

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II
Кафедра біології та хімії

Реєстраційний № _____

Кваліфікаційна робота

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В СИСТЕМІ
БУРОЗЕМНІ ҐРУНТИ – ОВОЧЕВІ КУЛЬТУРИ НА ТЕРИТОРІЇ
МУКАЧІВСЬКОГО РАЙОНУ**

ИЙДЕР ВОЛОДИМИРА ВОЛОДИМИРІВНА

Студентка IV-го курсу

Освітня програма 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Тема затверджена Вченою радою ЗУІ

Протокол №__ від __ _____ 2022 р.

Науковий керівник:

Чома Золтан Залтанович

доктор філософії, доцент

Завідувач кафедру біології та хімії:

Когут Ержебет Імрїївна

доктор філософії, доцент

Робота захищена на оцінку _____, „___” _____ 2023 р.

Протокол № _____ / 2023 р.

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

Кафедра біології та хімії

Кваліфікаційна робота

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В СИСТЕМІ
БУРОЗЕМНІ ҐРУНТИ – ОВОЧЕВІ КУЛЬТУРИ НА ТЕРИТОРІЇ
МУКАЧІВСЬКОГО РАЙОНУ**

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Виконала: студентка IV-го курсу
Ийдер Володимира Володимирівна
Освітня програма 014 Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини)

Науковий керівник: **Чома Золтан Золтанович**
доктор філософії, доцент

Рецензент: **Комоні Єва Йосипівна**
доктор філософії, доцент

Берегово
2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
I. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	11
1.1. Загальна характеристика мікроелементів	11
1.2. Набір мікроелементів ґрунта	12
1.2.1. Залізо	12
1.2.2. Манган.....	13
1.2.3. Мідь	14
1.2.4. Цинк.....	14
1.3. Поживні речовини рослин	15
1.3.1. Залізо, як мікроелемент в рослинах	15
1.3.2. Манган, як мікроелемент в рослинах	16
1.3.3. Мідь, як мікроелемент в рослинах	16
1.3.4. Цинк, як мікроелементи в рослинах.....	17
1.4. Важкі метали	18
1.4.1. Свинець	19
1.4.1.1. Свинець, як мікроелемент в рослинах.....	19
1.4.2. Кадмій.....	20
1.4.2.1. Кадмій, як мікроелемент в рослинах	20
1.5. Методика визначення валових форм металів	21
1.6. Органічна частина ґрунту	21
1.7. Реакція ґрунтового розчину	22
1.8. Механічний склад ґрунтів	24
1.9. Виробництво овочів в Україні	24
II. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	26
2.1. Характеристика досліджуваної території.....	26
2.2. Дослідвані типи ґрунтів	26
2.3. Відбір і підготовка проб ґрунтів	27
2.4. Відбір і підготовка рослинних проб.....	28
2.5. Визначення валових форм металів	29
2.6. Визначення реакції ґрунтового розчину.....	31

2.7. Проведені дослідження в 2021-22 роках	32
III. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	34
3.1. Хімічна реакція досліджуваних ґрунтів.....	34
3.2. Валовий вміст мікроелентів у ґрунтах	34
3.2.1. Валовий вміст міді в ґрунтах	35
3.2.2. Валовий вміст цинку в ґрунтах	35
3.2.3. Валовий вміст мангану в ґрунтах	36
3.2.4. Валовий вміст кадмію в ґрунтах	36
3.2.5. Валовий вміст свинцю в ґрунтах	37
3.2.6. Валовий вміст заліза в ґрунтах	37
3.3. Вміст мікроелементів в овочевих культурах	38
3.3.1. Вміст міді в овочевих культурах	39
3.3.2. Вміст цинку в овочевих культурах.....	42
3.3.3. Вміст мангану в овочевих культурах	44
3.3.4. Вміст заліза в овочевих культурах	47
3.3.5. Вміст кадмію в овочевих культурах.....	50
3.3.6. Вміст свинцю в овочевих культурах	53
3.4. 2021-22-ben végzet vizsgálatok eredményei.....	55
ВИСНОВКИ.....	58
РЕЗЮМЕ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	60
СПИСКИ РИСУНКІВ	63
СПИСКИ ТАБЛИЦЬ	64

II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola

Biológia és Kémia Tanszék

A BARNA ERDŐTALAJOK ÉS ZÖLDSÉGEK MIKROELEM TARTALMA A MUNKÁCSI JÁRÁS TERÜLETÉN

Szakdolgozat

Képzési szint: alapképzés

Készítette: **Éder Volodimira**

IV. évfolyamos hallgató

Képzési program: 014 Középfokú oktatás

(Biológia és az ember egészsége)

Témavezető: **Dr. Csoma Zoltán**

PhD, docens

Recenzens: **Komonyi Éva**

PhD, docens

Beregszász

2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
I. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	11
1.1. Загальна характеристика мікроелементів	11
1.2. Набір мікроелементів ґрунта	12
1.2.1. Залізо	12
1.2.2. Манган.....	13
1.2.3. Мідь	14
1.2.4. Цинк.....	14
1.3. Поживні речовини рослин	15
1.3.1. Залізо, як мікроелемент в рослинах	15
1.3.2. Манган, як мікроелемент в рослинах	16
1.3.3. Мідь, як мікроелемент в рослинах	16
1.3.4. Цинк, як мікроелементи в рослинах.....	17
1.4. Важкі метали	18
1.4.1. Свинець	19
1.4.1.1. Свинець, як мікроелемент в рослинах.....	19
1.4.2. Кадмій.....	20
1.4.2.1. Кадмій, як мікроелемент в рослинах	20
1.5. Методика визначення валових форм металів	21
1.6. Органічна частина ґрунту	21
1.7. Реакція ґрунтового розчину	22
1.8. Механічний склад ґрунтів	24
1.9. Виробництво овочів в Україні	24
II. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	26
2.1. Характеристика досліджуваної території.....	26
2.2. Дослідвані типи ґрунтів	26
2.3. Відбір і підготовка проб ґрунтів	27
2.4. Відбір і підготовка рослинних проб.....	28
2.5. Визначення валових форм металів	29
2.6. Визначення реакції ґрунтового розчину.....	31

2.7. Проведені дослідження в 2021-22 роках	32
III. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ	34
3.1. Хімічна реакція досліджуваних ґрунтів.....	34
3.2. Валовий вміст мікроелентів у ґрунтах	34
3.2.1. Валовий вміст міді в ґрунтах	35
3.2.2. Валовий вміст цинку в ґрунтах	35
3.2.3. Валовий вміст мангану в ґрунтах	36
3.2.4. Валовий вміст кадмію в ґрунтах	36
3.2.5. Валовий вміст свинцю в ґрунтах	37
3.2.6. Валовий вміст заліза в ґрунтах	37
3.3. Вміст мікроелементів в овочевих культурах	38
3.3.1. Вміст міді в овочевих культурах	39
3.3.2. Вміст цинку в овочевих культурах.....	42
3.3.3. Вміст мангану в овочевих культурах	44
3.3.4. Вміст заліза в овочевих культурах	47
3.3.5. Вміст кадмію в овочевих культурах.....	50
3.3.6. Вміст свинцю в овочевих культурах	53
3.4. 2021-22-ben végzet vizsgálatok eredményei.....	55
ВИСНОВКИ.....	58
РЕЗЮМЕ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	60
СПИСКИ РИСУНКІВ	63
СПИСКИ ТАБЛИЦЬ	64

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETŐ	10
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	11
1.1. Mikroelemek általános jellemzése	11
1.2. Talajok mikroelem készlete	12
1.2.1. Vas.....	12
1.2.2. Mangán.....	13
1.2.3. Réz.....	14
1.2.4. Cink	14
1.3. A növények tápanyagai	15
1.3.1. Vas, mint mikroelem a növényekben	15
1.3.2. Mangán, mint mikroelem a növényekben	16
1.3.3. Réz, mint mikroelem a növényekben	16
1.3.4. Cink, mint mikroelem a növényekben	17
1.4. Nehézfémek	18
1.4.1. Ólom.....	19
1.4.1.1. Ólom, mint mikroelem a növényekben	19
1.4.2. Kadmium.....	20
1.4.2.1. Kadmium, mint mikroelem a növényekben	20
1.5. Az „összes” fémtartalom meghatározása	21
1.6. A talaj szervesanyag tartalma	21
1.7. A talaj kémhatása	22
1.8. A talaj szemcseösszetétele	24
1.9. Ukrajna zöldségtermesztése	24
II. ANYAG ÉS MÓDSZER	26
2.1. A vizsgált terület jellemzése	26
2.2. A vizsgált talajtípusok	26
2.3. A talajminták begyűjtése és előkészítése	27
2.4. A növényi minták begyűjtése és előkészítése	28
2.5. Az „összes” fémtartalom meghatározása	29
2.6. A talaj kémhatásának meghatározása	31

2.7. 2021-22-ben végzet vizsgálatok	32
III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS.....	34
3.1. A vizsgált talajok kémhatása	34
3.2. A talajok „összes” fémtartalma.....	34
3.2.1. Talajok „összes” réz tartalma.....	35
3.2.2. Talajok „összes” cink tartalma.....	35
3.2.3. Talajok „összes” mangán tartalma	36
3.2.4. Talajok „összes” kadmium tartalma.....	36
3.2.5. Talajok „összes” ólom tartalma.....	37
3.2.6. Talajok „összes” vas tartalma	37
3.3. A zöldségnövények mikroelem tartalma	38
3.3.1. A zöldségnövények réz tartalma	39
3.3.2. A zöldségnövények cink tartalma	42
3.3.3. A zöldségnövények mangán tartalma	44
3.3.4. A zöldségnövények vas tartalma.....	47
3.3.5. A zöldségnövények kadmium tartalma	50
3.3.6. A zöldségnövények ólom tartalma.....	53
3.4. 2021-22-ben végzet vizsgálatok eredményei.....	55
ÖSSZEFOGLALÁS	58
PE3IOME.....	59
FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE.....	60
ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	63
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	64

BEVEZETŐ

Minden élő szervezetben megtalálhatók az olyan elemek, amelyek nélkülözhetetlenek az élet fennmaradásához. Ezeket az elemeket esszenciális tápanyagoknak hívjuk. Ezekből három csoportot különítjük el az élőszervezetben megtalálható koncentrációnak megfelelően. Vannak organogén-, makro-, és mikroelemek.

A munkánk során a mikroelemekkel és egyes nehézfémekkel való vizsgálatokat választottunk célul. Mégpedig a dolgozat pontos célkitűzése a barna erdőtalajokon termesztett növények mikroelem tartalmának vizsgálata a termőhely „összes” mikroelem készletével összefüggésben.

Kutatási területnek a Munkácsi járás négy községét jelöltük ki. Kustánfalva, Felsőkerpec, Beregbükkös és Borhalom területein, terepnek háztáji kertek lettek kiválasztva, melyek továbbá még kisebb részekre voltak osztva.

Ezeken a területeken élő gazdálkodók nagyobb zöldségtermesztéssel nem foglalkoznak. Az általunk nevelt kultúrnövények csak saját magunk számára, esetleg az állatok eltartására termesztenek. Mivel számos tényező függ e elemek jelenlététől és mennyiségétől, fontosnak tartjuk ezeknek a megvizsgálását a zöldségnövények különböző szerveiben. Összesen 35 zöldségnövény ehető részét sikerült beszedni a laboratóriumi vizsgálatához.

A célunk megvalósításához számos feladatot végeztünk el. A talaj- és zöldségminták begyűjtésével és előkészítésével kezdtünk, ezt követően a kitűzött vizsgálatokat végeztük el. A talajmintákban meghatároztuk azok pH értékét és „összes” réz, cink, vas, mangán, kadmium, ólom mikroelem tartalmát. A zöldségmintákban is megmértük a mikroelem tartalmukat. Az eredmények feldolgozást követően, a talaj-növény rendszer mikroelem tartalom közötti összefüggéseket vizsgáltuk meg.

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. Mikroelemek általános jellemzése

1939-ben Arnon és Stout létrehozták az „esszenciális ásványi elemek” fogalmát. Ahhoz, hogy a növényeknél egy bizonyos elemet esszenciálisnak tekintsük az alábbi szempontoknak kell megfelelnie (TÓTH et. al. 2018; KÁDÁR, 1991):

- Hiánya közvetlenül a növény rendellenes növekedéséhez vagy életciklusának megszakításához vagy halálához vezet.
- Szerepe specifikus és más elemmel nem helyettesíthető.
- Közvetlenül hat a növekedés vagy az anyagcsere bizonyos területeire. A másodlagos vagy közvetett pozitív hatások, mint pl. az antagonizmus vagy szinergizmus révén más elemek beépülésének elősegítése, nem számítják a bizonyos elemet esszenciálisnak.
- Adagolásával megszüntethetők a hiánybetegségek.

Mikroelemek vagy más néven nyomelemek, olyan kémiai anyagok, amelyek az élő szervezetek létfenntartó folyamatainak megfelelő lefolyásához szükségesek. A növényekben, talajban, élő szervezetekben igen kis mennyiségben találhatóak meg mg/kg-ban vagy kisebb mértékben. A növényi szervezetekben 0,01-0,00001% mikroelem található száraz anyagra vonatkoztatva. A kis tartalmuk ellenére a jelenlétük rendkívül befolyásolt, betöltött szerepük a növényi életfolyamatokban alapvető jelentőséggel jár. A mikroelemek többsége a növények megfelelő növekedéséhez és fejlődéséhez elengedhetetlen, mivel számos alapvető fiziológiai funkciót hajt végre. Így, ezek az elemek részei az enzimeknek, vitaminoknak, hormonoknak és egyéb biológiailag aktív anyagoknak, illetve fontos szerepet töltenek be a fehérjék, szénhidrátok, zsírok szintézisében. (TÓTH et. al. 2018)

Makroelemeknek számítjuk a C, H, O, N, P, S, Ca, Mg elemeket.

A mikroelemek közé soroljuk: Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B.

A növényekben megfigyelhetjük egyes nehézfémek (pl. Cr, Hg, Ni, Pb, Cd) jelenlétét is. A káros, toxikus hatásukat nagy koncentráció mellett észlelhetjük. (LOCH-NOSTICIUS, 2004)

A nyomelemek meghatározott létfontosságú mennyisége elengedhetetlen, ha bizonyos elem nincs meg vagy fordítva túl sok van belőle, mindkét eset kedvezőtlen lesz a növény számára. Az alacsony koncentráció és a különböző hiánybetegségek, anyagcserezavarok formájában mutatkoznak meg. A túltermelés pedig megakadályozza a biológiai ciklusok

megfelelő működését így akár a növény pusztulásához is vezethet az elemek nagy mennyisége. (STEFANOVITS, 1981; ГОСПОДАРЕНКО, 2013)

Az ásványi anyagok különböző alakban jelenhetnek meg a talajban:

- Vízben oldódó formában.
- Az agyagásványcserében.
- Specifikusan a felületen megkötő állapotban.
- Komplexek alakjában a szerves anyagok segítségével, megkötve vagy adszorbeálva.
- Oldhatatlan csapadékban.
- Kationként a vas és alumínium izomorf helyettesítésében az elsődleges ásványok és szilikátok oktaédeses rácsában (STEFANOVITS et al. 1999)

A növények tápanyagfelvételét mindazon mutatók szabályoznak, melyek befolyásolják:

- a tápanyag mobilitását a talajban (talajfolyamatok)
- a növények talajtápanyag-felhasználó képességét (növény életfolyamatok)
- a talaj-növény rendszer közötti interakcióját. (KÁDÁR, 1997)

A növények számára felvehető állapotban lévő mikroelemek, vagyis a vízben oldható és kicserélhető alakban, számos talajban csak alacsony mennyiségben vannak. Így a talajból a tápanyagfelszívódása a talajoldat eljutatásával zajlik. Az ilyen mikroelemkészlet a specifikusan adszorbeált és a szerves anyaghoz kötött készletekkel van egyensúlyban. Így, ha a talajoldat mikroelem koncentrációja csökken, némely elemek oldhatókba tudnak átmenni az oldhatatlan vagy kevésbé oldható alakból. (FÜLEKY, 1999)

1.2. Talajok mikroelem készlete

1.2.1. Vas

A vas a talajoldatban redox körülményektől függően két formában létezik Fe^{2+} formában anaerob körülmények között. Fe^{3+} formában aerob körülmények között, ilyenkor a Fe^{2+} instabil és Fe^{3+} oxidálódik.

Oxidásványok vagy szilikátok, foszfátok és szulfidok formájában is tud megjelenni a vas a talajban. (STEFANOVITS, 1981)

Nagy mennyisége a kőzetek és talajok alkotó eleme. Fe^{3+} vegyületeinek egy része nehezen oldható fel és az erősen elmállott talajokban halmozódnak fel. A vasérc csak savanyú talajban oldható fel úgy, hogy elegendő legyen a növények igényeinek kielégítésére. Ha a talaj pH-ja 4,5 alatt van, a vas mérgezővé válhat. (STEFANOVITS, 1992)

A levegőtlen viszonyok fellépése során, a talajban rozsdás foltoknak a megjelenése figyelhető meg. Ezeket a Fe^{2+} ionok vándorlása és semleges kémhatás közegében kicsapódót vas-hidroxid formája okozza, addig amíg az ionok oxidatív körülmények között hidratált vas (III)-oxid formájában nem válnak ki.

A talaj levegőztetett körülményei között többségben Fe (III)-ion formában jelen meg a vas. Bevonatot képezve a humuszhoz tapadó ásványi részecskéken. A pH értékének emelkedése is segíti a vas nagyobb vegyértékű formájának az előállítását. (LOCH-NOSTICIUS, 2004; STEFANOVITS, 1981)

Általában a talajokban, akkor lép fel a vashiány, ha a talaj ásványaiból évente nem szabadulnak fel Fe (II)-ionok a Fe (III)-má történő oxidáció kompenzálására.

Mennyisége a talajban: 2-8%. Fe_2O_3 -nak felel meg. (STEFANOVITS, 1992)

1.2.2. Mangán

A mangán létfontosságú elem minden élőlény számára. Átlagos mangántartalom a talajban 20-800 mg/kg. Egyes talajsintek 3000 mg/kg mangánt is tartalmaznak. Illetve a növényekben 30-300 mg/kg közötti koncentráció átlagos. Ha 500 mg/kg és feljebb a mennyisége, akkor már fitotoxikus. (PEREI et al. 2013)

Mangánoxid, szilikát és karbonát formájában található meg legfőképpen a talajban. Lehet adszorbeált állapotban és szerves komplexekben, vagy kicserélhető és oldható alakban.

A talajban a szerves komplexek alakjában léteznek a mangánionok és ezek a komplexek határozzák meg a mangán oldhatóságát. E mellett mangánoxidok is fontos mangántartalék a növények számára. Mangánvegyületek többé-kevésbé jól oldódnak a savas pH esetén, lúgos közegben rosszul. (STEFANOVITS, 1992)

A mangán redukciós folyamatát számos lebontható szerves anyag, magas agyagtartalom, sűrű szerkezet és magas víztelítettség segíti elő. A Mn (III, IV)-oxidok redukcióját a talajban élő baktériumok végzik anaerob körülmények között.

Mennyisége a talajban: 0,002-0,5% (STEFANOVITS, 1981)

1.2.3. Réz

A réz Cu^{2+} ionok formájában folytatja működését a legtöbb talajban, ennek tartalmát elsőként az adszorbeált és komplex kötésű réz határozza meg. A redukáló körülmények között Cu^+ ionnal találkozunk. A talaj rézkoncentrációját nagy mértékben befolyásolja az alapkőzet. (LOCH-NOSTICZIUS, 2004)

A talajban lévő réz koncentráció jelentős része a szerves anyaghoz kötődik és e módon hasznos a növények számára. De egy másik része a vas-oxidhoz és más kolloidokhoz kapcsolódik. A rézionok kötődési képessége olyan erős lehet, hogy nehezebben kicserélhető, mint a kalciumionok. A réz oldhatósága a savas talajban a legjobb és a pH növekedésével ez csökken. Nagy mennyiségben a talaj felső 30 cm rétegében, halmozódik fel és a mobilitása az igen alacsony. Stabilabb komplexet képez a huminsavakkal alacsony pH-mellett, mint a többi fém mikrotápelem. (STEFANOVITS et al. 1999)

A talajoldat csak néhány 0,01 mg/kg rézt tartalmaz. Talajnak a 150-400 mg/kg-os réztartalom már toxikus a növények számára. (PEREI et al. 2013)

Mennyisége a talajban: 0,0002-0,01%

A réz felhalmozódása mérgező a növényekre.

