

НАУКОВІ ОСНОВИ ФІТОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ ТРИФЛУРАЛІНОМ ГРУНТІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН

Л.І. Моклячук, доктор сільськогосподарських наук

Ю.О. Зацарінна, аспірантка*

Інститут агроекології і природокористування НААН України

Доведено, що трифлуралін може мігрувати профілем ґрунту на глибину до 40-60 см. Виявлено, що при багаторічному застосуванні трифлураліну на одних і тих самих площах, його розкладання впродовж вегетаційного періоду не відбувається. Визначено, накопичення залишкових кількостей трифлураліну в органах рослин. Доведено можливість застосування культурних видів рослин для фітореємедіації ґрунтів, забруднених трифлураліном.

Ключові слова: *фітореємедіація, гербіциди, трєфлан, трифлуралін, лікарські рослини*

Вирощування сільськогосподарських рослин, у тому числі й лікарських, без застосування пестицидів неможливе. Особливої актуальності набуває проблема моніторингу забруднених пестицидами ґрунтів і пошук шляхів їх очищення. Багаторічне забруднення сільськогосподарських угідь ксенобіотиками в Україні призвело до необхідності розробки наукових підходів до їх реємедіації. Нині у світовій практиці охорони навколишнього природного середовища активно розвиваються фітореємедіаційні технології очищення ґрунтів – економічно ефективні та екологічно безпечні, що ґрунтуються на фізіологічній здатності рослин накопичувати ксенобіотики з подальшою їх деструкцією. Пошуку стійких видів рослин для ґрунтів, забруднених органічними полютантами, присвячені роботи багатьох зарубіжних учених [13, 14, 15, 16]. В останні роки цим питанням присвячують багато уваги і вчені нашої країни [7, 8, 10, 11].

В Україні протягом останніх десятиріч для агрохімічного захисту посівів лікарських рослин від бур'янів дозволено використання лише гербіцидів на основі трифлураліну (трєфлан, трифлурекс) [9]. Згідно з діючими нормативами наявність

*Науковий керівник – професор Л.І. Моклячук

залишків гербіцидів у сировині для лікарської промисловості заборонено [3]. Тому **метою нашої роботи** було розроблення способів ремедіації забруднених ґрунтів з використанням стійких проти дії трифлураліну видів рослин.

УМОВИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Протягом 2009-2011 рр. на полях Дослідної станції лікарських рослин (ДСЛР) НААН (с. Березоточа, Лубенський район Полтавської області) було проведено екотоксикологічний моніторинг. На вміст залишків трифлураліну досліджено рослинну масу лікарських рослин: валеріани лікарської (*Valeriana officinalis* L.), лофанту анісового (*Lophanthus anisatus* L.), подорожнику великого (*Plantago major* L.), чорнобривців (*Tagetes signota* Barti), нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.), астрагалу шерстистоквіткового (*Astragalus dasyanthus* Pall.), ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* L.), розторопші плямистої (*Silybum marianum* L.), омани високого (*Inula helenium* L.), шоломниці байкальської (*Scutellaria baicalensis* Georgi). Також досліджували ґрунт (чорнозем типовий малогумусний легкосуглинковий), на якому вирощувались ці рослини. Серію послідовних відборів зразків ґрунту та лікарських рослин для виявлення трифлураліну, їх зберігання та транспортування здійснювали згідно з прийнятими методиками [12].

З метою пошуку рослин-ремедіаторів трифлураліну було закладено вегетаційні досліді відповідно до методик [1]. Для вегетаційного досліді №1 (2009 р.) обрали стійкі проти дії трифлураліну види рослин: кабачок (*Cucurbita pepo* L.) сорту Грибовський 37, квасолію (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту Красногородська 5, соняшник (*Helianthus annuus* L.) сорту Восход; для досліді №2 (2010 р.) – квасолію (*Phaseolus vulgaris* L.), люцерну (*Medicago sativa* L.) сорту Веселоподолянська 11, сою (*Glycine max* L.) сорту Київська 27. Вегетаційні досліді були закладені на ґрунті (чорнозем типовий малогумусний легкосуглинковий), відібраному в захисній лісосмузі поля №4 агротехнічної сівозміни ДСЛР, у вегетаційних посудинах діаметром – 15 см і висотою – 13см у чотирикратній біологічній повторності. Маса ґрунту в кожній вегетаційній посудині становила 1000 г. В ґрунт вносили розчин гербіциду трефлан для досягнення концентрацій 1 ГДК (100 мкг/кг), 5 ГДК (500 мкг/кг) і 10 ГДК (1000 мкг/кг). Контролем слугували варіанти без внесення в ґрунт трефлану.

