

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
**TALAJTANI ÉS AGROKÉMIAI KUTATÓ  
INTÉZETE**

BUDAPEST II., HERMAN OTTÓ ÚT 15.  
Telefon: 35-64-644, 212-2265 Levélcím: 1525 Budapest,  
Postafiók 35.  
Fax: 214-9007/5

---

NEMZETI KUTATÁSI és FEJLESZTÉSI PROGRAMOK (NKFP) - 2001

**Komplex és Hatékony Bioremediációs Technológiák  
Kifejlesztése Szennyezett Talajok Kármentesítésére**

**Szakmai részjelentés  
10/2. részfeladat**

A projekt szakmai vezetője: Prof. Dr. Szejtli József      ügyvezető igazgató  
(Cyclolab R&D Lab. Ltd.)

Projektvezető:

A 9/1. részfeladat: Dr. Murányi Attila tudományos főmunkatárs

A 10/1. és 10/2. részfeladat: Dr. Anton Attila ált. igazgató h.

**Közreműködők:** Máthéné Dr. Gáspár Gabriella  
Dr. Takács Tünde  
Dr. Vörös Ibolya  
Dr. Szécsi Árpád  
Oldal Bálint PhD-disszertáns

Budapest, 2002. szeptember 16.

**Anton Attila**  
általános igazgatóhelyettes

**Murányi Attila**  
tudományos főmunkatárs

**A nehézfém-akkumuláló képesség egyedi variabilitásának, a szelekciós nyomás szerepének vizsgálata tenyészedény kísérletekben, ismert és valószínűsített hiperakkumuláló növényfajoknál**

fenológiai tulajdonságok, növekedés intenzitás, nehézfém-akkumuláló képesség) a kiválasztott növényfajok szaporítási technikájának kidolgozása.

A kiválasztott növényfajokkal tenyészedény kísérletet állítottunk be két részkísérletben. A tenyészedény kísérletekben összesen 12 növénycsalád 12 növényfaját vontuk vizsgálatba. A széles rendszertani fajkör és életmódspektrum, a részletes növekedésdinamikai és elemtartalmi vizsgálatok célja a többféle követelményt támasztó környezetnek legmegfelelőbb fitoremediációs technológia tudományos megalapozása volt. A fenológiai és növekedési sajátosságok vizsgálata egyértelműen rámutatott arra, hogy fitoremediációs technológia alkalmazása esetén a pH-érték előzetes beállítása szükséges. A nehézfém szennyezés a növényfajok magas elemtartalmában egyértelműen megmutatkozott. A savas pH-érték kísérletünkben is kedvező hatással volt a legtöbb nehézfém oldhatóságára és növényi akkumulációjára. A faj, fajta az elemtartalom fontos meghatározójának bizonyult. Az 1. részkísérlet eredményei azt mutatták, hogy a póréhagymát, magas nehézfém koncentrációi ellenére a jóval nagyobb hajtástömeget produkáló retekkel jól helyettesíthetjük.

## **10/2 feladat kutatási eredményei:**

### **Tenyészedénykísérletek**

A kiválasztott növényfajokkal (**3/1. sz. Melléklet**) tenyészedény kísérletet állítottunk be két részkísérletben. A tenyészedény kísérletekben összesen 12 növény család 12 növényfaját vontuk vizsgálatba. A széles rendszertani fajkör és életmódspektrum, a részletes növekedésdinamikai és elemtartalmi vizsgálatok célja a többféle követelményt támasztó környezetnek legmegfelelőbb fitoremediációs technológia tudományos megalapozása volt.

A vizsgálatokban a Gyöngyösorosoziban gyűjtött meddőhányó minták közül az 1. részkísérletben négy (T6, T8, T10, T11), míg a 2. részkísérletben csupán az egyetlen nem savas pH-értékű minta (T6) képviselte a nehézfémekkel szennyezett közeget (**3/2. sz. Melléklet**). Referencia talajként a Kompoltról származó csernozjom barna erdőtalaj 0-20 cm-es rétegét vontuk vizsgálatba. Az ércbánya meddőhányóféleségeinek felhasználását az indokolta, hogy egyesíti mindazokat a nehézségeket, melyekkel a fitoremediációs technológia alkalmazásakor számolnunk kell: az összetett nehézfém-szennyezéssel, s egyéb hátrányos talajadottságokkal (szélsőséges pH-érték és szemcseösszetétel, szerkezetnélküliség, szervesanyag- és makroelem-hiány stb.).

### **Fenológiai és növekedési sajátosságok vizsgálata**

#### **(3/3. sz. Melléklet)**

A meddőhányó kedvezőtlen tulajdonságai meghatározták a növények fejlődését és növekedését. Az alacsony pH-érték (2,4-3,3) károsító hatása rövid idő alatt megmutatkozott. A 2,4-2,6 pH-érték valamennyi növényfajra toxikusnak bizonyult. Jellemző volt az ép, nem torzult csíranövények alacsony száma, a csíranövények nagymértékű és gyors pusztulása. A 3,3-es pH-értékű közegben (T11) már –faji sajátosságoktól függő– növekedést is megfigyelhettünk. A fiatal növények gyökértorzulása azonban ez utóbbi esetben is egyértelműen rámutatott arra, hogy fitoremediációs technológia alkalmazása esetén a pH-érték előzetes beállítása szükséges.

