

НЕОНИКОТИНОЇДИ

для захисту сільськогосподарських культур: екологічні аспекти застосування

Мета. Екологічна оцінка неонікотиніду (імідаклоприду, клотіанідину, тіаметоксаму) за протруєння насіння. **Методи.** Дослідження проводили з дотриманням умов вегетаційного методу. Насіння сої (*Glycine max* (L.) Merr.) протруювали інсектицидами в рекомендованій виробниками нормі. Вміст діючих речовин визначали з використанням хроматографічних методів аналізу. Статистичну обробку одержаних даних здійснювали методами дисперсійного і регресійного аналізу. **Результати.** Тенденції розподілу діючих речовин в рослинах та ґрунті визначаються комплексом факторів: фізико-хімічними властивостями (за величиною коефіцієнта гідрофобності $\log K_{ow}$, розчинністю у воді тощо), особливостями рослини, умовами культивування, типом ґрунту, а їх вміст впродовж вегетаційного періоду залежить від норми застосування і початкової кількості (вихідний токсичний потенціал) сполуки. Детоксикація неонікотиніду відбувається за експоненційною моделлю, що описується відповідними рівняннями, за якими можна оцінити вміст сполуки (С, мг/кг) у будь-який віддалений момент часу (t, доба), і які доцільно використовувати для їх первинного скринінгу в об'єктах агроценозу. Зменшення вмісту неонікотиніду відбувається з різною швидкістю (k): 0,049—0,109 діб⁻¹ (для рослин) та 0,089—0,100 діб⁻¹ (для ґрунту). Розраховані методом математичного моделювання, який передбачає розрахункове відтворення процесів детоксикації за фактичними даними, T_{50}/T_{95} становлять відповідно 6,4—14,1 діб / 27,4—61,0 діб (для рослин) та 6,9—7,7 діб / 29,9—33,2 діб (для ґрунту). **Висновки.** За регламентованого застосування препаратів на основі неонікотиніду для протруєння насіння, активні інгредієнти розпадаються в агроценозах впродовж вегетаційного періоду до рівня, що не перевищує гігієнічних нормативів, і не забруднює довкілля.

інсектициди; протруєння насін-

О.В. ЦУРКАН,
кандидат сільськогосподарських наук

Т.П. ПАНЧЕНКО,
кандидат сільськогосподарських наук

Л.М. ЧЕРВ'ЯКОВА,
кандидат сільськогосподарських наук
Інститут захисту рослин НААН,
вул. Васильківська, 33, м. Київ,
03022, Україна

ня; моделювання; екотоксикологічні критерії; екологічна оцінка

Неонікотиніди — системні сполуки широкого спектра дії, які широко застосовувалися в сільському господарстві впродовж останніх десятиліть і продовжують застосовуватися завдяки високій інсектицидній активності за малих норм витрат, універсальності способів застосування та низькій токсичності для ссавців (III—IV клас за ВООЗ — помірно та малонебезпечні сполуки). Препарати на їх основі зареєстровано у 120 країнах світу і застосовуються проти широкого спектра шкідників (сисних, листогризухих, ґрунтоживучих) ріпаку, тютюну, бобових, зернових, плодних та овочевих культур, а обсяги їхнього застосування сягають 25% світового ринку інсектицидів [1]. Ряд зарубіжних науковців декларують, що масштабне застосування неонікотиніду для захисту сільськогосподарських культур може призводити до міграції сполук (та їх метаболітів) в агроценозах та мати потенційний негативний вплив на нецільових безхребетних, зокрема запилювачів. Такі висновки призвели до заборони використання імідаклоприду, тіаметоксаму та клотіанідину

