

Az őszi búza minőségének változása az érés során

Sipos Péter – Tóth Árpád – Győri Zoltán

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Élelmiszertudományi és Minőségbiztosítási Tanszék, Debrecen
siposp@helios.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Két őszi búza fajta lisztjének elemtartalmát vizsgáltuk annak megállapítására, hogy az érési állapot, valamint a szemek kalászon belüli elhelyezkedése milyen hatást gyakorol a lisztek elemtartalmára. A virágzást követő 14. és 42. nap között vett kalázmintákat hosszában harmadoltuk, a kicsépelte szemeket megőröltük, s a nyert lisztek elemtartalmát meghatároztuk.

Megállapítottuk, hogy a búzaszem kalászon belüli helyzete a belőle őrölt liszt elemtartalmára hatással van. Az apikális szemek lisztjének nitrogén, kén és foszfortartalma alacsonyabb volt, mint a centrális és bazális szemek lisztjéből mérhető elemtartalom. Az érés alatti elemtartalom alakulását vizsgálva megfigyelhető, hogy a tápelemek két csoportra oszthatóak. A nitrogén, kén és réztartalom az érés során folyamatosan változott, míg a P, K, Ca, Mg, Mn, Sr és Zn tartalom az érés második felében, egy adott érték elérése után közel állandó maradt. Megállapítottuk, hogy bár a lisztek nitrogén koncentrációja folyamatosan változott, a lisztben lévő nitrogén mennyisége az érés második felében egy adott értéket ért el.

Kulcsszavak: őszi búza, liszt, érésdinamika, elemtartalom

SUMMARY

We analysed the flour of two winter wheat varieties to determine the effect of maturity state and grain position in the ear on the element composition of flour. Samples were taken from the 14th to the 42th day of anthesis. Ear samples were cut into three (basal, central and apical) parts, the trashed grains were milled, and the element compositions of the flours were determined.

We found that the grain position within the ear has an effect on flour element content. Flours of apical grains had lower nitrogen, phosphorus and sulphur contents than flours of central and basal grains. The nutrients can be divided into two parts, based on the formation of element content during maturation. Nitrogen, sulphur and copper contents changed continuously during maturity, while the P, K, Ca, Mg, Mn, Sr and Zn contents decreased until a specific value and became nearly constant in the second half of maturity. We found that – although the nitrogen concentration of flours changed continuously – the amount of nitrogen in the flours reached a constant value for the second half of maturity.

Keywords: winter wheat, flour, maturity, element composition

BEVEZETÉS

Az őszi búza és az abból őrölt liszt minőségét a virágzaskori érés alatti időjárási viszonyok alapvetően meghatározzák. Rövid, 7-10 napos száraz periódus az érési szakasz végén magas sikértartalom

és kedvező reológiai tulajdonságok elérését segítheti, viszont hosszabb száraz időszak már a szemtelitődést akadályozza és a magas sikértartalom már nem párosul kedvező tészatulajdonságokkal. A betakarítás előtti csapadékos időjárás pedig az enzimológiai folyamatok felgyorsulását, nagy sikerterületést és gyenge sütőipari minőség kialakulását segíti. Az egyes fajták eltérő érzékenysége következtében ezen folyamatok megjelenése és mértéke eltérő lehet, ami a különböző fajták alapos megismerésének és az érés alatti folyamatok tanulmányozásának fontosságát hangsúlyozza.

Az őszi búza érése során a szemekben a nitrogén felhalmozás körülbelül párhuzamosan zajlik a szárazanyag beépüléssel (Waters et al., 1980; Bauer et al., 1987). Ellen (1987) vizsgálatai szerint a szárazanyag arányában kifejezett nitrogéntartalom minimuma a szemtelitődési szakasz közepén figyelhető meg, majd a fiziológiai érettség állapotában tetőzik. Ezt követően az intenzív szénhidrát beáramlás csökkenti a nitrogén relatív mennyiségét. A szárazanyag-beépülés és nitrogén akkumuláció dinamikája genetikailag meghatározott tulajdonság (Sofield et al., 1977; Schnyder és Baum, 1992). Számos nemzetközi kutatás foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy a szemben lezajló folyamatok – így a nitrogén beépülés is – az abban lejátszódó kémiai-fiziológiai folyamatok által, vagy a vegetatív szervek nitrogén-ellátó képessége által szabályozott folyamatok, illetve ezen tényezők milyen mértékben fejtik ki hatásukat (Triboi és Triboi-Blondel, 2002).

Leírt már a szemek kalászon belüli helyzetének nitrogéntartalomra gyakorolt hatása is. A könnyebb súlyú szemek – melyek főleg a kalász apikális végén fejlődnek (Simmons és Moss, 1978; Slafer és Savin, 1994; Miralles és Slafer, 1995) – általában alacsonyabb nitrogéntartalmúak (Herzog és Stamp, 1983; Kruk et al., 1997). A nitrogéntartalom kalászon belül megfigyelt eltérései egyéb elemek koncentrációjának eltéréseit sugallják. A nitrogéntartalom kalászon belüli eloszlásához hasonló eloszlást figyeltek meg Calderini et al. (2000) és Calderini és Ortiz-Monasterio (2003) több makro- és mikroelem koncentrációjának vizsgálatakor.

