

A búza (*Triticum aestivum* L.) összesszelén-tartalma és a talaj típusa közötti összefüggés

Correlation Between the Total Selenium Content of the Wheat Seeds and the Soil Types

Relația dintre conținutul de seleniu total al grâului (*Triticum aestivum* L.) și tipul solului

Dr. TAMÁS Melinda¹, Prof. Dr. CSAPÓ János^{1,2}

¹SAPIENTIA EMTE Kolozsvár, Csíkszeredai Kar, Élelmiszer-tudományi Tanszék, RO-4100 Csíkszereda, Szabadság tér 1., Tel.: 40-266-314-657, fax: 40-266-372-099; tamasmelinda@cs.sicolum.ro, www.emte.ro

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszer-tudományi és Környeztgazdálkodási Kar, HU-4032 Debrecen, Böszörményi út 138. Tel/Fax: 36-30-52-417-572; csapo.janos@gmail.hu, www.mek.unideb.hu

ABSTRACT

During our research work we investigated the connection between the total selenium content of the wheat seeds and 16 soil types in two regions (Dobrogea-Baragan region in 2008, and in the Ciuc basin in 2010). The average total selenium content of the wheat seeds in the Dobrogea-Baragan region was 72.9 µg/kg in 2009, and 101 µg/kg in 2009, and 82.9 µg/kg in 2010 in Ciuc basin. In the case of the selenium content of wheat seed samples, it can be concluded that the lowest values were measured in each year when the wheat grass samples were cultivated regosol (30.2 µg/kg in 2008, 58.2 µg/kg in 2009 and 34.8 µg/kg in 2010), while the highest values were obtained when the wheat grass samples were cultivated on mollic (typical or litic chernozem) soil (109 µg/kg in 2008, 133 µg/kg in 2009 and 121 µg/kg in 2010). The correlation between the wheat samples collected from the same soil type of the both region very strong correlation was obtained both in 2008-2009 and 2008-2010, because the correlation coefficient was 0.829 in 2009 and 0.906 in 2010. We examined the correlation between the selenium content of wheat seeds collected always from the same places of the Ciuc basin in 2009 and 2010. According to the results, the correlation coefficient was 0.896, which means a strong correlation. The order of the total selenium content of wheat seeds was the same both in Dobrogea-Bărăgan region and in Ciuc basin regardless of the place of origin. It can be concluded that the selenium content of the soil, regardless of the region, define significantly the selenium content of the wheat seeds. The structure and the type of the soil, in addition to the weather conditions, can play important role in the storage of selenium in wheat seeds.

Keywords: type of soil, wheat, total selenium content

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatómunkánk során két régióban (Dobrogea-Bărăgan vidékén - 2008-ban és a Csíki-medencében 2009-ben és 2010-ben) vizsgáltuk 16 talajtípust és a talajokon termelt búzámagok összesszelén-tartalma közötti összefüggést. A búzámag minták összesszelén-tartalma a Dobrogea-Bărăgan vidékén átlagosan 72,9 µg/kg, a Csíki-medencében 2009-ben 101 µg/kg, míg 2010-ben 82,9 µg/kg volt. A legalacsonyabb szeléntartalmat a földes kopár talajról származott búzáminta (2008-ban: 30,2 µg/kg; 2009-ben: 58,2 µg/kg; 2010-ben: 34,8 µg/kg) esetén mértük, míg a legnagyobb értéket a mollikus (litikus csernozjomszerű) (2008-ban: 109 µg/kg; 2009-ben: 133 µg/kg; 2010-ben: 121 µg/kg) talajnál találtunk. A két vidék azonos talajáról származó búzámagok szeléntartalma között mind 2008-2009, mind 2008-2010 vonatkozásában igen szoros összefüggést kaptunk, hisz az R értéke 0,829 (2009) és 0,907 (2010) volt. A Csíki-medence 2009-2010-es évjáratát összehasonlítva, ugyancsak rendkívül szoros összefüggést találtunk az ugyanarról a talajtípusról és talajról származó búzámagok összesszelén-tartalma esetében (R=0,896). Mind a Dobrogea-Bărăgan vidék, mind a Csíki-medence talajtípusain termelt búzámag minták esetében, azonos talajtípusnál, a származási helytől függetlenül.

nül, ugyanazt a sorrendet kaptuk, a búzamag minták összesszelén-tartalmát illetően. Levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy a talaj Se-tartalma, tájegységtől függetlenül, szignifikáns mértékben megszabja a búzamag szeléntartalmát. Az időjárási körülmények mellett a talaj szerkezete és típusa fontos szerepet játszhat a szelén búzamagban való elraktározódásában.

Kulcsszavak: talajtípus, búza, összesszelén-tartalom

1. BEVEZETÉS

A szelén esszenciális mikroelem, de élettani hatása ambivalens. Hiánya több betegség kialakulásához vezethet, ugyanakkor egy másik egészségügyi kockázatot jelenthet a szelénszennyezés, mivel a szelén egyike azoknak az elemeknek, amely nagyon szűk tolerancia tartománnyal jellemezhető.

A felnőtt szervezet napi szelén szükséglete 0,12 mg. Ezt a mennyiséget a táplálékkal abban az esetben lehet biztosítani, ha a növények képesek a talajból megfelelő mennyiségű szelént felvenni.

A mezőgazdasági termelés iparszerű elterjedésével összefüggésben világszerte (így Európában, azon belül Romániában és Magyarországon is) felborultak, egyirányúvá váltak a tápanyag-visszapótlási ciklusok.

