



Burján Zita Kata¹, András Dávid¹, Győri Zoltán²

Érkezett/Received: 2014. január/January – Elfogadva/Accepted: 2014. február/February

A búzaliszt ásványianyag- és fehérjetartalmának változása műtrágyázás hatására

Összefoglalás

Jelen dolgozatban a K, P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr és a fehérje mennyiségi alakulását vizsgáltuk különböző adagú NPK kezelések mellett az egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek nagyhorcsöki kísérleti állomásáról származó búzaliszt mintákban. A minták elemtartalmának meghatározása induktív csatolású plazma tömegspektrométerrel történt, amelyet a minták oldatba vitele előzött meg $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ -os nedves roncsolás formájában. A fehérjetartalmat Kjeldal módszerrel határoztuk meg. A kezelések hatásának szignifikanciáját két mintás t-próbával vizsgáltuk. Eredményeink szerint a javuló N ellátás nem befolyásolta a liszt K-, P-, Mg- és Fe-tartalmát, viszont pozitív hatással volt a S, Ca, Cu, Mn és Sr dúsulására. A szuperfoszfát adagok és a liszt K-, S-, Mg-, Ca-, Fe- és fehérjetartalma között nem találtunk összefüggést, azonban a S mennyisége növekvő tendenciát mutatott, emellett a javuló P ellátással nőtt a liszt P-, Mn- és Sr-koncentrációja, viszont a P kezelések gátolták a Zn- és a Cu-akkumulációját. A K dózisok 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.

Bevezetés

A gabonanövények termése fontos ásványianyag- és tápanyagforrás az emberek számára [1]. Az ásványi elemek megoszlása a búzaszem egyes részei között egyenetlen. Ezeket legnagyobb mennyiségben az aleuron réteg tartalmazza [2], viszont számos országban az ásványi alkotókban legszegényebb endospermium a mag legszélesebb körben fogyasztott része [3]. Ugyanakkor az elégtelen ásványi anyagbevitel egyre jelentősebb problémát jelent az emberi táplálkozásban [4].

A búzával szemben támasztott fontos minőségi követelmény, hogy annak szemtermése minél nagyobb fehérjetartalommal rendelkezzen. A fehérjetartalom ugyanis kedvezően befolyásolja a búzaliszt sütőipari

értékét, és jó hatással van a belőle készült kenyér emészthetőségére [5]. A búzaszemek minden részében található fehérje, ám az legnagyobb koncentrációban az aleuronrétegben és a csírában van, így a teljes szem a fehérjetartalom szempontjából is értékesebb, mint az endoszpermből álló termékek [6].

Figyelembe véve, hogy a trágyázás az őszi búza termesztéstechnológiája során az egyik legfontosabb, legkritikusabb tényező [7], vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy lehetséges-e a búzaliszt elem- és fehérjetartalmának növelése a megfelelően kialakított nitrogén, illetve NPK trágyázási stratégiákkal, illetve, hogy hogyan hatnak a búzaliszt elemtartalmára az NPK kezelések különböző szintjei.

¹ Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet

University of Debrecen Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Food Science, Quality Assurance and Microbiology

² Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Regionális Gazdaságtani és Vidékfejlesztési Intézet

Szent István University, Faculty of Economics and Social Sciences, Institute of Regional Economics and Rural Development

Shi vizsgálataiban a N trágyázás szignifikáns hatással volt a búzaszemek fehérjetartalmára [2]. Kalászos gabonaféléken végzett kísérletek során a N-túlsúly növelte a termés Fe-, Mn-, Cu- [8], és S-tartalmát [9]. Más kutatások eredménye szerint a N trágyázással nőtt a búzaszemek Ca koncentrációja [10], [11], továbbá a termés és a búzaliszt Cu- és Zn- illetve Fe-tartalma [2], [3].

