból is nyomon követhető (Loch, 1999b). A műtrágya-felhasználás dinamikus

növekedésének és intenzív alkalmazásának időszaka a nyugat-európai országokban 1950-1980 közé tehető, Magyarországon ez a '70-es, '80-as évekre esett (Németh, 1999; Németh, 2002; Pepó, 2004a). A következőekben a N, P, és K műtrágyázás, illetve a növények ásványi anyag tartalma közötti összefüggéseket kívánom taglalni. A korábbi kutatások eredményeinek rövid áttekintése előtt azonban szükségesnek tartom a dolgozatban vizsgált kísérletekben alkalmazott műtrágyák típusainak bemutatását, amelyek a következők voltak: Pétisó (1967-1987), ammónium-nitrát, szuperfoszfát, és 60%-os kálisó.

1.6.1. A pétisó és az ammónium-nitrát

A pétisót és az ammónium-nitrátot az ammóniumsókra jellemzően ammóniából és szervetlen savakból állítják elő. Az előállítás során felhasznált sav meghatározó a műtrágya tulajdonságainak és felhasználásának szempontjából. Az ammóniumsók jellemzően savanyítják a talajt azáltal, hogy savanyúan hidrolizálnak, fiziológiás hatásuk savanyú, és az NH_4^+ -ion oxidálása H^+ -ionok keletkezésével jár (Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a).

A pétisó tulajdonképpen mészammon-salétrom műtrágya, amely ammónium-nitrát és mészkőpor vagy dolomit keveréke. A műtrágya savanyító hatását a kalcium-karbonát hozzáadása mérsékli. Hatóanyagtartalma az ammónium-nitrát és a kalcium-karbonát vagy dolomit keverési arányától függően 25-28% N. A mészammon-salétrom műtrágya legegyszerűbb előállítási módja mészkőliszt és 95%-os ammónium-nitrát olvadék összekeverése, majd a keverék szárítása és aprítása (Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a;b).

A nitrogénműtrágyák közül az ammónium-nitrát használata a legelterjedtebb. Ez a műtrágyaféleség a nitrogént körülbelül fele-fele arányban ammónium és nitrátió formájában tartalmazza. Mivel a növény mindkét iont hasznosítja, a talajban nem marad kedvezőtlen hatású kísérő ion. Az ammónium-nitrátot egyaránt használják alap- és fejtrágyaként. Az ammónium-nitrát nitrogén tartalma a hazai szabványok előírásai szerint $34 \pm 0,3\%$ (Loch, 1999a).

Kádár (1993) a műtrágyák mikroelem-szennyezettségének vizsgálata során azt tapasztalta, hogy legtisztábbak a N-műtrágyák voltak, amelyek forrásául a levegő nitrogénje szolgál. A szennyeződés a gyártás során lép fel, és a technológiát tükrözi. A

hazai pétisók a N mellett elsősorban Ca, P és Sr források lehetnek. Győri (2009) szerint az ammónium-nitrát ugyancsak tartalmazhat Sr-ot, emellett 0,1% ként is.

1.6.2. A szuperfoszfát

A nyersfoszfátok különböző apatitokból állnak amelyek nehezen bontható apatitstruktúrával rendelkeznek. Megkülönböztetünk primer és szekunder eredetű apatitokat. A primer eredetű apatitok a magmatikus kőzetekben primer ásványként fordulnak elő, kristályos szerkezetük szabad szemmel vagy mikroszkóppal látható. A fluorapatitot tartalmazó foszfátok nagy mennyiségben fordulnak elő a Kóla-félszigeten, míg a klórapatitok legfontosabb lelőhelyei Norvégia Svédország és Kanada. A szekunder eredetű apatitok, azaz foszforitok tengeri üledékek. Szerkezetük mikrokristályos, és a foszforvegyületeken kívül tartalmaznak még kalcium-karbonátot, homokot és agyagot. Legfontosabb lelőhelyeik: Egyesült Államok, Észak-Afrika, a volt Szovjetunió tagállamai, a Csendes-óceán és az Indiai-óceán szigetei (Loch, 1999a;c).

A foszforműtrágya-gyártás célja, hogy a nehezen oldható foszforvegyületeket vízben vagy gyenge savakban oldható vegyületekké alakítsák át. A szuperfoszfát előállítása során a nyersfoszfát kénsavas feltárás útján válik oldható foszfáttá (Loch, 1999a;c). A szuperfoszfát műtrágyák előállítási folyamatuk során felhasznált H_2SO_4 -nak köszönhetően egyben kénrel is táplálják a talajt (Hagstrom, 1986), kén-tartalmuk 10-11% (Győri, 2009). Hatóanyaguk megközelítően 17-18% vízoldható monokalcium-foszfát, emellett legfeljebb 4,5 (granulátum) vagy 5,5 (őrölt) P_2O_5 % szabad foszforsavat is tartalmaznak. Szabad savtartalmuk által, továbbá a bennük lévő gipsz hidrolízisének keresztül – akárcsak az előzőekben bemutatott ammóniumsók – szintén savanyító hatásúak (Di Gleria, 1959; Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a).

Kádár (1993) szerint a foszforműtrágyák a leginkább szennyezettek más elemekkel. A foszforon kívül %-os mennyiségben tartalmazhatnak Ca, Mg, S esszenciális makroelemeket, és tized %-os nagyságrendben Al, Fe, K, Na, Si, Sr mikroelemeket. Ezen kívül számos más elem is előfordulhat bennük, mint B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ga, Hg, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Ti, V és Zn. A foszforműtrágyák szennyezettsége függ a nyersfoszfát származási helyétől. Például az észak-afrikai eredetű nyersfoszfátok Cd, Cr, Ni és Zn tartalma lényegesen több a Kóla-félszigetről származó foszfátokénál, míg a Thomas-foszfátokban kiugróan magas a Hg-, Cr, Cd, Ti és Mn mennyisége (Blaskó, 2009).

1.6.3. A 60%-os kálisó

A káliumműtrágya gyártásának nyersanyagai a nyerskálisók, amelyek a tengervíz bepárlódása és sótelepek képződése révén jöttek létre. A kitermelés általában a föld alatt a szénbányászathoz hasonló módszerekkel történik. A feldolgozás során a nyers kőzeteket tisztítják és szétválasztják, amelynek célja a kívánt minőségű és koncentrációjú K-műtrágya előállítása (Kádár, 1993; Loch, 1999a).

A 60-as kálisó hatóanyagtartalma legalább 60 K₂O%, hatóanyagában a kálium-klorid a legnagyobb mennyiségben jelenlévő vegyület. Bár egyes kultúrák kloridérzékenyek, így azok trágyázására a KCl tartalmú műtrágyák használata nem javasolt, a gabonafélék esetében alkalmazható. A káliumműtrágyák savanyító hatással bírnak, a K⁺-ionok a talajkolloidokon adszorbeált H⁺-ionokat kicserélve növelik a savanyú talajok aktuális savanyúságát (Loch és Nosticzius, 1992; Loch, 1999a).

A K-műtrágyák a tisztább sók közé tartoznak, csak elhanyagolható mennyiségben találhatóak bennük Cu, Cd, Ba, Sr, Zn és Mn elemek, más környezetterhelők (As, Co, Cr, Hg, Pb, Mo) pedig ki sem mutathatók. A kálisókban a K, Mg, S tápanyagnak minősül, a Na⁺ és a Cl⁻ kísérő ionok (Kádár, 1993). A kálium-klorid műtrágya Sr tartalma 150 mg/kg, emellett 0,1% ként is tartalmaz (Győri, 2009).

1.6.4. Az N műtrágyázás hatásai korábbi vizsgálatok eredményeinek alapján

A magas hozam és a jó sütőipari érték manapság meghatározó jellemzők a búzapiacon. Mindkettőre igaz, hogy a nitrogéntrágyázási stratégiák segítségével kedvező irányba módosítható (Martin et al., 1992; Loch és Nosticzius, 1992). A búza fehérje minőség, a gabona fehérje koncentráció, és a gabona hozamok alakulását DuPont és Altenbach (2003) szerint legnagyobb mértékben a genetikai háttér és a N-ellátottság befolyásolja. Hegedűs et al., (2002) csak a nitrogén műtrágyázás hatását emeli ki. Dubetz et al. (1979) arról számolt be, hogy a teljes gabonafehérje-tartalom és az egyes fehérje frakciók relatív hozzájárulása (glutén, albumin, globulin) változott N-műtrágya alkalmazására. Kindred et al. (2008) és Győri (2009) vizsgálataiban a N trágyázás szignifikáns hatással volt az őszi búza termésének fehérjetartalmára. Labuschagne et al. (2006) különböző nitrogénkezeléssel ellátott búzával végzett kísérletében a legalacsonyabb nitrogénszint mellett mérték a legkisebb fehérjetartalmat a lisztben. Anderson (1985)

vizsgálatai során arra a következtetésre jutott, hogy a búzafajták N reakciója a talaj N tartalmától és a vízellátottságtól függ.

A N trágyázás ásványi elemtartalomra gyakorolt hatásaival számos kutató foglalkozott. McGrath (1985) azt találta, hogy a N trágyázással nőtt az őszi búza Cu- és Zn tartalma, ezt Shi et al. (2010) is megerősítik vizsgálataikban, emellett a N trágyázás Fe- és fehérjetartalomra gyakorolt pozitív hatását is kimutatták a búzaszemekben, viszont a kezelés nem befolyásolta azok Mn tartalmát. A N dózisok egyébként növelték a Zn és Cu koncentrációját a lisztben, a vasét pedig a darában illetve a korpában. Hasonló tapasztalatokról számoltak be Kutman et al. (2009), megfigyeléseik szerint a növekvő N ellátás stimulálta a búzaszemek Zn és Fe felhalmozását. Ebben az esetben viszont a N kezelések növelésével a búzaszemek egészében, és azok minden részében szignifikánsan emelkedett a Zn és Fe tartalom, különös tekintettel az endospermiumra (Kutman et al., 2011). A nitrogéntrágyázás mikroelemtartalomra gyakorolt pozitív hatásáról ezen kívül más szerzők is beszámolnak a nemzetközi szakirodalomban (Kimball et al., 2001; Hao et al., 2007; Yue et al., 2007). Az alábbiakban néhány hazai példa következik.

Kádár (2000b) őszi árpával végzett vizsgálataiban karbonátos csernozjom talajon a N-túlsúly nyomán növekedés következett be a Fe, a Mn, és a Cu mikroelemek esetében. A NP ellátás együttes javulása a növények N felvételét egy nagyságrenddel fokozta bokrosodás végén és kalászoláskor. A K, Ca és Mg beépülésére a N-P kölcsönhatás szintén kedvezően hatott, a növekvő N túlsúly viszont a felvett Mg mennyiségét mérsékelte. Az összes föld feletti termésbe épült Ca 65%-át a szalma, 29%-át a szem, 6%-át a pelyva tartalmazta, míg a felvett Mg 70%-a a magba épült be. A szemtermésben volt mérhető a felvett Fe 30, a Mn 43, a Cu 66 és a Zn 80%-a (Kádár 2000b). Lásztity (1996a; b) szemes cirokkal folytatott vizsgálataiban a N trágyázás következtében a B és Cu tartalom a növényben növekvő tendenciát mutatott, és a NP trágyázás kedvezően hatott a Mg, és Fe felvételére. Köles növényi szöveteiben a NP kezelések növelték a Ca és Mg mennyiségét, továbbá a S tartalomra szignifikáns pozitív hatással voltak (Lásztity, 1997a), azonban a NPK kezelések a szalmában csökkentették a B koncentrációját (Lásztity, 1997b). Kukoricával végzett kísérletben karbonátos csernozjom talajon a N-trágyázással nőtt a N-, Mg-, Mn-, Zn-, és a Cu tartalom a szövetekben. A szerzők megállapítása szerint a NP trágyázás hatékonyabb Mn felvételt eredményezhet mindenféle Mn trágyázásnál. A N trágyázás a szemtermés esetében is serkentőleg hatott a N-, Mg- és Cu felvételére. A szem Cu tartalmát az együttes NP trágyázás akár megkétszerezheti. A N, P, Zn, Cu nagyobb részt a szemben, míg a K, Ca, Fe, Mn a szárban akkumulálódott (Kádár, 2000a). Győri

(1987), Kincses, S.-né (2002) és Győri et al. (2007) azt állapították meg, hogy a nitrogéntrágyázással a búzaszemek Ca koncentrációja szignifikánsan növekedett.

Kádár (2004a) vizsgálataiban a N-trágyázás látványosan növelte a S tartalmat a tritikálé növényi szerveiben – beleértve a magot is – amit a szerző a N bőséggel indukált fehérjeképződéssel magyaráz, amely a S tartalmú aminosavak beépítésén keresztül növeli a S igényt. A N trágyázás emellett növelte a N, a K, a Ca valamint több mikroelem, köztük a Mn, a Zn beépülését a növényi szervekbe. Olajlennel végzett kísérletben a N ellátás javulásával a N tartalom minden növényi részben nőtt, továbbá a szár kivételével a Mn beépülés is javult. A Zn főként a magban halmozódott fel, a N trágyázás hatására azonban az amúgy is Zn hiányos talajon termesztett növényben koncentrációja csökkent (Kádár et al. 2004a). Szója növényi szerveiben a N trágyázás ugyancsak a N koncentráció növekedését eredményezte (Győri, 2003; Kádár et al., 2004b), a Mn- és Cu tartalom enyhén emelkedett a vegetatív részekben, ám az utóbbi a magtermésben a N hatására csökkent. A N trágyázás a Fe beépülését általában mérsékelte (Kádár et al., 2004b). Kádár (2004c) javuló N kezelések mellett a N-, K-, Ca- és Cu tartalom növekedését tapasztalta rostkenderben.

Figyelembe véve, hogy a nitrogén trágyázás növelheti a gabonaszemek mikroelem és fehérje felhalmozását, a megfelelő N műtrágyázási gazdálkodás potenciális lehetőséget nyújt az ásványi összetevők és a fehérjetartalom növelésére ezekben a fontos élelmiszeripari alapanyagokban (Shi et al., 2010).

1.6.5. P kezelések hatásai az ásványi elemtartalomra

Egyes szerzők vizsgálatai szerint a búzaszemek illetve azok frakcióinak összes foszfortartalma, és bizonyos ásványi alkotók, mint a Fe, Cu, Mg (Tang et al., 2008) koncentrációja között szignifikáns, pozitív korreláció van.

A P kezelések ásványi elemtartalomra gyakorolt hatásával számos kutató foglalkozott. Kádár (1989) vizsgálatai alapján megállapította, hogy a mészlepedékes csernozjom talajjal rendelkező termőhely foszforral közepesen ellátottnak minősülhet 100-150 mg/kg, kielégítően ellátottnak pedig 150-200 mg/kg AL-P₂O₅ készlet esetén. Több szerző (Győri és Martin, 1983; Kádár és Turán, 2002) leírta, hogy vizsgálataiban a P trágyázás növelte a szántott réteg AL-P₂O₅ tartalmát. Kukoricával végzett kísérletben karbonátos csernozjom talajon a hat leveles hajtás esetében a P trágyázás minden vizsgált

elem felvételét (Ca, P, Fe, Mn, Cu) javította a Zn kivételével, emellett a szemtermés P, K, Fe, Mn felvételére is serkentőleg hatott (Kádár, 2000a). Ezzel szemben Győri et al., (2002) és Kincses, S.-né (2002) vizsgálataiban a P trágyázás nemcsak a búzaszemek Zn koncentrációját, de azok Cu tartalmát is csökkentette. Hasonló módon Lásztity (1996a) eredményei a réztartalom tendenciaszerű csökkenését mutatták a NP illetve NPK kezelések hatására a cirokban, amit a szerző a foszfor-réz antagonizmus hatásának tudott be.

Kádár (2004) tritikáléval végzett vizsgálatainak során a P trágyázás hatására nőtt a P, a N, a $\text{NO}_3\text{-N}$, a Ca, a Mg, a Mn valamint a Sr felhalmozódása a legtöbb növényi részben. Olajlennel végzett kísérletben a P ellátás növelte a Ca, Mg és P tartalmát a növényi szervekben. A Mg és a P elsősorban a magban dúsult (Kádár et al. 2004a). Szója esetében a javuló P kínálat valamelyest emelte a Ca és Mg asszimilációt a vegetatív szakaszban, a vegetatív szervek P tartalmát pedig megkétszerezte. P túlsúlyban a magba épült Zn mennyisége felére csökkent, és a csökkenő terméssel a beépült Mg mennyisége is mérséklődött (Kádár et al., 2004b). Tavaszi árpával végzett elemzésekben a P kínálattal emelkedett a P és Ca, azonban csökkent a N, K, Fe, Zn és Cu koncentráció a hajtásban (Kádár, 2004a). Kádár (2004c) vizsgálataiban a rostkenderben az előzőekhez hasonlóan a P kezelések pozitív hatással voltak a P, Ca, és Mn tartalomra, és negatívan befolyásolták a Zn koncentrációt. Őszi búza termés összetételét vizsgálva a növekvő P-kínálattal nőtt a P, K, S és Mg beépülése a mag szöveteibe. A Ca akkumulációját az együttes NP-kínálat segítette. Megnyilvánult a P/Mn és a P/Sr szinergizmus, továbbá a P/Zn és a P/Mo antagonizmus (Kádár és Márton, 2009). Lásztity (1992) a rozs növényi részeiben a S tartalom szignifikáns növekedését tapasztalta a generatív szakaszban a NP és NPK kezelések hatására, amit a pozitív N-S kölcsönhatás mellett a szerző a szuperfoszfátban lévő kénnel magyarázott.

Szabadföldi NPK műtrágyázási tartamkísérlet 16. évében a szuperfoszfát kezelésben igazolható volt a Sr jelentős dúsulása a szántott rétegben (Kádár, 1993). Osztóics et al. (2003) tenyészedény-kísérletében az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát növekvő adagjai emelték a talajminták könnyen oldható Cd, Cr, és Sr tartalmát. Lásztity és Csathó (2001) NPK műtrágyázási kísérletben őszi árpával végzett vizsgálatainak során a stroncium igazolható növekedését állapította meg mészlepedékes csernozjom talajon, elsősorban a foszfort tartalmazó kezelésekben. A szerzők szerint ennek magyarázata a szuperfoszfát műtrágya stronciumtartalmában keresendő.

A foszfor cink antagonizmusáról több szerző is beszámol, többek között Bingham és Garber (1960), akik üvegházi tenyészedény-kísérletben narancs magonccal dél-kaliforniai talajokon arra a megállapításra jutottak, hogy a P trágyázás csökkenti a növények által felvehető cink mennyiségét. Ezt a jelenséget nem pusztán a talajban lejátszódó kölcsönhatásoknak tulajdonították, hanem a növényben lejátszódó folyamatoknak is. Martin és munkatársai (1965) szerint a Zn hiány kialakulását segíti, ha P bőség alacsony talajhőmérséklettel párosul.

Olson és munkatársai (1965) arra a következtetésre jutottak, hogy a P-Zn antagonizmus a növények gyökerében lép fel, amit a P trágyázás által kiváltott, a gyökérben és a hajtásban eltérően alakuló Zn tartalom okoz. Paribok és Szokolov (1970) a Zn hiányban szenvedő növények fokozott P felvételére mutatott rá paradicsommal és borsóval végzett kísérleteiben. Zn hiány esetén a növények Fe, Cu, és Mo tartalma is növekszik, tehát a cink hatása a vaséval és a rézével ellentétes (Szabó et al., 1987; Kádár és Turán, 2002). Láng (1976) felhívja rá a figyelmet, hogy a Zn hiánya kialakulhat foszforral feltöltött talajon. Borsót vizsgálva Győri (1980) hasonló tapasztalatokról számol be. Kádár és Pusztai (1982) tenyészedényes kísérletben hat leveles kukoricánál a P trágyázás Zn tartalom csökkentő hatását írja le karbonátos csernozjom talajon.

Szabó et al. (1987) a Zn kukoricaminőségre gyakorolt hatására mutat rá. A Zn tartalom csökkenése következtében csökkenő triptofántartalom ugyanis rontja a kukorica takarmányértékét, ezáltal a nagyadagú foszforműtrágyázás minőségromlást válthat ki.

Kádár és Turán (2002) vizsgálatai során mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában a P-Zn kölcsönhatások nem voltak nyomon követhetőek a talajelemzési adatokban, amit a felhasznált szuperfoszfátok 10-20 mg/kg-os Zn tartalmával magyaráztak. A szerzők megállapítása szerint a cink felvehetősége az alkalmazott P formának is függvénye. Kukorica növényi szerveiben viszont a fellépő P túlsúly igazolhatóan mérsékelte a Zn tartalmat, ami legszembetűnőbben a szárban, míg legkevésbé a magban mutatkozott meg. Bergmann (1979) felhívja a figyelmet a szakirodalomban fellelhető ellentétes nézetekre a nagyadagú P műtrágyázás által kiváltott Zn hiánnyal kapcsolatban. Figyelembe véve, hogy a szuperfoszfát 40-400 mg/kg cinket is tartalmazhat, a P műtrágyázással a talaj oldható cinktartalma is növekedhet. Ilyenkor kevésbé kifejezett a P-Zn antagonizmus.

1.6.6. A káliumtrágyázás hatása az ásványi elemtartalomra

Szűcs és Szűcs, M.-né (2003) tartamkísérletek eredményei alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a talajban maradó K többlet növeli az AL-K₂O készletet. A növelés mértéke a kijuttatást követő néhány évben nagyobb, majd egyre kisebb, mivel a nedvesedési-kiszáradási ciklusok során a K nem kicserélhető formába megy át. A karbonátos és nem karbonátos talajcsoportok között az oldható K tartalom tekintetében nem találtak lényeges különbséget.

A K műtrágyázás ásványi anyag tartalomra gyakorolt hatását néhány hazai kutatás eredményein keresztül kívánom bemutatni. Mezőföldi meszes vályog csernozjom talajon a K ellátás növelése a növényi K% növekedését vonta maga után a napraforgó hajtásában. A nemkívánatos Ca- és Na- túlsúly mérséklődött, a K/Mg antagonizmus nyomán lesüllyedt a Mg tartalom, de ez nem okozott Mg-hiányt (Kádár és Shalaby, 1985). Lásztity (1996b; 1997) szemes cirokkal folytatott vizsgálataiban a K felvételére a NPK trágyázás volt a legnagyobb befolyással. A K hatása kisebb mérvű volt mint a NP kezelésé, ugyanakkor nem szignifikáns. Meszes homoktalajon a búza fiatal hajtásaiban a K-tartalom növekedésével csökkent a főbb kationok túlsúlya. A K/Ca, K/Mg és K/Sr arányok átlagosan kétszeresükre nőttek. A NP-táplálással ellentétben a K-táplálás ellensúlyozta a stronciumion növénybe jutását (Kádár, 1993). Kádár (2000a) kukoricával végzett kísérletében karbonátos csernozjom talajon a hat leveles hajtás esetében a K ellátás javulásával emelkedett a K és Fe koncentrációja, csökkent viszont a Ca és Mg mennyisége. Virágzás elején a cső alatti levél analízisének eredményei szerint a K trágyázás szintén növelte a K és Fe tartalmat, míg a Ca és Mg felvételt mérsékelte. Kincses, S-né (2002) vizsgálataiban a K műtrágyázás ugyancsak csökkentette a szem Ca tartalmát. Kádár (2004b) tritikáléval végzett vizsgálatai is igazolták a K trágyázás K tartalomra gyakorolt pozitív, illetve – a kation-antagonizmuson keresztül érvényesülő –, Ca, Mg és Sr akkumulációra gyakorolt mérséklő hatását. A kezelés nyomán a S beépülése is enyhén visszaszorult. Az előzőekhez hasonlóan a tavaszi árpa növényi szerveiben a K trágyázás serkentette a K, azonban csökkentette a Ca, a Mg és a Mn beépülését (Kádár, 2004a). Olajlennel végzett kísérletben a K ellátás javulásával nőtt a K tartalom a vegetatív szervekben, a mag esetében – ami viszonylag K-ban szegény volt –, viszont nem tapasztaltak ilyen hatást (Kádár et al. 2004a). Szójában a növekvő K kínálat a vegetatív részek K tartalmát megkétszerezte, emellett a Ca és Mg akkumulációt mérsékelte. Ez a hatás azonban a magtermésben már nem érvényesült (Kádár et al., 2004b). A K trágyázás

az előzőekhez hasonló hatást gyakorolt a rostkender ásványi anyag tartalmának alakulására Kádár (2004c) vizsgálataiban.

1.7. Az ökológiai tényezők szerepe: a különböző termőhelyek és az éghajlat hatásai

A növényi produkciót a hőmérséklet, a fény, a légkör összetétele, a vízellátottság, a talaj szerkezete, annak kémhatása, a tápanyagellátás, a biotikus faktorok, összefoglalóan a termőhely viszonyai, azaz az ökológiai adottságok határozzák meg (Tolner, 1999).

A búzának nincsenek különleges talajigényei, de legnagyobb sikerrel a mélyrétegű, televényes, jó vízforgalmú, közel semleges kémhatású csernozjom típusú talajokon termesztethető (Koltay és Balla, 1982). Fekete et al. (1967) szerint a legjobb búzatermő vidékek talaja szikesedésre hajló csernozjom. Habár a gyengén kilúgzott erdőtalajokon több a termés, az ilyen búza lisztjének sütőipari értéke sokkal gyengébb. Szikesek is tűrhető termést adnak. A legjobb búzatalaj a mélyrétegű, humuszban gazdag, semleges kémhatású csernozjom dinamikájú vályog talaj.

Destain et al. (1991) kísérleteiben az őszi búza talajból való N felvételét kevésbé befolyásolta a műtrágya adag és a talajművelés módja, viszont jelentős különbségek mutatkoztak a fajták és termőhelyek között. A talajok agrokémiai tulajdonságait az eltérő környezeti feltételek hatása alakítja (Baranyai, et al., 1987). Škrbić és Onjia (2007) vizsgálataiban a különböző régiókban betakarított búza minták mikroelem tartalma jelentősen különbözött. A koncentrációk eltérő alakulásának okai a különböző talajjellemzőkben keresendők, mint például a szerves anyag tartalom, a pH, az agyag- és ásványi anyag tartalom, amelyek hatással lehetnek az elemek felvehetőségére. Peck et al. (2008) szerint azokon a területeken, ahol a növények számára hozzáférhető mikroelem tartalom alacsony, a termés minősége és hozama egyaránt csökkenhet.

A talaj szerves anyag tartalmának szerepe tartalékoló- illetve tompítórendszerként az egyes tápanyagok változásait befolyásolja a növénytáplálkozás szempontjából kedvező irányba. A tápanyagok felvételét, megkötődését és oldódását nagymértékben befolyásolják a talaj vízgazdálkodási és levegőgazdálkodási tulajdonságai. Kedvezően hat a tápanyag-gazdálkodásra a nedves és száraz állapot váltakozása és a szélsőséges állapot rövid tartama. A levegőgazdálkodás a redoxviszonyok változása által irányítja a vegyértékváltó elemek oldhatóságát, közvetve pedig azon vegyületek és ásványok képződését, melyek fontos szerepet töltenek be a tápanyagok megkötődésében (Stefanovits, 1975).

A tenyészedőszakban a fotoszintézis során előállított asszimiláták mennyisége az edafikus tényezőkön kívül nagymértékben függ a klimatikus tényezőktől (Dobos és Nagy, 1998). Az időjárás és a termés kapcsolatának vizsgálata csaknem egy évszázadra nyúlik vissza. Hazánkban a kutatásokat Berényi Dénes indította el az 1930-as években (Márton, 2004). Az időjárás a talajbeli folyamatokra és a tápanyag érvényesülésére gyakorolt hatásán keresztül befolyással van a növények fejlődésére, növekedésére, a termés nagyságára (Kovács, 1982; Szász 1988; Kádár, 1992; Varga-Haszonits et al., 1993; Hall et al., 1994; Nagy és Huzsvai, 1995).

A szakirodalomban többször találkozhatunk azzal a megállapítással miszerint különösen szoros az „évhatás” és a növények tápanyag-ellátottsága, illetve termése közötti kapcsolat (Csathó et al., 1991; Kádár, 1992; Márton 2002a; b; c; d). Berényi (1956) a csapadék mennyiségének meghatározó szerepét emeli ki a növényi termések és az időjárás közötti összefüggések vizsgálata során. Sarkadi (1975) leírja, hogy a talajtulajdonságok hatása a termésre a talaj termékenységétől és annak vízháztartásától függ elsősorban. Bocz (1976) megállapítása szerint a műtrágyák hatóanyagainak hasznosulásában jelentős szerepe van a vízellátottságnak.

Figyelembe véve, hogy a trágyázás a vízhasznosulás javításán, és a fajlagos vízfogyasztás csökkentésén keresztül nagyobb mértékben növeli a produkciót, mint a vízigényt (Ruzsányi, 1996), a kedvezőtlen időjárási hatások megfelelő tápanyag-visszapótlással mérsékelhetők (Pelikan et al., 1986; Pepó, 2002; Fowler, 2003).

2. Anyagok és módszerek

2.1. A kísérletek leírása

A különböző adagú NPK műtrágyák hatásának vizsgálatára 1966-ban kezdődtek meg hazánkban az egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK). Jelen dolgozatban szereplő őszi búza szemminták a 18-as és 19-es kísérletekből származnak, továbbá két – a 17 A jelű kísérletből származó – borsó mag minta vizsgálata is bemutatásra kerül. A kísérletek elrendezésüket tekintve kétszeresen osztott split-split-plot felosztásúak, a főparcellákat a vetésforgók adják, míg a K-adagok az elsőrendű, az NP adagok pedig a másodrendű alparcellák. A főparcellák 80 parcellából állnak, ezek bruttó parcellamérete kísérleti helyenként eltérő, 50-70 m².

3. táblázat: A 18 és 19 jelű kísérletek kiválasztott kezeléskombinációi és műtrágyaadagjai

Kezelés száma	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
1	0	0	0
9	150	0	100
11	150	100	100
15	200	150	100
17	250	100	100
21	250	200	200
28	150	50	100
30	150	100	0
34	200	0	100
36	150	100	200
40	200	0	0

A 18-as és 19-es kísérletekben 40 tápanyagkezelés és 4 ismétlés van. A kísérletek beállítása óta az NPK adagokat módosították (Debreczeni, B.-né és Dvoracsek, 2009). A 18-as kísérletek NPK kezelései 1988-óta, a 19-es kísérletek kezelései pedig 1989-óta változatlanok. Ezek közül a Prof. Dr. Bocz Ernő által kiválasztott kezelések archivált mintái álltak rendelkezésünkre, aki a kiválasztáskor a növekvő nitrogénadagok minőségre gyakorolt hatását szándékozott vizsgálni. Ezeket a műtrágyakezeléseket a 3. táblázat

foglalja össze. Nyugállományba vonulását követően Prof. Dr. Győri Zoltán vette át a mintaarchiválási és minőségvizsgálati teendőket.

A kísérletek során a foszfor szuperfoszfátként, a kálium 60%-os kálisóként, a nitrogén pedig 1967-1987 között pétisó formájában került alkalmazásra, majd 1987-től ammónium-nitrátot alkalmaztak. A kísérletek vetésforgói a vizsgált években a 4. táblázatban láthatók.

4. táblázat: A kísérletek növényi sorrendje évenkénti bontásban

	A 17	18	19
2000	őszi búza	őszi búza	kukorica
2001	kukorica	őszi búza	őszi búza
2002	kukorica	kukorica	őszi búza
2003	borsó	kukorica	kukorica
2004	őszi búza	őszi búza	kukorica
2005	kukorica	őszi búza	őszi búza

A borsóminták esetében jelen munkában a 17 A kísérletek 20 tápanyagkezeléséből a kontroll parcellákról származó szemek szerepeltek, illetve a 20-as kezelésből vett minták, amelyek 125 kg/ha N, 180 kg/ha P és 150 K kg/ha kezelésben részesültek. Ezek a minták tesztápokként vettek részt a nettó fehérjehasznosulási arány meghatározása során.

A kísérletek alatt minden növényfaj esetében többször történt fajtaváltás, amit az új fajták megjelenése tett indokolttá, a köztermesztésben beálló változások szerint. E dolgozatban szereplő 2001-es és 2002-es búzaminták Mv Magvas, a 2004-ből és 2005-ből származóak pedig Mv Csárdás fajtájúak, míg a borsó Janusz fajtájú volt.

2.1.1. A termőhelyek bemutatása

Jelen dolgozatban elsősorban az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek nagyhorcsői kísérleti telepéről származó minták vizsgálatát végeztük el. Nagyhorcsók Magyarország dunántúli részén, Fejér megyében található, Sárbogárdtól ÉNy-i irányban. A terület Mezőföldön helyezkedik el, 140-150 m tengerszint feletti magasságon. Talaja 15-20 m vastagságú löszön képződött karbonátos csernozjom, kémhatása gyengén lúgos, mechanikai összetételét tekintve vályog, szerkezete morzsás, többnyire jó és stabil, mély termőrétegű, kitűnő vízgazdálkodási tulajdonsággal rendelkezik. Nagy hasznosítható

vízkészlete miatt kevésbé aszályérzékeny. A szántott réteg CaCO_3 tartalma 4,27%, humusztartalma 3,45%. A talaj további fontos jellemzői: $\text{pH}(\text{KCl})$: 7,3; S-érték: 26,8 mg e^+ /100g, Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ tartalom az S-érték %-ában a szántott rétegben: 92,6; 5,4; 0,1; 1,9. AL- P_2O_5 - és AL- K_2O készlet: 60-80 és 180-200, KCl-Mg-: 150-180, KCl+EDTA-oldható Mn-, Cu- és Zn tartalom: 80-150, 2-3 és 1-2 mg $\cdot\text{kg}^{-1}$ (Kádár és Márton, 2009; Várallyai et al., 2009).

Vizsgálataink során a nagyhőrcsöki eredményeket összevetettük más – az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletekhez tartozó – kísérleti állomásokról származó mintákban mért eredményekkel. Ezek a területek különböző agroökológiai körzetekhez tartoznak, és eltérő termőhelyi adottságokkal rendelkeznek. Iregszemcse a Dunántúli-dombvidéken, Külső-Somogyban helyezkedik el. Tengerszint feletti magassága 173 m. A kísérleti terület enyhén agyagos löszös üledéken képződött típusos mészlepedékes csernozjom talaj, amelynek művelt rétege fizikai féleségét tekintve homokos vályog, szerkezete morzsás, vízgazdálkodása igen kedvező, gyengén lúgos kémhatású. A terület vízmérlege egyensúlyban van. A szántott réteg CaCO_3 tartalma 10,69%, humusztartalma 2,69%. A talaj egyéb fontos tulajdonságai: $\text{pH}(\text{KCl})$: 7,49; S-érték: 13,3 mg e^+ /100 g, Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ tartalom az S-érték %-ában a szántott rétegben: 94,8; 4,7; 0,04; 0,63 (Várallyai et al., 2009). A talaj AL- P_2O_5 - és AL- K_2O készlete 121 és 119 mg $\cdot\text{kg}^{-1}$ (Csathó et al., 2009).

Karcag a Tiszai Alföldön terül el, a Közép-Tiszavidéken, a Tisza árterületében. A kísérleti terület 86 m tengerszint feletti magasságon fekszik. A talaj infúziós löszön képződött nem karbonátos réti csernozjom. Vízgazdálkodása kedvező, jó vízraktározó. Tápanyag és szervesanyag készlete közepes. Művelt rétege szemcsés-morzsás szerkezetű, agyagos vályog fizikai féleségű. Karbonátmentes, kémhatása savanyú. A szántott réteg humusztartalma 3,09%. A talaj egyéb fontos tulajdonságai: $\text{pH}(\text{KCl})$: 5,16; S-érték: 20,4 mg e^+ /100 g, Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ tartalom az S-érték %-ában a szántott rétegben: 76,1; 20,9; 0,3; 2,7 (Várallyai et al., 2009). A talaj AL- P_2O_5 - és AL- K_2O készlete 30 és 186 mg $\cdot\text{kg}^{-1}$ (Csathó et al., 2009).

Kompolt az Észak-alföldi hordalékkúp-síkság települése. A kísérleti helyszín tengerszint feletti magassága 123 m. Talaja nem karbonátos csernozjom barna erdőtalaj mélyen humuszos változata, amelynek kémhatása gyengén savanyú. Felső művelt rétegét tekintve agyagos vályog fizikai féleségű, tömődött, a közepesnél valamivel magasabb humusztartalommal. Az alsóbb szintek nagy agyagtartalmuk miatt repedezettek. A talaj vízvezető képessége gyenge, víztartó képessége viszont nagy. A szelvény karbonátmentes. A szántott réteget a következőkkel lehet jellemezni: humusztartalma 2,69 %, $\text{pH}(\text{KCl})$:

4,59; S-érték: 20,4 mgeé/100 g, Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ tartalom az S-érték %-ában a szántott réteget tekintve: 76,1; 20,9; 0,3; 2,7 (Várallyai et al., 2009). A talaj AL- P_2O_5 - és AL- K_2O készlete 48 és 208 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Csathó et al., 2009).

Putnok az Északi-középhegységben, a Heves-Borsodi medencék és dombságok területén helyezkedik el. A kísérleti terület 163 m tengerszint feletti magasságon található. Talaja nem podzolos agyagbemosódásos barna erdőtalaj. Szerkezete erősen tömődött, erősen víztartó, víznyelő, vízvezető és vízáteresztő képessége, hasznosítható vízkészlete kicsi. Humusztartalma közepes, természetes tápanyagszolgáltató képessége gyenge. Művelt rétege agyagos vályog, szerkezete szemcsés, kémhatása gyengén savanyú. A teljes szelvény karbonátmentes. A szántott réteg humusztartalma 2,29%. A talaj egyéb fontos tulajdonságai: pH(KCl): 5,00; S-érték: 21,6 mgeé/100 g, Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ tartalom az S-érték %-ában a szántott rétegben: 79,7; 17,5; 0,3; 2,5 (Várallyai et al., 2009). A talaj AL- P_2O_5 - és AL- K_2O készlete 71 és 178 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Csathó et al., 2009).

2.2. Vizsgált évek csapadék jellemzői

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérőhálózatának adatai szerint a vizsgált években a csapadék mennyisége országos átlagban a következőképpen alakult: 2001-ben a sokévi átlagnak megfelelően 610 mm csapadék hullott. 2002-ben ennél kisebb értéket mértek, átlagosan 570 mm-t, ennek alapján 2002 kissé száraz évnek tekinthető.

5. táblázat: Havi csapadékadatok és évi csapadékösszegek Nagyhörcsökön (mm)

(forrás: MTA ATK TAKI)

	Hónapok												
Évek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Össz.
Átl.*	34,0	36,0	37,0	48,0	64,0	61,0	54,0	55,0	49,0	53,0	57,0	42,0	590,0
2000	31,0	18,7	32,2	53,3	23,5	9,7	28,7	11,0	68,0	31,5	33,5	62,0	403,1
2001	50,5	0,0	62,3	47,0	17,0	47,3	79,5	128,8	112,8	0,0	57,2	21,5	623,9
2002	8,0	17,5	14,3	39,0	54,9	32,0	63,2	84,0	65,0	32,0	32,5	28,0	470,4
2003	29,3	33,5	5,0	22,0	30,5	18,0	88,0	25,0	26,6	92,7	39,0	16,0	425,6
2004	31,7	46,4	61,3	88,0	28,5	112,9	37,0	26,5	16,8	58,7	57,8	41,0	606,6
2005	16,0	36,9	29,4	53,7	15,2	38,9	124	204,9	56,2	0,0	32,0	46,0	649,2

*50 éves átlag, 1961-2010

2003 aszályos év volt, ekkor 470 mm csapadék esett, tehát az előző évhez képest 100 mm-rel kevesebb. 2004-ben mért 686 mm csapadék az 1961-1990-es harminc éves átlagnál mintegy 12%-kal volt több, míg a 2005-ben hullott 748 mm mintegy 20%-kal haladta meg a sokévi átlagot, 2005 tehát csapadékos évnek tekinthető (met.hu).

A nagyhőrcsöki kísérleti állomás éghajlata napsütésben gazdag, csapadékban szegény, aszályra hajlamos. A kísérleti terület csapadékadatát a vizsgált években az 5. táblázat foglalja össze.

2.3. Laboratóriumi vizsgálatok

2.3.1. Elemtartalom meghatározás

A kiválasztott kezelésekben származó főtermés minták egy része a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának Műszerközpontjába került, ahol lehetőség nyílt a vizsgálatok elvégzésére.

2.3.1.1. A minták előkészítése

A minták elemtartalmának meghatározását nedves roncsolási folyamat előzte meg. A roncsolási folyamat a teljes búzaszem minták és a lisztek esetében megegyező volt. A különbség csak annyi, hogy a roncsolást megelőzően a teljes búzaszemeket ledaráltuk, és ezek a minták a szem minden részét tartalmazzák, míg a liszt mintákat úgy állítottuk elő, hogy a búzát FQC-109 típusú LABOR MIM (METEFÉM, Budapest, Magyarország) malommal megőröltük, és 250 µm lyukméretű szitával elválasztottuk a lisztet a korpától. Ezt követően mind a kétféle mintából 1 gramm került bemérésre RADWAG WPS 210 típusú analitikai mérleg segítségével, majd Kovács et al. (1996) módszere szerint a minták 10 ml cc. HNO_3 jelenlétében egy éjszakán keresztül vegyi fülkében álltak. Másnap 40-45 perces előroncsolás következett 60 °C-on LABOR MIM OE-718/A típusú blokkroncsolóban, majd 3 ml cc. H_2O_2 -t (E. Merck, Darmstadt, Németország) adagoltunk a roncsoló csövekbe. Ezek után 120 °C-on másfél órán keresztül zajlott a roncsolási folyamat. Miután a minta lehűlt, a csövet kétlépcsős Millipore (Millipore, Párizs, Franciaország) berendezés segítségével előállított nagytisztaságú vízzel töltöttük fel az 50

ml-es jelig, a rázatást pedig rázógép végezte el. Az oldatok megfelelő összekeveredése után Filtrak 388-as szűrőpapírral szűrtük (MSZ-08-1783-26:1985; MSZ-08-1783-27:1985; MSZ-08-1783-28:1985; MSZ-08-1783-29:1985; MSZ-08-1783-31:1985; MSZ-08-1783-32:1985; MSZ-08-1783-33:1985; MSZ-08-1783-34:1985; MSZ-08-1783-38:1985).

2.3.1.2. A mérések kivitelezése

Az előkészítést követően a minták elemtartalmának mérése induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES) berendezéssel történt.

A standard oldatok elkészítése Merck gyártmányú, (E. Merck, Darmstadt, Németország) alt. minőségű cc. HNO_3 (65%) oldatok felhasználásával történt. A törzsoldatok Merck és BDH gyártmányú standard oldatokkal, valamint REANAL (Budapest) alt. tisztaságú szilárd vegyszerekkel készültek.

2.3.1.3. Az ICP-OES berendezés bemutatása

A mérések kivitelezéséhez alkalmazott induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES) OPTIMA 3300 DV típusú, gyártója a Perkin-Elmer Ltd. Optikai rendszere Echelle-rendszerű, argon gázzal öblített. Hullámhossz tartománya 160-782 nm-ig terjed. Rádiófrekvenciás generátora 40 MHz-es.

6. táblázat: Az ICP- OES változtatott paraméterei és értékei

ICP-OES változtatható paraméterei	Értékek
Kicsatolt teljesítmény	1300 W
Porlasztógáz áramlási sebessége	0,95 dm ³ /min
Hűtőgáz áramlási sebessége	15 dm ³ /min
Segédgáz áramlási sebessége	0,5 dm ³ /min
Mintabetáplálás sebessége	1 cm ³ /min
Plazma megfigyelési magassága	15 mm

Detektora szilárdtest áramkör detektálású. További jellemzői: axiális plazmamegfigyelés, koncentrikus (Meinhard Type A) porlasztó, fekete-feke típusú perisztaltikus pumpacső. Az optikai rendszer felbontása normál. Feloldóképessége

0,007 nm. Az ICP-OE spektrométer változtatott paramétereit és értékeit az 6. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A vizsgált elemek és az alkalmazott analitikai vonalak hullámhossza

Elem	Hullámhossz (nm)
Ca	317,933
Cu	324,752
Fe	238,204
K	766,490
Mg	285,213
Mn	257,610
P	213,617
S	181,975
Sr	460,733
Zn	213,857

A készülék működési elve az egyes elemekre jellemző különböző fényemisszió alapszik. A különféle elemek mennyiségének meghatározása az adott elemnek megfelelően különböző hullámhosszon történik, amit az egyes elemeknek megfelelően a 7. táblázat mutat be. A mérések során standard oldatot kell használni, amelynek segítségével pontosan meghatározható a minták elemtartalma. A mérések eredményeit az ICP-OES berendezés ppm-ben (mg/kg) adja meg.

2.3.2. Fehérjetartalom meghatározás

A fehérjetartalom meghatározása (MSZ 6830-4:1981) során a roncsolócsövekbe 1 gramm minta bemérése után 14 ml kénsavat (E. Merck, Darmstadt, Németország) adagoltunk. A roncsolás Tecator 1007 típusú roncsolóegységben katalizátor jelenlétében (Kjeltabs S/3,5: 3,5 g K₂SO₄ és 3,5 mg Se, Foss Analytical AB, Höganäs, Svédország) 1-1,5 óráig zajlott. A vízgőzdesztillációt Tecator 1026 készülékkel végeztük. A keletkező ammóniát 250 ml-es, 30 ml 4%-os bórsavoldatot tartalmazó Erlenmeyer lombikokban fogtuk fel. Ezt követően a mintákat 0,1 n kénsavval titráltuk. A minták nyersfehérje tartalmának meghatározásához az alábbi számítást alkalmaztuk:

$$\text{Nyersfehérje}\% = (S \cdot f_s \cdot 0,0014008 \cdot 5,7 \cdot 100) / m$$

0,0014008: 1 cm³ 0,1 n kénsavnak megfelelő N mennyisége g-ban

S: a titráláskor elfogyott 0,1 n kénsav mennyisége cm³-ben

f_s: a titráláskor használt 0,1 n kénsav faktora

m: a bemért minta tömege g-ban

5,7: szorzófaktor búza esetében (Lásztity, 1981)

2.3.3. Nettó fehérjehasznosulási arány meghatározása állat etetési kísérletben

A búza és borsó őrlemények növekedésben lévő patkányokkal végzett nettó fehérjearány (Net Protein Ratio, NPR) vizsgálatát a Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézetben (KÉKI) a 65/2001 számon nyilvántartott Állatházban, az Állatkísérleti Tudományos Etikai Tanács 22.1/967/003/2008 „Növényi alapú termékek fehérje hasznosulást befolyásoló hatásának vizsgálata” című állatkísérlete végzésére szóló hatósági engedély alapján végezték el, a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának megrendelésére, a TÁMOP 4.2.1/B-09/KONV 2010-0007 azonosító számú pályázat keretein belül.