Vizsgálataink célja az érésben lévő kalászokból származó szemek lisztjének elemtartalom-analízise annak megállapítására, hogy egyrészt az érés folyamán hogyan változik az egyes elemek mennyisége, másrészt a szemek kalászon belüli helyzete hatással van-e azok lisztjének elemtartalmára.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgált minták a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Látóképi Kísérleti Telepéről származtak. A Kísérleti Telep talaja semleges közeli pH-értékű ($\text{pH}_{\text{KCl}} 6,46$) mészlepedékes csernozjom. Humusztartalma közepes (2,76% a felső 20 cm-es talajrétegben), foszfortartalma közepes (AL-oldható P_2O_5 133 mg/kg), kálium-ellátottsága jó (AL-oldható K_2O 240 mg/kg).

A vizsgálatba az Mv Summa és az Mv Emma őszi búza fajtákat vontuk be a 2003/04-es termesztési évből. A vizsgált év időjárása kedvező volt a mind mennyiségi, mind minőségi búzatermesztés szempontjából. Áprilisban $11,4^\circ\text{C}$, virágzáskor $14,8^\circ\text{C}$, érés során $19,2-22,2^\circ\text{C}$ volt az átlagos hőmérséklet. A csapadék mennyisége és megoszlása szintén kedvező volt. A mintavételi időszakban hét alkalommal, összesen 51,3 mm csapadék hullott.

A növények kalászeit két ismétlésben, 2004. június 15. és 2004. július 13. között vágtuk le két-háromnaponta. Alkalmanként 150-150 kalászt vágunk le.

A laboratóriumi vizsgálatok a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Regionális Agrárműszerközpontban lettek elvégezve. A kalászkok hosszanti irányban három (bazális, centrális és apikális) részre lettek osztva. A kalászrészeket kézzel csépeztük. A szemmintákból az ezerszemtömeg meghatározása után FQC-2000 laboratóriumi mikromalommal (Metefém, Magyarország) öröltük ki a lisztet, 250 μm -es szita használatával.

A lisztminták nitrogéntartalmát a Dumas-féle égetéssel elven alapuló módszerrel (AACC 046-30, Zsombikné Puy et al., 2004) határoztuk meg Elementar VarioMax készülékkel (Hanau, Germany). A lisztminták Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P, S, Sr és Zn tartalmát OPTIMA 3300 DV típusú (Perkin-Elmer Ltd., Wellesley, USA) ICP-OES készülékkel határoztuk meg Kovács et al. (1996, 1998) módszere szerint. A mérés ellenőrzésére BCR CRM 189 hiteles anyagmintát használtunk.

A kapott eredményeket többváltozós varianciaanalízissel elemeztük, ahol a genotípus volt a fő tényező, a mintavételi idő és a kalászrész a másod-, illetve harmadrendű tényező.

A kalászkokból származó liszt átlagos elemtartalmát a különböző kalászrészek elemtartalmából az alábbi képlet szerint határoztuk meg:

$$\text{ANC} = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \left(\frac{\text{GA}_{i,j} \times \text{NC}_{i,j}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^2 \text{GA}_{k,l}} \right) \quad [1],$$

ahol ANC az átlagos elemtartalom (mg/kg), $\text{GA}_{i,j}$ a szemek tömege az i . kalászrészben a j . ismétlésben (g), $\text{NC}_{i,j}$ az elemkoncentráció az i . kalászrészben a j . ismétlésben (mg/kg), és

$$\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^2 \text{GA}_{k,l}$$

a teljes szemmennyiség tömege az adott mintavételi napon (g).

A különböző kalászrészekből származó szemek lisztjében az asszimilált elem mennyiség (AAN) a következő képlettel lett meghatározva:

$$\text{AAN}_{i,j} = \frac{\text{NC}_{i,j} * \text{TGW}_{i,j}}{1000} \quad [2],$$

ahol AAN az asszimilált elem mennyiség i . kalászrészben a j . ismétlésben (mg), $\text{NC}_{i,j}$ az elemkoncentráció (mg/kg) és $\text{TGW}_{i,j}$ az ezerszemtömeg (g) az i . kalászrészben a j . ismétlésben.

A statisztikai analízist az SPSS 11.0 programmal végeztük el.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

A különböző búzafajták lisztjei esetében eltérő elemösszetételt tapasztaltunk. Az Mv Summa fajta lisztje magasabb K és Sr tartalmú, a vizsgált két fajta lisztjének Ca koncentrációja közel azonos, míg a többi elem esetében az Mv Emma fajta vizsgálatokor kaptunk magasabb elemtartalom-értékeket (1. és 2. táblázat).

