

<https://doi.org/10.15407/frg2023.03.265>

УДК 581.1

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ДИМЕТОАТУ І ГРАМІНІЦИДІВ ЗА ДІЇ МАГНІЮ СУЛЬФАТУ

Л.М. МИХАЛЬСЬКА, В.В. ШВАРТАУ

*Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України
03022 Київ, вул. Васильківська, 31/17
e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net*

Досліджено підвищення фітотоксичності гербіцидів на одно- і дводольних культурах за одночасного застосування з інсектицидами — інгібіторами монооксигеназ (клас фосфорорганічних сполук). Визначено вплив диметоату на фітотоксичність основних грамініцидів, які використовуються у рослинництві України, а також магнію на дію суміші пестицидів. Виявлено, що диметоат у поєднанні з гербіцидами класу інгібіторів ацетил-КоА-карбоксилази може посилювати фітотоксичність ксенобіотиків до рослин злакових (піноксаден до пшениці озимої) і дводольних (флуазифопбутил до гороху) культур. Застосування магнію сульфату одночасно з пестицидами може знизувати негативну дію ксенобіотиків щодо рослин культури. З урахуванням доведеного впливу магнію й сірки на збільшення ефективності засвоєння азоту й формування посіву з підвищеною термостійкістю використання магнію сульфату у дозах від 2 кг/га разом з гербіцидами (грамініцидами і протидвродольними препаратами) та інсектицидами важливе для посилення контролю бур'янів і шкідників та формування сталого рентабельного рослинництва.

Ключові слова: пшениця озима, горох, гербіциди, інсектициди, елементи живлення, інгібітори монооксигеназ, фітотоксичність.

Контроль бур'янів протягом вегетації є важливою складовою формування продуктивності пшениці озимої та інших сільськогосподарських культур [1, 2]. Традиційна система застосування гербіцидів на посівах існує впродовж останніх 80 років, практично не змінюючись. За традиційним підходом бур'яни знищують на початку вегетації культури. При цьому необхідність одночасного захисту від хвороб і перший захист від шкідників зумовлюють внесення багатокомпонентних сумішей пестицидів та низки добрив.

У агрофітоценозах України в останні десятиліття скорочується кількість видів рослин, які на посівах сільськогосподарських культур є бур'янами. Це відбувається за рахунок зниження чисельності дводольних видів, фактично з 50-х років ХХ ст. за широкого багаторічного впровадження селективних протидвродольних видів гербіцидів — похідних арилоксифеноксіоттової, пропіонової й бензойної кислот.

Цитування: Михальська Л.М., Швартау В.В. Фітотоксичність диметоату і грамініцидів за дії магнію сульфату. *Фізіологія рослин і генетика*. 2023. 55, № 3. С. 265—274. <https://doi.org/10.15407/frg2023.03.265>

При цьому наявність у сівозмінах та, відповідно, шкодочинність злакових видів бур'янів зростає, що зумовлює необхідність застосування грамініцидів. Злакові однорічні види контролюють переважно гербіцидами — інгібіторами ацетолактатсинтази, а для контролю однорічних і багаторічних видів використовують гербіциди — інгібітори ацетил-КоА-карбоксилази. В останні десятиліття часто спостерігаються теплі зими, що викликає необхідність застосування інсектициду вже з першого обприскування. Вимогами до препарату є широкий спектр дії та подовжена активність.

Отже, перше обприскування посівів пшениці озимої та інших сільськогосподарських культур проводять сумішшю з таким складом: гербіцид + інсектицид (часто — фунгіцид) + низка елементів живлення.

У роботах останнього десятиліття показано, що за сумісного внесення гербіцидів з інсектицидами можливі зміни фітотоксичності композиції для культури [3, 4]. Широкі дослідження з визначення змін впливу на рослини сільськогосподарських культур проводили за внесення гліфосату (інгібітор 5-енолпірувілшикімат-3-фосфатсинтази) як гербіциду, що найширше використовують у рослинництві світу, з іншими агрохімікатами [5, 6].

Встановлено зміни фізіологічних показників культурних рослин за внесення фосфорорганічних інсектицидів з азотними добривами [7].

