



Különböző őszi búza (*Triticum aestivum* L.) hajtás és búzaszem összszelén- és szervesszelén-tartalma

¹Tamás M., ²Mándoki Zs., ¹Márton M., ¹Mészáros S., ¹Lányi Sz.,
¹Salamon R., ¹Salamon Sz., ¹Albert Cs., ^{1,2}Csapó J.

¹Sapientia EMTE, Műszaki Intézet, 530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

²Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, 7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatómunka során meghatároztuk 35 őszi búza hajtás és 35 búzaszem szelén- és szárazanyag-tartalmát. A megfelelően előkészített minta szeléntartalmát a kialakult piaz-szenol komplex spektrofluorimetriás ($\lambda_{\text{gerjesztés}}=380$ nm, $\lambda_{\text{emisszió}}=519$ nm) meghatározásával mértük. Megállapítottuk, hogy a búza hajtás a búzaszem szeléntartalma között a korrelációs együttható értéke $P=0,05$ szinten 0,36, ami egy közepes összefüggésre utal. A búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalma és a búza összszelén-tartalma közötti összefüggés szintén közepesen szoros, a korrelációs együttható értéke $P=0,02$ szinten 0,40. Ezt követően mértük 44 db búzaszem szeléntartalmát, valamint szeleno-metionin-tartalmát ioncserés oszlopkromatográfiával és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával, és számoltuk abból a szervesszelén-tartalmat. Megállapítottuk, hogy rendkívül szoros az összefüggés a búza szeléntartalma, szeleno-metionin-tartalma és szeleno-metioninből számolt szervesszelén-tartalma között (a korrelációs együtthatók értéke $P=0,01$ szinten 0,92 és 0,99 között). A búza hajtás szeleno-metionin-tartalma és a búza szeleno-metionin-tartalma közti összefüggést igen gyengének ($r=0,23$) találtuk.

(Kulcsszavak: szelén, búza hajtás, szelén-meghatározás, szeleno-metionin, szeleno-metionin meghatározás, szervesszelén-tartalom)

ABSTRACT

Total selenium and organic selenium content of different winter wheat (*Triticum aestivum* L.) shoots and seeds

M. Tamás¹, Zs. Mándoki², M. Márton¹, S. Mészáros¹, Sz. Lányi¹, R. Salamon¹, Sz. Salamon¹, Cs. Albert¹, J. Csapó^{1,2}

¹Sapientia Hungarian University of Transylvania, RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

²Kaposvár University, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

In the course of the research we determined selenium and dry-matter content of 35 winter wheat shoots and 35 wheat seeds. The selenium content of the preparation plant probes was measured by spectrofluorimetric determination ($\lambda_{\text{excitation}}=380$ nm, $\lambda_{\text{emission}}=519$ nm) of the resulted piaz-selenol complex. It was established that between the selenium content of the wheat shoots and wheat seed the correlation coefficient was 0.36 at $p=0.05$ level which indicates a medium close association. Similarly, there was a medium close association between selenium content of the wheat shoots calculated on dry-matter basis and total selenium content of the wheat seeds, with a correlation

coefficient of 0.40 at $p=0.02$ level. After we determined the selenium as well as the seleno-methionine content of 44 winter wheat seeds samples by ion exchange column chromatography and high performance liquid chromatography, the organic selenium content was calculated. Very close correlation was established between selenium, seleno-methionine, and organic selenium content calculated from seleno-methionine content (the correlation coefficient was between 0.92 and 0.99 at $p=0.01$ level). The correlation between the seleno-methionine content of wheat shoots and seeds was very low ($r=0.23$).

(Keywords: selenium, wheat shoot, selenium determination by spectrofluorimetry)

BEVEZETÉS

1930 körül a szelént még toxikus elemnek tekintették, de 1943-ban már kimutatták jelenlétének esszenciális mivoltát az élő szervezetben, mivel az találták, hogy lecsökkenti a daganatos megbetegedések számát (Clayton és Bauman, 1949; Nelson és mtsai., 1943; Schwarz és Foltz, 1957).

1966-ban a szelén antikarcinogén hatását publikálták (Shamberger és Rudolph, 1966), de ekkor még a táplálék összes szeléntartalmáról tettek említést. Az utóbbi időben az analitikai módszerek érzékenységének javulásával kiderítették a szelén fontos élettani hatását, mert antioxidánsként a tokoferollokkal együtt részt vesz a metabolizmusban, segít bizonyos daganatos betegségek gyógyításában, sőt megelőzésében, és segíti megőrizni a sejthártyák épségét. A glutation-peroxidáz szeléntartalmú enzim a peroxidbontó reakció katalizálásával védi a telítetlen lipideket (Cser és Sziklainé, 1998).

Európa országában a termelt élelmiszerek rendkívül szelénhiányosak. A napi étkezések során szervezetünkbe jutó szeléntartalom (0,05–0,10 mg) nem jelentős (Cser és Sziklainé, 1998). A romániai (Serdaru és mtsai., 2003) és a magyarországi talajok (Combs, 2005) is rendkívül szegények szelénben, ezért a növényi eredetű élelmiszerekkel a szervezet szelénszükségletét nem lehet kielégíteni. Az élelmiszerek szelénrel történő pótlása szinte elengedhetetlen a modern táplálkozástudomány szerint (Reilly, 1998). A növények szeléntartalmát legnagyobb mennyiségben a talaj (Terry és mtsai., 2000) ezen belül a talajból felvehető, és nem az összes szeléntartalom szabja meg. A szelenid és az elemi szelén a talajból alig vehető fel, míg a szelenit és a szelenát felszívódása lényegesen hatékonyabb. A szelenát szinte teljes mértékben fel tud szívódni, de a fehérjébe történő beépülése előtt jelentős része a vizelettel kiürül; a szelenitnek viszont csak mintegy 50%-a képes felszívódni, de felszívódott mennyisége jobban hasznosul (Bendhal és Gammelgaard, 2004).

