

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

Реєстраційний № _____

Кваліфікаційна робота
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДГОТОВКИ ЗРАЗКІВ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ ВАЛОВОГО ВМІСТУ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ

ЧЕРНИЧКО ЯНА ІВАНІВНА

Студентка IV-го курсу
Освітня програма: Середня освіта (Хімія)
Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)
Рівень вищої освіти: бакалавр

Тема затверджена на засіданні кафедри

Протокол № 3 / 25.10.2023 р.

Науковий керівник:

Чома Золтан Золтанович
доктор філософії, доцент

Завідувач кафедри:

Когут Ержебет Імрїївна
доктор філософії, доцент

Робота захищена на оцінку _____, «__» _____ 2024 року

Протокол № _____ / 2024

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

Кафедра біології та хімії

**Кваліфікаційна робота
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДГОТОВКИ ЗРАЗКІВ ДЛЯ
ВИЗНАЧЕННЯ ВАЛОВОГО ВМІСТУ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ**

Рівень вищої освіти: бакалавр

Виконавець: студентка IV-го курсу

Черничко Яна Іванівна

освітня програма Середня освіта (Хімія)

спеціальність 014 Середня освіта (Хімія)

Науковий керівник: **Чома Золтан Золтанович**

доктор філософії, доцент

Рецензент: **Філеп Михайло Йосипович**

кандидат хімічних наук, доцент

Берегове
2024

**Ukrajna Oktatási és Tudományügyi Minisztériuma
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola**

Biológia és Kémia Tanszék

**TALAJMINTÁK ÖSSZES FÉMTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA
SORÁN HASZNÁLT MINTA ELŐKÉSZÍTÉSI ELJÁRÁSOK
ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA**

Szakedolgozat

Készítette: Csernicskó Jána

IV. évfolyamos

014 Középfokú oktatás (Kémia)

szakos hallgató

Témavezető: Dr. Csoma Zoltán, PhD

docens

Recenzens: Filep Mihály

a kémiai tudományok kandidátusa, docens

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Поняття про ґрунт та його компоненти	9
1.2. Забруднення ґрунту....	10
1.2.1. Важкі метали в ґрунті.....	10
1.2.2. Джерела забруднення ґрунтів металами	12
1.2.3. Період напіврозпаду металів.....	13
1.2.4. Дослідження забруднення ґрунту.....	13
1.3. Методи концентрування та розділення.....	14
1.3.1. Методи концентрування.....	15
1.4. Визначення хімічних елементів у ґрунті	16
1.5. Основні методи визначення вмісту металів у ґрунті.....	17
1.5.1. Кислотне розкладання ґрунту за допомогою царської води	17
1.5.2. Кислотне розкладання ґрунту за допомогою HNO_3 + H_2O_2 в автоклаві	18
1.5.3. Вилучення металів за допомогою NH_4 ацетату + EDTA.....	19
1.5.4. Розкладання ґрунту методом лужного спікання.....	19
1.5.5. Розкладання ґрунту при високому тиску та температурі.....	19
1.5.6. Приготування водної витяжки	20
II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	21
2.1. Досліджені зразки ґрунтів.....	21
2.2. Методи досліджень.....	22
2.2.1. Визначення рН ґрунтів у витяжці хлористого калію.....	22
2.2.2. Визначення гумусу в ґрунтових зразках за методом Тюріна.....	23
2.2.3. Визначення вмісту органічної речовини в зразках з високим вмістом органічної речовини методом прожарюванні.....	24
2.2.4. Визначення валового вмісту металів після кислотного розкладання ґрунту за допомогою конц. HNO_3 + конц. H_2O_2 в автоклаві (метод ПІМ).....	24
2.2.5. Визначення валового вмісту металів після кислотного розкладання ґрунту за допомогою конц. HNO_3 + конц. HCl (метод DIN EN13346).....	25

2.2.6. Допустимий вміст хімічних речовин у ґрунті, що використовуються при оцінці результатів вимірювань.....	26
III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	27
3.1. Визначення вмісту валових форм металів у ґрунті.....	27
3.1.1. Значення рН досліджених зразків ґрунтів	27
3.1.2. Вміст органічної речовини та гумусу в досліджених зразках ґрунтів.....	28
3.1.3. Валовий вміст міді в ґрунтах.....	30
3.1.4. Валовий вміст цинку в ґрунтах.....	32
3.1.5. Валовий вміст свинцю в ґрунтах.....	33
3.1.6. Валовий вміст мангану в ґрунтах.....	35
3.1.7. Валовий вміст кадмію в ґрунтах.....	37
3.1.8. Валовий вміст хрому в ґрунтах.....	39
3.1.9. Валовий вміст заліза в ґрунтах.....	41
3.1.10. Валовий вміст кобальту в ґрунтах.....	43
3.1.11. Валовий вміст нікелю в ґрунтах.....	45
РЕЗЮМЕ (угорською мовою).....	47
РЕЗЮМЕ (українською мовою).....	50
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	52
СПИСОК РИСУНКІВ.....	55
СПИСОК ТАБЛИЦЬ.....	56

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	8
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
1.1. A talaj fogalma és összetevői.....	9
1.2. A talajszennyezés fogalma.....	10
1.2.1. Nehézfémetek a talajban.....	10
1.2.2. A fémszennyeződés forrásai.....	12
1.2.3. A fémek felezési ideje.....	13
1.2.4. A talajszennyezés vizsgálata.....	13
1.3. Koncentráció és elválasztás.....	14
1.3.1. A koncentráció.....	15
1.4. A talaj elemeinek meghatározása.....	16
1.5. A leggyakrabban használt módszerek a talaj fémtartalmának meghatározására ...	17
1.5.1. A talaj királyvizes feltárása (Aqua regia digestion of soils).....	17
1.5.2. A cc HNO ₃ + cc H ₂ O ₂ kioldás autoklávban.....	18
1.5.3. A NH ₄ -acetát + EDTA kioldás.....	19
1.5.4. A talaj lúgos ömlesztéses feltárása.....	19
1.5.5. Feltárás magas nyomáson és hőmérsékleten.....	19
1.5.6. Vizes kivonatok készítése.....	20
II. ANYAG ÉS MÓDSZER	21
2.2. A vizsgált talajminták.....	21
2.3. Vizsgálati módszerek.....	22
2.3.1. A talajok pH értékének meghatározása kálium-kloridos kivonatban.....	22
2.3.2. A talajminták humusz tartalmának meghatározása Tyurin-féle módszer szerint ...	23
2.3.3. Nagy szervesanyag tartalmú minták szerves anyag tartalmának meghatározása az izzítási veszteség alapján.....	24
2.3.4. A talajminták „összes” fém tartalmának meghatározása cc HNO ₃ + cc H ₂ O ₂ feltárással (TIM módszer).....	24

2.3.5. A talajminták „összes” fém tartalmának meghatározása cc HNO ₃ + cc HCl feltárással (DIN EN 13346).....	25
2.3.6. A mérési eredmények kiértékelésénél használt határértékek	26
III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS.....	27
3.1. A talajminták összes fémtartalmának meghatározása	27
3.1.1. A vizsgált talajminták kémhatása.....	27
3.1.2. A vizsgált talajminták szervesanyag és humusztartalma	28
3.1.3. A talajok „összes” réz koncentrációja	30
3.1.4. A talajok „összes” cink koncentrációja	32
3.1.5. A talajok „összes” ólom koncentrációja.....	34
3.1.6. A talajok „összes” mangán koncentrációja	36
3.1.7. A talajok „összes” kadmium koncentrációja.....	38
3.1.8. A talajok „összes” króm koncentrációja	40
3.1.9. A talajok „összes” vas koncentrációja	42
3.1.10.A talajok „összes” kobalt koncentrációja	44
3.1.11.A talajok „összes” nikkel koncentrációja	46
ÖSSZEFOGLALÓ.....	48
PE3IOME.....	50
IRODALOMJEGYZÉK.....	52
ÁBRÁK JEGYZÉKE.....	55
TÁBLÁZATOK JEGYZÉK.....	56

BEVEZETÉS

A talajviszonyok befolyásolják az elfogyasztott táplálékot, a vizet, amit iszunk, a levegőt, amelyet belélegzünk, egészségünket és a Földön élő összes élet egészségét. Egészséges talajok nélkül nem leszünk képesek élelmet termeszteni. Végül is a becslések szerint annak 95 %, amit eszünk, közvetlenül vagy közvetve a talajból származik.

Ugyanakkor évről évre egyre több ember szenved a talajszennyezéstől, mert az láncreakciót vált ki: befolyásolja a talaj biodiverzitását, csökkenti a talaj szervesanyag tartalékjait és azok szűrőképességét. A talajszennyezés pusztító a környezetre, és negatív következményekkel jár minden vele érintkező életforma számára.

A fő talajszennyező anyagok a fémek és vegyületeik, a radioaktív elemek, valamint a műtrágyák és a növényvédő szerek (gyomirtásra használt vegyszerek). Ismeretes, hogy a környezet hatására az emberi szervezetben öröklött változások (mutációk) léphetnek fel. A környezet állandó romlása végül a szervezet védő tulajdonságainak csökkenéséhez vezethet, amely megszűnik ellenállni a különféle betegségeknek.

Az emberek világszerte lépéseket tesznek a környezetbe kerülő káros fémek ipari kibocsátások csökkentésére, de ez még mindig nem elég ahhoz, hogy megszüntessük a talajszennyezés problémáját. Ugyanakkor a fémek jelentős része szükséges az élő szervezetek normális működéséhez, mint például a Fe, Co, Zn, Cu, Mn, Ni, V, P. (Giuseppe, 2017)

A munkánk célja megvizsgálni és összehasonlítani a talaj összes fémtartalmának meghatározása során használt minta előkészítési eljárásokat Kárpátalja talaj típusaira vonatkozóan. Feladataink közé tartozik kiválasztani azt a módszert és kivonószert, amellyel maximális hatékonysággal tudjuk kivonni az összes fém mennyiségeket a különböző talajokból, a meghatározás körülményeit és az extrahálásra fordított időt is figyelembe véve.

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1.A talaj fogalma és összetevői

Talaj - a földkéreg felső rétege, amely biológiai tényezők (növényzet, mikroorganizmusok, talajfauna) és az anyaközetek kölcsönhatása eredményeként jön létre bizonyos hidrotermális körülmények között. (Pántos György, n.d.)

A talaj biztosítja az anyagok biológiai körforgását a természetben. Fogadja a felszínre érkező anyagáramlásokat és energiát; tárolja és átalakítja azokat. A termőföld természeti erőforrás, amely az élővilággal szoros kapcsolatban és kölcsönhatásban megújul, ha az anyagok körforgása zavartalan. Ha azonban az anyagok forgalmában fennakadás van, vagy a talaj kipuhtul, mint erőforrás meg nem újítható.

A Föld felszínén a geoszféra, a talajképződés által vezényelt földkéreg-, szoros kapcsolatban van a litoszférával, a bioszférával, és az atmoszférával. (Stefanovits P., 1999; Tudományi et al., 2008)

A talaj a szilárd anyagnak csak a feléből áll, a fennmaradó térfogatot vízzel vagy levegővel töltött pórusok foglalják el. A talaj jellemzőit befolyásoló fő tényező és mezőgazdasági jellemzőinek kulcsa a talaj szilárd fázisának összetétele, például agyag és szerves anyagok. A talaj 50%-ban szilárd anyagokból és 50%-ban pórusokból áll a részecskék között. Más szóval, a talaj tömegének fele szilárd, fele porózus. (Szalai Zoltán, 2011)

A talaj szilárd fázisának összetétele:

- 45 tf% ásványi rész
- 5 – 7 tf% szerves anyag (elsősorban humuszanyagok)

A talaj ásványi összetételének fő részét elsődleges ásványok (főleg kvarc, földpát, csillám) és másodlagos ásványok (agyagok, oxidok és hidroxidok, sóásványok) teszik ki, melyeket a talaj talajképző kőzetekből örököl. (Zacháry Dóra, 2019) A mállás és a talajképződés folyamata. Kiemelt szerepük van a finomszemcsés (<0,001 mm) agyagásványoknak (kaolinit, montmorillonit, vegyes réteg), amelyek meghatározzák a talaj fontos jellemzőit: vízfizika, fizikai technika, talajfelvevő képesség, növényi tápanyagok elérhetősége.

A fémek természetes összetevőként is jelen vannak a talajban és vízben. A mállásifolyamatok során a kőzetekben kötött fémek felszabadulnak, és a talaj szilárd vagy vizes fázisába kerülnek. A fémek a talaj szilárd fázisában szilikátok rácsalkotójaként, csapadékként, kolloidok felületén adszorbeálódva vagy kicserélhető ionként vannak jelen. A vizes fázisban szabad hidratált ionként, vízoldható szerves vagy szervesetlen komplexben, valamint ion-asszociációkban fordulnak elő. A fémformák a talajban egymással dinamikus egyensúlyban

vannak, egymásba átalakulnak (Stefanovits P., 1999) Egyes talajtípusokban a természetes fémtartalom igen magas lehet, gyakoribb azonban, hogy a talajok fémtartalma emberi tevékenység (antropogén hatás) következtében emelkedik meg. A fosszilis energiahordozók (szén, olaj) eltüzeléséből, az ipari létesítmények emissziójából, a közlekedés légszennyezéséből jelentős mennyiségű toxikus fém kerülhet az atmoszférába, melyek egy része a talajra vagy a növényekre ülepedik ki. Fémszennyeződés alakulhat ki a bányák és fémfeldolgozó üzemek, kohók környezetében, valamint ipari és kommunális hulladékok gondatlan kezelése, elhelyezése miatt. A mezőgazdaságban ahhoz, hogy nagyobb és biztosabb termést érjünk el különböző beavatkozásokat, mint a talajművelés, a trágyázás, a vegyszeres gyomirtás, az öntözés, a talajjavítást alkalmazzuk, ami miatt a talajba toxikus fémek kerülhetnek. Ezzel a talaj maga is változik. (Аверченко et al., 2018) A változások lehetnek kedvezők vagy kedvezőtlenek. Ezek a hatások befolyásolják nem csak a talajt, hanem a természetet is. Ami nagyon rossz, mivel a talaj legfontosabb funkciója az egész természeti környezet és az emberi élet minőségének fenntartása. (Krekó Ilona K Anczler Gyuláné, n.d.)

1.2.A talajszennyezés fogalma

A talajszennyezés fogalmát különbözőképpen határozták meg a kiadványok. A közelmúltban a talajra szennyezésre úgy gondoltak mint a talaj, amelynek kémiai állapota eltér a normál összetételtől, de nincs káros hatással az organizmusokra. Szennyezésről akkor beszélünk, ha egy elem vagy anyag a természetesnél nagyobb mennyiségben van jelen (koncentráció).