В умовах польових досліджень визначено вплив пестицидів на культурні рослини за дії фосфорорганічних інсектицидів й показано, що на фітотоксичність впливають рівень живлення та окремі елементи живлення. Встановлено дію токсикантів на ріст, фотосинтетичні пігменти, маркери оксидативного стресу і, як наслідок, пошкодження ліпідів: супероксидного радикала (SOR) й пероксиду водню (H_2O_2) та подальший вплив на ліпідний еквівалент малонового діальдегіду і вихід електролітів — відповідно, проникність плазмалеми, а також на активність різних антиоксидантних ферментів, таких як супероксиддисмутаза (SOD), пероксидаза (POD), каталаза (CAT), глутатіон-S-трансфераза (GST), аскорбатпероксидаза (APX), глутатіонредуктаза (GR). У *Spinacia oleracea* L. зафіксовано збільшення SOR і H_2O_2 , що в подальшому виявилось у сильному окиснювальному пошкодженні, яке погіршило ростові характеристики і знизило врожайність [8].

У переважній більшості досліджень композицій фосфорорганічних інсектицидів та інших агрохімікатів з гліфосатом показано, що ефективність гербіциду мало залежала від сумісного застосування хімікатів або часу їх внесення. Залежно від часу внесення та інтервалу візуального оцінювання гліфосат контролював амброзію полинолистну у середньому на 97 %, сесбанію конопляну — 68, підмаренник чіпкий — 98, іпомею лускату — 68, підмаренник серповидний — 89 %. Ці результати засвідчують, що спільне застосування гліфосату з іншими препаратами дає виробникам можливість поєднувати стратегії боротьби зі шкідниками для підвищення врожаю, а також знизити витрати на внесення препаратів без шкоди для контролю бур'янів, що оцінювалися [6, 9, 10].

Відомий прояв токсичності диметоату до *Spirulina platensis* [11], що може бути пов'язано із порушенням функціонування плазмалеми [12, 13].

Встановлено, що диметоат інгібував розвиток рослин пшениці з початку вегетації. Усі досліджувані концентрації інсектициду, вищі за 50 мг/кг, виявляли інгібувальний вплив на проростки пшениці. У разі тривалішої обробки диметоатом (понад 10 діб) усі досліджувані концентрації (25 та 50 мг/кг) також мали інгібувальний ефект. Нижчі дози, які показали певну позитивну реакцію на короткий час, набувають токсичності за збільшення терміну обробки [14]. Таким чином, встановлено токсичну дію диметоату на рослини пшениці. Відповідно, суміші агрохімікатів з диметоатом можуть бути фітотоксичними для посівів культури.

У дослідженнях фотосинтетичної активності дводольного виду *Cajanus cajan* L. (параметри росту, вміст фотосинтетичних пігментів, реакція флуоресценції хлорофілу) показано, що на 10-ту добу після обробки 10 мг/кг диметоату виявляли стимулювальну дію на ріст і фотосинтетичну активність рослин гороху, тоді як 20, 40 і 80 мг/кг — інгібувальну. Проте після 20- і 30-добової обробки всі досліджувані концентрації диметоату ставали інгібувальними. Це дослідження доводить, що диметоат є високотоксичним для рослин гороху, навіть у дуже низьких концентраціях (10 мг/кг), якщо його використовувати протягом тривалого часу. Ці результати мають значення для визначення оптимальної дози диметоату в сільськогосподарській практиці [15].

У забезпеченні фотосинтетичної активності крім впливу азоту, має значення наявність доступних для рослин пулів магнію. За його нестачі відбувається відтік хлорофілу від старих листків до молодих, що виявляється у пожовтінні ділянок листків між жилками та зниженні урожайності. Симптоми дефіциту магнію подібні проявам дефіциту калію (K) і заліза (Fe). Проте на відміну від калійного дефіциту розвиток симптомів нестачі магнію у рослин пшениці починається з молодих листків, вони стають бліді, що нагадує ознаки прояву дефіциту заліза. Нові листки з проявами дефіциту магнію у подальшому набувають хлоротичності та залишаються у нерозгорнутому стані. З часом з'являється плямистість, переважно жовтого кольору, рідше — з червонуватим відтінком уздовж країв листків, з наступними некрозами. Загалом це нагадує дію посухи, хоча розміщення листків залишається ерективним/вертикальним. Таким чином, основною ознакою для початкової ідентифікації є колір листків: старі — зелені, молоді — бліді. На відміну від дефіциту заліза листки складені й тонкі, без міжжилкового хлорозу, але з плямами жовтого кольору різних відтінків, аж до червонуватого.