Vizsgálataink többségét a nem savas ( $pH_{H_2O}$ : 7,28), de magas és összetett nehézfém-szennyezettséggel jellemezhető (As, Cd, Pb, Cu, Zn) meddőhányó mintán (T6) végeztük. A növényfajok fejlődésének és növekedésének lemaradása a referencia talajon neveltekétől fokozatosan, hosszabb idő (3-8 hét) elteltével vált jelentőssé (40-200 %). Nagy faj és esetenként fajta különbségek mutatkoztak. A meddőhányón nevelt toleráns fajok egyedfejlődése a kísérlet során ugyan lassuló, de folyamatos volt, a rövidebb életciklusú fajok eljutottak a generatív szakaszba (*Raphanus sativus*, *Atriplex hortensis*). Ezzel szemben az érzékeny fajok fejlődése és növekedése nemcsak lelassult, hanem leállt, s a kísérlet végére a növények jelentős hányada elpusztult (*Cheiranthus cheiri*). A toxikus hatásokat legkorábban a levél elszíneződése, illetve a mintázott növények csökkent tömege jelezte.

Az **egyedi különbségek** a stresszreakció erősségétől, a növényfajok szaporodási és a mag csírázási sajátosságaitól, a szaporítóanyag előállítási technikájától függően jelentkeztek. Általánosságban megállapítottuk, hogy a szennyezett közegen nevelt növények egyedi variabilitása erősebben csökkent a nehézfém-szennyezésre érzékeny fajoknál, illetve – a fokozatos akkumuláció miatt- a későbbi fejlődési szakaszokban. A stresszhatás növekedése, a toxikus szint határán- az egyedi különbségeket megszüntette (**3/4. sz. Melléklet**).

## A növények elemtartalma.

A nehézfém szennyezés a növényfajok magas elemtartalmában egyértelműen megmutatkozott (**3/5. sz. Melléklet**). A savas pH-érték kísérletünkben is kedvező hatással volt a legtöbb nehézfém oldhatóságára és növényi akkumulációjára. A vizes kivonat és az összes elemtartalom aránya a 7,28 pH- értékű közegben (T6) a Zn-nél 0,06% volt, de a 3,3 pH-értékűben (T11) már 14,8%. A kukorica Zn-koncentrációja a savas közegben 5-szörösre nőtt (T6: 214 mg/kg szá, T11: 1156 mg/kg szá). Ennek ellenére nyilvánvaló, hogy a megfelelő biomassza eléréséhez fitoremediációs célokból legalább a 4 –5 –ös pH-érték elérése elengedhetetlen.

A faj, fajta az elemtartalom fontos meghatározójának bizonyult. Vizsgálatainkban a kukorica (*Zea mays* L. convar. *dentiformis*) hajtás értékeihez viszonyítva a póréhagyma (*Allium porrum* L.) koncentrációja a legfőbb szennyező elemeknél (As, Pb, Cu, Cd, Zn) az elemek sorrendjében 46,9 , 38,1 , 10,2 , 10 és 7,0-szeres volt (közeg: T6). A hajtással kivont nehézfém mennyiség nagyságát a koncentráció és a hajtástömeg együttesen alakítja. Az 1. részkísérlet eredményei azt mutatták, hogy a póréhagymát, magas nehézfém koncentrációi ellenére (As 120 mg/kg, Zn 1505 mg/kg, Pb 796 mg/kg, Cd 22,8 mg/kg, Cu 250 mg/kg), a jóval nagyobb hajtástömeget produkáló retekkel jól helyettesíthetjük.

A vizsgált két retekfajta (*Raphanus sativus* L.) között a kevésbé transzlokálódó elemek tekintetében (As, Pb, Cu) alakult ki figyelemreméltó különbség (a két fajta koncentráció hányadosa: As 3,38, Pb 2,89 , Cu 2,47). A fajták növekedési tulajdonságai és nehézfém érzékenysége jelentősen módosították a hajtás és gyökér tömeg-arányát is. A retekfajtákra vonatkozó eredményünket már részben publikáltuk (Máthé-Gáspár , Anton 2002).

A hivatkozott irodalmat a **3/6. melléklet**ben adjuk meg.

3/1. sz. Melléklet.  
VIZSGÁLT NÖVÉNYFAJOK

Vizsgált növényfajok jegyzéke. A minták eredete: Tenyészedény kísérletek

<i>Növényfaj</i>	<b>Latin név</b>	<b>Növénycsalád</b>
Retek	<b>Raphanus sativus</b>	Brassicaceae (Keresztesvirágúak)
Sárga viola	<b>Cheiranthus cheiri</b>	Brassicaceae (Keresztesvirágúak)
Póréhagyma	Allium porrum	Liliaceae (Liliomfélék)
Kukorica	Zea mays	Gramineae (Pázsitfűvek)
Kerti laboda	Atriplex hortensis	Chenopodiaceae (Libatopfélék)
Sóska	Rumex acetosa	<b>Poligonaceae (Keserűfűfélék)</b>
Kerti oroszlánszáj	Antirrhinum majus	Scrophulariaceae (Tátogatófélék)
Kecskeruta	Galega officinalis	Fabaceae (Pillangóvirágúak)
Szagos here	Trigonella coerulea	Fabaceae (Pillangóvirágúak)
Édeskömény	Foeniculum vulgare	Umbellifereae (Ernyős virágzatúak)
Fekete bodza	Sambucus nigra	Caprifoliaceae (Bodzafélék)
Mezei juhar	Acer campestre	Aceraceae (Juharfélék)
Törékeny fűz	Salix fragilis	Salicaceae (Fűzfafélék)
Körömvirág	Calendula officinalis	Compositae (Fészkesvirágzatúak)

A vizsgált növényfajok életformája és ökológiai igénye (Soó 1964-1973) változatos. Egynyári és melegkedvelő például a kukorica, míg áttelelő egyéves és hidegtűrő a póréhagyma, évelő cserje a bodza és fa a fehér nyár. A Brassicaceae és Salicaceae család tagjainak jó nehézfém-akkumuláló képessége számos vizsgálatban igazolódott (Baker et al. 1994, Kumar et al. 1995, Scnoor et al. 1995, Tölgyesi et al. 1970, Whiting et al. 2001).



