

УДК 547.781 + 547.869

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-5>

Наталія СЛИВКА

кандидат хімічних наук, доцент, завідувач органічної та фармацевтичної хімії,
Волинський національний університет імені Лесі Українки,
пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
ORCID: 0000-0002-3811-7138

Леся САЛІЄВА

кандидат хімічних наук, доцент органічної та фармацевтичної хімії,
Волинський національний університет імені Лесі Українки,
пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
ORCID: 0000-0002-1047-8652

Елла КАДИКАЛО

кандидат хімічних наук, доцент органічної та фармацевтичної хімії,
Волинський національний університет імені Лесі Українки,
пр. Волі, 13, м. Луцьк, Україна, 43025
ORCID: 0000-0002-5613-1662

Тетяна БОРТНІК

кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
Поліської дослідної станції Національного наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»,
вул. Шевченка, 35, м. Луцьк, Україна, 43000

Валентина ТОЛМАЧОВА

кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії,
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова,
вул. Пирогова, 9, м. Київ, Україна, 01601
ORCID: 0000-0002-4082-3381

Олена КОВТУН

доцент кафедри хімії, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова,
вул. Пирогова, 9, м. Київ, Україна, 01601
ORCID: 0000-0002-2253-8472

Михайло БОВК

доктор хімічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу хімії
функціональних гетероциклічних систем, директор Інституту органічної хімії НАН України,
вул. Мурманська, 5, м. Київ, Україна, 02660
ORCID: 0000-0003-1753-3535

Бібліографічний опис статті: Сливка, Н., Салієва, Л., Кадикало, Е., Бортнік, Т., Толмачова, В., Ковтун, О., Вовк, М. (2023). Оцінка ефективності (піридин-4-іл)оксизаміщених імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинів як інгібіторів росту *Cucumis sativus*. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 32–40, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-5>

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ (ПІРИДИН-4-ІЛ)
ОКСИЗАМІЩЕНИХ ІМІДАЗО[2,1-*b*][1,3]ТІАЗИНІВ ЯК ІНГІБІТОРІВ РОСТУ
*CUCUMIS SATIVUS***

В поданій роботі досліджено рістінгібуючу дію нових піридинозаміщених імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинів. Модельні об'єкти 6-[(піридин-4-іл)окси]-2,3-дифеніл-6,7-дигідро-5H-імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазин **3a** та 3-[(піридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2H-бензо[4,5]імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазини **3b-d** були синтезовані взаємодією 3-гідроксіімідазо[2,1-*b*]

[1,3]тіазинів із 4-фторопіридинами. Отримані сполуки досліджували на виявлення особливостей фізіологічного розвитку проростків дводольної рослини *Cucumis sativus*. За результатами проведеного експерименту встановлено, що перебіг фізіологічних процесів у рослинному організмі носить різноплановий характер. Рістінгібуючий ефект залежить від будови сполук, концентрації розчинів та способу їх застосування. Показано, що синтезовані (піридин-4-ілокси)імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазини мають досить сильний і стабільний пригнічуючий вплив у концентраціях 0,1–0,001 %. В залежності від інтенсивності та характеру вияву пригнічуючого впливу досліджувані сполуки можна розмістити у ряд за збільшенням рістінгібуючого ефекту: **3c** < **3d** < **3b** < **3a**. Замочування насіння у 0,01–0,0001 % розчинах для усіх сполук показало однаковий результат із сильною пригнічуючою дією, яка спричинила повну ембріональну загибель насіння.

Досліджені сполуки характеризуються певним періодом інтенсивного інгібуючого впливу на рослинний організм, тому є перспективними для вивчення їх як складників «досходових» гербіцидів.

Ключові слова: 6-[(піридин-4-іл)окси]-2,3-дифеніл-6,7-дигідро-5H-імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазини, 3-[(піридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2H-бензо[4,5]імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазини, рослина *Cucumis sativus*, рістінгібуюча активність.