Az elmúlt 50 évben világszerte felismerték, hogy az emberi egészség fenntartása érdekében nagyon fontos lenne, hogy az alapvető élelmiszereinkben (köztük a búzamagban, és a belőle készült lisztekben) megfelelő mennyiségben legyenek jelen olyan létfontosságú mikroelemek, mint a szelén. A szelént az 1800-as évek elején fedezték fel, de az elmúlt 50 évben lett fontos szerepe a mikroelem kutatásokban, mivel bizonyossá vált, hogy számos olyan fehérje és enzim aktív centrumában jelen van, amelyeknek fontos szerepük van az emberi szervezetben.

Nagyon fontos lenne tehát, hogy a termőtalajok, és a rajtuk termesztett olyan alapvető élelmiszerek, mint a búza szeléntartalmával, illetve szelénfelvételével mindenhol tisztában legyünk.

A savas esők hatására a talajban lévő szelénvegyületek olyan formába alakulnak át, amelyekből a növények csak kis mennyiséget képesek felvenni.

A szelén oxidációs állapottól függő módosulatait a talajban nagymértékben befolyásolják a pH, a talaj szerkezete, környezeti állapota, a vas-oxid és a vas-hidroxid aránya, valamint a szervesanyagok, a talaj mikrobiális tevékenységek, illetve más faktorok. A talaj pH-ja, a talaj szerkezete, a vas-oxid és a vas-hidroxid aránya, valamint a szervesanyagok szignifikáns hatással vannak a növények szelénfelvételére (Gissel-Nielsen és mtsai., 1984; Barrow és Whelan, 1989).

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A szelén szerepe az emberi táplálkozásban – a szelénhiány következményei

Embernél két betegséget hoztak kapcsolatba a szelénhiánnyal. Ilyen a szívizom megbetegedés, a Keshan-kór (endémiás cardiomyopathia) és a súlyos ízületi megbetegedés, a Kashin-Beck-betegség (krónikus osteochondropatia). A Keshan-kór a gyerekeknél és a fogamzóképes nőknél fordul elő, amely Kína észak-keleti és dél-nyugati tartományai között, a talajviszonyoknak megfelelően, különböző mértékben mutatkozik. Azokra a tartományokra, ahol a betegség előfordul, a talaj alacsony felvehető szeléntartalma a jellemző, melynek következtében az ott termesztett élelmiszer alapanyagok szelénkoncentrációja rendkívüli mértékben alacsony (Combs, 2001; FAO, WHO, 2001; Tan és Huang, 1991).

Boldery és mtsai. (2006) szerint a vitaminok és ásványi anyagok hiányát már a múlt század 30-as éveiben kapcsolatba hozták a kardiomiopátiás megbetegedésekkel. (A kardiomiopátia (CMP) a szív pumpafunkciójának gyengüléséhez vezető szívbetegségek összefoglaló neve, amely az izom saját betegségére vezethető vissza.)

A szelénről egyre többen rákellenes hatást is kimutattak (Combs, 2005; Combs, 2001; Whanger, 2004). Az Amerikai Egyesült Államokban a táplálkozásban használt magok szeléntartalma és a halálos rák megbetegedések között negatív összefüggés figyelhető meg (Clark és mtsai, 1991).

Rasmussen és mtsai. (2009) Dániában vizsgálták a szérum összesszelén- és szeleno-metionin-tartalmának változását nyolc év alatt, különös tekintettel azokra a hatásokra, amelyek a szelénstátusszal kapcsolatba hozhatók. 817 véletlenszerűen kiválasztott egyéntől vettek vérmintát, és egy kérdőívvel információt szereztek a dohányzási szokásokról, az alkoholfogyasztásról és a sportolásról. A férfiaknál az átlagos szérum szelén szint 98,7 µg/l, a szeleno-protein szint pedig 2,72 mg/l volt. Mind a szérum szelén szintje, mind a szeleno-protein szintje a kor előrehaladásával nőtt, és a szeleno-protein szint magasabb volt a férfiaknál, mint a nőknél. A szérum szelén szintje 1997–2005 között mintegy 5%-kal csökkent, ezzel szemben a szeleno-

protein szint szignifikánsan növekedett. A halfogyasztás csak nagyon csekély mértékben volt hatással a szelén szintre, és egyáltalán nem befolyásolta a szeleno-protein szintet. A dohányzás, az alkoholfogyasztás, a testgyakorlás vagy a gyógyszerfogyasztás nem befolyásolta a szervezet szelénstátuszát. Megállapították, hogy a dán populáció szelénstátusza megfelelő szintű. A kor, a nem és az életstílus szerint nem tudtak olyan csoportokat kiemelni, amelyeknél különös figyelmet kellene fordítani a szelénhiányra.

2.2. Szelénformák

Természetes körülmények között a biológiailag nem hozzáférhető elemi szelén csak ritkán fordul elő, de a talajban stabilis formában megtalálható.

Az elemi szelén szelén-dioxiddá oxidálódhat, mely leginkább a talaj felszínén fordulhat elő. Levegőtől elzárt, anaerob körülmények között, a talajokban a szelén elemi formája van jelen (Craig, 1986).

A környezetünkben előforduló főbb szelénvegyületek:

- a talajban: Se(IV), Se(VI), dimetil-szelenid (dMeSe), dimetil-diszelenid (dMedSe) $((\text{CH}_3)_2\text{Se}_2)$, dimetil-szelenon $((\text{CH}_3)_2\text{SeO}_2)$,
- biológiai mintákban: szeleno-cisztin (SeC), szeleno-cisztein, szeleno-metionin, szeleno-etionin (SeE), szeleno-urea (SeU).

2.3. A szelén a talaj-növény rendszerben

A talaj pH-ja, a talaj szerkezete, a vas-oxid és a vas-hidroxid aránya, valamint a szervesanyagok szignifikáns hatással vannak a növények szelénfelvételére (Gissel-Nielsen és mtsai., 1984; Mikkelsen és mtsai., 1989).