A szervetlen szelénvegyületek mellett a növényekben jelentős mennyiségben előfordulnak a szeleno-aminosavak vagy azok származékai is. A növényi eredetű élelmiszerek szeleno-metionint, az állati eredetűek pedig szeleno-metionint és szelenciszteint is tartalmaznak. A szeleno-metionin a növényekben keletkezik a talaj szeléntartalmából, amit az állatok szelenciszteinné tudnak konvertálni. A szeleno-metionin mintegy 90%-ban képes a szervezetben aktív formává alakulni (Dumont és mtsai., 2004). Az emberi táplálékban a szelén főként szelenit és szeleno-metionin formájában van jelen. Tudásunk szerint Romániában, különösen Székelyföldön nem vizsgálták a búza és a búzanövény összesszelén-, szeleno-metionin-, valamint szerves szeléntartalmát, ezért célul tűztük ki a különböző talajtípusokon termelt búza hajtás és búza szeléntartalmának szeleno-metionin-tartalmának és szeleno-metioninból számolt szervesszelén-tartalmának meghatározását, és összefüggések keresését ezen komponensek között. Végző célunk kideríteni, hogy Székelyföld lakossága milyen

mértékben járul hozzá a szervezet szelénszükségletének kielégítéséhez a legfontosabb népelelmezési cikknek számító búzából készült kenyér révén. Ebben a cikkben a búza hajtás és a búzaszem összes szeléntartalmával, szeleno-metionin-tartalmával, illetve szervesszelén-tartalmával foglalkozunk, valamint e komponensek közötti összefüggéseket elemezzük.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgált minták

A kutatómunka során meghatároztuk 35 búza hajtás és 35 búzaszem szárazanyag- és szeléntartalmát, majd egy másik kísérletben 44 búzaszem szárazanyag-, összesszelén-, szeleno-metionin- és szervesszelén-tartalmát. A búzanövényeket a 1. táblázat szerinti talajtípusokról gyűjtöttük be. Összesen tehát 79 különböző helyről származó búzanövény 114 mintáját analizáltuk kísérleteink során. Talajtípusonként összesen tehát mintegy 7–8 mintát analizáltunk.

1. táblázat

A vizsgált talajtípusok

Talaj típusa (3)	Jelölése (2)	Jellemzők (4)
Fiatal, fejletlen, diagnosztikai szint nélküli nyers öntéstalaj	ASen	
Nyers öntéstalaj – kimosódott glejes talaj	ASen-gc	
Nyers öntéstalaj – glejes talaj - erősen nedves, tartós vízhatásnak kitett - vízhatású (hidromorf) talaj	ASgc	Gyengén fejlett, szelvény nélküli talajok Homokos, kavicsos, glaciális üledék
Földes kopár talaj - mészkölepedékes	RSka	
Kasztanozjom talaj (kis szervesanyag termelés, kevés humusz)	KZti	Gesztenyebarna sztyepptalaj-változat
Kasztanozjom gesztenyeszínű talaj	KZmr	
Mészkő felhalmozódásos csernozjom – gesztenyeszínű talaj	CZka ₁ -kz	Szerves anyagban gazdag sztyepptalaj, jellegzetessége a 30–70 cm mélységben megjelenő mészkölepedék.
Felületen mészkölepedékes csernozjom – gesztenyeszínű talaj	Czka ₂ -kz	
Típusos csernozjom (keves szerves maradvány – Ca-gazdag talajképző kőzet)	CZti	A mész szárazabb időszakokban szeudomicéliumok formájában a szerkezeti elemek (morzsák) felületén kiválik.
Karbonátos csernozjom talaj - talajvizes	Czka-fru	
Mészkő felhalmozódásos csernozjom talaj - erózió által lepusztult	Czka-e	

Table 1: The investigated soil types

Soil types(1), Mark of soil types(2), Soil type(3), Soil characteristics(4)

A mintavétel során GPS-el bemértük a származási helyet, és ügyeltünk arra, hogy a búzaszem mintákat az aratási időszak kezdetén ugyan onnan vegyük, ahol a búza hajtás mintavétele történt a megelőző ősszel. A búza hajtás mintákat a talától mért 10–15 cm-es

nagyságban vettük, azokat kézzel kihúztuk, a gyökérről a talajt folyóvízben lemostuk, a gyökér és a zöldrész találkozási felett 0,5 cm-rel a búzanövényt elvágtuk, és csak a zöld részt használtuk analízisre. A zöld búzanövényt azonnal laboratóriumba szállítottuk, és ott $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tartottuk a kémiai analízisre történő előkészítésig.

A kalászból gumikesztyűs kézzel a búzaszemet kipergettük, majd a pelyva és a toklász részek eltávolítása után a szemeket nylon tasakokban, hűtőszekrényben $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk az analízisek megkezdéséig.

Szárazanyag-tartalom meghatározás

A szárazanyag-tartalom meghatározása során mind a hajtás mind a szem esetében 10 g mintát mértünk be egy bemérőedénybe, majd szárítószekrényben $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően a mintákat nyitott edényekben egy éjszakán át állni hagyjuk, majd lemértük a tömegüket. A légszáraz mintákat kalapácsos darálón lisztfinomságúra őröltük, majd a kapott őrlemény szárazanyag-tartalmát szárítószekrényben a vonatkozó Román Szabvány (STAS 9682-2-74) szerint $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítottuk, majd kiszámoltuk a szárazanyag-tartalmat.

A megfelelő módon megszáritott és lisztfinomságúra darált búza hajtás mintákat $200\text{ }\mu\text{m}$ lyukbőségű szitán engedték át, majd a szitán fennmaradó részt addig daráltuk, amíg 100%-a nem esett át a $200\text{ }\mu\text{m}$ -es szitán. Az így előkészített mintákból végeztük el az analíziseket.

Szeléntartalom meghatározása nedves roncsolást követően fluorimetrián

Nedves roncsolással elkészítettük a minta oldatát, majd a savas oldatot 2,3-diaminonafthalinnal (DAN) reagáltattuk. A kialakult piazszelenol komplexet fluorimetrián mértünk ($\lambda_{\text{gerjesztés}}=380\text{ nm}$, $\lambda_{\text{emisszió}}=519\text{ nm}$).

Roncsolás királyvízzel

(A roncsolás során alkalmazott módszereket az irodalmi ajánlások és a laboratóriumunkban több évtized alatt összegyűlt tapasztalat alapján alakítottuk adottságainkhoz). Az előkészített mintáinkból 1 mg-os pontossággal 3 g mintát mértünk be egy 250 cm^3 -es csiszolatos gömblobbikba, majd hozzáadtunk $0,5\text{--}1,0\text{ cm}^3$ desztillált vizet. Az átnedvesedés után, állandó kevergetés közben 21 cm^3 12 M sósav-oldatot, majd cseppenként 7 cm^3 $15,8\text{ mól/dm}^3$ koncentrációjú salétromsav-oldatot adtunk hozzá ügyelve arra, hogy a felhabzást elkerüljük. A gömblobbikhoz egy folyadékűtőt csatlakoztattunk, amelyhez csiszolatos kapcsolattal egy adszorpciós berendezést kapcsoltunk, és 15 cm^3 $0,5\text{ mól/dm}^3$ koncentrációjú salétromsav-oldatot adtunk hozzá. A rendszer összekapcsolása után a mintát, a sósavat és a salétromsavat szobahőmérsékleten, 16 órán keresztül nyugalomban hagytuk azért, hogy a szerves anyag lassan eloxidálódjon. A 16 óra várakozási idő után (általában másnap reggel) addig melegítettük, amíg a berendezésben az oldószer gőzök refluxálni nem kezdtek, majd a reflux megindulását követően a rendszert 2 órán át ezen a hőmérsékleten tartottuk. Az adszorpciós edényke tartalmát a lombik tartalmához öntöttük, és mind az adszorpciós edénykét, mind a folyadékűtőt 10 cm^3 $0,5\text{ mól/dm}^3$ salétromsav-oldattal átöblítettük. Ezt követően hagytuk, hogy a reakcióedényben az oldhatatlan részek leülepedjenek, majd a relatív üledékmentes felüliszót szűrőpapírral egy 100 cm^3 -es mérőlombikba szűrtük. Hagytuk, hogy az összes oldat szűrődjön le, majd az oldhatatlan üledéket pár cm^3 $0,5\text{ mól/dm}^3$ -es salétromsav-oldattal átöblítettük. Az így kapott oldat alkalmas a szeléntartalom meghatározására.