Nataliia SLYVKA

Ph.D., docent, Head of the Department of Organic and Pharmaceutical Chemistry, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-3811-7138

Lesya SALIYEVA

Ph.D., Associate of the Department of Organic and Pharmaceutical Chemistry of the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1047-8652

Ella KADIKALO

Ph.D., Associate, Associate of the Department of Organic and Pharmaceutical Chemistry, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-5613-1662

Tatiana BORTNIK

Ph.D., Senior Research Fellow Polissya Research Station National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Lutsk, Ukraine, 43000

ORCID:

Valentyna TOLMACHOVA

Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Chemistry, National Pedagogical Dragomanov University, 9, Pirogova Str., Kyiv, Ukraine, 01601

ORCID: 0000-0002-4082-3381

Olena KOVTUN

Associate Professor of the Department of Chemistry, Pedagogical Dragomanov University, 9, Pirogova Str., Kyiv, Ukraine, 01601

ORCID: 0000-0002-2253-8472

Mykhailo VOVK

Doctor of Chemistry, Professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Head of the Department of Mechanisms of Chemistry of Functional Heterocyclic Systems, Director of Institute of Organic Chemistry NAS of Ukraine, 5, Murmanska Str., Kyiv, Ukraine, 02660

ORCID: 0000-0003-1753-3535

To cite this article: Slyvka, N., Saliyeva, L., Kadikalo, E., Bortnik, T., Tolmachova, V., Kovtun, O., Vovk, M. (2023). Evaluation of the effectiveness of the use of (pyridine-4-yl)oxysubstituted imidazo[2,1-*b*][1,3]thiazines as growth inhibitors for *Cucumis sativus*. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 32–40, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-5>

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF (PYRIDIN-4-YL)OXY SUBSTITUTED IMIDAZO[2,1-*b*][1,3]THIAZINES AS GROWTH INHIBITORS OF CUCUMIS SATIVUS

*In this work, the rust-inhibiting effect of new pyridine-substituted imidazo[2,1-*b*][1,3]thiazines was investigated. Model objects 6-[(pyridin-4-yl)oxy]-2,3-diphenyl-6,7-dihydro-5H-imidazo[2,1-*b*][1,3]thiazine 3a and*

3-[(pyridin-4-yl)oxy]-3,4-dihydro-2H-benzo[4,5]imidazo[2,1-b][1,3]thiazines **3b-d** were synthesized by the interaction of 3-hydroxyimidazo[2,1-b][1,3]thiazines with 4-fluoropyridines. The obtained compounds were studied to identify the peculiarities of the physiological development of seedlings of the dicot plant *Cucumis sativus*. According to the results of the conducted experiment, it was established that the course of physiological processes in the plant organism has a multifaceted nature. The inhibitory effect depends on the structure of the compounds, the concentration of the solutions and the method of their application. It was shown that the synthesized (4-pyridinyloxy)imidazo[2,1-b][1,3]thiazines have a rather strong and stable inhibitory effect in concentrations of 0.1–0.001%. Depending on the intensity and nature of the manifestation of the inhibitory effect, the studied compounds can be placed in a series of increasing inhibitory effect: **3c**<**3d**<**3b**<**3a**. Seed soaking in 0.01–0.0001% solutions for all compounds showed the same result with a strong inhibitory effect that caused complete embryonic death of the seeds.

The investigated compounds are characterized by a certain period of intense inhibitory effect on the plant organism, therefore they are promising for studying them as components of "pre-emergence" herbicides.

Key words: 6-[(pyridin-4-yl)oxy]-2,3-diphenyl-6,7-dihydro-5H-imidazo[2,1-b][1,3]thiazines, 3-[(pyridin-4-yl)oxy]-3,4-dihydro-2H-benzo[4,5]imidazo[2,1-b][1,3]thiazines, *Cucumis sativus* plants, growth inhibitory activity.

Ретельну увагу дослідників у галузях органічної, фармацевтичної, медичної хімії та агрохімії привертають похідні піридину, потенціал яких все ще залишається невичерпаним, незважаючи на багату історію пошуку серед них потенційних біологічно активних агентів. Особлива роль відводиться похідним піридину в агрономії, оскільки на їх основі створені препарати, які є регуляторами росту рослин, гербіцидами, інсектицидами, акарицидами, фунгіцидами, бактерицидами, антидотами гербіцидів. Так, похідна піридинілоксиоцтової кислоти Флуроксіпір (**I**) є гербіцидом системної дії, який ефективно використовується у боротьбі з дводольними бур'янами *Galeopsis*, *Polygonum convolvulus* L. *Polygonum convolvulus* L., *Stellaria media*; гербіцид Квінклорак - похідна хінолінкарбонової кислоти (**II**) - продуктивний у боротьбі з широким спектром однорічних злакових просоподібних рослин; пестицид та післясходовий гербіцид Амінопіралід (**III**)

використовується для обприскування пасовищ і зернових культур проти широколистих бур'янів. Важливо відзначити, що такі комерційні гербіциди як Дифлуфензопір та Дитіопір також містять піридиновий цикл і є перспективними препаратами для боротьби з цілою низкою бур'янів [1, 2].