2.3.3.1. A tápokhoz felhasznált összetevők

A kísérleti tápok összetevői az alábbiak voltak:

- Tojásfehérjepor (TOFE): porlasztva szárítással készült, szárazanyag-tartalma minimum 95% (Szigetcsép).
- Napraforgó olaj: Vénusz finomított napraforgó étolaj, 3400 kJ/100 ml energiatartalommal és 92 g/100 ml zsírtartalommal (Bunge ZRt., Martfű).
- Vitamin premix KHP-809, egér-patkány komplett premix 5,0% kiegészítő takarmány. Termékazonosító száma: 04809500 (Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. Premixüzem, Nagyigmánd). Összetétele: kalcium-karbonát, monokalcium-foszfát, magnézium-oxid, nátrium-klorid, jód, vitaminok, ásványi anyagok, búza takarmányliszt és adalékanyagok. A termék garantált beltartalmi értékei az 1. sz. mellékletben láthatók.

- ÁP-17 takarmány kiegészítő (Bábolna Takarmány Kft. Premixüzeme, Nagyigmánd). Garantált beltartalmi értékek: kalcium min. 22,19%; foszfor 17,13%; Ca:P arány 1,3:1,0
- Kukoricakeményítő élelmiszer alapanyag (Hungrana Kft., Szabadegyháza). Energia tartalma: 1480 kJ/100g.
- Burgonyakeményítő (Agrana, Ausztria, Bécs),
- NaCl.

2.3.3.2. Az etetési kísérlet bemutatása

A kísérleti állatok egységnyi fehérje bevitelére fordított testtömeg növekedését két állatetetési kísérletben vizsgálták (I. és II. állatetetési kísérlet). Mindkettő 10 napos patkányetetési kísérlet volt. A kísérleti állatok a TOXI COOP tenyészetből származó 21 napos hím, Wistar törzsű választási patkányok voltak. Az állatok három napon át 16%-os fehérjetartalmú standard patkány tápot kaptak. A kísérletek 0. napján testtömegük alapján 5 állatból álló csoportokba osztották őket, úgy, hogy a csoportok átlagértéke ne térjen el egymástól. Az állatok random elhelyezésű csoportos anyagcsere ketrecbe kerültek, ahol a táp- és vízfelvétel ad libitum történt. A diétával bevitt N-mennyiségek meghatározásához a tápbemérés és tápviisszámérés az etetőből csoportosan, míg a testtömeg változás megállapításához a testtömeg mérés egyedileg, naponta történt.

Az **I. állatetetési kísérletben** a diéta fehérjetartalma 6% volt. A 6%-os fehérjét fogyasztó tesztcsoportokban a fehérjehordozó csak a tesztfehérjéből állt. A pozitív kontroll csoportban (TOFE) a fehérje 100%-ban tojásfehérjéből állt. Az endogén nitrogén veszteség meghatározására 4%-os fehérje tartalmú kontroll csoportot (Fehérjementes kontroll csoport, FMK) is beállítottak (a fehérjét itt is tojásfehérje szolgáltatta). A kontroll csoportokban a tápok az állatok igény szintjének megfelelően kiegészítették ásványi anyag és vitamin premixszel, viszont a minták eltérő ásványi anyag tartalma miatt a tesztfehérjékre alapozott tápokban nem alkalmazták ezeket. A felhasznált tápok alkotóit tünteti fel a 8. táblázat.

8. táblázat A tesztápok összetétele az I. állatetetési kísérletben

Sorszám	Csoportok	Fehérje tartalom	Fehérje hordozó	TOFE	Naprafor- gó olaj	Vitamin premix	NaCl	ÁP-17	Burgonya keményítő	Kukorica keményítő
		g/100g								
1	FMK	4,35	----	5,0	4,0	2,5	0,5	0,5	2,0	85,5
2	TOFE	6,39	----	7,5	4,0	2,5	0,5	0,5	2,0	83,0
3	Búza 2001/1	7,66	95,1	----	2,6	----	----	----	0,0	2,5
4	Búza 2001/21	6,46	39,3	----	3,5	----	----	----	1,2	56,1
5	Búza 2002/1	6,91	65,9	----	3,0	----	----	----	1,2	30,0
6	Búza 2002/21	6,53	42,1	----	3,4	----	----	----	1,6	53,0

A **II. állatetetési kísérletben** a diéta fehérjetartalma 10%-os volt. A tesztfehérjét fogyasztó állatok diétájában az alacsony fehérjetartalmú búzamintákat egy jó minőségű fehérjehordozóra (tojásfehérje) építették, úgy, hogy a fehérje 50%-át adta a tesztfehérje.

A hüvelyes fehérjék esetében lehetőség volt a hüvelyes magvakra alapozva 10%-os fehérjetartalmú diéta összeállítására, ezeket a tesztápokat nem egészítették ki tojásfehérjével. A II. kísérletben alkalmazott tápok alkotóit tünteti fel a 9. táblázat.

A tesztfehérje kiegyenlítése az I. és a II. kísérletben egyaránt a keményítő terhére történt.

9. táblázat A tesztápok összetétele a II. állatetetési kísérletben

Sorszám	Csoportok	Fehérje tartalom	Fehérje hordozók	TOFE	Naprafor- gó olaj	Vitamin premix	NaCl	ÁP-17	Burgonya keményítő	Kukorica keményítő
		g/100g								
7	Borsó/1	10,82	43,1	----	3,5	----	----	----	0,0	53,4
8	Borsó/20	9,8	34,7	----	3,7	----	----	----	0,2	61,5
9	Búza 2001/1	11,5	79,2	6,3	2,8	----	----	----	0,2	11,5
10	Búza 2001/21	10,5	32,7	6,3	3,5	----	----	----	1,3	56,2
11	Búza 2002/1	10,6	54,9	6,3	3,2	----	----	----	1,3	34,4
12	Búza 2002/21	11,4	35,1	6,3	3,5	----	----	----	1,6	53,5
13	FMK II.	4,35	----	5,0	4,0	2,5	0,5	0,5	2,0	85,5

A minták kémiai összetételének vizsgálatát a vonatkozó szabványok alapján végezték. Az alkalmazott módszereket a 2. sz. melléklet tartalmazza.

Az NPR érték a kísérlet során vizsgált paraméterekből a következő egyenlet segítségével számítható ki (Pellet, 1980):

$$\frac{(M_{t10}-M_{t0})-(M_{k10}-M_{k0})}{I} = \text{NPR (g/gN)}$$

$M_{t10}-M_{t0}$ = a kísérlet alatt a tesztállat testtömeg változása (g)

$M_{k10}-M_{k0}$ = a kísérlet alatt a kontroll állat átlagos testtömeg változása (g)

I (Intake protein) = a kísérlet alatt elfogyasztott átlagos fehérje mennyiség (g)

(Nagy, 2009; Gelencsér és Nagy, 2012)

2.3.4. Aminosav összetétel meghatározás

Az etetési kísérletben vizsgált búzaminták esetében az aminosav összetétel vizsgálata a Debreceni Egyetem Agrár Műszerközpontjában történt ioncserélő kromatográfiás módszerrel a 44/2003. FVM (IV.26) rendelet 10. sz. melléklete alapján.

2.4. A statisztikai elemzés bemutatása

A kapott eredményeket leíró statisztikai elemzésnek vetettük alá, azaz meghatároztuk az ismétlések átlagát, a minimum és maximum értékeket, illetve a szórást. A szabadföldi kísérlet esetében az ismétléseket a kísérlet egyes kezeléseinek négy ismétlése jelentette, illetve a lisztvizsgálatok során e négy ismétlésből származó minták mindegyikét további két ismétlésben mértük le. A műtrágya kezeléseknél a különböző elemekre- és a fehérjetartalomra gyakorolt szignifikáns hatását a lisztek és a búzaszemek esetében egyaránt két mintás T-próbával határoztuk meg, a termőhelyek és az évek hatását pedig egy tényezős varianciaanalízissel. A post hoc analízis során Duncan-tesztet alkalmaztunk. A statisztikai elemzéseket SPSS for Windows 13.0 programcsomag segítségével hajtottuk végre. A diagramok Microsoft Excel 2003 használatával készültek.

3. Eredmények és értékelésük

3.1. A különböző NPK kezelések hatása a búza elem- és fehérjetartalmára

3.1.1. Az eltérő dózisé N kezelések hatásának vizsgálata a fehérje- és ásványi anyag tartalomra

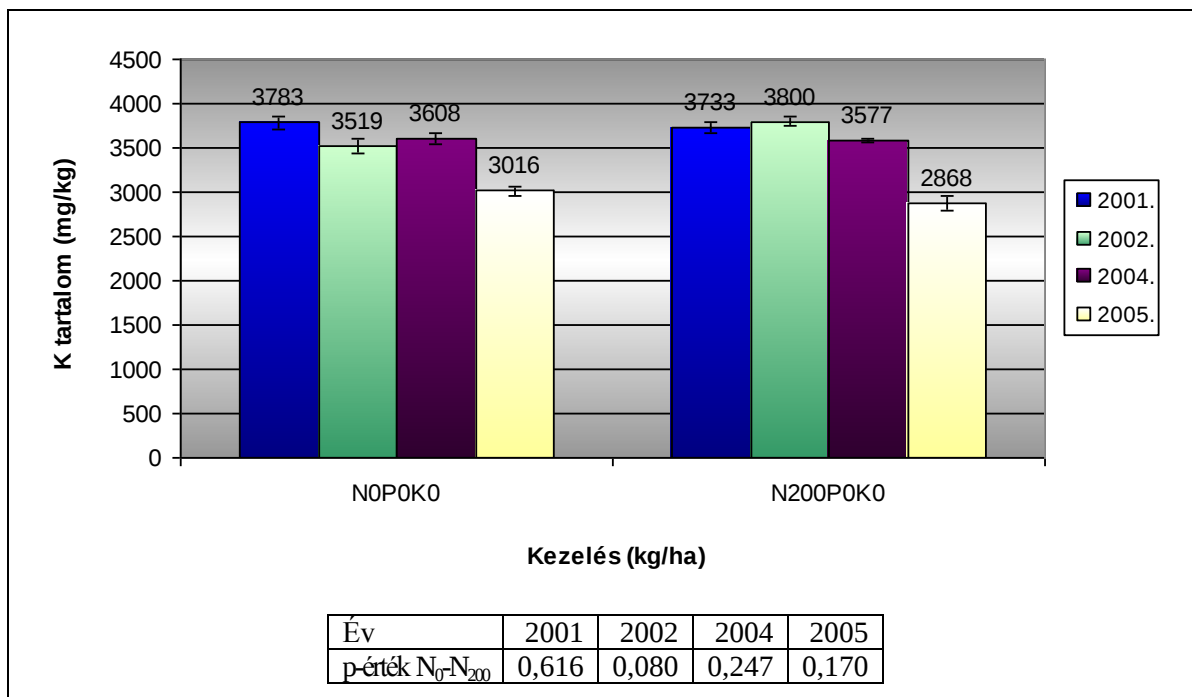
A szakirodalmi áttekintésből kiderült, hogy a műtrágyakezelések nagy befolyással lehetnek a gabonafélék ásványi elem- illetve fehérjetartalmára. Több kutató ezen belül is kiemelkedő jelentőséget tulajdonított a N műtrágyák használatának. Jelen fejezet a N kezelések K-, P-, S-, Mg-, Ca-, Fe-, Mn-, Cu-, Zn-, Sr- és fehérjetartalomra gyakorolt hatásával kíván foglalkozni.

A diagramokon ábrázolt eredmények az eltérő kezelések négy ismétléséből kapott átlagértékeket jelentik. Az 1-es ($N_0P_0K_0$, a továbbiakban N_0) és 40-es ($N_{200}P_0K_0$, a továbbiakban N_{200}) továbbá a 11-es ($N_{150}P_{100}K_{100}$, a továbbiakban N_{150}) és 17-es ($N_{250}P_{100}K_{100}$, a továbbiakban N_{250}) kezelések hatásának összehasonlítása látható a diagramokon, mivel a rendelkezésre álló minták közül ezek a kezelések voltak azok, amelyekben csak a N műtrágya szintje tért el, és megegyező mennyiségű P-t és K-t tartalmaztak. A következőkben négy év őszi búzaszem mintáinak mérési eredményei következnek, amelyeket Nagyhorcskón gyűjtöttek be, és 2001-ből, 2002-ből, 2004-ből illetve 2005-ből származnak. (2003-ban csak a 17-es kísérletben termesztettek őszi búzát Nagyhorcskón, amely kísérlet kevesebb, továbbá eltérő műtrágyaszintekkel került beállításra, így ebben az esetben a 2003-as mintákban mért értékeknek nem célszerű a többi évvel való összehasonlítása).

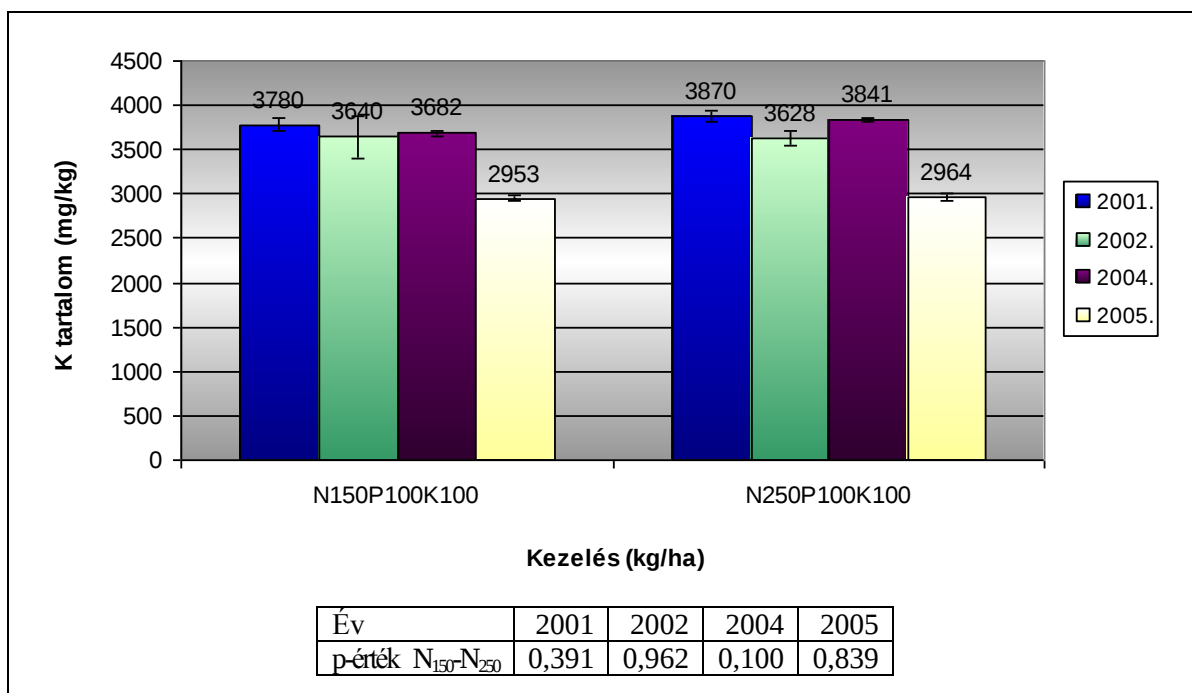
Az 1. és 2. ábrán a N kezelések eltérő szintjeinek hatása látható a minták káliumtartalmára. A mért értékek 2868-3870 mg/kg között alakultak. A statisztikai elemzés azt az eredményt mutatta, hogy a N műtrágyák nem befolyásolták szignifikánsan a szemek káliumtartalmát egyik megfigyelt évben sem, habár a szakirodalomban találhatunk olyan utalást, amely a javuló N-ellátás K tartalomra gyakorolt pozitív hatására vonatkozik (Kádár, 2004a;c).

Az ábrákat megfigyelve a leginkább szembevető jelenség az volt, hogy míg az első három évben mért kálium eredmények nagyjából hasonlóan alakultak, és ezen évek átlaga közt nem volt szignifikáns eltérés, a 2005-ös év értékei alulmaradtak ezekhez viszonyítva ($p < 0,01$; $p = 0,00$). Az ekkor begyűjtött szemek K tartalma átlagosan 755 mg/kg-mal,

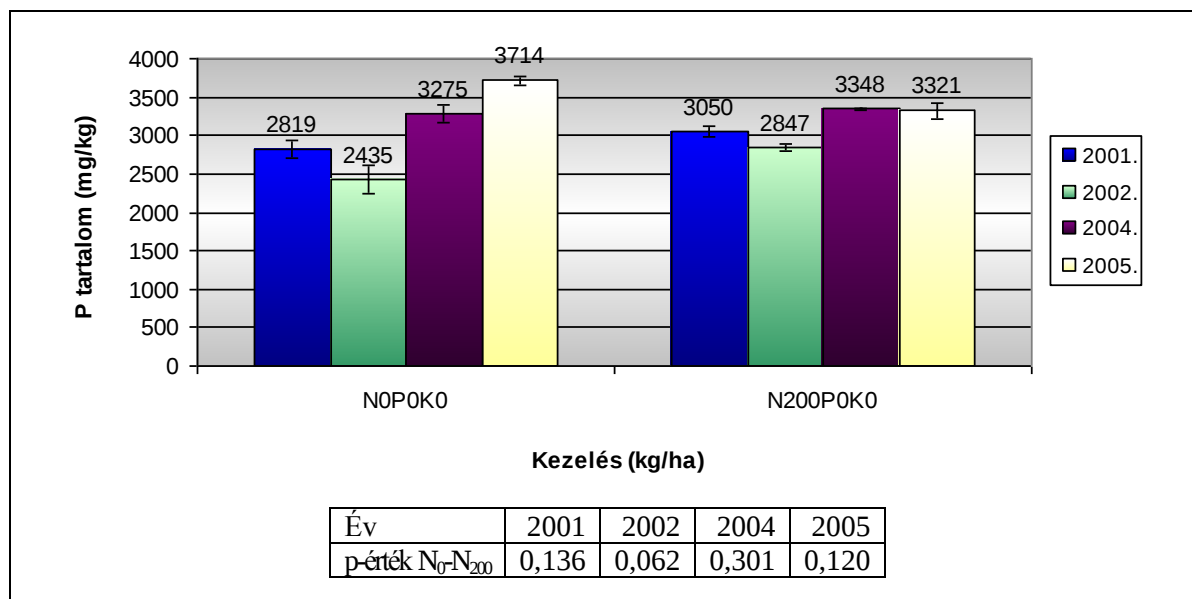
százalékosan kifejezve 26%-kal volt alacsonyabb a másik három évben mért eredményekhez képest. Ebben az esetben érdemes még megemlíteni, hogy a vizsgált évek közül ekkor esett a legnagyobb mennyiségű csapadék Nagyhörcsőkön.



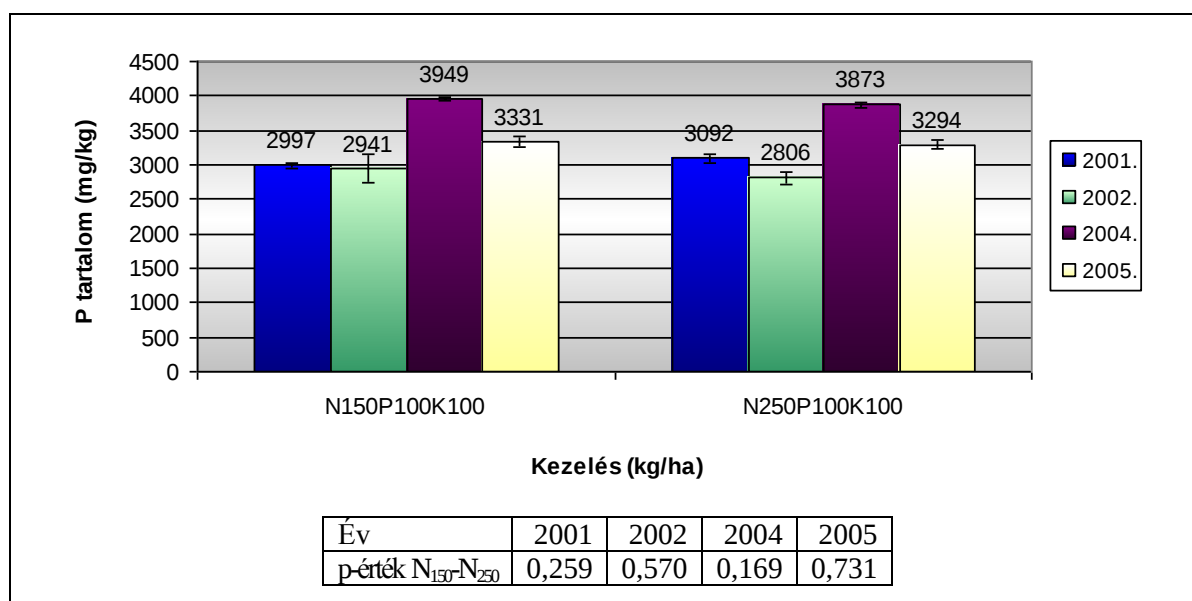
1.ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek káliumtartalmára



2.ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek káliumtartalmára



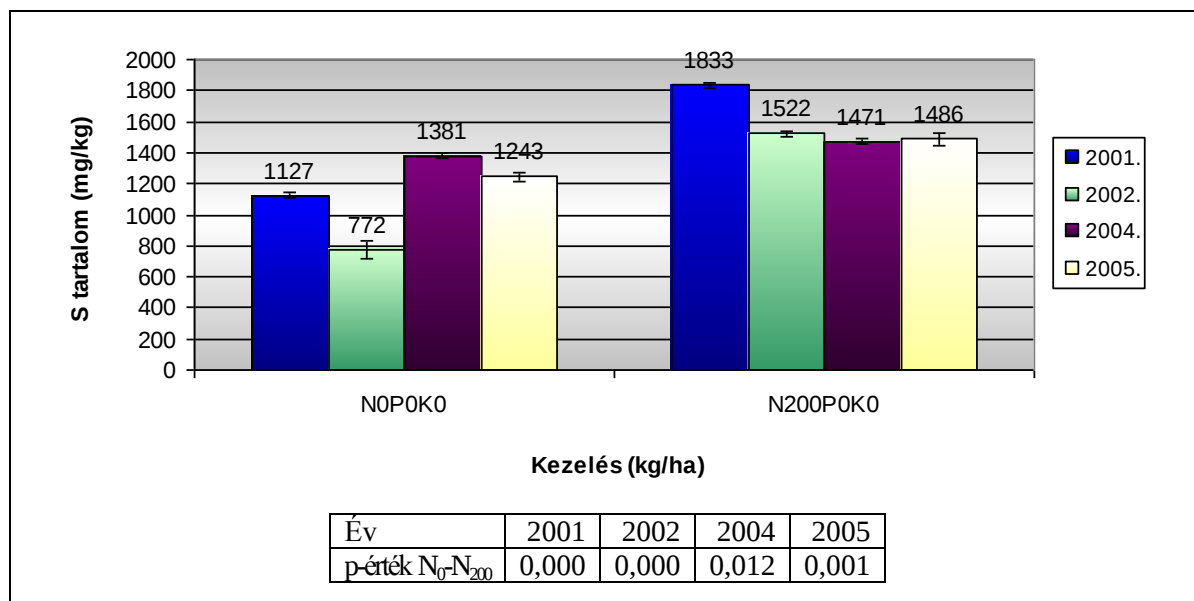
3. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek foszfortartalmára



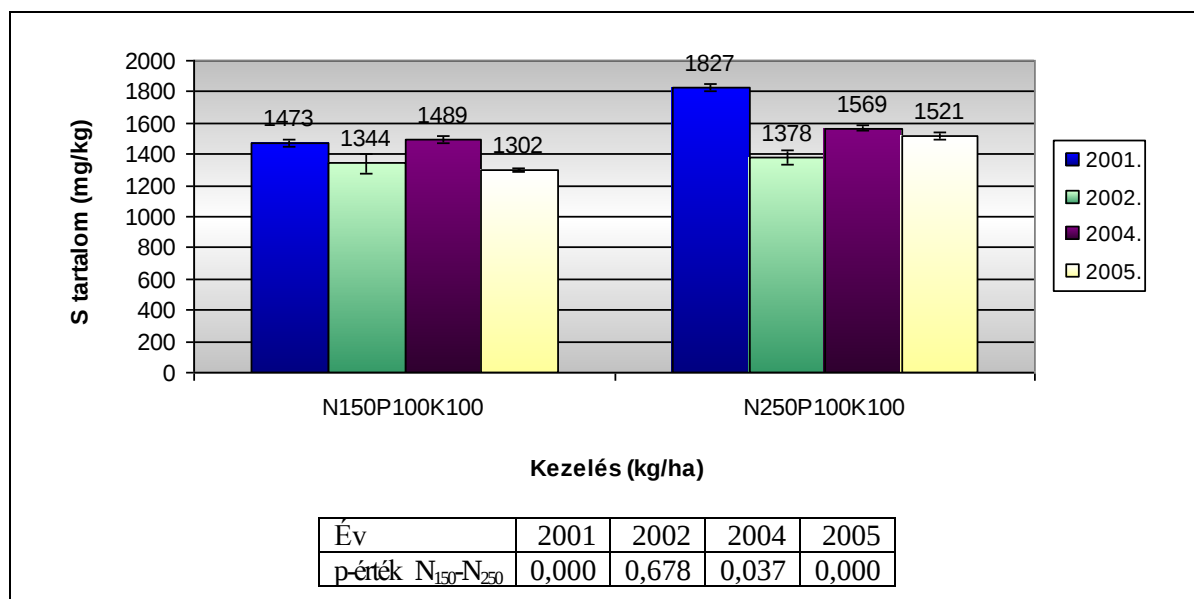
4. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek foszfortartalmára

A 3. és 4. ábra a búzaszemek foszfortartalmának alakulását mutatja be az eltérő N műtrágya szintek függvényében. Ezek az értékek 2435-3949 mg/kg között voltak. Hasonlóképpen a kálium-koncentrációhoz, a statisztikai elemzés ebben az esetben sem igazolta, hogy a N kezelések befolyást gyakorolnának a szemek foszfortartalmára, illetve tendenciaszerű hatás sem volt tapasztalható a megfigyelt évek egyikében sem, ami egybevág azzal, hogy a szakirodalmi előzményekben feldolgozott kutatásokban sem

számoltak be ilyen eredményről. A diagramokat megfigyelve látható, hogy a foszfortartalmak tekintetében nagyobb különbségek mutatkoztak az egyes esztendőben mért értékek között, mint az előző esetben. A 2001-es és a 2002-es évek átlaga szignifikánsan különbözött a 2004-es és a 2005-ös átlagértékektől ($p < 0,01$; $p = 0,001$). Az évek átlagát tekintve az 2002-ben volt a legalacsonyabb (2757 mg/kg), 2004-ben pedig a legnagyobb (3611 mg/kg), ami 32%-kal volt magasabb az előbbinél.



5. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek kén tartalmára



6. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek kén tartalmára

A következő vizsgált elem a kén. A kéntartalmak alakulását megfigyelve a növekvő adagú N dózisok mellett (5. és 6. ábra) az előzőektől eltérően statisztikailag is igazolható pozitív szignifikáns hatás ($p < 0,05$) volt tapasztalható 2004-ben mindkét kezeléspárban, míg erős szignifikáns hatás 2001-ben, 2002-ben és 2005-ben ($p < 0,01$) az első két kezelés közt, 2001-ben és 2005-ben pedig a N_{150} és a N_{250} szintek között. Ez a megfigyelés összecseng más – a szakirodalmi áttekintésben korábban bemutatott – kutatások eredményeivel is (Lásztity, 1997b; Kádár, 2004a). A mintákban mért kéntartalmak értéke egyébként 772-1833 mg/kg-ig terjedt.

Ha a N kezelések S tartalomra gyakorolt pozitív hatását számszerűsíteni akarjuk, elmondható, hogy a N_{200} kezelésben (1833 mg/kg) a kontrollhoz (1127 mg/kg) viszonyítva 63%-os növekedés történt 2001-ben, 97%-os (N_0 : 772 mg/kg; N_{200} : 1522 mg/kg) 2002-ben, 7%-os (N_0 : 1381 mg/kg; N_{200} : 1471 mg/kg) 2004-ben és 20%-os (N_0 : 1243 mg/kg; N_{200} : 1486 mg/kg) 2005-ben (5. ábra). A 150 kg/ha-os N dózis mellett mért érték (1473 mg/kg) 24%-kal nőtt a N_{250} kezelésben (1827 mg/kg) 2001-ben, 3%-kal 2002-ben (N_{150} : 1344 mg/kg; N_{250} : 1378 mg/kg), 5%-kal 2004-ben (N_{150} : 1489 mg/kg; N_{250} : 1569 mg/kg) és 17%-kal 2005-ben (N_{150} : 1302 mg/kg; N_{250} : 1521 mg/kg) (6. ábra).

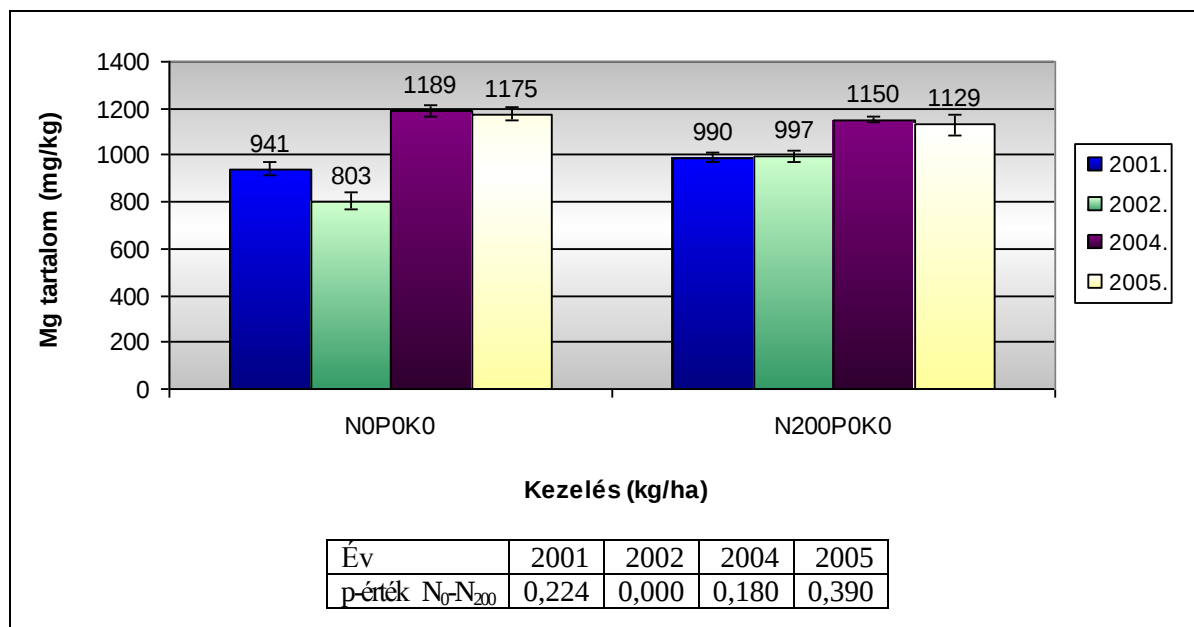
Összehasonlítva a megfigyelt évekből származó adatok átlagát, ez az érték 2001-ben volt a legmagasabb (1565 mg/kg), és 2002 átlaga volt a legalacsonyabb (1254 mg/kg). Ez az előbbi 25 %-kal maradt el, azonban ebben az évben a kezelt minták S tartalmának átlaga és a kontrollminták kénkoncentrációja között számszerűen 643 mg/kg (83%) volt a különbség. A N trágyázás kéntartalomra gyakorolt pozitív hatása tehát 2002-ben jelentkezett legmarkánsabban, szignifikáns különbség azonban nem volt az évek között ($p = 0,373$).

A N műtrágyázás, és a búzatermés magnézium-koncentrációjának alakulását mutatja be a 7. és 8. ábra. A mérések során kapott legkisebb Mg koncentráció 803 mg/kg volt, a legnagyobb mennyiség pedig 1220 mg/kg.

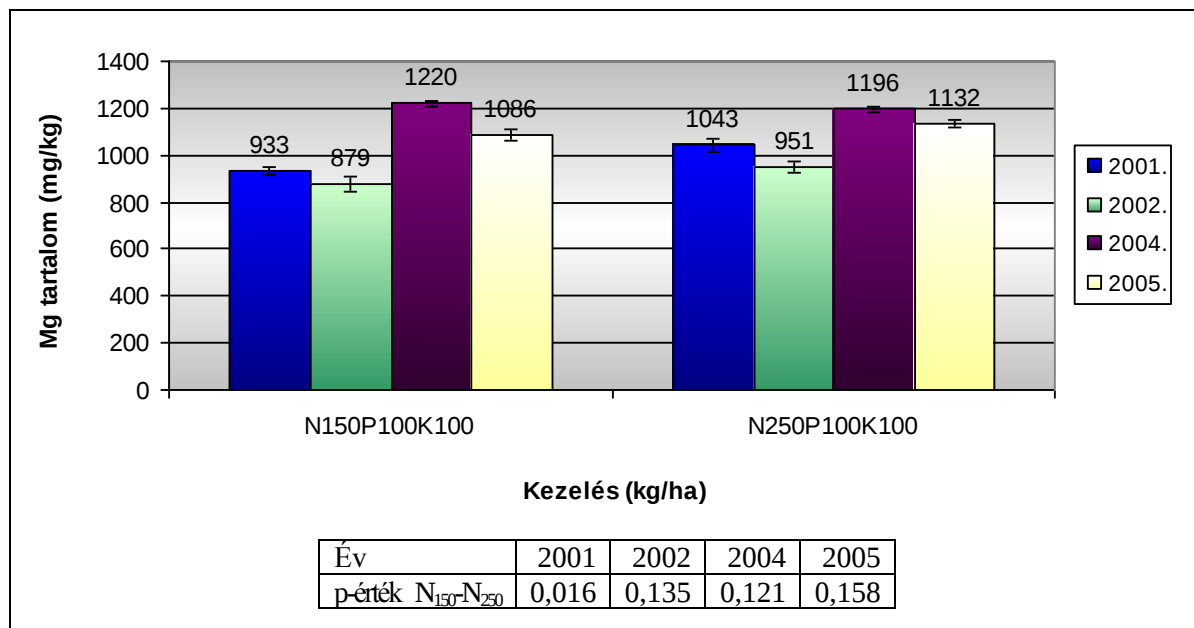
A statisztikai vizsgálat során szignifikáns növekedését tapasztaltuk 2001-ben a N_{250} kezelésben a N_{150} -hez képest (12%) ($p < 0,05$), illetve 2002-ben a N_{200} kezelésben a kontrollhoz viszonyítva (24%) ($p < 0,01$). Korábban Kádár vizsgálataiban (2000a) a N trágyázás serkentette a kukoricaszemek Mg felvételét.

Összehasonlítva az egyes években mért értékeket, a 2004-ben (1150-1220 mg/kg) és a 2005-ben (1086-1175 mg/kg) kapott eredmények általában magasabbnak bizonyultak a 2001-es (941-1043 mg/kg) és 2002-es (803-997 mg/kg) év adatainál. Ennek megfelelően a 2001-es és 2002-es évek a statisztikai analízis eredménye szerint is szignifikánsan

különböztek 2005 és 2004 átlageredményeitől ($p < 0,01$; $p = 0,000$). A magnéziumtartalom esetében is elmondható, amit a búzaszemek kén koncentrációjának alakulása során megfigyeltünk, hogy a legkisebb mennyiség a 2002-es kontroll mintákban (803 mg/kg) volt mérhető.

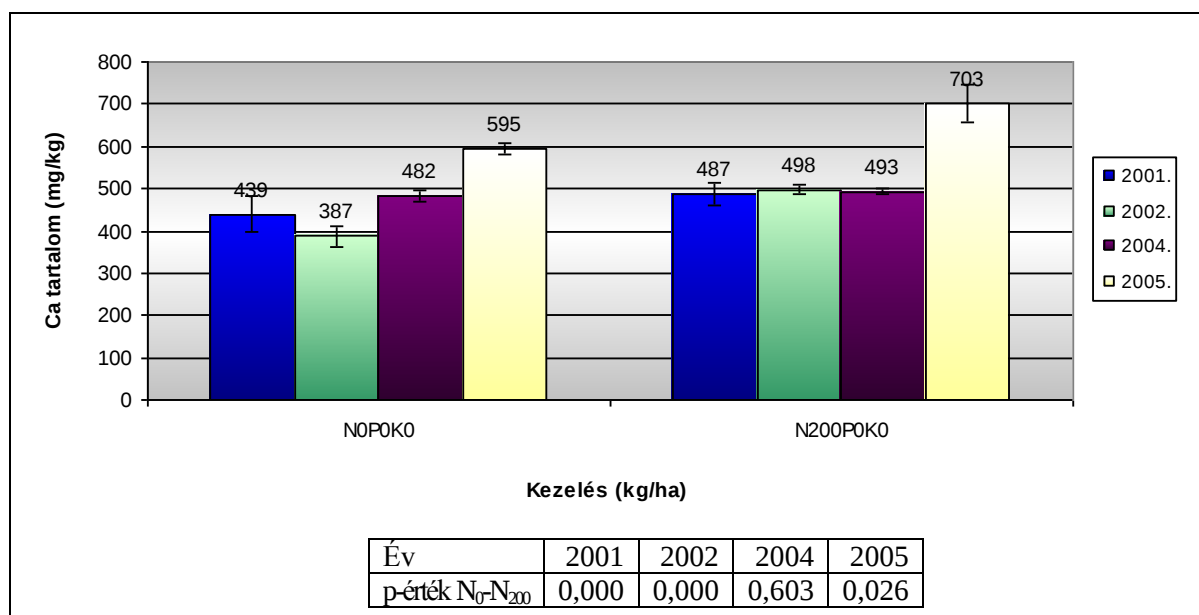


7. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek magnéziumtartalmára



8. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek magnéziumtartalmára

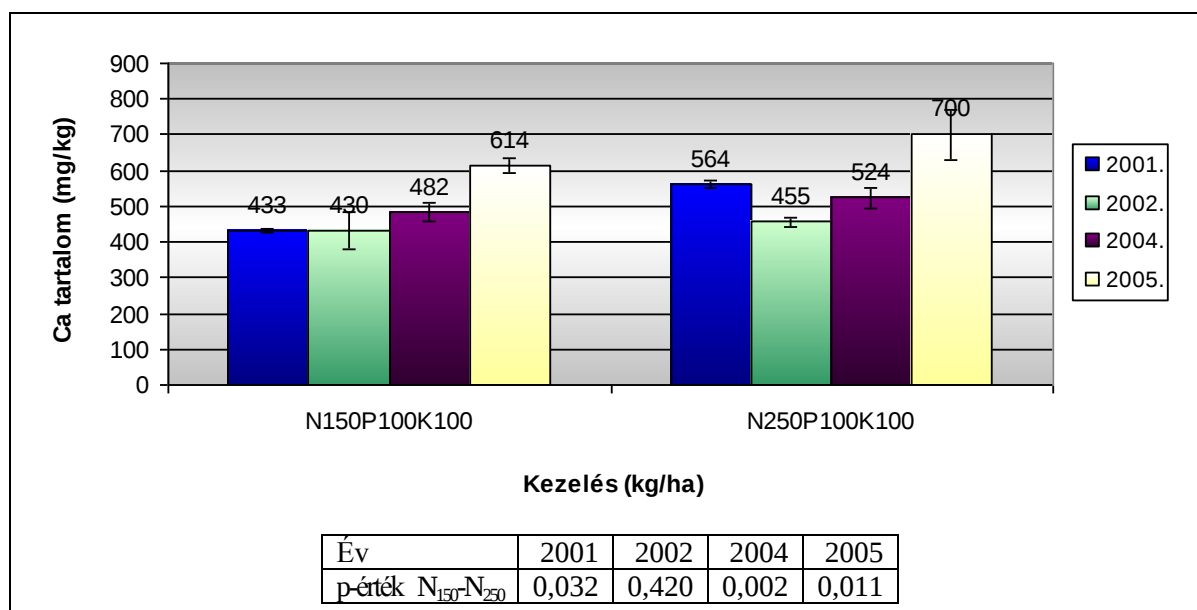
A N kezelések és a minták kalciumtartalma közötti összefüggéseket a 9. és 10. ábrán figyelhetjük meg. A mért kalcium mennyiségek 387-703 mg/kg között alakultak. 2001-ben és 2005-ben a statisztikai vizsgálat eredménye szerint a Ca tartalom mindkét kezeléspárban szignifikánsan nőtt, illetve 2002-ben csak az első, míg 2004-ben csak a második kezeléspárban volt igazolható hatás ($p < 0,01$). Ezt az eredményt azonban befolyásolhatta a kísérlet korábbi szakaszában alkalmazott pétisó műtrágya. 2001-ben a N₂₀₀ szint mellett (487 mg/kg) 11%-kal volt nagyobb a Ca tartalom, mint a kontroll (439 mg/kg), 2002-ben 29%-kal (N₀: 387 mg/kg; N₂₀₀: 498 mg/kg), míg 2005-ben ez az érték 18% volt (N₀: 595 mg/kg; N₂₀₀: 703 mg/kg). 2001-ben a N₂₅₀ kezelésben (564 mg/kg) a Ca koncentrációja 30%-kal magasabbnak mutatkozott, mint a N₁₅₀ kezelésben (433mg/kg), 2004-ben 9%-kal (N₁₅₀: 482 mg/kg; N₂₅₀: 524 mg/kg) haladta azt meg, 2005-ben pedig a növekedés 14% volt (N₁₅₀: 614 mg/kg; N₂₅₀: 700 mg/kg). Ez az eredmény egybevág más kutatók vizsgálatainak tapasztalataival is (Kincses, S.-né, 2002; Kádár, 2004a; Kádár 2004c; Győri et al., 2007).



9. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek kalciumtartalmára

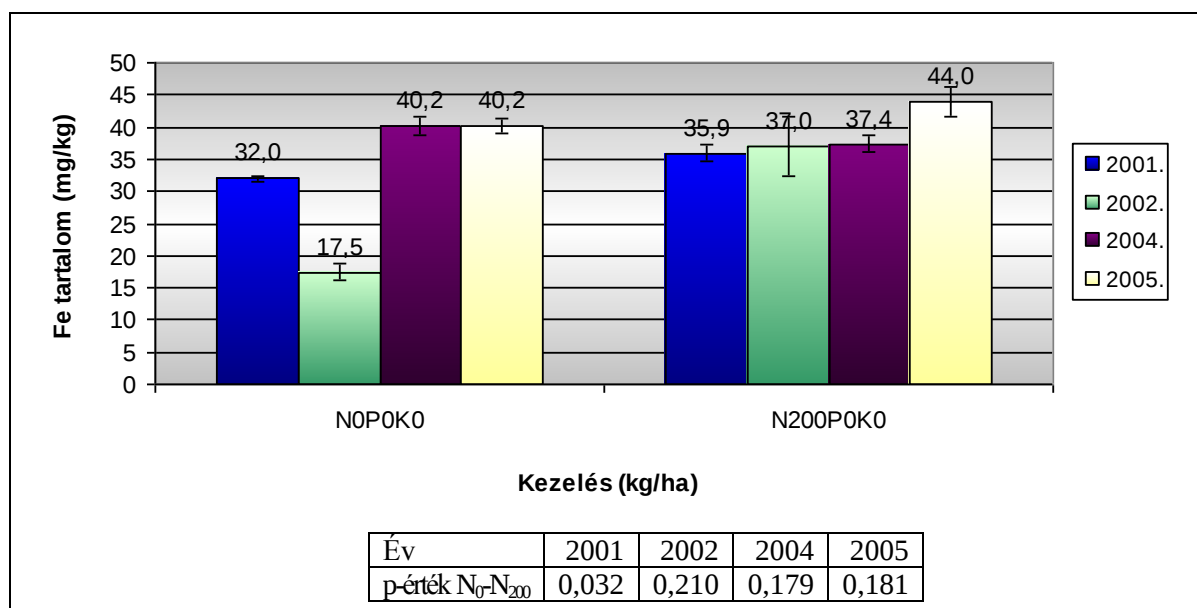
Az egyes éveket összehasonlítva azt is megfigyelhettük, hogy a 2005-ben begyűjtött mintákban a másik három év átlagához képest – amelyek eredményei egymáshoz hasonlóan alakultak (2001: 481 mg/kg; 2002: 443 mg/kg; 2004: 495 mg/kg) – 38%-kal több (653 mg/kg), tehát kiemelkedően magas volt a kalciumtartalom ($p < 0,01$; $p = 0,000$). Ahogy azt már több esetben tapasztaltuk, a kalciumeredmények tekintetében is

igaz volt, hogy a 2002-ben begyűjtött kontroll minták értékei bizonyultak mind közül a legalacsonyabbnak (387 mg/kg).

