

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ГРУНТІВ ПЕРЕДКАРПАТТЯ ЗА ВНЕСЕННЯ ОСАДУ СТІЧНИХ ВОД ПІД ВЕРБУ ЕНЕРГЕТИЧНУ

Г.М. Грицуляк

кандидат сільськогосподарських наук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна, м. Івано-Франківськ; e-mail:gritsulyaka@ukr.net)

Утилізація відходів комунального господарства, зокрема осаду стічних вод, була і залишається однією з важливих екологічних проблем глобального характеру. З іншого боку, застосування осаду стічних вод як добрив у сільському господарстві має великі перспективи з огляду на значний уміст елементів мінерального живлення та органічних сполук у своєму складі. Внесення осаду стічних вод є можливим, насамперед, за вирощування непродуктивних культур, що запобігає потраплянню забруднювальних сполук і патогенних мікроорганізмів у трофічні ланцюги живлення. Перспективними у цьому аспекті є енергетичні культури, які набувають поширення в Україні і світі. У середньо- і довготерміновій перспективі зацікавленість енергетичними культурами, зокрема вербою енергетичною, тільки зростатиме. Дослідження, проведені на дерново-підзолистих ґрунтах Передкарпаття, ставили за мету вивчити вплив застосування компостів на основі осаду стічних вод на продуктивність агрофітоценозу верби енергетичної та на зміну екологічного стану ґрунтової системи. За результатами проведених досліджень встановлено, що вміст важких металів у дерново-підзолистому ґрунті, вегетативній масі та кореневій системі верби енергетичної істотно змінюється залежно від норми внесення осаду стічних вод та компостів на його основі. Екологічно безпечними є норми внесення: компосту (осад стічних вод + солома (3:1) у межах 20–40 т/га, що обумовлюють «середній» рівень фітотоксичності дерново-підзолистого ґрунту Передкарпаття. Водночас застосування некомпостованого осаду стічних вод у нормі 40–80 т/га зумовило фітотоксичний ефект ґрунту на рівні «вище середнього».

Ключові слова: важкі метали, верба енергетична, вегетативна маса, компости, осад стічних вод, дерново-підзолистий ґрунт.

Постановка проблеми. На сьогодні постає нагальна потреба екологічно безпечної утилізації осаду стічних вод, оскільки накопичення його в мулових полях (картах) комунальних господарств міст загрожує погіршенням екологічної ситуації на території всієї держави. Це зумовлює загрозу забруднення поліювантантами ґрунтового покриву, підземних вод та повітря. Саме використання належно підготовленого осаду стічних вод як добрива під енергетичні непродуктивні культури може забезпечити підвищення рівня ефективної родючості ґрунту, зростання продуктивності агрофітоценозів, збільшення виходу біомаси з одиниці площі з умістом важких металів як у ґрунті, так і в рослині у межах гранично допустимих концентрацій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтенсивний розвиток промисловості та інфраструктури у другій половині ХХ ст. зумовив значне збільшення обсягів відходів, зокрема комунального господарства, у т.ч. й осаду стічних вод (ОСВ), і, як наслідок, різке погіршення екологічної ситуації у багатьох країнах світу, зокрема і в Україні [1; 9; 17; 20]. Найбільшою

перешкодою на шляху екологічно безпечного використання ОСВ у сільському господарстві є загроза підвищених концентрацій важких металів [2; 12; 18; 19]. Потрапляючи в навколишнє природне середовище, важкі метали включаються в біогеохімічний колообіг речовин і мігрують ланками трофічних ланцюгів. У ґрунті сполуки важких металів перебувають в різних формах, а саме: нерозчинних, які входять до складу ґрунтових мінералів; обмінних, які перебувають у динамічній рівновазі з іонами певного металу в ґрунтовому розчині; рухомих та розчинних формах [3; 5–7; 10; 13–14]. Між ними існує не тільки тісний взаємозв'язок, а й можливий перехід одних форм в інші. Рухомі форми металів можуть нагромаджуватися в ґрунті у значних концентраціях, що зумовлює їх токсичність як для ґрунтової біоти, так і для рослин [8; 10; 11; 13; 20–24].

Важливим критерієм оцінки екологічного стану ґрунтів є вміст важких металів. Саме тому дослідження багатьох учених останніми десятиліттями спрямовано на вивчення впливу поліювантанта на середовище ґрунту та рослини [1; 12; 15–17; 21–24]. Встановлено здатність

рослин поглинати з навколишнього природного середовища у більших або менших кількостях майже всі відомі хімічні елементи, зокрема важкі метали [1; 4; 17; 23].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Порушення екологічної рівноваги у природі впливає, насамперед, на ґрунт та рослини, оскільки вони є основними акумуляторами важких металів. У мікрокількостях більшість важких металів є необхідною для нормального функціонування живих організмів, проте у високих концентраціях вони стають небезпечними забруднювачами довкілля [1; 4; 17]. Тому нині дослідження шляхів міграції важких металів у системі «ґрунт — рослина» є значно актуальним.