A piaszszelenol-komplex kialakítása és a mérés

Az elroncsolt oldathoz 5 cm³ maszkírozó oldatot adtunk, majd a pH-t ammónium-hidroxid-oldattal 2,0-re állítottuk be. Hozzáadtunk 5 cm³ DAN-oladatot, és 2 órán át sötétben állni hagytuk. A komplex kialakulása után az oldatot desztillált vízzel rázótlöcsérbe átmostuk, és 2×5 cm³ ciklohexánnal 2–2 percig extraháltuk, majd a szerves fázisokat egyesítettük. A szerves fázist vakoldattal szemben 20 percen belül fluorimetriáltuk ($\lambda_{\text{gerjesztés}}=380$ nm, $\lambda_{\text{emisszió}}=519$ nm).

Kalibrációs görbe

0,2; 0,4; 0,6; 0,8; és 1,0 cm³ szelén standardoldatot 100 cm³-es főzőpohárba pipettáztunk, majd desztillált vízzel 50 cm³-re töltöttük fel. (A továbbiakban a mintához hasonlóan járunk el.) A 10 cm³ ösztérfogató szerves fázisban a szelén koncentrációja 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; és 1,0 µg/cm³.

Az eredmény kiszámítása

A kalibrációs görbe 0,2–1,0 µg/cm³ tartományban lineáris. A minta szeléntartalma a következő képlettel számolható:

$$C = \frac{\text{bemért anyag mennyisége}}{\text{extrahálóoldat térfogata}} \cdot C_M$$

ahol: C_M a mért koncentráció, µg/cm³,
 C a minta szeléntartalma, µg/g.

A szeleno-metionin-tartalom meghatározása

A szeleno-metionin meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiával és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával

A szeleno-metionint INGOS AAA ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő aminosav-analizátorral *Mándoki és mtsai.* (2007a,b) leírása alapján végeztük el. Az aminosav-analizátorral történő méréssel párhuzamosan a szelenometionint HITACHI LaChrom nagyhatékonyságú folyadékkromatográfival, oszlop előtti o-ftálaldehid–2-merkaptó-etanolal végzett származékképzéssel is meghatároztuk (*Mándoki és mtsai.*, 2008). A szerves szeléntartalmat a szeleno-metionin mennyiségéből annak molekulatömege és a kén atomtömege alapján számítottuk.

Statisztikai analízis

Az adatokból a Micro Cal Origin programcsomaggal végeztük el a statisztikai analíziseket, melynek során lineáris regresszió számítást végeztünk.

EREDMÉNY ÉS KÖVETKEZTETÉS

A búza hajtás és búzaszem szeléntartalmát a 2. táblázat tartalmazza. A szeléntartalmat mind az eredeti anyagban, mind a szárazanyagban megadjuk. Mivel a búzafüvek szárazanyaga átlagosan 20%-ot tett ki, ezért a 100% szárazanyagban közölt szeléntartalom mintegy ötszöröse az eredeti anyag szeléntartalmának. A búzaszem mintáknál viszont jelentéktelen a különbség a két érték között, hisz a szem szárazanyag-tartalma 90% körüli.

2. táblázat

A búza hajtás és búzaszem szeléntartalma

Minta jele (7)	Búza hajtás (1)			Búzaszem (2)	
	Szárz- anyag (%) (2)	Szeléntartalom (4) (µg/kg)		Szeléntartalom (4)	
		Eredeti száraz- anyagban (5)	100% száraz- anyagban (6)	Szárzanyag (%) (5)	100% száraz- anyagban (mg/kg) (6)
P1	21,9	16,7	76,3	90,3	0,142
P2	18,1	14,0	77,3	89,9	0,084
P3	19,8	25,0	126,3	90,2	0,007
P4	19,1	13,0	68,1	90,4	0,014
P5	19,3	13,4	69,4	91,2	0,149
P6	20,0	12,1	60,5	90,6	0,115
P7	18,3	17,4	95,1	90,6	0,129
P8	20,2	15,8	78,2	90,4	0,142
P9	17,1	13,1	76,6	91,1	0,122
P10	19,3	14,9	77,2	90,9	0,014
P11	15,6	19,1	122,4	90,6	0,068
P12	16,3	17,3	106,1	90,1	0,021
P13	20,6	7,7	37,4	90,4	0,139
P14	20,2	9,7	48,0	90,9	0,095
P15	22,6	16,2	71,7	90,0	0,047
P16	22,1	13,3	60,2	90,1	0,046
P17	19,7	13,7	69,5	90,6	0,120
P18	20,4	19,6	96,1	90,7	0,184
P19	18,9	19,8	104,8	90,0	0,065
P20	18,0	15,3	85,0	91,2	0,096
P21	17,0	14,4	84,7	90,6	0,047
P22	19,6	17,8	90,8	90,8	0,079
P23	20,4	14,0	68,6	91,0	0,079
P24	18,9	9,0	47,6	90,4	0,063
P25	16,8	17,4	103,6	90,0	0,055
P26	18,2	14,1	77,5	90,0	0,047
P27	15,9	14,3	89,9	91,0	0,096
P28	21,5	19,4	90,2	90,8	0,152
P29	20,9	23,0	110,0	90,1	0,104
P30	20,0	9,6	48,0	90,7	0,160
P31	16,6	8,7	52,4	90,0	0,031
P32	18,4	10,7	58,2	90,6	0,047
P33	21,0	11,1	52,9	90,5	0,037
P34	22,4	20,1	89,7	90,2	0,041
P35	17,6	18,4	104,5	90,0	0,037

Table 2: Selenium content of wheat shoots and wheat seeds

Wheat shoot(1), Wheat seeds(2), Dry matter %(3), Selenium content (µg/kg)(4), Original dry matter content %(5), 100% dry matter(6), Sample(7)

Az adatokból a Micro Cal Origin programcsomaggal elvégzett statisztikai analízisek eredményeit az 1. és a 2. ábrák tartalmazzák.

