

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ УЛЬТРАМАЛООБ'ЄМНОГО ОПРИСКУВАННЯ ПОСІВІВ

Халін С., канд. екон. наук,
<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>

Войновський В.,
<https://orcid.org/0000-0002-9994-2617>

Гайдай Т., канд. техн. наук,
<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Анотація

Метою роботи є дослідження ефективності застосування БПЛА для проведення ультрамало-об'ємного оприскування посівів шляхом оцінки рівня покриття краплями цільової поверхні рослин.

Методи та матеріали: Дослідження ефективності застосування БПЛА в сільському господарстві для проведення якісного оприскування посівів проведено на угіддях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого із застосуванням мобільних оприскувачів «JT 6L-606» та «JT 15L-608P».

Дослідження моделі мобільного оприскувача «JT 6L-606» здійснювалися забарвленням водним розчином. Оціночними показниками були медіанно-масовий діаметр краплин, що осіли, та густина покриття обробленої поверхні краплями робочого розчину, що оцінювалися відповідно до стандартної методики СОУ 74.3-37-266:2005 «Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Програма і методи випробувань».

Результати. Розмір крапель є визначальним якісним показником розпилювання. Він характеризує рівень подрібнення рідини й істотно впливає на ефективність дії та норму витрати засобів захисту рослин. Значення медіанно-масового діаметру крапель, отримане в результаті випробувань мобільного оприскувача «JT 6L-606», засвідчило, що відносна кількість краплин, діаметр яких менший або дорівнює 100 мкм, становить 50% від загальної кількості краплин. Однак було виявлено несиметричність осідання крапель з правого та лівого боків БПЛА і високу нерівномірність розподілу крапель робочої рідини за шириною захвату. Тому ця модель оприскувача в подальшому потребувала додаткових налаштувань.

За встановлених умов і режимів випробувань мобільного оприскувача «JT 15L-608P» отримане значення медіанно-масового діаметру крапель засвідчило, що відносна кількість краплин, діаметр яких менший або дорівнює 100 мкм, становить 60% від загальної кількості краплин. Рівень покриття краплями цільової поверхні справа та зліва від БПЛА (за шириною захвату) оприскувача «JT 15L-608P» був відносно симетричним.

Висновки. За результатами експериментальних досліджень ефективності застосування безпілотних літальних оприскувачів «JT 6L-606» та «JT 15L-608P» встановлено, що в обох безпілотних мобільних оприскувачів отримані значення медіано-масового діаметру крапель, характерні для процесу механічного розпилення, задовольняють вимоги ультрамалооб'ємного оприскування. Однак відмічено нерівномірність розподілу крапель робочої рідини за шириною захвату БПЛА, що вимагає додаткових налаштувань.

При налаштуванні агродронів рекомендовано звернути увагу на рівень і вплив дрейфу, який можна значно зменшити, дотримуючись таких рекомендацій: зменшити відстань між штангою і ціллю (висота штанги повинна бути приблизно такою ж, як і відстань між форсунками); використовувати найгрубіший ефективний розмір крапель, який зазвичай досягається за допомогою форсунок, що зменшують дрейф, наприклад, повітряної індукції.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, рівномірність розподілу, оприскування з повітря, якість покриття поверхні, розмір краплі.

Вступ. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) або агродрони зазнали надзвичайного розвитку в сільському господарстві відносно недавно, однак вони вже встигли здобути прихильність багатьох аграріїв, забезпечивши фермерам суттєву економію коштів, підвищення ефективності роботи та підвищення прибутковості. Застосування БПЛА в сільському господарстві, якості їхньої роботи та внесок у точне землеробство досліджували науковці різних країн [Faizal et al., 2014; Puri et al., 2017; Kulbacki et al., 2018; Mogili & Deepak, 2018; Васильковська та ін., 2023; Sahni et al., 2024]

