

**Міністерство освіти і науки України**  
**Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II**  
**Кафедра біології та хімії**

Реєстраційний № \_\_\_\_\_

**Кваліфікаційна робота**  
**ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У НАСІННІ РОСЛИН, ВИРОЩЕНИХ**  
**НА ЗАКАРПАТТІ**

**БОЧІ БОГЛАРКО-КОТОЛІН ЛЮДВИКІВНА**

Студент(ка) IV-го курсу

Освітня програма: Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Спеціальність: 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Рівень вищої освіти: бакалавр

Тема затверджена на засіданні кафедри

Протокол № 3 / 25.10.2023 р.

Науковий керівник:

**Чома Золтан Золтанович**

*(доктор філософії, доцент)*

Завідувач кафедри:

**Когут Ержебет Імріївна**

*(доктор філософії, доцент)*

Робота захищена на оцінку \_\_\_\_\_, «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

Протокол № \_\_\_\_\_ / 2024

**Міністерство освіти і науки України**  
**Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II**

**Кафедра біології та хімії**

**Кваліфікаційна робота**  
**ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У НАСІННІ РОСЛИН, ВИРОЩЕНИХ**  
**НА ЗАКАРПАТТІ**

Рівень вищої освіти: бакалавр

Виконавець: студент(ка) IV-го курсу

**Бочі Богларко-Котолін Людвиківна**

освітня програма Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

спеціальність 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Науковий керівник: **Чома Золтан Золтанович**

*(доктор філософії, доцент)*

Рецензент: **Філеп Михайло Йосипович**

*(кандидат хімічних наук, доцент)*

Берегове

2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
I. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	7
1.1. Макро- та мікроелементи.....	7
1.2. Вміст та функції мікроелементів у рослинах.....	8
1.3. Захворювання та симптоми, які пов'язані з мікроелементами .....	11
1.4. Визначення вмісту мікроелементів за різними авторами.....	11
1.5. Підготовка насіння рослин до визначення мікроелементів .....	12
1.6. Вміст мікроелементів у насінні за різними авторами .....	14
1.7. Рослини, у насінні яких визначатимуть вміст мікроелементів.....	18
II. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
2.1. Відбір зразків .....	20
2.2. Методика визначення мікроелементів .....	21
III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	23
3.1. Мідь у насіннях.....	23
3.2. Цинк у насіннях .....	25
3.3. Марганець у насіннях.....	28
3.4. Кадмій у насіннях .....	30
3.5. Свинець у насіннях.....	32
3.6. Залізо у насіннях.....	34
3.7. Кобальт у насінні.....	36
3.8. Хром у насіннях.....	37
ВИСНОВКИ.....	38
РЕЗЮМЕ .....	40
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	42
СПИСОК РИСУНКІВ .....	45
СПИСОК ТАБЛИЦЬ .....	46

**Ukrajna Oktatási és Tudományügyi Minisztériuma**

**II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola**

**Biológia és Kémia Tanszék**

**KÁRPÁTALJÁN TERMESZTETT NÖVÉNYI MAGVAK  
MIKROELEM TARTALMA**

Szakdolgozat

**Készítette: Bacsi Boglárka-Katalin**

IV. évfolyamos

014 Középfokú oktatás (Biológia és az ember egészsége)

szakos hallgató

**Témavezető: Dr. Csoma Zoltán**

*(PhD, docens)*

**Recenzens: Filep Mihály**

*(a kémiai tudományok kandidátusa, docens)*

## TARTALOMJEGYZÉK

	BEVEZETÉS.....	6
I.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
	1.1. Makro- és mikroelemek.....	7
	1.2. A mikroelemek mennyisége és funkciói a növényekben .....	8
	1.3. Betegségek és tünetek, melyek összefüggésben vannak a mikroelemekkel .....	11
	1.4. Mikroelem tartalom meghatározása különböző szerzőktől.....	11
	1.5. Növényi magvak előkészítése a mikroelemek meghatározásához.....	12
	1.6. Magvak mikroelem tartalma különböző szerzőktől .....	14
	1.7. Növények, melyek magvainak mikroelem tartalma meghatározásra kerülhet .....	18
II.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	20
	2.1. A minták begyűjtése .....	20
	2.2. A vizsgálat menete.....	21
III.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS.....	23
	3.1. A magok réztartalma .....	23
	3.2. A magok cinktartalma .....	25
	3.3. A magok mangántartalma.....	28
	3.4. A magok kadmiumtartalma .....	30
	3.5. A magok ólomtartalma .....	32
	3.6. A magok vastartalma .....	34
	3.7. A magok kobalttartalma .....	36
	3.8. A magok krómtartalma .....	37
	ÖSSZEFOGLALÁS .....	38
	UKRÁN NYELVŰ ÖSSZEFOGLALÁS .....	40
	IRODALOMJEGYZÉK .....	42
	ÁBRÁK JEGYZÉKE .....	45
	TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE .....	46

## BEVEZETÉS

Az emberi szervezet a többi élőlényhez hasonlóan kémiai elemekből épül fel. A életben maradáshoz és különböző biokémiai folyamatok végbemeneteléhez elengedhetetlen azok pótlása. Megkülönböztetünk makro- és mikroelemeket, melyek lehetnek nem esszenciálisak és esszenciálisak. Munkánk során utóbbira helyeztük a hangsúlyt. Az ember is a tápláléklánc része, ugyanis növényi és állati eredetű táplálékot egyaránt fogyaszt, legalábbis kellene. Az esszenciális mikroelemeket is így pótolja, ezért fontos a különböző magvak esszenciális mikroelem tartalmának vizsgálata. Többek között különböző gabonafélék szolgálnak táplálékul háziállataink számára is, melyeket elfogyaszthatunk, nem mellesleg a boltok polcain is ott vannak azok feldolgozott formái (pl.: buzadara, zabpehely, liszt, hajdina, kukoricadara, napraforgómag stb).

Munkánk során feladatunknak tűztük ki a Kárpátalján termesztett növényi magvak esszenciális mikroelem tartalmának vizsgálatát. A munka során olyan szakirodalmak után kutattunk, melyek különböző magvak esszenciális mikroelem tartalmát írják le. Ilyen forrásban nem bővelkedünk, de akadt a számunkra megfelelő is. Így először ezek feldolgozására került sor, valamint a minták begyűjtésére. Továbbá a munkában említésre kerültek az adott esszenciális mikroelem hatásai a különböző növények számára, valamint hiányuk, esetleg túltengésük milyen jeleket mutathat.

A munka célja – növényi magvak réz, cink, mangán, kobalt, króm, kadmium, ólom és vas tartalmának vizsgálata, valamint az eredmények összehasonlítása a különböző szakirodalomban talált mérési eredményekkel. A különbséget vagy hasonlóságot diagram formájában ismertetnénk. Ez által az is meghatározásra kerülhet, hogy megfelelő-e az adott minták mikroelemtartalma.

## I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 1.1. Makro- és mikroelemek

A makroelemekhez azokat a kémiai elemeket sorolják, melyek napi szükséglete – az emberi szervezet számára – meghaladja vagy eléri a napi 100 mg-ot (GUBICKSKÓNÉ KISBENEDEK – SZABÓ, 2015). Makroelemek: Mg, Ca, K, Na, P, S, N (POLGÁR, 2015). A mikroelemek a létfontosságú elemek közé sorolandóak. Ezek olyan kémiai elemek, melyek napi szükséglete 100 mg-nál kevesebb. Jelenlegi ismeretek szerint 14 elemet sorolnak ide (GUBICKSKÓNÉ KISBENEDEK – SZABÓ, 2015). Ilyenek a következők: Fe, Mn, Cr, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, Se (POLGÁR, 2015). A mikroelemek közül azon kémiai elemeket tekintjük esszenciálisnak, amelyekre bizonyos koncentrációban feltétlenül szüksége van az élőlénynek. A növény-, állat- és humánélettani folyamatokban van különbség az elemek létfontosságát tekintve, de a hasonlóság nagyobb mértékű. Például a vas vagy a réz ugyanúgy létfontosságú a növények, az állatok és az emberek számára is. (SZABÓ S., 2013).

1939-ben Arnon és Stout megalkották az „esszenciális ásványi elemek” fogalmat. Három kritériumot is megfogalmaztak, melyek ahhoz szükségesek, hogy esszenciálisnak nevezzünk egy elemet:

- specifikus hatása van, nem lehet más elemmel helyettesíteni;
- közvetlenül fejt ki hatását és a szervezet anyagcseréjében is részt vesz;
- hiány fellépése esetén gátolt és abnormális lesz a növekedés;

A növények szempontjából esszenciálisnak tekinthető mikroelemből 20 darab van. Ezek igen kis mennyiségben fordulnak elő a növényekben, mindössze 0,01% - 0,00001% (TÓTH et al. 2018). Az esszenciális és nem esszenciális elemek között a koncentráció-eloszlásban van jelentős különbség. A következő megállapítások jellemzőek az esszenciális mikroelemekre (pl. mangán, réz, cink):

1. Előfordulásuk az egészséges szövetekben viszonylag állandó.
2. Jól behatárolható biokémiai változásokat jelez hiányuk vagy feleslegük.
3. A megfelelő kiegészítéssel a hiánytünetek megelőzhetőek vagy kezelhetőek.

Amennyiben az esszenciális elem bevétele meghaladja a szükségletet, akkor jó az ellátottság, ha pedig a toxikussági küszöbhez közelít a mennyisége, felesleges bevitelről van szó. Ez a határ egyes elemenként eltér. Némelyiknél ez a tartomány széles, más elemek esetében pedig a szükséges mennyiség kis mértékben való meghaladása is toxikus hatást kelt (pl. Se) (SZABÓ S., 2013). Amennyiben nem áll rendelkezésre a növény számára megfelelő mennyiség egy-egy esszenciális mikroelemből, az a termés- és annak

minőségcsökkenésével jár. A növények mikroelem felvehetőségét erősen befolyásolja a talaj pH-értéke, valamint minden olyan tevékenység, mely a pH-t módosítja. Az erősen meszes, magas pH-értékű talajokon a Cu, Mn, Fe, és Zn hiánya merühet fel (TÓTH et al. 2018).

## 1.2. A mikroelemek mennyisége és funkciói a növényekben

**Vas.** A vas esszencialitását 1860-ban fedezték fel (TÓTH et al. 2018). A tudósok szerint a vas játszik vezető szerepet a növényekben az összes mikroelem közül. Ezt alátámasztja a többi esszenciális mikroelemhez viszonyított magas aránya (BULYGIN et al. 2007). A talajban a vas többnyire háromértékű ( $Fe^{3+}$ ), ritkábban kétértékű ( $Fe^{2+}$ ) formában van jelen. A növények az utóbbit képesek felvenni (TÓTH et al. 2018). A vas a klorofill képződését befolyásolja a növényekben, valamint egyes enzimatikus reakciót is. Az adott elem nem szükséges, hogy jelen legyen a klorofillban, de a magnézium beépüléséhez elengedhetetlen (HARGITTAI, 1998). Részét képezi az anyagcserének, légzésnek, fehérjeképző folyamatoknak, közreműködik egyes enzimszisztemek aktiválásában (TÓTH et al. 2018). Hiánya esetén hasonlóak a tünetek, mint amikor kevés a nitrogén vagy a magnézium: elkezd sárgulni a növény (HARGITTAI, 1998). Károsul a légzés és a fotoszintézis működése. A fiatalabb leveleken sárgulás, klorózis jelenik meg, idővel a levélszélek megbarnulnak, elhalnak. Mérséklődik a növény növekedése és terméshozama csökken (TÓTH et al. 2018). Vas hiány alakulhat ki akkor is, ha más elemek mennyisége és aránya jóval nagyobb a vas mennyiségéhez viszonyítva. Ilyen elem lehet, a foszfor, cink, mangán, molibdén. Ekkor a vas hatása nem képes érvényesülni. Klorózis alakul ki, valamint csökkenő terméshozam (HARGITTAI, 1998). Vashiány a magas pH értékű talajok növényeinél alakul ki (TÓTH et al. 2018). Elegendő vashoz savas talajból jut a növény. Egy kutatás szerint a szójabab ideális fejlődéséhez 1,5 – 2,6 %-os vastartalommal kell rendelkeznie a talajnak. A növényi szervezetben hasznosuló vas függ a vas és a mangán arányától: a magas mangánkoncentráció vas hiányára utaló tüneteket mutatott (MIKKO, 1972).

**Mangán.** Már a XX. század első harmadában felfedezték, hogy a mangán elősegíti egyes növények növekedését. Ezt megfigyelték a borsónál, babnál és kukoricánál. Elsősorban a klorofill képződésében vesz részt, valamint fehérjeszintézisben. Szabályozza a magnézium klorofillba való beépülését, akárcsak a vas. Ezért ha bármelyik elemből hiány



van e három közül, klorózis alakul ki (HARGITTAI, 1998). Részt vesz a citromsav-ciklusban, különféle anyagcsere-reakciókban s nem utolsósorban a csírázás és a fejlődés gyorsításában (TÓTH et al. 2018). A mangánhiány elsősorban a gabonaféléknél jelentkezik. Úgynevezett szárazfoltosság alakul ki. A hüvelyeseknél szívbarnulást okoz. A mangánhiány további következményeként kedvezőtlen az íz és a zamat anyagok összetétele. A mangánhiány oka lehet nem csak az, hogy a talajban kevés van belőle, hanem nagy mennyiségű mangán esetén is a specifikus mangánoxidáló baktériumok miatt oldhatatlanná válik. Tehát nem tudják a növények felvenni (HARGITTAI, 1998). Minél alacsonyabb a talaj pH értéke, annál könnyebben felvehető a mangán a növények számára (TÓTH et al. 2018). Nagy mennyiségű mangán esetén toxicitás is létrejöhet a savanyú talajokon. Vidékünkön ez a pszeudoglejes barna erdőtalajokban fordulhat elő, amit meszezéssel lehet megszüntetni, de ritka jelenségnek számít (HARGITTAI, 1998). Egy kísérlet alapján Indiában megállapították, hogy az őszi búza növényre pozitív hatást gyakorolt a mangán-trágyázás  $10 \text{ kg Mn ha}^{-1}$ -ig. Mangánhiányra érzékeny növénykultúrák: borsó, bab, búza. Ezzel szemben viszonylag toleráns a kukorica és a rozs (TÓTH et al. 2018).

**Réz.** Fontos nyomelem mind az állatok, mind az emberek és a növények számára egyaránt (BÁLINT, 2005). Régebben csak növényi méregként tartották számon, de a vassal és mangánnal együtt a réz is szerepet játszik a magnézium klorofillba való beépülésénél. Emellett több enzim alkotó részét képezi és oxigén átvivő szerepe is van (HARGITTAI, 1998). A pollenek életképességét befolyásolja, valamint szerepe van a betegségek elleni rezisztencia kialakításában (BÁLINT, 2005). Továbbá olyan enzimek aktivátora és alkotója, melyek részét képezik a fotoszintetikus elektrontranszportban, valamint a zsír-, szénhidrát-, és transzspirációs anyagcserében. Ha hiány lép fel, akkor ez által gátolva van a növények fehérjeszintézise és nitrogénfelvétele, csökken a betegségekkel való ellenálló képesség, romlik a vízháztartás, a levelek besodródznak, elfonnyadnak (TÓTH et al. 2018). Főként a generatív szervekre van hatással. Egyes növényeknél, mint például az árpa és a zab, a rézhiány fehér foltosságot idéz elő. A borsónál hiányoznak a kifejlett magvak (HARGITTAI, 1998). Mivel a növények csupán a talajból veszik fel a rézet –  $\text{Cu}^{2+}$  -ion formájában vagy szerves anyaghoz kötve (TÓTH et al. 2018) – így ha réz-toxicitás lép fel, az a talaj magas réz-tartalma okozhatja. Magyarországon  $3,2\text{-}38 \text{ mg/kg}$  között változik a természetes talajok réztartalma. Amennyiben  $60\text{-}125 \text{ mg/kg}$  a talaj rézartalma, már toxikus tünetek jelenhetnek meg a búzánál. A búza rézfelvétele befolyásolja a talaj fizikai és kémiai tulajdonsága, réz-tartalma és a fajta adottsága (BÁLINT, 2005).

**Cink.** Részt vesz számos enzimreakcióban, köztük az anyagcserfolyamatok terén hatással van a csírázásra, az auxin képződésre és a fehérje anyagcseréjére. A cink ezáltal a növények növekedését szabályozza (HARGITTAI, 1998). Jelen van a klorofill képződésénél és a vitaminok szintézisét segíti, hatására nő a keményítő szintézise (BULYGIN et al. 2007). Cinkhiány következtében növekedési rendellenességek fognak fellépni (HARGITTAI, 1998). Csökken a fehérje mennyisége és erősen befolyásolja a magvak képződését (BULYGIN et al. 2007). Jellegzetes tünet a levelek bronzos barna elszíneződése és besodródása. Igen érzékeny növény a kukorica és a len (HARGITTAI, 1998). A kukorica cinkhiányára utal a hajtás fehéredése (BULYGIN et al. 2007). Ha a bab cinkhiányban szenved, kevés és apró szem fejlődik ki (HARGITTAI, 1998). A cink pótlásával csökken a gombás betegségek okozta károsodás mértéke (BULYGIN et al. 2007).

