
Kadmio poveikis zoocenožėms nuotėkų dumblo komposte

**Irena Eitminavičiūtė,
Valentina Strazdienė,
Zinaida Bagdanavičienė,
Audronė Matusevičiūtė,
Brigita Gilytė**

*Ekologijos institutas,
Akademijos g. 2,
LT-600 Vilnius, Lietuva*

Straipsnyje nagrinėjamas skirtingų kadmio kiekių (5, 50 ir 500 mg/kg) poveikis zoocenožėms ir mikrobiologiniams procesams, vykstantiems kompostuojant Vilniaus miesto nuotėkų dumblą. Darbas atliktas laboratorinio eksperimento sąlygomis. Nustatyta, kad mikroartropodų gausumas vienodai slopinamas esant mažam ir dideliame kadmio kiekiu dumble. Sliekai *Eisenia fetida californica* kaupia savo kūnuose didelius kadmio kiekius, kurie 4,1 (variante Cd 5 mg/kg) ir 2,8 (variante Cd 50 mg/kg) karto buvo didesni už kadmio kiekį, randamą kompostuojamame dumblo substrate. Šios kadmio koncentracijos neturėjo tiesioginės įtakos sliekų išgyvenimui ir produkcijai.

Raktažodžiai: kompostas, mikroartropodai, sliekai, kadmio, mikroflora

ĮVADAS

Kadmis yra vienas judriausių sunkiųjų elementų. Jis lengvai patenka į dirvožemyje vykstančią medžiagų apykaitą ir gali kauptis įvairiuose organizmuose. Kadmio poveikiu organizmams domimasi seniai ir atlikta daugelis tyrimų [21, 15, 5, 14].

Daug svarstoma ir apie leistiną kadmio kiekį dirvožemyje, dumble, augaluose ir pan. Mūsų Respublikoje LAND 20–96 [13] etaloniniuose dirvožemiuose kadmio yra: smėliuose ir priemėliuose 0,5, molliuose ir priemoliuose 0,6 mg/kg. Kadmio didžiausia leistina koncentracija (DLK) minėtiems dirvožemiams buvo nustatyta atitinkamai 0,8 ir 1,1, nutekamųjų vandenų dumble – 6 mg/kg.

Europos bendrijų taryba žemės ūkiui skirtame dumble kadmio ribinę vertę nustatė nuo 20 iki 40 mg/kg sausos medžiagos, dirvožemyje – nuo 1 iki 3 mg/kg.

Vilniaus miesto nuotėkų dumble, pagal Lietuvos normatyvus, kadmio kiekis kai kuriais atvejais didesnis už DLK.

Šio darbo tikslas buvo įvertinti kadmio kiekio poveikį dirvožemio zoocenožėms ir mikrobiologiniams procesams, vykstantiems kompostuojant Vilniaus miesto nuotėkų dumblą.

2001 m. atliktas laboratorinis eksperimentas.

MEDŽIAGA IR METODIKA

Laboratorijoje buvo atliktas modelinis eksperimentas iš trijų variantų:

1. Kadmio kiekis dumble – 5 mg/kg sausos medžiagos (prilygsta vidutiniam Cd kiekiui Vilniaus miesto nuotėkų dumble);

2. Kadmio kiekis dumble – 50 mg/kg sausos medžiagos (didesnis 10 kartų, įterpiant CdO);

3. Kadmio kiekis dumble – 500 mg/kg (didesnis 100 kartų, įterpiant CdO);

1 ir 2 variantai buvo be sliekų ir su sliekais, o 3 variantas – tik su sliekais ir be pakartojimų.

Bandymas atliktas vegetaciniuose induose. Į kiekvieną indą įdėta po 2,5 kg sumaišyto su pjuvenomis Vilniaus nuotėkų dumblo. Iš viso paruošta 13 indų. Siekiant kuo tolygesnio Cd pasiskirstymo substrate, CdO kiekis buvo sumaišytas su persijotu sausu smėliu bei dumblo ir medžio pjuvenų substratu.

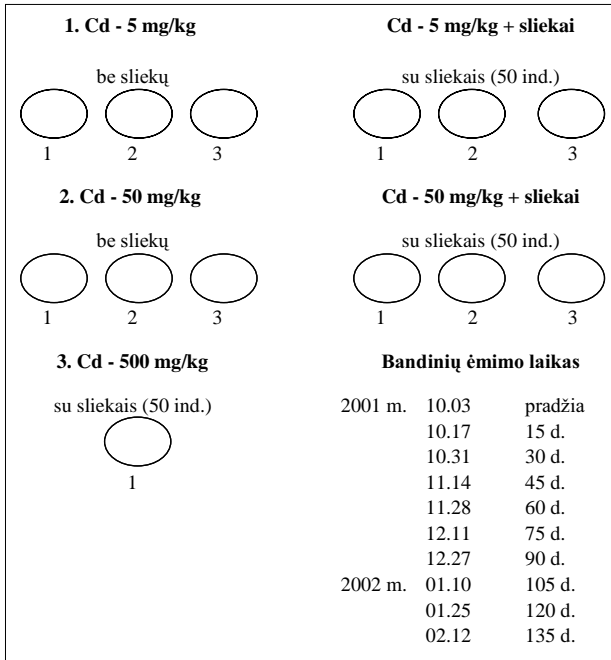
Skirtingų kadmio kiekių poveikis pedobiontams buvo aiškinamas, įleidžiant į visus variantus po 50 *Eisenia fetida californica* sliekų (1 pav.). Sliekai ir mikroartropodai tirti kas 15 dienų.

Be to, kiekvieną kartą imant medžiagą, nustatyta substrato drėgmė, pH, substrato svoris inde ir sliekų biomasė.

Sunkieji metalai dumble tirti bandymo pradžioje (2001 10 03), po 15 dienų (2001 10 17), po 75 dienų (2001 12 14) ir baigus bandymą po 135 dienų (2002 02 12).

Bandymo pabaigoje iš substrato išrinkti visi išgyvenę sliekai, pasverta jų biomasė, nustatytas kadmio kiekis išdžiovintuose sliekuose.

Sunkieji metalai nustatyti liepsnos spektrofotometru spektrinės analizės metodu. Mikroartropodai iš kompostuojamo substrato bandinių išvaryti šviesiniu Tulgreno ekstraktoriumi.



1 pav. Tyrimų schema
Fig. 1. The scheme of research

kuriuose kadmio buvo 5 ir 50 mg/kg, išsilaikė vieno-dai: per 135 dienas sumažėjo nuo 50 iki 45 ind. (1 lentelė).

Pirmieji kokonai pasirodė po 30 dienų. Abiejuose variantuose jų skaičius mažai skyrėsi, tačiau šiek tiek mažiau buvo variante su daugiau kadmio (Cd 50 mg/kg) (2 pav.). Jauni sliekučiai iš kokonų išsiritę po 120 dienų. Tenka pažymėti, kad variante su daugiau kadmio (Cd 50 mg/kg) išsiritusių iš kokonų sliekučių buvo daugiau (vid. 10,3 ind. po 120 d. ir 25,3 ind. po 135 d.) nei variante su mažesniu kiekiu kadmio (atitinkamai 5,3 ir 19 ind.). Variante, kuriam kadmio buvo 500 mg/kg, bandymo pabaigoje rastas tik vienas sliekutis. Šiame variante ir kokonų buvo kur kas mažiau.