в країнах Європейського Союзу (Регламент ЄС 2018/783, 784, 785) та спричинили зростаючий політичний, науковий, практичний та громадський інтерес до стратегії оцінки та подальшого розуміння їхнього впливу на навколишнє середовище [2—4]. Водночас ці пестициди широко використовуються в інших країнах світу і, зокрема, в Україні (близько 300 препаратів зареєстровано в Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [5]), адже наразі не запропоновано ефективної адекватної альтернативи. В наукових джерелах широко висвітлено міжнародний досвід щодо впливу неонікотиніду на запилювачів та інші нецільові організми [6—8]. Досліджено їх детоксикацію в різних типах ґрунтів та рослинах сільськогосподарських культур за різних способів застосування, проте екологічний аспект у контексті застосування/заборони цих діючих речовин є досить дискусійним [9—16]. Потенційно небезпечні неонікотиніди часто застосовуються способом протруєння насіннєвого матеріалу. Цей технологічний прийом вже сам по собі позиціонується як екологічно орієнтований, оскільки пестицидне навантаження на агроценоз значно нижче, ніж за обприскування. Але навіть за такого підходу питання екологічно безпечного застосування інсектицидів-неонікотиніду зберігає актуальність і гостро потребує постійного моніторингу, який базується на вивченні кінетики детоксикації в об'єктах агроценозу та оцінці рівня потенційної екологічної небезпеки за низкою критеріїв.

Мета роботи — екологічна оцінка неонікотиніду (імідакло-

приду, клотіанідину, тіаметоксаму) за протруювання насіння.

Методика досліджень. Лабораторні та вегетаційні дослідження проводили в 2022—2024 рр. в лабораторії аналітичної хімії пестицидів Інституту захисту рослин. Насіння сої (*Glycine max* (L.) Merr.) ранньостиглого сорту Устя вітчизняної селекції протруювали, використовуючи рекомендовану виробниками норму за наведеними варіантами:

1. Контроль (обробка водою);
2. Пікус 600, ТН (імідаклоприд, 600 г/л) — норма витрати за препаратом (н.в.) 0,5 л/т (за діючою речовиною 300 г/т);
3. Гаучо Плюс 466 FS, ТН (імідаклоприд, 233 г/л + клотіанідин, 233 г/л) — н.в. 0,5 л/т (за діючими речовинами 116,5 г/т + 116,5 г/т);
4. Метакса, ТН (тіаметоксам, 350 г/л) — н.в. 1,7 л/т (за діючою речовиною 600 г/т).

