

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ АСОРТИМЕНТУ ДОЗВОЛЕНИХ ДО ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ ПЕСТИЦИДІВ, ОБРОБКА ЯКИМИ МОЖЛИВА З ВИКОРИСТАННЯМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ДРОНІВ

¹ **Борисенко А.А.** <https://orcid.org/0000-0002-0211-607X>

¹ **Антоненко А.М.** <https://orcid.org/0000-0001-9665-0646>

¹ **Бардов В.Г.** <https://orcid.org/0000-0002-9846-318X>

¹ **Кондратюк М.В.** <https://orcid.org/0000-0001-5500-6352>

¹ **Подуст А.О.** <https://orcid.org/0000-0003-0333-6135>

² **Омельчук С.Г.** <https://orcid.org/0000-0003-3678-42-41>

¹ Кафедра гігієни та екології № 1, Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

² Інститут гігієни та екології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

andrey-b.07@ukr.net

Актуальність. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА, дронів) в сільському господарстві з метою захисту рослин стає все більш популярним інноваційним інструментом у країнах по всьому світу, завдяки численним перевагам, які ця технологія пропонує перед традиційним авіаційним методом внесення. Однак даний спосіб внесення може становити низку ризиків як для навколишнього середовища, так і для здоров'я людей.

Виходячи з необхідності реєстрації або перереєстрації хімічних засобів захисту рослин для їх застосування з БПЛА нами було проведено аналіз асортименту ХЗЗР, зареєстрованих в Україні для внесення авіаційним методом.

Ціль: аналіз динаміки асортименту дозволених до застосування в Україні пестицидних формуляцій, обробка якими можлива з використанням сільськогосподарських дронів.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження була динаміка змін асортименту пестицидних формуляцій, в першу чергу – тих, обробка якими можлива з використанням новітніх технологій внесення.

Застосовано аналітичні показники динаміки такі як абсолютний приріст (АП), складений середньорічний темп росту (ССТР) та темп приросту (ССТПр) пестицидів. Статистичну обробку даних проводили за допомогою ліцензійного пакету програм IBM SPSS Statistics Base v.22 та програми MS Excel (версія 9.0, 2000 р.).

Результати та їх обговорення. При проведенні аналізу асортименту ХЗЗР зареєстрованих в Україні для застосування авіаційним методом за період 2010-2022 рр. нами було встановлено, що загальна кількість гербіцидів майже не змінилася: було 20 у 2010 році, стало 22 у 2022 році. Кількість фунгіцидів зросла більше ніж в п'ять разів: з 4 у 2010 році до 21 у 2022 році і складає на 2022 рік 15,7 % від загальної кількості. Кількість інсектицидів та акарицидів для авіаційної обробки в 2010 році становила 17, а в 2022 році – 34, тобто зросла в два рази, що становить 25,7 %. Найбільшу групу зареєстрованих в Україні ХЗЗР для авіаційного внесення становить група десикантів, яка зросла вдвічі, з 29 у 2010 році до 57 у 2022 році і складає станом на 2022 рік 42,5 %. При проведенні аналізу за окремими групами пестицидів було встановлено, що темпи приросту гербіцидів – 10 % (із них комбінованих – 600 %), інсектицидів та акарицидів – 100 % (із них комбінованих – 60 %), фунгіцидів – 425 % (із них комбінованих – 500 %), десиканти – 96,6 %.

Висновки. Реєстрація хімічних засобів захисту рослин для застосування БПЛА є важливою загалом, оскільки цей метод має менший негативний вплив на здоров'я працівників та стан навколишнього середовища. І зокрема, актуальною є реєстрація для такого використання саме препаратів для повітряної обробки, оскільки це є перспективною, ефективною і безпечною їх альтернативою.

Ключові слова: пестициди, асортимент хімічних засобів захисту рослин, сільськогосподарський дрон, середньрічний темп росту, абсолютний приріст.