A rézhiány elsősorban szerves anyagban gazdag talajokon figyelhető meg. Ezért azt állítják, hogy némi humuszformák a rézet erősen kötik. (STEFANOVITS, 1981)

1.2.4. Cink

A rézhez hasonlóan a cink is a talajokban általában Zn^{2+} ion alakjában van jelen. A felvehetősége nagy jelentőséggel bír a növények számára. Leggyakrabban a növények vízben oldódó és könnyen kicserélhető típusát képesek felvenni. Ez csak egy kis része a talaj cinktartalmának, savas talajban lényegesen magasabb, mint a semleges vagy lúgos talajban is.

A Zn oldhatóságát a talaj pH-ja, az agyagtartalom, a szervesanyagkészlet és a fosfortartalom szabályozza. Kicsapódik az agyagásványok és a kalcium-karbonát felületén, így a sok agyagot és szénsavas meszet magában foglaló talajokban nagymértékben csökken a cink mobilitása. (STEFANOVITS, 1981; PEREI et al. 2012)

Talajokon, melyek kolloidban gazdagok általában nagyobb mennyiségű cink figyelhető meg, mint a homokokban. Az adszorpciós komplexumhoz kötődhet Zn^{2+} , ZnOH^+ és ZnCl^+ formájában. Az így megkötött Zn^{2+} -ionok csak kis mértékben cserélhetők ki. A talajokban találkozhatunk különböző cinksókkal, amelyeknek az oldhatóság változó. Azokban

a talajokban, melyek sok foszfátot tartalmaznak nehezen oldható cink-foszfátok képződnek. (LOCH-KISS, 2014)

A gyakorlatban döntően a talaj kémhatása és foszfortartalma határozza meg a cink felvételét. A legveszélyesebb nehézfémek közé tartozik, mivel a növények számára legkönnyebben felszívható nehézfém. (LOCH-NOSTICIUS, 2004)

Mennyiség a talajban: 0,001-0,03% (STEFANOVITS, 1992)

1.3. A növények tápanyagai

Bioszférának 90 stabil elemből 40-50 kimutatható a növényi szövetekben. Ebből 17 esszenciálisnak tartható: O, S, N, C, H, P, Ca, K, Mg, B, Fe, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni. A növények bizonyos alapvető tápanyagokat nagyobb mértékben tartalmaznak és igényelnek, mint másokat. A növények számára szükséges koncentráció szerint három csoportra oszthatók az adott kémia elemek: organogén elemek (C, O, H); makroelemek (N, S, Ca, P, K, Mg); mikroelemek (Fe, B, Cu, Zn, Mn, Mo, Cl, Ni). (FEHÉR et. al. 2019)

A következő néhány alfejezetben egyes mikroelemek tárgyalására kerül sor, azoknak a növényekben betöltött szerepéről, hiány vagy túl termelés esetén kifejtett hatásukról.

1.3.1. Vas, mint mikroelem a növényekben

Vas a növények által legnagyobb mennyiségben szívódik fel, ezért néha makroelemek közé sorolják. De fiziológiai funkciók szerint tipikus mikroelem. Az összes növényben megtalálható fém közül a vas vezető funkciót lát el és ez bizonyítja, hogy a növényi szövetekben nagyobb mennyiségben található meg, mint más fémek. A növényekben a vas mobilizáló képessége korlátolt, az vízdő tartalma csekély, 80-90% szerves vegyületekhez kapcsolódik. (LOCH-NOSTICIUS, 2004)

Az enzimek prosztetikus csoportjában alkotó elem. Nagyobb mennyiségben a plazmiszokban halmozódik fel, fitoferritin komplexként. Feladatának megfelelően magas a vastartalom a mitokondriumoknak és a sejtmagoknak is. Nem képez alkotórészt a klorofillnek, de hiánya esetén mégis csökken a klorofill képződés (FODOR, 2013)

A vas felesleg esetén a növények levelei elpusztulnak anélkül, hogy megváltoztatnának a sötétzöld színüket. Ezenkívül elnyomja a növények növekedését, kevés virágot képeznek, elszáradnak és a hajtások teteje elpusztul. Krónikus vashiány esetén a növények halála következik be. Különösen érzékenyek a vashiányra a kukorica, hüvelyesek, burgonya, káposzta, paradicsom, szőlő, citrusfélék és dísznövények. (ГОСПОДАРЕНКО, 2013)

1.3.2. Mangán, mint mikroelem a növényekben

A növények csak a kétértékű mangánionokat képesek felvenni. A mangánvegyületeknek a magasabb értékű mangán nehezen oldódik. A mangán felvételét és szállítását Ca^{2+} -ionok akadályozzák meg. A növényekben megtalálható mangán elsősorban különféle enzimek működését aktiválja vagy azok összetételébe sorolható, amelyek nagy jelentőséget töltenek be a redox folyamatokban, fotoszintézisben, légzésben. A fotoszintézisben a víz bontását segíti elő (Hill-reakció). A mangán hatására nő a C-vitamin, a karotin és a glutamin szintézise, növekszik a cukorrépa és paradicsom cukortartalma, valamint a burgonyagumók keményítőtartalma. (LOCH-NOSTICZIUS, 2004; ГОСПОДАРЕНКО, 2013)

Mangán felvehetősége növekszik a talaj pH csökkenésével. Hasonlóan a vashoz, a növényekben eléggé nem mobilis elem. A legtöbb növényben a mangán mennyiség 20 – 500 mg/kg között ingadozik. A 15-25 mg/kg alatti koncentráció esetén már hiánytünetek jelentkeznek. Ilyenkor a növények levelek erei között szürkés-zöld klorózis mutatkozik. Levelek esetében megfigyelhető ilyenkor a márvány- és szárazfoltosság (pl. előző répfélék és lucerna esetében; utóbbi zab esetén jelenik meg). Mivel savanyú talajokra jellemző a mangán felesleg, ez a növények számára is káros lehet és toxicitáshoz vezet, a levelek „gyűröttségét” okozva. (SÁRADI, 2003)

1.3.3. Réz, mint mikroelem a növényekben

Réz az enzimek alkotó részeihez tartozik, amelyek fontos szerep játszanak a redoxi folyamatokban. Javítják a fotoszintézis intenzitását, elősegítik a klorofill képződését, pozitív hatással vannak a szénhidrát- és nitrogén-anyagcserére, növelik a növények rezisztenciáját a gombás és bakteriális betegségekkel szemben. A növények réz iránti legnagyobb igénye a növekedés korai szakaszában figyelhető meg, a virágzás kezdetére az asszimiláció szinte teljesen befejeződik. Nemcsak a gyökereken, hanem a leveleken keresztül bejuthat a növényekbe. Nagyobb része, a levél összetartalmának 75%-a, kloroplasztiszokban van. (КУЗНЕЦОВ-ДМИТРИЕВА, 2006)

A réz hiánya gyakran egybeesik a cink hiányával. Kevésbé érzékenyek a rézhiányára a rozs, a kukorica, a hajdina és a káposzta; az érzékenyek közé sorolhatók a napraforgó, a borsó, a cékla, a burgonya, a hüvelyesek, a zöldségfélék és a gabonafélék; a legérzékenyebbek közé pedig a zab, az árpa, a búza, a rizs, az alma, a körte és a citrusfélék tartoznak. Akut rézhiány esetén a gabonafélék levelének hegye kifehéredik és a kalász nem fejlődik. (ПОЛЕВОЙ, 1989)

A réz felesleg esetén a levelek főleg erek közötti részek megsárgulnak, majd megbarnulnak és elhalnak. A gyökérrendszer nagyszámú barna színű oldalgyökér képződésével fejlődik ki, ami gátolt növénynövekedést eredményez. A túl meleg időjárás hatása növeli a növények réz szükségletét, vagyis a száraz talajokon elsőként jelennek meg a rézhiány jelei. Így a növények réz asszimilációja jelentős mértékben összefügg a talaj nedvességével.

A felvehető réz mennyiség meglehetősen széles határok között van 0,05-10 mg/kg. A növény akkor érzi a réz hiányt, ha a felvehető tartalma savas talajban kevesebb mint 0,2 mg/kg, a semleges kémhatású talajban, ha 03 mg/kg-on túl van. Réz a cinkhez hasonlóan a talajoldat alacsony kémhatásán mozgékonyabb, de a 5,5 pH érték esetén kicsapódik hidroxidként. (ГОСПОДАРЕНКО, 2013)

1.3.4. Cink, mint mikroelem a növényekben

A növényekben lévő cink aktiválja az enzim működését, része azoknak az enzimszereknek, amelyek részt vesznek a légzésben, fehérjeszintézisben. Megnöveli a növény hő-, szárazság- és hidegelleni kitartóképeséget, fontos szerepet tölt be a növekedési folyamatok szabályozásában.

Jelentős mennyiségben megtalálható a fokhagymában, hagymában, mályvalevelekben, viszont nagyon kis arányban a gyümölcsökben, sárgarépaiban és káposztában. Számos növény nagyon érzékeny a cink hiányra, olyanok, mint szőlő, kukorica, szójabab, hüvelyesek, citrusfélék és gyümölcsök. A kevésbé érzékenyek közé tartoznak a cékla, napraforgó, hagyma, burgonya, káposzta, uborka. És vannak olyanok, amelyek szinte érzéketlenek a cink hiányára, ilyen a zab, rozs, búza, árpa, sárgarépa. (LOCH-KISS, 2014)

A talajban lévő cink hiány miatt, a képződő levelek sárga-zöld színt vesznek fel, befoltosodnak és elhalnak, a fiatal levelek kicsik, aszimmetrikusak. A cinkhiány erősebben hat a mag, mint a vegetatív szervek fejlődésére. A cink asszimilációját elősegíti a talaj savanyítása 5,0 – 6,5 pH-n.

A növény táplálkozásában meglehetősen ritkán figyelhető meg a cink tartalom túlhaladása. De előfordulásakor a növények növekedése legyengül, az új hajtások elhalnak és a leveleket rozsdabarna foltok borítják be. A talaj magas cinktartalma csökkenti a réz növények általi asszimilációját.

A cink mobilitása és a növényekbe való bejutása a talaj savasságától, más elemek vegyületeinek tartalmától és mobilitásától, a mikrobiológiai folyamatok intenzitásától függ. A cinkvegyületek mobilitása a talajban nő a humusztartalom és a savasság növekedésével,

és csökken az oldható foszfátok, kalcium-karbonátok és lúgos reakciók jelenlétében a talajban.

A szántóföldi növények közül a cinkhiányt leggyakrabban a kukoricán tapasztalható meg, fehér palántaképződés vagy a csúcsfehéredés formájában. A hüvelyesek (bab, szójabab) cinszegénység jelzője a levelek klorózis jelenléte, esetenként a levéllemez aszimmetrikus fejlődése.

A cink jelenlétekor felgyorsul a kálium, mangán és molibdén felszívódása. (ГОСПОДАРЕНКО, 2013)

1.4. Nehézfémek

A nehézfémek olyan fémek vagy félfémek, amelyek negatív biológiai hatással bírnak egy bizonyos vagy annál magasabb koncentrációs tartományon belül. (PEREI et al. 2013)

Bekerülhetnek a talajba egyrészt közvetlenül, másrészt ipar és forgalom szennyező forrásaiból, amelyek először a levegőbe kerülnek, majd leülepednek részecskék formájában és csapadék befolyásolásával végül bejutnak a talajba. Nyilvánvaló a nehézfémek megjelennek ásványok felépítő elemeiként, azaz ásványokban, amelyek a talaj anyaközetét alkotják. A talaj szilárd állapotában elsőként humuszanyagokon, agyagásványokon, vas- és alumínium-oxidokon, alumínium-hidroxidokon adszorbeálódnak. (JAKAB, 1998; KÁTAI, 2011)

Mobilizálódhatnak a talajból, a talajvízbe és talajoldatba, innen a mikroorganizmusok és a növények gyökerei felszívják a nehézfémeket és így kerülnek be az ember és állat táplálékláncába, ami komoly veszélyt jelent a szervezetre. (PEREI et al. 2013)

Jakab Sámuel szerint három szempontra kell figyelni a talajban lévő nehézfém-mennyiség felső határának meghatározására:

- A növényi termékek lehetséges károsodása fejlődés, növekedés, hozam, minőség, faj, fajta és növényi szervek tekintetében.
- Az emberi és állati táplálék lehetséges károsodása.
- A talajfauna, különösképpen a mikroorganizmusok számbeli, fajtabeli, funkcióbéli károsodása.

A nehézfémek protoplazmatikus mérgek, amelyek toxicitása a relatív atomtömeg növekedésével növekszik.

A fototoxicitástól függően a nehézfémek vegyületei a következő képen oszthatók fel:

- nagyon fototoxikus elemek: hatással vannak a vizsgált alanyra az oldat 1 mg/l koncentráció mellett: Ag^+ , Be^{2+} , Hg^{2+} , Sn^{2+} és esetleges Co^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} ;

- kevésbé toxikusak: 1-100 mg/l esetében gátló hatást okoznak a As, Se, Al, Ba, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn ionok;
- enyhén mérgezők: ritkán van negatív hatásuk a több 1800 mg/l mennyiségnél: Cl⁻, Br⁻, I⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Rb²⁺, Sr²⁺, Li⁺. (Городний et. al. 2005)

1.4.1. Ólom

Ólom a talajban oldhatatlan csapadék alakjában van jelen, nagyban a talajkolloidokhoz és szerves anyagokhoz kötődik. Főként a talaj felső rétegében halmozódik fel, koncentrációja lefelé menetelével csökken.

Az ólom oldhatósága és koncentrációja a talajoldatban legfőképp a pH értékétől és kolloidok mennyiségétől, illetve minőségétől függ. Az ólom a legerősebb kötéssel rendelkező fém, szerves komplexek képződése és specifikus adszorpciós folyamatok által. Főleg vas és mangán oxidok adszorbeálják.

A legtöbb szervesetlen Pb²⁺-vegyület (karbonát, szulfát, szulfid, foszfátok) oldhatósága kicsi. Pb-ion nagyon mozdatlan, ha a pH > 5, az oldhatósága minimális. Ezértis a Pb²⁺ lemosódása csak kis mértékű. (STEFANOVITS et al. 1999; PEREI et al. 2012)

Az ólmozott tüzelőanyagok égetése, a fémkohók, ólomfeldolgozó üzemek, az ólmozott hulladék, a szennyvíziszapok és az ólmot tartalmazó peszticidek az ólomszennyezésnek a fő forrásai.

Nagyobb területeken az ólom a levegőből kerül talajba, főként a lerakodott porszemcsékre tapadva. Szennyezetlen talajokban 2-20 mg/kg ólomkoncentráció figyelhető meg, de ez a mennyiség különösen a fémkohók és ólomfeldolgozó üzemek közelében akár 3000 mg/kg-ig is megnőhet. 500-600 mg/kg közötti az ólom koncentráció a nagy forgalmú utak mellett. (STEFANOVITS et al. 1999)

1.4.1.1. Ólom, mint mikroelem a növényekben

Nagyobb mértékben az ólom a levélzöldségekben akkumulálódik. A gyökerek sokkal több ólom mennyiséggel rendelkeznek a föld feletti szervekhez képest, a Pb-tartalom fölfelé a hajtásba haladva csökken. Az erősen szennyezett talajon ezeknek a szerveknek fejlődési zavarai lépnek fel. Az ólom felesleg esetén a növény élettani folyamatai és a szervezet fejlődése lelassul, fotoszintézise, sejtosztódása, víznek a felvétele gátolt. Továbbá olyan jeleket figyelhetünk meg, a levelek ez esetben sötét zöldek, az idősebb levelek elhervadnak, illetve a rövid barna színű gyökerek és fejletlen levelek alakulnak ki. (SIMON, 2006)

A humán- és állategészségügyi szempontból erősen toxikus elem. Az ember szervezetébe a táplálékkal és a belélegzett levegővel juthat be, és elsősorban a májban, a csontokban és a fogakban halmozódik fel. A szárra és a levélzetre jelentős mennyiségben rakódhat le Pb-tartalmú por (ólomkohók közelében akár 0,15 %), a bejutott ólom a növényen még ilyenkor is gyakran nem mutatja ki a toxicitás jeleit. Viszont számos mennyiségben bekerülhet a takarmánynövényekkel együtt az állatok szervezetébe. (STEFANOVITS et al. 1999; KÁDÁR, 1991)

1.4.2. Kadmium

A talaj átlagos kadmium tartalma 0,5-1 mg/kg között van. Lúgos talajokban nem mozgékony, vagyis nem mosdik ki és veszélyes mértékben felhalmozódhat a felső szántott rétegben. Oldott alakban a talajoldatban fordulnak elő. Az oldhatóságát jelentősen befolyásolják a klorid- és szulfátionok koncentrációja. (KÁDÁR, 1991)

A kis pH érték esetén a növények nagyobb kadmium felvételre képesek. Csökkentheti a kadmium felvehetőségét a talaj magasabb szervesanyag tartalma és a meszezés. Enyhe komplexképző nehézfémekhez tartozik. De stabil oldható komplexet alakít ki a klorid- és szulfátionokkal.

Nagy veszélye inkább abban rejlik, hogy sokszor a növény látható tünetek nélkül halmozza fel a Cd-t, kevésbé a fitotoxikusságában. (STEFANOVITS et al. 1999; KÁDÁR, 1991)

1.4.2.1. Kadmium, mint mikroelem a növényekben

Nagy hatással van a növények kadmiumfelvételére a talaj kémhatása, szervesanyag-tartalma, kationcserélő képessége, redox viszonyai, az összes Cd-tartalma, klorid- és cinkion-tartalma. A növények képesek nagyobb kadmiumfelvételére a savas talajokból, így a mésszel szennyezett talajok általában csökkentik a kadmium felvételét a növények számára. Ilyen hatás lehet a talaj szerves anyag növelése során is, kadmium szerves formája a növények számára kevésbé felvehető.

Nagy mértékben gyűlhet össze a talaj felső termő rétegében, ennek oka az, hogy a talajban lévő kadmium nem mosódik ki. Cd a növények számára könnyen felvehető és szállítható a növényen belül. Kadmiumot az egyik legveszélyesebb nehézfémnek tartják, a könnyű felvehetősége miatt a növényekben nagy mértékben gyűlhet össze látható mérgezési tünetek nélkül és simán bekerülhet a táplálékláncba.

Az elem toxicitása esetén súlyos károsodást okoz a növénynek. Olyan tüneteket észlelhetjük a növényen, mint gátolt növekedés, gyökérzet károsodása, levelek elhalása és lehullása, gátolt fotoszintézis és transzspiráció. (SIMON, 2006; KÁDÁR, 1991)

1.5. Az „összes” fémtartalom meghatározása

Az „összes” nehézfém meghatározására több módszer ismeretes, lehet királyvizes kivonás, illetve cc HNO₃ + cc H₂O₂ kioldás mikrohullám roncsolóban.

Ezek a módszerek a teljes szerves anyag feltáráshoz alkalmasak. Időként nem teljesen meghatározhatók, a savakban nem könnyen oldódó szulfidok, szulfátok és nehézfémionok. Zárt edényben és nyomás alatt, autoklávban történik a feltárás, kevés sav használatával. Így kisebb a szennyezés és a veszteség veszélye.

A királyvizes kivonat. cc HCl:HNO₃ 3:1 arányú keverék az „összes” fémtartalom és a felszabaduló frakciót írja le. A kadmium, réz, nikkel, ólom, cink ionok akár 80-100%-át is kioldhatja, és ez nagy előnye a kísérletnek. Hátránya az, hogy nehéz, drága, sok savat igényel, és egészségkárosító gőzöket termel.

Nagy nyomás és hő mellett autoklávban zajlik a cc HNO₃ + cc H₂O₂ kioldás, ami megegyezik a királyvizes módszerek eredményével. Előnyként szolgál az, hogy olcsó, nem igényel sok vegyszert és bevezethető rutin eljárásként.