### 3/2. sz. Melléklet

#### A TENYÉSZEDÉNY KÍSÉRLETEK TALAJAINAK FONTOSABB JELLEMZŐI

Alkalmazott talajminták jelölése (lásd 2002. januári részjelentést) :

Gyöngyösoroszi meddőhányó mintái: T6, T7, T8, T10, T11  
Referencia talaj (Kompolt): T12

#### VIZSGÁLATI EREDMÉNYKÖZLÉS

##### Vizsgálati módszer:

**Összes P, K:** ICP plazmaemissziós spektrometriás elemanalízis MSZ 21470-50:1998;

**Összes-N:** MSZ-08-0012-10:1987

**Összes Ca:** MSZ-21470/50

**NH<sub>4</sub>-N; NO<sub>3</sub>-N:** MSZ 20135:1999, majd vízgőzdesztilláció

**Felvehető P, K:** MSZ 20135:1999

Toxikus szerves szennyezők vizsgálata: **ICP plazmaemissziós spektrometriás elemanalízisek salétromsavas, vizes kivonatból: MSZ 21978-9:1985.**

##### Általános talajkémiai vizsgálatok:

- **mintaelőkészítés, pH:** MSZ 21470/2-81;
- **Arany-féle kötöttség (K<sub>A</sub>):** MSZ 21470/51-83;
- **CaCO<sub>3</sub>%, só%:** MSZ-08-0206-2/78;
- **H%:** Tyurin-módszer

##### Vizsgálati eredmények

Labor szám	Mintakód	Általános talajkémiai vizsgálatok					
		pH(H <sub>2</sub> O)	K <sub>A</sub>	só, %	CaCO <sub>3</sub> , %	H, %	Szerves C, %
1080	T6	7,28	58	0,23	13,8	5,08	2,95
1081	T7	2,62	67	0,27	∅	0,13	0,075
1082	T8	2,48	60	0,30	∅	0,34	0,197
1084	T10	2,44	34	0,40	∅	0,32	0,186
1085	T11	3,33	40	0,15	∅	1,05	0,609
1086	T12	7,07	41	0,05	1,1	2,98	1,73

Labor szám	Mintakód	AL-oldható elemek, mg/kg			KCl-oldható elemek, mg/kg	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ca	K <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
1080	T6	6,20	39500	284	7,27	1,32
1081	T7	29,30	2950	61,8	14,6	∅
1082	T8	3,51	2970	41,5	14,2	2,84
1084	T10	<KH	17700	54,8	1,55	∅
1085	T11	<KH	4430	77,4	14,1	1,13

1086	T12	649	7110	586	7,33	11,3
------	-----	-----	------	-----	------	------

Labor szám	Mintakód	Összes elemtartalom, mg/kg				
		P	Ca	N	K	S
1080	T6	347	41900	100	6160	52100
1081	T7	97,4	3550	1300	12260	5510
1082	T8	104	4020	700	15420	12300
1084	T10	434	16800	70	5440	31800
1085	T11	647	6060	700	5850	12900
1086	T12	987	8960	1700	8360	419

A növények szempontjából a vizsgálatba vont meddőhányó minták elsődleges károsító tulajdonsága az egyetlen kivétellel (T6) nagyon alacsony pH-érték (2,4-3,3) volt. Meghatározó szerepét igazolta a terepen észlelt kopár folt, a tenyésztedény kísérletekben pedig a csíráztatott magok, a csíranövények, a gyökeres dugványok torzulása, pusztulása (indikátor-tünetek: Schubert 1985).

A növények elemtartalmán túl azok fejlődésében és növekedésében egyéb talajtulajdonságok (többnyire magas só -, alacsony mész- humusz-, N- és P-tartalom) jelentősége is megmutatkozott. A meddőhányó minták igen magas S-tartalma a S-igényes növények (pl. *Raphanus sativus* L., *Allium porrum* L.) számára vélhetőleg kedvező volt.

A savas pH-érték látványosan együtt járt az elemek nagyfokú vízoldhatóságával. Ugyanakkor ennek ellentétéként a lúgos pH-érték és a mésztartalom erős szorpciós hatása is kifejezésre jutott az egyetlen nem savas hányómintán (T6) (Filep 1998, Csillag et al. 2001). Említett tényezők meghatározó szerepét szemléletesen mutatja a meddőhányó minták elemtartalmi sorrendjének változása. Az egyetlen, nem erősen savas kémhatású minta (T6) Zn-, Cu-, Cd- és Pb-tartalma az összes elemtartalom szerint a legmagasabb volt. Ezzel szemben a vízoldható Zn, és Cu-tartalma a legalacsonyabb, Cd-tartalma az utolsó előtti, Pb-tartalma pedig kimutatási határérték alatti lett.