**Kobalt.** Úgy vált ismertté, hogy először állatokon, majd embereken és legvégül a növényeken tapasztalták a hiányát. Elsősorban azért fontos a növények kobalt ellátottsága, mert így kerülhet be az emberi szervezetbe a tápláléklánc által. Lényegében oxigén átvivő elem. A pillangósoknál részt vesz a nitrogénkötésben és a B12 vitamin képződésében (HARGITTAI, 1998). Elősegíti a nukleinsavak és más fehérjék szintézisét, növekedésserkentő. Jó hatással van a zabra, borsóra, hajdinára, árpára. Az árpa a kobalt hatására gyorsabban érik. A lenmagokban több zsír halmozódik fel (BULYGIN et al. 2007).

**Molibdén.** Ezt az elemet fedezték fel utoljára a legfontosabb mikroelemek közül. Fontos szerepet tölt be „a molekuláris nitrogén mikroorganizmusok általi megkötésében”, valamint részt vesz a nitrát redukcióban. Ha nincs jelen a növényben akkor az nitrát felhalmozódáshoz vezet, mert a nitrogén nem tud beépülni a fehérjébe. Megléte szükséges a pillangósok nitrogénkötési folyamatában. A pillangósokon kívül érzékeny a molibdénhiányra a zab (HARGITTAI, 1998). A megfelelő mennyiségű molibdén elősegíti az árpa növekedését (TÓTH et al. 2018). Egyes kutatások szerint a ultramikroelemekhez sorolt vanádium némely esetekben képes helyettesíteni a molibdén funkcióit (HARGITTAI, 1998). Lindsay (1972) a következőt állapította meg: amennyiben 5 pH érték felett a talaj pH értéke növekszik egy egységgel, százszorosára emelkedik a felvehető molibdenát anion ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) koncentrációja. Tehát a molibdén hiány a savanyú talaj meszezésével általában leküzdhető. A molibdén hiánytüneteként jelentkezik a növények lassú növekedése, a levelek fakó színe, szürkészöld elszíneződése, klorózis a levélerek között. A molibdén feleslegre kevésbé érzékenyek a növények, de toxikus hatás csak nagy koncentrációnál jelentkezik. Ebben az esetben gátolva van a gyökér és a hajtás fejlődése, a levelek pedig vörössárga, aranyárga klorózist mutatnak (TÓTH et al. 2018).

### **1.3. Betegségek és tünetek, melyek összefüggésben vannak a mikroelemekkel**

Cu – hiány: fáradékonyság, gyengeség, kimerültség, fejfájás, migrén, ödéma, vérszegénység, növekedési zavar, reuma, agykárosodás; túlsúly: csontritkulás, étvágytalanság, Parkinson kór;

Co – hiány: vérszegénység; túlsúly: degeneratív szívbetegség;

Fe – hiány: vérszegénység;

Mn – hiány: reuma, fogyás, tüdőasztma, epilepszia,

Zn – hiány: daganatképződési hajlam, növekedési zavar, fogyás, légúti fertőzés, bőrgyulladás, kopaszodás, hajhullás, ízlelési, szagérzékelési zavar, vitaminra nem reagáló szürkületi vakság; túlsúly: fejfájás, migrén, fertőzésre való hajlam, hányás, hasmenés, hasi fájdalom, részleges bénulás, látási zavar (KÁDÁR, 1995).

### **1.4. Mikroelem tartalom meghatározása különböző szerzőktől**

Az alapján, hogy hogyan szerzünk adatokat a szabad atomok mennyiségéről és minőségéről, megkülönböztetik a következő módszereket:

1. AES – atomemissziós spektrometria – a vizsgált elem gerjesztett atomjait elektromos vagy termikus energia által állítják elő. Az adott elem minőségét a gerjesztett atomok által kisugárzott fény színekéből állapítják meg a jellemző hullámhosszok alapján.

2. AFS – atomfluoreszcens spektroszkópia – alapállapotú szabad atomok keletkeznek, melyeket olyan fénnel gerjesztenek, mely a vizsgált elemre jellemző, majd azt a fluoreszcens fény relatív intenzitását mérik, melyet a fénnel gerjesztett atomok bocsátanak ki.

3. AAS – atomabszorpciós spektroszkópia – műszeres analitikai kémiai módszer, mellyel egy adott kémiai elem (fém vagy félfém) mennyiségét lehet meghatározni a mintában. Termikus energia által szabad atomokká alakítják a vizsgálandó elemet s az adott elemre jellemző hosszúságú fénnyalábot bocsátanak át rajta és a fény intenzitásának csökkenését mérik, mely kapcsolatban áll a fényelnyelést okozó atomok koncentrációjával a Lambert-Beer törvény alapján. Mintegy 70 elem határozható meg az atomabszorpciós spektroszkópiával. Modern formáját ausztrál kémikusok fejlesztették ki az 1950-es években. A Lambert-Beer-törvény alkalmazásával lehet meghatározni az adott

elem mennyiségét a mintában.

Az atomabszorpciós spektroszkópiával vizsgálható minták: talajok, élelmiszerek, vízminták, biológiai anyagok, környezeti minták,

olajtermékek, ércek, kőzetek ásványok, szövetek, testfolyadékok, fémek, üveg,

építőipari anyagok, műanyagok, geológiai minták, vegyszerek, régészeti anyagok, ipari minták, klinikai, bűnügyi és régészeti minták. Megkülönböztetnek egy- és kétfényutas AAS készüléket (NÉMETH, 2010).

4. ICP-MS – induktív csatolású plazma tömegspektrometria – végrehajtása az atomspektrometria legérzékenyebb és legsokoldalúbb műszerével történik. Az ICP-AES berendezések működésével kapcsolatosan megismert induktív csatolású plazma forrást használja a műszer ionforrásként (GALBÁCS et al. 2012).

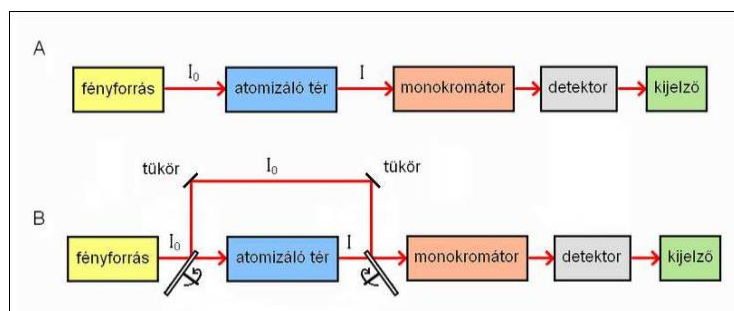
### 1.5. A növényi magvak előkészítése a mikroelemek meghatározásához

A növényi minták előkészítése a mikroelemek meghatározásához és roncsolásához különböző módszerekkel valósulhat meg:

1. Száraz hamvasztás – a pontosan lemért minta száraz, porcelán izzító tégelyekbe kerül, lemérik és egy órán át 105°C-on szárad. Majd ismét le kell mérni a tömegét, mely által meghatározható a nedvességtartalma. További lépés a minta izzító kemencébe helyezése. A kemence jellegzetessége, hogy 20 – 1000°C között szabályozható a hőmérséklete, így 20°C-tól kezdődően 100 fokkal kell emelni a hőmérsékletet félóránként 450°C-ig. A hamvasztás ideje alatt nem szabad kinyitni a kemence ajtaját, mert megsemmisülhet a minta. Lehűlés után kikerül a minta a kemencéből. A visszamaradt mintát lemérik, salétromsavban oldják és hígítják. Ez az oldat kerül vizsgálatra.

*A száraz hamvasztás előnyös tulajdonságai:*

- a hőfok beállítását követően a minta előkészítése nem kíván állandó felügyeletet;



**1. ábra Egyfényutas és kétfényutas AAS készülék blokk-sémája**

- b) a porcelán tégelyek méretétől és a minta tömegétől függően egyidejűleg nagyszámú (20-25 db) minta előkészítése is megvalósítható;
- c) a mintából a szerves anyag teljes mennyisége eltávozik.

*A száraz hamvasztás hátránya:*

Az illékony elemek (kadmium, ólom, higany, vas kloridja stb.) teljes része vagy jelentős mennyisége eltávozik a mintából. Ezért a száraz hamvasztással történő előkészítéssel ezekre az elemekre a minta elemzése jelentős negatív hibával jár. Úgy kell megválasztani az előkészítéshez a hőmérsékletet, hogy a hamvasztás alatt a minta meghatározandó komponenseinek teljes tömege megmaradjon.

2. Nedves roncsolás:

- Nyílt rendszerben atmoszferikus nyomáson – a lemért minta Erlemeyer-lombikba kerül, hozzáadnak 10 ml koncentrált salétromsavat. A lombikot homokfürdőre helyezik. Nitrózusgőz jelzi a szerves anyagok roncsolódását, ha megszűnik a nitrogén-oxid fejlődése további 10 ml salétromsavat kell adni a mintához. Amikor lehűlt a minta, 2-3 ml 30%-os hidrogén-peroxid kerül hozzá, s a lombik tartalmát szárazra kell párolni. A minta barnulásakor további salétromsavra és hidrogén-peroxidra van szükség. A roncsolás befejeztével a mintát 0.1 mol/L salétromsavval oldják és ezt vizsgálják.

*Az atmoszferikus nedves roncsolás előnyei:*

- a mintában marad minden fő- és nyomelem veszteség nélkül, nem eredményez negatív hibát.

*Az atmoszferikus nedves roncsolás hátrányai:*

- a) folyamatos figyelmet igényel a minta előkészítése;
- b) a folyamat kényelmetlen, számos munkavédelmi előírás betartását igényli (jól húzó vegyi fülke, gumikesztyű, védő álarc) a maró hatású savgőzök keletkezése miatt.
- c) bizonyos nyomelemekkel a roncsoláshoz használt vegyszerek is szennyezettek. Amennyiben nagyobb mennyiségű adag kerül a mintához, jelentősen elszennyezhetjük vele a mintát, emiatt pozitív hibát követhetünk el a roncsolás során.

- Zárt térben, nagy nyomáson acélköpenyes teflon bombában – a teflonbomba belső része teflon edény teflon kupakkal, melyet acélköpeny vesz körül. Egy acél lemezrugó biztosítja, hogy az edényben kialakuló magas nyomás esetén ne robbanjon szét a teflonbomba. A roncsoláshoz bemérik a mintát, 3-4 ml koncentrált salétromsavat és 1-2 ml 30%-os hidrogén-peroxidot kell hozzáadni, lezárni a kupakot és szárítószekrénybe helyezik. 1 óra alatt veszi fel a szekrény 150°C-os hőmérsékletét, további egy órát kell még benntartani, ahol 100 bar nyomás alakul ki. Majd a szárítószekrény kikapcsolása után

további egy óra kell a lehűtésre. A bombában keletkezett folyadékot mérőlombikba töltik és ioncserélt vízzel hígítják, ezt követően mérik.

*A teflonbombás mintaelőkészítés előnyei:*

- a) Kis méretű a minta szennyeződése, mivel kis térfogatú roncsolószert szükséges
- b) A művelet kis odafigyelést igényel
- c) Mérgező gázok távozásával csak esetlegesen kell számolni

*A teflonbombás mintaelőkészítés hátrányai:*

- a) Viszonylag hosszú időt vesz igénybe a minta előkészítése (3 óra).
- b) Az atmoszferikus roncsolólombiktól jóval drágább a bomba.

- Zárt térben, mikrohullámú energiaközléssel, műanyagköpenyes bombában – mikrohullámú energiaközléssel a melegítés gyorsabb és hatékonyabb. Az acélköpenyes teflon bombában végzett eljárásnak minden előnye megőrzésre kerül, csupán az acél köpenyt hő- és nyomásálló köpenyre cseréljük. Ez a PEEK – poli-éter-éter-keton, mely ellenáll 100 bár nyomásnak. A roncsoló anyagok és a minta bemérését követően a PEEK köpenyes bomba lezárásra kerül és a mikrohullámú szekrénybe kell helyezni. A mikrohullámú berendezésbe 6-8 minta helyezhető. A roncsolás számítógépről vezérelhető, mérhető a hőmérséklet és a nyomás. E módszer hátránya csupán annyi, hogy költségesebb az előbbi módszereknél (NÉMETH, 2010).

## **1.6. Magvak mikroelem tartalma különböző szerzőktől**

Az Állattenyésztés és Takarmányozás c. tudományos folyóirat egyik részében a szerzők leírják egyes takarmánynövények makro- és mikroelem meghatározásának módszerét. A kutatás során Magyarország 14 pontjáról gyűjtött mintákat vizsgáltak. Ezek nagy része a Tiszántúlról, kisebb részük a Dunántúlról lett begyűjtve. Köztük voltak kukorica, zab, őszi árpa és tritikálé minták. A mintákat 105°C-on szárították tömegállandóságig, majd darálás és homogenizálás után 2 g mintát mértek be kvarccsövekbe. Ezek blokkroncsolóba kerültek. Előroncsolásként 10 ml 65%-os HNO<sub>3</sub> lett hozzáadva, valamint egy éjszakán át szobahőmérsékleten történt a feltárás. Másnap a mintához 3 ml 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-t adtak hozzá, s 60°C-on 90 percig folyt a minta feltárásának első fázisa. A második fázisban a víztisztaságú oldat létrejöttéig folytatták a feltárást 120°C-on 1,5 órán át. Ezt követte a minta hűtése, szűrése, s az oldat 50 ml-re való hígítása. A

különböző elemek mennyiségének meghatározása Labtam 8440 ICP-AES spektrométerrel

	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn
Őszi búza(1)								
Mért érték(9)	<0,05	0,37±0,23	4,3±0,8	76,6±30,0	43,1±9,8	0,35±0,59	0,14±0,17	24,6±6,7
Irod. adat(10)	0,02–0,08	0,13–0,32	3,4–12,0	50,0–75,0	23,1–54,8	0,20–0,80	0,34–1,40	21,4–70,0
Kukorica(2)								
Mért érték(9)	<0,05	0,28±0,30	1,5±0,5	26,8±9,1	5,8±0,9	0,51±0,84	0,21±0,23	19,4±5,1
Irod. adat(10)	0,02–0,07	0,06–1,00	1,9–6,0	30,0–43,4	5,9–10,0	0,25–0,60	0,20–0,46	17,2–26,0
Őszi árpa(3)								
Mért érték(9)	<0,05	0,4±0,07	4,5±1,2	44,4±9,6	18,5±3,6	1,27±1,73	0,03±0,07	28,4±14,7
Irod. adat(10)	0,02–0,37	0,10–0,21	5,0–10,0	50–120	15–20	0,13–0,40	0,20–0,27	24,0–37,0
Zab(4)								
Mért érték(9)	<0,05	0,93±0,21	4,8±0,5	58,5±14,3	37,7±5,7	1,06±0,78	3,37±0,57	27,9±4,3
Irod. adat(10)	0,02–0,36	0,12–0,17	3,7–7,0	42–100	40–75	0,34–0,39	0,69–2,00	21,0–38,0
Tritikále(5)								
Mért érték(9)	<0,05	0,15±0,05	4,2±0,4	25,7±14,3	33,6±7,2	1,05±0,74	<0,05	20,6±4,2
Irod. adat(10)	—	0,13–0,40	3,9–8,0	48,0–75,6	32	0,29	—	24,6–37,0
Rozs(6)								
Mért érték(9)	<0,05	0,30±0,20	3,6±0,1	49,5±35,7	31,7±12,8	< 0,05	0,10±0,30	21,0±2,5
Irod. adat(10)	0,02–0,12	0,07–0,40	3,0–7,0	27–48	20–50	0,33–0,62	0,12–0,53	30,0–65,0
Borsó(7)								
Mért érték(9)	0,05	0,86±0,31	5,7±1,2	117±24,2	10,1±2,2	3,93±1,02	2,22±0,51	32,1±4,2
Irod. adat(10)	0,10–0,32	0,03	8,0–9,0	40–110	15–60	1,45–6,37	0,48–1,16	20,0–40,0
Szójabab(8)								
Mért érték(9)	< 0,05	< 0,05	7,3±1,5	76,4±25,8	21,7±1,2	<0,05	6,14±0,50	31,2±3,3
Irod. adat(10)	0–0,52	0–1,38	1,1–22,2	86–251	28–44	0–4,5	7,00–10,50	10,0–59,1

1. táblázat *Takarmánynövények esszenciális mikroelem tartalma (mg/kg)* (DÁNIEL et al. 1998)

történt. 0,5-1 mg/g (ppm) között változott a méréshatár (DÁNIEL et al. 1998).

30 grammot darált le a légszáraz (kb. 13%-os a nedvességtartalom) búzaszemekből. Ennek egy grammjához 10 cm<sup>3</sup> tömény salétromsavat adtak hozzá. Majd 12 órán át állni hagyták. Hozzáadtak 2 cm<sup>3</sup> hidrogén-peroxidot, s a feltárás következett: teflonbombában 95°C-os szárítószekrényben 4 órán át. Következő lépés volt a hűtés és szűrés, majd desztillált vízzel 50 cm<sup>3</sup>-re lett hígítva. A fémkomponenseket induktív csatolású plazma optikai-emissziós (ICP-OES) módszerrel határozták meg Jobin-Yvon-24 készülék segítségével. A készülék monokromátos, szekvens, azaz vizsgálható vele akárhány beállított hullámhossz különböző időben (LŐRINCZ, é.n.).