A szerzők kijelentették: „Növényi, állati és emberi egészségből perspektíva szerint a talajok nem tekinthetők szennyezettnek, hacsak nem létezik olyan küszöbkoncentráció, amely elkezd befolyásolni a biológiai folyamatokat.” (Kabata-Pendias & Pendias, 2001, pp. 35, 94; Lombi et al., 1998)

A talaj fémszennyezése egyidős az ember azon képességével, hogy megolvasztja és feldolgozza az érceket. A kulturális fejlődés bármely korszaka elhagyta a fém környezetszennyezés, főleg talajban, üledékben és jégben raktározódik. (Kabata-Pendias & Pendias, 2001)

1.2.1. Nehézfémek a talajban

A nehézfémek természetes szennyeződésként és okként vannak jelen a talajban koncentrációjuk növekedése az emberi tevékenységekkel függ össze. (Masindi et al., 2021)Az utóbbi évtizedekben az ipar rohamos fejlődése miatt jelentős mértékben megnő a fémek

koncentrációja a bioszférában, a légkörben és a hidroszféra. így ma a szárazföld egyik kiemelt szennyezőjének számítják. Intenzív antropogén hatás miatt a nehézfémek mennyisége az agroökoszisztémában meghaladja a védő (puffer) tulajdonságait. Ami a terméshozam és a növényi termékek minőségének csökkenéséhez vezet, veszélyes az emberi szervezetre és az állatokra. (Kabata-Pendias & Pendias, 2001, p. 45; Lombi et al., 1998)

Számos jel utal arra, hogy a felület összetétele a talajt a helyi szennyeződés és a szennyező anyagok nagy távolságra történő szállítása egyaránt befolyásolhatja a talaj összetételét. Néhány tudós ezek közül Purves is, azokra a következtetésekre jutottak, hogy a talajszennyezés mértéke a városi környezetben mára olyan nagy, hogy az a legtöbb talaj városi vagy vidékiként azonosítható néhány fémnyom alapján amelyek köztudottan általános városi szennyeződések.

A forrás típusától és tulajdonságaitól függően kétféle nehézfémek lehetnek:

- 1) litogén, azaz az anyafajhoz köthető;
- 2) antropogén, azaz olyan, amely emberi tevékenység eredményeként kerül a talajba.

A nehézfém szennyezés többnyire lokális. Ami azt jelenti, hogy bizonyos helyeken vannak jelen, azaz bányák és fémfeldolgozó üzemek, kohók környezetében. A talajba kerülve a nehézfémek folyamatosan vándorolnak, átjutva a talajba vagy egyéb más kémiai állapotokba. Valamelyikük hidrolizált, mások képesek nehezen oldódó vegyületek képzésére és a talajban való rögzítésére. A talajban lévő nehézfémek három állapotúak lehetnek: nem cserélhető, cserélhető, vízben oldható. A felhalmozási folyamatokban pedig és a fémátalakítások a talajok mindenféle nedvszívó képességét magukban foglalják. Nagy jelentőséget játszik az, hogy a biológiai rendszerek milyen részarányban felvehetik a fémeket, mert ez a fémforma képes eljutni a felszín alatti vizekbe, és ezt képesek felvenni az élő szervezetek, mindenekelőtt a növények. A növények általi felvétel a talajban lévő körülmények mellett függ magától a növényi szervezettől is. A további koncentrációfelvétel az élő szervezetek elnyomásához és elpusztulásához vezet. Ennek eredményeként a nehézfémek felhalmozódnak a talaj felső rétegeiben. (Lombi et al., 1998)

A talaj tulajdonságai is lényeges befolyást gyakorolnak a fémmozgékonyagra, elsősorban az alábbiak:

- a talaj összetétele,
- a talaj pH-ja,
- redoxviszonyok a talajban,
- a talaj ioncserélő képessége,
- a talaj szervesanyag-tartalma,
- a talajban lévő egyéb (fém)ionok (Adriano, 1986)

Ahhoz hogy a nehézfémek káros hatásait csökkentjük megfelelő szabályok voltak bevezetve:

- A **nehézfémek maximálisan megengedett határértéke** (1. táblázat)
- A nehézfémek **Clark** értéke

A **nehézfémek határértéke** mutatja a koncentrációkat, amelyek hosszan tartó expozíció alatt állnak a talajon és a rajta növekvő növényeken nem okoz káros hatásokat a biológiai folyamatok változásain vagy anomáliáin, és nem vezet a mérgező elemek felhalmozódásához a növényekben. (Draszawka-Bolzan, 2015)

A **Clark** a talaj nehézfémjeinek átlagos tartalma, mg / kg. (Gimeno-García, 1996; Грелюк, 2016; Шевчук, 2021)

1. táblázat

A nehézfémek határértéke

Vegyület	A mobilis formák határértéke	Határérték mozgékony formák (ammónium-acetát puffer, pH 4,8)	Határérték növényi termékeknél
Cu	100	100	3
Ni		50	4
Co		50	5
Zn	300	300	23
Cd	5	3	0,7
Pb	100	32	2
Cr	100	100	6

1.2.2. A fémszennyeződés forrásai

Leggyakrabban a talaj fém- és szerves vegyületekkel szennyezett anyagok, olajok, kátrány, peszticidek, robbanóanyagok, mérgező anyagok, radioaktív, biológiailag aktív éghető anyagok, és egyéb káros termékek. Ezeknek a vegyületeknek a forrása gyakran az erre kijelölt helyen elásott ipari vagy háztartási hulladékot, ill engedély nélküli hulladéklerakókból származik. (Benoit et al., 1997)

Európában az illetéktelen háztartási és ipari hulladéklerakók problémája elsőbbséget érdemel. A következmények leküzdésének költségei Európában több mint 10 milliárd eurót meghaladja.

Viszonylag veszélyes a talaj szennyeződése olyan nehézfémekkel, mint Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn és As. (Gimeno-García, 1996)

1.2.3. A fémek felezési ideje

A talajban lévő szennyeződések sokkal hosszabb ideig tartanak, mint a bioszféra más részein, és a talaj szennyeződése, különösen nehézfémekkel, gyakorlatilag állandónak tűnik. Fémek felhalmozódtak a talajban lassan kimerülnek kimosódás, növényi felszívódás, erózió vagy defláció következtében. Az első felezési ideje nehézfémeknek viszonylag állandó. A Zn felezési ideje 70-510 év; Cd esetében 13-1100 év; Cu esetében 310-1500 év; és Pb esetében 740-5900 év. A mérsékelt éghajlatú talajok nyomelemei becsülhetők: Cd esetében 75-380 év; Hg-ra 500-1000 év; Ag, Cu, Ni, Pb, Se és Zn esetében pedig 1000-3000 év. Trópusi talajokon, esőerdőkben az elemek kilúgozási sebessége sokkal rövidebb, és körülbelül 40 évre számítják. (Adriano, 1986; Balali-Mood, 2021; Djordjevic et al., 2019)

1.2.4. A talajszennyezés vizsgálata

A talajszennyezés az utóbbi időben számos tanulmány tárgyává vált. Oslóban (Norvégia) és Madridban (Spanyolország) a szennyezés vizsgálata megmutatta az ún „városi” szennyező anyagokat: Ba, Cd, Pb, Sb, Ti, Zn, és kisebb mértékben Cu. Több más vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy a városi talajok szennyezettsége sajátos, és helyenként változó; például Varsóban (Lengyelország) a Li, Ni, Zn, Cr, Pb, Ba, Sr és Fe relatív növekedése figyelhető meg. Az 1977-től 1997-ig tartó 20 év során mérsékelt növekedést mutatott a Pb, Cd, és Cu, de nem a Zn, a varsói utcák mentén található talajokban: Cd 6,0-10,0, Cu 36 és 45 között, és Pb 150 és 190 között (átlag, ppm). Rendkívüli forgalomművekedés annak idején Varsóban is megfigyelték. Novoszibirszkben (Oroszország) relatív növekedést figyeltek meg As, Br, Cd, Cu, Hg, Mo, Pb, Zn és Zr esetében, Minszkben (Belorusz) pedig Cd, Pb és Cu. Sienában (Olaszország) a Ba és Pb volt a legnagyobb mennyiségben megnövekedett fém, és a Ba-t nyomjelzőként javasolták járművek kibocsátása esetén a Pb helyett. Azonban a Zn és a Pb a leggyakrabban dúsított fémek sok város talajában. (Alloway, 2012; Kabata-Pendias & Pendias, 2001)

A XXI század egyik legaktuálisabb kérdése a gépjárművek üzemeltetéséből származó hulladékok kezelése, melynek főbb hulladékai: autógumik, karosszériák, belső kárpitok (műanyagok), kiegészítő elektrolit és ólomiszap akkumulátorok, elhasznált olajtermékek, szűrők, felfüggesztések. Az elhasznált motorolajok a hulladékok teljes szám jelentős részét teszik ki. Megjegyzendő, hogy az elhasznált motorolaj-hulladék nemcsak a gépjármű-közlekedésben, hanem más közlekedési járművekben és iparban is keletkezik.

Ma körülbelül 500 millió jármű van a világon. Ukrajnában ez a szám már meghaladja a nyolcmilliót. Egy autó átlagosan körülbelül 5 liter használt motorolajat termel évente. Ukrajnában a használt olaj körülbelül 50%-át a talajba öntik, ami különféle káros kémiai elemek, köztük nehézfémek felhalmozódásához vezet. (Кулик, 2016)

Ukrajnában az elhasznált olaj irányítása az egyik legégetőbb környezetvédelmi problémává vált, mivel a begyűjtési rendszer nincs kiépítve, és az elhasznált motorolajok regenerációja nem fejletlen. A legtöbb fejlett ipari és közlekedési infrastruktúrával rendelkező országban a kenőanyagok hulladékainak begyűjtését és regenerálását nemzeti jogszabályok szabályozzák, és ez kötelező. Ezenkívül a kormányok gazdasági intézkedéseket hoztak a szakképzett használatuk ösztönzése érdekében. Ami Ukrajnát illeti, még csak úton van a probléma megoldása felé. Ma Ukrajnában a használt olaj hasznosítása decentralizált, begyűjtésük rendszere nem szervezett és spontán, amit nagyban elősegít a környezetvédelmi ellenőrzés hiánya. (Гришко В.М, 2012)

A berlini kutatók kiszámították a relatív (az összes %-ában) az antropogén felhalmozódást és kiderült, hogy a legmagasabb a Zn, Hg, Cu és Cd esetében (60-80%), közepes a Ni, Pb, és Sn (50-60%), és alacsony Ag és Cr (20-30%). A legalacsonyabb antropogén eredetű, 1%, az Zr-re adott.

Minden hasonló becslés egyértelműen jelezte, hogy a fém teljes eltávolítása a talajból szinte lehetetlen. (Adriano, 1986; Balali-Mood, 2021)

Ennek ellenére már a modern világgal és az analitikai kémia fejlődésével a kutatók többféle megoldásokat találtak ki a fémek kivonására a talajból.

1.3. Koncentráció és elválasztás

Az analitikai kémia módszereit két nagy csoportra osztják. Az első a komponensek (nuklidok, elemek, molekulák, fázisok) szétválasztására és koncentrálására szolgáló módszereket tartalmazza, a második pedig az elemzett objektum összetevőinek meghatározására szolgáló módszereket tartalmazza. A két csoport módszereinek kombinációja hibrid módszereket eredményezett. Az elválasztás és a koncentráció leírására legalább három kifejezést használnak a tudósok: "szétválasztás", "koncentráció", "kiválasztás".

Az elválasztás olyan művelet, amelynek eredményeként a kezdeti keveréket alkotó komponensek elválnak egymástól. A koncentráció olyan folyamat, amelynek eredményeként a mikrokomponensek koncentrációjának vagy mennyiségének a makrokomponens koncentrációjához vagy mennyiségéhez viszonyított aránya megnő. Az első esetben a keveréket alkotó komponensek koncentrációja eltérhet egymástól, a második esetben pedig olyan

komponensek elválasztásáról beszélünk, amelyek koncentrációja élesen különbözik egymástól. Az elválasztáshoz és a koncentrációhoz leggyakrabban ugyanazokat a módszereket alkalmazzák: extrakció, üleptetés, szorpció, kristályosítás, lúciós módszerek, szublimáció, flotáció, elektrokémiai és desztillációs módszerek.

A nyomelemek koncentrációja fontos helyet foglal el a modern analitikai kémia módszerei között. Az analitikai ciklus magában foglalja a mintavételt, annak feldolgozását a meghatározásra való felkészülés érdekében, a tényleges meghatározást és az eredmények feldolgozását. A sűrítés a mintafeldolgozási (előkészítési) szakasz szerves része. Ezzel együtt ennek az elemzési szakasznak a szakaszai lehetnek a minta lebontása, például az egyes összetevők feloldása, elfedése és egyszerű szétválasztása. A műveletek megválasztása a minta-előkészítés szakaszában elsősorban a megoldandó problémától, a tárgy jellegétől és az utólagos meghatározás módszerétől függ. Itt nincsenek univerzális reakciók. Például, amikor a talaj- vagy ásványi mintákat agresszív hidrogén-fluorsavat tartalmazó keverékek bontják le, a szilícium illékony tetrafluorid formájában desztillálódik le. (Alkorta I, 2010)

1.3.1. A koncentráció

A koncentráció kétféleképpen lehet végrehajtani: a szilárd mátrix szétválasztásával és a nyomelemek kivonásával. Mindkét módszert sikeresen alkalmazzák a gyakorlatban.

A technika megválasztása erősen függ a vizsgált objektum természetétől. Ha a mátrix egyszerű (egy vagy két elem) akkor magát a mátrixot könnyebb eltávolítani. Ha a minta több komponensű (komplex, ásvány, ötvözet) akkor a nyomelemeket próbálják kivonni. (Baldwin et al., n.d.)

A választás az alkalmazott koncentrációs módszertől függ. Például a koprecipitáció kényelmesebb a nyomelemek izolálására, mint a mátrix eltávolítására, mivel a nyomelemek részben együtt kicsapódhatnak a mátrixszal. A párologtatás kényelmes a viszonylag egyszerű és homogén illékony tárgyak mátrixának szétválasztására: természetes vizek, illékony halogénidek, savak és szerves oldószerek. Az ömlesztett koncentrációhoz mind a mátrix eltávolítását, mind a nyomelemek izolálását alkalmazzák; szelektív koncentrációhoz a nyomelemek izolálása előnyös. A mikroelemek izolálásához képest a mátrix eltávolítása általában nagy reagens-, idő- és koncentrált nyomelemek elvesztésével jár. (Horckmans et al., 2005)

Alapvető követelmények a kutatási módszer kiválasztásánál:

1. Az eredmények érzékenysége és reprodukálhatósága (a talaj nagyon eltérő koncentrációban lévő kémiai elemek vegyületeiből áll, minden koncentrációsintnek megvan a maga analitikai módszere).
2. A módszer magas reprodukálhatóságára van szükség, akkor amikor lehetséges értékelni a meghatározandó indikátor természetes változását (például laboratóriumi modellkísérletek során), vagy amikor a természetes változás önmagában nagyon nagy (például a talajtakaró nagy heterogenitású területeinek feltérképezésekor).
3. Nagyszámú talajminta elemzésekor a módszer teljesítménye kritikus. A produktívabb módszereket általában kisebb reprodukálhatóság, érzékenység, és ennek következtében kisebb pontosság jellemzi.

1.4. A talaj elemeinek meghatározása

A talajok kimerítő jellemzéséhez körülbelül 40 makro- és mikroelem meghatározása szükséges bennük. Fontos a hiány, vagy fordítva, a nyomelemek (hasznos és káros) feleslegének megállapítása. A nyomelemek mellett, amelyek biológiai aktivitása kétségtelen (Ca, Cu, I, Mn, Mo, Zn), szükséges a Cr, Ni, V meghatározása, valamint a környezetszennyezés elleni védekezés kapcsán továbbá As, Be, Br, Cd, F, Hg, Pb, Sb, Se, Te, Tl stb.