1. táblázat

A kezdeti és végső makroelem-tartalom a fajták és szem elhelyezkedése függvényében, mg/kg

Fajta(1)	Mintavétel ideje(2)	Szem pozíciója(3)	N	Ca	K	Mg	P	S
Mv Summa	14 nappal virágzás után(4)	Bazális(6)	14500 ± 1100	275 ± 94	1900 ± 426	400 ± 160	1500 ± 415	1175 ± 105
		Centrális(7)	13700 ± 200	225 ± 9	1610 ± 65	290 ± 12	1215 ± 47	1100 ± 32
		Apikális(8)	12700 ± 400	270 ± 18	1570 ± 85	310 ± 20	1200 ± 70	1070 ± 35
	42 nappal virágzás után(5)	Bazális(6)	16600 ± 200	170 ± 2	1340 ± 10	230 ± 25	940 ± 75	1440 ± 7
		Centrális(7)	15900 ± 200	160 ± 8	1300 ± 55	190 ± 6	850 ± 14	1430 ± 4
		Apikális(8)	15400 ± 100	180 ± 16	1250 ± 65	195 ± 8	810 ± 24	1425 ± 40
Mv Emma	14 nappal virágzás után(4)	Bazális(6)	21300 ± 200	285 ± 0	1475 ± 30	385 ± 40	1400 ± 95	1720 ± 94
		Centrális(7)	21000 ± 100	250 ± 25	1315 ± 70	350 ± 50	1335 ± 100	1725 ± 40
		Apikális(8)	19700 ± 300	280 ± 5	1400 ± 45	415 ± 50	1430 ± 95	1690 ± 30
	42 nappal virágzás után(5)	Bazális(6)	23300 ± 800	170 ± 0	910 ± 10	230 ± 6	1040 ± 2	1815 ± 35
		Centrális(7)	22800 ± 500	170 ± 5	810 ± 55	210 ± 25	975 ± 75	1735 ± 55
		Apikális(8)	20800 ± 100	174 ± 10	800 ± 50	220 ± 25	970 ± 100	1600 ± 13

 Table 1: Initial and final flour macronutrient concentration by genotypes and grain positions, mg/kg
 Genotype(1), Sampling date(2), Grain position(3), 14 days after anthesis(4), 42 days after anthesis(5), basal(6), central(7), apical(8)

A kezdeti és végső mikroelem-tartalom a fajták és szem elhelyezkedése függvényében, mg/kg

Fajta(1)	Mintavétel ideje(2)	Szem pozíciója(3)	Cu	Mn	Sr	Zn
Mv Summa	14 nappal virágzás után(4)	Bazális(6)	1,70 ± 0,98	15,70 ± 6,36	1,61 ± 0,30	10,10 ± 3,66
		Centrális(7)	1,15 ± 0,24	11,00 ± 0,71	1,51 ± 0,01	8,30 ± 1,39
		Apikális(8)	1,10 ± 0,18	12,00 ± 0,99	1,61 ± 0,09	8,30 ± 0,17
	42 nappal virágzás után(5)	Bazális(6)	1,35 ± 0,04	6,90 ± 0,62	1,16 ± 0,06	6,40 ± 0,29
		Centrális(7)	1,25 ± 0,02	5,40 ± 0,31	1,11 ± 0,01	5,70 ± 0,05
		Apikális(8)	1,25 ± 0,01	5,00 ± 0,06	1,25 ± 0,20	6,40 ± 0,54
Mv Emma	14 nappal virágzás után(4)	Bazális(6)	1,70 ± 0,15	22,60 ± 1,77	1,46 ± 0,03	13,00 ± 2,83
		Centrális(7)	1,65 ± 0,03	20,20 ± 2,05	1,35 ± 0,09	10,60 ± 1,04
		Apikális(8)	1,70 ± 0,03	24,40 ± 2,12	1,48 ± 0,04	11,90 ± 0,85
	42 nappal virágzás után(5)	Bazális(6)	1,40 ± 0,00	11,60 ± 0,07	1,14 ± 0,01	8,70 ± 0,06
		Centrális(7)	1,40 ± 0,02	10,60 ± 0,85	1,10 ± 0,03	8,20 ± 0,26
		Apikális(8)	1,40 ± 0,20	11,20 ± 2,03	1,10 ± 0,07	5,50 ± 0,59

Table 2: Initial and final flour micronutrient concentration by genotypes and grain positions, mg/kg
Genotype(1), Sampling date(2), Grain position(3), 14 days after anthesis(4), 42 days after anthesis(5), basal(6), central(7), apical(8)

A vizsgált búzafajták ezerszemtömege – az irodalmi adatoknak megfelelően – az érési periódus során fokozatosan növekedett. A betakarítási periódusra a kalászkok átlagos ezerszemtömege 45,7 g lett az Mv Summa esetében és 44,1 g az Mv Emma esetében. A kalászrész hatását vizsgálva megállapítottuk, hogy az Mv Summa fajta esetében minden esetben bazális részen fejlődő szemek ezerszemtömege a legmagasabb, és az apikális részek ezerszemtömege a legalacsonyabb. Az Mv Emma fajta esetében a legmagasabb értéket a bazális és centrális szemek váltakozva adták (1. és 2. ábra).