Az 1990-es években egy svéd nemzeti monitoring program keretében 10 féle talaj 11 mikroelemét vizsgálták búzában ICP módszerrel. A termés szárazanyagának fémkoncentrációját mg/kg-ban határozták meg (HOLGER et al. 2009). EK irányelv szerint a Cd és Pb felső határértéke 0,2 mg kg<sup>-1</sup>. Koivistoinen (1980) és Anderson (1992): a búza Ni tartalmának felső határa 0,4 mg kg<sup>-1</sup>, a monitor programban megszabott átlagérték 0,19 mg kg<sup>-1</sup>. Szelén – emberi fogyasztásra szánt gabonanövények alsó határa 0,05 mg kg<sup>-1</sup> (WHO, 1996). A svéd búza ezt a koncentrációt nem érte el. Cr – Andersson (1992) szerint 0,01 és 0,03 mg kg<sup>-1</sup> közötti érték az ideális. A világ számos részén a lakosság cinkhiányának ellensúlyozására az UN-Biofortification Program 60 mg kg<sup>-1</sup> koncentrációt határozott meg a magvakban. A legtöbb gabona vastartalma 30-60 mg kg<sup>-1</sup> közötti, az alsó határ 25 mg kg<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> (MCDOWELL, 2003). Cu – a 3 mg kg<sup>-1</sup> alatti érték túl alacsony az optimális termésképződéshez és haszonállatok számára is kevés (MCDOWELL, 2003).

**2. táblázat**

**Mikroelemek az 1995 és 2003 között Svédországban termesztett búzaszemekben (mg kg<sup>-1</sup>)**

(HOLGER et al., 2009)

<b>Mikroelem</b>	<b>Átlagos mennyiség</b>	<b>Minimális mennyiség</b>	<b>Maximális mennyiség</b>
<b>Pb</b>	<0.04	<0.04	0.16
<b>Cd</b>	0.044	0.007	0.229
<b>Ni</b>	0.19	<0.05	1.88
<b>Se</b>	–	–	–
<b>Cr</b>	<0.05	<0.05	0.22
<b>Co</b>	0.0052	0.001	0.087
<b>Mo</b>	1.16	0.12	18.31
<b>Cu</b>	3.89	1.28	6.91
<b>Zn</b>	27	14	72
<b>Mn</b>	30	5.8	110
<b>Fe</b>	–	–	–

**3. táblázat**

**Egyes mikroelem maximálisan megengedett koncentrációja (mg/kg) bizonyos magvakban (FAO – WHO, 1995)**

	<b>Magvak megnevezése</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>
<b>1.</b>	Hántolatlan rizs	0.35	0.4	-
<b>2.</b>	Hántolt rizs	0.2	-	-
<b>3.</b>	Hüvelyesek	-	0.1	0.1
<b>4.</b>	Búza	-	0.2	-
<b>5.</b>	Gabonamagvak	-	0.1	0.2



*Az As, Cd, Hg és Pb (mg/kg) átlagos (Átl.), minimális (Min.) és maximális (Max.) határértéke négy ország (Benin, Kamerun, Mali és Nigéria) gabonanövényeiben (PETRU et al. 2019).*

		As			Cd			Pb			Hg
		Átlag	Minimu m	Maximu m	Átlag	Minimu m	Maximu m	Átlag	Minimu m	Maximu m	Átlag
1.	<b>Rizs</b>	0.024	0.009	0.045	0.004	0.001	0.008	0.004	0.001	0.009	0.0040
2.	<b>Kukorica</b>	0.002	0.001	0.002	0.0004	0.0003	0.001	0.007	0.001	0.022	0.0040
3.	<b>Búza</b>	0.009	0.004	0.017	0.011	0.004	0.017	0.017	0.005	0.036	0.0080
4.	<b>Cirok</b>	0.009	0.001	0.017	0.0006	0.0003	0.001	0.037	0.003	0.095	0.0040
5.	<b>Köles</b>	0.006	0.001	0.019	0.002	0.001	0.004	0.026	0.001	0.062	0.0040
6.	<b>Bab</b>	0.0020	0.001	0.002	0.001	0.0003	0.002	0.009	0.001	0.030	0.004
7.	<b>Borsó</b>	0.0010	-	-	0.001	-	-	0.018	-	-	0.004

### 1.7. Növények, melyek magvainak mikroelem tartalma meghatározásra kerül

**Kukorica – *Zea mays*.** Amerika területéről származik. Rendszertana: kukorica (*Zea mays* L.) – kukorica (*Zea*) nemzetség – pászitfűfélék (*Poaceae*) családja. A kukorica lágyszárú, egynyári növény. Melegigényes, csírázásához minimum 8-12°C-os hőmérséklet kell. Bojtos gyökérzete három részre osztható: elsődleges – a gyököcskéből fejlődő fő- és mellékgyökér alkotja; másodlagos – koronagyökerek – a hajtás föld alatti részén fejlődnek; támasztógyökerek – a földfeletti nóduszokból fejlődnek, részt vesznek a növény támasztásában és táplálásában. A gyökérzet nagy része a talaj felső 30 cm-es rétegében helyezkedik el, bár 2 m mélyre is lehatolhat szárazság idején. Szára kórószerű, hengeres, tömött. Levele szórt állású, levélhüvelyből és levéllemezből áll. Számuk megegyezik a nóduszok számával. Váltivarú, egylaki növény. A hím bugavirágzat a hajtás csúcsán, a termős női virágzat a levélhónaljban fejlődő torzsavirágzat. Kívülről módosult buroklevelek – csuhélevelek – védik. A megtermékenyült torzsavirágzathoz a kukoricacső fejlődik ki. Termése szemtermés.

**Zab – *Avena sativa* L.** *Avena* nemzetség. Hűvösebb, mérsékelt éghajlatú területek alkalmasak a termesztésére. Amellett, hogy értékes takarmánynövény, emberi táplálkozás céljából is termesztik élelmiszeripari feldolgozásra, ugyanis sajátos kémiai összetétel jellemzi. Felhasználják zabpehely, zabliszt és nem utolsósorban csecsemőtápszerek készítésére. Gyökérzete mélyre hatoló, legnagyobb szívóerővel rendelkezik a kalászosok közül, jobban hasznosítja tápanyag- és talajvízkészletét a többi gabonafélénél. Laza bugavirágzata van. Kb. 1 hétig tart egy buga virágzása. A kalászkáiban lévő 2-3 virág közül 2 termékenyül meg. Önmegporzás jellemzi. A szemek érése a buga csúcsi részén kezdődik, onnan lefele halad. Pelyvás szemtermése van, mely hosszúkás alakú, a vége felé elhegyesedik. Leginkább sárgásfehér színű. Szemtermése magas fehérjetartalmú, ásványi anyagokban gazdag, E-vitamint is tartalmaz (BORSOS et al. 1994).

**Termesztett tök – *Cucurbita pepo*.** A tökfélék családjának növénye. Gyökere két méter mélyre is lehatolhat. Hajtásuk kúszó, belül üreges, szőrözött. Jellemző a kacs. Levelei szórt állásúak, 3-5-7 karéjúak, erezetük tenyeres. Viráguk forrt csészéjű és forrt pártájú, sárga, egyivarú és rovarmegporzású. Alsó állású magház. Termése kabak, egy termésen belül akár száz mag is lehet (BALÁZS et al. 2011).

**Veteménybab – *Phaseolus vulgaris*.** A pillangósvirágúak családjába tartozik. Az egész világon termesztett és fogyasztott növény. Gyökérzetét gyengén fejlett főgyökér és dúsán elágazó oldalgyökerek alkotják. A gyökerén nitrogénkötő baktériumok élnek

gyökérgümőt alkotva. Dudvaszár jellemzi, mely hossza változó: bokorbaboknál 30-50 cm, karósbaboknál 200-400 cm. Fürt virágzata van. 2-6 virágból áll, melynek pártáját, a pillangósokra jellemzően, vitorla, evező és csónak alkotja. A virág színe különböző lehet: lila, fehér, sárga, piros, rózsaszín. A babra az önmegporzás jellemző. Termése hüvely, mely alakja, színe és nagysága változó. A magvak változatos színűek, alakúak (PRINCZ, 2008).

**Közönséges búza – *Triticum aestivum*** – a pázsitfűfélék családjának (Poaceae) búza nemzetségébe (*Triticum*) tartozik. A legelterjedtebb és legértékesebb búzafaj a világon. Ezt a búzafajt termesztik a mérsékelt égövön, de valószínű, hogy Délnyugat-Ázsiából terjedt el. Két formája van: őszi és tavaszi búza. Az őszi búzának nagyobb mennyiségű termést hoz, ezért ezt részesítik előnybe. Főleg élelmezési célból használják fel különböző őrölt formában. Emellett melléktermékeit is felhasználják abrakarmánynak, alomanyagának (BICSKEI, 2010).

**Tritikálé – *Triticosecale*** – a búza és a rozs keresztezéséből származik, átmenetet képez a kettő között. Magassága átlagosan 115 cm. A búzánál magasabb, a rozsnál alacsonyabb. Kalásza 10-15 cm hosszú, s 25-30 kalászkát tartalmaz. Magjának a színe a búzáéhoz hasonlít, 7-8 mm hosszú. Elsősorban takarmányozás céljából alkalmazzák baromfi, sertés és kérődző állatok számára, de humán célú felhasználásra is van példa. A fejlődő országokban kifejezetten élelmiszer felhasználására termelik, de Európában is előfordul ilyen: alkalmasnak találták pék- és cukrászipari termékek készítésére is (LANGÓ, 2019).

## II. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. A minták begyűjtése

A 23 mintát két mintavételi helyről gyűjtöttem be: Visk (17 minta) és Harangláb (6 minta). A begyűjtés éve 2022 és 2023.

5. táblázat

#### A begyűjtött minták adatai (Saját forrás)

S/ SZ	Minta /cso port	A növény magyar neve	A növény latin neve	Vizsgált rész	Ter mesz tés éve	A termesztés helye
<b>Gabonafélék</b>						
1.	1.	Közönséges búza	Triticum aestivum	mag	2022	Harangláb
2.	2.	Árpa	Hordeum vulgare	mag	2022	Harangláb
3.	3.	Zab	Avena sativa	mag	2022	Harangláb
4.	4.	Tritikálé	xTriticosecale	mag	2022	Harangláb
5.	5.	Kukorica	Zea mays	szemtermés	2022	Harangláb
6.	6.	Kukorica	Zea mays	szemtermés	2022	Visk
7.	7.	Zab	Avena sativa	mag	2022	Visk
<b>Gyümölcsök magvai</b>						
8.	1.	Málna	Rubus idaeus	mag	2022	Visk
9.	2.	Málna	Rubus idaeus	mag	2023	Visk
10.	3.	Tüskétlen szeder	Rubus rusticanus	mag	2022	Visk
11.	4.	Tüskétlen szeder	Rubus rusticanus	mag	2023	Visk
12.	5.	Bortermő szőlő	Vitis vinifera	mag 1	2023	Visk
13.	6.	Bortermő szőlő	Vitis vinifera	mag 2	2023	Visk
14.	7.	Paradicsom	Lycopersicon esculentum	mag	2022	Visk
15.	8.	Nemes alma	Malus domestica	mag	2023	Visk
16.	9.	Nemes körte	Pyrus communis	mag	2023	Visk
<b>Olajos magvak</b>						
17.	1.	Közönsége dió	Juglans regia	termés	2022	Harangláb
18.	2.	Közönsége dió	Juglans regia	termés	2022	Visk
19.	3.	Termesztett tök	Cucurbita pepo	mag	2022	Visk
20.	4.	Termesztett tök	Cucurbita pepo	mag	2023	Visk
<b>Egyéb magvak</b>						
21.	1.	Uborka	Cucumis sativus	mag	2022	Visk
22.	2.	Uborka	Cucumis sativus	mag	2023	Visk
23.	3.	Veteménybab	Phaseolus vulgaris	mag	2023	Visk

A mintákat száraz, sötét helyen tároltam a vizsgálat megkezdéséig. Ennek első lépése a minták mechanikai roncsolása, vagyis mindegyiket a lehető legapróbb részecskékre kell összetörni. Ebben achát mozsár szolgált segítségül. Mintánként körülbelül 3 grammot roncsoltam mechanikailag, s ezt bezárható zacskókba tettem.

## 2.2. A vizsgálat menete

A mechanikailag összeroncsolt mintából 500 mg-ot DAP-60 teflon feltárási edénybe mértünk be, mely előzőleg 4-5 alkalommal csapvízzel és 3-szor bidesztillált vízzel volt átmosva, majd a szárítószekrénybe helyeztük 40 percre szárítás céljából. Analitikai mérlegen mértük le mintánként 500 mg-t a következőképpen: a mérlegre pergamenpapírt helyeztünk, majd a Tara gomb megnyomása után megközelítőleg 500 mg mintát helyeztünk a papírra. Következő lépésként a mintát a papírról a teflonedénybe öntöttem, s feljegyeztem az edény számát (az adatokat az 5. táblázatban rögzítettem).

### 6. táblázat

*A vizsgált minták adatai (Saját forrás)*

	<b>Minta megnevezése</b>	<b>Teflonedény száma</b>	<b>Minta+papír</b>	<b>Papír</b>	<b>Minta-papír</b>
<b>1.</b>	Búza H	8964	501,1	0,7	500,4
<b>2.</b>	Árpa H	8971	497	2,3	494,7
<b>3.</b>	Dió H	8966	503,5	0,3	503,2
<b>4.</b>	Zab H	8973	495,1	0,2	494,9
<b>5.</b>	Tritikálé H	8965	499,3	3,1	496,2
<b>6.</b>	Kukorica H	8968	502,7	0,2	502,5
<b>7.</b>	Dió V	8970	503,6	0	503,6
<b>8.</b>	Kukorica V	8967	497,2	0,1	497,1
<b>9.</b>	Zab V	8969	501,6	0,4	501,2
<b>10.</b>	Vakpróba	8972			

A papír tömegét ismét lemértem, mert a pontosság érdekében szükséges volt megállapítani, mennyi minta maradt a papíron, mely nem került bele a teflonedénybe. Automata pipettával a bemért mintákhoz és a vakpróbához  $5\text{ cm}^3$  65%-os salétromsavat ( $\text{HNO}_3$ ), majd  $2\text{ cm}^3$  35%-os hidrogénperoxidot ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) adtam. Ezután a teflonedények lezárásra kerültek, s 40 percre Speedwav two mikrohullámú berendezésbe helyeztük a teljes roncsolás érdekében. A mintákat a 2. ábrán megadott program szerint elroncsoltuk.

Summary		Line seed is digested in an acid solution with a Berghof microwave digestion system			
<b>Method</b>					
<b>Equipment</b>					
	<b>Type</b>	<b>Manufacturer</b>			
	Speedwave two	Berghof Products + Instruments GmbH			
<b>Reagents</b>					
	<b>Acid</b>	<b>Volume</b>			
	$\text{HNO}_3$ (65%)	3.0 mL			
	$\text{H}_2\text{O}_2$ (35%)	3.0 mL			
<b>Procedure</b>					
Weigh 300 mg of the sample into the digestion vessel. Add 3.0 mL of $\text{HNO}_3$ and 3.0 mL of $\text{H}_2\text{O}_2$ . Shake the mixture carefully or stir with a clean Teflon or glass bar. Wait at least 10min before closing the vessel. Heat in the microwave with the following program.					
<b>Temperature Program</b>	<b>Step</b>	<b>T [°C]</b>	<b>Ta [min]</b>	<b>Time [min]</b>	<b>Power [%]*</b>
	1	160	10	5	90
	2	190	5	10	
	3	750	1	10	
	4				
	5				
<small>Note: To avoid foaming and splashing wait until the vessels have cooled to room temperature (about 20 min). Carefully open the digestion vessel in a fume hood wearing hand, eye and body protection since a large amount of gas will be produced during the digestion process.</small>					
<b>Results</b>		Clear solution			
<small>Note: This application serves only as a guide line and may need to be optimized for your sample.</small>					
<small>*This application is outlined for 10 samples. Increase or decrease the power by 10% per sample, when using more or less sample. Minimum is 40% independent of the sample number.</small>					

## 2. ábra A minták roncsolásának programja

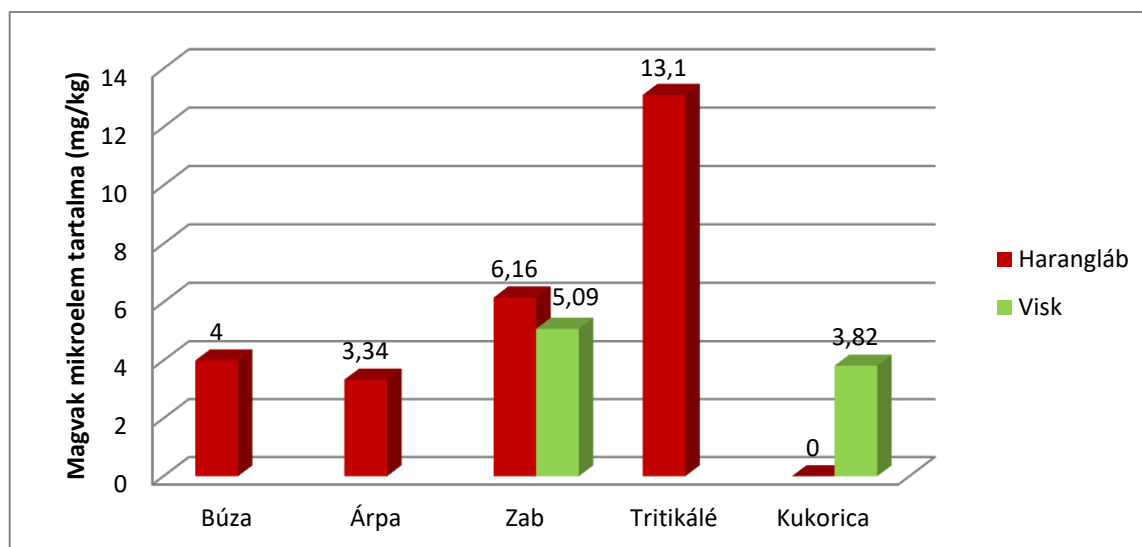
Az adott idő elteltével a mintákat szobahőmérsékletre hűtöttük. Következő lépésként egy-egy  $50\text{ cm}^3$ -s mérőlombikba szűrtük át tölcserbe helyezett szűrőpapíron keresztül. A teflonedényt bidesztillált vízzel átöblítve jelig töltöttük a lombik tartalmát és annak összerázásával homogenizáltam. A mérőlombikokból a mintákat áttetsző polietilén edényekbe öntöttem át, lezártam azokat, s a mintáknak megfelelően jelöltem őket. Így már elkezdődhetett a minták mikroelem tartalmának meghatározása. Agilent Technologies 240 típusú spektrofotométeren, láng atomabszorpciós eljárással határoztuk meg a réz, cink, mangán, króm, kobalt, ólom és kadmium koncentrációját.