Hígított, eltérő molaritású ásványi savak, szerves komplexképzők, a Ca, Mg, NH₄ híg sóoldatai, NH₄-acetát vagy ezeknek keverékei a gyakran alkalmazott kivonószerek.

- A híg ásványi savak kivonószerei, például a HCl vagy HNO₃ oldatai, lassan feltáródó nehézfémek, amelyek mállás során felszabadulnak, kimutatására alkalmasak.
- A szerves komplexképzők, olyanok, mint az EDTA, DTPA, a lassan vagy középtávon felszabaduló frakció felmérésére használt.
- A Ca, Mg, NH₄ híg sóoldatai, NH₄-acetát és talajvíz kivonatai a növény számára közvetlenül felvehető nehézfémek felmérésére megfelelőek. (KÁDÁR, 1997)

1.6. A talaj szervesanyag tartalma

A talajban lévő szerves anyagokat Füleky és Filep tágabb értelemben az alábbi nagy csoportokba sorolják:

- Talaj élőlények és a talajon élő növények gyökerei

- Elhalt növényi és állati maradványok
- Szerves vegyületek felszabadítása vagy újraképződése a maradványok lebomlása során. (STEFANOVITS et. al. 1999)

Humusz – a talaj jellegzetes szerves anyaga, amely az elhalt növénymaradványok és állati tetemek, illetve ürülékek bomlása és átalakulása révén alakul ki. A humusz huminsavakból, fulvosavakból és huminból tevődik össze. A növény táplálkozásához szükséges alapvető elemeket (N, P, K, S, Ca, Mg) és különféle nyomelemeket tartalmaz. A humuszanyagok fokozatos mineralizációja során elérhetővé válnak a növény számára. (JAKAB, 1998; ОНІПКО-ІЩЕНКО, 2011; АВЕРЧЕНКО-САМОЇЛЕНКО, 2018)

1. Fulvosavak – világos sárga színűek, aránylag kis molekulájú és savas jellegű vegyületek. Savban és lúgban jól oldódó savaik, sóik és fémkomplexeik vannak. Ezért fontos szerepet játszanak a vas- és alumíniumionok talajban történő mozgásában.
2. Huminsavak – sötétbarna vagy fekete színűek, vegyületeik nagyobb molekulatömegűek mint fulvosavakké. Gyenge lúgokban oldódnak, nehezebben a vízben. (STEFANOVITS et al. 1999)

A talaj szerves anyaga 85-90%-ban humuszanyagokból tevődik össze.

A humusz rossz oldhatóság miatt a talaj felső rétegében felhalmozódik és kialakítja a humusz szintet. Ennek változása elsősorban a talajműveléstől függ, annak gyakoriságától és intenzitásától.

Csökken a humusztartalom, ha a talajt felszántják és szántóföldi termesztésre alkalmazzák. Ez azért van, mert a talajnak a jobb levegőzöttsége humusz nagy mértékű lebontásához vezet. (ОНІПКО-ІЩЕНКО, 2011; КАТАІ, 2011)

A huminsavak nagy része a talajban kolloid formában van jelen, ami a talaj megkötő képességének növekedését okozza. (ОНІПКО-ІЩЕНКО, 2011)

A talajban képződő humuszanyagok aktívan részt vesznek a talajképződési folyamatokban. Nagy szerepük van a talajszelvény kialakulásában, tápanyaggazdálkodásban és hő-, illetve vízgazdálkodásban. (АВЕРЧЕНКО-САМОЇЛЕНКО, 2018; STEFANOVITS et al. 1999)

1.7. A talaj kémhatása

A folyadék lúgos, közömbös vagy savas állapotát a kémhatás fejezi ki, ami H^+ ionok oldatban lévő koncentrációjától függ.

- Semleges, ha $pH = 7$

- Lúgos, ha $\text{pH} > 7$
- Savas, ha $\text{pH} < 7$

A különböző talajokban a talajoldat pH reakciója 3,5 és 8-9 vagy annál nagyobb érték között változik.

A kémhatás növények élettani szempontból is nagyon értékes jellemzője a talajnak. Különböző kultúrnövények fejlődése bizonyos pH-tartományon belül a legmegfelelőbb. Az olyan növények, mint a rozs, a zab, a burgonya savas pH-tűrők, míg az olyan növények, mint a lucerna és cukorrépa a lúgosabb talajt igénylik. A talaj pH-jának közvetett hatásai is vannak a növények életére. Például a savas kémhatású talajban bizonyos tápanyagok (főleg foszfátionok) megkötődnek és alumínium- és mangánmérgezés léphet fel. A 5,5 pH-érték alatt már nagyban megjelenhetnek a káros folyamatok. (STEFANOVITS et al. 1999)

A talaj kémhatás, a talaj folyékony fázisának, a talajoldatnak a kémhatása. (FÜLEKY, 2011)

A talaj savanyúsága – a talaj azon képessége, hogy savanyítsa a vizet és a semleges sók oldatait. Két fajtája van, az aktív és a potenciális savanyúság.

A potenciális savanyúság a talaj szilárd állapotára jellemző. Az Al^{3+} ionok, amelyek ásványokból kioldódnak, és a H^+ ionoknak zöme a kolloidokhoz kapcsolódva található meg a savanyú talajban. A talajoldatban ezek úgy jelenhetnek meg, ha körülmények változása figyelhető meg és így növelik a savanyúságot.

Az aktív savanyúság a talaj oldat savanyúságát a szabad H^+ ionok koncentrációjának köszönhetően fejezi ki. A talaj aktív és potenciális savanyúság között a mobilis egyensúly megmarad, de minden talajokban a talaj szilárd fázisának savanyúsága hangsúlyosabb. (АВЕРЧЕНКО-САМОЙЛЕНКО, 2018)

A savas kémhatásnál még kedvezőtlenebb a talaj erős lúgos kémhatása lehet, $\text{pH} > 8,5$. A talaj lúgossága OH^- ionok koncentráció megnövekedésének köszönhető. Aktív és potenciális lúgosságot különítik el. Ezekben a talajokban a kicserélhető nátriumnak a mennyisége nagy. Ilyenkor rossz a talaj szerkezete, vízgazdálkodása, tápanyag-gazdálkodása. A talajt gipsz hozzáadásával javíthatjuk.

A kémhatás befolyásolja a talaj szerkezetképződését. A talaj savasodásával a művelés során előidézett lazultság nem annyira tartós, gyorsabb a visszaülepedésre és a hatástartalma rövidebb. Így a mikrobiológiai tevékenység, illetve a szerkezetképződést csökkenti az erősen lúgos vagy erősen savanyú pH. (SCHMIDT, 2011)

A gyenge savanyú és a semlegeshez közeli kémhatás a legmegfelelőbb a növények számára. A mikroelemek felvételére kedvezőtlen környezetet a lúgos kémhatás jelent, mivel

ilyenkor, alacsony pH-nál az oldódó képességük jobb. Viszont fordítva, a savanyú pH már toxikus mennyiségű nyomelem felvételéhez vezet.

Az erősen savanyú talajokban a növények fejlődése rossz, ami egyrészt kalcium hiánnyal, másrészt toxikus hatású ionokkal, olyanokkal, mint pl. az Al^{3+} vagy Mn^{2+} nagy mértékű oldódásával magyarázható meg. (ANTOS et al. 2006)

1.8. A talaj szemcseösszetétele

Különböző nagyságú ásványi szemcsék mennyiségét és arányát a talajban, illetve a talaj különböző szintjeiben a talaj szemcse- vagy más néven mechanikai összetétel fejezi ki. Ez jelentősen a talaj fizikai-kémiai tulajdonságait befolyásolja. Fontos tulajdonsága, az antropogén tényezőtől való függetlenség és a befolyásolhatatlanság, ami a viszonylagos állandóságra utal. Vagyis legyen az homoktalaj vagy agyag, az állapotát nem tudjuk megváltoztatni. (JAKAB, 2002)

A talaj részecskemérete közötti átmenet folyamatos, de a bizonyos mérethatárok fölött vagy alatt a fizikai tulajdonságok változását figyelhetünk meg. nem szükséges ismerünk a szemcse sajátos méretét a szemcseösszetétel osztályozásához, csak a szemcsecsoportokat, azaz frakciókat kell figyelembe vennünk, amelyek bizonyos mérettartományokba tartoznak. (STEFANOVITS et al. 1999)

A szemcse méret szerinti csoportosításra legelterjedtebb az Atterberg-féle, illetve az USA Talajtani Szolgálatnál alkalmazott osztályozás.

1.9. Ukrajna zöldségtermesztése

A nyomelemek nemcsak a növények fiziológiai folyamataiban játszanak fontos szerepet. Jelenlétük az ember életében is fontos szerepet tölt be. Az ember számára a zöldség növények az egyik legfontosabb mikrotápanyag szállítók. A zöldségek napi ajánlott fogyasztási mennyisége 400 g.

Az ENSZ Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete a 2021-es évet a gyümölcsök és zöldségek nemzetközi évének nyilvánította. A világ vezető zöldségfogyasztói Olaszország és Belgium, az utolsó helyeket Magyarország és Románia foglalják el. Különféle kutatások azt mutatják, hogy az ukrán népesség a zöldségek szükséges mennyiségnek csak a felét fogyasztja. (Inchley, J. et al., 2020; Wambogo, E. et al. 2020)

Ukrainian Agribusiness Club (UCAB) analitikusa, Szeptelána Litvin által közölt adatok szerint Ukrajna a 11. helyet foglalja el a legnagyobb zöldségtermelők között, a világ

termelés 1%-át kitevő részesedéssel, és a 45. helyet a legnagyobb gyümölcsstermelők rangsorában, a világ termelés 0,3%-át kitevő részesedéssel.



Az ukrán piacot illetően, az elmúlt 10 évben a zöldségtermesztés helyzete viszonylag stabil szinten marad, a termelési mennyiség 28-33 millió tonna között ingadozik.

1. ábra. Ukrajna legnépszerűbb zöldségei

(Forrás: <http://surl.li/heapx>)

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgált terület jellemzése

A kutatási területet a Munkácsi járás négy településén jelöltük ki. Ezek közül három település – Kustánfalva, Felsőkerepec, Beregbükkös – egymáshoz közel, Munkácstól mintegy 7-12 km-re található. A negyedik vizsgálati terület Borhalom község, amely Munkácstól 15 km-re helyezkedik el. Az általunk kiválasztott területeket a 2. ábra szemlélteti.

2. ábra. A kutatási terület



(● – a vizsgálati területek)

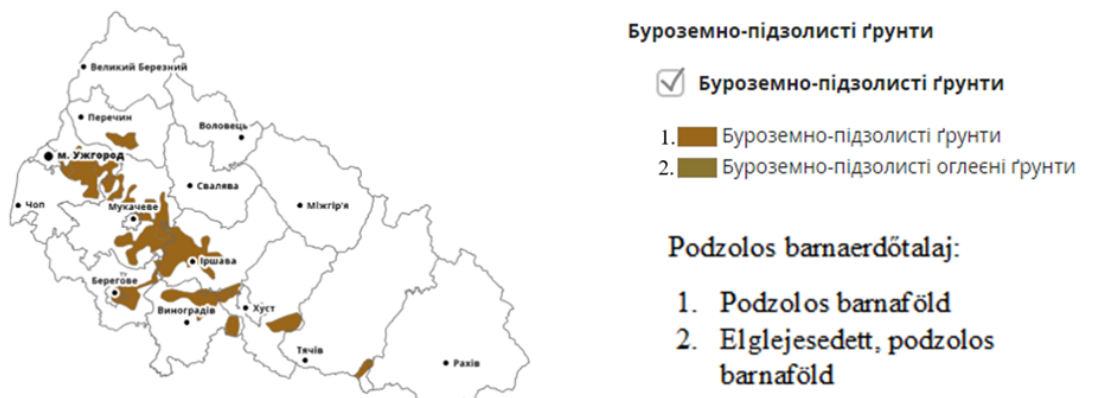
(Forrás: Google earth, saját szerkesztés)

Ezeken a térségeken nem folyik jelentős mezőgazdasági gazdálkodás, többnyire a háztáji földművelés a jellemző. A fő mintavételezési területek a lakóház közelében elterülő kertek voltak. A tulajdonosok ezekben a kertekben csak saját részre, esetleg az állatok számára termesztenek kultúrnövényeket.

A vizsgálatra kijelölt területeket két egységre osztottuk fel, ahonnan összesen nyolc talajmintát gyűjtöttünk be. A növényi mintaanyagot a kertekben termesztett és fogyasztott zöldségek képezték.

2.2. A vizsgált talajtípusok

A területet a barnaföldek különböző altípusai borítják, ami Ukrajnán belül nagyobb területen Kárpátalján található meg (3. ábra). Kárpátalján kívül ez a talajtípus Lemberg, Ivano-Frankovszk és Csernyivci megyékben fordul elő.



3. ábra. A barnaerdőtalajok elterjedése Kárpátalján

(Forrás: <http://surl.li/hbhzf>)

A barna földek kialakulásában meghatározó az erdő- és fás növényzet által kialakított mikroklíma és talajklíma, a fák termelte és minden évbe a talajra hulló szerves anyag, valamint a gombás mikroflóra.

A barnaföldek és a rajtuk termesztett növények mikroelem tartalmáról csak nagyon kevés és hiányos adatok vannak.

2.3. A talajminták begyűjtése és előkészítése

A terepi mintavételezés 2022. október és november között végeztük. Négy településen a kijelölt területet két nagy részre osztottuk fel és talajfúró segítségével 0-30 rétegből véletlenszerű pont mintákat szedtük meg és ezeket átlagoltuk (1. táblázat). Minden átlagmintát külön zacskóba tároltuk és azt felcímkéztünk.

1. táblázat

A begyűjtött talajminták listája

Mintavétel helyszín	Művelési terület	Minta számozása	Mintavétel mélysége
Felsőkerepec	Kert	1. mintaterület	0-30 cm
Felsőkerepec	Kert	2. mintaterület	0-30 cm
Beregbükkös	Kert	3. mintaterület	0-30 cm
Beregbükkös	Kert	4. mintaterület	0-30 cm
Kustánfalva	Kert	5. mintaterület	0-30 cm
Kustánfalva	Kert	6. mintaterület	0-30 cm
Borhalom	Kert	7. mintaterület	0-30 cm
Borhalom	Kert	8. mintaterület	0-30 cm

A laboratóriumban az összes talajt szétterítettük, légszárazállapotig szárítottuk és két részre osztottuk. A talajminták egyik részét felaprítottuk és megdaráltuk. A mikroelem meghatározásához a talajmintákat 2 mm-es szitán átszitáltuk és achát dörzsmozsárban tovább finomítottunk és homogenizáltuk.



4. ábra. A szárításhoz előkészített talajminták
(Forrás: Saját felvétel)



5. ábra. Talajfúró
(Forrás: Saját felvétel)

2.4. A növényi minták begyűjtése és előkészítése

A kijelölt mintaterületeken a gazdálkodók a leggyakrabban fogyasztott zöldségnövényeket termesztik. Többségben volt a termesztett tök, burgonya, fejes káposzta és cékla, amit minden mintaterületen termesztenek. Rangsor szerint ezután következtek a paradicsom, paprika, takarmány répa, veteménybab és sárgarépa, melyet három helyről gyűjtöttünk be. Csipőpaprikát és karalábét két helyen termesztettek. Így összesen 35 zöldségnövény minta került begyűjtésre és laboratóriumi bevizsgálásra.

A begyűjtés során véletlenszerű pont mintavételezési eljárást használtunk, átlagban 3-5 zöldségnövény levélzetét és ehető részét gyűjtöttük be. A mintákat a vizsgálat kezdetéig alacsony, de fagypont felletti hőmérsékleten tároltuk. A növény mintákat a vizsgálat előtt aprítottuk és homogenizáltuk.

A vizsgált zöldségművelvények

Sor-szám	A növény magyar neve	A növény latin neve	Begyűjtött minta	Mintavételezési terület
1.	Közönséges paprika	<i>Capsicum annuum</i>	Bogyótermés	1; 5; 7 mintaterület
2.	Burgonya	<i>Solanum tuberosum</i>	Gumó	összes mintaterület
3.	Cékla	<i>Beta vulgaris</i>	Répatest	összes mintaterület
4.	Takarmányrépa	<i>Beta vulgaris</i> 'Mangelwurzel'	Répatest	6; 7 mintaterület
5.	Sárgarépa	<i>Daucus carota</i> <i>subsp. sativus</i>	Raktározó karógyökér	6; 8 mintaterület
6.	Karalábé	<i>Brassica oleracea</i> <i>convar. capitata</i> <i>var. alba</i>	Gumó	4; 6 mintaterület
7.	Termesztett tök	<i>Cucurbita pepo</i>	Bogyótermés (kabak)	összes mintaterület
8.	Veteménybab	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Mag	1; 5; 7 mintaterület
9.	Paradicsom	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Bogyótermés	1; 5; 7 mintaterület
10.	Fejes káposzta	<i>Brassica oleracea</i> <i>convar. capitata</i> <i>var. alba</i>	Levél	összes mintaterület
11.	Csípőspaprika	<i>Capsicum genus</i>	Bogyótermés	1; 7 mintaterület

2.5. Az „összes” fémtartalom meghatározása

Ennek a módszer segítségével a talajok és növények „összes” mikroelem tartalmát határoztuk meg.

Homogén talajból 1000 mg-ot, a zöldségművelvényekből 200 - 1000 mg-ot mértük be teflonbéléses feltáráredényekbe. A bemért mintákhoz 5 cm³ cc. HNO₃ és 2 cm³ cc. H₂O₂ adagoltuk. A teflonbéléses feltáráredényeket mikrohullámú roncsoló berendezésbe helyeztük (6. ábra).

A következőkben a talajt három órán át 100±2°C hőmérsékleten, a növényt 30 percig 200°C és magas nyomáson roncsoltuk. A roncsolást követően a mintákat állni hagytuk, szobahőmérsékletre lehűtöttük. Utána 50 cm³-es mérőlombikba átszűrtük és desztillált vízzel többször átöblítve az edényt, a lombik tartalmát jelig töltöttük.

A továbbiakban az oldatból műszeres méréseket végeztük. A talaj – és növénymin-tákból készített oldatokban meghatároztuk a réz, cink, mangán, vas, ólom és kadmium men-nyiségét. A fémek meghatározását a kinyert oldatokban Agilent Technologies 240 típusú atom-abszorpciós spektrofotométer segítségével végeztük el.



6. ábra. Mikrohullám roncsoló berendezés
(Forrás: Saját felvétel)



7. ábra. Agilent Technologies 240 típusú atom-abszorpciós spektrofotométer
(Forrás: Saját felvétel)

A talajminták kapott eredményeit összehasonlítottuk az Ukrajnában és Magyarorszá- gon maximálisan megengedett mikroelem határértékekkel (3. táblázat).

3. táblázat

Mikroelem maximálisan megengedett mennyisége a talajban

(Forrás: KABATA – PENDIAS – PENDIAS, 1992; МЕДВЕДЕВ – ЛАКТИОНОВА, 1998; KÁDÁR, 1991; LISK, 1972)

Elem	Ukrajna (mg/kg)	Magyarország (mg/kg)
Cd	3	1
Cr	100	100
Cu	55	100
Hg	2,1	0,5
Mn	1500	–
Ni	85	40
Pb	32	–
Zn	150	150

A növényminták mikroelem tartalmát az Ukrajnában érvényes határértékekkel hasonlítottuk össze (4. táblázat).

4. táblázat

Mikroelem maximálisan megengedett mennyisége a zöldségekben

(Forrás: Городний et al. 2005)

Elem	Zöldségnövényben megengedett mennyisége, mg/kg nedves tömeg
Cd	0,03
Cr	0,2
Cu	10
Pb	0,5
Mn	30
Zn	10

2.6. A talaj kémhatásának meghatározása

A talajok kémhatásának meghatározásához több módszer ismeretes. A Kustánfalva, Beregbükkös, Felsőkerepec és Bolhalom talajainak kémhatását a kálium-kloridos módszert használtuk. Ennek a vizsgálatnak a menete következő képen zajlik.