A P kezelések ásványianyag-tartalomra gyakorolt hatásával számos kutató foglalkozott. Kukorica szemtermésében a P trágyázás a P, K, Fe és Mn felvételére serkentőleg hatott [12]. Kádár [9] tritikálével végzett vizsgálataiban a P trágyázás hatására nőtt a P, a Ca, a Mg, a Mn valamint a Sr felhalmozódása a legtöbb növényi részben. Lásztity a S tartalom szignifikáns növekedését tapasztalta szuperfoszfát alkalmazása mellett, amit a műtrágyában lévő kénnel magyarázott [13]. Lásztity kísérletében a szuperfoszfát növekvő adagjai kedveztek a Sr akkumulációjának, amit a szerzők a szuperfoszfát műtrágya stronciumtartalmával indokoltak [14]. A foszfor-cink-antagonizmusról több kutató is beszámolt, többek között Bingham és Garber [15], Győri [16], Kádár [9], Kádár [17]. Győri [18] és Kincses, S.-né [11] vizsgálataiban a P trágyázás nemcsak a búzaszemek Zn koncentrációját, de azok Cu tartalmát is csökkentette, ami a foszfor-réz antagonizmusnak köszönhető.

Hazai kutatások tapasztalatai szerint a K műtrágyázás a kation-antagonizmus miatt csökkentette a búzaszem Ca tartalmát [11] emellett más kalászos gabonafélék esetében is mérsékelte a Ca, Mg és Sr akkumulációját [9], [8] és a S beépülését is enyhén visszaszorította [8].

Anyagok

Az általunk vizsgált minták az Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek nagyhorcsöki kísérleti telepéről származtak. Ezek begyűjtése 2005-ben történt, a tenyészedőszakban 488 mm csapadék hullott. A kísérleti terület talaja 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: pH (KCl): 7,3; S-érték: 26,8 mg/100g, Ca_2+ ; Mg_2+ ; $\text{Na}+$; $\text{K}+$ tartalom az S-érték %-ában a szántott rétegben: 92,6; 5,4; 0,1; 1,9. Al-oldható P_2O_5 - és K_2O : 60-80 és 180-200, KCl-Mg: 150-180, KCl+EDTA-oldható Mn-, Cu- és Zn tartalom: 80-150, 2-3 és 1-2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. A kísérletek elrendezésüket tekintve kétszeresen osztott split-split-plot felosztásúak, a főparcellákat a vetésforgók adják, míg a K-adagok az elsőrendű, az NP adagok a másodrendű alparcellák. A főparcellák 80 parcellából állnak, ezek bruttó parcellamérete 50-70 m^2 .

1. táblázat: A 18 jelű kísérletek kiválasztott kezeléskombinációi és műtrágyaadagjai
Table 1: Selected treatment combinations and fertilizer doses of experiments no. 18

Kezelés Treatment	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
1	0	0	0
9	150	0	100
11	150	100	100
17	250	100	100
28	150	50	100
30	150	100	0
36	150	100	200
40	200	0	0

Az általunk vizsgált 18-as jelű kísérletekben 40 tápanyagkezelés és 4 ismétlés van, ezek közül az 1. táblázatban szereplő kezelések mintái álltak rendelkezésünkre. A búzamenták Mv Csárdás fajtájúak voltak. A kísérletek során a foszfor szuperfoszfátként, a kálium 60%-os kálisóként, a nitrogén pedig pétisó formájában került alkalmazásra.

Módszerek

A búzát FQC-109 típusú LABOR MIM (METEFÉM, Budapest, Magyarország) malommal őrltük meg, majd 250 μm lyukméretű szitával választottuk el a lisztet a korpától. A minták elemtartalmának meghatározását nedves roncsolási folyamat előzte meg Kovács et al. [19] módszere szerint.