Актуальність. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА, дронів) в сільському господарстві з метою захисту рослин стає все більш популярним інноваційним інструментом

у країнах по всьому світу, завдяки численним перевагам, які ця технологія пропонує перед традиційним авіаційним методом внесення [1]. Внесення хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР) з повітря зазвичай використовується для великих і експансивних культур, де наземне внесення може бути непрактичним або неефективним. Традиційний авіаційний метод внесення пестицидних препаратів зазвичай передбачає використання спеціально обладнаних літаків, гелікоптерів, мотодельтапланів, які можуть швидко й ефективно покривати великі площі посівів. Однак даний спосіб внесення може становити низку ризиків як для навколишнього середовища, так і для здоров'я людей [2, 3, 4].

Використання БПЛА для захисту рослин все ще перебуває на ранніх стадіях розвитку в Україні, і очікується, що ця технологія продовжуватиме розвиватися та набиратиме популярність як спосіб підвищення ефективності та сталості методів захисту рослин з повітря.

Варто зазначити, що внесення пестицидів для захисту рослин БПЛА має багато переваг перед традиційними методами внесення з повітря, включаючи більшу точність, ефективність, доступність, економічність і безпеку, а також покращений збір даних, налаштування та моніторинг у реальному часі [1, 4, 5]. На нашу думку, ключовим елементом попередження негативних факторів при внесенні пестицидів з повітря за допомогою БПЛА є використання найбільш адаптованих препаративних форм пестицидів, що містять ад'юванти, такі як антивипаровувачі, сурфактанти, прилипаті, пенетратори та інші [6].

В країнах де активно впроваджуються технології внесення пестицидів з БПЛА першочерговою групою пестицидів рекомендованих до реєстрації для внесення з БПЛА є пестициди, які вже отримали реєстрацію для внесення традиційним авіаційним способом [7]. Відповідні регуляторні органи визначають придатність засобів захисту рослин для використання з БПЛА, необхідність додаткових правил чи вимоги для забезпечення їх безпечного та ефективного використання, їх маркування, розробляють інструкції до застосуван-

ня, визначають обмежуючі фактори довкілля та заходи безпеки. Реєструючи хімічні засоби захисту рослин для використання з БПЛА, важливо переконатися, що продукти включені до переліку дозволених засобів для внесення з повітря. Це гарантує, що продукти безпечні для застосування з повітря та відповідають нормативним вимогам для цього методу обробки.

Виходячи з необхідності реєстрації або перереєстрації хімічних засобів захисту рослин для їх застосування з БПЛА нами було проведено аналіз асортименту ХЗЗР, зареєстрованих в Україні для внесення авіаційним методом.

Ціль: аналіз динаміки асортименту дозволених до застосування в Україні пестицидних формуляцій, обробка якими можлива з використанням сільськогосподарських дронів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об'єктом дослідження була динаміка змін асортименту пестицидних формуляцій, в першу чергу – тих, обробка якими можлива з використанням новітніх технологій внесення. В якості джерел інформації використано офіційні Переліки пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14], а також дані літературних джерел та інтернет-сайтів.

Для розрахунку абсолютного приросту (АП), складеного середньорічного темпу росту (ССТР) та темпу приросту (ССТПр) пестицидів нами було використано наступні формули маркетингових досліджень (аналітичні показники динаміки):

$$АП = \frac{\text{нове значення} - \text{попереднє значення}}{\text{кількість років}} \quad (1);$$

$$ССТР = \left(\left(\frac{\text{нове значення}}{\text{попереднє значення}} \right)^{\frac{1}{\text{кількість років}}} - 1 \right) \times 100\% \quad (2);$$

$$ССТПр = \frac{\text{нове значення} - \text{попереднє значення}}{\text{попереднє значення}} \times 100\% \quad (3).$$

Статистичну обробку даних проводили за допомогою ліцензійного пакету програм IBM SPSS Statistics Base v.22 та програми MS Excel (версія 9.0, 2000 р.).