A már légszáraz talajt megdaráltuk és 2 mm-es szitán átengedtük. A talajmintából 20 g-t mértünk be 100 cm³-es Erlenmeyer lombikba, ezután 50 cm³ 1 M KCl-oldatot adagoltuk hozzá. A lombik tartalmát jól összekevertük és egy órán át rázógép segítségével ráztuk. Ezt követően üvegelektroda segítségével megmértük a talajszuszpenziók pH értékét. A készülék által kimutatott, már nem változó értéket feljegyeztük.

Mind a 16 minta pH értékét megmértük. Egy mintaterületről két mérést végeztünk, aminek az átlagát vettük alapul a talajok pH értékének kiértékelésénél (CSOMA, 2009).

5. táblázat

A talajok kémhatásának osztályozása

(CSOMA, 2009)

Kémhatás	erősen savanyú	savanyú	gyengén savanyú	semleges	gyengén lúgos	lúgos	erősen lúgos
pH	< 4,5	4,5 – 5,5	5,5 – 6,8	6,8 – 7,2	7,2 – 8,5	8,5 – 9,0	> 9,0

2.7. A 2021-2022-es években végzett vizsgálatok

A 2021-2022-es években a kutatásokat Kustánfalva területén végeztük, ami a jelenlegi vizsgálatban is szerepel.

A munka során két talajmintának és 18 növénymintának begyűjtésére került sor. Ezeknek a mintavételezése véletlenszerűen volt elvégezve két kisebb területről. Az első mintaterületről 10, a második mintaterületről pedig 8 zöldségnövény levele lett begyűjtve. A 6. táblázat összefoglalja a bevizsgált növények listáját.

6. táblázat

A 2021-2022-es években begyűjtött növények listája

Sor-szám	Növény magyar neve	Növény latin neve	Begyűjtött minta	Mintavételezési terület
1.	Uborka	<i>Cucumis sativum</i>	levél	1. mintaterület
2.	Közönséges paprika	<i>Capsicum annuum</i>	levél	1. mintaterület
3.	Kaliforniai paprika	<i>Capsicum annuum</i> <i>var. grossum</i>	levél	1. mintaterület
4.	Burgonya	<i>Solanum tuberosum</i>	levél	2. mintaterület
5.	Cékla	<i>Beta vulgaris</i>	levél	1. mintaterület
6.	Takarmányrépa	<i>Beta vulgaris</i> <i>'Mangelwurzel'</i>	levél	2. mintaterület
7.	Sárgarépa	<i>Daucus carota</i> <i>subsp. sativus</i>	levél	1. mintaterület
8.	Karalábé	<i>Brassica oleracea</i> <i>convar. capitata</i> <i>var. alba</i>	levél	2. mintaterület
9.	Termesztett tök	<i>Cucurbita pepo</i>	levél	2. mintaterület
10.	Veteménybab	<i>Phaseolus vulgaris</i>	levél	2. mintaterület
11.	Kukorica	<i>Zea mays</i>	levél	2. mintaterület
12.	Póréhagyma	<i>Allium porrum</i>	levél	1. mintaterület
13.	Kerti kapor	<i>Anethum graveolens</i>	levél	1. mintaterület
14.	Kerti saláta	<i>Lactuca sativa</i>	levél	2. mintaterület
15.	Hónapos retek	<i>Raphanus sativum</i> <i>L. var. sativum</i>	levél	1. mintaterület
16.	Jégcsapretek	<i>R. raphanistrum</i> <i>subsp. Sativum</i>	levél	1. mintaterület
17.	Paradicsom	<i>Lycopersicon</i> <i>esculentum</i>	levél	1. mintaterület
18.	Fejes káposzta	<i>Brassica oleracea</i> <i>convar. capitata</i> <i>var. alba</i>	levél	2. mintaterület

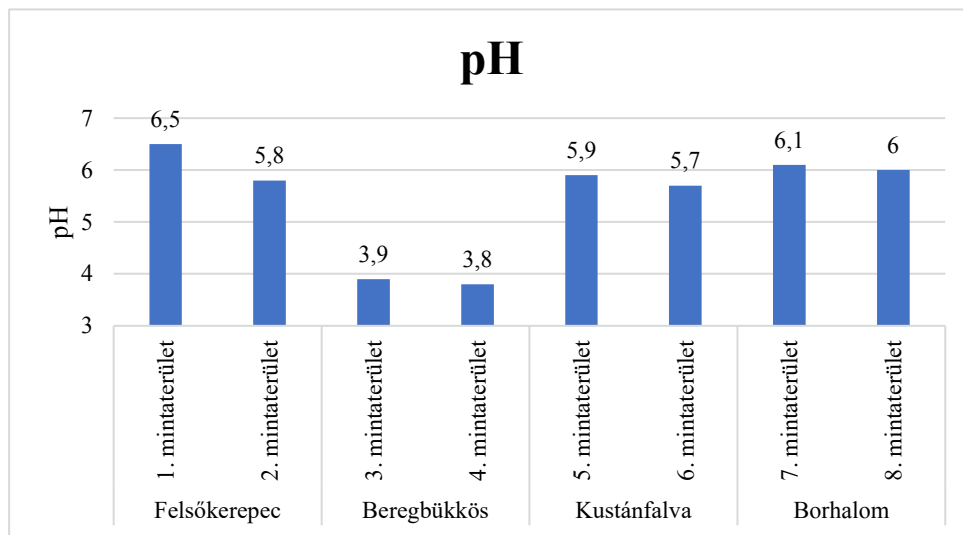
A növények mikroelem és a talaj „összes” fémtartalom meghatározása során a cink, réz, kadmium, ólom koncentrációját mértünk meg atom-abszorpciós spektrofotométeres eljárással.

Az adatok elemzése növényi családok alapján lett elvégezve. Így a 18 zöldségnövény levélmintáját a következő családokba soroltuk be: burgonyafélék (Solanaceae), káposztafélék (Brassicaceae), tökfélék (Cucurbitaceae), ernyősök (Apiaceae), disznóparéjfélék (Amaranthaceae), pillangósvirágúak (Fabaceae), amarilliszfélék (Amaryllidaceae), perjefélék (Poaceae), őszirózsafélék (Asteraceae) családjába.

III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

3.1. A vizsgált talajok kémhatása

A talajok pH értékének meghatározásához a kálium-kloridos módszert használtunk. Az 8. ábra megmutatja, hogy az összes mintaterület talajára a savanyú kémhatás jellemző. Felsőkerepec, Kustánfalva és Borhalom területein a talajok pH értéke 5,7-6,5 között ingadozik, ami a talajokra vonatkozó osztályozás szerint gyengén savanyú kémhatást jelent. A növények számára legmegfelelőbb a gyengén savanyú és semlegeshez közeli kémhatás. Így a vizsgált területeken a gyengén savanyú talaj jó körülményeket biztosít bizonyos kultúrnövények számára. Ilyen pH érték mellett több létfontosságú tápanyag oldhatósága és így a növények általi felvetősége jobb.



8. ábra. A vizsgált talajok kémhatása

Beregbükkös talajaiban alacsony, pH 3,8 – 3,9 értékeket kaptunk, ami erősen savanyú talajt jelent. A talaj erősen savanyú kémhatása befolyásolja a mikroelemek és a toxikus elemek oldhatóságát és felvételét. Ilyen esetekben gyakran Al^{3+} és Mn^{2+} toxicitás lép fel, de bizonyos elemek esetében az alacsony pH érték fordított hatást is válthat ki pl. kalcium hiányt.

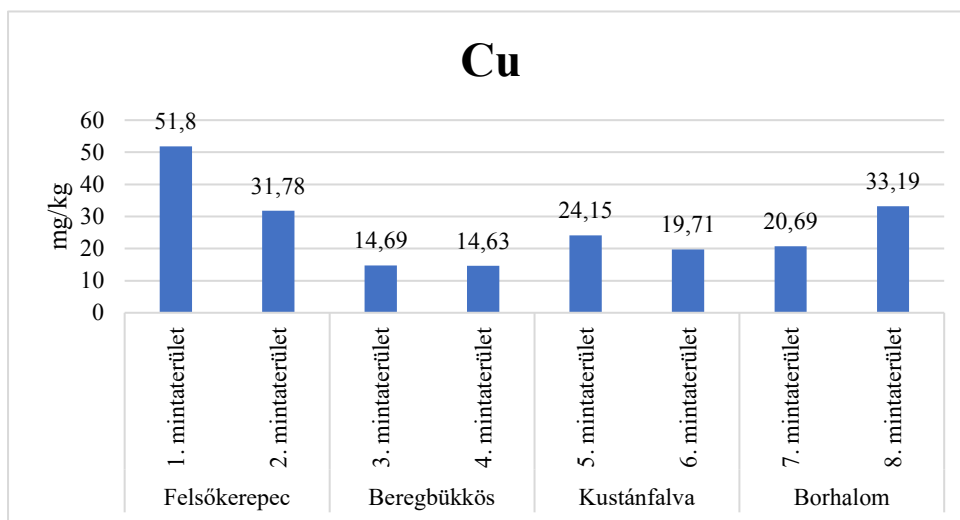
3.2. A talajok „összes” fémtartalma

A talajokban az „összes” réz, cink, mangán, vas, ólom és kadmium mennyiségét mértük meg. A talajminták feltárásához és a fémek kioldásához tömény salétromsav és hidrogén-peroxid keverékét használtuk.

A vizsgálati eredményeket összehasonlítottuk az Ukrajnában elfogadott határértékekkel, illetve a különböző mintaterületen kapott értékeket egymással is összevettük

3.2.1. Talajok „összes” réz tartalma

A négy vizsgált mintaterület talajaiban mért réz mennyiség a 9. ábrán látható.

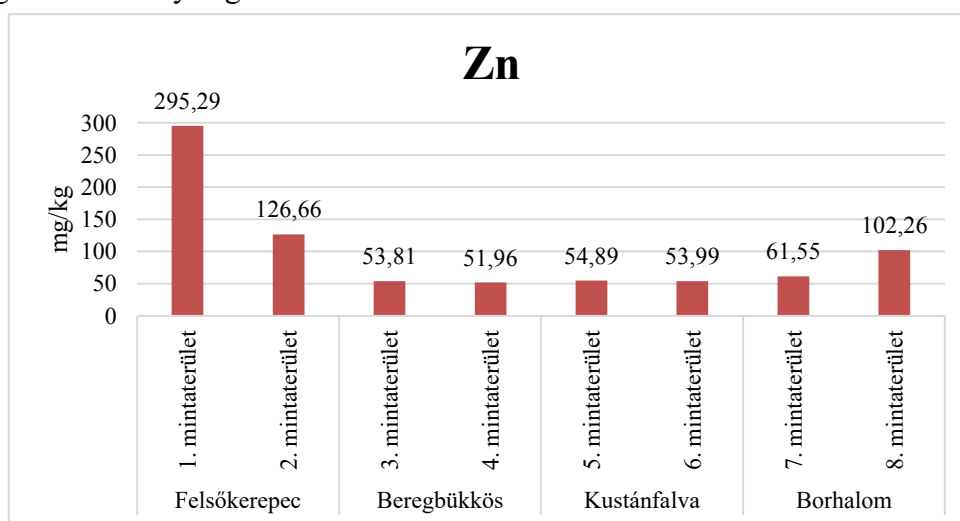


9. ábra. A talajminták réz tartalma

A mintaterületek talajoldatában lévő réz koncentráció 14,63-51,8 mg/kg között mozog. A talajok réztartalma megfelelő, egyik mintában sem mértünk kiemelkedően magas vagy alacsony értékeket. A talajokban az „összes” rézre vonatkozó határérték 55 mg/kg, ehhez közeli értéket csak a Felsőkerepeci 1. mintaterületen mértünk.

3.2.2. Talajok „összes” cink tartalma

Talajok esetében a cink tartalom nem haladhatja meg a 150 mg/kg értéket. Az általunk vizsgált talajokban (10. ábra) csak a Felsőkerepec 1. mintaterületén mértünk határértéket meghaladó mennyiséget.

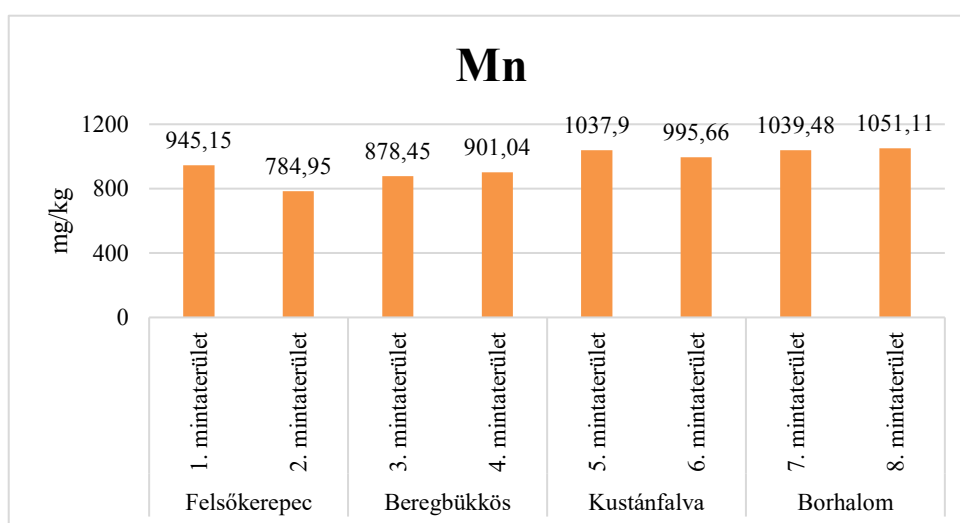


10. ábra. A talajminták cink tartalma

A Beregbükkösi, Kustánfalvi és Borhalmi 7. mintaterületeken egymáshoz viszonyítva hasonló mutatókat kaptunk. Egymáshoz viszonylag közeli érték, 24 mg/kg-nyi különbséggel a Felsőkerepec 2. mintaterületén és Borhalom 8. mintaterületén figyelhető meg.

3.2.3. Talajok „összes” mangán tartalma

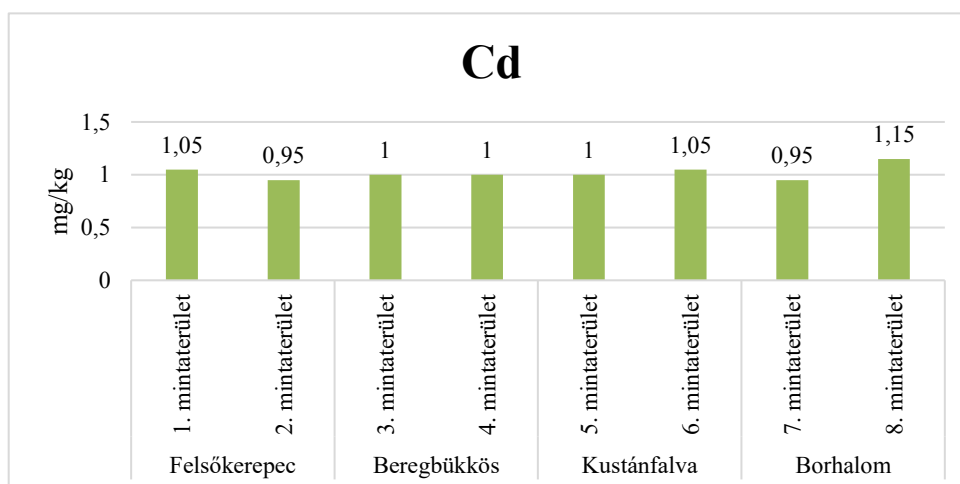
A létfontosságú mikroelemek közül a talajban általában a vas mellett a mangán van a legnagyobb mennyiségben. A 11. ábra a vizsgált talajoldatok mangán tartalmát foglalja össze, melyek mennyisége közel 800 és 1050 mg/kg között van. Nagyobb mennyiségeket Kustánfalva és Borhalom talajaiban mértük, de a megengedett határértéket egyik talajban sem haladta meg a mangán mennyisége.



11. ábra. A talajminták mangán tartalma

3.2.4. Talajok „összes” kadmium tartalma

A talajban mért kadmium mennyisége (12. ábra) minden mintaterületen az 1 mg/kg-hoz közeli.



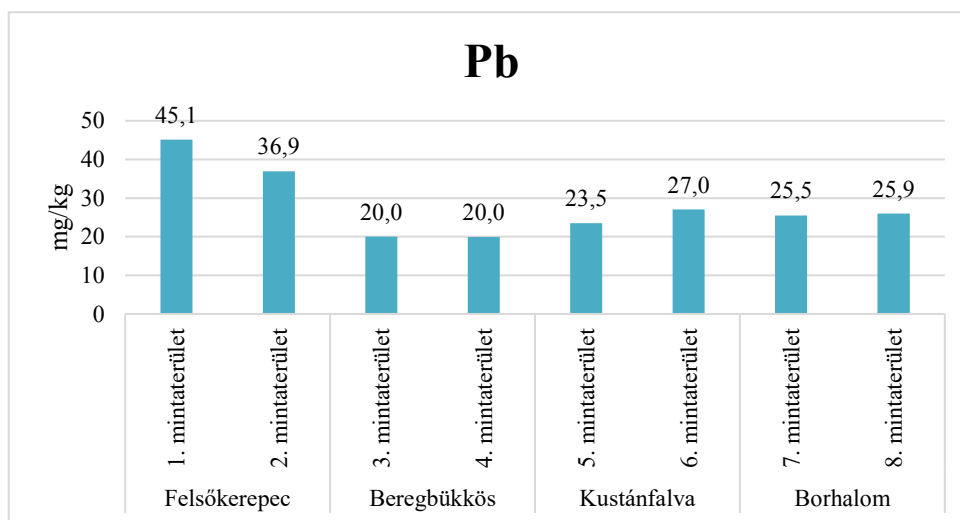
12. ábra. A talajminták kadmium tartalma

Az Ukrán szabványt nézve nem haladja túl a megengedett határértéket. De ha a Magyarországra vonatkozó adatokat néznék, akkor az általunk mért értékek a megengedett mennyiség határán vannak, némely mintákban már túl is lépik azt.

Legkisebb, 0,95 mg/kg mennyiségben a Cd Felsőkerepec 2. mintaterület és Borhalom 7. mintaterület talajaiban van jelen. A legnagyobb mennyiségben pedig a Borhalom 8. mintaterület talaja tartalmaz kadmiumot, ami 1,15 mg/kg. Hasonló mutatókat Felsőkerepec 1. mintaterületén és Kustánfalva 6. mintaterületén kaptunk, az 1,05 mg/kg-ot. A Beregbükkös és Kustánfalva 5. mintaterületén úgyszintén egyforma értékek lettek megmérve, mégpedig 1 mg Cd 1 kg talajra.

3.2.5. Talajok „összes” ólom tartalma

Kárpátalja talajaira általában jellemző a magas ólom koncentráció, ami az alapkőzet összetételére vezethető vissza. A 13. ábrán látható, hogy ez megfigyelhető a Kustánfalvi, Beregbükkösi, Borhalmi talajokban is, az ólomnak a mennyisége itt 20-27 mg/kg között van. De a legmagasabb ólom koncentrációkat, 37-45 mg/kg közötti értékeket Felsőkerepec talajaiban mértünk. Ezek a talajok a határértéknél több ólomot tartalmaznak.

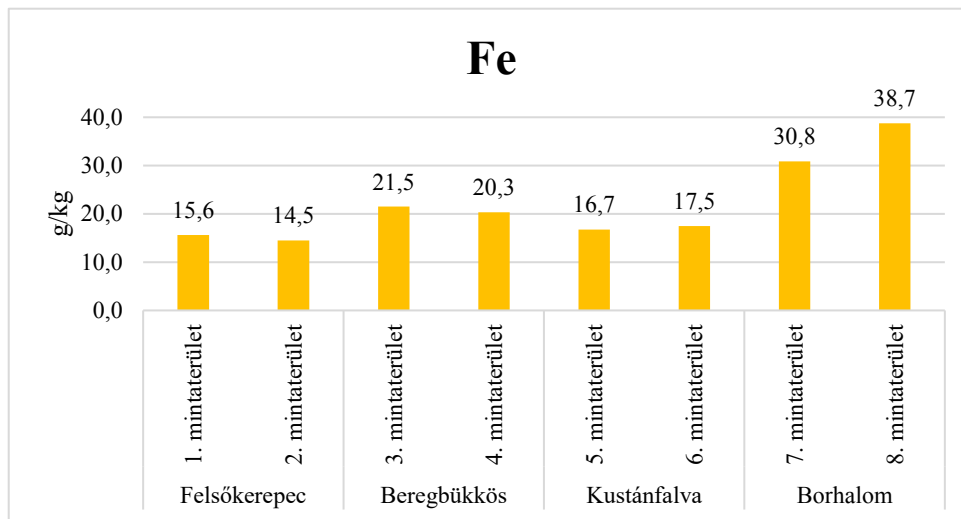


13. ábra. A talajminták ólom tartalma

3.2.6. Talajok „összes” vas tartalma

A 14. ábrán látható, hogy a talajokban mért vas koncentráció 14,5 – 38,7 mg/kg között van. A legkisebb mennyiségeket Felsőkerepec mintaterületein kaptunk. A legnagyobb mutató a Borhalmi talajban volt a 38,7 mg/kg, a 8. mintaterületen vett talajmintában.