Eksperimentas vykdytas žiemą (2001.10–2002.02). Temperatūra kompostuojamame substrate buvo palyginti žema: nuo 8,0 iki 15,0°C. Literatūros šaltiniuose nurodoma, kad optimali temperatūra *Eisenia fetida californica* slieko vystymuisi yra apie 20,0°C [17, 9]. Tai galėjo turėti įtakos vėlesniam, nei esant

1 lentelė. Sliekų (*Eisenia fetida californica*) išgyvenimas dumble, užterštame skirtingu kadmio kiekiu
Table 1. Survival of earthworms (*Eisenia fetida californica*) in sludge with different content of cadmium

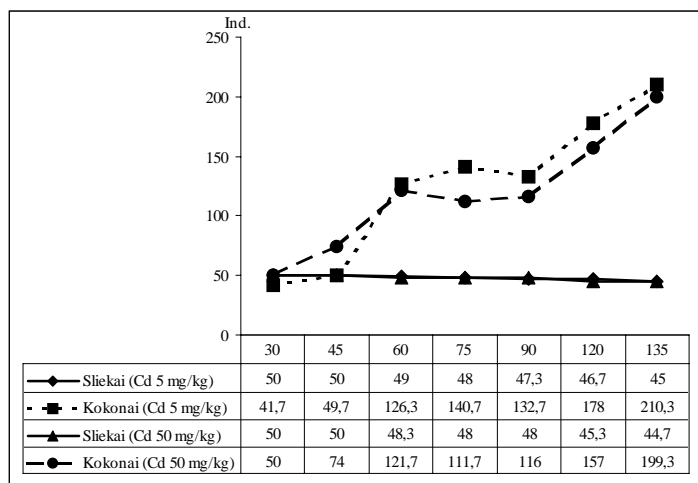
Data	Dienos	Cd 5 mg/kg			Cd 50 mg/kg			Cd 500 mg/kg		
		Sliekai	Kokonai	Jaunikliai	Sliekai	Kokonai	Jaunikliai	Sliekai	Kokonai	Jaunikliai
2001.10.29	30	50	41,7		50	50		50		
2001.11.12	45	50	49,7		50	74		50		
2001.11.26	60	49	126,3		48,3	121,7		50	8	
2001.12.10	75	48	140,7		48	111,7		49	37	
2001.12.21	90	47,3	132,7		48	116		49	67	
2002.01.25	120	46,7	178	5,3	45,3	157	10,3	46	102	
2002.02.12	135	45	210,3	19	44,7	199,3	25,3	46	131	1

Dirvožemio mikroorganizmų gausumas kompostuojamuose substratuose buvo tirtas bandymo pradžioje prieš suleidžiant sliekus (2001 10 03), praėjus 50 dienų (2001 11 17) ir bandymo pabaigoje po 135 dienų (2002 02 12).

Tirtos atskiros mikroorganizmų grupės – bakterijos, aktinomicetai, mikromicetai, sėjant kompostuojamo substrato ištrauką praskiedimo metodu ant selektyvinių agarizuotų terpių [27].

REZULTATAI IR DISKUSIJA

Kadmio poveikis *Eisenia fetida californica* sliekų išgyvenimui ir produkcijai. Auginant *Eisenia fetida californica* sliekus dumble, sumaišytame su medžio pjuvenomis ir užterštame skirtingais kiekiais kadmio, pastebėta, kad sliekų skaičius abiejuose tyrimo variantuose,



2 pav. Sliekų (*Eisenia fetida californica*) ir jų kokonų gausumo dinamika dumble, užterštame skirtingu kadmio kiekiu
Fig. 2. Dynamics of the number of *Eisenia fetida californica* and their cocoons in different variants of sludge compost

aukštesnei temperatūrai, jaunikių išsiritimui iš kononų.

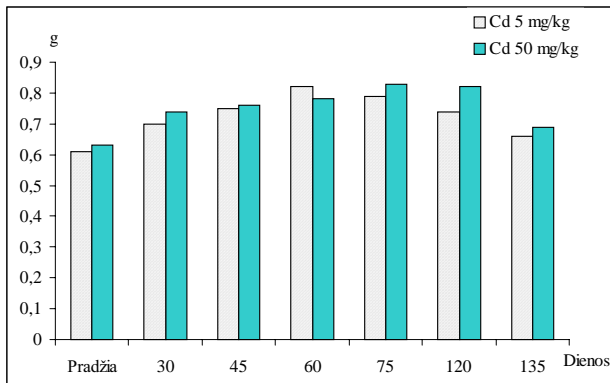
Stebint substratų su skirtingais kadmio kiekiais pH matyti, kad variantuose su sliekais pH sumažėjo nuo 6,0 iki 5,4. Ryškesnė pH mažėjimo tendencija pastebėta variante su didesniu kiekiu kadmio (Cd 50 mg/kg). Variantuose be sliekų pH išsilaiškė vieno do lygio.

Tiriant sunkiųjų metalų poveikį dirvožemio pH reikšmėms skirtingų tipų dirvožemiuose pastebėta, kad dėl sunkiųjų metalų sorbcijos specifiškumo dirvožemis rūgštėja [26]. Dirvožemiai pasižymi skirtingomis galimybėmis sorbuoti sunkiuosius metalus. Juodžemiai, kuriuose gausu organinių medžiagų, sugeba sorbuoti ir išlaikyti didelį kiekį Cu, Zn, Cd, Pb jonų. Lengviausiai sorbuojami Pb jonai, mažiausiai – Zn ir Cd [26].

Apie organizmo gyvenamosios aplinkos kokybę sprendžiama pagal jo reprodukciją ir biomasę. Įvertinus sliekų biomasę variantuose su skirtingu kadmio kiekiu, matyti, kad sliekų svorio skirtumas nedidelis (3 pav.).

Kadmio įtaka mikroartropodų komplekso struktūrai ir gausumui. Mikroartropodų gausumas dumble bandymo pradžioje variante Cd 5 mg/kg buvo 280,3 tūkst. ind./m². 86,6% visų mikroartropodų buvo akaridinės erkės (2 lentelė). Po 15 dienų variante be sliekų mikroartropodų buvo gausiau už pradinį kiekį ir dvigubai gausiau nei variante su sliekais. Vėliau mikroartropodų gausumas palaipsniui mažėjo abiejuose variantuose, tačiau ten, kur sliikai nebuvo suleisti per visą tyrimo laikotarpį, mikroartropodų buvo daugiau. Bandymo pabaigoje po 135 kompostavimo dienų variante be sliekų mikroartropodų gausumas buvo 53,3, o variante su sliekais – 23,8 tūkst. ind./m².