Метою роботи є визначення рівня накопичення важких металів у ґрунті та вегетативній масі верби енергетичної за повторного внесення в агроценоз осаду стічних вод та компостів на його основі.

Матеріали та методи досліджень. Значну кількість видів рослин вивчено в аспекті їхнього використання на енергетичні потреби, але тільки деякі з них вирощуються в промислових масштабах з метою отримання біомаси. Серед швидкоростучих видів деревних культур (приріст пагонів яких за один день може досягати 3–5 см) з інтенсивним нагромадженням вегетативної маси є верба енергетична (*Salix wiminalis* L.). Виведена селекційно для енергетичних потреб верба може легко відновлювати свою надземну частину після її зрізання. Вид є невибагливим до аерації ґрунту, пристосованим до надмірного застійного зволоження, умов вирощування тощо [1–3; 5–8; 18].

Викладення основного матеріалу. Дослідна ділянка з вивчення особливостей вирощування верби енергетичної з використанням осаду стічних вод розміщується в с. Чукалівка Тисменицького р-ну Івано-Франківської обл. на території колекційно-дослідного поля Івано-Франківського коледжу Львівського націо-

нального аграрного університету. Схема садіння верби енергетичної — 0,33 × 0,70 м; ширина ділянки — 4,0 м; довжина — 7,0 м; площа — 28 м². Повторність — триразова, розміщення ділянок — систематичне.

У наших дослідженнях трирічну вербу для заготівлі біомаси зрізували восени на висоті 8–10 см від поверхні ґрунту. Наступного року ранньої весни, одразу після припинення стійких морозів, до відростання пагонів верби, ми здійснили розпушування ґрунту в міжряддях удосконаленим фрезерним культиватором та внесли повторно ОСВ відповідно за варіантами та згідно зі схемою досліду: 1. Контроль — без добрив; 2. Мінеральні добрива — N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀; 3. ОСВ — 40 т/га; 4. ОСВ — 60; 5. ОСВ — 80; 6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) — 60; 7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20; 8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 40; 9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 60; 10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил (10%) — 40 т/га.

Упродовж першого року після повторного внесення ОСВ забезпечували ретельний догляд за рослинами і захист від бур'янів ґрунту до періоду виростання пагонів верби до висоти близько 1 м.

У наших дослідках ОСВ для внесення як добриво ми брали із Івано-Франківської станції аерації державного концерну «Екотехпром», попередньо визначивши вміст важких металів, а також порівнявши його значення із ГДК.

Згідно із отриманими результатами вміст міцно зв'язаних форм важких металів у ОСВ не перевищує ГДК, проте рухомі форми металів, як-от кадмій, нікель та свинець перевищують їх ГДК у межах 0,2–0,9 мг/кг.

У ґрунті важкі метали перебувають у різних формах, і залежно від типу ґрунту та конкретних ґрунтово-екологічних умов співвідношення цих форм відрізняється.

Наші дослідження спрямовано на визначення вмісту міцно зв'язаних та рухомих форм мікроелементів і важких металів у дерново-

Таблиця 1

Уміст важких металів у ОСВ Івано-Франківської станції аерації, мг/кг

Важкі метали	Осад комунально-побутових стічних вод		ГДК важких металів у осаді стічних вод згідно з ГОСТ 17.4.3.07	
	Форма важких металів			
	Міцно зв'язана	Рухома	Міцно зв'язана	Рухома
Кадмій	2,9	0,9	3,0	0,7
Нікель	49,7	4,3	85,0	4,0
Свинець	19,9	6,9	30,0	6,0
Кобальт	35,4	4,6	50,0	5,0

Таблиця 2

Уміст важких металів у дерново-підзолистому ґрунті (мг/кг) після внесення ОСВ, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант	Міцно зв'язана форма				Рухома форма			
	Pb	Cd	Ni	Co	Pb	Cd	Ni	Co
1. Без добрив (контроль)	13,68	0,59	26,41	21,73	3,76	0,19	1,09	2,08
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	13,99	0,84	27,32	21,98	3,99	0,22	1,27	2,27
3. ОСВ — 40 т/га	16,73	0,80	28,36	22,82	4,44	0,28	1,29	2,31
4. ОСВ — 60 т/га	19,95	0,83	29,52	23,63	4,58	0,29	1,39	2,60
5. ОСВ — 80 т/га	21,34	0,98	30,75	24,02	4,77	0,32	1,48	2,69
6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) — 60 т/га	17,16	0,89	29,19	23,11	4,49	0,30	1,35	2,58
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га	15,15	0,75	28,15	21,38	4,29	0,22	1,28	2,29
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 40 т/га	15,49	0,79	28,22	22,10	4,36	0,24	1,17	2,29
9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 60 т/га	16,61	0,87	29,29	23,53	4,44	0,29	1,19	2,37
10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил (10%)) — 40 т/га	15,71	0,91	20,10	22,32	4,58	0,25	1,26	2,33
НІР ₀₅	0,22	0,03	0,07	0,22	0,14	0,02	0,02	0,04
ГДК	30,0	3,0	85,0	50,0	6,0	0,7	4,0	5,0

підзолистому ґрунті в умовах внесення ОСВ та компостів на їх основі (табл. 2).