Labor szám	Mintakód	Vizes kivonat (1:5) kationjai, mg/kg							
		Ca	Mg	Na	K	CO <sup>2-</sup> <sub>3</sub>	HCO <sup>-</sup> <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sup>2-</sup> <sub>4</sub>
1080	T6	3100	247	339	117	∅	134	∅	9409
1081	T7	1647	112	109	155	∅	∅	68,9	7296
1082	T8	3292	144	71,9	107	∅	∅	68,9	8453
1084	T10	2963	444	47,2	54,4	∅	∅	34,5	13630
1085	T11	2753	141	45,1	61,4	∅	∅	103	9451
1086	T12	145	12,6	30,9	48,8	∅	401	∅	68,9

Labor szám	Minta-kód	Összes elemtartalom, mg/kg												
		As	Hg	Mo	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Cr	Cu	Sn	Ba	Se
1080	T6	745	4,48	2,26	5016	2897	13,3	30,5	7,86	17,6	1200	6,77	63,2	3,65
1081	T7	2,97	<KH	1,27	47,2	19,9	1,92	0,221	0,534	9,6	10,8	3,17	427	7,01
1082	T8	95,3	6,68	0,669	106	337	1,57	0,946	2,22	15,9	30,9	2,37	68,7	3,58
1084	T10	1,64	1,02	1,70	199	726	3,19	3,94	2,20	12,2	282	6,68	50,3	12,5
1085	T11	149	<KH	0,98	630	431	13,6	3,38	6,86	20,1	125	7,03	187	0,261
1086	T12	9,83	<KH	<KH	94,7	18,5	15,6	0,167	35,1	52,1	19,0	2,91	235	<KH
	KH		0,5	0,025										0,15

Labor szám	Minta- kód	Szervetlen toxikus elemek, 1 : 10 vizes kivonat, µg/L															
		Fe	Mn	Al	As	Hg	Mo	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Cr	Cu	Sn	Ba	Se
1080	T6	<KH	1330	16	7,0	5,9	7,5	317	<KH	10,3	16,4	<KH	10,9	4,4	<KH	21,4	12,0
1081	T7	944	2750	20800	<KH	<KH	<KH	1330	<KH	82,7	4,0	32,1	14,2	279	<KH	28,1	7,5
1082	T8	3170	1650	22000	6,0	<KH	7,2	4300	385	77,0	14,2	34,0	21,6	607	<KH	20,8	8,6
1084	T10	10700	6510	70000	<KH	14,8	<KH	6650	<KH	155	28,7	69,1	33,4	1550	<KH	9,4	9,6
1085	T11	19	7300	18900	<KH	<KH	<KH	9360	109	161	54,4	43,9	7,1	449	<KH	60,3	<KH
1086	T12	49	18	73	<KH	<KH	<KH	7,3	<KH	2,4	<KH	5,2	9,7	20,1	<KH	13,4	<KH
	KH	0,3			1,1	10	0,5		2,0		0,2	1,0	0,4		1,7		3,0

### 3/3. sz. Melléklet

## NÖVÉNYEK FEJLŐDÉSE ÉS NÖVEKEDÉSE. TENYÉSZEDÉNY KÍSÉRLETEK

Valamennyi növényre toxikus volt a 2,4-2,6 pH-érték. Hatására vagy már csírázás közben, vagy a kelés, illetve a dugványozás után 1-2 héttel elpusztultak a növények. Kedvezőbb volt a helyzet a 3,3-as pH-értékű közegen (T11). Itt már a faj érzékenységtől függően létrejött némi növénytömeg, a gyökérszet részleges vagy teljes pusztulása csak hosszabb idő elteltével (2-4 hét) regisztráltuk. Egyedi különbségeket nem észleltünk, sőt még a fajta különbségeket is megszüntette a nagyon erős stressz.

Kelési % a különböző pH-értékű közegekben

Talajminta jele	pH-érték	növényfaj			
		sárga viola	reték	póréhagyma	kukorica
T7	2.62	0	0	0	0
T6	7.28	95	100	90	100
T8	2.48	0	2	0	0
T10	2.44	0	8	5	5
T11	3.33	15	35	18	50
T12	7.07	98	100	96	98

### Növények fejlődése 3,3-es pH-értékű meddőhányón

Időpont	Fejlődési állapot az egyes növényfajoknál Levélszám , db a talajon nőtt %-ában		
	reték	póréhagyma	kukorica
Kelés után 2 héttel	50	50	50
Kelés után 4 héttel	20	-	50

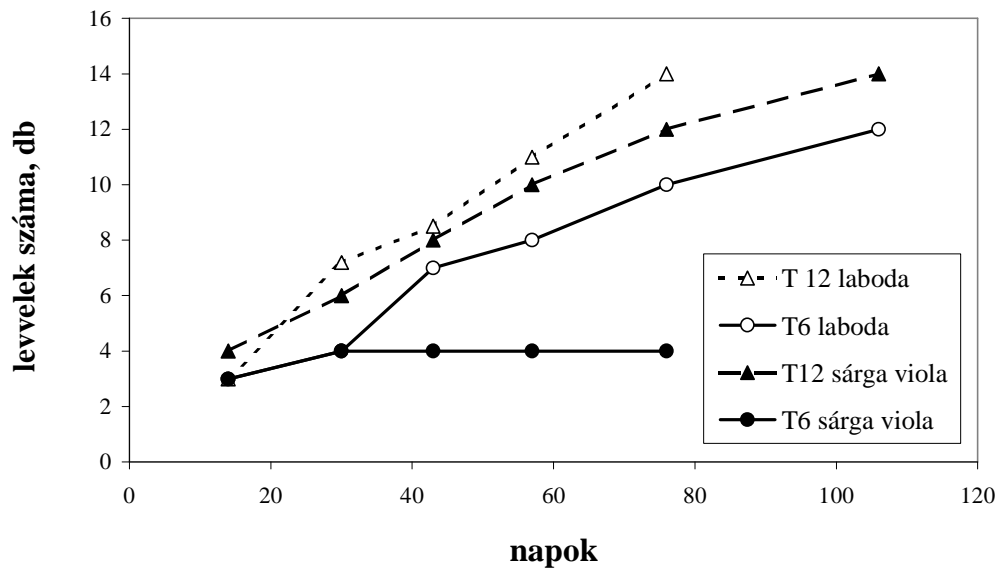
### Növények szárazanyag tömege 3,3-es pH-értékű meddőhányón (vetés után a 30. napon)

