

NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
NÖVÉNYBIOLÓGIAI INTÉZET
NÖVÉNYÉLETTAN ÉS NÖVÉNYI BIOTECHNOLÓGIA TANSZÉK



**FITOREMEDIÁCIÓ RÉZZEL SZENNYEZETT SZŐLŐÜLTETVÉNY
TALAJON**

Készítette:

Gubó Eduard

Környezetgazdálkodási agrármérnök alapképzési szak (BSc)

Konzulens:

Dr. habil Molnár Zoltán
egyetemi docens

Mosonmagyaróvár

2014

Tartalom

1.BEVEZETÉS	4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1 Fitoremediáció	5
2.2.A talaj	8
2.2.1 A talaj szennyezései	8
2.2.2. Nehézfémekkel szennyezett talajok	9
2.3.Nehézfémek	9
2.4. A réz (Cu)	10
2.4.1.Réz a talajokban	10
2.4.2.Réz szerepe a növények életében.....	11
2.4.3.Réz szerepe az állatok anyagcseréjében.....	11
2.5.Nehézfém-rezisztencia mechanizmusok.....	13
2.6. Fém hiperakkumuláló növények	14
2.6.1.Fehér mustár (Sinapis alba L.)	15
2.6.2.Rostkender (Cannabis sativa L.)	17
3.SAJÁT VIZSGÁLATOK.....	19
3.1.A fehér mustárral végzett kísérletek	19
3.1.1.A vizsgálatok helye, ideje, anyaga, módszere	19
3.1.2.Vizsgálataim szempontjai:	19
3.1.3.Eredmények és értékelésük:	20
3.1.5.Telephely bemutatása.....	25
3.2.A rostkenderrel végzett kísérletek	26
3.2.1.Vizsgálataim szempontjai:	26
3.2.2.Eredmények és értékelésük:	26
3.2.3.Következtetések, javaslatok:	26
4.ÖSSZEFOGLALÁS	32

5.KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	33
6.SZAKIRODALOM JEGYZÉK	34

1.BEVEZETÉS

A világ élelmiszertermelésének alapja a termőtalaj, mely az emberiség legnagyobb kincse s megújuló erőforrása. Ide illően említhető TÓTH (1988) definíciója, miszerint a természeti környezet azon ismert elemeit tekintjük természeti erőforrásnak, amelyek a termőerők meghatározott fejlettségi szintjén gazdaságosan hasznosíthatók a társadalom anyagi szükségleteinek kielégítésére.

Természetes körülmények között évezredek alatt alakul ki a termőtalaj. A termőtalaj termékenységet gátló tényezők közül világszerte a talaj szennyeződésének fokozódása a legkifejezettebben károsító hatású. A szerves és szervetlen szennyező anyagok talajba kerülése lehet természetes eredetű, de az emberi (antropogén) szennyeződések a jelentősebbek. A mezőgazdaság kemizálása, az egyre gyakrabban és szélesebb körökben használt növényvédőszeres használata nagy szerepet játszik talajaink elszennyeződésében. A talaj egy bizonyos határig képes tompítani a szennyező anyagok károsító hatását, ezzel meggátolva termőképességének romlását. A talaj agyag- és szervesanyag-tartalma a fémszorbción útján mérsékli a toxicitást.

A nehézfémekkel szennyezett talajok komoly környezeti problémát jelentenek világszerte. Bizonyos mértékben az ember saját magának köszönheti ezen problémákat, ezért feladata is, hogy megoldást találjon a problémák megoldására, enyhítésére.

A talajtisztítási elv szerint megkülönböztetünk fizika, kémiai és biológiai tisztítási módszereket. Helyszín szerint lehet in situ (eredeti helyzetben) és ex situ (nem eredeti helyzetben) történő talajtisztítás. A fizikai és kémiai technológiák nagyon hatékonyak, gyorsan kivitelezhetőek, viszont költségesek. A biológiai technológiák csak bizonyos szennyezési koncentrációk mellett alkalmazhatók, időben sokkal lassabban lejátszódó folyamatok, viszont ez a legolcsóbb megoldás.

A növényekkel történő talajtisztítási eljárások nem csak anyagi szempontból előnyösek, hanem a talajra gyakorolt kedvező hatásuk miatt is. Ma már számos növényről ismert, hogy képes egy vagy több nehézfémeket nagyobb mennyiségben felhalmozni. A szakirodalom ezeket a növényeket hiperakkumulátoroknak nevezi.

Kutatásom két nagy biomassza tömegű növényre terjedt ki: a fehér mustárra és a rostkenderre. Kísérletem során egyrészt azt kívántam vizsgálni, hogy a rézzel szennyezett szőlőtalajból milyen mennyiségű réz tudunk kivonni a fehér mustár segítségével, másrészt pedig arra kerestem választ, hogy a keletkezett biomasszát miként lehet felhasználni, esetleg értékesíteni más megfelelő célokra.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Fitoremediáció

Fitoremediáció során a természetben megtalálható növényekkel, ill. génsebészeti úton előállított növények segítségével tisztítják meg a környezeti elemeket (talajt, talajvizet, felszíni vizet, ipari szennyvizet, levegőt) a szerves vagy szervetlen kémiai szennyező anyagoktól.

A kifejezés előtagja a görög fito= növény szóból ered.

A remediáció fogalma alatt a terület megjavítását, meggyógyítását, rendbehozatalát értjük. Latin eredetű szó: remedium: gyógyszer, orvosság, orvoslás. A remediáció kifejezést használjuk arra a tevékenységre, amikor a talajt vagy a szennyvizet szennyező anyagok koncentrációját olyan kis értékre csökkentjük, melynek kockázata már elfogadható. A fitoremediáció módszereit Simon L. (2004), Krämer U. (2010), Raskin és mtsai (1997) munkái alapján tekintem át.

A fitoremediáció fajtái:

FITOEXTRAKCIÓ:

Magasabb rendű növényeket alkalmaznak a talaj megtisztítására. 2 típusát ismerjük:

-folyamatos fitoextrakció: olyan speciális növények segítségével történik a talaj tisztítása, melyek a fémeket hiperakkumulálják.

-indukált fitoextrakció: kelátképzők segítségével könnyen felvehetővé teszik a nehézfémeket.

Elsősorban gyorsan növekvő, nagy biomasszát képező fajokat alkalmaznak (fűzfa, nyárfa hibridek). A szennyező anyagok a gyökérben, szárban raktározódnak el, melyek könnyen betakaríthatók és ellenőrzött körülmények között feldolgozhatók.

FITOFILTRÁCIÓ:

A felszíni, felszín alatti vizekben igen sok szennyeződés gyűlt össze az elmúlt években a növekvő ipari, kohászati, bányászati, ill. mezőgazdasági termelés következtében. Bizonyos területeken a vizet jelentős mennyiségű radionuklid (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu) szennyezte el. Ezeket a szennyeződéseket fizikai-kémiai módszerekkel: ioncserével (műgyantával), lúgos anyagok kicsapásával lehet eltávolítani a vízből. Nagy térfogat és kis fém koncentráció esetén ezek az eljárások drágák, viszont bioremediációval, élő vagy elpusztult baktériumokkal,

gombákkal, algákkal, magasabb rendű növények sejt kultúráival nagy mennyiségű fém vonható ki az ipari szennyvizekből. Magasabb rendű növényekkel nagy mértékben csökkenthető a szennyvizek térfogata, az evapotranspirációnak köszönhetően. Víz növényeket is alkalmaznak az ipari szennyvizek megtisztítására. Ilyenek például a vízi jácint (*Eichhornia crassipes*), a gázló (*Hydrocotyle umbellata*), a békalencse (*Lemna minor*) és a békalencse páfrány (*Azolla pinnata*). Ezek a növények kis hatékonyságúak, mivel lassan fejlődő gyökérzetük van, és viszonylag kis vegetatív résszel rendelkeznek.

RIZOFILTRÁCIÓ:

Növényi gyökerek segítségével távolítják el a fémeket, radionuklidokat a szennyezett vizekből. A gyökér megköti, felhalmozza vagy kicsapja a szennyeződések. Rizofiltrációra azok a növények alkalmasak, melyek nagy gyökértömeggel rendelkeznek és a gyökerek nem szállítják tovább a felvett szennyező anyagokat a növény többi részébe, hanem a gyökérben raktározódnak el. Rizofiltráció során a növények gyökerei a sejten kívüli térben (extracellulárisan) csapják ki a fémeket, illetve azok a sejtfalon csapódnak ki és adszorbeálódnak, vagy a sejtekbe bejutva a citoplazmába, vakuólumokba bezárva nem toxikus formában kerülnek elkülönítésre. A fémek egy részét a növényi gyökerek által kiválasztott izzadmányok (exudátumok) csapják ki és alakítják át vízoldhatatlan formákká.

BLASZTOFILTRÁCIÓ:

Magasabb rendű szárazföldi csíranövények segítségével távolítják el a fémeket és radionuklidokat a szennyezett vízből. A kifejezés a görög *blasto* = csíranövény kifejezésből ered. Akvakultúrában, tápoldat nélküli levegőztetett vízben néhány kultúrnövény (pl. szareptai mustár, tarlórépa, repce, lucerna, rizs) képes arra, hogy sötétben akár 10 napon át csírázzék, fejlődjék. Így rövid idő alatt, viszonylag olcsón, nagy mennyiségű, nagy fajlagos felületű csíranövényt (biomasszát) kapunk, mely abszorpcióval és adszorpcióval a fémszennyeződések nagy hatékonysággal távolítja el a szennyezett vízből. A blasztofiltráció olcsóbb és hatékonyabb lehet a rizofiltrációnál, mert csak magvakra, vízre, levegő bejuttatására van a növényneveléshez szükség (fény nem feltétlenül szükséges), és minimális a mikrobiális fertőzés veszélye.