### III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

Összesen 23 mintát gyűjtöttünk be. Közöttük vannak gabonafélék (árpa, zab, búza, tritikálé, kukorica), gyümölcsök magvai (málna, szeder, szőlő, alma, körte, paradicsom), olajos magvak (dió, tökmag) és egyéb növények magvai (ide az uborkát és a veteménybabot soroltuk, mert egyik csoportba sem illik az előzőek közül). A 6. táblázatban ismertetett mintákban a következő mikroelemek kerültek meghatározásra: réz (Cu), cink (Zn), mangán (Mn), vas (Fe), kobalt (Co), króm (Cr), ólom (Pb), kadmium (Cd). A vizsgált 23 mintából 6 Haranglábbról (búza, árpa, dió, zab, tritikálé, kukorica) és 17 Viskről lett begyűjtve. A minták mikroelem tartalmának meghatározását követően az elemzésre került diagramokon feltüntetett eredmények lettek.

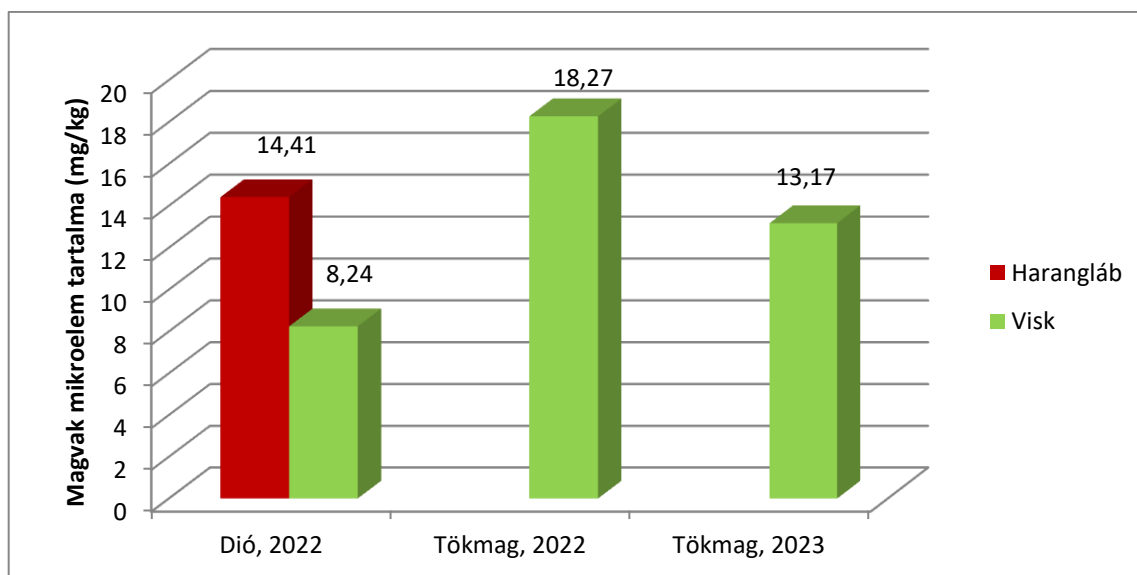
#### 3.1. A magok réztartalma

A minták réztartalmáról azt mondhatjuk el, hogy a haranglábi minták esetében magasabb, mint a Viskről begyűjtött mintáknál. Ez alól kivételt a kukorica jelent, ugyanis a Visken gyűjtött mintának magasabb a réztartalma, mint a haranglábinak, mégpedig 3,82 mg/kg-mal. A vizsgálat rezet egyáltalán nem mutatott ki a Haranglábbról begyűjtött kukoricában (0 mg/kg). A gabonafélék közül a tritikálé rendelkezik jelentősen nagyobb réztartalommal (13,1 mg/kg). Ha a mintavételi területek szerint figyeljük meg a minták átlagos réztartalmát, akkor elmondhatjuk, hogy a Haranglábban begyűjtött minták átlagos réztartalma 5,32 mg/kg, a Visken gyűjtött mintáké pedig 4,45 mg/kg.



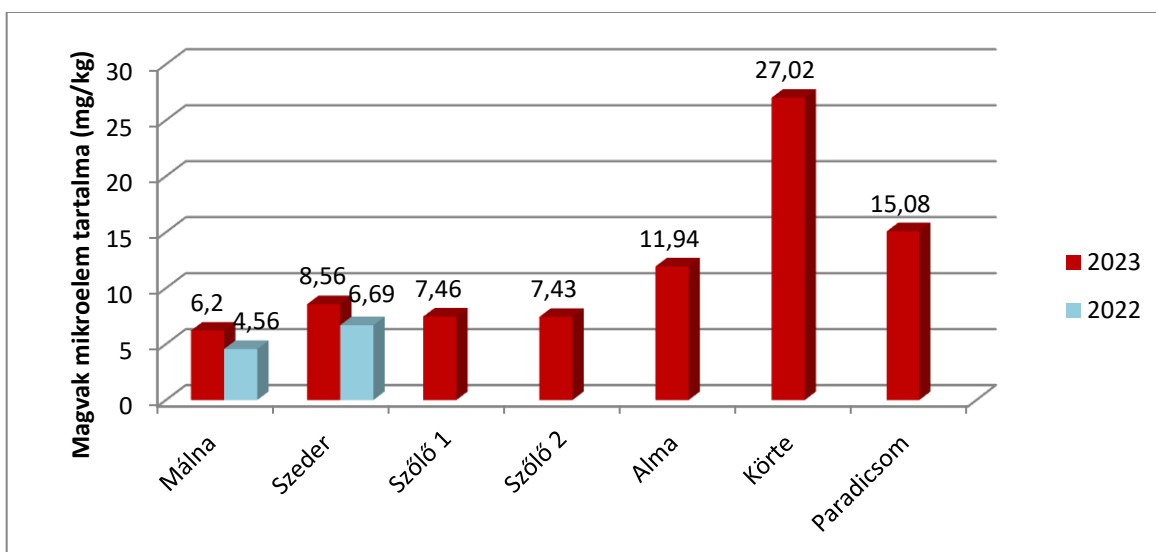
3.ábra Gabonafélék réztartalma

A legmagasabb réztartalommal az olajos magvak közül a Visken begyűjtött tökmag rendelkezik. Ez 18,27 mg/kg. Ezt követte a Haranglábban begyűjtött dió 14,41 mg/kg réztartalommal. A tökmag 2022-ben tartalmazott több rézet. Az olajos magvak mintáinak átlagos réztartalma 13,52 mg/kg. Ehhez viszonyítva a Visken begyűjtött dió az átlagnál alacsonyabb, míg a 2022-ben begyűjtött tökmag magasabb értéket mutat.



**4.ábra Olajos magvak réztartalma**

A gyümölcsök magjainak réztartalma viszonylag széles skálán mozog. Legkevesebb réz a málna magjában volt 2022-ben. Ez 4,56 mg/kg. Legtöbbet a körte magjában mutatott ki a vizsgálat. Ez az érték 27,02 mg/kg-nak felel meg. Viszonylag magas a paradicsom mag réztartalma is.

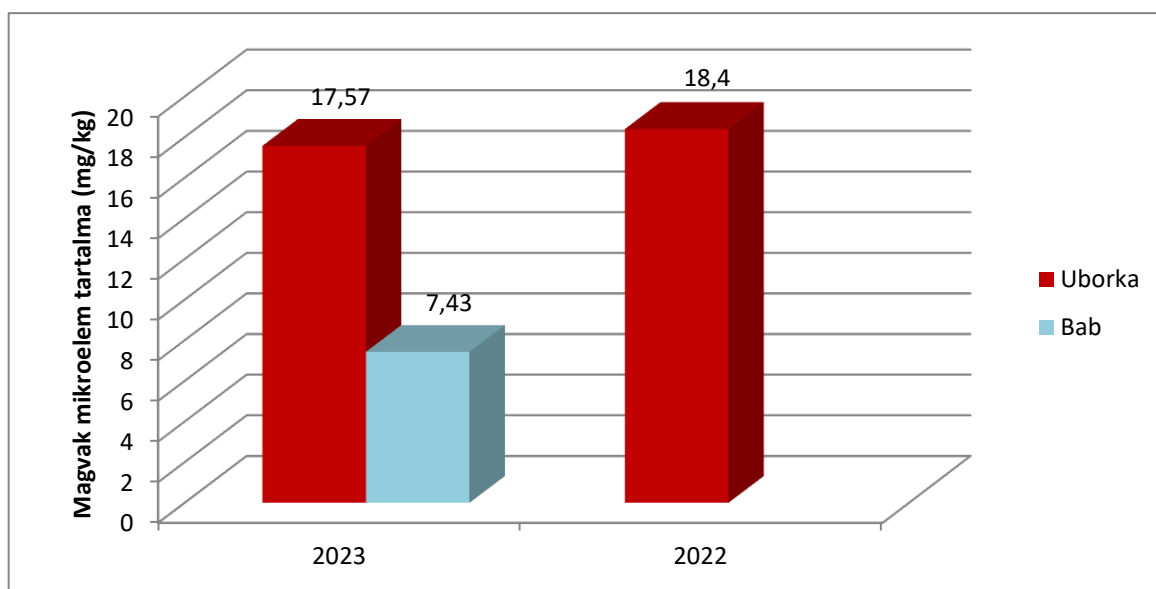


**5.ábra Gyümölcsök magjainak réztartalma**



Az évek szerinti lebontás alapján a 2023-as minták tartalmaztak több rézet a málna és a szeder mag esetében. A 2023-ban gyűjtött gyümölcsök magjainak átlagos réztartalma 11,95 mg/kg; a körte értékét nem számítva 9,44 mg/kg.

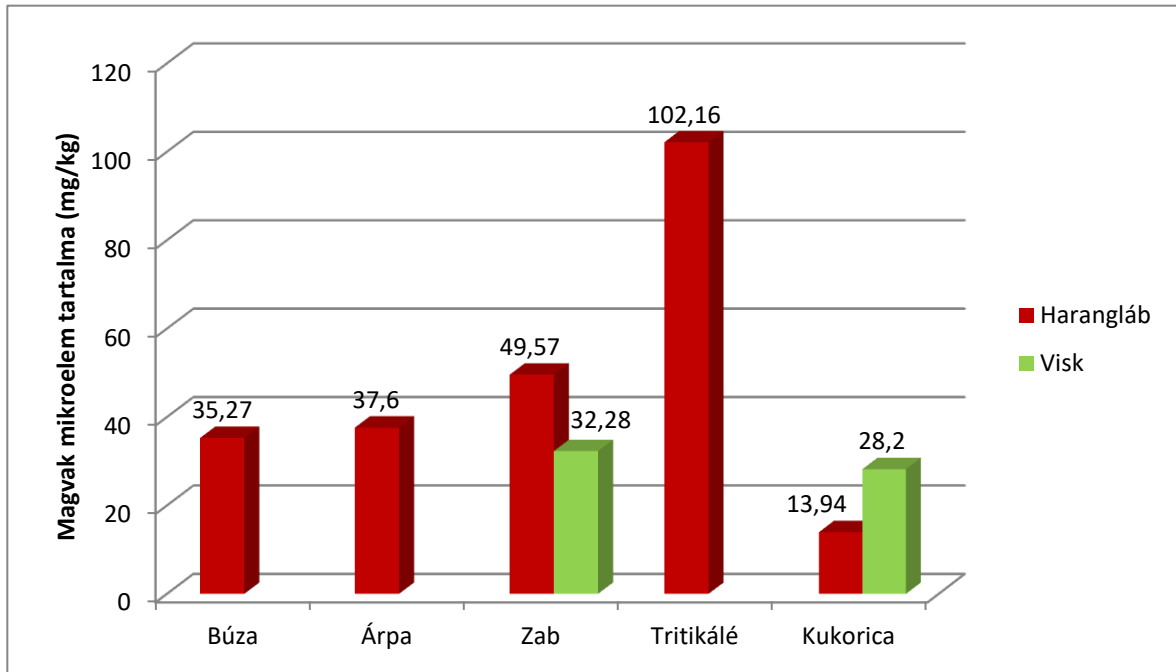
Külön kategóriába soroltuk a babot és az uborkamagot. Az uborkáról az mondható el, hogy 2022-ben 0,83 mg/kg-mal volt magasabb a réz mennyiségének értéke, de jelentős eltérést nem mutat



6. ábra Bab és uborkamag réztartalma

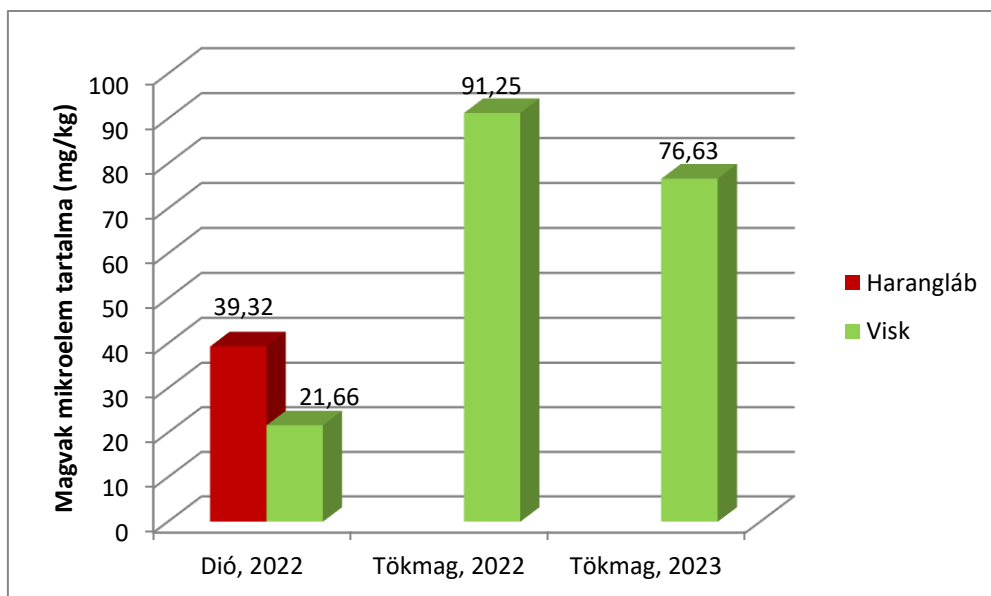
### 3.2. A magok cinktartalma

A vizsgált minták cinktartalmában kirívó adatot is megfigyelhetünk. A gabonafélék között a tritikálé cinktartalma 102,16 mg/kg. Ez a legmagasabb érték. Legalacsonyabb adatot a Haranglábön begyűjtött kukorica mutatott: 13,94 mg/kg. Így a minták átlagos cinktartalmának számításakor a tritikálé esetében kapott értéket figyelmen kívül hagytam, ugyanis így az átlag cinktartalom 32,81 mg/kg. A kirívó adatot beleszámítva az átlagba a következő lett az eredmény: 42,71 mg/kg. Mintavételi helyek szerint a következőképpen alakult az átlag cinktartalom: Haranglábön begyűjtött minták átlag cinktartalma 47,7 mg/kg, a viski minták átlagos cinktartalma 33,24 mg/kg. A haranglábi minták mindegyikében magasabb a cinktartalom, kivéve a kukoricát: ebben az esetben a Visken termesztett kukorica cinktartalma kétszerese a haranglábi kukorica cinktartalmának.