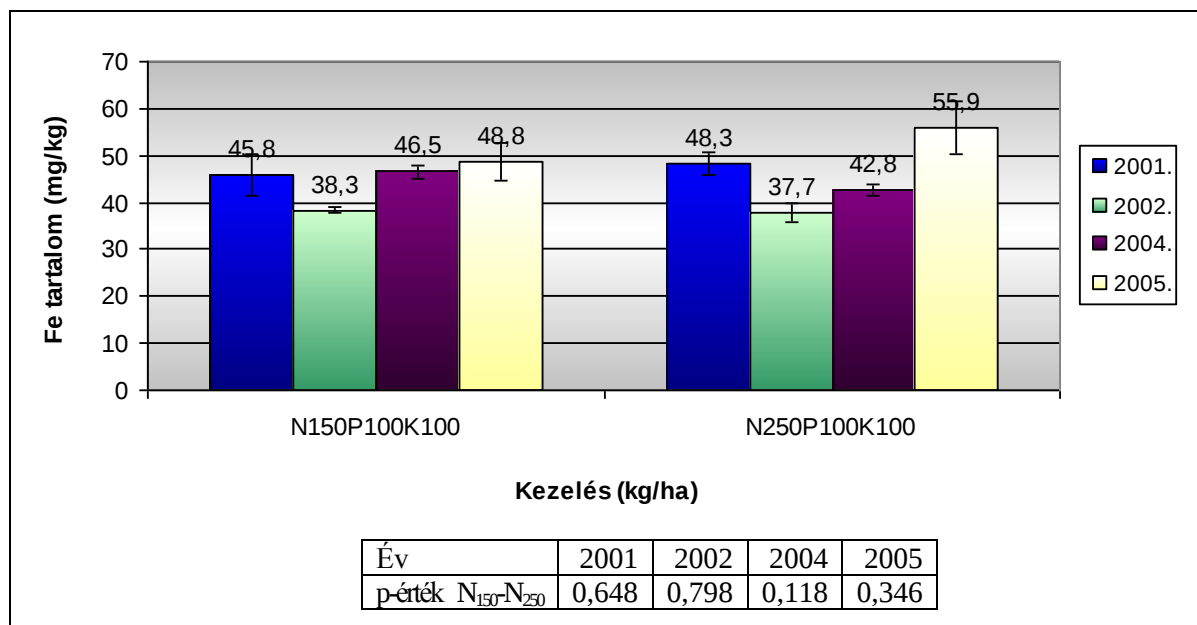


10. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek kalciumtartalmára

A 11. és 12. ábrán látható diagramok a minták vas koncentrációjának változását szemléltetik az eltérő dózisú N kezelések függvényében. A vizsgálatok során kapott legkisebb Fe mennyiség 17,5 mg/kg volt, a legnagyobb pedig 55,9 mg/kg.



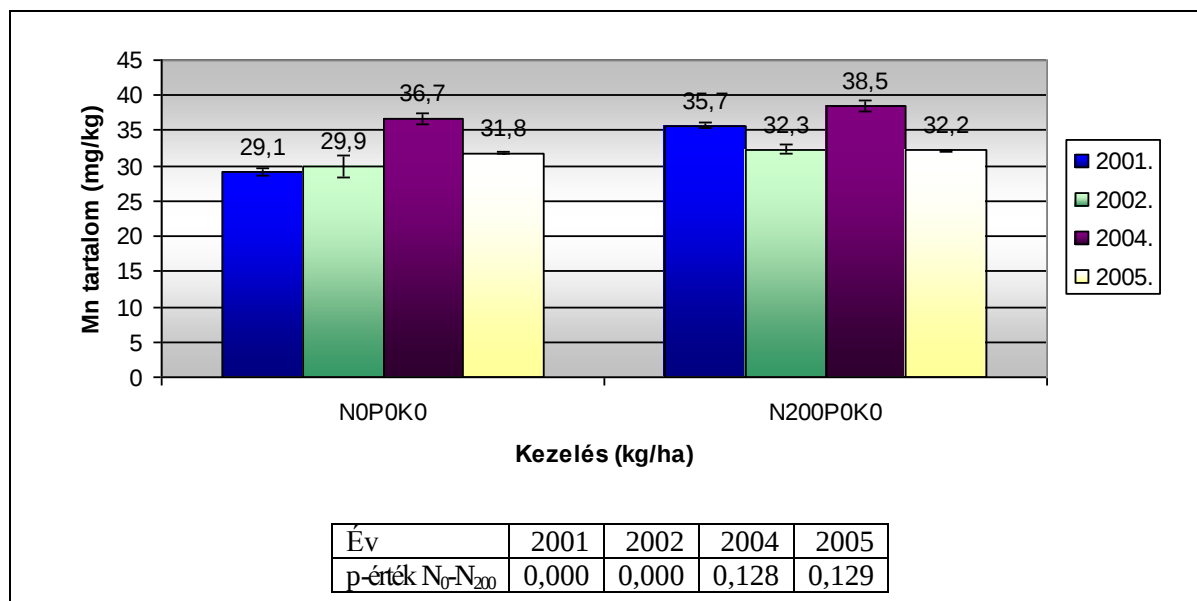
11. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek vastartalmára



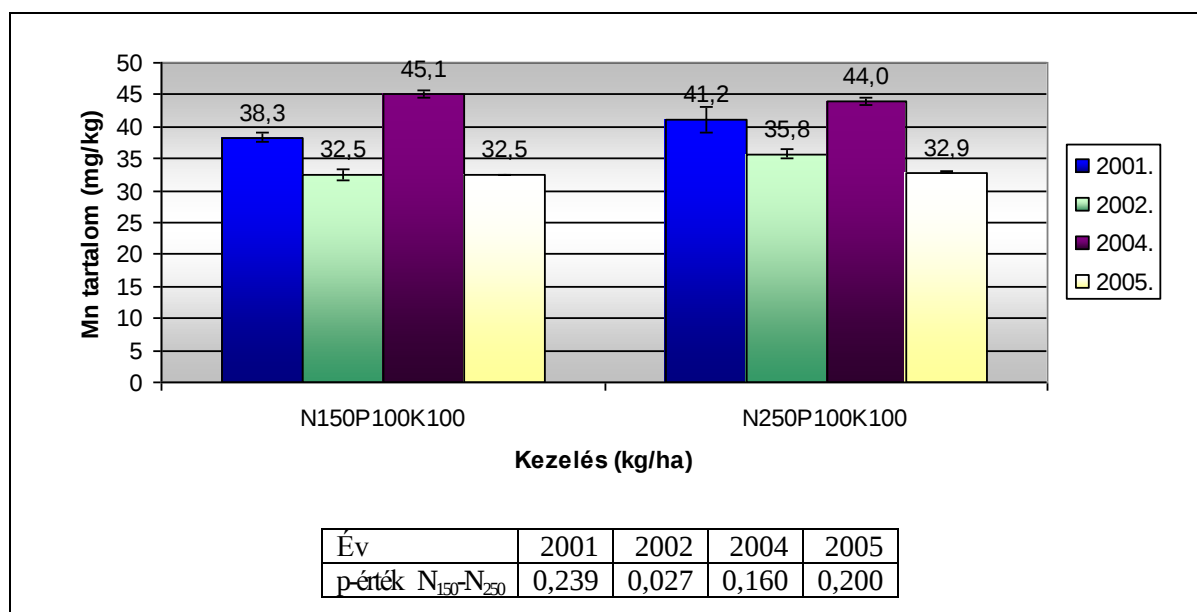
12. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek vastartalmára

A vastartalom változása az egyes években eltérő volt. 2001-ben a Fe koncentrációja növekedett mind a N_{200} kezelésben a kontrollhoz viszonyítva, mind pedig a N_{250} kezelésben a N_{150} jelűhöz képest. Ez a hatás 2001-ben statisztikailag is igazolható ($p < 0,05$) volt. 2002-ben, 2004-ben és 2005-ben azonban a Fe koncentráció nem változott statisztikailag igazolható módon. Az N műtrágyázás pozitív hatását már korábban is megfigyelték (Kádár, 2000b; Kutman et al., 2009; Shi et al, 2010; Kutman et al., 2011). 2001-ben, amikor igazolható növekedést tapasztaltunk, annak mértéke a N_{200} kezelésben a kontrollhoz képest 12% volt. Az évek átlaga között szignifikáns különbség nem volt ($p = 0,102$).

A 13. és 14. ábra a szemekben mért mangánkoncentráció változását mutatja be a különböző N kezelések hatására. A mért mangán mennyiségek 29,1 mg/kg és 45,1 mg/kg közötti értékeket vettek fel. Az eltérő mennyiségű N műtrágyázás 2004 kivételével a megfigyelt években a mangántartalom növekedését eredményezte a mintákban, ami egy statisztikailag is igazolható erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatás volt 2001-ben és 2002-ben az első kezeléspárban. Ezekben az években eltérő volt a növekedés mértéke. 2001-ben a N_{200} kezelésben (35,7 mg/kg) a Mn mennyisége 23%-kal emelkedett a kontrollhoz (29,1 mg/kg) viszonyítva, míg 2002-ben az első kezeléspárban 11%-os növekedést lehetett tapasztalni (N_0 : 29,9 mg/kg; N_{200} : 32,3 mg/kg), ez a másodikban 10% volt (N_{150} : 32,5 mg/kg; N_{250} : 35,8 mg/kg) (ahol $p < 0,05$).

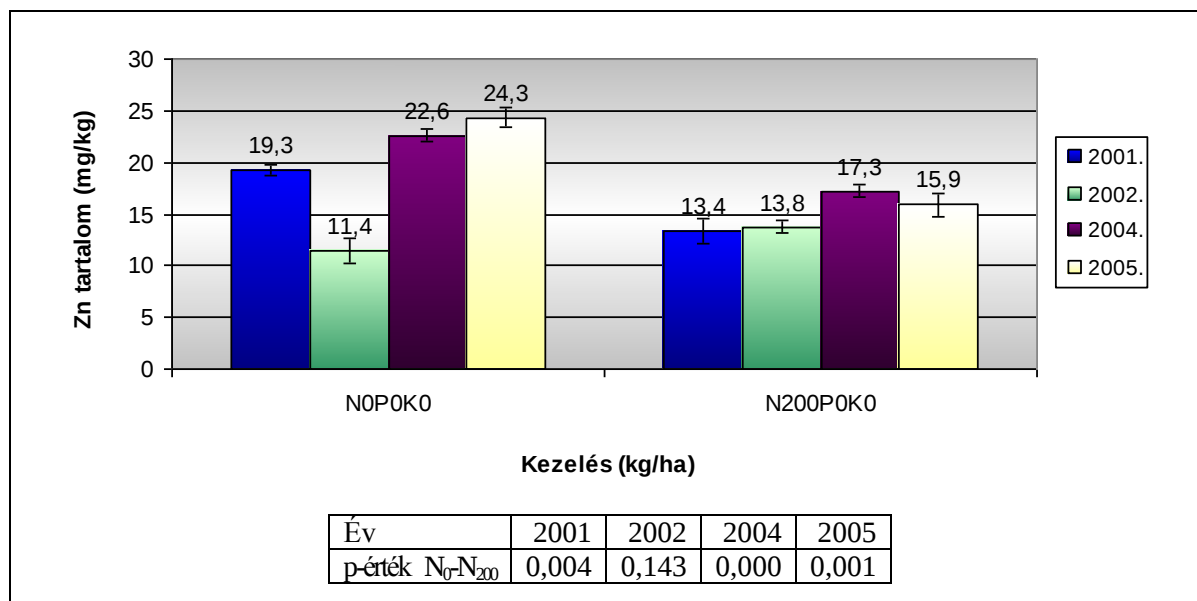


13. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek mangántartalmára



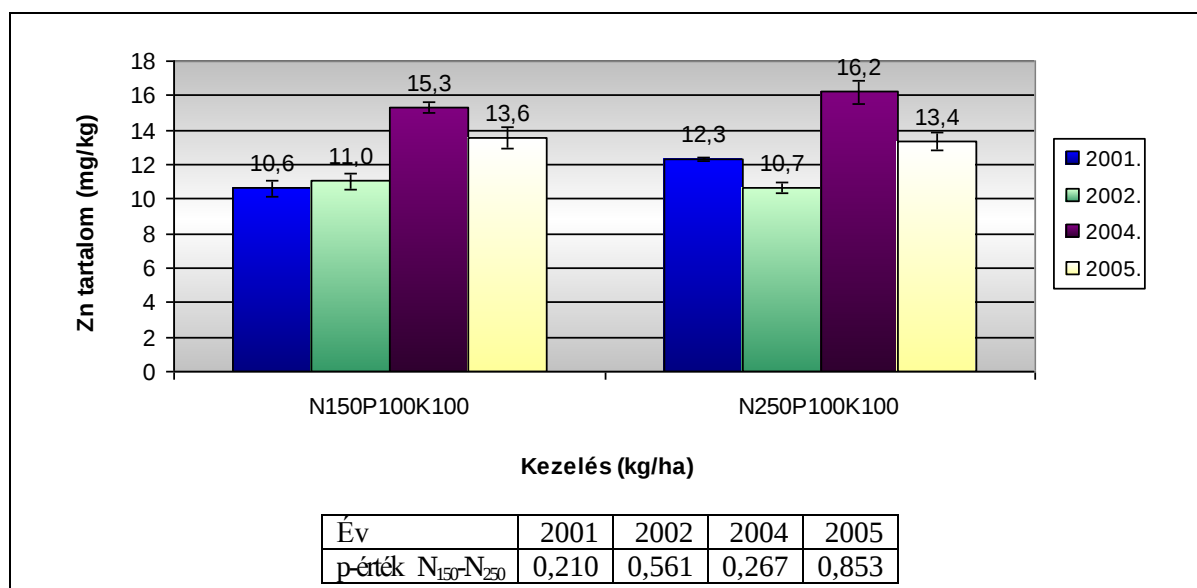
14. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek mangántartalmára

Az a tapasztalat, miszerint a javuló N ellátás pozitív hatással van a Mn tartalomra összhangban van Kádár (2000a; 2000b; 2004a) eredményeivel, aki azonos talajtípuson hasonló eredményre jutott, azonban Shi et al. (2010) vizsgálataiban a N kezelés nem befolyásolta a szemek Mn tartalmát. Ha az évek átlagát vizsgáljuk, azt állapíthatjuk meg, hogy 2002 és 2005 átlaga a 2004-es évtől szignifikánsan különbözött ($p < 0,05$; $p = 0,014$), azonban 2001 átlageredménye egyik évtől sem tért el statisztikailag.



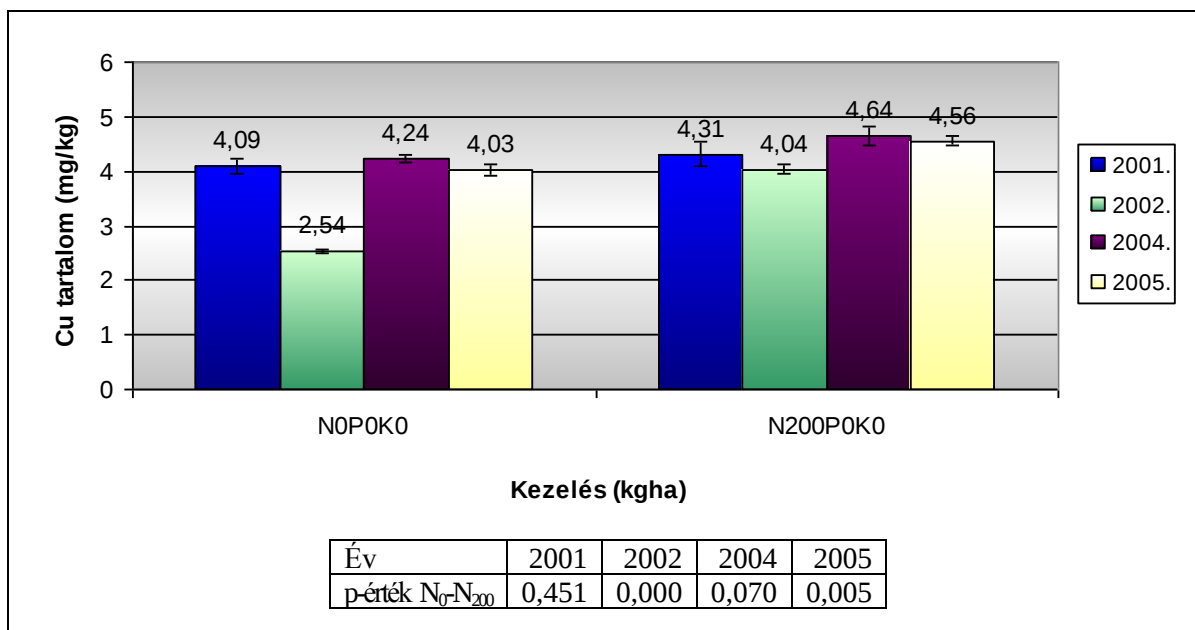
15. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek cinktartalmára

A 15. és 16. ábra a búzaszemek Zn-koncentrációját mutatja be az eltérő N kezelésekben. A N dózis növelése a mintákban lévő cink szignifikáns csökkenését eredményezte 2001-ben, 2004-ben és 2005-ben a kontroll és a N_{200} kezelések között, ami azonban ellentétben áll több szerző korábbi megfigyeléseivel, akik a szemek Zn dúsulását írták le növekvő dózisú N kezelések hatására (McGrath, 1985; Kádár, 2004a; Kutman et al., 2009; Shi et al., 2010).



16. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek cinktartalmára

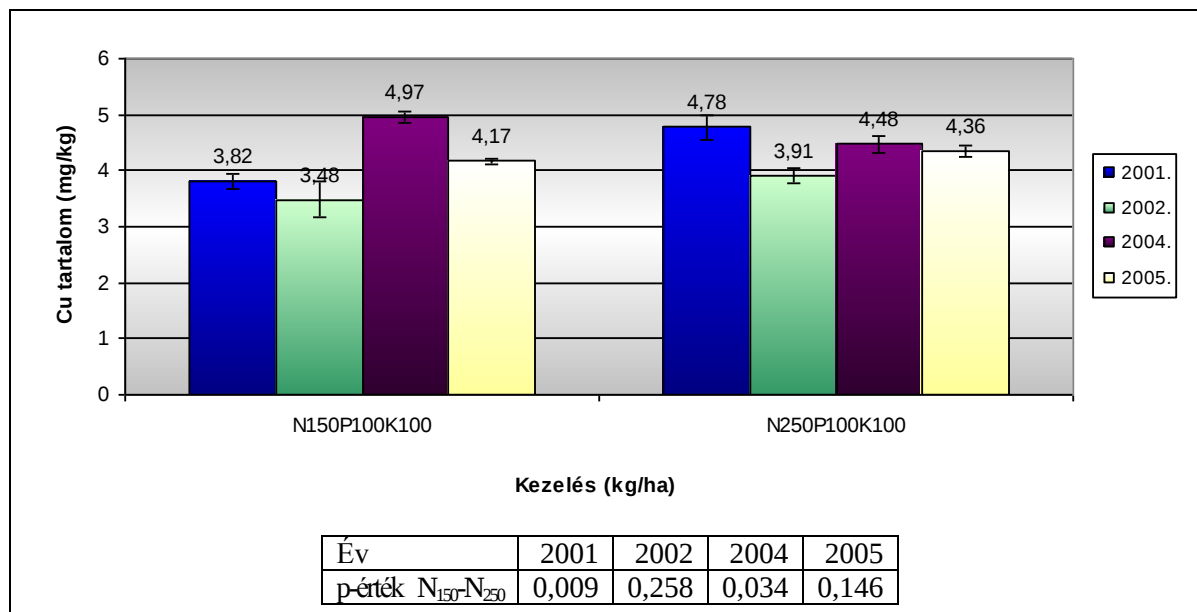
Összehasonlítva a különböző éveket, a cinktartalom minden kezelésben 2002-ben bizonyult a legalacsonyabbnak (10,7-13,8 mg/kg), azonban az egyes évek átlaga között nem lehetett szignifikáns különbséget igazolni a statisztikai vizsgálat során. A legnagyobb értéket 2005-ben tapasztaltuk (24,3 mg/kg), azonban a Zn koncentrációja ebben az esetben sem haladta meg a gabonafélékben maximálisan megengedett 30 mg/kg Zn határértéket (17/1999. (VI. 16.) EüM).



17. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek réztartalmára

A 17. és 18. ábra a minták réztartalmában bekövetkezett változásokat szemlélteti az eltérő dózisú N műtrágyázás nyomán. A vizsgálatok során kapott réztartalmak 2,54 mg/kg és 4,97 mg/kg között voltak, így értékük nem haladta meg a gabonafélékben maximálisan megengedett 5 mg/kg Cu tartalmat (17/1999. (VI. 16.) EüM). A réz koncentrációjára az egyes években a N kezelések befolyása különböző volt. Általában minden megfigyelt év minden kezeléspárjában emelkedett, kivételt képezett ez alól 2004-ben a $N_{150}-N_{250}$ kezeléspár. Ez a növekedés statisztikailag is igazolható szignifikáns különbséget jelentett 2001-ben a $N_{150}-N_{250}$ -es ($p < 0,01$), és 2002-ben illetve 2005-ben az N_0-N_{200} -as kezelések között ($p < 0,01$). A növekedés mértéke a N_{200} (4,04 mg/kg) kezelésben a kontrollhoz képest (2,54 mg/kg) 2002-ben volt a legnagyobb, ami 59%-ot jelentett. A $N_{150}-N_{250}$ kezeléspár között 2001-ben jelentkezett legnagyobb különbség, a N_{250} kezelésben (4,78 mg/kg) 25%-kal nőtt a réz mennyisége a N_{150} -es jelűhöz (3,82 mg/kg) képest. A N

trágyázás és a növényi szövetek réztartalma közötti pozitív összefüggésről korábban több szerző beszámolt (McGrath, 1985; Lásztity, 1996a, Lásztity, 1996b; Kádár, 2000a; Kádár 2004c; Kádár et al., 2004b; Shi et al. 2010).



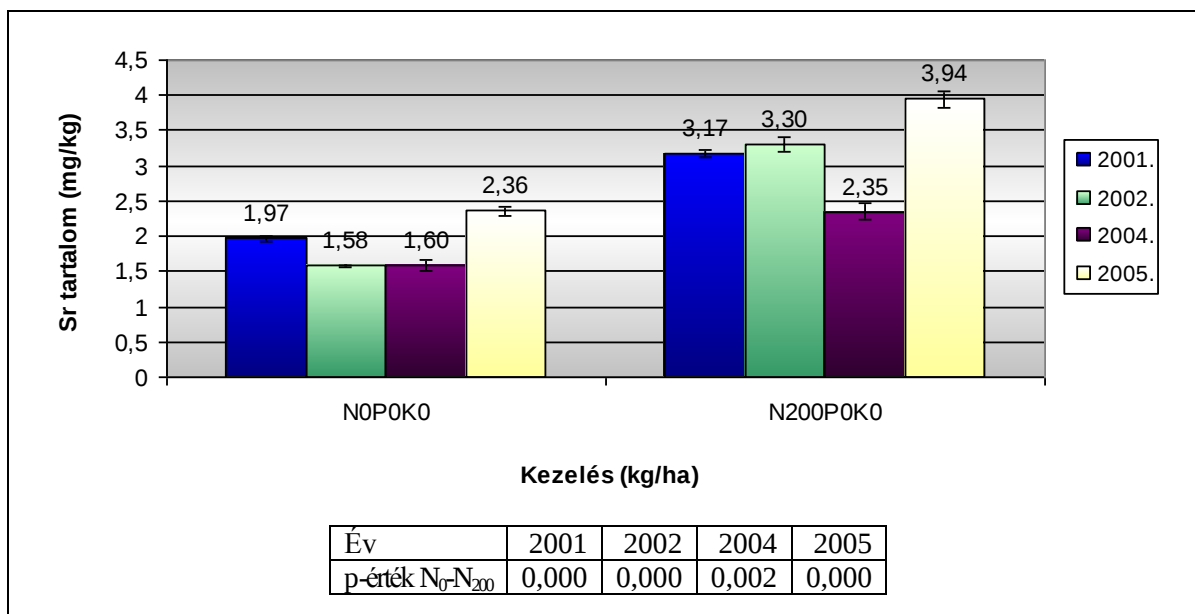
18. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek réztartalmára

Összehasonlítva az egyes évek átlagát, a réz esetében az 2002-ben bizonyult legalacsonyabbnak (3,49 mg/kg). Ez az átlagérték 20%-kal maradt el a másik három év átlagától, és azoktól szignifikánsan különbözött ($p < 0,05$; $p = 0,025$), amelyek azonban egymástól statisztikailag nem mutattak eltérést.

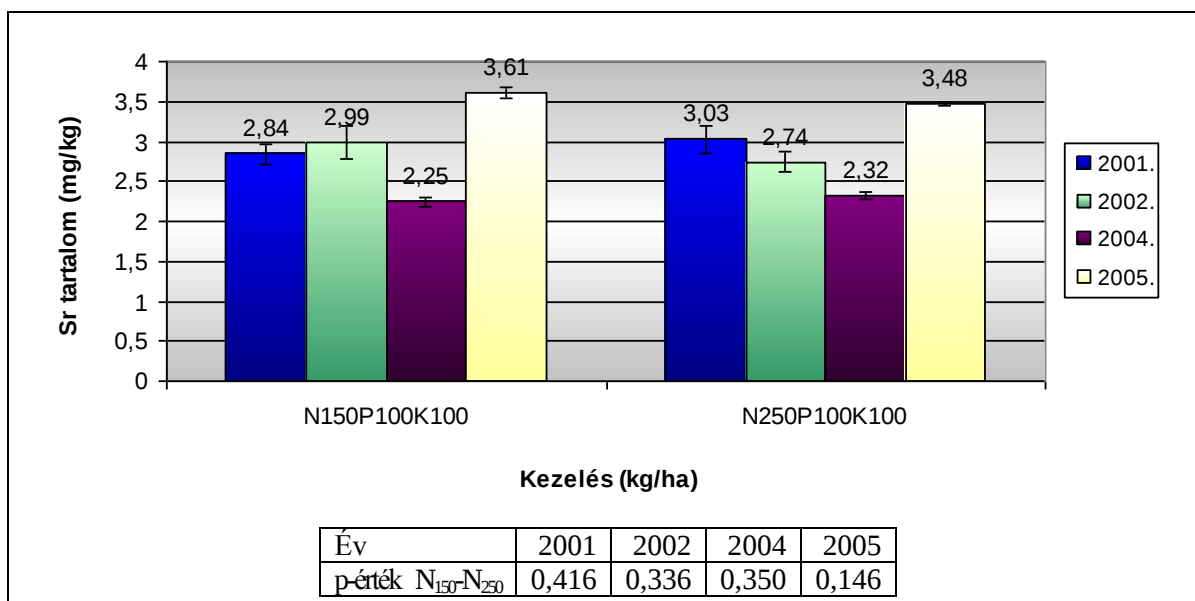
A 19. és 20. ábra a búzaszemekben mért stroncium mennyiségek és a N kezelések hatása között lévő összefüggéseket ábrázolja. A vizsgálataink során mért stroncium értékek 1,58-3,94 mg/kg közöttiek voltak.

A statisztikai elemzés során bebizonyosodott a N műtrágyázás Sr tartalomra gyakorolt erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatása a N₂₀₀ kezelésben a kontrollhoz képest minden vizsgált évben. 2001-ben ez a növekedés 61% volt (N₀: 1,97 mg/kg; N₂₀₀ 40: 3,17 mg/kg), 2002-ben 109% (N₀: 1,58 mg/kg; N₂₀₀: 3,30 mg/kg), 2004-ben 47% (N₀: 1,60 mg/kg; N₂₀₀: 2,35 mg/kg), 2005-ben pedig 67% (N₀: 2,36 mg/kg; N₂₀₀: 3,94 mg/kg).

Összehasonlítva az évek átlagát, ez az érték 2004-ben volt legalacsonyabb (2,13 mg/kg), azonban az évek között nem volt szignifikáns eltérés ($p = 0,089$). A legkisebb értéket (1,58 mg/kg) a 2002-ben begyűjtött kontroll mintákban lehetett mérni.



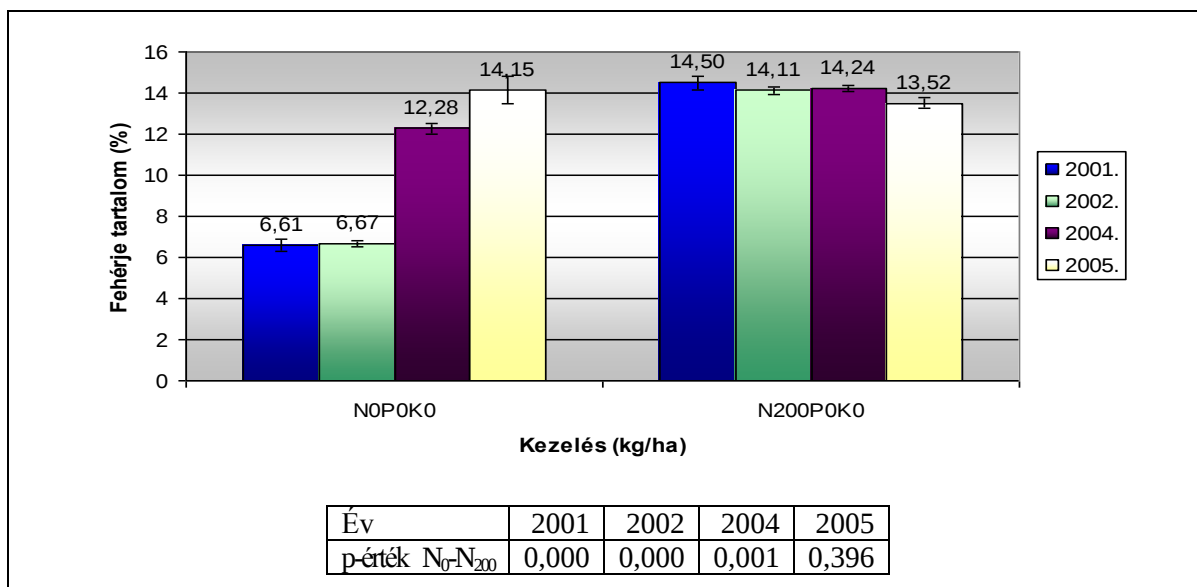
19. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek stronciumtartalmára



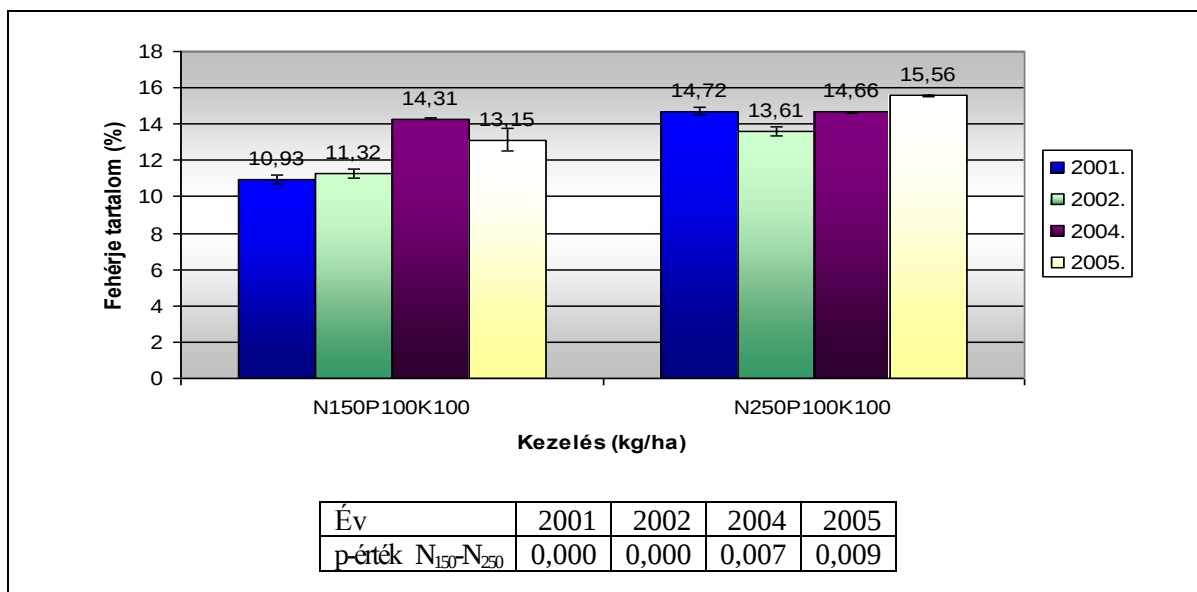
20. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek stronciumtartalmára

A N műtrágyázás hatását a búzaszemek fehérjetartalmára a 21. és 22. ábra mutatja be. Ha megfigyeljük a diagramokat, látható, hogy a javuló N ellátással a legtöbb esetben nőtt a minták fehérje-koncentrációja, kivétel 2005-ben a N_{200} kezelésben a kontrollhoz képest. A N műtrágyázásnak ezekben az esetekben statisztikailag is igazolható erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatása volt. 2001-ben a N_{200} kezelésben (14,50%) bekövetkezett növekedés 119%-os volt a kontrollhoz (6,61 %) képest, 2002-ben 112% (N_0 : 6,67%; N_{200} :

14,11%), 2004-ben pedig 16% (N_0 : 12,28%; N_{200} : 14,24%). A N trágyázás hatása tehát 2001-ben volt a legmarkánsabb. A N_{150} - N_{250} kezeléspárban 35% (N_{150} : 10,93 %; N_{250} : 14,72%) növekedés történt 2001-ben, 20% 2002-ben (N_{150} : 11,32%; N_{250} : 13,61%), 2% 2004-ben (N_{150} : 14,31%; N_{250} : 14,66%) és 18% 2005-ben (N_{150} : 13,15%; N_{250} : 15,56%).



21. ábra: A N kezelések (1 és 40) hatása az őszi búza szemek fehérjetartalmára

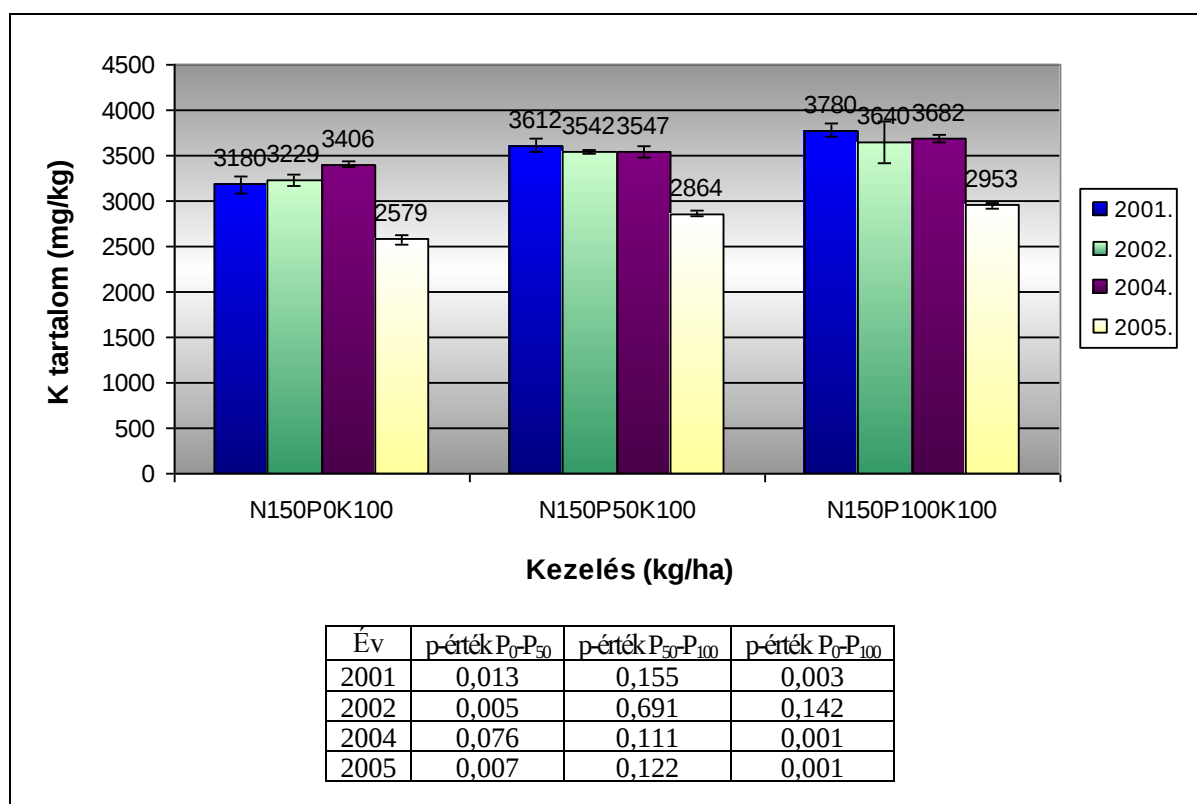


22. ábra: A N kezelések (11 és 17) hatása az őszi búza szemek fehérjetartalmára

Ha az egyes években mért adatok átlagos nagyságát tekintjük, az látható, hogy az 2002-ben volt a legkisebb (11,43%), 2005-ben pedig a legnagyobb (14,10%), statisztikailag igazolható különbség azonban nem volt az évek között ($p=0,381$). A legalacsonyabb mennyiséget egyébként a 2001-es kontroll mintákban mértük (6,61)%, a legmagasabbat 2005-ben (15,56%) a N_{250} kezelés mellett.

3.1.2. A P műtrágya hatása az ásványi alkotók és a fehérje mennyiségi alakulására

A következő diagramok a növekvő adagú szuperfoszfát műtrágya és a búzaszemek hamualkotóinak mennyiségi alakulása közötti összefüggéseket mutatják be. Hasonlóképpen az előbbiekhöz, az oszlopok a különböző évek eltérő kezeléseinek átlagát hivatottak szemléltetni. A rendelkezésre álló kezelések közül a foszfortrágyázás hatását a 9-es ($N_{150}P_0K_{100}$, a továbbiakban P_0), a 28-as ($N_{150}P_{50}K_{100}$, a továbbiakban P_{50}) és 11-es ($N_{150}P_{100}K_{100}$, a továbbiakban P_{100}) kezeléseken keresztül lehetett megfigyelni.

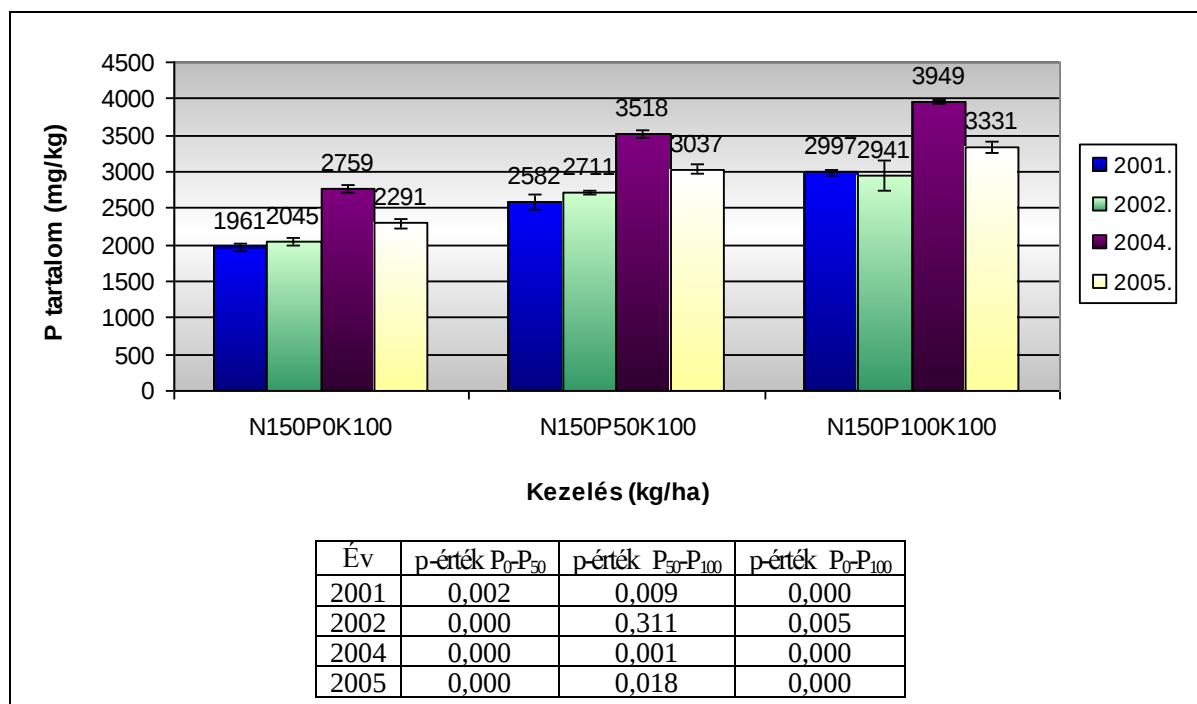


23. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek káliumtartalmára

A 23. ábra segítségével a P kezeléseknek és a minták K tartalmának alakulása közötti összefüggésekre kerestünk választ.

A diagramot megfigyelve, illetve a statisztikai elemzés elvégzése során azt a következtetést lehetett levonni, hogy a foszforkezelések pozitívan befolyásolták a szemek káliumtartalmát, ami a dózisok növelésével minden vizsgált évben emelkedett, és ez a hatás statisztikailag is igazolható volt ($p < 0,05$). Ilyen eredményre szakirodalmi példát is találhatunk (Kádár, 2000a). A bekövetkező növekedés mértéke a P_{100} kezelésben (3780 mg/kg) a P_0 kezeléshez (3180 mg/kg) viszonyítva 2001-ben 19% volt, 2002-ben 3229 mg/kg-ról 3640 mg/kg-ra nőtt, ami 13%, 2004-ben 3406 mg/kg-ról 3682 mg/kg-ra változott, ami 8%, és 2005-ben 2579 mg/kg-ról 2953 mg/kg-ra emelkedett, ami 15%.

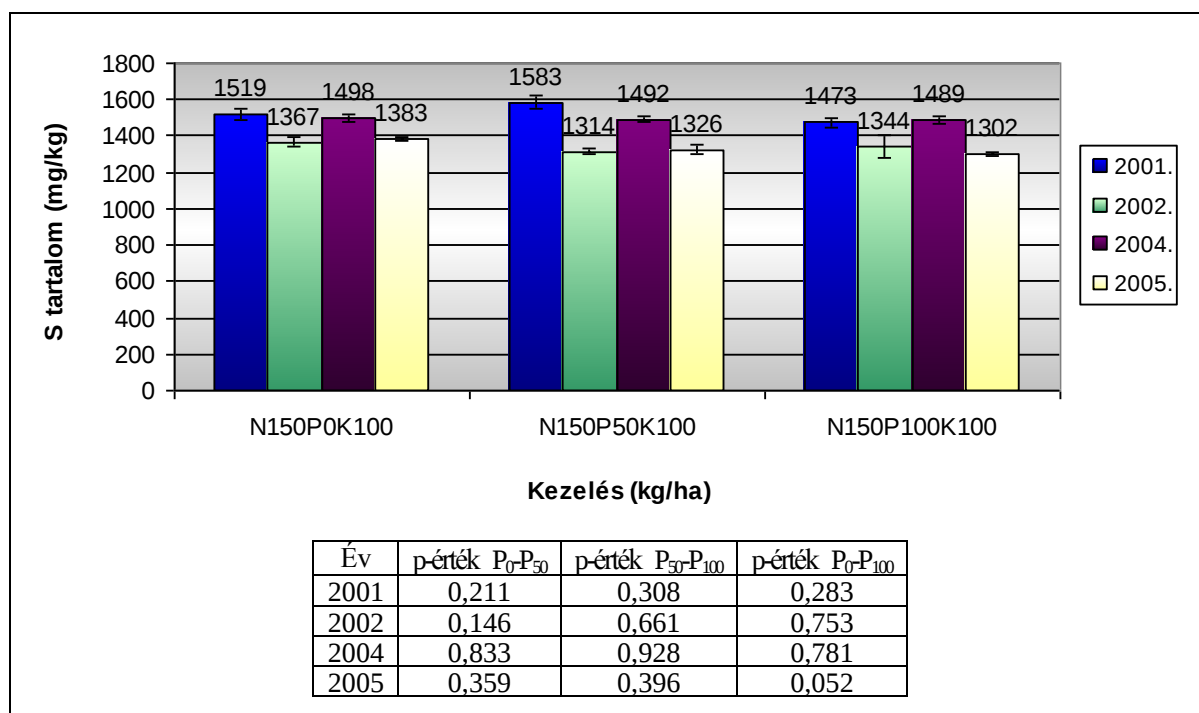
Ha összehasonlítjuk a különböző évek eredményeit, látható, hogy a 2005-ös minták minden kezelésben alacsonyabb káliumtartalommal rendelkeztek, mint a másik három évben begyűjtött búzaszemek ($p < 0,01$; $p = 0,009$). E három év nem tért el szignifikánsan egymástól, átlaguk (3513 mg/kg) 26%-kal haladta meg a 2005. évét (2799 mg/kg). Összevetve minden év mindegyik kezelését, a legnagyobb K koncentrációt 2001-ben mértük, a legnagyobb foszfor dózis mellett. Ennek az értéke 3780 mg/kg volt.



24. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek foszfortartalmára

A 24. ábra az eltérő dózisú szuperfoszfát kezelések és a szemek foszfortartalma közötti összefüggéseket mutatja. A megfigyelt évek mindegyikében a növekvő adagú P dózisok statisztikailag is igazolható pozitív szignifikáns ($p < 0,05$) hatással voltak a mintákban mért P-koncentrációra. A műtrágya legmarkánsabban 2001-ben növelte meg a szemek P mennyiségét, mégpedig 53%-kal (P_0 : 1961 mg/kg; P_{100} : 2997 mg/kg). A többi évben kisebb volt a növekedés mértéke, 2002-ben 44% (P_0 : 2045 mg/kg; P_{100} : 2941 mg/kg), 2004-ben 43% (P_0 : 2759 mg/kg; P_{100} : 3949 mg/kg), 2005-ben pedig 45% (P_0 : 2291 mg/kg; P_{100} : 3331 mg/kg). A P műtrágyák hasonló hatásáról korábban több szerző beszámolt, nemcsak a termésben (Kádár, 2000a), hanem más növényi szervekben is (Kádár, 2000a; Kádár, 2004a; Kádár 2004c; Kádár et al. 2004a; Kádár et al., 2004b; Lásztity 1992).

