

УДК 632.95

DOI [https://doi.org/10.15589/znp2023.1\(490\).25](https://doi.org/10.15589/znp2023.1(490).25)

ANALYSIS OF THE HERBICIDES PHYTOTOXICITY REDUCING POSSIBILITY THROUGH THE APPLICATION OF BIO-STIMULATORS BASED ON FULVOACIDS

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗНИЖЕННЯ ФІТОТОКСИЧНОСТІ ГЕРБИЦИДІВ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ ФУЛЬВОКИСЛОТ

Ganna G. Trokhymenko

antr@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0835-3551

Oleh I. Kibarov

kibarovoleg9@gmail.com

ORCID: 0009-0001-2691-1908

Г. Г. Трохименко,

докт. техн. наук, професор

О. І. Кібаров,

аспірант

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv**Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв***Abstract.**

Purpose. To investigate the possibility of introducing new measures to reduce the effects of phytotoxic effects of herbicides and ensure stable growth and development of plants through the use of the latest preparations based on a complex of fulvic acids.

Methods. The study was conducted to determine the interaction of different herbicides (both selective and non-selective) with an experimental preparation based on humic and fulvic acids using a phytoindicator (Sudanese grass). Analysis of the dependence of the effect on the concentration and volume of the drug solution on plant height. The main methods used in this work are the experimental method, biological modelling, and biotesting. All results were obtained as a result of practical application of the latest development – the preparation “BioFulvo” and a complex of pesticides under different conditions.

Results. The study presented the results of the influence of the biostimulant based on fulvic acids “BioFulvo” on the growth and development of the phytoindicator. Sudanese grass (*Sorghum bicolor*) was used as an indicator. The effectiveness of the preparation for accelerating the decomposition of both selective and general herbicides was also analysed. The pesticides used in the study were Hurricane Forte, Gesagard, DoubleTree and Tron. As a result, grass germinated best in plastic vessels that were watered only with water and in vessels with samples that were watered with water and a 5% solution of BioFulvo. Plants treated exclusively with pesticides did not germinate, except in a few cases, and plant death was observed on days 12-19. A 10 per cent solution of BioFulvo stimulated germination in the first week, and in the second, it slowed down plant development by about 1.5 times. A 5% solution of the preparation allowed to achieve better results of germination and plant height.

Scientific novelty. For the first time, the effectiveness of BioFulvo, developed by a Ukrainian biotechnology company as an agrotechnical agent to reduce the effects of herbicide phytotoxicity, was studied. Fulvic acid-based products have not yet been widely used to combat the problem of herbicide “aftereffects”. This preparation is experimental.

Practical significance. It consists in the possibility of creating a methodology for the use of an experimental biostimulant based on humic acids, with a high content of fulvic acids, to reduce the period of plant inhibition during the use of herbicides and the effect of “aftereffect” of pesticides.

Key words: herbicides; humic acids; fulvic acids; humic substances; phytotoxicity; biostimulant; phytoindicator; agrochemicals.

Анотація.

Мета. Дослідження можливості впровадження нових заходів щодо зниження наслідків фітотоксичної дії гербицидів та забезпечення стабільного росту і розвитку рослин за рахунок застосування новітніх препаратів на основі комплексу фульвокислот.

Методика. Полягає у визначенні взаємодії різних гербіцидів (як селективної, так і неселективної дії) з експериментальним препаратом на основі гумінових і фульвових кислот за допомогою фітоіндикатору (суданська трава). Аналіз залежності впливу від концентрації та об'єму розчину препарату на висоту рослини. Основні методи, які використовуються у даній роботі – метод експерименту, біологічне моделювання, біотестування. Всі результати отримані внаслідок практичного застосування новітньої розробки – препарату «БіоФульво» та комплексу пестицидів за різних умов.

Результати. У дослідженні були представлені результати впливу біостимулятора на основі фульвокислот «БіоФульво» на ріст і розвиток фітоіндикатору. Як індикатор була використана суданська трава (*Sorghum bicolor*). Також аналізували ефективність препарату для прискорення розкладання гербіцидів як селективної, так і загальної дії. У дослідженні використовували пестициди «Ураган Форте», «Гезагарт», «ДаблТрай» та «Трон». В результаті найкраще проросла трава у пластикових посудинах, які поливалися лише водою та у посудинах зі зразками, які поливалися водою та 5% розчином «БіоФульво». Рослини, які були оброблені виключно пестицидами, не проросли, за винятком декількох випадків, загибель рослин спостерігалася на 12 – 19 день. 10-ти відсотковий розчин «БіоФульво», з одного боку, простимулював проростання, а з другого – загальмував розвиток рослин приблизно у 1,5 рази. 5% розчин препарату дозволив досягнути кращих результатів проростання та висоти рослини.

Наукова новизна. Вперше проводилося дослідження ефективності препарату «БіоФульво», розробленого українською біотехнологічною компанією як агротехнічного засобу для зниження наслідків гербіцидної фітотоксичності. Препарати на основі фульвокислот ще не набули широкого використання у боротьбі з проблемою «післядії» гербіцидів. Даний препарат є експериментальним.