Вегетаційні дослідження проводили у кліматичній камері. Рослини вирощували при температурі $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ та освітленості 8000 лк протягом 17 годин, та в умовах 7-годинної експозиції рослин без освітлення при температурі $18\pm 2^{\circ}\text{C}$. Вегетаційні дослідження тривали 60 діб.

Для вивчення впливу трефлану на ростові процеси досліджуваних рослин визначали висоту їх надземної частини та довжину кореневої системи.

Визначення залишкових кількостей пестициду в ґрунті та рослинах проводили методом газорідинної хроматографії на приладі «Кристалл-2000» у відділі екоотоксикології Інституту агроєкології і природокористування НААН України згідно з методикою [5]. Математичну обробку даних проводили методом варіаційної статистики з використанням стандартних статистичних програм Microsoft Excel [4].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ. *Екотоксикологічна оцінка процесів акумуляції та міграції залишків трифлураліну в системі ґрунт – лікарські рослини.* Для обґрунтування екологічно оптимального рівня навантаження агроєкосистеми пестицидом трефлан при вирощуванні лікарських рослин вивчено агрохімічну систему захисту лікарських рослин за останніх 5-7 років. Для досліджень відібрали зразки лікарської сировини валеріани лікарської першого та третього років вегетації (р.в.), подорожника великого (першого р.в.), чорнобривців, лофанту анісового (другого р.в.) та зразки ґрунту (шар 0-20 см) з ділянок ДСЛР, на яких для агрохімічного захисту рослин від бур'янів застосовували гербіцид трефлан. Зразки відбирали у третій декаді серпня.

При порівняльному вивченні вмісту трифлураліну в лікарській сировині, визначено, що у рослинній масі надземної частини лофанту анісового містилося 1,9, подорожнику великого – 2,7, а чорнобривців – 5,3 мкг/кг сухої речовини трифлураліну (рис.). Аналіз сировини валеріани лікарської першого р.в. показав надзвичайно високі концентрації трифлураліну в кореневій системі рослини, які сягали 254,3 мкг/кг сухої маси. Вміст цього пестициду у ґрунті становив 118,6 мкг/кг, що перевищувало ГДК у 1,2 рази.