2001-ben és 2002-ben nagyjából hasonlóan alakultak a mért értékek, 2005-ben nagyobb mennyiségeket lehetett kimutatni, a legmagasabb P szintek pedig 2004-ben voltak tapasztalhatók (átlagosan 3408 mg/kg), azonban a statisztikai vizsgálat szerint az egyes évek átlaga nem különbözött egymástól szignifikánsan ($p = 0,228$).

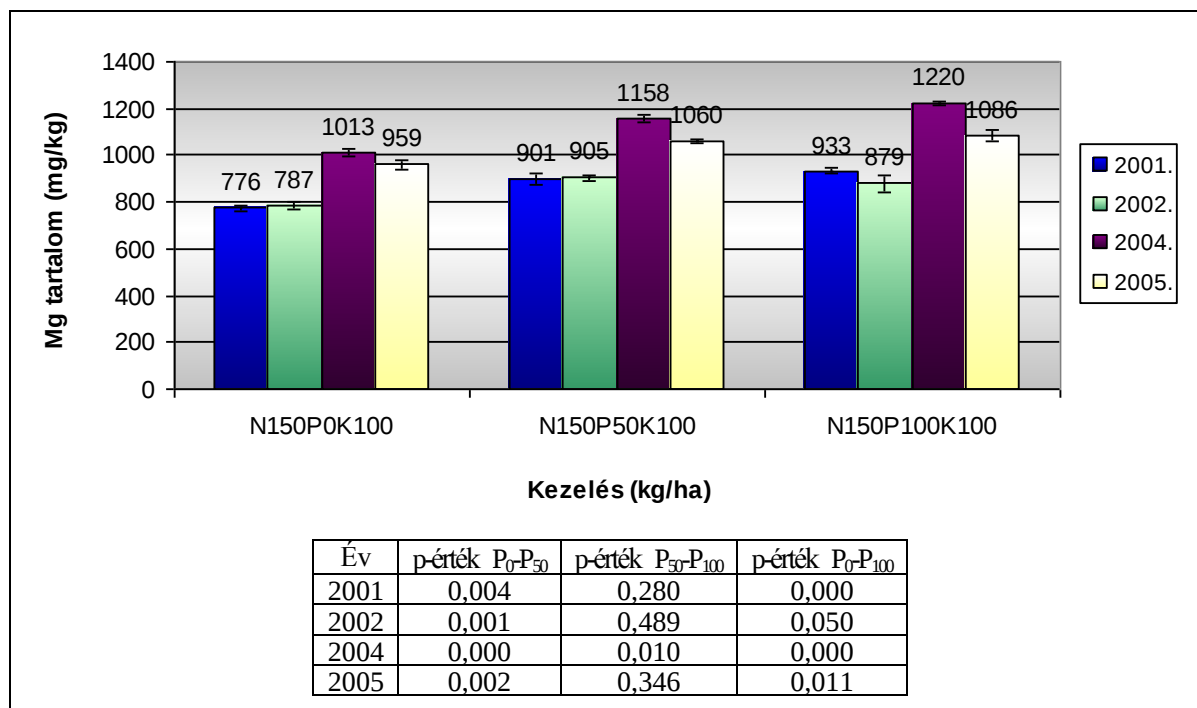


25. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek kén-tartalmára

A következő ábra (25. ábra) oszlopai az egyes P kezelésekben mért kénmennyiségeket tüntetik fel. Ebben az esetben a statisztikai vizsgálat nem mutatott

összefüggést a két tényező között, bár korábban több szerző megfigyelte a szuperfoszfát műtrágya kénkoncentrációra gyakorolt pozitív hatását, amit annak kén tartalmával lehetett magyarázni (Hagstrom, 1986; Kincses, S.-né, 2002). Jelen esetben azonban ez a hatás nem érvényesült. A kapott kéneredmények átlaga 2001-ben volt a legmagasabb (1525 mg/kg). 2002-ben (1341 mg/kg) és 2005-ben (1337 mg/kg) hasonló átlaggal találkozhattunk, valamivel nagyobb volt azonban a 2004-ben begyűjtött minták elemzése során kapott érték (1493 mg/kg). Összehasonlítva a 2001-es és 2005-ös év átlagát, az előbbi 14%-kal volt nagyobb az utóbbinál. A 2005-ös és 2002-es évek statisztikailag igazolhatóan is különböztek 2004-től és 2001-től ($p < 0,01$; $p = 0,000$).

A 26. ábrán a búzatermés magnéziumtartalma látható a különböző P dózissal ellátott minták esetében. A vizsgálatok során azt találtuk, hogy a P dózisok és a szemek Mg koncentrációja között a vizsgált években pozitív kapcsolat volt. A P_{50} kezelés szignifikáns hatása a kontrollhoz képest a statisztikai értékelés során is igazolódott ($p < 0,05$). A P_{100} és a P_{50} között csak 2004-ben tapasztaltunk szignifikáns különbséget ($p < 0,05$). 2001-ben a kontrollhoz képest (776 mg/kg) a legnagyobb kezelésben (933 mg/kg) 20%-os növekedés történt, 2002-ben 12% (P_0 : 787 mg/kg; P_{100} : 879 mg/kg), 2004-ben szintén 20% (P_0 : 1013 mg/kg; P_{100} : 1220 mg/kg), 2005-ben pedig 13%-ot (P_0 : 959 mg/kg; P_{100} : 1086 mg/kg).

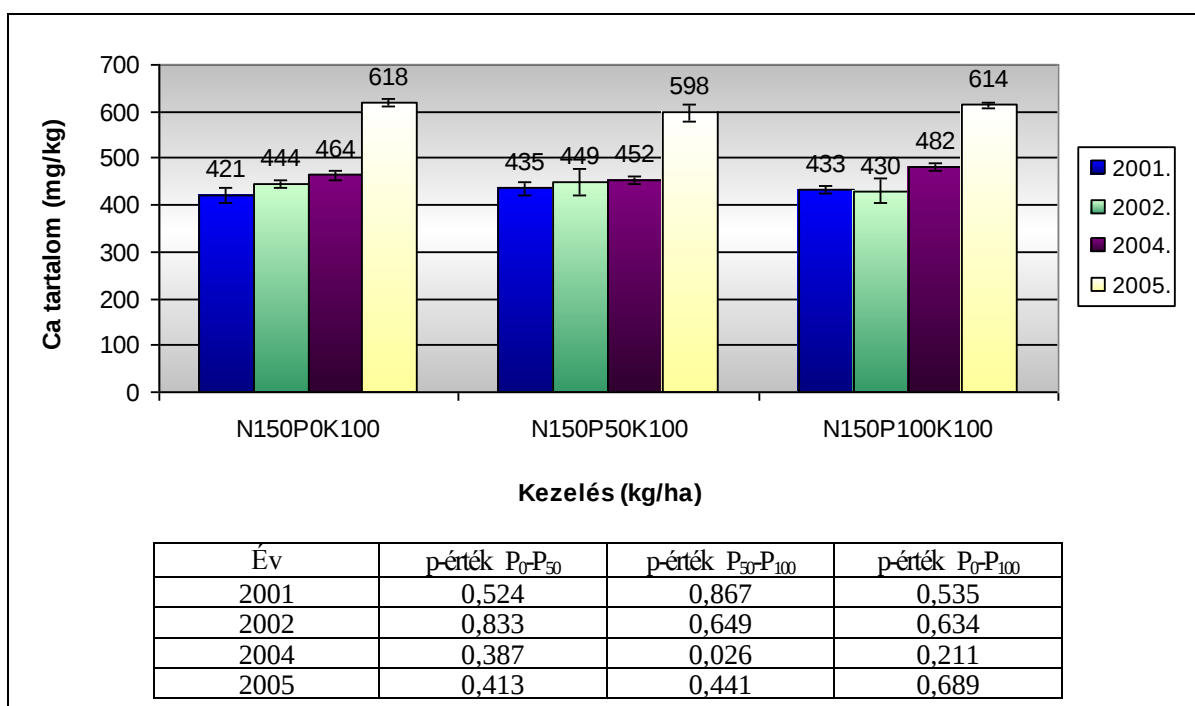


26. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek magnéziumtartalmára

A szemek P és Mg tartalma közötti összefüggésekre (Tang et al.,2008), és a növekvő P kínálat Mg koncentrációra gyakorolt pozitív hatására a szakirodalomban is találhatunk példákat (Kádár, 2004b; Kádár et al. 2004a).

Ha megfigyeljük a Mg mennyiségek alakulását az egyes években, az látható, hogy a legkisebb átlagot 2002-ben találtuk (átlagosan 857 mg/kg), a legnagyobbat pedig 2004-ben (átlagosan 1130 mg/kg), amely az előbbinél 32%-kal volt magasabb. A statisztikai vizsgálat eredménye szerint 2001 és 2002 szignifikánsan különbözött 2004-től és 2005-től ($p<0,05$; $p=0,009$).

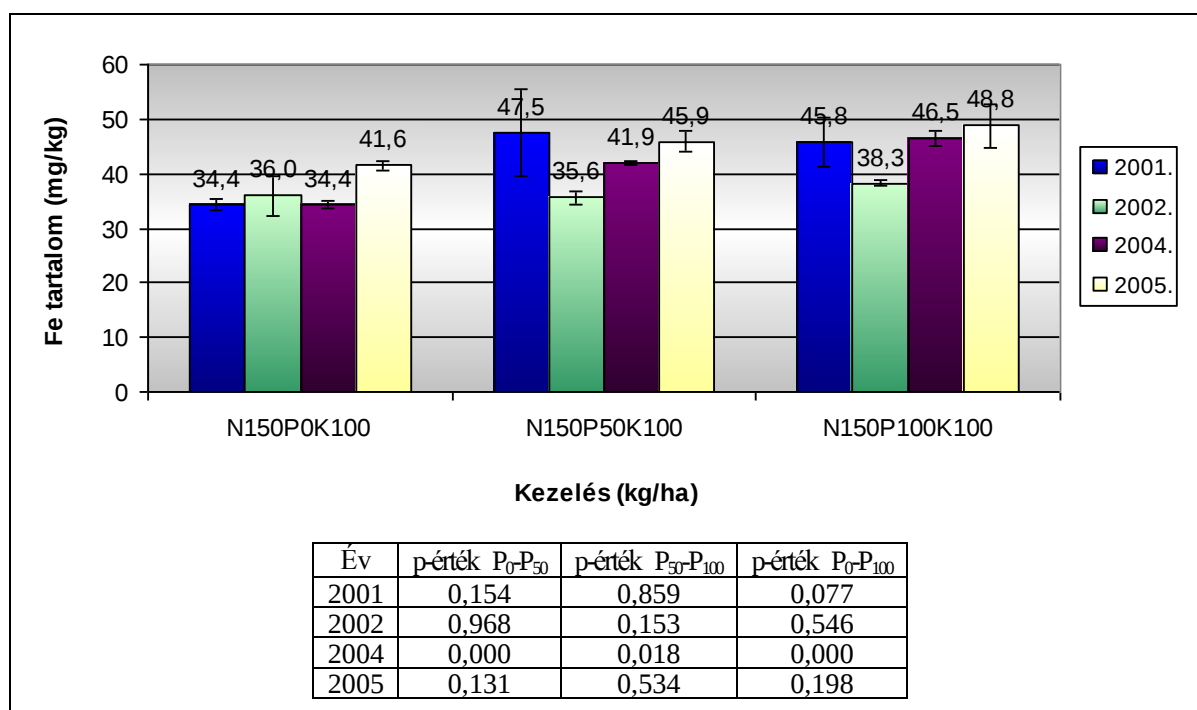
A következő vizsgált elem a kalcium volt. Ennek alakulását a 27. ábra szemlélteti. Megfigyeléseink során nem észleltünk összefüggést a búzaszemek Ca koncentrációja, és a P kezelések nagysága között. A szakirodalmi előzmények szerint a P műtrágyázás elsősorban a vegetatív növényi részekben hatott kedvezően a Ca mennyiségi alakulására (Kádár, 2000a; Kádár, 2004a; Kádár, 2004c; Kádár, 2004c; Kádár et al. 2004a).



27. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek kalciumtartalmára

A kalcium mennyiségek is eltérően alakultak a különböző években, bár az első két vizsgált évben nem volt szignifikáns eltérés, – a 2001-es minták adatainak átlagértéke 430 mg/kg volt, a 2002-es évé 441 mg/kg, azonban 2004 (466 mg/kg) és 2005 (610 mg/kg) szignifikánsan különbözött mind a három többi évtől ($p<0,01$; $p=0,000$).

A 28. ábra a búzaszemekben mért vastartalmakat ábrázolja a P kezelések függvényében. Vizsgálódásunk során azt találtuk, hogy a P kezelések hatása eltérő volt a különböző években a minták Fe koncentrációjának tekintetében. 2004-ben ugyanis a növekvő P adagok mellett szignifikánsan nőtt a Fe mennyisége is ($p < 0,01$), 2001-ben, 2002-ben és 2005-ben pedig nem találtunk igazolható összefüggést a P adagok nagysága, illetve a Fe koncentráció között. 2004-ben a növekedés mértéke 35% volt (P_0 : 34,4 mg/kg; P_{100} : 46,5 mg/kg). Az általunk észlelt pozitív kapcsolatot szakirodalmi adatok is alátámasztják (Kádár, 2000a; Tang et al., 2008).

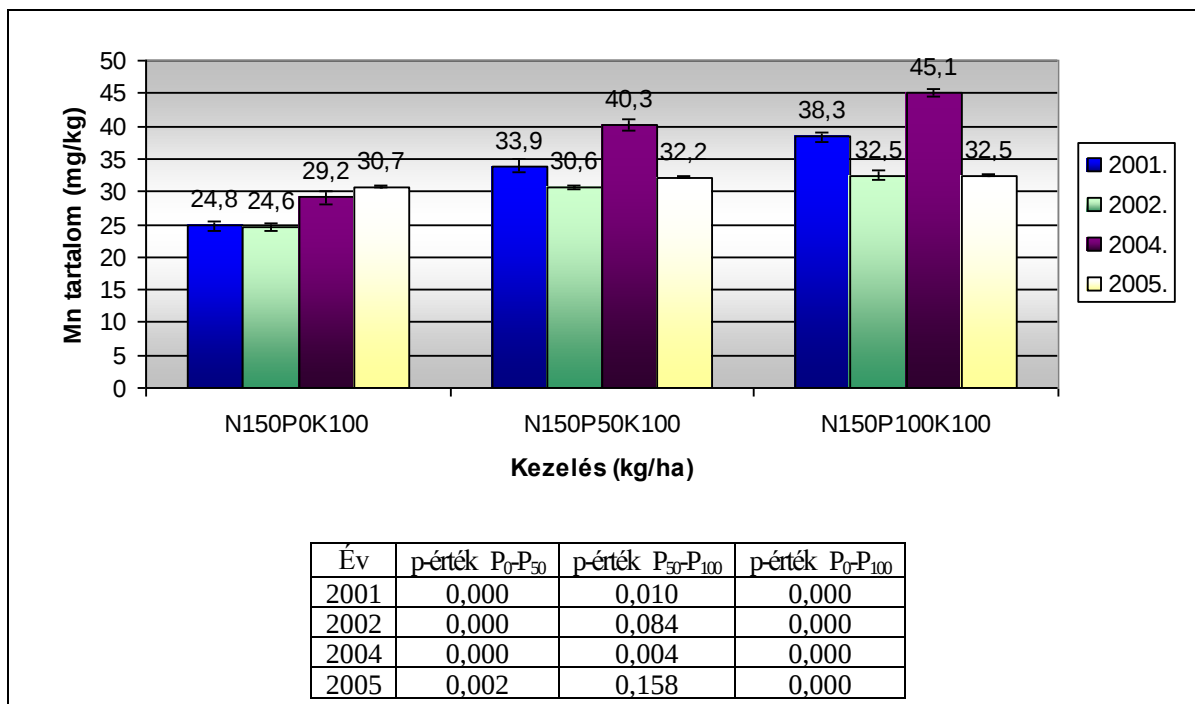


28. ábra: A P kezelések hatása az őszi búzaszemek vastartalmára

A legmagasabb átlagértéket egyébként 2005-ben kaptuk (45,4 mg/kg), míg a legalacsonyabbat 2002-ben (36,6 mg/kg). Szignifikáns eltérést nem találtunk az egyes évek között ($p = 0,273$).

A 29. ábra a különböző P műtrágya szintek mellett mért mangán mennyiségeket tünteti fel a mintákban. Ha megfigyeljük a diagramot, látható, hogy a P kezelések hatására a Mn tartalom növekedése következett be minden vizsgált évben, a kezelések erős, pozitív szignifikáns hatása pedig a statisztikai elemzés elvégzése során beigazolódott ($p < 0,01$). Ezek a tapasztalatok összecsengenek más, korábban publikált kutatások eredményeivel (Kádár, 2004a; Kádár, 2004b; Kádár, 2004c). 2001-ben a növekedés mértéke 54% volt a

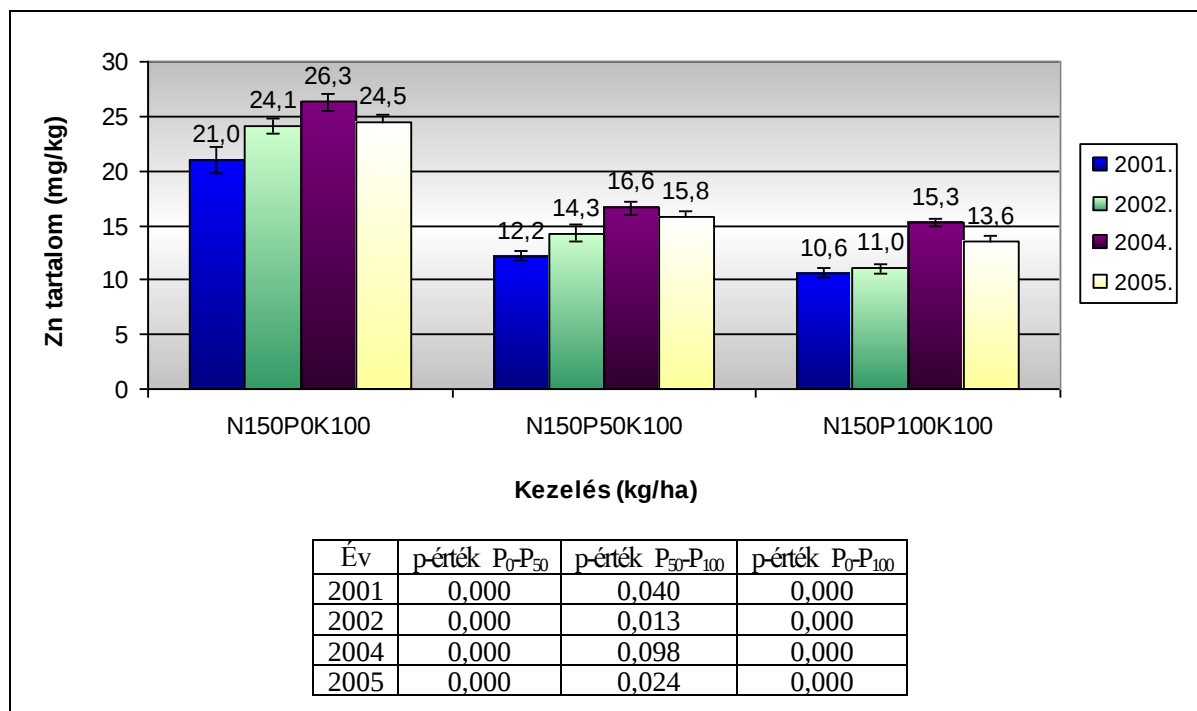
legnagyobb kezelésben (38,3 mg/kg) a kontrollhoz képest (24,8 mg/kg). 2002-ben ez az érték 32% volt (P_0 : 24,6 mg/kg; P_{100} : 32,5 mg/kg), 2004-ben 54% (P_0 : 29,2 mg/kg; P_{100} : 45,1 mg/kg), míg 2005-ben 6% (P_0 : 30,7 mg/kg; P_{100} : 32,5 mg/kg).



29. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek mangántartalmára

Ha az egyes évek átlagát tekintjük, a mangántartalom 2002-ben (29,2 mg/kg) volt a legalacsonyabb, míg 2004-ben (38,2 mg/kg) a legmagasabb, és minden kezelésben ebben az évben volt a mangánkoncentráció a legnagyobb. A statisztikai analízis során azonban nem igazolódott szignifikáns különbség az évek között ($p=0,342$).

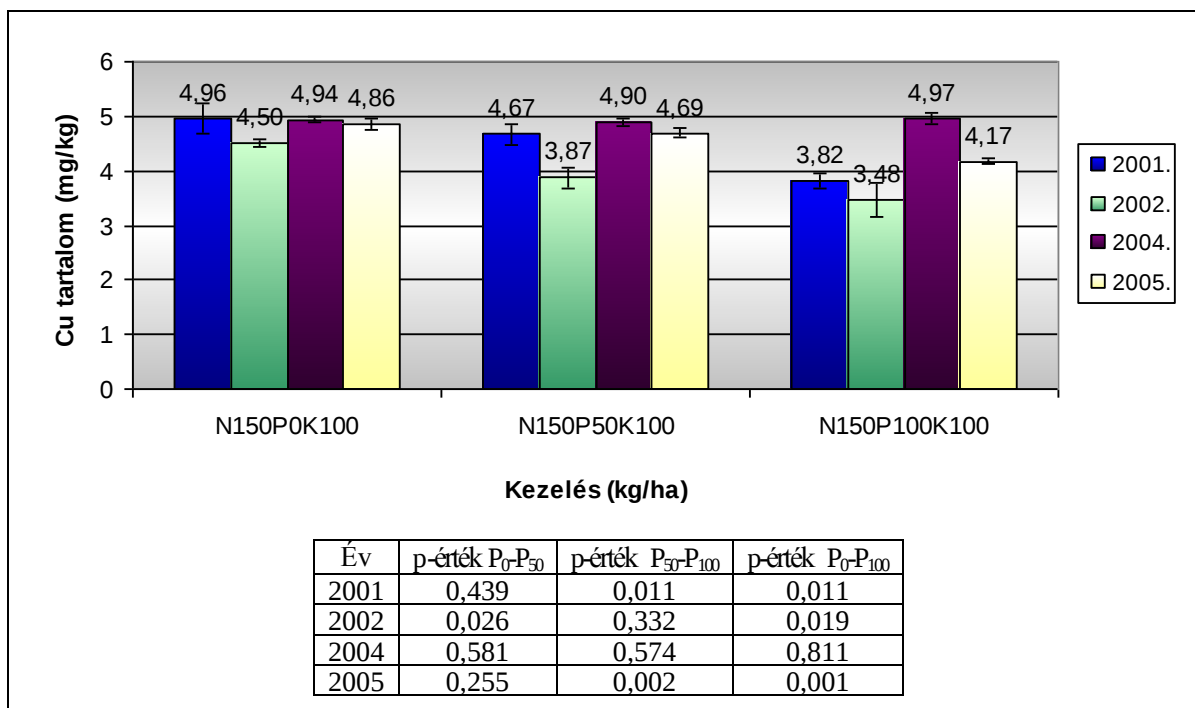
A következő diagramon (30. ábra) azt láthatjuk, hogy milyen hatással volt a P műtrágyázás a búzaszemek cinktartalmára. Az oszlopok jól szemléltetik, hogy a P adagok növelésével csökkent a mintákban a cink mennyisége. Ez a hatás a statisztikai vizsgálat során is igazolódott, mégpedig mindegyik vizsgált évben ($p<0,05$). Ezeket az eredményeket a szakirodalomban fellelhető korábbi vizsgálatok is igazolták a szemtermésben és a vegetatív szövetekben egyaránt (Bingham és Garber, 1960; Olson et al., 1965; Láng, 1976; Győri, 1980; Kádár és Pusztai, 1982; Győri et al., 2002; Kádár és Turán, 2002; Kincsesné, S.-né, 2002; Kádár, 2004a; Kádár, 2004c; Kádár et al., 2004b).



30. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek cinktartalmára

A különböző esztendőekben eltérő volt a csökkenés mértéke, 2001-ben 50% (P₀: 21,0 mg/kg; P₁₀₀: 10,6 mg/kg), 2004-ben 42% (P₀: 26,3 mg/kg; P₁₀₀: 15,3 mg/kg), 2005-ben 44% (P₀: 24,5 mg/kg; P₁₀₀: 13,6 mg/kg). Ez a hatás 2002-ben jelentkezett a legmarkánsabban (54%), ebben az évben a P₀ kezelésben a minták Zn koncentrációja 24,1 mg/kg volt, a P₁₀₀ kezelésben 11,0 mg/kg. Összevetve az évek átlagát, az 2004-ben volt a legmagasabb (19,4 mg/kg), míg a 2001-es év átlaga volt mind közül a legalacsonyabb (14,6 mg/kg), azonban a statisztikai vizsgálat során nem találtunk szignifikáns különbséget az egyes évek között ($p=0,793$). A Zn mennyisége egyik esetben sem haladta meg a gabonafélékben maximálisan megengedett 30 mg/kg értéket (17/1999. (VI. 16.) EüM).

A búzaszemek Cu tartalmát az egyes P kezelésekben a 31. ábra mutatja be. Megfigyeléseink során azt tapasztaltuk, hogy a javuló P ellátás hatására 2001-ben, 2002-ben és 2005-ben a Cu mennyisége csökkent a mintákban ($p<0,05$), 2004-ben azonban nem találtunk összefüggést a termés rézkoncentrációja, és a P adagok között. A P műtrágyázás Cu tartalomra gyakorolt negatív hatásáról a szakirodalomban is találhatunk példát (Lásztity 1996a; Györi et al., 2002; Kincses, S.-né, 2002; Kádár, 2004a). 2001-ben a csökkenés mértéke 23% volt a P₁₀₀ kezelésben (3,82 mg/kg) a P₀ kezeléshez képest (4,96 mg/kg), 2002-ben szintén 23% (P₀: 4,50 mg/kg; P₁₀₀: 3,48 mg/kg), 2005-ben pedig 14% (P₀: 4,86 mg/kg; P₁₀₀: 4,17 mg/kg).

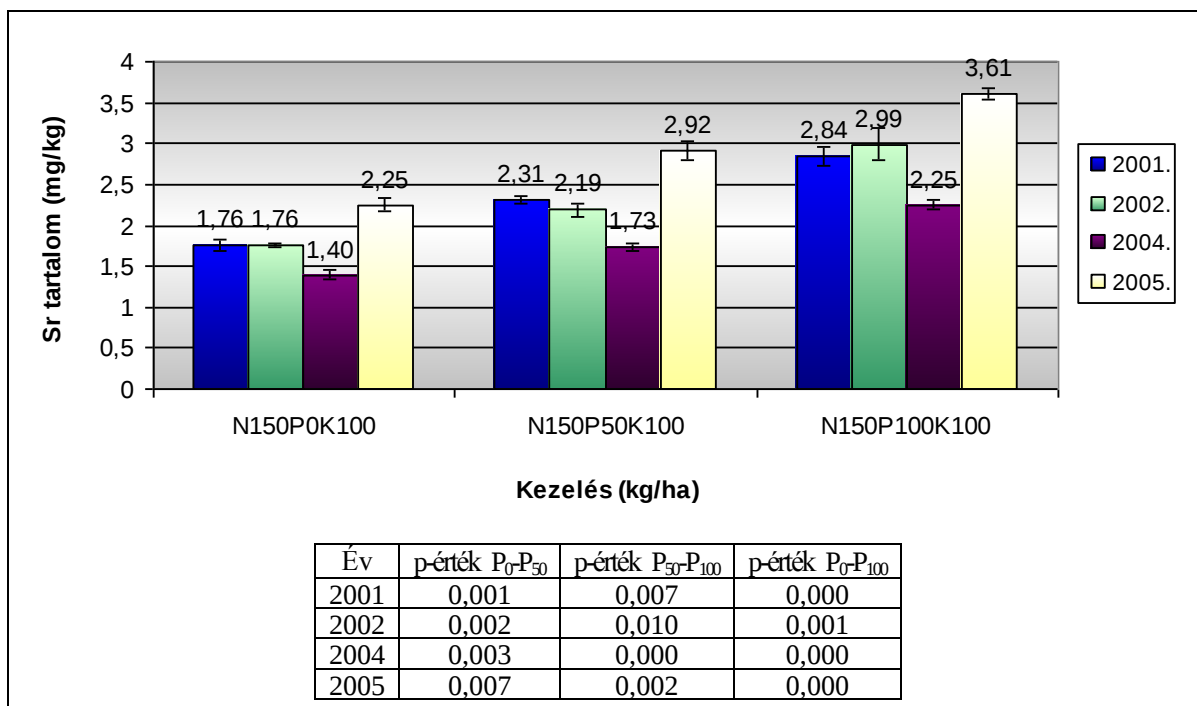


31. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek réztartalmára

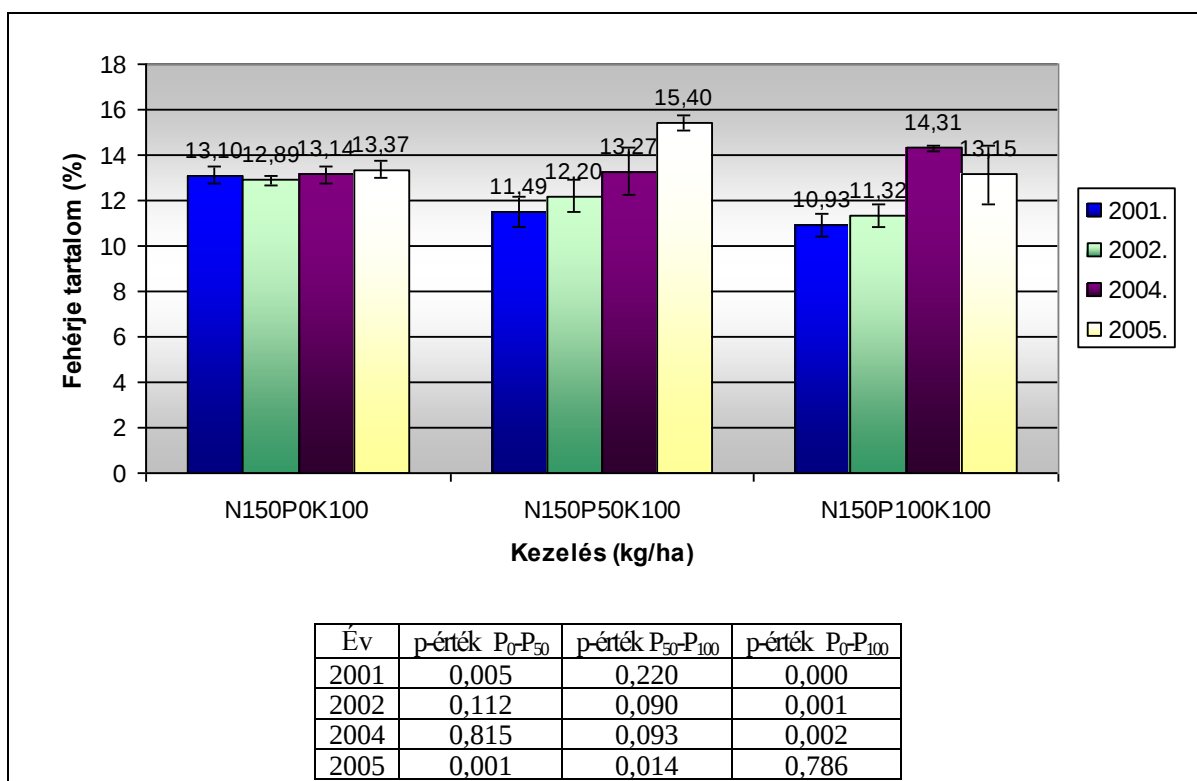
A réz legkisebb koncentrációban átlagosan a 2002-ben begyűjtött minták tartalmazták (3,95 mg/kg). A legnagyobb átlagértéket 2004-ben kaptuk (4,94 mg/kg). A statisztikai vizsgálat során azonban nem találtunk az évek között szignifikáns különbséget ($p=0,120$). A Cu mennyisége a gabonafélékben maximálisan megengedett 5 mg/kg értéket (17/1999. (VI. 16.) EüM) nem haladta meg.

A 32. ábrán a stronciumtartalom alakulását figyelhetjük meg a szuperfoszfát műtrágya növekvő dózisaival mellett. A kezelések hatására a Sr mindegyik vizsgált évben dúsult a szemekben ($p<0,01$). A tapasztalt növekedés 2001-ben 61% volt a P_{100} kezelésben (2,84 mg/kg) a P_0 kezeléshez viszonyítva (1,76 mg/kg), 2002-ben 70% (P_0 : 1,76 mg/kg; P_{100} : 2,99 mg/kg), 2004-ben 61% (P_0 : 1,40 mg/kg; P_{100} : 2,25 mg/kg), 2005-ben pedig 60% (P_0 : 2,25 mg/kg; P_{100} : 3,61 mg/kg). Ehhez hasonló megfigyeléssel korábbi kutatásokban is találkozhatunk (Lásztity és Csathó, 2001; Kádár, 2004b; Osztóics et al., 2003). Ezt a jelenséget mindegyik esetben a szuperfoszfát műtrágyák alkalmazása mellett tapasztalták, és annak stroncium szennyezettségével magyarázták.

A stroncium esetében egyébként a legnagyobb mennyiségeket 2005-ben lehetett mérni az összes kezelés mellett, ez év átlaga 2,93 mg/kg volt, a legkisebb átlagot 2004-ben kaptuk, ami 1,76 mg/kg volt, a statisztikai elemzés azonban nem mutatott szignifikáns eltérést a különböző évek között ($p=0,200$).



32. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek stronciumtartalmára



33. ábra: A P kezelések hatása az őszi búza szemek fehérjetartalmára

A 33. ábrán az látható, hogy hogyan alakult a mintákban mért fehérjetartalom az eltérő adagú P kezelések mellett. 2001-ben és 2002-ben a fehérje mennyisége csökkent a termésben a statisztikai vizsgálat szerint, ami 2001-ben 17% volt (P_0 : 13,1%; P_{50} : 11,5%; P_{100} : 10,9%), 2002-ben pedig 12% (P_0 : 12,9%; P_{50} : 12,2%; P_{100} : 11,3%). 2004-ben a P_{100} kezelésben a fehérjetartalom (14,3%) valamelyest (számszerűen 9%-kal) növekedett a P_0 kezeléshez (13,1%) és a P_{50} -eshez (13,3%) képest, míg 2005-ben a P_{100} kezelésnek nem volt igazolható hatása a kontrollhoz viszonyítva.

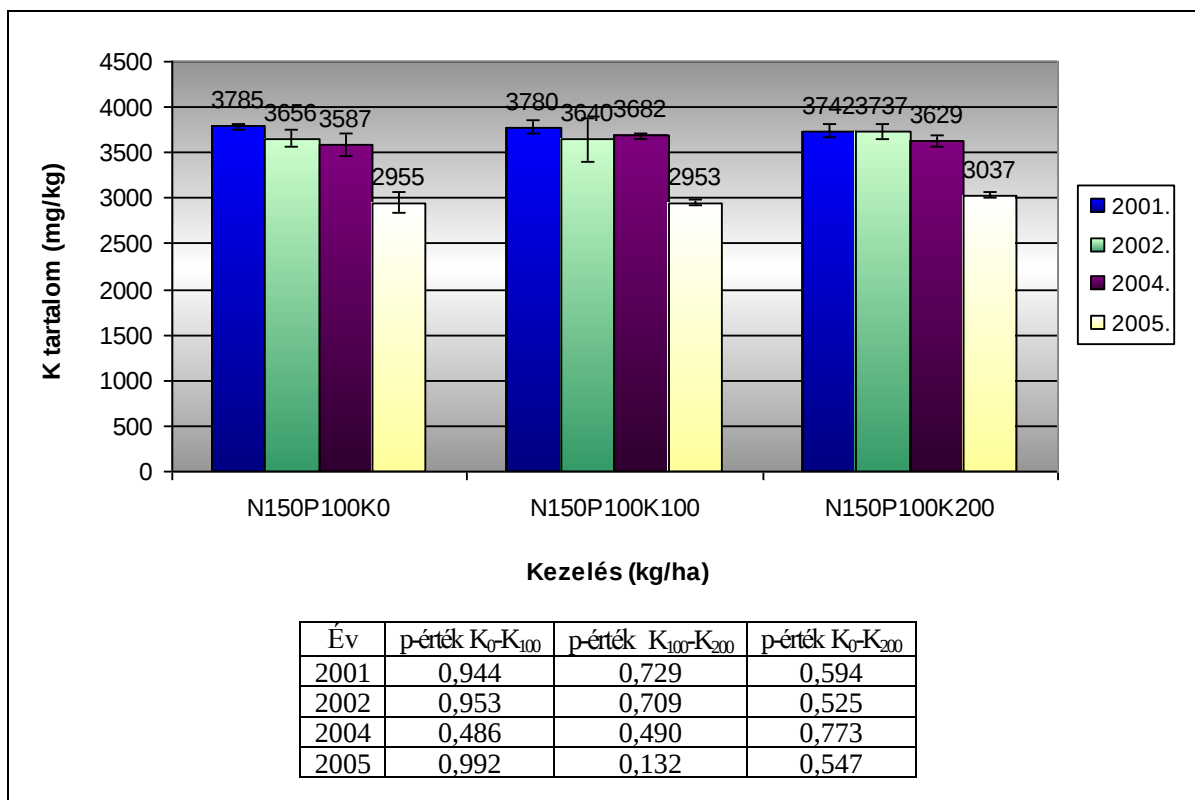
Ha a különböző kezelések átlagát tekintjük az egyes években, az 2001-ben bizonyult legalacsonyabbnak (11,8%), míg 2005-ben a legmagasabbnak (14,0%), a statisztikai vizsgálat azonban nem igazolta az évek szignifikáns hatását.

3.1.3. Az elem- és fehérjetartalom alakulása eltérő dózisú K kezelések hatására

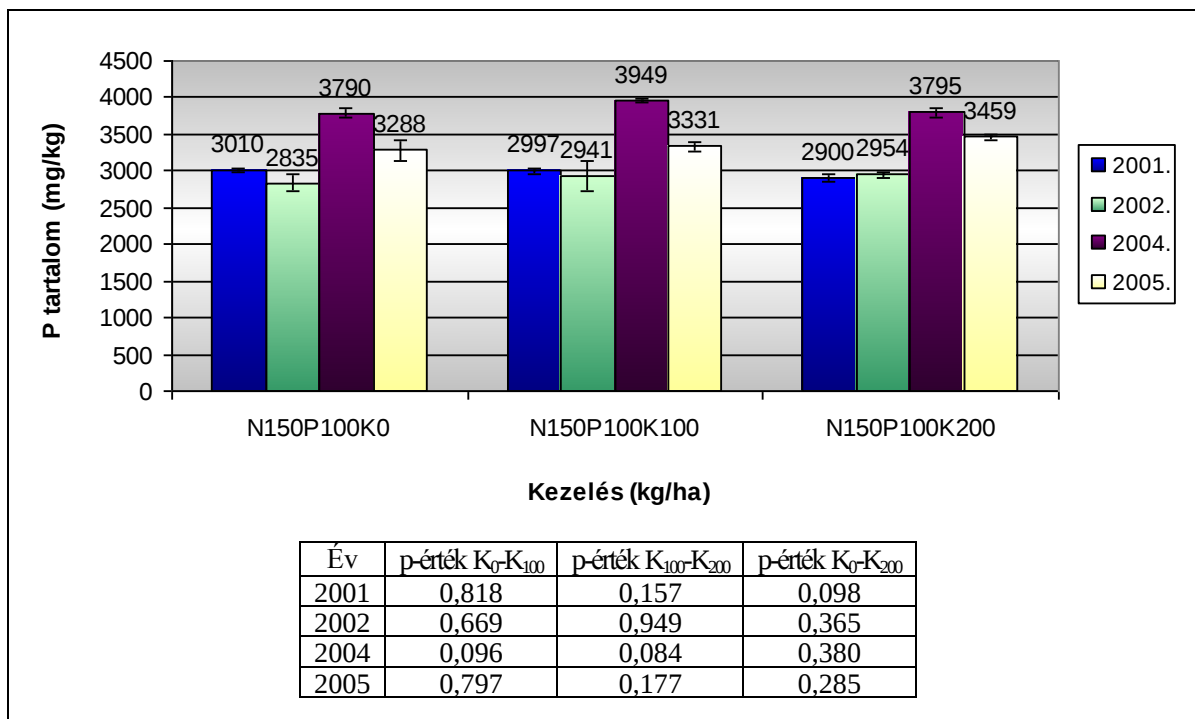
Jelen fejezet a növekvő dózisú KCl kezelések, és a búzaszemek különböző ásványi alkotóinak mennyiségi alakulása közötti összefüggésekkel foglalkozik. A diagramokon a 30-as ($N_{150}P_{100}K_0$; a továbbiakban K_0), a 11-es ($N_{150}P_{100}K_{100}$; a továbbiakban K_{100}) és a 36-os ($N_{150}P_{100}K_{200}$; a továbbiakban K_{200}) kezelések négy ismétléséből származó minták eredményeinek átlagértékei láthatók.

A 34. ábrán az látható, hogy a K ellátás javulása nem okozott számottevő változást a mért K koncentrációk esetében. Bár 2002-ben, 2004-ben és 2005-ben a legnagyobb kezelésben minimálisan növekedtek az értékek a K_0 kezeléshez képest, ennek a hatásnak a szignifikáns volta nem igazolódott a statisztikai vizsgálat során ($p < 0,05$). A növekedés 2002-ben mindössze 2% (K_0 : 3656 mg/kg; K_{200} : 3737 mg/kg), 2004-ben 1% (K_0 : 3587 mg/kg; K_{200} : 3629 mg/kg), 2005-ben pedig 3% (K_0 : 2955 mg/kg; K_{200} : 3037 mg/kg) volt. A szakirodalomban több alkalommal találhatunk említést a K műtrágyázás növényi K felvételre gyakorolt pozitív befolyásáról (Lásztity 1996b; Lásztity, 1997; Kádár 2000a; Kádár, 2004a; Kádár, 2004b; Kádár, 2004c), bár a magtermésben ez a hatás több esetben nem érvényesült (Kádár et al., 2004a; b).

A különböző évek összehasonlítása során a statisztikai analízis eredménye azt mutatta, hogy 2005 év átlaga (2982 mg/kg) az összes többi év átlagától szignifikánsan kisebb volt, míg 2001 átlaga (3769 mg/kg) mind a három másik év átlagát igazolható módon meghaladta ($p < 0,01$; $p = 0,000$).



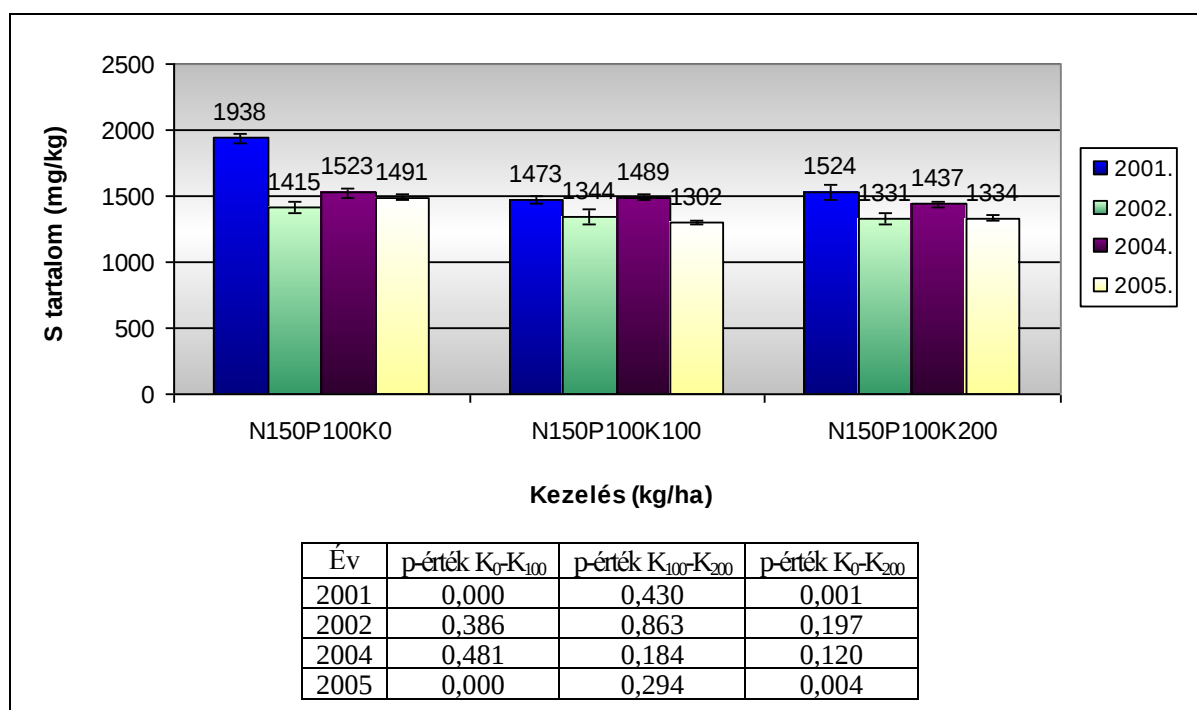
34. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek káliumtartalmára



35. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek foszfortartalmára

A 35. ábra a különböző kálium műtrágya szintek mellett a szemekben mért foszformennyiségeket mutatja. A diagramot megfigyelve kiderül, hogy a K kezelések és a minták P tartalma között nem találtunk összefüggést. Ilyen kapcsolattal a szakirodalmi áttekintésben ismertetett kutatásokban sem találoztunk.

Az egyes esztendőkből valamelyest eltérően alakult a búza P koncentrációja, a legnagyobb eredményeket 2004-ben mértük, amely év átlaga (3845 mg/kg) mindhárom többi évét szignifikánsan meghaladta, illetve 2001 (2969 mg/kg) és 2002 (2910 mg/kg) átlagánál 2005 átlaga (3359 mg/kg) is igazolhatóan magasabb volt ($p < 0,001$; $p = 0,000$).