1. ábra

Lineáris regresszió a búza hajtás eredeti szárazanyagra és 100% szárazanyagra számított összes Se-tartalma között

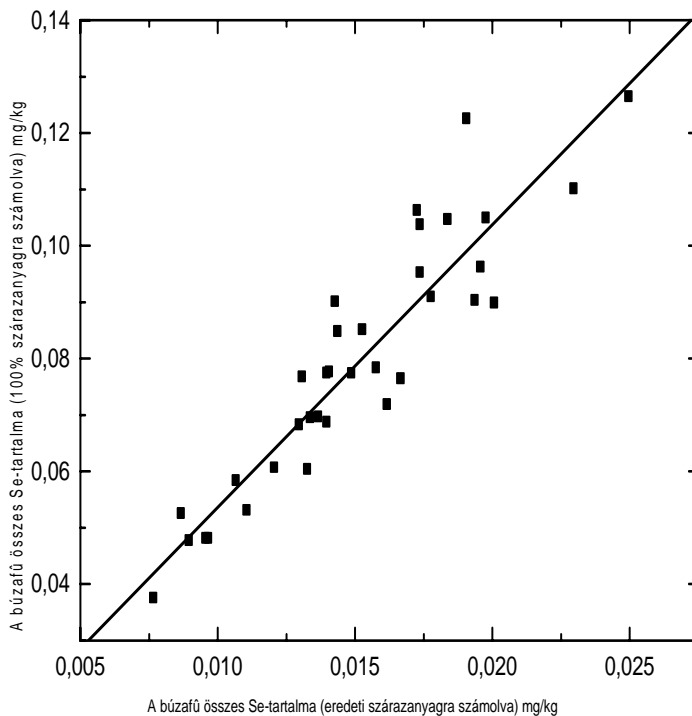


Figure 1: Correlation between the original dry matter content of wheat shoot and total Se content related to 100% dry matter

Az 1. ábra a búza hajtás eredeti szárazanyagra és 100% szárazanyagra számított összes szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. A 35 darab vizsgálat eredményeként a korrelációs koeficiens értékét $P < 0,001$ szinten 0,92-nek mértük. Ez a rendkívül szoros összefüggés nem meglepő, hisz ugyanarról az adatsorról van szó, melyben a hibalehetőséget egyedül a szárazanyag-tartalom meghatározás hordozza.

A 2. ábra a búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt összes szeléntartalma és a búza ugyancsak eredeti szárazanyagra számolt összes szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. A 35 mérés analízise alapján a korrelációs koeficiens értéke $P < 0,1$ szinten 0,36, ami egy közepesen szoros összefüggésre utal a búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt összes szeléntartalma és a búza összes szeléntartalma között. A búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalma és a búza összes szeléntartalma közötti összefüggés szintén közepesen szoros, hisz a korreláció koeficiens értéke $P < 0,1$ szinten 0,40.

Megállapítottuk, hogy a minták szárazanyag-tartalma 16,3 és 22,6% között változott. A szeléntartalom az eredeti szárazanyagban 7,7–25,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ körül alakult,

átlagosan 14,76 $\mu\text{g}/\text{kg}$ volt. A legalacsonyabb szeléntartalmat a P13-as mintánál (7,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$), a legnagyobbat pedig a P3-as mintánál mértük (25,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$). 100% szárazanyagra átszámolva a legnagyobb szeléntartalmat a P3-as mintánál mértük 126,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, és nagyon hasonló szeléntartalmat tudunk kimutatni az igen alacsony szárazanyag-tartalmú P11 minta esetében 122,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal. A legalacsonyabb szeléntartalmat a P13-as minta esetében mértük 37,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, ami a relatív magas szárazanyag-tartalomnak (20,6%), és az eredeti szárazanyagban is rendkívül alacsony szeléntartalomnak köszönhető. A következő legalacsonyabb érték a P24-es mintánál volt 47,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, melyet a P30-as minta követett 48,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal. 100% szárazanyagra számolva az általunk vizsgált búza hajtás minták átlagosan 77,65 $\mu\text{g}/\text{kg}$ szelént tartalmaztak.

2. ábra

Lineáris regresszió a búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt összes Se-tartalma és a búza összes Se-tartalma között

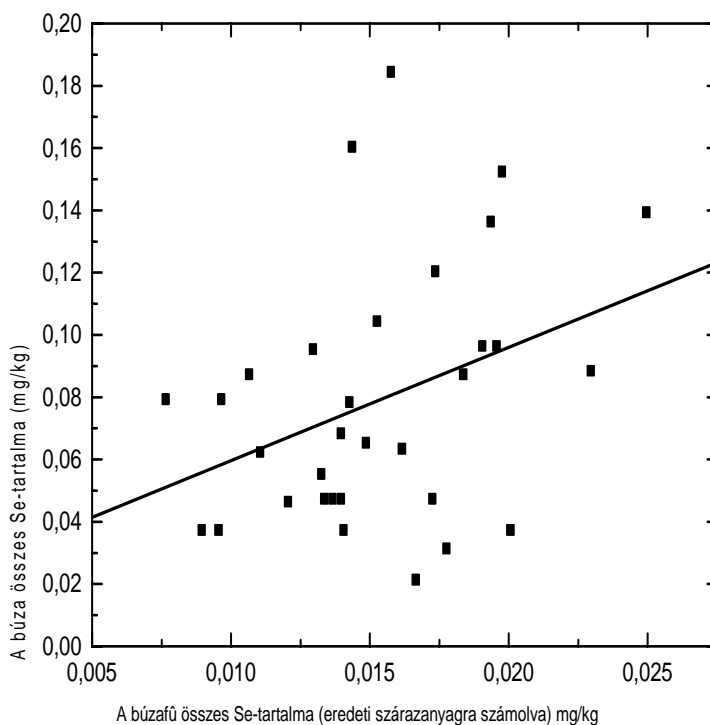


Figure 2: Correlation between the total Se content related to original dry matter of the wheat shoot and the total Se content of the wheat

A búza hajtás minták szeleno-metionin-tartalmának mérési eredményeit is a 3. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban mind az eredeti szárazanyagra, mind a 100% szárazanyagra megadtuk az eredményeket. A 3. táblázat a búza hajtás szeleno-metionin-tartalmából számolt szervesszelén-tartalmát is mutatja $\mu\text{g}/\text{kg}$ értékekben, eredeti szárazanyag-tartalomra és 100% szárazanyag-tartalomra számolva.