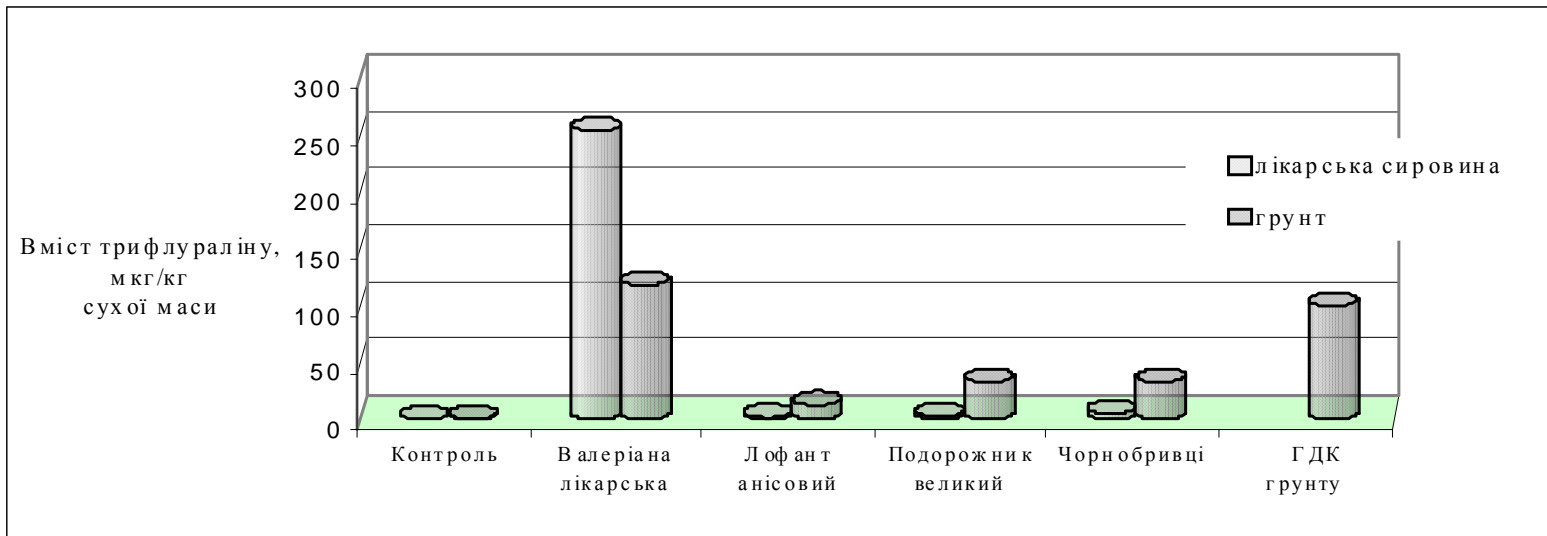


Рис. Вміст трифлураліну в ґрунті та рослинній масі лікарської сировини, мкг/кг сухої речовини

Таким чином, зважаючи на високі концентрації трифлураліну в кореневищі валеріани лікарської, можна зробити припущення про здатність досліджуваної рослини до накопичення цього пестициду. Таке припущення базується на властивостях ліпофільних пестицидів накопичуватись у тканинах з підвищеним вмістом жирів. Основною діючою речовиною валеріани вважається ефірна олія, яка міститься в її коренях і кореневищах (до 2 %).

Оскільки більшість лікарських культур багаторічні й основний врожай сировини збирається на другий-п'ятий роки їх вегетації, багато дослідників вважають, що застосування гербіцидів у перший рік їх вирощування не позначиться на якості сировини в наступні роки [2, 6]. Для підтвердження цього проведено дослідження динаміки накопичення трифлураліну кореневою системою валеріани лікарської першого та третього років вегетації та його вмісту в ґрунті. За контроль був прийнятий варіант без внесення трефлану.

Враховуючи результати попередніх досліджень, з метою виявлення залишків трифлураліну в ґрунті (чорнозем типовий малогумусний легкосуглинковий) та [Type text]

лікарських рослинах (нагідки лікарські, астрагал шерстистоквітковий, ехінацея пурпурова, розторопша плямиста, валеріана лікарська, оман високий, шоломниця байкальська) в 2009-2010 рр. провели екотоксикологічний моніторинг полів ДСЛР. Відбір зразків ґрунту (0–20 см) та вищезгаданих лікарських рослин здійснювали в два етапи: перший відбір – в останній декаді червня і другий – у першій декаді вересня.

Для вивчення накопичення трифлураліну лікарською сировиною визначали вміст залишків цього пестициду в органах однорічних і багаторічних лікарських рослин. Досліджували такі лікарські рослини, у яких як лікарська сировина використовується надземна частина (нагідки лікарські, ехінацея пурпурова, астрагал шерстистоквітковий, розторопша плямиста) та коренева система (оман високий, ехінацея пурпурова, валеріана лікарська, шоломниця байкальська).

Дослідження показали, що лікарська сировина нагідок лікарських (квітки) накопичувала пестицид у кількості 51,2 мкг/кг сухої речовини, що у 5 разів більше, ніж у стеблі й листку, і у 2 рази – ніж у коренях. Поряд з тим, у кореневищах ехінацеї пурпурової та розторопші плямистої першого року вегетації та валеріани лікарської другого року вегетації спостерігали накопичення трифлураліну до 113,8 мкг/кг сухої речовини (табл. 1).