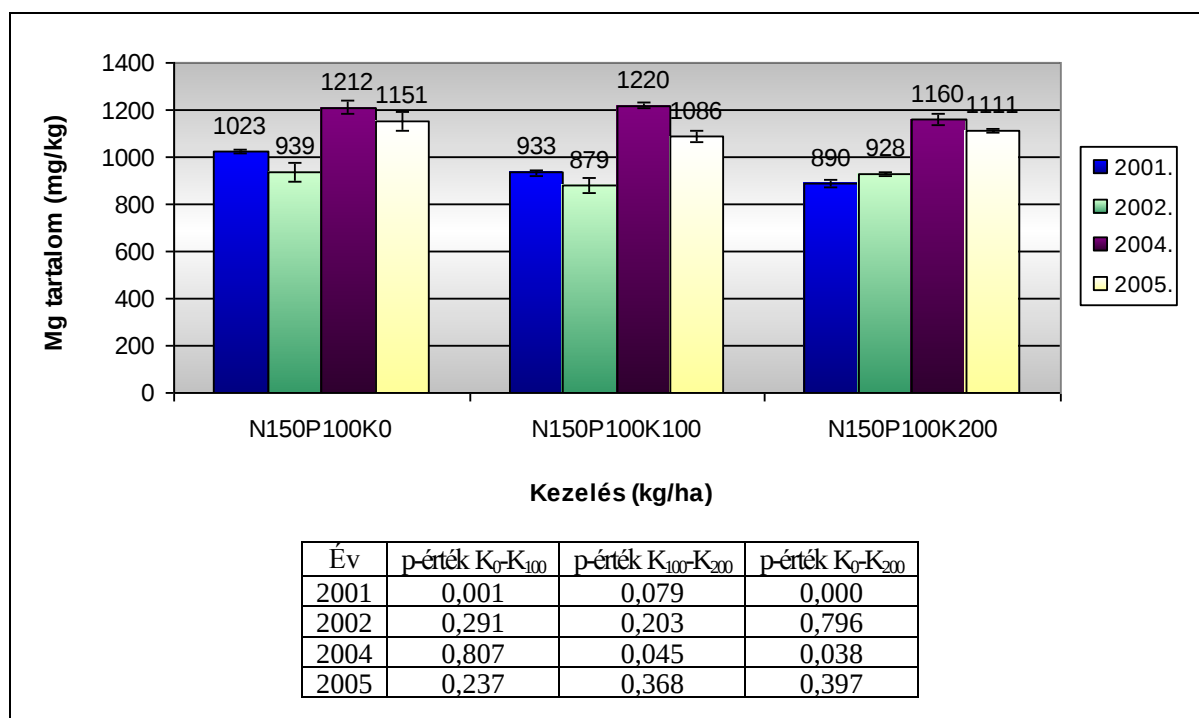


36. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek kén tartalmára

A 36. ábra a búzaszemek kén tartalmát tünteti fel a különböző évek eltérő szintű K kezeléseiben. A mérési eredmények alapján azt láthatjuk, hogy az egyes években eltérő módon alakult a minták S koncentrációja. 2002-ben és 2004-ben nem volt igazolható összefüggés a műtrágyaadagok és a S mennyiségének változása között, 2001-ben és 2005-ben viszont a S tartalom csökkenését lehetett megfigyelni a kontrollhoz viszonyítva. Ennek mértéke a K_{200} kezelésben (1524 mg/kg) a K_0 kezeléshez képest (1938 mg/kg) 21% volt 2001-ben, és 11% 2005-ben (K_0 : 1491 mg/kg; K_{200} : 1334 mg/kg). Ez a megfigyelés a szakirodalmi előzményekkel is egybees (Kádár, 2004b). Összehasonlítva a különböző

évek átlagértékét, az 2002-ben volt a legalacsonyabb (1363 mg/kg), és 2001-ben a legmagasabb (1645 mg/kg). Az évek között igazolható eltérés nem volt ($p=0,127$).

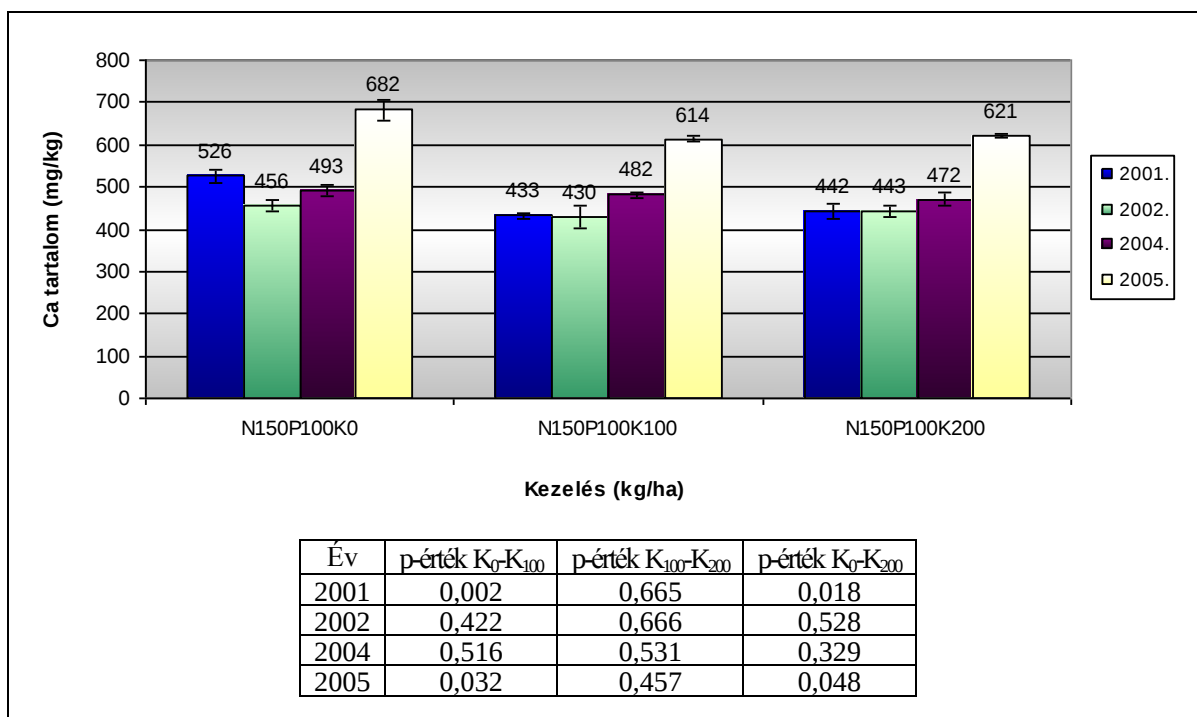
A 37. ábra a minták Mg tartalmát mutatja a különböző évek K műtrágya szintjei mellett. Vizsgálataink során azt tapasztaltuk, hogy 2002-ben és 2005-ben nem volt igazolható összefüggés a búzatermés magnézium-koncentrációja és a K adagok között. Azonban a statisztikai vizsgálat azt mutatta, hogy 2001-ben ($p<0,01$) és 2004-ben ($p<0,05$) a szemek Mg tartalma a műtrágyadózisok növelésével csökkent a kontrollhoz képest. Ez összhangban áll korábbi kutatások eredményeivel (Kádár 2000a; Kádár, 2004a; Kádár, 2004b; Kádár, 2004c; Kádár et al., 2004b). 2001-ben a csökkenés mértéke egyébként a K_{200} kezelésben (890 mg/kg) a K_0 kezeléshez képest (1023 mg/kg) 13% volt, míg 2004-ben 4%. A Mg vizsgálata során a legnagyobb eredményeket mindegyik kezelésben 2004-ben lehetett mérni, ez év átlaga (1197 mg/kg) 31%-kal bizonyult magasabbnak, mint a 2002. évé (915 mg/kg), amely a legalacsonyabb volt. A statisztikai vizsgálat szerint 2001 és 2002 átlaga szignifikánsan kisebb volt 2004 és 2005 átlagától ($p<0,01$; $p=0,000$).



37. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek magnéziumtartalmára

A 38. ábra a növekvő dózisú K kezelések mellett mért Ca koncentrációkat szemlélteti a mintákban. Hasonlóan a Mg esetében tapasztaltakhoz itt is negatív

összefüggést lehetett megfigyelni a K adagok és a kalciumtartalom alakulása között ($p < 0,05$). 2001-ben és 2005-ben a K ellátás javulásával a szemekben lévő Ca mennyisége igazolhatóan csökkent a kontrollhoz képest. 2001-ben a csökkennés mértéke a K₂₀₀ kezelésben a kontrollhoz képest 16% volt, 2005-ben pedig 9%. Ezzel a tapasztalattal több, a szakirodalomban fellelhető eredmény is egybevág, amelyek szerint a K műtrágya adagok növelése negatívan befolyásolja a növényi szövetek Ca- illetve Mg-koncentrációját (Kádár 2000a; Kincses, S.-né, 2002; Kádár, 2004a; Kádár, 2004b; Kádár, 2004c; Kádár et al., 2004b). Ez a K, a Mg, és a Ca között fennálló kationantagonizmussal magyarázható.

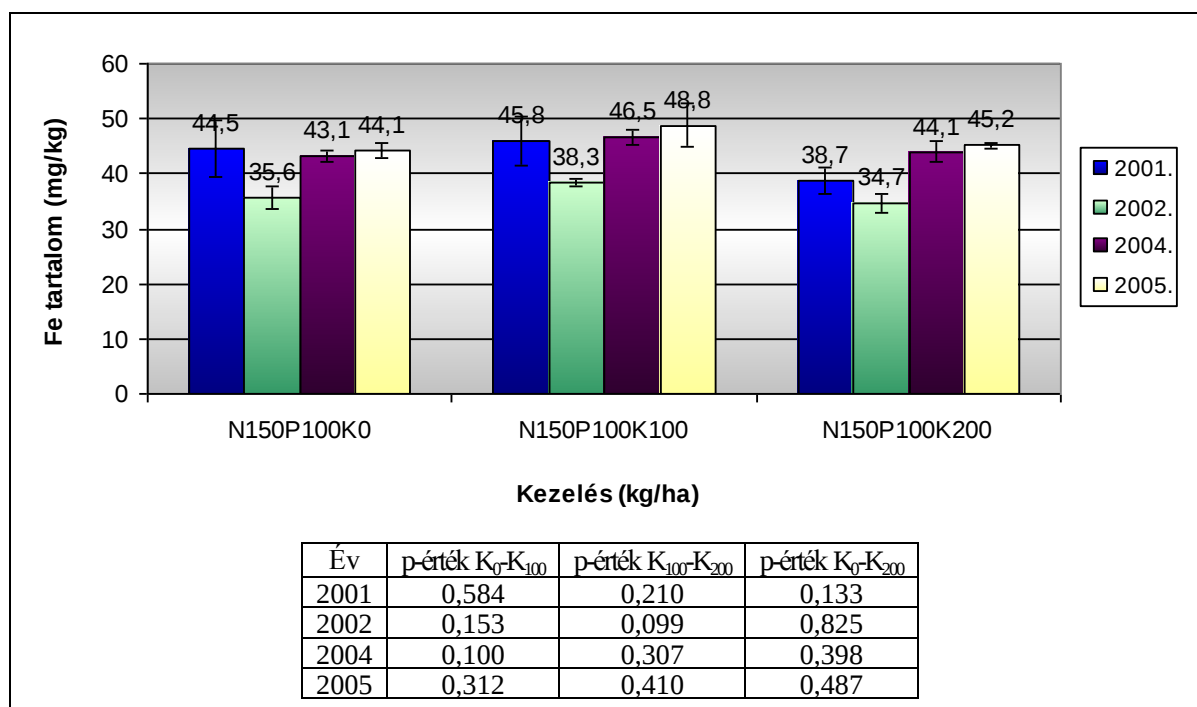


38. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek kalciumtartalmára

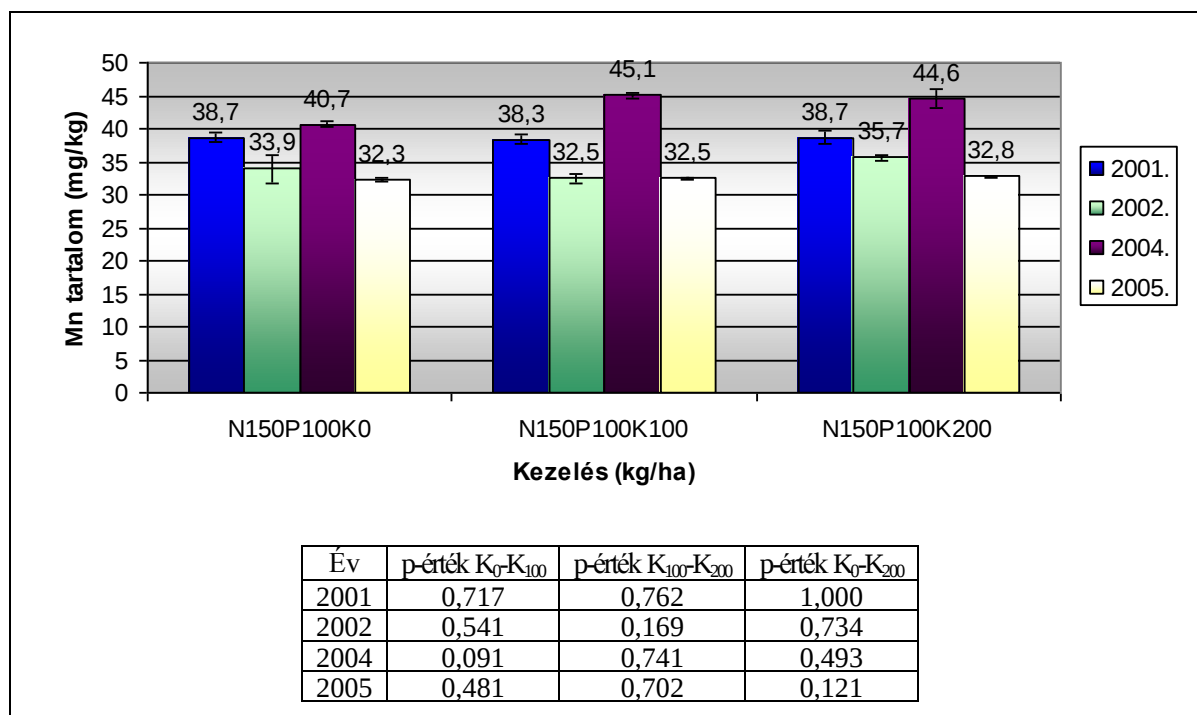
A különböző éveket összehasonlítva a legnagyobb mennyiségek minden műtrágyaszint mellett 2005-ben voltak megfigyelhetők, ezek átlaga (639 mg/kg) szignifikánsan magasabb volt a többi három événél, amelyek közt nem volt igazolható különbség.

A 39. ábra azt mutatja, hogy miként alakult a minták Fe tartalma a K műtrágyázás hatására. Vizsgálataink során nem volt tapasztalható kapcsolat a javuló K ellátás és a búzaszemekben lévő Fe mennyisége között egyik évben sem. Ilyen eredménnyel a szakirodalmi feldolgozásban ismertetett kutatásokban sem találkozhatunk. A mérések során kapott vastartalom értékek 2002-ben voltak a legalacsonyabbak minden kezelésben,

és ez év átlaga (36,2 mg/kg) szignifikánsan kisebb volt a többi év átlagánál ($p < 0,01$; $p = 0,008$). A másik három év között a statisztikai analízis nem mutatott eltérést.



39. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek vastartalmára

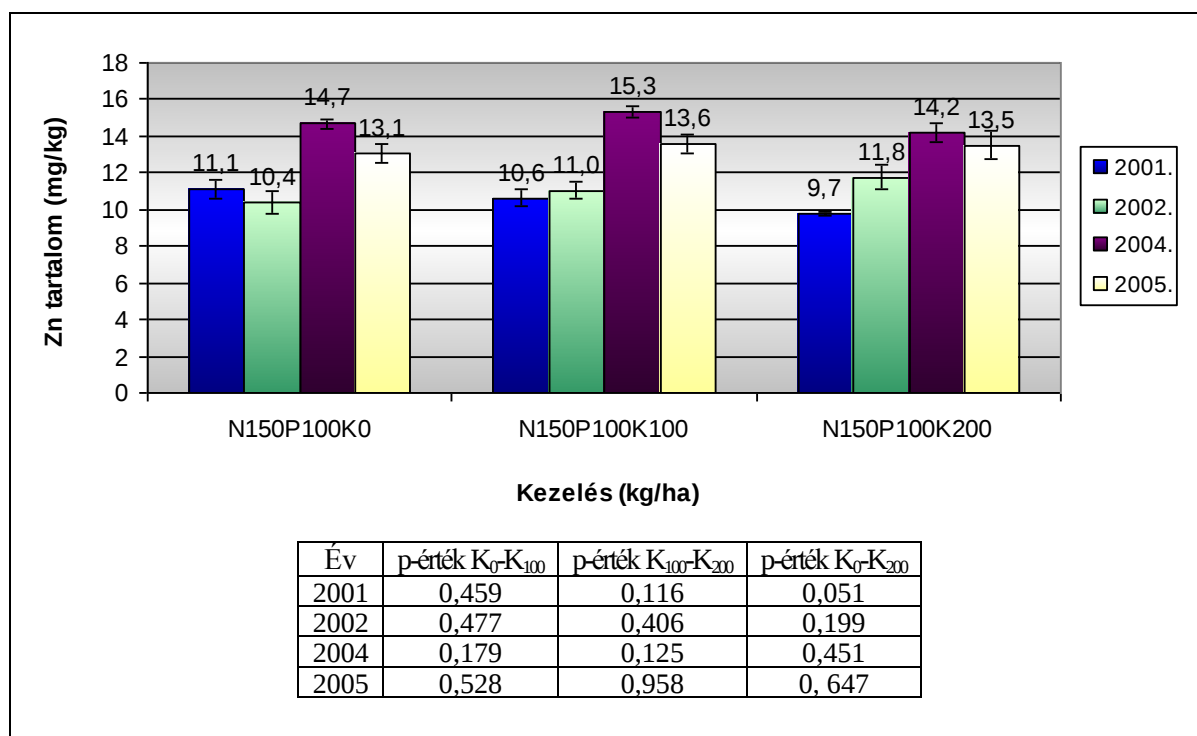


40. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek mangántartalmára

A növekvő adagú K műtrágyázás hatását a vizsgált minták mangán koncentrációjára a 40. ábra mutatja be. A diagramon az látható, hogy a növekvő K adagok mellett a minták mangántartalma a megfigyelt években gyakorlatilag alig változott. Korábbi kutatási eredmények szerint a K trágyázás a Mn beépülését csökkentheti (Kádár, 2004a).

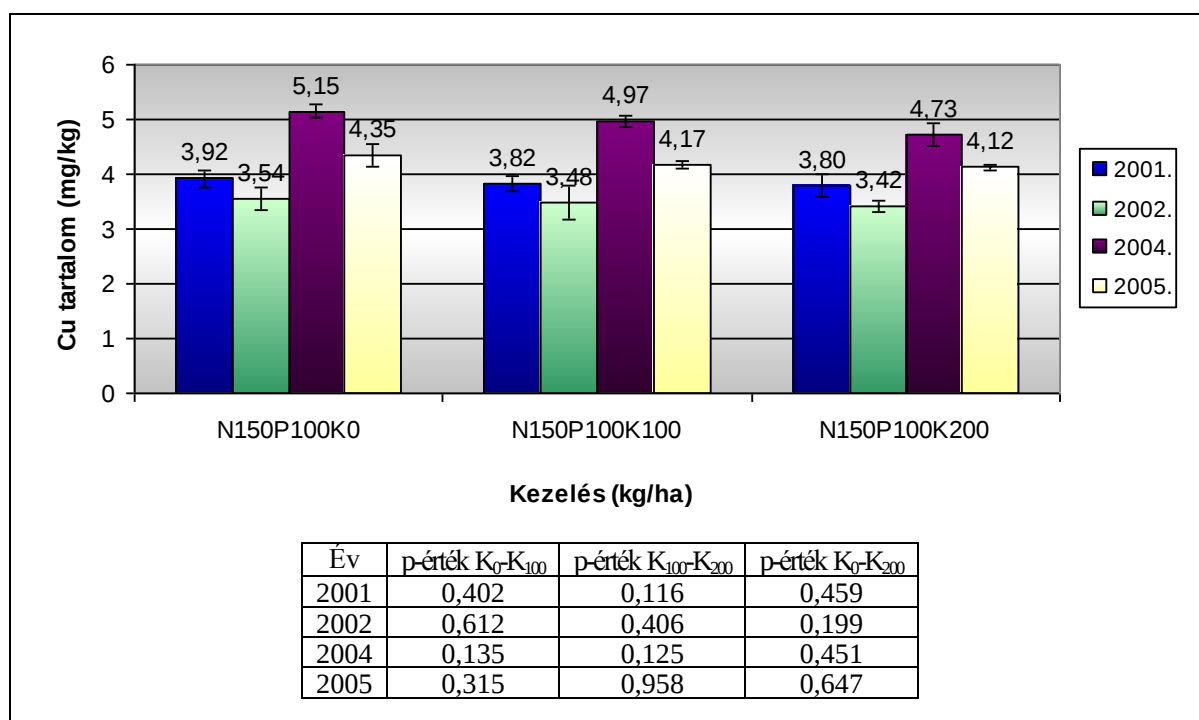
Az évek összehasonlítása során arra az eredményre jutottunk, hogy a Mn koncentrációk átlaga 2004-ben volt szignifikánsan ($p < 0,01$; $p = 0,000$) a legmagasabb (43,4 mg/kg), ezt követte 2001 év átlaga (38,6 mg/kg), majd 2002 (34,0 mg/kg) és 2005 átlaga (32,5 mg/kg), utóbbi kettő között azonban nem volt igazolható eltérés. 2004 év átlaga 36%-kal volt magasabb, mint a 2005-ös minták átlagértéke.

A 41. ábrán látható diagram a cinktartalom alakulását szemlélteti a különböző K kezelési szintek mellett. A Zn-koncentráció és a K műtrágyázás kapcsolatát vizsgálva nem találtunk közöttük összefüggést. A cink mennyisége eltérően alakult a különböző K adagok mellett az egyes években, és a statisztikai elemzés sem mutatott kapcsolatot, illetve korábbi kutatások eredményei között sem talákoztunk erre való utalással.



41. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek cinktartalmára

Összehasonlítva a vizsgált évek értékeit, az látható, hogy a 2001-ből (10,5 mg/kg) és a 2002-ből (11,1 mg/kg) származó minták átlaga közt nem volt igazolható eltérés, és ezek szignifikánsan alacsonyabbak voltak, mint 2005 átlaga (13,4 mg/kg). A 2004-ből származó minták átlagértéke (14,7 mg/kg) az összes többi évet bizonyítható módon meghaladta ($p < 0,01$; $p = 0,000$). A legnagyobb Zn koncentrációk minden kezelésben a 2004-es mintákban voltak (14,7; 15,3; 14,2 mg/kg), azonban ezek az értékek nem haladták meg a gabonafélékben maximálisan megengedett koncentrációt (30 mg/kg) (17/1999. (VI. 16.) EüM).



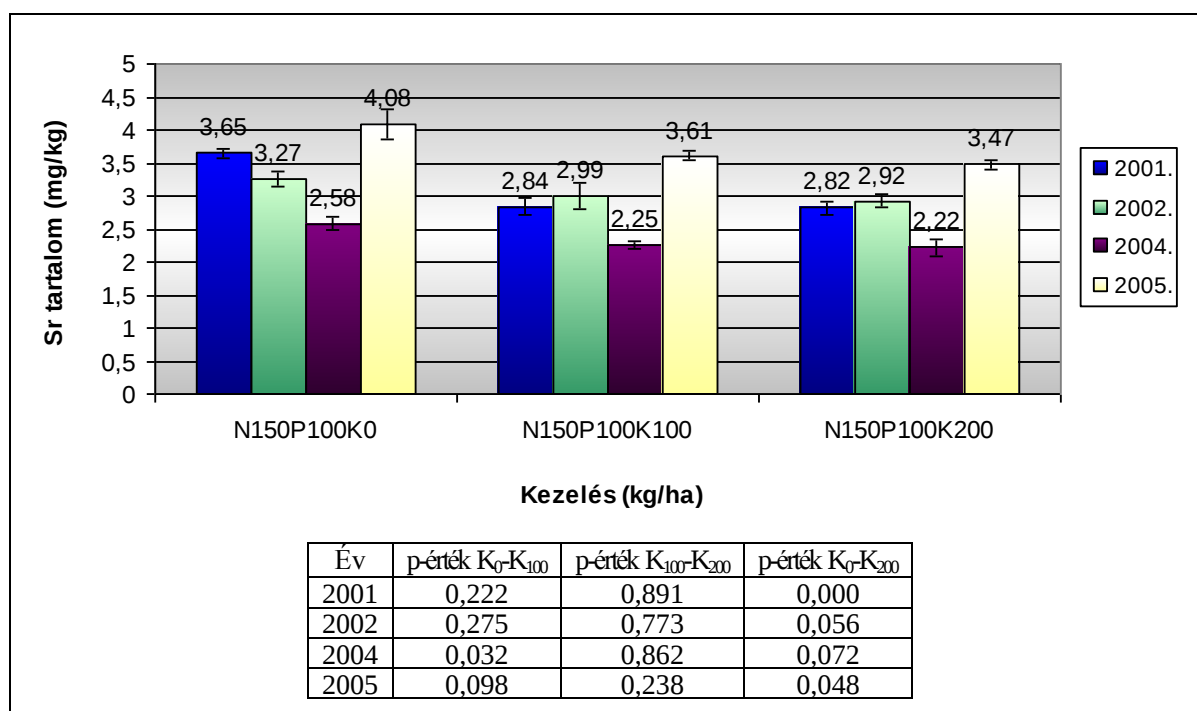
42. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek réztartalmára

A következő vizsgált elem a réz volt. Amint az a 42. ábrán is megfigyelhető, az őszi búza szemekben mért Cu koncentráció értékek a javuló K ellátás mellett enyhén csökkenő tendenciát mutattak a vizsgált években, amit azonban statisztikai vizsgálattal nem lehetett alátámasztani, továbbá erre való utalás a feldolgozott szakirodalomban sem olvasható.

Ha összehasonlítjuk a különböző években mért értékeket, azt találjuk, hogy a legmagasabb eredmények 2004-ben születtek. Ezen minták Cu tartalma (5,15; 4,97; 4,73 mg/kg) meghaladta, illetve megközelítette a maximálisan megengedett határértéket (5 mg/kg) (17/1999. (VI. 16.) EüM). A legalacsonyabb mennyiségeket minden kezelési szint mellett 2002-ben kaptuk (3,54; 3,48; 3,42 mg/kg). 2004 átlaga (4,95 mg/kg) 30%-kal

bizonyult nagyobbak a 2002-esétől (3,48 mg/kg). A statisztikai vizsgálat azt mutatta, hogy a minták réztartalmának tekintetében minden év átlaga szignifikánsan különbözött egymástól ($p < 0,01$; $p = 0,000$).

A búzaszemek stroncium-tartalmának alakulását mutatja a 43. ábra, a különböző K adagokkal ellátott parcellákon. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a K ellátás javulásával a minták Sr tartalma csökkent mind a négy évben. Bár ez a csökkenés 2002-ben nem volt igazolható, 2001-ben erős szignifikáns eltérést igazolt a statisztikai vizsgálat ($p < 0,01$). 2004-ben csak az első kezeléspárban (K_0 - K_{100}) volt szignifikáns különbség ($p < 0,05$), 2005-ben pedig a K_0 és K_{200} kezelések között. A szakirodalomban is találkozhatunk olyan kutatási eredményekkel, amelyek szerint a K ellátás javulása mérsékli a Sr akkumulációt (Kádár, 2004b).

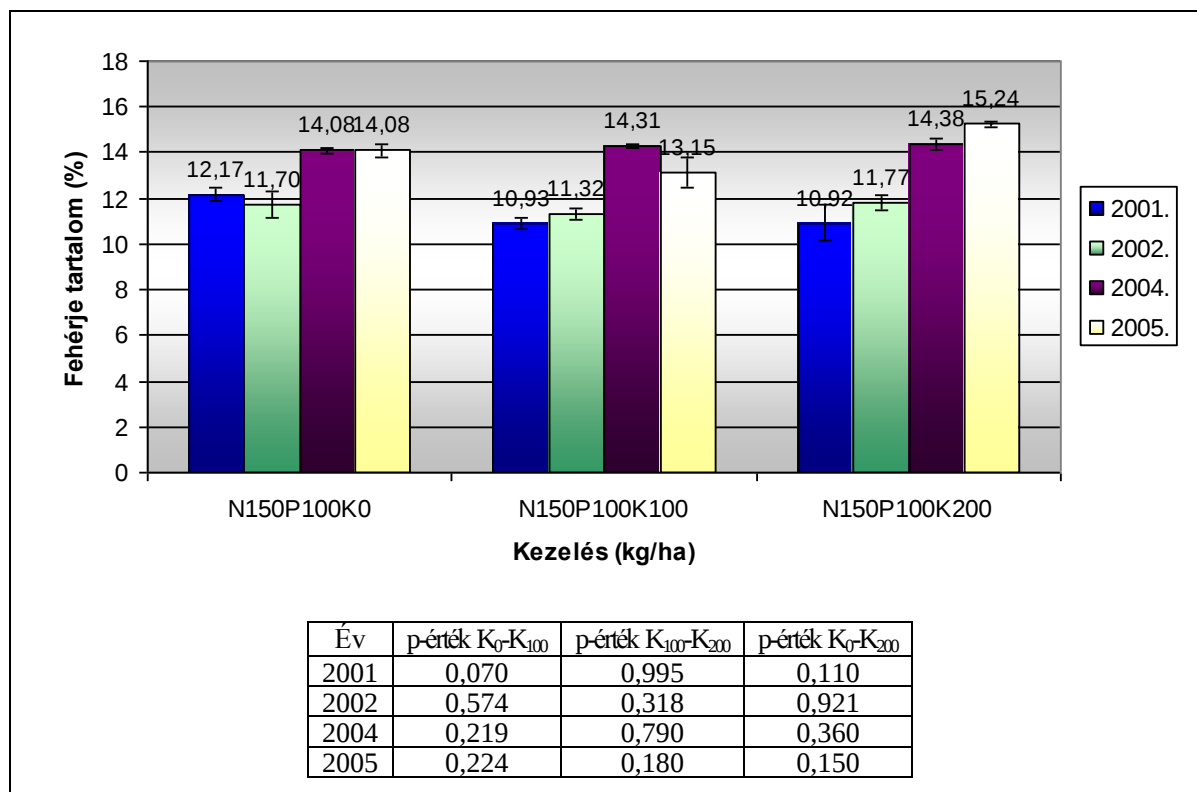


43. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek stronciumtartalmára

2001-ben a csökkenés mértéke a K_{200} kezelésben (2,82 mg/kg) a K_0 kezeléshez (3,65 mg/kg) képest 23% volt, 2002-ben 11% (K_0 : 3,27 mg/kg; K_{200} : 2,92 mg/kg), 2004-ben 14% (K_0 : 2,58 mg/kg; K_{200} : 2,22 mg/kg), és 2005-ben 15% (K_0 : 4,08 mg/kg; K_{200} : 3,47 mg/kg).

A legkisebb Sr értékeket 2004-ben lehetett mérni mindegyik K szint mellett. Ez év átlaga igazolhatóan kisebb volt a másik három événél. A legnagyobb eredmények 2005-

ben voltak. Az utóbbi (3,72 mg/kg) átlaga 58%-kal haladta meg az előbbiét (2,35 mg/kg). 2001 (3,11 mg/kg) és 2002 (3,06 mg/kg) átlaga között nem volt statisztikailag bizonyítható különbség, azonban 2004-hez hasonlóan szignifikánsan elmaradtak 2005 átlagától ($p<0,01$; $p=0,005$).



44. ábra: A K kezelések hatása az őszi búza szemek fehérjetartalmára

A 44. ábra a búzaszemek fehérjetartalmát szemlélteti a növekvő dózisú K műtrágyázás függvényében. E két tényező között a statisztikai vizsgálat során nem lehetett összefüggést kimutatni, és a fehérjetartalom változása sem növekvő, sem csökkenő tendenciát nem mutatott a K adagok emelésének hatására. Erre a szakirodalmi előzményekben sem található példa.

Összehasonlítva a kezelések átlagát az egyes évek között, az 2001-ben (11,34%) és 2002-ben (11,60%) szignifikánsan alacsonyabb volt, mint 2004-ben (14,26%) és 2005-ben (13,82%) ($p<0,01$; $p=0,000$). E két-két év között azonban nem volt statisztikailag igazolható eltérés.

3.2. A különböző NPK kezelések hatása a liszt ásványi anyag- és fehérjetartalmára

A szakirodalomban számos kutatással találkozhatunk, amelyek azt vizsgálják, hogy hogyan oszlanak meg a hamualkotók a búzaszem egyes részei között, és milyen mennyiségben találhatóak meg az egyes elemek a lisztekben, a korpában, illetve a darában. Jelen fejezet célja annak megvizsgálása, hogy milyen hatással vannak a különböző műtrágyák (N, P és K) eltérő dózisa a lisztek ásványianyag tartalmára. Először tekintsük át, hogy hogyan alakult a K-, P-, S-, Mg-, Ca-, Fe-, Mn-, Cu-, Zn-, Sr- és fehérjetartalom a különböző adagú N műtrágyával ellátott parcellákról származó búzaszemekben (10. táblázat). A mintákat 2005-ben, Nagyhörcsökön gyűjtötték be.

A 10. táblázatban az 1-es ($N_0P_0K_0$) és 40-es ($N_{200}P_0K_0$), továbbá a 11-es ($N_{150}P_{100}K_{100}$) és 17-es ($N_{250}P_{100}K_{100}$) kezelések négy ismétlésének átlagértékei láthatók a 3.1.fejezetben korábban már ismertetett okok miatt.

A statisztikai elemzés során azt az eredményt kaptuk, hogy a N kezelések befolyása a lisztekben is eltérő volt az egyes elemek esetében, így nem volt bizonyítható összefüggés a javuló N-ellátás és a liszt K-, P-, Mg- és Fe-tartalma között, azonban más ásványi alkotók mennyisége statisztikailag igazolható módon változott a műtrágyadózisok növelésével.

Ilyen eltérést tapasztaltunk a Ca esetében, ahol a javuló N ellátás mindkét kezeléspárban annak szignifikáns növekedését eredményezte. Ehhez hasonlóan a liszt réz- és stroncium-tartalmában is talákoztunk ezzel a pozitív szignifikáns hatással, Cu esetében ($p < 0,05$) a N_{150} és a N_{250} kezelések között, míg a stronciumnál ($p < 0,01$) ez a kontroll és a N_{200} -as kezeléspár közt mutatkozott meg. A növekedés mértéke a Ca esetében átlagosan 29% volt az első (N_0 ; N_{200}), és 23% a második kezeléspárban (N_{150} ; N_{250}). A Cu esetében 13%-os emelkedést tapasztaltunk, míg a Sr vizsgálata során 55%-ot.

A növekvő N dózisok erős szignifikáns hatást gyakoroltak a kén tartalomra a N_{200} -as kezelésben a kontrollhoz viszonyítva és a Mn-koncentrációra a N_{250} -es kezelésben a N_{150} -eshez képest ($p < 0,01$). A fehérjetartalom esetében a javuló N-ellátás kedvező hatása ($p < 0,01$) mindkét kezeléspárban megmutatkozott. A fehérje mennyisége 41%-kal nőtt az első (N_0 ; N_{200}), míg 28%-kal a második kezeléspárban (N_{150} ; N_{250}), a kén tartalomban 31%-os, a Mn esetében pedig 19%-os emelkedést lehetett megfigyelni.

A liszt Zn tartalma a kontrollhoz képest szignifikánsan ($p < 0,01$) kevesebb volt a N_{200} -as kezelésben, ami azonban ellentétben áll egyes szakirodalomban fellelhető tudományos eredményekkel (Shi et al., 2010; Kutman et al., 2011), illetve azzal, hogy a

N₂₅₀-es kezelésben a Zn mennyisége némiképp nagyobb volt a N₁₅₀-es kezeléshez viszonyítva.

A 11. táblázat a különböző P dózisok mellett mért elem- és fehérje mennyiségeket foglalja össze a lisztekben. A vizsgált minták a 9-es (N₁₅₀P₀K₁₀₀), a 28-as (N₁₅₀P₅₀K₁₀₀), és a 11-es (N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀) kezelésből származtak. A P műtrágya hatásának tanulmányozása során nem tapasztaltunk statisztikailag bizonyítható összefüggést a P adagok nagysága és a liszt K-, S-, Mg-, Ca-, Fe- és fehérjetartalma között, habár a kénkoncentráció a kezelések növelésével emelkedő tendenciát mutatott. Ennek oka a kísérlet során alkalmazott szuperfoszfát műtrágya kén tartalmában keresendő.

A foszforkezeléseknek erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatása volt a Sr tartalomra a P₁₀₀ kezelésben a P₅₀ kezeléshez képest, és erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatása a P-, Mn- és Sr-koncentrációra a P₅₀ kezelésben a P₀ kezeléshez viszonyítva, továbbá a P, Mn és Sr mennyiségére a legnagyobb P dózist alkalmazó P₁₀₀ kezelésben a legkisebb foszforadagot tartalmazó P₀ kezeléshez képest. Ezek között (P₀ és P₁₀₀) a növekedés mértéke %-osan a P esetében 38%, a Mn koncentrációban 74%, míg a Sr mennyiségében 118% volt.

A javuló P ellátás negatív szignifikáns hatású volt a liszt Zn- és Cu-koncentrációjára, ami a cinknél megmutatkozott a P₀ és a P₅₀ illetve a P₅₀ és a P₁₀₀ kezelés között ($p < 0,05$), míg a réznél a P₅₀ és a P₁₀₀ kezelés között ($p < 0,01$), illetve mindkét elem esetében a P₀ és P₁₀₀ kezelés, azaz a legkisebb és a legnagyobb P adagú kezelés közt ($p < 0,01$). A legnagyobb P szint hatására 43%-os csökkenés következett be a Zn és 20%-os a Cu tartalomban a legkisebb dózisu P-t alkalmazó kezeléshez képest.

A javuló K ellátás és a liszt hamualkotóinak, illetve fehérjetartalmának mennyisége közötti összefüggéseket mutatja a 12. táblázat. A vizsgált minták a 30-as (N₁₅₀P₁₀₀K₀), 11-es (N₁₅₀P₁₀₀K₁₀₀) és 36-os (N₁₅₀P₁₀₀K₂₀₀) kezelésekből származnak.

A mérési eredmények statisztikai analízise szerint a K adagok növelése nem volt befolyással a liszt K-, P-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu- és fehérjetartalmára, azonban negatív szignifikáns ($p < 0,05$) hatással volt a lisztben lévő Ca, Sr illetve S mennyiségére a legnagyobb K dózist tartalmazó kezelésben (K₂₀₀) a legkisebb K szintet alkalmazóhoz (K₀) képest. Ezen kívül negatív szignifikáns hatása volt ($p < 0,05$) a Sr koncentrációra a K₂₀₀ kezelésnek a K₁₀₀-hoz viszonyítva. A csökkenés mértéke a Ca esetében 11%, a S-tartalomban 8%, míg a Sr-nál 26% volt.

10. táblázat: A N kezelések hatása a búzaliszt elem- és fehérjetartalmára

Kezelés (kg/ha)	K(mg/kg)	P(mg/kg)	S(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Fehérje(%)
N ₀ P ₀ K ₀	1160±18	1162±8	904±19	216±4	189±4	9,55±0,86	7,08±0,15	5,69±0,19	1,80±0,03	0,545±0,014	8,50±0,08
N ₂₀₀ P ₀ K ₀	1211±23	1152±27	1180±44	211±9	243±12	9,02±0,36	6,99±0,65	3,99±0,06	1,91±0,08	0,845±0,071	11,98±0,28
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1350±43	1188±18	1151±36	221±6	240±15	10,1±0,4	7,76±0,09	3,56±0,15	1,59±0,01	1,020±0,061	9,68±0,36
N ₂₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1352±4	1208±33	1362±77	231±10	295±11	13,6±3,1	9,24±0,18	3,83±0,13	1,79±0,04	0,936±0,050	12,42±0,12
p-érték N ₀ -N ₂₀₀	0,129	0,078	0,001	0,626	0,007	0,588	0,896	0,000	0,266	0,006	0,000
p-érték N ₁₅₀ -N ₂₅₀	0,964	0,633	0,068	0,412	0,046	0,321	0,002	0,237	0,011	0,347	0,002

11. táblázat: A P kezelések hatása a búzaliszt elem- és fehérjetartalmára

Kezelés(kg/ha)	K(mg/kg)	P(mg/kg)	S(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Fehérje(%)
N ₁₅₀ P ₀ K ₁₀₀	1345±14	863±12	1114±38	218±7	239±10	8,79±1,13	4,64±0,20	6,28±0,50	1,99±0,06	0,467±0,028	10,97±0,42
N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₀₀	1379±12	1130±20	1122±37	227±5	240±15	10,0±0,1	7,76±0,098	4,46±0,10	1,95±0,05	0,793±0,033	10,29±0,19
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1350±43	1188±18	1151±36	221±6	240±15	10,1±0,4	8,09±0,53	3,56±0,15	1,59±0,01	1,02±0,06	9,68±0,36
p-érték P ₀ -P ₅₀	0,119	0,000	0,887	0,318	0,935	0,322	0,001	0,012	0,653	0,000	0,187
p-érték P ₅₀ -P ₁₀₀	0,743	0,096	0,523	0,446	0,989	0,743	0,627	0,017	0,002	0,003	0,169
p-érték P ₀ -P ₁₀₀	0,894	0,000	0,607	0,774	0,921	0,376	0,000	0,006	0,002	0,006	0,076

12. táblázat: A K kezelések hatása a búzaliszt elem- és fehérjetartalmára

Kezelés(kg/ha)	K(mg/kg)	P(mg/kg)	S(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Fehérje(%)
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₀	1354±22	1125±44	1176±22	221±11	246±4	9,59±0,35	7,72±0,34	3,35±0,12	1,88±0,04	1,07±0,09	10,57±0,06
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1350±43	1188±18	1151±36	221±6	240±15	10,1±0,4	7,76±0,09	3,56±0,15	1,74±0,07	1,02±0,06	9,68±0,36
N ₁₅₀ P ₁₀₀ K ₂₀₀	1258±12	1108±38	1079±21	209±6	220±7	10,3±0,4	8,23±0,50	3,57±0,26	1,59±0,01	0,796±0,014	9,69±0,03
p-érték K ₀ -K ₁₀₀	0,945	0,257	0,588	0,956	0,743	0,347	0,909	0,343	0,053	0,643	0,070
p-érték K ₁₀₀ -K ₂₀₀	0,062	0,154	0,126	0,254	0,239	0,745	0,463	0,090	0,129	0,009	0,982
p-érték K ₀ -K ₂₀₀	0,080	0,778	0,027	0,353	0,039	0,275	0,466	0,155	0,183	0,015	0,080

3.3. Különböző termőhelyek hatása a búzaszem ásványi anyag és fehérje tartalmára

A búzaszemek ásványi anyag-, illetve fehérjetartalmának vizsgálata során az NPK kezelések hatásának megfigyelése mellett az eltérő termőhelyekről származó mintákban mért elem, illetve fehérje koncentrációkat is összehasonlítottuk.

A mintákban mért Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S, Sr, Zn és fehérje tartalmak statisztikai vizsgálata során kapott eredmény azt mutatta, hogy a termőhelyek szignifikáns ($p < 0,01$) hatást gyakoroltak azok alakulására. A táblázatok a különböző termőhelyekről származó szemmintákban mért eredményeket mutatják be. A vizsgált minták 2004-ből származnak. A táblázatok bal felében látható értékek az egyes kísérleti területek kontroll parcelláinak – azok négy ismételéből származó – átlag eredményeit jelentik, a jobb oldalon lévő értékeket pedig úgy kaptuk, hogy minden kezelés (9; 11; 15; 17; 21; 28; 30; 34; 36; 40; 2.1. fejezet 3. táblázat) mind a négy ismételéből származó mintákban mért eredményeket átlagoltuk, ezáltal azt szeretnénk volna megfigyelni, hogy a kezelések alkalmazása mellett is fennáll-e a termőhelyek szignifikáns hatása, illetve az általuk kialakított sorrend, továbbá, hogy melyik tényező jelentett nagyobb befolyást a minták elemtartalmára. A táblázat jobb felében szereplő értékek melletti jelölések ($SzD_{5\%}$) a jobb elkülöníthetőség kedvéért a táblázat bal felében lévő jelölésektől eltérően nagy betűvel történtek, ugyanis arra vonatkozó statisztikai analízist nem végeztünk, hogy azonos termőhelyen volt-e szignifikáns különbség a kontroll és a kezelt minták között.

13. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták K tartalma

Kontroll minták K tartalma (mg/kg)			Kezelt minták K tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	$SzD_{5\%}$	Termőhely	Átlag	$SzD_{5\%}$
Karcag	3170	a	Karcag	3176	A
Iregszemcse	3300	a, b	Iregszemcse	3411	B
Kompolt	3544	b	Kompolt	3549	C
Nagyhőrcsök	3608	b	Nagyhőrcsök	3654	D
Putnok	4137	c	Putnok	4147	E

A 13. táblázatban feltüntetett káliumtartalmakat szemlélve az látható, hogy a termőhelyek sorrendje megegyezően alakult a kezelésben nem részesített, illetve az NPK műtrágyával ellátott szemek esetében. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy a kontroll

mintáknál Kompolt és Nagyhörcsök között nem találtunk szignifikáns eltérést, míg ez a különbség a műtrágyázott szemekben megmutatkozott. Az előbbi esetben egyébként a mért K koncentrációk 3170-4137 mg/kg közötti értékek voltak, míg az utóbbiban 3176-4147 mg/kg-ig terjedtek.

14. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták P tartalma

Kontroll minták P tartalma (mg/kg)			Kezelt minták P tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	2887	a	Karcag	3166	A
Kompolt	3043	b	Kompolt	3492	B
Nagyhörcsök	3275	b	Iregszemcse	3591	B, C
Iregszemcse	3587	c	Nagyhörcsök	3643	C
Putnok	4187	d	Putnok	4314	D

A minták foszfortartalmának változását szemlélteti a 14. táblázat az eltérő termőterületek függvényében. A foszfor esetében némi eltérés mutatkozik a kísérleti állomások sorrendjében, ami a kezeletlen minták esetében a következő: Karcag < Kompolt < Nagyhörcsök < Iregszemcse < Putnok, míg a kezelt minták esetében ez volt: Karcag < Kompolt < Iregszemcse < Nagyhörcsök < Putnok.

15. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták S tartalma

Kontroll minták S tartalma (mg/kg)			Kezelt minták S tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	1318	a	Kompolt	1482	A
Nagyhörcsök	1381	a	Nagyhörcsök	1497	A
Karcag	1469	a	Karcag	1725	B
Iregszemcse	1787	c	Iregszemcse	1946	C
Putnok	1832	c	Putnok	2033	D

Láthatjuk tehát, hogy amíg a legkisebb és a legnagyobb értékeket azonos területeken tapasztaltuk, – tehát ezek a csoportok a többitől egyértelműen elkülönültek – addig a többi termőhelyen átfedésben voltak a kapott foszforeredmények, amelyek értéke a kontrollban 2887-4187 mg/kg, míg a műtrágyázott mintákban 3166-4314 mg/kg között volt.

A búza S tartalmának vizsgálata során mért értékeket a 15. táblázat foglalja össze. Ebben az esetben a kontroll (1318-1832 mg/kg) és a műtrágyázott mintákban (1482-2032 mg/kg) meghatározott kén mennyiségek sorrendje megegyezett: Kompolt < Nagyhörcsök < Karcag < Iregszemcse < Putnok, bár a post-hoc analízis eredményei alapján nem ugyanazok a termőhelyek kerültek azonos csoportba, tehát míg az első esetben Iregszemcse-Putnok, továbbá Nagyhörcsök-Kompolt között nem jelentkezett szignifikáns eltérés, addig a kezelt minták esetében Iregszemcse és Putnok között igen.

16. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Mg tartalma

Kontroll minták Mg tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Mg tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	959	a	Karcag	926	A
Kompolt	1110	b, c	Kompolt	1066	B
Iregszemcse	1164	c	Nagyhörcsök	1164	C
Nagyhörcsök	1189	c	Iregszemcse	1165	C
Putnok	1422	d	Putnok	1299	D

A 16. táblázatban a szemek Mg tartalmának alakulását láthatjuk az eltérő termőhelyeken, amely a kezeletlen parcellákon 959-1422 mg/kg volt, míg a műtrágyázott területeken 926-1299 mg/kg közé esett. A legalacsonyabb értékeket Karcagon mértük, a legmagasabbakat pedig a Putnokon a kontroll és a kezelt minták esetében egyaránt. A területek sorrendje eltérően alakult a kontroll, illetve a kezelt mintáknál, Iregszemcse és Nagyhörcsök sorrendje ugyanis felcserélődött, bár szignifikáns eltérés nem mutatkozott a két terület között.

Ezzel ellentétben a Ca vizsgálata során azt találtuk (17. táblázat), hogy a kontroll és a műtrágyázott parcellákról származó minták esetében megegyezően alakult a termőterületek sorrendje, ami a következő volt: Karcag < Kompolt < Nagyhörcsök < Putnok < Iregszemcse, azonban, míg a kezeletlen minták statisztikai vizsgálata nem mutatott szignifikáns ($p < 0,05$) különbséget Nagyhörcsök, Putnok és Iregszemcse között, addig a műtrágyázott szemek elemzése során ez egyértelműen jelentkezett. A kezelt szemek átlaga – ami 297 és 628 mg/kg között alakult – minden esetben magasabb volt, mint a kontroll mintáké, amelyek 307-571 mg/kg közötti értékeket mutattak.

17. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Ca tartalma

Kontroll minták Ca tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Ca tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	308	a	Karcag	298	A
Kompolt	372	b	Kompolt	404	B
Nagyhőrcsök	482	c	Nagyhőrcsök	491	C
Putnok	529	c	Putnok	596	D
Iregszemcse	571	c	Iregszemcse	628	E

A 18. táblázat az eltérő kísérleti állomásokról származó búzaminták vastartalmát foglalja össze. A kontroll mintákban a Fe mennyisége a következőképpen alakult: Karcag < Nagyhőrcsök < Iregszemcse < Kompolt < Putnok. Ez módosult a kezelt parcellák esetében, szignifikáns különbséget azonban nem találtunk azon termőhelyek között, amelyek sorrendje felcserélődött (tehát Nagyhőrcsök és Karcag, illetve Kompolt és Iregszemcse között). A műtrágyázott szemek átlaga (41,2-52,5 mg/kg) egyébként valamivel magasabb volt minden területen, mint a kontroll átlaga (33,0-48,4 mg/kg).

18. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Fe tartalma

Kontroll minták Fe tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Fe tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	33,0	a	Nagyhőrcsök	41,2	A
Nagyhőrcsök	40,2	a	Karcag	41,7	A
Iregszemcse	41,7	a, b	Kompolt	43,6	A
Kompolt	43,2	a, b	Iregszemcse	45,3	A
Putnok	48,4	c	Putnok	51,8	B

A mangántartalom alakulásának megfigyelése során (19. táblázat) azt tapasztaltuk, hogy a különböző kísérleti állomásokon begyűjtött búzatermésben ezen ásványi alkotó mennyisége növekvő sorrendben a következőképpen alakult a kontroll mintákban: Iregszemcse < Karcag < Nagyhőrcsök < Putnok < Kompolt. Ezt összehasonlítva a kezelt minták eredményeivel az látható, hogy a mangántartalom tekintetében a termőterületek közel azonos módon követik egymást, az egyetlen eltérést az jelenti, hogy míg az első esetben a Putnokon és Kompolton mért eredmények között nem volt szignifikáns eltérés, s

Kompolton valamivel nagyobb értéket kaptunk, addig a kezelt minták esetében ez megfordult, és a putnoki búzában szignifikánsan magasabb volt a Mn mennyisége. A Mn tartalom vizsgálata során tapasztalt mennyiségek a kontroll esetében egyébként 12,9-48,5 mg/kg, illetve a műtrágyakezelésben részesült minták esetében 13,4-58,2 mg/kg közé tehetőek.

19. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Mn tartalma

Kontroll minták Mn tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Mn tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Iregszemcse	12,9	a	Iregszemcse	13,4	A
Karcag	32,1	b	Karcag	32,6	B
Nagyhőrcsök	36,8	c	Nagyhőrcsök	41,0	C
Putnok	46,7	d	Kompolt	52,2	D
Kompolt	48,5	d	Putnok	58,2	E

A 20. táblázat az egyes termőhelyek mintáinak cink koncentrációját foglalja össze, aminek nagyságrendi sorrendje csaknem megegyezően alakult a kontroll, illetve a műtrágyázott búzában. A kontroll esetében ez a következő volt: Karcag < Nagyhőrcsök < Iregszemcse < Bicsérd < Kompolt < Putnok. A kezelések átlagos értékeit tekintve Iregszemcse Nagyhőrcsök elé került, illetve a másik különbség a kontrollhoz viszonyítva az volt, hogy szignifikáns eltérés mutatkozott Karcag és Iregszemcse között, továbbá Nagyhőrcsök és Bicsérd között.

20. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Zn tartalma

Kontroll minták Zn tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Zn tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	21,3	a	Karcag	13,6	A
Nagyhőrcsök	22,6	a, b	Iregszemcse	15,2	B
Iregszemcse	26,7	b, c	Nagyhőrcsök	16,4	B
Kompolt	33,9	c	Kompolt	32,1	C
Putnok	53,8	d	Putnok	44,4	D

A Zn mennyisége a kontrollban 21,3-53,8 mg/kg volt, míg a műtrágyakezelésben részesült mintákban 13,6-44,4 mg/kg, tehát ezen értékek némelyike meghaladta a

gabonafélékben maximálisan megengedett koncentrációt (30 mg/kg) (17/1999. (VI. 16.) EüM).

21. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Cu tartalma

Kontroll minták Cu tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Cu tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	3,96	a	Karcag	3,40	A
Nagyhőrcsök	4,24	a,b	Kompolt	4,21	B
Kompolt	4,52	b, c	Putnok	4,63	C
Iregszemcse	4,92	c	Nagyhőrcsök	4,74	C
Putnok	4,94	c	Iregszemcse	5,30	D

A 21. táblázatot megfigyelve láthatjuk, hogy a különböző állomásokról származó minták réztartalmának sorrendje eltérően alakult a kontroll illetve kezelt mintákban, s ez az eltérés a statisztikai vizsgálat során is igazolódott. A kontroll parcellákon a Cu tartalom 3,96-4,94 mg/kg volt, a műtrágyázott területeken pedig 3,40-5,30 mg/kg közötti koncentrációkat lehetett mérni, így az értékek több esetben túllépték a gabonafélékben maximálisan megengedhető rézmennyiséget (5 mg/kg) (17/1999. (VI. 16.) EüM).

22. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták Sr tartalma

Kontroll minták Sr tartalma (mg/kg)			Kezelt minták Sr tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	1,52	a	Kompolt	1,94	A
Nagyhőrcsök	1,60	a	Karcag	2,05	A, B
Karcag	1,60	a	Nagyhőrcsök	2,22	B, C
Iregszemcse	1,99	a, b	Iregszemcse	2,80	D
Putnok	2,49	b	Putnok	2,87	D

A Sr tartalom alakulását mutatja a 22. táblázat a különböző kísérleti állomásokon. Hasonlóan a korábban bemutatott kénhez, ennél az ásványi alkotónál is megegyező volt a kontroll (1,52-2,49 mg/kg) illetve a kezelt minták (1,94-2,87 mg/kg) sorrendje a termőhelyek tekintetében, azonban a varianciaanalízis nem ugyanazon területek között mutatott ki szignifikáns különbséget.

A kontrollnál nem volt statisztikailag igazolható eltérés Kompolt-Nagyhőrcsök-Karcag-Iregszemcse, és Iregszemcse-Putnok között, míg a kezelt mintáknál Kompolt-Karcag, Karcag-Nagyhőrcsök, és Iregszemcse-Putnok párosokon belül.

A 23. táblázatban a mintákban mért fehérjekoncentrációk láthatók az egyes termőhelyeken. A termőhelyek sorrendje a kontroll mintáknál a következőképpen alakult: Karcag < Kompolt < Nagyhőrcsök < Iregszemcse < Putnok, ekkor nem volt szignifikáns különbség Karcag, Kompolt és Nagyhőrcsök között, illetve Nagyhőrcsök, Iregszemcse és Putnok között sem. Eltérést tapasztaltunk a műtrágyával kezelt minták sorrendjében, ami a következő volt: Kompolt < Nagyhőrcsök < Putnok < Karcag < Iregszemcse.

23. táblázat: Különböző termőhelyekről származó őszi búzaszem minták fehérje tartalma

Kontroll minták fehérje tartalma (%)			Kezelt minták fehérje tartalma (%)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Karcag	11,46	a	Kompolt	13,58	A
Kompolt	12,10	a, b	Nagyhőrcsök	13,99	A
Nagyhőrcsök	12,28	a, b	Putnok	14,63	B
Iregszemcse	13,08	b	Karcag	14,73	B
Putnok	13,15	b	Iregszemcse	15,01	B

Ekkor pedig a kompolti és a nagyhőrcsöki, valamint a putnoki, karcagi és iregyszemcsei búza között nem volt statisztikailag igazolható különbség. A kontroll termésben a mért fehérje mennyiségek 11,46-13,15% közé estek, míg ez a műtrágyázott búzában 13,58-15,01% volt

3.4. Különböző termőhelyek hatása a liszt ásványi anyag és fehérje tartalmára

Az előző fejezethez hasonlóan ez is a termőhelyek ásványi anyag tartalomra gyakorolt hatásával foglalkozik, azzal a különbséggel, hogy - a fentiekkel ellentétben – az alábbi táblázatok mindkét oldalán kontroll parcellák mintáinak átlageredményei láthatók, továbbá a táblázatok jobb felében szereplő mérési eredmények liszt minták vizsgálatából származnak. Ezen minták begyűjtése 2005-ben történt.

A 24. táblázat a szemekben és a lisztben lévő kálium mennyiségeket hasonlítja össze. Az adatokat megfigyelve látható, hogy, a termőhelyek sorrendje eltérően alakult a

teljes szem és a lisztek tekintetében. A teljes szemeknél ez a következő volt: Kompolt < Nagyhörcsök < Putnok < Karcag < Iregszemcse, míg a liszteknél: Putnok < Nagyhörcsök < Karcag < Kompolt < Iregszemcse. Megegyezés ezek között csak abban volt, hogy mindkét esetben az Iregszemcsei minták tartalmazták a K-ot legnagyobb mennyiségben. A búzaszemekben Kompolt, Nagyhörcsök és Putnok között nem jelentkezett szignifikáns különbség ($p < 0,05$), ugyanígy Nagyhörcsök, Putnok, Karcag és Iregszemcse között sem. A liszteket vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a Kompoltról és Iregszemcséről származó minták káliumtartalma szignifikánsan ($p < 0,01$) eltért a többitől.

24. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták K tartalma

A búzaszem K tartalma (mg/kg)			A liszt K tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	2685	a	Putnok	1139	A
Nagyhörcsök	3016	a, b	Nagyhörcsök	1160	A
Putnok	3192	a, b	Karcag	1226	A
Karcag	3271	b	Kompolt	1342	B
Iregszemcse	3495	b	Iregszemcse	1360	B

A szemekben mért K mennyisége 2685-3495 mg/kg volt, a lisztekben pedig 1139-1360 mg/kg értékekkel találkozhattunk. Átlagolva a teljes termés (3132 mg/kg) és a lisztek K tartalmát (1245 mg/kg) mind az öt termőhelyen, azt tapasztaltuk, hogy az egész szemek átlagosan két és félszer (152 %-kal) több káliumot tartalmaztak.

25. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták P tartalma

A búzaszem P tartalma (mg/kg)			A liszt P tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Nagyhörcsök	3714	a	Karcag	1141	A
Kompolt	3814	a	Nagyhörcsök	1162	A
Karcag	3934	a	Kompolt	1178	A
Iregszemcse	3978	a	Iregszemcse	1213	A
Putnok	4446	b	Putnok	1380	B

A 25. táblázatban a teljes búzaszemek és a belőlük készült lisztek P tartalma látható a különböző kísérleti állomásokon. Ebben az esetben a statisztikai vizsgálat szerint csupán

a Putnokról származó minták P koncentrációja mutatott szignifikáns eltérést ($p < 0,01$) a többi terület eredményeihez képest mind a lisztek, mind a teljes szemek esetében. A mért P tartalom nagysága szerint sorbarendezve a mintákat, az egész szem esetében ez a következő volt: Nagyhörcsök < Kompolt < Karcag < Iregszemcse < Putnok.

A liszt tekintetében az első három terület sorrendje ettől eltért, csak az utolsó kettőé egyezett meg: Karcag < Nagyhörcsök < Kompolt < Iregszemcse < Putnok. A különböző kísérleti állomásokon begyűjtött szemekben a foszfortartalom 3714-4447 mg/kg között volt, ami átlagosan 3977 mg/kg, ez 227%-kal haladta meg a lisztek 1215 mg/kg-os átlagát, tehát a foszfort több, mint háromszoros mennyiségben tartalmazta. (A lisztek P koncentrációja egyébként 1141-1380 mg/kg között alakult.)

A 26. táblázat a minták kén tartalmát mutatja. A kén esetében a termőterületek sorrendje a teljes szemeknél így alakult: Kompolt < Nagyhörcsök < Putnok < Iregszemcse < Karcag, a lisztekénél pedig ez a következő volt: Karcag < Nagyhörcsök < Kompolt < Putnok < Iregszemcse. Amíg azonban az egész búzatermés S tartalmában szignifikáns eltérés ($p < 0,01$) volt a termőhelyek (Kompolt-Nagyhörcsök, Nagyhörcsök-Putnok-Iregszemcse és Karcag) között, addig a lisztek S koncentrációját a statisztikai vizsgálat szerint nem befolyásolta az, hogy mely kísérleti állomásról származtak a minták.

A liszt mintákban mért kén mennyiségek 885-1052 mg/kg közöttiek voltak, (átlagosan 968 mg/kg) a teljes szemben pedig 1109-1719 mg/kg (átlag 1364 mg/kg), így az egész szem átlagosan 41%-kal tartalmazott több ként a lisztekénél.

26. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták S tartalma

A búzaszem S tartalma (mg/kg)			A liszt S tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	1109	a	Karcag	885	A
Nagyhörcsök	1243	a, b	Nagyhörcsök	904	A
Putnok	1274	b	Kompolt	989	A
Iregszemcse	1477	b	Putnok	1008	A
Karcag	1719	c	Iregszemcse	1052	A

A vizsgált mintákban lévő magnézium mennyiségét a 27. táblázat tartalmazza. Ez az ásványi alkotó legnagyobb mennyiségben az iregszemcsei és a putnoki mintákban fordult elő a lisztekben és az egész szemben egyaránt. A másik három termőhely sorrendje azonban eltérő volt. Az teljes termés esetében: Kompolt < Karcag < Nagyhörcsök <

Iregszemcse < Putnok, a liszteknél: Karcag < Nagyhörcsök < Kompolt < Iregszemcse < Putnok. A post-hoc analízis szerint az egész szemek esetében Karcag, Nagyhörcsök, Iregszemcse és Putnok eredménye nem különült el szignifikánsan egymástól, illetve Karcag Kompolttal is azonos csoportba sorolható.

27. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Mg tartalma

A búzaszem Mg tartalma (mg/kg)			A liszt Mg tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	1056	a	Karcag	210	A
Karcag	1162	a, b	Nagyhörcsök	216	A, B
Nagyhörcsök	1175	b	Kompolt	238	A, B, C
Iregszemcse	1207	b	Iregszemcse	252	B, C
Putnok	1234	b	Putnok	271	C

A lisztek statisztikai analízise alapján a karcagi minták Mg tartalma minden egyéb területről származóhoz képest szignifikánsan alacsonyabb volt ($p < 0,05$), illetve a Putnokról származó búza lisztjében a Mg mennyisége minden más termőhely eredményétől szignifikánsan magasabb volt ($p < 0,05$). A többi kísérleti állomás eredménye azonban nem különült el egymástól ilyen egyértelműen, közöttük átfedések voltak.

Magnéziumból a teljes szemek 1056-1234 mg/kg mennyiséget tartalmaztak, átlagosan 1167 mg/kg-ot, a lisztek viszont csak 210-271 mg/kg-ot, ami átlagosan 237 mg/kg volt. Így az egész szem átlagos Mg tartalma 392%-kal haladta meg a lisztét, tehát azt közel ötszörös mennyiségben tartalmazta.

A 28. táblázat a minták kalciumtartalmát mutatja, aminek nagyság szerinti sorrendje a különböző termőhelyek szempontjából az egész szemek esetében a következőképpen alakult: Kompolt < Putnok < Karcag < Nagyhörcsök < Iregszemcse. Ez liszteknél a következő volt: Karcag < Putnok < Kompolt < Nagyhörcsök < Iregszemcse.

Látható, hogy megegyezés (hasonlóan a foszfornál és a magnéziumnál taglaltakhoz) csak az utolsó két területben volt. Azonban a statisztikai analízis során a teljes szemeket vizsgálva csak az iregsemcsei minták tértek el szignifikánsan ($p < 0,05$) a többitől, továbbá nem volt szignifikáns különbség a karcagi, putnoki, kompolti és nagyhörcsöki lisztek kalciumtartalma között, azonban a putnoki, kompolti, nagyhörcsöki és iregsemcsei liszt minták között sem ($p < 0,1$).

28. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Ca tartalma

A búzaszem Ca tartalma (mg/kg)			A liszt Ca tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	420	a	Karcag	161	A
Putnok	547	b	Putnok	175	A, B
Karcag	562	b	Kompolt	185	A, B
Nagyhőrcsök	595	b	Nagyhőrcsök	189	A, B
Iregszemcse	615	b	Iregszemcse	207	B

A mért kalcium mennyiségek a teljes szemekben 420-615 mg/kg közt, a lisztekben pedig 161-207 mg/kg közt voltak. Az egész szemek átlaga (548 mg/kg) 199%-kal haladta meg az öt termőhelyről származó lisztek átlagát (183 mg/kg), tehát a búzaszemek átlagosan közel háromszor annyi kalciumot tartalmaztak, mint őrleményeik.

29. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Fe tartalma

A búzaszem Fe tartalma (mg/kg)			A liszt Fe tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	35,6	a	Karcag	7,75	A
Nagyhőrcsök	40,2	a, b	Putnok	7,94	A
Karcag	45,1	a, b	Iregszemcse	8,29	A
Putnok	47,6	b	Kompolt	9,34	A
Iregszemcse	47,7	b	Nagyhőrcsök	9,55	A

A teljes szemek és a lisztek vastartalmát mutatja be a 29. táblázat. Ezek származási helyének sorrendjében nem volt egyezés, és az egész szemeknél a következő volt: Kompolt < Nagyhőrcsök < Karcag < Putnok < Iregszemcse, míg lisztekénél: Karcag < Putnok < Iregszemcse < Kompolt < Nagyhőrcsök. A lisztekben lévő vas mennyiségére a vizsgált öt termőhelynek nem volt szignifikáns hatása a megfigyelt évben, a teljes szemek esetében pedig nem találtunk statisztikailag igazolható eltérést a kompolti, a nagyhőrcsöki, és a karcagi területek, illetve a nagyhőrcsöki, a karcagi, a putnoki és az iregyszemcsei állomások között.

Az egész szemben a vas mennyisége 35,58-47,65 mg/kg-ig terjedt, ugyanez a lisztekben 7,75-9,55 mg/kg volt. A különböző területekről vett minták Fe tartalmának

átlag a teljes gabonában (43,2 mg/kg) 404%-kal bizonyult nagyobbak, mint az örleményé (8,57 mg/kg), így annak ötszöröse volt.

30. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Mn tartalma

A búzaszem Mn tartalma (mg/kg)			A liszt Mn tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Nagyhőrcsök	31,8	a	Karcag	6,37	A
Putnok	32,7	a	Nagyhőrcsök	7,08	A, B
Iregszemcse	33,1	a	Putnok	7,19	A, B
Karcag	37,1	a	Iregszemcse	7,58	A, B
Kompolt	46,4	b	Kompolt	9,02	B

A 30. táblázatban a különböző termőhelyekről származó minták mangántartalmát láthatjuk. Ha megfigyeljük a termőhelyek eredményeinek nagyság szerinti sorrendjét, (teljes gabonaszem: Nagyhőrcsök < Putnok < Iregszemcse < Karcag < Kompolt; liszt: Karcag < Nagyhőrcsök < Putnok < Iregszemcse < Kompolt) kiderül, hogy közöttük a legnagyobb mennyiségű Mn-t tartalmazó kompolti minták kivételével nem volt egyezés.

A statisztikai vizsgálat azt mutatta, hogy a Kompoltról származó szemminták Mn tartalma szignifikánsan ($p < 0,05$) különbözött az összes többitől, a lisztekben azonban ez a különbség már nem mutatkozott meg ilyen egyértelműen, mert nem volt szignifikáns eltérés a nagyhőrcsöki, putnoki, iregsemcsei és a kompolti minták, továbbá a karcagi, nagyhőrcsöki, putnoki és iregsemcsei minták Mn koncentrációja között.

A lisztek a mangánt 6,37-9,02 mg/kg mennyiségben tartalmazták, ami átlagosan 7,45 mg/kg-ot jelentett, a teljes szemekben pedig 31,8-46,4 mg/kg, átlagosan 36,2 mg/kg Mn volt, ez 386%-kal több, azaz ötszöröse a lisztek mangántartalmának.

A 31. táblázatban az eltérő termőterületekről begyűjtött minták Zn tartalma látható. Ezek nagyság szerinti sorrendje a teljes szemekben: Iregszemcse < Nagyhőrcsök < Kompolt < Karcag < Putnok, a lisztek esetében: Karcag < Iregszemcse < Nagyhőrcsök < Kompolt < Putnok. A két sor tehát egészen hasonlóan alakult, azzal a kivétellel, hogy amíg az egész szemek között a karcagi minták a negyedik helyen álltak, addig a lisztekben ezek a minták tartalmazták a cinket a legkisebb mennyiségben.

A teljes gabonamag Zn koncentrációjára a termőhelyek szignifikáns hatással voltak ($p < 0,01$), a post hoc analízis során csak Karcag és Putnok került azonos csoportba, ami

azonban kevésbé érvényesült a liszteknél, ahol Karcag-Iregszemcse-Nagyhörcsök, illetve Kompolt-Putnok eredményei között nem volt statisztikailag igazolható különbség.

31. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Zn tartalma

A búzaszem Zn tartalma (mg/kg)			A liszt Zn tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Iregszemcse	17,5	a	Karcag	5,41	A
Nagyhörcsök	24,3	b	Iregszemcse	5,59	A
Kompolt	28,4	c	Nagyhörcsök	5,69	A
Karcag	33,6	d	Kompolt	7,42	B
Putnok	36,3	d	Putnok	8,09	B

Az egész szemben a Zn tartalom 17,5-36,3 mg/kg között volt (átlag: 28,0 mg/kg), a lisztekben 5,41-8,09 mg/kg (átlag: 6,44 mg/kg) között. A magok cinkkoncentrációja átlagosan 335%-kal volt magasabb, mint a lisztké, így azok több mint négyszer annyi cinket tartalmaztak. A karcagi és putnoki szemminták átlagos Zn tartalma meghaladta, a kompolti mintáké pedig megközelítette a gabonafélékben maximálisan megengedett mennyiséget (30 mg/kg) (17/1999. (VI. 16.) EüM).

32. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Cu tartalma

A búzaszem Cu tartalma (mg/kg)			A liszt Cu tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Nagyhörcsök	4,03	a	Karcag	1,56	A
Putnok	4,33	a, b	Putnok	1,69	A, B
Karcag	4,68	b, c	Nagyhörcsök	1,80	A, B, C
Kompolt	4,69	b, c	Kompolt	2,00	b, c
Iregszemcse	5,01	c	Iregszemcse	2,05	c

A minták Cu koncentrációját a 32. táblázat foglalja össze. Hasonlóan az eddig bemutatott ásványi alkotókhoz, itt is eltérések mutatkoztak az egész mag, és a lisztek Cu koncentrációjának termőhelyek szerinti sorrendjében, és ezek közül csak a két utolsó egyezett meg. Az első esetben ez az alábbi volt: Nagyhörcsök < Putnok < Karcag < Kompolt < Iregszemcse, a második esetben pedig: Karcag < Putnok < Nagyhörcsök < Kompolt < Iregszemcse. A post-hoc analízis során a szemek esetében a Nagyhörcsök-

Putnok, a Putnok-Karcag-Kompolt, illetve a Karcag-Kompolt-Iregszemcse csoportokat lehetett elkülöníteni ($p < 0,01$), viszont ugyanez a lisztekénél a következő módon alakult: Karcag-Putnok-Nagyhőrsők, Putnok-Nagyhőrsők-Kompolt és Nagyhőrsők-Kompolt-Iregszemcse ($p < 0,05$). A teljes magban 4,03-5,01 mg/kg Cu-t lehetett mérni termőhelyektől függően, az összes terület átlagában 4,55 mg/kg-ot, míg a lisztben 1,56-2,05 mg/kg-ot, átlagosan 1,84 mg/kg-ot. A szemek átlaga 147%-kal volt nagyobb, mint az őrleményeké, azaz az előbbiek 2,5-szer magasabb réztartalommal rendelkeztek. A gabonaszemek esetében az is előfordult (Iregszemcse), hogy azok réztartalma meghaladta a maximálisan megengedhető mennyiséget (5 mg/kg) (17/1999. (VI. 16.) EüM).

33. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták Sr tartalma

A búzaszem Sr tartalma (mg/kg)			A liszt Sr tartalma (mg/kg)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	2,13	a	Putnok	0,376	A
Nagyhőrsők	2,36	a, b	Iregszemcse	0,382	A
Putnok	2,45	a, b	Kompolt	0,499	A
Iregszemcse	2,61	a, b	Karcag	0,512	A
Karcag	3,08	b	Nagyhőrsők	0,545	A

A 33. táblázat a teljes mag és a liszt Sr koncentrációját foglalja össze a különböző kísérleti állomásokon. A termőhelyek sorrendje itt sem egyezett, az egész szemek Sr mennyiségének esetében a következőképpen alakult: Kompolt < Nagyhőrsők < Putnok < Iregszemcse < Karcag, míg a lisztekben: Putnok < Iregszemcse < Kompolt < Karcag < Nagyhőrsők. A stroncium mennyiségének statisztikai vizsgálata során azonban $p < 0,05$ szignifikancia szinten sem a teljes szem minták, sem a lisztek között nem volt különbség.

34. táblázat: Különböző termőhelyekről származó búza és liszt minták fehérje tartalma

A búzaszem fehérje tartalma (%)			A liszt fehérje tartalma (%)		
Termőhely	Átlag	SzD _{5%}	Termőhely	Átlag	SzD _{5%}
Kompolt	10,49	a	Nagyhőrsők	8,50	A
Putnok	12,40	b	Kompolt	9,15	A, B
Nagyhőrsők	14,15	c	Karcag	9,51	A, B, C
Iregszemcse	15,19	d	Putnok	9,87	B, C
Karcag	16,64	e	Iregszemcse	10,66	C

A teljes termésben az eltérő termőhelyeken mért Sr tartalom 2,13-3,08 mg/kg között alakult, átlagosan 2,53 mg/kg, a lisztekben ugyanez 0,376-0,545 mg/kg volt, átlagosan 0,463 mg/kg, így az egész szem közel öt és félszer, a területek átlagában 446%-kal tartalmazott több Sr-t a lisztekénél.

Míg minden különböző termőhelyről származó búzaszem minta fehérjetartalma szignifikánsan ($p < 0,01$) különbözött egymástól (34.táblázat), addig a lisztekben a post hoc analízis eredményeként létrejött csoportok nem különültek el ilyen élesen egymástól ($p < 0,05$). A három csoport a következő volt: Nagyhörcsök-Kompolt-Karcag, Kompolt-Karcag-Putnok és Karcag-Putnok-Iregszemcse. A termőhelyek eredményeit sorbarendezve a sorrendek között nem volt egyezés a kétféle minta esetében. Teljes szem: Kompolt < Putnok < Nagyhörcsök < Iregszemcse < Karcag; liszt: Nagyhörcsök < Kompolt < Karcag < Putnok < Iregszemcse.

A mért fehérjemennyiségek a következők voltak a teljes gabonaszemben: 10,49-16,64%, átlagosan 13,77%; a lisztben: 8,50-10,66%, átlagosan 9,54%. Elmondható, hogy hasonlóan az előzőekben taglalt ásványi alkotókhoz, a teljes szem fehérjéből is nagyobb mennyiséget tartalmazott, mint a liszt, számszerűen 44%-kal, azaz annál közel másfélszer többet, azonban ez a különbség így is elmarad a különböző elemeknél leírtakhoz képest.

3.5. A nettó fehérjehasznosulási arány vizsgálata állatetetési kísérletben

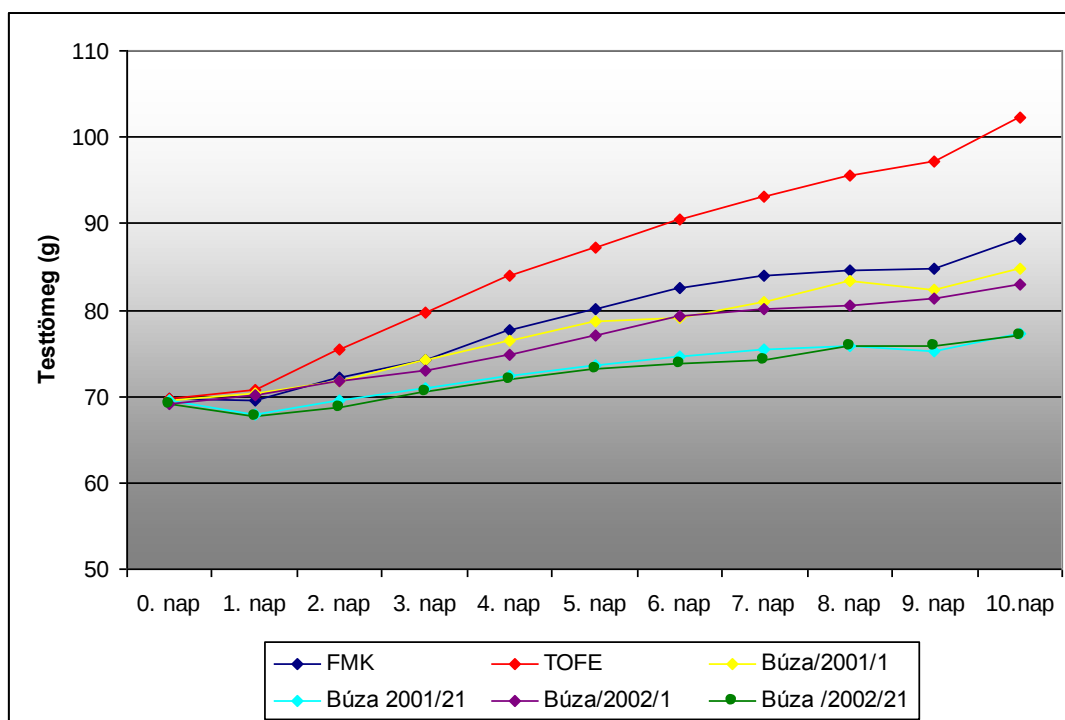
3.5.1. Az I. állat etetési kísérlet eredményei

A TÁMOP 4.2.1/B-09/KONV 2010-0007 azonosító számú pályázat keretén belül a Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézetben (KÉKI) végzett gabona szemtermés és hüvelyes mag őrlemények növekedésben lévő patkányokkal végzett nettó fehérje hasznosulási arányának (Net protein Ratio, NPR) meghatározása során alkalmazott tesztápok ásványi anyag- és fehérjetartalmát a 35. táblázat foglalja össze. A búzaminták 2001-ből (Búza/2001/1, Búza/2001/21) illetve 2002-ből (Búza/2002/1, Búza/2002/21), a kontroll parcellákról (Búza/2001/1, Búza/2002/1) illetve a 21-es kezelésből (Búza/2001/21, Búza/2002/21) származtak. A borsómintákat 2003-ban gyűjtötték be a kontroll parcellákról és a 20-as kezelésből.

35. táblázat: Az állatetetési kísérletben vizsgált növényi termések ásványi anyag (mg/kg) és fehérje (%) tartalma

Minta	Ca (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)	P (mg/kg)	S (mg/kg)	Sr (mg/kg)	Zn (mg/kg)	fehérje (%)
Borsó/1	1021	9,94	51,2	10392	1229	11,5	2878	2107	5,31	51,5	23,2
Borsó/20	1130	4,26	108	9164	1209	14,3	3114	2269	7,72	30,7	28,2
Búza/2001/1	425	3,17	24,04	3766	951	27,6	3130	1237	1,72	20,5	6,31
Búza/2001/21	516	4,24	50,98	4088	1038	46,8	3586	1870	3,49	9,49	15,3
Búza/2002/1	311	2,85	19,1	3303	768	21,1	2431	830	1,72	13,2	6,66
Búza/2002/21	372	3,31	46,2	4214	945	43,9	3141	1684	3,78	39,1	17,3

Az I. kísérlet során a vizsgált búzamintákból készült tápokot fogyasztó patkányok testtömegében bekövetkezett változásokat a kontroll csoportokhoz viszonyítva a 45. ábra szemlélteti, a mérések átlagait a hozzájuk tartozó szórásokkal a 36. táblázat mutatja be. Az I. kísérletben résztvevő alanyok 6%-os, az optimálisnál alacsonyabb fehérjetartalommal rendelkező diétában részesültek a tesztcsoportokban, illetve a pozitív kontroll csoportban (TOFE). Az FMK csoport 4%-os fehérjetartalmú diétát kapott.



45. ábra: Búzaőrlemény alapú diétát fogyasztó patkányok testtömeg növekedése az I. kísérletben

Testtömeg növekedés minden csoportban tapasztalható volt, azonban eltérő mértékben. Azon állatcsoportok esetében, amelyek a jó minőségű TOFE diétában részesültek lényegesen nagyobb növekedés következett be minden más csoportnál. A sorrendben ezt az FMK csoport teljesítménye követte. Így a búzát fogyasztó patkányok körében tapasztalt gyarapodás mind a TOFE, mind az FMK csoporttól elmaradt, aminek az egyik oka valószínűleg az lehetett, hogy a búzafehérje aminosav összetétele önmagában kiegyensúlyozatlan, lizinben szegény, szemben a tojásfehérje kiegyensúlyozott összetételével és annak magas biológiai értékével (Lásztity, 1981; Nagy et al., 2006). Ezen kívül a nyers búza fehérje hasznosulást gátló antinutritív anyagokat is tartalmaz (pl. enzim inhibitorok, lektinek) (Nagy et al., 2006). Az eredmények közötti különbség mértékéhez azonban nagy valószínűséggel az is hozzájárult, hogy (amint az az „Anyagok és módszerek” c. fejezetben a különböző diéták ismertetésénél látható) a tesztfehérjét fogyasztó patkányok – ellentétben a TOFE és FMK csoportokban lévő egyedekkel – nem kaptak vitamin premixet, ÁP-17 takarmánykiegészítőt, NaCl-ot, így ezeknek az állatoknak a kiegyensúlyozott vitamin- és ásványianyag ellátása nem volt biztosított, ami pedig nagymértékben befolyásolhatja a takarmányfelvételt, és annak hasznosulását.

Összehasonlítva a két tesztcsoporthoz, a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó csoportok növekedése nagyobb volt, mint a 2001/21, illetve a 2002/21 búzát fogyasztó csoportok esetében bekövetkezett gyarapodás. Ez a tendencia a kísérletben részt vevő állatok tápfelvételében is érvényre jutott, továbbá az NPR értékek alakulásában is szerepet játszott. Ezen eredmények alakulását azonban valószínűleg szintén befolyásolták a tesztfehérjéken túl a diéták között lévő különbségek. Amíg ugyanis a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó csoportokban az elfogyasztott táp legnagyobb részét maga a búza képviselte, addig a Búza 2001/21, illetve a Búza 2002/21 diétában részesülő csoportokban a táp több, mint felerészből kukoricakeményítőből állt. A csoportok tápfogyasztása a 37. táblázatban látható.

Az NPR értéket úgy kapjuk meg, hogy a tesztfehérjét fogyasztó állatok átlagos testtömeg változásából (M10-M0) kivonjuk a fehérjementes táppal etetett kontrollcsoport (FMK) átlagos testtömeg változását (18,4 g), majd az eredményt elosztjuk a tesztcsoport által elfogyasztott fehérje mennyiségével. Az NPR-érték a 38. táblázatban tekinthető meg.

38. táblázat: A tesztátlapok nettó fehérjearánya (NPR érték) az I. állatetelési kísérletben

Csoportok		Fehérje fogyasztás (g/állat/10 nap)	Testtömeg különbség M10-M0 (g)	Nettó fehérjearány (NPR) (g/g)
2	TOFE	8,0	32,4	1,74
3	Búza/2001/1	8,6	15,2	-0,37
4	Búza 2002/21	6,4	7,6	-1,70
5	Búza/2002/1	7,5	13,8	-0,61
6	Búza /2002/21	6,9	7,8	-1,54

Az NPR értékek negatív eredményt adtak a TOFE csoporttal szemben, azonban az egységnyi fehérje bevitelre fordított testtömeg csökkenés a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó állatok esetében alacsonyabb volt, mint a 2001/21-es, és a 2002/21-es mintákkal takarmányozott patkányoké. A 2001/1 és 2002/1 minták jobb eredményét az okozhatta, hogy a búza részaránya nagyobb volt ezekben a tesztátlapokban, míg a Búza 2001/21-es és a Búza 2002/21-es csoportok tápja több, mint 50%-ban kukoricakeményítőből állt.

36. táblázat: A kísérleti állatok testtömeg növekedése az I. kísérletben

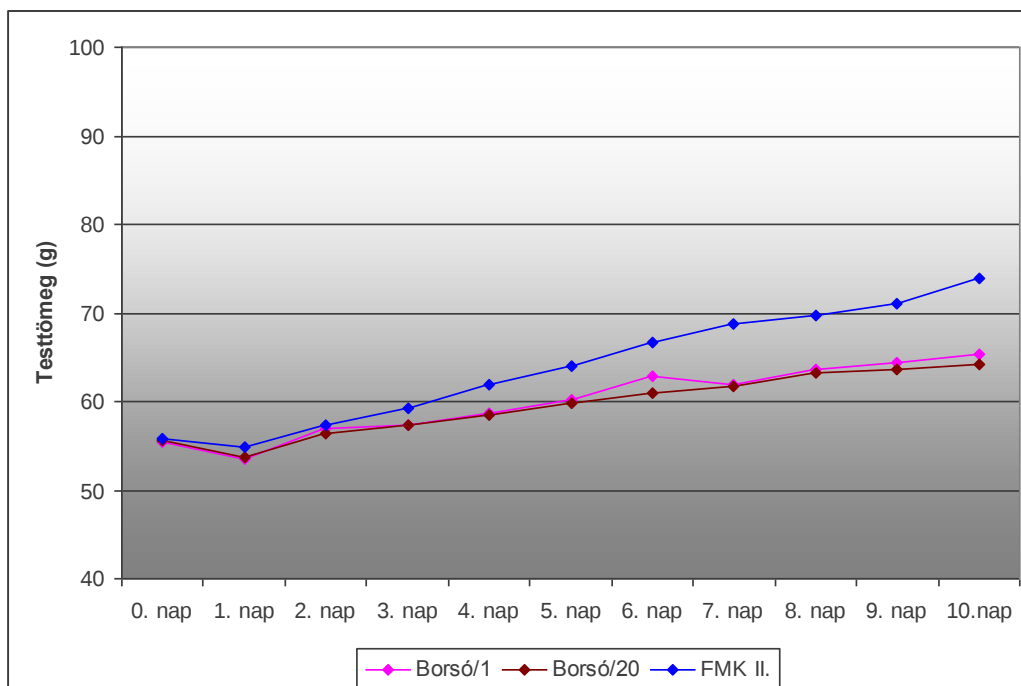
Csoportok		Az állatok átlagos testtömege $\bar{X} \pm \text{sd}; n=5$ Mérési pontokon (nap)											Átlagos testtömeg- változás (g/állat/10 nap)
		0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.	
1	FMK	69,8±4,6	69,6±4,2	72,2±4,1	74,2±4,5	77,6±4,6	80,2±5,3	82,6±4,5	84,0±3,8	84,6±3,0	84,8±3,0	88,2±3,9	18,4±4,6
2	TOFE	69,8±4,6	70,8±3,7	75,4±3,8	79,6±3,6	84,0±3,7	87,0±4,0	90,4±5,1	93,2±5,8	95,6±6,6	97,2±6,8	102,2±7,7	32,4±6,9
3	Búza/2001/1	69,6±4,6	70,4±5,7	71,8±6,5	74,2±6,2	76,4±6,3	78,6±6,8	79,0±5,7	81,0±6,0	83,4±6,2	82,4±5,1	84,8±6,1	15,2±2,4
4	Búza 2002/21	69,6±4,2	68,0±4,9	69,6±4,6	71,0±4,6	72,4±4,3	73,6±4,0	74,6±4,1	75,4±4,8	75,8±3,9	75,2±3,7	77,2±3,3	7,6±2,9
5	Búza/2002/1	69,2±4,2	70,2±3,6	71,8±2,9	73,0±2,9	74,8±3,0	77,0±2,0	79,2±1,9	80,2±0,4	80,6±1,9	81,4±1,7	83,0±2,8	13,8±4,5
6	Búza/2002/21	69,2±4,2	67,6±4,0	68,8±4,0	70,6±3,6	72,0±3,5	73,2±3,6	73,8±4,4	74,2±4,3	75,8±4,0	75,8±4,8	77,0±3,9	7,8±1,5

37.táblázat: Az átlagos takarmányfogyasztás az I. kísérletben

Csoportok		Átlagos takarmányfogyasztás (g/állat)											Táp fehérje fogyasztás (g/állat/10 nap)
		$\bar{X}$; n=5											
		Mérési időpontok (nap)										Összesen	
0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10				
1	FMK	8,2	10,0	11,1	12,8	13,0	13,4	12,8	12,8	10,8	12,2	117,1	5,1
2	TOFE	8,0	10,0	12,0	13,4	13,6	13,6	14,0	14,6	12,0	14,8	126,0	8,0
3	Búza/2001/1	8,8	9,0	10,2	11,0	12,0	12,0	12,8	13,4	10,2	12,8	112,2	8,6
4	Búza 2002/21	8,0	8,2	9,4	9,4	11,2	10,8	11,0	10,8	9,0	10,8	98,6	6,4
5	Búza/2002/1	8,6	8,4	10,0	11,0	12,0	12,0	12,4	12,0	10,4	11,4	108,2	7,5
6	Búza /2002/21	8,2	8,6	10,4	10,4	11,2	11,4	11,8	12,0	10,0	11,8	105,8	6,9

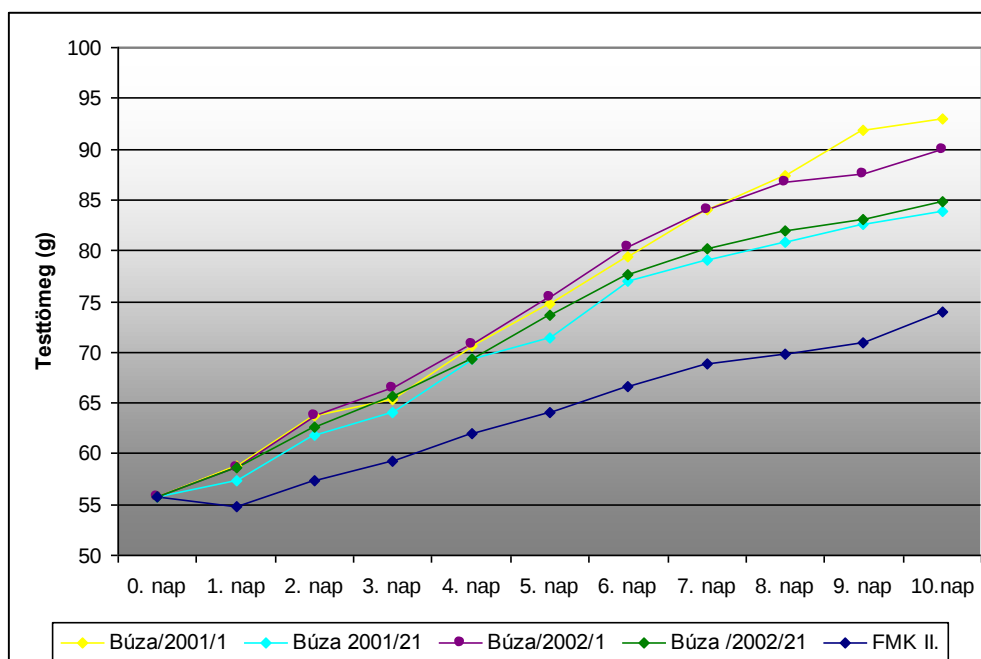
3.5.2. A II. állat etetési kísérlet eredményei

A II. állat etetési kísérlet folyamán a tesztcsoportokhoz tartozó patkányok 10%-os fehérje tartalmú diétát fogyasztottak. A borsóval etetett állatok fehérjebevitel meghaladta a 4%-os tojásfehérje diétán lévő FMK csoport fehérje bevitelét, ennek ellenére a tesztfehérje mégsem tudta fedezni az endogén fehérje veszteséget, és a testtömeg növekedés üteme alulmaradt a 4%-os tojásfehérje diétán lévő FMK csoportban tapasztalt testtömeggyarapodással szemben. Ennek oka részben a borsó kiegyensúlyozatlan aminosav összetételében keresendő, amelynek fehérjéje kéntartalmú aminosavakban (metionin, cisztin) hiányos, másrészt a nyers borsó a fehérje hasznosulását gátló anyagokat tartalmazhat (pl. lektinek) (Gelencsér, 2009; Pedrosa et al., 2011). A másik ok az, hogy ahogyan az I. kísérletben sem, ugyanúgy a II. kísérlet során sem kaptak a tesztápot fogyasztó állatok vitamin premixet, ÁP-17 takarmánykiegészítőt és NaCl-ot, amelyek a patkányok kiegyensúlyozott vitamin- és ásványi anyag ellátását biztosítják az FMK csoportban. Ez korlátozhatta a tápfelvételt és -hasznosulást. A II. állat etetési kísérlet során tapasztalt változásokat a patkányok testtömegében a 40. táblázat foglalja össze. A 46. ábra a borsóőrlemény alapú diétát fogyasztó állatok testtömeg növekedését mutatja. A 41. táblázatban a tesztcsoportok tápfogyasztása látható.