Ta pati mikroartropodų gausumo tendencija pastebėta ir variante Cd 50 mg/kg. Bendras mikroar-



3 pav. Vieno slieko biomasės (g) dinamika variantuose su skirtingu kadmio kiekiu

Fig. 3. Dynamics of biomass (g) of one earthworm in composts of sludge with different cadmium levels

2 lentelė. Mikroartropodų ir vabzdžių lervų gausumo (tūkst. ind./m²) dinamika ir komplekso struktūra kompostuojamame dumble, užterštame skirtingu kadmio kiekiu
Table 2. Dynamics of microarthropods and insecta juvenes abundance (ind./m²) in compost of sludge with different cadmium content

Grupė	Pradžia		Po 15 d.				Po 30 d.				Po 45 d.				Po 60 d.				
	tūkst.ind./m ²	%	+sliikai		%		+sliikai		%		+sliikai		%		+sliikai		%		
			tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%			
<i>Oribatida</i>	0,3	0,1	0,2	0,1	0,324	0	0,3	0,365	0	0	0,3	0,365	0	0	0,199	0,2094	0	0	
<i>Gamasina</i>	30,3	10,8	33,2	10,5	6,822	9,8	6,6216	5,5	6,707	7,7	4,445	4,7	4,690	3,8	3,9790	4,2	5,7	5,7	
<i>Acarididae</i>	242,7	86,6	253,8	79,9	89,79	116,7	78,851	72,7	88,7	129,3	74,65	87,8	87,62	51,5	53,926	67,2	91,9	91,9	
<i>Collembola</i>	7,0	2,5	30,3	9,5	3,053	21,5	14,527	3,5	4,268	36,2	20,90	7,5	7,485	40	41,884	1,7	2,3	2,3	
Σ	280,3	100	317,5	100	100	148,0	100	82,0	100	173,2	100	100,2	100	95,5	100	73,1	100	100	100
Insecta juv.	2,8		16,8			19,3		9,0		12,3		7,5		7,8		4,7		4,7	

Grupė	Pradžia		Po 15 d.				Po 30 d.				Po 45 d.				Po 60 d.				
	tūkst.ind./m ²	%	+sliikai		%		+sliikai		%		+sliikai		%		+sliikai		%		
			tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%	tūkst.ind./m ²	%			
<i>Oribatida</i>	0,2	0,1	0,8	0,3	0	0	0	0,3	0,277	0,3	0,277	0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
<i>Gamasina</i>	25,3	13,8	35,3	13,4	8,8	14,2	7,8	12,2	12,1	8,0	7,386	6,2	5,4	5,8	7,1	4,8	6,0	6,0	6,0
<i>Acarididae</i>	151,7	82,7	212,3	80,3	84,5	158,7	86,9	76,5	76,1	82,0	75,71	94,3	81,5	60,8	74,1	66,2	83,1	83,1	83,1
<i>Collembola</i>	6,2	3,4	16	6,1	6,7	9,8	5,4	11,8	11,7	18,0	16,62	15,2	13,1	15,2	18,5	10,7	10,7	10,7	10,7
Σ	183,4	100	264,4	100	100	182,7	100	100,5	100	108,3	100	115,7	100	82,0	100	79,7	100	100	100
Insecta juv.	2,7		11,3			13,2		7,2		10,7		4,7		5,2		4,7		4,7	

Grupė		Po 75 d.			Po 90 d.			Po 105 d.			Po 120 d.			Po 135 d.		
		+slikai		%	+slikai		%	+slikai		%	+slikai		%	+slikai		%
		tūkst. ind./m ²	tūkst. ind./m ²		tūkst. ind./m ²	tūkst. ind./m ²		tūkst. ind./m ²	tūkst. ind./m ²		tūkst. ind./m ²	tūkst. ind./m ²		tūkst. ind./m ²	tūkst. ind./m ²	
Cd 5 mg/kg		0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oribatida		5,0	4,4	5,2	1,7	3,3	2,0	1,8	1,0	1,7	2,5	1,3	3,6	1,2	2,2	
Gamasina		71,0	62,3	56,3	59,1	85,0	58,0	51,1	33,7	31,7	46,8	25,7	71,4	2,6	48,41	
Acarididae		37,8	33,2	33,8	5,7	11,1	53,5	47,1	8,3	34,3	50,7	9,0	25,0	26,3	49,4	
Collembola		114,0	100	95,3	100	100	113,5	100	43,0	67,7	100	36,0	100	30,1	100,0	
Insecta juv.		9,2	6,2	10,2	9,5	6,0	8,3	6,3	6,0	6,3	3,7	4,5	1,5	4,5	1,5	
Cd 50 mg/kg		0,3	0,5	0,2	0,3	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0,0	0	0,2	
Oribatida		2,7	4,6	3,2	4,1	8,4	2,0	3,0	3,3	1,5	2,7	1,7	10,5	0,7	1,3	
Gamasina		42,3	72,3	52,5	67,4	79,0	33,3	49,7	38,8	34,2	60,6	13,0	80,2	16,5	11,7	
Acarididae		13,2	22,6	22	28,2	12,6	31,7	47,3	7,8	20,5	36,3	1,5	9,3	10,5	59,6	
Collembola		58,5	100	77,9	100	100	67,0	100	49,9	56,4	100	16,2	100	27,67	100	
Insecta juv.		7,8	3,5	5,0	4,0	2,7	7,0	5,0	2,7	5,0	2,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
Cd 50 mg/kg		0,3	0,5	0,2	0,3	0	0	0	0	0,2	0,4	0	0,0	0	0,2	
Oribatida		2,7	4,6	3,2	4,1	8,4	2,0	3,0	3,3	1,5	2,7	1,7	10,5	0,7	1,3	
Gamasina		42,3	72,3	52,5	67,4	79,0	33,3	49,7	38,8	34,2	60,6	13,0	80,2	16,5	11,7	
Acarididae		13,2	22,6	22	28,2	12,6	31,7	47,3	7,8	20,5	36,3	1,5	9,3	10,5	59,6	
Collembola		58,5	100	77,9	100	100	67,0	100	49,9	56,4	100	16,2	100	27,67	100	
Insecta juv.		7,8	3,5	5,0	4,0	2,7	7,0	5,0	2,7	5,0	2,7	1,7	1,7	1,7	1,7	

tropodų gausumas šiame variante buvo šiek tiek mažesnis: bandymo pradžioje – 183,4, pabaigoje – 27,7 tūkst. ind./m² dumblo be slikių ir 16,9 tūkst. ind./m² dumblo su slikiu (2 lentelė).

Panašų vaizdą rodo ir dumblo komposte paplitusių vabzdžių lervų gausumas (2 lentelė).

Vabzdžių lervų gausumas bandymo pradžioje buvo nedidelis: variante Cd 5 mg/kg – 2,8, variante Cd 50 mg/kg – 2,7 tūkst. ind./m² (2 lentelė). Iki 30 dienų lervų gausėjimo: daugiausia jų buvo atitinkamai 19,3 ir 13,2 tūkst. ind./m².

