

SUPPLEMENTARY MATERIALS – ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Evaluating the effectiveness of bioremediation in soils of mine waste heaps in the Eastern Donbas (Rostov Region)

Оценка эффективности биоремедиации почв терриконов Восточного Донбасса (Ростовская область)

F. D. Ivanov, N. P. Chernikova, I. V. Zamulina, E. S. Bogomaz, A. V. Gorovtsov, S. S. Mandzhieva, T. M. Minkina

Ф. Д. Иванов, Н. П. Черникова, И. В. Замулина, Е. С. Богомаз, А. В. Горовцов, С. С. Манджиева, Т. М. Минкина

Eurasian Soil Science.

Почвоведение.

Table S1. The effect of pollution level, addition of chelators, mycorrhiza and their combination on the length of shoots and roots of *E. repens* and *M. sativa*

Таблица S1. Влияние уровня загрязнения, применения хелатирующего агента, микоризы и их сочетания на длину побегов и корней *E. repens* и *M. sativa*

Factor	F	p	F	p
	shoots		roots	
Contamination Level	345.5	<0.01	1472.3	<0.01
Amendment Type	57.5	<0.01	83.1	<0.01
Plant	299.4	<0.01	147.2	<0.01
Contamination Level* Amendment Type	7.4	<0.01	9.0	<0.01
Contamination Level* Plant	17.3	<0.01	29.3	<0.01
Mycorrhiza Chelating agent* Plant	16.9	<0.01	8.8	<0.01
Contamination Level* Amendment Type* Plant	9.3	<0.01	1.4	0.247

Table S2. Content of HMs in the organs of *E. repens*, mg/kg**Таблица S2.** Содержание ТМ в органах *E. repens*, мг/кг

Variants	Plant Part	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Chernozem	shoots	26,0±1,4	8,2±0,5	0,04±0,003	0,36±0,02	1,5±0,1	11,8±0,6	0,42±0,03
	roots	54,6±3,3	13,6±0,9	0,08±0,005	2,64±0,17	1,9±0,1	15,2±0,9	1,52±0,10
Chernozem + chelating agent	shoots	34,1±2,4	15,2±0,8	0,13±0,007	0,29±0,02	3,2±0,2	12,6±0,8	1,61±0,10
	roots	83,8±4,7	20,8±1,3	0,33±0,018	3,77±0,19	7,5±0,5	25,8±1,3	2,32±0,16
Chernozem + mycorrhiza	shoots	39,3±2,2	7,9±0,5	0,02±0,001	0,58±0,04	2,1±0,1	10,7±0,7	0,81±0,05
	roots	86,4±4,8	14,4±0,9	0,20±0,013	3,54±0,19	5,3±0,3	23,4±1,4	3,00±0,19
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	shoots	65,4±3,4	18,3±1,0	0,28±0,017	0,70±0,04	4,6±0,3	15,0±0,9	1,88±0,13
	roots	95,2±6,4	21,0±1,1	0,45±0,031	5,49±0,38	9,8±0,5	36,1±1,9	4,30±0,22
Technosol	shoots	222,3±11,6	53,3±3,5	1,5±0,09	10,0±0,5	15,6±1,1	33,9±2,2	2,6±0,14
	roots	520,4±27,1	104,3±5,7	5,9±0,4	32,5±2,2	38,7±1,9	83,2±5,7	10,0±0,7
Technosol + chelating agent	shoots	251,6±16,9	83,5±4,6	8,4±0,5	21,0±1,2	27,5±1,4	46,4±3,0	7,8±0,4
	roots	875,6±56,9	211,1±11,0	11,9±0,8	76,6±4,4	60,0±3,6	102,7±6,0	23,7±1,3
Technosol + mycorrhiza	shoots	251,4±15,1	63,9±3,9	3,1±0,2	15,5±0,9	19,4±1,3	42,4±2,3	3,5±0,2
	roots	641,8±34,0	135,8±9,2	9,3±0,6	48,6±3,0	45,5±3,1	90,7±5,6	15,7±1,0
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	shoots	387,9±27,2	156,6±7,8	17,0±0,9	57,5±3,0	40,9±2,6	51,8±2,9	18,1±1,1
	roots	1050,1±69,3	276,6±16,6	25,1±1,6	138,3±7,2	87,3±5,2	135,6±7,6	45,6±2,7