FITOVOLATIZÁCIÓ:

A fitovolatizáció (fito = növény, volatizáció = illékonnyá tétel) során növények, illetve mikrobák teszik illékonnyá a szennyezett közegben (talajban, üledékben, vízben) lévő

szennyező anyagokat (elsősorban szelént, illetve a higanyt, arzént, halidokat és egyes szerves szennyező anyagokat).

FITOSTABILIZÁCIÓ:

Fitostabilizáció során különféle adalékanyagokkal kezelik a szennyezett talajt, bányameddőt, ipari melléktermékeket, majd növénytakaróval fedik le. A szennyező anyagokat (elsősorban a fémeket, egyes szerves szennyező anyagokat) az adalékanyagokkal oldhatatlan, kevésbé felvehető formájúvá alakítják át, a növénytakaró pedig megakadályozza, hogy a szennyezett közegből a szennyező anyagok a talajvízbe, levegőbe, szennyezetlen területre kerüljenek át, illetve a mikrobákban, növényekben, állati és emberi szervezetben akkumulálódjanak. A növénytakaró intenzív evapotranszpirációja megakadályozza, hogy a csapadék hatására a szennyező anyagok (nehézfémek) a mélyebb rétegekbe vándorolva elszennyezzék a talajvizet. Az erózió, defláció (szél általi elhordás) gátlásával a növények csökkentik a szennyezett közeg elhordásának veszélyét. A fitostabilizáció során tehát nem a szennyező anyagok eltávolítása, hanem a helyszínen történő immobilizálása a cél.

FITODEGRADÁCIÓ:

A fitodegradáció (fito =növény, degradáció =lebontás, szétbontás) során növények és a velük társult mikrobaközösségek alakítják át, bontják le a talajba, talajvízbe került szerves szennyező anyagokat kisebb ártalmatlan molekulákká, szén-dioxiddá és vízzé. A magasabb rendű szárazföldi és vízi növények 3 módon bontják le a szerves szennyező anyagokat:

- közvetlenül a növényen belül,
- a növényen kívül (ex planta) enzimek segítségével,
- a rizoszférában mikrobaközösségek és mikorrhiza gombák segítségével.

A fitoremediáció előnyei:

Környezetkímélő technológia.

Lényegesen olcsóbb, mint a fizikai, fizikai-kémiai tisztítási technológia.

Kevesebb másodlagos szennyeződés keletkezik (pl. szennyezett víz).

A talaj fizikai szerkezete nem károsodik, biológiai aktivitása nem szűnik meg, termékenysége legtöbb esetben megmarad.

Nagy felületen, in-situ alkalmazható eljárás.

Biomasszából elégetés után a koncentrált nehézfém visszanyerhető/deponálható.

A fitoremediáció hátrányai:

Időigényes.

A növény nem vesz fel, ill. nem bont le minden szennyező anyagot.

A növényeket gondozni kell.

Olyan mérsékelt szennyezett talajok tisztítására alkalmas, ahol nem kell az összes szennyező anyagot eltávolítani, elég a mennyiségét a határérték alá csökkenteni.

Csak sekély szennyeződésekre alkalmazható (gyökérzóna).

Szennyezett növényi szövetek bekerülhetnek a táplálékláncba.

Gyorsan fejlődő környezetvédelmi technológiáról van szó (melyet még nem alkalmaznak üzemszerűen), a fitoremediációt vizsgáló kutatások a kilencvenes években gyorsultak fel.

2.2.A talaj

Amióta az ember állattenyésztéssel, majd földműveléssel foglalkozik, figyelmet fordít a talajra, mint a gazdálkodás sikerének egyik fontos tényezőjére. A fogalom az évezredek érdeklődés, odafigyelés ellenére csak néhány évtizede alakult ki. Ahogy a földdel foglalkozó tudományok szintje fejlődött, úgy alakult, fejlődött a talaj definíciója is. A talaj a Föld legkülső, szilárd burka, amely a növények termőhelyéül szolgál. Alapvető tulajdonsága a termékenység, vagyis az a képesség, hogy kellő időben és a szükséges mennyiségben képes ellátni a növényeket vízzel és tápanyaggal. A talaj tehát egyrészt a környezet része, másrészt a mezőgazdaság termelőeszköze. Mint a környezet része fogadja a földfelszínre érkező energia- és anyagáramlásokat; részben tárolja, részben átalakítja azokat. A talaj természeti erőforrás, amely az élővilággal azonos kapcsolatban és kölcsönhatásban megújul az anyagok zavartalan körforgásában (STEFANOVITS, 1992).

2.2.1 A talaj szennyezései

Vermes és Simon (1995, 1999) szerint a talajszennyeződés az a folyamat, mely során a talaj természetes viszonyok között kialakult fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai jelentős mértékben és kedvezőtlen arányban változnak meg, az ökológiai talajfunkciók károsodnak. Talajszennyeződést okozhat a kémiai összetevők (toxikus elemek, toxikus vegyületek felhalmozódása), és a biológiai összetevők megváltozása (VERMES, 1995; SIMON, 1999). A talajszennyeződés legfontosabb forrásai természetes és emberi (antropogén) eredetűek

lehetnek, melyek pontszerű vagy nem pontszerű (diffúz) talajszennyeződést okoznak. Antropogén pontszerű talajszennyeződést okozhatnak a szennyvizek, szennyvíziszapok, a hígtrágyák, az istállótrágyák, a hulladékok (folyékony, szilárd) és a termelési (ipari) emissziók. Antropogén, diffúz szennyeződés alakulhat ki a légszennyezésből eredő száraz és nedves kiülepedés következtében, vegyszerek (műtrágyák, növényvédő szerek, csávázó szerek) mezőgazdaságban történő felhasználása, valamint a közlekedés, atomrobbantások, nukleáris balesetek miatt. Antropogén tevékenység következtében nehézfémek, radioaktív szennyezőanyagok, szervesetlen makroszennyezők, kőolaj és kőolajszármazékok, szerves mikroszennyezők, peszticidek és biológiai szennyezőanyagok kerülhetnek a talajba és a környezet más elemeibe (KÁDÁR, 1995; SIMON, 1999; VERMES, 1995).

2.2.2. Nehézfémekkel szennyezett talajok

A fent ismertetett antropogén hatások következtében a termőtalajok mikroelem mérlege általában pozitív – a talajokba időegység alatt több nehézfém kerül be, mint amennyi onnan eltávozik. A nehézfémek legtöbbször a feltalajban dúsulnak fel (akkumulálódnak), ahol a talajkolloidokhoz kötődnek. A talaj egy bizonyos határig pufferként viselkedik, megköti a nehézfémeket és így tompítja azok hatását, majd egy későbbi időpontban önmaga is szennyezővé válhat. A talajsavanyodással a nehézfémek mobilizálódnak és megjelennek a talajoldatban és a talajvízben. Innen a talaj mikroorganizmusai és a növények gyökerei veszik fel a nehézfémeket, melyek bekerülnek a táplálékláncba, komoly veszélyt jelentve az emberi és állati szervezetre (KABATA -PENDIAS és PENDIAS, 2001; KÁDÁR, 1995; SIMON, 1999).

2.3.Nehézfémek

Kémiai értelemben nehézfémeknek azokat a fémeket nevezzük, amelyek sűrűsége 5 g/cm^{-3} -nél, rendszáma 20-nál nagyobb. Napjainkban a nehézfém kifejezés a köznap szöhasználatban összekapcsolódott a toxikus elem fogalommal, nehézfémek alatt olyan fémeket vagy félfémeket értünk, amelyek biológiai hatása bizonyos koncentráció-tartományban, illetve a fölött negatív. Az ipari forradalom óta egyre nagyobb mértékben kerülnek be a környezetbe nehézfémek. A termőtalajok, a talajvíz és a felszíni vizek elszennyeződése nehézfémekkel súlyos környezetkárosodást okozhat, és veszélyezteti az élőlények egészségét. A legtöbb problémát hazánkban is a környezetbe került ólom (Pb), kadmium (Cd), higany (Hg), réz (Cu), króm (Cr), nikkel (Ni) és cink (Zn) okozza (KABATA -PENDIAS és PENDIAS, 2001; KÁDÁR, 1995; SIMON, 1999).

1.táblázat: A szennyezetlen és szennyezett talaj egyes elemeinek küszöbértéke (mg/kg SZA)

ELEM	SZENNYEZETLEN TALAJ	TISZTÍTÁS SZÜKSÉGES
As	29	55
Cd	0,8	12
Co	20	240
Pb	85	530
Mo	10	200
Zn	140	-
Ba	200	625
Cr	100	380
Cu	36	190
Hg	0,3	10
Ni	35	210

Forrás: (Vegter, 1997)

2.4. A réz (Cu)

A réz a periódusos rendszer 1.b oszlopában található, a rézcsoporthoz sorolt elem, leggyakrabban két, ritkábban egy vegyértékű. A felszíni vizekben átlagosan 3µg/liter, a tengervízben 0,25µg/liter, a litoszférában 55mg/kg koncentrációban fordul elő. A természetes talajok réztartalma 1-390mg/kg (átlag 26 mg/kg) közötti érték (BOWEN,1979,1982).

2.4.1.Réz a talajokban

A talajok összes réztartalmát elsősorban a talajképző kőzet ásványi összetétele határozza meg. A legtöbb rezet a bázikus kőzetek tartalmazzák (átlag 140 mg/kg), az üledékes kőzetek réz tartalma kisebb (átlag 57 mg/kg), a savanyú kőzeteké pedig még kisebb (átlag 30mg/kg). A talajok átlagos összes réz tartalma egyébként SWAINE (1969) szerint kb.20 mg/kg,ez azonban igen eltérő szélső értékek átlagát jelenti. Hazánk talajainak összes réztartalma GYŐRI (1984) szerint tág határok között változik (3,2-38 mg/kg). Kisebb értékek jellemezik a homok és láptalajokat, míg nagyobbak az értékek a csernozjom talajok esetében. A Cu készlet a talaj szántott rétegében ennek megfelelően 12-102 kg/ha közötti érték. Az összes réztartalomnak azonban csak egy hányada található mozgékony, a növény számára hozzáférhető formában. A könnyen hozzáférhető, jól oldódó forma mennyisége általában 4-20 mg/kg. Magyarország talajainak mozgékonyréz-tartalma a normális Cu ellátottsági zónába esik.