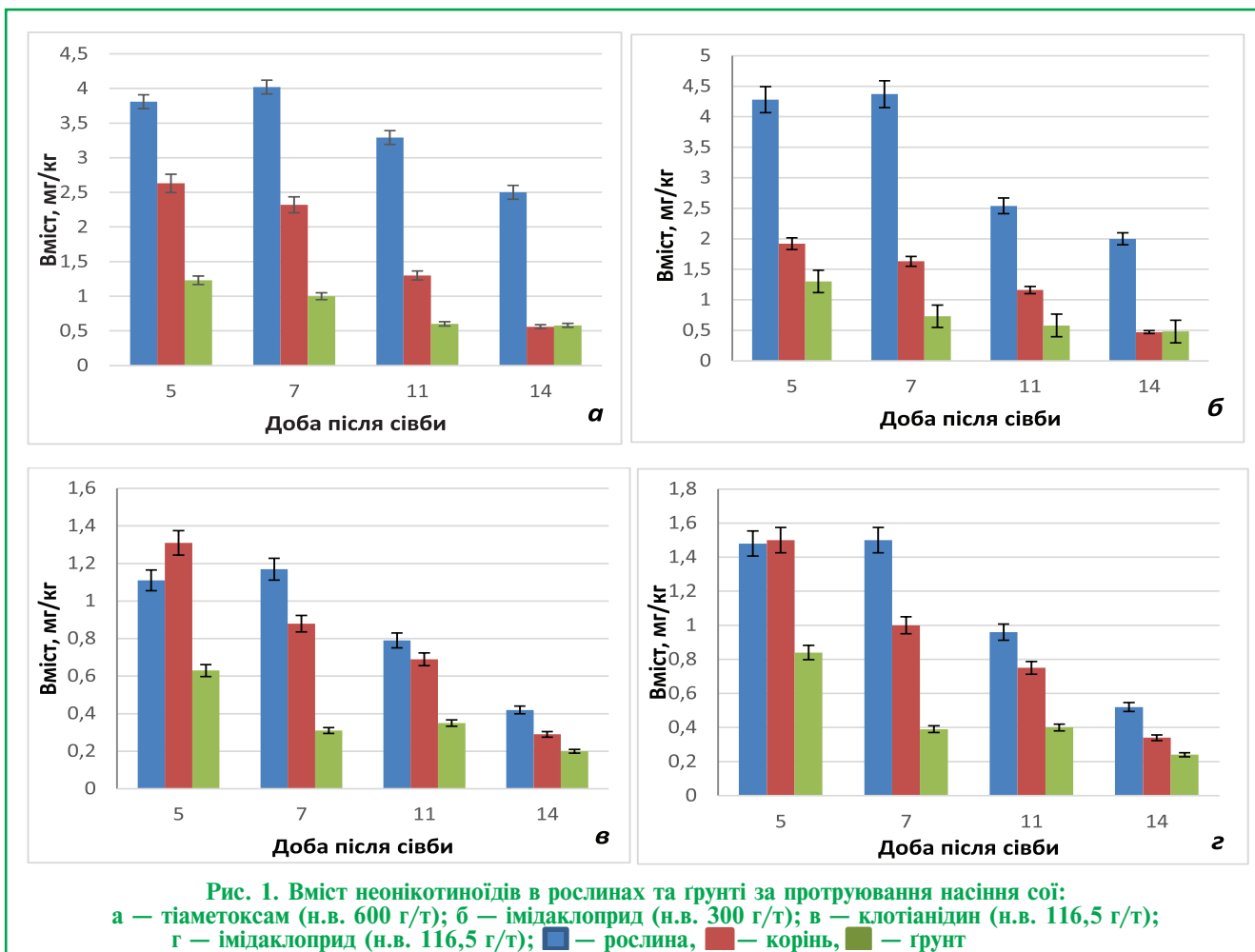
Дослідження проводили впро-

довж квітня — травня з дотриманням вимог вегетаційного методу. Рослини вирощували в пластикових посудинах (грунт сірий опідзолений з вмістом гумусу 2,2%, рН 6,1) за природного освітлення і температури. Повторність досліду чотириразова. Відбирали зразки рослин з інтервалом 5 діб (після появи сходів). Вміст діючих речовин у рослинах визначали з використанням Алгоритму хіміко-аналітичного моніторингу пестицидів [17]. Статистичну обробку одержаних даних здійснювали методами дисперсійного та регресійного аналізу з використанням Microsoft Office Excel.

Результати досліджень та обговорення. Вивчення кінетики процесів транслокації та трансформації пестицидів в агроценозах є важливим не лише для визначення тривалості їхньої захисної дії, а й для розробки моделей прогнозування їхнього вмісту в об'єктах агроценозів, ґрунті та екологічної оцінки ризику за-

стосування. Характер розподілу діючих речовин у рослинах та ґрунті визначається комплексом факторів: фізико-хімічними властивостями (за величиною коефіцієнта гідрофобності $\log K_{ow}$, розчинністю у воді тощо), особливостями рослини, умовами культивування, типом ґрунту. Вміст діючих речовин впродовж вегетаційного періоду залежить від норми застосування та початкової кількості (вихідний токсичний потенціал) сполуки (рис. 1).

Для імідаклоприду з н.в. 300 г/т початковий токсичний потенціал у рослинах фіксували на рівні 4,8 мг/кг, а для клотіанідину і імідаклоприду, за застосування з нормою витрати майже вдвічі меншою (116,5 г/т), відповідний показник також був майже вдвічі нижчим 1,11 та 1,48 мг/кг. Проте для тіаметоксаму (н.в. 600 г/т) початковий вміст зафіксовано майже на такому ж рівні, що і для імідаклоприду за вдвічі нижчої норми застосуван-