Table S3. Content of HMs in the organs of *M. sativa*, mg/kg**Таблица S3.** Содержание ТМ в органах *M. sativa*, мг/кг

Variants	Plant Part	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Chernozem	shoots	57,1±3,3	17,6±1,1	0,12±0,01	0,30±0,02	2,7±0,2	8,5±0,6	3,00±0,2
	roots	62,8±3,5	14,9±0,9	0,08±0,004	0,40±0,02	1,8±0,1	5,9±0,3	3,30±0,2
Chernozem + chelating agent	shoots	78,4±5,0	25,2±1,5	0,25±0,02	0,75±0,04	3,5±0,2	9,1±0,6	5,30±0,3
	roots	91,6±6,2	19,7±1,3	0,13±0,01	0,48±0,03	3,0±0,2	8,0±0,6	4,40±0,3
Chernozem + mycorrhiza	shoots	70,5±4,4	20,4±1,2	0,12±0,01	0,60±0,04	3,1±0,2	8,7±0,5	3,20±0,2
	roots	82,3±4,4	18,2±1,0	0,10±0,01	0,50±0,04	2,2±0,1	7,6±0,5	3,10±0,2
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	shoots	126,2±8,3	32,1±2,0	0,35±0,02	0,90±0,05	4,6±0,3	18,2±1,0	6,70±0,4
	roots	131,7±8,7	25,4±1,7	0,15±0,01	0,69±0,04	5,3±0,3	11,9±0,8	4,30±0,3
Technosol	shoots	308,9±21,6	84,8±4,4	6,3±0,4	19,8±1,2	37,5±2,2	49,8±2,9	59,0±3,9
	roots	251,1±14,1	32,6±2,2	4,2±0,2	10,5±0,6	20,2±1,1	13,6±0,8	32,0±1,9
Technosol + chelating agent	shoots	544,9±37,1	150,1±8,6	15,2±0,9	48,8±2,5	69,3±4,6	85,7±5,1	101,0±5,3
	roots	304,8±18,6	66,5±3,7	8,5±0,6	17,5±0,9	34,1±1,9	30,3±1,6	46,0±2,3
Technosol + mycorrhiza	shoots	347,6±20,9	96,3±6,1	13,4±0,8	22,3±1,1	30,5±1,9	50,4±2,6	74,5±4,3
	roots	276,2±14,9	40,5±2,6	6,6±0,4	12,4±0,8	23,7±1,4	18,6±1,1	39,0±2,6
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	shoots	506,3±32,9	238,7±14,3	30,1±1,8	85,5±5,8	114,5±6,0	129,5±6,7	145,0±10,2
	roots	417,4±25,5	124,7±6,5	12,0±0,7	42,1±2,7	50,5±3,1	37,2±2,3	57,0±3,4

Table S4. Content of HMs in the organs of *E. repens*, mg/kg**Таблица S4.** Вынос ТМ надземной частью растениями в модельном опыте, кг/га

Variants	Mn		Zn		Cd		Ni		Pb		Cu		Cr		Total removal of HM	
	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>	<i>E. repens</i>	<i>M. sativa</i>
Chernozem	0.13	0.63	0.04	0.19	0.001	0.001	0.002	0.003	0.008	0.03	0.06	0.09	0.002	0.03	0.24	0.98
Chernozem + chelating agent	0.17	0.86	0.08	0.28	0.001	0.003	0.001	0.008	0.016	0.04	0.06	0.10	0.008	0.06	0.34	1.35
Chernozem + mycorrhiza	0.20	0.78	0.04	0.22	0.001	0.001	0.003	0.007	0.010	0.03	0.05	0.10	0.004	0.04	0.31	1.17
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	0.33	1.39	0.09	0.35	0.001	0.004	0.004	0.010	0.023	0.05	0.08	0.20	0.009	0.07	0.53	2.08
Technosol	1.11	3.40	0.27	0.93	0.01	0.07	0.05	0.22	0.08	0.41	0.17	0.55	0.01	0.65	1.70	6.23
Technosol + chelating agent	1.26	5.99	0.42	1.65	0.04	0.17	0.11	0.54	0.14	0.76	0.23	0.94	0.04	1.11	2.23	11.17
Technosol + mycorrhiza	1.26	3.82	0.32	1.06	0.02	0.15	0.08	0.25	0.10	0.34	0.21	0.55	0.02	0.82	2.00	6.99
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	1.94	5.57	0.78	2.63	0.09	0.33	0.29	0.94	0.20	1.26	0.26	1.42	0.09	1.60	3.65	13.75