Növényi rész	Növényfajok		
	reték	póréhagyma	kukorica
Hajtástömeg, mg	2,8	-	44,0
Gyökértömeg, mg	0,4	-	9,0

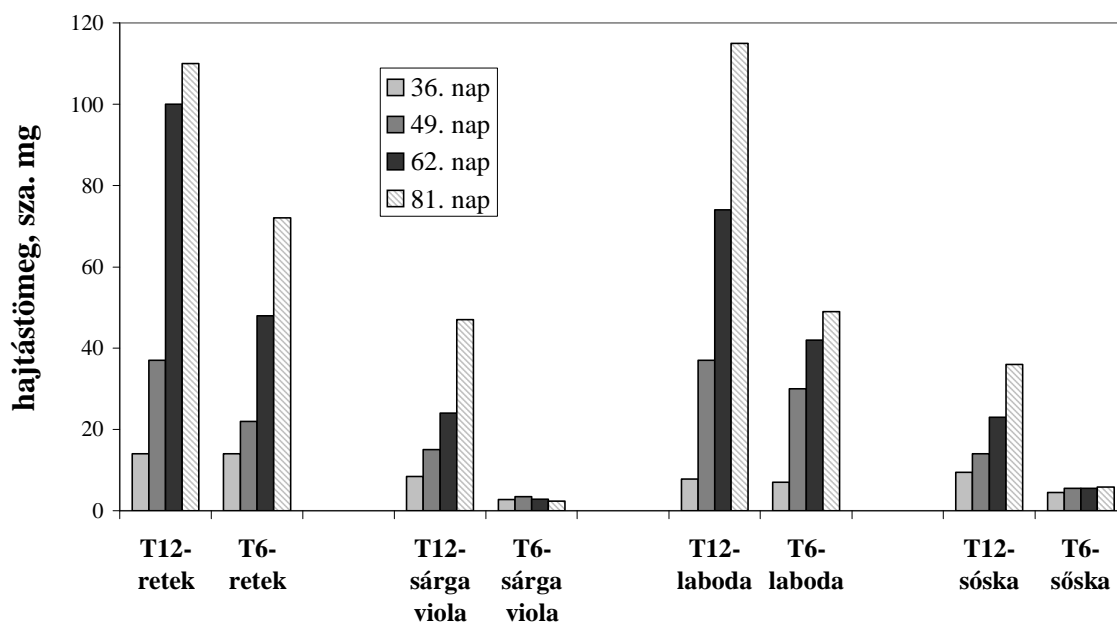
A nem savas pH-jú (7,25), de igen erős, komplex nehézfém szennyezett meddőhányó mintán (T6) valamennyi növényfaj magja jól csírázott, a kikelt növények fejlődésének és növekedésének elmaradása a referencia talajon neveltekétől csak hosszabb idő elteltével vált jelentőssé (40-200 %). Nagy faj és esetenként egyedi különbségek mutatkoztak. Szemléletesen különbözött a nehézfém szennyezéssel szemben toleráns kerti laboda (Atriplex

hortensis) és retek (Raphanus sativus), valamint az érzékeny sárga viola (Cheiranthus cheirii) és sóska (Rumex acetosa) levélfejlődése és hajtásnövekedése.

**Kerti laboda (Atriplex hortensis) és sárga viola (Cheiranthus cheirii) levélfejlődése referencia talajon (T12) és meddőhányón (T6)**