46. ábra: Borsóőrlemény alapú diétát fogyasztó patkányok testtömeg növekedése

A fent említettekből következik, hogy az egységnyi fehérje bevitelre számított testtömeg gyarapodás aránya (NPR) mindkét vizsgált borsóminta esetében negatív eredményt adott, a két tesztápon belül pedig a 20. jelű, – tehát a műtrágyakezelésben részesült, ezáltal magasabb fehérjetartalommal bíró – borsót fogyasztó állatok hasznosulása valamivel gyengébb volt. Itt is meg kell azonban jegyezni, hogy a Borsó/1 csoportban a diéta nagyobb részben tartalmazott borsót, mint a Borsó/20 csoport tápja. Az utóbbi 7%-kal több kukoricakeményítőt tartalmazott a borsó hátrányára. A tesztfehérjét és a fehérjementes tápot fogyasztó csoportoknak a kísérlet végén nyert testtömeg különbségét a tesztcsoport által elfogyasztott fehérje mennyiségére vonatkoztatva megkapott NPR-értékek alakulása a 39. táblázatban tekinthető meg.



47. ábra: Búzaőrlemény alapú diétát fogyasztó patkányok testtömeg növekedése a II. kísérletben

A 47. ábra azon csoportok testtömegében bekövetkezett változásokat szemlélteti, amelyek a tesztelt búzamintákat egy jó minőségű fehérjehordozóra (TOFE, 10%) építve fogyasztották, úgy, hogy a fehérje 50%-a származott a tesztelt búzamintákból. Így a tesztcsoport egyedei 10%-os fehérje tartalmú tápot fogyasztottak, ami az FMK csoport endogén fehérje veszteségét (4%-os tojásfehérjét fogyasztó csoport) pótolta, ezen túlmenően a búzát fogyasztó állatok testtömeg gyarapodását eredményezte. Ez a

növekedés feltehetően annak volt köszönhető, hogy a lizinben szegény búza kiegyensúlyozatlan aminosav összetételét a tojásfehérje kiegyensúlyozott aminosav összetétele jól kompenzálta. A gyarapodás mértéke azonban nem volt számottevő, amit vélhetően a nyers búza antinutritív anyagainak jelenléte által kiváltott csökkent fehérjehasznosulás okozhatott, továbbá az állatok nem kielégítő vitamin- és ásványi anyag ellátottsága. (Az FMK II. csoport kapott vitamin- és ásványi anyag kiegészítőket, míg a tesztcsoportok ebben az esetben sem.) Az NPR-értékek alakulását a 39. táblázatban követhetjük nyomon. Az előző kísérlethez hasonlóan, a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó csoportok testtömeg gyarapodása meghaladta a 2001/21-es és 2002/21-es mintára alapozott tápokkal etetett állatok növekedési ütemét. A 2001/1-es és 2002/1-es csoportokban a tápfogyasztás mértéke is nagyobb volt (41. táblázat), ezeken túlmenően pedig a fehérje hasznosulás mértéke is kedvezőbbnek bizonyult. Hasonlóan az I. kísérlethez, a Búza 2001/21-es és a Búza 2002/21-es csoportok tápja nagyobb mennyiségben tartalmazott keményítőt, mint búzát, szemben a jobb eredményt adó Búza 2001/1 és Búza 2002/1 csoportok diétájával, amelyek ebben az esetben is legnagyobb részt búzából álltak.

39. táblázat: A tesztápok nettó fehérjearánya (NPR érték) az II. állatetetési kísérletben

Csoportok		Fehérje fogyasztás (g/állat/10 nap)	Testtömeg különbség M10-M0 (g)	Nettó fehérjearány (NPR) (g/g)
7	Borsó/1	7,5	10,0	-1,09
8	Borsó/20	7,2	8,6	-1,34
9	Búza/2001/1	13,3	37,2	1,42
10	Búza 2002/21	10,9	28,0	0,90
11	Búza/2002/1	11,6	34,2	1,38
12	Búza /2002/21	11,3	29,0	0,96

Figyelembe véve a két kísérlet tapasztalatait, a 2001/1 és 2002/1 kontroll parcellákról betakarított búzáknál mindegyik vizsgálat során kedvezőbben alakultak a fehérje hasznosulási mutatók, mint a 2001/21 és 2002/21 jelű, magas NPK dózisban részesült minták esetében. Ugyanakkor a Búza 2001/21 és Búza 2002/21 csoportok diétája több, mint 50%-ban keményítőből állt. A két kísérlet eredménye rámutat a takarmányok megfelelő ásványi anyag- és vitamintartalmának fontosságára. A kísérletet tehát érdemes lenne megismételni olyan diéták összeállításával, ahol a tesztcsoportok ásványi anyag- és vitamin ellátottsága is kielégítő.

40. táblázat: A kísérleti állatok testtömeg növekedése a II. kísérletben

Csoportok		Az állatok átlagos testtömege												Átlagos testtömeg-változás (g/állat/10 nap)
		$\bar{X} \pm \text{sd}; n=5$												
		Mérési időpontok (nap)												
		0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.		
7	Borsó/1	55,4±2,9	53,6±2,5	57,0±3,2	57,4±3,0	58,6±3,6	60,2±3,6	62,8±4,1	62,0±3,7	63,6±4,3	64,4±6,1	65,4±5,5	10,0±4,4	
8	Borsó/20	55,6±3,1	53,8±3,7	56,4±3,8	57,4±4,2	58,4±4,4	59,8±4,4	61,0±4,9	61,8±4,7	63,2±4,9	63,6±4,4	64,2±5,1	8,6±1,9	
9	Búza/2001/1	55,8±3,1	58,8±3,1	63,8±2,8	65,4±2,5	70,6±4,0	74,8±2,9	79,4±4,0	84,0±4,4	87,4±4,3	91,8±4,7	93,0±4,3	37,2±2,8	
10	Búza2001/21	55,8±3,5	57,4±2,9	61,8±2,7	64,0±3,7	69,4±2,8	71,4±3,4	77,0±4,3	79,0±4,7	80,8±5,1	82,6±3,4	83,8±4,5	28,0±2,7	
11	Búza/2002/1	55,8±3,1	58,6±3,0	63,0±2,9	66,4±2,7	70,8±1,6	75,4±2,4	80,4±2,1	84,0±3,2	86,8±4,1	87,6±4,7	90,0±4,8	34,2±3,8	
12	Búza/2002/21	55,8±3,0	58,6±2,7	62,6±3,3	65,6±4,2	69,4±3,8	73,6±3,8	77,6±4,4	80,2±5,3	82,0±6,1	83,0±6,7	84,8±8,2	29,0±5,3	
13	FMK	55,8±3,6	54,8±3,6	57,4±3,2	59,2±3,2	62,0±2,7	64,0±2,9	66,6±3,4	68,8±3,6	69,8±3,0	71,0±3,3	74,0±3,2	18,2±1,8	

41.táblázat: Az átlagos takarmányfogyasztás a II. kísérletben

Csoportok		Átlagos takarmányfogyasztás (g/állat)											Táp fehérje fogyasztás (g/állat/10 nap)
		$\bar{X}$; n=5											
		Mérési időpontok (nap)										Összesen	
0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10				
7	Borsó/1	5,6	6,0	6,0	6,8	7,0	8,6	7,2	8,4	6,6	7,2	69,4	7,5
8	Borsó/20	5,6	6,2	6,4	6,8	8,2	7,8	8,4	8,8	7,6	7,6	73,4	7,2
9	Búza/2001/1	7,6	8,4	9,6	11,4	12,4	13,6	14,4	14,4	12,8	11,4	116,0	13,3
10	Búza 2001/21	6,8	8,0	9,4	11,8	12,0	13,0	12,0	10,4	10,0	10,4	103,8	10,9
11	Búza/2002/1	7,6	8,4	9,6	11,6	13,0	13,4	13,4	12,0	10,4	10,2	109,6	11,6
12	Búza /2002/21	7,4	7,8	9,4	10,2	12,2	11,8	10,8	10,4	9,0	9,8	98,8	11,3
13	FMK	6,4	7,6	10,0	10,2	11,6	12,0	12,4	12,4	10,0	11,2	103,8	4,5

3.5.3. Az állattetési kísérletben tesztelt búzaminták aminosav összetétele

A 42. táblázat az I. és II. etetési kísérletben résztvevő, N₂₅₀P₂₀₀K₂₀₀ kezelésben részesült búzaminta (Búza 2001/21, Búza 2002/21) aminosav összetételét mutatja be, két különböző évben, 2001-ben és 2002-ben.

42. táblázat: N₂₅₀P₂₀₀K₂₀₀ kezelésből származó búzaminták aminosav-összetétele két különböző évben

Aminosav	Búza2001/21 (m/m %)	Búza2002/21 (m/m %)
ASP	0,58	0,55
THR	0,44	0,42
SER	0,51	0,50
GLU	6,72	6,23
GLY	0,58	0,55
ALA	0,55	0,55
CYS	0,22	0,20
VAL	0,69	0,66
MET	0,22	0,22
ILE	0,51	0,49
LEU	1,11	1,02
TYR	0,36	0,34
PHE	0,73	0,68
HIS	0,44	0,38
LYS	0,50	0,51
ARG	0,53	0,53
PRO	0,32	0,33

A táblázatot megfigyelve láthatjuk, hogy az évjáratnak legnagyobb befolyása a hisztidinre volt, ezt követte a cisztein, majd a leucin tartalom, ugyanis ezen alkotóknál tapasztaltunk legnagyobb eltéréseket a két évben, a hisztidin mennyisége 2001-ben 15,8%-kal volt magasabb, mint 2002-ben, a ciszteinnél ugyanez 10,0% volt, leucin esetében pedig 8,8%. A többi aminosav esetében ennél kisebb különbségeket találtunk (glutaminsav 7,9%, fenil-alanin 7,4%, tirozin 5,9%, pirrolizin 5,5%, treonin 4,8%, aszparaginsav 4,5%, valin 4,5%, izoleucin 4,1%, szerin 2%).

A mérési eredmények az esetek többségében 2001-ben voltak nagyobbak, kivételt képez ez alól a prolin és a lizin mennyisége, amelyek 2002-ben bizonyultak magasabbnak (3 és 2%-kal), és megegyező volt az alanin, a metionin és az arginin a két évben. A búza limitáló aminosavaként számontartott lizin mennyiségében nem volt számottevő változás, és annak mennyisége nem bizonyult a fajra jellemző értékhez képest kevésnek, figyelembe véve, hogy Győri (2009) vizsgálataiban a búzaszem lizintartalma 0,28-0,35 m/m% között alakult a kontrollban és 4 eltérő NPK műtrágyakezelési kombinációban. Ebben az esetben tehát a tápanyagellátás javulása nem okozott számottevő változást a lizin mennyiségében.

4.Következtetések

A gabonafélék, illetve a belőlük készült lisztek napi táplálékfelvételünkben jelentős részt képeznek, amivel többek között ásványi anyag- és fehérjeellátásunkhoz is hozzájárulnak. A dolgozat elején célul tűztük ki annak vizsgálatát, hogy a műtrágyák alkalmazása hozzájárulhat-e a búzatermés elem- és fehérjetartalmának javításához, illetve, hogy milyen hatása van a különböző termőhelyeknek ezekre a tényezőkre. A minták az egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) öt állomásáról – Nagyhorcsokról, Karcagról, Kompoltról, Iregszemcséről, és Putnokról – származtak.

Először a N műtrágyázásnak a teljes búzaszem K, P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr és fehérje tartalmára gyakorolt hatásával foglalkoztunk. A N kezelések nem befolyásolták szignifikánsan a Nagyhorcsőkön termesztett szemek kálium- és foszfortartalmát egyik megfigyelt évben sem, azonban a növekvő adagú N dózisok statisztikailag is igazolható pozitív szignifikáns hatást gyakoroltak a minták S-koncentrációjára ($p < 0,05$) 2004-ben, és erős szignifikáns hatást 2001-ben, 2002-ben és 2005-ben ($p < 0,01$). A Mg-tartalom is szignifikánsan nőtt 2001-ben a N₂₅₀ kezelésben a N₁₅₀-hez képest ($p < 0,05$), illetve 2002-ben a N₂₀₀ kezelésben a kontrollhoz viszonyítva ($p < 0,01$). 2001-ben és 2005-ben a N kezelések pozitív szignifikáns ($p < 0,01$ és $p < 0,05$) hatást gyakoroltak a Ca tartalomra mindkét kezeléspárban egyaránt, míg 2002-ben az első, 2004-ben pedig a második kezeléspárban volt igazolható hatás ($p < 0,01$). Ezt az eredményt azonban befolyásolhatta a kísérlet korábbi szakaszában alkalmazott pétisó műtrágya mésztartalma. A vastartalom változása az egyes években eltérően alakult. A javuló N-ellátás mellett igazolható növekedést csak 2001-ben ($p < 0,05$) tapasztaltunk. A N dózisok növelése elősegítette a minták Mn dúsulását, ami statisztikailag igazolt erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatás volt 2001-ben és 2002-ben. A kezelések pozitív befolyását a réz koncentrációjára minden évben ki lehetett mutatni, 2002-ben és 2005-ben erős szignifikáns hatást tapasztaltunk ($p < 0,01$) az első kezeléspárban, 2001-ben és 2004-ben pedig a második két kezelés között találtunk szignifikáns eltérést ($p < 0,05$). A N dózis növelése a mintákban lévő cink szignifikáns csökkenését eredményezte 2001-ben, 2004-ben és 2005-ben a kontroll és a N₂₀₀ kezelések között. A stronciumtartalom vizsgálata során azt találtuk, hogy a kijuttatott N adagok növelésével az elem minden évben igazolhatóan ($p < 0,01$) dúsult a mintákban. Ezt követően a búzaszemek fehérjekoncentrációjának változását is megfigyeltük a N kezelések függvényében. A javuló N ellátással a legtöbb esetben nőtt a fehérjetartalom,

kivételt csak 2005-ben tapasztaltunk. A N műtrágyázásnak ezekben az esetekben statisztikailag is igazolható, pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatása volt.

A N műtrágyázás eredményeinek áttekintése után következik a P kezelések hatásának bemutatása. A szemek káliumtartalmát a foszforellátás javulása kedvezően befolyásolta minden vizsgált évben, és ez a hatás statisztikailag is igazolható volt ($p < 0,05$ és $p < 0,01$). Ugyanígy a megfigyelt évek mindegyikében a növekvő adagú P dózisok pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatással voltak a mintákban mért P-koncentrációra. A P műtrágya és a szemek kén tartalmának tekintetében nem volt összefüggés, annak ellenére, hogy korábban több kutató leírta a szuperfoszfát kénkoncentrációra gyakorolt pozitív hatását, ami a műtrágya kén tartalmával magyarázható (Hagstrom, 1986; Kincses, S.-né, 2002). Vizsgálataink során a szuperfoszfát kén tartalomra gyakorolt kedvező hatása azonban nem mutatkozott meg. A búzaszemek Ca koncentrációja, és a P ellátás javulása között sem találtunk kapcsolatot. Pozitív kapcsolat volt azonban a P dózisok és a szemek Mg koncentrációja között minden vizsgált évben, ami a statisztikai értékelés során ($p < 0,01$) is igazolódott. A minták Fe koncentrációjának tekintetében a P kezelések hatása eltért az egyes években. 2004-ben ugyanis a növekvő P adagok mellett szignifikánsan nőtt a Fe mennyisége is ($p < 0,01$), 2001-ben, 2002-ben és 2005-ben pedig nem találtunk igazolható összefüggést a P adagok nagysága, illetve a Fe tartalom között. A szemekben lévő Mn mennyisége minden vizsgált évben szignifikánsan ($p < 0,01$) növekedett a javuló P ellátás hatására. Hasonlóan a Sr tartalom alakulásához, ami a szuperfoszfát kezelések nyomán ugyancsak mind a négy évben dúsult a termésben ($p < 0,01$). Ezzel ellentétben a cink koncentrációja a megfigyelt években a P adagok növelésével csökkent a mintákban ($p < 0,01$), akárcsak a Cu mennyisége 2001-ben, 2002-ben és 2005-ben ($p < 0,05$). A réz esetében 2004-ben viszont nem volt ilyen összefüggés a búzaszem réztartalma és a növekvő P adagok között. A fehérjetartalom az eltérő adagú P kezelések nyomán 2001-ben és 2002-ben csökkent a kontrollhoz viszonyítva, 2004-ben valamelyest növekedett, 2005-ben pedig nem volt összefüggés.

A P kezelések hatásai után azt is megfigyeltük, hogy a K műtrágya adagok növelése befolyásolta-e a szemek ásványi anyag- és fehérjetartalmát. A K ellátás javulása nem vezetett a minták K koncentrációjának számottevő változásához, bár az évek többségében minimális növekedés előfordult, ez a hatás azonban a statisztikai vizsgálat során nem igazolódott. Emellett több elem esetében mondható el, hogy a K kezelések egyik évben sem befolyásolták azok mennyiségét a termésben. Ilyen volt a foszfor, a vas és a cink, továbbá a minták mangán- és réztartalma is csak alig változott a megfigyelt esztendőben.

A minták S koncentrációja 2001-ben és 2005-ben szignifikánsan csökkent ($p < 0,01$) a kontrollhoz képest, 2002-ben és 2004-ben azonban nem találtunk statisztikailag igazolható összefüggést, habár a K adagok növelésével párhuzamosan a S tartalom tendenciaszerű csökkenését lehetett megfigyelni. 2002-ben és 2004-ben nem volt összefüggés a termésben lévő magnézium mennyisége és a K műtrágyázás között, azonban 2001-ben ($p < 0,01$) és 2005-ben ($p < 0,05$) a Mg tartalom a műtrágyaadagok növelésével statisztikailag igazolható módon csökkent a szemekben. A javuló K ellátással a termésben lévő Ca mennyisége is csökkent 2001-ben és 2005-ben ($p < 0,05$). Emellett a statisztikai vizsgálat bizonyította a K kezelések stroncium-tartalomra gyakorolt negatív hatását. Habár a szemekben mért Sr mennyiségek csökkenése 2002-ben csak tendenciaszerűen jelentkezett, a többi évben szignifikáns eltérés volt ($p < 0,05$) a kezelések között. Végül azt is megfigyeltük, hogy volt-e hatása a K kezeléseknek a búza fehérjekoncentrációjára. Ebben az esetben azonban azt találtuk, hogy ezen tényezők között statisztikailag nem lehetett összefüggést kimutatni.

Ezt követően megvizsgáltuk a különböző NPK kezelések hatását a liszt ásványi anyag és fehérjetartalmára. A statisztikai elemzés során azt az eredményt kaptuk, hogy a N kezelések befolyása a lisztben is eltért a különböző elemek esetében, így nem volt statisztikailag igazolható összefüggés a N műtrágyázás és a K-, P-, Mg- és Fe-tartalom között, azonban a Cu szignifikáns ($p < 0,05$), és a Ca-, S-, Mn-, Sr- és fehérjetartalom erős szignifikáns ($p < 0,01$) növekedését eredményezte a mintákban. A P kezelések vizsgálata során nem volt statisztikailag igazolt összefüggést a P dózisok növelése és a liszt K-, S-, Mg-, Ca-, Fe- és fehérjetartalma között, azonban a kén mennyisége emelkedő tendenciát mutatott. A javuló P ellátás erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatással volt a P-, Mn- és Sr-koncentrációra, viszont erős negatív szignifikáns ($p < 0,01$) hatást gyakorolt a liszt Zn- és Cu-tartalmára. A növekvő K műtrágya adagok a statisztikai analízis szerint nem befolyásolták a liszt K-, P-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu- és fehérjetartalmát, de negatív szignifikáns hatást gyakoroltak a S-tartalomra ($p < 0,05$), és erős negatív szignifikáns ($p < 0,01$) hatást fejtettek ki a liszt Ca- és Sr-koncentrációjára.

Összehasonlítva az NPK kezelések hatását a 2005-ben begyűjtött teljes búzaszem és a liszt ásványi anyag tartalmára, az több tekintetben megegyezett, így a javuló N ellátás erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) hatással volt a S és Sr dúsulására és pozitív szignifikáns ($p < 0,05$ és $p < 0,01$) hatással a Cu akkumulációjára mind a teljes szemben mind pedig a lisztben. A Mn mennyiségét a N kezelések szignifikánsan növelték a szemben és a lisztben egyaránt ($p < 0,01$). Ehhez hasonlóan alakult a Ca tartalom is a lisztben és a búzaszemben ($p < 0,05$). Mindezek mellett a N kezelések a fehérjetartalomra is pozitív hatást gyakoroltak,

ami a teljes szemben és a lisztben ugyancsak érvényesült ($p < 0,01$). A P kezelések a teljes szemben a K, P és Mg mennyiségét szignifikánsan ($p < 0,01$) növelték, azonban ilyen hatás a lisztnek csak a P-tartalmára volt statisztikailag kimutatható ($p < 0,01$). A Mn és Sr akkumulációjára a szuperfoszfát trágyázás erős pozitív szignifikáns hatással ($p < 0,01$) volt a szemben és a lisztben egyaránt, ezzel ellentétben negatív szignifikáns ($p < 0,01$ és $p < 0,05$) hatást lehetett kimutatni a Zn és Cu koncentrációra a szemben és erős negatív szignifikáns ($p < 0,01$) befolyást a ugyanezen elemekre a lisztben. A K műtrágyázás negatív szignifikáns ($p < 0,05$) hatást gyakorolt a szem és a liszt minták Sr tartalmára egyaránt, emellett a liszt és a búzaszem Ca koncentrációjára is ($p < 0,05$).

Vizsgálataink során a termőhelyek hatásával is foglalkoztunk, amely során összevetettük öt terület kontroll (műtrágyakezelésben nem részesült) parcelláinak adatait azon minták ásványi anyag tartalmával, amelyek eltérő NPK adagokkal voltak ellátva. A statisztikai analízis eredménye szerint szignifikáns eltérés volt a különböző termőhelyek között a minták K, P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu és Sr ($p < 0,01$) illetve fehérjetartalmában ($p < 0,05$). A búzaszemek kálium-, kén-, kalcium- és stronciumtartalmának a különböző területeken mért nagyság szerinti sorrendje a kezeletlen illetve a műtrágyázott mintákban megegyező volt, (bár a poszt hoc analízise eredménye szerint a kontroll és a kezelésben részesült minták csoportjai nem voltak teljesen azonos összetételűek). A foszfor, a magnézium és a mangán esetében csak kis eltérést mutatott a kísérleti állomások sorrendje, a kontroll mintákéhoz képest a műtrágyázottakéban két terület helyet cserélt. Ehhez hasonlóan történt a cink koncentráció esetében is, a kezelések átlagos értékeit tekintve, azonban a kezelt szemekben a kontrollal ellentétben olyan termőhelyek között is szignifikáns eltérés mutatkozott, amelyek közt a kezeletlen mintáknál nem volt. A Fe mennyiségi sorrendje a kontrollhoz képest módosult a kezelt minták esetében, azonban szignifikáns különbség nem volt azon termőhelyek között, amelyek sorrendje felcserélődött. A különböző kísérleti állomásokon betakarított minták réz- és fehérjetartalmának sorrendje eltérő volt a kontroll és kezelt mintákban, ami a statisztikai vizsgálat során is igazolódott.

A termőhelyek elem- és fehérjetartalomra gyakorolt befolyását a kontroll parcellákról begyűjtött teljes szemekben és a belőlük készült lisztben is összehasonlítottuk. A fentebb leírtakkal ellentétben a lisztak ásványi alkotóinak mennyiségében az általunk vizsgált öt terület között nem minden esetben jelentkezett szignifikáns eltérés, bár a minták K, P, Mg, Ca, Mn, Zn, Cu és fehérjetartalmuk alapján a

termőhelyek szerint kettő vagy több csoportra különültek, nem volt statisztikailag igazolható különbség ($p < 0,05$) azok S, Fe és Sr tartalmában.

A következőkben az I. és II. állat etetési kísérlet segítségével a nettó fehérjehasznosulási arány is megállapításra került, amely a termény biológiai értékét mutatja meg. Teszt tápként búza és borsóörlemény is szerepelt. Az I. kísérletben résztvevő állatok 6%-os, az optimálisnál alacsonyabb fehérjetartalommal rendelkező diétát kaptak a tesztcsoportokban (Búza 2001/1, Búza 2002/1, Búza 2001/21, Búza 2002/21) és a pozitív kontroll csoportban (TOFE), míg az FMK csoport 4%-os fehérjetartalmú diétában részesült. Minden csoportban tapasztalható volt testtömeg gyarapodás, ami a jó minőségű TOFE diétában részesülő állatokéban a többi csoporténál lényegesen nagyobb volt. Ezt az FMK csoport követte, így a búzát fogyasztó állatok gyarapodása ezektől elmaradt, amit a búzafehérje kiegyensúlyozatlan aminosav összetétele, illetve a búzában lévő antinutritív anyagok jelenléte okozhatott. Emellett a tesztfehérjét fogyasztó állatok a TOFE és FMK csoportokkal szemben nem kaptak vitamin- és ásványi anyag kiegészítést, ami ugyancsak befolyásolhatta a takarmányfelvételt, és annak hasznosulását.

Összehasonlítva a két tesztcsoportot, a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó csoportok növekedése nagyobb volt a 2001/21, illetve a 2002/21 búzát fogyasztó csoportokénál, ami a tápfelvételben is megmutatkozott, és az NPR értékek alakulásában is közrejátszott, amelyek negatív eredményt adtak a TOFE csoporttal szemben. Az egységnyi fehérje bevitelre fordított testtömeg csökkenés a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó állatok esetében alacsonyabb volt, mint a 2001/21-es, és a 2002/21-es mintákkal takarmányozott patkányoké. Ezeket az eredményeket azonban valószínűleg szintén befolyásolták a diéták között lévő különbségek. Amíg ugyanis a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó csoportokban az elfogyasztott táp legnagyobb részét a búza képviselte, addig a Búza 2001/21, illetve a Búza 2002/21 diétában részesülő csoportokban a táp több, mint felerészt tartalmazott kukoricakeményítőt.

A II. állat etetési kísérletben a búzamintákat egy jó minőségű fehérjehordozóra (TOFE, 10%) építve etették, a fehérje 50%-a származott a búzából. Hasonlóan az I. kísérletben tapasztaltakhoz, annak ellenére, hogy a 2001/21 és 2002/21 jelű búzák fehérjetartalma lényegesen magasabb volt a 2001/1 és 2002/1 jelű mintákénál, a 2001/1 és 2002/1 búzát fogyasztó csoportok tápfelvétele nagyobb volt, és testtömeg gyarapodásuk a II. kísérletben is meghaladta a 2001/21-es és 2002/21-es tápokkal etetett állatok növekedési ütemét, továbbá fehérjehasznosulásuk is kedvezőbb volt. A borsó minták tesztelése során az állatok 10%-os fehérje tartalmú diétát kaptak, így fehérjebevitelük meghaladta a 4%-os

tojásfehérje diétán lévő FMK csoportét. Ennek ellenére a tesztfehérje nem fedezte az endogén fehérje veszteséget, továbbá a testtömeg-növekedés üteme is alulmaradt a FMK csoportéval szemben. Ennek oka – hasonlóan az I. kísérlethez – a tesztápok kiegyensúlyozatlan aminosav összetétele, és az emésztést gátló anyagok jelenléte lehetett, illetve a diéták között lévő különbségek, azaz, hogy a tesztfehérjét fogyasztó állatok a kontrollal szemben nem kaptak vitamin- és ásványianyag kiegészítést, illetve az alacsonyabb fehérjetartalmú mintákra alapozott tápok (Búza 2001/1, Búza 2002/2 és Borsó/1) nagyobb részarányban tartalmazták a búzát illetve a borsót, mint a magasabb fehérjetartalmú mintákra alapozott diéták.

5. Összefoglalás

A gabonafélék táplálkozásunkban fontos szerepet töltenek be, ezáltal hozzájárulnak többek között napi ásványi anyag és fehérjefelvételünkhöz.

Jelen dolgozat egyik célja volt annak vizsgálata, hogy hogyan változik az ásványi anyag- és fehérjetartalom a búza termésében a műtrágyázás és az eltérő termőhelyek hatására. Ennek során megfigyeltük a K, P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr és a fehérje mennyiségi alakulását különböző adagú NPK kezelések mellett az egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) nagyhőrcsöki kísérleti állomásáról származó búzaszem és liszt mintákban. Az eredményeket összevetettük az OMTK más kísérleti állomásairól – Karcagról, Kompoltról, Iregszemcséről, és Putnokról – betakarított szemminták ásványi anyag- és fehérjetartalmával. Ezek a termőhelyek eltérő klimatikus viszonyokkal, és különböző talajtípusokkal rendelkeznek. A mintavétel 2001-ben, 2002-ben 2004-ben és 2005-ben történt. A minták elemtartalmának meghatározása induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométerrel történt. A méréseket a minták oldatba vitele előzte meg $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ -os nedves roncsolás formájában. A fehérjetartalmat Khjeldal módszerrel határoztuk meg. A kezelések hatásának szignifikanciáját SPSS for Windows 13.0 programcsomag segítségével, két mintás t-próbával vizsgáltuk, az évek közötti összefüggéseket és a termőhelyhatást egytényezős varianciaanalízissel (One-Way ANOVA) állapítottuk meg, post hoc analízis során Duncan-tesztet alkalmaztunk.

Eredményeink szerint a N műtrágyázás és a szemek kálium- és foszfor-tartalma között Nagyhőrcsökön nem volt kapcsolat egyik megfigyelt évben sem, azonban a javuló N ellátás mind a négy évben kedvezett a S, a Ca, a Cu, a Sr és a fehérje dúsulásának a szemekben. (A Ca tartalom növekedésére hatással lehetett a kísérlet korábbi szakaszában alkalmazott pétisó műtrágya mésztartalma.) A N kezelés két évben segítette a Mg és Mn, egy évben pedig a Fe akkumulációját is. Három évben a Zn csökkenését lehetett kimutatni a kontrollhoz viszonyítva. A P kezelések mind a négy vizsgált évben növelték a termésben a K, P, Mg, Mn és Sr mennyiségét, egy évben a Fe-tartalmat, azonban nem befolyásolták a S- és a Ca-koncentrációt. A javuló P ellátás hatására a szemek Zn-tartalma mind a négy általunk megfigyelt évben, míg Cu-tartalma három évben csökkent. A szuperfoszfát kezelések és a szem fehérjetartalmának alakulása eltérő volt az egyes években. A K műtrágya adagok növelése nem okozott a minták K-, P-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu- és fehérjekoncentrációjában számottevő változást. A javuló K ellátással azonban két évben

csökkenést tapasztaltunk a S-, Ca- és Mg-mennyiségében a búzaszemben, és három évben szignifikánsan csökkent annak Sr-koncentrációja.

Az NPK kezelések hatását a liszt ásványi anyag- és fehérjetartalmára is megvizsgáltuk, amely során azt lehetett megállapítani, hogy a javuló N ellátás nem befolyásolta a liszt K-, P-, Mg- és Fe-tartalmát, viszont pozitív hatással volt a S, Ca, Cu, Mn, Sr és fehérje dúsulására a mintákban. A P kezelések vizsgálata során nem találtunk összefüggést a szuperfoszfát műtrágya mennyisége és a liszt K-, S-, Mg-, Ca-, Fe- és fehérjetartalma között, azonban a kén mennyisége növekvő tendenciát mutatott, emellett a javuló P ellátással nőtt a lisztek P-, Mn- és Sr-koncentrációja, viszont a P kezelések gátolták a lisztekben a Zn- és a Cu-akkumulációját. A növekvő K adagok és a minták K-, P-, S-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu- és fehérjetartalma között nem találtunk kapcsolatot, azonban a javuló K ellátás negatívan befolyásolta a liszt Ca- és Sr-koncentrációját.

Az N, P és K műtrágyázás ásványi alkotókra gyakorolt befolyásának megfigyelése után a különböző termőhelyek hatásával is foglalkoztunk, és összehasonlítottuk a különböző kísérleti állomásokról begyűjtött kontroll minták elemtartalmát az eltérő NPK dózissal ellátott mintákéval. A műtrágyával kezelt és a kezelésben nem részesült parcellákról származó, eltérő kísérleti állomásokról begyűjtött teljes szem minták esetében egyaránt azt tapasztaltuk, hogy azok K, P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu és Sr ($p < 0,01$) illetve fehérjetartalma ($p < 0,05$) között szignifikáns különbség volt.

Ezt követően a termőhelyek hatását a lisztekben is megfigyeltük. Vizsgálataink során kontroll szemminták és a belőlük készült lisztek ásványi anyag tartalmának alakulását is összehasonlítottuk. Habár az eltérő termőhelyekről származó teljes szemminták K-, P-, S-, Mg-, Ca-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu-, Sr- és fehérjetartalmuk tekintetében egymástól szignifikánsan elkülönültek ($p < 0,05$), a belőlük készült lisztek S, Fe és Sr koncentrációja között nem találtunk szignifikáns különbséget.

Az ásványi alkotók mennyisége a teljes szemben minden elem esetében többszöröse volt a lisztekének, így a mag két és félszer annyi (252%) káliumot, háromszor annyi foszfort és kalciumot (299%), közel másfélszer annyi (141%) ként, körülbelül ötszörös mennyiségű magnéziumot (492%), vasat (504%) és mangánt (486%), több mint négyszer annyi cinket (435%), két és félszer több (247%) rezet és öt és félszer annyi (546%) stronciumot tartalmazott, mint a liszt. Fehérjéből a teljes szem 44%-kal, közel másfélszer tartalmazott többet.

A különböző műtrágya kezelések hatásának megfigyelése a nettó fehérje hasznosulásra állat etetési kísérletben történt. Tesztápként búza és borsóörlemény is

szerepelt. A búzatápoknak az aminosav összetétele is meghatározásra került. A kísérlet azt az eredményt mutatta, hogy a 2001/21 és 2002/21 jelű búzák fehérjetartalma lényegesen magasabb volt, mint a 2001/1 és a 2002/1 jelű mintáké, mégis a 2001/1 és 2002/1 búzával etetett patkányok testtömeg-gyarapodása és tápfelvétele bizonyult nagyobbak. A borsó minták vizsgálata során a tesztfehérje nem fedezte az endogén fehérje veszteséget, továbbá a borsót fogyasztó állatok testtömeg-növekedésének üteme elmaradt a fehérjementes kontroll csoportétól. Az eredmények alakulásában azonban a tesztápok kiegyensúlyozatlan aminosav összetételén és a bennük lévő emésztést gátló anyagokon túl a diéták között lévő különbségek is közrejátszhattak, ugyanis a tesztfehérjét fogyasztó állatok a kontrollal ellentétben nem részesültek vitamin- és ásványianyag kiegészítésben, továbbá az alacsonyabb fehérjetartalmú mintákra alapozott tápok (Búza 2001/1, Búza 2002/2 és Borsó/1) nagyobb részarányban tartalmazták a búzát illetve a borsót, mint a magasabb fehérjetartalmú mintákra alapozott diéták.

6. Summary

Wheat is an important source of mineral elements and nutrients for human consumption and farm animals and it is produced in one of the three largest quantities of cereals. Deficiency of mineral element intake is an alarming problem in the human diet (White and Broadley, 2005).

In this study the effect of different growing places and NPK doses on the contents of P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr and protein were investigated in the whole grains and flours of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant samples were collected of the year 2001, 2002, 2004 and 2005. Samples were harvested and collected from five experimental sites of the Hungarian National Long-term Fertilization Trials which were set up in 1966 to study the effect of different NPK levels. These sites are as follows: Iregszemcse, Karcag, Kompolt, Nagyhörcsök and Putnok. These experimental fields have different soil types and climatic conditions.

The element content of samples were measured using inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) followed by digestion with $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ solution. The protein content was determined using Kjeldal method (MSZ 6830-4:1981). Data analysis was done using SPSS for Windows 13.0 software package. During investigation of the effect of different growing areas on the element and protein content of the whole grains and flours all data were subjected to ANOVA method, after detection of significant differences ($p < 0.05$) data were subjected to Duncan's test to allow separation of means. The analysis of the effect of NPK treatments was made using statistical method of independent samples T-test.

During our investigations it was proved that selected experimental sites of the Hungarian National Long-term Fertilization Trials such as Iregszemcse, Karcag, Kompolt, Nagyhörcsök and Putnok played a significant ($p < 0.01$) role in the P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr ($p < 0.01$) and protein content ($p < 0.05$) of winter wheat samples and in the K, P, Mg, Ca, Mn, Zn, Cu and protein content ($p < 0.05$) of flour samples, however, differences were not significant in the S, Fe and Sr concentration of flours.

The content of every mineral element were higher in the whole grain than in the flour. The whole grain includes one and a half times as much S and protein, more than twice as much K and Cu, three times as much P and Ca, five times as much Mg, Fe and Zn and more than five times as much Sr as the flour.

N fertilization had no significant effect ($p<0.05$) on the K, and P content of winter wheat grains but increased the sulphur, calcium and magnesium content of samples. N fertilizer also stimulated the Fe, Cu, Mn and Sr uptake and raised the protein content of kernels. P fertilization enhanced the K, P and Mg concentration of grains and the increase of Fe, Mn and Sr content were correlated with P treatments ($p<0.05$). There were no significant effect of P fertilization on the S and Ca concentration of samples but superphosphat reduced the accumulation of Zn and Cu because of the antagonism between Cu, Zn and P. The effect of superphosphat treatments were different on the protein content of wheat in every years. K fertilization had no significant influence ($p<0.05$) on the amount of K, P, Fe, Mn, Zn and Cu in wheat kernels. It reduced the S and Ca content of samples and had a negative significant effect on the Mg ($p<0.05$) and Sr ($p<0.01$) concentration of grains through the cation antagonism. There were no statistical correlation ($p<0.05$) between the K treatments and the protein content of wheat grains.

In this study, the effect of NPK fertilizer on the mineral element content of wheat flour was also investigated. During the statistical analysis it was proved that N treatments caused significant difference in the amount of Cu ($p<0.05$) and there were strong significant correlation between N fertilizer and S, Ca, Mn, Sr and protein content of flours ($p<0,01$). N treatments had no significant influence on the K, P, Mg and Fe concentration of flour. The superphosphat had strong positive significant effect ($p<0.01$) on the P, Mn, and Sr content but strong negative significant influence ($p<0.01$) on the amount of Zn and Cu in the flour. There were no correlation between P treatments and the K, S, Mg, Ca, Fe and protein concentration. The K fertilization had no significant effect on the K, P, S, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu and protein content of wheat flour but reduced the accumulation of Ca and Sr content through the cation antagonism ($p<0,01$).

The effect of NPK fertilizer on the Netto Protein Ratio of wheat and peas had been also examined through animal feeding experiment. Amino acid composition of samples has been also determined. Our results showed that those samples which partaken NPK fertilizer had higher protein content than the control but those animals which had been fed with the untreated grains had better feed intake, growth, weight gain and protein utilization than those laboratory rats which consumed the treated kernels. These results were probably influenced by the unbalanced mineral element and vitamin supply of animals.

7. Új és újszerű tudományos eredmények

1. Összevetve az NPK kezelések hatását a mészlepedékes csernozjom talajjal rendelkező nagyhőrcsöki kísérleti állomásról begyűjtött teljes gabonaszem minták és a belőlük őrlött lisztek ásványi anyag tartalmára, több egyezést tapasztaltunk, így az ammónium-nitrát trágyázás a S, Cu, Mn és Sr dúsulásának a lisztben és a teljes szemben egyaránt statisztikailag igazolható módon kedvezett. A N trágyázás hatására minden évben nőtt a búza fehérjetartalma, és a kezelések hatására a lisztben is erős pozitív szignifikáns ($p < 0,01$) kapcsolatot tapasztaltunk.
2. A szuperfoszfáttal történő trágyázás hatására a teljes szemben a K, P, Mg, Mn és Sr mennyisége statisztikailag bizonyítottan növekedett, viszont a lisztekben csak a P, Mn és Sr akkumulálódott. Ezzel ellentétben a szuperfoszfát trágyázás a Zn és Cu koncentrációt a szemben és a lisztben egyaránt csökkentette.
3. A kálium-klorid műtrágya alkalmazása gátolta a S, Ca és a Sr dúsulását a szemben és a lisztben egyaránt.
4. A jelentősen eltérő talajtulajdonságokkal és talajtermékenységgel rendelkező termőhelyek – Nagyhőrcsök, Iregszemcse, Karcag, Kompolt, Putnok – kontroll parcelláin 2004-ben termesztett búzaszemek K-, P-, S-, Mg-, Ca-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu- és Sr- ($p < 0,01$) illetve fehérjetartalma ($p < 0,05$) szignifikánsan különbözött. Ezek a különbségek az NPK kezelések mellett is megmaradtak.
5. Az eltérő talajtulajdonságokkal rendelkező termőhelyek – Nagyhőrcsök, Iregszemcse, Karcag, Kompolt, Putnok – kontroll parcelláiról 2005-ben begyűjtött teljes szemminták K-, P-, S-, Mg-, Ca-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu-, Sr- és fehérjetartalmuk tekintetében egymástól szignifikánsan elkülönültek ($p < 0,05$), azonban a belőlük készült lisztek S, Fe és Sr koncentrációja között nem volt igazolható különbség.

6. A teljes szemben vizsgált elemek mindegyikének mennyisége többszöröse volt a 250 μm szemcseméretű lisztekének. Az egész búzaszem két és félszer annyi (252%) káliumot és rezet (247%), háromszor annyi foszfort és kalciumot (299%), közel másfélszer annyi (141%) ként, körülbelül ötszörös mennyiségű magnéziumot (492%), vasat (504%) és mangánt (486%), több mint négyszer annyi cinket (435%) és öt és félszer annyi (546%) stronciumot tartalmazott, mint a liszt. Fehérjéből a teljes szem közel másfélszer tartalmazott többet (144%).

8. Gyakorlatban hasznosítható tudományos eredmények

1. Figyelembe véve, hogy az ammónium-nitrát trágyázás kedvezett a S, Cu, Mn és Sr dúsulásának a lisztben és a búzaszemben, továbbá a P kezelések a lisztben növelték a P, Mn és Sr mennyiségét, emellett segítették a szemben a K, P, Mg, Mn és Sr akkumulációját, elmondhatjuk, hogy a megfelelően kialakított műtrágyázási stratégiák hozzájárulhatnak a termés ásványi anyag tartalmának növeléséhez, ami a feldolgozott termékben is – jelen esetben a lisztben – mérhető.
2. A N trágyázás nemcsak a teljes szem, hanem a lisztek fehérjetartalmát is szignifikánsan növelte, így a műtrágyák alkalmazása a fehérje mennyiségét is pozitívan befolyásolhatja.
3. Vizsgálataink során a műtrágyák alkalmazása több fontos mikroelem dúsulását gátolta, mint a Zn és a Cu, amit szintén érdemes figyelembe venni a növénytermesztés során alkalmazandó műtrágyaadagok meghatározásakor.
4. A különböző termőhelyekről származó mintákban tapasztalt szignifikáns különbségek felhívják a figyelmünket arra, hogy attól függően, hogy táplálékunk túlnyomó többsége milyen területről származik, változhat az elemtartalma, továbbá rámutatnak, hogy mely ásványi alkotókat szükséges pótolni étrendükben.
5. Tekintve, hogy a teljes szemben a vizsgált elemek mindegyikének mennyisége többszöröse volt a lisztekének, érdemes vásárlás során a kevésbé finomított liszteket választani, és a korpát is tartalmazó termékeket előnyben részesíteni.
6. A nettó fehérje hasznosulási vizsgálat eredménye alapján azt a következtetést lehetett levonni, hogy a magasabb fehérjetartalom nem feltétlenül jár együtt a fehérje jobb minőségével. Ezért fontos a termények aminosav összetételének vizsgálata is. A vizsgálatok rámutattak az ásványianyag és vitamin kiegészítés fontosságára is.