3. táblázat

A búza hajtás SeMet-tartalma és SeMet-ből számolt szervesszelén-tartalma

Minta jele (1)	Száranyag % (2)	Szeleno-metionin $\mu\text{g}/\text{kg}$ (3) eredeti sz.a.-ban	Szeleno-metionin $\mu\text{g}/\text{kg}$ (4) 100% sz.a.-ban	Szerves szelén $\mu\text{g}/\text{kg}$ (5) eredeti sz.a.-ban	Szerves szelén $\mu\text{g}/\text{kg}$ (6) 100% sz.a.-ban
P1	21,9	25,8	117,8	10,4	47,5
P2	18,1	22,1	122,1	8,9	47,3
P3	19,8	35,5	178,3	14,3	72,2
P4	19,1	17,1	89,5	6,9	36,1
P5	19,3	19,9	103,1	8,0	41,6
P6	20,0	18,1	90,5	7,3	36,5
P7	18,3	24,6	134,4	9,9	54,1
P8	20,2	23,9	118,3	9,6	47,5
P9	17,1	18,9	110,5	7,6	44,4
P10	19,3	22,1	114,5	8,9	46,1
P11	15,6	31,3	200,6	12,6	80,8
P12	16,3	23,6	144,8	9,5	58,3
P13	20,6	13,9	67,5	5,6	27,2
P14	20,2	16,9	83,7	6,8	33,7
P15	22,6	21,6	95,6	8,7	38,5
P16	22,1	19,9	90,0	8,0	36,2
P17	19,7	21,9	111,2	8,8	44,7
P18	20,4	26,3	128,9	10,6	52,0
P19	18,9	23,9	126,5	9,6	50,8
P20	18,0	20,4	113,3	8,2	45,6
P21	17,0	20,9	122,9	8,4	49,4
P22	19,6	22,9	116,8	9,2	46,9
P23	20,4	19,6	96,1	7,9	38,7
P24	18,9	15,9	84,1	6,4	33,9
P25	16,8	23,4	139,3	9,4	56,0
P26	18,2	21,1	115,9	8,5	46,7
P27	15,9	20,6	129,6	8,3	52,2
P28	21,5	23,9	111,2	9,6	44,7
P29	20,9	27,6	132,1	11,1	53,1
P30	20,0	18,9	94,5	7,6	38,0
P31	16,6	15,7	94,6	6,3	38,0
P32	18,4	18,4	100,0	7,4	40,2
P33	21,0	16,9	80,5	6,8	32,4
P34	22,4	26,3	117,4	10,6	47,3
P35	17,6	24,4	138,6	9,8	55,7

Table 3: Seleno-methionine and organic selenium content calculated from seleno.methionine content of wheat shoot

Sample(1), Dry matter %(2), Seleno-methionine content in the original dry matter(3), Seleno-methionine content in the dry matter(4), Organic selenium content in the original dry matter(5), Organic selenium content in the dry matter(6)

A búza hajtás minták szeleno-metionin-tartalma eredeti (20% körüli) szárazanyagra számolva 14 és 27 $\mu\text{g}/\text{kg}$ között alakult. A legalacsonyabb szeleno-metionin-tartalmú a 13. számú minta volt 13,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, míg a legmagasabb értéket a 3. számú mintánál mértük 35,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal. Ennek megfelelően 100% szárazanyagra vetítve a legmagasabb szeleno-metionin-tartalmat ugyancsak a 3. számú mintánál mértük 178,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal, míg a legalacsonyabb a 13. számú minta szeleno-metionin-tartalma volt 67,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -mal. A szerves szeléntartalom 5,6, illetve 14,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ között változott az eredeti, és 27,2 és 72,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ között a 100% szárazanyagban számolva.

A 3. ábra a búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt összes szeléntartalma és a búza szeleno-metioninből számolt szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. 35 minta analízise alapján a korrelációs koefficiens értékét $P < 0,1$ szinten 0,34-nek mértük, ami egy közepes szoros összefüggést jelent.

3. ábra

Lineáris regresszió a búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt összes Se-tartalma és a búza SeMet-ből számolt Se-tartalma között

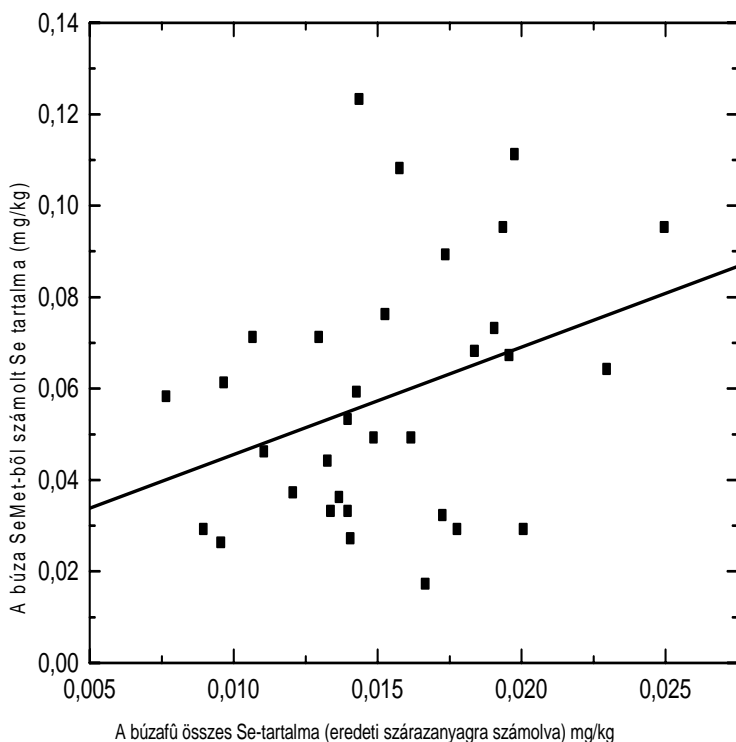


Figure 3: Correlation between the total selenium content related to original dry matter of the wheat shoot and the organic selenium content of the wheat calculated from selenomethionine content

A 4. ábra a búza hajtás 100% szárazanyagra számolt összes szeléntartalma és a búza összes szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. 35 mérés analízisének eredményeként a korrelációs koefficiens értékét $P < 0,1$ szinten 0,40-nek mértük, ami egy közepesen szoros összefüggésre utal.

Az 5. ábra a búza hajtás 100% szárazanyagra számolt összes szeléntartalma és a búza szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. 35 minta analízisének eredményeként a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,1$ szinten 0,40359 volt, ami ugyancsak egy közepesen szoros összefüggésre mutat.