За певних умов відбувається транслокація цих токсикантів у системі «ґрунт – рослина», що знижує якість і безпечність продукції рослинництва [12].

На забруднених територіях накопичення важких металів у рослинах залежить від рівня концентрації їх рухомих форм у ґрунтових розчинах [5; 10; 12; 17; 23]. Більша частина важких металів перебуває у ґрунті у міцно зв'язаній формі, а менша — в рухомій фракції, яка є доступною рослинам. Надходження хімічних елементів до рослини відбувається внаслідок активного контакту коренів з частками і мінералами ґрунту шляхом «контактного поглинання». Його сутність полягає в обміні виділених кореннями рослин іонів водню-органічних кислот на іони металів.

Нагромадження важких металів у рослинах змінюється залежно від дози повторного внесення ОСВ. За збільшення дози внесення ОСВ у ґрунт під вербу енергетичну підвищувався вміст важких металів у вегетативній масі рослини (табл. 3).

Уміст кадмію за повторного внесення ОСВ у дозі 80 т/га становив 1,71 мг/кг ґрунту, що на 0,56 мг/кг переважало контроль без добрив. За

повторного внесення компостів на основі ОСВ у вегетативній масі верби енергетичної вміст поліютантів знижувався. Уміст нікелю та свинцю за таких умов становив 1,57 та 0,90 мг/кг ґрунту відповідно. У контрольному варіанті вміст кобальту становив 0,95 мг/кг ґрунту, а за повторного внесення ОСВ підвищувався до 0,95 мг/кг. Повторне застосування різних доз компостів на основі ОСВ забезпечило зниження вмісту цього поліютанта порівняно з варіантом, де вносили найвищу дозу свіжого ОСВ, на 0,30–0,90 мг/кг ґрунту.

Ми також порівнювали вміст важких металів у золі верби енергетичної з нашого дослідження та із зразків виду у природному ценозі. Різниця вмісту важких металів порівняно з контролем без добрив є незначною, проте найменший вміст важких металів спостерігався у вегетативній масі верби, яка росла в природному ценозі (табл. 4).

Дослідження вмісту важких металів у вегетативній масі різних частин верби енергетичної свідчить, що поліютанти нагромаджуються як у наземній, так і в її підземній частині (табл. 5).

Уміст кадмію у кореневій системі верби енергетичної, за внесення ОСВ у дозі 40 т/га, становив 1,64 мг/кг, а за внесення такої самої

Таблиця 3

Валовий уміст важких металів у зеленій масі верби енергетичної після повторного внесення ОСВ і компосту на його основі, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Co	Fe
	мк/кг сухої речовини						
1. Без добрив (контроль)	1,15	0,98	0,44	2,45	30,09	0,42	12,03
2. N100P100K100	1,22	1,07	0,57	2,54	30,31	0,49	12,20
3. ОСВ — 40 т/га	1,52	1,29	0,68	2,99	33,31	0,79	13,92
4. ОСВ — 60 т/га	1,63	1,46	0,78	3,28	35,04	0,87	14,81
5. ОСВ — 80 т/га	1,71	1,57	0,90	3,41	36,01	0,95	14,96
6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) — 60 т/га	1,59	1,41	0,78	3,19	34,68	0,77	14,64
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га	1,41	1,21	0,64	2,91	33,14	0,62	13,48
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 40 т/га	1,50	1,39	0,76	3,09	34,76	0,78	14,39
9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 60 т/га	1,56	1,42	0,82	3,29	35,14	0,86	15,10
10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил (10%) — 40 т/га	1,51	1,49	0,80	3,12	34,91	0,80	14,84
НІР05	0,01	0,07	0,02	0,09	0,10	0,07	0,09

Таблиця 4

Уміст важких металів у золі верби енергетичної (мг/кг) після повторного внесення ОСВ і компосту на його основі, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Co	Fe
1. Без добрив — контроль	78,4	69,9	40,0	152,3	201,1	31,1	752,2
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	78,4	70,1	40,7	153,8	209,3	32,1	769,6
3. ОСВ — 40 т/га	99,8	86,1	46,8	186,6	226,4	40,0	914,7
4. ОСВ — 60 т/га	100,1	96,2	48,1	201,1	228,6	42,1	930,2
5. ОСВ — 80 т/га	112,2	99,1	49,9	214,5	226,8	47,4	946,4
6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) — 60 т/га	100,0	95,9	47,8	200,9	227,8	41,9	929,2
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га	94,9	79,0	44,0	183,4	224,6	38,2	902,5
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 40 т/га	96,9	84,1	45,2	185,1	225,6	38,9	911,2
9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 60 т/га	98,6	93,9	46,9	197,9	227,5	41,1	921,3
10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил 10%) — 40 т/га	96,3	84,1	44,9	184,9	225,0	41,0	910,2
НІР 05	0,6	0,3	0,3	0,2	0,6	0,1	1,0

дози компосту — 1,61 мг/кг. Уміст нікелю та свинцю за внесення свіжого ОСВ (варіанти 3–5) становив 1,36–1,67 та 0,79–0,99 мг/кг відповідно.