Практична значимість. Полягає у можливості створення методики застосування експериментального біостимулятора на основі гумінових кислот, з високим вмістом фульвових кислот, для зменшення періоду пригнічення рослин під час застосування гербіцидів та ефекту «післядії» пестицидів.

Ключові слова: гербіциди; гумінові кислоти; фульвокислоти; гумусові речовини; фітотоксичність; біостимулятор; фітоіндикатор; агрохімікати.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Провести аналіз можливості використання експериментального препарату та представити результати впливу біостимулятора на основі фульвокислот «БіоФульво» на ріст і розвиток фітоіндикатору *Sorghum bicolor* (суданська трава), а також показати його ефективність у прискоренні розкладання гербіцидів як селективної (вибіркової), так і загальної дії (широкого спектру), таких як: «Ураган Форте», «Гезагарт», «ДаблТрай» та «Трон».

Провести аналіз світових тенденцій використання пестицидів та розрахунок економічної доцільності використання вищезазначених гербіцидів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

На врожайність істотно впливає регуляція росту рослин. Негативний вплив на навколишнє середовище є одним з обмежуючих чинників для досягнення вищої врожайності. Раніше повідомлялося, що біотичні та абіотичні стреси перешкоджають усім системам сільськогосподарських культур досягти свого потенціалу врожайності. Проте, знання основних механізмів і стратегій пом'якшення цих наслідків все ще обмежені. Кілька загальних стратегій мінімізації негативних наслідків абіотичного стресу включають оптимізацію умов росту рослин з точки зору забезпечення регуляторами росту рослин, водою та поживними речовинами. Крім цих звичайних підходів для

пом'якшення стресових чинників, набули популярності біостимулятори, які є відносно новим підходом для регулювання фізіологічних процесів рослин, але досить ефективним стимулятором росту рослин. [3].

Біостимулятори, на відміну від класичних добрив для сільськогосподарських культур, є новими агротехнічними продуктами, які регулюють ріст рослин незалежно від вмісту в них поживних речовин. Після багатьох років дебатів між європейськими інституціями, вони нарешті були включені в новий регламент ЄС щодо добрив. Новий звіт Європейського регламенту добрив (FPR), опублікований 25 червня 2019 року, визнає біостимулятори рослин як окремий клас сільськогосподарських ресурсів. Крім того, згідно з Європейською промисловою радою біостимуляторів (EBIC), рослинні біостимулятори «містять речовини та/або мікроорганізми, функція яких при застосуванні до рослин або ризосфери полягає в стимулюванні природних процесів для підвищення поглинання поживних речовин, ефективності цих речовин, стійкості до абіотичного стресу та покращення якості врожаю». Подібним чином, біостимулятори визначаються як сполуки, що містять різноманітні компоненти, які сприяють засвоєнню поживних речовин, підвищують стійкість до абіотичного стресу, покращують урожайність та стимулюють природні фізіологічні процеси [5]. Хоча амплітуда визначення біостимуляторів велика, вони були чітко визнані сполуками, що стимулюють ріст рослин і пом'якшують

стрес [6]. Біостимулятори стали центром уваги багатьох науковців, фермерів і промисловців, а також перспективним напрямком розвитку агрокомпаній у всьому світі через їхній економічний та екологічний потенціал.

Використання біостимуляторів щодо онтогенезу рослин досить різноманітне, наприклад, вони застосовуються для обробки насіння та позакореневе обприскування на різних стадіях росту й розвитку, таких як проростання насіння та ріст розсади, і навіть на вже зібраній сільськогосподарській продукції. Механізм їхньої дії може включати вивільнення фосфору (P) із ґрунту, активацію метаболізму азоту (N), стимуляцію росту коренів або загальну стимуляцію мікробної активності ґрунту. У багатьох роботах зазначалось, що застосування біостимуляторів посилює різні фізіологічні процеси, включаючи поглинання та використання поживних речовин рослинами, фотосинтез, синтез і концентрацію гормонів росту (ауксини, гібереліни та цитокініни), проростання та зниження швидкості старіння, що, у свою чергу, підвищує економічні показники рослинництва, якості та післязбирального терміну зберігання сільськогосподарської продукції. Також повідомляється, що вони синтезують осмопротектори або активують антиоксидантну систему, щоб пом'якшити негативний вплив абіотичного стресу на рослини. Були задокументовані значні ефекти біостимуляторів для перебігу окислювальних процесів, морозостійкості рослин, зменшення впливу посухи, засолення ґрунту, хімічних і механічних навантажень [8, 9].

Дослідження ролі фульвових кислот у агропромисловості. Сорбція та десорбція пестицидів у ґрунті є вирішальним чинником, який відповідає за вплив пестицидів на навколишнє середовище. Оскільки без належного механізму сорбції та десорбції пестицидів у ґрунті, можуть виникнути такі проблеми, як зниження мікробної активності та посилення хімічного розкладання пестицидів, випаровування або вимивання. Тому фульвокислота, органічний молекулярний ланцюг із фенольними та карбоксильними функціональними групами, використовується як сорбційно-десорбційний агент для протидії цим процесам. Фульвокислота добре працює з різними полярними або іонними пестицидами. Наприклад, фенольні групи фульвової кислоти можуть утворювати міцні водневі зв'язки з азотом молекули імідаклоприду. Крім імідаклоприду, фульвокислота також може утворювати сильний механізм сорбції з карбатами (карбарилом і карбофураном), феноксиоттовыми кислотами [1, 2].