4. ábra

**Lineáris regresszió
a búza hajtás 100% szárazanyagra
számolt összes Se-tartalma
és a búza összes Se-tartalma között**

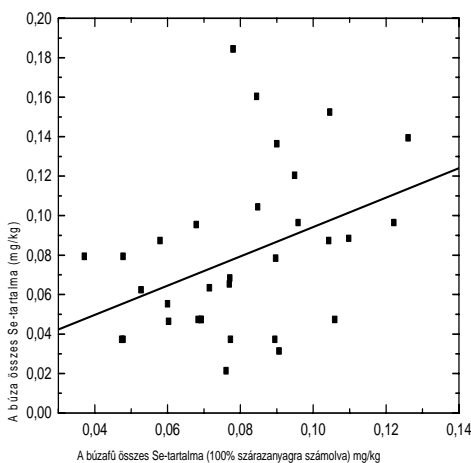


Figure 4: Correlation between the total selenium content related to dry matter of the wheat shoot and the total selenium content of the wheat

5. ábra

**Lineáris regresszió
a búza hajtás 100% szárazanyagra
számolt összes Se-tartalma
és a búza SeMet-ből számolt
Se-tartalma között**

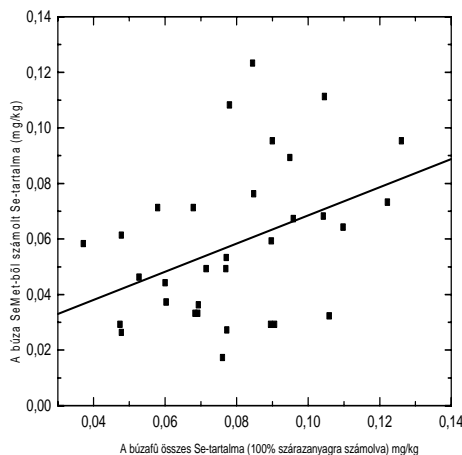


Figure 5: Correlation between the total selenium content related to dry matter of the wheat shoot and the organic selenium content of the wheat calculated from seleno-methionine content

A búza hajtás elemzése mellett elvégeztük 44 db-ra kiegészített búzaminták szeleno-metionin-tartalmának analízisét is. A búzaminták szeleno-metionin-tartalmát mg/kg-ban a 4. táblázat tartalmazza, és ugyanez a táblázat tartalmazza a búzák szeleno-metioninból számolt szeléntartalmát ugyancsak mg/kg egységben kifejezve.

A búzaszem esetében a legkisebb szeleno-metionin-tartalmat a 43. mintánál mértük 0,097 mg/kg-mal, a legnagyobbat pedig a 30. mintánál 0,306 mg/kg-mal. Ennek megfelelően a legalacsonyabb szerves szeléntartalom 0,0039 mg/kg, a legnagyobb pedig 0,123 mg/kg volt.

4. táblázat

A búzaszem SeMet-tartalma és SeMet-ből számolt szervesszelén-tartalma

A minta jele (1)	Száranyag % (2)	Szeleno-metionin mg/kg (3)	Szervesszelén-tartalom mg/kg (4)
1.	90,3	0,241	0,097
2.	89,9	0,147	0,059
3.	90,2	0,0122	0,0049
4.	90,4	0,030	0,012
5.	91,2	0,258	0,104
6.	90,6	0,221	0,089
7.	90,6	0,241	0,097
8.	90,4	0,253	0,102
9.	91,1	0,211	0,085
10.	90,9	0,0244	0,0098
11.	90,6	0,132	0,053
12.	90,1	0,042	0,017
13.	90,4	0,236	0,095
14.	90,9	0,176	0,071
15.	90,0	0,082	0,033
16.	90,1	0,092	0,037
17.	90,6	0,221	0,089
18.	90,7	0,268	0,108
19.	90,0	0,122	0,049
20.	91,2	0,181	0,073
21.	90,6	0,080	0,032
22.	90,8	0,144	0,058
23.	91,0	0,152	0,061
24.	90,4	0,122	0,049
25.	90,0	0,109	0,044
26.	90,0	0,089	0,036
27.	91,0	0,167	0,067
28.	90,8	0,276	0,111
29.	90,1	0,189	0,076
30.	90,7	0,306	0,123
31.	90,0	0,072	0,029
32.	90,6	0,082	0,033
33.	90,5	0,072	0,029
34.	90,0	0,067	0,027
35.	90,9	0,147	0,059
36.	90,2	0,236	0,095
37.	90,3	0,159	0,064
38.	90,5	0,065	0,026
39.	90,4	0,176	0,071
40.	91,0	0,114	0,046
41.	90,6	0,072	0,029
42.	90,4	0,169	0,068
43.	90,0	0,0097	0,0039
44.	90,5	0,166	0,067

Table 5: The seleno-methionine- and the organic selenium content of the wheat calculated from seleno-methionine content

Sample(1), Dry matter%(2), Seleno-methionine content(3), Organic selenium content(4)

A 6. ábra a búza összes szeléntartalma és a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. A számítást a szeleno-metionin molekulatömegének ismeretében végeztük. 44 minta analízisének eredményeképpen a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,001$ szinten 0,99, ami rendkívül szoros összefüggésre utal. A rendkívül szoros összefüggés várható volt, hisz a szeleno-metioninban jelen levő szelén az összes szeléntartalomnak része, és mivel a búzák hasonló időben, fejlettségi állapotban kerültek betakarításra, a két érték között az összefüggés rendkívül szoros kell, hogy legyen.

6. ábra

**Lineáris regresszió
a búza összes Se-tartalma
és a SeMet-ből számolt
Se-tartalma között**

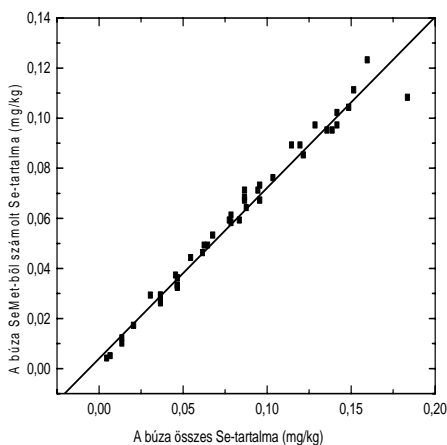


Figure 6: Correlation between the total selenium content of the wheat and the organic selenium content of the wheat calculated from seleno-methionine content

7. ábra

**Lineáris regresszió a búza hajtás eredeti
szárazanyagára számolt összes Se-tartalma
és a búza hajtás SeMet- és SeMet-ből
számolt Se-tartalma között**

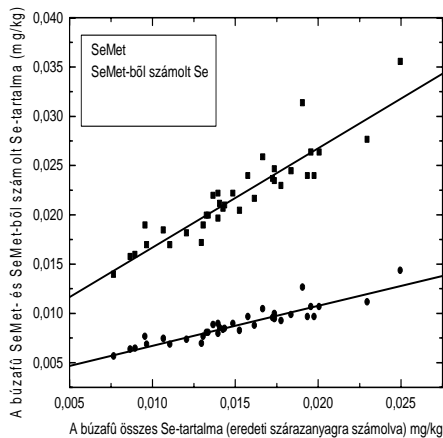


Figure 7: Correlation between the total selenium content related to dry matter of the wheat shoot and the seleno-methionine- and organic selenium content of the wheat shoot calculated from seleno-methionine content

A 7. ábra a búza hajtás eredeti szárazanyagára számolt összes szeléntartalma és a búza hajtás szeleno-metionin-tartalma, valamint a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közti összefüggést mutatja be. A 35 minta analízisét elvégezve a szeleno-metionin-tartalom esetében a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,001$ szinten 0,92 volt, ami rendkívül szoros összefüggésre mutat rá. A szeleno-metionin-tartalomból számolt szeléntartalom esetében 35 minta mérési eredményét analizálva a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,001$ szinten 0,92 volt, ami rendkívül szoros összefüggésre utal.