A növények a szelént szelenát, szelenit és szerves formában egyaránt képesek felvenni. Zayed és mtsai. (1998) vizsgálatai szerint a növények levelei akkor akkumulálják a legnagyobb mennyiségű szelént, ha az szelenát formában van jelen a talajban.

A nem Se-indikátor növények a felvett szelént nagyrészt SeMet formába alakítják át, majd fehérjékbe építik be a metionin helyére. A talaj szerves anyagaihoz kötött szelén nem mobilis, csak egyes indikátor növényfajok képesek felvenni azt. Ezek a növényfajok viszont egyúttal Se-transzformátoroknak is tekinthetők, mivel pusztulásuk és a talajban való lebomlásuk után kiváló Se-forrásul szolgálnak más növények számára. A talajtulajdonságok megváltozásával (pl. elsavanyodás) a talajban az egyes szelénformák átalakulhatnak egymásba (Kádár, 1998), a talajok elsavanyodása során ugyanis a talajban levő magasabb oxidációs fokú szelénformák nem vízzoldékonyak, így a növények számára felvehetetlen elemi szelénre és szelenidre redukálódnak. Az anaerob baktériumok által végzett biológiai metiláció következtében az illékony vegyületekké (pl. dimetil-szelenidre) átalakult szelén el is távozhat a talajból, jellegzetes fokhagyma szagot árasztva (Pyrzynska, 2002). A légkörből kimosódó szelén viszont 1-2 g/ha/év mennyiségben akár növelheti is a talajok Se-tartalmát (Kádár, 1998).

A szelenátok kevésbé kötődnek meg a döntően negatív töltésű talajkolloidokon, ezért könnyen kimosódhatnak. Így például a vulkáni talajok kilúgozása következtében az ilyen termőhelyen élő növények Se-tartalma is rendkívül alacsony.

Magyarországon Patócs (1990) és Gondi (1991) vizsgálatai szerint a szelénhiányos területek a savanyú talajokhoz köthetőek, ahol mind a talajok mobilis Se készlete, mind pedig a növények Se-tartalma alacsony. Mivel itt a talajok nagy része a szántott rétegben savanyú, és az elsavanyodás az elmúlt évtizedekben előrehaladt, a közeljövőben a Se-hiány növekedésével kell számolni.

A talaj- és növényvizsgálati eredmények együttes értékelése szerint Magyarország termőhelyeinek 20%-a esett az alacsony ellátottsági tartományba, míg 80%-a többé-kevésbé megfelelőnek minősült. A megfelelő vagy „kielégítő” ellátottság a nemzetközi átlaghoz való relatív viszonyt takart, nem élettani optimumokat. A magyarországi növényminták Se-tartalma valójában a nemzetközi középmezőny alsó harmadában, míg a talajok mobilis Se-készlete a középmezőnyben helyezkedett el (Kádár, 1995, 2012).

Összefoglalóan megállapítható, hogy Se-hiányos területek Magyarországon a savanyú talajokhoz kötődnek, ahol mind a talajok mobilis Se-készlete, mind a növények szeléntartalma alacsony, melyet a FAO vizsgálatok is igazoltak. Mivel Magyarország talajaink fele a szántott rétegben savanyú, és az elsavanyodás előrehaladt az elmúlt évtizedekben, a Se-hiány növekedésével lehet számolni a jövőben (Kádár, 2012).

Lăcătușu és mtsai (2012) szoloncsák és szolonyec talajok szeléntartalmát vizsgálták, Románia dél-keleti részén található Buzăuban a Călbămatui folyó mentén. Vizsgálataik során a talaj összesszelén-tartalma 480 és 1140 $\mu\text{g/kg}$ között változott, átlagos értéke 800 $\mu\text{g/kg}$ volt. Ez az érték 2,1-szer nagyobb, mint a talajok átlagos szeléntartalma, a Dobrogeai talajokhoz viszonyítva pedig 3-4-szer nagyobb. Ezeket az értékeket a folyó mellett található talajok fizikai és kémiai tulajdonságaival magyarázták.

Luguanu és mtsai (2013) (Románia) a talajban található kioldható szelén arányát vizsgálták az

összesszelén-tartalomhoz viszonyítva, amely 3,57 és 8,15% között mozgott. Ezeket az értékeket a talaj szennyezettségével, kálium, nitrogén, foszfor, humusztartalmával magyarázták.

Lăcătușu és mtsai (2013) Románia déli részén található Olténiában, hat helyszínen vizsgálták a talajok fizikai-, kémiai tulajdonságait és szeléntartalmát. Az összesszelén-tartalom ezeken a talajokon 0,20 µg/kg és 190 µg/kg között változott, az átlag érték 97 µg/kg, volt.

2.4. A különféle talajokon termesztett búza szeléntartalma

A gabonák és gabonákból készült termékek eltérő mértékben tartalmaznak szelént. Szeléntartalmuk az eredeti anyagban 10–550 µg/kg között változik (FAO, WHO, 2001). Az étkezési minimum mind az ember, mind az állat számára 50–100 µg Se/kg szárazanyag, amely bevitel alatt szelénhiány fordul elő (Gissel-Nielsen és mtsai., 1984).

Lăcătușu és mtsai. (2010) búzanövények és búzamagvak szeléntartalmát elemezték Romániában dél-kelet-Alföld és Közép- és Dél-Dobrudza talajain. A vizsgálataik során nagyon eltérő szeléntartalmat találtak. A búzaszemek, búzanövények szeléntartalma a román Alföldön megközelítette a normális (75-150 µg/kg) értéket, míg Közép- és Dél-Dobrogeában 0,5 mg/kg körüli értéket is kaptak. Az eredmények alapján javasolták a liszt szeléndúsítását, vagy más, szelénrel gazdagabb búzából származó liszttel való keverését.