Як згадувалося вище, фульвова кислота ефективно формує механізм сорбції з певними пестицидами за допомогою водневих зв'язків, іонних процесів і процесів перенесення заряду. Таким чином, коли фульвова кислота застосовується разом із пестицида-

ми в баковій суміші, вона діятиме як буферний агент, який захищає молекули пестицидів від різних металів/солей у зрошувальній воді. Покращує розчинність пестицидів, одночасно діючи як ефективний носій пестицидів до клітин рослин. Зрештою, було вивчено, що використання фульвової кислоти разом із пестицидами полярного або іонного типу може зменшити використання відповідних пестицидів приблизно на 20–30% (рис. 1).

Більше того, якщо фульвову кислоту застосовувати до або разом із пестицидами, вона діятиме як поглинач забруднення, коли краплі пестициду потраплять у ґрунт після розпилення. Як наслідок, зменшується токсичність пестицидів для мікробіомів ґрунту та оброблених культур. Фульвокислота також має функцію руйнування залишків пестицидів за певних умов.

Фульвокислота виконує функцію поверхнево-активної речовини, яка може зменшити поверхневий натяг води та емульгувати та диспергувати пестициди. Вона може викликати різну ступінь реакції іонного обміну з багатьма пестицидами. Фульвокислота, як колоїдна речовина з великою в'язкістю та великою площею поверхні, може мати сильну фізичну адсорбційну дію на пестициди. Сама фульвокислота має антибактеріальну дію та підвищує стійкість рослини до хвороб [10].

Тенденції використання агрохімікатів в Україні та світі. У 2021 р. світовий ринок агрохімікатів (засобів захисту рослин, добрив тощо) становив \$268 млрд, і очікується, що до кінця 2025 р. він складе \$308,4 млрд, збільшившись у середньому на 4,69% у період між 2019 та 2025 роками. Темп зростання прискориться за рахунок Азії та Латинської Америки, а не Північної Америки чи Європи [7] (рис. 2).

Згідно інформаційного агентства AgroPages, фахівцями якого складено рейтинг світових агрохімічних компаній, трійка лідерів серед виробників на світовому ринку засобів захисту рослин вже понад 5 років залишається незмінною. Так, Syngenta, Bayer та BASF впевнено тримають свої позиції (табл. 1) [7].

Багато великих компаній почали рухатися у напрямку застосування біологічних препаратів декілька років тому, коли зіткнулися з величезним тиском з боку громадськості. І сьогодні практично всі великі компанії мають значні обсяги виробництва біопестицидів. Це фактично найбільш зростаючий сектор ринку захисту рослин.

Якщо порівняти рівень застосування біопестицидів з хімічними, то останні 2–3 роки частка хімічних пестицидів знижувалася. Але якщо проаналізувати більш тривалий період, то у світових масштабах ринок зростає в середньому на 2–3%, тоді як біологічні препарати додають по 15–20% на рік. Але частка біопрепаратів в загальному обсязі засобів захисту рослин складає всього 3–4%. Сьогодні це – невеликий сегмент, але у найближчі роки він буде зростати та