Найвищий уміст важких металів спостерігався за внесення ОСВ у дозі 80 т/га та компосту на основі ОСВ і тирси (3:1) — 60 т/га, зокрема: кадмію, міді та цинку у кореневій системі верби енергетичної — 1,84, 3,62 та 36,10 мг/кг ґрунту відповідно.

Важливим показником агроекологічного стану ґрунту є не лише вміст у ньому важких металів, а й його біологічна активність та рівень токсичності [3; 5; 21].

Визначальним показником біологічної активності ґрунту є інтенсивність розкладу органічних сполук [3; 5; 7; 9; 10; 20].

Біологічну активність можна визначити за інтенсивністю розкладання у ґрунті смужок льняної тканини (аплікаційний метод), що за-

Таблиця 5

Уміст важких металів у коренях верби енергетичної після повторного внесення осаду стічних вод і компосту на його основі, середнє за 2016–2018 рр.

Варіант	мг/кг сухої речовини						
	Cd	Ni	Pb	Cu	Zn	Co	Fe
1. Без добрив — контроль	1,19	1,04	0,48	2,49	30,13	0,40	11,08
2. N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	1,31	1,09	0,63	2,59	30,34	0,50	12,23
3. ОСВ — 40 т/га	1,64	1,36	0,79	3,12	33,49	0,86	13,99
4. ОСВ — 60 т/га	1,81	1,57	0,87	3,42	35,11	0,96	14,93
5. ОСВ — 80 т/га	1,84	1,67	0,99	3,62	36,10	1,08	15,13
6. Компост (ОСВ + тирса (3:1)) — 60 т/га	1,70	1,60	0,91	3,31	34,76	0,89	14,79
7. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 20 т/га	1,52	1,31	0,79	2,98	33,61	0,76	13,54
8. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 40 т/га	1,61	1,44	0,83	3,16	34,89	0,84	14,54
9. Компост (ОСВ + солома (3:1)) — 60 т/га	1,74	1,63	0,94	3,41	35,12	0,91	14,92
10. Компост (ОСВ + солома (3:1) + цементний пил (10%)) — 40 т/га	1,69	1,51	0,87	3,33	34,99	0,87	14,72
НІР ₀₅	0,05	0,05	0,04	0,1	0,1	0,04	0,2

безпечує дійсні порівняльні результати для оцінки інтенсивності мінералізації за різних застосованих засобів під час землекористування [1–3].

Визначення біологічної активності ґрунту за ступенем розкладу льняної тканини засвідчило посилення мікробіологічної активності під час внесення добрив, проте інтенсивність розкладу за варіантами дослідів істотно різнилася (рис. 1).

Результати наших досліджень свідчать, що інтенсивність розкладу льняної тканини змінювалася за варіантами дослідів. За внесен-

ня компостів на основі ОСВ та соломи (3:1) у дозі 20–60 т/га упродовж першого місяця у орному шарі ґрунту розклалося 34,40–38,9% льняного полотна, а за два місяці — 46,9–55,5%.

За внесення ОСВ у дозі 80 т/га розклад тканини порівняно з контролем зріс на 10,8% упродовж першого місяця, а у липні рівень розкладу становив 47,4%.

За три місяці розклад тканини був найбільшим за внесення ОСВ у дозі 80 т/га і становив 74,8%. За внесення компосту ОСВ + соломи (3:1) у дозі 60 т/га ступінь розкладання льняної тканини становив 73,1%, що на 17,2% більше