3. A KUTATÁS CÉLJA

Mivel Románia lakossága szelén ellátottságára, a talajról és ezen a talajokon termelt búzamag szeléntartalma vonatkozásában nagyon hiányosak az ismeretink, ezért célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk:

Dobrogea-Bărăgan vidékén és a Csíki medencében (Hargita megye) található legfontosabb talajtípusok (földes kopár talaj, hidromorf (pangóvízes talaj), podzolosodott barna erdőtalaj, kambikus (barna erdőtalaj), lepusztult talaj (erodiszol), nyers öntéstalaj-protoszol, hidromorf (szürke réti talaj), mollikus (rendzinák), humuszos öntéstalaj, homoktalaj-pszamoszol, kambikus (barnaföldek), agyagbemosódásos barna erdőtalaj, albkus barna erdőtalaj, hidromorf (fekete réti talaj), mollikus (litikus csernozjomszerű) és mollikus (típusos csernozjomszerű) talaj) összesszelén-tartalmát, valamint

Dobrogea-Bărăgan vidékén és a Csíki-medencében található legfontosabb 16 talajtípus és a rajtuk termelt búzamagok összesszelén-tartalma közötti összefüggést.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. A búza típusa, jellemzői

Kutatómunkánk során a kenyérbúza (*Triticum aestivum* L.) szeléntartalmának és szelénformáinak meghatározását végeztük el, mivel ez a legelterjedtebb búzafajta, amelyet természetesen mind Dobrogea és a Bărăgan vidékén, mind a Csíki-medencében. Ez a búzafajta az egyszikűek (*Liliopsida*) osztályának a perjevirágúak (Poales) rendjébe, ezen belül a perjefélék (Poaceae) családjába tartozó faj, mely a búzafajok és fajták változatos éghajlati igénye és jó alkalmazkodóképessége miatt széles körben elterjedt.

A Föld egyik legnagyobb területen előforduló gabonája, a sivatagok és a sarkvidékek kivételével szinte mindenütt termesztik. A népelelmezésben elfoglalt szerepével kiemelkedik a többiek közül. Kenyérgabona szerepén túl sokrétű felhasználás jellemzi, hiszen gazdag abraknakarmány, szalmája értékes alomanyag, és különböző részei ipari alapanyagként is felhasználhatóak.

4.2. Szeléntartalom meghatározása fluorometriás módszerrel

A szeléntartalom rendkívül érzékeny a roncsolási körülményekre, ezért nedves roncsolással végeztük a feltárást. A roncsolást elvégeztük mind salétromsavval, mind pedig királyvízzel, de a salétromsavas roncsolás esetén is megfelelő eredményeket kaptunk a talaj és a búzamag esetében, így ezt a roncsolási módszert alkalmaztuk.

Az elroncsolt oldatból a szeléntartalmat a roncsolást követően piazszelenol-komplex kialakítása után fluorimetriásan határoztuk meg. A fluorometriás mérés során a gerjesztési hullámhossz 380 nm, a mérési hullámhossz 519 nm volt.

Kalibrációs görbét készítettünk, melynek során a mért emisszióértéket ábrázoltuk a hozzájuk tartozó szeléntartalom függvényében. A 0,2-1,0 µg/cm³ tartományban a görbe lineáris, melyek segítségével a minta szeléntartalma a következő képlettel számolható:

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

ahol: C_M a mért koncentráció, $\mu\text{g}/\text{cm}^3$

C a minta szeléntartalma, $\mu\text{g}/\text{g}$

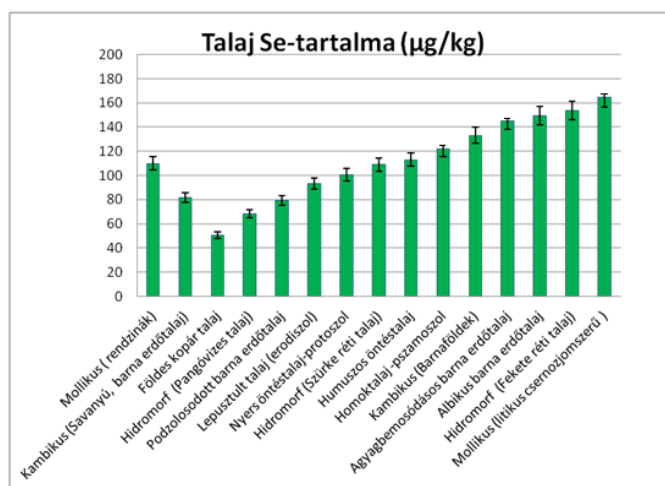
4.3. Az adatok statisztikai értékelése

Az adatokból Microsoft Office Excel, 2003 és SPSS for Windows 17.0 statisztikai programcsomagok (szórás, átlag, korrelációs számítás) segítségével végeztük el a statisztikai analíziseket annak eldöntésére, hogy a talaj-, a búza szeléntartalma és a talajok típusa között milyen összefüggések vannak.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

5.1. A talajminták vizsgálata

A kutatásunk kezdetekor, amely Románia dél-keleti részén elhelyezkedő Dobrogea és Bărăgan vidékén történt, meghatároztuk 16 talajtípust és az ott termesztett búza és búzanövény szeléntartalmát.