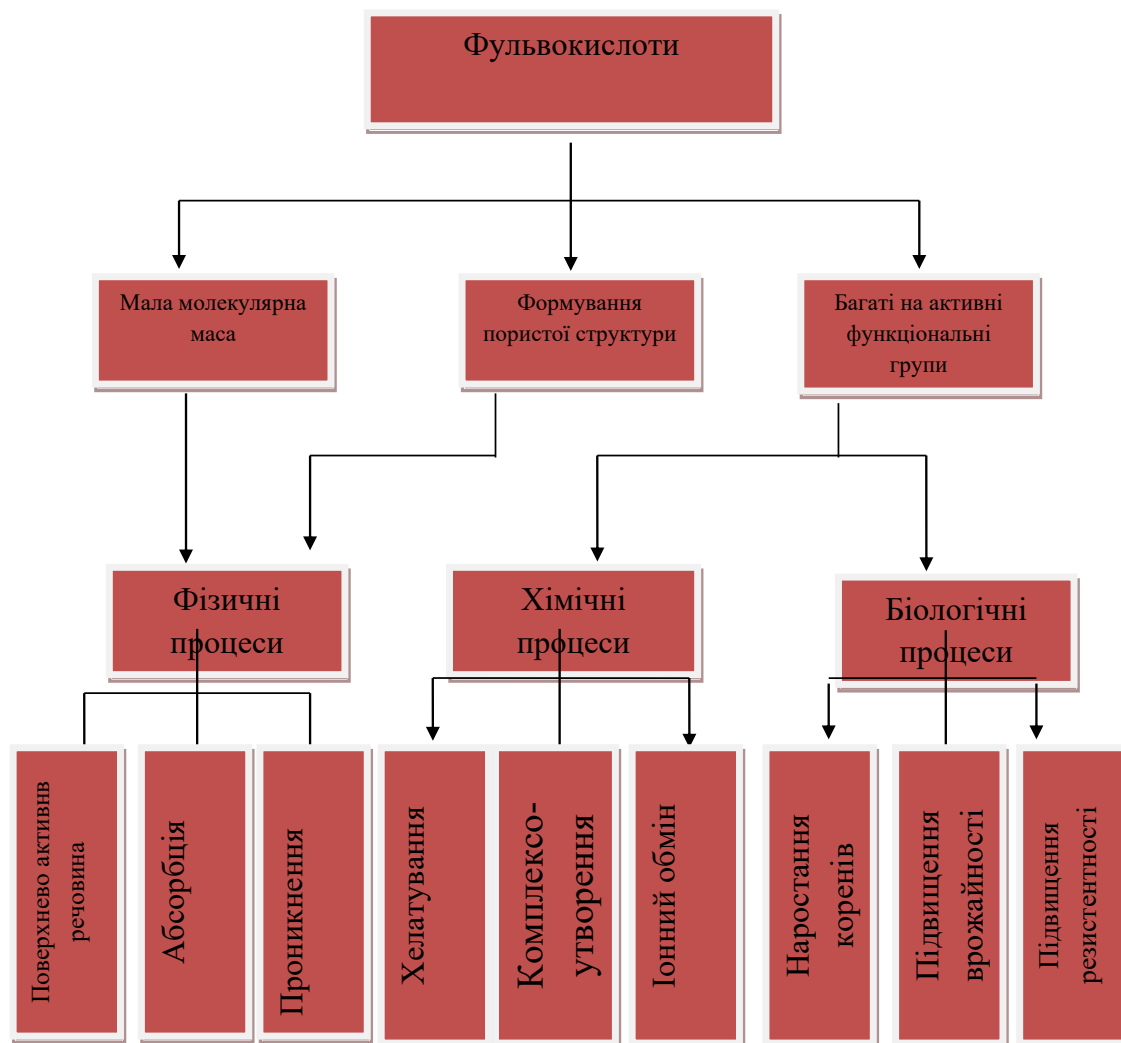


Рис. 1. Роль біостимуляторів на основі фульвових кислот у сільському господарстві

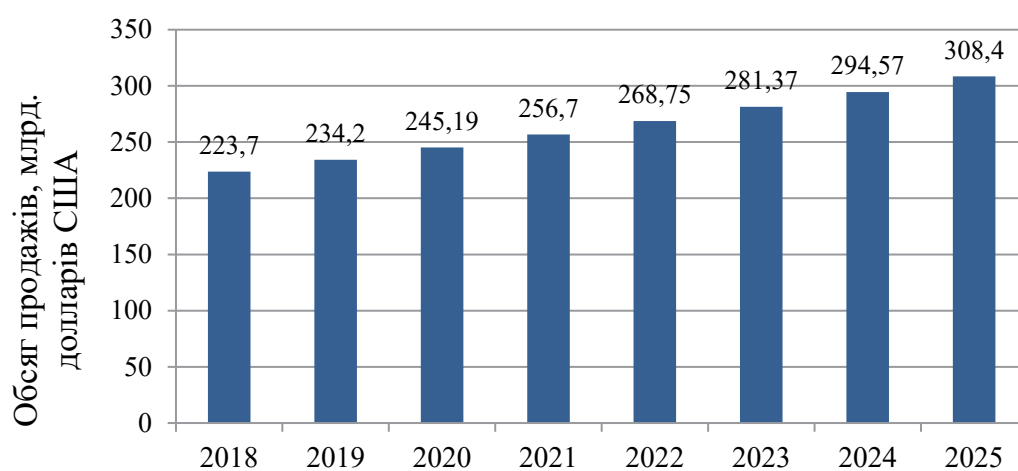


Рис. 2. Динаміка розвитку світового ринку агрохімікатів

Таблиця 1. Компанії – лідери продажів пестицидів та мінеральних добрив

№ з/п	Найменування	Обсяг продажів, млрд. доларів США
1	Syngenta	9,909
2	Bayer Crop Science	9,641
3	BASF SE	6,916
4	Corveta Agriscience	6,445
5	FMC	4,285
6	ADAMA	3,617
7	UPL Limited	2,741
8	Sumitomo Chemical Co., Ltd.	2,538
9	Nufarm Ltd.	2,332
10	Nutrichem Company Limited	0,935

займе вже біля 5–6% ринку. Біологічні препарати все частіше використовуються у поєднанні з хімічними продуктами. Тому неправильно вважати, що біологічні препарати призначені лише для органічного сектора. Вони використовуються як в органічному землеробстві, так і традиційному сільському господарстві.

Не могли глобальні зміни на світовому агрохімічному ринку не вплинути і на ринок агрохімікатів в Україні. Останні роки тут спостерігається динаміка зростання. У 2017 р. цей показник становив 11%, у 2018 р. – 17%, у 2019 р. – близько 18%. І нинішні тренди говорять про те, що динаміка зростання ринку агрохімікатів зберігатиметься [7].

За оцінками експертів у структурі ринку пестицидів і регуляторів росту, в Україні найбільшу частку займають гербіциди (49%), далі йдуть фунгіциди та інсектициди. Таким чином, найбільш затребуваними на ринку агрохімікатів є гербіциди та фунгіциди, які складають більше двох третин відповідної продукції (рис. 3). І це найбільш поширені засоби захисту рослин.

