

1. Айзенберг Я.Є., Макаров В.І., Коновалова Т.М., Лісовий М.П., Медведєв В.В., Лісовий М.В. *Методологія, інформатика та інженерне забезпечення точного землеробства в Україні.* // Вісник аграрної науки, 2002. – № 1. – С. 22-27.
2. Якушев В.П., Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Топаж А.Г. *Точное земледелие (Аналитический обзор)* // *Агрохимический вестник.* – 2001. – № 5. – С. 28-34.
3. Рижук С.М., Слюсар І.Т. *Агроекологічні основи ефективного використання осушуваних ґрунтів Полісся і Лісостепу України.* – К.: Аграрна наука, 2006. – 425 с.
4. Слюсар І.Т. *Система землеробства на осушуваних ґрунтах гумідної зони України: проблеми, шляхи вирішення* // *Меліорація і водне господарство: Зб. наук. пр.* – К.: 2005. – № 92. – С. 95-101.

*Изложены результаты исследований минерального удобрения многолетних луговых травосмесей в зависимости от обеспеченности почв питательными веществами в условиях осушаемых торфяных почв Лесостепи Украины.*

*The research results of mineral fertilization of perennial meadow grass mixtures depending on nutrient availability of soils in the conditions of draining peat soils of the Ukrainian Forest-Steppe are stated.*

**УДК 631.95:631.45:632.95:633/635**

**О.А. Слободенюк, Л.І. Моклячук, Г.Г. Андрієнко**

*ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ УААН*

## **НАКОПИЧЕННЯ ХЛОРООРГАНІЧНИХ ПЕСТИЦИДІВ РОСЛИНАМИ РОДИНИ ГАРБУЗОВИХ З ДЕРНОВО- ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ**

Починаючи із 40-х років минулого сторіччя хлорорганічні пестициди широко застосовували в усьому світі у значних масштабах. Особливо небезпечні з них внесено до переліку Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі (СОЗ): альдрин, хлордан, ДДТ, дільдрин, ендрин, гептахлор, мірекс, токсафен [1, 2]. На території України, як і в більшості країн світу, в минулі роки у великих масштабах застосовували такі неполярні хлорорганічні інсектициди, як ДДТ та гексахлорциклогексан (ГХЦГ). Тому моніторинг ґрунтів необхідний саме за даними ксенобіотиками. В Україні застосування ДДТ було заборонено у сімдесяті роки, проте понад 30 країн використовували його до 2000 р. [2]. Накопичення ДДТ в Україні почалось із сімдесятих років двадцятого сторіччя. Незважаючи на заборону застосування у сільському господарстві, виробництво його продовжувалось, а весь арсенал пестицидів зосереджувався на складах. Нині ці склади недіючі, але там і досі зберігається велика кількість отрутохімікатів, зокрема ДДТ. Загальна маса цих пестицидів становить понад 15 тис. тонн [3]. Довготривале та масштабне використання хлорорганічних пестицидів призвело до появи екотопів, забруднених високими концентраціями даних сполук у місцях розташування складів отрутохімікатів. Ці ділянки становлять загрозу для

© О.А. Слободенюк, Л.І. Моклячук, Г.Г. Андрієнко, 2007

навколишнього середовища та здоров'я людей, оскільки вони є джерелом надходження токсикантів у ґрунтові води та сільськогосподарську продукцію. При цьому, часто небезпечними є не лише пестициди, а і продукти їхнього метаболізму. У результаті розпаду ДДТ, як правило, утворюються дві інші речовини – 1,1дихлор2,2біс-(4хлорфеніл)етан (ДДД) і 1,1дихлор2,2біс-(4хлорфеніл)етилен (ДДЕ). Ці речовини присутні як домішки в препаратах ДДТ. Їхні фізичні та хімічні властивості аналогічні властивостям ДДТ і відзначаються більшою стійкістю у довкіллі порівняно з самим ДДТ. Тому ґрунти, у яких присутній ДДТ, забруднені ДДЕ та ДДД [4]. Тому даний інсектицид нормується у різних об'єктах за сумою всіх ізомерів та метаболітів.