ня — 3,9 мг/кг, що імовірно можна пояснити явищем квазі-рівноваги (quasi-equilibrium) [18], яке з погляду класичної хімії позиціонується як насичений розчин клітинного соку щодо конкретної діючої речовини. Слід зазначити, що одним з основних метаболітів тіаметоксаму є клотіанідин, кількісний вміст якого в рослинах та ґрунті за обробки насіння, згідно з результатами різних дослідників, становив від 2,1—4,5% [19] до 10—20% [20] від тіаметоксаму. У наших дослідженнях рівні клотіанідину, утвореного з тіаметоксаму, були в цілому занадто низькими для кінетичної оцінки швидкості його утворення та детоксикації, що потребує подальших детальних досліджень. Для всіх досліджуваних сполук характерне збільшення їх вмісту в рослинах до 7-ї доби, що може свідчити про переважання процесів ксилемної транслокації над процесами трансформації. Надалі вміст діючих речовин поступово

зменшувався на усіх варіантах і до 14-ї доби знизився у 2—3 рази. В коренях, враховуючи їхню фізіологічну специфіку, досліджувані сполуки не накопичуються і спостерігається прямо пропорційна залежність «норма витрати — концентрація (вміст) діючої речовини». Завдяки високій розчинності у воді (340—4100 мг/л) та гідрофільності ($-0,13$ — $-0,91$ за $\log Kow$) у ґрунті на 5-ту добу вміст діючих речовин становив $0,65$ — $2,7$ мг/кг, а до 14-ї доби зменшився до $0,2$ — $0,5$ мг/кг відповідно до початкової норми витрати.

Детоксикація пестицидів розглядається як багатофакторний процес зменшення токсичного потенціалу (вмісту) за рахунок трансформації та транслокації, фактора біологічного розбавлення тощо і відбувається за експоненційною моделлю, що описується відповідними рівняннями (табл.), за якими можна оцінити вміст сполуки (C, мг/кг) у будь-який віддалений момент часу (t, доба), і які доцільно використовувати для первинного скринінгу неонікотиноїдів в об'єктах агроценозу (рис. 2). Імідаклоприд та клотіанідин, за застосування з од-

Критерії екотоксикологічної оцінки неонікотиноїдів за протруювання насіння сої

Діюча речовина	$k \pm 0,011$ діб ⁻¹	$T_{50} \pm 0,5$ діб	$T_{95} \pm 1,5$ діб	Модель детоксикації (R ² 0,74—0,90)
Імідаклоприд	0,110 / 0,100	6,3 / 6,9	30,8 / 29,9	$C=7,4361e^{-0,110t} / C=1,7983e^{-0,100t}$ *
Тіаметоксам	0,049 / 0,089	14,1 / 7,7	61,0 / 33,2	$C=5,2614e^{-0,049t} / C=1,8504e^{-0,089t}$
Клотіанідин	0,109 / 0,100	6,4 / 6,9	27,4 / 29,9	$C=2,2274e^{-0,109t} / C=0,8637e^{-0,100t}$

Примітки: 1) в чисельнику — для рослин, в знаменнику — для ґрунту;
2) * за норми витрати 300 г/т