1. ábra: Az ezerszemtömeg alakulása az Mv Summa fajta esetében

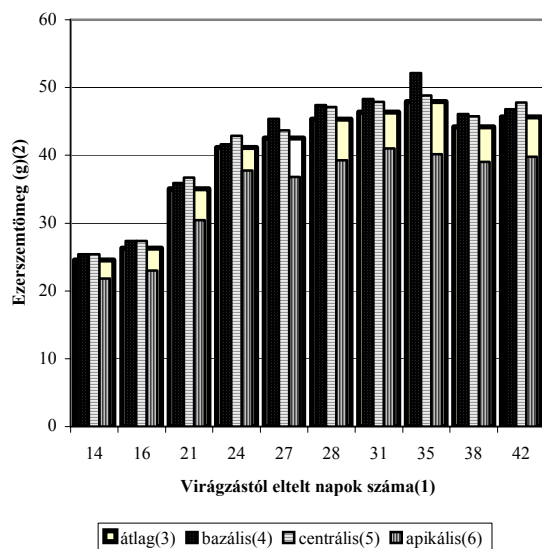


Figure 1: Formation of the 1000-kernel weight of Mv Summa
Days after anthesis(1), 1000-kernel weight(2), average(3), basal grains(4), central grains(5), apical grains(6)

2. ábra: Az ezerszemtömeg alakulása az Mv Emma fajta esetében

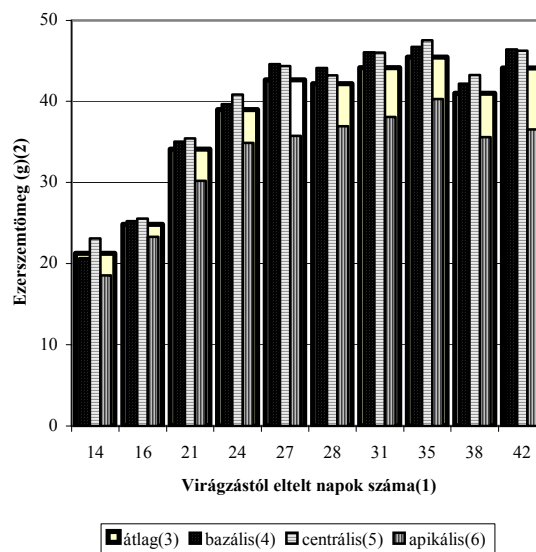


Figure 2: Formation of the 1000-kernel weight of Mv Emma
Days after anthesis(1), 1000-kernel weight(2), average(3), basal grains(4), central grains(5), apical grains(6)

A vizsgált lisztek nitrogén koncentrációja a mintavételi időszak alatt – tendenciáját tekintve – növekedett, s a kalászon belül apikális irányban csökkent mindkét fajta esetében. Az érési időszak végére a nitrogéntartalom az Mv Summa esetében 1,6-1,7%, az Mv Emma esetében 2,2-2,5% volt. Az asszimilált nitrogén mennyiségét vizsgálva megállapítottuk, hogy a szem lisztfraekcióiba beépített nitrogén mennyisége egy adott érték elérése után nem változott (az Mv Summa esetében az egy szem búzára eső liszt nitrogéntartalom 0,73-0,77 g, az Mv Emma esetében 1,00-1,14 g volt) (3. és 4. ábra).

A mennyiségben meghatározott elemtartalom és az ezerszemtömeg kapcsolatát leíró lineáris regressziós egyenlet igen szoros kapcsolatot mutat a két

paraméter között, szemben a nitrogén koncentráció és az ezerszemtömeg kapcsolatát jellemző közepes erősségű regressziós kapcsolattal (5. és 6. ábra).

3. ábra: A nitrogéntartalom alakulása az Mv Summa fajta esetében

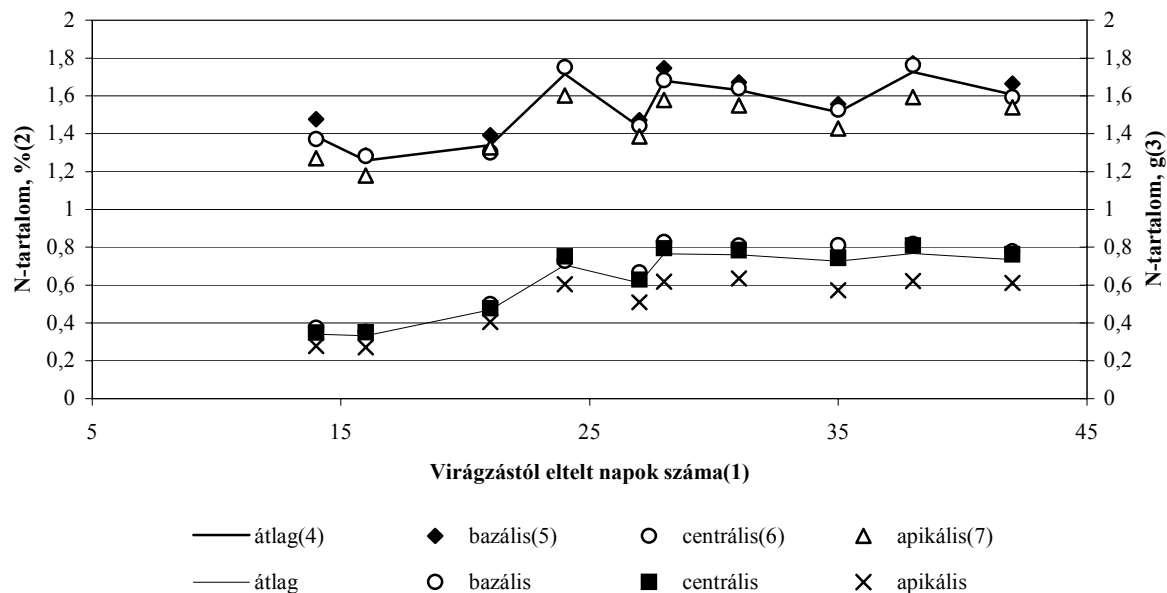


Figure 3: Formation of N content of Mv Summa
Days after anthesis(1), N-content, %(2), N-content, g(3), average(4), basal grains(5), central grains(6), apical grains(7)