1. ábra

A talajminta szeléntartalma a begyűjtés sorrendjében, különböző talajtípusok esetében Dobrogea-Bărăgan vidékén)

A talajmintákat a begyűjtés sorrendjében ábrázoltuk, és a továbbiakban is mindig ezt a sorrendet használjuk az összes minta esetében (1. ábra).

A mérések során a talajminták összesszelén-tartalma 172 $\mu\text{g}/\text{kg}$ és 52,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ között változott. A szeléntartalom átlagosan 119 $\mu\text{g}/\text{kg}$ körül alakult.

A Dobrogea-Bărăgan vidékén vett talajminták esetében a legalacsonyabb szeléntartalmat a földes kopár típusú talajmintánknál (52,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$), míg a legmagasabb értéket a mollikus (típusos csernozjomszerű) mintánál mértünk (170 és 172 $\mu\text{g}/\text{kg}$ közötti érték). Alacsony értéket még a hidromorf-pangóvízes talaj (65,9-67,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) és a podzolosodott barna erdőtalaj (78,1-80,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$) esetében észleltünk. Magasabb értéket az agyagbemosódásos barna erdőtalaj (142-148 $\mu\text{g}/\text{kg}$), a kambikus (savanyú, barna) talaj (149 -150 $\mu\text{g}/\text{kg}$) és a hidromorf réti talaj (151-158 $\mu\text{g}/\text{kg}$) esetében mértünk. A többi talajtípus esetében közepes értéket kaptunk a talaj összesszelén-tartalmára, mely 81,2-135 $\mu\text{g}/\text{kg}$ között változott. Az összes talaj szeléntartalmát vizsgálva a szórás értéke 35,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a medián 111 $\mu\text{g}/\text{kg}$ volt.

A talajtípusok szeléntartalmának változása az irodalomban található adatoknak (Mayland és mtsai., 1989) megfelelően alakult, ugyanis szelén a vulkáni kőzetes talajokban (földes kopár-, hidromorf-pangóvízes-, podzolosodott barna erdőtalaj) kisebb mennyiségben fordult elő, mint az üledékes, különösen mint az agyagos talajokban (agyagbemosódásos-, barna erdő-, a kambikus-, hidromorf réti-, mollikus-típusos csernozjomszerű talajok).

Az irodalomban a talajokat szeléntartalmuk alapján négy csoportba osztották: hiányos (75 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nál kisebb szeléntartalom), elfogadható (75–175 $\mu\text{g}/\text{kg}$), magas (175–1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$) és kifejezetten mérgező (1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ -nál nagyobb) tartomány (Oldfield, 1999; Tan, 1989; Fordyce, 2013). Összességében elmondható, hogy

ezen a vidéken található talajok szeléntartalma az irodalomban található adatoknak megfelelően hiányos (75 µg/kg-nál kisebb szeléntartalom), és elfogadható (75–175 µg/kg) szeléntartalommal rendelkeznek. Összehasonlítva ezen a vidéken mért, és más romániai tájegységeken kapott adatokat, hasonló értékeket kaptuk a talaj szeléntartalmára vonatkozóan (Lăcătuşu és mtsai., 2010, 2012 és 2013; Lungu, 2013).

5.2. A búzámag minták összesszelén-tartalma

A búzáminták szeléntartalma 29,9 µg/kg és 134 µg/kg között változott (1. táblázat). A Dobrogea-Bărăgan vidékéről (2008) származó búza összesszelén-tartalma 29,9 µg/kg és 111 µg/kg között változott.

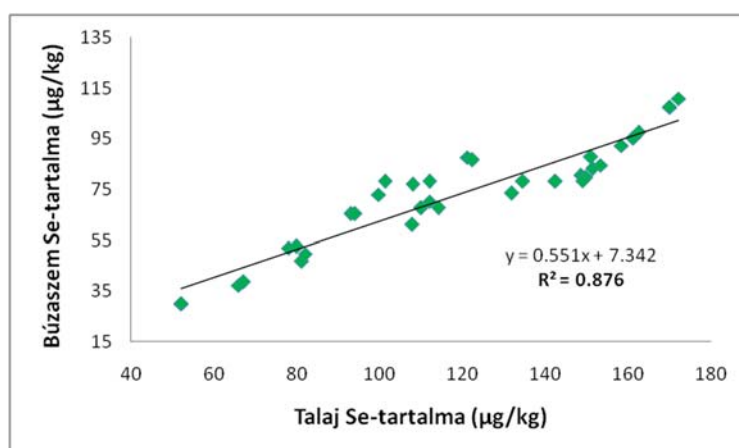
1. táblázat: A búzámagok Se-tartalmának alakulása

Búza Se-tartalma (µg/kg)	2008-ban (Dobrogea-Bărăgan)	2009-ben (Csíki-medence)	2010-ben (Csíki-medence)
Max.	111±0,03	134±0,09	122±0,11
Min.	29,9±0,11	54,5±0,09	34,1±0,09
Átlag	72,8±0,08	101±0,08	82,9±0,06
Szórás	20,9±0,02	20,4±0,03	22,9±0,08
Medián	88,9±0,06	101±0,01	96,7±0,07

A szeléntartalom átlagosan 72,8 µg/kg körül alakult. A legalacsonyabb szeléntartalmat a földes kopár típusú talajról származó búzámag minta esetében (29,9 és 30,4 µg/kg közötti érték), míg a legmagasabb értéket a mollikus (tipikus csernozjomszerű) talajról származó minta esetében (108 és 111 µg/kg közötti érték) mértük.