**7. ábra Gabonafélék cinktartalma**

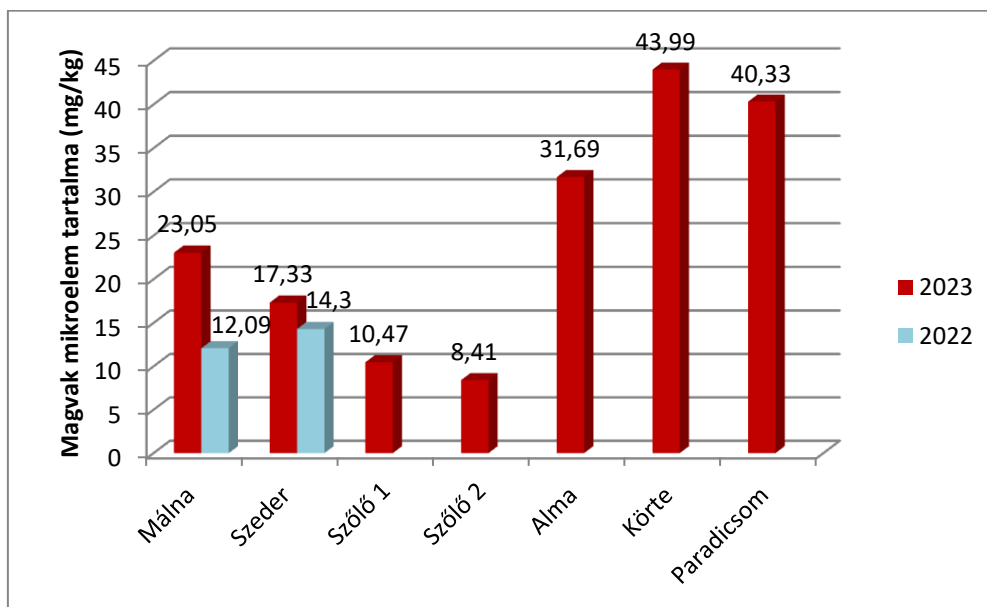
Az olajos magvak átlagos cinktartalma 57,2 mg/kg. Legmagasabb értéket a Visken termesztett 2022-es tökmag mintában mértünk, mely 91,25 mg/kg. Legalacsonyabb értéket a Visken begyűjtött dió mutatott: 21,66 mg/kg.



**8. ábra Olajos magvak cinktartalma**

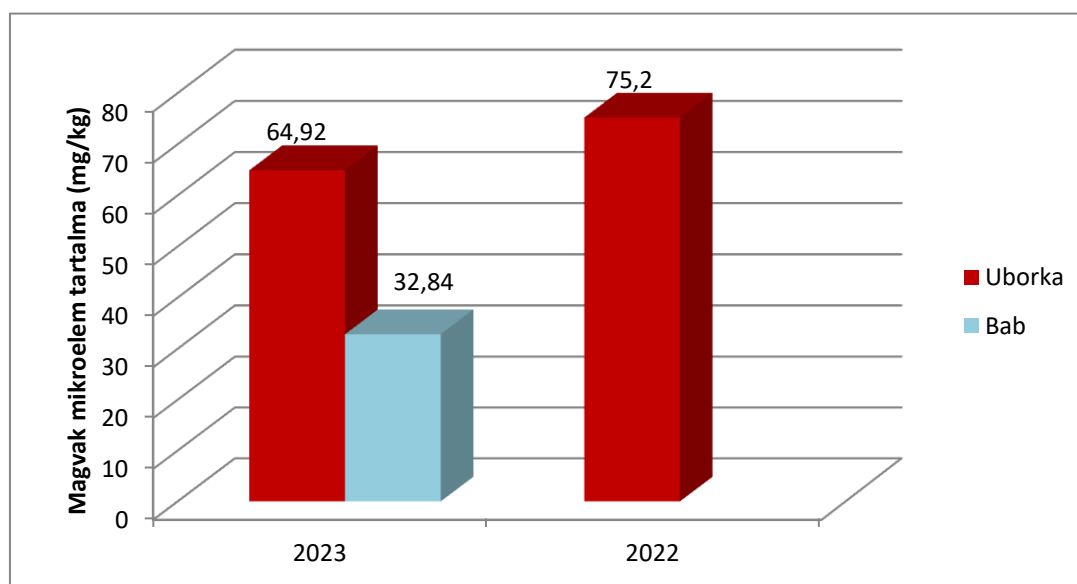
A gyümölcsök magvainak cinktartalma széles skálán mozog. Legalacsonyabb értéket a 2023-ban begyűjtött szőlő2 mintában mértünk, ami 8,41 mg/kg. Legmagasabb értéket a

2023-ban begyűjtött körtemag mutatott 43,99 mg/kg-mal. A gyümölcsmagvak mintáinak átlaga 22,41 mg/kg. A 2023-ban gyűjtött minták átlaga 25,04 mg/kg. Mind a málna-, mind a szedermagok esetében a 2023-as évben gyűjtött minták nagyobb cink tartalmat mutattak a 2022-es értékeknél.



**9. ábra Gyümölcsök magvainak cinktartalma**

A bab cinktartalma a 2023-as évben begyűjtött mintában 32,84 mg/kg. Uborkamag mind a 2022-es, mind a 2023-as évben volt gyűjtve.

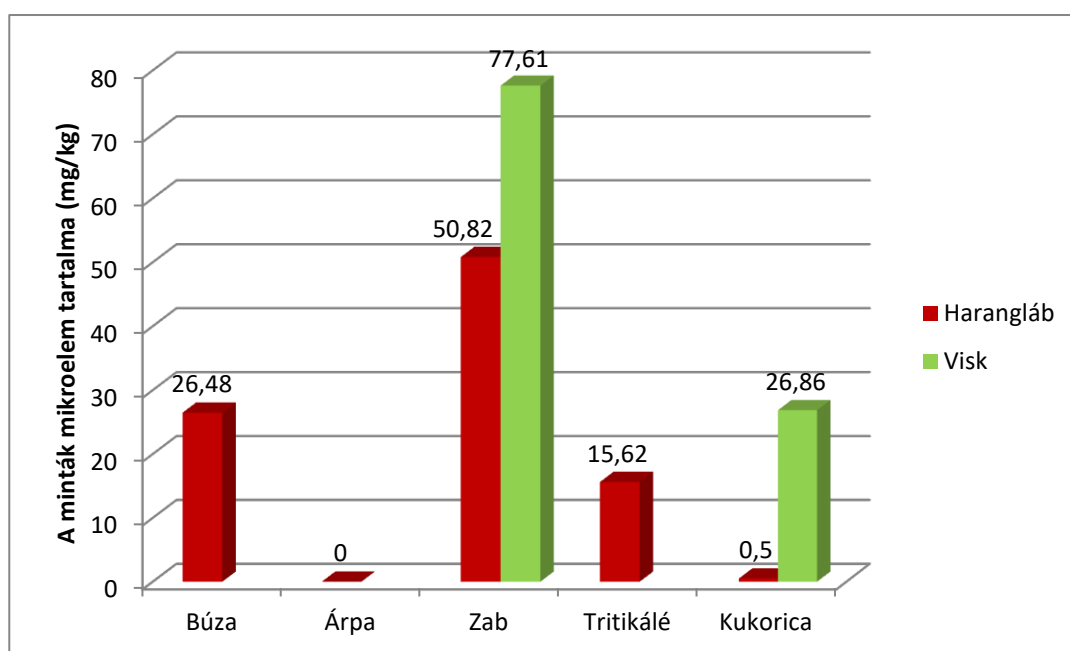


**10. ábra Bab és uborkamag cinktartalma**

Alacsonyabb értéket a 2023-as évből származó uborkamag mintában mértünk, ami 64,92 mg/kg volt. A 2022-es évben gyűjtött uborkamagban 75,2 mg/kg cink volt.

### 3.3. A magok mangántartalma

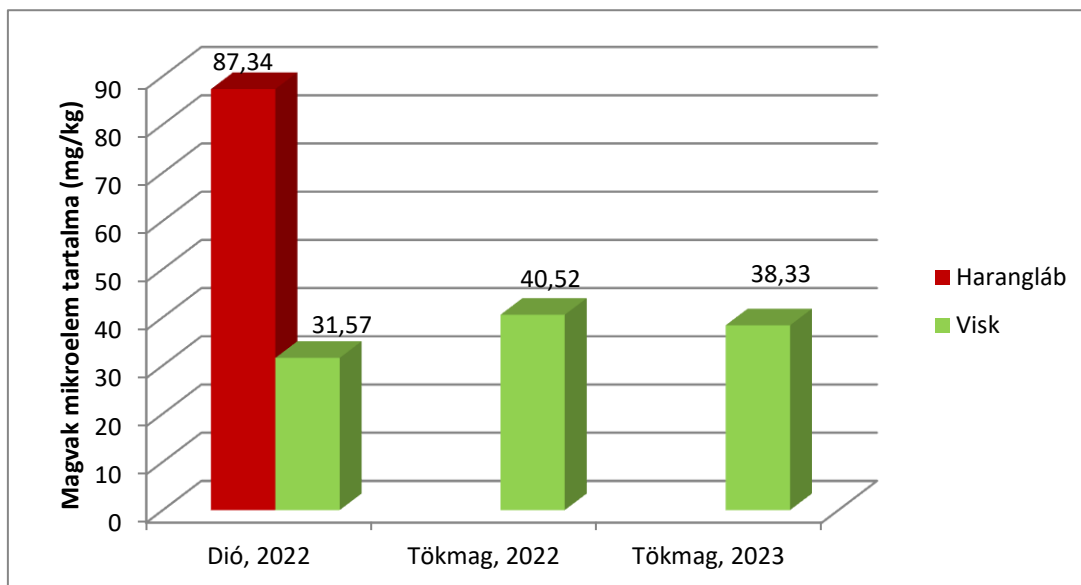
A minták mangántartalma még inkább változatos. Legalacsonyabb értéket mértünk az árpa (0 mg/kg) és a Haranglábban termesztett kukorica (0,5 mg/kg) esetében. Ellenben igen magas mangántartalmat mutatott a Visken termesztett zab, melyben 77,61 mg/kg-ot mértünk.



#### 11. ábra Gabonafélék mangántartalma

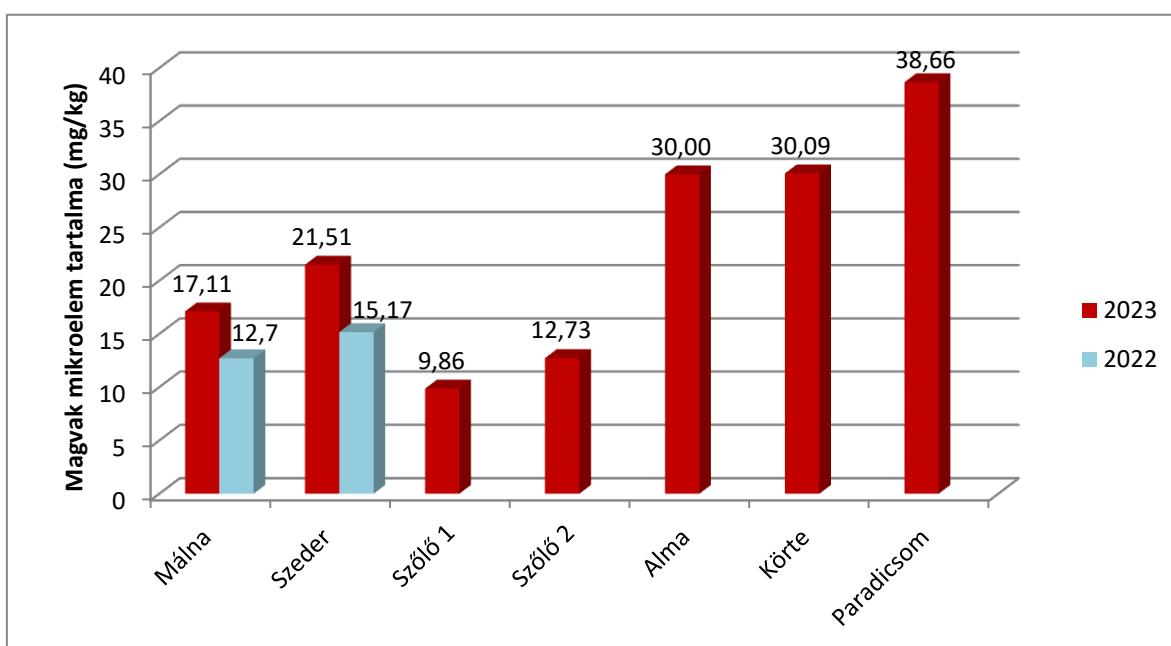
Az összes mintát figyelembe véve kalkuláltam átlagot, melynek eredménye 28,27 mg/kg. Ezt az átlagértéket leginkább a Visken begyűjtött kukorica, valamint a Haranglábban gyűjtött búza közelítette meg. Előbbi 26,86 mg/kg, utóbbi 26,48 mg/kg értékkel. Amennyiben a mintavételi helyek szerint számítunk átlagot, akkor a következő eredményeket kapjuk: Haranglábban gyűjtött minták – 18,28 mg/kg, Visken gyűjtött minták átlaga – 52,23 mg/kg.

Az olajos magvak mangántartalma a Visken begyűjtött minták esetében viszonylag hasonló értéket mutat. Átlaguk 36,77 mg/kg. A Haranglábban begyűjtött dió mangántartalma 87,34 mg/kg, mely kiemelkedik a többitől. A 2023-ban Visken gyűjtött tökmag 2,19 mg/kg értékkel kevesebb az előző évi adatnál.



**12. ábra Olajos magvak mangántartalma**

A gyümölcsök magjaiban mért mangántartalom is igen változatos. Legalacsonyabb értéket a 2023-ban gyűjtött szőlő 1 minta képvisel, ami 9,86 mg/kg.

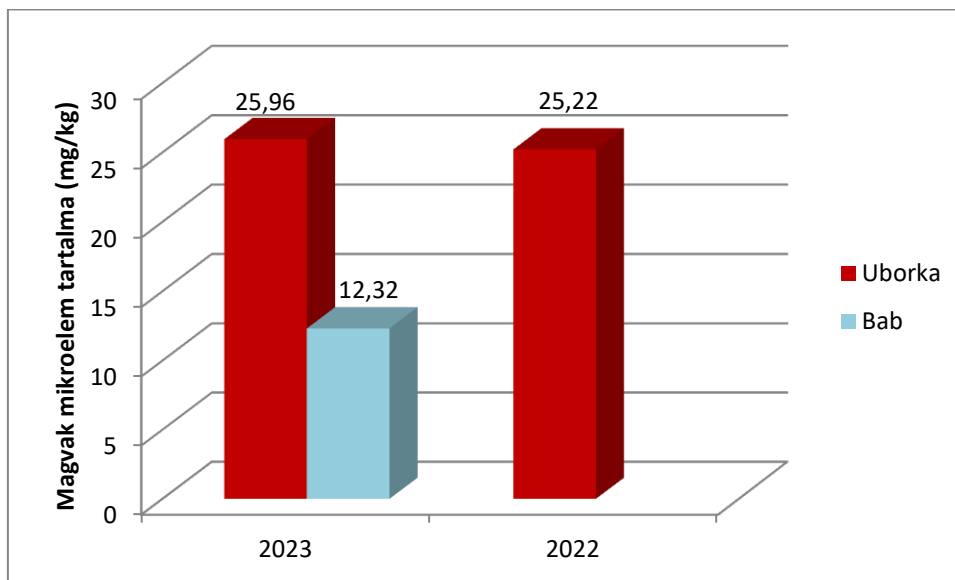


**13. ábra Gyümölcsök magvainak mangántartalma**

Legmagasabb mangántartalmat a 2023-ban termesztett paradicsom magja mutat. Ez 38,66 mg/kg. A 2023-as évben gyűjtött minták átlagos mangántartalma 22,85 mg/kg. Amennyiben gyümölcsmagok összes mintájának mangántartalmát átlagoljuk, akkor 20,87 mg/kg értéket kapunk. A 2022-es és 2023-as mintákat összehasonlítva azt mondhatjuk el,

hogy a 2023-ban begyűjtött minták több mangánt tartalmaznak az előző évi értékhez hasonlítva.

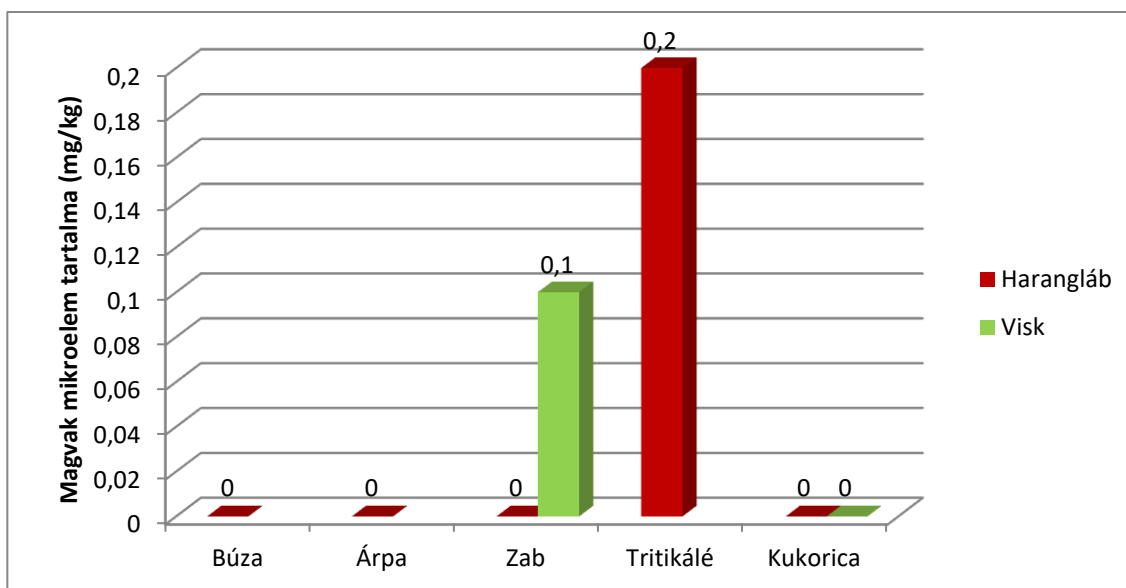
A 2023-as évben gyűjtött bab mangántartalma 12,32 mg/kg-ot mutatott. Mind a 2022-es, mind a 2023-as évből begyűjtött uborkamag mangántartalmát megvizsgáltuk. Az eredmények szinte azonosak lettek: a 2023-ban gyűjtött mintában 25,96 mg/kg mangán, a 2022-ben gyűjtött mintában 25,22 mg/kg mangánt mértünk.