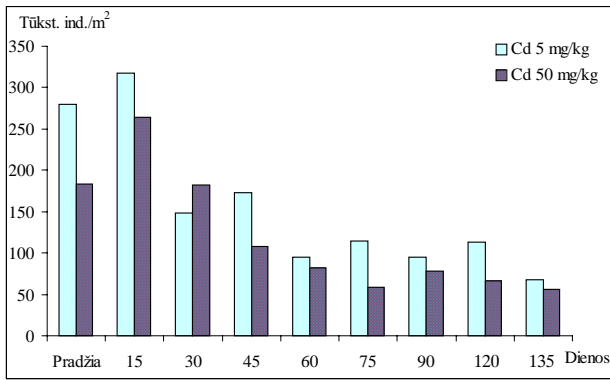
Po 45 dienų vabzdžių lervų skaičius, palyginti su skaičiumi po 30 d., sumažėjo nuo 1,2 iki 1,6 karto ir tik pačioje bandymo pabaigoje, t. y. po 135 dienų, sumažėjo dar daugiau – nuo 4 kartų iki 7,2 karto.

Komposte su slikiu abiejuose variantuose vabzdžių lervų skaičius, kaip ir mikroartropodų, buvo mažesnis. Variante Cd 5 mg/kg su slikiu visą bandymo laiką lervų buvo nuo 1,4 karto iki 3,0 kartų, o variante Cd 50 mg/kg – nuo 1,2 iki 2,6 karto mažiau negu komposte be slikių.

Mikroartropodų ir vabzdžių lervų struktūros analizė rodo, kad tiek mikroartropodų, tiek vabzdžių lervų gausumas dumblo skaidymosi procese uždaro eksperimento sąlygomis, dalyvaujant slikiu, yra slopinamas. Ypač nukentė kolembolos ir vabzdžių lervos. Esant palyginus mažam kiekiui substrato, slikiu, praleisdami jį per virškinamąjį traktą, dalį mikroartropodų panaudoja maistui.

Nepaisant bendrojo mikroartropodų gausumo mažėjimo, variantuose be slikių po 60 dienų, esant Cd 5 mg/kg, tarp visų mikroartropodų kolembolų buvo 41,88% ir tiek išliko iki bandymo pabaigos. Dumblo su Cd 50 mg/kg kolembolų vyravimas bendrijoje pasireiškė šiek tiek vėliau: po 120 dienų jų buvo 47,3, o po 135 dienų – 36,3%. Kolembolų vyravimas kompostuojamuose organiniuose substratuose dažniausiai pasireiškia antroje šio proceso stadijoje. Gamazidinių erkių gausumas dumblo, užterštame skirtingais kiekiais Cd, nesiskyrė visuose variantuose. Tačiau analizuojant mikroartropodų gausumo dinamiką skirtingais kiekiais Cd užterštuose dumbloose, kuriuose nebuvo suleista slikių, galima teigti, kad variante Cd 50 mg/kg po 45 dienų nuo bandymo pradžios neigiamas kadmio poveikis yra ryškesnis nei variante Cd 5 mg/kg (2 lentelė). Tai rodo ir vabzdžių lervų gausumo dinamika (2 lentelė).

Mikroartropodų bioindikaciniai rodikliai rodo, kad dėl dumblo leidžiamos kadmio normos 5 mg/kg po 30 dienų bendrasis mikroartropodų gausumas sumažėjo 2 kartus. Šitokio lygio mikroartropodų gausumas išsilaikė beveik per visą bandymą. Dėl 10 kartų didesnio kadmio kiekio (50 mg/kg) po 30 dienų mikroartropodų gausumas sumažėjo 1,5, po 45 dienų – iki 2,5 karto ir panašaus lygio laikėsi per visą bandymą (4 pav.). Palyginus mikroartropodų gausumą



4 pav. Kadmio poveikis mikroartropodų gausumui (tūkst. ind./m²) kompostuojamame dumble

Fig. 4. The effect of cadmium on the abundance of microarthropods (thous. ind./m²) in compost sludge

bandymo pradžioje ir pabaigoje, matyti, kad per 135 dienas dumble užterštame 5 ir 50 mg/kg kadmio mikroartropodų gausumas sumažėjo atitinkamai 9,3 ir 6,6 karto.

Galima daryti išvadą, kad 5 ir 50 mg/kg kadmio dumblo kompostavimosi eigoje slopina mikroartropodų ir vabzdžių lervų gausumą.

Mikrobinis aktyvumas. Per visą tyrimo laikotarpį kompostuojamame substrate buvo labai gausu aktinomicetų (68,3–308,5 mln. pradų 1 g sauso substrato) (3 lentelė). Tuo tarpu lauko sąlygomis dirvožemyje jų retai tebūna 68 mln. Bandymo pradžioje didesnis Cd kiekis netgi skatino aktinomicetų dauginimosi intensyvumą, bet baigiantis bandymui pastebėta slopinimo tendencija variante Cd 50 mg/kg. Variante Cd 50 mg/kg + sliškai slopinimo tendencijos nepastebėta.

Per visą tyrimo laikotarpį visuose variantuose mikromicetų gausumas buvo panašus, tik variante Cd 50 mg/kg + sliškai jų aptikta 1,5 karto daugiau (3 lentelė).

Bandymo pabaigoje neigiamas kadmio efektas ryškiau pasireiškė variantuose be sliekų. Variante Cd 50 mg/kg + sliškai aktinomicetų ir mikromicetų dauguma atvejų buvo gausiausia.

Bakterijų amonifikatorių (MPA) gausumas variantuose Cd 5 mg/kg be sliekų ir su sliškais buvo panašus. Variantuose Cd 50 mg/kg be sliekų ir su sliškais bandymo eigoje šių bakterijų nuolat mažėjo, o variantuose Cd 5 mg/kg be sliekų ir su sliškais, priešingai, bandymo pabaigoje jų padaugėjo. MPA buvo gana gausu visuose variantuose, tačiau bandymo pabaigoje (po 135 dienų) variantuose Cd 50 mg/kg be sliekų ir su sliškais jų sumažėjo beveik 3 kartus (nuo 1936 iki 688 mln. ląstelių 1 g sauso substrato) (4 lentelė). Tai rodo, kad didesnis Cd kiekis neigiamai veikia bakterijų amonifikatorių aktyvumą. Sliekų veikla neturėjo įtakos bakterijų amonifikatorių gausumui.

Mineralinį azotą pasisavinančių bakterijų (KAA) gausumas variantuose Cd 50 mg/kg be sliekų ir su sliškais baigiantis bandymui taip pat labai sumažėjo, palyginti su kitais variantais (4 lentelė).

Oligonitrofilinių bakterijų (EA) gausumo pokyčiai tyrimo laikotarpiu buvo neryškūs. Pastebėta šių bakterijų gausėjimo tendencija bandymo pabaigoje tik variante Cd 5 mg/kg be sliekų (4 lentelė).