Alacsony értéket még a hidromorf-pangóvízes (37,4-38,7 µg/kg), a kambikus (savanyú) barna erdőtalaj (46,7-49,7 µg/kg) és a podzolosodott barna erdőtalajról származó búzáminták (52,6-52,6 µg/kg) esetében észleltünk. Magasabb értéket a mollikus (litikus csernozjomszerű) (95,3-97,6 µg/kg), a mollikus (redzinák) (74,5-79,6 µg/kg) és a mollikus (tipikus csernozjomszerű) talajokról származó búzámag (94,7-96,1 µg/kg) minták esetében kaptunk. A többi talajtípusról begyűjtött búzámag minta közepes szeléntartalmat mutatott. A szórás értéke 20,9 µg/kg volt.

Elemeztük a Dobrogea-Bărăgan-vidéki talaj és ugyanarról a talajról begyűjtött búzámag Se-tartalma közötti összefüggést, amelynek eredményeként (2. ábra) a korrelációs koefficiens négyzetének (R^2) az értéke 0,876, ami szoros összefüggésre utal.



2. ábra

Lineáris regresszió a búzámag összes Se-tartalma és a talaj összes Se-tartalma között

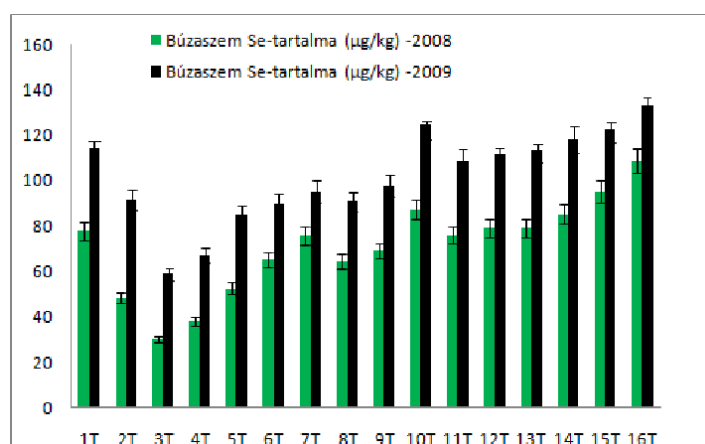
Elmondható, hogy ezen a vidéken található talajokon termesztett búzámag szeléntartalma az irodalomban található értékekhez hasonlítva alacsony, (120 µg/kg-nál kisebb), és elfogadható (120–155 µg/kg) Se-

tartalmú tartományba sorolhatóak (Oldfield, 1999; Tan, 1989; Gawalko és mtsai., 2001; MacPherson és mtsai., 1997; Broadley és mtsai., 2010).

A Csíki-medencében 2009 és 2010-ben begyűjtött búzamaz minták összesszelén-tartalma 54,5 µg/kg és 134 µg/kg között változott. A szeléntartalom átlagosan 101 µg/kg körül alakult.

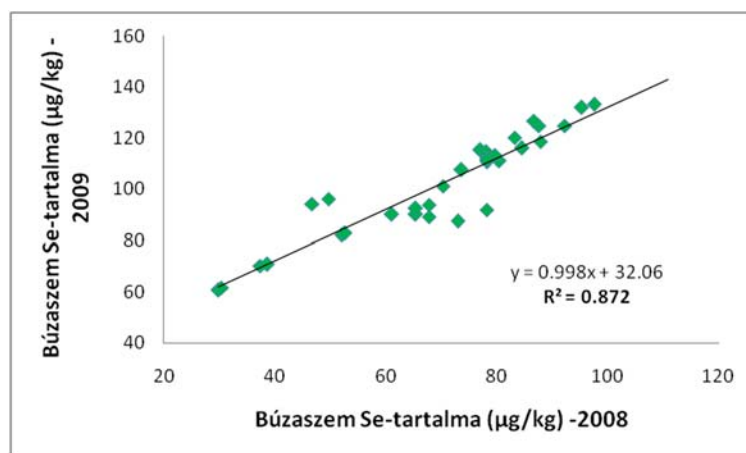
A legalacsonyabb szeléntartalmat a földes kopár típusú talajról származó búzaminta esetében (54,5 és 61,8 µg/kg közötti érték), míg a legmagasabb értéket a mollikus (tipikus csernozjomszerű) talajról származó minta esetében (132 és 134 µg/kg közötti érték) mértünk. Alacsony értéket még a hidromorf-pangóvízes (59,5-70,8 µg/kg), és a podzolosodott barna erdőtalajról (82,1-89,4 µg/kg) származó búzamaz minták esetében észleltünk. Magasabb érték a mollikus (redzinák) (113-115 µg/kg), a mollikus (litikus csernozjomszerű) (119-125 µg/kg) és a homokos (pszamoszol) talajokról származó (121-127 µg/kg) minta esetében volt. A többi talajtípusról begyűjtött minta esetében közepes szeléntartalmat kaptunk. A szórás értéke 20,4 µg/kg volt.

Az alacsonyabb szeléntartalommal rendelkező búzamaz a földes kopár típusú talajról, míg a magasabb szeléntartalommal rendelkező búzamaz minták a mollikus talajtípusról származtak, hasonlóan a 2008-as évben a Dobrogea-Bărăgan vidékéről begyűjtött búzamintákhoz (3. ábra).