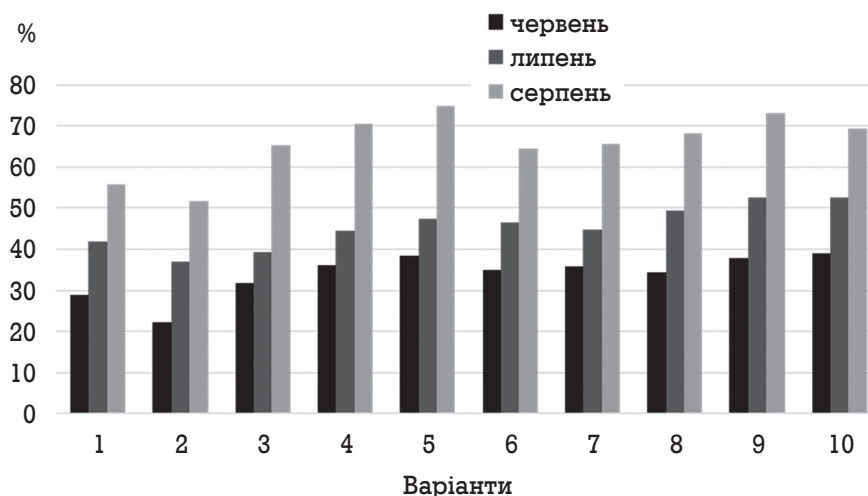


Рис. 1. Динаміка біологічної активності ґрунту за впливу повторного внесення ОСВ, середнє за 2016–2018 рр.

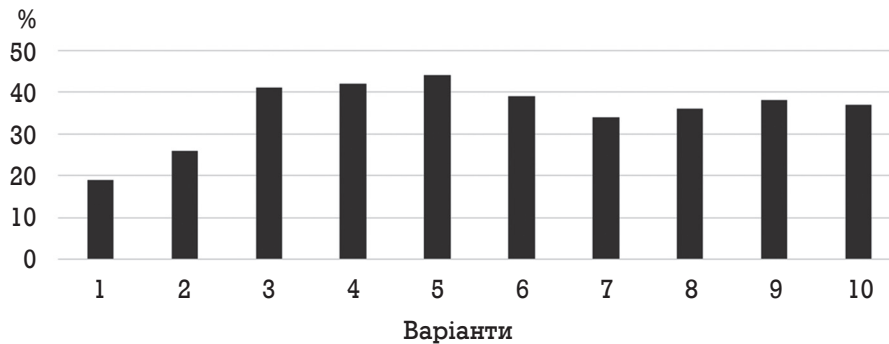


Рис. 2. Рівні токсичності дерново-підзолистого ґрунту за внесення ОСВ

порівняно з контролем. Отже, підвищення доз ОСВ забезпечувало зростання інтенсивності розкладу тканини.

Рослини є первинними ланками трофічних ланцюгів, що виконують важливу роль у поглинанні різноманітних забруднювачів і постійно зазнають їхнього впливу внаслідок закріплення на субстраті. Саме тому рослини вважаються найзручнішими об'єктами для біомоніторингу ґрунтів [3; 4]. Токсичність ґрунту визначали методом Гродзинського [3]. Як тест-культуру використовували льон звичайний (*Linum usitatissimum* L.).

Проведений аналіз ґрунту свідчить, що рівні пригнічення ростових процесів льону звичайного за внесення компостів (варіанти 6–10), хоч і коливаються в межах 34–39%, визначають його токсичність проб ґрунту на рівні «середній». У зразках ґрунту, за внесення ОСВ у дозі 40–80 т/га, токсичність була у межах «вище середнього» рівня.

Висновки. Встановлено закономірності зміни вмісту важких металів у дерново-підзолистому ґрунті, у зеленій масі та кореневих системах верби енергетичної залежно від норми внесення ОСВ та компостів на його основі.

Найвищий уміст важких металів спостерігався за внесення ОСВ у дозі 80 т/га та компосту на основі осаду стічних вод і тирси (3:1) у дозі 60 т/га. За результатами лабораторних досліджень у варіанті 5 (ОСВ — 80 т/га) уміст кадмію у зеленій масі верби енергетичної становить 1,71 мг/кг сухої речовини, ні-

келю — 1,57, свинцю та кобальту — 0,90 та 0,95 мг/кг відповідно. У кореневих системах рослин у цьому варіанті міститься 1,84 мг/кг кадмію, 1,67 — нікелю, 0,99 — свинцю та 1,08 мг/кг кобальту. Відповідно, найменший уміст важких металів спостерігався у варіанті 7 (компост (ОСВ + солома (3:1) — 20 т/га): згідно з лабораторними дослідженнями встановлено вміст кадмію на рівні 1,41 мг/кг, нікелю — 1,21, свинцю та кобальту — 0,64 та 0,62 мг/кг сухої речовини відповідно. У кореневих системах рослин у цьому варіанті міститься 1,52 мг/кг кадмію, 1,31 — нікелю, 0,79 — свинцю та 0,76 мг/кг кобальту.

Згідно з отриманими даними досліджень частка важких металів на рівні 55% концентрується у кореневій системі рослини, а 45% — у надземній її масі.

Рівні пригнічення ростових процесів льону звичайного за внесення компостів (варіанти 6–10) становлять 34–39%, а отже, рівень токсичності проб ґрунту визначається як «середній». У зразках ґрунту, за внесення свіжого ОСВ у дозі 40–80 т/га, токсичність ґрунту зростає до меж «вище середнього» рівня.