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

Table 2: Elements measured and wavelengths of the analytical lines used

Elem Element	Hullámhossz (nm) Wavelength (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 mérések kivitelezéséhez alkalmazott induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES) OPTIMA 3300 DV típusú, gyártója a Perkin-Elmer Ltd. A különféle mikroelemek mennyiségének meghatározása az adott elemnek megfelelően különböző hullámhosszon történt, amit a 2. táblázat

Changes in mineral and protein content of wheat flour due to fertilizers

Zita Kata Burján¹, Dávid András¹, Zoltán Győr²

Abstract

In this study the effect of different NPK doses on the contents of K, P, S, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr and protein were investigated in the flour of winter wheat. Samples were collected from Nagyhörcsök which is one of the experimental stations of the Hungarian National Long-term Fertilization Trials. The elements content of samples were measured using inductively coupled plasma optical emission spectrometer followed by digestion with HNO₃-H₂O₂ solution. The protein content was determined using Kjeldal method. The statistical analysis of the effect of NPK treatments was made using statistical method of independent samples T-test. It was proved that N treatments caused significant difference in the amount of Ca, Cu and Sr ($P < 0,05$) and there were strong significant correlation between N fertilizer and S, Mn and protein content of flours. The superphosphat had strong positive significant effect ($P < 0,01$) on the P, Mn, and Sr content and positive significant effect ($P < 0,05$) on the Sr concentration but strong negative significant influence ($P < 0,01$) on the amount of Zn and Cu in the flour. K fertilization reduced the accumulation of Ca and Sr.

Introduction

The fruits of cereal crops are important sources of minerals and nutrients for humans (McKevith, 2004). However, distribution of mineral elements in wheat grain is uneven. Most of them are contained in the aleurone layer (Shi, 2010), but in many countries it is the endosperm, lowest in mineral components, that is consumed the most (Kutman, 2011). At the same time, insufficient mineral intake is a growing problem in human nutrition (White and Broadley, 2005).

It is an important requirement for wheat berry to have as high protein content as possible. The reason for this is that protein content has a beneficial effect on the baking quality of wheat flour, and also the digestibility of the bread made of it (Loch, 1999). Protein can be found in all parts of wheat grains, but the highest concentrations are in the aleurone layer and the germ, so the whole grain is more valuable than products made of the endosperm – even in terms of protein content (Lásztity, 1981).

Taking into consideration that application of fertilizers is one of the most important, most critical factors in the production technology of fall wheat (Pepó, 2004), the aim of our research was to answer the question whether it is possible to increase the element and protein content of wheat flour by the use of suitable configured nitrogen and NPK fertilizing strategies, and to find out how different levels of NPK treatments influence the element content of wheat flour.

Shi (2010) found that N fertilizers affected the protein content of wheat grains significantly. In his experiments on grain crops, excess N increased the Fe, Mn, Cu (Kádár, 2000b) and S content (Kádár, 2004a) of the produce.

According to other studies, Ca content of wheat grains (Kincses, S.-né, 2002; Győri, 2007), and Cu and Zn, and also Fe content of grains and wheat flour (Shi, 2010; Kutman, 2011) was increased by N fertilizers.

The effect of P treatment on mineral content was also investigated by several researchers. P, K, Fe and Mn uptake in corn kernels was stimulated by P fertilizers (Kádár, 2000a). In the experiments of Kádár (2004) with triticale, P, Ca, Mg, Mn and Sr accumulation increased in most plant parts due to P fertilizers. Lásztity (1992) found a significantly increased S content when using superphosphate, which was explained by the sulfur content of the fertilizer. In the experiments of Lásztity and Csathó (2001), increasing amounts of superphosphate were beneficial to Sr accumulation, which was due to the strontium content of the superphosphate fertilizer, according to the authors. Several researchers published reports about the zinc antagonism of phosphorus; P fertilizers decreased not only the Zn concentration in wheat grain, but also their Cu content in the experiments of Bingham and Garber (1960), Győri (1980), Kádár (2000a), Kádár (2004b). Győri (2003) and S. Kincses (2002), due to the phosphorus-copper antagonism.