4. ábra: A nitrogéntartalom alakulása az Mv Emma fajta esetében

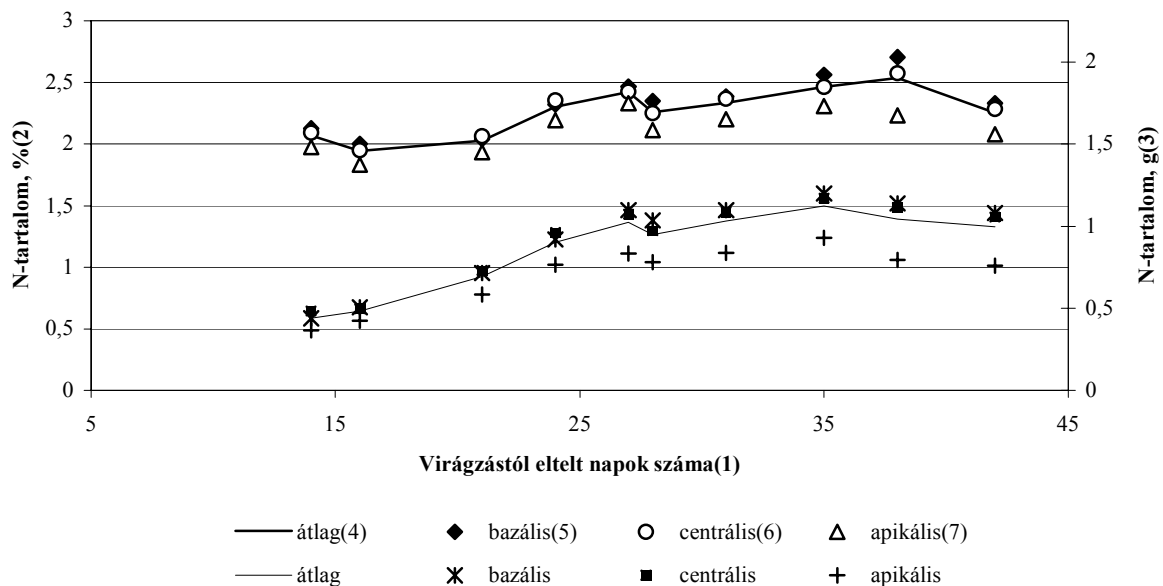


Figure 4: Formation of N content of Mv Emma
Days after anthesis(1), N-content, %(2), N-content, g(3), average(4), basal grains(5), central grains(6), apical grains(7)

5. ábra: A nitrogéntartalom és az ezerszemtömeg kapcsolata az Mv Summa fajta esetében

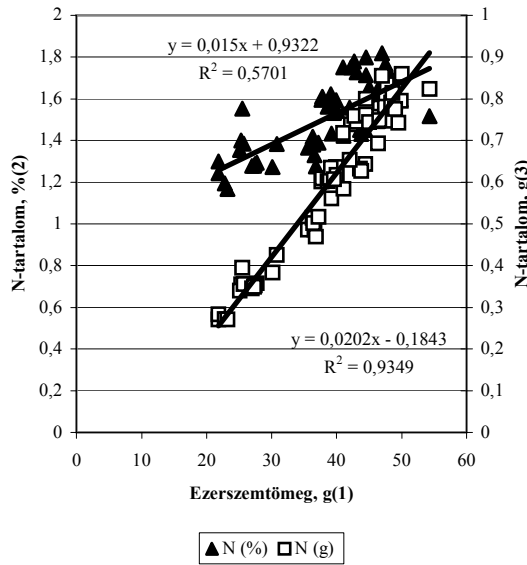


Figure 5: Connection between the N content and 1000-kernel weight of Mv Summa
1000-kernel weight(1), N-content, %(2), N-content, g(3)

6. ábra: A nitrogéntartalom és az ezerszemtömeg kapcsolata az Mv Emma fajta esetében

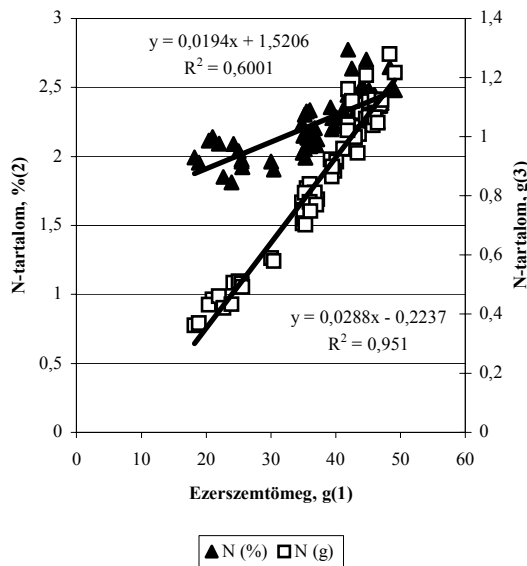


Figure 6: Connection between the N content and 1000-kernel weight of Mv Emma
1000-kernel weight(1), N-content, %(2), N-content, g(3)