Отже, з екологічного погляду за використання ОСВ як добрива найбезпечнішим способом удобрення верби енергетичної є саме компости на його основі та солома (1:3) у дозі 20–40 т/га. Саме у цих варіантах були відзначені найнижчі показники умісту важких металів як у ґрунті, так і в надземній та в кореневій системах рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грицуляк Г.М., Лопушняк В.І. Осад стічних вод у системі удобрення верби енергетичної: монографія. Львів. Простір, 2017. 180 с.
2. Грицуляк Г.М. Система біотестування дерново-підзолистого ґрунту забрудненого важкими металами під впливом внесення удобрення на основі осаду стічних вод // Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., присвяч. Міжнародному Дню агрохіміка (м. Львів, 9–13 червня 2017 р.). Львів, 2017. С. 347–353.
3. Грицуляк Г.М. Зміна вмісту важких металів у вегетативній масі верби енергетичної за внесення осаду стічних вод // Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії: матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції. Львів, 2016. С. 236–244.

4. Гродзинський Д.М., Куцоконь Н.К., Шиліна Ю.В. Застосування рослинних тест — систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. К.: Фітооціоцентр, 2006. 60 с.
5. Кавецький Н.А., Козьякова В.М., Макаренко Н.О. Міграція важких металів в системі «ґрунт—рослина» — екоотоксичний критерій їх небезпечності // Науковий вісник НАУ, 2000. Вип. 32. С. 365–370.
6. Лопушняк В.І. Динаміка біологічних показників родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту під впливом різних систем удобрення // Сучасні проблеми збалансованого природокористування: зб. наук. пр. Подільського державного аграрно-технічного університету. Кам'янець-Подільський, 2012. С. 320–323.
7. Лопушняк В. І. Екологічний стан темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем удобрення // Агроекологічний журнал. 2013. № 3. С. 47–52.
8. Лопушняк В.І., Грицуляк Г.М. Екологічні аспекти застосування осаду стічних вод під вербу енергетичну на дерново-підзолистих ґрунтах Прикарпаття // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія, 2012. Вип. 16. С. 19–25.
9. Лопушняк В., Грицуляк Г. Біотоксичний стан дерново-підзолистого ґрунту під впливом унесення добрив на основі осаду стічних вод. Вісник Львівського національного аграрного університету // Агрономія. 2017. № 21. С. 189–193.
10. Мислива Т.М., Онопрієнко Л.О. Важкі метали в урбоедафотоплах і фітоценозах на території м. Житомира // Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство», 2009. № 1. С. 89–95.
11. Петрук В.Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А. та ін. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Частина 1. Нормування інгредієнтного забруднення: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 253 с.
12. Патица В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І. та ін. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів. К.: Основа, 2005. С. 64–68.
13. Перельман А.И., Касимов Г.Н. Геохимия ландшафтов. М.: Астрей, 1999. 768 с.
14. Перепелиця О.П. Екохімія та ендекологія елементів: довідн. з екол. захисту. К.: Екохім, 2004. 735 с.
15. Петербургский А.В. Агрохимия и физиология питания растений. М.: Россельхозиздат, 1971. 333 с.
16. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И., Журавлева И.М. Аспекты изучения и оценка состояния загрязненной тяжелыми металлами системы почва — растение // Агроекологічний журнал, 2008. № 1. С. 28–36.
17. Самохвалова В.Л., Фатеев А.И., Лучникова Є.О. Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікро- елементів ґрунту // Вісник Львівського ун-ту, 2011. Вип. 55. С. 125–133.
18. Фатеев А.И., Пашенко Я.В. Фононий вміст мікроелементів у ґрунтах України. Харків, 2003. 117 с.
19. Фурдичко О.І., Дем'янюк О.С. Якість і безпека сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки // Агроекологічний журнал. 2014. № 1. С. 7–10.
20. Nea Z.L., Yanga X.E., Stoffellab P.J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 2005. №19. P. 125–140.
21. Kabata-Pendias A. Soil—plant transfer of trace elements — an environmental issue // Geoderma, 2004. 122. P. 143–149.
22. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soil and Plants. H. CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.
23. Lopushniak V., Lopushniak, G., Grytsulyak G. Bioenergetic and economic estimation of sewage sludge use in osier cultivation // Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture, 2016. Vol. 16. № 3. P. 26–31.
24. Hansen K.H., Pedersen A.J., Ottosen L.M., Villumsen A. Speciation and mobility in straw and wood combustion fly ash // Chemosphere. 2001. P. 123–128.

