

УДК 574.2/631.6/631/635
DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-9
БІОІНДИКАЦІЙНИЙ ПРОЯВ У
НАСАДЖЕННЯХ
ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ
ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ
ДОВКІЛЛЯ ЗАХОДАМИ
ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
ЗЕМЛЕРОБСТВА

О.П. ТКАЧУК, доктор с.-г. наук,
професор
С.О. ПАНКОВА, аспірант, асистент
Вінницький національний аграрний
університет

Перспективним видом біоіндикаторів у агроєкосистемах можуть бути полезахисні лісосмуги, які впритул примикають до посівів сільськогосподарських культур та часто самі зазнають забруднення внаслідок потрапляння мінеральних добрив і пестицидів на листя чи у приштамбовий шар ґрунту, а при механічному обробітку ґрунту – зазнають суттєвого запилення. Серед багаторічних рослин чутливим органом для біоіндикації є листя. Під впливом антропогенного забруднення може змінюватися морфологія листків у насадженнях, зокрема його асиметрія, зменшується площа поверхні листкової пластинки, виникає хлороз, некроз, передчасне пожовтіння і опадання листя, їх деформація, скручування, поява плямистості та інші.

Мета досліджень – виявити біоіндикаційний прояв на дерево-чагарниковій рослинності полезахисних лісосмуг за характером пригнічення листя внаслідок забруднення довкілля заходами інтенсифікації землеробства, зокрема використанням засобів хімізації при вирощуванні найпоширеніших сільськогосподарських культур.

При спостереженні за рослинами полезахисних лісосмуг для виявлення біоіндикаційних реакцій листя на забруднення агроєкосистем доцільно використовувати жимолость татарську і клен звичайний для виявлення некрозу; акацію білу, граб звичайний, клен звичайний та ясен звичайний – для виявлення хлорозу; клен звичайний – для виявлення передчасного пожовтіння листя.

Інтенсивне забруднення довкілля внаслідок застосування засобів хімізації при вирощуванні кукурудзи можна виявити за проявом некрозу та/або передчасним пожовтінням листя у дерев клену звичайного, а також за проявом хлорозу листя у грабу звичайного. Забруднення довкілля внаслідок застосування засобів хімізації при вирощуванні соняшнику можна виявити за проявом хлорозу на листі клену звичайного і ясену звичайного. Забруднення довкілля внаслідок застосування засобів хімізації при вирощуванні пшениці озимої можна виявити за проявом некрозу листя у жимолості татарської та/або хлорозу листя акації білої.

Найбільший прояв деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності полезахисних лісосмуг спостерігався біля посівів кукурудзи та пшениці озимої та відповідав показнику «здорові – ослаблені» з ушкодженням дерев 0-30%.

Ключові слова: дерева, полезахисні лісосмуги, листя, біоіндикація, землеробство.

Табл. 4. Літ. 14.

Постановка проблеми. У зв'язку з інтенсифікацією землеробства, що проявляється у використанні високих норм мінеральних добрив та багаторазовому застосуванні хімічних пестицидів, загострюються проблеми забруднення навколишнього середовища та деградації природних екосистем. Використанням біологічно значимих проявів антропогенних впливів на

багаторічних рослинах можна виявити порушення довкілля, зумовлених хімізацією землеробства. Візуальна реакція рослин у вигляді змін у морфологічній будові на забруднення довкілля становить суть біоіндикації – спостереження за рослинністю, яка здатна реагувати своїми зовнішніми змінами на забруднення навколишнього середовища. Рослинний покрив досить суттєво реагує на зміну екологічних чинників довкілля. Тому коли на природну багаторічну рослинність впливатимуть заходи хімізації землеробства – то це буде виявляти пригнічення організмів та вказувати на величину негативного антропогенного впливу [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Біоіндикаційна оцінка стану довкілля широко використовується для визначення екологічного стану міст, де антропогенне забруднення є дуже потужним. Широке використання в якості біоіндикаторів дерев зумовлене тим, що вони здатні постійно накопичувати забруднюючі речовини та проявляти порушення впродовж всього вегетаційного періоду. Досить чутливими біоіндикаторами є хвойні дерева [3, 4].