1. Вміст трифлураліну в біомасі лікарських рослин, мкг/кг сухої речовини

Лікарська рослина	Концентрація трифлураліну, мкг/кг		
	корінь	стебло	квітка
Перша група			
Нагідки лікарські	24,9±0,6	10,6 ± 0,2	51,2±2,2
Астрагал шерстистоквітковий першого р.в.	10,3±0,3	21,1±0,3	–
Ехінацея пурпурова першого р.в.	113,8±0,8	45,2±0,2	–
Ехінацея пурпурова другого р.в.	24,3±1,5	3,2±0,3	0,3±0,2
Розторопша плямиста першого р.в.	43,3±0,3	15,5±0,3	1,5±0,5
Друга група			
Валеріана лікарська першого р.в.	10,7±3,1	–	–
Валеріана лікарська другого р.в.	100,2±0,1	5,9±0,2	–
Оман високий другого р.в.	4,0±1,0	8,5±2,0	Не виявлено
Ехінацея пурпурова другого р.в.	24,3±1,5	3,2±0,3	0,3±0,0,2
Шоломниця байкальська першого р.в.	4,3±1,2	Не виявлено	16,7±3,3

Примітки: Перша група – лікарські рослини, у яких як лікарська сировина використовується надземна частина; друга група – лікарські рослини, у яких лікарською сировиною є корені й кореневища.

Відмічено, що з семи досліджених лікарських рослин лише надземна частина шоломниці байкальської зовсім не містила трифлураліну. Всі ж інші частини рослин, що використовуються як лікарська сировина, накопичили в більшій чи меншій кількості гербіцид. Оскільки, як уже згадувалось, вміст будь-якої кількості пестицидів у сировині лікарських рослин не допускається, одержані результати ще раз засвідчують необхідність пошуку шляхів вирішення цього питання. Встановлено, що трифлуралін накопичується переважно у таких лікарських рослинах, які містять у значних кількостях ефірні олії, зокрема валеріані лікарській, ехінацеї пурпуровій, нагідках лікарських тощо. Отже, базуючись на результатах досліджень та зважаючи на такі властивості тріфлану як довгострокова захисна дія (3-4 місяці), потенційна спроможність до накопичення, персистентність у ґрунті тощо, виникає необхідність проведення моніторингових досліджень за динамікою накопичення цього пестициду саме такими лікарськими рослинами, які містять у значних кількостях ефірні олії. Зокрема, лікарську сировину (квітки) нагідок лікарських, збирають кілька разів протягом вегетаційного періоду, а отже виникає необхідність проведення подальших моніторингових досліджень щодо динаміки накопичення пестицидів рослинною сировиною цієї культури протягом вегетаційного періоду.

Динаміка переходу трифлураліну з ґрунту в надземну частину рослин нагідок лікарських (*Calendula officinalis* L.), а особливо в сировину для лікарської промисловості – квітки, протягом вегетаційного періоду 2010 р. показана в табл. 2.

2. Міграція залишків трифлураліну в органах рослин *Calendula officinalis* L. та ґрунті, на якому вони вирощувались, протягом вегетаційного періоду, мкг/кг сухої речовини

Зразок	Концентрація трифлураліну, мкг/кг сухої речовини			
	Ґрунт	Надземна частина	Корінь	Квітка
№1	64,4±2,3	7,3±0,5	21,7±2,1	–
№2	38,5±2,1	49,4±2,3	18,2±1,7	42,1±1,2
№3	19,7±1,8	21,7±1,9	14,8±1,5	48,5±2,1

Примітка: №1 відбір сировини на початку вегетаційного періоду; №2 - в середині вегетаційного періоду; №3 - в кінці вегетаційного періоду.