Kustánfalva és Beregbükkös talajaiban 16,7-21,5 mg/kg vas lett kimutatva.



14. ábra. A talajminták vas tartalma

3.3. A zöldség növények mikroelem tartalma

A kutatás elején kijelölt Munkácsi járás négy településén – azon belül kis háztáji kertben – termesztett zöldség növények mikroelem mennyiségének megvizsgálására került sor. A vizsgálatunk során, olyan zöldség növények kerültek begyűjtésre, majd laboratóriumba, amelyek leggyakrabban fogyasztottak és termesztettek a gazdálkodók a kiválasztott területeken.

Az összes mintaterületről azonos zöldség növényeket igyekeztünk begyűjteni, ezzel célunk az volt, hogy lehetőség legyen a mért adatok összehasonlítására. A négy területen többségben megegyezők voltak a megtermelt zöldségek, de voltak olyanok melyeket csak két területen termesztették, mint például a karalábé. Összesen 35 zöldség növényben vizsgáltuk meg a réz, cink, mangán, vas, kadmium, ólom mikroelem koncentrációt.

A vizsgálat eredeti nedvesség tartalom mellett volt elvégezve, de ahhoz, hogy a zöldségek mikroelem tartalmát egymással össze tudjuk hasonlítani, a kapott eredményeket átszámoltuk száraz tömegre. Ez azért volt szükséges, mert a zöldség növények víztartalma nem egyforma, a mikroelemek mennyiség pedig a szárazanyagban halmozódik fel. Ezért nem tudjuk az eredeti nedvesség tartalom mellett mért adatokat összehasonlítani, a pontos összevetéshez a száraz tömegben lévő mikroelem mennyiség a fontos.

A talaj pH értéke, „összes” fémtartalma és a zöldség növények mikroelem tartalma közötti összefüggések vizsgálata céljából korrelációs elemzést is végeztünk el a mért adatokon. Minden mintaterületről egy zöldség minta lett begyűjtve, azaz egy zöldségfajból maxi-

mum négy. A négy minta nem elegendő a teljes értékű korrelációs vizsgálathoz, de egyszerűbb következtetéseket így is levonhatunk. Ezért megvizsgáltuk a fentebb említett három mutató összefüggéseit. Az eredményeket a következő néhány alfejezetben foglaltuk össze.

3.3.1. A zöldségnövények réz tartalma

A 7. táblázat összefoglalja a zöldségnövények nedves- és száraz tömegre számított réz tartalmát.

7. táblázat

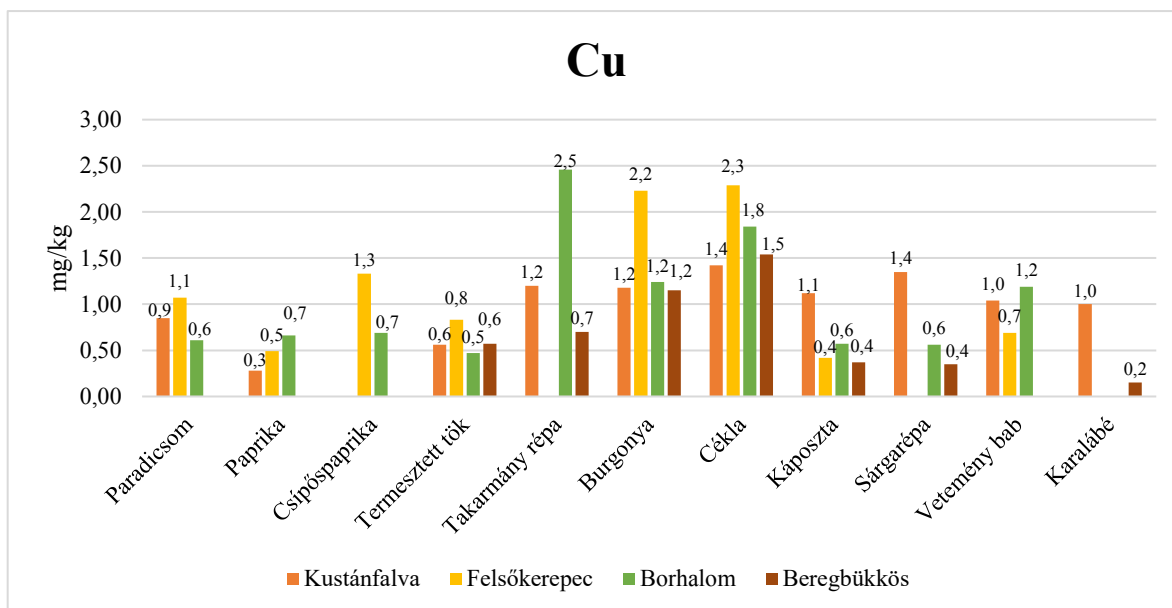
A zöldségnövények réz tartalma nedves és száraz tömegre

Zöldségnövények	Cu - Réz, mg/kg							
	Kustánfalva		Felsőkerepec		Borhalom		Beregbükkös	
	n.t.*	sz.t.**	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.
Paradicsom	0,85	25,26	1,07	28,26	0,61	20,41		
Paprika	0,28	9,10	0,49	12,03	0,66	32,10		
Csípőspaprika			1,33	28,14	0,69	27,50		
Termesztett tök	0,56	13,97	0,83	21,18	0,47	33,86	0,57	14,85
Takarmány répa	1,20	38,39			2,46	78,60	0,70	5,92
Burgonya	1,18	6,14	2,23	27,17	1,24	14,68	1,15	5,52
Cékla	1,42	30,47	2,29	53,82	1,84	36,35	1,54	32,98
Káposzta	1,12	12,56	0,42	4,72	0,57	6,38	0,37	4,14
Sárgarépa	1,35	15,70			0,56	7,91	0,35	3,45
Vetemény bab	1,04	8,73	0,69	7,05	1,19	1,32		
Karalábé	1,00	11,57					0,15	1,73

n.t.* - nedves tömeg; eredeti nedvességtartalom mellett mért mikroelem koncentráció

sz.t.** - száraz tömegre átszámolt mikroelem koncentráció

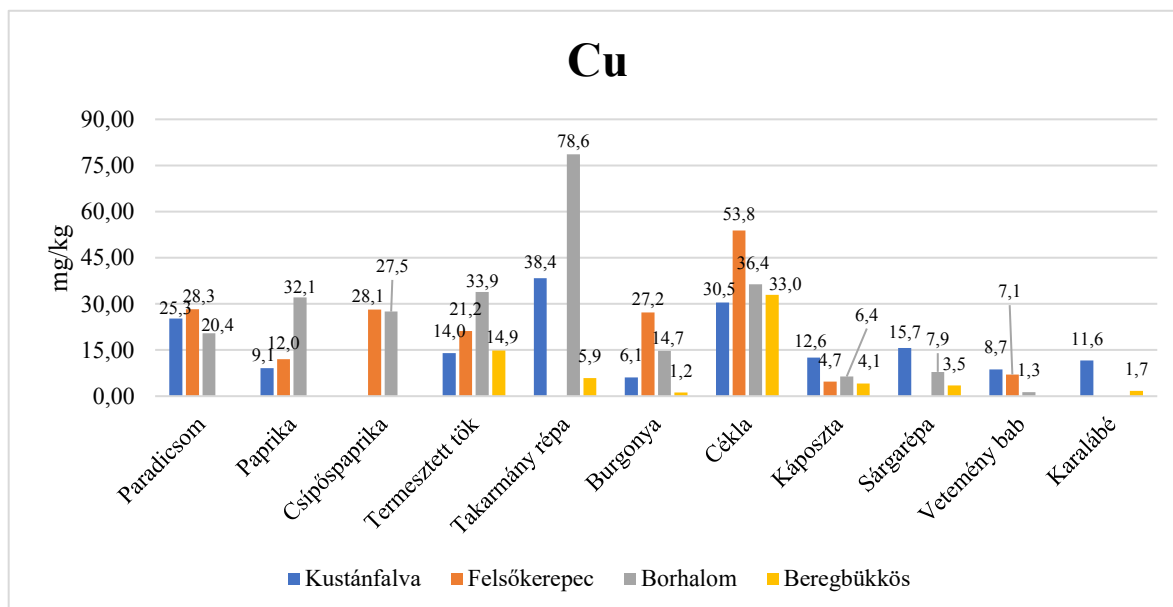
Az általunk megmért zöldségekben megvan a szükséges réz mennyiség. Kiemelkedően magas értéket, amely túllépné a megengedett határmennyiséget nem kaptunk. Illetve a réz jelenlétének hiányát sem észleltünk. (15. ábra)



15. ábra. A zöldségművelvények réz tartalma nedves tömeg mellett

Az 16. ábrán látható, hogy legnagyobb mennyiségben rézet, 78,6 mg/kg-ot a takarmányrépa tartalmazott, amit Borhalom településen termesztettek. Nagyobb mennyiségben 53,8 mg/kg rézet a cékla Felsőkerepecen és Borhalmon tartalmazott.

A legkisebb réz mennyiséget a káposztában és karalábéban mértük, melyet Beregbükkösön termesztettek.



16. ábra. A zöldségművelvények réz tartalma száraz tömeg mellett

Összefüggéseket három mutató között vizsgáltuk meg, a talaj pH érték, „összes” réz tartalom és zöldségművelvények réz tartalom között. Ennek elemzéséhez a lineáris korreláció módszerét használtuk.

A 8. táblázat a talaj pH értéke, „összes” réz tartalma és a zöldségnövények réz tartalma közötti összefüggéseket szemlélteti.

A talaj réz koncentráció és talaj pH érték közötti korreláció magas. Erős összefüggést észleltük a talaj pH érték, takarmányrépa és vetemény bab réztartalma között. Jelentős kapcsolat a talaj pH értéke és paradicsom, burgonya réz koncentrációja között van. A többi zöldségnövényben lévő réz mennyiség és talaj pH érték között igen gyenge a kapcsolat.

Magas, ill. nagyon magas korreláció figyelhető meg a talaj réz koncentráció és a következő zöldségnövények réz mennyisége közt: paradicsom, takarmányrépa, burgonya. Közepes kapcsolatot a talaj és a cékla réz mennyiségei között tapasztaltuk.

A 8. táblázatban láthatjuk, hogy nem csak a három kiválasztott mutató között van összefüggés, hanem némely zöldségnövények között is. Ennek oka az lehet, hogy az adott növények hasonlóképpen és mennyiségben vesznek fel rézet.

8. táblázat

A talaj pH értéke, „összes” réz tartalma és a zöldségnövények réz tartalma közötti összefüggések

	<i>pH</i> (ta- laj)	<i>Cu</i> mg/kg, (talaj)	<i>Cu</i> (mg/kg) Paradi- csom	<i>Cu</i> (mg/kg) Ter- mesz- tett tök	<i>Cu</i> (mg/kg) Takar- mány répa	<i>Cu</i> (mg/kg) Cékla	<i>Cu</i> (mg/kg) Sárga- répa
<i>r</i>							
Cu (talaj), mg/kg	0,71						
Cu (mg/kg) Paradicsom	0,55	0,85					
Cu (mg/kg) Paprika	-0,07	-0,49	-0,87				
Cu (mg/kg) Termesztett tök	0,19	-0,01					
Cu (mg/kg) Takarmány répa	0,93	0,93					
Cu (mg/kg) Burgonya	0,56	0,91			0,87		
Cu (mg/kg) Cékla	0,29	0,56		0,79			
Cu (mg/kg) Sárgarépa	0,38	-0,26					
Cu (mg/kg) Vetemény bab	-0,83	-0,92					
Cu (mg/kg) Káposzta	0,03	-0,56				-0,38	0,97

● – közepes korreláció ● – magas korreláció ● – nagyon magas korreláció

3.3.2. A zöldségnövények cink tartalma

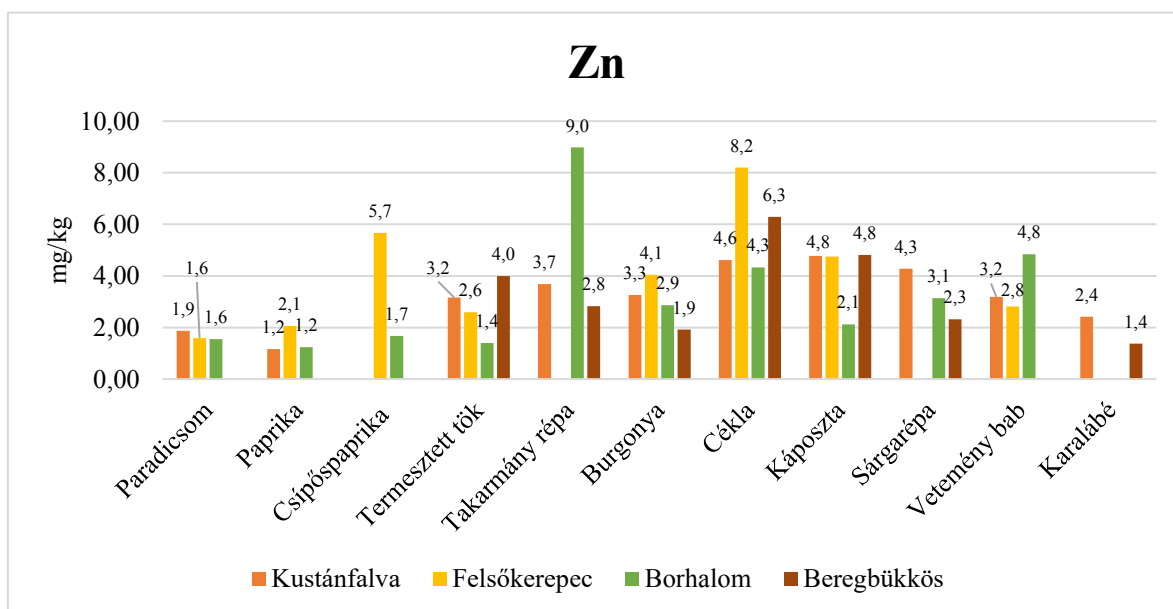
A 9. táblázat összefoglalja a zöldségnövények nedves- és száraz tömegre számított cink tartalmát.

9. táblázat

A zöldségnövények cink tartalma nedves és száraz tömegre

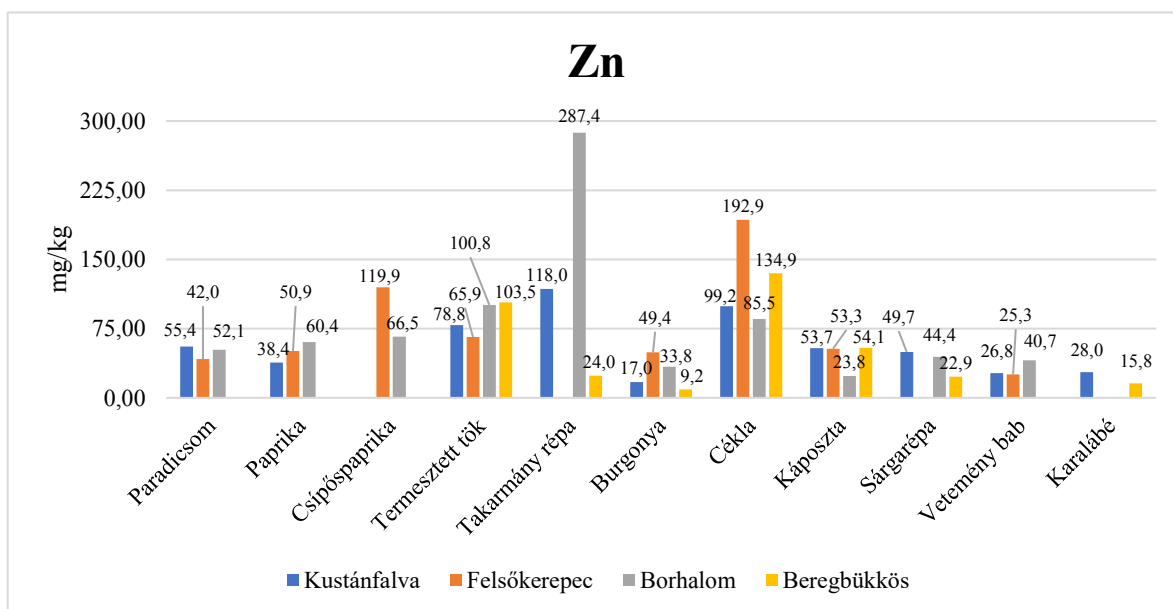
Zöldségnövények	Zn – Cink, mg/kg							
	Kustánfalva		Felsőkerepec		Borhalom		Beregbükkös	
	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.
Paradicsom	1,87	55,43	1,59	42,03	1,55	52,05		
Paprika	1,17	38,38	2,06	50,87	1,24	60,43		
Csípőspaprika			5,67	119,87	1,67	66,53		
Termesztett tök	3,16	78,82	2,59	65,87	1,40	100,82	3,99	103,45
Takarmány répa	3,69	118,04			8,98	287,38	2,83	23,95
Burgonya	3,26	16,96	4,05	49,36	2,86	33,79	1,92	9,21
Cékla	4,62	99,17	8,20	192,86	4,33	85,49	6,29	134,91
Káposzta	4,78	53,72	4,75	53,34	2,12	23,80	4,81	54,07
Sárgarépa	4,28	49,67			3,14	44,35	2,32	22,89
Vetemény bab	3,19	26,77	2,81	25,29	4,84	40,66		
Karalábé	2,42	27,95					1,37	15,84

A szakirodalom szerint a 10 mg/kg-nál nagyobb cink mennyiség a kultúrnövényekben már nem számít egészségesnek. A kapott eredmények közül a takarmányrépa és cékla mutatója közel van ehhez az értékhez, de nem lépi túl. A többi zöldségben az adott elemnek a mennyisége megfelelő, hiánya nem lép fel egyikben sem. (17. ábra)



17. ábra. A zöldségnövények cink tartalma nedves tömeg mellett

A zöldségművelvények cink tartalmát száraz tömeg mellett a 18. ábra szemlélteti. Úgy-szintén, mint réznél a legmagasabb mutató a takarmányrépánál figyelhető meg, amit Borhalom térségében termesztettek, 287,4 mg/kg cinket mértünk ebben a zöldségben. A többi növényben a cinktartalom 9,21 – 192,9 mg/kg között változik. Legkisebb cink koncentráció, 9,21 mg/kg a Beregbükkösön termesztett burgonyában van.



18. ábra. A zöldségművelvények cink tartalma száraz tömeg mellett

A 10. táblázat a talaj pH értéke, „összes” cink tartalma és a zöldségművelvények cink tartalma közötti összefüggéseket foglalja össze.

A talaj pH értéke és a talaj réz koncentráció közötti kapcsolat közepes.

Nagyon magas korreláció és erős függő kapcsolat tapasztalható a talaj pH érték és paradicsom, sárgarépa cink koncentráció közt. Ugyanúgy szoros összefüggés lelhető a talaj cink és paradicsom, takarmányrépa, burgonya cink mennyisége között.

Közepes kapcsolat van a talaj pH értéke és paprika, termesztett tök, burgonya, veteménybab, káposzta cink mennyisége között, illetve a talaj cink és cékla, sárgarépa cink koncentrációja között.