A réznek meglehetősen kicsi a talajban való mozgékonyasága. Ebből adódóan a felszíni vizek réztartalma is kicsi. Az ásványokból kiszabaduló réz részben az agyagon, részben a talaj szerves anyagain kötődik meg. A réz erős komplexképző tulajdonságú elem, amely a humuszvegyületekkel is stabil komplexeket képez, s ezt a formát a növények nehezen tudják csak felvenni. A huminsavak megkötik, s a tőzegben réz-porfirin komplexként van jelen. A talajban előforduló kétértékű kationok közül a Cu adszorbeálódik a legerősebben a talajkolloidok (agyagásványok) felületén. A kationok adszorpciós energiája pl. a következő sorrendben csökken:

$\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co} > \text{Zn} > \text{Ca}$

Egyes esetekben a talajok réztartalma >100 mg/kg is lehet, ha az adott területen (pl. szőlő-és komlótermesztés) rendszeresen használnak réztartalmú fungicideket. Rézfeldúsulást eredményezhet a desztillációs üzemek, illetve ipari létesítmények szennyvizének, hulladékának mezőgazdasági hasznosítása is. Ugyancsak jelentős lehet a trágyalével a termőtalajra jutó réz mennyisége is olyan állattartó telepekről, ahol a takarmányokhoz rézkiegészítést (pl. sertéstartásnál 250 mg/kg) alkalmaznak (SZABÓ és mtsai, 1987).

2.4.2. Réz szerepe a növények életében

A réz fontos szerepet játszik a plasztocianin nevű kloroplasztisz fehérjében, továbbá fontos a fotoszintetikus folyamatok elektrontranszportjában is. Részt vesz a fehérjék és a szénhidrátok metabolikus folyamataiban. Komponensként szerepel a citokróm-oxidáz, aszkorbinsav-oxidáz, valamint a polifenol-oxidáz enzimekben. Szerepet tulajdonítanak neki a zsírsavak dehidrogénezési folyamataiban is. A növények átlagos réztartalma 3-7 mg/kg közé esik. A toxikussági határ 20 mg/kg értéknél kezdődik. A réz a talajban ritkán fordul elő Cu^{2+} formájában, gyakran a huminsavval és fulvósavval alkotott komplexekben található. A legtöbb talaj réztartalma megfelelő. A rézhiány külső jele sok növénynél a csökkent növekedés és a fiatal levelek sápadtsága. A rézfelesleg külső jelei között a gyökerek csökkent növekedését is számon szokták tartani. Pótlásként a régóta ismert, növényvédő szerként is használt réz-szulfát-oldatok, valamint réz-kelát-oldatok használata ajánlható (LÁNG, 2007).

2.4.3. Réz szerepe az állatok anyagcseréjében

A réz biológiai jelentőségére először akkor figyeltek fel, amikor megállapítást nyert, hogy Angliában egyes területeken, főleg tőzeges, lápos és homokos talajokon a legeltetett szarvasmarhák és juhok ún. lápbetegséget kapnak. A réz létfontosságát MC HARGUA (1925)

mutatta ki először majd HART és mtsa (1928) az esszenciális jelleget tejjel táplált egerek anémiája kapcsán is bizonyították. Ez a felfedezés a hemoglobinképződés folyamatának megismerésében mérföldkövet jelentett és számos betegség okára derült ezzel fény (újszülöttkori ataxia, csont-és érfalkárosodások, anémia stb.).

A réz számos protein, mint a hepatocuprein, a hemocuprein, az eritrocuprein stb. és enzimrendszer, pl a citokróm-oxidáz, aminosav-oxidázok stb. alkotóeleme. A rézabszorpció részben a gyomorban, részben és nagyobb mértékben a vékonybélben megy végbe. A kifejlett állatok teljes testének zsírmentes szárazanyaga általában kg-onként 1,5-2,5 mg rézet tartalmaz. A réz értékesülésében számos antagonist hatás érvényesül. Nagy mennyiségű kalcium csökkenti a szarvasmarha és a juh Cu- értékesítését. A réz értékesülését a kén nagy mértékben befolyásolja, mivel a bendőben a mikrobiális lebontásnál a kén a rézzel réz-szulfiddá alakul, ami csak nagyon kis mértékben abszorbeálódik.

Rézhiány esetén a gyapjú- a tej- és a tejszírttermelés csökken, a gyapjú elveszti göndörségét, elvékonyodik, szakad, szőrpigment zavarok jelentkezhetnek (RISCH,1972,UNDERWOOD,1977).

2.5.Nehézfém-rezisztencia mechanizmusok

Nehézfémekkel terhelt környezetben a növények kétféle reakcióval biztosíthatják túlélésüket:

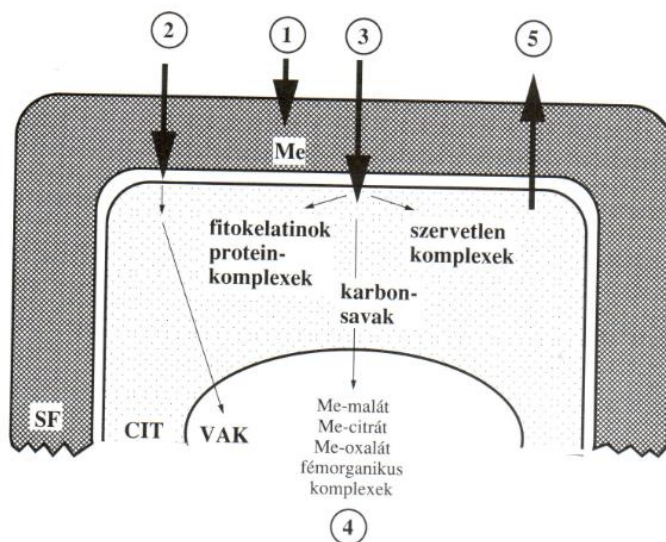
1. a nehézfémfelvétel korlátozásával
2. a felvett nehézfém eltűrésével

A nehézfém felvétel korlátozásának lehetséges útjait az 1. ábra mutatja.

Az egyik korlátozási mód a fémionok immobilizálódása a sejtfalban elsősorban pektinek révén. Ez rövid távú nehézfém stressz esetén hatásos, nagyon magas külső koncentráció hatására a sejtfalból a nehézfémek a citoplazma felé tovább haladnak.

A plazmát határoló membránokon való permeáció megváltozása egy másik lehetséges rezisztenciamechanizmus, melynél a nehézfémeket gyorsan a vakuólumba továbbíthatják.

A fémkötő proteinek és polipeptidek, valamint egyes karbonsavak kelátképzés révén "kapcsolják ki" a nehézfémeket, és a keletkezett komplexek a vakuólumba kerülve különülhetnek el a sejtnak anyagcsere szempontjából aktív részéből. Ilyen funkciójuk van a *fitokelatinoknak*. A fitokelatinok olyan fémkötő polipeptidek, melyek a felesleges és toxikus fémionok megkötésében, kizárásában, elkülönítésében vesznek részt (LÁNG, 2007).



1. ábra: A fémrezisztencia lehetséges mechanizmusai. 1. A fémionok (Me) immobilizálódása a sejtfalban. 2. A plazmát határoló rétegeken keresztüli permeáció gátoltsága. 3. Kelátképződés fémionkötő proteinek és polipeptidek révén a citoplazmában. 4. Kompartmentizáció a vakuólumban. 5. Aktív retranzsport (SF=sejtfal, CIT=citoplazma, VAK=vakuólum) Forrás: (Láng F. (szerk) Növényélettan)

2.6. Fém hiperakkumuláló növények

Krämer (2010) több mint 500 növényfajt, 101 családot sorol a hiperakkumuláló növények közé, melyek közül a Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Cunouniaceae, Fabaceae, Flacourtiaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae és Euphobiaceae a legjelentősebbek.

A vegyes nehézfém szennyezés számos területet érint manapság. Ezen területek veszélyt jelentenek mind a környezetre, mind pedig az emberi egészségre, ezért gyors és fenntartható helyreállítási stratégiák kidolgozására van szükség. A fitoremediáció olcsó és környezetbarát megoldásnak tűnik. A legfontosabb kihívás, hogy hogyan lehetne a fitoremediáció hatékonyságát megnövelni, javítani a növény biológiai tulajdonságait, fokozni a fém felvételét

(Wu ésTang, 2009.)

2.6.1.Fehér mustár (*Sinapis alba* L.)

A mustár termesztése és felhasználása több ezer éves múltra tekint vissza, már a római birodalomban is vetették. A mustár sokhasznú növény. Felhasználják konzervipari ízesítőként, tartósítószerként, olaját étkezési célokra, továbbá felhasználja a gyógyszeripar, sütő-és a cukrászipar. Kenő és világító olajat is készítenek belőle, a textil és szappanfőző iparban is használják. Hektáronként 17-47 tonna zöldet, ebből 400-600 kg fehérjét teremhet. Hazánkban az egyik leggyakrabban alkalmazott zöldtrágyanövény.

Elterjedtsége:

A mustár a nagy alkalmazkodóképessége miatt szinte a világ minden táján termeszthető. Magyarországon a mustárok közül a fehér mustárt termesztik és használják legszélesebb körben. Az Európai Unió államaiban zöldtrágyaként alkalmazzák területpihentetési programok keretében.