Так, при дослідженні рослинної сировини другого відбору в квітках *Calendula officinalis* L. було виявлено трифлураліну $42,1 \pm 1,2$ мкг/кг, а третього відбору – $48,5 \pm 2,1$ мкг/кг сухої речовини. Це свідчить про тенденцію збільшення інтенсивності накопичення ксенобіотика рослинами календули трифлураліну протягом вегетаційного періоду. При цьому в ґрунті на кінець вегетаційного періоду визначено $19,7 \pm 1,8$ мкг/кг сухої речовини (початкова ж концентрація, визначена в ґрунті при першому відборі – $64,4 \pm 2,3$ мкг/кг).

Проведено дослідження вмісту трифлураліну в зразках чорнозему глибокого, відібраного з ділянок, де вирощували вищенаведені лікарські рослини (табл. 3).

3. Вміст трифлураліну в чорноземі глибокому, мкг/кг повітряно-сухого ґрунту

Лікарська рослина	Концентрація трифлураліну, мкг/кг	
	Перший відбір	Другий відбір
Нагідки лікарські	$64,5 \pm 0,2$	не виявлено
Астрагал шерстистоквітковий першого р.в.	$518,1 \pm 1,2$	$18,9 \pm 0,1$
Розторопша плямиста першого р.в.	$40,3 \pm 1,3$	$30,8 \pm 0,2$
Шоломниця байкальська першого р.в.	–	$4,4 \pm 0,1$
Ехінацея пурпурова першого р.в.	$12,3 \pm 0,2$	не виявлено
Ехінацея пурпурова другого р.в.	не виявлено	не виявлено
Валеріана лікарська першого р.в.	$225,6 \pm 1,5$	–
Валеріана лікарська другого р.в.	$61,4 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$
Оман високий другого р.в.	$209,8 \pm 0,5$	$0,2 \pm 0,1$
ГДК трифлураліну в ґрунті 100 мкг/кг		

Примітка: Перший відбір зразків ґрунту – остання декада червня; другий – перша декада вересня.

Так, при першому відборі зразків спостерігали перевищення концентрації трифлураліну в чорноземі від 2 до 5 ГДК.

Для дослідження процесів міграції трифлураліну в глибокі шари ґрунту, проведено дослідження зразків, відібраних на різній глибині (табл. 4).

4. Міграція трифлураліну в чорноземі малогумусному легкосуглинковому, мкг/кг повітряно-сухого ґрунту*

Глибина відбору ґрунту, см	Остання дата внесення трефлану, 48% к.е., 2 л/га	Дата відбору зразків ґрунту	Концентрація трифлураліну в ґрунті, мкг/кг
0-20	24.04.2010р.	9.07.2010р.	477,2±3,3
20-40	24.04.2010р.	9.07.2010р.	217,4±1,8
40-60	24.04.2010р.	9.07.2010р.	178,1±1,4
60-80	24.04.2010р.	9.07.2010р.	108,5±1,2
ГДК трефлану в ґрунті 100 мкг/кг			

*Внесення трефлану на дослідному полі №4 2005р., 2008р., 2010р.

За результатами проведених досліджень виявлено, що залишки трифлураліну можна знайти навіть на глибині 60-80 см (108,5±1,2 мкг/кг повітряно-сухого ґрунту), що перевищує ГДК. У зразках ґрунту, відібраного на глибині орного шару (0-20 см), концентрація гербіциду становила 477,2±3,3 мкг/кг, що більш ніж у 4 рази перевищує ГДК. Враховуючи те, що за літературними даними трефлан дуже токсичний для водних організмів, наявність ксенобіотика в глибоких шарах ґрунту може призвести до забруднення водойм. Для запобігання цьому, необхідно розробляти й впроваджувати ремедіаційні заходи щодо забрудненого трифлураліном ґрунту.

Акумуляція трифлураліну культурними видами рослин. Для пошуку рослин-ремедіаторів трифлураліну було закладено вегетаційні досліді: №1 (2009 р.) з стійкими проти трифлураліну видами рослин: кабачком (*Cucurbita pepo* L.) сорту Грибовський 37, квасолею (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту Красногородська 5, соняшником (*Helianthus annuus* L.) сорту Восход; №2 (2010 р.) – квасолею (*Phaseolus vulgaris* L.), люцерною (*Medicago sativa* L.) сорту Веселоподолянська 11 та соєю (*Glycine max* L.) сорту Київська 27.