A lisztek kéntartalma a nitrogéntartalom alakulásával közel azonos dinamikával változott. Ezen két elem aránya fajtára jellemző konstans érték mind a búzaszem, mind a liszt esetén, mely kénnel megfelelő mértékben ellátott termőhelyen 13-16 közötti érték (Randall et al., 1981). Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a lisztek N/S aránya az érés során közel állandó, tehát a szem fejlődése során a két elemet azonos ütemben építi be kémiai

vegyületeibe. Az Mv Summa esetében az arány 12-12,5, az Mv Emma esetében 13,8-14,2 között változott (7. ábra).

7. ábra: A vizsgált lisztjének N/S arányának alakulása

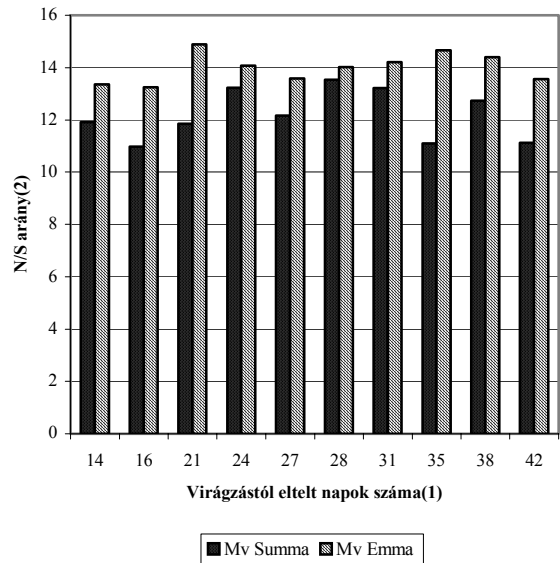


Figure 7: Formation of N/S ratio of examined varieties
Days after anthesis(1), N/S ratio(2)

A további makroelemek koncentrációjának vizsgálatok megállapítottuk, hogy az érés során a Ca, K, Mg és P tartalom folyamatosan csökkent. A mikroelemek – a réz kivételével – hasonló tendenciát mutattak, azaz koncentrációjuk a virágzást követő 15-20. nap után közel állandó értéket vett fel (8. ábra). A réztartalom a nitrogén és kénkoncentrációval azonos módon változott (9. ábra).

8. ábra: A vizsgált fajták foszfortartalmának alakulása

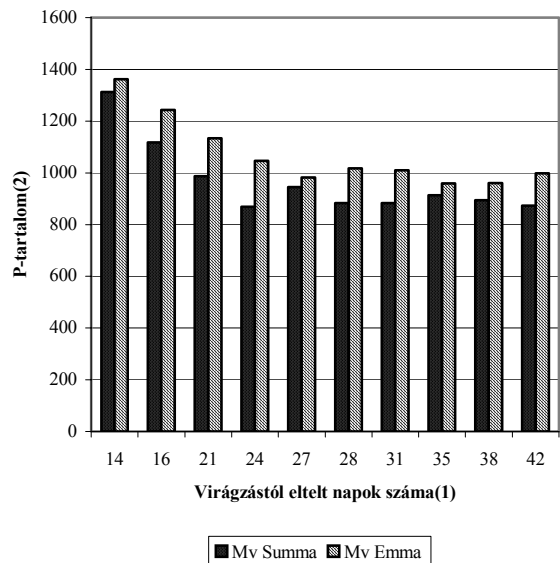


Figure 8: Formation of P content of examined varieties
Days after anthesis(1), P-content(2)

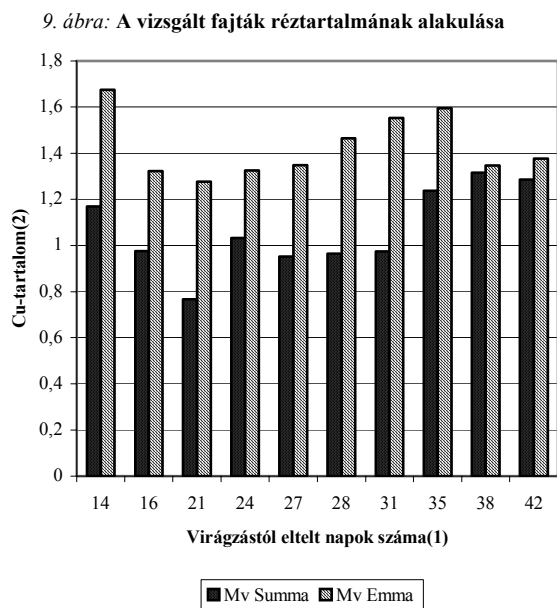


Figure 9: Formation of Cu content of examined varieties Days after anthesis(1), Cu-content(2)