Botanikai leírása:

Rendszertani szempontból Capparales (Kápvirágúak) rendjébe, és a Brassicaceae (Keresztesvirágúak) családjába és a *Sinapis* nemzetségbe tartozik. A mustárfajok elsődleges származási területe a Földközi tenger keleti partvidéke és Nyugat-Ázsia. A fehér mustár hosszúnappalos, rövid tenyészidejű (105-135 nap) növény, 90-120 cm magasra is megnőhet. Gyökere mélyre hatoló, vékony, karószerű, alig elágazó, fehéres színű. Az oldalágak vékonyak, hajszálgökérszerűek és rendszerint sorban helyezkednek el.

Szára hengeres, szabálytalan kör alakú, gyengén csikolt. A dudvás szár fajtól és fajtától függően egy-két irányba elágazik.

Levelei szórt állásúak, szárnyasan szeldeltek, nyelesek, szélük fogazott. A szárat és a leveleket merev, elálló szőrzet borítja.

Virágzata kezdetben sátorozó fürt, a virágzás végére laza fürtté alakul. A virágszirmok (4db) aranysárgák. Virágai 5-8 cm-es kocsányon ülnek, hosszan nyílnak.

Termése duzzadt, 3-4 mm vastag, a virágzati tengelytől derékszögben vagy hegyesszögben elálló becő. Hosszúsága, vastagsága, valamint szélessége fajra, fajtára jellemző. A becők szőrözöttek, 2-4 cm hosszúak, lapos, kard alakú csőrrel. Az érett becő szalmasárga, könnyen felnyílik, magja pereg. Egy-egy becőben 3-6 mag található.

Magja gömbölyű, 2-3 mm átmérőjű, felülete finoman pettyezett, 4-6 évig csírázóképes, ha nedvességtartalma tartósan 9% körül állandósul. Ezermagtömege 4-8 g. A mustármag csípős

ízét és kedvező étrendi hatását a magban felhalmozódó nitrogén és kén tartalmú glikozidok okozzák.

Környezeti igényei:

Éghajlati igény:

Leginkább a meleg, mérsékelt csapadékos időjárást kedveli. A kora tavaszi hideget jól tűri és a tavaszi, nyár eleji szűkös csapadékviszonyokat is elviseli.

Talajigény:

A szélsőségesen savanyú és laza homoktalajok kivételével minden típuson jól terem.

Talajművelés:

A mustár talajának előkészítése során alapelv, hogy apró magjának csírázásához jó feltételek et kell biztosítani. Vetésig kertszerűen elmunkált, apró morzsás, sík talajfelszín kialakítása szükséges. A talajművelés során a talajnedvesség megőrzése, és a gyommentesség biztosítása a lényeg.

Tápanyagellátás:

A fehér mustár a tápanyagokra közepesen igényes növény. Rövid tenyészideje okán a lassan feltároló, nehezen felvehető szerves tápanyagokat rosszul hasznosítja. A keresztesvirágúak általában, így a mustár is érzékeny a kén (S) és a mikrotápanyagok, főként a bór (B) hiányára.

Vetés:

Zöldtrágyaként való hasznosításához, aprómorzsás talajba, nagy magmennyiséggel (25-30 kg/ha), 1-2 cm mélyre történjék a vetés. Optimális időpontja fővetésben március közepe/vége, másodvetésben augusztus 15.-szeptember 15. között. Sortávolság 24 cm, másodvetésben 12 cm. Vetés után szükséges hengerezni, amely után gyorsan (4-5 nap) kikel (RADICS, 2010; BOCZ, 1998).

2.6.2.Rostkender (*Cannabis sativa* L.)

Elterjedtsége:

A kender őshazája Közép-Ázsia, ahol ma is vadon előfordul. Onnan terjedt el mind kelet, mind pedig nyugat felé. Magyarországon már a történelmi időkben termesztették a kendert, és egészen bizonyosra vehető, hogy a kendert honfoglaló őseink már itt találták.

Botanikai leírása:

A kender a Rosales (Rózsavirágúak) rendjébe és a Cannabaceae (Kenderfélék) családjába és a Cannabis L nemzetségbe tartozik.

Gyökere jól fejlett karógyökér, belőle számos oldalgyökér ágazik el, melyeknek további elágazásai kiterjedt gyökérrendszert képeznek. A főgyökér 2,0-2,5 m mélyen is lehatolhat, míg az oldalgyökök oldal irányban 60-80 cm-re terjednek szét.

Lágyszárú (dudvás) növény, bár a vegetáció vége felé a szára jelentős mértékben elfásodik. Az elfásodás olyan mértékű, hogy gazdasági növényeink közül területegységenként a kender szolgáltatja a legtöbb fát (pl. 1 ha rostkender fa-, azaz pozdorjatermése vetekszik 1 ha bükkerdő 1 évi fanövedékével). Szára merev, felálló, magassága igen sok tényezőtől függ. A legfontosabbak ezek közül a napi megvilágítás tartama, a talaj, ill. a rendelkezésre álló tápanyagok, a vízellátottság, a tenyészterület és végül az ivar. A talajok típusa, fizikokémiai tulajdonságai, a tápanyagok, ill. a trágyázás jelentősen befolyásolják a szár magasságát. Vízfogyasztása nagy, ezért megfelelő hosszúságú szárat csak mintegy 250 mm-en felüli tenyészidő alatti csapadékmennyiség mellett tud fejleszteni. A hímkender általában mintegy 10-15%-kal magasabb a nőkendernél, annak ellenére, hogy az utóbbinak a tenyészideje 6-7 héttel hosszabb.

Levele tenyeresen összetett, hossza általában 3-14 cm között változhat. A levélzet tömege a növény össztömegéhez képest elég jelentős.

A kender kétlaki növény. Mindkét nembeli virágok virágzatokba csoportosulnak. A porzós (hím) virágzat tulajdonképpen bogernyős fürt, melynek 5 lepellevélből álló virágtakarója van, amely 5 porzót fog körül. A nőnemű (termős) virágoknak, melyek bogernyős füzérben állnak, ugyancsak lepellevélből álló virágtakarójuk van. Egyes országokban egylaki kendert is termesztenek, melynek virágszerkezete nem tér el a kétlakiétól.

A kender termése a makkocska, a gyakorlatban kizárólag magról beszélnek. A makkocska száraz, zárt termés, amelyben egyetlen mag van. A termés gömb, gyakrabban lapított tojásdad alakú. Ezermagtömege:17-23 g.

A rostkender aratási ideje akkor érkezik el, amikor a hímegek virágoznak. A magas hőmérséklet a hímvirágzás időtartamát lerövidíti, a hűvös némileg megnyújtja.

Környezeti igények:

Éghajlat:

A kendermag már alacsony hőmérsékleten, 1-2 °C -ra felmelegedett talajban csírázásnak indul. Ha a talaj hőmérséklete tartósan 5-10 °C-ra felmelegszik, a mag egy hét alatt kikel. Fényigényét földrajzi adottságok biztosítják.

Talajigény:

Figyelembe véve a növény hasznosítási céljait, csak olyan talajokon szabad termesztetni, ahol a megfelelő terménymennyiség mellett a minőség is jó. Ezek a humuszban gazdag, mély termőrétegű, kiváló víz-, levegő-, és hőgazdálkodású mezőszéki talajok.

Vízigény:

Hektáronként 12-15 t szárazanyagot állítunk elő. Ennek megfelelően 500-700 mm csapadékra, ill. annak megfelelő vízre lenne szükség. Fajlagos vízigénye viszonylag nagy, mert 1 kg szárazanyag előállításához 300-500 l vízre van szüksége.

Tápanyag igény:

Nagy tápanyag igényű növény. Tápanyagfelvétele a rohamos növekedés fázisáig minimális, ezt követően viszont hatványozottan fokozódik az aratásig (AGÓCS és mtsai., 1962; BÓCSA, 1981)

3.SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1.A fehér mustárral végzett kísérletek

3.1.1.A vizsgálatok helye, ideje, anyaga, módszere

Vizsgálataink nagy részét 2014 nyarán végeztük Szlovákiában, Nyitra Megyében, Érsekújvári járás, Udvard (Dvory nad Žitavou), Zsitvabesenyő(Bešeňov) és Ohaj (Dolný Ohaj) községekben.

Udvard (Dvory nad Žitavou) – Dél-Szlovákiai Borvidékhez tartozó szőlészet.

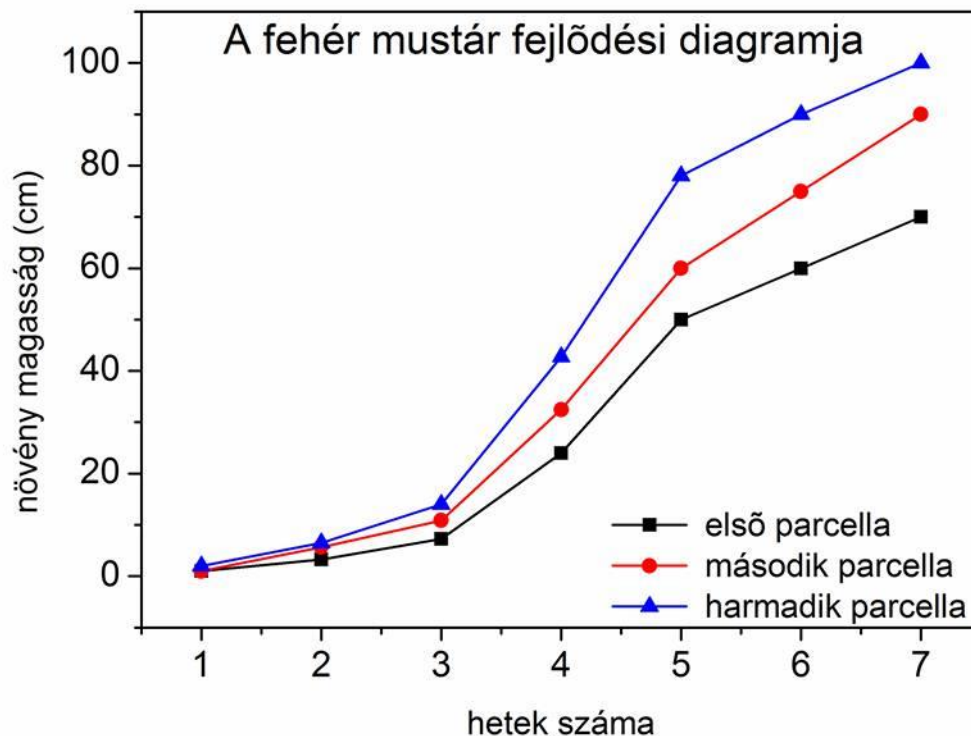
A vizsgálati helyen kijelöltünk egy sorközt, s ezen belül két parcellát, mely 5 m² nagyságú volt. A két parcelláról talajmintát vettünk 30 cm-es mélységben. A talajmintát az 5x1 méteres parcellán kézi talajmintavevővel vettem. Egy talajmintát 15 minta tett ki, melyet három sorban 80 cm-enként vettem. A talaj elművelése után finom morzsás magágyba elvetettem a fehér mustárt. Hetente figyeltem a növények fejlődését. Ezzel egy időben volt egy kontroll kisparcellánk is Ohaj (Dolný Ohaj) községben a családi kertünkben.