Az agrokémiában problémát jelent a talajban a mezőgazdasági termények hozamát befolyásoló mikroelemek kicserélhető, mozgékony formáinak meghatározása. Ebben az esetben a mintát nem kell teljesen lebontani. A talajszemcsék felszínéről a meghatározott ionokat a minta savas oldatokkal, pufferoldatokkal való összekeverésével vonják ki. A talajból nyert kivonatok speciális kiegészítő elemzési műveletekre alkalmasak. Így a tudósok meghatározták a nátrium, kálium, kalcium és magnézium kicserélhető formáinak tartalmát 1 M ammónium-klorid-oldattal történő extrahálás után, az extraktumot közvetlenül a lángba permetezve; az elemzés vége - atomabszorpció.

Ha meg kell határozni a talaj összes nyomelem-tartalmát, a mintát meg kell szárítani, meg kell olvasztani és koncentrált savak keverékével le kell bontani: salétromsavval, perklórsavval, hidrogén-fluoriddal. Az elemzés ezen szakaszában a nyomelemeket a víz, a szerves anyagok és a szilícium eltávolításával koncentrálják. Leggyakrabban a talajminták száraz mineralizációjához 450-500 ° C hőmérsékletet használnak 6-8 órán keresztül.

A minta feloldása után a nyomelemek sűrítésére többféle módszer alkalmazható, de leggyakrabban szorpció és extrakció, ritkábban elektrokémiai és ülepítés. Ez látható a következő példából. Ag, Bi, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V fenékküledékekben történő

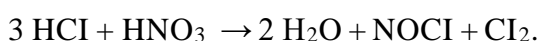
meghatározásakor 1 g légszáraz mintát zúztak és tömény kénsavval többször hevítették, amíg a gőzfejlődés meg nem szűnt. A mintát ezután kénsavval újra nedvesítették, ammónium-fluoridot és sósavat adtak hozzá, majd az oldatot enyhén felforralták. Ismét friss reagenseket adtak hozzá, amíg az oldat kitisztult. Az oldat savasságát sósavban 6 M-ra állították be, és a zavaró vasat izoamil-acetát és metil-izobutil-keton (2:1) elegyével extrahálták. A vassal együtt Mo és Sn ment át a kivonatba. Fe, Mo, Sn sósavval enyhén megsavanyított vízbe reextrahálták, majd a re-extraktumból vasat izoláltak, ammóniával kicsapva. A vas elválasztása után kapott oldatot a vastól előzőleg extrakcióval tisztított oldattal egyesítették, majd csak ezután töményítették be a nyomelemeket dietil-ditiokarbamátjaik kloroformmal történő extrakciójával. (Draszawka-Bolzan, 2015; Грелюк, 2016)

1.5. A leggyakrabban használt módszerek a talaj fémtartalmának meghatározására

1.5.1. A talaj királyvizes feltárása (Aqua regia digestion of soils)

A minták feltárása gyakran szükséges lépés a talajban lévő fémkoncentráció meghatározása előtt. A királyvizes feltárás (3:1, v/v, HCl és HNO₃,) megfelelőnek tekinthető bizonyos régiók talajában lévő összes visszanyerhető nehézfém elemzésére, és a maximális elem becslésére szolgál. Azok a maradványelemek, amelyeket a királyvizes feltárás nem bocsát ki, többnyire szilikát ásványokhoz kötődnek, és az elemek mobilitásának és viselkedésének becslése szempontjából lényegtelenek. A hagyományos királyvizes feltárás a talajminták főzőlapon történő feltárásából áll HCl és HNO₃ 3:1 arányú keverékével.

A salétromsav tömény sósavval reagálva királyvizet képez:

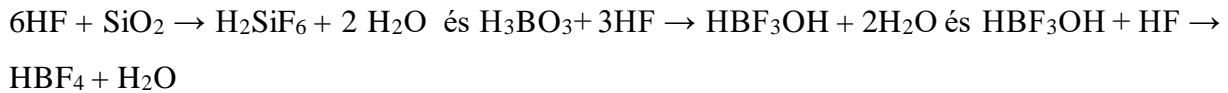


Ez az eljárás azonban nagyon fárasztó és időigényes. Ezen túlmenően, ha nyílt rendszereket használnak a feltárás során, fennáll a légköri szennyeződés és az illékony vegyületek párolgási veszteségének kockázata a talaj szervesanyagainak oxidációja során. Az 1980-as évek óta a mikrohullámú mintaemésztési technikák népszerűvé váltak és széles körben használatosak. A teflonbombával végzett, mikrohullámú roncsolóval segített királyvizes feltárás gyors mintafeltárási módszernek számít. Ez a technika gyors, biztonságos és hatékony feltárást biztosít, és nem érzékeny az illékony fémek elvesztésére. A királyvizes feltárás során azonban nem sikerült pontosan számszerűsíteni több mint 20 elemet, különösen a káliumot és az alumíniumot, amelyek egyes agyagásványi szerkezetek részét képezik. A tudósok arról számoltak be, hogy a királyvizes feltárás a Cd, Mn és Ni < 70%-át vonja ki néhány üledékből. 43-77 % visszanyerés Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb esetén. A tipikus elemi visszanyerés

a hamuban és az üledékekben kristályvizes feltárással -80% volt, bár a visszanyerés sok elemnél magasabb volt (pl. Al, Fe, Mg) mikrohullámú, nem pedig főzőlapos feltárással.

Nadkarni 1984-ben arról számolt be, hogy a királyvizes feltárás, HF és H₃BO₃ keveréke kielégítő precizitást és pontosságot biztosít a szilícium-dioxid mátrixok feloldásához.

A feltárás során a következő reakciók mennek végbe:



A feltárás második szakaszában a bórsav hozzáadása nemcsak a szabad fluoridionokat komplexálja az oldatban, hanem elősegíti a kicsapódott fluoridok oldódását is. Ha azonban az analízishez az induktív módon csatolt plazma optikai emissziós spektrométert használnak, a bórsav hozzáadása mátrixhatást hozhat létre, és a jelentések szerint 20%-kal csökkenti a Mo, Ni érzékenységét. Pb, Sb, Se, Sn 50%, illetve 70% csökkenés a P és S érzékenységben. (Chen & Ma, n.d.)

A királyvizes feltárás részletes leírása:

Bekell mérni 3 g finomra porított talajmintát egy 250 cm³-es csiszolatos lombikban. A talajmintát kevés desztillált vízzel felöntjük. Az adott oldatot felrázuk és hozzáadunk 21 cm³ 1,18 g/cm³ sűrűségű HCl-t. Azután hozzáadunk 7 cm³ tömény HNO₃. A lombikra rátesszük a csiszolatos visszafolyó hűtőt, ennek a tetejére az elnyelő edényt, amelybe 15 cm³, 0,5 M salétromsavat öntünk. Ezt 16 órán keresztül szobahőmérsékleten állni hagyjuk. Amint letelik az idő elindítjuk a hűtővizet, és a lombik tartalmát felforraljuk, majd 2 órát forraljuk. Azután lehűtjük és az elnyelőedény tartalmát átvisszük a lombikba. Ennek tartalmát leszűrjük mérőlombikba. Ezt követően jelig feltöltjük desztillált vízzel. (KÁDÁR, 1998)

Ezzel a módszerrel meg lehet határozni a talajban az alábbi elemeket: Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Al stb.

1.5.2. A cc HNO₃ + cc H₂O₂ kioldás autoklávban

A kioldás autoklávban nagy nyomás és hő mellett történik, a kioldott nehézfémek mennyisége közelítően megegyezik a királyvizes módszerrel kapottal. A német-orsz környezetvédelmi együttműködés során végzett összehasonlító vizsgálatokban, különféle talajokban, a Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn tartalmak jól korreláltak egymással, bár a királyvizes módszer némileg magasabb koncentrációkat jelzett. (Adebayo et al., 2006)

Előnye, hogy kevés reagenst igényel, védett a korrozív gáztermelés ellen, olcsóbb stb. Rutin eljárásként is alkalmazható.

A cc HNO₃ + cc H₂O₂ feltárás részletes leírása:

A száraz talajt porcelán mozsárban porra finomítjuk és homogenizáljuk. Bemérünk 1 g talajt a feltáró edénybe és bemérünk hozzá 5 cm³ cc HNO₃ + 2 cm³ cc H₂O₂ hozzáadásával, jó lezárjuk és 3 órán át 105 °C-on tartjuk. Lehűlés után a roncsolatot 50 cm³-es mérőlombikba szűrjük és desztillált vízzel jelig töltjük.

1.5.3. A NH₄-acetát + EDTA kioldás

A feltárás 0.5 M Na-acetát + 0.5 M CH₃COOH + 0.02 M Na₂EDTA oldószerrel történik pH= 4 és 5 között. 25 ml száraz finomszemcsés talajhoz 250 ml kioldószert adunk. 1 órát rázzuk és ezt követően a csapadékot leszűrjük és mérjük.

A másik előírt szabvány szerint 5 g talajmintához 50 cm³ kivonó oldatot adunk, 30 percig rázzuk. A kapott csapadékot szűrőpapíron leszűrjük, a szűrlet első 10 cm³-ét elöntve. A módszer a toxikus nehézfémek meghatározására is alkalmazzák. (Motsara et al., 2008)

A vizsgálatok szerint leírható a szántott réteg NH₄-acetát+EDTA oldható elemtartalma. Ezt a kísérletet a tudósok azzal mutatták be, hogy a talajba sóformákat juttattak és megvizsgálták a talajban lévő fémek kimutatását. Kiderítették, hogy az 5 hét alatt, jelentősen csökkent az As és a Hg oldhatósága. Jól kimutatható maradt a talajban a Cd, Cu, Pb, Zn. Ez a visszamérhetőség persze nem egyforma a növényi felvehetőséggel. A Cu és Pb oldhatóságából arra a következtetésre jutottak hogy ez a két elem a kevésbé mobilis elemek közé tartozik. (KÁDÁR, 1998)

1.5.4. A talaj lúgos ömlesztéses feltárása

Az adott módszer eredményeként jó oldódó anyagot kapunk ami nagy segítséget eredményez a talaj összes fémtartalmának meghatározására. A száraz talajmintához hozzáadunk NaCO₃ és lúgosítjuk NaOH (vagy KOH.) Az adott oldatot 800 C° hevítjük. Az adott feltárásnak a hátránya, hogy platina tégelyre van szükség.

1.5.5. Feltárás magas nyomáson és hőmérsékleten

A cc HCl, HF, HNO₃ hozzáadunk HClO₄-keverékeket nyomás és hő-hatás mellett

Az adott módszerben a szerves anyag teljesen feltárható, azonban a savakban nehezebben oldódó szulfidok, szulfátok, nehézfémoxidok esetenként nem teljesen határozhatók meg.

Autoklávban, teflonbombában a feltárás zárt edényben nyomás alatt megy végbe. A feltárás előnye, hogy kevesebb savra van szükség és könnyen illó savak is használhatók. Kisebb a veszteség és a szennyeződés veszélye is.

1.5.6. Vizes kivonatok készítése

A vizsgálathoz **1:10 arányú kivonatra** van szükség amit a következő képen kell előállítani:

A talajból 5 g rázópalackba mérünk és 50 cm³ desztillált vizet adunk hozzá és 1 percig rázzuk. A csapadékot 24 órán át állni hagyjuk, majd körforgó rázógépen 2 órán át rázatjuk. Ezután redős szűrőpapíron átszűrjük és a szűrletet analizáljuk. Ajánlott, de még nem szabványosított eljárás.

1:5 arányú kivonat szükséges

Desztillált vízzel 1:5 arányú kivonó oldatot készítünk. A kapott csapadékot a Pasteur-Chamberlain szűrőberendezéssel leszűrjük. A szűrletből pH-t mérünk, a Cl⁻, CO₃²⁻ és HCO₃⁻ ionok mennyiségét titrimetriásan, valamint a SO₄²⁻ ionokat fotometriásan. A kationok meghatározása ICP készüléken vagy atomabszorpciós spektrofotométeren történik.

A talajoldatban legnagyobb mennyiségben Ca⁺, Mg⁺, Na⁺, valamint SO₄⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, NO₃⁻ fordulnak elő természetes körülmények között. A nem szennyezett talajokban a rosszul oldódó sók elsőbbséget mutatnak, a talajoldat sótartalma alacsony. A szennyezett területeken a talajoldat sókészlete jelzi a talajszennyezést. A telítési vagy egyensúlyi talajkivonat jobban megközelíti a természetes talajtani viszonyokat (talaj: víz arányát), mint az általánosan használatos 1:5 vizes kivonat. Elemzésével realisabb képet kapunk a talaj folyadék-fázisainak kémiai összetételéről, koncentrációjáról. Környezetvédelmi vizsgálatoknál utóbbi is ajánlott.

II. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.2. A vizsgált talajminták

A minták jellemzése. Az összes fémtartalom vizsgálatának céljából mintákat gyűjtöttünk különböző típusú talajokból a Fekete-hegyen, a Gyulai-hegyen, a Peresen, a Kishegyen és Hidegréten (село Пашківці). Összesen 16 talajmintát szedtünk meg a felső 0-30 cm rétegekből (2. táblázat). A kiszedett mintákat homogenizáltuk és fel címkéztük. A mintákat légszáraz állapotig szárítottuk, majd 2 mm-nél kisebb méretűre aprítottuk.

2. táblázat

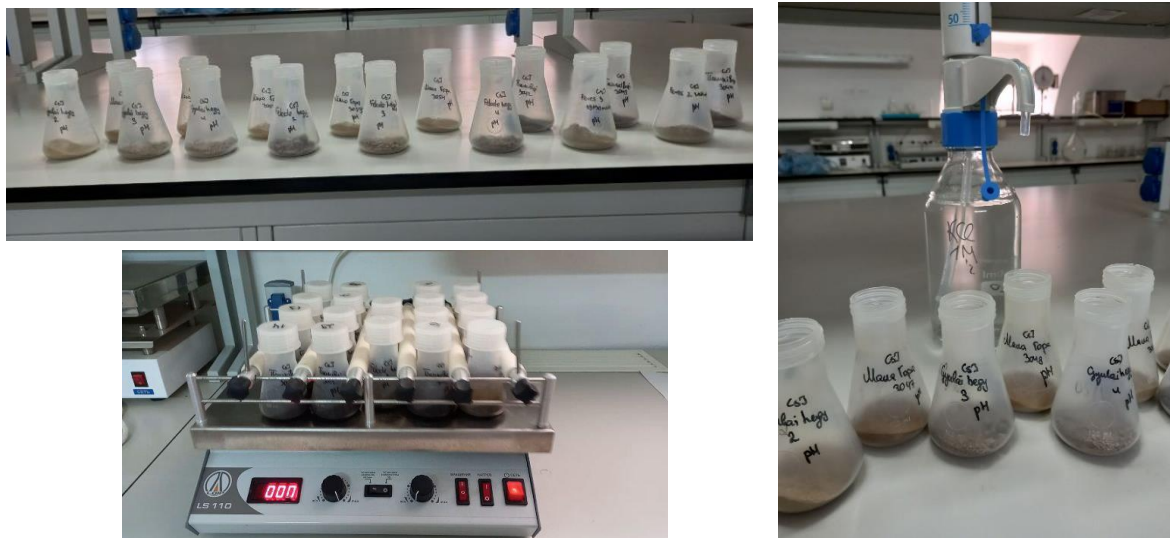
A talajminták adatai

Talajtípus	Ukrán neve	Mintavételi hely
Podzolos barnaföld	Буроземно-підзолисті ґрунти	Fekete hegy 1
Barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові ґрунти	Fekete hegy 2
Barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові ґрунти	Fekete hegy 4
Podzolos barnaföld	Буроземно-підзолисті ґрунти	Gyulai hegy 2
Podzolos barnaföld	Буроземно-підзолисті ґрунти	Gyulai hegy 3
Podzolos barnaföld	Буроземно-підзолисті ґрунти	Gyulai hegy 4
Pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj	Дернові опідзолені оглеєні ґрунти	Peres 2 2+11 minta
Pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj	Дернові опідзолені оглеєні ґрунти	Peres 3 29+30 minta
Kavicsos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти	Hidegrét (село Пашківці 3043)
Kavicsos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти	Hidegrét (село Пашківці 3044)
Kavicsos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові щебенюваті ґрунти	Hidegrét (село Пашківці 3045)
Podzolos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові опідзолені ґрунти	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3047)
Podzolos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові опідзолені ґрунти	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3048)
Podzolos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові опідзолені ґрунти	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3052)
Podzolos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові опідзолені ґрунти	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3053)
Podzolos barna erdőtalaj	Бурі гірсько-лісові опідзолені ґрунти	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3054)

2.3. Vizsgálati módszerek

2.3.1. A talajok pH értékének meghatározása kálium-kloridos kivonatban

A talajok kémhatását kálium-kloridos szuszpenzióban határozzuk meg. 100 cm³ műanyagedénybe bemérünk 20 g talajmintát és hozzáadunk 50 cm³ 1 M KCl- oldatot. A bemért talajmintákat a KCl-os oldattal 1 órán keresztül rázógép segítségével jól összerázzuk. Az oldatot 12 órán keresztül állni hagyjuk, majd potenciometriás módszerrel megmérjük a pH-t.