Сфера застосування БПЛА досить широка, оскільки їх можна інтегрувати з новими технологіями, обчислювальними можливостями та бортовими датчиками [Agricultural Drone Industry ..., 2021]. Дрони можна використовувати в декількох видах сільськогосподарської діяльності, включаючи моніторинг посівів і росту, оцінку врожайності, оцінку нестачі води, а також виявлення бур'янів, шкідників і хвороб [Chen et al., 2021]. Більшість учених цікавилася ефективністю застосування безпілотних літальних апаратів і надійністю виконання процесу оприскування, яка залежить від рівномірності обробки та рівня покриття різних частин рослини [Faizal et al., 2014; Sahni et al., 2024]. Встановлено, що на рівномірність покриття впливають також конструкційні особливості форсунок [Kim et al., 2021]. Дрони здатні розпилювати воду та пестициди в точних кількостях, однак це потребує ро-

зуміння повного технологічного процесу, оскільки при зменшенні розміру краплі, норми виливу та збільшенні висоти від форсунок до рослини збільшується дрейф препаратів [Хаблак С. 2024]. При цьому норма виливу робочого розчину залежить від розміру краплі, а діаметр крапель впливає на щільність покриття.

Зменшення вдвічі розміру частинок, що розпиляються, призводить до восьмиразового збільшення кількості крапель, що утворюються, при цьому площа покриття плоскої поверхні листа або ґрунту може зрости до 4 разів [Хаблак, 2024]. Найефективнішими вважаються дуже дрібні й дрібні краплі, а також середні, вони краще утримуються на поверхні рослин, ніж великі краплі, які мають тенденцію скочуватися з поверхні. Тому важливо дотримуватися швидкісного режиму оприскування, оптимальної зовнішньої температури повітря та мінімальних показників вітру.

Постановка завдань. Ефективність розпилення сільськогосподарськими дронами засобів захисту рослин оцінюється за рівномірністю розпилення, розміром і швидкістю краплі, швидкістю адгезії часток розпилювача та характеристикою розсіювання. Визначальним якісним показником розпилювання є розмір крапель. Він характеризує рівень подрібнення рідини й істотно впливає на ефективність дії, норму витрати пестицидів, час осідання та знос оприскувального розчину (табл. 1).

Краплі розміром до 150 мкм відно-

Таблиця 1 – Залежність осідання та зносу робочого розчину від розміру часток за швидкості вітру 1 м/сек [Хаблак, 2024]

Розмір краплі, мкм	Час осідання, с	Знос, м
1000	0,8	0,8
500	1,3	1,3
200	4,2	4,2
100	11,5	11,5
50	43	43
20	250	250
10	1000	1000



Рисунок 1 – Взаємозв'язок між розміром і кількістю крапель [Хаблак, 2024]

сяться до категорії ультрамалооб'ємного обприскування з витратою робочого матеріалу до 10 л/га, яке здійснюється за допомогою дистанційно пілотованих повітряних систем зі спеціальними форсунками або форсунками-атомайзерами. Однак такий вид обприскування не рекомендується використовувати при обробці фітотоксичними гербіцидами та фунгіцидами через сильний дрейф препаратів.

Взаємозв'язок між розміром і кількістю крапель на одиниці площі представлено на рисунку 1.

Як помітно з рис. 1, одна крапля розміром 500 мкм дорівнює 8 краплям розміром 250 мкм, а 8 крапель розміром 250 мкм дорівнюють 64 краплям розміром 125 мкм., тобто при однаковому обсязі води площа покриття 64 краплями розміром 125 мкм буде у 4 рази більша, ніж від однієї краплі 500 мкм. Тому саме дрібні краплі є найбільш ефективними, але дуже схильними до зносу й випаровування.

Метою цієї роботи є дослідження ефективності застосування БПЛА для проведення ультрамалооб'ємного обприскування

посівів шляхом оцінки рівня покриття краплями цільової поверхні рослин.

Методи та матеріали. Дослідження ефективності застосування БПЛА в сільському господарстві для проведення якісного обприскування посівів проведено на угіддях УкрНДІПВТ ім Л. Погорілого із застосуванням мобільних обприскувачів «JT 6L-606» та «JT 15L-608P».

Обприскувачі мобільні «JT 6L-606» та «JT 15L-608P» (рис. 2) змонтовані на безпілотному літальному апараті та призначені для обробки посівів сільськогосподарських культур розчинами пестицидів авіаційним методом.