Результати та їх обговорення

Відповідно до Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні [14] в 2022 році всього зареєстровано 2023 препарати (із них 655 комбіновані), а саме: гербіцидів – 1070 (299), інсектицидів та акарицидів – 333 (112), фунгіцидів – 512 (244), десикантів – 57 (0). Протруйники насіння – аналізу не підлягали, оскільки їх внесення з повітря є неможливим. За період 2010-2022 рр. в асортименті комбінованих пестицидних препаратів кількість дозволених до застосування авіаційним методом гербіцидів збільшилась в 1,6 рази, інсектицидів та акарицидів – в 2,0 рази, фунгіцидів – в 5,3 рази [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

Аналізуючи дані з таблиці 1, можна зробити висновок, що загальна кількість зареєстрованих засобів захисту рослин в Україні значно зросла за період з 2010 по 2022 роки. Кількість гербіцидів зросла майже вдвічі, з 431 у 2010 році до 1070 у 2022 році і складає на 2022 рік 52,9 % від загальної кількості препаратів захисту рослин (рис. 1). Ще більш помітне збільшення асортименту комбінованих гербіцидів, кількість яких зросла втричі з 88 у 2010 році до 299 у 2022 році, що становить 45,6 % від загальної кількості комбінованих препаративних форм. Це можна пояснити кращою ефек-

тивністю та високим попитом серед аграріїв.

Подібну тенденцію можна спостерігати по групам фунгіцидних та інсектицидних препаративних форм, причому в усіх категоріях спостерігається значне збільшення кількості зареєстрованих продуктів за той самий період часу. Так кількість фунгіцидів зросла майже втричі, з 172 у 2010 році до 512 у 2022 році і складає на 2022 рік 25,3 % від загальної кількості препаратів захисту рослин.

Кількість комбінованих фунгіцидів, зросла в п'ять разів з 52 у 2010 році до 244 у 2022 році, що становить 37,3 % від загальної кількості комбінованих препаративних форм. Загальна кількість інсектицидів та акарицидів в 2010 році становила 135, а в 2022 році – 333, тобто зросла майже в три рази, серед них кількість комбінованих інсектицидів та акарицидів становить 50,8 % (рис. 1). Кількість зареєстрованих в Україні десикантів зросла більш ніж удвічі, з 41 у 2010 році до 108 у 2022 році і складає станом на 2022 рік 5,3 % від загальної кількості ХЗЗР.

Ці тенденції свідчать про те, що останніми роками в Україні зростає інтерес до використання засобів захисту рослин, а відповідно збільшуються і їх продажі. Збільшення кількості комбінованих продуктів також помітно, що свідчить про зростаючий попит на більш

Таблиця 1

Хімічні засоби захисту рослин, дозволені до застосування в Україні в 2010 та 2022 роках

Класифікація за групами	2010 рік			2022 рік		
	Загальна кількість	Авіаобробка	Роздрібний продаж	Загальна кількість	Авіаобробка	Роздрібний продаж
Гербіциди	431	20	47	1070	22	79
з них комбінованих	88	5	7	299	8	9
Фунгіциди	172	4	41	512	21	62
з них комбінованих	52	3	17	244	18	33
Інсектициди та акарициди	135	17	58	333	34	104
з них комбінованих	17	2	13	112	14	36
Десиканти	41	29	-	108	57	-
з них комбінованих	-	-	-	-	-	-
Всього	779	70	146	2023	134	245
з них комбінованих	157	10	37	655	40	78

зручні та ефективні продукти, які можуть надати численні переваги при застосуванні однієї препаративної форми.