Інформація про автора

Грицуляк Галина Михайлівна — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри хімії, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; e-mail: gritsulyaka@ukr.net)

H.M. Hrytsulyak

Ph.D. in Agriculture Sciences

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
(Ukraine, Ivano-Frankivsk; e-mail: gritsulyaka@ukr.net)

ENVIRONMENTAL CONDITION OF SOD-PODZOLIC SOILS IN PRIKARPATTYA WHEN INTRODUCING SEWAGE SLUDGE UNDER THE ENERGY WILLOW

Utilization of municipal waste, in particular sewage sludge, has been and remains one of the most important environmental problems of a global nature. On the other hand, the use of sewage sludge as fertilizer in agriculture has great prospects given the significant content of mineral nutrients and organic compounds in its composition. The introduction of sewage sludge is possible, above all, for the cultivation

of non-food crops, prevents the ingress of contaminating compounds and pathogens into trophic food chains. Energy cultures are promising in this respect, they are spreading in Ukraine and in the world. In the medium and long term, interest in energy crops, in particular, in their energy, will only grow. Studies conducted on the sod-podzolic soils of the Carpathian region, aimed to study the effect of the use of composts based on sewage sludge on the productivity of agrophytocenoses of willow energy and changes in the ecological state of the soil system. According to the results of the research, it was established that the content of heavy metals in sod-podzolic soil, vegetative mass and willow energy root system varies significantly depending on the rate of application of sewage sludge and composts based on it. Ecologically safe application rates are: compost (sewage sludge + straw (3:1) in the range of 20–40 t/ha, determining the “average” phytotoxicity level of the Carpathian sod-podzolic soil. At the same time, non-composted sewage sludge is at a rate of 40–80 t/ha caused the phytotoxic effect of the soil at the “above average” level.

Keywords: heavy metals, willow energy, vegetative mass, composts, sewage sludge, sod-podzolic soil.

REFERENCES

1. Hrytsuliak, H.M. & Lopushniak V.I. (2017). *Osad stichnykh vod u systemi udobrennia verby enerhetychnoi. monohrafiia [Sewage sludge in fertilizer system of willow energy. monograph]*. L'viv: Prostrir. 180. (In Ukr.)
2. Hrytsulyak, H.M. (2017), “The biotesting system of sod-podzolic soils contaminated with heavy metals under the influence of introduction of fertilizers on the basis of sewage sludge”. Lviv, Ukraine, pp. 347–353. (In Ukr.)
3. Hrytsulyak, H.M. (2017), “Change in the content of heavy metals in the vegetative mass of willow energy for the introduction of sewage sludge”. Lviv, Ukraine, pp. 236–244. (In Ukr.)
4. Hrodzysn'kyj, D.M., Kutsokon' N.K. & Shylina Yu.V. (2006). *Zastosuvannia roslynnykh test — system dlia otsinky kombinovanoi dii faktoriv riznoi pryrody. [Application of plant tests — systems for assessing the combined effects of factors of different nature]*. Kyiv: Fitootsiotsentr. 60. (In Ukr.)
5. Kavets'kyi, N.A., Koz'yakova, V.M. & Makarenko, N.O. (2000). Migrantsiya vazhkykh metaliv v systemi «grunt—roslyna» — ekotoksychnyy kryteriy yikh nebezpechnosti [Migration of heavy metals in the soil-plant system — an ecotoxic criterion for their hazards]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho aviatychnoho universytetu [Scientific Herald of the National Aviation University]*, 32. 365–370. (In Ukr.)
6. Lopushnyak, V.I. (2012). Dynamika biolohichnykh pokaznykiv rodyuchosti temno-siroho opidzolenoho gruntu pid vplyvom riznykh system udobrennia. [Dynamics of biological indices of fertility of dark gray podzolized soil under the influence of various fertilizer systems.]. *Suchasni problemy zbalansovanoho pryrodokorystuvannya : zbirnyk naukovykh prats' Podil's'koho derzhavnogo ahrarno-tekhnichnoho universytetu [Modern problems of balanced use of natural resources: a collection of scientific works of the Podilsky state agricultural and technical university]*. 320–323. (In Ukr.)
7. Lopushnyak, V.I. (2013). Ekolohichnyy stan temno-siroho opidzolenoho gruntu za riznykh system udobrennia [Ecological state of dark gray podzolized soil for different fertilizer systems]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*, 3. 47–52. (In Ukr.)
8. Lopushnyak, V.I. & Hrytsulyak, H.M. (2012). Ekolohichni aspekty zastosuvannya osadu stichnykh vod pid verby enerhetychnu na dernovo-pidzolistykh gruntakh Prykarpattya [Ecological aspects of application of sewage sludge for willow energy on sod-podzolic soils of Prykarpattya]. *Visnyk L'viv's'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ahronomiya [Visnyk of Lviv National Agrarian University. Agronomy]*, 16. 19–25. (In Ukr.)
9. Lopushnyak, V. & Hrytsulyak, H. (2017). Biotoksychnyy stan dernovo-pidzolistoho gruntu pid vplyvom unesennya dobrovy na osnovi osadu stichnykh vod [Biotoxic state of turf-podzolic soils under the influence of fertilizing on the basis of sewage sludge]. *Visnyk L'viv's'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Ahronomiya [Visnyk of Lviv National Agrarian University. Agronomy]*, 21. 189–193. (In Ukr.)
10. Myslyva, T.M. & Onopriyenko, L.O. (2009). Vazhki metaly v urboedafotopakh i fitotsenozakh na terytoriyi m. Zhytomyra [Heavy metals in urboedaphotopes and phytocenoses in the territory of the city of Zhytomyr]. *Visnyk KHNAU im. V.V. Dokuchayeva. Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiya, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo» [Visnyk KhNUU them. V.V. Dokuchaev Ser «Soil science, agrochemistry, agriculture, forestry»]*, 1. 89–95. (In Ukr.)
11. Petruk, V.H., Vasylykivs'kyi, I.V., Ishchenko, V.A. and others. (2013). Normuvannya antropohennoho navantazhennya na navkolyshnye seredovyshche. Vinnytsya: VNTU. 253. (In Ukr.)
12. Patyka, V.P., Makarenko, N.A., Moklyachuk, L.I. and others. (2005). *Ahroekolohichna otsinka mineral'nykh dobrovy ta pestytsydiv [Agroecological assessment of mineral fertilizers and pesticides]*. Kyiv: Osнова. 64–68. (In Ukr.)
13. Perel'man, A.I. & Kasimov, G.N. (1999). *Geokhimiya landshaftov [Geochemistry of landscapes]*. Moskva: Astreya. 768. (in Russ.)