According to domestic research, K fertilizers decreased the Ca content of wheat grain via cation antagonism (S. Kincses, 2002), also decreased Ca, Mg and Sr accumulation in other grain crops (Kádár, 2004a; Kádár, 2004b) and slightly inhibited the incorporation of S (Kádár, 2004b).

Materials

Samples investigated came from the Nagyhörcsök experimental site of the National Fertilization Long-Term Trials. They were collected in 2005, there was 488 mm of precipitation during the growing season. The soil of the experimental area is chernozem with carbonates, its pH is slightly alkaline, in terms of mechanical properties it is loam with a crumbly structure, having generally good and stable, deep tilth, good water management properties. Because of its large store of utilizable water it is only slightly sensitive to drought. CaCO₃ content of the plow layer is 4.27%, humus content is 3.45%. Other important soil characteristics: pH (KCl): 7.3; S-value: 26.8 mg eq/100 g, Ca²⁺; Mg²⁺; Na⁺; K⁺ content as a percentage of the S-value in the plow layer: 92.6; 5.4; 0.1; 1.9. AL soluble P₂O₅ and K₂O: 60-80 and 180-200, KCl-Mg: 150-180, KCl+EDTA soluble Mn, Cu and Zn content: 80-150, 2-3 and 1-2 mg*kg⁻¹. Experimental arrangement was a doubly divided split-split-plot design, main parcels were defined by crop rotation, while K-portions are first order, NP portions are second order subparcels. Main parcels consist of 80 parcels with gross parcel sizes of 50-70 m².

In our experiments no. 18 there are 40 nutrient treatments and 4 replicates, of these samples from treatments listed in Table 1 have been available to us. Wheat samples were of the variety Mv Csárdás. Superphosphate was used as a source of phosphorus, 60% potash for potassium, Pétisó (dolomite-ammonium nitrate) for nitrogen.

Methods

Wheat was ground by an FQC-109 type LABOR MIM (ME-TEFÉM, Budapest, Hungary) mill, then flour and bran were separated using a sieve with a 250 μm opening. Element content of the samples was determined after wet digestion according to Kovács et al. (1996).

mutat be. A fehérjetartalom meghatározása Kjeldal módszerrel történt a MSZ 6830-4:1981 szabvány alapján [20]. A roncsolás Tecator 1007 típusú roncsológységben történt. A vízgőzdesztillációt Tecator 1026 készülékkel végeztük. A műtrágya-kezelések az elem- és a fehérjetartalomra gyakorolt szignifikáns hatását két mintás T-próbával határoztuk meg. A statisztikai elemzéseket SPSS for Windows 13.0 programcsomag segítségével hajtottuk végre.

Eredmények

Jelen kutatás célja annak vizsgálata, hogy milyen hatással vannak a különböző műtrágyák (N, P és K) eltérő dózisa a búzalisztek ásványianyag-tartalmára. A 3. táblázatban az 1-es és 40-es, továbbá a 11-es és 17-es kezelések mellett mért elemtartalom-értékek láthatók. A N kezelések befolyása a lisztekben 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 ($P < 0,05$) növekedését eredményezte. Ezt az okozhatta, hogy az alkalmazott pétisó műtrágya az ammónium-nitrát mellett mészkőport is tartalmaz [5]. A N műtrágya a búzaliszt Cu- és Sr-tartalmára is pozitív szignifikáns ($P < 0,05$) hatással volt, ami a Cu esetében a 11-es és a 17-es kezelések között, míg a stronciumnál a kontrol és a 40-es kezeléspár között mutatkozott meg. A növekedés mértéke a Ca esetében átlagosan 29% volt az első (1; 40), és 23% a második kezeléspárban (11; 17). 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 40-es kezelésben a kontrolhoz viszonyítva és a Mn-koncentrációra a 17-es kezelésben a 11-eshez képest. A fehérjetartalom esetében a javuló N-ellátás kedvező hatása ($P < 0,01$) mindkét kezeléspárban megmutatkozott. A fehérje mennyisége 41%-kal nőtt az első (1; 40), míg 28%-kal a második kezeléspárban (11; 17), a kén-tartalomban 31%-os, a Mn esetében pedig 19%-os emelkedést lehetett megfigyelni. A búzaliszt Zn tartalma ezzel szemben csak tendenciaszerű növekedést mutatott.