Основні країни-імпортери пестицидів в Україні є Франція – 25,6%, Німеччина – 18,4%, Китай – 17,0 %, імпорт з інших країн складає – 39,0% [7].



Рис. 3. Структура ринку пестицидів в Україні

ВІДОКРЕМЛЕННЯ РАНІШЕ НЕВИРІШЕНИХ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

На сьогодні в Україні, як і у світі загалом, наявний чималий перелік пестицидів, і він з кожним роком збільшується, поповнюючись новими й новими препаратами. Окрім якісних, сертифікованих і законних пестицидів, на ринку є також і ті, що завдають найбільшої шкоди і заборонені у більшості країн Європи.

Кожна країна самостійно визначає окремий список хімічних діючих речовин, які не можуть застосовуватись у сільському господарстві. Перелік заборонених речовин досить різниться для країн Євросоюзу та України, в нашій державі досить гостро стоїть питання правильного застосування таких препаратів та можливі шляхи зменшення їхньої токсичної дії. Цьому можуть сприяти біостимулятори на основі фульвових кислот, дія яких у поєднанні з гербіцидами залишається ще досі недостатньо невивченою. Отже, дослідження фульвових кислот у сприянні біорозкладання активних речовин пестицидів досить актуальна та перспективна тема, як з економічної, так і з екологічної точки зору.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз можливості впровадження нових заходів щодо зниження наслідків фітотоксичної дії гербіцидів та забезпечення стабільного росту і розвитку рослин за рахунок застосування новітніх препаратів на основі комплексу фульвокислот

МЕТОДИ, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження. Дія гумінових кислот на прискорення розкладання залишків гербіцидів при використанні препарату «БіоФульво».

Предмет дослідження. Зміна показників біоіндикаторів при застосуванні новітнього препарату «БіоФульво».

Основні *методи*, які використовується у даній роботі – метод експерименту, біологічне моделювання, біотестування. Всі результати отримані внаслідок практичного застосування новітньої розробки – препарату «БіоФульво» та комплексу пестицидів за різних умов.

Для аналізу впливу досліджуваного препарату на зменшення фітотоксичності гербіцидів було використано 39 пластикових посудин, засіяних однаковою кількістю насіння рослини-індикатора з різною комбінацією гербіцидів у поєднанні з препаратом «Біо-Фульво» різного дозування.

На перший день модельного експерименту у пластикові ємності було засіяне насіння індикатору – суданської трави (*Sorghum bicolor*) – у співвідношенні 2 г насіння на посудину та відбувся перший полив відстояною водою. По мірі підростання рослин їх обробляли зазначеними гербіцидами, а також препаратом «БіоФульво». Також, для достовірності експерименту, було створено 9 контрольних ємностей: у 3х з них рослини поливалися лише водою, 3 горщики поливалися водою та 5% розчином «БіоФульво», а також 3 останні горщики, які поливалися водою та 10% розчином «БіоФульво». Експеримент тривав протягом 45 днів.

Загальна схема експерименту:

1. Полив розчином препарату «БіоФульво» визначену частину зразків та контрольні групи у двох розведеннях 5% та 10%, відповідно до маркування посудин.

2. Через 7 днів від початку експерименту, при наявності сходів, відбувалася обробка пестицидами «Гезагард» (зразки №№ 1–15), «ДаблТрай» (зразки №№ 16–30).

3. Далі – повторна обробка розчином препарату «БіоФульво» у відповідній концентрації. Розчин «БіоФульво» у відповідній концентрації додавався на фазі 1–2 листки, також на фазі 4 листків.

4. Обробка пестицидом «Трон» зразків з № 1 по № 9 та з № 16 по № 24.

5. Окремо, відбувалася обробка частини зразків пестицидом «Ураган Форте».

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Негативні аспекти використання гербіцидів.

Гербіциди належать до надзвичайно сильних біологічно активних речовин і мають різний період розпаду. Залишки деяких з них можуть зберігатися у ґрунті впродовж декількох років, впливаючи на наступні культури у сівозміні. Це явище має назву «післядія гербіцидів». Післядія гербіциду – це вплив застосування препарату в попередні роки на стан культурних рослин, ґрунту і ступеня засміченості посіву поточного року, спричинене його залишками. Післядія гербіцидів у ґрунті визначається в основному трьома чинниками: адсорбцією, розкладанням і міграцією (переміщенням), які залежать від ґрунтово-кліматичних, агротехнічних умов, а також від властивостей самого препарату. В результаті зменшується кількість та якість сходів, падає показник урожайності, рослини можуть погано розвиватися та гинути.

Застосування гербіцидів дозволяє запобігти масштабним втратам врожаю і, таким чином, ці препарати будуть продовжувати грати свою роль в сільському господарстві. Проте, вплив пестицидів на здоров'я людини і навколишнє середовище залишається предметом занепокоєння вчених багатьох країн.

Термін ефекту післядії залежить від складу використовуваних препаратів і тривалості розпаду їх компонентів. Також значення має специфіка обробки, адже при роботі з хімікатами важливо дотримуватись індивідуальних норм внесення.