1. ábra A talajminták kémhatásának meghatározása

A talaj kémiai összetétele nem állandó, változó mértékben ingadozhat, adott talajnál az évszakos változások például 0,5-1 pH-egység is lehetnek (Ahern C, 1993; Stefanovits P., 1999). A vizsgálatnál kapott pH értékek az alábbi táblázat segítségével értelmezhető:

3. táblázat

A talajok osztályozása a kémhatás szerint
(Stefanovits P., 1999)

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

2.3.2. A talajminták humusz tartalmának meghatározása Tyurin-féle módszer szerint

A Tyurin-féle módszer alkalmazásával a humusz anyagok körülbelül 85-90%-át képesek vagyunk azonosítani. A vizsgálat során a talaj humusz anyagait krómsavas oxidációval elrontsoljuk. A szerves szén és a humusz mennyiségét az oxidációhoz bemért és a visszamaradt $K_2Cr_2O_7$ különbségéből számítjuk ki.

300 mg talajmintát 100 cm^3 Erlenmeyer-lombikba visszük, bürettából hozzáadunk 10 cm^3 0,4 N kálium-dikromát oldatot. A lombik tartalmát az első buborékok megjelenésétől számítva pontosan öt percig forraljuk. A 0,4 N $K_2Cr_2O_7$ főlegben van véve ezért az oxidáció után a visszamaradt részt 0,2 N Mohr-sóval $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ megtráljuk. (FAO, 2021)

A módszer nem alkalmazható akkor, ha a talaj 15%-nál több szerves anyagot tartalmaz, mivel ilyenkor nem teljesen megy végbe az oxidáció.



2. ábra A talajminták humusztartalmának meghatározása Tyurin-féle módszer szerint

A talajok minősítése a humuszmennyiség alapján történik amit a 4. táblázat mutat.

4. táblázat

Szántóföldek humusz tartalom szerinti csoportosítása

Talaj altípus	Humusz tartalom, %				
	igen gyenge	gyenge	közepes	jó	igen jó
Gyepes-podzol homokos vályog	$\leq 1,0$	1,1 - 1,5	1,6 – 2,0	2,1 – 2,5	$>2,5$
Gyepes-podzol agyagos vályog	$\leq 1,5$	1,6 - 2,0	2,1 – 2,5	2,6 – 3,0	$>3,0$

2.3.3. Nagy szervesanyag tartalmú minták szerves anyag tartalmának meghatározása az izzítási veszteség alapján

A 15% fölötti szerves anyagot tartalmazó talajok, közegek szervesanyag tartalmát izzítási veszteségből számítjuk ki.

A talajmintákat az előre lemért porcelántégelyekbe mérjük és 105°C-on szárítószekrényben szárítjuk, majd exsikkátorba helyezzük. A lehűlt, száraz talaj tömegét megmérjük. Ezután a tégelyeket izzító kemencébe helyezzük 4-5 órára, körülbelül 650°C-ra emeljük a hőmérsékletet. A fekete talajminták a hamuanyag barna színét kapják meg.

A szárítás és az izzítás után mért tömegek különbsége adják az izzítása veszteséget, amit százalékban fejezünk ki. (KÁDÁR, 1998)



3. ábra A talajminták izzítás után

2.3.4. A talajminták „összes” fém tartalmának meghatározása cc HNO₃ + cc H₂O₂ feltárással (TIM módszer)

TIM - Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer

A száraz talajt achát mozsárban porrá finomítjuk és homogenizáljuk. Bemérünk 1 g talajmintát a feltáró edénybe és hozzáadunk 5 cm³ 68% cc HNO₃-at és 2 cm³ 33% cc H₂O₂-t.

Az edényt jó lezárjuk és 3 órán át 105 °C-on tartjuk. Lehűlés után a roncsolatot 50 cm³-es mérőlombikba szűrjük és desztillált vízzel jelig töltjük (KÁDÁR, 1998).



4. ábra A talajminták roncsolása

2.3.5. A talajminták „összes” fém tartalmának meghatározása cc HNO₃ + cc HCl feltárással (DIN EN 13346)

A DIN EN 13346 módszer pontos megnevezése: "Iszapok jellemzése - Nyomelemek és foszfor meghatározása - Aqua regia extrakciós módszerek". A talajmintából teflonedénybe bemérünk 3 grammot. Adunk hozzá 2,5 ml 65% HNO₃-at és 37% HCl-t. Óvatosan felrázzuk a keveréket. Az edény bezárása előtt várunk legalább 1 órát. Ezután mikrohullámú berendezésben melegítjük a következő program szerint. Lehűlés után a roncsolatot 50 cm³-es mérőlombikba szűrjük és desztillált vízzel jelig töltjük. (KÁDÁR, 1998)

Method					
Equipment					
	Type	Manufacturer			
	Speedwave two DAP-60K	Berghof Products + Instruments GmbH			
Reagents					
	Acid	Volume			
	HNO ₃ (65%)	2.5 mL			
	HCl (37%)	7.5 mL			
Procedure					
Weigh 3.5-4.0 g of the sample into the digestion vessel. The amount of organic should not exceed 250 mg. Add 2.5 mL of HNO ₃ and 7.5 mL of HCl. Shake the mixture carefully or stir with a clean Teflon or glass bar. Wait at least 10min before closing the vessel. Heat in the microwave with the following program.					
Mérünk be 3,5-4,0 g mintát a teflonedénybe. A szervesanyag mennyisége nem haladhatja meg a 250 mg-ot. Adjunk hozzá 2,5 ml HNO ₃ -ot és 7,5 ml HCl-t. Óvatosan rázzuk fel a keveréket, vagy keverjük össze tiszta teflon- vagy üvegrúddal. Az edény bezárása előtt várjunk legalább 10 perct. Melegítsük a mikrohullámú berendezésben a következő program szerint.					
Temperature Program	Step	T [°C]	Ta [min]	Time [min]	Power [%]*
	1	180	2	25	90
	2	50	1	10	
	3				
	4				
	5				

5. ábra A DIN EN 13346 feltárás leírása

A módszerleírások szerint elkészített oldatokban Agilent Technologies 240 típusú láng atomabszorpciós spektrométeren meghatározzuk a nehézfémek koncentrációját.



6. ábra Agilent Technologies 240 típusú láng atom-abszorpciós spektrométer

2.3.6. A mérési eredmények kiértékelésénél használt határértékek

A mérési eredményeket a talajokra alkalmazott összes nehézfém határértékekkel hasonlítottuk össze (5. Táblázat).

5. táblázat

A nehézfémek megengedett maximális koncentrációja a talajokban

(Csoma Z., 2020; МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ, 2020)

	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Cr	Pb	Cd
	mg/kg ⁻¹							
Talaj, összes tartalom	100	1500	300	Nincs adat	50	100	32	3

III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

3.1. A talajminták összes fémtartalmának meghatározása

Az összes fémtartalom vizsgálatának céljából mintákat gyűjtöttünk különböző típusú talajok felső 0 – 30 cm-es rétegéből a Fekete-hegyen, a Gyulai-hegyen, a Peresen, a Kishegyen és Hidegréten (село Пашкивци). Összesen 16 mintát vizsgáltuk meg. A mintáknak megmértük a pH értékét kálium-kloridos kivonatban, a humusztartalmát a Tyurin-féle módszer szerint, a szervesanyag tartalmát az izzítási veszteség alapján. A talajmintákban meghatároztuk az összes réz, cink, kobalt, mangán, vas, króm, nikkel, ólom és kadmium mennyiségeket.

Az összes fémtartalom meghatározásához a talajok feltárását két módon végeztük el: a TIM és DIN EN 13346 módszerekkel. Mindkét módszer előírja a koncentrált HNO₃ használatát a minta feltárásához. A két módszer közötti különbség abból adódik, hogy a TIM szerinti feltárás során a koncentrált HNO₃ mellett koncentrált H₂O₂-ot kell a mintához adagolni, míg a DIN EN 13346 módszer esetében koncentrált HCl-t.

3.1.1. A vizsgált talajminták kémhatása

A podzolos barnaföld talajai közepesen savanyú kémhatással rendelkeznek, kivéve a Fekete hegy 3 ami erősen savanyú talaj. A Gyulai hegy mintái (podzolos barnaföld) erősen savanyú kémhatásúak. A pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj kémhatása gyengén savanyú. A kavicsos barna erdőtalaj savanyú (pH=4,5-5,5) kémhatással rendelkezik. A podzolos barna erdőtalaj mintái, azaz a Kishegy 3047 és Kishegy 3048 savanyú talajok, míg a Kishegy 3052 - 3054 talajminták a gyengén savanyú kategóriába sorolhatók.

A talaj kémhatása befolyásolja a mikroelemek mobilitását a talajban. A savanyú talajokban a mikroelemek, például a réz, a cink és a mangán nagyobb mértékben oldódnak és így mobilizálódnak a talajoldatban. Ez lehetővé teszi a könnyebb felvételüket a növények számára. A talajok magas Al³⁺ és Mn²⁺ koncentrációja káros lehet a növényeknek. (Neina, 2019)

Az alacsony pH miatt a talaj szerkezete romlik. Ez a talaj porózus szerkezetét és vízáteresztő képességét is befolyásolhatja, ami hatással lehet a mikroorganizmusok eloszlására és aktivitására a talajban. Ez a talaj szerves anyagainak lassúbb lebontását eredményezi.

A talajok pH értéke

Talajtípus	Mintavételi hely	pH _{KCl}	Talajtípus	Mintavételi hely	pH _{KCl}
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	4,79	Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét (село Пашківці 3043)	4,694
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	5,285	Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét (село Пашківці 3044)	4,578
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	5,697	Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét (село Пашківці 3045)	4,646
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	3,75	Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3047)	5,064
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	4,393	Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3048)	4,645
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	4,058	Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3052)	6,225
Pangóvizes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	5,866	Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3053)	6,162
Pangóvizes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	5,97	Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3054)	5,952

3.1.2. A vizsgált talajminták szervesanyag és humusztartalma

A podzolos barna erdőtalajok alacsony humusztartalommal rendelkeznek. A podzolos barnaföld talajtípusok, azaz a Gyulai hegy 2 kis humusztartalmú, míg a Gyulai hegy 3 és Gyulai hegy 4 közepes humusztartalmú talajminták. A podzolos barnaföld közepes humusztartalmat mutat, kivéve a barna erdőtalajt – 9,46 % humusz tartalommal rendelkezik –, ami arra utal, hogy ez humuszban gazdag talajréteg. A pangóvizes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj és a

kavicsos barna erdőtalaj magas szervesanyag tartalommal rendelkeznek szárazanyagra számítva.

7. táblázat

A vizsgált talajminták szervesanyag és humusztartalma

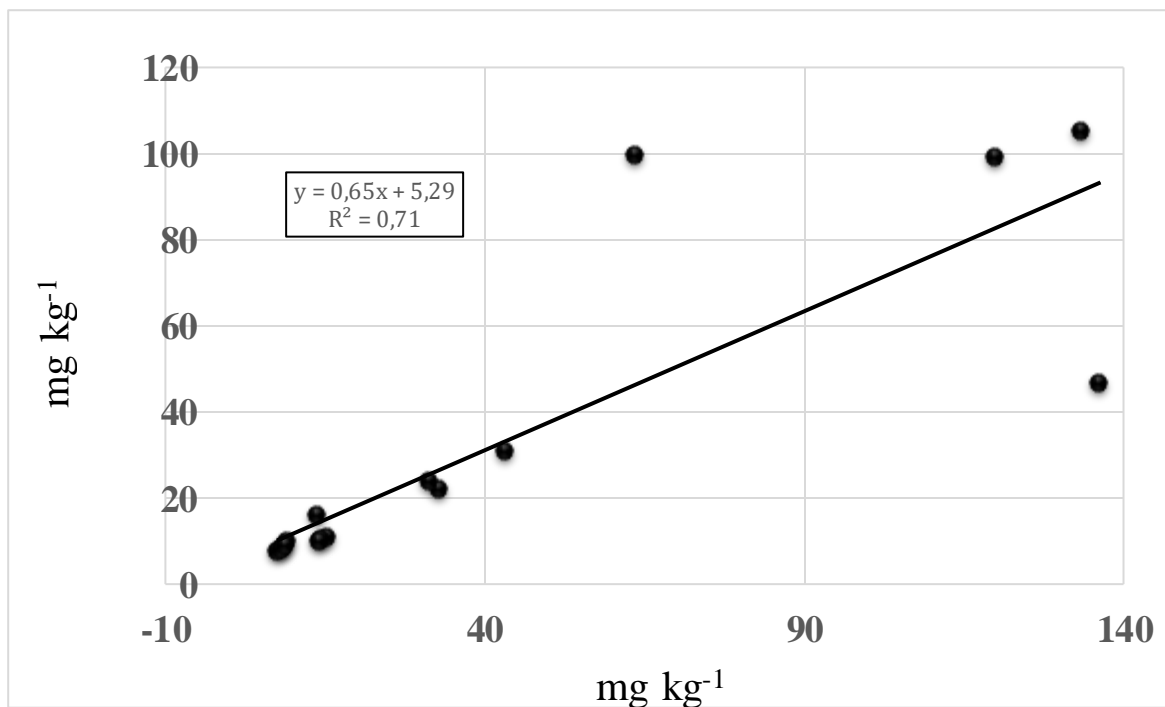
A vizsgált minta neve	Szerves szén, %	Humusz, %	A vizsgált minta neve	Szerves szén, %	Humusz, %	A vizsgált minta neve	Talajminta szervesanyag tartalma szárazanyagra számítva, %
Podzolos barna erdőtalaj Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3047)	0,76	1,31	Podzolos barnaföld Gyulai hegy 3	1,48	2,56	Kavicsos barna erdőtalaj Hidegrét (село Пашківці 3043)	24,49
Podzolos barna erdőtalaj Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3048)	0,34	0,59	Podzolos barnaföld Gyulai hegy 4	1,53	2,63	Kavicsos barna erdőtalaj Hidegrét (село Пашківці 3044)	23,15
Podzolos barna erdőtalaj Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3052)	0,84	1,45	Podzolos barnaföld Fekete hegy 1	1,93	3,33	Kavicsos barna erdőtalaj Hidegrét (село Пашківці 3045)	17,79
Podzolos barna erdőtalaj Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3053)	0,78	1,35	Barna erdőtalaj Fekete hegy 2	5,49	9,46	Pangóvizes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj Peres 2	10,27
Podzolos barna erdőtalaj Kishegy (Beregszász) (Мала Гора 3054)	0,51	0,89	Barna erdőtalaj Fekete hegy 4	1,79	3,09	Pangóvizes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj Peres 3	8,20
Podzolos barnaföld Gyulai hegy 2	0,98	1,69					

3.1.3. A talajok „összes” réz koncentrációja

A réz az állatok és a növények számára is fontos nyomelem. Erősen kötődik a talajrészecskékhez ezért a növényekben a réz toxikus hatása ritkán jelenik meg. Viszont, ha megnő a mobilis frakciója, akkor mérgezővé válhat. Réz felesleg esetén a növények vízfelvétele, növekedése gátolt.