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. 17/1999. (VI.16.) EüM rendelet az élelmiszerek vegyi szennyezettségének megengedhető mértékéről. Magyar Közlöny 99/52. 3339-3353.
2. 44/2003. FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól. 10. sz. melléklet
3. Ábrahám, L., Kovács, M. (1968): Szikes talajaink vízőldható bórtartalma. *Agrokémia és Talajtan*, 17. 465-477.
4. Alloway, B., J.(1995): Heavy metals in soils. Blackie, London
5. Almássy, Gy., Máté F., Zádor, Gy. (1977): Műtrágyák. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 335 p
6. Anderson, W. K. (1985): Differences in response of winter cereal varieties to applied nitrogen in the field. I. Some factors affecting the variability of responses between sites and seasons. *Field Crop Res. Amsterdam*, 11. 4. 353-367.
7. Anjum, F. M., Butt, M. S., Ahmad, N., Ahmad, I. (2002): Phytate and mineral content in different milling fractions of some Pakistani spring wheats. *International Journal of Food Science & Technology*. 37. 13-17.
8. Anke, M. Dorn, W. Gunstheimer, C., Arnhold, W., Glei, M., Anke, S., Lösch, W. (1998): Effect of trace and ultratrace elements on the reproduction performance of ruminants. *Vet. Med. Czech*. 43. 9. 272-282.
9. Aubert, H., Pinta, M. (1977): Trace elements in soils. *Developments in Soil Science* 7. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam-Oxford-New York
10. Baranyai, F., Fekete, A., Kovács, I. (1987): A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*
11. Bedő, Z., Láng, L. (1997): A minőségbúza termesztése és nemesítése. *Agro-21 Füzetek*, 14. 8–28.
12. Bergmann, W. (1979): Termesztett növények táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*
13. Bergmann, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB. Gustav Fischer Verlag, Jena
14. Bingham, F. T., Garber, M. J. (1960): Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24. 209-213.
15. Blaskó, L. (2009): Tartamműtrágyázás hatása a kísérleti talajok főbb tulajdonságaira. In: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): *Az Országos Műtrágyázási*

- Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Akadémiai Kiadó, Budapest. 215-285.
16. Bloem, E. M. (1998): Schwefel-Bilanz von Agrarökosystemen unter besonderer Berücksichtigung hydrologischer und bodenphysikalischer Standorteigenschaften. 192. 156.
 17. Bocz, E. (1976): Trágyázási útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
 18. Borghi, B., Corbellini, M., Minoia, C., Palumbo, M., Di Fonzo, N., Perenzin, M. (1997): Effects of Meduterranean climate on wheat bread making quality. European Journal of Agronomy. 6. 145-154.
 19. Bothwell, T. H., Finch, C. A. (1962): Iron metabolism. Curchill, London
 20. Burton, J. H., Wright, L. E. (1995): Nonlinearity int he relationship between bone Sr/Ca and diet: paleodietary imlications. American Journal of Physical Anthropology. 96. 273-282.
 21. Buzás, I. (1983): A növénytáplálás zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
 22. Cakmak, I. (2008): Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil. 302. 1-17.
 23. Cakmak, I., Pfeiffer, W. H., McClafferty, B. (2010): Biofortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry, 87. 10-20.
 24. Castellano, S. D., Dick, R. P. (1991): Cropping and sulfur fertilization influence on sulfur transformation in soils. Soil Science Society of America Journal. 55. 114-121.
 25. Csathó, P (1994): A környezet nehézfém szennyezettsége és az agrártermelés. MTA. TAKI, Budapest
 26. Csathó, P., Magyar, M., Debreczeni, B.-né (2009): A talajok PK-teszt-vizsgálati módszerei és diagnosztikai növényvizsgálati eredmények kalibrálása az OMTK-kísérletekben. In: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Akadémiai Kiadó, Budapest. 303-325.
 27. Csathó P., Lásztity, B., Sarkadi, J. (1991): Az „évjárat” hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. 40. 339-351.
 28. Dániel, P., Győri, Z., Szabó, P., Kovács, B., Prokisch, J., Phillips, C. (1998): A sertések ásványianyag ellátottságával összefüggő vizsgálatok. 1. Közlemény: Sertéstakarmányok ásványianyag-tartalma. Állattenyésztés és Takarmányozás. 47. 277-286.
 29. Debreczeni, B. (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

30. Debreczeni, B.-né és Dvoracsek, M. (2009): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek leírása. In: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Akadémiai Kiadó, Budapest. 114-124.
31. Debreczeni, B.-né és Sárdi, K. (1999): A nitrogén szerepe a növények életében. (2.3. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.) (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 37-44.
32. Debreczeni, B.-né (1999): A kalcium szerepe a növények életében. (2.6. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.) (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 57-59.
33. Debreczeni, B.-né és Sárdi, K. (1999): A magnézium szerepe a növények életében. (2.7. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.) (1999): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 60-61.
34. Debreczeni, B.-né (2009): Évjáráthatások vizsgálata az OMTK-kísérletek növényeinek termésére. In.: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Akadémiai Kiadó, Budapest. 353-391.
35. Delschen, T., Werner, W. (1989): Zur Aussagekraft der Schwermetallgrenzwerte in klärschlammgedüngten Böden. 1. Mitteilung: Einflussverschiedener Bodenparameter auf die „tolerierbaren“, königswasserlöslichen Gesamtgehalte. Landwirtschaftliche Forschung, 42. 29-39.
36. Denke, J. (szerk.) (1974): Trágyázási kutatások eredményei. 2. kukorica. Kutatóintézeteket Ellátó Állomás, Budapest
37. Destain, J. P., Guiot, J., Francois, E., Meeus-Verdinne, K. (1991): The contribution of ¹⁵N balances into the study of nitrogen fertilization of cereals and its environmental impact. *Revue de l'Agriculture*. 44, 89-101.
38. Di Gleria, J. (1959): Mezőgazdasági kémia. Akadémiai Kiadó, Budapest
39. Dobos, A., Nagy, J. (1998): Az évjárat és a műtrágyázás hatása (*Zea mays L.*) száraanyag-termelésére. *Növénytermelés*. 47. 5. 513-524.
40. Dubetz, S., Gardiner, E. E., Flynn, D., De La Roche, A. I. (1979): Effect of nitrogen fertilizer on nitrogen fractions and amino acid composition of spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 59. 299-305.

41. DuPont, F. M., Altenbach, S. B. (2003): Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science*. 38. 133-146.
42. Ensminger, L. E., Freney, J. R. (1966): Diagnostic techniques for determining sulfur deficiencies in crops and soil. *Soil Science*. 101. 283-290.
43. Ermidou-Pollet, S., Sdougas, N. Bahou, M., Pollet, S. (2003): How manganese can be transferred from the geochemical environment to the food chain. Possible health effects. In.: (szerk.: Simon, L., Szilágyi, M.) *Mikroelemek a táplálékláncban*. Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza
44. Epstein, E., Bloom, A. J. (2005): *Mineral Nutrition of Plants. Principles and Perspectives*. 2nd Edition. Sinauer Associates, Inc., Sunderland
45. Eriksen, J. (1997): Sulphur cycling in Danish agricultural soils: inorganic sulphate dynamics and plant uptake. *Soil Biology and Biochemistry*. 29. 1379-1385.
46. Ewers, U. (1991): Standards, guidelines and legislative regulations concerning metals and their compounds. In.: Merian, E. (Ed.): *Metals and their compounds in the environment*, VCH, Weinheim, Germany. 687-711.
47. Fan, Ming-Sheng, Zhao, Fang-Jie, 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. 315-324.
48. Fekete, Z., Hargitai, L., Zsoldos, L. (1967): *Talajtan és agrokémia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
49. Feldman, M. (1995): Wheats. In: Smartt, J., Simmonds, N. W. (Ed.): *Evolution of crop plants*. Longman Scientific and Technical, Harlow, UK. 185-192.
50. Flynn, A.G., Panozzo, J. F., Gardner, W. K. (1987): The effect of copper deficiency on the baking quality and dough properties of wheat flour. *Journal of Cereal Science*. 6. 91-98.
51. Fowler, D. B. (2004): Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. *Agronomy Journal*. 95. 2. 260-265.
52. Galand, P., Preciozi, P., Durlach, J., Valeix, P., Ribas, L., Bouzid, D., Favier, A., Hercberg, S. (1997): Dietary magnesium intake in a French adult population. *Magnesium Res*. 10. 321-328.
53. Gasztonyi, K., Lásztity, R. (szerk.) (2005): *Élelmiszer-kémia 1*. Mezőgazda Kiadó, Budapest

54. Gelencsér, É. (2009): Novel research strategy for safe use of legume proteins in human nutrition. *Acta Alimentaria*. 38. 61-70.
55. Gelencsér, É., Nagy, A. (2012): Kutatási jelentés a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma megbízása alapján végzett „Borsó, búza és kukorica őrlemények növekedésben lévő patkányokkal végzett nettó fehérje arányának (NPR) vizsgálata” című kutatási témáról. Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet, Budapest
56. Gleason, G., Sharmanov, T. (2002): Anemia prevention and control in four central Asian republics and Kazakhstan. *Journal of Nutrition*. 132. 867-870.
57. Graham, R. D., Senadhira, D., Beebe, S. E., Iglesias, C., Ortiz-Monasterio, I. (1999): Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: Conventional approaches. In: Welch, R. M, Graham R. D. (Ed.) *Field Crops Research*. Special volume. 60. 57-80.
58. Graham, R. D., Welch, R. M., Saunders, D. A., Ortiz-Monasterio, I. Bouis, H. E., Bonierbale, M., de Haan, S., Burgos, G., Thiele, G., Liria, R., Meisner, C. A., Beebe, S. E., Potts, M. J., Kadian, M., Hobbs, P. R., Gupta, R. K., Twomlow, S. (2007): Nutritious subsistence food systems. *Advances in Agronomy*. 92. 1-74.
59. Graupe, B., Anke, M., Rother, A (1960): Die Verteilung der Mengen- und Spurenelementen in verschiedenen Ackerpflanzen. *Jahrbuch der Arbeitsgemeinschaft für Fütterungs-beratung*. 3. 357-362.
60. Gupta, P. K., Varshney, R. K., Sharma, P. C. Ramesh, B. (1999): Molecular markers and their applications in wheat breeding. *Plant Breeding*. 118. 369-390.
61. Győri, Z. (1980): A borsó termésszintje és tápanyagtartalma közötti kapcsolat a műtrágyázás és öntözés függvényében. *A Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei*. Tom. XXI. 89-111.
62. Győri, Z. (1983): Mezőgazdasági termékek tárolása és feldolgozása. Egyetemi jegyzet. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen
63. Győri, Z. (1987): Az évjárat, a műtrágyázás és az öntözés hatása szántóföldi növényeink tápanyagtartalmára és minőségére. Kandidátusi értekezés. Agrártudományi Egyetem Növénytermesztéstani tanszék. Debrecen.
64. Győri, Z. (2002): Tápanyaggazdálkodás és minőség. In: Győri, Z., Jávors, A. (szerk.): *Az agrokémia időszerű kérdései*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaság-tudományi Kar, MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottsága, Debrecen. 79-89.

65. Győri, Z. (2003): Effect of NPK mineral fertilization on the protein content and amino acid composition of soybean and peas. In.: Gyuricza, Cs. (2003): Proceedings of the II. Alps-Adria Scientific Workshop, Trogir, Croatia, 3-8 March 2003, Hungarian Academy of Sciences, Crop Production Committee Soil Science and Agrochemistry Committee. ISBN: 9639483206. p. 60-66.
66. Győri, Z. (2009): Tartamtrágyázás hatása a kísérleti növények kémiai összetételére, minőségi mutatóira. In.: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Akadémiai Kiadó, Budapest. 327-353.
67. Győri, Z., Győriné, M. I. (1998): A búza minősége és minősítése. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
68. Győri, Z., Martin, B. (1983): Tartamkísérlet folyamatos tápanyag és hidrolitos savanyúság vizsgálatának eredményei. A Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei. Tom. XXIII. 155-170.
69. Győri, Z., Szilágyi, Sz., Győri-Mile, I. (2002): Investigations on the mineral content of Hungarian winter wheat varieties. In.: Gyuricza, Cs. (2003): Proceedings of the Alps-Adria Scientific Workshop, Opatija, Croatia, 4-8 March 2002, Hungarian Academy of Sciences, Crop Production Committee Soil Science and Agrochemistry Committee. ISBN: 9639256722. p. 70-75.
70. Győri, Z., Tóth, Á., Ungai, D. (2007): Investigation of mineral content in winter wheat grain samples from long-term field experiments. In.: Láng, I., Lazányi, J., Csép, N. (2007): Joint International Conference on Long-term Experiments, Agricultural Research and Natural Resources, Debrecen-Nyírlugos, 31. May-01. June 2007. p. 255-262.
71. H. H. Sandstead, M. D. (1985): Perspectives in Trace Element Nutrition in Human Health. In.: Mills, C. F., Bremner, I., Chesters, J. K. (Ed.): Trace Elements in Man and Animals. Proceedings of the Fifth International Symposium on Trace Elements in Man and Animals. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, Scotland.
72. Haas, J. D., Brownlie, T. (2001): Iron deficiency and reduced work capacity: a critical review of the research to determine a causal relationship. Journal of Nutrition. 131. 691-696.
73. Hagstrom, G. R. (1986): Fertilizer sources of sulfur and their use. In: Tabatabai, M. A. (Ed.): Sulfur in agriculture. Agronomy Monograph. 27. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, 567-581.

74. Hall, D. O., Scurlock, J. M. O., Bolhar-Nordenkamp, H. R., Leegood, R. C., Long, S. P. (1994): Photosynthesis and Production in a Changing Environment. Chapman & Hall, London
75. Hegedűs, Z., Szentpétery, Z., Kassai, K., Jolánkai, M. (2002): Protein and wet gluten contents in winter wheat grain samples. *Acta Agronomica Hungarica*. 50. 3. 383–387.
76. Henderson, L., Irving, K., Gregory, J., Bates, C. J., Prentice, A., Perks, J. et al. (2003): The national diet & nutrition survey: adults aged 19-64 years, vol. 3. Her Majesty's Stationery Office, London
77. Jansen, G. R. (1974): The Amino Acid Fortification of Cereals. Chapter III. In: New Protein Foods. (Ed.: Altschul, A. M.) Academic Press Inc., New York. 40-111.
78. Jug, D., Jug, I., Kovacevic, V., Stipesevic, B., Sostaric, J. (2007): Soil tillage impacts on nutritional status of wheat. *Cereal Research Communications*. 35. 2. 553-556.
79. Kabata-Pendidas, A., Pendidas, H. (2001): Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington D. C.
80. Kádár, I. (1989): Túltrágyázzuk-e a napraforgót? *Agrokémia és Talajtan*. 38. 441-447.
81. Kádár, I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA Talajtani és Agronómiai Kutatóintézete, Budapest
82. Kádár, I. (1993): Környezet- és természetvédelmi kutatások. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest
83. Kádár, I. (1999): Kálium és jelentősége Magyarországon. Jász Nyomda- és Kiadó Kft., Budapest
84. Kádár, I. (2000a): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. II. Növénytermelés. 49. 1-2. 127-140.
85. Kádár, I. (2000b): Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49. 5. 547-559.
86. Kádár, I. (2002): Effect of P, Zn and Cu fertilization on crops on a calcareous chernozem soil. *Agrokémia és Talajtan*. 51. 1-2. 185-192.
87. Kádár, I. (2004a): A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 53. 1-2. 61-74.
88. Kádár, I. (2004b): A tritikálé elemfelvétele műtrágyázási kísérletben. Növénytermelés. 53. 3. 273-284.

89. Kádár, I. (2004c): A rostkender (*Cannabis sativa* L.) tápelemfelvétele csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 53. 5. 463-476.
90. Kádár, I., Daood, H. (2001): Mikroelem-terhelés hatása a búzára karbonátos csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. 50. 3-4. 353-370.
91. Kádár, I., Lukács, D.-né, László, S.-né (2004a): Tápanyagellátás hatása az olajlen termésére, minőségére és elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 53. 1-2. 55-74.
92. Kádár, I., Lukács, D.-né, Fekete, S. (2004b): Tápanyagellátás hatása a szója minőségére és elemfelvételére. *Agrokémia és Talajtan*. 53. 1-2. 75-92.
93. Kádár, I., Márton, L. (2009): Nagyhörcsök (5.2. fejezet). In.: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): *Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001)*. Akadémiai Kiadó, Budapest. 124-143.
94. Kádár, I., Pusztai, A. (1982): Az NPK túltrágyázás hatása a 6 leveles kukorica makro- és mikroelemtartalmára. *Növénytermelés*. 31. 523-532.
95. Kádár, I., Shalaby, H. (1985): A K és B trágyázás hatása a talaj és a növény tápelem tartalmára. *Növénytermelés*. 34. 321-327.
96. Kádár, I., Szemes, I. (1994): *A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve*. MTA TAKI, Budapest
97. Kádár, I., Turán, T. (2002): P-Zn kölcsönhatás mészlepedékes csernozjom talajon kukorica monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan*. 51. 3-4. 381-394.
98. Kalocsai, R., Schmidt, R., Szakál, P., Giczi Zs. (2005): Minden, amit a kén mezőgazdasági jelentőségéről tudni kell... *Agro Napló*. 9. 11-12.
99. Kastori, R., Strbac, D., Popovic, M., Gasic, O. (1992): Accumulation and distribution of strontium in wheat. *Agriculture Mediterranea*. 122. 35-40.
100. Kimball, B. A., Morris, C. F., Pinter, J. P. J., Wall, G. W., Hunsaker, D. J., Adamsen, F. J., Lamorte, R. L., Leavitt, S. W., Thompson, T. L., Matthias, A. D., Brooks, T. J. (2001): Elevated CO₂, drought and soil nitrogen effects on wheat grain quality. *New Phytologist*. 150. 295-303.
101. Kincses, S.-né (2002): Az NPK-trágyázás hatása az őszi búza és kukorica szemtermésének mennyiségére és ásványianyag tartalmára. In: Győri, Z., Jávör, A. (szerk.): *Az agrokémia időszerű kérdései*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaság-tudományi Kar, MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottsága, Debrecen. 163-171.
102. Kindred, D. R., Verhoeven, T. M. O., Weightman, R. M., Swanston, J. S., Agu, R. C., Brosnan, J. M., Sylvester-Bradley, R. (2008): Effects of variety and fertiliser

- nitrogen on alcohol yield, grain yield, strach and protein content, and protein composition of winter wheat. *Journal of Cereal Science*. 48. 46-57.
103. Koltay Á., Balla, L. (1982): Búzatermesztés és nemesítés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
 104. Kovács, B., Győri, Z., Prokisch, J., Loch, J., Dániel, P. (1996): A study of plant sample preparation and inductively coupled plasma emission spectrometry parameters. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 27. 1177-1198.
 105. Kovács, G. J. (1982): A kukorica víz- és tápanyag-dinamikájának kritikus ökofizikai kapcsolata. *Növénytermelés*. 31. 4. 355-365.
 106. Kozma, A., Tölgyesi, Gy. (1974): A pázsitfűvek börtartalmának alakulása börtfelvételüket befolyásoló tényezők szerepe eltérő termőhelyi adottságú területen. *Botanikai Közlemények*. 61. 63-70.
 107. Kutman, U. B., Yildiz, B., Cakmak, I. (2011): Improved nitrogen status enhances zinc and iron concentrations both in the whole grain and the endosperm fraction of wheat. *Journal of Cereal Science*. 53. 118-125.
 108. Kutman, U. B., Yildiz, B., Ozturk, L., Cakmak, I. (2009): Biofortification of durum wheat with zinc trough soil and foliar applications of nitrogen. *Cereal Chemistry*. 87. 1-9.
 109. Labuschagne, M. T., Meintjes, G., Groenewald, F. P. C. (2006): The influence of different nitrogen treatments on the size distribution of protein fractions in hard and soft wheat. *Journal of Cereal Science*. 43. 315-321.
 110. Láng, G. (1976): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
 111. Lásztity, B. (1992): A rozs kénfelhalmozásának és az NPK műtrágyázás kapcsolatának vizsgálata karbonátos homokon. *Növénytermelés*. 41. 6. 547-554.
 112. Lásztity, B. (1996a): Az NPK-műtrágyázás és a tenyészidő hatása a szemes cirok mikroelem tartalmára. *Növénytermelés*. 45. 61-66.
 113. Lásztity, B. (1996b): A tápelem felhalmozás dinamikája a szemes cirok föld feletti részében. *Növénytermelés*. 45. 271-279.
 114. Lásztity, B. (1997a): A köles (*Panicum miliaceum* L.) szárazanyag- és makrotápelem- tartalmainak változása a tenyészidő folyamán. *Növénytermelés*. 46. 2. 203-208.
 115. Lásztity, B. (1997a): A műtrágyázás hatása a köles-mikrotápelemek koncentrációinak változására a tenyészidő folyamán. *Növénytermelés*. 46. 3. 275-280.

116. Lásztity, B., Csathó, P. (2001): Néhány nem esszenciális mikroelem koncentráció- és -felhalmozás dinamikája őszi árpában. *Növénytermelés*. 50. 5. 549-557.
117. Lásztity, R. (1981): *Gabonafehérjék*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
118. Lembrechts, J. F., van Ginkel, J. H., Desmet, G. (1990): Comparative study on the uptake of ^{85}Sr from nutrient solutions and potted soils by lettuce. *Plant Soil*. 125. 63-69.
119. Lesznyák, M.-né (1997): A termesztési tényezők hatása az őszi búza terméselemeire. *Növénytermelés*. 46. 3. 299-311.
120. Lewandowski, I., Kauter, D. (2003): The influence of nitrogen fertilizer on the yield and combustion quality of whole grain crops for solid fuel use. *Industrial Crops and Products*. 17. 103-117.
121. Loch, J. (1981): A Mg gyökéren keresztüli felvételét befolyásoló tényezők. A növények ásványi táplálkozása és a műtrágyázás. Tudományos Tanácskozás. 1980 április 28-29. Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Gödöllő
122. Loch, J. (1999a): *Agrokémia*. Egyetemi jegyzet. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen
123. Loch, J. (1999b): A műtrágya felhasználás hazánkban és külföldön (7. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.) (1999): *Tápanyag-gazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 228-268.
124. Loch, J. (1999c): Műtrágyák (5. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.) (1999): *Tápanyag-gazdálkodás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 178-195.
125. Loch, J., Nosticzius, Á. (1992): *Agrokémia és növényvédelmi kémia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
126. Lukow, O. M., McVetty, P. B. E. (1991): Effect of cultivar and environment on quality characteristics of spring wheat. *Cereal Chemistry*. 68. 597-601.
127. Markert, B. (1993): Interelement correlations detectable in plant samples based on data from reference materials and high accurate research samples. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. 345. 318-322.
128. Mars, É. (2009): A kéntrágyázás hatása az őszi búza minőségi és mennyiségi paramétereinek alakulására. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen
129. Marschner, H. (2012): *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd Edition. Elsevier Ltd., London UK, Waltham US, San Diego US

130. Martin, R. J., Sutton, K. H., Moyle, T. N., Hay, R. L., Gillespie, R. N. (1992): Effect of nitrogen fertilizer on the yield and quality of six cultivars of autumn-sown wheat. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 20. 273-282.
131. Martin, W. E., McClean, J. G., Quick, J. (1965): Effect of temperature on the occurrence of phosphorus-induced zinc deficiency. *Soil Science Society of America Proc.* 29. 411-413.
132. Márton, L. (2002a): A csapadék és a tápanyagellátottság hatásának vizsgálata a triticales termésére tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 51. 687-701.
133. Márton, L. (2002b): Az évhatás elemzése az északkelet-magyarországi, nyírlugosi műtrágyázási tartamkísérletben. A természetes csapadék és a tápanyagellátottság hatása a burgonya (*Solanum tuberosum* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51. 71-87.
134. Márton, L. (2002c): Az éghajlatingadozás és a N-műtrágyázás hatása a rozs (*Secale cereale* L.) termésére. *Növénytermelés*. 51. 199-210.
135. Márton, L. (2002d): A csapadék-, a tápanyagellátás és az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termése közötti kapcsolat. *Növénytermelés*. 51. 529-542.
136. Márton, L. (2004): A műtrágyázás, a meszezés, és a csapadék hatása a rozs, a burgonya, az őszi búza, és a triticales termésére. *Agrokémia és Talajtan*. 53. 3-4. 271-290.
137. Máthéné, G. G., Radimszky, L., Németh, T. (2010): Talaj és N-adag hatása a repcemag nitrogén és foszfor arányára, termésére és olajtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. 59. 2. 345-356.
138. McGrath, S. P. (1985): The effects of increasing yields on the macro- and micro-element concentrations and offtakes in the grain of winter wheat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36. 1073-1083.
139. McKeivith, B. (2004): Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*. 29. 111-142.
140. Mench, M. (1997): Cadmium availability to wheat in five soil series from the Yonne district, Burgundy, France. *Environmental Pollution*. 95. 1. 93-103.
141. Mengel, K. (1976): A növények táplálkozása és anyagcseréje. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*
142. Mézes, M. (1993): Ásványi anyagok. In: Schmidt, J. (szerk.): *Takarmányozástan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
143. Morgounov, A., Gomez-Becerra, H. F., Abugalieva, A., Dzhunusova, M., Yessimbekova, M., Muminjanov, H., Zelenskiy, T., Ozturk, L., Cakmak, I. (2007):

Iron and zinc grain density in common wheat grown in central Asia. Euphytica. 155. 193-203.

144. MSZ-08-1783-26:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok kalciumtartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
145. MSZ-08-1783-27:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok magnéziumtartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
146. MSZ-08-1783-28:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok foszfortartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
147. MSZ-08-1783-29:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok káliumtartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
148. MSZ-08-1783-31:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok vastartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
149. MSZ-08-1783-32:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok mangántartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
150. MSZ-08-1783-33:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok cinktartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
151. MSZ-08-1783-34:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok réztartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
152. MSZ-08-1783-38:1985 Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok kéntartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest
153. MSZ 6830-4:1981 Takarmányok táplálóértékének megállapítása. Nitrogéntartalom meghatározása makro-Kjeldahl-módszerrel a nyersfehérje-tartalom számításához
154. Nagy András (2009): Totális herbiciddel szemben toleráns transzgénikus búza (*Triticum aestivum* L.) élelmiszer-biztonsági kockázatainak vizsgálata. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem. Budapest

155. Nagy, A., Barath, A., Pauk, J., Gelencser, E. (2006): Nutritional evaluation of the proteins of broad range herbicide resistant spring wheat lines (*Triticum aestivum* L.) - I. Protein quality. *Acta Alimentaria*, 35. 3. 355-362.
156. Nagy, J. (1995): A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. *Növénytermelés*. 44. 5-6. 493-506.
157. Nagy, J., Huzsvai, L. (1995): Az évjáráthatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. *Növénytermelés*. 44. 385-393.
158. Németh, T. (1999): A tápanyagellátás hatása a szántóföldi növények minőségére és a környezetre. In: Ruzsányi, L., Pepó, P. (szerk): „Magyarország az ezredfordulón” stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. *Növénytermesztés és környezetvédelem*. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya, Budapest. 81-85.
159. Németh, T. (2002): A tápanyag-utánpótlás jelenlegi helyzete, időszerű kérdései. In: Győri, Z., Jávör, A. (szerk.): *Az agrokémia időszerű kérdései*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaság-tudományi Kar, MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottsága, Debrecen. 41-51.
160. Olson, R. A., Stukenholtz, D. D., Hooker, C. A. (1965): Phosphorus-zinc relations in corn and sorghum production. *Better Crops with Plant Food*. 49. 19-24.
161. Ortiz-Monasterio, I., Palacios-Rojas, N., Meng, E., Pixle, K., Trethowan, R., Pena, R. J. (2007): Enhancing the mineral and vitamin content of wheat and maize through plant breeding. *Journal of Cereal Science*. 46. 293-307.
162. Osztoics, E., Csathó, P., Magyar, M., Baczó, G-né, Radimszky, L. (2003): Az algériai nyersfoszfát és a szuperfoszfát hatásának vizsgálata. III. A talajtulajdonságok, a foszforforma és foszforadag hatása a vörös here Cd-, Cr- és Sr-koncentrációjára tenyészedény-kísérletben. *Agrokémia és Talajtan*. 52. 3-4. 363-382.
163. Oury, F.-X., Leenhardt, F., Révész, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., Charmet, G. (2006): Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy*. 25. 177-185.
164. Pais, I. (1980): *A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
165. Pais, I. (1991): Criteria of essentiality, beneficiality and toxicity. What is too little and too much? In: *Cycling of Nutritive Elements in Geo- and Biosphere* 59-77. Proc. IGBP., Budapest

166. Pais, I., Benton, J., Jr. (1997): The Handbook of Trace Elements. St. Lucie Press, Boca Raton
167. Pande, P., Misra, S. G. (1976): Nehézfémek hatása a vas felvehetőségére. Agrokémia és Talajtan. 25. 1-2. 81-86.
168. Peck, A. W., McDonald, G. K., Graham, R. D. (2008): Zinc nutrition influences the protein composition of flour in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Cereal Science. 47. 266-274.
169. Pedrosa, M. M., Cuadrado, C., Burbano, C., Allaf, K., Haddad, J., Gelencser, E., Takacs, K., Guillaumon, E., Muzquiz, M. (2011): Effect of instant controlled pressure drop on the oligosaccharides, inositol phosphates, trypsin inhibitors and lectins contents of different legumes. Food Chemistry. 131. 3. 862-868.
170. Pelikan, M., Dudas, F., Stankova, M. (1986): The role of major nutrients in the formation of technological quality in wheat. I. Yield and milling characteristics. Acta Universitatis Agriculturae Brno, A-Facultas Agronomica. 34. 2. 143-151.
171. Pellet, P.L., Young, V.R. (1980): Nutritional evaluation of protein foods: Methodology for net protein utilization. Tokyo: The United Nations University. 103. p.
172. Pepó, P. (2002): Az őszi búza fajtaspecifikus tápanyagellátása csernozjom talajon. In: Pepó, P., Jolánkai, M. (szerk.): Integrációs feladatok a hazai növénytermesztésben. MTA, Budapest. 105-110.
173. Pepó, P. (2004a): Őszi búza fajtaspecifikus tápanyag-reakciójának vizsgálata tartamkísérletben. Növénytermelés. 53. 4. 329-337.
174. Pepó, P. (2004b): Az évjárat hatása az őszi búza termésmennyiségére tartamkísérletben. Növénytermelés. 53. 4. 339-350.
175. Pepo, P. (2007): The Role of Fertilization and Genotype in Sustainable Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Production. Cereal Research Communications. 35. 2. 917-921.
176. Pethő, M. (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest. 507 p.
177. Pollhamer, E. (1981): A búza és a liszt minősége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
178. Prasad, A. S. (1998): Zinc in human health: an update. The Journal of Trace Elements in Experimental Medicine. 11. 63-87.
179. Probert, M. E. (1980): Sulfur in Australia. In: Freney, J. R., Nicholson, A. J. (Ed.): Australian Academy of Science, Canberra. 158-169.

180. Ragasits, I. (1992): A nitrogén- és foszfor műtrágyázás hatása a búza minőségére. *Növénytermelés*. 41. 59–65.
181. Randall, P. J., Wrigley, C. W. (1986): Effects of sulfur supply on the yield, composition, and quality of grain from cereals, oilseeds, and legumes. *Advances in Cereal Science and Technology*. 8. 171-206.
182. Sárdi, K. (1999): A kálium szerepe a növények életében. (2.5. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 60-61.
183. Sarkadi, J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
184. Sasmaz, A., Sasmaz, M. (2009): The phytoremediation potential for strontium of indigenous plants growing in a mining area. *Environmental and Experimental Botany*. 67. 139-144.
185. Scherer, H. W. (2001): Sulphur in crop production – invited paper. *European Journal of Agronomy*. 14. 81-111.
186. Schmidt, J. (szerk.) (1993): A fehérjék. (1.2. fejezet). Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
187. Schlechtner, G. (1972): Das 1x1 der Grünlandwirtschaft. *Beratungsschrift N.31*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Wien. Austria.
188. Schroeder, H. A. (1972): Trace metals in man: strontium and barium. *Journal of Chronic Diseases*. 25. 491-517.
189. Shacklette, H., T., Erdman, J. A., Harmst, T. F. (1978): Trace Elements in Plant Foodstuffs In: Oehme, F. M. (Ed.): Toxicity of Heavy Metals in the Environments. Part 1. Marcel Dekker, New York. 25-68.
190. Shellenberger, J. A. (1978): Production and utilization of wheat. In: Pomeranz, Y. (Ed.): Wheat Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Incorporated, St. Paul, Minnesota
191. Shewry, P. R. (2009): Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 60. 6. 537-1553.
192. 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.
193. Shtangeeva, I., Steinnes, E., Lierhagen, S. (2011): Macronutrients and trace elements in rye and wheat: Similarities and differences in uptake and relationships between elements. *Environmental and Experimental Botany*. 70. 259-265.

194. Singh, S., Gupta, A. K., Gupta, S. K., Kaur, N. (2010): Effect of sowing time on protein quality and starch pasting characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under irrigated and rain-fed conditions. Original Research Article Food Chemistry. 122. 3. 559-565.
195. Sipos, P. (2009): Az őszi búza minőségére ható tényezők számszerűsítése. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen
196. Škrbić, B., Onjia, A. (2007): Multivariate analyses of microelement contents in wheat cultivated in Serbia. Food Control. 18. 338-345.
197. Sommer, A. L., Lipmann, C. B. (1926) Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher green plants. Plant Physiology. 1. 231-249.
198. Stefanovits, P. (1975): Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
199. Strack, D. (1997): Phenolic Metabolism. In: Dey, P. M., Harborne, J. B. (Ed.): Plant Biochemistry. Academic Press, San Diego, 387-416.
200. Szabó, A. (1977): Adatok a kukorica, a búza és a bab cézium és stroncium felvételének vizsgálatáról. Agrokémia és Talajtan. 26. 1-2.
201. Szabó, A. (2008): Bevezetés a mezőgazdasági mikrobiológiába. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Mezőgazdaságtudományi Kar Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet, Debrecen
202. Szabó, L., Kádár, I. (1994): Effect of heavy metal load on soil and crops. XXXVI Georgikon Napok. PATE. Keszthely. 146-153.
203. Szabó, S. A., Regiusné, M. Á., Győri, D., Szentmihályi, S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban I. Esszenciális mikroelemek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
204. Szakál, P., Barkóczi, M., Schmidt, R., Beke, D., Tóásó, Gy., Matus, L. (2007): Hulladékból előállított réz-tetramin komplex hatása az őszi búza beltartalmára. Acta Agronomica Óváriensis. 50. 1. 103-108.
205. Szakál, P., Schmidt, R., Barkóczi, M., Juraj Lesny., Halasi, T. (2005): Lombtrágyaként alkalmazott réz-szénhidrát komplex hatása az őszi búza hozamára és minőségére. Acta Agronomica. 47. 1. 47.
206. Szalay, S., Murányi, A., Alasoini, A. (1982): Investigations on the micronutrient supply of the population in North Karelia. Acta Alimentaria. 11. 1. 87-101.
207. Szász, G. (1988): Agrometeorológia. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest
208. Szostek, K., Głąb, H., Pudło, A. (2009): The use of strontium and barium analyses for the reconstruction of the diet of the early medieval coastal population of Gdańsk

- (Poland): A preliminary study. HOMO-Journal of Comparative Human Biology. 60. 359-372.
209. Szűcs, M., Szűcs, M.-né (2003): Művelt talajok oldható P- és K-tartalmának változásai. Agrokémia és Talajtan. 52. 3-4. 53-66.
 210. Tamponett, C., Martin-Garin, A., Gonze, M.-A., Parekh, N., Vallejo, R., Sauras-Yera, T., Casadesus, J., Plassard, C., Staunton, S., Norden, M., Avila, R., Shaw, G. (2008): An overview of BORIS: Bioavailability of Radionuclides in Soils. Journal of Environmental Radioactivity. 99. 820-830.
 211. Tang, J., Zou, C., He, Z., Shi, R., Ortiz-Monasterio, I., Qu, Y., Zhang, Y. (2008): Mineral element distributions in milling fractions of Chinese wheats. Journal of Cereal Science. 48. 821-828.
 212. Thomas, D. (2003): A study on the mineral depletion of the foods available to u sas a nation over the priod 1940-1991. Nutrition and Health. 17. 85-115.
 213. Tisdale, S. L., Nelson, W.L., Beaton, J. D. (2005): Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 7th Edition. (Ed.: Havlin, J. L.), Pearson Prentice Hall, New Jersey
 214. Tolner, L. (1999): Termelési tényezők (1.2. fejezet). In.: Fülek, Gy. (szerk.): Tápanyag-gazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 18-21.
 215. Underwood, E. J. (1977): Trace elements in human and animal nutrition. 4th Edition. Academic Press, New York, London
 216. Várallyay, Gy. (2009): A szabadföldi tartamkísérletek eredményeinek tér- és időbeni kiterjeszthetősége. In.: Berzsenyi, Z., Árendás, T. (szerk.): Tartamkísérletek jelentősége a növénytermesztés fejlesztésében. Jubileumi tudományos konferencia, Martonvásár. 2009. október 15., 7-20.
 217. Várallyay, Gy., Makó, A., Hermann, T. (2009): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) helyeinek talajtani jellemzése. In.: Debreczeni, B.-né, Németh, T. (szerk.): Az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek (OMTK) kutatási eredményei (1967-2001). Akadémiai Kiadó, Budapest. 35-97.
 218. Varga-Haszonits, Z., Mikéné-Hegedűs, F. (1993): Az éghajlati változékonyság és a növénytermesztés. Növénytermelés. 42. 4. 361-373.
 219. Vida, G., Bedő, Z., Jolánkai, M. (1996): Agronómiai kezeléskombinációk őszi búzafajták sütőipari minőségére gyakorolt hatásának elemzése főkomponens-analízissel. Növénytermelés. 45. 453–462.

220. Vincze, L. (1993): Az intermediér anyagforgalom. In.: Schmidt, J. (szerk.): Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 83-107.
221. Wedepohl, K. H. (1995): The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 59. 7. 1217-1232.
222. Whelch, R. M., Graham, R. D. (2002): Breeding crops for enhanced micronutrient content. *Plant and Soil*. 245. 205-214.
223. White, P.J., Broadley, M. R. (2005): Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trend sin Plant Science*. 10. 586-593.
224. White, P.J., Broadley, M. R. (2005): Historical variation in the mineral composition of edible horticultural products. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 80. 660-667.
225. WHO (1996): Trace elements in human nutrition and health. World Health Organization, Geneva
226. WHO (2002): The World Health Report 2002. Reducing Risks, Promoting Healthy Life. World Health Organization, Geneva
227. Ybanez, N., Montoro, R. (1996): Trace element food toxicology: an old and ever-growing discipline. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*. 36. 299-320.
228. Yue, H. W., Jing, D., Dai, T. B., Quin, X. D., Jing, Q., Cao, W. X. (2007): Effect of nitrogen application rate on content of glutenin macropolymer and high molecular weight glutenin subunits in grains of two winter wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*. 45. 248-256.
229. Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., McGrath, S. P. (1999): Sulphur assimilation and effects on yield and quality of wheat. *Journal of Cereal Science*. 30. 1-17.
230. Zhao, F. J., McGrath, S. P., Blake-Kalff, M. M. A., Link, A., Tucker, M. (2002): Crop responses to sulphur fertilization in Europe. International Fertiliser Society, York. Proceedings. No. 504.
231. Zhao, F. J., Shu, 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. 290-295.
232. Zidek, W. (1983): Mangan. In: Zunkley, H.: Spurenelemente. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, New York, 141-151.

Internetes források jegyzéke:

I1.http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/ (2012-09-27)

Mellékletek

1. sz. melléklet: Az NPR vizsgálat során alkalmazott tápok vitamin premix alkotójának garantált beltartalmi értékei

Szárazanyag	88.00	%
Kalcium	19.30	%
Foszfor	7.20	%
Nátrium	4.21	%
Magnézium	5.20	%
Nyershamu	86.00	%
A vitamin (E672)	360 000.00	NE/kg
D3 vitamin (E671)	20 000.00	NE/kg
E vitamin (α -tokoferol, E307)	1 500.00	mg/kg
K vitamin	60.00	mg/kg
Mangán	1 655.00	mg/kg
Cink	1 500.00	mg/kg
Vas	3 270.00	mg/kg

2. sz. melléklet: Az NPR meghatározásban részt vevő tápok beltartalmi adatainak mérése során alkalmazott vizsgálati módszerek (Gelencsér és Nagy, 2012)

Minőségi paraméter	Vizsgálati módszer
Víztartalom	KERN gyors-nedvesség mérő készülékben, 130 °C-on mérve.
Nyerszsír tartalom	MSZ ISO 659:1990 Olajmagvak olajtartalmának meghatározása extrakcióval. (Soxhlet extraháló készülékben, 40-70 °C forrpontú petroléterrel végzett extrakcióval, majd az oldószer elpárologtatásával kinyert extrakt tömegének mérésével).
Nyershamu tartalom	MSZ 3610-83 Tartósított élelmiszerek összes hamutartalmának és hamu-lúgosságának meghatározása. (525 °C-on történő hamvasztás után a hamutartalom gravimetriás mérésével).
Nyersrost tartalom	MSZ 3626-86 Tartósított élelmiszerek nyers rosttartalmának meghatározása. (Híg savval, majd lúggal végzett főzés, több oldószerrel végzett mosás, szárítás után visszamaradt anyag, amiből az égetés utáni hamumaradékot levonva kapjuk a nyersrostot).
Nyersfehérje tartalom	Dumas-égetéses módszer mérési elven működő Elementar Rapid N Cube automata fehérje-meghatározó készüléken mérve. A készülék nitrogéntartalmat mér, amit 6,25 (ill. búzaszem esetén 5,7) szorzóval szorozva kapjuk meg a fehérjetartalmat.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindenkinek, aki valamilyen módon hozzájárult ahhoz, hogy ez a dolgozat elkészülhessen.

Köszönöm témavezetőmnek Prof. Dr. Győri Zoltánnak, hogy javaslataival, szakmai segítségnyújtásával lehetővé tette e munka létrejöttét, és, hogy hozzáférést biztosított e dolgozatban vizsgált tartamkísérletek mintáihoz azáltal, hogy azokat összegyűjtötte, raktározásukról gondoskodott. Köszönöm neki, mint intézetünk egykori igazgatójának, illetve Prof. Dr. Kovács Bélának, az ÉTI jelenlegi vezetőjének, hogy biztosították a kutatásokhoz szükséges műszereket, illetve az egyéb eszközöket és az anyagi hátteret, továbbá, hogy lehetővé tették konferenciákon való részvételemet. Segítségük nagymértékben hozzájárult szakmai tudásom növeléséhez, látóköröm bővítéséhez.

Külön köszönet illeti az Agrár Műszerközpont minden dolgozóját, köztük Sörös Istvánnét, akik munkájukkal nagymértékben hozzájárultak ezen értekezés létrejöttéhez. Köszönöm Dr. Borbély Jánosné Dr. Varga Máriának, hogy vezetőjükként biztosította a szükséges műszeres és személyi feltételeket.

Szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik létrehozták és gondozták az Országos Műtrágyázási Tartamkísérleteket.

Köszönöm Dr. Rékási Márknak (MTA TAKI), hogy hozzáférést biztosított a dolgozat elkészítéséhez szükséges meteorológiai adatokhoz.

Szeretném megköszönni a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának, hogy a TÁMOP 4.2.1/B-09/KONV 2010-0007 azonosító számú projekt keretein belül – amely az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg – lehetővé tette, hogy megvalósuljanak az etetési kísérletek. Köszönöm továbbá Dr. Gelencsér Évának és Dr. Nagy Andrásnak (KÉKI) az állatkísérletek során végzett munkájukat.

Köszönöm tanárainnak, továbbá tanszékünk minden munkatársának, kiemelve Dr. Czipa Nikolettet és Dr. Sipos Pétert, hogy szakmai tanácsaikkal, meglátásaikkal segítették munkámat.

Köszönet illeti opponenseimet, Prof. Dr. habil. Sárdi Katalint és Dr. habil. Balláné Kovács Andreát bírálói tevékenységükért, mely során fáradtságos munkával a dolgozatot értékelték, s hasznos tanácsaikkal, éles meglátásaikkal hozzájárultak annak végleges formájához.

Köszönöm kedves hallgatótársaimnak, Kállai-Nagy Máriának, Móre Mariannak, Andrási Dávidnak, Fejes Veronikának, hogy a vizsgálatok során nyújtott segítségükkel és lelki támogatásukkal hozzájárultak, hogy ezen értekezés megszülethessen.

Szeretném kifejezni hálámat szüleimnek, testvéremnek és családjának, továbbá kedvesemnek, hiszen az ő támogatásuk nélkül ez a dolgozat nem jöhetett volna létre.

Végül köszönöm a Magyar Államnak, hogy Doktori Ösztöndíj formájában lehetőséget nyújtott számomra, és biztosította a PhD tanulmányaimhoz szükséges anyagi hátteret.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Karán, a Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola keretében készítettem a Debreceni Egyetem MÉK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 20.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Burján Zita Kata doktorjelölt 2010–2013. között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 20.....

.....
a témavezető aláírása

Prof.Dr.Dr.h.c. Győri Zoltán