Детальний аналіз літературних джерел засвідчив, що структурна модифікація піридиніламінами фрагментами різного типу гетероциклічних субстратів може сприяти одержанню сполук із вираженою гербіцидною активністю [3-5]. Прикладом гібридних структур із помітною гербіцидною дією є похідні 3-(піридин-2-іл)бензенсульфонамідів (**IV**), які виявились ефективними у боротьбі з *Barnyard grasses*, *Foxtail millet*, *Stellaria media* L. [6]. В свою чергу феноксіпіридин-2-піролідинони (**V**) належать до післясходових гербіцидів і використовується для боротьби з бур'янами *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon*

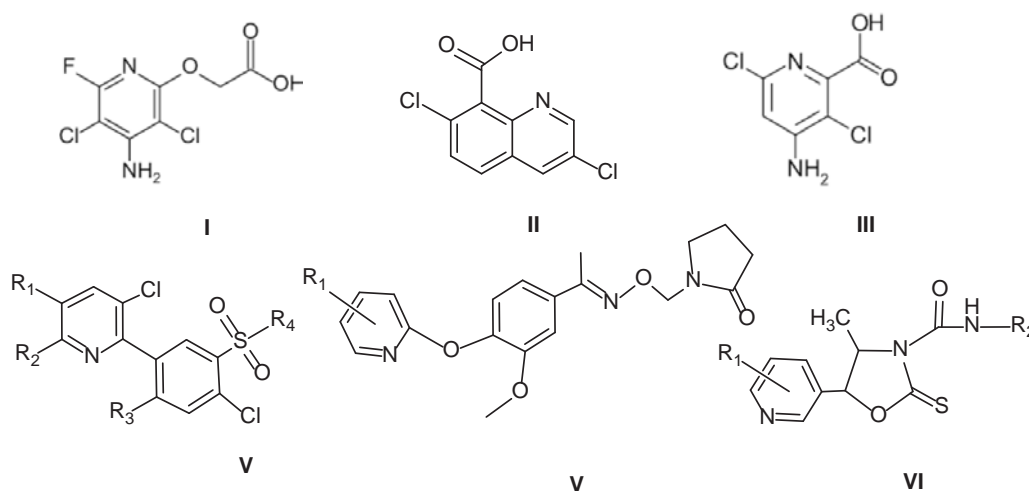


Рис. 1. Приклади сполук із піридиновим фрагментом, що проявляють ефективну гербіцидну активність

theophrasti, *Digitaria sanguinalis* [7], а похідні 3-амінокарбоніл-2-оксазолідинтіону із заміщеним піридиновим ядром (**VI**) проявляють гербіцидну дію по відношенню до бур'янів *Echinochloa crispigalli*, *Sorghum vulgare*, *Digitaria sanguinalis*, *Eclipta prostrata*, *Cucumis sativus* та *Brassica campestris* [8].

Беручи до уваги широкий спектр біологічної дії похідних піридину видавалось доцільним модифікувати будову раніше синтезованого нами імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинового каркасу піридиновими фрагментами та дослідити можливу ристінгібуючу активність нових гібридних структур. Для реалізації поставленого завдання, як модельні об'єкти дослідження реакцією 3-гідроксиімідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинів **1a,b** із 4-фторопіридинами **2a-c** були синтезовані 6-[(піридин-4-іл)окси]-2,3-дифеніл-6,7-дигідро-5*H*-імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазин **3a** та 3-[(піридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2*H*-бензо[4,5]імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазини **3b-d** (Схема 1.) [9].

Скринінг інгібуючої активності одержаних похідних **3a-d** проводили оцінюючи вплив різних концентрацій та будови (4-піридинілокси) модифікованих імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинів **3a-3d** на особливості раннього росту і розвитку рослинного організму *Cucumis sativus* на стадіях проростання насіння та формування проростків.

У результаті досліджень впливу тестованих сполук **3a-d** на особливості росту і розвитку огірка *Cucumis sativus* були отримані неодно-

начні результати. Так, за використання цих сполук у концентраціях 0,1–0,0001 % при витримванні насіння протягом 24 год. була відмічена чітка ристінгібуюча дія, яка спричинила повну ембріональну загибель насіння *Cucumis sativus*. Щодо контрольного варіанту, то показник схожості коливався в межах 98,3–100 %, тобто не було виявлено суттєвої статистичної різниці між варіантами досліджень (таблиця 1).