Huminius junginius transformuojančių bakterijų (DI) gausumas visuose variantuose kito didėjančia kryptimi. Variantuose Cd 5 mg/kg be sliekų ir su sliškais ši kitimo tendencija labiau išreikšta nei va-

3 lentelė. Mikroorganizmų gausumo pokyčiai dumble su skirtingu kadmio kiekiu kompostavimosi metu (ląstelių/pradų kiekis g⁻¹ sauso substrato)

Table 3. Changes of microorganism abundance in the sludge with different content of cadmium during compostation (cells/embryos g⁻¹ of dry soil)

Variantas	Dienos	Aktinomicetai *10 ⁶	Mikromicetai *10 ³	Celiuliozę skaidantys mikroorganizmai	
				bendras skaičius*10 ³	bakt. % nuo b. sk.
Cd 5 mg/kg	20	68,31	995,13	1826,66	99,72
Cd 5 mg/kg+sliškai		91,76	1364,00	963,89	79,93
Cd 50 mg/kg		218,24	1056,27	559,20	100,00
Cd 50 mg/kg+sliškai	50	203,20	1504,00	790,40	97,57
Cd 5 mg/kg		306,45	1523,30	1017,03	100,00
Cd 5 mg/kg+sliškai		223,12	1792,11	1279,57	100,00
Cd 50 mg/kg	135	308,55	1555,56	1506,84	100,00
Cd 50 mg/kg+sliškai		255,85	2639,23	912,03	100,00
Cd 5 mg/kg		195,67	1291,57	221,19	100,00
Cd 5 mg/kg+sliškai	135	184,96	1131,82	1325,05	97,81
Cd 50 mg/kg		117,86	1091,83	1639,19	98,81
Cd 50 mg/kg+sliškai		245,61	1622,81	1798,25	85,65
Cd 500 mg/kg+sliškai		216,50	972,22	1114,38	99,12

4 lentelė. Sunkiųjų metalų kiekiai (mg/kg) dumble su skirtingu kadmio kiekiu kompostavimosi laboratorinėmis sąlygomis metu
Table 4. The quantity (mg/kg) of heavy metals in sludge with different content of cadmium during the compostation in laboratorial mode

Metalas	DLL dumble	Cd 5 mg/kg								Cd 50 mg/kg								*Metalų kaupimosi intensyvumas sliekuose	
		pradžia	po 15 d.		po 75 d.		po 135 d.		pradžia	po 15 d.		po 75 d.		po 135 d.		Cd 5 mg/kg	Cd 50 mg/kg		
				+sliškai		+sliškai		+sliškai		sliekuose		+sliškai		+sliškai				+sliškai	sliekuose
Cu	600	162,5	95,0	102,5	179,0	171,7	193,3	221,7	32,3	107,5	125,0	142,5	159,0	157,3	210,0	188,3	26,7	0,146	0,142
Pb	500	42,5	25,0	40,0	33,0	29,0	63,0	65,0	8,0	30,0	27,5	56,2	41,3	40,3	64,3	64,3	8,7	0,123	0,135
Zn	2000	625,0	315,0	450,0	625,0	558,3	625,0	700,0	116,7	375,0	450,0	500,0	562,3	533,0	625,0	575,0	126,7	0,167	0,22
Mn		250,0	187,5	287,5	356,7	326,7	270,0	295,0	23,8	217,5	217,5	275,0	320,7	324,0	300,0	280,0	17,5	0,081	0,063
Co		27,0	29,0	29,0	22,0	21,3	17,5	16,7	15,8	27,0	27,0	33,0	20,7	21,3	15,0	15,8	15,0	0,946	0,949
Ni	300	80,0	75,0	80,0	92,3	96,7	63,7	63,7	21,5	67,5	75,0	80,0	87,3	88,3	64,3	61,7	24,8	0,338	0,402
Cr	400	60,0	40,0	50,0	48,0	49,0	55,0	56,7	0	50,0	47,5	50,0	44,7	48,0	63,3	53,3	0	0	0
Cd	6,0	5,0	5,9	6,8	9,3	9,7	7,1	8,9	36,7	50,0	45,0	51,3	62,0	69,7	66,7	91,7	258,3	4,124	2,817
Fe		5000,0	3750,0	3750,0	8366,7	8200,0	6666,7	7500,0	216,7	4500,0	4500,0	5000,0	8200,0	8200,0	6833,3	6166,7	223,3	0,029	0,036
Sr		18,5	12,5	31,2	11,0	10,7	17,5	24,2	0,0	12,5	15,5	17,0	11,3	10,3	20,0	19,2	0,8	0	0,042

SP UAB „Vilniaus vandenys“ spektrinė laboratorija.
*Metalų kaupimosi intensyvumas sliekuose – metalų kiekio sliekuose ir metalų kiekio substrate santykis.

5 lentelė. Bakterijų gausumo (ląstelių kiekis 1 g sauso substrato), dominantinės struktūros (%) ir funkinių santykių pokyčiai dumble su skirtingu kadmio kiekiu kompostavimosi metu
Table 5. Changes of bacteria-groups abundance (cells g⁻¹ of dry soil), domination structure (%) and functional ratio in the sludge with different content of cadmium during compostation

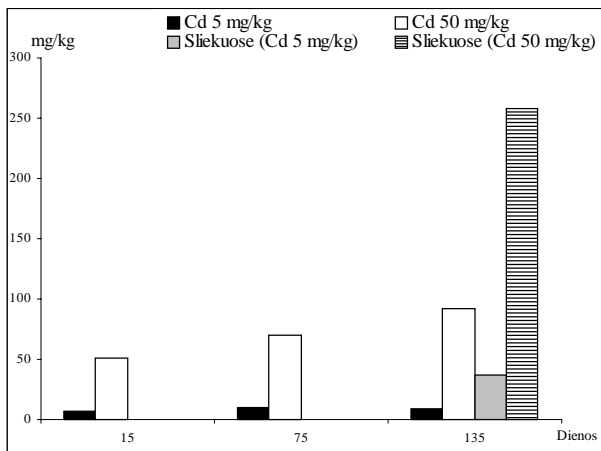
Variantas	Dienos	MPA*10 ⁶	CAA*10 ⁶	EA*10 ⁶	DI*10 ⁶	MPA %	CAA %	EA %	DI %	M/H	1/M*10 ⁻³	1/H*10 ⁻³
Cd 5 mg/kg	20	1316,44	1651,25	470,58	550,70	33,00	41,40	11,80	13,81	1/0,68	0,25	0,37
Cd 5 mg/kg+sl.		1485,52	1241,65	662,16	443,92	38,75	32,39	17,27	11,58	1/0,53	0,22	0,43
Cd 50 mg/kg		1936,23	949,86	690,46	837,25	43,87	21,52	15,64	18,97	1/0,43	0,17	0,4
Cd 50 mg/kg+sl.		1287,20	718,40	527,00	748,80	38,70	21,60	17,20	22,51	1/0,53	0,26	0,49
Cd 5 mg/kg	50	860,22	901,43	738,35	761,65	26,37	27,64	22,64	23,35	1/0,93	0,39	0,42
Cd 5 mg/kg+sl.		762,54	1147,85	662,19	638,89	23,74	35,74	20,62	19,89	1/1,07	0,44	0,41
Cd 50 mg/kg		1268,38	1143,59	432,48	829,91	34,52	31,12	11,77	22,59	1/0,63	0,26	0,42
Cd 50 mg/kg+sl.		1038,74	949,15	717,51	712,67	30,39	27,77	20,99	20,85	1/0,76	0,32	0,42
Cd 5 mg/kg	135	1697,60	1296,21	922,66	856,92	35,56	27,15	19,33	17,95	1/0,60	0,2	0,33
Cd 5 mg/kg+sl.		1538,30	944,10	700,48	1070,39	36,17	22,20	16,47	25,17	1/0,59	0,22	0,37
Cd 50 mg/kg		687,64	550,25	597,25	960,23	24,60	19,68	21,37	34,35	1/1,02	0,48	0,47
Cd 50 mg/kg+sl.		693,71	453,22	595,76	1034,36	24,98	16,32	21,45	37,25	1/1,00	0,48	0,48
Cd 500 mg/kg+sl.		1317,81	605,39	763,07	555,56	40,65	18,67	23,54	17,14	1/0,49	0,25	0,52