Серед елементів біосфери ґрунт займає провідне місце, так як він є основним резервуаром накопичення діючих речовин засобів захисту рослин (ЗЗР). Саме від особливостей поведінки діючих речовин у ґрунті багато в чому залежить їх подальша доля в повітрі, поверхневих і ґрунтових водах. Діючі речовини ЗЗР розсіюються (зникають) з ґрунту в результаті випаровування, вилугування, поверхневого стоку, поглинання рослинами і асиміляцією безхребетними і дрібними ссавцями. Вони мають тенденцію зберігатися в ґрунтах значно довше, ніж в рослинах або тваринах в результаті того, що їх залишки сильно адсорбуються різними ґрунтовими фракціями.

Основними чинниками, які визначають поведінку діючої речовини ЗЗР в ґрунті, є хімічна структура і властивості діючої речовини, структура і властивості ґрунту і кліматичні умови в місцях застосування ЗЗР. Доля діючої речовини ЗЗР у ґрунті залежить від складної взаємодії певних чинників (рис. 4).

Пестициди переносяться на сусідні території, потрапляють у підземні води, у ґрунти, в організм тварин та людей, заподіюючи шкоду довкіллю та організму людини.

Дія препаратів на основі гумінових і фульвових кислот на пестициди. Для запобігання негативного впливу пестицидів на екосистему ґрунту, у наш час широко набули популярності біостимулятори на основі гумінових і фульвокислот.

Гумусові речовини мають пряму всебічну дію на процеси росту рослин, тобто здійснюють їхню регуляцію. Вплив гумінових добрив на рослини має складний багатоступінчастий характер та охоплює весь період вегетації рослин. Кожна функціональна група фрагмента молекули гумінової кислоти виконує свою безпосередню роль, а таких груп дуже багато, тому дія гуматів на воду, ґрунт та всі стадії росту рослин багатогранна.

З гуміновими речовинами в рослину потрапляє певна кількість мікроелементів, а також амінокислот, вітамінів та ростових речовин. Там гумінові речовини активують ферментативну активність всіх клітин рослини та утворення нею стимулюючих сполук. Як результат – зростання клітини, зміна фізико-хімічних властивостей протоплазми, інтенсифікація обміну речовин. Збільшується проникність мембрани клітин



Рис. 4. Основні чинники, які впливають на кумуляцію пестицидів у ґрунті

кореня, покращується проникнення елементів мінерального живлення з ґрунтового розчину до рослин у вигляді гумінових-мінеральних сполук. Це призводить до посилення поглинання рослиною поживних речовин.

Антистресова дія гуматів проявляється також у роботі з пестицидами. Застосування їх разом із протруювачами зменшує інгібуючий вплив на проростання зародка насіння, підвищує темпи зростання та розвитку рослин.

Застосування гуматів разом із гербіцидами зменшує їх фітотоксичний вплив та скорочує період гноблення культурних рослин. Посіви не втрачають 3–7 днів вегетації на вихід із стресового стану. Обприскування фунгіцидами зупиняє розвиток хвороб, а додавання гуматів відновлює рослини за рахунок зростання та імуністимулюючих властивостей.

Однак, слід пам'ятати про можливі наслідки неправильного використання цих препаратів. Так, при високих концентраціях добрива можуть пригнічувати проростання та розвиток культур, тобто діяти

із протилежним ефектом. Деякі агрономи підтверджують активне зростання бур'янів у разі застосування гуматів.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У результаті дослідження найкраще проросли зразки у контрольних посудинах, де відбувався полив лише водою та ємностях, які поливалися водою та 5% розчином «БіоФульво» (рис. 5). Рослини, які були оброблені пестицидами не проросли, за винятком декількох випадків, у яких індикатор загинув лише на 12–19 день. 10-ти відсотковий розчин «БіоФульво» загальмував розвиток рослин приблизно у 1,5 рази.

Це пояснюється зміною фізико-хімічних умов проростання, оскільки для нормального розвитку сільськогосподарських культур необхідна кислотність ґрунту у межах 5,5–7 рН, а препарат помітно підвищив (рН = 5,1).

Результати взаємодії гербіцидів з препаратом «БіоФульво» вийшли досить неоднозначними, але можна виявити певну закономірність.