3. ábra

Azonos talajtípusokról 2008-ban (Dobrogea-Bărăgan vidék) és 2009-ben (Csíki-medence) begyűjtött búzaszem Se-tartalmának összehasonlítása



4. ábra

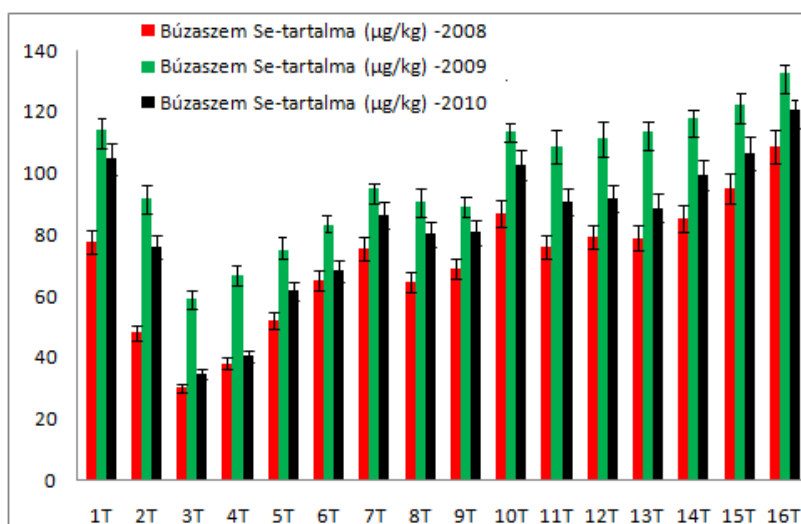
Lineáris regresszió a 2008-ban (Dobrogea-Bărăgan) és 2009-ben (Csíki-medence) begyűjtött búzamaz összes Se-tartalma között

Megvizsgáltuk a két helyszínen (Dobrogea-Bărăgan vidékén-2008 és Csíki-medence-2009) gyűjtött búzaminták közötti összefüggést, amely a 4. ábrán látható. A 83 darab vizsgálat eredményeként a korrelációs koefficiens négyzetének (R^2) az értéke 0,872, ami szoros összefüggésre utal. Ebből a szoros kapcsolatból azt a

következtetést vontuk le, hogy a Csíki-medence talajainak szeléntartalma arányos lehet a Dobrogea-Bărăgan talajainak Se-tartalmával.

Összehasonlítva a három évben a búzaminták összesszelén-tartalmát (5. ábra) arra a következtetésre jutottunk, hogy 2008-ban a Dobrogea-Bărăgan vidékén volt a legalacsonyabb, azt követi a 2010-es év (Csíki-medence), majd a legmagasabb 2009-ben a Csíki-medencében volt. Az éghajlati körülmények 2008 és 2010-ben hasonlóak voltak, míg 2009-ben, a sok évi átlaghoz képest kimagasló volt a hőmérséklet és a csapadék-mennyiség is.

A 2008 és 2010-es években a különbség a földrajzi elhelyezkedésnek köszönhető, ugyanis a Dobrogea-Bărăgan síkvidéken a hőmérséklet a Csíki-medence hegyvidéki hőmérsékletétől egész évben átlagosan 10-12 °C-kal tér el. Ezekkel a körülményekkel magyarázható a szeléntartalom alakulása.



5. ábra

Azonos talajtípusokról 2008-ban (Dobrogea-Bărăgan vidék), 2009-ben és 2010-ben (Csíki-medence) begyűjtött búzaszem Se-tartalmának összehasonlítása

Az 5. ábrán megfigyelhető, hogy mind a három évben a szeléntartalom ugyanarról a talajtípusról származó búzamag minta esetében volt a legnagyobb és a legkisebb, ezért elemeztük a búzamagok szeléntartalma közötti összefüggést mindhárom év folyamán.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A búzamag minták Se-tartalmának vizsgálatával kapcsolatban elmondható, hogy mind a három évben a legalacsonyabb értéket a földes kopár típusú talajról (30,1 µg/kg-2008, 59,0 µg/kg-2009, 34,7 µg/kg-2010) származó búzamag minta esetében, míg a legmagasabb értéket a mollikus (tipikus vagy litikus csernozjomszerű) talajról (109 µg/kg-2008, 133 µg/kg-2009, 121 µg/kg-2010) származó búzamag minta esetében mértünk. Az időjárási körülmények mellett a talaj szerkezete és típusa fontos szerepet játszhat a szelén búzamagban való elraktározódásában.

A fentiek ismeretében feltételezem, hogy a talaj és a búzamag minták között a Csíki-medencében is ugyanúgy szoros kapcsolat létezik, vagyis az alacsony szeléntartalmú búzaminták szelénben szegény talajról, míg a magasabb szeléntartalmú minták a több szelént tartalmazó talajról származnak.

IRODALMI JEGYZÉK

- [1] Anton, A.A. – Ross, K.A. – Lukow, O.M. – Fulcher, R.G. – Arntfield, S.D.: Influence of added bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.) on some physical and nutritional properties of wheat flour tortillas. *Food Chemistry*, 2008. 109. 33-41.
- [2] Broadley, M. R. – Alcock, J. – Alford, J. – Cartwright, P. – Fairweather-Tait, S. J. – Foot, I. – Hart, D. J. – Hurst, R. – Knott, P. – McGrath, S. P. – Meacham, M. C. – Norman, K. – Mowat, H. – Norman, K. – Stroud, J. L. – Tovey, M. – Tucker, M. – White, P. J. – Young, S. D. – Zhao, F. J.: 2010. Selenium biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilisation. *Plant Soil*. 32. (1–2): 5–18.