На відміну від урбоєкосистем, в агроєкосистемах використання біоіндикаційних досліджень не отримало значного поширення. Причинами цього є короткий вегетаційний період польових культур, їх часта зміна в сівозміні, що не дозволяє проводити системні спостереження. Проте перспективним видом біоіндикаторів у агроєкосистемах можуть бути полезахисні лісосмуги, які впритул примикають до посівів сільськогосподарських культур та часто самі зазнають забруднення внаслідок потрапляння мінеральних добрив і пестицидів на листя чи у приштамбовий шар ґрунту, а при механічному обробітку ґрунту – зазнають суттєвого запилення. Таке забруднення зумовлює пригнічення рослин, спостереження за яким може виявити технологічні операції та вирощувані культури, що найбільше забруднюють довкілля як самих агроєкосистем, так і прилеглих природних екосистем: лісів, степів, луків, водойм та інших [5, 6].

Для біоіндикації необхідно обирати найбільш чутливі види деревочагарникової рослинності полезахисних лісосмуг. Серед багаторічних рослин чутливим органом для біоіндикації є листя. Під впливом антропогенного забруднення може змінюватися морфологія листків у насадженнях, зокрема його асиметрія, зменшується площа поверхні листової пластинки, виникає хлороз, некроз, передчасне пожовтіння і опадання листя, їх деформація, скручування, поява плямистості та інші [7, 8].

Встановлено, що у містах надійними біоіндикаторами може бути листя берези, дерева якої відзначаються високими поглинаючими здібностями. При формуванні листової пластини дерев за умов накопичення у ній токсичних речовин, спостерігається сповільнення ростових процесів, деформація листка, сповільнюються або припиняються процеси фотосинтезу, порушується фізіологічний обмін речовин у листку. Він стає уразливим до впливу шкідників і хвороб та зазнає змін. Проте такі реакції рослин на забруднення повітря та ґрунту, як правило неспецифічні, тобто можуть викликатися не лише

забрудненням довкілля, але й несприятливими умовами метеорологічних чинників (посуха, заморозки, сильні опали) а також впливом хвороб і шкідників. Тому методи біоіндикації забруднення довкілля є додатковим джерелом отримання екологічної інформації [9, 10].

Ураження токсичними речовинами листя дерев пришвидшується на початкових етапах вегетації, а візуальний прояв пригнічення листя краще виявляти на листі у більш пізні строки – в кінці літа – на початку осені, коли листові пластинки повністю сформовані [11].

Для високорослих дерев полезахисних насаджень доцільніше опрацьовувати рослинність нижніх ярусів: нижні гілки дерев, кущі, чагарники, підріст та інші. Оскільки зазначені роботи в межах агроєкосистем практично не проводилися, то виявлення змін у стані листя полезахисних лісосмуг, зумовлених інтенсифікацією землеробства, є актуальним та важливим завданням.

Мета досліджень – виявити біоіндикаційний прояв на дерево-чагарниковій рослинності полезахисних лісосмуг за характером пригнічення листя внаслідок забруднення довкілля заходами інтенсифікації землеробства, зокрема використанням засобів хімізації при вирощуванні найпоширеніших сільськогосподарських культур.

Матеріали і методи досліджень. Польові спостереження проводили у 2021-2022 рр. у полезахисних лісосмугах Вінницького району Вінницької області. Було оглянуто 70 основних полезахисних лісосмуг і близько 40 допоміжних полезахисних лісосмуг, які прилягали до зон інтенсивної хімізації землеробства при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Спостереження проводилися календарно в кінці серпня, способом виокремлення в межах лісосмуг тест-полігонів довжиною по 100 м у чотирьох повтореннях. Лісосмуги поділяли на основні, що розміщені перпендикулярно до панівних вітрів: західних та північно-західних та додаткові, які розміщені перпендикулярно до основних полезахисних лісосмуг.

У межах тест-полігонів визначали породний склад дерев, кущів та чагарників, а також зазначали сільськогосподарські культури, що вирощували на полях, що примикали до досліджуваних полезахисних лісосмуг.

При проведенні основних досліджень застосовували методи реєструвальної біоіндикації, тобто реєстрували обсяги поширення некрозу, хлорозу, передчасного пожовтіння та опадання листя з дерев, його скручування і плямистості на листі від загальної кількості дерев у межах тест-полігонів. У межах листків візуально визначали частку ураженої поверхні [12, 13].

На основі отриманої інформації під час проведення реєструвальної біоіндикації визначали загальний прояв деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності досліджуваних полезахисних лісосмуг та встановлювали життєвий стан дерев за ушкодженням крони і стовбура [14].

Виклад основного матеріалу. Видовий склад дерево-чагарникової рослинності основних полезахисних лісосмуг представлений кленом

звичайним, ясенем звичайним, липою дрібнолистою, акацією білою, грабом звичайним, дубом звичайним, жимолостю татарською, вербою білою, горіхом волоським, черешнею дикою та іншими видами. У допоміжних полезахисних лісосмугах насадження представлені дубом звичайним, кленом звичайним, ясенем звичайним, черешнею дикою, горобиною звичайною, грушою дикою, грабом звичайним, березою повислою та іншими видами.