Внаслідок локального забруднення високими концентраціями ХОП виникла необхідність у розробці та впровадженні методів ремедіації забруднених ґрунтів. Традиційні технології очистки ґрунтів, забруднених стійкими органічними сполуками, надзвичайно енергоємні та вимагають великих капіталовкладень. Крім того, вони не завжди безпечні для довкілля, що викликає необхідність альтернативних технологій відновлення забрудненого ґрунту. Це дало поштовх розвитку екологічнобезпечних технологій біо- та фіторемедіації. [5]. Фіторемедіація – метод відновлення, що базується на природних властивостях рослин накопичувати ксенобіотики з ґрунту і/або розкладати їх. Термін фіторемедіація об'єднує велику кількість методів і технологій, зокрема фітоекстракцію, фітодеградацію, фітостабілізацію, фітотрансформацію і фітолеткість. Ці технології є ґрунтозберігаючими, тобто після їх застосування ґрунти не втрачають своїх природних властивостей.

**Метою досліджень** було проведення оцінки можливості впровадження фітотехнологій для ремедіації забрудненого пестицидами дерново-підзолистого супіщаного ґрунту на прикладі території санітарно-захисної зони недіючого складу отрутохімікатів в с.Зубовщина Коростенського району Житомирської області. Будівлю складу зруйновано, про його існування нагадує лише зацементований майданчик, який слугував підлогою складу, і залишки цегли та гравію, що перешкоджають відбору зразків. З північного боку є ділянка, на якій в минулому був розташований склад мінеральних добрив. Зі східного боку склад прилягає до дороги. Навколо складу, як і в місці відбору зразків, знаходиться поле з посівами культурних рослин.

Для досягнення мети необхідно було визначити рівні вмісту хлорорганічних сполук (ХОП) - 4,4ґ-ДДТ, 2,4ґ-ДДТ, 4,4ґ-ДДЕ, 4,4ґ-ДДД у ґрунті санітарнозахисної зони недіючого складу і дослідити накопичення і деструкцію стійких пестицидів рослинами кабачків та гарбузів (*Cucurbitaceae*).

**Матеріали та методи.** Зразки ґрунту для визначення вмісту залишків пестицидів відбирали на відстані 1, 15, 25, 50 м на захід та південь від складу

відповідно до існуючих методик [6, 7]. Досліджуваний ґрунт – дерново-підзолистий супіщаний на водно-льодовикових відкладах.

На ґрунті, відібраному на відстані 1 м від складу, було закладено тепличні досліді (Дослід 1 – ґрунт відібраний у південному напрямі; Дослід 2 - у західному напрямку від складу) в тепличному господарстві „Камелія-К”. Як рослини-екстрагенти використовували представників родини *Cucurbitaceae* (кабачки сорту Грибовський 37 та гарбузи сорту Мигдальний). Кількість повторень – чотириразова. Умови вирощування рослин: денна температура  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  в сонячні дні та  $21 \pm 2^\circ\text{C}$  у похмурі; нічна температура –  $18 \pm 1^\circ\text{C}$ ; вологість повітря –  $65 \pm 5\%$ . Визначення вмісту ХОП та стійких гербіцидів у ґрунті та рослинах проводили методами газорідинної і тонкошарової хроматографії з використанням затверджених Міністерством охорони здоров'я методик, вміст ДДТ наведено в перерахунку на 1 кг повітряно-сухого ґрунту і 1 кг сирової маси рослин [8].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Метаболіти та ізомери інсектицидів ДДТ виявлено практично у всіх зразках ґрунту. На відстані 1 метр від складу спостерігалось перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) суми ізомерів та метаболітів ДДТ від 1,5 до 9,4 раза. По мірі віддалення від складу вміст ДДТ не перевищує гранично допустимих концентрацій. Проте, простежується перевищування умовнофонового рівня забруднення сільськогосподарських угідь Українського Полісся, у яких вміст ДДТ становить до 20 мкг/кг (табл. 1) [9].