14. Perepelytsya, O.P. (2004). *Ekokhimiya ta endoekolohiya elementiv : dovidn. z ekol. Zakhystu [Eco-chemistry and endoecology of elements: a guide to environmental protection]*. Kyiv: Ekohim. 735. (In Ukr.)
15. Peterburgskiy, A.V. (1971). *Agrokhimiya i fiziologiya pitaniya rasteniy [Agrochemistry and physiology of plant nutrition]*. Moskva: Rossel'khoz. 333. (in Russ.)
16. Samokhvalova, V.L., Fateyev, A.I. & Zhuravleva, I.M. (2008). Aspekty izucheniya i otsenka sostoyaniya zagryaznennoy tyazhelymi metallami sistemy pochva — rasteniye [Aspects of studying and assessing the state of the soil-plant system contaminated with heavy metals]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*. 1. 28–36. (in Russ.)
17. Samokhvalova, V.L., Fateyev, A.I. & Luchnykova, YE.O. (2011). Ekoloho-heokhimichna otsinka fonovoho rivnya vmistu riznykh form mikroelementiv gruntu [Ecological-geochemical estimation of the background level of content of various forms of micro-elements of soil]. *Visnyk L'viv's'koho universytetu [Visnyk of Lviv University]*, 55. 125–133. (In Ukr.)
18. Fateyev, A.I. & Pashchenko, YA.V. (2003). *Fonovyy vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrayiny [Background content of trace elements in soils of Ukraine]*. Kharkiv. 117. (In Ukr.)
19. Furdychko, O.I. & Dem'yanyuk, O.S. (2014). Yakist' i bezpeka sil's'kohospodars'koyi produktsiyi v konteksti prodovol'choyi bezpeky [Quality and safety of agricultural products in the context of food security]. *Ahroekolohichnyy zhurnal [Agroecological journal]*. 1, 7–10. (In Ukr.)
20. Hea, Z.L., Yanga, X.E. & Stoffellab, P.J. (2005). Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 19. 125–140.
21. Kabata-Pendias, A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements — an environmental issue. *Geoderma*, 122, 143–149.
22. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soil and Plants. H. CRC Press, Boca Raton, FL, 2001.
23. Lopushniak, V., Lopushniak, G. & Grytsulyak G. (2016). Bioenergetic and economic estimation of sewage sludge use in osier cultivation. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*, 16(3), 26–31.
24. Hansen, K.H., Pedersen, A.J., Ottosen, L.M. & Villumsen, A. (2001). Speciation and mobility in straw and wood combustion fly ash. *Chemosphere*, 123–128.

Autor

Hrytsulyak Halyna Mykhailivna — Ph.D. in Agriculture Sciences, Associate Professor of Department of Chemistry, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ukraine, 76019, Ivano-Frankivsk, 15 Karpatska St.; e-mail: gritsulyaka@ukr.net).

НОВИНИ НОВИНИ

НОВИНИ • НОВИНИ • НОВИНИ

ПУБЛІЧНІ ЗВІТИ НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ УСТАНОВ МІНПРИРОДИ

Міністерство екології та природних ресурсів України запроваджує публічні звіти науково-дослідних установ, підпорядкованих відомству. Про це повідомив заступник Міністра **Микола Кузьо**. Він зазначив, що перший публічний звіт виконаних у 2018 році прикладних наукових досліджень було заслухано 13 лютого в Організаційно-просвітницькому центрі. Про наукові здобутки Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем доповідав його директор **Анатолій Гриценко**. Загалом було представлено результати за 24 науковими темами.