A litoszférában átlagosan 50 mg/kg réz (Cu) található. A felszíni talajok réz koncentrációja 2-250 mg/kg tartományban változik, az átlagos mennyiség 20 mg/kg. A mezőgazdaságilag művelt talajokban általában 1-50 mg/kg található. A határérték a hazai talajok esetén 100 mg/kg. (Alloway, 2012; Kádár., 2012)

A podzolos barnaföld, barna erdőtalaj és a pangóvízes (pseudoglejes) barna erdőtalajokon kapott eredmények mg/kg-ba kifejezve nem haladták meg az adott határértékeket.



7. ábra Az „összes” réz koncentráció (mg/kg)

A 7. ábrán jó látható, hogy a podzolos barna erdőtalaj mintákban magasabb értéket mutatnak a réz koncentrációk, mint a többi talajminta esetében. A határértéket nem haladta meg egyik részlegben sem a réz „összes” tartalma.

A talajmintákat két vizsgálati módszerrel roncsoltuk. Az első a cc HNO₃ + cc H₂O₂ feltárás (TIM módszer) a második pedig a cc HNO₃ + cc HCl feltárás (DIN EN 13346).

A 8. táblázatban látható a réz koncentrációja (mg/kg), amit a TIM és a DIN EN 1346 módszerekkel történő feltárás után mértünk a talajmintákban. Az eredmények alapján elmondható, hogy a két feltárás adatai bár eltérőek, de egymással összefüggnek. Ezt az állítást erősíti a két módszer közötti összefüggés szorosságának vizsgálatára elvégzett korrelációs

analízis is, ahol a $r=0,84$. Jelentősebb számszerű különbségek a két módszer között a pangóvízes barna erdőtalajok, a kavicsos barna erdőtalajok és a podzolos barna erdőtalajokban figyelhető meg.

8. táblázat

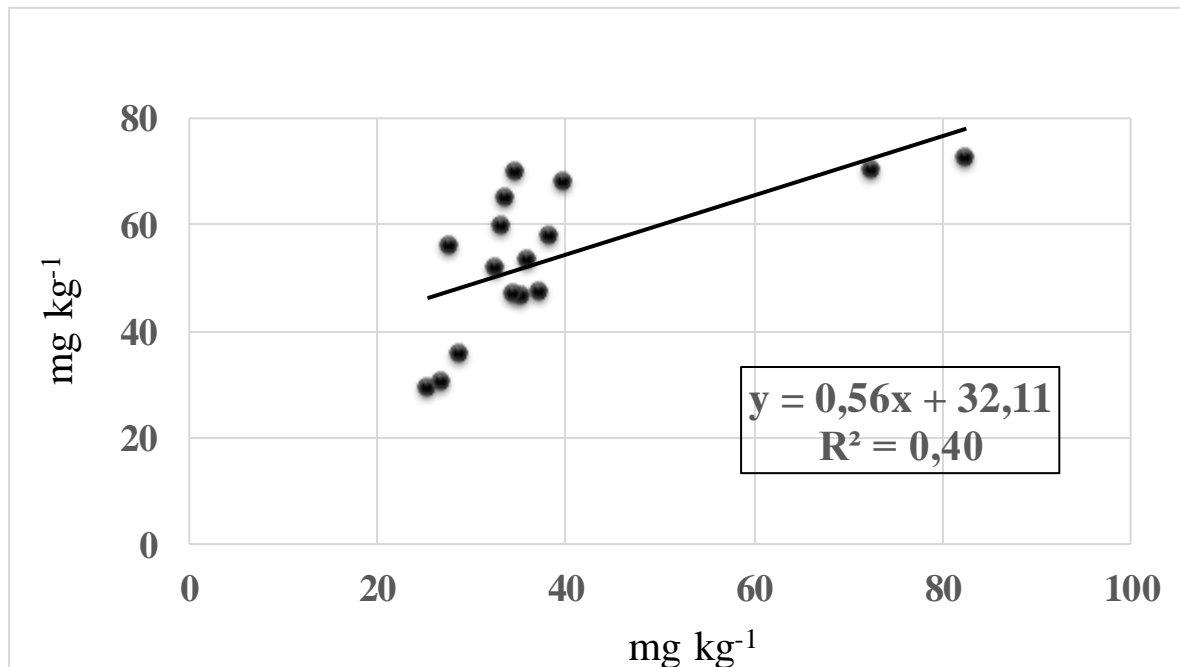
Az „összes” réz koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbségek.

Talaj típus	Mintavételi hely	Cu, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	13,9	15,5	-1,6	-11,3
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	9,1	9,5	-0,4	-4,1
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	8,7	8,2	0,5	5,2
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	7,5	7,4	0,1	1,0
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	8,2	7,9	0,3	3,5
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	8,9	8,5	0,5	5,3
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	33,0	21,7	11,2	34,0
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	31,3	23,3	8,0	25,5
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	15,5	10,6	4,9	31,8
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	14,6	9,9	4,7	32,5
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	14,1	9,7	4,4	31,4
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	120,1	98,7	21,4	17,8
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	43,4	30,6	12,9	29,6
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	133,4	104,9	28,5	21,3
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	63,7	99,2	-35,5	-55,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	136,4	46,0	90,4	66,2
	Átlag értékek:	41,4	32,0	9,4	14,6

3.1.4. A talajok „összes” cink koncentrációja

A cink (Zn) átlagos mennyisége a litoszférában 80 mg/kg. A világ szennyezetlen talajainak cinktartalma 10-300 mg/kg, átlagos mennyisége 50 mg/kg. A Magyarországi talajok háttérértékei 100 mg/kg. A talajok cinktartalma a szervesanyag-tartalom függvénye, a homoktalajok átlagosan 30 mg/kg cinket tartalmaznak, míg a csernozjom talajokban ez az érték elérheti a 150 mg/kg-ot. (Alloway, 2012)

A podzolos barnaföld és barna erdőtalajokban az „összes” cink koncentráció nem haladta meg a megengedett mikroelemtartalmat azaz a 300 mg/kg-ot. Továbbá a pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalajban a cink koncentrációja magasabb értékeket mutat (8. ábra). Ennek ellenére a cink mennyisége ebben a talajban sem lépte túl a határértéket.



8. ábra Az „összes” cink koncentráció (mg/kg)

A két módszer közötti abszolút és viszonylagos eltéréseket a 9. táblázatban foglaltuk össze.

9. táblázat

Az „összes” cink koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

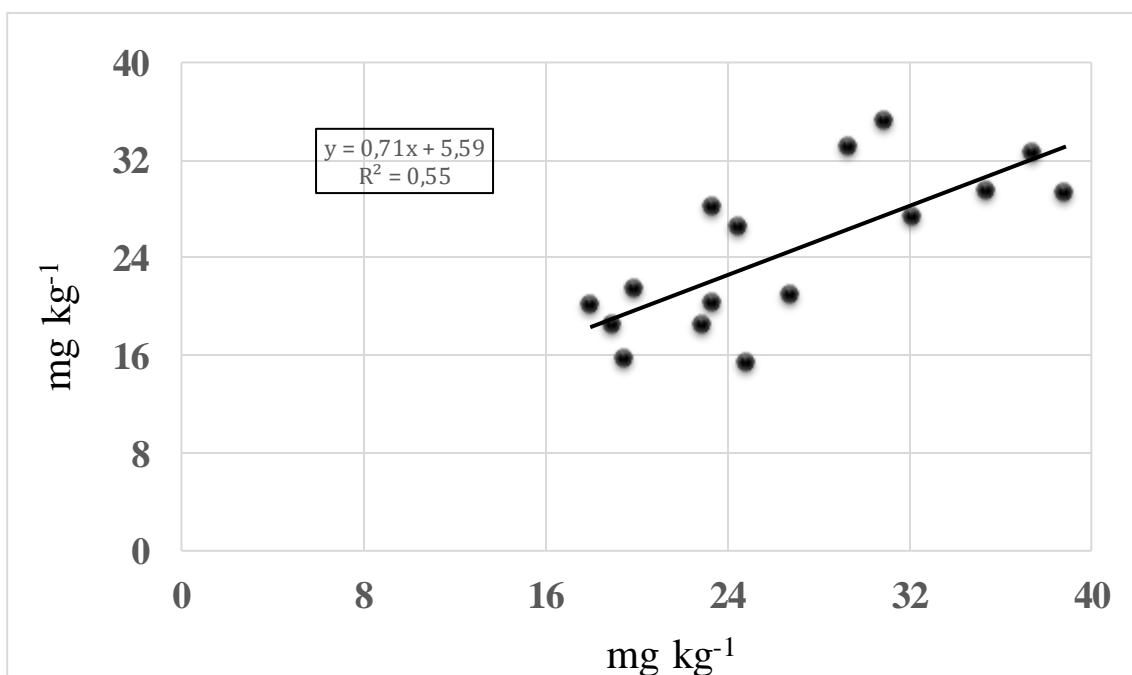
Talaj típus	Mintavételi hely	Zn, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	35,9	53,2	-17,3	-48,1
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	35,4	46,3	-10,8	-30,5
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	37,3	47,1	-9,9	-26,4
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	25,3	29,1	-3,8	-15,0
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	28,7	35,6	-7,0	-24,2
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	26,8	30,2	-3,4	-12,7
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	82,5	72,4	10,2	12,3
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	72,4	70,3	2,2	3,0
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	39,8	68,0	-28,2	-70,9
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	38,4	57,9	-19,4	-50,6
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	32,5	51,5	-19,0	-58,5
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	34,8	69,9	-35,1	-100,9
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	33,7	64,7	-30,9	-91,6
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	33,3	59,6	-26,3	-78,8
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	27,7	56,0	-28,2	-101,8
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	34,4	46,7	-12,3	-35,8
	Átlag értékek:	38,7	53,6	-15,0	-45,7

3.1.5. A talajok „összes” ólom koncentrációja

Az ólom (Pb) átlagos mennyisége a földkéregben 15 mg/kg. A felszíni talajok ólomtartalma 3-189 mg/kg tartományban változik, a szennyezetlen mezőgazdasági talajok ólomtartalma átlagosan 32 mg/kg. (Kabata-Pendias & Pendias, 2001)

Az ólom a legismertebb toxikus nehézfémekhez tartozik. Az ólom a talajban erősen kötődik a talajkolloidokhoz és a szerves anyagokhoz, illetve oldhatatlan csapadékként van jelen. A talajfelszínre került ólom elsősorban a felső rétegekben akkumulálódik, lefelé haladva mennyisége fokozatosan csökken. (László, 2006)

A TIM és DIN EN 13346 módszerekkel feltárt talajok ólom koncentrációi között nincs jelentős eltérés. Kivételt képez az egyik podzolos barnaföld, pangóvízes barna erdőtalaj, kavicsos barna erdőtalaj és több podzolos barna erdőtalaj, ahol a különbségek elérik vagy meghaladják a 20%-ot. (10. táblázat)



9. ábra Az „összes” ólom koncentráció (mg/kg)

A barna erdőtalajban a DIN EN 13346 feltárással kimutatott ólom koncentráció meghaladja a határértéket, azaz a 32 mg/kg-ot. A Peres részlegén vett talajmintában szintén határkoncentrációt meghaladó értéket mértünk. A legmagasabb értéket a kavicsos barna erdőtalaj mutat 44,2 mg/kg ami jóval meghaladja a 32 mg/kg határértéket (9. ábra).

10. táblázat

Az „összes” ólom koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

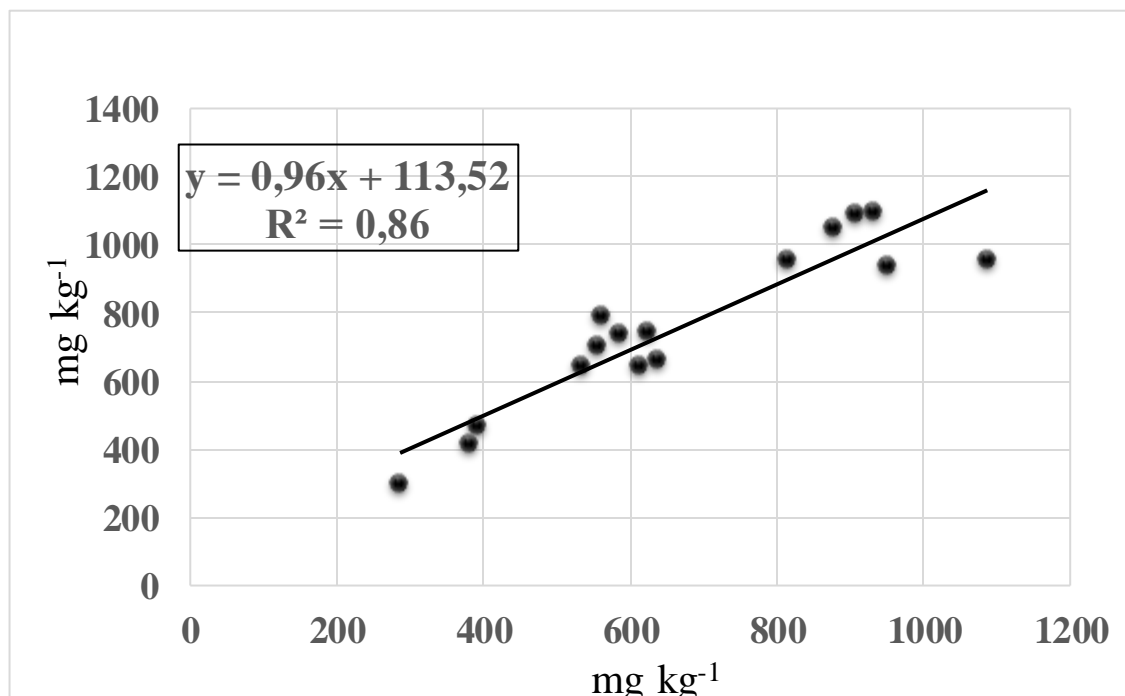
Talaj típus	Mintavételi hely	Pb, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	20,0	21,36	-1,4	-6,9
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	30,9	35,10	-4,2	-13,5
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	24,5	26,46	-2,0	-8,1
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	23,4	28,00	-4,6	-19,8
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	29,4	32,97	-3,6	-12,3
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	18,0	20,12	-2,1	-11,9
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	38,9	29,30	9,6	24,7
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	32,2	27,27	4,9	15,2
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	37,5	32,48	5,0	13,3
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	35,4	29,35	6,1	17,1
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	26,8	20,82	6,0	22,3
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	23,3	20,15	3,2	13,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	19,5	15,66	3,9	19,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	22,9	18,49	4,4	19,4
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	19,0	18,49	0,5	2,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	24,9	15,31	9,6	38,4
	Átlag értékek:	26,7	24,5	2,2	7,1

3.1.6. A talajok „összes” mangán koncentrációja

A mangán Mn^{2+} ionként van jelen a talajban és szabadon található meg a talajoldatban. Ha a mangánvegyületek magasabb értékű mangán formában vannak jelen a szilárd mátrixban akkor nehezen oldható. A Mn^{2+} ionok koncentrációjának növekedése toxikus hatást eredményez a környezetre.