У наших дослідженнях на виробничих посівах симптоми дефіциту магнію виявлялися у вигляді плямистого пожовтіння з відставанням рослин у рості. Коренева система при цьому була слабкорозвинена. Величина SPAD-індексу за дефіциту магнію, визначена хлорофіломірами Konica Minolta SPAD-502 або N-тестером, не перевищувала 35—45 од. Вміст хлорофілу, визначений хлорофіломіром

ССМ-200 компанії Opti-Sciences, не перевищував 30–40 од. Вплив магнію і сірки на підвищення ефективності засвоєння азоту й формування посіву з посиленою термостійкістю доведений, тому магнію сульфат використовують у дозах близько 2 кг/га, зазвичай від 1 до 5 кг/га.

Зазначимо, що дефіцит магнію у рослин пшениці у виробництві є відносно рідкісним явищем і спостерігається на кислих легких піщаних ґрунтах або на легких піщаних ґрунтах у період потужних опадів й відповідно з активним промивним режимом ґрунту. До дефіциту елемента у рослин пшениці призводять високі рівні накопичення магнію, кальцію і бору шкодочинними на посівах культури видами бур'янів — *Galium aparine* L., *Matricaria perforata* Merat., *Centaurea cyanus* L., *Cirsium arvense* L. [16].

Отже, вплив диметоату на фітотоксичність грамініцидів не досліджений. Також відсутні дані щодо впливу магнію на ефективність застосування гербіцидів у поєднанні з диметоатом. Тому, метою нашої роботи було дослідити вплив диметоату на фітотоксичність основних грамініцидів, які використовуються у рослинництві України, та визначити вплив магнію на дію суміші пестицидів.

Методика

Полеві дослідження проводили у дослідному сільськогосподарському виробництві Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ДСВ ІФРГ НАН України, смт Глеваха, Київської обл.) на пшениці озимій (*Triticum aestivum* L.) сорту Новосмуглянка (високоінтенсивного типу) та гороху сорту Готівський. Ґрунти дерново-слабо і середньопідзолисті неоглеєні та глеюваті супіщані поліського регіону України.

Облікова площа дрібноділянкових дослідів становила 10 м², площа ділянок на виробничих посівах — 0,2 га, повторність — 4–5-разова.

Величини азотного статусу посіву та стану фотосинтетично активних листків визначали за показниками нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу (NDVI) тестером GreenSeeker (GreenSeeker Handheld Crop Sensor: <https://agriculture.trimble.com/product/greenseekerhandheld-crop-sensor/>). Фітотоксичну дію гербіцидів у досліді виявляли візуально, а також за змінами площі ураження верхнього ярусу листків за прописом [17].

Результати обробляли статистично з використанням програми Microsoft Excel 2019 з StatPlus від AnalystSoft Inc. Version v.7 (<https://www.analystsoft.com/en/>). Для порівняння вибірок використовували критерій Тьюкі ($p < 0,5$).

Результати та обговорення

Досліджено підвищення фітотоксичності гербіцидів на одно- і дводольних культурах за одночасного застосування з інсектицидами — інгібіторами монооксигеназ (клас фосфорорганічних сполук).

Зазначимо, що підвищення фітотоксичності гербіцидів до основної культури за використання у композиціях з інгібіторами моноок-

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ДИМЕТОАТУ І ГРАМІНІЦИДІВ

сигеназ ми спостерігали у 2011—2013 рр. [18, 19]. Так, застосування фосфорорганічних інсектицидів унеможлиблює використання грамініцидів (флуазифопбутил) на посівах гороху внаслідок потужних опіків верхнього ярусу листків, які досить повільно відновлюються після обробки (табл. 1, 2).

За наявності у розчинах для обприскування амінокислот (мегафол, 1,0 л/га) спостерігали тенденцію до зниження фітотоксичності суміші інсектициду з грамініцидом. Додавання до розчину для обприскування двовалентного катіона зумовлювало статистично достовірне зниження фітотоксичності композиції пестицидів, ймовірно за рахунок впливу магнію на стабільність плазмалеми.