Одними із найтиповіших реакцій дерев на забруднення внаслідок інтенсифікації землеробства є прояв на листі рослин хлорозу та некрозу. Некроз являє собою передчасну загибель і руйнування клітин листя під впливом факторів забруднення. Некроз був виявлений на листі серед дерево-чагарникової рослинності основних полезахисних лісосмуг у рослин жимолості татарської на 1-12% листя, клена звичайного – на 12-30% листя, ясеню звичайного – на 12-15% листя. На листі дерев допоміжних полезахисних лісосмуг некроз був поширений на 15% листя дубу звичайного та на 5-8% листя ясеню звичайного (Табл. 1).

Площа поверхні некрозу на листках дерево-чагарникової рослинності основних полезахисних лісосмуг складала: у рослин жимолості татарської – 4-20%, у рослин клена звичайного – 7-60%, у рослин ясеню звичайного – 7-12%. У рослин допоміжних полезахисних лісосмуг частка некрозу на листку рослин дубу звичайного становила 15%, а ясеню звичайного – 5-12%.

Нашими дослідженнями встановлено, що найбільша частка некрозу на листі насаджень жимолості татарської проявлялася у полезахисних лісосмугах, які примикали до посівів пшениці озимої, найменша – до посівів овочевих культур та картоплі, а середня – до посівів кукурудзи. Тому інтенсивні засоби хімізації, що застосовуються при вирощуванні пшениці озимої, найбільш чітко проявляються на листі жимолості татарської у вигляді некрозу.

Найбільший прояв некрозу на листі дерев клену звичайного був виявлений у полезахисних лісосмуг, які примикали до посівів кукурудзи, а найменший – до посівів пшениці озимої. На листі дерев ясеню звичайного не виявлено чітких відмінностей прояву некрозу полезахисних лісосмуг, які примикають до посівів пшениці озимої і кукурудзи, тому рослини ясеню звичайного не доцільно використовувати як біоіндикатори для виявлення впливу засобів хімізації землеробства за показниками прояву некрозу.

Прояв хлорозу зумовлений недостатнім виробленням хлорофілу в рослинах. Проявляється хлороз при припиненні процесу фотосинтезу, відсутності окремих поживних речовин у ґрунті, а також при потраплянні на листя деяких видів пестицидів. Хлороз дерево-чагарникової рослинності основних полезахисних лісосмуг був поширений на усьому листі акації білої, 80% листя грабу звичайного, 4-85% листя клену звичайного та 7-85% листя ясеню звичайного.

На деревах допоміжних полезахисних лісосмуг хлороз був виявлений лише на листі ясеню звичайного з часткою ураженого 8%. Частка ураження хлорозом листя акації білої та грабу звичайного становила по 20%, клену звичайного та

Таблиця 1

Прояв некрозу та хлорозу на листі насаджень полезахисних лісосмуг

Показник	Тип лісосмуги			
	Основна		Допоміжна	
	Вид дерево-чагарникової рослинності	Частка, %	Вид дерево-чагарникової рослинності	Частка, %
Видовий склад лісосмуг	Клен звичайний, ясен звичайний, липа дрібнолиста, акація біла, граб звичайний, дуб звичайний, жимолость татарська, верба біла, горіх волоський, черешня дика	-	Дуб звичайний, клен звичайний, ясен звичайний, черешня дика, горобина звичайна, груша дика, граб звичайний, береза повисла	-
Поширення некрозу на листі, % листя	Жимолость татарська	$\frac{7,7^*}{1,0-12,0}$	Дуб звичайний	15,0
	Клен звичайний	$\frac{19,3}{12,0-30,0}$	Ясен звичайний	$\frac{6,5}{5,0-8,0}$
	Ясен звичайний	$\frac{13,5}{12,0-15,0}$		
Частка некрозу на листку, % поверхні листка	Жимолость татарська	$\frac{12,0}{4,0-20,0}$	Дуб звичайний	15,0
	Клен звичайний	$\frac{34,8}{7,0-60,0}$	Ясен звичайний	$\frac{8,5}{5,0-12,0}$
	Ясен звичайний	$\frac{9,5}{7,0-12,0}$		
Поширення хлорозу на листі, % листя	Акація біла	100,0	Ясен звичайний	8,0
	Граб звичайний	80,0		
	Клен звичайний	$\frac{44,5}{4,0-85,0}$		
	Ясен звичайний	$\frac{46,0}{7,0-85,0}$		
Частка хлорозу на листку, % поверхні листка	Акація біла	20,0	Ясен звичайний	12,0
	Граб звичайний	20,0		
	Клен звичайний	$\frac{12,5}{10,0-15,0}$		
	Ясен звичайний	$\frac{12,5}{10,0-15,0}$		

*П р и м і т к а : чисельник – середнє значення; знаменник – діапазон значень.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

ясену звичайного – по 10-15%, а ясену звичайного допоміжних полезахисних лісосмуг – 12% площі листка.