Вага апаратів без вантажу — 7,5 кг («JT 6L-606») та 24 кг («JT 15L-608P»). Вони рухаються за допомогою шести гвинтів, виготовлених із вуглецевого волокна та змонтованих на валах електричних двигунів. Джерелом енергії для моделі «JT 6L-606» є акумуляторна батарея ємністю 12000 mAh, для «JT 15L-608P» — дві акумуляторні батареї ємністю 16000 mAh. Це дає змогу при максимальній злітній вазі 14,5 кг та 47 кг продовжувати політ



«JT 6L-606»



«JT 15L-608P»

Рисунок 2 – Обприскувачі мобільні «JT 6L-606» та «JT 15L-608P»

протягом 10-15 хвилин на висоті до 200 м та швидкості від 0 до 6-8 м/с. Навігаційне обладнання дає змогу здійснювати політ в ручному й автоматичному режимах зі встановленими параметрами висоти, швидкості та маршруту.

Ємкості для робочої рідини об'ємами 6 л («JT 6L-606») та 15 л («JT 15L-608P») виготовлені з полімерних матеріалів. Насос із приводом від електродвигуна забезпечує продуктивність від 0,2 л/хв до 2,5 л/хв.

Розпилювальні пристрої у мобільного оприскувача «JT 6L-606» — стандартні форсунки з щільними розпилювачами (зміна дози відбувається шляхом зміни швидкості руху оприскувача). У моделі «JT 15L-608P» — механічного типу, складаються з електродвигуна, на валу якого розміщено розподільчий диск і дволопатекий гвинт (дозування робочої рідини відбувається за допомогою шайби з каліброваним отвором).

Дослідження моделі мобільного оприскувача «JT 6L-606» здійснювалися забарвленням водним розчином на сходах гірчиці на рівнинному рельєфі при температурі повітря 23°C, відносній вологості повітря 82%, швидкості вітру 0,76 м/с та висоті польоту 0,7 м і швидкості руху БПЛА 8м/с. Дослідження моделі мобільно оприскувача «JT 15L-608P» здійснювалися на пшениці на рівнинному рельєфі в аналогічних метеоумовах на висоті польоту 1,3 м і швидкості руху 8м/с.

Оціночними показниками були медіанно-масовий діаметр краплин, які осіли, та густина покриття обробленої поверхні краплями робочого розчину, що оцінювалися відповідно до стандартної методики СОУ 74.3-37-266:2005 «Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Програма і методи випробувань».

Результати. Розмір крапель є визначальним якісним показником розпилювання. Він характеризує стілець по-

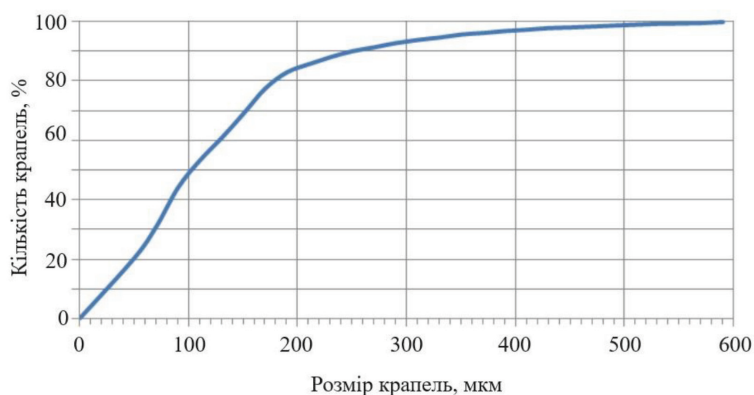


Рисунок 3 – Інтегрована крива розподілу крапель, отримана в результаті досліджень мобільно оприскувача «JT 6L-606»

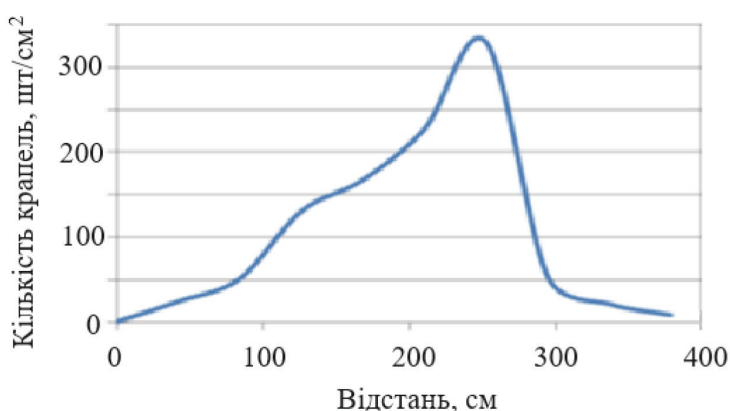


Рисунок 4 – Розподіл густоти покриття цільової поверхні краплями за шириною захвату мобільного оприскувача «JT 6L-606»