ТАБЛИЦЯ 1. Вплив біологічно активних сполук на фітотоксичність флуазифопбутилу на посівах гороху сорту Готівський (ДСВ ІФРГ НАН України)

Варіант	Доза, л(кг)/га	Ураження листків рослин гороху через добу після обробки, % опіків верхніх листків	
		Середнє за 2012—2013 рр.	Середнє за 2012—2020 рр.
Контроль (без обробки)	—	0 ^a	0 ^a
Флуазифопбутил	2,0	0 ^a	0 ^a
Диметоат	1,0	0 ^a	0 ^a
Флуазифопбутил + диметоат	2,0 + 1,0	25±4 ^b	35±5 ^b
Мегафол	1,0	0 ^a	—
Флуазифопбутил + диметоат + мегафол	2,0 + 1,0 + 1,0	21±5 ^b	—
Магнію сульфат	2,0	0 ^a	0 ^a
Флуазифопбутил + диметоат + магнію сульфат	2,0 + 1,0 + 1,2	15±3 ^b	18±4 ^b

Примітка. Тут і у табл. 2—4: флуазифопбутил — фюзилад форте (Сингента), 2,0 л/га; диметоат — Бі-58 Новий (БАСФ), 1,0 л/га; мегафол (Валагро), 1,0 л/га; магнію сульфат/ YaraTera Kгіста MgS (Кріста MgS) (Яра). Досліджено агрохімікати, зареєстровані для використання в Україні. Літери слугують для порівняння вибірок (критерій Тьюкі, $p < 0,5$): однаковими літерами позначено варіанти без статистично значущих відмінностей. Обробка у фазу ВВСН31.

ТАБЛИЦЯ 2. Зміни нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу (NDVI) посіву гороху за впливу суміші диметоату з флуазифопбутилом (ДСВ ІФРГ НАН України, 2020—2021 рр.)

Варіант	Доза, л(кг)/га	NDVI	
		Через добу після обробки	Через 14 діб після обробки
Контроль (без обробки)	—	0,68±0,03 ^a	0,71±0,04 ^a
Флуазифопбутил	2,0	0,69±0,02 ^a	0,69±0,02 ^a
Диметоат	1,0	0,63±0,03 ^b	0,67±0,01 ^a
Флуазифопбутил + диметоат	2,0 + 1,0	0,22±0,05 ^b	0,65±0,02 ^b
Магнію сульфат	2,0	0,69±0,03 ^a	0,72±0,04 ^a
Флуазифопбутил + диметоат + магнію сульфат	2,0 + 1,0 + 1,2	0,59±0,02 ^c	0,68±0,03 ^b

У попередніх дослідженнях визначено ефективність контролювання злакових і однодольних бур'янів композиції піноксадену з протидводольними гербіцидами флуметулам і флорасулам [16–19]. Таке поєднання гербіцидів виявилось настільки ефективним, що в останні роки випущено й використовується у рослинництві України як окремий препарат — Аксиал Крос 050 ЕС, к. е. (45 г/л піноксаден + 5 г/л флорасулам + 11,25 г/л антидот клоквінтосет-мексил).

Отже, як для ранньовесняного оброблення піноксаденом для контролю злаків що зимують, наприклад метлюгу, так і для внесення у фазу ВВСН37 для контролю сходів теплолюбних злаків, видів мишію тощо, застосування грамініциду доцільно за одночасного використання з високоселективними до зернових колосових культур протидводольними гербіцидами класу триазолпіримідинів — флорасуламом і флуметуламом.

Аналогічні до дводольної культури результати спостерігали під час застосування поєднання піноксаден + флорасулам + флуметулам + диметоат на посівах пшениці (табл. 3). При цьому внесення зазначених гербіцидів у попередні роки досліджень [16–19] не давало проявів фітотоксичності на сортах пшениці озимої. Водночас додавання до робочих розчинів інгібіторів монооксигеназ, які інгібують метаболізм токсикантів у організмах, призводить до істотного підсилення фітотоксичності композиції відомих й високоселективних гербіцидів до рослин культури. Якщо додавання до похідних триазолпіримідинів диметоату не викликало зростання фітотоксичності композиції до рослин культури, то додавання інсектициду до суміші грамініциду з протидводольними препаратами призвело до прояву фітотоксичності на рослинах у посіві пшениці озимої. Прояви фітотоксичності спостерігали вже через 1–3 доби після обробки, а за 2–3 тижні рослини майже відновлювалися (табл. 4).