Az eredmények azt mutatják, hogy a DIN EN 13346 feltárás, típustól függően 3 – 40%-kal több mangánt old ki a talajból. Kivételt csak a pangóvízes barna erdőtalajok képeznek, ahol a $cc.HNO_3 + cc.H_2O_2$ keverékkel végzett feltárás után 2 – 12%-kal több mangánt mértünk. A különbségek ellenére a két módszerrel végzett feltárás után meghatározott mangán koncentrációk értékei nagyon szoros összefüggést mutatnak, a korrelációs együttható értéke ($r=0,92$) magas.

A mangán (Mn) „összes” tartalma a talajban nem haladhatja meg az 1500 mg/kg határkoncentrációt (Csoma, 2020). A vizsgált talajmintákban az „összes” mangán koncentráció nem haladta meg a megadott értéket. 1000 mg/kg fölötti értékeket a podzolos barnaföld és a barna erdőtalaj DIN EN 13346 kivonattal és a pangóvízes (pseudoglejes) barna erdőtalaj TIM módszerrel mutattak (10. ábra).



10. ábra Az „összes” mangán koncentráció (mg/kg)

A mangán (Mn) „összes” tartalma a talajban nem haladhatja meg az 1500 mg/kg határkoncentrációt (Csoma, 2020).

A vizsgált talajmintákban az „összes” mangán koncentráció nem haladta meg a megadott értéket. A DIN EN 13346 kivonatban 1000 mg/kg fölötti értékeket a podzolos barnaföld és a barna erdőtalaj, míg a TIM módszer esetében a pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj mutattak (11. táblázat).

11. táblázat

Az „összes” mangán koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

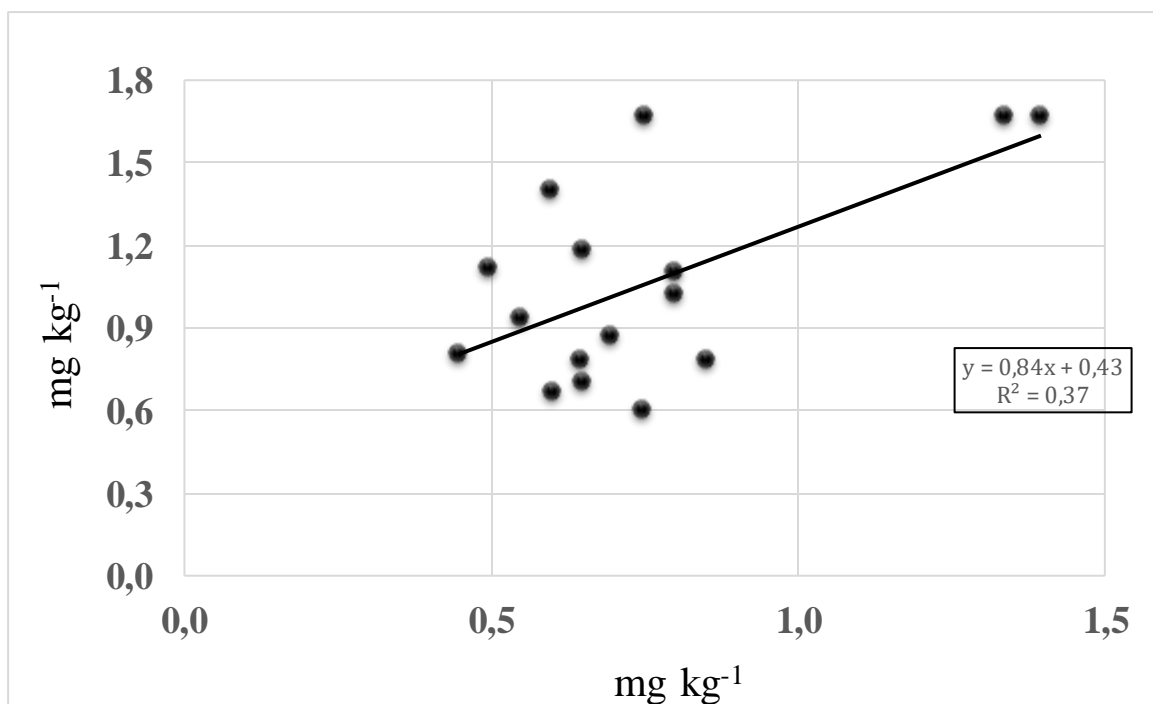
Talaj típus	Mintavételi hely	Mn, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	909,2	1088,6	-179,4	-19,7
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	878,1	1048,0	-169,9	-19,3
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	932,9	1096,2	-163,3	-17,5
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	391,9	463,5	-71,6	-18,3
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	815,8	953,1	-137,3	-16,8
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	614,1	639,2	-25,2	-4,1
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	1086,8	955,3	131,5	12,1
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	950,8	934,5	16,3	1,7
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	533,1	644,27	-111,1	-20,8
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	380,7	414,76	-34,1	-9,0
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	286,2	294,78	-8,6	-3,0
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	560,9	789,53	-228,6	-40,8
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	625,0	740,58	-115,6	-18,5
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	586,6	736,40	-149,8	-25,5
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	555,2	701,17	-146,0	-26,3
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	637,0	660,25	-23,3	-3,7
	Átlag értékek:	671,5	760,0	-88,5	-14,3

3.1.7. A talajok „összes” kadmium koncentrációja

A talaj teljes kadmium tartalmának nagy része oldható formában van jelen, ami a növények számára hozzáférhető. A felvehetősége azonban nagymértékben függ a talaj tulajdonságoktól is. A talaj kémhatás és a kadmium felvétel között szoros összefüggés figyelhető meg.

A DIN EN 13346 módszer szerint végzett feltárással több kadmiumot lehet kivonni a talajból, mint a TIM módszerrel. A jelentős különbségek a podzolos barnaföld és a barna erdőtalaj vonatkozásában figyelhetők meg. A pangóvízes és a kavicsos barna erdőtalajokban mért eredmények között 0,3 – 0,4 mg/kg a különbség, míg a podzolos barna erdőtalajnál a két módszerrel azonos kadmium koncentrációkat mértünk (16. ábra).

A két feltárási módszerrel kapott kadmium koncentrációk közötti összefüggéseket a 11. ábra mutatja.



11. ábra Az „összes” kadmium koncentráció (mg/kg)

A kadmium (Cd) határértéke 3 mg/kg. A vizsgált talajok „összes” kadmium mennyisége nem lépte túl a 3 mg/kg-ot.

12. táblázat

Az „összes” kadmium koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

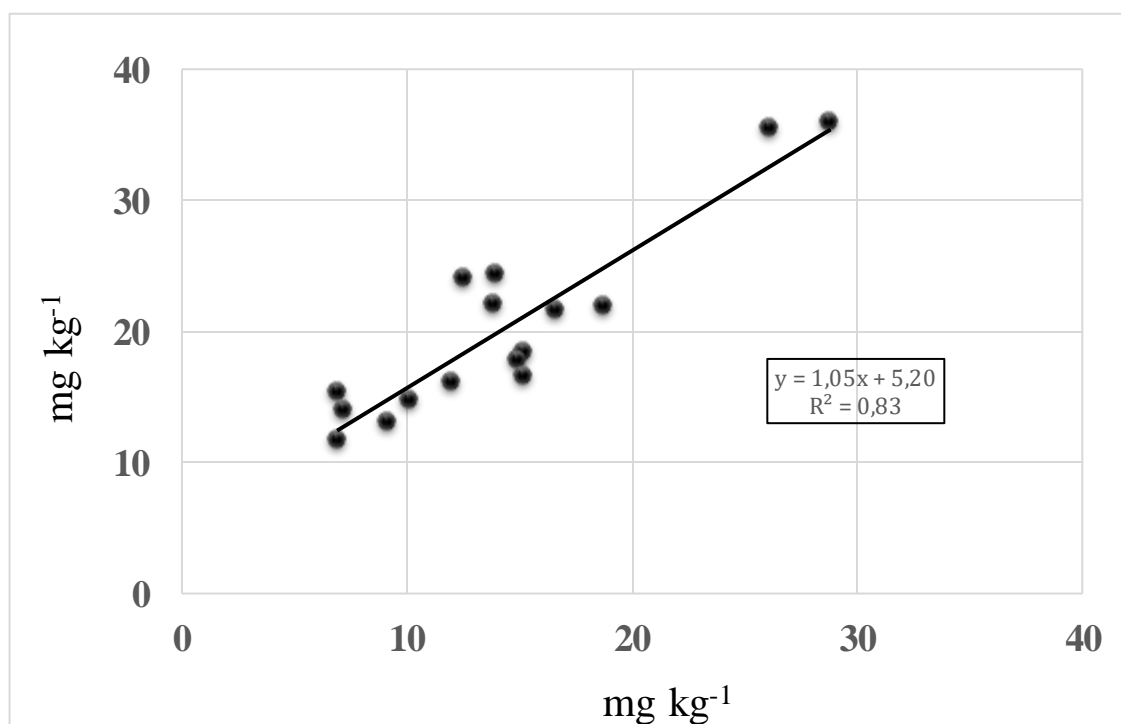
Talaj típus	Mintavételi hely	Cd, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	0,7	1,7	-0,9	-122,7
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	0,6	1,4	-0,8	-133,5
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	0,6	1,2	-0,5	-82,0
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	0,4	0,8	-0,4	-78,7
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	0,5	1,1	-0,6	-124,2
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	0,5	0,9	-0,4	-69,5
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	1,4	1,7	-0,3	-19,3
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	1,3	1,7	-0,3	-24,4
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	0,8	1,1	-0,3	-37,5
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	0,8	1,0	-0,2	-27,5
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	0,7	0,9	-0,2	-24,6
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	0,6	0,8	-0,1	-21,2
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	0,9	0,8	0,1	7,9
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	0,6	0,7	-0,1	-7,9
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	0,6	0,7	-0,1	-11,1
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	0,7	0,6	0,1	19,7
Átlag értékek:		0,8	1,1	-0,3	-47,3

3.1.8. A talajok „összes” króm koncentrációja

Krómra, Cr^{+3} formában az élő szervezetnek nagyon kis mennyiségben van szüksége. Ugyanakkor a Cr(VI) nagy koncentrációban jelentősen mérgező hatású az állatokra. A Cr(VI) forma a természetben nem fordul elő, ennek megjelenése a környezeti elemekben az ipari tevékenységek következménye.

A DIN EN 13346 módszerrel végzett feltárás átlagosan 5 mg/kg-mal több krómot von ki a talajból, mint a TIM módszer. Ez jól megfigyelhető a 13. táblázatban, ahol a két vizsgálati módszerrel kapott „összes” króm koncentrációk vannak feltüntetve. A két feltárási módszerrel kapott értékek között nagyon szoros összefüggés figyelhető meg, a korrelációs együttható értéke $r=0,91$.

A króm (Cr) megengedett maximális koncentrációja a talajokban 100 mg/kg. A legalacsonyabb értékeket a Fekete hegy podzolos barnaföldjében és barna erdőtalajában, valamint a Gyulai-hegy podzolos barnaföldjében mértük, ahol viszonylag kevés az „összes” króm mennyisége. Magasabb koncentrációkat a kavicsos barna erdőtalajokban és a podzolos barna erdőtalajokban mutattunk ki. A vizsgált talajok vonatkozásában 30 mg/kg fölötti értéket két mintában kaptunk, a pangóvízes (pseudoglejes) barna erdőtalajban.



12. ábra Az „összes” króm koncentráció (mg/kg)

13. táblázat

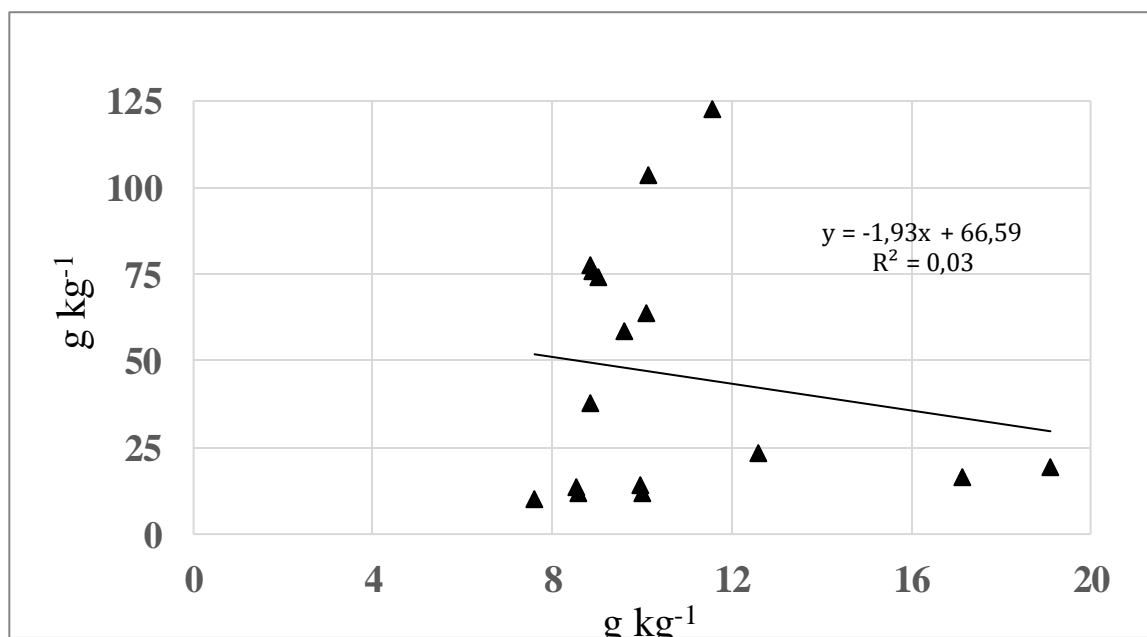
Az „összes” króm koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

Talaj típus	Mintavételi hely	Cr, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	6,9	15,4	-8,5	-122,9
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	7,2	13,9	-6,7	-92,8
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	6,9	11,6	-4,7	-68,8
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	12,0	16,0	-4,0	-32,9
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	9,2	13,1	-3,9	-42,6
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	10,1	14,7	-4,6	-45,4
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	28,8	36,0	-7,2	-24,8
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	26,1	35,5	-9,4	-35,8
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	12,5	24,0	-11,5	-91,5
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	14,0	24,2	-10,3	-73,6
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	13,9	22,0	-8,2	-58,9
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	16,6	21,5	-4,9	-29,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	18,7	21,8	-3,1	-16,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	15,2	18,3	-3,1	-20,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	14,9	17,8	-2,9	-19,2
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	15,2	16,5	-1,4	-9,0
	Átlag értékek:	14,3	20,1	-5,9	-49,1

3.1.9. A talajok „összes” vas koncentrációja

A vas (Fe) létfontosságú szerepet tölt be a növények fejlődésében, illetve fontos mint a talaj szerkezeti alkotóeleme. A talaj szerves és szervetlen összetevőitől erősen függ, hogy milyen formában található meg. A vasvegyületek talajból növénybe való mobilizálhatósága nagymértékben függ a talaj kémhatásától.