**Növények hajtástömeg dinamikája**

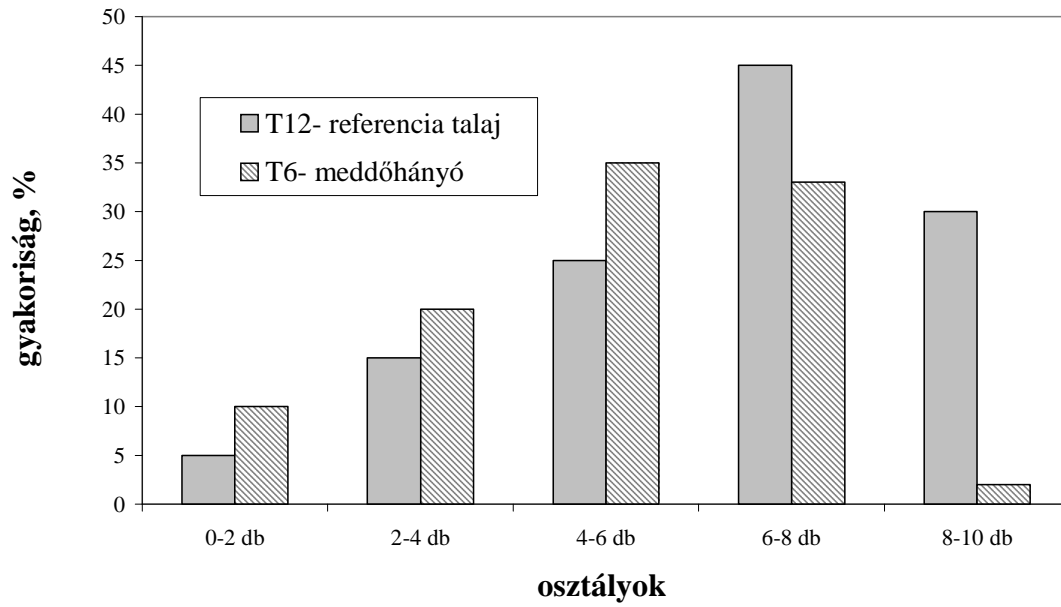




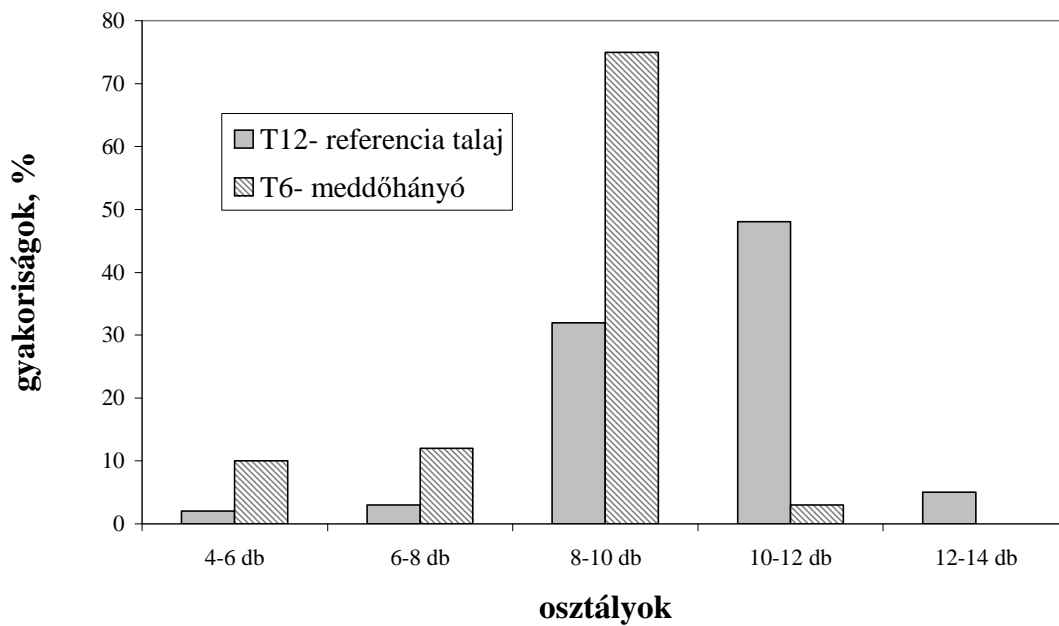
### 3/4. sz. Melléklet

#### EGYEDI VARIABILITÁS A VIZSGÁLT NÖVÉNYEK FEJLŐDÉSÉBEN ÉS NÖVEKEDÉSÉBEN

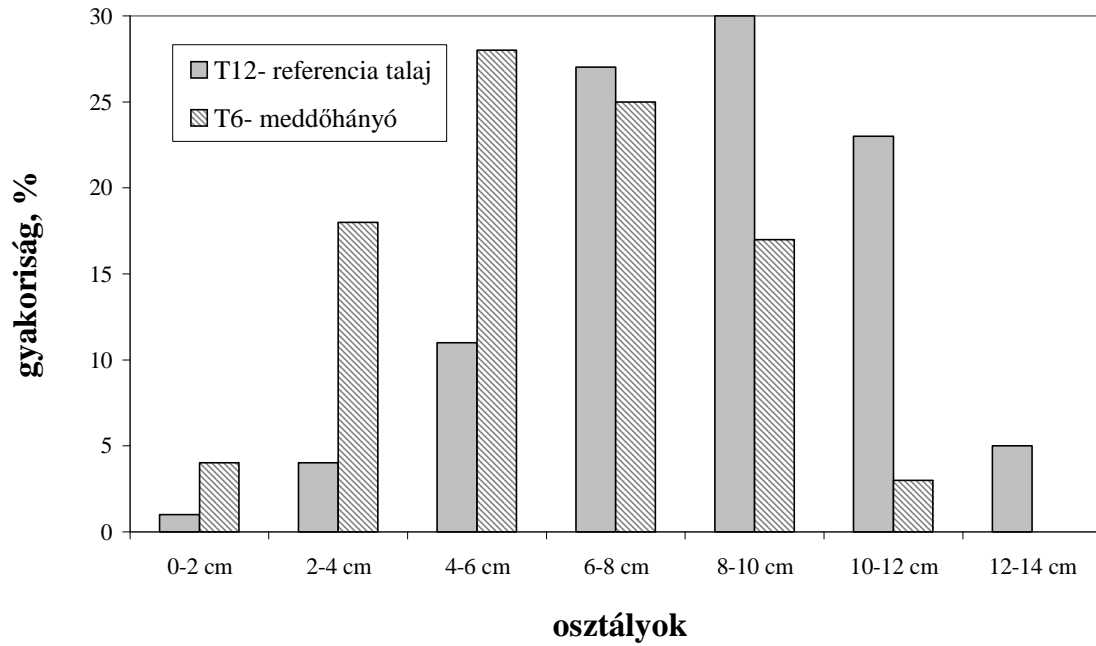
**Kerti laboda (*Atriplex hortensis*) levélfejlődésének egyedi variabilitása a 45. napon referencia talajon és meddőhányón**