A 4. táblázat a különböző P dózisok mellett mért elem- és fehérje mennyiségeket foglalja össze a lisztekben. A vizsgált minták a 9-es, a 28-as, és a 11-es kezelésből származtak. A P műtrágya hatásának tanulmányozása során nem tapasztaltunk statisztikailag bizonyítható összefüggést a P adagok nagysága és a búzaliszt K-, S-, Mg-, Ca-, Fe- és fehérjetartalma között, habár a kénkoncentráció a kezelések növelésével emelkedő tendenciát mutatott.

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

Table 3: Effect of N treatment on the element and protein content of wheat flour

NPK (kg/ha)	K(mg/kg)	P(mg/kg)	S(mg/kg)
0-0-0	1160±18	1162±8	904±19
200-0-0	1211±23	1152±27	1180±44
150-100-100	1350±43	1188±18	1151±36
250-100-100	1352±4	1208±33	1362±77
Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)
216±4	189±4	9.55±0.86	7.08±0.15
211±9	243±12	9.02±0.36	6.99±0.65
221±6	240±15	10.1±0.4	7.76±0.09
231±10	295±11	13.6±3.1	9.24±0.18
Zn(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Fehérje(%) Protein(%)
3.69±0.19	1.80±0.03	0.545±0.014	8.50±0.08
3.99±0.06	1.91±0.08	0.845±0.071	11.98±0.28
3.56±0.15	1.59±0.01	1.020±0.061	9.68±0.36
3.83±0.13	1.79±0.04	0.936±0.050	12.42±0.12

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

Table 4: Effect of P treatment on the element and protein content of wheat flour

NPK(kg/ha)	K(mg/kg)	P(mg/kg)	S(mg/kg)
150-0-100	1345±14	863±12	1114±38
150-50-100	1379±12	1130±20	1122±37
150-100-100	1350±43	1188±18	1151±36
Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)
218±7	239±10	8.79±1.13	4.64±0.20
227±5	240±15	10.0±0.1	7.76±0.098
221±6	240±15	10.1±0.4	8.09±0.53
Zn(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Fehérje(%) Protein(%)
6.28±0.50	1.99±0.06	0.467±0.028	10.97±0.42
4.46±0.10	1.95±0.05	0.793±0.033	10.29±0.19
3.56±0.15	1.59±0.01	1.02±0.06	9.68±0.36

Analyses were performed by an OPTIMA 3300 DV inductively coupled plasma optical emission spectrometer (ICP-OES) manufactured by Perkin-Elmer Ltd. Quantitative determination of different microelements was performed at wavelengths suitable for the given element as shown in Table 2. Protein content was determined by the Kjeldahl method according to standard MSZ 6830-4:1981. Digestion was performed in a Tecator 1007 digestion unit. Steam distillation was performed using a Tecator 1026 instrument. Significance of the effect of fertilizer treatment on element and protein content was determined by a two sample t-test. Statistical analyses were performed using SPSS for Windows 13.0.