Чіткими біоіндикаторами інтенсивної хімізації землеробства за проявом хлорозу на листі можуть бути акація біла, граб звичайний, клен звичайний та

ясен звичайний. Масовий хлороз листя акації білої був виявлений у полезахисних лісосмугах, які примикали до посівів пшениці озимої, грабу звичайного – до посівів кукурудзи. Значний прояв хлорозу на листі ясену звичайного та клену звичайного спостерігався у полезахисних лісосмугах, що примикали до посівів соняшнику, а найменший – до посівів пшениці озимої.

Передчасне пожовтіння листя є ознакою впливу несприятливих чинників абіотичного чи біотичного характеру. Таке явище може поступово переходити у передчасне його опадання, що також є ознакою порушення нормальних процесів росту і розвитку рослин внаслідок посилення несприятливих чинників. Передчасне пожовтіння листя було виявлено лише на деревах клену звичайного основних полезахисних лісосмуг у кількості 3-20% дерев. Передчасного опадання листя з дерев не було виявлене взагалі.

Скручування листя дерев може бути зумовлене нестачею вологи, поживних речовин у ґрунті з послідуєчим впливом шкідників та хвороб на ослаблену рослину. Скручене листя було виявлене лише на деревах черешні дикої основних полезахисних лісосмуг у кількості 3-4% від загальної частки листя крони дерева та у дерев граба звичайного допоміжних полезахисних лісосмуг у кількості 2% листя від загальної крони дерева (Табл. 2).

Таблиця 2

Прояв пригнічення листя насаджень полезахисних лісосмуг

Показник	Тип лісосмуги			
	Основна		Допоміжна	
	Вид дерево-чагарникової рослинності	Частка, %	Вид дерево-чагарникової рослинності	Частка, %
Частка передчасного пожовтіння листя на деревах, %	Клен звичайний	<u>9,5*</u> 3,0-20,0	-	-
Частка передчасного опадання листя на деревах, %	-	-	-	-
Частка скрученого листя на деревах, %	Черешня дика	<u>3,5</u> 3,0-4,0	Граб звичайний	2,0
Поширення плямистості на листі, % листя	Ясен звичайний	35,0	Дуб звичайний	60,0
	Акація біла	30,0	Клен звичайний	60,0
	Клен звичайний	<u>15,0</u> 10,0-20,0	Ясен звичайний	60,0
Частка плямистості на листку, % поверхні листка	Ясен звичайний	20,0	Дуб звичайний	85,0
	Акація біла	30,0	Клен звичайний	60,0
	Клен звичайний	<u>50,0</u> 40,0-60,0	Ясен звичайний	60,0

*П р и м і т к а : чисельник – середнє значення; знаменник – діапазон значень.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Біоіндикатором прояву інтенсифікації хімізації землеробства за параметрами передчасного пожовтіння листя є дерева клену звичайного. Більш чітко передчасне пожовтіння листя дерев клену звичайного полезахисних лісосмуг спостерігається біля посівів кукурудзи, в той час як у дерев полезахисних лісосмуг біля посівів пшениці озимої передчасне пожовтіння листя клену звичайного є мінімальним. Оскільки відсоток скрученого листя дерев є дуже малим, то цю біоіндикаційну ознаку використовувати недоцільно.

Плямистість листя може бути викликана як інфекційними хворобами, так і несприятливими чинниками довкілля. Нашими дослідженнями на листі дерев полезахисних насаджень були виявлені плямистості. Зокрема поширення плямистості на дерево-чагарниковій рослинності основних полезахисних лісосмуг було виявлено на листі ясену звичайного у кількості 35% від загального обсягу листя на кроні дерева, на листі клену звичайного у кількості 10-20% та на листі акації білої у кількості 30% від загального обсягу листя крони одного дерева. У дерев допоміжних полезахисних лісосмуг поширення плямистості було виявлено по 60% листя в дерев дубу звичайного, клену звичайного та ясену звичайного.