Аналіз результатів досліджень у розрізі відповідних сполук свідчить, що за замочування насіння у розчинах 6-[(3-нітропіридин-4-іл)окси]-2,3-дифеніл-6,7-дигідро-5*H*-імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазину **3a** спостерігається, як зазначалось, повна загибель рослинних організмів. За використання цієї сполуки шляхом обробки насіння також відмічено значний негативний вплив на ріст і розвиток паростків, але відповідно з нижчою інтенсивністю. У даних варіантах значення показника життєздатності коливалось у межах 96,7–100 %. Це свідчить, що інтенсивність впливу в усіх варіантах була практично рівнозначною щодо даного показника. Однак необхідно зазначити, що спостерігалась тенденція до його зниження. Так, за обробки проростків 6-[(3-нітропіридин-4-іл)окси]-2,3-дифеніл-6,7-дигідро-5*H*-імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазином **3a** зафіксовано, що зниження концентрації сприяло зменшення прояву інгібуючого ефекту. Відповідно за використання 0,1 %–0,0001 % концентрацій робочих розчинів показник маси проростка коливався від 0,021 г до 0,034 г та довжини – від 1,71 см до 3,8 см, що відповідно було нижче

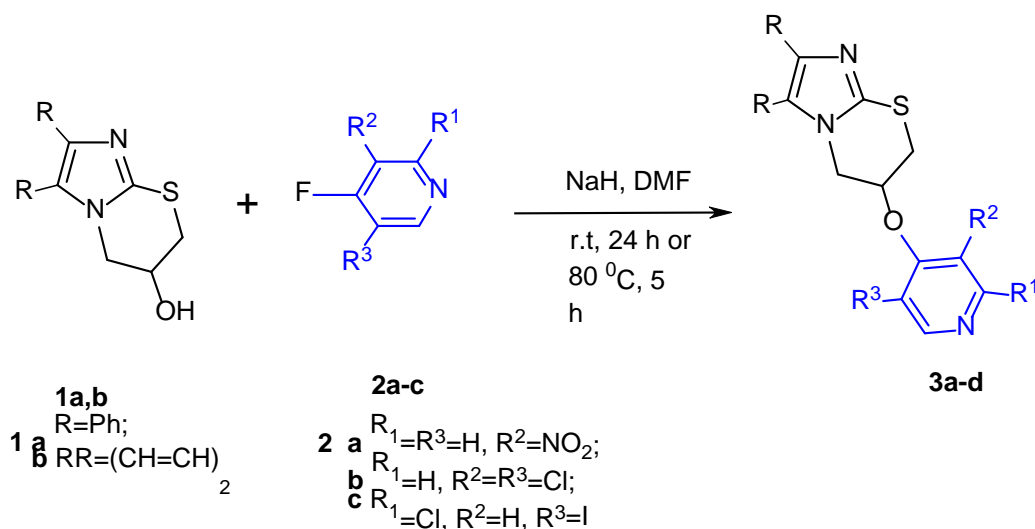


Схема 1. Синтез піридин-4-ілоксизаміщених (бензо)імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинів

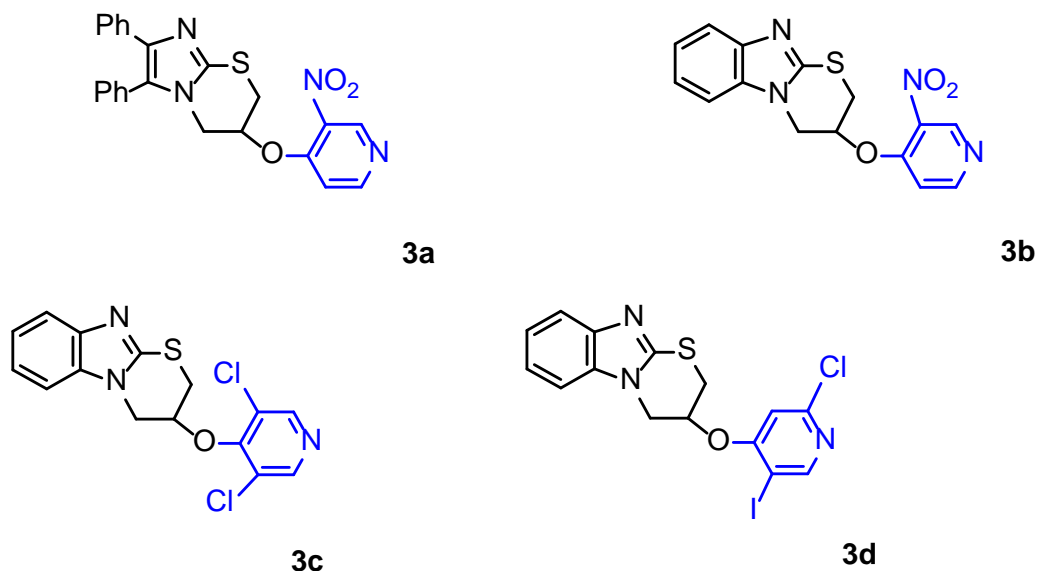


Рис. 2. Сполуки, які досліджувалися на рістінгібуючу активність

контролю на 0,006–0,019 г та 0,05–2,14 см. За обробки проростків дистильованою водою (контроль) показник їх маси становив 0,040 г, довжини – 3,85 см.

Сполука 3-[(3-нітропіридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2H-бензо[4,5]імідазо[2,1-b][1,3]тіазин **3b** за ефективністю впливу на ріст і розвиток *Cucumis sativus* була близькою до похідної імідазотіазину **3a**. Витримування насіння у 0,1–0,001 % розчинах викликало загибель рослинного організму. За дослідження впливу цієї сполуки на біометричні параметри рослинного організму, при використанні її шляхом обробки проростків, зафіксовано певну закономірність їх дії. Зокрема, за обробки 0,1–0,001 % розчинами сполуки **3b** показники маси проростка коливались у межах 0,035–0,055 г, довжини – 3,91–5,78 см. Обробка проростків 0,0001 % розчином сполуки **3b** зафіксовано зниження інтенсивності прояву пригнічуючого ефекту. Це відповідно сприяло формуванню паростків масою 0,055 г та довжиною 5,78 см.

Такий вплив вище зазначених сполук зумовлений взаємозв'язом «структура – рістінгібуюча активність». Тобто особливістю структурної будови сполук **3a,b** є наявність нітрогрупи у піридинільному фрагменті. Перехід від бензімідазольного до 2,3-дифенілімідазольного циклу приводить до зростання інгібуючого ефекту цих сполук у концентрації 0,1 %, а у випадку концентрації 0,01 % – навпаки до спадання.

Оцінка отриманих результатів щодо впливу 3-[(2-хлор-5-йодопіридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2H-бензо[4,5]імідазо[2,1-b][1,3]тіазину **3d**, яка містить бензімідазольний фрагмент, на особливості раннього росту і розвитку *Cucumis sativus* свідчать про прояв ефекту, який є практично ідентичним до ефектності впливу сполуки **3c**. Так, при замочуванні насіння у 0,1–0,0001% робочих розчинах цих сполук була виявлена сильна інгібуєча дія, що спричинила повну ембріональну загибель насіння.

Результати досліджень впливу сполуки **3d** на ріст і розвиток проростків свідчать про стабільний інгібуючий ефект при її використанні у концентраціях 0,1–0,001 %. Так, за обробки 0,1–0,001 % розчинами сполуки **3d** показники маси проростка коливались від 0,047 до 0,068 г, довжини – від 6,13 до 7,12 см. У варіанті за використання сполуки у концентрації 0,0001 %, практично не було зафіксовано інтенсивного прояву пригнічуючої дії сполуки. Відповідно показники маси та довжини проростків характеризувались наближено ідентичними показниками. За умов обробки дистильованою водою (контроль) маса проростків становила 0,087 г, довжина – 8,55 см.

Подібним проявом рістінгібуючої дії характеризується 3-[(3,5-дихлоропіридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2H-бензо[4,5]імідазо[2,1-b][1,3]тіазин **3c**. За обробки проростків *Cucumis sativus* 0,1–0,001 % концентраціями розчинів цієї сполуки показники маси проростка змінювався від

Таблиця 1
Вплив піридин-4-ілоксимодифікованих імідазо[2,1-*b*][1,3]тіазинів на основні параметри *Cisimtis sativus* на різних етапах органіогенезу