MAA – bakterijos, skaidančios organinio azoto junginius; CAA - bakterijos, pasisavinančios mineralinį azotą; EA – oligonitrofilinės bakterijos;
DI – bakterijos, transformuojančios huminius junginius;
M/H – bakterijų struktūrinis-funkcinis santykis;
Funkcinių grupių – mineralizatorių (1/M) ir humifikatorių (1/H) gausumo koeficientai.

riantuose Cd 50 mg/kg be sliekų ir su sliekais (4 lentelė).

Kadmio kiekio dinamika kompostuojamame dumble. Pavojingiausi sunkieji metalai yra Cd, Hg, Pb ir Sb. Kadmio į aplinką patenka su azoto trąšomis, kalčinėmis medžiagomis, organinėmis trąšomis ir daugiausia iš nuotėkų vandens [23]. J. Mažvilos ir bendraautorių [23] duomenimis, Cd yra glaudžiai susietas su dirvožemio rūgštingumu (pH_{KCl}) – η – 0,85 ir gerokai silpniau su dirvožemio humusingumu – η – 0,68 (kitų metalų ryšys kur kas stipresnis). Įvairių augalų atsparumas Cd poveikiui yra nevienodas. Skirtingos ir Cd toksiškumo ribos atskirose šalyse: Europos Sąjungoje – 40, Kanadoje – 20, JAV – 85 mg/kg. Europos Sąjungoje žemės ūkyje augalus tręšti leidžiama 20 mg/kg [23].

Mūsų atlikti tyrimai rodo, kad variante Cd 5 mg/kg per 135 dienas kadmio kiekis palaipsniui didėjo (5 lentelė), ypač ten, kur buvo suleisti sliekai. Kadmio kiekis bandymo pabaigoje čia buvo 1,78 karto didesnis už pradinį (8,9 mg/kg). Tuo tarpu variante be sliekų kadmio kiekis padidėjo šiek tiek mažiau – 1,42 karto ir buvo 7,1 mg/kg (5 pav.). Ištyrus sliekus, laikytus šiame substrate, paaiškėjo, kad juose po 135 dienų kadmio rasta 36,7 mg/kg, t. y. 4,1 karto daugiau už kadmio kiekį, nustatytą tuo metu kompostuojamame dumblo substrate.



5 pav. Kadmio kiekis (mg/kg) substrate ir sliekuose skirtinguose komposto variantuose

Fig. 5. The content of cadmium (mg/kg) in the substrate and in earthworms in compost treatments

Dar didesni kadmio kiekiai sliekuose rasti variante Cd 50 mg/kg. Šiame variante su sliekais kadmio kiekis, palyginti su pradiniu kiekiu, padidėjo 1,8 karto ir buvo 91,7 mg/kg. Tuo pačiu metu sliekuose jo buvo 258,3 mg/kg, t. y. 2,8 karto daugiau už kadmio kiekį dumblo substrate. Variante Cd 50 mg/kg be sliekų kadmio kiekis, palyginti su pradiniu kiekiu, po 135 kompostavimo dienų padidėjo tik 1,3 karto ir buvo 66,7 mg/kg.

Organinės medžiagos mineralizacijos ir humifikacijos procesai dalyvaujant sliekams vyksta intensyviau, todėl substrato svoris mūsų bandyme šiuose variantuose buvo mažesnis (6 lentelė). Žinoma, kad kompostavimo eigoje irstant organinei medžiagai, mažėja anglies, cheminės energijos, baltymų ir vandens kiekis. Manoma, kad kompostavimo pabaigoje, palyginti su pradžia, substrato tūris sumažėja 50% [16].

Mūsų atlikto tyrimo duomenimis, modeliniame bandyme (dumblo kompostavimas) aktyvaus per tekinio dumblo substrate per 10 mėn. anglies kiekis sumažėjo 2 kartus, azoto – 3,5 karto [8].

Žymėtisiais ^{14}C atomais nustatyta, kad kvietinių šiaudų lengvai irstančios frakcijos organinė anglis per 12 savaičių 43–62% virsta anglies dvideginiu, į mikrobinę masę buvo įtraukta tik 4–4,9% C [12, 28]. Likusi anglies masė galėjo būti įtraukta į humuso bei kitų gyvų organizmų biomasę.

APIBENDRINIMAS IR IŠVADOS

Europos tarybos direktyvose pateikiamos sunkiųjų metalų ribinės vertės dirvožemiuose ir dumble, skirtame žemės ūkiui (7 lentelė). Mūsų nuomone, šiame dokumente abejotinos yra kadmio ribinės vertės.

Mūsų bandymas buvo pagrįstas dviem kadmio ribinėmis vertėmis, kurios turėjo atitikti 1) kadmio kiekį, vidutiniškai aptinkamą Vilniaus miesto nuotėkų dumble, t. y. 5 mg/kg, ir 2) kadmio kiekį, artimą nurodomam Europos tarybos direktyvose, t. y. 50 mg/kg.

Šiam kadmio kiekiui įvertinti ir jų poveikiui dirvožemio biologiniams procesams nustatyti buvo panaudoti bioindikatoriai: mikroorganizmai, mikroartropodai ir sliekai.

Tyrimo rezultatai rodo, kad mikroartropodų gausumas nuo bandymo pradžios per 135 dienas sumažėjo

9,3 (Cd 5 mg/kg) ir 6,6 (Cd 50 mg/kg) karto. Tenka pažymėti, kad kadmio kiekio neigiamas poveikis bendram mikroartropodų gausumui nedidelis. Didelis kadmio kiekis tiesiogiai neveikė mikroartropodų gausumo. Iš litera-

Variantas	Pradinis svoris kg	Svoris bandymo pabaigoje kg	Skirtumas nuo pradinio svorio kg	Skirtumas nuo pradinio svorio kartais
Cd 5 mg/kg	2,5	1,26	1,24	1,99
Cd 5 mg/kg+sliekai	2,5	0,96	1,54	2,61
Cd 50 mg/kg	2,5	1,31	1,19	1,91
Cd 50 mg/kg+sliekai	2,5	1,19	1,31	2,09

7 lentelė. Sunkiųjų metalų ribinės vertės (mg/kg sausųjų medžiagų) Europos Bendrijos tarybos direktyvoje Table 7. Limit values of heavy metals (mg/kg dry weight) in instructions of European Council