При проведенні аналізу асортименту ХЗЗР зареєстрованих в Україні для застосування авіаційним методом за період 2010-2022 рр. нами було встановлено, що загальна кількість гербіцидів майже не змінилася: було 20 у 2010 році, стало 22 у 2022 році. Кількість фунгіцидів зросла більше ніж в п'ять разів: з 4 у 2010 році до 21 у 2022 році і складає на 2022 рік 15,7 % від загальної кількості. Кількість інсектицидів та акарицидів для авіаційної обробки в 2010 році становила 17, а в 2022 році – 34, тобто зросла

в два рази, що становить 25,7 %. (рис. 2) Найбільшу групу зареєстрованих в Україні ХЗЗР для авіаційного внесення становить група десикантів, яка зросла вдвічі, з 29 у 2010 році до 57 у 2022 році і складає станом на 2022 рік 42,5 %.

Загальна кількість зареєстрованих засобів захисту рослин в Україні за період 2010-2022 років зросла з 779 до 2023 (з них комбінованих: з 157 до 655). Абсолютний приріст за 12 років становить 103,7 (41,5), складений середньорічний темп зростання – 33,6% на рік (41,5%), а темп приросту – 656,1% (1168%). Також були оцінені темпи приросту ХЗЗР та препаратів зареєстрованих для внесення авіаційним мето-

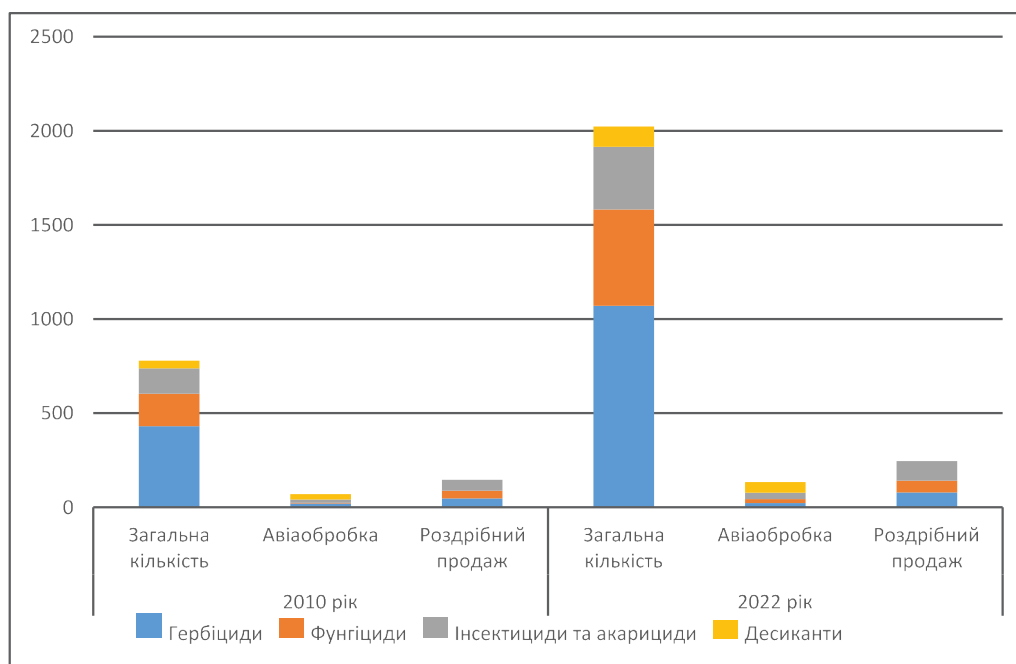


Рис. 1. Хімічні засоби захисту рослин, дозволені до застосування в Україні в 2010 та 2022 роках