Az ezerszemtömegnek, a lisztekben asszimilált nitrogén mennyiségének és az elemek koncentrációjának korrelációanalízise (3. táblázat) a paraméterek közötti erős kapcsolatrendszer jellemzi. Az ezerszemtömeg az Mv Emma fajta esetében szoros kapcsolatot mutatott a nitrogén-koncentrációval, valamint a nitrogén, kén, kalcium és stroncium tartalommal. Az Mv Emma esetében ezeken túl a kálium, magnézium, mangán, foszfor és széntartalom mutatott szoros kapcsolatot az ezerszemtömeggel. Mindkét fajta esetében szoros kapcsolatrendszer tárunk fel a kálium, magnézium, mangán, foszfor, stroncium és cink elemek között. A magnézium és foszfor igen szoros kapcsolatának (10. ábra) háttérében a fitin jelenlétét sejtettük a lisztben, noha ezen vegyület jelentős része a korpa és csíra részekben raktározódik. A két elem lisztben számított molarányának eloszlása (11. ábra) viszont arra enged következtetni, hogy a lisztben mért magnézium és foszfor jelentős része szintén közös, fitintől eltérő, vagy módosult szerkezetű kémiai vegyületben fordul elő, hiszen a teljes szem vizsgálatakor a foszfor-magnézium molarány értéke 2 körüli.

3. táblázat

Az ezerszemtömegnek, a lisztekben asszimilált nitrogén mennyiségének és az elemek koncentrációjának kapcsolatrendszere

	1000 sz.t.(1)	N (%)	N (g)	C (%)	S (%)	Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	P	S	Sr	Zn
1000 sz.t.(1)	1	0,775	0,975	0,828			-0,888			-0,807	-0,836	-0,862		-0,812		-0,877	
N (%)	0,755	1			0,795										0,833		
N (g)	0,967		1	0,832			-0,801				-0,770	-0,848		-0,767		-0,828	
C (%)				1			-0,759			-0,760	-0,754	-0,863		-0,790		-0,762	
S (%)					1												
Al						1							0,800				
Ca	-0,791						1			0,930	0,926	0,849		0,886		0,936	0,793
Cu								1									
Fe									1								
K										1	0,931			0,927		0,901	0,838
Mg							0,835			0,910	1	0,931		0,973		0,927	0,880
Mn							0,802			0,807	0,933	1		0,957		0,899	0,793
Na												0,679	1				
P										0,920	0,966	0,939		1		0,914	0,842
S	0,752	0,896	0,849												1		
Sr	-0,844		-0,829				0,927				0,789	0,806				1	0,805
Zn							0,807			0,884	0,937	0,841		0,883		0,752	1

Table 3: Connections between 1000-kernel weight, amount of assimilated nitrogen and element concentrations 1000-kernel weight(1)

10. ábra: A magnézium és foszfortartalom kapcsolata

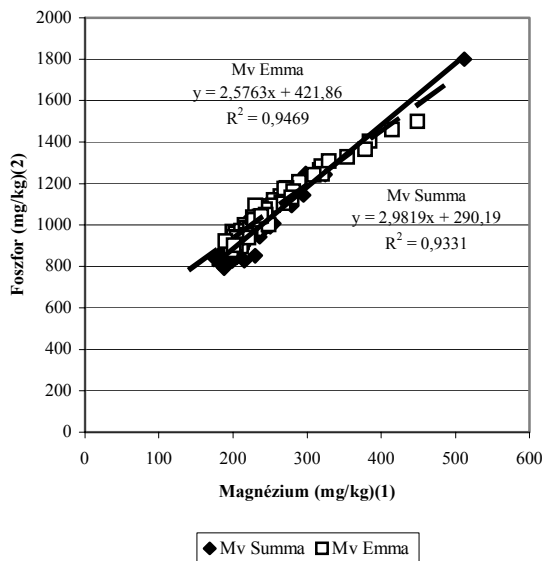


Figure 10: Connection between phosphorus and magnesium concentrations

Magnesium (mg/kg)(1), Phosphorus (mg/kg)(2)

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a búzaszem kaláson belüli helyzete a belőle örölt liszt elemtartalmára hatással van. Az apikális szemek lisztjének nitrogén, kén és foszfortartalma alacsonyabb volt, mint a centrális és bazális szemek lisztjéből mérhető elemtartalom. Az apikális szemek általában alacsonyabb tömege és relatíve nagyobb távolsága a transzport rendszerben eltérő elemtartalmat eredményezett.

Az érés alatti elemtartalom alakulását vizsgálva megfigyelhető, hogy a tápelemek két csoportra oszthatóak. A nitrogén, kén és réztartalom az érés során folyamatosan változott, míg a P, K, Ca, Mg, Mn, Sr és Zn tartalom az érés második felében, egy adott érték elérése után közel állandó maradt.