Частка поверхні листка ясену звичайного з плямистістю становила 20%, клену звичайного – 40-60%, акації білої – 30%. У дерев допоміжних полезахисних лісосмуг частка поверхні листка дубу звичайного з плямистістю становила 85%, клену звичайного і ясену звичайного – по 60%. Що стосується біоіндикації забруднення повітря за показниками плямистості листя, то це робити досить складно, оскільки такі ознаки на листі можуть свідчити про розвиток хвороб рослин, зокрема нами були виявлені ознаки борошнистої роси на листі дерев. Це може вплинути на об'єктивність біоіндикаційних спостережень. Тому, на нашу думку, цю ознаку використовувати як основну, не доцільно.

Прояв загальної деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності основних полезахисних лісосмуг становив 7-18%, а допоміжних полезахисних лісосмуг – 7-15% (Табл. 3). Найбільший прояв деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності був виявлений у полезахисних лісосмуг, що примикали до посівів пшениці озимої та кукурудзи, а найменший – до посівів сої.

Таблиця 3

Загальний екологічний стан насаджень полезахисних лісосмуг

Показник	Тип лісосмуги	
	Основна	Допоміжна
Прояв деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності, %	<u>12,3*</u> 7,0-18,0	<u>10,8</u> 7,0-15,0
Життєвий стан дерев за ушкодженням крони і стовбура	Здорові – ослаблені: ушкодження дерев 0-30%	Здорові – ослаблені: ушкодження дерев 0-30%

*П р и м і т к а : чисельник – середнє значення; знаменник – діапазон значень.

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

Життєвий стан дерев за ушкодженням крони і стовбура відповідав показнику «здорові – ослаблені» з ушкодженням дерев 0-30%. Життєвий стан дерев за ушкодженням крони і стовбура визначали за таблицею 4.

Таблиця 4

Шкала оцінки життєвого стану дерева за ушкодженням крони й стовбура

Оцінка стану дерева	Характер ушкодження крони й стовбура
Здорове дерево – 0 %	Крона й стовбур не мають зовнішніх ознак ушкодження. Одиначні сухі гілки, а також ті, що відмирають, зосереджені у нижній частині крони. Листя та хвоя, що припинили своє зростання, мають зелений або темно-зелений колір. Будь-які ушкодження листя та хвої незначні (менше 10 %) і не впливають на стан дерева
Ослаблене (ушкоджене) дерево – 30 %	Обов'язковою є хоча б одна з таких ознак: а) густина крони менша на 30 % (25-40%) за рахунок передчасного опадання чи недорозвиненості листя (хвої) або зрідження каркасної частини крони; б) наявність 30 % (25-40 %) сухих, або таких, що засихають гілок, у верхній половині крони; в) ушкодження (об'їдання, скручування, опіки, хлорози, некрози і т. д.) й втрата асиміляційної здатності 30 % всієї площі листя (хвої) внаслідок життєдіяльності шкідливих комах, патогенних мікроорганізмів, через пожежу, атмосферні забруднення або з невідомих причин. У цю категорію входять також дерева з одночасною наявністю ознак «а», «б», «в» та інших, що виявляються меншою мірою, але призводять до сумарного ослаблення життєвого стану дерева на 30 %
Дуже ослаблене (дуже ушкоджене) – 60 %	У верхній половині крони спостерігається хоча б одна з таких ознак: а) густина крони менша на 60 % за рахунок передчасного опадання або недорозвиненості листя (хвої), або зрідження каркасної частини; б) наявність 60 % сухих або таких, що засихають, гілок у верхній частині крони; в) ушкодження (об'їдання, скручування, опіки, хлорози, некрози і т.д.) і втрата фотосинтетичної функції на 60 % усієї площі листя (хвої) внаслідок життєдіяльності шкідливих комах, патогенних мікроорганізмів, через пожежу, атмосферні забруднення. До цієї категорії відносять також дерева з одночасною наявністю ознак «а», «б», «в» та інших, які виявляються меншою мірою, але призводять до сумарного послаблення життєвого стану дерева на 60 %
Вмираюче дерево – 95 %	Основні ознаки відмирання дерева: крона порушена, її густина становить менше ніж 15-20 % порівняно із здоровим деревом; понад 70 % гілок крони (в тому числі у її верхній частині) сухі або майже сухі. Листя (хвоя), що збереглося на дереві, хлоротичне: тобто має блідо-зелене, жовтувате, жовте або помаранчево-червоне забарвлення; некроз має білястий, коричневий або чорний колір. У комлевій і середній частинах стовбура можливі ознаки заселення стовбуровими шкідниками
Сухостій – 100 %	У перший рік після загибелі на дереві можуть бути залишки сухої хвої або сухого листя. Часто спостерігаються ознаки заселення комахами-ксилофагами. Надалі поступово втрачаються гілки й кора

Джерело: [14].