Metalas	Ribinė vertė	
	dirvožemyje	žemės ūkiui skirtame dumble
Kadmis	nuo 1 iki 3	nuo 20 iki 40
Varis	nuo 50 iki 140	nuo 1000 iki 1750
Nikelis	nuo 30 iki 75	nuo 300 iki 400
Švinas	nuo 50 iki 300	nuo 750 iki 1200
Cinkas	nuo 150 iki 300	nuo 2500 iki 4000
Gyvsidabris	nuo 1 iki 1,5	nuo 16 iki 25
Chromas	–	–

* Tarybos direktyva 86/278/EEC LR Aplinkos ministerija.

tūros žinoma, kad dažnai nenustatomas sunkiųjų metalų neigiamas poveikis bendrajam mikroartropodų gausumui [4]. Tačiau kai kurių rūšių vystymąsi slopinančiai veikia net 3 mg/kg kadmio. Jis gali sukelti fiziologinį toksiškumą [18], taip pat gali pasireikšti per mitybos grandis [19]. Todėl reikia atsižvelgti į neigiamą kadmio poveikį mikroartropodams [3, 25, 5]. Mūsų eksperimento sąlygomis 5 mg/kg kadmio, kaip ir 50 mg/kg kadmio, vienodai slopinančiai veikė mikroartropodų gausumą.

Visų tirtų grupių mikroorganizmų gausumas bandymo variantuose buvo labai didelis. Dideli Cd kiekiai iš esmės labai nepakeitė jų gausumo, tačiau kai kurios mikroorganizmų grupės į didesnę Cd kiekį reagavo nevienodai. KAA ir ypač MPA gausumo mažėjimo tendencija užfiksuota bandymo pabaigoje variantuose su didesniu Cd kiekiu. Šios grupės bakterijų ląstelės atsakingos už baltyminio N mineralizaciją. Literatūroje nurodoma, kad Cd mažina mikrobinę biomą, veikia ląstelės fermentinę sintezę, lėtina organinių medžiagų irimo procesus, susijusius su organinės anglies bei azoto mineralizacija ir dirvožemio kvėpavimu [1]. Bakterijų ląstelėse gali kauptis daug kadmio. Šitai jis laikinai surišamas, tampa nejudriu ir nepavojingu aplinkiniams organizmams. Be to, nustatyta, kad žuvusiose bakterijų ląstelėse Cd surišama daugiau nei gyvoje, nes pastarosiose vyksta konkurencija dėl aminizuotos sienelės vietos tarp protono ir metalo jono. Rūgščioje aplinkoje mikroorganizmo ląstelės sienelių pralaidumas Cd jonams nemažėja [2].

Mikromicetų, priešingai, variantuose su didesniu Cd kiekiu baigiantis bandymui pagausėjo. Vyravo pigmentuotų mikromicetų grupė (*Penicilium* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Phoma* sp., *Fusarium* sp.), tačiau dažnai buvo aptinkami ir *Mucor* genties atstovai. Pigmentuoti grybai yra labai geri sunkiųjų metalų biosensoriai. Siūloma [20] šių genčių mikro-

micetus dėl jų plataus paplitimo dirvožemyje naudoti sunkiųjų metalų biomonitoringui, o ateity – remediacinėse technologijose.

Mikromicetų pagausėjimas baigiantis bandymui variante Cd 50 mg/kg + sliekai sutapo su substrato parūgštėjimu šiame variante. Cd, palyginti su kitais metalais, pasižymi labai dideliu judrumu, didžiausiomis adsorbcinėmis savybėmis dirvožemyje [11]. Dirvožemyje laisvi Cd jonai išstumia H⁺ protonus iš neutralių tirpių humuso ir organinių rūgščių, todėl vyksta rūgštėjimo procesai [26]. Turint omeny, kad dėl sliekų fiziologinės veiklos kompostuojamame substrate pagausėja tirpių humuso ir organinių rūgščių, tampa aiškesnės kompostinio substrato parūgštėjimo variante su didesniu Cd kiekiu ir sliekais priežastys.

Kadmis, būdamas judrus, lengvai kaupiasi ne tik sliekų, bet ir daugelio dirvožemyje gyvenančių bestuburių minkštuosiuose audiniuose (moliuskai, vorai ir kt.) [10, 6, 7]. Dažnai kadmio kiekiai šiuose gyvūnuose yra didesni nei dirvožemyje ar augaluose. Sliekai ypač sugeba kaupti Cd savo kūnuose. Nustatyta [22], kad sukaupto metalo kiekis priklausė nuo sliekų laikymo užterštame dirvožemyje trukmės ir sukauptas Cd visiškai nesiekstrahavo iš sliekų. Tuo tarpu Cu ir Zn ekstrakcija buvo greita. Mūsų bandymo rezultatai rodo, kad per 135 dienas kadmio buvo sukaupta 4,1 (Cd 5 mg/kg) ir 2,8 (Cd 50 mg/kg) karto daugiau už tuo metu nustatytą kadmio kiekį dumblo substrate. Nors ir labai kaupėsi sliekuose, tačiau gerai prisitaikiusių kompostinių *Eisenia fetida californica* sliekų išgyvenimui per 135 dienas kadmis (5 ir 50 mg/kg) neturėjo didelės įtakos. Taip pat nepastebėta tiosioginės įtakos jų produktyvumui. Tiesa, palyginus duomenis, gautus auginant sliekus mažiausiai užterštame substrate, nustatyta, kad jame kokonų susidarė ir jaunų sliekučių išsiriti iš kokonų anksčiau nei kadmiu užterštame substrate [9].

Yra žinomi trys teršalų pašalinimo iš gyvų organizmų būdai: 1. Elemento kiekis audiniuose reguliuojamas ekstrakcijos būdu; 2. Pavojingas elementas surišamas neorganinėse granulėse; 3. Elementas pririštas prie proteinų ar kitokių ligandų [24]. Taigi Cd kaupimasis sliekų kūnuose galimas tik 2 ir 3 būdais. Tačiau galimybės kaupti metalus visuomet yra ribotos, ir esant linijiniam teršalų kaupimuisi organizmas visuomet pasiekia kritinę ribą. Taigi, kai sliekai ilgą laiką laikomi Cd užterštame substrate, toksiškumo efektas kur kas didesnis nei galima tikėtis iš trumpalaikio tyrimo rezultatų. Nustatyta [15] didesnė koreliacija metalų sliekų kūnuose su bendroju jų kiekiu dirvožemyje nei su tirpiaisiais kiekiais.