14. ábra Bab és uborkamag mangántartalma

### 3.4. A magok kadmiumtartalma

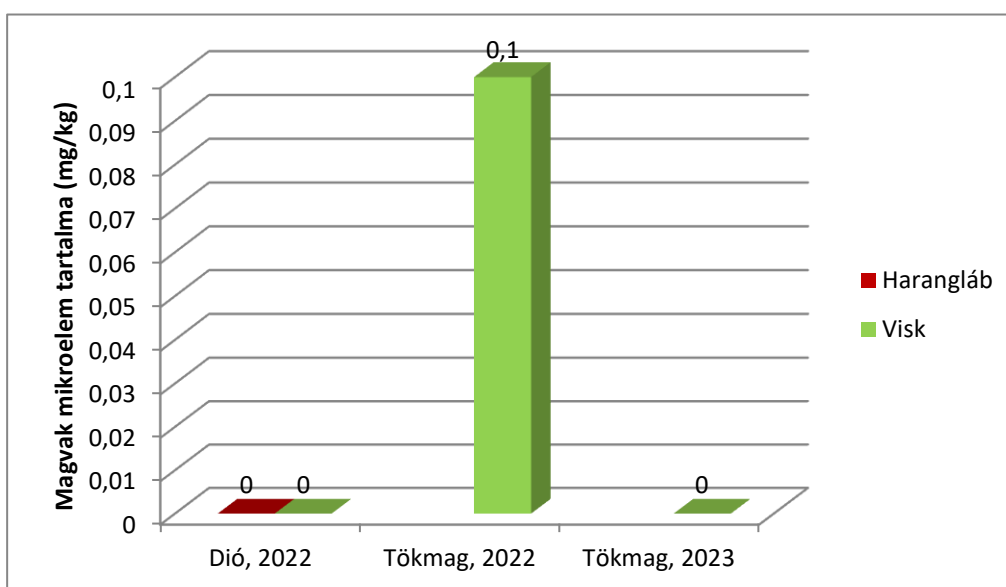
A mintákban található kadmium mennyisége hasonló a króm mennyiségéhez, ugyanis



15. ábra Gabonafélék kadmiumtartalma

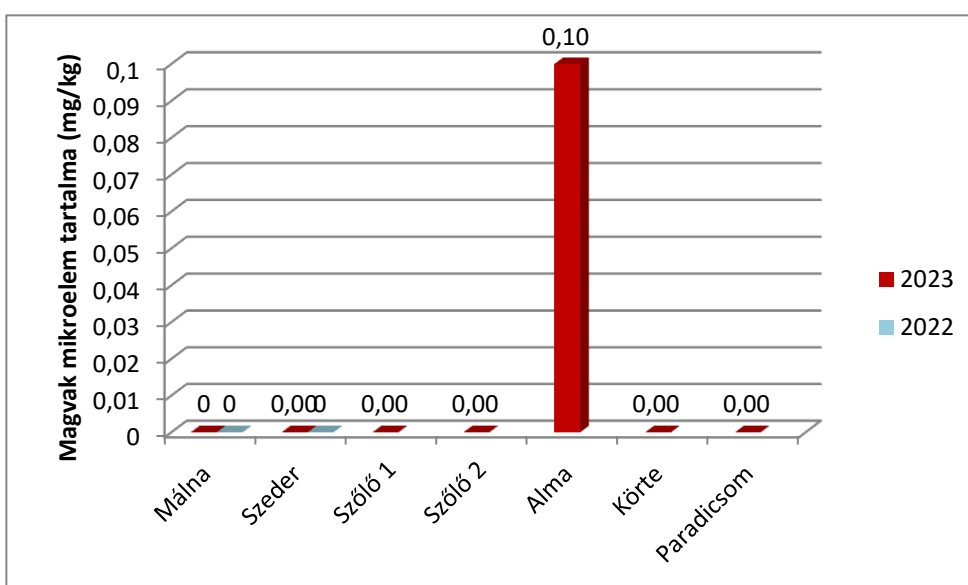
csupán két minta tartalmazott kadmiumot: a Visken begyűjtött zab 0,1 mg/kg-ot és a Haranglábban termesztett tritikálé 0,2 mg/kg-ot. A FAO és WHO szerint a gabonamagvakban megengedett kadmium mennyisége 0,1 mg/kg lehet, kivéve a búzát, mely esetében 0,2 mg/kg a megengedett határérték. Az általunk vizsgált zab, mely kadmiumot tartalmaz épp eléri az adott határértéket. A tritikáléra konkrét határértéket nem találtam, de ha a gabonamagvak megengedett értékét vesszük figyelembe, akkor túllépi azt.

Az olajos magvak keretében vizsgált dió nem tartalmaz kadmiumot, viszont a 2022-ben Visken begyűjtött tökmagban 0,1 mg/kg kadmiumot mutat a mérési eredmény.



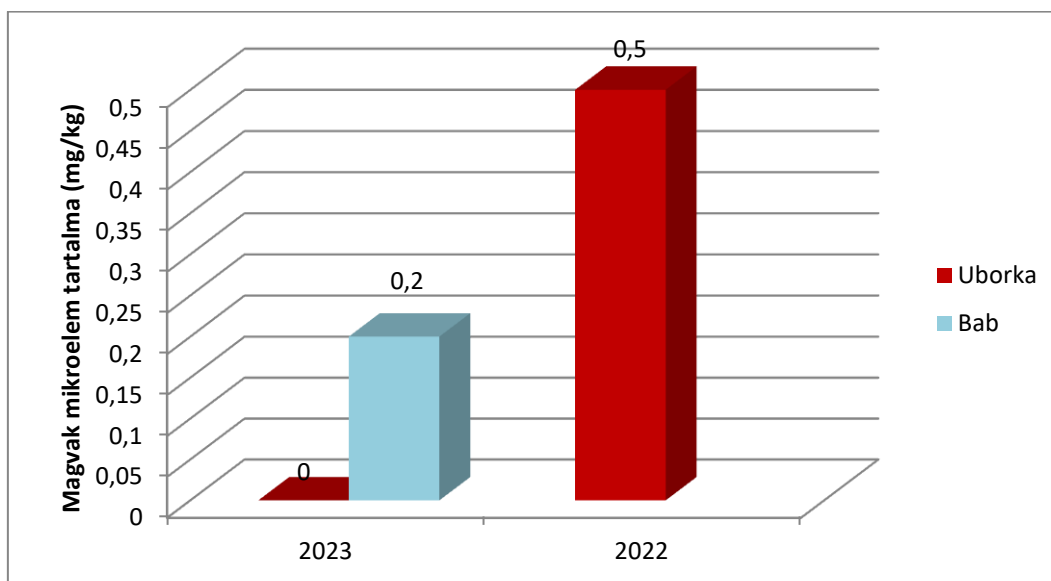
16. ábra Olajos magvak kadmiumtartalma

Mind a 2022-ben, mind a 2023-ban gyűjtött gyümölcsmagvakról elmondható, hogy



17. ábra Gyümölcsök magvainak kadmiumtartalma

nem mutatott ki bennük a vizsgálat kadmiumot egy kivétellel. A 2023-ban gyűjtött alma magjában 0,1 mg/kg kadmiumot mértünk.

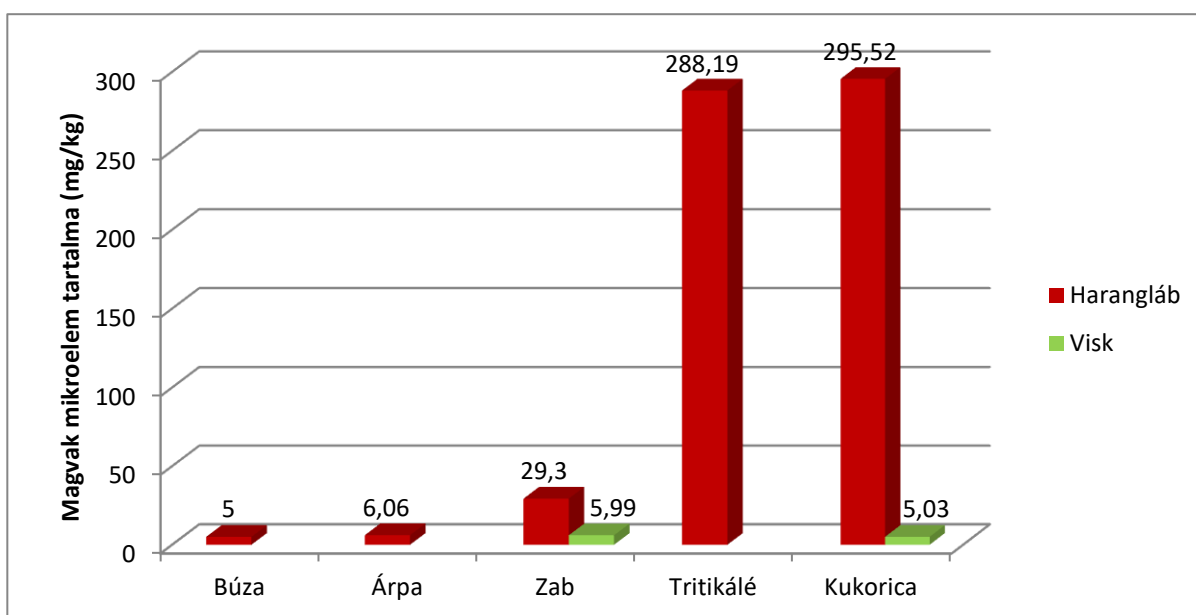


**18. ábra Bab és uborkamag kadmiumtartalma**

A további minták – bab és uborkamag – kadmiumtartalma a következőképpen alakult: a 2022-ben gyűjtött uborkamag 0,5 mg/kg kadmiumot tartalmazott. A hüvelyesek, ezen belül a bab megengedett kadmiumtartalma 0,1 mg/kg. Jelen esetben ennek a dupláját mértük.

### 3.5. A magok ólomtartalma

A minták ólomtartalmát vizsgálva egyből szembetűnő, hogy túllépi a FAO és

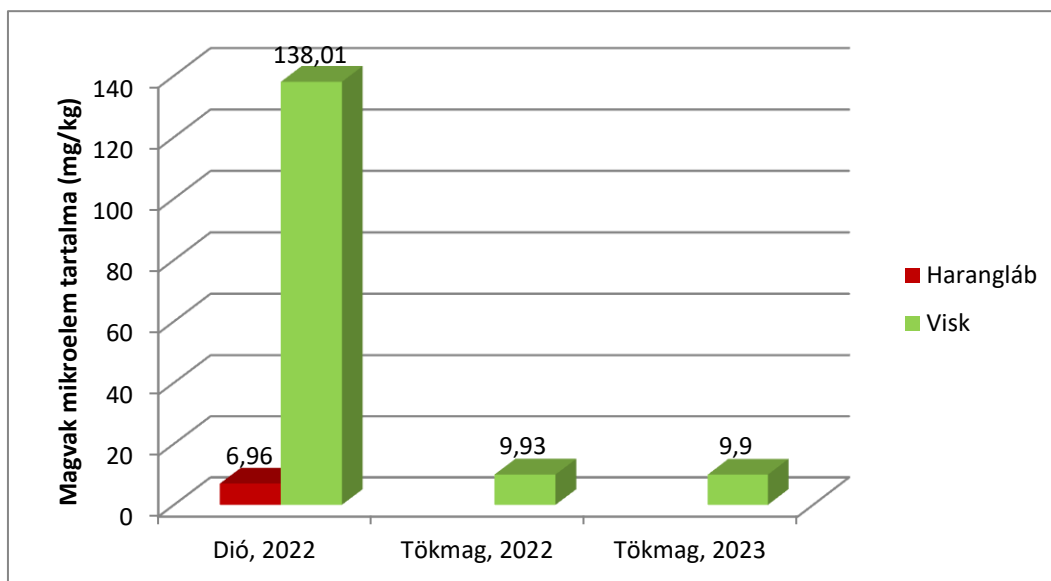


**19. ábra Gabonafélék ólomtartalma**



WHO által felállított 0,2 mg/kg-os határértéket. Még a legkevesebb ólmot tartalmazó minták sem. Ezek a Haranglábban termesztett búza (5,00 mg/kg) és a Viskén termesztett kukorica (5,03 mg/kg). Legmagasabb ólomtartalommal rendelkezik a Haranglábban termesztett kukorica 295,52 mg/kg-os értékkel. Nyomában van az ugyanazon helyről begyűjtött tritikálé 288,19 mg/kg-os ólomtartalommal.

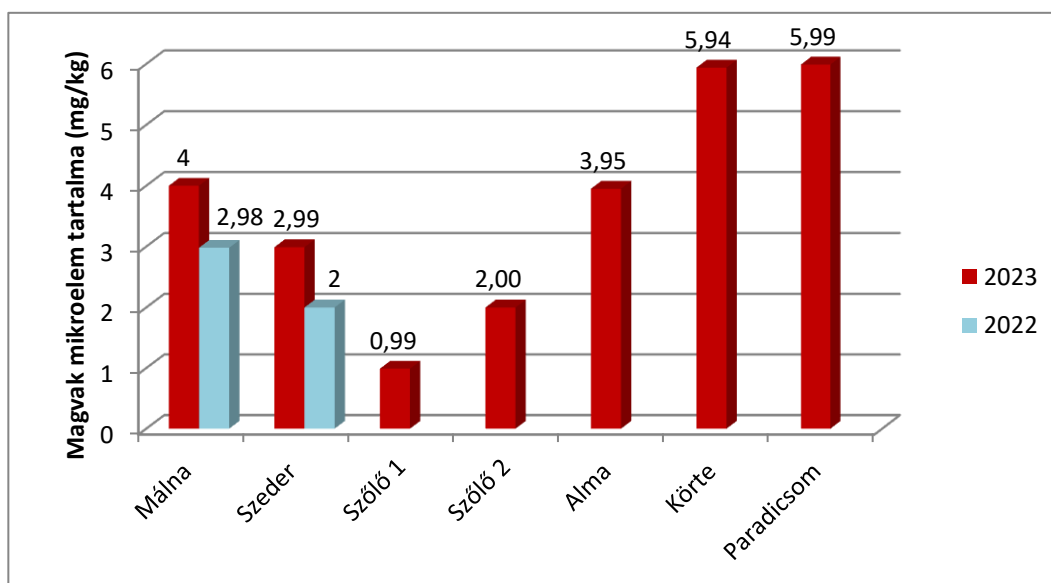
Az olajos magvak között a Viskről begyűjtött dió 138,01 mg/kg-os adattal a legtöbb ólmot tartalmazó minta. A dió esetében azért is különös ez az adat, mert csontos hély veszi



20. ábra Olajos magvak ólomtartalma

körül a termésnek azt a részét, mely fogyasztásra alkalmas. Emellett a tökmag minták is jelentős, de közel azonos mennyiségű ólmot tartalmaznak.

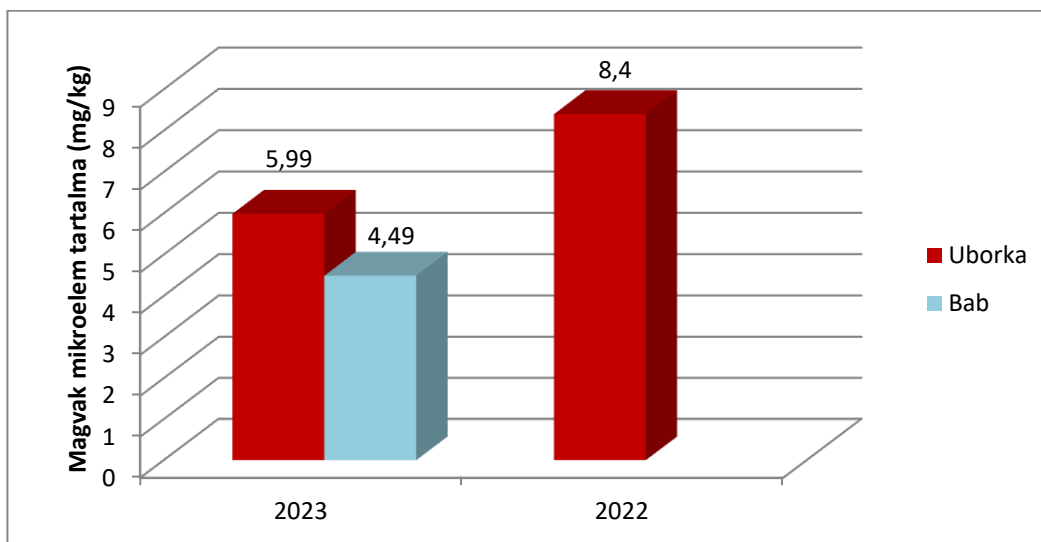
A gyümölcsmagvak között legkevesebb ólom a szőlől mintában van. Ez 0,99



21. ábra Gyümölcsök magvainak ólomtartalma

mg/kg. Legmagasabb értéket a paradicsom és a körte magokban mértünk.