Програма досліджень передбачала визначення залишкових кількостей гербіциду в ґрунті кожного варіанта до та після експерименту, а також в органах вирощених рослин.

Для виявлення впливу трифлураліну на рослинний організм визначали біометричні показники рослин (висоту надземної частини і довжину кореневої системи), вирощених в умовах вегетаційних дослідів. Результати, одержані після закінчення дослідів, свідчать про пряму залежність цих показників від концентрації ксенобіотика, що підтверджує токсичний вплив трифлураліну. Так, у всіх варіантах під впливом гербіциду відмічено пригнічення ростових процесів кореневої системи рослин (до 38% порівняно з контролем) і надземної їх частини (до 44% порівняно з контролем), що корелює зі збільшенням концентрації трифлураліну в ґрунті.

Визначено також залишкові кількості гербіциду в ґрунті кожного варіанта до та після закінчення вегетаційних дослідів, а також у рослинній масі.

У вегетаційному досліді №1 в усіх дослідних варіантах спостерігали високу здатність до акумуляції трифлураліну в надземній частині рослин квасолі (стеблі та листку) і невисоку його концентрацію в бобах (до 1 % порівняно з концентрацією у надземній частині).

Виявлено різке зменшення концентрації цього ксенобіотика в ґрунті після закінчення вегетаційного дослідів (табл. 5).

5. Концентрація трифлураліну в ґрунті та рослинах квасолі, мкг/кг сухої речовини (вегетаційний дослід №1)

Варіант	Концентрація трифлураліну в ґрунті, мкг/кг		Концентрація трифлураліну в рослинній масі, мкг/кг сухої речовини*			
	перед закладкою дослідів	після завершення дослідів	підземна частина рослини	надземна частина рослини	боби	
					без термічної обробки	після термічної обробки**
Контроль	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
1 ГДК	92,4±0,1	0,8±0,2	4,4±0,9	60,7±1,75	0,5±0,1	Не виявлено
5 ГДК	489,5±2,3	7,3±0,7	47,1±0,5	182,2±2,6	1,0±0,1	0,3±0,1
10 ГДК	996,3±1,8	24,7±1,7	89,7±2,2	373,9±4,5	3,7±0,8	0,9±0,1

*Примітки: *Дослідження проводили після завершення вегетаційного дослідів;*

***термічна обробка - проварювання бобів протягом однієї години.*

Так, у варіанті з забрудненням ґрунту в 10 ГДК визначено, що найінтенсивніше трифлуралін накопичувався надземною частиною рослин квасолі (до $373,9 \pm 4,5$ мкг/кг сухої речовини); в бобах його кількість була незначною ($0,9 \pm 0,1$ мкг/кг сухої речовини). Після закінчення вегетаційного дослідження в ґрунті цього варіанта спостерігали різке зменшення концентрації трифлураліну (до $24,7 \pm 1,7$ мкг/кг сухої речовини).

Одержані дані свідчать про перспективність використання рослин квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) для фіторе mediaції забруднених трифлураліном ґрунтів.

У варіантах з рослинами кабачка також відзначали високу здатність до акумуляції трифлураліну рослинним організмом та різке зменшення концентрації цього ксенобіотику в ґрунті після закінчення вегетаційного дослідження. Так, при забрудненні ґрунту на рівні 10 ГДК виявлено, що кабачок (рослинна маса підземної та надземної частин) здатний накопичувати трифлуралін до $299,1 \pm 2,7$ мкг/кг сухої речовини. Після закінчення вегетаційного дослідження в ґрунті цього варіанта також відмічено різке зменшення концентрації трифлураліну (до $19,0 \pm 0,7$ мкг/кг сухої речовини).