A podzolos barnaföld és a barna erdőtalaj mintáiban 12 g/kg vasat mértünk (TIM módszer), míg a podzolos barna erdőtalaj mintákban 10 g/kg-ot (DIN EN 13346 módszer). A TIM feltárással kimutatott vas mennyiségek a kavicsos barna erdőtalajban és a podzolos erdőtalajban nagyon alacsonyak a DIN EN 13346 módszerhez képest. A 13. ábrán felvan tüntetve a kimutatott vas tartalom a talajmintákban. A diagramból arra következtetünk, hogy a két feltárási módszer között a vasra vonatkozóan nincs összefüggés. Kizárólag a pangóvizés barna erdőtalaj mintákban mértünk a két feltárási módszerrel olyan vas koncentrációkat, amelyek között minimális az eltérés



13. ábra Az „összes” vas koncentráció (g/kg)

14. táblázat

Az „összes” vas koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

Talaj típus	Mintavételi hely	Fe, g/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	12,6	23,22	-10,6	-83,9
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	8,6	13,68	-5,1	-59,7
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	10,0	13,89	-3,9	-39,4
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	7,6	9,96	-2,4	-31,0
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	8,6	11,96	-3,4	-38,9
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	10,0	11,94	-1,9	-19,2
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	19,1	19,43	-0,3	-1,7
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	17,1	16,65	0,5	2,9
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	10,1	63,77	-53,7	-531,7
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	9,6	58,47	-48,9	-508,3
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	8,9	38,09	-29,2	-329,8
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	10,2	103,83	-93,7	-921,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	11,6	122,57	-111,0	-959,5
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	9,1	74,30	-65,2	-720,1
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	8,9	76,19	-67,3	-756,6
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	8,8	77,63	-68,8	-777,3
	Átlag értékek:	10,7	46,0	-35,3	-361,0

3.1.10. A talajok „összes” kobalt koncentrációja

A kobalt (Co) „összes” mikroelemtartalma a szántott rétegekben átlagosan 50 mg/kg (Ukrajna). Magyarországon a határérték 30 mg/kg.

A legmagasabb kobalt koncentrációt a Fekete hegy 1 talajmintában mértük a DIN EN 13346 módszerrel (15.táblázat) A legalacsonyabb értéket a Fekete-hegy 3 talajminta mutatta – 10,7 mg/kg-ot (TIM módszer). Mindkét feltérési módszerrel közel azonos kobalt koncentrációkat mértünk minden vizsgált talajban. A legnagyobb eltérés a kobalt mennyiségben a Fekete hegy 1 mintában figyelhető meg, ahol a különbség 6,4 mg/kg (27,1%). Ellentétben a többi vizsgált talajjal, a pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalajban a cc.HNO₃ + cc.H₂O₂ kivonószer (TIM módszer) több kobaltot von ki, mint a cc.HNO₃ + cc.HCl keveréke (DIN EN 13346 módszer).

A podzolos barnaföld és a barna erdőtalaj az „összes” kobalt koncentráció nem haladta meg a megengedett határértéket.

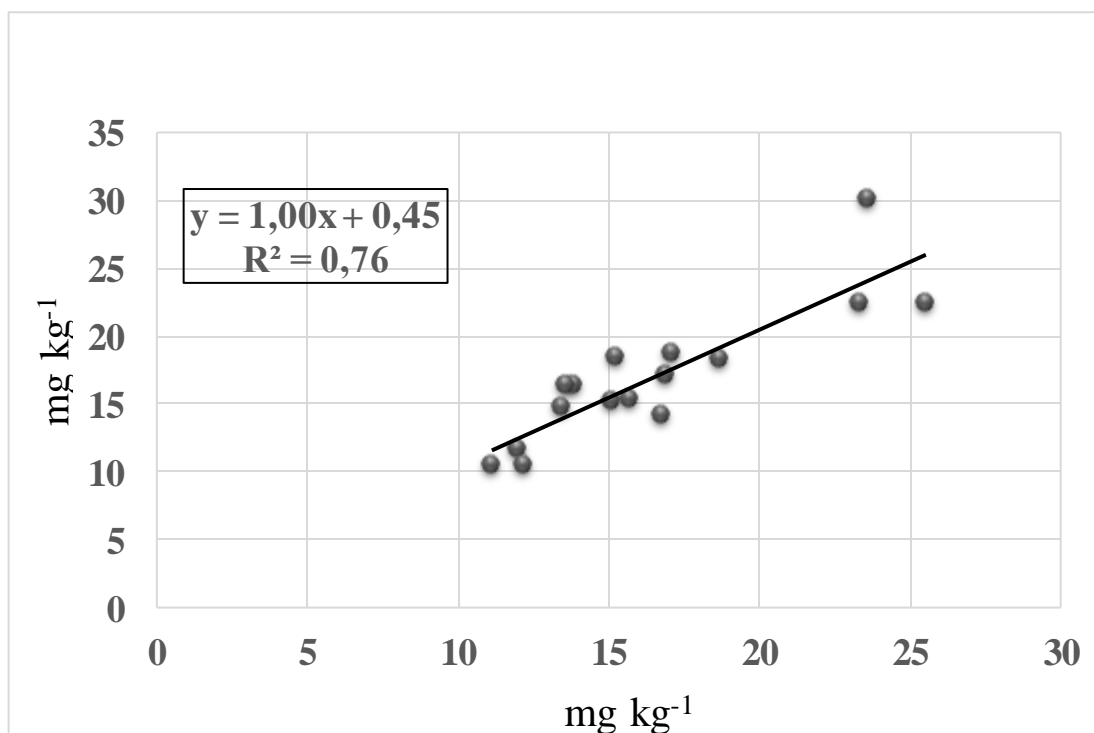
15. táblázat

Az „összes” kobalt koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltérásokkal. A két módszer közötti különbség.

Talaj típus	Mintavételi hely	Co, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	23,6	30,0	-6,4	-27,1
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	15,3	18,4	-3,2	-20,9
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	13,8	16,3	-2,5	-17,8
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	13,5	14,7	-1,3	-9,3
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	13,6	16,4	-2,8	-20,4
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	16,9	17,0	-0,1	-0,7
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	25,5	22,4	3,1	12,3
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	23,3	22,3	1,0	4,3

Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	12,0	11,7	0,3	2,6
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	12,2	10,5	1,7	14,0
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	11,1	10,4	0,8	6,8
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	17,1	18,7	-1,6	-9,2
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	18,7	18,2	0,4	2,4
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	15,7	15,2	0,5	3,0
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	15,1	15,2	-0,1	-0,6
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	16,8	14,1	2,7	15,8
Átlag értékek:		16,5	17,0	-0,5	-2,8

A 14. ábrán látható az, hogy a kobiltra vonatkozóan a két, a TIM és a DIN feltárási módszer között az eltérés többnyire minimális. A korrelációs együttható értéke $r = 0,84$, ami arra utal, hogy a két feltárási során meghatározott kobalt koncentrációk között nagyon szoros kapcsolat van.



14. ábra Az „összes” kobalt koncentráció (mg/kg)

3.1.11. A talajok „összes” nikkell koncentrációja

Az „összes” nikkell (Ni) tartalom a szántott rétegekben 85 mg/kg, a megengedhető maximális koncentrációja 50 mg/kg (Ukrajna). Magyarországon a határérték 40 mg/kg.

A podzolos barnaföld és a barna erdőtalajra kapott nikkell értékek nem haladták meg a határkoncentrációkat. Viszont mindkét feltárási módszer szerint magas, 50 mg/kg fölötti, a határértéket valamivel meghaladó nikkell koncentrációk figyelhetők meg a pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalajban (Peres 1 és 2 minták). Viszonylag magasabb nikkell koncentrációkat mértünk a podzolos barna erdőtalajokban.

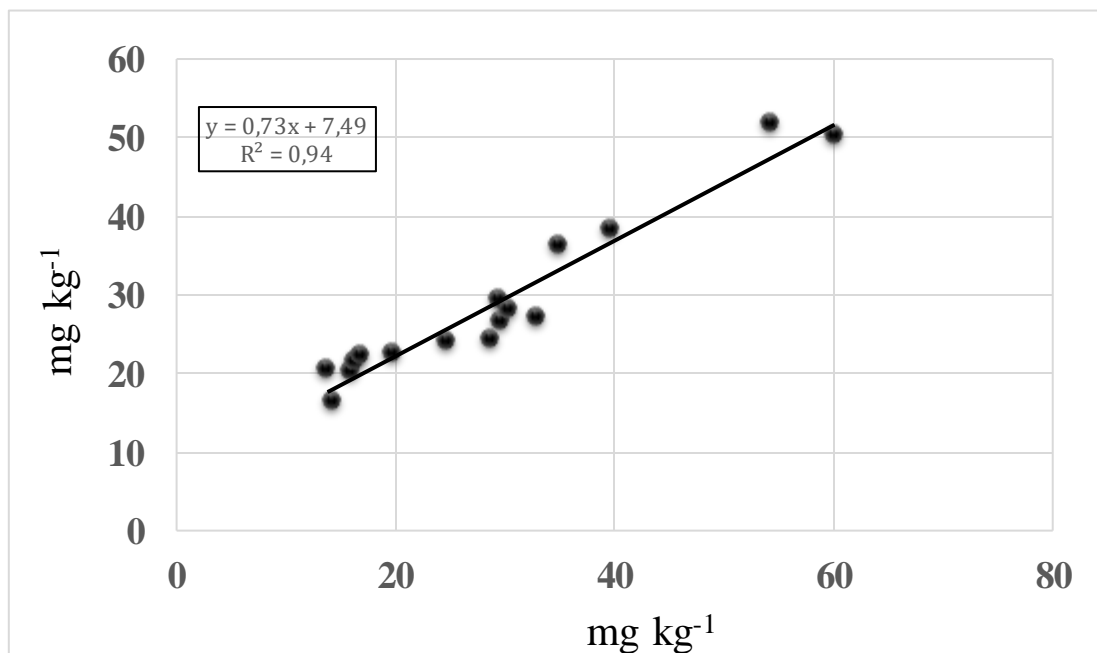
16. táblázat

Az „összes” nikkell koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.

Talaj típus	Mintavételi hely	Ni, mg/kg		TIM és DIN EN 13346 módszerek közötti különbségek	
		módszer		mg/kg	%
		TIM	DIN EN 13346		
Podzolos barnaföld	Fekete hegy 1	13,8	20,3	-6,6	-47,5
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 2	16,0	20,2	-4,3	-26,7
Barna erdőtalaj	Fekete hegy 4	14,2	16,5	-2,2	-15,7
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 2	16,3	21,3	-5,0	-30,9
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 3	16,9	22,2	-5,3	-31,7
Podzolos barnaföld	Gyulai hegy 4	19,8	22,6	-2,8	-13,9
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 2 2+11 minta	60,1	50,3	9,8	16,3
Pangóvízes barna erdőtalaj	Peres 3 29+30 minta	54,3	51,8	2,5	4,6
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3043	24,7	24,0	0,7	2,7
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3044	28,8	24,4	4,4	15,3
Kavicsos barna erdőtalaj	Hidegrét 3045	29,5	26,6	3,0	10,1
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	35,0	36,2	-1,2	-3,4

Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	39,7	38,2	1,5	3,7
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	29,5	29,4	0,1	0,2
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	30,4	28,2	2,2	7,3
Podzolos barna erdőtalaj	Kishegy (Beregszász)	32,9	27,1	5,8	17,7
Átlag értékek:		28,9	28,7	0,2	-5,7

A két feltárási módszer közötti legnagyobb különbségek a nikkeltartalmakban a podzolos barnaföldeken voltak megfigyelhetők (31 – 48%). A 24. ábra adatai alapján ugyanakkor levonhatjuk azt a következtetést, hogy a vizsgált talajok többségére vonatkozóan a két feltárási módszerrel meghatározott nikkeltartalmak között nincsenek jelentős különbségek. A korrelációs együttható értéke $r = 0,99$, ami a két módszer közötti nagyon szoros összefüggést mutatja.



15. ábra Az „összes” nikkeltartalom (mg/kg)

ÖSSZEFOGLALÓ

Munkánk célja megvizsgálni és összehasonlítani a talaj összes fémtartalmának meghatározása során használt minta előkészítési eljárásokat. Az elvégzett vizsgálatok alapján javaslatot tenni annak a módszernek az alkalmazására, amelyik Kárpátalja jellemző talajtípusaira a leghatékonyabb.

A munkában különböző fémkivonási módszereket tanulmányoztunk és vizsgáltunk. Megvizsgáltuk a talajból fémkivonásra alkalmazott módszerek előnyeit és hátrányait is, hogy majd a jövőbeli munkánk során figyelembe tudjuk venni és hasznosítani is.

A talaj összes fémtartalmának vizsgálatának céljából podzolos barnaföld, barna erdőtalaj, pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj, kavicsos barna erdőtalaj és podzolos barna erdőtalaj mintákat szedtünk a Fekete-hegyen, a Gyulai-hegyen, a Peresen, a Kishegyen és Hidegrét település mellett. Összesen 16 mintát vizsgáltuk meg. A vizsgálatba bevont talajokban meghatároztuk a réz, a cink, a kobalt, a mangán, a vas, a króm, a nikkel, az ólom és a kadmium „összes” mennyiségét. A talaj „összes” fémtartalmának meghatározásához két kivonószert használtunk: cc HNO₃ + cc H₂O₂ (TIM (*Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer*) módszer) és cc HNO₃ + cc HCl (DIN EN 13346 módszer). Továbbá meghatároztuk a talajminták kémhatását kálium-kloridos kivonatban, szerves anyag tartalmát az izzítási veszteség alapján és a humusztartalmát Tyurin-féle módszer szerint.

A podzolos barnaföld talajai savanyú kémhatással rendelkeznek és alacsony humusztartalom jellemző rájuk. A pangóvízes (pszeudoglejes) barna erdőtalaj kémhatása gyengén savanyú. A podzolos barna erdőtalajok, azaz a Kishegy 3047 és Kishegy 3048 minták savanyú talajok, míg a Kishegy 3052 és a Kishegy 3054 talajminták a gyengén savanyú kategóriába sorolhatók.

Az „összes” réz koncentrációra a két módszerrel eltérő eredményeket kaptunk, viszont az adatok egymással szoros összefüggésben ($r=0,84$) vannak. A két feltárás közötti legnagyobb különbséget a podzolos barna erdőtalajban mértük, amelyikben a TIM módszer szerint 66,2%-kal több réz volt a DIN EN 13346 módszerhez képest.

Az „összes” cink tartalom vonatkozásában jelentős különbségek vannak a két feltárási módszerrel elvégzett mérések adatai között. Közel egyforma eredményt csak egy podzolos barnaföldben és egy pangóvízes barna erdőtalajban kaptunk.