A 8. ábra a búza hajtás 100% szárazanyagára számolt összes szeléntartalma és a búza hajtás szeleno-metionin, valamint a szeleno-metioninból számolt szeléntartalma közötti összefüggést mutatja. A 35 minta analízisének eredményeképpen a szeleno-metionin-tartalom esetén a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,001$ szinten 0,92 volt, ami

rendkívül szoros összefüggésre utal. A szeleno-metioninból számolt szeléntartalom esetében ugyancsak 35 minta analízisét követően a korrelációs koefficiens értékét $P < 0,001$ szinten 0,92-nek számoltuk.

8. ábra

Lineáris regresszió a búza hajtás 100% szárazanyagra számolt összes Se-tartalma és a búza hajtás SeMet- és SeMet-ből számolt Se-tartalma között

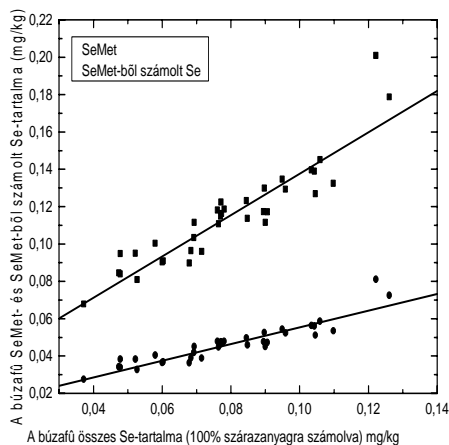


Figure 8: Correlation between the total selenium content related to dry matter of the wheat shoot and the selenomethionine- and organic selenium content of the wheat shoot calculated from selenomethionine content

9. ábra

Lineáris regresszió a búza SeMet-tartalma és a búza hajtás eredeti szárazanyagra számított SeMet-tartalma között

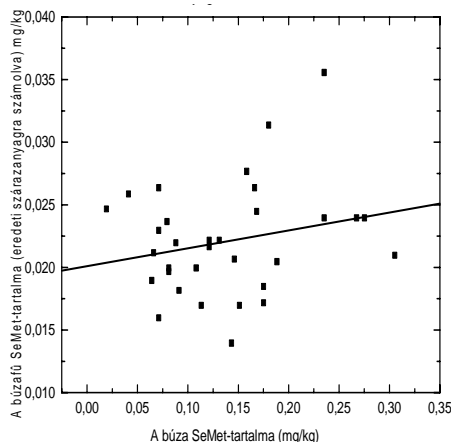


Figure 9: Correlation between the selenomethionine content of wheat and the selenomethionine content related to original dry matter of the wheat shoot

A 9. ábra a búza szeleno-metionin-tartalma és a búza hajtás eredeti szárazanyagra számított szeleno-metionin-tartalma közötti összefüggést mutatja. A 35 minta analízisének eredményeként a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,5$ szinten 0,23 volt, ami gyenge összefüggést mutat.

A 10. ábra a búza szeleno-metionin-tartalma és a búza hajtás 100% szárazanyagra számított szeleno-metionin-tartalma közötti összefüggést mutatja. A 35 minta analízisének eredményeként a korrelációs koefficiens értéke $P < 0,5$ szinten 0,27 volt.

Az 5. táblázatban a búza és a búza hajtás szelén-, szeleno-metionin- és szeleno-metioninból számolt szervesszelén-tartalma közötti összefüggéseket foglaltuk össze.

Legszorosabb összefüggést a búza hajtás eredeti és 100%-ra számolt szeléntartalma között, valamint a búzaszem és a búza hajtás szeléntartalma és szeleno-metioninból számolt szeléntartalma között kaptuk. Ezen esetekben a korrelációs koefficiens értéke 0,92 és 0,99 között változott. Lényegesen lazább összefüggést kaptunk a búza és a búza hajtás közötti adatokat elemezve, melyek során a korrelációs koefficiens értéke 0,34 és

0,40 között alakult. Igen laza összefüggést kaptunk akkor, amikor a búza szelenometionin-tartalmát hasonlítottuk a búza hajtás eredeti és 100% szárazanyagra számolt szeléntartalmához, ugyanis ekkor a korrelációs koefficiens értéke 0,22 és 0,27 között alakult.

Kísérleteink során nem volt célunk a talaj elemzése; a talajtípusokat csak azért adtuk meg, hogy bizonyítsuk mintáink sokféleségét. A célt, miszerint elemezzük az összefüggést a búza hajtás és a búza szem szeléntartalma között csak részben sikerült elérni, hisz a kapcsolatot közepesnek találtuk. Igen szoros volt a kapcsolat viszont a búzaszem összeszelén és szervesszelén tartalma között, tehát a szervesszelén tartalom az összeszelén tartalom alapján becsülhető. Nem mondható ez el a búza hajtás esetében, ahol a két szelénforma közötti összefüggés rendkívül laza, ezért az összeszelén tartalmából a szervesszelén tartalmat nem lehet becsülni.

10. ábra

Lineáris regresszió a búza SeMet-tartalma és a búza hajtás 100% szárazanyagra számolt SeMet tartalma között

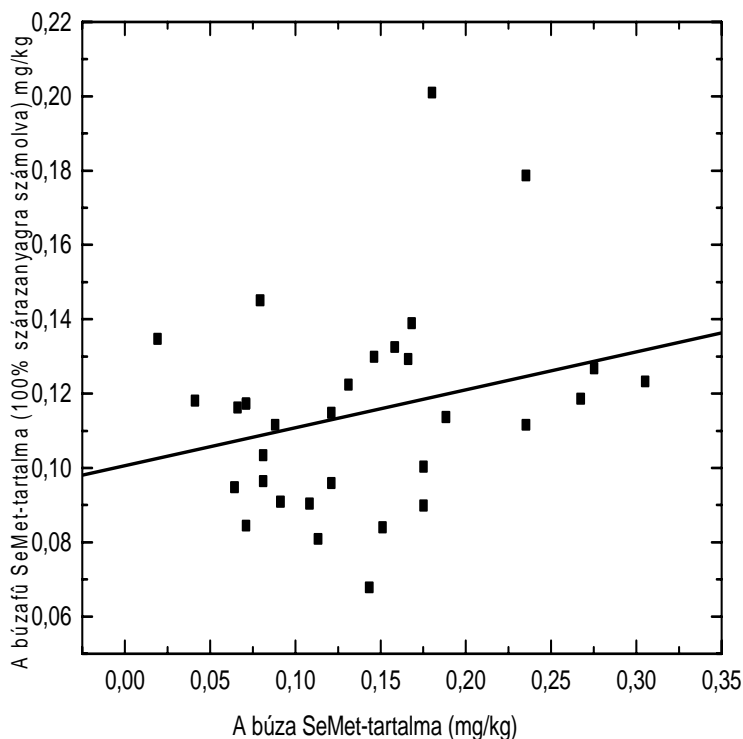


Figure 10: Correlation between the seleno-methionine content of wheat and the seleno-methionine content related to dry matter of the wheat shoot

5. táblázat

Összefüggés a búza és a búza hajtás szelén, szeleno-metionin és szeleno-metioninből számolt szervesszelén-tartalom között.