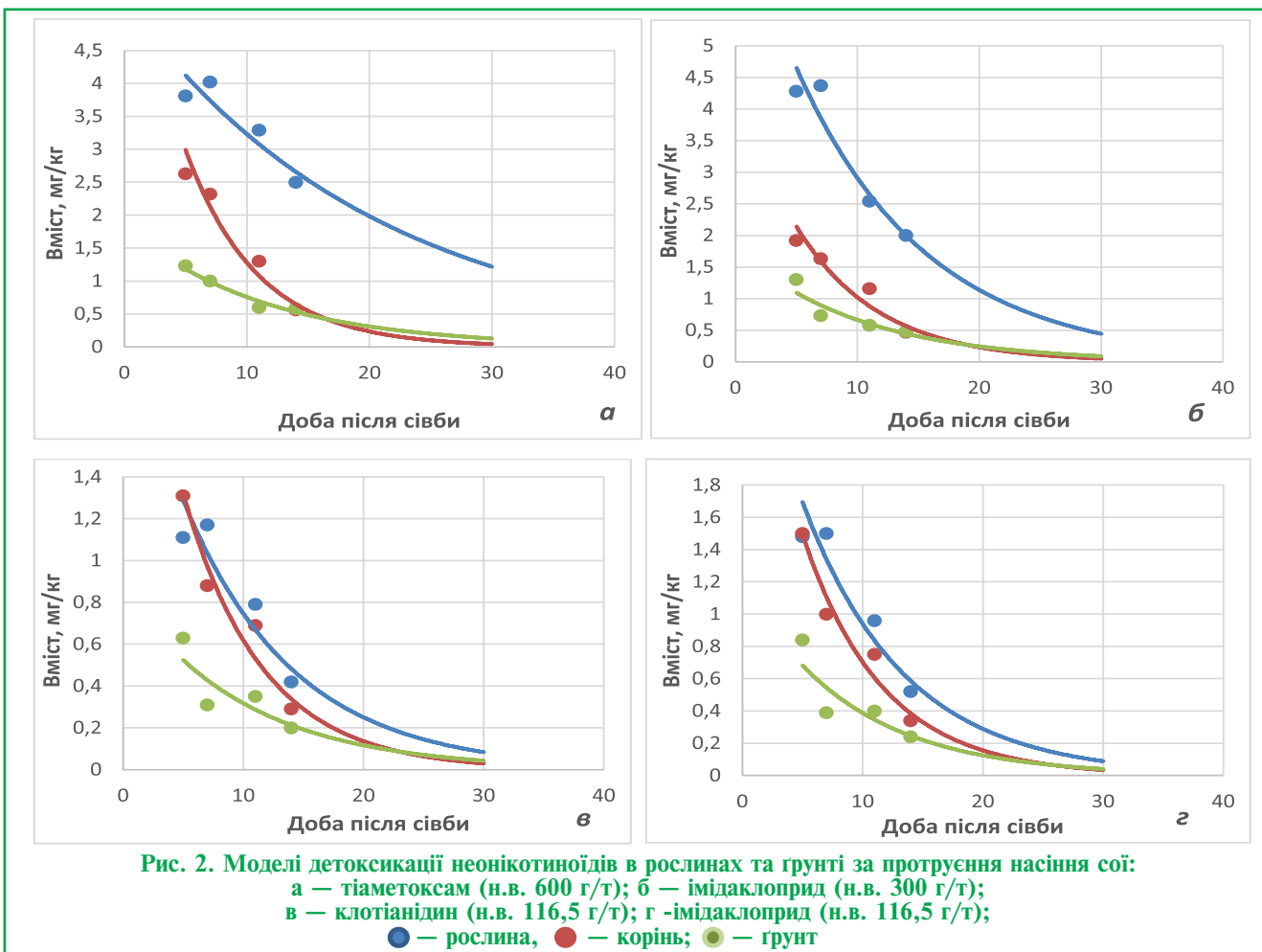


Рис. 2. Моделі детоксикації неонікотиноїдів в рослинах та ґрунті за протруєння насіння сої:
а — тіаметоксам (н.в. 600 г/т); **б** — імідаклоприд (н.в. 300 г/т);
в — клотіанідин (н.в. 116,5 г/т); **г** - імідаклоприд (н.в. 116,5 г/т);
 ● — рослина, ● — корінь; ● — ґрунт

наковою нормою витрат, початкового вмісту 1,48 та 1,11 мг/кг відповідно, і встановленою швидкістю розпаду, виявляються в рослинах на рівні гігієнічних норм (0,05 та 0,02 мг/кг відповідно) на 40–45-ту добу після сівби. При застосуванні імідаклоприду з майже вдвічі більшою нормою витрати і початковим вмістом на рівні 4,8 мг/кг, він виявляється в рослинах на максимальному допустимому рівні (МДР) на 55-ту добу. Тіаметоксам з таким же початковим вмістом у рослинах та з вдвічі меншою швидкістю розпаду виявляється на рівні МДР (0,04 мг/кг) вже на 80-ту добу після сівби. У ґрунті досліджувані сполуки виявляються на рівні орієнтовно допустимої концентрації (ОДК) клотіанідину — 0,03 мг/кг, імідаклоприду — 0,04 мг/кг, тіаметоксаму — 0,1 мг/кг) на 30–40-ву добу після сівби.