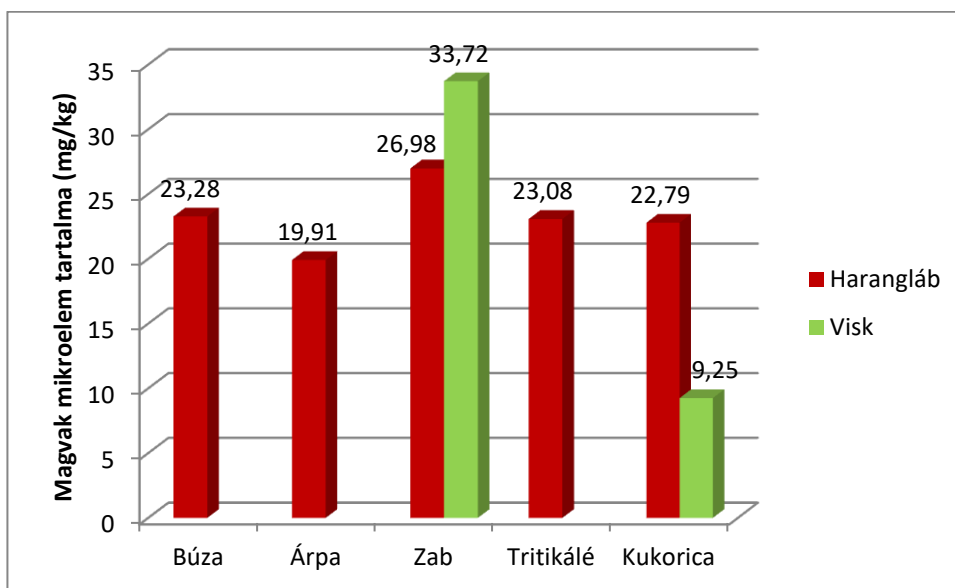
A bab és az uborka magok mintáiban is jelentős mennyiségű ólmot mutatott ki a vizsgálat. Legnagyobb mennyiség a 2022-ben gyűjtött uborka magokban volt. Ez az érték 8,4 mg/kg



*22. ábra Bab és uborkamag ólomtartalma*

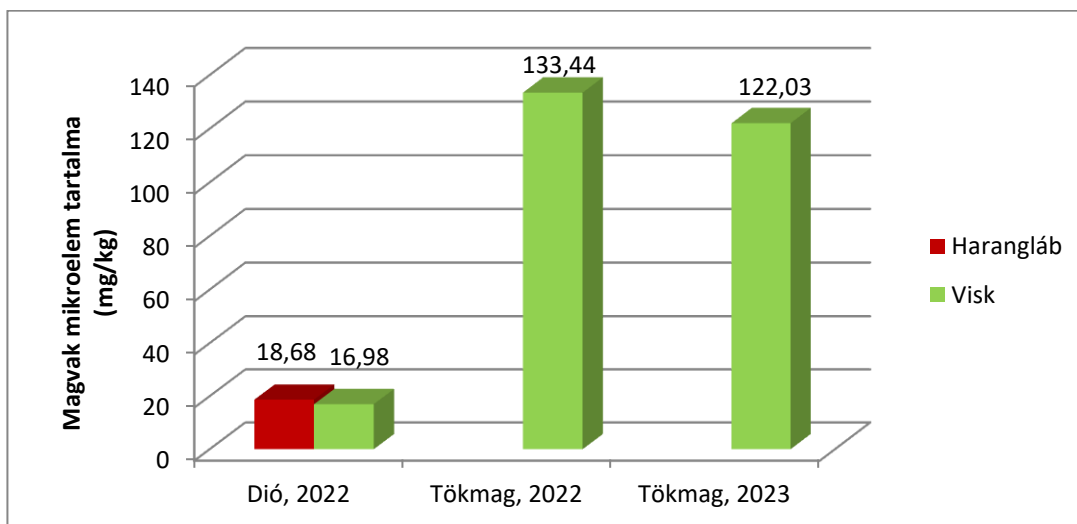
### 3.6. A magok vastartalma

A minták vastartalma már nem mutat jelentősebb kilengéseket, az eredmények jobban megközelítik egymást. Legmagasabb vastartalmat a Visken termesztett zab (33,72 mg/kg), legalacsonyabbat a Visken begyűjtött kukorica (9,25 mg/kg) mutatott.



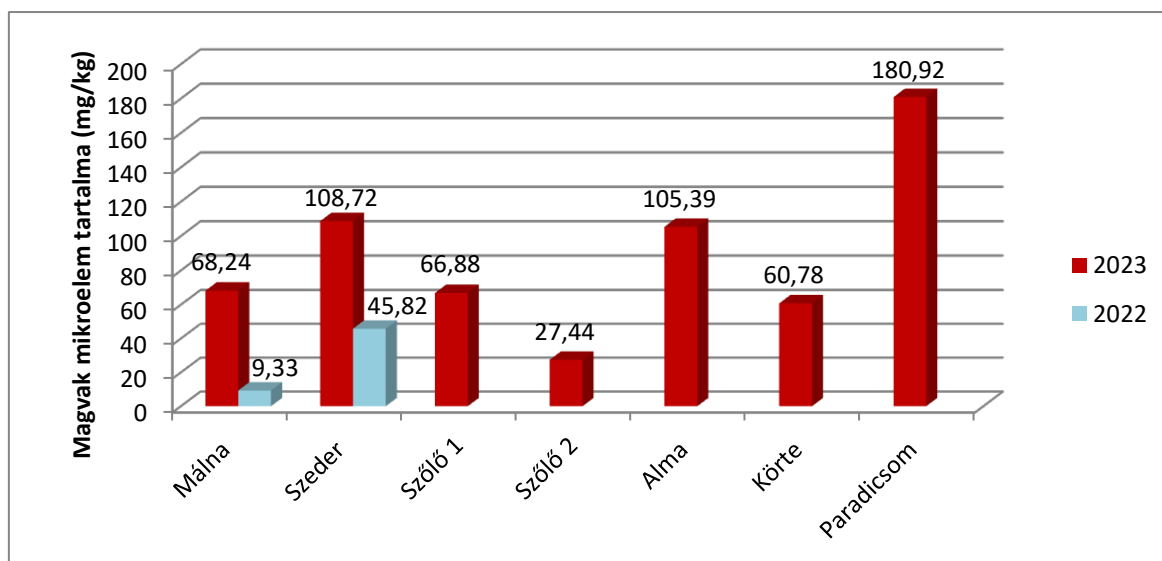
*23. ábra Gabonafélék vastartalma*

Átlagosan 22,64 mg/kg vastartalommal rendelkeznek a gabonafélék mintái, melyek többsége megközelíti az átlagértéket. Legnagyobb eltérést az átlageredménytől a Visken begyűjtött minták mutatnak: a kukoricában 9,25 mg/kg, a zabban 33,72 mg/kg mennyiségű vasat mértünk. A gabonafélék mintavételi hely szerint számított átlagos vastartalma a haranglábi mintákban 23,2 mg/kg. Erről azt tudjuk elmondani, hogy ezek az átlageredmények megközelítik azt az átlageredményt, melyet az összes mintából számítottunk.



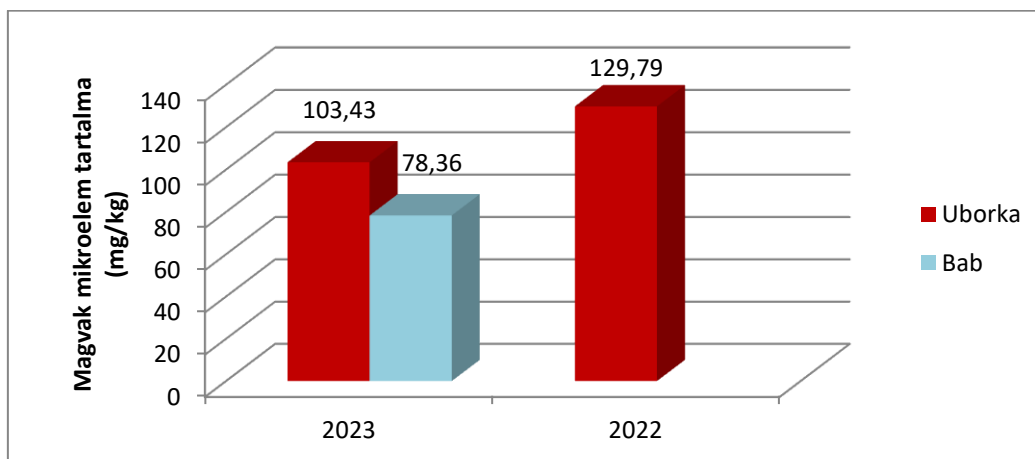
24. ábra Olajos magvak vastartalma

A Haranglábban begyűjtött dió vastartalma 18,68 mg/kg. A Visken gyűjtött mintában 16,98 mg/kg értékű vasat mértünk. Elmondható, hogy az adott értékek közel azonosak. A 2022-ben és 2023-ban gyűjtött tökmag vastartalmának értéke megközelíti egymást. Előbbi 133,44 mg/kg, utóbbi 122,03 mg/kg.



25. ábra Gyümölcsök magvainak vastartalma

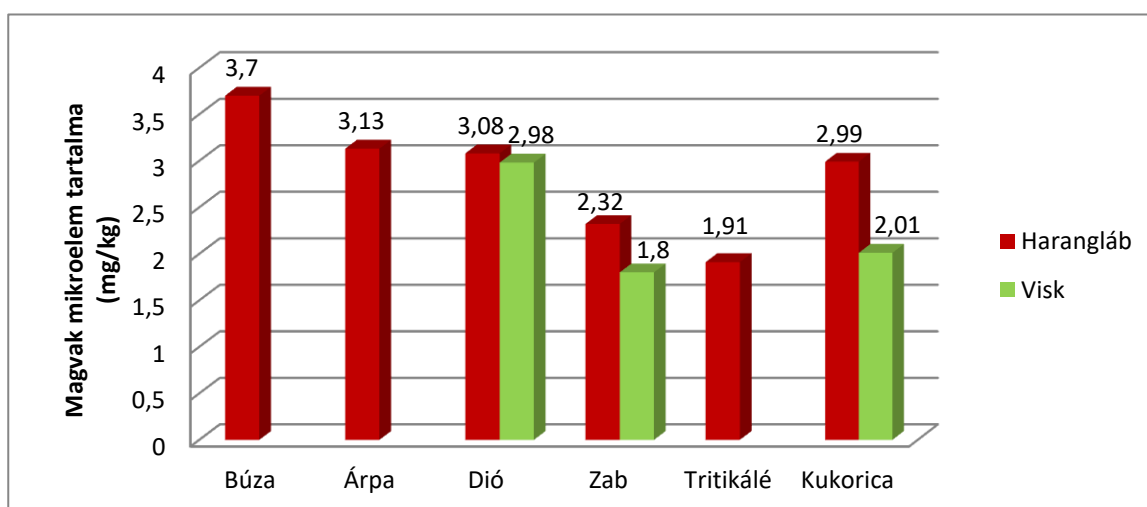
A gyümölcsök magvainak vastartalma igen változatos. Legkevesebb vasat a 2022-ben gyűjtött málnamagban mutatott a vizsgálat. Ennek értéke 9,33 mg/kg. Legnagyobb mennyiségű vasat a 2023-ban gyűjtött paradicsommag mutatott, ami 180,92 mg/kg. Ezt az értéket a 2023-ban gyűjtött szedermag követi 108,72 mg/kg mennyiséggel, majd az almamag vastartalma jön sorra 105,39 mg/kg értékkel. A gyümölcsmagok évenkénti vastartalmának átlagértéke a következő adatok szerint alakult: 2023-ban 88,34 mg/kg. Az összes gyümölcsmag átlagos vastartalma 74,84 mg/kg.



**26. ábra Bab és uborkamag vastartalma**

A bab és uborkamagok vastartalmáról elmondhatjuk, hogy nem mutatnak szélsőséges értékeket. A 2023-ban begyűjtött bab a vizsgálat során 78,36 mg/kg vasat tartalmazott. Az uborkamagok közül a 2022-es évi mintában mértünk nagyobb értéket. Ez 129,79 mg/kg. A 2023-as mintában 103,43 mg/kg.

### 3.7. A magok kobalttartalma

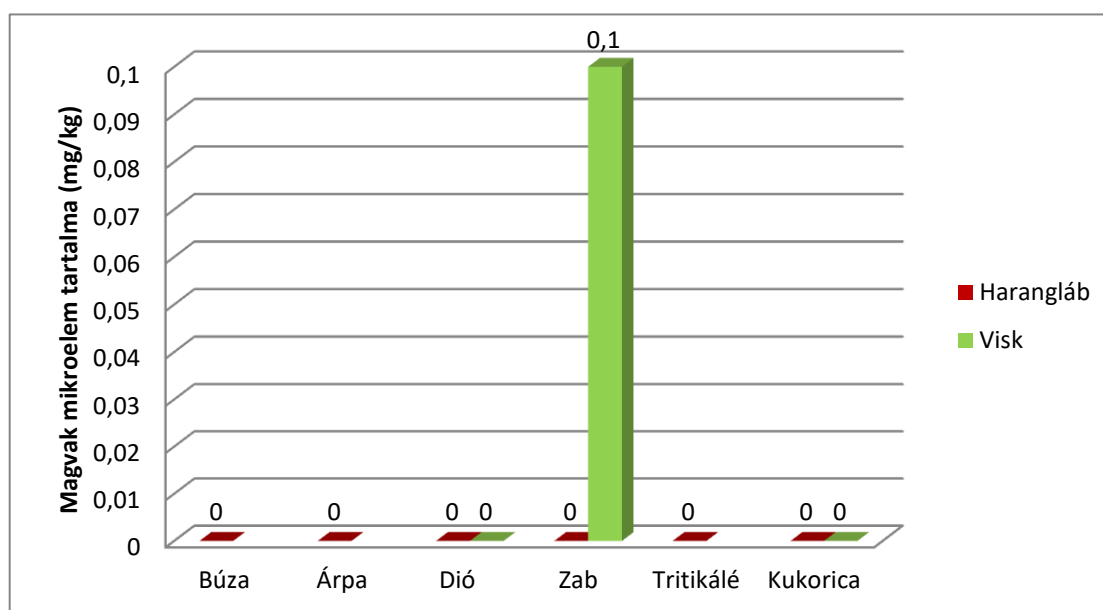


**27. ábra Gabonafélék és dió kobalttartalma**

A kobalttartalmat illetően is viszonylag hasonlóak az adatok, ha egymáshoz viszonyítjuk a minták adatait. Átlagosan 2,49 mg/kg kobalt található a gabonafélék mintáiban. Legmagasabb értékkel a haranglábban termesztett búza rendelkezik: 3,7 mg/kg. Legalacsonyabb kobalttartalma a Viskén termesztett zabnak van, amely 1,8 mg/kg, de megközelítőleg ez az adat sem kirívóbb, mint a legmagasabb. A többi minta adatai viszonylag közel állnak az átlagértékhez. A mintavételi hely szerinti átlagtartalom a következő: Haranglábban begyűjtött gabonafélék mintái átlagos kobalttartalma 2,73 mg/kg; Viskén gyűjtött minták átlagos kobalttartalma 1,9 mg/kg.

### 3.8. A magok krómtartalma

A minták krómtartalmának vizsgálata által arra derült fény, hogy azok nem tartalmazzak krómot egy kivétellel: a Viskén termesztett zabban mértünk minimális, 0,1 mg/kg krómtartalmat.



28. ábra Gabonafélék és dió krómtartalma

## ÖSSZEFOGLALÁS

A munka célja Kárpátalján termesztett növényi magvak mikroelem tartalmának vizsgálata, valamint az eredmények összehasonlítása a különböző szakirodalmi adatokkal.

Összesen 23 mintát gyűjtöttünk be két mintavételi helyről: Viskről (17 minta) és Haranglábról (6 minta). A begyűjtés ideje a 2022-es és 2023-as évek. A mintákat négy kategóriába csoportosítottuk. Közöttük voltak gabonafélék, gyümölcsök magvai, olajos magok, valamint van egy külön csoport, ami olyan mintákat tartalmaz, melyek egyik csoportba sem sorolhatunk.

A vizsgálathoz a mintákat először mechanikai roncsolással készítettük elő, melyet mikrohullámmal támogatott nedves feltárás követett teflon edényben. E folyamatok után nyílt lehetőség ténylegesen meghatározni a mikroelemek mennyiségét. Az adatok meghatározása után következett az eredmények kiértékelése, az irodalmi adatokkal való összevetése.