Results

The goal of the current research was to determine what effect different doses of fertilizers (N, P and K) have on the mineral content of wheat flours. Element content values obtained from treatments 1 and 40, and also 11 and 17 are shown in Table 3. The effect of N treatment on flours was different for certain elements, so no connection between better N supply and the K, P, Mg and Fe content of the flour was ascertained, however, the amounts of other mineral components were statistically higher when increasing doses of fertilizer were applied. This was true for Ca, where better N supply resulted in a significant ($P < 0,05$) increase for both treatment pairs. This might be due to the fact that the fertilizer used (Pétisó) contained not only ammonium nitrate, but also dolomite powder (Loch, 1999). N fertilizer had a significantly ($P < 0,05$) positive effect on the Cu and Sr content of wheat flour, shown by treatments 11 and 17 for Cu, and the control and treatment 40 for strontium. The average increase for Ca was 29% for the first treatment pair (1; 40), and 23% for the second pair (11; 17). In the case of Cu, a 13% increase was observed, while for Sr it was 55%. Increasing doses of N fertilizer had a strongly significant effect on sulfur content in treatment 40, compared to the control, and on Mn concentration in treatment 17, compared to treatment 11. For protein content, the beneficial effect of improving N supply ($P < 0,01$) was observed in both treatment pairs. The increase in protein content was 41% in the first treatment pair (1; 40) and 28% in the second pair (11; 17), while a 31% increase in sulfur content and a 19% increase in Mn content was also observed. Zn contents of wheat flour, however, only showed tendency-like increases.

Element and protein contents as a function of different P doses are summarized in Table 4. Samples are from treatments 9, 28 and 11. When analyzing the effects of the P fertilizer, no statistically significant connection was observed between the size of P doses and the K, S, Mg, Ca, Fe and protein content of wheat flour, although sulfur concentration showed an increasing tendency with increasing dosages.

This is due to the sulfur content of the superphosphate fertilizer applied in the experiment. Phosphorus treatment had a significantly ($P < 0,05$) positive effect on Sr content in treatment 11 compared to treatment 28, a strongly significant ($P < 0,01$) positive effect on P, Mn and Sr concentration in treatment 28 compared to treatment 9, and also on the amount of P, Mn and Sr in treatment 11, applying the largest dose of P, compared to treatment 9, applying the smallest dose of phosphorus. Of these, the increase for P was 38%, for Mn concentration it was 74%, while for Sr it was 118%. Better P supply had a strongly significant ($P < 0,01$) negative effect on the Zn and Cu concentration of wheat flour, observed for treatments 9 and 28 for zinc, treatments 28 and 11 for copper, and for treatments 9 and 11 (i.e. treatments with the smallest and largest P doses) for both elements. For the highest P level, there was a 43% decrease in Zn and 20% decrease in Cu content, compared to the lowest dose P treatment.

Connections between improving K supply and the amount of ash components and protein content of wheat flour are shown in Table 5. Samples are from treatments 30, 11 and 36. Statistical analysis of analytical results shows that increasing doses of K did not affect the K, P, S, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu and protein content of wheat flour, however, it had a strongly significant ($P < 0,01$) negative effect on the amount of Ca and Sr in flour, when comparing the treatment with the largest dose of K (36) to that with the smallest dose (30). The percentage decrease was 11% for Ca and 26% for Sr.

Conclusions

Cereals and flours made of them are a significant part of our daily food intake, thus contributing to our mineral and protein supply. During our work the effect of different NPK treatments on the element and protein content of wheat flour was investigated. Statistical analysis showed that N fertilizers were beneficial for the enrichment of the following mineral components in flour: S, Ca, Cu, Mn and Sr. With increasing superphosphate doses, S content of the samples showed an increasing tendency, and the amount of P, Mn, and Sr was also increased, however, P treatments were detrimental to the Zn and Cu contents of the samples. Increasing doses of K fertilizer inhibited the enrichment of Ca and Sr in wheat flour via cation antagonism. When analyzing protein content it was found that N fertilizers increased the amount of protein, however, better P or K supply had no such effect. In summary, it can be stated that one-sided use of N, P and K fertilizers, which is quite rare in today's production, induces different tendencies in changes of element and protein content of wheat flour. So the amount of certain mineral components (e.g. Zn and Cu) can be affected positively or negatively, depending of the fertilizer strategy applied, however, consumption of products made of flour produced from flour supplied with suitably composed NPK doses can help to increase our daily mineral intake.