(A korrelációs koefficiensek összefoglaló táblázata)

Komponensek (1)	P%	r
Búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalom	0,001	0,92
Búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom	0,1	0,36
Búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom	0,1	0,40
Búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza Se-Met-ből számolt szeléntartalom	0,1	0,34
Búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza Se-Met-ből számolt szeléntartalom	0,05	0,40
Búza eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza Se-Met-ből számolt szeléntartalom	0,001	0,99
Búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza hajtás Se-Met-tartalom	0,001	0,92
Búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza hajtás Se-Met-ből számolt szeléntartalom	0,001	0,92
Búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza hajtás Se-Met-tartalom	0,001	0,92
Búza hajtás 100% szárazanyagra számolt szeléntartalom – Búza hajtás Se-Met-ből számolt szeléntartalom	0,001	0,92
Búza Se-Met tartalom – Búza hajtás eredeti szárazanyagra számolt Se-Met-tartalom	0,5	0,22
Búza Se-Met tartalom – Búza hajtás 100% szárazanyagra számolt Se-Met-tartalom	0,5	0,27

Table 5: Correlation between the selenium-, seleno-methionine- organic selenium content calculated from seleno-methionine content content of wheat and wheat shoot

Components (1)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők hálás köszönetüket fejezik ki a Sapientia Alapítvány Kutatási Programok Intézete anyagi támogatásáért. Köszönetüket fejezik ki ezentúl dr. Kazinczy Gabriella egyetemi docensnek, dr. Dér Ferenc egyetemi docensnek értékes tanácsaikért, valamint a SAPIENTIA EMTE Csíkszeredai Kar Élelmiszer-tudományi Tanszék és a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai-Biokémiai Tanszék azon dolgozóinak, akik nagyban segítettek munkánkat. Köszönjük a Domus Hungarica Programnak az anyagi támogatást, valamint hálás köszönetünket fejezzük ki a TOPAS-MANAGEMENTUL DEFICITULUI DE SELENIU DIN ROMANIA (PNCDI. Programul 4 – Parteneriate in domeniile prioritare. Directia de cercetare: BIOTEHNOLOGII. Numarul alocat la inregistrarea on-line: 1447 Contract de finantare nr. 61-022) pályázat vezetőinek a korábbiakban kapott anyagi támogatásért, mely megalapozta jelenlegi munkánkat.

IRODALOM

- Bendhal, L., Gammelgaard, B. (2004). Separation and identification of Se-methyl-seleno-galactosamine, a new metabolite in basal human urine by HPLC-ICP-MS and CE-nano-ESI-MS². *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*. 19. 950-957.
- Clayton, C.C., Bauman, C.A. (1949). Diet and azo dye tumors: effect of diet during a period when the dye is not fed. *Cancer Research*. 9. 575-580.
- Combs, G.F. (2005). Importance of selenium in human nutrition. Twenty Years of Selenium Fertilization, In Proceedings book, Ed. Merja Eurola, September 8-9, 2005, Helsinki, Finland, Agrifood Research Reports. 69-108.
- Cser M., Sziklainé László I. (1998). A szelén szerepe a környezetben és egészségvédelemben. MTA, 1-136.
- Dumont, E., Vanhaecke, F., Cornelis, R. (2004). Hyphenated techniques for speciation of Se in in vitro gastrointestinal digests of *Saccharomyces cerevisiae*. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 379. 504-511.
- Mándoki, Zs., Albert, Cs., Pohn, G., Salamon, Sz., Csapó-Kiss, Zs., Csapó, J. (2008). Separation and determination of selenoamino acids in foods and feeding stuffs by ion-exchange chromatography. *Krmiva 2008. 15th International Conference. Croatia, Opatija, 2008. jún. 2-5. 90.*
- Mándoki, Zs., Pohn, G., Lóki, K., Salamon, Sz., Albert, Cs., Albert, B., Csapó-Kiss, Zs., Csapó, J. (2007). Szeleno-aminosavak meghatározása ioncserés oszlopkromatográfiával és nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával. *13th International Conference of Chemistry. Cluj Napoca, 2007. nov. 8-11. 63-67.*
- Mándoki, Zs., Pohn, G., Lóki, K., Albert, Cs., Albert, B., Csapó-Kiss, Zs., Csapó, J. (2007). Determination of selenoamino acids by ion exchange column chromatography and by high performance liquid chromatography. *7th Balaton Symposium on High-performance Separation Methods. Siófok, 2007. szept. 5-7. P-81. 139.*
- Nelson, A.A., Fitzhugh, O.G., Calvery, H.O. (1943). Liver tumors following cirrhosis caused by selenium in rats. *Cancer Reserach*. 3. 230-236.
- Reilly, C. (1998). Selenium: A new entrant into the functional food arena. *Trends in Food Science & Technology*. 9. 114-118.
- Schwarz, K., Foltz, C.M. (1957). Selenium as an integral part of Factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *Journal of the American Chemical Society*. 79. 3292-3293.
- Serdaru, M., Vlădescu, L., Avram, N. (2003). Monitoring od Feeds Selenium Status in Southeast Region of Romania, *Journal of Agricultura and Food Chemistry*. 51 4727-4731.
- Shamberger, R.J., Rudolph, G. (1966). Protection against cocarcinogenesis by antioxidants. *Experientia*. 22. 116.
- Terry, N., Zayed A.M., Desouza M.P., Tarun, A.S. (2000). Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51. 401-432.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Tamás Melinda

Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Csíkszeredai Campus,

Élelmiszer-tudományi Tanszék

University of Transsylvania, Csíkszereda Campus,

Department of Food Sciences

RO-530104 Csíkszereda, Szabadság tér 1.

Tel.:40-266-317-121, fax:40-266-314-657

e-mail: tamasmelinda@sapientia.siculorum.ro