3.1.2.Vizsgálataim szempontjai:

Kísérletünk során egyrészt azt kívántuk vizsgálni,hogy a rézzel szennyezett szőlőtalajból milyen mennyiségű rezet tudunk kivonni a fehér mustár segítségével,másrészt pedig arra kerestem a választ,hogy a keletkezett biomasszát miként lehet felhasználni esetleg értékesíteni más megfelelő célokra.

A fehér mustárt május 16-án vetettem. Az első és második parcellán, melyek a szőlészetben voltak, vontatott, nehézkes kelést figyeltem meg, egyenetlenül kelt ki, voltak hiányfoltok mindkét parcellán belül. A kelési hibákat annak tulajdonítottam, hogy a vetés után sok eső esett, és az egyébként agyagos földet nagyon leverte az eső, így nem tudta a csíra kinyomni magát a földből és befulladt a talaj alatt. Ez alatt az idő alatt a kontroll növények teljesen normális fejlődést mutattak.

Minden héten megmértem a növények magasságát és fejlettségét. A magasságot 50 növény magasságának átlaga adta. Ezek alapján a legmagasabb és legfejlettebb állomány a kontroll növény lett. A fehér mustár fejlődésbeli különbségeit a 2. ábrán szemléltetem.



2. ábra: A fehér mustár fejlődési diagramja

3.1.3. Eredmények és értékelésük:

A fehér mustár hiperakkumuláló hatásával kapcsolatos vizsgálatok a következő eredményekkel zárultak.

1. parcella: Az egyenlőtlen kelés miatt a növény talajborítottsága csak az 50%-ot érte el. Növekedési különbségek voltak megfigyelhetők mindkét másik parcellához képest (4. ábra). Az első hetekben a különbség csak egy-két centiméter volt, viszont a virágzás előtti napokban közel 10 cm. Az 5. héten bimbós állapotban volt, az első virágok már ki is nyíltak. A 7. héten teljesen kivirágzott. Becős állapotban a magassági különbségek elérték a 20-30 cm-t. A növény elszáradása után gyökerestől begyűjtésre került. Biomassza tömege 2,1 kg volt. A laboratóriumi vizsgálatokból kiderült, hogy a növényi biomassza réz tartalma 75 mg/kg. Az eredményt három véletlenszerűen kiválasztott minta értékének átlaga adta.

Talaj típusa: barna, agyagos talaj volt.

2. parcella: A vetéssel egy menetben 100g nitrogén műtrágya került a talajba. Az egyenlőtlen kelés ezen a parcellán is megfigyelhető volt, de nem olyan nagymértékben, mint az első

parcellán. A növény talajborítottsága a 75%-ot érte el. Növekedésben hagyta az első parcellát, viszont a harmadik parcella növényeinek átlag magasságát nem érte el. Virágzáskor közel 10 cm-rel nagyobb volt, mint az első parcellán, viszont 10cm-rel kisebb a kontrollhoz képest. Az első parcellával egy időben kezdett virágozni (4. ábra). Becős állapotban a magassági különbség a kontrollhoz képest csak 10 cm volt. A növény elszáradása után szintén gyökerestől begyűjtésre került. Biomassza tömege 3,4 kg volt. A laboratóriumi vizsgálatok szerint a biomassza réz tartalma 73 mg/kg.

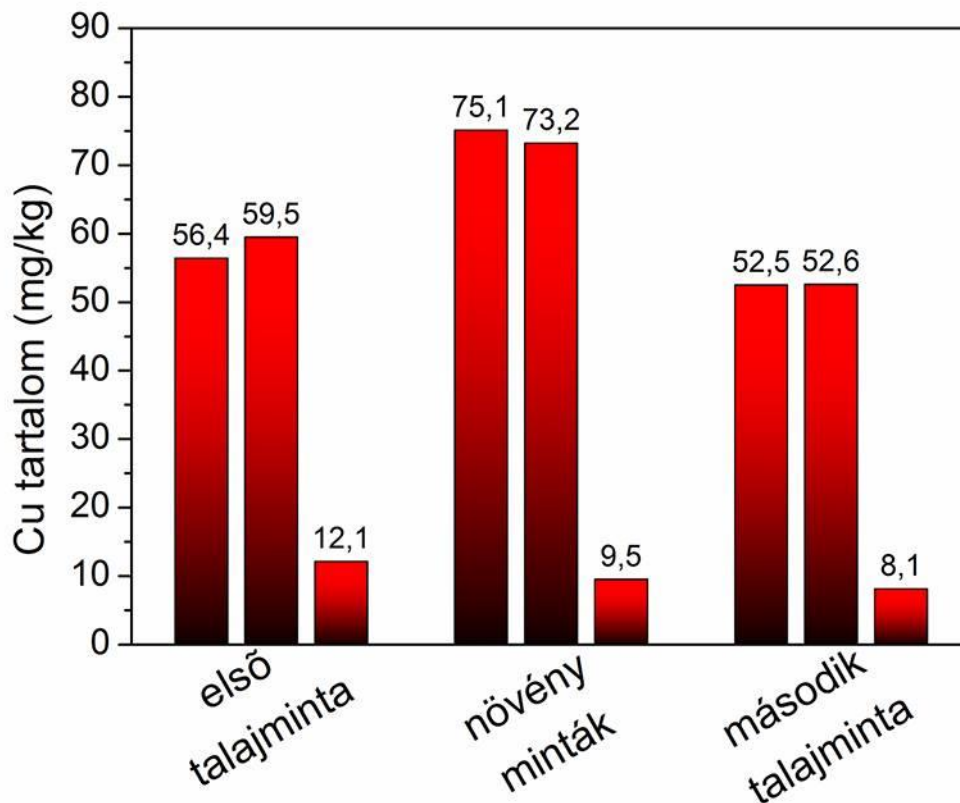
Talaj típusa: barna, agyagos talaj volt.

3. parcella: Kontroll parcella. A kelés szép egyenletes volt. A növény talajborítottsága közel 100%-os volt. Növekedésben felülkerekedett mindkét parcellán. Virágzása egy héttel korábban kezdődött a szőlészetben lévő parcellákhoz képest. Későbbi magassága elérte az 1 métert (6. ábra). A növény elszáradása után szintén gyökerestől begyűjtésre került, s a biomassza réz tartalma 9,5mg/kg lett. Biomassza tömege 5 kg volt.

Talaj típusa: csernozjom talaj.

Összességében elmondható, hogy a magasabb réz tartalmú talajok réz tartalma csökkent és a növények réz tartalma pedig növekedett (3. ábra). A növények száma a parcellán belül is fontos tényező volt.

A talaj és növények réztartalom analízisét a Synlab Umweltinstitut Ungarn Kft Mosonmagyaróvár végezte. A vizsgálatot véletlenszerűen kiválasztott minták adták, melyet kétszeres ismétlésszámban végeztek. A két eredmény átlagát használtam fel dolgozatomban.



. 3. ábra: Réz tartalom a talajban és a növényekben

3.1.4. Következtetések, javaslatok:

Vizsgálataink során fontos tényező volt a talaj típusa és minősége. Ennek megfelelően 2 parcella barna agyagtalajon volt, és egy csernozjom talajon. A növények fejlődésbeli különbségei nem csak a réz terhelésnek tulajdoníthatóak, hanem a talaj típusának is.

Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a rézzel gyengén szennyezett talajok réztartalmát akár egy-két év alatt normál értékre lehet csökkenteni. A fehér mustárt egy évben kétszer, sőt akár háromszor is elvethetjük.