Належність дерев полезахисних насаджень до ослаблених визначається тим, що виявлені ушкодження листя у вигляді хлорозу, некрозу, плямистості у загальній площі поверхні листкової пластинки близько 30%.

Висновки і перспективи подальших досліджень. При спостереженні за рослинами полезахисних лісосмуг для виявлення біоіндикаційних реакцій листя на забруднення агроєкосистем доцільно використовувати жимолость татарську і клен звичайний для виявлення некрозу; акацію білу, граб звичайний, клен звичайний та ясен звичайний – для виявлення хлорозу; клен звичайний – для виявлення передчасного пожовтіння листя.

Інтенсивне забруднення довкілля внаслідок застосування засобів хімізації при вирощуванні кукурудзи можна виявити за проявом некрозу та/або передчасним пожовтінням листя у дерев клену звичайного, а також за проявом хлорозу листя у грабу звичайного. Забруднення довкілля внаслідок застосування засобів хімізації при вирощуванні соняшнику можна виявити за проявом хлорозу на листі клену звичайного і ясену звичайного. Забруднення довкілля внаслідок застосування засобів хімізації при вирощуванні пшениці озимої можна виявити за проявом некрозу листя у жимолості татарської та/або хлорозу листя акації білої.

Найбільший прояв деградації дерево-чагарниково-трав'янистої рослинності полезахисних лісосмуг спостерігався біля посівів кукурудзи та пшениці озимої та відповідав показнику «здорові – ослаблені» з ушкодженням дерев 0-30%.

Список використаної літератури

1. Павленко А.П., Орлов О.О., Ландін В.П., Чоботько Г.М., Тищенко О.Г., Мусич О.Г., Соломко В.Л., Фещенко В.П. Біоіндикація забруднення лісових екосистем ^{137}Cs за використання тест-об'єктів. *Агроєкологічний журнал*. 2020. № 1. С. 19-27.
2. Бурда Р.І. Біологічний моніторинг. К.: Видавничий центр НАНУ, 2001. 26 с.
3. Слободян В.О. Біоіндикація: навчальний посібник. Івано-Франківськ: Полум'я, 2004. 196 с.
4. Аніскіна-Левчук Р.В. Оцінка стану атмосферного повітря за наявністю, густиною та видовим різноманіттям лишайників. *Матеріали I міжнародної науково-практичної конференції “На шляху до сталого розвитку регіонів”*, Полтава, 18-19 листопада 2004 р. С. 163-166.
5. Ткачук О.П., Панкова С.О. Екологічна стійкість дерев полезахисних лісосмуг до атмосферних забруднень. *Збалансоване природокористування*. 2021. № 1. С. 82-91. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2021.231883.
6. Мудрак О.В., Мудрак Г.В. Екологічний моніторинг агроландшафтів країни, як основа їх оптимізації та ефективного використання. *Сільське господарство та лісівництво*. 2019. № 3 (14). С. 231-244.

7. Цицюра Я.Г., Броннікова Л.Ф. Моніторинг екологічної стабільності територій за критерієм еколого-стабілізуючих угідь. *Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій: колективна монографія*. Полтава: Видавництво Сімон, 2016. С. 74-83.

8. Приседський Ю.Г. Характеристика стійкості деревних та чагарникових рослин до забруднення повітря сполуками сірки, фтору та нітрогену. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: біологія*. Харків. 2014. С. 162-167.

9. Піддубна Д. Полезахисні лісові смуги та інші захисні насадження – невід’ємні складові органічного виробництва. *Підприємництво, господарство і право*. 2016. № 1. С. 85-91.

10. Приседський Ю.Г., Лихолат Ю.В. Адаптація рослин до антропогенних чинників. Вінниця. ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. 98 с.

11. Фурдичко О.І., Стадник А.П. Наукові основи функціонування системи захисних лісів і захисних лісових насаджень в агроландшафтах України. *Агроекологічний журнал*. 2010. № 4. С. 5-12.

12. Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. Моніторинг довкілля: підручник. Херсон, 2012. 530 с.

13. Ткачук О.П. Моніторинг довкілля: курс лекцій та практичні заняття: навчально-методичний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2014. 418 с.

14. Горова А.І., Павличенко А.В., Лисицька С.М. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи з дисципліни студентами напряму підготовки 6.040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2011. 30 с.