Спогук	Показник	Варіант досліджу														НР ₀₅
		Оброблення насіння							Оброблення проростка							
		дист. вода	0,1 %	0,01 %	0,001 %	0,0001 %	дист. вода	0,1 %	0,01 %	0,001 %	0,0001 %					
3a	Схожість/Життєздатність, %	100	-	-	-	-	100	98,3	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	2,83	
	Маса одного проростка, г	0,040	-	-	-	-	0,040	0,021	0,026	0,030	0,034	0,034	0,034	0,05		
	Довжина одного проростка, см	3,85	-	-	-	-	3,85	1,71	3,5	3,7	3,8	3,8	3,8	0,28		
3b	Схожість/Життєздатність, %	100	-	-	-	-	100	100	98	100	100	100	98	3,12		
	Маса одного проростка, г	0,056	-	-	-	-	0,056	0,035	0,049	0,054	0,055	0,055	0,02			
	Довжина одного проростка, см	6,35	-	-	-	-	6,35	3,91	4,63	5,54	5,78	5,78	0,21			
3c	Схожість/Життєздатність, %	98,3	-	-	-	-	98,3	96,7	97,3	97,7	98	98	3,15			
	Маса одного проростка, г	0,050	-	-	-	-	0,050	0,042	0,046	0,049	0,049	0,049	0,02			
	Довжина одного проростка, см	5,30	-	-	-	-	5,30	4,33	4,68	4,91	5,28	5,28	0,19			
3d	Схожість/Життєздатність, %	98,3	-	-	-	-	98,3	90,7	97,3	97,3	97,3	97,3	2,71			
	Маса одного проростка, г	0,087	-	-	-	-	0,087	0,047	0,052	0,068	0,085	0,085	0,01			
	Довжина одного проростка, см	8,55	-	-	-	-	8,55	6,13	6,01	7,12	8,55	8,55	0,12			

0,042 до 0,049 г, а довжини – від 4,33 до 4,91 см. Це свідчить, що у всіх варіантах інтенсивність прояву дії досліджуваної сполуки не мала суттєвої та чітко вираженої різниці. У варіанті за використання 3-[(3,5-дихлоропіридин-4-іл)окси]-3,4-дигідро-2H-бензо[4,5]імідазо[2,1-b][1,3]тіазин **3c** у концентрації 0,0001 % зафіксовано формування проростків маса яких була близькою до показника маси проростка у контрольному варіанті. Це свідчить про суттєво послаблення негативного впливу сполуки на ріст і розвиток рослинного організму. На нашу думку, такий ефект обумовлений будовою піридинового фрагмента, який містить 3,5-дихлорний замісник.

В цілому аналіз ефективності прояву рістінгуючої активності сполук **3a-d** свідчить, що найвищою пригнічуючою дією характеризується гібридна структура із 3-нітропіридинового та 2,3-дифенілімідазо[2,1-b][1,3]тіазинового циклів **3a**. Найсильніший прояв її інгібуючої дії характеризується зниженням показника маси проростка на 0,019 г (47,5 %) та довжини на 2,14 см (55,6 %) в порівнянні з контролем.

Отже, підсумовуючі вищенаведені результати досліджень, можна зробити висновок, що ефективність прояву рістінгуючого впливу (4-піридинілокси)модифікованих імідазо[2,1-b][1,3]тіазинів **3a-d** на ранніх етапах органогенезу рослинного організму залежить від будови сполуки, дози та способу її застосування (замочування, обробка). Залежно від інтенсивності та характеру впливу на протікання фізіологічних процесів у рослинах *Cucumis sativus*, досліджувані сполуки можна розмістити у наступний ряд за збільшенням пригнічуючого ефекту: **3c < 3d < 3b < 3a**. Оскільки синтезовані (піридин-4-іл)оксидіазо[2,1-b][1,3]тіазини характеризуються сильним і відносно стабільним пригнічуючим впливом у концентраціях від 0,1 до 0,001 %, тому вони є перспективними для подальшого вивчення як складників «досходових» гербіцидів у боротьбі із дводольними рослинами.

Експериментальна частина

Культура експерименту – *Cucumis sativus*, що належить до дводольних рослин. Дослід проводився у триразовій повторності.

Вивчення особливостей впливу синтезованих сполук піридин-4-ілоксидіазо[2,1-b][1,3]тіазинів на початкових ста-

діях розвитку рослинних організмів проводили за наступними схемами:

Схема 1. Контроль (насіння витримували у дистильованій воді); насіння витримували у 0,1 %, 0,01 %, 0,001 % та 0,0001 % розчині досліджуваної сполуки. Тривалість витримання – 24 год.

Схожість насіння визначали відповідно до Державного стандарту України 4138-2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» [10]. Розрахунок показника проводився у відносних одиницях – відсотках від загальної кількості насіння, що була використана для проростання, як середнє між трьома пробами (варіантами).