Застосування диметоату в поєднанні з грамініцидами у генеративний період розвитку як пшениці, так і дводольних культур небезпечне. Зростання фітотоксичності композиції пестицидів при цьому може ушкоджувати процеси закладання генеративного органа. Процес закладання й формування елементів колоса пшениці розпочинається наприкінці куціння (фаза ВВСН 27-29, примітка — за оптимальних умов у фазу ВВСН26 можемо спостерігати весняне відновлення вегетації). У цей період відбувається витягування і сегментація конуса наростання — триває закладання стрижня колоса та колосків у ньому. З початком виходу в трубку (фаза ВВСН 30-32) відбувається закладання квіток у колосках й інтенсивне збільшення колоса у розмірі. Це один з найкритичніших періодів росту, тому вплив ксенобіотиків, особливо багатоконпонентних, за внесення інгібіторів монооксигеназ та/чи синтетичних ауксинів може інгібувати розвиток колоса й значно обмежити продуктивність посівів. Значимо, що ранньовесняне застосування гербіцидів у поєднанні з фосфорорганічними інсектицидами є одним із чинників, що можуть негативно впливати на формування врожаю зернових колосових культур.

ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ДИМЕТОАТУ І ГРАМІНІЦИДІВ

ТАБЛИЦЯ 3. Вплив диметоату на фітотоксичність гербіцидів до рослин пшениці озимої сорту Новосмуглянка (ДСВ ІФРГ НАН України)

Варіант	Доза, л(кг)/га	Площа опіків листків рослин пшениці через 3 доби після обробки, %
Контроль (без обробки)	—	0 ^a
Піноксаден + флорасулам + флуметсулам	1,0 + 0,070	0 ^a
Диметоат	1,0	0 ^a
Магнію сульфат	2,0	0 ^a
Піноксаден + флорасулам + флуметсулам + диметоат	1,0 + 0,070 + 1,0	35±4 ^г
Флорасулам + флуметсулам + диметоат	0,070 + 1,0	5±2 ^б
Піноксаден + флорасулам + флуметсулам + диметоат + магнію сульфат	1,0 + 0,070 + 1,0 + 2,0	24±4 ^в
Флорасулам + флуметсулам + диметоат + магнію сульфат	0,070 + 1,0 + 2,0	2±2 ^а

Примітка. Тут і в табл. 4: піноксаден (аксіал 050 ЕС), 1,0 л/га; флорасулам + флуметсулам (дербі 175 SC), 0,070 л/га.

ТАБЛИЦЯ 4. Зміни нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу (NDVI) посіву пшениці озимої сорту Новосмуглянка за впливу диметоату та піноксадену

Варіант	Доза, л(кг)/га	NDVI	
		Через 3 доби після обробки	Через 14 діб після обробки
Контроль (без обробки)	—	0,71±0,02 ^а	0,80±0,02 ^а
Піноксаден + флорасулам + флуметсулам	1,0 + 0,070	0,73±0,02 ^а	0,84±0,03 ^а
Диметоат	1,0	0,69±0,03 ^а	0,77±0,02 ^а
Магнію сульфат	2,0	0,74±0,03 ^а	0,85±0,03 ^а
Піноксаден + флорасулам + флуметсулам + диметоат	1,0 + 0,070 + 1,0	0,62±0,04 ^б	0,74±0,02 ^б
Флорасулам + флуметсулам + диметоат	0,070 + 1,0	0,72±0,02 ^а	0,82±0,03 ^а
Піноксаден + флорасулам + флуметсулам + диметоат + магнію сульфат	1,0 + 0,070 + 1,0 + 2,0	0,72±0,03 ^а	0,81±0,03 ^а
Флорасулам + флуметсулам + диметоат + магнію сульфат	0,070 + 1,0 + 2,0	0,74±0,04 ^а	0,82±0,02 ^а