У варіантах з соняшником інтенсивність акумуляції трифлураліну рослинним організмом порівняно з варіантами з квасолею та кабачком була меншою. Проте в ґрунті після закінчення вегетаційного дослідження також спостерігали різке зменшення концентрації цього ксенобіотику. Так, соняшник проявив здатність до накопичення трифлураліну у надземній частині рослини до $175,16 \pm 1,05$ мкг/кг сухої речовини при забрудненні ґрунту на рівні 10 ГДК; при цьому виявлено акумуляцію ксенобіотику в квітках до $231,2 \pm 2,2$ мкг/кг сухої речовини.

За результатами вегетаційного дослідження №1 (2009 р.) квасоля накопичила найбільшу кількість трифлураліну серед досліджуваних рослин, чим посприяла значному очищенню ґрунту, тому можна зробити припущення, що й інші представники родини бобових можуть бути використанні як рослини-ремедіатори трифлураліну. Тому було закладено вегетаційний дослід №2 (2010 р.) з бобовими (*Fabaceae*): квасолею (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту Красногородська 5, люцерною

(*Medicago sativa* L.) сорту Веселоподолянська 11, соєю (*Glycine max* L.) сорту Київська 27.

Результати досліджень з визначення концентрації трифлураліну в рослинній масі квасолі та ґрунті були близькими до даних досліджень попереднього вегетаційного дослідження, та підтвердили перспективність використання бобових з фіторе mediaційною метою.

У варіантах з люцерною і соєю встановлено досить високу здатність до акумуляції трифлураліну рослинним організмом та різке зменшення концентрації цього ксенобіотика в ґрунті після закінчення вегетаційного дослідження. Так, вміст токсиканта в люцерні та сої (рослинній масі надземної та підземної частин) становив відповідно $287,1 \pm 2,5$ і $304,0 \pm 1,7$ мкг/кг сухої речовини при забрудненні ґрунту на рівні 10 ГДК. При цьому в ґрунті виявлено значне зниження концентрації трифлураліну: при вирощуванні люцерни до $39,0 \pm 0,7$ мкг/кг сухої речовини, а сої – до $20,0 \pm 0,3$ мкг/кг сухої речовини (проти початкової концентрації в 1000 мкг/кг).

ВИСНОВКИ

1. Розширено сучасні теоретичні уявлення про закономірності накопичення та розподілу трифлураліну в ґрунті та органах рослин. Згідно з отриманими даними, проаналізовано міграційну здатність та розподіл трифлураліну в чорноземі типовому малогумусному легкосуглинковому.

2. Встановлено, що в надземних та підземних органах лікарських рослин відбувалось накопичення трифлураліну, значні концентрації було виявлено у сировині для лікарської промисловості.

3. Визначено перевищення рівня ГДК трифлураліну в ґрунтах, де його не застосовували протягом кількох років.

4. У результаті проведення вегетаційних дослідів з пошуку рослин – ремедіаторів для ґрунтів, забруднених трифлураліном, встановлено, що всі досліджувані види рослин (*Cucurbita pepo* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Helianthus annuus* L., *Medicago sativa* L., *Glycine max* L.) проявили досить високу здатність до накопичення трифлураліну з забрудненого ґрунту, що сприяє значному його очищенню.

[Type text]

5. Найперспективнішими для фіторе mediaції забруднених трифлураліном ґрунтів є рослини родини бобових (*Febaceae*). Зокрема, квасоля, порівняно з іншими видами рослин, найінтенсивніше накопичувала досліджуваний ксенобіотик у надземній частині.

6. У бобах концентрація трифлураліну була незначною (до 1 % порівняно з концентрацією у надземній частині). Після термічної обробки бобів (кип'ятіння протягом 60 хв.), відзначили слідові кількості діючої речовини гербициду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтехова В.А. Вегетационный и лабораторный методы изучения гербицидов // Войтехова В.А. Методика полевых и вегетационных опытов с удобрениями и гербицидами: Сб.статей. – М.: Наука, 1967. – С. 125-137.

2. Горбань А.Т. Лекарственные растения. Вековой опыт изучения и возделывания / Горбань А.Т., Горлачева С.С., Кривуненко В.П. – П.: Верстка, 2004. – 229 с.