Itt is azon növények közt van összefüggés, mint az előző elem, a réz esetében is: A paradicsom és paprika cink mennyisége között van kapcsolat; sárgarépa-káposzta, a termesztett tök és cékla cink koncentrációja között közepes; cékla és káposzta cink mennyisége között magas; a takarmányrépa és burgonya Zn értéke között nagyon magas a korreláció.

10. táblázat

A talaj pH értéke, "összes" cink tartalma és a zöldségvények cink tartalma közötti összefüggések

	pH (talaj)	Zn (mg/kg, talaj)	Zn (mg/kg) Paradicsom	Zn (mg/kg) Termesztett tök	Zn (mg/kg) Takarmány répa	Zn (mg/kg) Cékla	Zn (mg/kg) Sárgarépa
	<i>r</i>						
Zn (talaj), mg/kg	0,52						
Zn (mg/kg) Paradicsom	-1,00	-0,98					
Zn (mg/kg) Paprika	0,40	0,10	-0,32				
Zn (mg/kg) Termesztett tök	-0,50	-0,77					
Zn (mg/kg) Takarmány répa	0,87	0,99					
Zn (mg/kg) Burgonya	0,65	0,90			0,99		
Zn (mg/kg) Cékla	-0,17	0,50		-0,46			
Zn (mg/kg) Sárgarépa	0,97	0,40					
Zn (mg/kg) Vetemény bab	-0,43	-0,40					
Zn (mg/kg) Káposzta	-0,46	-0,35				0,83	-0,41

● – közepes korreláció ○ – magas korreláció ● – nagyon magas korreláció

3.3.3. A zöldségvények mangán tartalma

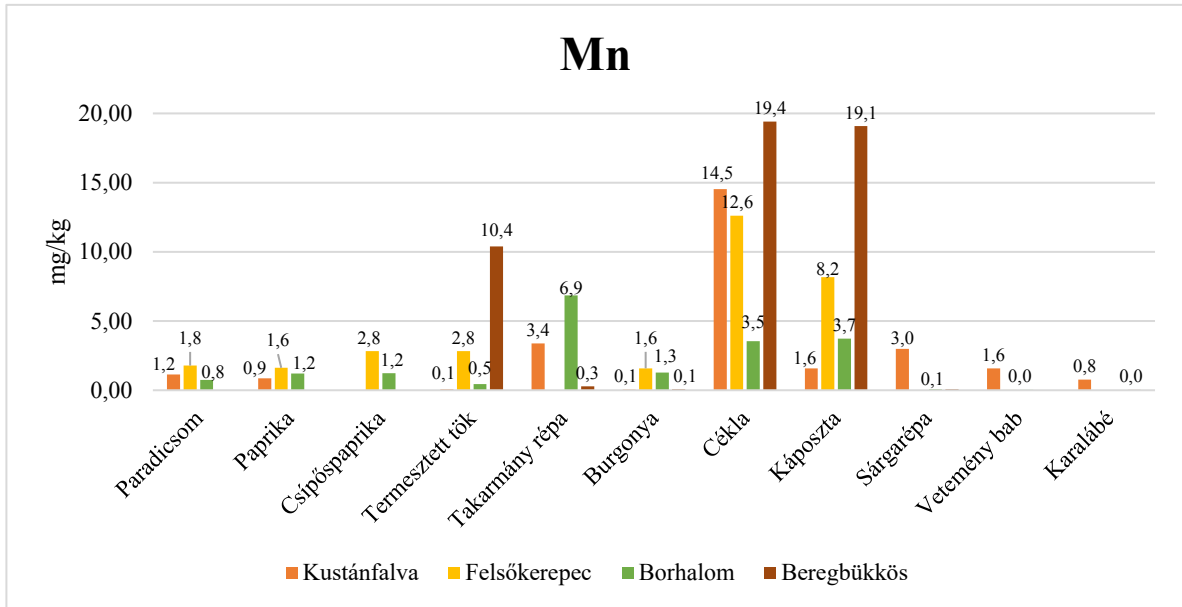
A 11. táblázat összefoglalja a zöldségvények nedves- és száraz tömegre számított mangán tartalmát.

11. táblázat

A zöldségvények mangán tartalma nedves és száraz tömegre

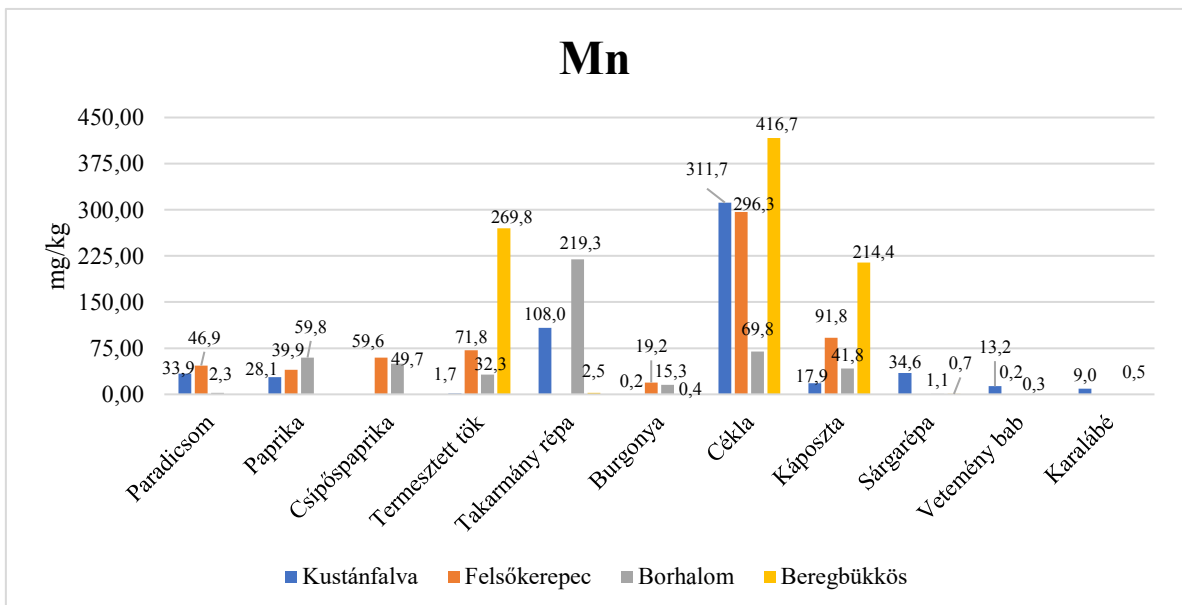
Zöldségvények	Mn - Mangán, mg/kg							
	Kustánfalva		Felsőkerepec		Borhalom		Beregbükkös	
	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.
Paradicsom	1,15	33,92	1,78	46,90	0,75	2,25		
Paprika	0,86	28,12	1,62	39,93	1,22	59,77		
Csípőspaprika			2,82	59,56	1,24	49,67		
Termesztett tök	0,07	1,65	2,82	71,81	0,45	32,32	10,39	269,77
Takarmány répa	3,38	107,97			6,85	219,26	0,29	2,45
Burgonya	0,05	0,24	1,58	19,23	1,29	15,27	0,07	0,35
Cékla	14,52	311,68	12,60	296,31	3,54	69,79	19,42	416,72
Káposzta	1,59	17,86	8,17	91,84	3,72	41,81	19,08	214,37
Sárgarépa	2,98	34,60			0,08	1,10	0,07	0,65
Vetemény bab	1,57	13,21	0,02	0,19	0,03	0,27		
Karalábé	0,78	8,97					0,04	0,45

A 19. ábra diagramja a zöldségvények mangán mennyiségének mutatóit ábrázolja nedves tömeg mellett. A mangán esszenciális elem és viszonylag nagy mennyiségben van jelen a különböző élelmiszerekben, a toxicitása ritkán lép fel. Az irodalmi adatok azt mutatják, hogy a legnagyobb megengedett határérték a mangán elemnél a 30 mg/kg. A vizsgálatunk során egy zöldségvényben sem halad túl ez a mutató.



19. ábra. A zöldségvények mangán tartalma nedves tömeg mellett

A mangán mennyiségét a zöldségvények száraz tömegében a 20. ábrán láthatjuk.



20. ábra. A zöldségvények mangán tartalma száraz tömeg mellett

Három céklában 300 mg/kg-hoz közel és annál nagyobb mennyiségben mértünk mangánt. Úgyszintén nagyobb mértékben mangán a Beregbükkösön termesztett tökben, káposztában és Borhalomi takarmányrépában van. A többi kultúrnövényben viszont mangánból sokkal kisebb mennyiség van jelen.

A Beregbükkösön termesztett cékla, termesztett tök, káposzta nagy adagban tartalmaz mangánt, viszont az ezen a területen termelt többi növényben a mutatók igen alacsonyak. Borhalom településen a többi zöldségnövényhez képest kiugró eredményt a takarmányrépában figyelhetjük meg, Felsőkerepecen és Kustánfalván ugyanezt tapasztaltuk a cékla esetében.

A talaj mangán koncentrációja jelentősen függ a talaj pH-értékétől.

A 12. táblázat azt mutatja, hogy erősen összefügg egymással a talaj pH értéke és a zöldségnövények mangán koncentrációja. Nagyon magas a korreláció termesztett tök, takarmányrépa mangán mennyisége és a talaj pH értéke között. A takarmányrépa és a talaj mangán koncentráció vonatkozásában a korreláció még magasabb, mint a réz esetében.

12. táblázat

A talaj pH értéke, "összes" mangán tartalma és a zöldségnövények mangán tartalma közötti összefüggések

	<i>pH</i> (ta- laj)	<i>Mn</i> mg/kg , (ta- laj)	<i>Mn</i> (mg/kg) Pa- radi- csom	<i>Mn</i> (mg/kg) Ter- mesz- tett tök	<i>Mn</i> (mg/kg) Ta- kar- mány répa	<i>Mn</i> (mg/kg) Cékla	<i>Mn</i> (mg/kg) Sár- garépa
	<i>r</i>						
Mn (talaj), mg/kg	0,43						
Mn (mg/kg) Paradicsom	0,73	-0,92					
Mn (mg/kg) Paprika	0,19	0,16	-0,53				
Mn (mg/kg) Termesztett tök	- 0,98	-0,50					
Mn (mg/kg) Takarmány répa	0,93	0,97					
Mn (mg/kg) Burgonya	0,63	-0,33			0,87		
Mn (mg/kg) Cékla	- 0,70	-0,55		0,93			
Mn (mg/kg) Sárgarépa	0,39	0,21					
Mn (mg/kg) Vetemény bab	- 0,63	0,40					
Mn (mg/kg) Káposzta	- 0,85	-0,38				0,77	-0,79

● – közepes korreláció ○ – magas korreláció ● – nagyon magas korreláció

Magas a korreláció a paradicsom, cékla, káposzta mangán értéke és a talaj pH értéke között.

Mangánra vonatkozóan is ugyanazon 10 növény között tapasztaljuk a szoros kapcsolatot, mint a réz és cink esetében is. Erősen függő kapcsolat a termesztett tök – cékla mangán mennyisége, markáns kapcsolat pedig a takarmány répa – burgonya, cékla – káposzta, sárgarépa – káposzta között figyelhető meg.

3.3.4. A zöldségnövények vas tartalma

A 13. táblázat összefoglalja a zöldségnövények nedves- és száraz tömegre számított vas tartalmát.

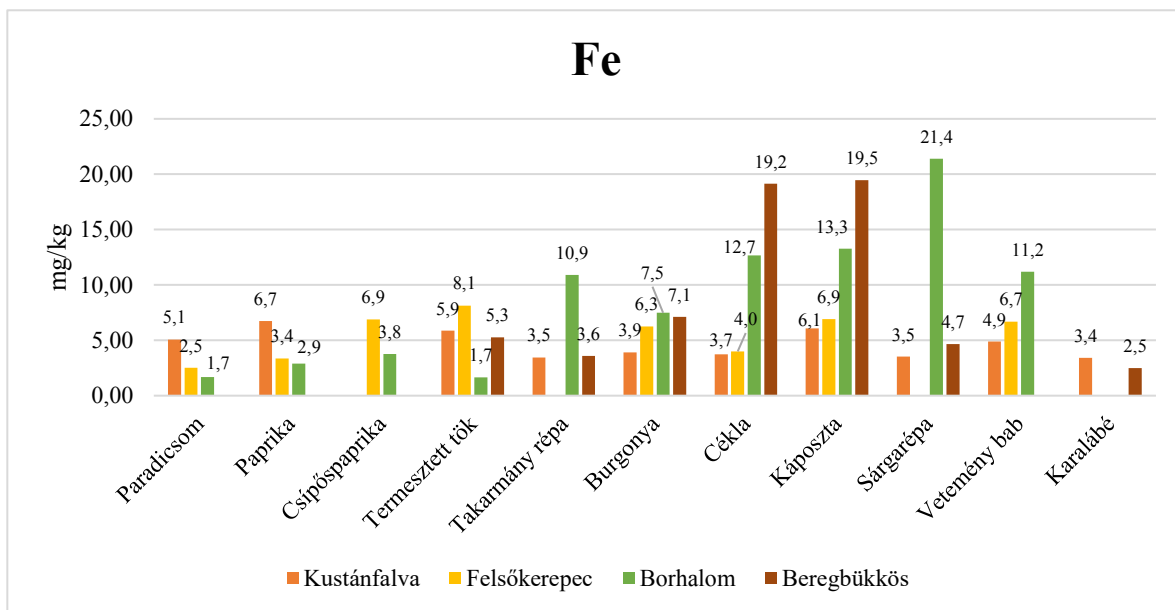
13. táblázat

A zöldségnövények vas tartalma nedves és száraz tömegre

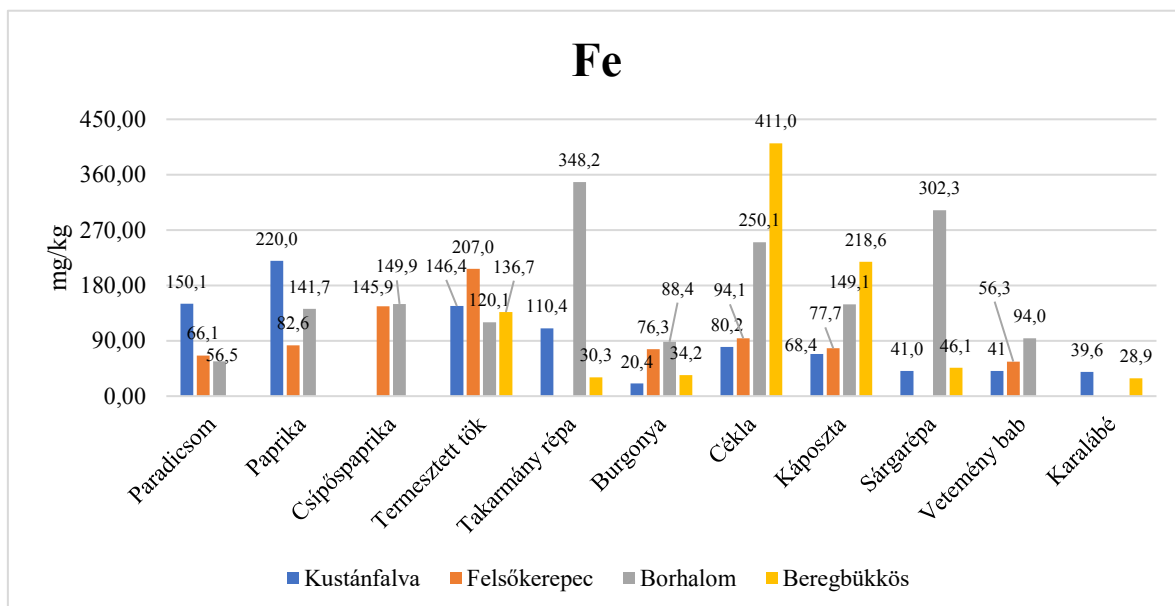
Zöldségnövények	Fe - Vas, mg/kg							
	Kustánfalva		Felsőkerepec		Borhalom		Beregbükkös	
	v.a.	sz.a.	v.a.	sz.a.	v.a.	sz.a.	v.a.	sz.a.
Paradicsom	5,07	150,12	2,51	66,14	1,68	56,52		
Paprika	6,73	220,03	3,35	82,60	2,90	141,67		
Csípőspaprika			6,90	145,86	3,75	149,91		
Termesztett tök	5,87	146,42	8,14	207,03	1,66	120,06	5,27	136,67
Takarmány répa	3,45	110,36			10,89	348,19	3,58	30,30
Burgonya	3,92	20,39	6,26	76,31	7,48	88,36	7,13	34,22
Cékla	3,74	80,19	4,00	94,05	12,68	250,07	19,15	410,97
Káposzta	6,09	68,38	6,91	77,67	13,27	149,08	19,46	218,62
Sárgarépa	3,53	41,00			21,40	302,28	4,67	46,07
Vetemény bab	4,88	40,98	6,69	56,25	11,19	94,04		
Karalábé	3,43	39,64					2,50	28,91

A 21. és a 22. ábrát megfigyelve látható, hogy a vizsgált zöldségnövényekben mért vas koncentráció rendkívül változó. Legmagasabb mennyiségben vasat a Beregbükkösön termesztett céklában mértünk. Az erről a területről begyűjtött káposztában és termesztett tökben kaptuk a többihez képest magas mutatókat. Mindhárom, nagy mennyiségben vasat tartalmazó kultúrnövény a 3. mintaterületről lett begyűjtve.

Szembetűnő magas mutatók a Borhalom településen nevelt takarmányrúpában, céklában, sárgarépában is megfigyelhetők.



21. ábra. A zöldségnyvények vas tartalma nedves tömeg mellett



22. ábra. A zöldségnyvények vas tartalma száraz tömeg mellett

Elemelve a 14. táblázatot, a következő következtetések vonhatók le. A talaj vas koncentráció és talaj pH-értéke között nagyon gyenge, elhanyagolható a kapcsolat.

Közepes kapcsolatot láthatunk a talaj pH-érték és paradicsom, burgonya, sárgarépa zöldségek vas tartalma között, erős összefüggést a takarmányrépa, cékla és talaj kémhatása között. A nagyon magas korreláció pedig a talaj pH-ja és paprika, káposzta vas mennyisége között figyelhető meg.

A burgonya vas mennyisége úgyszintén jelentősen függ a talaj vas koncentrációjától. A talaj vas koncentrációja erős összefüggést mutat a cékla vas mennyiségével, illetve nagyon

erős összefüggést a takarmányrépában, vetemény babban és sárgarépában mért vas tartalommal.

14. táblázat

A talaj pH értéke, "összes" vas tartalma és a zöldségvények vas tartalma közötti összefüggések

	<i>pH</i> (talaj)	<i>Fe</i> mg/kg, (talaj)	<i>Fe</i> (mg/kg)) Pa- radi- csom	<i>Fe</i> (mg/kg)) Ter- mesz- tett tök	<i>Fe</i> (mg/kg)) Ta- kar- mány répa	<i>Fe</i> (mg/kg)) Cékla	<i>Fe</i> (mg/kg)) Sárga- répa
<i>r</i>							
Fe (talaj), mg/kg	0,09						
Fe (mg/kg) Paradicsom	- 0,69	-0,52					
Fe (mg/kg) Paprika	- 0,96	-0,02	0,86				
Fe (mg/kg) Termesztett tök	0,17	-0,79					
Fe (mg/kg) Takarmány répa	0,80	0,90					
Fe (mg/kg) Burgonya	0,53	0,47			0,91		
Fe (mg/kg) Cékla	- 0,83	0,42		-0,58			
Fe(mg/kg) Sárgarépa	0,60	0,99					
Fe (mg/kg) Vetemény bab	- 0,08	0,95					
Fe (mg/kg) Káposzta	- 0,98	-0,07				0,87	-0,44

● – közepes korreláció ○ – magas korreláció ● – nagyon magas korreláció

A cékla és termesztett tök, a sárgarépa és káposzta vas értékei között közepes a korreláció. A burgonya – takarmányrépa vastartalma között nagyon magas, a cékla – káposzta, valamint a paradicsom – paprika vas koncentrációja között magas az összefüggés.