Таким чином, встановлено, що диметоат у поєднанні з грамініцидами може посилювати фітотоксичність ксенобіотиків до рослин злакових (пшениця озима) і дводольних (горох) культур. Застосування магнію сульфату одночасно з пестицидами може знижувати негативну дію пестицидів щодо рослин культури. З урахуванням доведеного впливу магнію і сірки на збільшення ефективності засвоєння азоту й формування посіву з підвищеною терmostійкістю викорис-

тання магнію сульфату у дозах від 2 кг/га важливе для посилення контролю бур'янів і шкідників та формування сталого рентабельного рослинництва.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Моргун В.В., Швартау В.В., Киризий Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2010. **42**, № 5. С. 371—392.
2. Моргун В.В., Швартау В.В., Коновалов Д.В., Михальська Л.М., Скрипльов В.О. Клуб 100 центнерів. Сучасні сорти та системи живлення і захисту пшениці озимої. Видання XI. Наук. видання. Київ: Вістка, 2022. 106 с.
3. Sidhu G.K., Singh S., Kumar V., Dhanjal D.S., Datta S., Singh J. Toxicity, monitoring and biodegradation of organophosphate pesticides: a review. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 2019. **49**, N 1. P. 1135—1187. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1565554>
4. Balkrishna A., Pandey J.K., Tripathi P.K., Joshi R., Arya V. Chemical fertilizers and pesticides in Indian agriculture: effect on human health and environment. *Biol. forum — An Int. J.* 2021. **13**, N 3. P. 407—422.
5. Vidal R.A., Silva de Queiroz A.R., Trezzi M.M., Kruse N.D. Association of glyphosate with other agrochemicals: the knowledge synthesis. *Revista Brasileira de Herbicidas*. 2016. **15**, N 1. P. 39—47. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.428>
6. Xiao-yan M.A., Han-wen W.U., Wei-li J., Ya-jie M.A., Yan M.A. Weed and insect control affected by mixing insecticides with glyphosate in cotton. *J. Int. Agricult.* 2016. **15**, N 2. P. 373—380. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61188-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61188-1)
7. Macro E., Martinez F., Orus M.I. Physiological alteration induced by the organophorus insecticide trichlorfon in *Anabaena* PCC 7119 grown with nitrates. *Environ. Exp. Bot.* 1990. **30**. P. 119—126.
8. Singh P., Prasad S.M. Antioxidant enzyme responses to the oxidative stress due to chlorpyrifos, dimethoate and dieldrin stress in palak (*Spinacia oleracea* L.) and their toxicity alleviation by soil amendments in tropical croplands. *Sci. Total. Environ.* 2018. **630**, N 15. P. 839—848. <https://doi.org/10.1016/j.scito-tenv.2018.02.203>
9. Scroggs D.M., Miller D.K., Griffin J.L., Geaghan J.P., Vidrine P.R., Stewart A.M. Glyphosate efficacy on selected weed species is unaffected by chemical coapplication. *Weed Technol.* 2005. **19**, N 4. P. 1012—1016. <https://doi.org/10.1614/WT-05-043R.1>
10. Miller D.K., Zumba J.X., Blouin D.C., Bagwell R., Burris E., Clawson E.L., Leonard B.R., Scroggs D.M., Stewart A.M., Vidrine P.R. Second-generation glyphosate-resistant cotton tolerance to combinations of glyphosate with insecticides and mepiquat chloride. *Weed Technol.* 2008. **22**, N 1. P. 81—85. <https://doi.org/10.1614/WT-07-078.1>
11. Yadav N.R. Toxic effect of chlorpyrifos and dimethoate on protein and chlorophyll — a content of *Spirulina platensis*. *Int. J. Eng. Sci. Adv. Technol.* 2015. **1**. P. 24—26.
12. Mohapatra P.K., Schiewer U. Effect of dimethoate and chlofenvinphos on plasma membrane integrity of *Synechocystis* sp. PCC 6803. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 1998. **41**. P. 269—274.
13. Singh V.P., Kumar J., Singh S., Prasad S.M. Dimethoate modifies enhanced UV-B effects on growth, photosynthesis and oxidative stress in mung bean (*Vigna radiata* L.) seedlings: implication of salicylic acid. *Pestic. Biochem. Phys.* 2014. **116**. P. 13—23. <https://doi.org/10.1016/j.pesbp.2014.09.007>
14. Pandey J.K., Dubey G., Gopal R. Prolonged use of insecticide dimethoate inhibits growth and photosynthetic activity of wheat seedlings: A study by laser-induced chlorophyll fluorescence spectroscopy. *J. Fluoresc.* 2022. **32**. P. 2159—2172. <https://doi.org/10.1007/s10895-022-03010-4>
15. Pandey J.K., Dubey G., Gopal R. Study the effect of insecticide dimethoate on photosynthetic pigments and photosynthetic activity of pigeon pea: Laser-induced chlorophyll fluorescence spectroscopy. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology.* 2015. **151**. P. 297—305. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.08.014>
16. Івашенко О.О., Михальська Л.М., Швартау В.В. Накопичення елементів живлення рослинами бур'янів та озимої пшениці. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 10. С. 20—23.