Однією зі складових екологічної оцінки пестицидів та моделю їх детоксикації в агроценозі є швидкість цього процесу, яка залежить від фізико-хімічних властивостей сполук і характеризується низкою критеріїв (k — константа швидкості розпаду, T_{50} — період напіврозпаду, T_{95} — період повного розпаду). Результати досліджень свідчать, що зменшення вмісту неонікотиноїдів відбувається з різною швидкістю і k набувають значень 0,049–0,109 діб⁻¹ (для рослин) та 0,089–0,100 діб⁻¹ (для ґрунту). T_{50}/T_{95} , розраховані методом математичного моделювання, який передбачає розрахункове відтворення процесів детоксикації за фактичними даними, становлять відповідно 6,4–14,1 діб/27,4–61,0 діб (для рослин) та 6,9–7,7 діб/29,9–33,2 діб (для ґрунту) (табл.). Встановлені показники k , T_{50} , T_{95} є характеристикою персистентності пестицидів, дають змогу оцінити інтенсивність та здійснювати прогностичне моделювання процесів детоксикації неонікотиноїдів в об'єктах агроценозів.

ВИСНОВКИ

За регламентованого застосування препаратів на основі імідаклоприду, тіаметоксаму, клотіанідину для протруювання насіння, активні інгредієнти розпадаються в агроценозах впродовж вегетаційного періоду до рівня, що не перевищує гігієнічних норм і не забруднює довкілля.

Фінансування. Дослідження виконували в рамках завдання 24.05.01.09.П «Екологічна оцінка хімічного захисту сільськогосподарських культур» ПНД 24 «Захист рослин».

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

ЛІТЕРАТУРА

- Borsuah J.F., Messer T.L., Snow D.D. et al. Literature Review: Global Neonicotinoid Insecticide Occurrence in Aquatic Environments. *Water*. 2020. 12(12). 3388. <https://doi.org/10.3390/w12123388>
- The European Commission Commission Implementing Regulation (EU) No 783/2018 of 29 May 2018 amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011 as regards the conditions of approval of the active substance imidacloprid. [(accessed on 26 February 2020)]; *Off. J. Eur. Union*. 2018. L. 132:31-34. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0783&from=EN>
- The European Commission Commission Implementing Regulation (EU) No 784/2018 of 29 May 2018 amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011 as regards the conditions of approval of the active substance clothianidin. [(accessed on 26 February 2020)]; *Off. J. Eur. Union*. 2018. L. 132:35-39. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0784&from=EN>
- The European Commission Commission Implementing Regulation (EU) 785/2018 of 29 May 2018 amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011 as regards the conditions of approval of the active substance thiamethoxam. [(accessed on 26 February 2020)]; *Off. J. Eur. Union*. 2018. L. 132:40-44. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0785&from=EN>
- Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimiaktiv-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>
- Cheng Zhang, Xinru Wang, Parminder Kaur, Jay Gan. A critical review on the accumulation of neonicotinoid insecticides in pollen and nectar: Influencing factors and implications for pollinator exposure. *Science of The Total Environment*. Vol. 899. 2023. 165670. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165670>
- Arthur David, Cristina Botías, Alaa Abdul-Sada et al. Widespread contamination of wildflower and bee-collected pollen with complex mixtures of neonicotinoids and fungicides

commonly applied to crops. *Environment International*. Vol. 88. 2016. P. 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.011>

8. Lin C.H., Sponsler D.B., Richardson R.T. et al. Honey Bees and Neonicotinoid-Treated Corn Seed: Contamination, Exposure, and Effects. *Environ Toxicol Chem*. 2021. 40(4):1212-1221. doi: 10.1002/etc.4957

9. Mamy L., Pesce S., Sanchez W. et al. Impacts of neonicotinoids on biodiversity: a critical review. *Environ Sci Pollut Res*. 2025. Vol. 32. 2794-2829. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31032-3>

10. Anson R. Main, Elisabeth B. Webb, Keith W. Goynne et al. Impacts of neonicotinoid seed treatments on the wild bee community in agricultural field margins. *Science of The Total Environment*. 2021. Vol. 786. 147299. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147299>

11. Zhao Y., Yang J., Ren J. et al. Exposure Level of Neonicotinoid Insecticides in the Food Chain and the Evaluation of Their Human Health Impact and Environmental Risk: An Overview. *Sustainability*. 2020. 12(18). 7523. <https://doi.org/10.3390/su12187523>

12. Michelle L. Hladik, Anson R. Main, Dave Goulson. Environmental Risks and Challenges Associated with Neonicotinoid Insecticides. *Environmental Science & Technology*. 2018. 52 (6), 3329-3335. DOI: 10.1021/acs.est.7b06388.