3.3.5. A zöldségművelvények kadmium tartalma

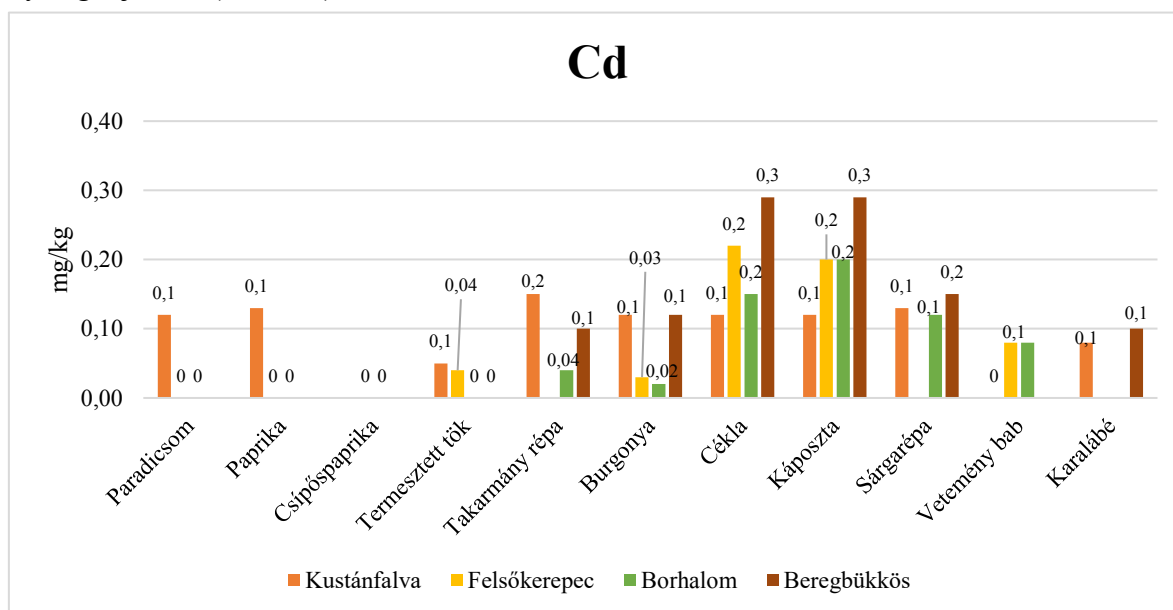
A 15. táblázat összefoglalja a zöldségművelvények nedves- és száraz tömegre számított kadmium tartalmát.

15. táblázat

A zöldségművelvények kadmium tartalma nedves és száraz tömegre

Zöldségművelvények	Cd - Kadmium, mg/kg							
	Kustánfalva		Felsőkerepec		Borhalom		Beregbükkös	
	v.a.	sz.a.	v.a.	sz.a.	v.a.	sz.a.	v.a.	sz.a.
Paradicsom	0,12	3,61	0,00	0,00	0,00	0,00		
Paprika	0,13	4,14	0,00	0,00	0,00	0,00		
Csípőspaprika			0,00	0,00	0,00	0,00		
Termesztett tök	0,05	1,25	0,04	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00
Takarmány répa	0,15	4,80			0,04	1,38	0,10	0,85
Burgonya	0,12	0,62	0,03	0,31	0,02	0,24	0,12	0,58
Cékla	0,12	2,67	0,22	5,10	0,15	2,91	0,29	6,28
Káposzta	0,12	1,40	0,20	2,20	0,20	2,20	0,29	3,24
Sárgarépa	0,13	1,45			0,12	1,70	0,15	1,48
Vetemény bab	0,00	0,00	0,08	0,67	0,08	0,67		
Karalábé	0,08	0,87					0,10	1,16

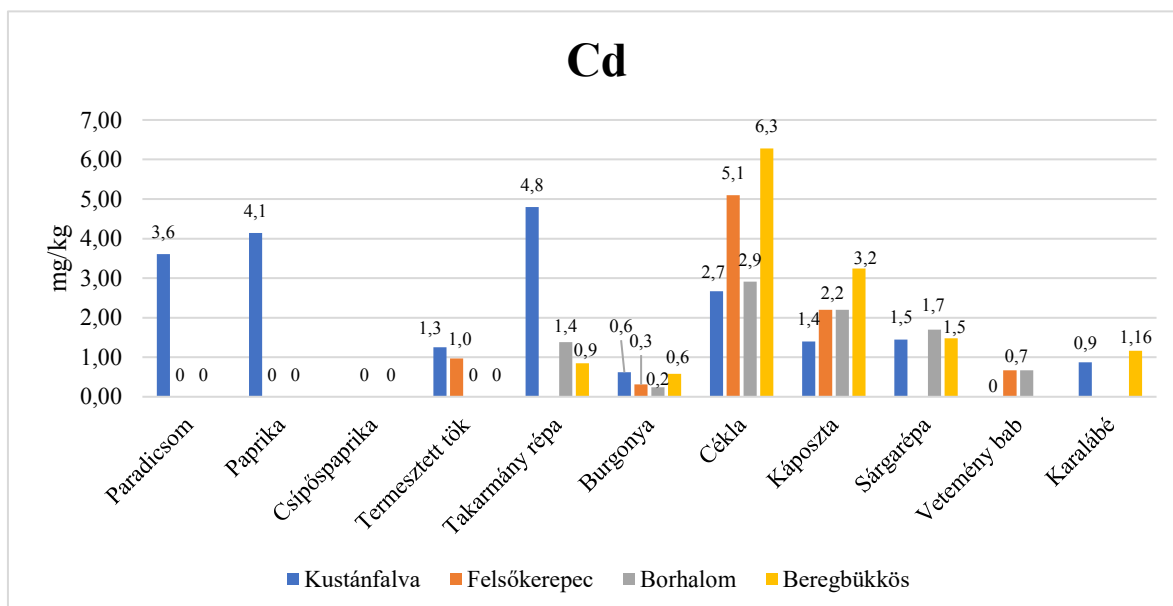
A talajban mért kadmium mennyiség nem haladta meg a megengedett határértéket és nem kaptunk a toxicitásra jellemző mutatókat. De a növények esetében igen magas értékeket kaptunk a mérés során, amelyek sok kultúrnövény esetében semmiképp sem kedvező mennyiséget jelent. (23. ábra)



23. ábra. A zöldségművelvények kadmium tartalma nedves tömeg mellett

Összesen csak 9 zöldségben nem észleltük kadmiumnak a jelenlétét, vagy a mennyisége annyira csekély, hogy kimutatási határ alatt volt. A 24. ábrán látható, hogy leginkább a Felsőkerepec és Borhalom területén tapasztaltuk ezt. A többi növényben viszont nagy mennyiségben lett kimutatva, 0,24 és 6,3 mg/kg között ingadozik a kadmium koncentrációja a vizsgált mintákban. Kustánfalva talajain termesztett növények között csak a vetemény bab nem tartalmazott kadmiumot, de a többi zöldségnövény nagyobb mennyiségben halmozta fel ezt az elemet.

Továbbá úgyszintén ilyen jelenség megfigyelhető a Beregbükkös zöldségeiben, amelyek között csak a termesztett tök kadmium mentes, vagy a mennyisége igen csekély volt és nem lehetett kimutatni. A legmagasabb értéket, 6,28 mg/kg kadmiumot a Beregbükkösön termesztett céklában mértünk. Az 5,10 mg/kg kadmium koncentrációt úgyszintén a céklában tapasztaljuk, melyet Felsőkerepecen gyűjtöttünk be.



24. ábra. A zöldségnövények kadmium tartalma száraz tömeg mellett

A 16. táblázat adatai alapján a következőket tapasztaltuk. A talaj kadmium koncentráció és talaj pH-értéke között nagyon gyenge, hanyagolható a kapcsolat.

Többnyire közepes és magas összefüggést tapasztaltunk a talaj pH értéke és a megvizsgált zöldségnövények kadmium koncentrációja között. Itt láthatjuk legjobban a fordított összefüggést, melyet a mínuszjel szemléltet. Ilyenkor ez a jelenség azt fejezi ki, hogy minél alacsonyabb a talaj pH értéke, annál több kadmiumot vesz fel bizonyos növény. A mi esetünkben ez legjobban jellemző a takarmányrépára, ahol a két mutató között nagyon erős a fordított kapcsolat. A cékla, káposzta, paprika és paradicsom kadmium mennyisége és a talaj

pH-ja között magas a negatív korreláció. A termesztett tök, burgonya, vetemény bab és sárgarépa Cd koncentrációja és a talaj pH-értéke között jelentős a kapcsolat

A talaj kadmium mennyiségének két kultúrnövény, a burgonya és a sárgarépa kadmium koncentrációjával van nagyon magas kapcsolata.

A zöldségnövényeknél magas korreláció észlelhető a cékla – termesztett tök, a káposzta – cékla Cd koncentráció között.

16. táblázat

A talaj pH értéke, „összes” kadmium tartalma és a zöldségnövények kadmium tartalma közötti összefüggések

	<i>pH</i> (<i>talaj</i>)	<i>Cd</i> (<i>mg/kg,</i> (<i>talaj</i>)	<i>Cd</i> (<i>mg/kg</i>) <i>Termesz-</i> <i>tett tök</i>	<i>Cd</i> (<i>mg/kg</i>) <i>Takar-</i> <i>mány</i> <i>répa</i>	<i>Cd</i> (<i>mg/kg</i>) <i>Cékla</i>	<i>Cd</i> (<i>mg/kg</i>) <i>Sárga-</i> <i>répa</i>
	<i>r</i>					
Cd (talaj), mg/kg	0,20					
Cd (mg/kg) Paradicsom	-0,76					
Cd (mg/kg) Paprika	-0,76					
Cd (mg/kg) Termesztett tök	0,48	0,12				
Cd (mg/kg) Takarmány répa	-0,96	-0,12				
Cd (mg/kg) Burgonya	-0,59	0,94		0,28		
Cd (mg/kg) Cékla	-0,82	-0,53	-0,87			
Cd (mg/kg) Sárgarépa	0,52	0,90				
Cd (mg/kg) Vetemény bab	0,63	0,76				
Cd (mg/kg) Káposzta	-0,81	-0,25			0,77	0,03

● – közepes korreláció ○ – magas korreláció ● – nagyon magas korreláció

3.3.6. A zöldségművelvények ólom tartalma

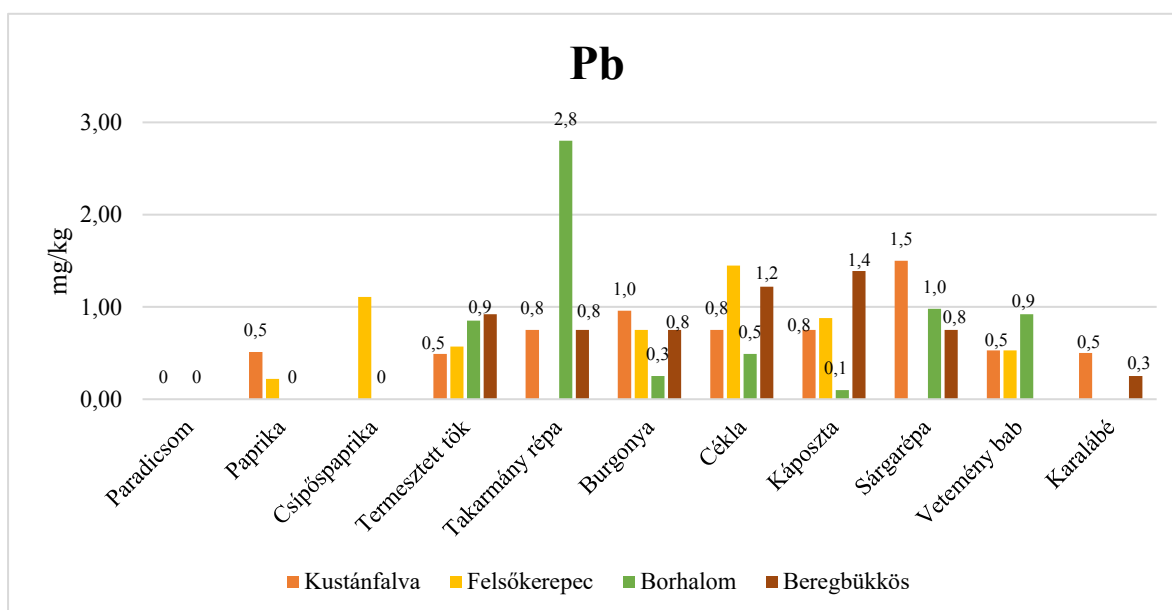
A zöldségművelvényekben mért ólom koncentrációkat a 17. táblázat szemlélteti.

17. táblázat

A zöldségművelvények ólom tartalma nedves és száraz tömegre

Zöldségművelvények	Pb - Ólom, mg/kg							
	Kustánfalva		Felsőkerepec		Borhalom		Beregbükkös	
	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.	n.t.	sz.t.
Paradicsom	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Paprika	0,51	16,54	0,22	5,47	0,00	0,00		
Csípőspaprika			1,11	23,45	0,00	0,00		
Termesztett tök	0,49	12,19	0,57	14,61	0,85	61,57	0,92	23,77
Takarmány répa	0,75	23,99			2,80	89,63	0,75	6,31
Burgonya	0,96	5,00	0,75	9,16	0,25	2,94	0,75	3,59
Cékla	0,75	16,04	1,45	33,99	0,49	9,69	1,22	26,18
Káposzta	0,75	8,37	0,88	9,89	0,10	1,10	1,39	15,66
Sárgarépa	1,50	17,45			0,98	13,84	0,75	7,40
Vetemény bab	0,53	4,48	0,53	4,48	0,92	7,75		
Karalábé	0,50	5,79					0,25	2,89

Figyelembe véve az ólom megengedett határértékét a zöldségekben és összehasonlítva azt a megvizsgált növényeinkben kimutatott értékekkel, láthatjuk, hogy mindössze 3 mintának a mutatója alacsonyabb a megengedettnél: egy-egy paprika, burgonya és karalábé zöldségművelvényben (25. ábra).

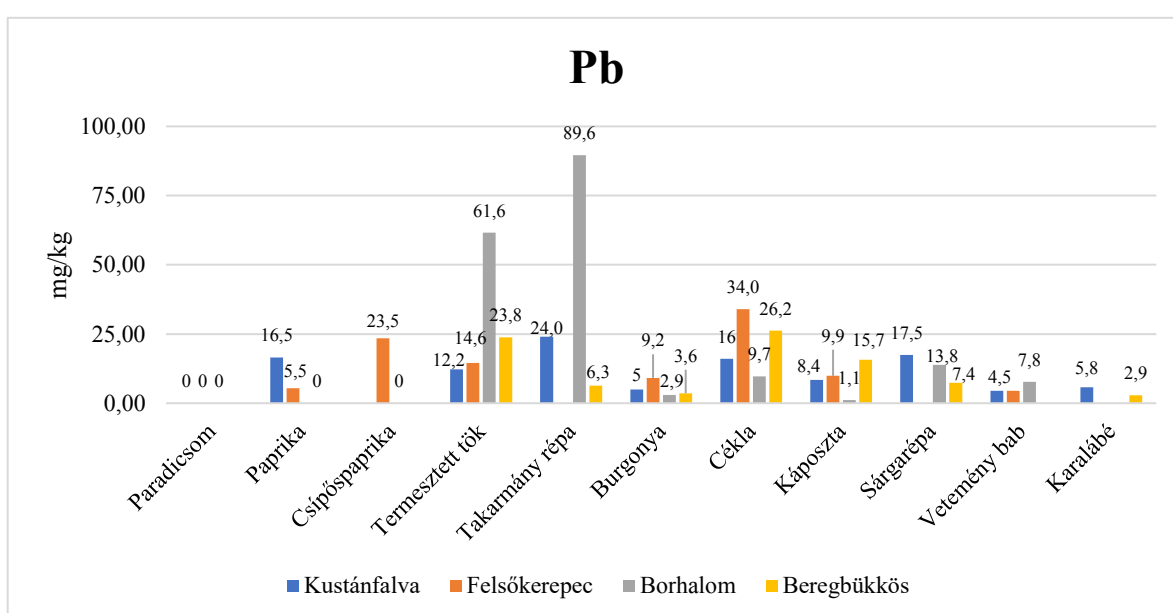


25. ábra. A zöldségművelvények ólom tartalma nedves tömeg mellett

Megnézve a 13. ábrán a talajok ólom koncentrációját látjuk, hogy a talajokban nincs toxikus mennyiségben ólom. Ezért az a következtetés vonható le, hogy a zöldségekben felhalmozódott magas ólom mennyiségnek a forrása nem feltétlenül a talaj. Hanem az ólom közvetlenül a légkörből kerül be a növénybe.

A kadmiummal összehasonlítva, még kevesebb olyan zöldségnövény van, melyben nincs kimutatható mennyiségben ólom. A 26. ábra adatai alapján látható, hogy csak a paradicsomban, illetve a Borhalom községében termelt paprikában és csípőspaprikában nem lett ólom kimutatva.

Legmagasabb értékben ólmot a Borhalom település kertjében termesztett takarmányrépában (89,63 mg/kg) és a termesztett tökben (61,57 mg/kg) mértünk.



26. ábra. A zöldségnövények ólom tartalma száraz tömeg mellett

A 17. táblázat adatai alapján a talaj ólom koncentráció és a talaj pH érték között közepes korreláció észlelhető.

Markáns kapcsolat van a talaj pH értéke és a takarmányrépa, káposzta illetve sárgarépa ólom mennyisége között.

Nagyon magas korrelációt a talaj ólom mennyisége és a burgonya, valamint a sárgarépa között tudjuk megfigyelni. Jelentős kapcsolat pedig a talaj és a takarmány répa, a cékla ólom koncentráció között van.

Zöldségeknél jelentő kapcsolat tapasztalható a burgonya – takarmányrépa, káposzta – sárgarépa Pb koncentrációk között. Magas kapcsolat pedig a káposzta és cékla ólom értékek között van.

18. táblázat

A talaj pH értéke, "összes" ólom tartalma és a zöldségvények ólom tartalma közötti összefüggések

	<i>pH</i> (talaj)	<i>Pb</i> (mg/kg, talaj)	<i>Pb</i> (mg/kg) Termesztett tök	<i>Pb</i> (mg/kg) Takarmány répa	<i>Pb</i> (mg/kg) Cékla	<i>Pb</i> (mg/kg) Sárgarépa
	<i>r</i>					
Pb (talaj), mg/kg	0,67					
Pb (mg/kg) Paradicsom						
Pb (mg/kg) Paprika	-0,50	-0,27				
Pb (mg/kg) Termesztett tök	0,24	-0,19				
Pb (mg/kg) Takarmány répa	0,78	0,50				
Pb (mg/kg) Burgonya	0,29	0,91		-0,59		
Pb (mg/kg) Cékla	-0,37	0,52	0,27			
Pb (mg/kg) Sárgarépa	0,88	0,98				
Pb (mg/kg) Vetemény bab	-0,36	-0,41				
Pb (mg/kg) Káposzta	-0,83	-0,23			0,75	-0,63

● – közepes korreláció ○ – magas korreláció ● – nagyon magas korreláció

3.4. 2021-22-ben végzet vizsgálatok eredményei

2021-22 évi munkánk során Kustánfalva talajainak és a rajtuk termesztett növények „összes” fémtartalmát vizsgáltuk. A talaj-, illetve növénymintákat két területről gyűjtöttük be 0-30 cm-es mélységből. A minták megfelelő előkészítését laboratóriumban végeztük el, ahol azt kiszárítottuk, felaprítottuk, dörzsmorzsaiban homogenizáltuk és megmértük cink-, réz-, kadmium- és ólom tartalmukat.