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

Table 5: Effect of K treatment on the element and protein content of wheat flour

NPK (kg/ha)	K(mg/kg)	P(mg/kg)	S(mg/kg)
150-100-0	1354±22	1125±44	1176±22
150-100-100	1350±43	1188±18	1151±36
150-100-200	1258±12	1108±38	1079±21
Mg(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)
221±11	246±4	9.59±0.35	7.72±0.34
221±6	240±15	10.1±0.4	7.76±0.09
209±6	220±7	10.3±0.4	8.23±0.50
Zn(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Sr(mg/kg)	Fehérje(%) Protein(%)
3.35±0.12	1.88±0.04	1.07±0.09	10.57±0.06
3.56±0.15	1.74±0.07	1.02±0.06	9.68±0.36
3.57±0.26	1.59±0.01	0.796±0.014	9.69±0.03

Ennek oka a kísérlet során alkalmazott szuperfoszfát műtrágya kéntartalmában keresendő. A foszforkezeléseknek pozitív szignifikáns ($P<0,05$) hatása volt a Sr tartalomra a 11-es kezelésben a 28-ashoz képest, és erős pozitív szignifikáns ($P<0,01$) hatása a P-, Mn- és Sr-koncentrációra a 28-as kezelésben a 9-eshez viszonyítva, továbbá a P, Mn és Sr mennyiségére a legnagyobb P dózist alkalmazó 11-es kezelésben a legkisebb foszforadagot tartalmazó 9-eshez képest. Ezek között a növekedés mértéke %-osan a P esetében 38%, a Mn koncentrációban 74%, míg a Sr mennyiségében 118% volt. A javuló P-ellátás erős negatív szignifikáns ($P<0,01$) hatású volt a búzaliszt Zn- és Cu-koncentrációjára, ami a cinknél megmutatkozott a 9-es és 28-as kezelés között, a réznél a 28-as és a 11-es kezelés között, illetve mindkét elem esetében a 9-es és 11-es, azaz a legkisebb és a legnagyobb P adagú kezelés közt. 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 búzaliszt hamualkotóinak, illetve fehérjetartalmának mennyisége közötti összefüggéseket mutatja az 5. táblázat. A vizsgált minták a 30-as, 11-es és 36-os kezelésekből származnak. A mérési eredmények statisztikai analízise szerint a K adagok növelése nem volt befolyással a búzaliszt K-, P-, S-, Mg-, Fe-, Mn-, Zn-, Cu- és fehérjetartalmára, azonban erős negatív szignifikáns ($P<0,01$) hatással volt a lisztben lévő Ca és Sr mennyiségére a legnagyobb K dózist tartalmazó kezelésben (36) a legkisebb K szintet alkalmazóhoz (30) képest. A csökkenés mértéke a Ca esetében 11%, míg a Sr-nál 26% volt.

Következtetések

A gabonafélék, illetve a belőlük készült lisztek napi táplálékfelvételünkben jelentős részt képeznek, amivel többek között ásványianyag- és fehérjeellátásunkhoz is hozzájárulnak. Munkánk során megvizsgáltuk a különböző NPK kezelések hatását a búzaliszt elem- és fehérjetartalmára. A statisztikai elemzés során azt az eredményt kaptuk, hogy a N műtrágyázás több ásványi alkotó dúsulásának is kedvezett a lisztben, amelyek az alábbiak voltak: S, Ca, Cu, Mn- és Sr. A szuperfoszfát adagok növelése mellett a minták S tartalma emelkedő tendenciát mutatott, továbbá nőtt a P, a Mn és a Sr mennyisége is, viszont a P-kezelések hátrányosan befolyásolták a minták Zn- és Cu-tartalmát. A növekvő K műtrágya adagok a kation antagonizmuson keresztül gátolták a búzaliszt Ca- és Sr-dúsulását. A fehérjetartalom vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a N műtrágyázás növelte annak mennyiségét, azonban a javuló P- illetve K-ellátás mellett ilyen hatást nem lehetett kimutatni. Összességében megállapítható, hogy az egyoldalú N, P és K műtrágyázás, amely a mai termelési gyakorlatban ritka, eltérő tendenciákat indukál a búzaliszt elem- és fehérjetartalmának változásában. Egyes ásványi alkotók mennyisége tehát az alkalmazott trágyázási stratégiáktól függően pozitívan és negatívan is befolyásolható (pl. Zn és Cu), azonban a megfelelően összeállított NPK adagokkal ellátott búza lisztjéből készült termékek fogyasztása hozzájárulhat a napi ásványianyag bevitelünk növeléséhez.