13. Damian Pietrzak, Jarosław Kania, Ewa Kmiecik et al. Fate of selected neonicotinoid insecticides in soil–water systems: Current state of the art and knowledge gaps. *Chemosphere*. Vol. 255. 2020. 126981. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126981>

14. Whalen A., Catchot A.L.Jr., Gore J. et al. Temporal Profile of Neonicotinoid Concentrations in Cotton, Corn, and Soybean Resulting from Insecticidal Seed Treatments. *Agronomy*. 2021. 11(6). 1200. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061200>

15. Mota Z.L., Díaz I.A., Martínez-Ávila A.E. et al. A Review of the Adverse Effects of Neonicotinoids on the Environment. *Environments*. 2024. 11(9). 196. <https://doi.org/10.3390/environments11090196>

16. Felicia Kueh Tai, Grant L. Northcott, Jacqueline R. Beggs et al. Scarcity of pesticide data in New Zealand with a focus on neonicotinoids: A review. *Science of The Total Environment*. Vol. 2025. 970. 179044. ISSN 0048-9697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179044>

17. Борзих О.І., Панченко Т.П., Черв'якова Л.М., Гаврилюк Л.Л. Алгоритм хіміко-аналітичного моніторингу пестицидів (Методичні рекомендації). Київ: Інститут захисту рослин НААН, 2020. 13 с. <https://doi.org/10.36495/UDC631.95alhortym/IZR2020>

18. Chiou Cary, Sheng Guangyao, Manes Milton. A Partition-Limited Model for the Plant Uptake of Organic Contaminants from Soil and Water. *Environmental science & technology*. 2001. 35. 1437-44. 10.1021/es0017561

19. Martin J Hilton, Simon N Embury, Paul A Edwards, Christine Dougan, Dean C Ricketts. The route and rate of thiamethoxam soil degradation in laboratory and outdoor incubated tests, and field studies following seed treatments or spray application. *Pest Manag Sci*, 2019, 75: 63-78. DOI 10.1002/ps.5168

20. Hrynyk I., Ilyasova G., Jankowska M. et al. Behavior of Thiamethoxam and Clothianidin in Young Oilseed Rape Plants before Flowering, Monitored by QuEChERS/LC-MS/MS Protocol. *Agriculture*. 2024. 14. 759. <https://doi.org/10.3390/agriculture14050759>

Tsurkan O.,

ORCID: 0000-0003-3370-5229

Panchenko T.,

ORCID: 0000-0002-2860-6464

Chervyakova L.,

ORCID: 0000-0002-2311-9237

Institute of Plant Protection of NAAS,

33, Vasylkivska str., Kyiv,

03022, Ukraine

Neonicotinoids for crop protection: environmental aspects of use

Goal. Ecological assessment of neonicotinoids (imidacloprid, clothianidin, thiamethoxam) for seed treatment. **Methods.** The study was conducted in accordance with the conditions of the vegetation method. Soybean seeds (*Glycine max* (L.) Merr.) were treated with insecticides at the rate recommended by the manufacturers. The content of active substances was determined using chromatographic methods of analysis.