Схожість насіння визначали наступним чином. Спочатку із чистого насіння відбирали три проби у кількості по 50 насінин відповідно на кожен варіант досліду. У подальшому насіння витримували протягом 24 год у дистильованій воді (контроль) та відповідних концентраціях досліджуваних розчинів синтезованих сполук піридин-4-ілоксидіазо[2,1-b][1,3]тіазинів. Приготування розчинів сполук проводили шляхом їх додавання у наступних дозах: 1000 мг/л (0,1%), 100 мг/л (0,01%), 10 мг/л (0,001%), 1 мг/л (0,0001%).

Через 24 години витримання насіння у дистильованій воді та досліджуваних розчинах насіння поміщали у чашках Петрі на фільтрувальний папері. Чашки Петрі поміщали у термостати, де підтримували температуру близько 25°C протягом 7 днів. На сьомий день експерименту відповідно до ДСТУ 4138-2002 проводили визначення схожості. Даний показник виражали відсотковим відношенням кількості насіння, що проросло, до загальної кількості висіяного.

Схема 2. Контроль (обробка проростків дистильованою водою); обробка проростків у 0,1 %, 0,01 %, 0,001 % та 0,0001 % розчинах синтезованих сполук піридин-4-ілоксидіазо[2,1-b][1,3]тіазинів.

Перед початком експерименту проростки вирощували на дистильованій воді за дотриманням умов ДСТУ 4138-2002 (наведені вище, схема № 1). На 7-й день розвитку проростків розпочинали закладку досліду. На першому етапі відбирали три проби по 50 шт. непошкоджених та практично однакових по біометричним параметрам (відхилення у рості не більше

10 %) проростків на кожен варіант досліду. На наступному етапі проростки обробляли дистильованою водою (контроль) та розчинами досліджуваних сполук відповідних концентрацій. Приготування розчинів сполук проводили шляхом їх додавання у наступних дозах: 1000 мг/л (0,1%), 100 мг/л (0,01%), 10 мг/л (0,001%), 1 мг/л (0,0001%).

Показник життєздатності проростків виражали відсотковим відношенням кількості проростків, що активно ростуть та розвиваються до загальної кількості, яку було використано під час закладки досліду (50 шт.).

З метою оцінки впливу досліджуваних сполук на біометричні параметри сформованих пророс-

тків, на 7-й (схема № 1) та 14-й день (схема № 2) проводили визначення середньої маси ваговим методом, та довжини – вимірюванням. Ці показники визначали шляхом аналізу по 30 проростків з кожного варіанту досліду.

Досліджувані схеми дозволяють провести оцінку впливу різних концентрацій досліджуваних сполук на фізіологічні процеси рослинного організму на початкових стадіях розвитку рослинного організму – проростання насіння та формування проростка.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу за прописом, з використанням комп'ютерної програми Alfa.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Wehtje, G.R. Synergism of Dicamba with Diflufenzopyr with Respect to Turfgrass Weed Control. *Weed Technology*. 2008. 22(4). 679- 684.
2. Armbruster, B.L.; Molin, W.T.; Bugg M.W. Effects of the herbicide dithiopyr on cell division in wheat root tips. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 1991. 39(2). 110-120.
3. Wang, Q. M.; Sun, H. K.; Cao, H. Y.; Cheng, M. R.; Huang, R. Q. Synthesis and herbicidal activity of 2-cyano-3-substitutedpyridinemethylamino-acrylates. *J. Agric. Food Chem.* 2003. 51. 5030-5035.
4. Obojska, A.; Berlicki, L.; Kafarski, P.; Lejczak, B.; Chicca, M. and Forlani, G. Herbicidal Pyridyl Derivatives of Aminomethylene-bisphosphonic Acid Inhibit Plant Glutamine Synthetase. *J. Agric. Food Chem.* 2004. 52. 3337–3344.
5. Nan, J.-X.; Yang, J.-F.; Lin, H.-Y.; Yan, Y.-C.; Zhou, S.-M.; Wei, X.-F. Chen, Q.; Yang, W.-C.; Qu, R.-Y. and Yang, G.-F. Synthesis and Herbicidal Activity of Triketone-Aminopyridines as Potent p-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Inhibitors. *J. Agric. Food Chem.* 2021. 69. 5734-5745.
6. Xie, Y.; Peng, W.; Ding, F.; Liu, S.-J.; Ma, H.-J. and Liu, C.-L. Quantitative structure–activity relationship (QSAR) directed the discovery of 3-(pyridin-2-yl)benzenesulfonamide derivatives as novel herbicidal agents. *Pest Manag Sci* . 2018. 74(1). 189-199.
7. Zhao, L.-X.; Hu, J.-j.; Wang, Z.-x. Yin, M.-l.; Zou, Y.-l.; Gao, S.; Fu, Y., Ye, F. Novel phenoxy-(trifluoromethyl) pyridine-2-pyrrolidinone-based inhibitors of protoporphyrinogen oxidase: Design, synthesis, and herbicidal activity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2020. 170. 104684.
8. Li, G.; Qian, X.; Cui, J.; Huang, Q.; Zhang, R.; Guan, H. Synthesis and Herbicidal Activity of Novel 3-Aminocarbonyl-2-oxazolidinethione Derivatives Containing a Substituted Pyridine Ring. *J. Agric. Food Chem.* 2006. 54. 125–129.
9. Slyvka N, Saliyeva L., Holota S., Tkachuk V., Vaskevych A., Vaskevych A., Vovk M. Convenient Synthesis of 4-pyridinyloxy-Modified imidazo[2,1-b][1,3]thiazines as Potential Antiinflammatory Agents. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2023, 13, 2, 183.
10. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Державний стандарт України. Вид. офіц. [чинний від 2004-01-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2003. 173 с. [in Ukrainian].