**Таблиця 1. Вміст ХОП у орному шарі дерново-підзолистого ґрунту, мкг/кг**

Напрямок	Відстань від складу, м	4,4'-ДДТ	4,4'-ДДЕ	4,4'-ДДД	2,4'-ДДТ	Σ ДДТ
Західний	1	349,4±39,5	135,5±18,5	304,6±29,1	148,2±27,5	937,7±39,5
	15	2,7±0,2	16,8± 2,1	21,5± 3,9	2,0± 0,5	43,0±3,9
	25	Н	1,7± 0,2	Н	Н	1,7±0,2
	50	Н	0,5± 0,1	Н	Н	0,5±0,1
Південний	1	70,2± 7,8	15,2± 2,1	42,8± 7,1	17,7± 2,2	145,9±7,8
	15	Н	Н	Н	Н	Н
	25	Н	0,5± 0,2	Н	Н	0,5±0,2
	50	4,6± 1,0	2,5± 0,5	Н	2,6± 0,1	9,7±1,0
ГДК у ґрунті						100
Умовно-фоновий рівень забруднення для сільськогосподарських угідь						≤ 20

\*Н- не виявлено

За літературними даними найкраще екстрагують ХОП представники родини *Cucurbitaceae* [5]. Раніше у модельованому тепличному експерименті нами показано, що рослини кабачків та гарбузів можна використовувати для відновлення забрудненого ДДТ сірого лісового ґрунту [10].

На даному етапі досліджено здатність рослин гарбузів та кабачків вилучати та метаболізувати ДДТ з дерново-підзолистого супіщаного ґрунту санітарно-захисної зони недіючого складу отрутохімікатів (Досліді №1 і

№2). Рослини досліджу №2 через 23 дні після закладання досліджу на стадії появи першого справжнього листка зібрали з ознаками значного пригнічення фізіологічних функцій.

Рослини досліджу №1 зібрали через 40 днів після закладання досліджу на стадії трьох справжніх листків з тієї ж причини, що свідчить про фітотоксичність ґрунту. Провели дослідження зразків ґрунту та рослин на вміст стійких гербіцидів класу сим-триазинів, які широко використовували у сільськогосподарському виробництві. Результати аналізу ґрунту показали наявність їх у всіх зразках, що досліджувались (табл.2).

**Таблиця 2. Вміст гербіцидів у орному шарі дерново-підзолистого ґрунту на віддалі 1м від складу, мкг/кг**

Гербіцид	Дослід №		ГДК в ґрунті, мкг/кг	
	1	2	Фітотоксичний показник	Транслокаційний показник
Прометрин	501,2 ± 45,4	20,3 ± 4,1	–	500
Симазин	129,9 ± 5,2	29,9 ± 5,2	100	200
Атразин	200,8 ± 10,6	300,3 ± 15,5	10	500

У ґрунті досліджу №2 вміст атразину у 30 разів перевищував рівень фітотоксичності. У ґрунті досліджу №1 вміст прометрину знаходився на рівні ГДК, симазину в 1,3 раза, а атразину в 20 разів перевищував фітотоксичний показник. Дослідження рослин гарбузів досліджу №1, у яких почалося пожовтіння кінчиків листків показало, що вміст симазину в них сягав 350 мкг/кг при рівні фітотоксичності за даним показником 100 мкг/кг, а вміст атразину перевищував у 2 рази рівень фітотоксичності. Отже, ґрунт складу є фітотоксичним для рослин родини *Cucurbitaceae*. Про це свідчить також зменшення маси рослин на 39% порівняно з контролем. Середня довжина коренів рослин, вирощених на ґрунті південного напрямку, зменшилась на 54%, а середня довжина надземної частини рослин збільшилась на 23% порівняно з контролем. Очевидно такі зміни у біометричних показниках є “захисними”, коли зменшується вбирна поверхня кореня і водночас збільшується вегетативна маса, за рахунок чого відбувається зменшення концентрації токсичних речовин у тканинах рослини.

У зразках рослин аналізували концентрації ізомерів та метаболітів ДДТ (табл. 3).