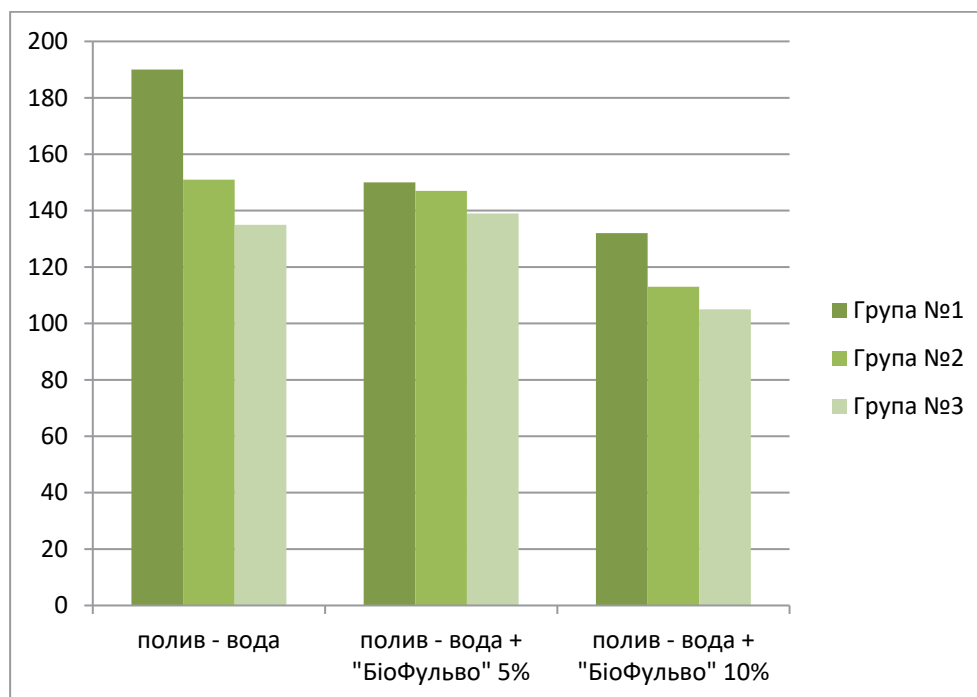


Рис. 5. Вплив препарату «БіоФульво» на середню висоту рослин, мм

Співвідношення рослин за параметром їхньої схожості (%)

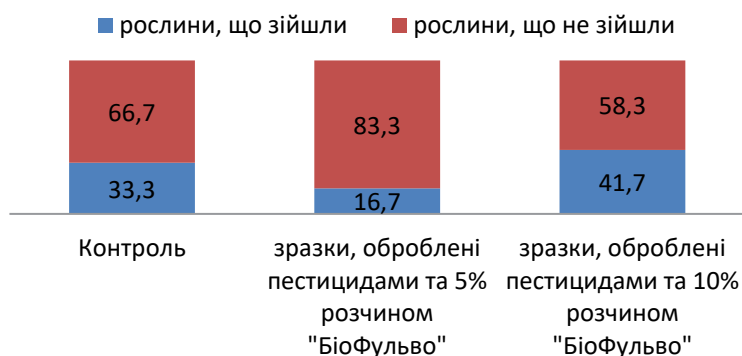


Рис. 6. Результати впливу препарату «БіоФульво» на ріст рослин, оброблених пестицидами

У зразках, оброблених пестицидами та розчинами досліджуваного препарату «БіоФульво» спостерігалося підвищення рівня кількості рослин, що зійшли при збільшенні концентрації препарату (рис. 6), тобто препарат простимулював розвиток насіння, але у подальшому швидкість росту рослин та середня висота сходів збільшувалася у посудинах, що оброблялися 5% препаратом (рис. 7). У даному випадку спостерігався негативний вплив закислення ґрунту.

Результати були дуже подібними при використанні, як пестицидів селективної дії, так і при використанні пестицидів широкого спектру, суцільної дії. Ці

дані підтверджуються нашими подальшими дослідженнями. Також у подальшому необхідно виявити найбільш ефективну концентрацію препарату «БіоФульво» та найбільш доцільну схему обробки ґрунту.

ВИСНОВКИ

Проведено біотестування за допомогою фітоіндикатору (*Sorghum bicolor*) з метою доведення можливого позитивного впливу досліджуваного експериментального препарату «БіоФульво» української біотехнологічної компанії на зменшення фітотоксичності гербіцидів.

*Середня висота рослин, оброблених
гербіцидами, мм*

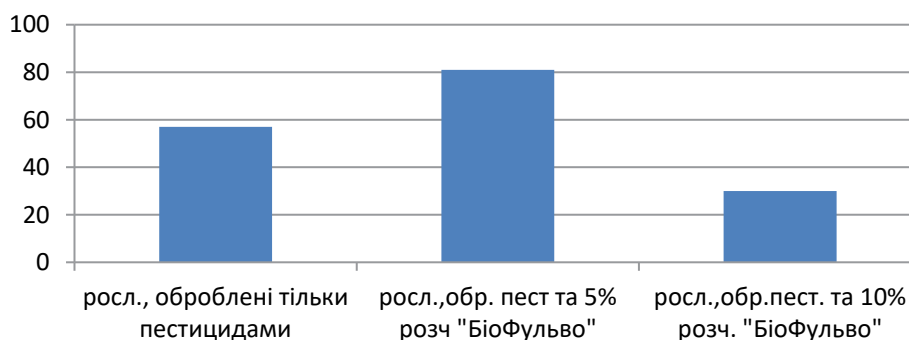


Рис. 7. Результати впливу препарату «БіоФульво» на висоту рослин, оброблених пестицидами

Застосування препаратів на основі гумінових кислот разом із протруювачами зменшує інгібуєчий вплив на проростання зародка насіння, підвищує темпи зростання та розвитку рослин. Застосування таких препаратів разом із гербіцидами зменшує їх фітотоксичний вплив та скорочує період гноблення культурних рослин. Посіви не втрачають 3–7 днів вегетації на вихід із стресового стану. Обприскування фунгіцидами зупиняє розвиток хвороб, а додавання гуматів відновлює рослини за рахунок зростання та імуностимулюючих властивостей.