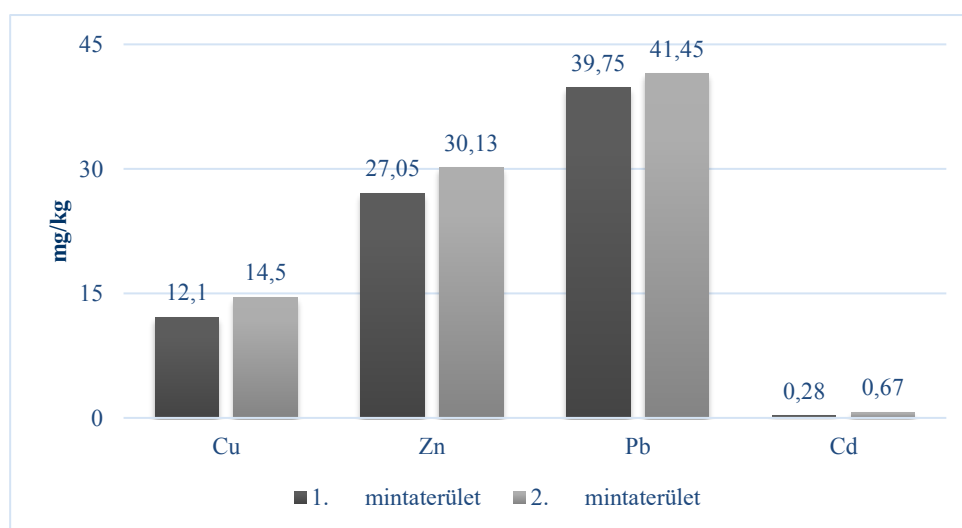
A munkánk során mért értékeket összehasonlítottuk és elemeztük egymás között.

A talajok réz tartalma minden mintában megfelelő mennyiségben volt. A növényminták esetében viszont 6 zöldségnél alacsony mutató lett. A talajmintákban a cink mennyisége is megfelelő. A burgonya, kapor és kerti saláta esetében viszont a cink mennyisége kevesebb, az ajánlott 25 mg/kg határértéknél.

Az ólom mennyisége a talajokban minden minta esetében meghaladja a megengedett határértéket. Növényeknél, a 4 zöldség levélben az ólom megléte kimutatási határ alatt van. De a burgonyafélék és disznóparéjfélék családjában észrevehető az ólom toxicitása. A több növény esetében minden mutató megfelelő, így azt következtítettük, hogy a szennyeződés feltehetően a szállóporral kerülhet a növények leveleire.

A kadmium mennyisége a talajban a megengedett értéken belül van. A kukorica- és uborkalevél kadmium tartalma a kimutatási határ alatt van. Ugyanakkor a káposztafélék és burgonyafélék leveleiben a kadmium mennyisége kétszeresen meghaladta a megengedett egészségügyi határértéket.

A vizsgálataink eredményeiből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy Kustánfalva környékén bizonyos növények ólom és kadmium tartalma potenciális veszélyt jelenthet az állatokra és az emberekre. A növények szennyezettségének forrása, méréseink szerint nem a talaj, hanem a szállópor.



27. ábra. Kustánfalva talajminták „összes” fémtartalma

19. táblázat

Kustánfalva zöldségnövények levelében mért mikroelemek mennyisége

A begyűjtött növény megnevezése	Cu	Zn	Pb	Cd
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Tökfélék családja (<i>Cucurbitaceae</i>)				
Uborka	9,81	43,51	0	0
Termesztett tök	4,49	44,18	0	0,67
Burgonyafélék családja (<i>Solanaceae</i>)				
Paprika	3,83	56,95	19,96	0,83
Kaliforniai paprika	9,98	103,66	31,60	1,33
Burgonya	8,65	12,30	0	0,67
Paradicsom	10,64	41,69	11,64	2,33
Káposztafélék családja (<i>Brassicaceae</i>)				
Karalábé	2,33	39,04	8,33	0,67
Hónapos retek	5,65	33,40	1,66	1,16
Jégcsapretek	8,98	32,56	1,66	1,50
Fejes káposzta	6,83	37,00	3,33	1,00
Disznóparéjfélék családja (<i>Amaranthaceae</i>)				
Cékla	15,81	218,97	49,92	2,83
Takarmány répa	18,14	62,42	14,98	0,83

Zellerfélék családja (<i>Apiaceae</i>)				
Sárgarépa	5,16	67,33	5,00	1,50
Kapor	1,33	11,32	0	0,17
Egyéb növények				
Kukorica	8,49	34,68	1,67	0
Veteménybab	9,66	31,02	18,33	0,83
Paréahagyma	9,31	29,53	68,13	3,16
Kerti saláta	3,99	20,08	0	1,00

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatómunkánkban a barnaföldek és az ezeken a talajokon termesztett zöldségnövények mikroelem tartalmát vizsgáltuk. A minta területekről begyűjtött zöldségek a következők: paradicsom, paprika, csípőspaprika, termesztett tök, takarmányrépa, burgonya, cékla, káposzta, sárgarépa, vetemény bab, karalábé. Négy esszenciális mikroelem, a réz, a cink, a mangán és a vas, valamint két toxikus nehézfém, az ólom és a kadmium mennyiségét mértük és hasonlítottuk össze a növény-talaj rendszeren belül. A vizsgálatok során mért értékeket továbbá összehasonlítottuk a szakirodalomban leírt határértékekkel.

A vizsgálati terület talajainak kémhatása erősen savanyú és gyengén savanyú. Három mintának az eredménye azt mutatja, hogy a mikroelemek felvehetőségéhez a kultúrnövények által a megfelelő közeg biztosított.

A barnaföldek összes réz, cink, mangán és vas tartalma kielégítő, négy esszenciális mikroelemből a növények megfelelő ellátottsága a talajban mért értékek alapján biztosított. Felsőkerepec mintaterület talajaiban valamivel több koncentrációban van a cink és az ólom. A növéymintákban rézből, cinkből és mangánból is többnyire az adott zöldségre jellemző mennyiségeket mértünk. A mangán mutatók közül nagy különbség figyelhető meg némely vizsgált mintában. A cékla, káposzta, termesztett tök és takarmányrépában a többi zöldségnövényhez képest magasabb a mangán mennyisége. A cékla, káposzta és sárgarépa vastartalmában a mangánhoz hasonló tendenciát figyeltünk meg.

A barnaföldek ólom tartalma normán belül van, mennyisége csak a Felsőkerepeci mintában haladta meg a megengedett határértéket. A növények ólom tartalma nagyon változó. A minták egy részében az ólom koncentráció a kimutatási határérték alatt volt. Három minta, egy-egy paprika, burgonya és karalábé zöldségekben alacsony a mennyiség. A többi növények ehető részében viszont jelentős mennyiségű ólmot mutattunk ki.

A kadmium mennyisége a barnaföldekben a megengedett érték alatt volt. A növéymintáknál a kadmiumra vonatkozóan ugyanazt a tendenciát figyeltük meg, mint az ólom esetében is. Néhány kultúrnövények kadmium tartalma a kimutatási határ alatt volt. Ugyanakkor a többi minta kadmium mennyisége többszörösen meghaladta a megengedett egészségügyi határértéket.

Ólom és kadmium szennyezettsége folytán több növény is potenciális veszélyt jelent fogyasztóira, emberekre és az állatokra.

РЕЗЮМЕ

Досліджували вміст мікроелементів у буроземно-підзолистих ґрунтах і овочевих культурах, вирощуваних на цих ґрунтах. Вивчали вміст мікроелементів у наступних овочах: помідори, перець, гострий перець, гарбуз звичайний, буряк кормовий, картопля, буряк, капуста, морква, квасоля звичайна та кольрабі. У системі "рослина-ґрунт" були визначені і порівняні чотири основних мікроелемента: мідь, цинк, марганець і залізо, а також дві токсичні важкі метали, свинець і кадмій. Крім того, вміст мікроелементів у ґрунтах та овочах порівняли з граничними допустимими концентраціями, які наведені в літературі.

Реакція ґрунтового розчину на досліджуваній території сильноокисла та слабокисла. Результати вимірювань у трьох зразках показують, що культурні рослини мають відповідне середовище для поглинання мікроелементів.

Валовий вміст міді, цинку, марганцю і заліза в буроземно-підзолистих ґрунтах задовільнений, і на основі ґрунтових показників рослини в достатній мірі забезпечені чотирма основними мікроелементами. В ґрунтах дослідженої ділянки в Верхніх Коропцях дещо вищі концентрації цинку та свинцю. У рослинах мідь, цинк і марганець також знаходяться в таких кількостях, які характерні для даних овочів. Аналізуючи показники марганцю слід зазначити, що між окремими досліджуваними зразками спостерігається велика різниця. Кількість марганцю порівняно з іншими овочами вища в буряку, в капусті, в гарбузі звичайному та в буряку кормовому. Відносно вмісту заліза у буряку, капусті та моркві спостерігалось явище, схоже з марганцем.

Вміст свинцю в буроземно-підзолистих ґрунтах знаходиться в межах норми, його кількість перевищила допустиму концентрацію тільки в зразку Верхнього Коропця. Вміст свинцю в рослинах дуже мінливий. У деяких зразках концентрація свинцю була нижче межі виявлення. В трьох зразках, в перці, картоплі та кольрабі кількість марганцю дуже низька. Однак у їстівних частинах інших рослин була виявлена значна велика кількість свинцю.

Кількість кадмію в буроземно-підзолистих ґрунтах нижча за допустиму норму. Ми спостерігали ту саму тенденцію для кадмію в рослинних зразках, що і для свинцю. Вміст кадмію в деяких культурних рослинах був нижче межі виявлення. При цьому в інших пробах вміст кадмію в кілька разів перевищував допустиму для здоров'я норму.

Через забруднення свинцем і кадмієм більшість рослин становлять потенційну небезпеку для людей і тварин.

FELHASZNÁLT IRODALOM JEGYZÉKE

1. Antos, G. és munkatársai (2006): Földművelés és földhasználat. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 413 pp.
2. BUZÁSNE DR. HARTYÁNYI, M. ÉS MUNKATÁRSAI (1995): Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer 1. Kötet. – Földművelésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrárkörnyezetgazdálkodási Főosztály Kiadó, Budapest, 93 pp.
3. DR. KÁDÁR, I. (1997): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. – MTA TAKI, Budapest, 398 pp.
4. Egészségügyi Világszervezet hivatalos honlapja
Interneten: <https://www.who.int/europe/home?v=welcome#:~:text=The%20WHO%2FFFAO%20report%20recommends,roughly%205%20portions%20per%20day>
5. FEHÉR, A. S. – CSISZÁR, J. – PÉCSVÁRADY, A. – ÖRDÖGNÉ-KOLBERT, ZS. (2019): A növények élete. Egyetemi jegyzet. – Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 278 pp.
6. FODOR, F. (2013): A növények vízháztartása, ásványi táplálkozás, transzformációk. In: Dr. Fodor Ferenc (szerk.): A növényi anyagcsere élettana. – Eötvös Loránt Tudományegyetem, Budapest, p. 29 – 66.
7. Füleky, Gy. (2011): Talajvédelem, talajtan. – Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 277 pp.
8. INCHLEY, J. – CURRIE, D. – BUDISAVLJEVIC, S. – TORSHEIM, T. – JÅSTAD, A. – COSMA, A. – KELLY, C. – ARNAESSON, Á. M. – SAMDAL, O. (2020): Spotlight on adolescent health and well-being. Az iskoláskorú gyermekek egészségmagatartása (HBSC) 2017/2018-as európai és kanadai felmérésének eredményei. Nemzetközi jelentés. 2. kötet. Főbb adatok, WHO Európai Regionális Iroda, Koppenhága
Interneten: <https://www.who.int/europe/home?v=welcome>
9. JAKAB, S. (1998): Talaj és környezet. – Trisedes Press Kiadó, Sepsiszentgyörgy. 199 pp.
10. JAKAB, S. (2002): Talajtan. – Somogy-Print Bt. Kiadó, Marosvásárhely, 194 pp.

11. KABATA-PENDIAS, A – PENDIAS, H. (1992): Trace Elements in Soils and Plants. – 2ns ed., Florida USA: Boca Raton, CRC press. 315 pp.
12. KÁDÁR, I. (1991): A talajok és növények nehézfém tartalmának vizsgálata. – MTA TAKI, Budapest, 104 p.
13. KÁDÁR, I. (1991): Környezet- és természetvédelmi kutatások. – Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Budapest, 86 pp.
14. KÁTAI, J. (2011): Talajökológia. – Debreceni Egyetem, Debrecen, 120 pp.
15. LISK, D. J. (1972): Trace metals in soils, plants and animals. Adv. Agron., 24, 267-325 pp.
16. LOCH, J. – KISS, SZ. (2014): Agrokémia. – Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 194 pp.
17. LOCH, J. – NOSTICZIUS, Á. (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 360 pp.
18. PEREI, K. – PERZSENYI, T. – LAKATOS, GY. (2013): Bioremedáció. – Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 195 pp.
19. SÁRADI, K. (2003): Agrokémia. A növénytáplálás alapjai. – Veszprémi Egyetem, Keszthely, 210 pp.
20. Schmidt, J. (2011): Földműveléstan. – Debreceni Egyetem, Debrecen, 124 pp.
21. SIMON, L. (2006): Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremedációja a talaj-növény rendszerben. – Nyíregyházi Főiskola, Nyíregyháza, 205 pp.
22. STEFANOVITS, P. – Filep, Gy. – Füleky, Gy. (1999): Talajtan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 433 pp.
23. STEFANOVITS, P. (1981): Talajtan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest, 379 pp.
24. TÓTH, E. A. – KALOCSAI, R. – DORKA-VONA, V. – GICZI, ZS. (2018): Az esszenciális mikroelemek szerepe a növények élettani folyamatiban. – Száchenyi István Egyetem, Mosonmagyaróvár, 127-128 pp.
25. WAMBOGO, E. et al. (2020): Fruit and Vegetable Consumption Among Children and Adolescents in the United States, 2015. – National Center for Health Statistics, Hyattsville
Interneten: <https://www.cdc.gov/nchs/products/index.htm>
26. АВЕРЧЕНКО, В. І. – САМОЙЛЕНКО, Н. М. (2018): Ґрунтознавствою – Видання Мачулін, Харків, 117 с.

27. ГОРОДНІ, М.М. – ЛІСОВАЛ, А.П. – БИКІН, А.В. – СЕРДЮК, А.Г. – КАЛЕНСЬКИЙ, В.П. – БАЛАБАЙКО, В.Ф. – МАКАРЕНКО, В.М. – МАКАРЧУК, Ш.У. – МАЗУРКЕВИЧ, Л.І. – РОЗСТАЛЬНИЙ, В.Є. – ЯРИГІНА, Н.Я. – КУЛИК, В.Д. – САМОХВАЛ, Є.Г. – ГЕНГАЛО, О.М. – БИКІНА, Н.М. – ГОНЧАР, О.М. (2005): Агрохімічний аналіз. – Арістей, Київ, стр. 132
28. ГОСПОДАРЕНКО, Г. М. (2013): Агрохімія. – Аграрна освіта, Київ, 406 с.
29. Карта ґрунтів України. Закарпатська область. – Головний сайт для агрономів
Interneten: <http://surl.li/hbhzf>
30. КУЗНЕЦОВ, В. В. – ДМИТРИЄВА, Г. А. (2006), Физиология растений. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Выш. шк. 742 с.
31. МЕДВЕДЕВА, В. В. – ЛАКТИОНОВОЇ, Т. М. (1998): Земельні ресурси України. Харків-Київ: Аграрна наука, 150 с.
32. Міжнародний рік овочів і фруктів. Місце України в інфографіці. – Офіційний сайт – AgroPortal
Interneten: <http://surl.li/heapx>
33. ОПІНКО, В. В. – ІЩЕНКО, В. І. (2011): Навчально-методичний посібник «Ґрунтознавство: теорія і практика»ю Полтава, 259 с.
34. ПОЛЕВОЙ, В. В. (1989): Физиология растений. – Издательство «Высшая школа», Москва, 464 с.

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra. Ukrajna legnépszerűbb zöldségei	25
2. ábra. A kutatási terület	26
3. ábra. A barnaerdőtalajok elterjedése Kárpátalján	27
4. ábra. A szárításhoz előkészített talajminták	28
5. ábra. Talajfúró.....	28
6. ábra. Mikrohullám roncsoló berendezés.....	30
7. ábra. Agilent Technologies 240 típusú atom-abszorpciós spektrofotométer	30
8. ábra. A vizsgált talajok kémhatása	34
9. ábra. A talajminták réz tartalma.....	35
10. ábra. A talajminták cink tartalma.....	35
11. ábra. A talajminták mangán tartalma	36
12. ábra. A talajminták kadmium tartalma	36
13. ábra. A talajminták ólom tartalma	37
14. ábra. A talajminták vas tartalma	38
15. ábra. A zöldségnövények réz tartalma nedves tömeg mellett	40
16. ábra. A zöldségnövények réz tartalma száraz tömeg mellett.....	40
17. ábra. A zöldségnövények cink tartalma nedves tömeg mellett	42
18. ábra. A zöldségnövények cink tartalma száraz tömeg mellett.....	43
19. ábra. A zöldségnövények mangán tartalma nedves tömeg mellett.....	45
20. ábra. A zöldségnövények mangán tartalma száraz tömeg mellett.....	45
21. ábra. A zöldségnövények vas tartalma nedves tömeg mellett	48
22. ábra. A zöldségnövények vas tartalma száraz tömeg mellett	48
23. ábra. A zöldségnövények kadmium tartalma nedves tömeg mellett.....	50
24. ábra. A zöldségnövények kadmium tartalma száraz tömeg mellett	51
25. ábra. A zöldségnövények ólom tartalma nedves tömeg mellett	53
26. ábra. A zöldségnövények ólom tartalma száraz tömeg mellett.....	54
27. ábra. Kustánfalva talajminták „összes” fémtartalma	56

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat. A begyűjtött talajminták listája.....	27
2. táblázat. A vizsgált zöldségnövények	29
3. táblázat. Mikroelem maximálisan megengedett mennyisége a talajban	30
4. táblázat. Mikroelem maximálisan megengedett mennyisége a zöldségekben, mg 1 kg nyers anyagra.....	31
5. táblázat. A talajok osztályozása a kémhatás szerint.....	31
6. táblázat. A 2021-22 évben begyűjtött növények listája	32
7. táblázat. A zöldségnövények nedves és száraz tömeg réz tartalma	39
8. táblázat. A talaj pH értéke, „összes” réz tartalma és a zöldségnövények réz tartalma közötti összefüggések	41
9. táblázat. A zöldségnövények nedve és száraz tömeg cink tartalma.....	42
10. táblázat. A talaj pH értéke, "összes" cink tartalma és a zöldségnövények cink tartalma közötti összefüggések.....	44
11. táblázat. A zöldségnövények nedve és száraz tömeg mangán tartalma.....	44
12. táblázat. A talaj pH értéke, "összes" mangán tartalma és a zöldségnövények mangán tartalma közötti összefüggések.....	46
13. táblázat. A zöldségnövények nedves és száraz tömeg vas tartalma.....	47
14. táblázat. A talaj pH értéke, "összes" vas tartalma és a zöldségnövények vas tartalma közötti összefüggések.....	49
15. táblázat. A zöldségnövények nedves és száraz tömeg kadmium tartalma	50
16. táblázat. A talaj pH értéke, „összes” kadmium tartalma és a zöldségnövények kadmium tartalma közötti összefüggések.....	52
17. táblázat. A zöldségnövények nedves és száraz tömeg ólom tartalma.....	53
18. táblázat. A talaj pH értéke, "összes" ólom tartalma és a zöldségnövények ólom tartalma közötti összefüggések.....	55
19. táblázat. Kustánfalva zöldségnövények levelében mért mikroelemek mennyisége	56

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani témavezetőmnek Dr. Csoma Zoltának, aki szakmai tanácsaival és támogatásával segítette a munkám megírását és neki köszönhetően sok új tudással és tapasztalattal gyarapodtam.

Köszönöm mindazoknak, akik segítségükkel hozzájárultak a mintavételezésekhez, ezzel segítve munkámat.

Ім'я користувача:
приховано налаштуваннями конфіденційності

ID перевірки:
1015189551

Дата перевірки:
22.05.2023 19:43:41 CEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
22.05.2023 19:52:47 CEST

ID користувача:
100011757

Назва документа: Éder_Volodimira_Szakdolgozat_2023

Кількість сторінок: 63 Кількість слів: 13898 Кількість символів: 125939 Розмір файлу: 3.05 MB ID файлу: 1014867623

4.76% Схожість

Найбільша схожість: 1.19% з Інтернет-джерелом (https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/bitstream/123456789/1161/1/Zsendely_K)

4.66% Джерела з Інтернету

358

Сторінка 65

1.94% Джерела з Бібліотеки

90

Сторінка 67

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

2