Irodalom / References

- [1] McKeivith, B. (2004): Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*. 29. 111-142.
- [2] Shi, R., Zhang, Y., Chen, X., Sun, Q., Zhang, F., Römheld, 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.
- [3] Kutman, U. B., Yıldız, 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.
- [4] White, P.J., Broadley, M. R. (2005): Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trend sin Plant Science*. 10. 586-593.
- [5] Loch, J. (1999): *Agrokémia. Egyetemi jegyzet*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen
- [6] Lásztity, R. (1981): *Gabonafehérjék*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- [7] Pepó, P. (2004): Őszi búza fajtaspecifikus tápanyagreakciójának vizsgálata tartamkísérletben. *Növénytermelés*. 53. 4. 329-337.
- [8] Kádár, I. (2000b): Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 49. 5. 547-559.
- [9] Kádár, I. (2004a): A műtrágyázás hatása a tavaszi árpa elemfelvételére karbonátos csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 53. 1-2. 61-74.
- [10] Kincses S.-né (2002): Az NPK-trágyázás hatása az őszi búza és kukorica szemtermésének mennyiségére és ásványianyag tartalmára. Az agrokémia időszerű kérdései. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaság-tudományi Kar, MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottsága, Debrecen. 163-171.
- [11] Győri, Z., Tóth, Á., Ungai, D. (2007): Investigation of mineral content in winter wheat grain samples from long-term field experiments. *Joint International Conference on Long-term Experiments, Agricultural Research and Natural Resources, Debrecen-Nyírlugos*, 31. May-01. June 2007. 255-262.
- [12] Kádár, I. (2000a): A műtrágyázás hatása a kukorica (*Zea mays* L.) elemfelvételére meszes csernozjom talajon. II. *Növénytermelés*. 49. 1-2. 127-140.
- [13] Lásztity, B. (1992): A rozs kénfelhalmozásának és az NPK műtrágyázás kapcsolatának vizsgálata karbonátos homokon. *Növénytermelés*. 41. 6. 547-554.
- [14] Lásztity, B., Csathó, P. (2001): Néhány nem esszenciális mikroelem koncentráció- és -felhalmozás dinamikája őszi árpában. *Növénytermelés*. 50. 5. 549-557.
- [15] 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.
- [16] Győri, Z. (1980): A borsó termésszintje és tápanyagtartalma közötti kapcsolat a műtrágyázás és öntözés függvényében. *A Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei*. XXI. 89-111.
- [17] Kádár, I. (2004b): A tritikálé elemfelvétele műtrágyázási kísérletben. *Növénytermelés*. 53. 3. 273-284.
- [18] Győri, Z., Szilágyi, Sz., Győri-Mile, I. (2003): Investigations on the mineral content of Hungarian winter wheat varieties. *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*. 70-75.
- [19] 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.
- [20] MSZ 6830-4:1981 Takarmányok táplálótartalmának megállapítása. Nitrogéntartalom meghatározása makro-Kjeldahl-módszerrel a nyersfehérje-tartalom számításához.