Table S5. Accumulation coefficient (AC) of metals in *E. repens* in a model pot experiment

Таблица S5. Коэффициент накопления (КН) металлов в *E. repens* модельного вегетационного опыта

Variants	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Chernozem	0,4	1,2	0,8	0,5	0,8	3,9	0,2
Chernozem + chelating agent	0,5	1,1	2,1	0,4	1,7	5,1	0,2
Chernozem + mycorrhiza	0,5	0,8	1,2	0,5	1,1	4,4	0,2
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	0,5	0,9	2,5	0,5	2,0	4,9	0,2
Technosol	0,6	1,4	6,7	0,7	2,8	3,7	0,5
Technosol + chelating agent	0,8	1,4	8,8	1,2	3,0	2,4	0,7
Technosol + mycorrhiza	0,5	0,9	7,0	0,7	2,4	2,1	0,5
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	0,8	1,7	15,8	2,0	3,7	3,0	1,2

Table S6. Accumulation coefficient (AC) of metals in *M. sativa* in a model pot experiment

Таблица S6. Коэффициент накопления (КН) металлов в *M. sativa* модельного вегетационного опыта

Variants	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Chernozem	0,5	1,3	0,8	0,1	0,8	1,5	0,4
Chernozem + chelating agent	0,6	1,0	0,8	0,1	0,7	1,6	0,3
Chernozem + mycorrhiza	0,5	1,0	0,6	0,1	0,5	1,4	0,2
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	0,7	1,1	0,8	0,1	1,1	1,6	0,2
Technosol	0,3	0,4	4,7	0,2	1,5	0,6	1,7
Technosol + chelating agent	0,3	0,4	6,3	0,3	1,7	0,7	1,3
Technosol + mycorrhiza	0,2	0,3	5,0	0,2	1,2	0,4	1,1
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	0,3	0,8	7,6	0,6	2,1	0,8	1,5

Table S7. Translocation factor (TF) of metals in *E. repens* model pot experiment

Таблица S7. Акропетальный коэффициент (АК) металлов в *E. repens* модельного вегетационного опыта

Variants	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Chernozem	0,5	0,6	0,5	0,1	0,8	0,8	0,3
Chernozem + chelating agent	0,4	0,7	0,4	0,1	0,4	0,5	0,7
Chernozem + mycorrhiza	0,5	0,5	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	0,7	0,9	0,6	0,1	0,5	0,4	0,4
Technosol	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3
Technosol + chelating agent	0,3	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5	0,3
Technosol + mycorrhiza	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,2
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	0,4	0,6	0,7	0,4	0,5	0,4	0,4

Table S8. Translocation factor (TF) of metals in *M. sativa* model pot experiment

Таблица S8. Акропетальный коэффициент (АК) металлов в *M. sativa* модельного вегетационного опыта

Variants	Mn	Zn	Cd	Ni	Pb	Cu	Cr
Chernozem	0,9	1,2	1,5	0,8	1,5	1,4	0,9
Chernozem + chelating agent	0,9	1,3	1,9	1,6	1,2	1,1	1,2
Chernozem + mycorrhiza	0,9	1,1	1,2	1,2	1,4	1,1	0,5
Chernozem + chelating agent + mycorrhiza	1,0	1,3	2,3	1,3	0,9	1,5	1,6
Technosol	1,2	2,6	1,5	1,9	1,9	3,7	1,8
Technosol + chelating agent	1,8	2,3	1,8	2,0	2,0	2,8	2,2
Technosol + mycorrhiza	1,3	2,4	2,0	1,8	1,3	2,7	1,9
Technosol + chelating agent + mycorrhiza	1,2	1,9	2,5	2,0	2,3	3,5	2,5