**Таблиця 3. Концентрація ізомерів та метаболітів ДДТ у рослинах гарбузів та кабачків, мкг/кг**

Рослини	4,4-ДДТ	4,4-ДДЕ	4,4-ДДД	2,4-ДДТ	Σ ДДТ
Дослід №1					
Гарбузи	63,9± 7,5	21,2± 4,5	17,7± 3,2	17,6± 3,1	120,4± 7,5
Кабачки	58,9± 8,5	27,2± 5,6	18,2± 2,5	12,7± 3,2	117,0± 8,5
Дослід №2					
Гарбузи	69,2± 8,6	39,4± 5,1	53,7± 7,2	32,2± 2,4	194,5± 8,6
Кабачки	93,3± 9,6	48,7± 6,2	66,7± 8,1	35,7± 3,2	244,4± 9,6

Результати досліджень свідчать, що накопичення ізомерів та метаболітів ДДТ рослинами із забрудненого ґрунту протягом тривалого періоду, залежить від концентрації препарату в ньому. При концентрації суми ізомерів та метаболітів ДДТ до 937,7 мкг/кг, вміст його у рослинах становить 244,4, а при концентрації 145,9 – 117,0 мкг/кг, тобто абсолютна кількість речовини, що надійшла в рослину, залежить як від концентрації пестициду у ґрунті, так і від біологічної здатності рослин до накопичення хлорорганічних сполук.

**Висновки.** За результатами досліджень встановлено, що рослини родини *Cucurbitaceae* здатні накопичувати ХОП з дерново-підзолистого супіщаного ґрунту, але при впровадженні методу фіторе mediaції на забруднених ХОП територіях необхідно проводити попереднє тестування ґрунтів на їхню фітотоксичність.

1. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі. – К.: „Вальс”, 2004. – 47 с.
2. Інформаційний бюлетень: Стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) в Україні та світі. – 2005. – №11 // [www/POPs\\_newsletter@lists/greenkit.net](http://www/POPs_newsletter@lists/greenkit.net)
3. Drozda V. The problem of obsolete pesticides disposal in Ukraine: Solution, ecology and economy // Materials of 6<sup>th</sup> International HCH & Pesticides Forum, Poland. – 2001. – P.143-147.
4. Проект технических руководящих принципов экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из 1,1,1трихлор2,2бис(4хлорфенил)этана (ДДТ), содержащих его или загрязненных им. – Конф. Сторон Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. – 2006. – UNEP/CHW.8/5/Add.2.
5. White. J.C. Phytoremediation of weathered p.p -DDE residues in soil. Intern. J. Phytoremediation. – 2000. – Vol. 2. – P. 133-144.
6. Методичні рекомендації з агроекологічної оцінки забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтів. / Патика В.П., Моклячук Л.І., Андрієнко Г.Г. та ін. – К., 2005. – 27 с.
7. Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов. – М., 1980.
8. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. / Клисенко М.А., Калинина А.А., Новикова К.Ф. и др. – М.: Агропромиздат, 1992. – Т.2. – 416 с.
9. Моклячук Л.І. Фоновий та кризовий моніторинг органічних полутантів у ґрунтах України // Вісник аграрної науки. – 2004. – №8. – С. 57-60.
10. Моклячук Л.І., Андрієнко Г.Г., Слободенюк О.А., Недашківська О.Ю. Фітоекстракція та фітодеградація ДДТ рослинами кабачків (*Cucurbita pepa*) та квасолі (*phaseolus vulgaris*) // Вісник Державного агроекологічного університету. – 2006. – Вип. №1 (16). – С.27-31.

Исследовано локальное загрязнение дерново-подзолистой почвы хлорорганическими пестицидами и персистентными гербицидами в ареале влияния недействующего склада ядохимикатов. Проведено моделированные тепличные исследования по фитоекстракции ДДТ растениями семейства *Cucurbitaceae*. Показано, что

*применение методов фиторемедиации на загрязненных территориях требует предварительного тестирования почв на фитотоксичность*

*Исследовано локальное загрязнение дерново-подзолистой почвы хлорорганическими пестицидами и персистентными гербицидами в ареале влияния недействующего склада ядохимикатов. Проведено моделированные тепличные исследования по фитоэкстракции ДДТ растениями семейства Cucurbitaceae. Показано, что применение методов фиторемедиации на загрязненных территориях требует предварительного тестирования почв на фитотоксичность*