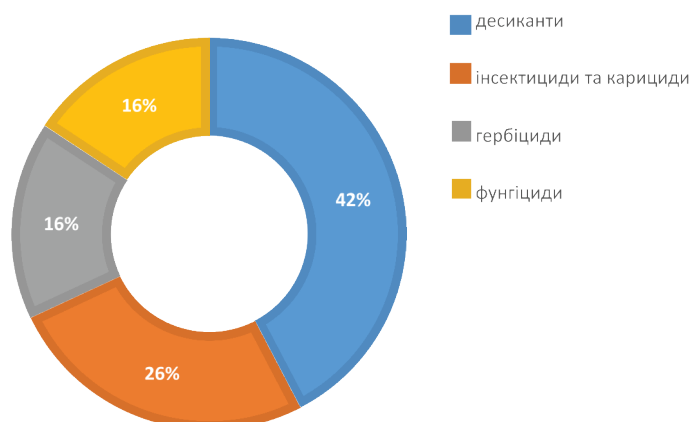


Рис. 2. Структура асортименту ХЗЗР зареєстрованих для авіаційного внесення в Україні в 2022р.

дом за період 2010-2022 років: абсолютний приріст за 12 років становить 5,4 (2,5), складений середньорічний темп зростання – 27,4 % на рік (37,7 %), а темп приросту – 198,6 % (299,6 %).

При проведенні аналізу за окремими групами пестицидів було встановлено, що темпи приросту гербіцидів – 10 % (із них комбінованих – 600 %), інсектицидів та акарицидів – 100 % (із них комбінованих – 60 %), фунгіцидів – 425 % (із них комбінованих – 500 %), десиканти – 96,6 %. Варто відмітити позитивний приріст асортименту ХЗЗР для роздрібного продажу, що може в подальшому, дозволити вносити пестициди за допомогою сільськогосподарських дронів в приватних підсобних господарствах.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що в період з 2010 по 2022 рік в Україні спостерігалось значне зростання використання хімічних засобів захисту рослин, і ця тенденція не має ознак сповільнення. Це відображено в темпі зростання 158,26% і сукупному річному темпі зростання 8,23% асортименту дозволених до застосування пестицидів. Зростання використання хімічних засобів захисту рослин, як в цілому, так і в аерообробках, ще раз підкреслює тенденцію зростання використання хімічних засобів в аграрному секторі України.

2. Показано, що реєстрація хімічних засобів захисту рослин для застосування БПЛА є важливою загалом, оскільки цей метод має менший негативний вплив на здоров'я працівників та стан навколишнього середовища. І зокрема, актуальною є реєстрація для такого використання саме препаратів для повітряної обробки, оскільки це є перспективною, ефективною і безпечною їх альтернативою.

Конфлікт інтересів. Автори даного рукопису стверджують, що конфлікт інтересів під час виконання дослідження та написання рукопису відсутній.

Джерела фінансування. Виконання даного дослідження та написання рукопису було виконано без зовнішнього фінансування.

REFERENCES

1. Borysenko, A. A., Antonenko, A. M., Shpak, B. I., Omelchuk, S. T., & Bardov, V. G. Hygienic evaluation of the most common methods of agricultural crops treatment with chemical protection products (literature review). *Medicini Perspektivi*. 2021. T. 26. №. 3. P. 19-25. DOI:10.26641/2307-0404.2021.3.241913
2. Borysenko A.A., Antonenko A.M., Omelchuk S.T., Bardov, V. G., & Vavrinevych, O. P. Comparative hygienic assessment of working conditions and occupational risk in the application of pesticides (on the example of fungicide amistar extra 280, sc) using different types of sprayers. *Wiadomosci Lekarskie (Warsaw, Poland : 1960)*. 2021. V 74(3 cz 2). P. 726-730. DOI:10.36740/WLek202103230
3. Teske, M., Wachspress, D.A., Thistle, H.W. Prediction of aerial spray release from UAVs. *Trans ASABE*. 2018;61:909–918. DOI:10.13031/trans.12701.
4. Borysenko A, Antonenko A, Omelchuk S., Bilous, S., & Melnychuk, F. Ecological and hygienic assessment and regulation of innovative technology of pesticide application using unmanned aerial vehicles. *RMJ*. 2022. 47(1). P. 213-216.
5. Chen H B, Lan Y B, Fritz B K, Hoffmann W C, Liu S B. Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). *Int J Agric & Biol Eng*. 2021;14(1):38–49.
6. [Adjuvants: increasing the efficiency of agrochemicals] <https://uhbdp.org/article/adjuvanty-pidvyshchuiemo-efektyvnist-ahrokhimikativ>. (accessed 17.02.2023). [In Ukrainian].
7. The Label Summary Sheet Proposal. https://sprayers101.com/label_2/. (accessed 17.02.2023).
8. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2010 – 543 p. [In Ukrainian].
9. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2012 – 831 c. [In Ukrainian].
10. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2014 – 831 c. [In Ukrainian].

11. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2016. – 1023 c. [In Ukrainian].
12. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2018. – 1039 c. [In Ukrainian].
13. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2020. – 895 c. [In Ukrainian].
14. [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. – Official publication. Kyiv, 2022. – 1008 c. [In Ukrainian].
- Article history:
Received: 14.02.2023
Revision requested: 16.02.2023
Revision received: 10.03.2023
Accepted: 25.03.2023
Published: 30.03.2023

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE ASSORTMENT OF PESTICIDES
PERMITTED FOR USE IN UKRAINE, THE PROCESSING OF WHICH IS
POSSIBLE WITH THE USE OF AGRICULTURAL DRONES

¹Borysenko A.A., ¹Antonenko A.N., ¹Bardov V.G., ¹Kondratiuk M.V., ¹Podust A.O.
²Omelchuk S.T.

¹Hygiene and ecology department, O.O. Bogomolets National Medical University, Kiev, Ukraine

²Hygiene and Ecology Institute, O.O. Bogomolets National Medical University, Kiev, Ukraine

andrey-b.07@ukr.net

Background. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs, drones) in agriculture for the purpose of plant protection is becoming an increasingly popular innovative tool in countries around the world, thanks to the many advantages that this technology offers over the traditional aerial application method. However, this method of introduction can pose a number of risks for both the environment and human health.

Based on the need for registration or re-registration of chemical plant protection agents for their use with UAVs, we conducted an analysis of the range of pesticides registered in Ukraine for aerial application.

Aim: analysis of the dynamics of the assortment of pesticide formulations approved for use in Ukraine, processing of which is possible using agricultural drones.

Materials and methods. The object of the study was the dynamics of changes in the range of pesticide formulations, primarily those processing of which is possible by using of agricultural drones.

Analytical indicators of dynamics such as absolute growth (AG), compound annual growth rate (CAGR) and growth rate (CAGR) of pesticides were applied. Statistical data processing was carried out using the IBM SPSS Statistics Base v.22 license package and the MS Excel program (version 9.0, 2000).

Results. When conducting an analysis of the assortment of pesticides registered in Ukraine for use by the aerial method for the period 2010-2022, we found that the total number of herbicides has almost not changed: there were 20 in 2010, it became 22 in 2022. The number of fungicides has increased more than five times: from 4 in 2010 to 21 in 2022 and will make up 15.7% of the total in 2022. The number of insecticides and acaricides for aerial treatment in 2010 was 17, and in 2022 - 34, that is, it has doubled, which is 25.7%. The largest group of pesticides registered in Ukraine for aerial application is the group of desiccants, which doubled from 29 in 2010 to 57 in 2022 and makes up 42.5% as of 2022. When conducting an analysis of individual groups of pesticides, it was established that the rates of growth of herbicides - 10% (of which combined - 600%), insecticides and acaricides - 100% (of which combined - 60%), fungicides - 425% (of which combined - 500%), desiccants - 96.6%.

Conclusion. The registration of chemical plant protection products for use by UAVs is important in general, because this method has less negative impact on the health of workers and the state of the environment. In addition, the registration for such use of formulations for aerial treatment is relevant, as it is a perspective, effective and safe alternative to them.

Key words: pesticides, range of chemical plant protection products, agricultural drone, average annual growth rate, absolute growth.