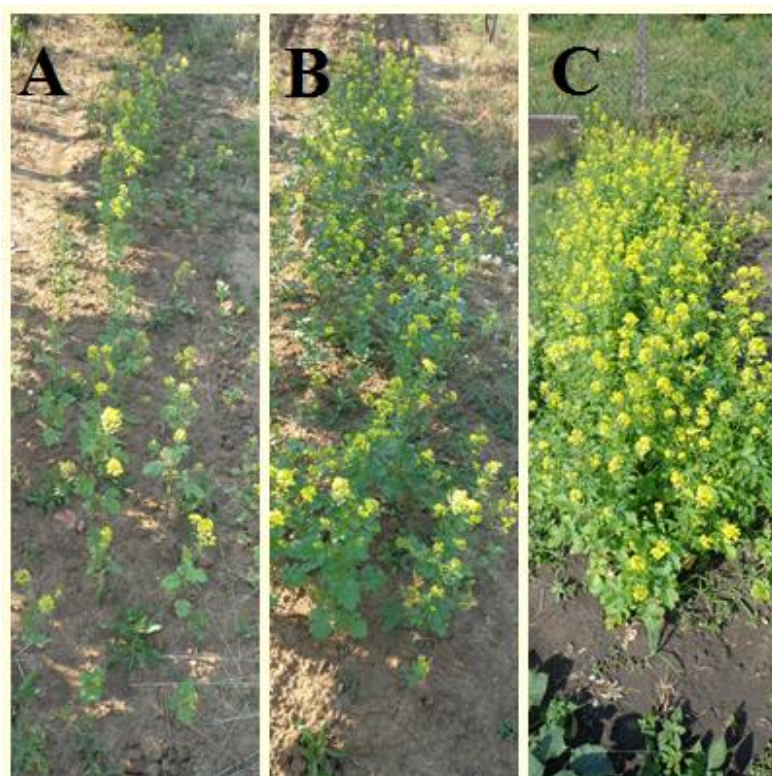
Nem kell a virágzást megvárni, zöldtakarmánnyként hasznosíthatjuk olyan haszonállatoknál, melyeknek magasabb a réz szükséglete, pl. a tejelő tehén rézszükséglete 113 mg/kg.

Szintén virágzás előtti állapotban komposztálható, s az így keletkezett rézben gazdag komposztot rézben szegény talajokra ki lehet juttatni.

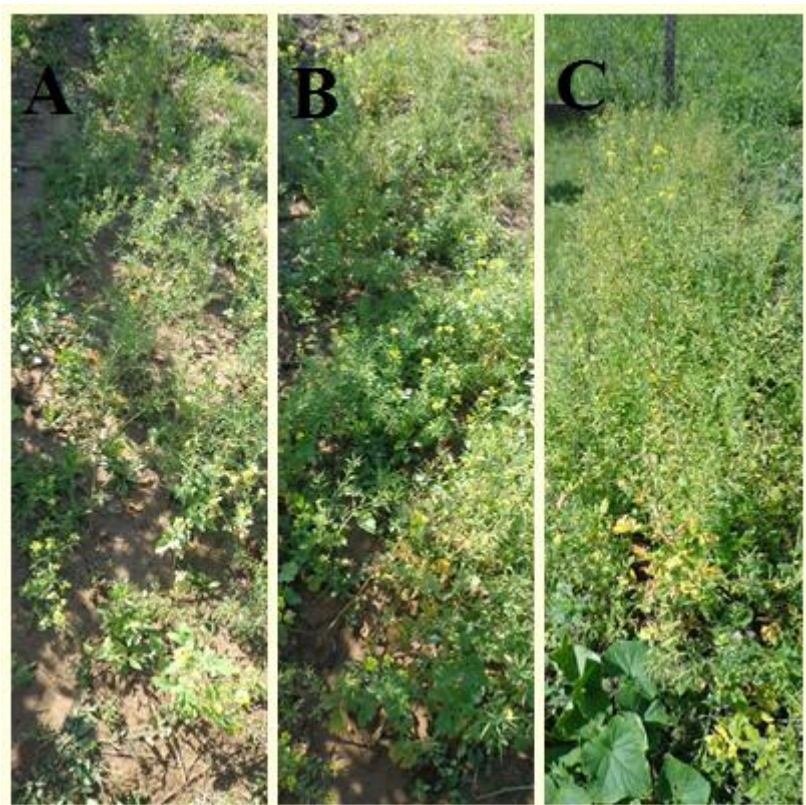
Amellett, hogy megtisztítja a talajt a réztől, kedvezően hat a talaj fizikai tulajdonságaira is. Nem véletlenül alkalmazza ezt a növényt az ökológiai szőlőtermesztés is.



4. ábra: Vetés utáni 3. hét. A: szőlészetben 1-es parcella, B: szőlészetben 2-es parcella nitrogén műtrágyával kezelve, C: kontroll parcella az otthoni kertben



5. ábra: Vetés utáni 5. hét, virágzás



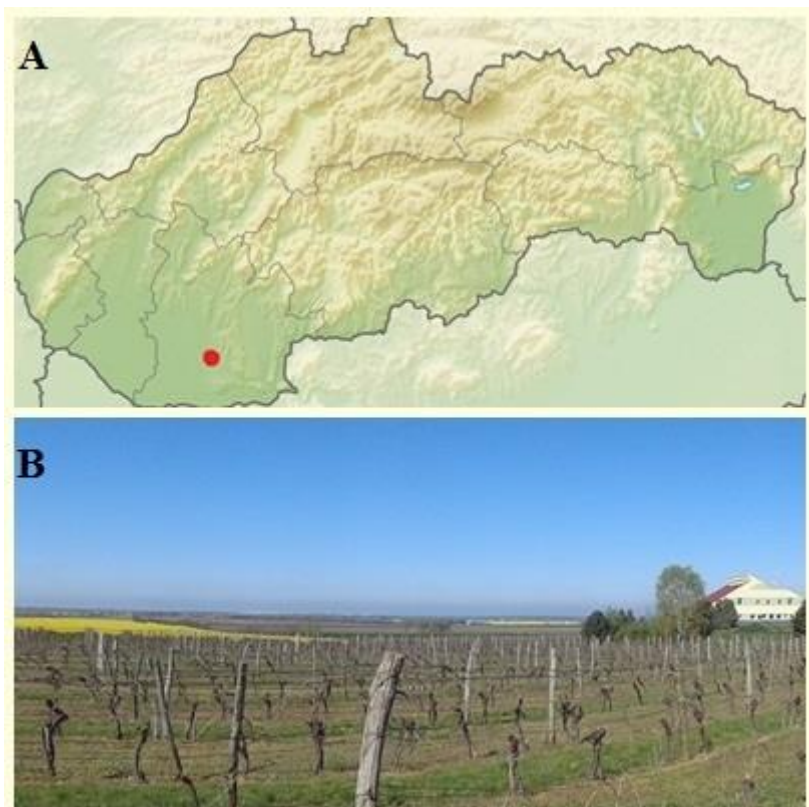
6. ábra: Vetés utáni 9. hét, elvirágzás után, becős állapotban

3.1.5. Telephely bemutatása

Az udvardi szőlészetet 1972-ben hozták létre. 1972-től 1983-ig 100 hektáron gazdálkodtak, majd 1990-2000-ig 45 hektárral bővítették. A mai terület 145 ha-t foglal magába. 50 munkás dolgozik a szőlészetben. 16 fféle szőlőt termesztnek.

Integrált szőlőtermesztést alkalmaznak, melynek értelmében egy évben csak hatszor permetezhetik növényvédőszerrel a szőlőt. A hektáronkénti maximálisan kijuttatható réz mennyisége 2 kg. Az állati kártevők ellen BIO módon védekeznek.

6 ha-on BIO szőlőtermesztést folytatnak, mely, ha meghozza a várt eredményeket és támogatásokat, akkor nagyobb területekre is kiterjesztik ezt a termesztési módszert.



7. ábra: A kép: Udvard község elhelyezkedése, B kép: szőlészeti látkép tavasszal

3.2.A rostkenderrel végzett kísérletek

Zsitvabesenýő(Bešeňov) – A rostkender hiperakkumuláló hatását sajnos a szőlészetben nem vizsgálhattuk, ezért otthon, cserepes megoldással teszteltem a növény réz felvevő képességét. Két rostkender makkocskát (magot) elültettem egy-egy cserépbe. Mindkét cserépbe virágföldet tettem, de az egyiket 20 gramm (mely 5000 mg/kg réznek felelt meg) kuprikol nevezetű réz tartalmú növényvédőszerrel kezeltem az ültetés előtt.

3.2.1.Vizsgálataim szempontjai:

A kísérletünk fő szempontja a rostkender hiperakkumuláló tulajdonságának vizsgálata és fejlődésének megfigyelése rézzel szennyezett talajon volt (8-9. ábra). A biomassa felhasználhatósága fontos szempontot jelentett ebben az esetben is.

3.2.2.Eredmények és értékelésük:

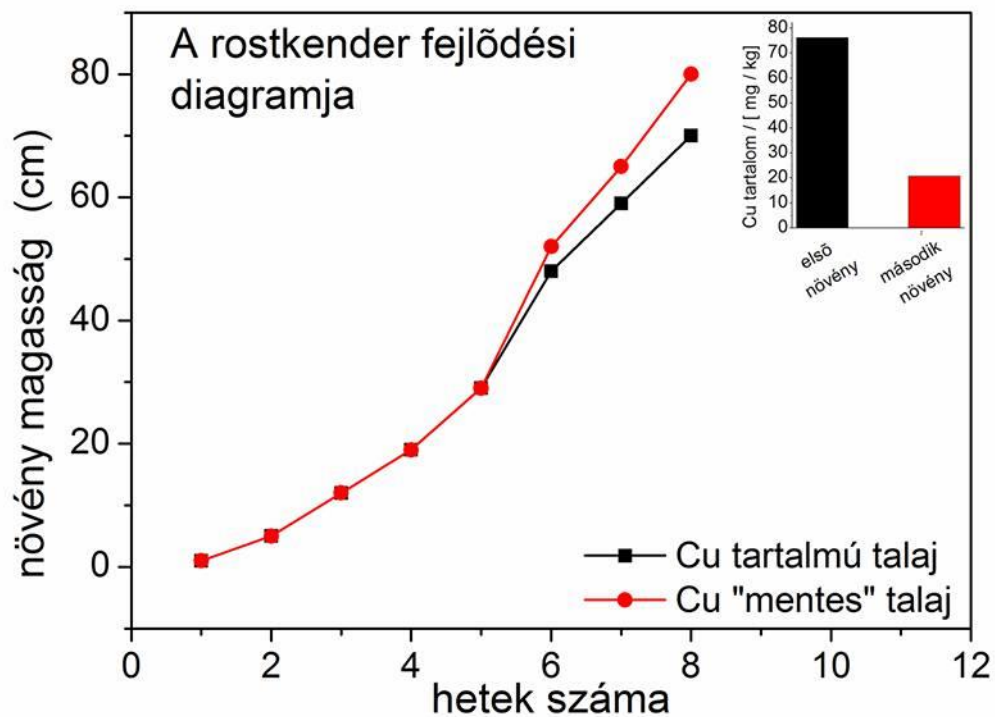
Kelés után mindkét növény szépen, egyenletesen fejlődött, nem volt észrevehető különbség egészen az 5. hétig, ekkor a növényvédőszerrel kezelt rostkender kettővel több hajtást mutatott, mint a tiszta virágföldbe ültetett társa. A 6. héten a hajtások száma megegyezett, viszont a növényvédőszerrel nem kezelt növény 4 cm-el magasabb lett. A 8. héten elkezdtek bimbózni, így nyilvánvalóvá vált, hogy mindkét növény hím ivarú, s így a növekedési különbségek nem az eltérő ivari alak miatt vannak. A 9. hét elejére a két növény magassági különbsége már 10 cm volt, de a hajtások száma megegyezett. Ekkor learattam növényt, mivel elkezdett virágozni, a korai aratás oka pedig az, hogy a rostkender pollene allergén. S ha a gyakorlatban is alkalmazni szeretnénk, akkor azt környezetkímélő módon tennénk, s figyelmet fordítanánk mások egészségére is. Mindkét növény zöld tömege 450 g volt. A laboratóriumi vizsgálatok szerint a növényvédőszerrel kezelt rostkender réz tartalma 75 mg/kg, míg a másik növény réz tartalma 20,5 mg/kg lett.