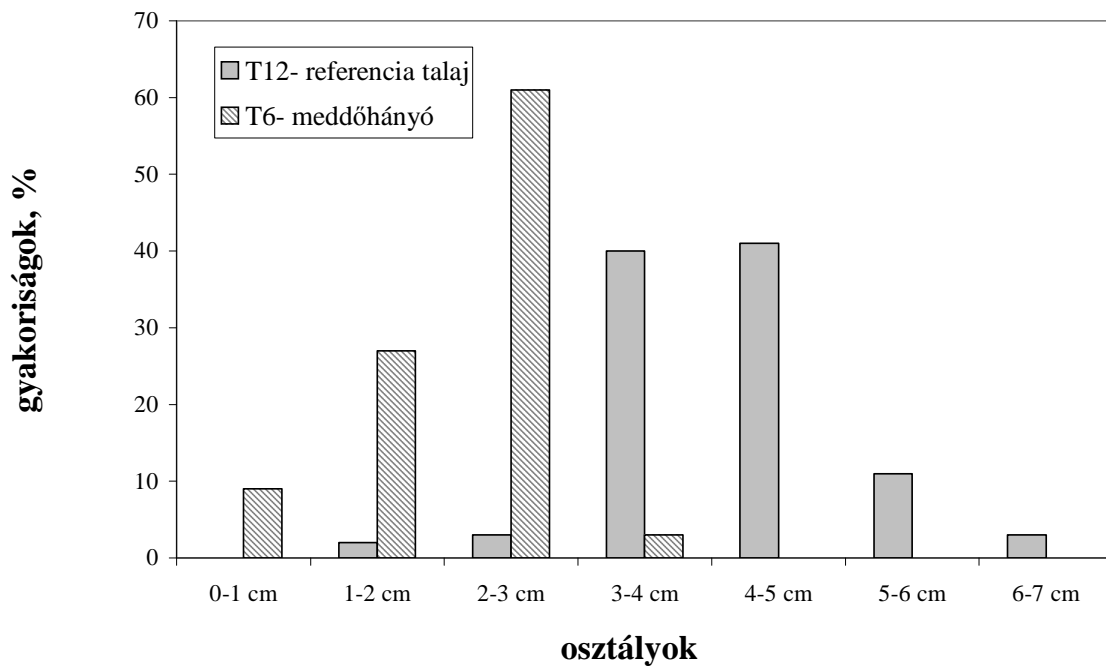
**Kerti laboda (*Atriplex hortensis*) levélfejlődésének egyedi variabilitása a 76. napon referencia talajon és meddőhányón**



### Raphanus sativus L. hajtásmagasságának egyedi variabilitása



### Cheiranthus cheirii L. hajtásmagasságának egyedi variabilitása



Az egyedek fejlődése és növekedése a faj sajátosságain túl a stressz reakció kifejlődésének gyorsaságát is tükrözte.

A meddőhányón (T6) nevelt kerti laboda fejlődése kevésbé maradt el a referencia talaj (T12) növényeitől. A stressz kifejlődése lassú, fokozatosan jut érvényre, ezért a kerti laboda kétféle közegen mutatott variabilitása eltérő volt egy korai időpontban, mint a későbbiek során. A referencia talaj növényeihez viszonyítva a 45. napon nagyon hasonló a variabilitás, míg 73. napon (virágzás előtt) a szennyezett közegen a növények közti különbség gyakorlatilag megszűnik, a növények fejlettsége csaknem azonos.

A növények növekedési jellemzőiben korábbi fejlődési stádiumban és vizuálisan is jól észlelhető mértékben tapasztaltunk eltéréseket a meddőhányón és talajon nevelt növényeknél. A tünetek legkorábban a levelek színeződésén, majd méretében, a későbbiekben a hajtás magasságában és tömegében is változások voltak. A reakció megjelenése fokozatos, a korrallal erősödő volt. A két hónapos növények hajtásmagasságában szintén kifejezésre jut a stressz reakció erőssége. A hajtásmagasság eloszlása a referencia talajon és a meddőhányón nevelt növények esetében a toleráns reteknel sokkal hasonlóbb képet mutat, mint az érzékeny sárga violánál.





### 3/5. sz. Melléklet

#### VIZSGÁLT NÖVÉNYFAJOK NEHÉZFÉM AKKUMULÁCIÓJA

Faj, fajta, egyedi különbségek

**A növényanalízisek egy része még folyamatban van. Az alábbiakban közölt eredmények az első rész kísérlet eredményeit tartalmazzák.**

Első rész kísérlet eredményei

#### Vizsgált növényfajok mintajegyzéke

Növényfajok	Mintaszám referencia talajon (T12)	mintaszám meddőhányón (T6)	mintaszám meddőhányón (T11)
Kukorica	27	30	37
Retek , fajta 1	28	31	-
Retek , fajta 2	29	32	-
Sárga viola	<b>33</b>	<b>35</b>	-
Póréhagyma	34	36	-

A nehézfém szennyezés hatása a növények magas elemtartalmában egyértelműen megmutatkozott (1. táblázat). A savas pH-érték ugyan kedvező a legtöbb nehézfém oldhatóságára, a vizes kivonat és az összes elemtartalom aránya a Zn-nél 0,06% volt, ha a pH-érték > 7-nél (T6) és 33,41% volt 3,3 pH -nál (T10), és elősegíti a növény fémfelvételét (a kukorica Zn-koncentrációja 5-szörösre nőtt). Ennek ellenére nyilvánvaló, hogy fitoremediációnál az alkalmazott növényfaj igényeit figyelembe kell venni. Ez vonatkozik a közeg pH-értékére (ezért savas közeg esetén legalább a 4 –4,5 –ös, általánosabban az 5-nél magasabb pH-érték a megfelelő biomassza eléréséhez (pl. meszezéssel) elengedhetetlen), de egyéb talajtulajdonságokra is.