Список використаної літератури у транслітерації / References

1. Pavlenko A.P., Orlov O.O., Landin V.P., Chobotko H.M., Tyshchenko O.H., Musych O.H., Solomko V.L., Feshchenko V.P. (2020) Bioindikatsiia zabrudnennia lisovykh ekosystem ¹³⁷Cs za vykorystannia test-objektiv. [*Bioindication of ¹³⁷Cs contamination of forest ecosystems using test objects*]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*. № 1. P. 19-27. [in Ukrainian].

2. Burda R.I. (2001). Biolohichniy monitorynh. [*Biological monitoring*]. K.: Vydavnychyi tsentr NANU. 26 p. [in Ukrainian].

3. Slobodian V.O. (2004). Bioindykatsiia: navchalnyi posibnyk. [*Bioindication: a study guide*]. Ivano-Frankivsk: Polumia. 196 p. [in Ukrainian].

4. Aniskina-Levchuk R.V. (2004). Otsinka stanu atmosferneho povitria za naiavnistiu, hustotoiu ta vydovym riznomanittiam lyshainykyv. [*Assessment of the state of atmospheric air by the presence, density and species diversity of lichens*]. Materialy I mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii “Na shliakhu do staloho rozvytku rehioniv”, Poltava, 18-19 lystopada – Materials of the 1st international

scientific and practical conference «On the way to sustainable development of regions», Poltava, November 18-19. P. 163-166. [in Ukrainian].

5. Tkachuk O.P., Pankova S.O. (2021). Ekolohichna stiiikist derev polezakhysnykh lisosmuh do atmosfernykh zabrudnen. [*Ecological resistance of trees of field protection forest strips to atmospheric pollution*]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia – Balanced nature management*. № 1. P. 82-91. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2021.231883 [in Ukrainian].

6. Mudrak O.V., Mudrak H.V. (2019). Ekolohichni monitorynh ahrolandshaftiv Ukrainy, yak osnova yikh optymizatsii ta efektyvnoho vykorystannia. [*Ecological monitoring of agricultural landscapes of Ukraine, as a basis for their optimization and effective use*]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. № 14. P. 231-244. [in Ukrainian].

7. Tsytsiura Ya.H., Bronnikova L.F. (2016). Monitorynh ekolohichnoi stabilnosti terytorii za kryteriiem ekoloho-stabilizuiuchykh uhid. [*Environmental stability monitoring territories according to the criterion of ecologically stabilizing lands*]. Ahroekolohichni, sotsialni ta ekonomichni aspekty stvorennia y efektyvnoho funktsionuvannia ekolohichno stabilnykh terytorii: kolektyvna monohrafiia – Agroecological, social and economic aspects of the creation and effective functioning of the environment of stable territories: a collective monograph. Poltava: Vydavnytstvo Simon. P. 74-83. [in Ukrainian].

8. Prysedsnyi Yu.H. (2014). Kharakterystyka stiiikosti derevnykh ta chaharnykovykh roslyn do zabrudnennia povitria spolukamy sirky, ftoru ta nitrohenu. [*Characterization of the resistance of woody and shrubby plants to air pollution with sulfur, fluorine, and nitrogen compounds*]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Serii: biolohiia – Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazin. Series: biology*. Kharkiv. P. 162-167. [in Ukrainian].

9. Piddubna D. (2016). Polezakhysni lisovi smuhy ta inshi zakhysni nasadzhenia – nevidiemni skladovi orhanichnoho vyrobnytstva. [*Field protection forest strips and other protective plantings are integral components of organic production*]. *Pidpryiemnytstvo, hospodarstvo i pravo – Entrepreneurship, economy and law*. № 1. P. 85-91. [in Ukrainian].

10. Prysedsnyi Yu.H., Lykholat Yu.V. (2017). Adaptatsiia roslyn do antropohennykh chynnykiv. [*Adaptation of plants to anthropogenic factors*]. Vinnytsia. TOV «Nilan-LTD». 98 p. [in Ukrainian].

11. Furdychko O.I., Stadnyk A.P. (2010). Naukovi osnovy funktsionuvannia systemy zakhysnykh lisiv i zakhysnykh lisovykh nasadzen v ahrolandshaftakh Ukrainy. [*Scientific bases of the functioning of the system of protective forests and protective forest plantations in the agricultural landscapes of Ukraine*]. *Ahroekolohichni zhurnal – Agroecological journal*. № 4. P. 5-12. [in Ukrainian].