3.2.3.Következtetések, javaslatok:

Mivel a kender nagy biomassa tömegű és biomasszájának jó a fűtőértéke, ezért energia előállításra alkalmas lenne (pl.biomassa erőműben való hasznosításra, ill. pellet gyártásra).

A rostokban nem halmozódik fel a réz, ezért akár szövet előállításra is használható lenne, ebben az esetben a későbbi betakarítás ajánlott, azért,hogy erősebbek és nagyobbak legyenek a rostok.

A komposztálást, épp úgy, mint a fehér mustárnál, ennél a növénynél is alkalmazhatónak tartom.



8. ábra: A rostkender fejlődési diagramja és réz tartalma



9. ábra: Rostkender fejlődése, A:5.hét, B:6.hét, C:7.hét

3.3.Csíráztatási kísérlet

A Növényélettan és Növényi Biotechnológiai Tanszéken két csíráztatási kísérletet végeztünk.

Az első csíráztatást a három kísérleti parcellámról begyűjtött fehér mustár magvakkal végeztük. A második csíráztatási tesztben pedig növényvédőszerrel (kuprikol) kezeltem a csíráztatandó magvakat.

A csíráztatást négyes ismétlés számban végeztük el, 100 db maggal, 3ml ioncserélt vízzel.

Azért választottuk a kuprikol nevezetű 50%-ban rézet tartalmazó növényvédőszert, mert az elmúlt évtizedekben ez volt a leghasználtabb gombaölőszer a szőlészetekben.

1. csíráztatási kísérlet

Az első két parcelláról 98%-ban csíráztak ki a magvak, míg a kontroll parcelláról származó magvak csak 97%-ban csíráztak ki.

Az első napi csíraszámok az első parcelláról begyűjtött magvaknál domináltak, míg a második nap a második parcelláról származó magvak csíraszama volt többségben. A harmadik parcella csíraszamai csak a harmadik napon érték utol az előző kettőt (10. ábra).

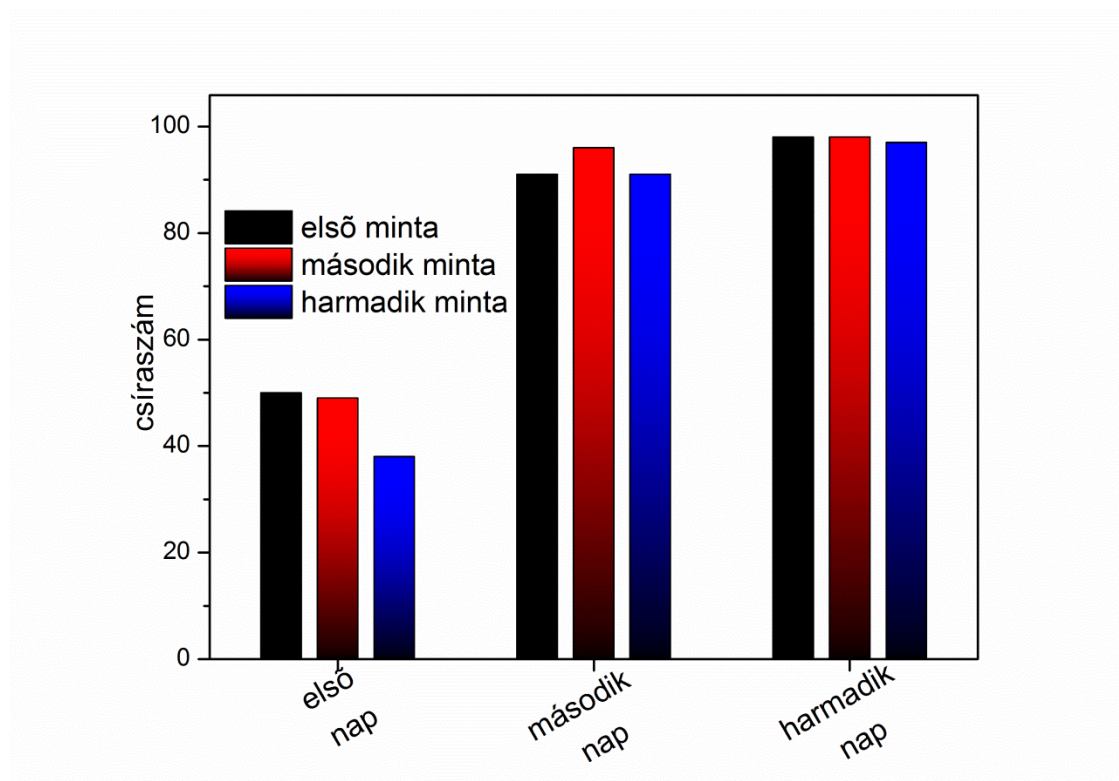
2. csíráztatási kísérlet

A növényvédőszerrel (kuprikol) kezelt csíráztatás megfigyelése:

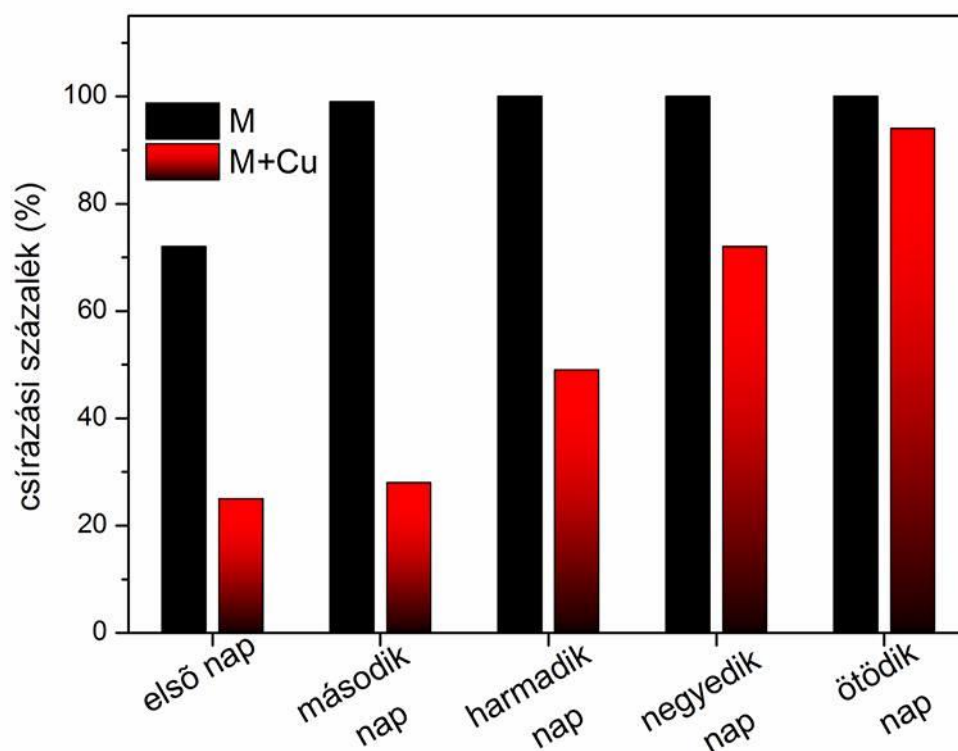
A kezelt magvak csíráztatásához 100 ml ioncserélt vízben 5g kuprikolt oldottunk fel, melyet a későbbiekben tápoldatként alkalmaztunk. Ennek réztartalma 2,5 gramm volt. Egy petri csészébe 3 ml oldat került, melynek réztartalma 0,075 mg-nak felel meg.

Már az első napon 25%-ban megjelentek a csírák a kezelt magvaknál is. A kontroll magok a második napon 99%-os csírázási arányt értek el, míg a kezelt magvak csak 28%-ot. Ekkor a kontroll növénynek már megjelentek a sziklevelei is. A harmadik napon a kontroll növények csírázási aránya 100%-os volt, míg a kezelt magvaké csak 40%-os. A negyedik napon a kezelt magvakon elkezdtek megjelenni a sziklevelek, ekkor már 72%-os volt a csírázási arány. Az ötödik napon a kezelt magvak elérték a 94%-os csírázási arányt. A 11. ábra szemlélteti a csírázási különbségeket a napok függvényében.