17. Burgos N. Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. *Weed Science*, 2015. **63**, SP 1. P. 152–165. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00019.1>.
18. Швартау В.В., Михальська Л.М. Гербіциди. Фізіологічні основи регуляції фітотоксичності. Київ: Логос, 2013. 392 с.
19. Швартау В.В., Михальська Л.М. Гербіциди. Фізико-хімічні та біологічні властивості. Київ: Логос, 2013. 906 с.

Отримано 10.07.2023

REFERENCES

1. Morgun, V.V., Schwartau, V.V. & Kyriziy, D.A. (2010). Physiological bases of formation of high productivity of grain cereals. *Fyzyol. byokhym. kult. rast.*, 42, No. 5, pp. 371-392 [in Russian].
2. Morgun, V.V., Schwartau, V.V., Konovalov, D.V., Mikhalska, L.M. & Skriplev, V.O. (2022). Club 100 centners. Modern varieties and systems of nutrition and protection of winter wheat. Edition XI. Scientific edition. Kyiv: Vistka [in Ukrainian].
3. Sidhu, G.K., Singh, S., Kumar, V., Dhanjal, D.S., Datta, S. & Singh, J. (2019). Toxicity, monitoring and biodegradation of organophosphate pesticides: a review. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.*, 49, pp. 1135-1187. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1565554>
4. Balkrishna, A., Pandey, J.K., Tripathi, P.K., Joshi, R. & Arya, V. (2021). Chemical fertilizers and pesticides in Indian agriculture: effect on human health and environment. *Biol. forum — An Int. J.*, 13, pp. 407-422.
5. Vidal, R.A., Silva de Queiroz, A.R., Trezzi, M.M. & Kruse, N.D. (2016). Association of glyphosate with other agrochemicals: the knowledge synthesis. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 15, No. 1, pp. 39-47. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.428>
6. Xiao-yan, M.A., Han-wen, W.U., Wei-li, J., Ya-jie, M.A. & Yan, M.A. (2016). Weed and insect control affected by mixing insecticides with glyphosate in cotton. *Journal of Integrative Agriculture*, 15, No. 2, pp. 373-380. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61188-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61188-1)
7. Macro, E., Martinez, F. & Orus, M.I. (1990). Physiological alteration induced by the organophorus insecticide trichlorfon in *Anabaena* PCC 7119 grown with nitrates. *Environ. Exp. Bot.*, 30, pp. 119-126.
8. Singh, P. & Prasad, S.M. (2018). Antioxidant enzyme responses to the oxidative stress due to chlorpyrifos, dimethoate and dieldrin stress in palak (*Spinacia oleracea* L.) and their toxicity alleviation by soil amendments in tropical croplands. *Sci. Total. Environ.*, 630, No. 15, pp. 839-848. <https://doi.org/10.1016/j.scito-tenv.2018.02.203>
9. Scroggs, D.M., Miller, D.K., Griffin, J.L., Geaghan, J.P., Vidrine, P.R. & Stewart, A.M. (2005). Glyphosate Efficacy on Selected Weed Species Is Unaffected by Chemical Coapplication. *Weed Technol.*, 19, No. 4, pp. 1012-1016. <https://doi.org/10.1614/WT-05-043R.1>
10. Miller, D.K., Zumba, J.X., Blouin, D.C., Bagwell, R., Burris, E., Clawson, E.L., Leonard, B.R., Scroggs, D.M., Stewart, A.M. & Vidrine, P.R. (2008). Second-generation glyphosate-resistant cotton tolerance to combinations of glyphosate with Insecticides and mepiquat chloride. *Weed Technol.*, 22, No. 1, pp. 81-85. <https://doi.org/10.1614/WT-07-078.1>
11. Yadav, N.R. (2015). Toxic effect of chlorpyrifos and dimethoate on protein and chlorophyll — a content of *Spirulina platensis*. *Int. J. Eng. Sci. Adv. Technol.*, 1, pp. 24-26.
12. Mohapatra, P.K. & Schiewer, U. (1998). Effect of dimethoate and chlofenvinphos on plasma membrane integrity of *Synechocystis* sp. PCC 6803. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 41, pp. 269-274.
13. Singh, V.P., Kumar, J., Singh, S. & Prasad, S.M. (2014). Dimethoate modifies enhanced UV-B effects on growth, photosynthesis and oxidative stress in mung bean (*Vigna radiata* L.) seedlings: implication of salicylic acid. *Pestic. Biochem. Phys.*, 116, pp. 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.pesbp.2014.09.007>
14. Pandey, J.K., Dubey, G. & Gopal, R. (2022). Prolonged use of insecticide dimethoate inhibits growth and photosynthetic activity of wheat seedlings: A study by laser-induced chlorophyll fluorescence spectroscopy. *J. Fluoresc.*, 32, pp. 2159-2172. <https://doi.org/10.1007/s10895-022-03010-4>