- [3] Broadley, M. R. – Whit, P. J. – Bryson, R. J. – Meacham, M. C. – Bowen, H. C. – Johnson, S. E. – Hawkesford, M. J. – McGrath, S. P. – Zhao, F. J. – Breward, N. – Harriman, M. – Tucker, M.: 2006. Biofortification of UK food crops with selenium. *Proceedings of the Nutrition Society*. 65: 169–181.
- [4] Clark, L. C. – Cantor, K. P. – Allaway, W. H.: 1991. Selenium in forage crops and cancer mortality in United States counties. *Archives of Environmental Health*. 46: 37–42.
- [5] Combs, G. F.: 2001. Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition*. 85: 517–547.
- [6] Combs, G. F.: 2005. Current evidence and research needs to support a health claim for selenium and cancer prevention. *Journal of Nutrition*. 135: 343–347.
- [7] Craig, P. J.: 1986. Organometallic compounds in the environment. Longman Group Ltd., London. 255–277.
- [8] FAO, WHO: 2001. Human Vitamin and Mineral Requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. Food and Nutrition Division FAO Rome. 15: 235–250.
- [9] Fordyce, F. M.: 2013. Selenium deficiency and toxicity in the environment., *Essentials of Medical Geology*. 375–416.
- [10] Gawalko, E. J. – Garrett, R. G. – Nowicki, T. W.: 2001. Trace elements in western Canadian hard red spring wheat (*Triticum aestivum* L.): levels and quality assurance. *J Assoc Anal Intl*. 84: 1953–1963.
- [11] Gissel-Nielsen, G. – Gupta, U. C. – Lamand, M. – Westermarck, T.: 1984. Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. *Advances in Agronomy*. 37: 397–460.
- [12] Gondi, F.: 1991. Environmental geochemistry: the example of selenium. In: Pais, I. Ed.: *Cycling of nutritive elements in geo- and biosphere*. KÉE. Budapest. 5–18.
- [13] Kádár I. (1998): Szélén forgalma a talaj-növény rendszerben. In: A szélén szerepe a környezetben és egészségvédelemben. (Szerk.: Cser, M. – Sziklainé, L. I.). Budapest. 6–19.
- [14] Kádár I.: 1995. A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. *Regiocon Nyomda*. Kompolt. Budapest. 388.
- [15] Kádár I.: 2012. A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. *Talajtani és Agrokémiai Intézet*, Budapest. 359.
- [16] Lăcătușu R. – Lungu, M. – Aldea, M. M. – Lăcătușu, R. – Stroe, V. M. – Rizea, N. – Lazăr, R.: 2010. Selenium in rock-soil system in the South-Eastern part of Romania. *Journal of Agricultural Sciences*. 42. (4): 199–204.
- [17] Lăcătușu, R. – Stanciu-Burileanu, M. M. – Lungu, M. – Rîșnoveanu, I. – Rizea, N. – Lazăr, R. – Calciu, I. –, Eftene, A. – Stroe, M. V.: 2013. Selenium in some sandy soils of Southern Oltenia Romania. *Soil Science*. 47. (2): 5–22.
- [18] Lăcătușu, R. – Stanciu-Burileanu, M. M. – Rîșnoveanu, I. – Lungu, M. – Rizea, N. – Lăcătușu, A. R. – Lazăr, R.: 2012. Selenium in Salsodisols located in the Călmățui and Buzău rivers Valleys. *Factori și procese pedogenetice în zona temperată*. 11. (1): 33–42.
- [19] Lungu, M. – Lăcătușu, A. R. – Stanciu-Burileanu, M. M. – Lazăr, R. – Rizea, N. – Stroe, M. V.: 2013. Selenium mobilization in some soils of Romania. *Soil Forming Factors and Processes from the Temperate Zone*. 12, 2. 9–15.
- [20] MacPherson, A. – Barclay, M. N. I. – Scott, R. – Yates, R. W. S.: 1997. Loss of Canadian wheat imports lowers selenium intake and status of the Scottish population. In: Fischer, P. W. F. – Abbe, M. R. L. – Cockell, K. A. – Gibson, R. S. (eds.). *Trace elements in man and animals-9*. National Research Council Press, Ottawa. 203–205.
- [21] Mayland, H. F. – James, L. F. – Panter, K. E. – Sonderegger, J. L.: 1989. Selenium in seleniferous environments. In: Jacobs, L. W. (ed.). *Selenium in Agriculture and the Environment*. SSSA Special Publication. *Soil Science of America and American Society of Agronomy*. Madison, WI. 15–50.
- [22] Mikkelsen, R. L. – Page, A. L. – Bingham, F. T.: 1989. Factors affecting selenium accumulation by agricultural crops. In: Jacobs, L. W. (ed.), *Selenium in Agriculture and the Environment*, SSSA Special Publication No. 23 *Soil Science of America and American Society of Agronomy*, Madison, WI, 65–94.
- [23] Oldfield, J. E.: 1999. *Selenium World Atlas*. Selenium–Tellurium Development Association, Grimbergen. Belgium. 83.
- [24] Patócs, I.: 1990. Occurrence of heavy metals, toxic elements in the soils of Hungary. In: Pais, I. (ed.). *Hardly known trace elements*. KÉE. Budapest. 19–30.
- [25] Pyrzynska, K.: 2002. Determination of selenium species in environmental samples. *Microchim. Acta*. 140: 55–62.
- [26] Rasmussen, L. B. – Hollenbach, B. – Laurberg, P. – Carlé, A. – Hög, A. – Jorgensen, T. – Vejbjerg, P. – Ovesen, L. – Schomburg, L.: 2009. Serum selenium and selenoprotein P status in adult Danes-8-year followup. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 23: 265–271.
- [27] Tan, J. N. – Huang, Y. J.: 1991. Selenium in geo-ecosystem and its relation to endemic diseases in China. *Water Air and Soil Pollution*. 57–68.
- [28] Tan, J. N.: 1989. *The atlas of endemic diseases and their environments in the People's Republic of China*. Science Press, Beijing. 194.
- [29] Whanger, P. D.: 2004. Selenium and its relationship to cancer: an update. *British Journal of Nutrition*. 91: 11–28.
- [30] Zayed, A. – Lytle, C. M. – Terry, N.: 1998. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants. *Planta*. 206: 284–292.