REFERENCES:

1. Wehtje, G.R. Synergism of Dicamba with Diflufenzopyr with Respect to Turfgrass Weed Control. *Weed Technology*. 2008. 22(4). 679- 684.
2. Armbruster, B.L.; Molin, W.T.; Bugg M.W. Effects of the herbicide dithiopyr on cell division in wheat root tips. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 1991. 39(2). 110-120.
3. Wang, Q. M.; Sun, H. K.; Cao, H. Y.; Cheng, M. R.; Huang, R. Q. Synthesis and herbicidal activity of 2-cyano-3-substitutedpyridinemethylamino-acrylates. *J. Agric. Food Chem.* 2003. 51. 5030-5035.
4. Obojska, A.; Berlicki, L.; Kafarski, P.; Lejczak, B.; Chicca, M. and Forlani, G. Herbicidal Pyridyl Derivatives of Aminomethylene-bisphosphonic Acid Inhibit Plant Glutamine Synthetase. *J. Agric. Food Chem.* 2004. 52. 3337–3344.
5. Nan, J.-X.; Yang, J.-F.; Lin, H.-Y.; Yan, Y.-C.; Zhou, S.-M.; Wei, X.-F. Chen, Q.; Yang, W.-C.; Qu, R.-Y. and Yang, G.-F. Synthesis and Herbicidal Activity of Triketone-Aminopyridines as Potent p-Hydroxyphenylpyruvate Dioxygenase Inhibitors. *J. Agric. Food Chem.* 2021. 69. 5734-5745.

6. Xie, Y.; Peng, W.; Ding, F.; Liu, S.-J.; Ma, H.-J. and Liu, C.-L. Quantitative structure–activity relationship (QSAR) directed the discovery of 3-(pyridin-2-yl)benzenesulfonamide derivatives as novel herbicidal agents. *Pest Manag Sci* . 2018. 74(1). 189-199.
7. Zhao, L.-X.; Hu, J.-j.; Wang, Z.-x. Yin, M.-l.; Zou, Y.-l.; Gao, S.; Fu, Y., Ye, F. Novel phenoxy-(trifluoromethyl) pyridine-2-pyrrolidinone-based inhibitors of protoporphyrinogen oxidase: Design, synthesis, and herbicidal activity. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2020. 170. 104684.
8. Li, G.; Qian, X.; Cui, J.; Huang, Q.; Zhang, R.; Guan, H. Synthesis and Herbicidal Activity of Novel 3-Aminocarbonyl-2-oxazolidinethione Derivatives Containing a Substituted Pyridine Ring. *J. Agric. Food Chem*. 2006. 54. 125–129.
9. Slyvka N, Saliyeva L., Holota S., Tkachuk V., Vaskevych A., Vaskevych A., Vovk M. Convenient Synthesis of 4-pyridinyloxy-Modified imidazo[2,1-*b*][1,3]thiazines as Potential Antiinflammatory Agents. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 2023, 13, 2, 183.
10. DSTU 4138-2002 Nasinnya sil's'kogospodars'kih kul'tur. Metodi viznachennya yakosti. Derzhavnij standart Ukraïni. Vid. ofic. [chinnij vid 2004-01-01]. Kiïv: DP «UkrNDNC», 2003. 173s. [in Ukrainian].