Megállapítottuk, hogy bár a lisztek

11. ábra: A magnézium és foszfor mólarány-eloszlása

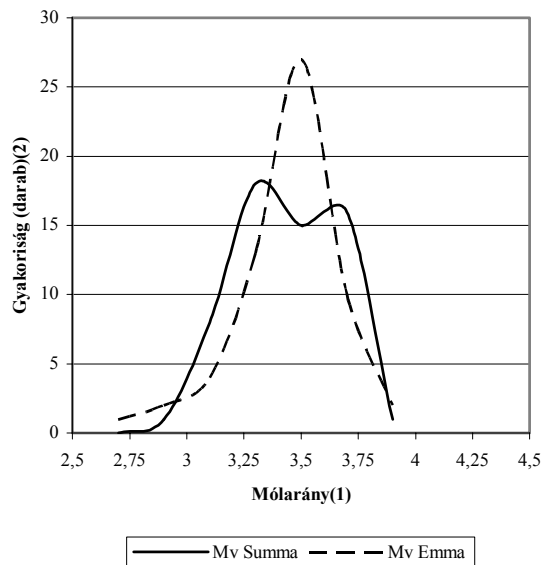


Figure 11: Distribution of magnesium and phosphorus molar rate

Molar rate(1), Frequency (piece)(2)

nitrogénkoncentrációja folyamatosan változott, a lisztben lévő nitrogén mennyisége az érés második felében – harmadik harmadában egy adott értéket ért el.

Az ezerszemtömeg az Mv Summa fajta esetében szoros kapcsolatot mutatott a nitrogénkoncentrációval, valamint a nitrogén, kén, kalcium és stroncium tartalommal, míg az Mv Emma esetében ezeken túl a kálium, magnézium, mangán, foszfor és széntartalom is szoros kapcsolatban állt azzal. Mindkét fajta esetében szoros kapcsolatrendszer tárunk fel továbbá a kálium, magnézium, mangán, foszfor, stroncium és cink elemek között. A magnézium és foszfor együttes szerepe már ismert a búza szem esetében, viszont lisztek esetében mért eltérő mólarány-eloszlás ezen elemek endospermiumban betöltött szerepének további vizsgálatát szorgalmazza.

IRODALOM

- Bauer, A.-Frank, A. B.-Black, A. L. (1987): Aerial parts of hard red spring wheat. III. Nitrogen and phosphorus concentration and content in kernels, anthesis to ripe stage. *Agronomy Journal*, 79. 859-864.
- Calderini, D. F.-Abeledo, L. G.-Slafer, G. A. (2000): Physiological maturity in wheat based on kernel water and dry matter. *Agron. J.*, 92. 895-901.
- Calderini, D. F.-Ortiz-Monasterio, I. (2003): Grain position affects grain macronutrient and micronutrient concentrations in wheat. *Crop Sci.*, 43. 141-151.
- Ellen, J. (1987): Effects of plant density and nitrogen fertilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) I. Production pattern and grain yield. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 35. 137-153.
- Herzog, H.-Stamp, P. (1983): Dry matter and nitrogen accumulation in grains at different ear positions in „gigas” semidwarf and normal spring wheats. *Euphytica*, 32. 511-520.
- Kovács, B.-Dániel, P.-Györi, Z.-Loch, J.-Prokisch, J. (1998): Studies on Parameters of Inductively Coupled Plasma Spectrometer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29. 11-14. 2035-2054.
- Kovács, B.-Györi, 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. 5-8. 1177-1198.
- Kruk, B. C.-Calderini, D. F.-Slafer, G. A. (1997): Grain weight in wheat cultivars released from 1920 to 1990 as affected by postanthesis defoliation. *J. Agric. Sci.*, 128. 273-281.
- Miralles, D. J.-Slafer, G. A. (1995): Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crop Res.*, 43. 55-66.
- Randall, P. J.-Spencer, K.-Frenay, J. R. (1981): Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. I. Concentrations of

- sulphur and nitrogen and the nitrogen to sulphur ratio in grain relation to the yield response. *Austr. J. Agric. Res.*, 32. 203-212.
- Schnyder, H.-Baum, U. (1992): Growth of the grain of wheat (*Triticum aestivum* L.). The relationship between water content and dry matter accumulation. *Eur. J. Agron.*, 1. 51-57.
- Simmons, R.-Moss, D. N. (1978): Nitrogen and dry matter accumulation by kernels formed at specific florets in spikelets of spring wheat. *Crop Sci.*, 18. 139-143.
- Slafer, G. A.-Savin, R. (1994): Grain mass change in a semi-dwarf and a standard-height wheat cultivar under different sink-source relationships. *Field Crops Res.*, 37. 39-49.
- Sofield, I.-Wardlaw, I. F.-Evans, L. T.-Zee, S. Y. (1977): Nitrogen, phosphorus and water contents during grain development and maturation in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.*, 4. 799-810.
- Triboi, M.-Triboi-Blondel, A. M. (2002): Productivity and grain or seed composition: a new approach to an old problem: invited paper. *Eur. J. Agron.*, 16. 163-186.
- Waters, S. P.-Peoples, M. B.-Simpson, R. J.-Dalling, M. J. (1980): Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.) I. Peptide hydrolase activity and protein breakdown in the flag leaf, glumes and stem. *Planta*, 148. 422-428.
- Zsombikné Puy K.-Borbély M.-Györi Z. (2004): Őszi káposztarepce-állományban végzett kéntrágyázási kísérlet eredményei. *Agrártudományi Közlemények (Acta Agraria Debreceniensis)*, Debrecen, 13. 116-119.
- American Association of Cereal Chemists (2000): Approved Methods of the AACC, 10th edition Method 46-30, final approval 1961, reapproval 1999, The Association: St. Paul, MN