A faj, fajta az elemtartalom fontos meghatározójának bizonyult (1. táblázat). Vizsgálatainkban a kukorica (*Zea mays* L. convar. dentiformis) hajtás értékeihez viszonyítva a póréhagyma (*Allium porrum* L.) koncentrációja a legfőbb szennyező elemeknél (As, Pb, Cu, Cd, Zn) az elemek sorrendjében 46,9 , 38,1 , 10,2 , 10 és 7,0-szeres volt (közeg: T6).

A vizsgált két retekfajta (*Raphanus sativus* L.) között a kevésbé transzlokálódó elemek tekintetében (As, Pb, Cu) alakult ki figyelemreméltó különbség (a koncentrációk hányadosa T6-on nevelt növényekben, retek2/retek1: As 3,38, Pb 2,89 , Cu 2,47). Ez utóbbi eredményünket már publikáltuk (Máthé-Gáspár és Anton 2002). Az intenzívebb fajta

alacsonyabb szennyezésnél, míg a lassúbb növekedésű fajta az erősebbnél mutatott magasabb nehézfém koncentrációt.

**Vizsgálati módszer:**

Toxikus szerves szennyezők vizsgálata: **ICP plazmaemissziós spektrometriás elemvizelések salétromsavas, vizes kivonatokból: MSZ 21978-9:1985.**

## Növények elemtartalma

Labor szám	Minta száma	Növénytípusok elemtartalma, mg/kg szárazanyag														
		As	Hg	Se	Mo	Zn	Pb	Co	Cd	Ni	Cr	Cu	Ba	Fe	Mn	Al
<b>Referencia talaj</b>																
<b>T12</b>																
1117	27	<KH	<KH	<KH	1.115	54.7	0.456	<KH	0.044	0.972	2	6.66	7.54	115	60.6	39.4
1118	28	0.277	0.506	<KH	2.399	102.7	2.92	0.645	0.448	8.28	2.79	9.1	33.8	348	76.1	370
1119	29	<KH	<KH	<KH	2.487	82.1	2.44	0.343	0.388	1.07	3.31	7.07	21.1	246	58.1	170
660/02	33	<KH	<KH	1.03	2.58	78.5	<KH	1.39	0.28	1.46	1.38	7.29	33.5	188	51.6	124
661/02	34	1.04	0.56	1.47	1.22	73.2	1.88	0.43	0.13	2.83	4.46	9.82	21.2	1340	62.3	1360
<b>Meddő</b>																
<b>T6</b>																
1120	30	2.56	<KH	1.65	0.226	214	20.9	0.244	2.28	132	1.11	24.5	0.8	162	195	53.6
1121	31	14.4	<KH	4.89	1.326	546.9	94.3	0.727	9.05	0.916	1.86	54.1	2.81	1030	329	292
1122	32	48.7	<KH	6.02	1.37	686.8	272.4	1.39	8.78	1.17	1.75	134	3.72	3460	404	614
662/02	35	15.9	0.79	4.88	1.91	621	124	1.04	10.6	1.01	2.76	90.6	3.45	1490	410	402
663/02	36	120	2.3	6.33	1.3	1505	796	3.09	22.8	2.08	2.71	250	8	8860	559	1180
<b>Meddő</b>																
<b>T11</b>																
664/02	37	0.5	0.28	1.95	0.13	1156	6.02	19.3	6.07	6.26	1.38	44.4	0.83	265	1020	2180
<b>KH</b>		0.055	0,50	0,15	0,025			0,10								

3/6 melléklet

## HIVATKOZOTT IRODALOM

BAKER AJM, MCGRATH SP, SIDOLI CMD, REEVES RD 1994. The possibility of in situ heavy metal decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plant. Res, Cons. Recycl, 11:41-49.

CSILLAG J, LUKÁCS A, BUJTÁS K, PÁRTAY G 2001. A Cd-, Cr-, Ni-, Pb- és Zn-koncentráció változása a talajoldatban szennyezés és savterhelés hatására. Agrokémia és Talajtan 50:3-4:297-314.

FILEP GY 1988. Talajkémia. Akadémiai Kiadó, Budapest pp 293

KUMAR PB, DUSHENKOV V, MOTTO H, RASKIN I. 1995. Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils. Environ Sci Technol 29:1232-1238.

MÁTHÉ-GÁSPÁR G, ANTON A 2002. Heavy metal uptake by two radish varieties. Acta Biologica Szegediensis 46:113-114.

RANDLE WM, KOPSELL DE, KOPSELL DA, SUYDER RL 1999. Total sulfur and sulfat accumulation in onion is affected by sulfur fertility. J Plant Nutr. 22:45-51.

SCHNOOR JL, LICHT LA, MCCUETCHEON SC, WOLFE NL, CARREIRA LH. 1995. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. Environ Sci Technol. 29:318-323.

SCHUBERT R. 1985. Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena 327

SOÓ R.1964-1973. A magyar flóra és vegetáció rendszertani, növényföldrajzi kézikönyve, I-VI. Akadémiai Kiadó, Budapest

TÖLGYESI GY, KÁRPÁTI I, KÁRPÁTI I-NÉ 1970. Ökológiai és módszertani megfigyelések homokpuszták talajának és növényzetének elemi összetételével kapcsolatban. Agrokémia és Talajtan 18:97-114.

WHITING SN, LEAKE JR, MCGRATH SP, BAKER AJM 2001. Zinc accumulation by *Thlaspi caerulescens* from soils with different Zn availability: A pot study. *Plant Soil* 236:11-18.