Statistical processing of the obtained data was carried out using methods of variance and regression analysis. **Results.** The distribution patterns of active substances in plants and soil are determined by a complex of factors: physicochemical properties (based on the hydrophobicity coefficient $\log K_{ow}$, water solubility, etc.), plant characteristics, cultivation conditions, soil type, and their content during the growing season depends on the rate of application and the initial amount (initial toxic potential) of the pesticide. Detoxification of neonicotinoids occurs according to an exponential model described by the corresponding equations, which can be used to estimate the content of the compound (C, mg/kg) at any remote point in time (t, day), and which are useful for their initial screening in agroecosystem objects. The reduction of neonicotinoids content occurs at different rates

(k): 0.049—0.109 days⁻¹ (for plants) and 0.089—0.100 days⁻¹ (for soil). Calculated using a mathematical modeling method, which involves the computational reproduction of detoxification processes based on actual data, T₅₀/T₉₅ are 6.4—14.1 days/27.4—61.0 days (for plants) and 6.9—7.7 days/29.9—33.2 days (for soil), respectively. **Conclusions.** With regulated use of neonicotinoid-based products for seed treatment, the active ingredients break down in agroecosystems during the growing season to levels that do not exceed hygienic standards and do not pollute the environment.

insecticides; seed treatment; modeling; ecotoxicological criteria; environmental assessment

Надійшла до редакції: 25.09.2025

Прийнята до друку: 03.11.2025

Надруковано й опубліковано онлайн: зрудень 2025

УДК: 633.63.632.7.3/4

© В.Т. Саблук, Н.М. Свідельська, О.В. Змієвський, В.Г. Димитров, 2025

DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2025.4.35-39>

ШКІДНИКИ ВЕРБИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ

та заходи контролю чисельності

Мета. Визначити видовий склад ґрунтових і наземних шкідників у посадках верби енергетичної, встановити щільність популяції та розробити заходи контролю їхньої чисельності. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні. **Результати.** Встановлено, що посадки верби енергетичної пошкоджує комплекс ґрунтових і наземних фітофагів, які за плантаційного її вирощування можуть нанести рослинам культури значної шкоди. Ґрунтові шкідники — личинки хрущів, коваліків, мідляків і хлібних жуків — пошкоджують кореневу систему рослин, грубо об'їдаючи молоді корінці. Серед наземних фітофагів найнебезпечнішими для посадок культури є вербовий листкоїд, листкові попелиці, вербова щитівка, пінниця слинява і павутинний кліщ, які висмоктують сік із листків, гілок та стовбурів. Із заходів контролю чисельності фітофагів у посадках верби енергетичної проти ґрунтових видів використовують замочування живців у розчинах інсектицидів системної дії, проти наземних — обприскування рослин інсектицидами біологічного походження, проти внутрішньостебло-

В.Т. САБЛУК,
доктор сільськогосподарських наук
Н.М. СВИДЕЛЬСЬКА
О.В. ЗМІЄВСЬКИЙ
В.Г. ДИМИТРОВ
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

вих — організаційно-господарські — своєчасне зрізування неземної частини і використання її за призначенням. **Висновки.** Посадки верби енергетичної пошкоджують багато видів. Важливо знати видовий склад шкідників і своєчасно здійснювати заходи контролю чисельності з використанням сучасних способів захисту рослин, таких як розчини інсектицидів системної дії — Дантоп 50, ВГ (клотіанідин, 500 г/кг), Круїзер 600 FS, ТН (тіаметоксам, 600 г/л), Гаучо 600 FS, ТН (імідаклопрід, 600 г/л) та біопрепарати Лепідоцид-БТУ, р. (життездатні клітини бактерії *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, ендоспори та біологічно

активні продукти життєдіяльності бактерії: білкові кристали — ендотоксин, титр не менше 1 × 10⁹ КУО/см³), Бітоксисабацилін-БТУ, р. (життездатні клітини бактерії *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*, ендоспори — не менше 1 × 10⁹ КУО/см³ та біологічно активні продукти життєдіяльності бактерії: білкові кристали (ендотоксин) і термостабільний екзотоксин), Актоверм, р. (комплекс природних авермектинів — Аверсектин С (0,2%), який утворюється в процесі життєдіяльності штаму-продуценту стрептоміцету *Streptomyces avermitilis* і має високу інсектицидну та акарицидну активність).

личинки; коренева система; превентивні заходи; обприскування; замочування; біопрепарати

Відповідно до Концепції виробництва і використання твердих видів біопалива енергетична верба займає одне з провідних місць у вирощуванні біоенергетичних культур [1—3]. Нові сорти і гібриди цієї культури за врожайністю біомаси та ефективністю