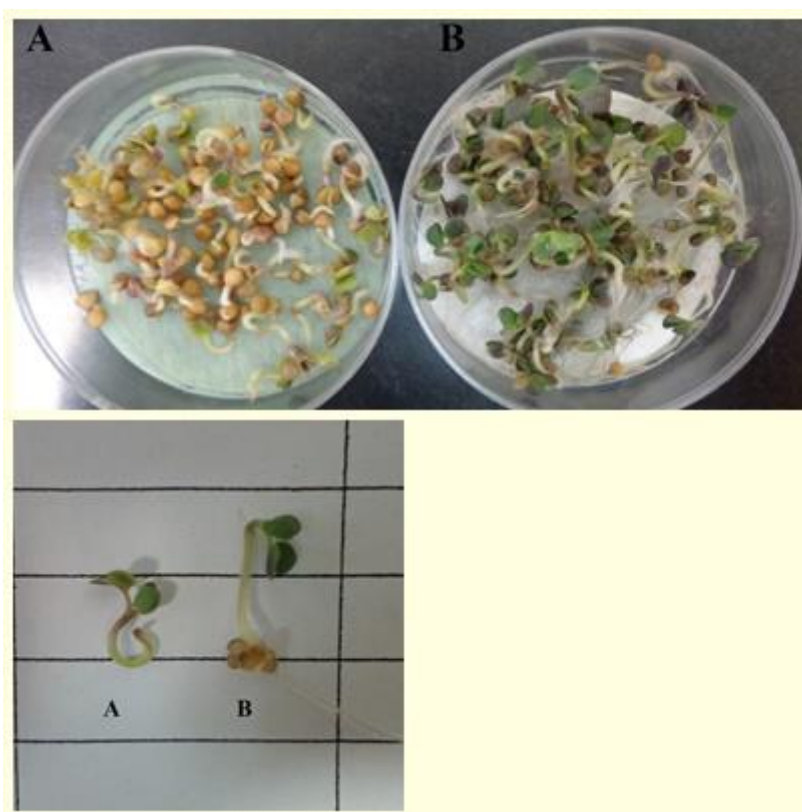
Az eredmények alapján megállapítható, hogy a növényvédőszerrel kezelt fehér mustárnak három nappal tovább tartott a csírázása a kontrollhoz képest. A vontatott csírázás ellenére a sziklevelek a negyedik napon megjelentek s egészségesek is voltak (12. ábra).



10. ábra: 1. csíráztatási teszt eredményei. Első és második minta a szőlészetből, harmadik minta a kontroll parcelláról származó



11. ábra: A kuprikollal kezelt ill. kontroll növények csírázási százaléka a napok függvényében



12. ábra: A kicsírázott fehér mustár a 4. napon, szikleveles állapotban. A: kuprikollal kezelt magok, B: kontroll magok.

4.ÖSSZEFOGLALÁS

A cserepes, ill. szabadföldi kísérleteim során két növény (fehér mustár, rostkender) hiperakkumuláló hatását vizsgáltuk. Eredményeink alapján a biológiai talajtisztítási eljárást hatékonyan lehet alkalmazni olyan területeken, melyek gyengén, esetleg közepes mértékben vannak rézzel szennyezve.

A talajban a réz általában nem mobilis formában van jelen, így nem is okoz komolyabb gondot. Sajnos azonban könnyen mobilizálható egy esetleges talaj pH változáskor, melyet fiziológiailag savasan ható műtrágyákkal elő tudunk idézni. A savas esők manapság nem jellemzőek, de akár egyszeri savas eső is mobilissá tudja tenni a talajban található nagyobb mennyiségű rézet.

A réz felvehetősége abból a szempontból fontos, hogy ha a termesztett növényünk, ebben az esetben a szőlő, nagy mennyiségű rézet vesz fel, az megjelenik a szőlőszemekben is, és a későbbi erjedési folyamatokban gondok jelentkezhetnek, s ezáltal romolhat a bor minősége is.

Fontosnak tartjuk a keletkezett biotömegt hasznosítását is. A tisztítási eljárás során ne hulladékot termeljünk, hanem a kedvező talajtani hatás mellett egy olyan biotömeg keletkezzen, mely máshol akár talajerő fenntartás céljából kedvező tulajdonságú lehet.

Ezeket a szempontokat figyelembe véve végeztem el a kísérleteimet.

5.KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani a SYNLAB UMWELTINSTITUT UNGARN Kft (Mosonmagyaróvár) -nak a talaj- és növényminták réztartalom analízisének elvégzéséért. Ezúton szeretnék még köszönetet mondani témavezetőmnek Dr. habil Molnár Zoltán egyetemi docensnek, aki szakértelmével, hasznos magyarázataival és tanácsaival segítséget nyújtott dolgozatom elkészüléséhez ill. a Növénybiológiai Intézet, Növényélettan és Növényi Biotechnológia Tanszék dolgozóinak.

Hálával tartozom továbbá az udvardi szőlésznek is, mely lehetőséget adott kísérletünk elvégzéséhez.

Külön köszönöm szüleim és testvérem támogatását és segítségét.

6.SZAKIRODALOM JEGYZÉK

1. Agócs P., Bócsa I., Botos L., Kiss E., Sárkány Gy. (1962) A rostkender és a rostlen termesztése, Mezőgazdasági Kiadó Budapest
2. Alloway B. J. (1995): Heavy metals in soils, Blackie Academic and Professional, London
3. Bocz Ernő (1998) Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
4. Bócsa I. (1981) A kender és a rostlen termesztése, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
5. Borián Gy., Oblián G., (2002) Környezettechnika, Tanári kézikönyv, Nemzeti Szakképzési Int., Budapest
6. Fekete A. (1988) Nem esszenciális (toxikus) elemek a hazai talajokban, Növény- és Talajvédelmi Szolgálat, Budapest
7. Filep Gy. (1988) Talajkémia, Akadémia Kiadó, Budapest
8. Filep GY. (1987): Talajtani alapismeretek I. Általános talajtan - DATE Mg. Kar jegyzet, Debrecen
9. Gruiz K., Horváth B. és Molnár M. (2001) Környezettoxikológia, Vegyi anyagok hatása az ökoszisztémára, Műegyetemi Kiadó, Budapest
10. Győri D. (1984): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
11. H. J. M. Bowen, (1979) Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London
12. Hargitai L., Zsoldos L., Fekete Z., (1964) Talajtan és agrokémia, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
13. KABATA-PENDIAS, A. H. PENDIAS, 2001. Trace Elements in Soils and Plants (3rd edition). CRC Press LLC. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
14. KÁDÁR I., 1995. A talaj–növény–állat–ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM, MTA-TAKI. Akaprint. Budapest
15. Krämer U. (2010) Metal hyperaccumulation in plants, Ruhr University Bochum, Plant Physiology Department, Bochum, Germany

- 16.Láng F.(szerk.) (2007) Növényélettan,ELTE Eötvös Kiadó,Budapest
- 17.Loch J. – Nosticzius Á. (2004): Agrokémia és növényvédelmi kémia,Mezőgazdasági Kiadó,Budapest
18. MÁTHÉNÉ GÁSPÁR G., ANTON A., 2004. Toxikuselem-szennyeződés káros hatásainak mérséklése fitoremediációval. Agrokémia és Talajtan 53:413-432.
- 19.Pais I. (1999) A mikroelemek jelentősége az életben,Mezőgazda Kiadó,Budapest
- 20.Pálinkás I.,Jámbor O.,(1990) Talajtan és Agrokémia,Gödöllői Agrártudományi Egyetem Főiskolai Kara,Gyöngyös
- 21.Radics L.(2010) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés tan,Agroinform Kiadó,Budapest
- 22.Raskin, I.; Smith; R.D.; Salt, D.E.(1997): Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment, Curr Opin Biotechnol
23. SIMON L., 2004. Fitoremediáció. Környezetvédelmi Füzetek. BMKE OMIKK, Budapest.
24. SIMON L. (szerk.), 1999. Talajszennyeződés, talajtisztítás. Környezetügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató, 5. kötet. Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest.
- 25.Simon L. – Szilágyi M. (szerk.) (2003): Mikroelemek a táplálékláncban, Bessenyei György Kiadó, Nyíregyháza
- 26.Singh, A., Ward, P.O. Eds. (2004): Applied Bioremediation and Phytoremediation, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- 27.Stefanovits P. (1992),Talajtan , Mezőgazdasági Kiadó ,Harmadik kiadás
- 28.Stefanovits P.,Filep Gy.,Füleki Gy. , (1999) Talajtan,Mezőgazdasági Kiadó Budapest
29. Swaine DJ (1969). The Trace Element Content of Soils. Commonwealth Bureau of Soil Science Technical Communication No. 48. Commonwealth Agricultural Bureau. Farnham Royal Bucks. England.
- 30.Szabó S.A.,Reguisné Mőcsényi Á.,Győri D.,Szentmihályi S. (1987),Mikroelemek a mezőgazdaságban,Mezőgazdasági Kiadó Budapest

31. Tóth M. (1988) A természeti erőforrások potenciálja és igénybevétele gazdasági értékelésének elvi-módszertani kérdései, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet
32. Van Gronsveld J, Cunningham SC, eds. 1998 Metal-Contaminated Soils: In Situ Inactivation and Phytoremediation. Heidelberg, Berlin
33. VERMES L., 1995. A talajszennyezettség megelőzésének, illetve felszámolásának jelentősége és lehetőségei. Agrokémia és Talajtan 44:293-298.
34. Wu, H.B. and S.R. Tang, (2009). Using elevated CO₂ to increase the biomass of a *Sorghum vulgare* x *Sorghum vulgare* var. *sudanense* hybrid and *Trifolium pratense* L. and to trigger hyperaccumulation of cesium. J. Hazard. Mater. 170, 863-870.