A gabonamagvak átlagos réztartalma 5,1 mg/kg volt. Kimagaslóan magas értéket mértünk a tritikáléban, míg a kukoricában a réz mennyisége a kimutatási határ alatt volt. A gyümölcs magvak réztartalma nagyon változatos, legalacsonyabb értéket a málna magjában (6,2 mg/kg), míg a legmagasabb értéket a körte magban (27,02 mg/kg) mértünk. Az olajos magvak, továbbá a bab és az uborkamag réztartalma viszonylag magasabb.

A különböző magvak cinktartalma igen változatos egy-egy csoporton belül is. A gabonafélék átlagos cinktartalma 42,71 mg/kg. Kiemelkedik magas értékével a tritikalé és igen alacsony értéket mutat a Haranglábon begyűjtött kukorica. A gyümölcsmagvak cinktartalma széles skálán mozog. Átlagosan 22,41 mg/kg-ot tartalmaz. Legmagasabb értéket a körtemag mutatott, ezzel ellenben a legalacsonyabbat szőlőmagban mértük. Az olajos magvak, valamint a bab és tökmag cinktartalma is változatos. Az olajos magvak közül a 2022-ben gyűjtött tökmag mutatta a legmagasabb értéket, a legalacsonyabbat a Visken gyűjtött dió.

A magvak mangántartalma is az előző adatokhoz hasonlóan változatos. A gabonafélék átlagosan 28,27 mg/kg mangánt tartalmaznak. Ezek között is vannak kiugró értékek. Legtöbb mangánt a Visken begyűjtött zab, legkevesebbet az árpa, illetve a Haranglábon begyűjtött kukorica tartalmazott. Hasonlóan változatos a gyümölcsök magjainak mangántartalma. Átlagosan 20,87 mg/kg-ot tartalmaz. Legalacsonyabb értéket szőlő minta, legmagasabbat a paradicsommag mutatott. Az olajos magvak, valamint a bab

és uborkamag mangántartalmában a Haranglábbon gyűjtött dió kivételével mincsenek jelentősebb eltérések.

A vizsgált mintáknak megközelítőleg csupán a negyedében mutatott ki a vizsgálat kadmiumot. A gabonafélék közül a Visken begyűjtött zab és a tritikálé, az olajos magvak közül a 2022-ben gyűjtött tökmag, a gyümölcsmagvak közül az alma, valamint ezen kívül a bab és az uborkamag tartalmazott kadmiumot. Ezekből csupán a két utóbbi minta tartalmazott a megengedettnél magasabb értéket.

A magok ólomtartalmáról az mondható el, hogy hogy mindegyik mintában megtalálható és az adott értékek mindegyike – szinte kivétel nélkül – meghaladja a megengedett határértéket. Legtöbbet a tritikáléban és kukoricában mértünk.

A magok vastartalma is széles értékek között mozog, de viszonylag egyenletesebb. A gabonafélék között legnagyobb értéket a Visken termesztett zab, legalacsonyabbat a kukorica mutatott. Átlagosan 22,64 mg/kg a vastartalom. A gyümölcsök vastartalma változatosabb. Átlagosan 74,84 mg/kg vasat tartalmaznak. Legtöbbet a paradicsomban, legkevesebbet a 2022-ben begyűjtött málnamagban mértünk. Az olajos magvak, valamint a bab és uborkamagok egységesebb értéket képviselnek.

A gabonafélékben és a dióban a kobalt és a króm mennyiségét is megmértük. Krómot csupán a Visken begyűjtött zab mutatott ki. Kobaltot minden minta tartalmazott 1,8 mg/kg és 3,7 mg/kg közötti értékben.

Összességében a vizsgált minták mikroelem tartalma széles skálán mozog, változatos értékeket mutat, némelyik meghaladja a megengedett határértéket, más minták nem érik el azt vagy nem is mutatott ki a vizsgálat bennük adott mikroelemet.

## РЕЗЮМЕ

Мета роботи вивчити вміст мікроелементів у насінні рослин вирощених на Закарпатті та порівняти отримані результати з різними літературними даними.

Були відібрані 23 зразків у двох населених пунктах: смт. Вишково (17 зразок) та с. Горонглаб (6 зразок). Відбір зразків проводили у 2022 та 2023 роках. Зразки були згруповані в чотири категорії. Серед них були зернові культури, насіння плодів, насіння олійних культур, а також є окрема група, яка містить зразки, які не можна віднести до жодної групи.

Для аналізу зразки спочатку готували механічним роздрібнюванням, після чого проводили їх мінералізацію за допомогою мікрохвиль. Після підготовчих процесів стало можливим визначити у насіннях рослин кількість мікроелементів. Отримані результати оцінювали та порівнювали з літературними даними.

Середній вміст міді в насіннях зернових культур становив 5,1 мг/кг. Нами визначений високий вміст міді в тритикале, а найменше значення у кукурудзі. Вміст міді в насінні фруктів дуже різноманітний, найнижчий рівень було визначено в насінні малини (6,2 мг/кг), а найвищий рівень в насінні груші (27,02 мг/кг). Вміст міді в олійних культурах, квасолі та насінні огірків відносно вищий.

Вміст цинку в різних насіннях сильно відрізняється навіть в межах однієї групи. Середній вміст цинку в зернових культурах становить 42,71 мг/кг. Тритикале виділяється своєю високою кількістю, а кукурудза, відібрана в с. Горонглаб, має дуже низьку кількість. Вміст цинку в насінні фруктів коливається в широких межах. Його міститься в середньому 22,41 мг/кг. В насіння груші було найвище кількість цинку, а найнижчий рівень було визначено у насіння винограду. Вміст цинку в насіннях олійних культур, у квасолі і в насінні огірок також різний. Серед олійних культур найбільше цинку було у насінні гарбуза, відібраного у 2022 році, найменше – у горіхах, відібраних у смт. Вишкові.

Вміст марганцю в насіннях, подібно до попередніх мікроелементів також різний. Зернові культури містять у середньому 28,27 мг/кг марганцю. Овес, відібраний у смт. Вишково, містив найбільше марганцю, ячмінь і кукурудза, відібраних в с. Горонглаб, містили найменше. Вміст марганцю в насінні фруктів теж різний, його середній вміст становив 20,87 мг/кг. Насіння винограду показав найнижчий вміст, а насіння томатів найвищий. Немає істотних відмінностей у вмісті марганцю в олій-



них культурах, насінні квасолі та огірків, за винятком горіхів, відібраних у с. Горонглаб.

Кадмію було виявлено приблизно лише в чверті досліджених зразків. З зернових культур кадмій містили овес і тритикале, відібраних у смт. Вишково, з олійних культур – насіння гарбуза, відібраних у 2022 році, із насіння фруктів – яблука, а також насіння квасолі та огірків. З них лише дві останні зразки містили кадмію вище гранично допустимих норм.

В кожному зразку було визначено свинцю, але найвища кількість цього металу виявлено у тритикале та кукурудзі.

Вміст заліза в насіннях також широко варіюється, але відносно більш однорідний. Серед зернових культур найвищу кількість заліза мав овес, вирощений у смт. Вишково, а найменшу – кукурудза. Середній вміст заліза становив 22,64 мг/кг. Вміст заліза у фруктах більш різноманітний, в середньому вони містять 74,84 мг/кг заліза. Найбільша кількість заліза була визначена в помідорах і найменше в насінні малини, відібраного в 2022 році. Насіння олійних культур, квасолі та насіння огірків показали більш однорідний результат.

Нами також визначена кількість кобальту і хрому в зернових культурах і горіхах. Хром був виявлений лише в зернах вівса, відібраних у смт. Вишково. Усі зразки містили кобальту від 1,8 мг/кг до 3,7 мг/кг.

Загалом, вміст мікроелементів у досліджуваних насіннях коливається в широких межах, значення дуже різноманітні, в деяких спостерігали перевищення гранично допустимих норм. В інших насіннях вміст мікроелементів був в межах норм, а окремі елементи взагалі не були виявлені.

## IRODALOMJEGYZÉK

- ANDERSSON, A. (1992): Trace elements in agricultural soils—fluxes, balances and background values. – Swedish Environmental Protection Agency, Report No. 4077. Stockholm.
- BALÁZS, G. – HALÁZS, K. – KAPPEL, N. – KAZINCZI, G. – NAGY, G. – NAGY, J. – PALKOVICS, L. – PAP, Z. – PETRÓCZY, M. – SZAMOSI, Cs. – VÉTEK, G. (2011): Tökgfélék termesztése. In: Kappel Noémi (szerk.). – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 250 pp.
- BÁLINT, A. F. (2005): A búza réztoleranciáját és a hajtás Cu-, Fe-, Mn- és Zn-koncentrációját befolyásoló lókuszok térképezése. – Magyar Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Kutatóintézete Genetika és Növényélettan Osztály, Martonvásár, 128 pp.
- BICSKEI, K. (2010): A búzatermesztés rejtjelmei. – Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 38 pp.
- BORSOS, J. – PUSZTAI, P. – RADICS, L. – SZEMÁN, L. – TOMPOSNÉ, L. V. (1994): Részletes növénytermesztés. Gabonafélék. In: Radics László (szerk.): Szántóföldi növénytermesztéstan. – Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Kertészeti Kar, Budapest, p. 33–105.
- BULYGIN, S. J. – DEMISHEV, L. F. – DORONIN, V. A. – ZARISNYAK, A. S. – PASHCHENKO, J. V. – TUROVSKY, J. E. – FATEEV, A. I. – YAKOVENKO, M. M. – KORDIN, A. I. (2007): Микроэлементы в сельском хозяйстве. – Szics, Dnyipropetrovszk, 100 pp.
- DÁNIEL, P. – GYŐRI, Z. – SZABÓ, P. – KOVÁCS, B. – PROKISCH, J. – CLIVE, P. (1998): A sertések ásványianyag ellátottságával összefüggő vizsgálatok. 1. Közlemény: Sertéstakarmányok ásványianyag-tartalma. Állattenyésztés és takarmányozás. – Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet 47(3): 277 – 286.
- FAO – WHO (1995): Codex alimentarius International food standards. – FAO, WHO.
- GALBÁCS, G – ILISZ, I. – FELINGER, A. – CSÓKA, B. (2012): Illusztrált segédanyag a modern műszeres analitikai kémia oktatásához. – Szegedi Tudományegyetem – Pécsi Tudományegyetem [<http://www2.sci.u-szeged.hu/inorg/MOMA/ch06s02.html>]
- GUBICKÓNÉ KISBENEDEK, A. – SZABÓ, Z. (2015): Élelmiszer-tudományi ismeretek. – Medicina Könyvkiadó Zrt, Budapest, 347 pp.
- HARGITAI, L. (1998): Talajtan és agrokémia II. – Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest, 348 pp.

- HOLGER, K. – LENNART, M. – JAN, E. (2009): Trace element concentration in wheat grain: results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. – *Environ Geochem Health*, 31: 561-571.
- KÁDÁR, I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. – Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium MTA Talajtani És Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest, 371 pp.
- KOIVISTOINEN, P. (1980): Mineral element composition of Finnish foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb, and ash. – *Acta Agriculturae Scandinavica, Supplementum 22*, Stockholm, 171 p.
- LANGÓ, B. (2019): A tritikálé humán célú felhasználását célzó kutatások: szemfizikai, összetételi, technológiai tulajdonságok és a közöttük lévő összefüggések vizsgálata. – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 172.
- LINDSAY, W. L. (1972): Inorganic phase equilibria of micronutrients in soil. pp. 41- 57. In: Mortvedt, J. J. – Giordano, P. M. – Lindsay, W. L. (eds.): *Micronutrients in Agriculture*. – Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- LŐRINC, A: A meszezés hatása a termésre, illetve a talaj minőségére és ennek vizsgálata ICP-vel. <https://www.lorincza.hu/szakcikk/13publ.htm>
- MCDOWELL, L. R. (2003): *Minerals in animal and human nutrition* (2nd ed.). – Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science.
- MIKKO, S. (1972): *Trace elements in soils and agriculture*. – FAO, Rome, 67 pp.
- NÉMETH, B. (2010): *Környezet diagnosztika fizikai módszerei -2. Atomspektroszkópia*. – Pécsi Tudományegyetem Fizikai Intézet, 32 p.  
[<http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/Spektr-Lab-Elm-2-Atomspektroszkopia.pdf>]
- PETRU, J. – LUC, I. – NATHALIE, M. – CLÉMENCE, L. – ABIMBOLA, A. – SÉTONDI, E. H. – ABDOULAYE, Z. K. – AWOYINKA, D. O. – CHABI SIKI, K.J. K. – YARA, K. D. – SARA, E. – PHILIPPE V. – BRUNO, L. B. – JEAN-CHARLES, L. – THIERRY, G. (2019): Occurrence of 30 trace elements in foods from a multi-centre Sub-Saharan Africa Total Diet Study: Focus on Al, As, Cd, Hg, and Pb. – *Environment International*, vol. 133.
- POLGÁR, ZS. M. (2011): *Mikroanalitikai módszerfejlesztések és elemspeciáció biológiai rendszerek vizsgálatára*. – Eötvös Loránd Tudományegyetem Kémiai Intézet, Analitikai Kémiai Tanszék, Budapest, 155 pp.
- PRINCZ, Z. (2008): *A hüvelyesek termesztéstechnológiája*. – Budapest, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 34 pp.

SZABÓ S., A. (2013): Mikroelemek esszencialitása és az élelmiszervizsgálat. – Élelmiszervizsgálati közlemények 59.köt.3.füz.: 95-105.

TÓTH, E. A. – KALOCSAI, R. – DORKA-VONA, V. – GICZI, Zs. (2018): Az esszenciális mikroelemek szerepe a növények élettani folyamataiban. – Acta Agronomika Óváriensis 59(2): 126 – 150.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1996): Trace elements in human nutrition and health. – Geneva: WHO.

## ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra	Egyfényutas és kétfényutas AAS készülék blokksémája .....	12
2. ábra	A minták roncsolásának programja .....	22
3. ábra	Gabonafélék réztartalma .....	23
4. ábra	Olajos magvak réztartalma .....	24
5. ábra	Gyümölcsök magvainak réztartalma .....	24
6. ábra	Bab és uborkamag réztartalma .....	25
7. ábra	Gabonafélék cinktartalma .....	26
8. ábra	Olajos magvak cinktartalma .....	26
9. ábra	Gyümölcsök magvainak cinktartalma .....	27
10. ábra	Bab és uborkamag cinktartalma .....	27
11. ábra	Gabonafélék mangántartalma .....	28
12. ábra	Olajos magvak mangántartalma .....	29
13. ábra	Gyümölcsök magvainak mangántartalma .....	29
14. ábra	Bab és uborkamag mangántartalma .....	30
15. ábra	Gabonafélék kadmiumtartalma .....	30
16. ábra	Olajos magvak kadmiumtartalma .....	31
17. ábra	Gyümölcsök magvainak kadmiumtartalma.....	31
18. ábra	Bab és uborkamag kadmiumtartalma .....	32
19. ábra	Gabonafélék ólomtartalma .....	32
20. ábra	Olajos magvak ólomtartalma .....	33
21. ábra	Gyümölcsök magvainak ólomtartalma .....	33
22. ábra	Bab és uborkamag ólomtartalma .....	34
23. ábra	Gabonafélék vastartalma .....	34
24. ábra	Olajos magvak vastartalma.....	35
25. ábra	Gyümölcsök magvainak vastartalma.....	35
26. ábra	Bab és uborkamag vastartalma .....	36
27. ábra	Gabonafélék és dió kobalttartalma .....	36
28. ábra	Gabonafélék és dió krómtartalma .....	37

## TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat Takarmánynövények esszenciális mikroelem tartalma (mg/kg).....	15
2. táblázat Mikroelemek az 1995 és 2003 között Svédországban termesztett búzaszemekben (mg kg <sup>-1</sup> ).....	16
3. táblázat Egyes mikroelem maximálisan megengedett koncentrációja (mg/kg) bizonyos magvakban.....	16
4. táblázat Az As, Cd, Hg és Pb (mg/kg) átlagos (Átl.), minimális (Min.) és maximális (Max.) határértéke négy ország (Benin, Kamerun, Mali és Nigéria) gabonanövényeiben .....	17
5. táblázat A begyűjtött minták adatai.....	20
6. táblázat A vizsgált minták adatai.....	22

# Звіт про перевірку схожості тексту Oxsico

Назва документа:

**Bacsi\_Boglarka\_Katalin\_biológia\_IV\_szakdolgozat.pdf**

Ким подано:

**Шірокаї-Кудрон Ласло Габорович**

Дата перевірки:

**2024-06-07 09:53:45**

Дата звіту:

**2024-06-07 10:10:08**

Ким перевірено:

**I + U + DB + P + DOI**

Кількість сторінок:

**44**

Кількість слів:

**8799**

<b>Схожість 3%</b>	Збіг: <b>30 джерела</b>	Вилучено: <b>18 джерела</b>
Інтернет: <b>16 джерела</b>	DOI: <b>0 джерела</b>	База даних: <b>0 джерела</b>
<b>Перефразовування 1%</b>	Кількість: <b>13 джерела</b>	Перефразовано: <b>255 слова</b>
<b>Цитування 24%</b>	Цитування: <b>244</b>	Всього використано слів:
<b>Включення 0%</b>	Кількість: <b>0 включення</b>	<b>8658</b> Всього використано слів: <b>0</b>
<b>Питання 0%</b>	Замінені символи: <b>0</b>	Інший сценарій: <b>2 слова</b>