Remiantis išdėstyta medžiaga, galima daryti šias išvadas:

– kadmio koncentracijos (net ir 5 mg/kg dirvožemio) mažina mikroartropodų ir vabzdžių lervų gau-

sumą, o tai tiesiogiai turi įtaką augalinių liekanų dirvožemyje mineralizacijos procesų intensyvumui;

– kompostiniai sliškai *Eisenia fetida californica* yra mažiau jautrūs kadmui nei mikroartropodai. 5 ir 50 mg/kg dirvožemio kadmio koncentracijos nedarė tiesioginio neigiamo poveikio jų išgyvenimui ir produkcijai per 135 dienas. Cd kiekis, susikaupęs sliekų kūnuose, kelis kartus buvo didesnis už Cd kiekį, esantį substrate;

– kompostuojamame substrate nepriklausomai nuo Cd kiekio mikrobinis aktyvumas buvo didelis, tačiau bandymo pabaigoje variantuose Cd 50 mg/kg bakterijų amonifikatorių aktyvumas sumažėjo, o mikromicetų padidėjo. Variantuose su sliškais mikrobinis aktyvumas buvo didesnis nei variantuose be sliekų.

Gauta
2002 06 06

Literatūra

- Bååth E. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations. A literature review. *Water, Air and Soil Poll.* 1989. Vol. 47. P. 335–379.
- Bakienė E., Daugelavičius R., Beganskienė A. et al. Interaction of Ni²⁺ and Cd²⁺ with the envelopes of sensitive and resistant gram-negative bacteria. *Metals in the environment. II International Conference, Lithuania.* Vilnius, 2001. P. 27–28.
- Bengtsson G., Rundgren S. The Gusum case: a brass mill and the distribution of soil Collembola. *Can. J. Zool.* 1987. Vol. 66. P. 1518–1526.
- Bengtsson G., Tranvik L. Critical metal concentrations for soil invertebrates. A review of the limitations. *Water, Air, Soil Poll.* 1989. Vol. 47. P. 318–341.
- Bruce L. J., McCracken D. I., Foster G. N. and Aitken M. N. The effects of cadmium and zinc-rich sewage sludge on epigeic Collembola populations. *Pedobiologia*, 1997. Vol. 41. P. 167–172.
- Carter A., Kenney E. A. and Guthrie T. F. Earthworms as indicators of heavy metal levels in an agricultural soil in British Columbia. Soil biology as related to land use practices. *U. S. Environ.* 1980. P. 344–367.
- Carter A., Kenney E. A., Guthrie T. F. and Timmenga H. Heavy metals in earthworms in non-contaminated and contaminated agricultural soils from near Vancouver. *Earthworms ecology.* London, 1983. P. 267–274.
- Eitminavičiūtė I., Bagdanavičienė Z., Kisielis V., Janėliauskienė D. Vilniaus miesto nuotėkų valyklos dumblo ekologinis įvertinimas. Vilnius, 2001. 100 p.
- Eitminavičiūtė I., Strazdienė V., Darulytė N., Matusevičiūtė A. Dviejų slieko *Eisenia fetida* populiacijų, auginamų nuotėkų dumblo kompostuose, išgyvenimas ir reprodukcija. *Ekologija*. 2001. Nr. 1. P. 12–22.
- Hughes M. K., Lepp N. W. and Phipps D. A. Aerial heavy metal pollution and terrestrial ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 1980. Vol. 11. P. 217–327.
- Ivask A., Virta M., Karp M., Kahru A. Study of the bioavailability of heavy metals in soils using specific luminescent sensors and photobacteria. *Metals in the environment. II International Conference, Lithuania.* Vilnius, 2001. P. 58–59.
- Kassim G., Martin J. P., Haider K. Incorporation of a wide variety of organic substrate carbons into soil biomass as estimated by the fumigation procedure. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 1981. Vol. 45. P. 1106–1112.
- LAND 20–96. Nuotėkų dumblo naudojimo normos, 1997. 20 p.
- Marinussen M. *Heavy metal accumulation in earthworms exposed to spatially variable soil contamination.* Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University. The Netherlands, 1997. 136 p.
- Malecki M. R., Neuhauser E. F., Loehr R. C. The effect of metals on the growth and reproduction of *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia*. 1982. Bd. 24. H 3. P. 129–138.
- On-Farm composting Handbook* / Ed. R. Rynk. Northeast Regional Agricultural Engineering Service (Cooperative Extension). Ithaca, NY, 1992. 187 p.
- Reinecke A. J. and Kriel J. R. The influence of constant and diurnally fluctuating temperatures on the cocoon production, hatching time and number of hatchlings of *Eisenia fetida* (Lumbricidae, Oligochaeta). *Workshop on the role of earthworms in the stabilization of organic residues.* 1981. Vol. 1. P. 167–177.
- Rühling A., Tyler G. *Heavy metal pollution and decomposition of spruce needle litter.* 1973. Oikos 24. P. 402–416.
- Siepel H. Are some mites more ecologically exposed to pollution with lead than others? *Exp. Appl. Acarol.* 1995. Vol. 19. P. 391–398.
- Sosak-Swidarska B. Morphometric characteristics of raphidocelis subspitata cells cultivated in presence of Cadmium. *Metals in the environment. II International Conference, Lithuania.* Vilnius, 2001. P. 142–143.
- Spurgeon D. J., Hopkin S. P., Jones D. T. Effects of copper, cadmium, lead and zinc on growth, reproduction and survival of the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny): Assessing the environmental impact of point-source metal contamination in terrestrial ecosystems. *Environ. Pollut.* 1994. Vol. 84. P. 124–130.
- Spurgeon D. J., Hopkin S. P. Comparisons of metal accumulation and excretion kinetics in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to contaminated field and laboratory soils. *Applied Soil Ecology.* 1999. Vol. 11. P. 227–243.
- Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose* / Sud. J. Mažvila. Kaunas, 2001. 344 p.
- Tessier L., Vaillancourt G., Pazdernic I. Temperature effects on cadmium and mercury kinetics in freshwater mollusks under laboratory conditions. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 1994. Vol. 26. P. 179–184.
- Tyler G. *The impact of heavy metal pollution on forests: a case study of Gusum.* Sweden, 1984. Ambio 13. P. 18–24.
- Ладонин Д. В. Конкурентные взаимоотношения ионов при загрязнении почвы тяжелыми металлами. *Почвоведение.* 2000. № 10. С. 1285–1293.
- Сэги Ё. *Методы почвенной микробиологии.* Москва, 1983. 295 с.
- Тейт III Р. Органическое вещество почвы. Москва, 1991. 400 с.

**Irena Eitminavičiūtė, Valentina Strazdienė,
Zinaida Bagdanavičienė, Audronė Matusevičiūtė,
Brigita Gilytė**

**THE EFFECT OF CADMIUM IN SEWAGE SLUDGE
COMPOST ON SOIL ZOOCENOSES**

S u m m a r y

Different cadmium concentrations (5, 50 and 500 mg/kg) influenced the zoocenoses and microbiological activity during compostation in sewage sludge of the Vilnius city. The ex-

periment was carried out in the laboratory. The abundance of microarthropods in sludge was low when the level of cadmium was low and when it was high. Earthworms *Eisenia fetida californica* accumulated high amounts of cadmium in their bodies, 4.1 (in the treatment with Cd 5 mg/kg) and 2.8 (in the treatment with Cd 50 mg/kg) times higher than in compost sludge. These concentrations of cadmium had no direct effect on earthworms survival and biomass.

Key words: compost, microarthropods, earthworms, cadmium