A DIN EN 13346 feltárás, típustól függően 3 – 40%-kal több mangánt old ki a talajból. A különbségek ellenére a két módszerrel végzett feltárás után meghatározott mangán koncentrációk értékei nagyon szoros összefüggést mutatnak, a korrelációs együttható értéke ($r=0,92$) magas. A talajok többségében mért jelentősebb eltérések mellett, a DIN EN 13346

módszer szerint végzett feltárással több kadmiumot lehet kivonni a talajból, mint a TIM módszerrel.

A két feltárási módszer között a vasra vonatkozóan nincs összefüggés. Kizárólag a pangóvízes barna erdőtalajban figyelhető meg minimális eltérés a vas mennyiségében.

A TIM és DIN EN 13346 módszerekkel feltárt talajok többségében az ólom koncentrációi között nincs jelentős eltérés. A króm ($r=0,91$), a nikkel ($r=0,99$) és a kobalt ($r=0,84$) vonatkozásában is megállapítható, hogy az eltérések ellenére a két feltárási módszerrel kapott értékek között nagyon szoros az összefüggés.

Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.HCl}$ (DIN EN 13346) végzett feltárással általában nagyobb mennyiségű fém oldódik ki a talajokból, mint a $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ (TIM) módszerrel. A két feltárási módszer közötti szoros összefüggést állapítottunk meg az „összes” réz ($r=0,84$), mangán ($r=0,92$), kobalt ($r=0,84$), króm ($r=0,91$), nikkel ($r=0,99$) és ólom ($r=0,74$) koncentrációkra. Gyenge vagy nem volt számottevő összefüggés a két módszerrel meghatározott „összes” cink ($r=0,63$), vas ($r=-0,17$), és kadmium ($r=0,61$) mennyiségek között.

РЕЗЮМЕ

Мета нашої роботи – вивчення та порівняння різних методів підготовки зразків, які використовуються для визначення валового вмісту металів у ґрунті. На підставі проведених досліджень запропонувати метод, найбільш ефективний для основних типів ґрунтів Закарпаття.

Вивчали різні методи визначення вмісту валових форм металів в ґрунті. Розглянули переваги та недоліки цих методів, щоб могли врахувати та використати їх у своїй подальшій роботі.

Для вивчення валового вмісту металів були відібрані зразки буроземно підзолистого ґрунту, буро гірсько-лісового ґрунту, дерново опідзолено оглеєного ґрунту, буро гірсько-лісового щебенюватого ґрунту та підзолистого бурого лісового ґрунту на Чорній горі, на Юліївській горі, на Переші, на Малій Горі та на околиці Пашківці. Всього було відібрано 16 зразків ґрунтів. В відібраних зразках ґрунтів визначили валовий вміст міді, цинку, кобальту, марганцю, заліза, хрому, нікелю, свинцю та кадмію. Розкладання ґрунтів для визначення вмісту валових форм металів проводили за допомогою двох методів: конц. HNO_3 + конц. H_2O_2 (Інформаційна система моніторингу захисту ґрунту – метод ТІМ) і конц. HNO_3 + конц. HCl (метод DIN EN 13346). Крім того, у ґрунтах визначили рН у витяжці хлористого калію. За методом Тюріна, і за втратами при прожарюванні визначали відповідно вміст гумусу та органічної речовини ґрунтів.

Буроземно підзолисті ґрунти мають кисле середовище і характеризуються низьким вмістом гумусу. Хімічна реакція дерново опідзолених оглеєних ґрунтів слабокисла. Зразки опідзолених бурих лісових ґрунтів, тобто ґрунтів Мала Гора 3047 і Мала Гора 3048 мають кисле середовище, а зразки Мала Гора 3052- Мала Гора 3054 можна віднести до слабокислих.

Визначені за двома методами розкладання вміст валових форм міді відрізнялися, однак між даними є тісний зв'язок ($r=0,84$). Найбільша різниця між двома методами була зафіксована в бурому гірсько-лісовому опідзоленому ґрунті, в якому за методом ТІМ було на 66,2% більше міді порівняно з методом DIN EN 13346.

Що стосується валового вмісту цинку, існують значні відмінності між даними вимірювань, проведених двома методами розкладання. Практично однакові результати були отримані лише для буроземно-підзолистого та дернового опідзоленого оглеєного ґрунтів.

Розкладання за методом DIN EN 13346, залежно від типу, переводить із ґрунту у розчин на 3-40% більше марганцю. Незважаючи на відмінності у значеннях, визначені

після розкладання двома методами концентрацій марганцю показують дуже тісний кореляційний зв'язок, значення коефіцієнта кореляції ($r=0,92$) є високим. На додаток до значних відмінностей, які спостерігали для більшості ґрунтів, розкладанням за методом DIN EN 13346 вилучається з ґрунту більше кадмію, ніж за методом ТІМ.

Між вмістом валових форм заліза визначених після розкладання ґрунту за двома методами немає кореляції. Мінімальна різниця в кількості заліза спостерігається лише в дерновому опідзоленому оглеєному ґрунті.

Для більшості ґрунтів немає істотної різниці між концентраціями свинцю, визначених після розкладання за методами ТІМ та DIN EN 13346. Стосовно хрому ($r=0,91$), нікелю ($r=0,99$) та кобальту ($r=0,84$) можна також встановити, що, незважаючи на відмінності, кореляція між значеннями, отриманими після розкладання ґрунтів за двома методами є дуже високою.

На підставі результатів проведених досліджень можна зробити висновок, що розкладання сумішшю $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.HCl}$ (метод DIN EN 13346) як правило вивільняють більшу кількість металів із ґрунту, ніж суміш $\text{cc.HNO}_3 + \text{cc.H}_2\text{O}_2$ (метод ТІМ). Була встановлена тісна кореляція між двома методами розкладання для валового вмісту міді ($r=0,84$), марганцю ($r=0,92$), кобальту ($r=0,84$), хрому ($r=0,91$), нікелю ($r=0,99$) та свинцю. ($r=0,74$). Між валовим вмістом цинку ($r=0,63$), заліза ($r=-0,17$) і кадмію ($r=0,61$), визначених після розкладання ґрунтів за двома методами, кореляція була низька або відсутня.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Adebayo, A. O., Ipinmoroti, K. O., & Ajayi, O. O. (2006). Leaching of Sphalerite with Hydrogen Peroxide and Nitric Acid. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 05(02), 167–177.
2. Adriano, D. C. (1986). *Trace Elements in the Terrestrial Environment*. New York.
3. Ahern C, (1993). Soil pH and acidification risk in non-arid Queensland. *Australian Journal of Soil and Water Conservation* .
4. Alkorta I, . (2010). *Phytostabilization of metal contaminated soils*. Rev Environ Health.
5. Alloway, B. J. (Ed.). (2012). Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. *Springer Science & Business Media.*, 22.
6. Balali-Mood, M. , (2021). *Toxic mechanisms of five heavy metals: mercury, lead, chromium, cadmium, and arsenic*. *Front Pharmacol* 12: 643972.
7. Baldwin, M., Kellogg, C. E., & Thotîp, J. (n.d.). *Soil Classification*.
8. Benoit, G., Hunter, K. S., & Rozan, T. F. (1997). Sources of Trace Metal Contamination Artifacts during Collection, Handling, and Analysis of Freshwaters. *Analytical Chemistry*, 69(6),
9. Chen, M., & Ma, L. Q. (n.d.). *Comparison of Three Aqua Regia Digestion Methods for Twenty Florida Soils*.
10. Csoma Z., (2020). *A Vérke csatorna üledékének nehézfém- szennyezettsége*.
11. Djordjevic, V. R., Wallace, D. R., Schweitzer, A., Boricic, N., Knezevic, D., Matic, S., Grubor, N., Kerkez, M., Radenkovic, D., Bulat, Z., Antonijevic, B., Matovic, V., & Buha, A. (2019). Environmental cadmium exposure and pancreatic cancer: Evidence from case control, animal and in vitro studies. *Environment International*, 128, 353–361.
12. Draszawka-Bolzan, B. (2015). Heavy Metals in Soils. In *WNOFNS* (Vol. 2).
13. FAO. (2021). *Standard operating procedure for soil organic carbon: Tyurin spectrophotometric method*.
14. Gimeno-García, E.. (1996). Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environmental Pollution*, 92(1), 19-25.
15. Giuseppe, G. (2017). Metals are main actors in the biological world. In *Metals* (Vol. 7, Issue 10). MDPI AG.
16. Horckmans, L., Swennen, R., Deckers, J., & Maquil, R. (2005). Local background concentrations of trace elements in soils: A case study in the Grand Duchy of Luxembourg. *Catena*, 59(3), 279–304.

17. Kabata-Pendias, Alina., & Pendias, Henryk. (2001). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press.
18. KÁDÁR, I. (1998). *A szennyezett talajok vizsgálatáról. Kármentesítési kézikönyv 2*. Környezetvédelmi Minisztérium.
19. Kádár Imre., & Magyar Tudományos Akadémia (Budapest). Agrártudományi Kutatóközpont. Talajtani és Agrokémiai Intézet. (2012). *A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása*. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet.
20. Krekó Ilona K Anczler Gyuláné, B. (n.d.). *TERMÉSZETVÉDELEM ÉS KÖRNYEZETVÉDELEM ÍrtÁK*.
21. László, S. (2006). *MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA TOXIKUS ELEMEEK AKKUMULÁCIÓJA, FITOINDIKÁCIÓJA ÉS FITOREMEDIÁCIÓJA A TALAJ-NÖVÉNY RENDSZERBEN*.
22. Lombi, E., Wenzel, W., Wenzel, W. W., & Adriano, D. C. (1998). Soil contamination, risk reduction and remediation. *Land Contamination & Reclamation*, 6(4).
23. Masindi, V., Mkhonza, P., & Tekere, M. (2021). *Sources of Heavy Metals Pollution* (pp. 419–454).
24. Motsara, M. R., Roy, R. N., & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
25. Neina, D. (2019). The Role of Soil pH in Plant Nutrition and Soil Remediation. In *Applied and Environmental Soil Science* (Vol. 2019). Hindawi Limited.
26. Pántos György. (n.d.). *a talajmikrobiológia i kutatásó k heuy e é s szerep e a tala j termékenységéne k fenntartásába n é s fokozásában*.
27. Stefanovits P., (1999). Talajtan. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 470.
28. Szalai Zoltán, J. G. (2011). *Bevezetés a talajtanba környezet-tanosoknak*.
29. Tudományi, M., Baross, K., Építési, G., Intézet, K., Tanszék, S., Szepesházi, D., & Geotechnika, R. (2008). *Geotechnika*.
30. Zacháry Dóra. (2019). *AZ ÁSVÁNYI FÁZIS HATÁSA A TALAJ SZERVESSZÉN FORGALMÁRA*.
31. Аверченко, В. І., Самойленко, Н. М., & Навчальний Посібник Харків, Ґрунтознавство. (2018). *Міністерство освіти та науки України Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*.
32. Грелюк, С. В. (2016). *Дослідження вмісту важких металів у ґрунтах Іваничівського району Волинської області*.

33. Гришко В.М. (2012). *Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна безпека.*
34. Кулик, М. І (2016). Забруднення ґрунтового покриву важкими металами, привнесених відпрацьованими моторними мастилами. *Вісник Харківського Національного Університету Імені ВН Каразіна Серія" Екологія", (15), 122-127.*
35. МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ. (2020). Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. *Наказ N 1595.*
36. Шевчук, В. (2021). Оцінка інтенсивності забруднення важкими металами ґрунтів задіяних під вирощування овочевих культур. *Proceedings of the 8 Th 2 International Scientific and Practical Conference SCIENTIFIC RESEARCH IN XXI CENTURY OTTAWA, CANADA 6-8.03.2021. , 676–682.*

ÁBRÁK JEGYZÉKE

1. ábra	A talajminták kémhatásának meghatározása.....	22
2. ábra	A talajminták humusztartalmának meghatározása Tyurin-féle módszer szerint.	23
3. ábra	A talajminták izzítás után.....	24
4. ábra	A talajminták roncsolása.....	25
5. ábra	A DIN EN 13346 feltárás leírása.....	25
6. ábra	Agilent Technologies 240 típusú láng atom-abszorpciós spektrométer.....	26
7. ábra	Az „összes” réz koncentráció (mg/kg).....	30
8. ábra	Az „összes” cink koncentráció (mg/kg).....	32
9. ábra	Az „összes” ólom koncentráció (mg/kg).....	34
10. ábra	Az „összes” mangán koncentráció (mg/kg).....	36
11. ábra	Az „összes” kadmium koncentráció (mg/kg).....	38
12. ábra	Az „összes” króm koncentráció (mg/kg).....	40
13. ábra	Az „összes” vas koncentráció (mg/kg).....	42
14. ábra	Az „összes” kobalt koncentráció (mg/kg).....	45
15. ábra	Az „összes” nikkel koncentráció (mg/kg).....	47

TÁBLÁZATOK JEGYZÉK

1. táblázat	A nehézfémek határértéke.....	12
2. táblázat	A talajminták adatai.....	21
3. táblázat	A talajok osztályozása a kémhatás szerint	22
4. táblázat	Szántóföldek humusz tartalom szerinti csoportosítása.....	23
5. táblázat	A nehézfémek megengedett maximális koncentrációja a talajokban	26
6. táblázat	A talajok pH értéke	28
7. táblázat	A vizsgált talajminták szervesanyag és humusztartalma.....	29
8. táblázat	Az „összes” réz koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbségek.....	31
9. táblázat	Az „összes” cink koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	33
10. táblázat	Az „összes” ólom koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	35
11. táblázat	Az „összes” mangán koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	37
12. táblázat	Az „összes” kadmium koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	39
13. táblázat	Az „összes” króm koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	41
14. táblázat	Az „összes” vas koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	43
15. táblázat	Az „összes” kobalt koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	44
16. táblázat	Az „összes” nikkel koncentráció a TIM és DIN EN 13346 feltárásokkal. A két módszer közötti különbség.....	46

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni mindazoknak, akik támogatással segítették a munkámat. Hálásan köszönöm a témavezető tanáromnak, Dr. Csoma Zoltánnak, aki teljes mértékben segítette munkámat, mind szakirodalom összegyűjtésében, mind az adatok feldolgozásában és kiértékelésében. Szakmailag és emberileg is támogató tanácsaival, valamint türelmével és segítségével jelentősen hozzájárult ennek a szakdolgozatnak a létrejöttéhez. Köszönettel tartozom a tanulmányom ideje alatt kapott értékes tanácsaiért és folyamatos figyelmességéért, melyek nélkül ez a szakdolgozat nem készülhetett volna el.

Köszönöm a Biológia és Kémia Tanszék oktatóinak és laboránsainak a segítséget, amit a munkám elkészítése során kaptam. Tanácsaik és szakértelmük nélkül nem lett volna ilyen sikeres és alapos ez a munka.

Köszönettel tartozom a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola vezetőségének, az intézmény alapítóinak, hogy anyanyelven tudtam folytatni a tanulmányi utamat.

Hálásan szeretném megköszönni a családomnak és a csoport társaimnak az önzetlen támogatást és biztatást, amit szakdolgozatom elkészítése során kaptam. A segítségük nélkül nem sikerült volna áthajóznom azokon a kihívásokon és nehézségeken, amelyekkel szembesültem.