3. Державні санітарні правила і норми ДержСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті. www.sanet.kiev.ua.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Доспехов Б.А. – М.: Колос, 1973. – 336 с.

5. Клисенко М.А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочное издание / Клисенко М.А. – М.:Колос, 1983.-304 с.

6. Комарницкий В.М. Направления развития лекарственного растениеводства в Украине // Материалы XII Международного симпозиума “Нетрадиционное растениеводство. Этиология. Экология и здоровье”. – Алушта. Крым. – 2003. – С. 357–359.

7. Мельничук С.Д. Антропогенне забруднення агроecosystem та методи їх ремедіації / Мельничук С.Д., Лоханська В.Й., Самкова О.П. // Планета без стійких органічних забруднювачів (СОЗ): Збірник наукових матеріалів науково-практичного [Type text]

семінару в рамках Всесвітнього дня дій проти СОЗ (22 квітня 2005 р., Київ) - К.: ВГЛ Обрії, 2005. – 188 с. (С. 174-178).

8. Моклячук Л.І. Науково-методичні основи екотоксикологічного моніторингу і ремедіації забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 03.00.16 „Екологія” / Л. І. Моклячук. – К., 2008. – 40 с.

9. Перелік пестицидів та агрохімікатів, дозволених до використання в Україні на 2010 рік. – К.: Юнівест Медіа, 2010. – 544 с.

10. Петришина В.А. Агроекологічне обґрунтування фіторемедіаційної спроможності дикорослих видів рослин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16 „Екологія” / В.А. Петришина – К., 2009. – 21 с.

11. Слободенюк О.А. Фіторемедіація ґрунтів, забруднених стійкими хлорорганічними пестицидами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата с.-г. наук: спец. 03.00.16 „Екологія” / О.А. Слободенюк – К., 2008. – 20 с.

12. Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов, № 2051-79 від 21.08.79. – М.: 1980.– 290 с.

13. Bell R.M., Failey R.A. Plant uptake of organic pollutants in organic contaminants in the environment / R.M. Bell, R.A. Failey // Elsevier Applied Science, US, New York. – 1991. – P. 189 – 206.

14. Green S. Phytoremediation field studies database for chlorinated solvents, pesticides, explosives, and metals / S. Green, A. Hoffnagle. – Washington, 2004. – 163 p.

15. Rock S. Field Evaluations of Phytotechnologies. Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants / S. Rock. – Washington: Wiley and Sons, Inc., 2003. – 185 p.

16. White J. Phytoremediation of weathered p,p'-DDE residues in soil // Int. J. Phytoremediat. – 2000. – Vol. 2 – P. 133-144.

Л.И. МОКЛЯЧУК, Ю. А. ЗАЦАРИННАЯ

Институт агроэкологии и природопользования НААН Украины

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ТРИФЛУРАЛИНОМ ПОЧВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ
РАСТЕНИЙ**

Доказано, что трифлуралин способен мигрировать в почве на глубину до 40-60 см. Установлено, что при многолетнем использовании трифлуралина на одних и тех же полях, его разложение на протяжении вегетационного периода не происходит. Отмечено накопление остаточных количеств трифлуралина в органах растений. Доказана возможность использования культурных видов растений для фиторемедиации почв, загрязненных трифлуралином.

Ключевые слова: фиторемедиация, гербициды, трефлан, трифлуралин, лекарственные растения

L. MOKLYACHUK, Y. ZATSARINNA

The Institute of Agroecology and Environmental Economy of NAAS Ukraine

**SCIENTIFIC BASIS OF PHYTOREMEDIATION OF CONTAMINATED WITH
TRIFLURALIN SOIL FOR THE CULTIVATION OF MEDICINAL PLANTS**

It is proved that Trifluralin is able to migrate in the soil to a depth of 40-60 cm. It was found that the long-term use of Trifluralin Leads to the accumulation of its residues. It was determined that there is an accumulation of residues of Trifluralin in the organs of plants. The ability of crop plants to accumulate residues of trifluralin was investigated.

Key words: Phytoremediation, Herbicides, Treflan, Trifluralin, Medicinal plants