У результаті експериментального дослідження найкращі результати проростання показали зразки

рослин, оброблених препаратом «БіоФульво» у концентрації 10%, але у подальшому найкращі показники росту та висоти рослини показали зразки, оброблені препаратом у концентрації 5%. Контрольні зразки рослин, які були оброблені пестицидами, не проросли, за винятком декількох рослин, які загинули на 12–19 день експерименту. 10% розчин «БіоФульво» загальмував розвиток рослин приблизно у 1,5 рази через 17–20 днів від початку експерименту.

У подальшому планується розробка методики застосування досліджуваного препарату «БіоФульво» для ефективної обробки ґрунту, а також підбір максимально ефективної діючої концентрації.

REFERENCES

- [1] Alister, C., et al. (2020) "Humic Substances and Their Relation to Pesticide Sorption in Eight Volcanic Soils." *Planta Daninha, Sociedade Brasileira Da Ciência Das Plantas Daninhas*.
- [2] Ćwieląg-Piasecka, Irmina, et al. (2018) "Humic Acid and Biochar as Specific Sorbents of Pesticides." *Journal of Soils and Sediments, Springer Berlin Heidelberg*.
- [3] Zulfiqar, F.; Casadesús, A.; Brockman, H.; Munné-Bosch, S.(2020) An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Sci*.
- [4] Ricci, M.; Tilbury, L.; Daridon, B.; Sukalac, K.(2019) General Principles to Justify Plant Biostimulant Claims. *Front. Plant Sci*.
- [5] Zarzecka, K.; Gugala, M.; Mystkowska, I.; Sikorska, A.(2020) Total and True Protein Content in Potato Tubers Depending on Herbicides and Biostimulants. *Agronomy*.
- [6] Caradonia, F.; Ronga, D.; Flore, A.; Barbieri, R.; Moulin, L.(2020); Terzi, V.; Francia, E. Biostimulants and cherry rootstock increased tomato fruit yield and quality in sustainable farming systems. *Ital. J. Agron*.
- [7] Kernasyuk Y.(2019) Pesticide market. Agribusiness today. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/12942-rynok-pestytsydiv.html>.
- [8] Drobek, M.; Frac, M.; Cybulska, J.(2019) Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress—A Review. *Agronomy*
- [9] Hasanuzzaman, M.; Parvin, K.; Bardhan, K.; Nahar, K.; Anee, T.I.; Masud,(2021) A.A.C.; Fotopoulos, V. Biostimulants for the Regulation of Reactive Oxygen Species Metabolism in Plants under Abiotic Stress.
- [10] Parađiković, N.; Teklić, T.; Zeljković, S.; Lisjak, M.; Špoljarević, M.(2019) Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food Energy Secur*.
- [11] Vdovenko N., Baidala V., Burlaka N., Diuk A. (2018) Management mechanism of agrarian economic system: composition, functioning and factors of development in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Alister, C., et al. (2020) “Humic Substances and Their Relation to Pesticide Sorption in Eight Volcanic Soils.” *Planta Daninha, Sociedade Brasileira Da Ciência Das Plantas Daninhas*.
- [2] Ćwieląg-Piasecka, Irmia, et al. (2018) “Humic Acid and Biochar as Specific Sorbents of Pesticides.” *Journal of Soils and Sediments, Springer Berlin Heidelberg*.
- [3] Zulfiqar, F.; Casadesús, A.; Brockman, H.; Munné-Bosch, S.(2020) An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Sci*.
- [4] Ricci, M.; Tilbury, L.; Daridon, B.; Sukalac, K.(2019) General Principles to Justify Plant Biostimulant Claims. *Front. Plant Sci*.
- [5] Zarzecka, K.; Gugala, M.; Mystkowska, I.; Sikorska, A.(2020) Total and True Protein Content in Potato Tubers Depending on Herbicides and Biostimulants. *Agronomy*.
- [6] Caradonia, F.; Ronga, D.; Flore, A.; Barbieri, R.; Moulin, L.(2020); Terzi, V.; Francia, E. Biostimulants and cherry rootstock increased tomato fruit yield and quality in sustainable farming systems. *Ital. J. Agron*.
- [7] Kernasyuk Y.(2019) Pesticide market. Agribusiness today. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichni-hektar/item/12942-rynok-pestytsydiv.html>.
- [8] Drobek, M.; Frac, M.; Cybulska, J.(2019) Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress—A Review. *Agronomy*
- [9] Hasanuzzaman, M.; Parvin, K.; Bardhan, K.; Nahar, K.; Anee, T.I.; Masud,(2021) A.A.C.; Fotopoulos, V. Biostimulants for the Regulation of Reactive Oxygen Species Metabolism in Plants under Abiotic Stress.
- [10] Parađiković, N.; Teklić, T.; Zeljković, S.; Lisjak, M.; Špoljarević, M.(2019) Biostimulants research in some horticultural plant species—A review. *Food Energy Secur*.
- [11] Vdovenko N., Baidala V., Burlaka N., Diuk A.(2018) Management mechanism of agrarian economic system: composition, functioning and factors of development in Ukraine. Problems and Perspectives in Management.

© Г. Г. Трохименко, О. І. Кібаров

Дата надходження статті до редакції: 27.03.2023

Дата затвердження статті до друку: 05.04.2023