12. Boholiubov V.M., Klymenko M.O., Mokin V.B. (2012). Monitorynh dovkillia: pidruchnyk. [*Environmental monitoring: textbook*]. Kherson. 530 p. [in Ukrainian].

13. Tkachuk O.P. (2014). *Monitorynh dovkillia: kurs lektsii ta praktychni zaniattia: navchalno-metodychnyi posibnyk. [Environmental monitoring: a course of lectures and practical classes: educational and methodological manual]*. Vinnytsia: RVV VNAU. 418 p. [in Ukrainian].

14. Horova A.I., Pavlychenko A.V., Lysytska S.M. (2011). *Bioindykatsiia. Metodychni rekomendatsii do vykonannya kursovoi roboty z dystsypliny studentamy napriamu pidhotovky 6.040106 Ekolohiia, okhorona navkolyshnoho seredovyscha ta zbalansovane pryrodokorystuvannia. [Bioindication. Methodological recommendations for coursework in the discipline by students of the training direction 6.040106 Ecology, environmental protection and balanced nature management]*. Dnipropetrovsk: Natsionalnyi hirnychyi universytet. 30 p. [in Ukrainian].

ANNOTATION
**BIO-INDICATION MANIFESTATION IN PLANTATIONS OF
POLYPROTECTIVE FOREST STRIPS AS A CONSEQUENCE OF
ENVIRONMENTAL POLLUTION BY MEASURES OF AGRICULTURAL
INTENSIFICATION**

A promising type of bioindicators in agro-ecosystems can be field protection forest strips, which are closely adjacent to crops and are often themselves contaminated due to the ingress of mineral fertilizers and pesticides on the leaves or in the sub-stem layer of the soil, and during mechanical tillage, they are subject to significant pollution. Among perennial plants, leaves are the sensory organ for bioindication. Under the influence of anthropogenic pollution, the morphology of leaves in plantations can change, in particular its asymmetry, the surface area of the leaf blade decreases, chlorosis, necrosis, premature yellowing and falling of leaves, their deformation, twisting, the appearance of spots, and others occur.

The purpose of the research is to identify the bioindicative manifestation of the tree-shrub vegetation of the field protection forest strips by the nature of leaf suppression as a result of environmental pollution by measures of agricultural intensification, in particular, the use of chemical agents in the cultivation of the most common agricultural crops.

When observing plants of field protection forest strips to detect bioindicative reactions of leaves to pollution of agroecosystems, it is advisable to use Tatar honeysuckle and common maple to detect necrosis; white acacia, common hornbeam, common maple and common ash - to detect chlorosis; ordinary maple - to detect premature yellowing of leaves.

Intensive pollution of the environment due to the use of chemicals in the cultivation of corn can be detected by the manifestation of necrosis and/or premature yellowing of leaves in common maple trees, as well as by the manifestation of leaf chlorosis in hornbeam. Pollution of the environment due to the use of chemicals in the cultivation of sunflower can be detected by the manifestation of chlorosis on the leaves of common maple and common ash. Pollution of the environment due to the use of chemicals during the cultivation of winter wheat can be detected by the manifestation of leaf necrosis in Tatar honeysuckle and/or chlorosis of white acacia leaves.

The greatest manifestation of the degradation of the tree-shrub-herbaceous vegetation of the field protection forest strips was observed near the corn and winter wheat crops and corresponded to the "healthy - weakened" indicator with 0-30% tree damage.

Key words: trees, field protection forest strips, leaves, bioindication, agriculture.

Table 4. Lit. 14.

Відомості про авторів

Ткачук Олександр Петрович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету. (вул. Сонячна, 3, місто Вінниця, 21008. тел. 0679546095. e-mail: tkachukop@ukr.net).

Панкова Сніжана Олексіївна – аспірант кафедри екології та охорони навколишнього середовища, асистент кафедри лісового, садово-паркового господарства, садівництва та виноградарства Вінницького національного аграрного університету. (вул. Сонячна, 3, місто Вінниця, 21008. тел. 0968403551. e-mail: kartushina777@icloud.com).

Oleksandr Tkachuk – doctor of agricultural sciences, professor, head of the department of ecology and environmental protection of Vinnytsia National Agrarian University. (Str. Sunny, 3, Vinnitsa city, 21008. tel. 0679546095. e-mail: tkachukop@ukr.net).

Snizhana Pankova – graduate student of the department of ecology and environmental protection, assistant of the department of forestry, horticulture, horticulture and viticulture of Vinnytsia National Agrarian University. (St. Sonyachna, 3, Vinnytsia city, 21008. tel. 0968403551. e-mail: kartushina777@icloud.com).