15. Pandey, J.K., Dubey, G. & Gopal, R. (2015). Study the effect of insecticide dimethoate on photosynthetic pigments and photosynthetic activity of pigeon pea: Laser-induced chlorophyll fluorescence spectroscopy. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B: Biology*, 151, pp. 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.08.014>
16. Ivaschenko, O.O., Mykhalska, L.M. & Schwartau, V.V. (2012). Accumulation of nutrients by plants of weeds and winter wheat. *Visn. ahrar. nauky*, No. 10, pp. 20-23 [in Ukrainian].
17. Burgos, N. (2015). Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. *Weed Sci.*, 63, SP 1, pp. 152-165. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00019.1>
18. Schwartau, V.V. & Mykhalska, L.M. (2013). *Herbicides. Physiological principles of phytotoxicity regulation*. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
19. Schwartau, V.V. & Mykhalska, L.M. (2013). *Herbicides. Physico-chemical and biological properties*. Kyiv: Logos [in Ukrainian].

Received 10.07.2023

PHYTOTOXICITY OF DIMETHOATE AND GRAMINICIDE COMPOSITIONS UNDER THE INFLUENCE OF MAGNESIUM SULFATE

L.M. Mykhalska, V.V. Schwartau

Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine
e-mail: Mykhalskaya_L@ukr.net

The increase in the phytotoxicity of herbicides on monocotyledonous and dicotyledonous crops when they are used at the same time with insecticides — monooxygenase inhibitors (class of organophosphorus compounds) has been studied. The effect of dimethoate on the phytotoxicity of the main graminicides used in crop production in Ukraine was determined, and the impact of magnesium on the effect of the pesticide composition was determined. It was found that dimethoate in compositions with graminicides of the class of acetyl-CoA-carboxylase inhibitors can cause an increase in phytotoxicity of xenobiotics to cereals (pinoxaden to winter wheat) and dicotyledonous crops (fluazifopbutyl to pea). The negative effect of xenobiotics on crops can be reduced by using magnesium sulfate in formulations with pesticides. Taking into account the established effect of magnesium and sulfur on increasing the efficiency of nitrogen use and the formation of crops with increased heat resistance, the use of magnesium sulfate in doses of 2 kg/ha in formulations with herbicides (graminicides and dicotyledonous preparation) and insecticides is important for increasing the efficiency of weed and pest control and for the formation of sustainable profitable crop production.

Key words: winter wheat, peas, herbicides, insecticides, nutrient elements, monooxygenase inhibitors, phytotoxicity.

ORCID

Л.М. МИХАЛЬСЬКА — L.M. Mykhalska <https://orcid.org/0000-0002-0677-5574>

В.В. ШВАРТАУ — V.V. Schwartau <https://orcid.org/0000-0001-7402-5559>