дрібнення рідини й істотно впливає на ефективність дії та норму витрати засобів захисту рослин. Значення медіанно-масового діаметру крапель, отримане в результаті випробувань мобільного оприскувача «JT 6L-606», свідчить, що відносна кількість краплин, діаметр яких менший або дорівнює 100 мкм, становить 50% від загальної кількості краплин (рис. 3).

Розподіл густоти покриття цільової поверхні краплями за шириною захвату при дослідженнях мобільно оприскувача «JT 6L-606» представлено на рис. 4.

Результати, представлені на рис. 4, свідчать про несиметричність осідання крапель із правого та лівого боків оприскувача «JT 6L-606» і високу нерівномірність розподілу крапель робочої рідини за шириною захвату. Тому ця модель оприскувача в подальшому потребувала додаткових налаштувань.

За встановлених умов і режимів випробувань мобільного оприскувача «JT 15L-608P» отримане значення медіанно-масового діаметру крапель засвідчило, що відносна кількість краплин, діаметр яких менший або дорівнює 100 мкм, становить 60% від загальної кількості краплин (рис. 5).

Графічне зображення розподілу рівня покриття краплями цільової поверхні за шириною захвату оприскувача «JT 15L-608P» демонструє симетричність осідання крапель по правому та лівому боках БПЛА (рис. 6). Висока нерівномірність розподілу крапель робочої рідини за шириною захвату відповідно вимагає додаткових налаштувань відстані між проходами.

У результаті проведених випробувань встановлено, що в обох безпілотних мобільних оприскувачів отримані значення медіано-масового діаметру крапель, характерні для процесу механічного розпилення, задовольняють вимоги ультрамалооб'ємного обприскування.

Обговорення. Аналіз світових досягнень у сфері розвитку безпілотних літальних апаратів і зростання ринку сільськогосподарських дронів для оприскування свідчить про величезне занепокоєння щодо дрейфу пестицидів і зносу крапель від сільськогосподарських дронів [Zaller & Zaller, 2020; Sahni et al., 2024; Lan et al., 2024] У Європі оприскування з повітря, як правило, заборонено через ризик зносу [Agricultural Drone Industry, 2021]. Кількість дрейфу зазвичай пов'язана зі співвідношенням дрібних крапель спрею. Залежно від розміру крапель спрею більше 70% об'єму може бути дрейфовано. Багато факторів, включаючи висоту польоту, добавки та змив, можуть впливати на продуктивність оприскування сільськогосподарськими дронами.

Досліджено, що зі збільшенням робочої швидкості якість внесення робочого

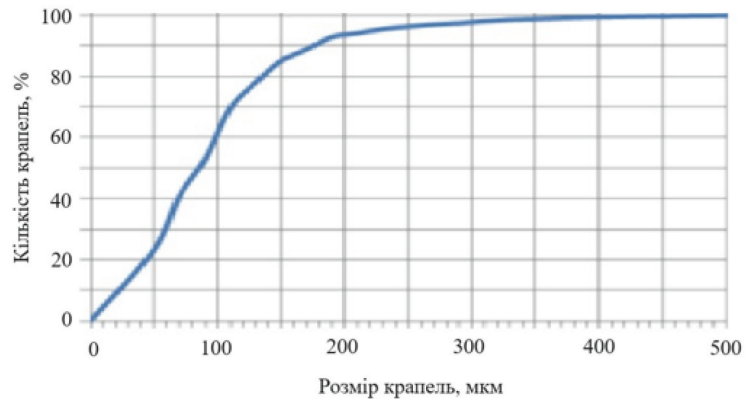


Рисунок 5 – Інтегрована крива розподілу крапель, отримана в результаті досліджень мобільно оприскувача «JT 15L-608P»

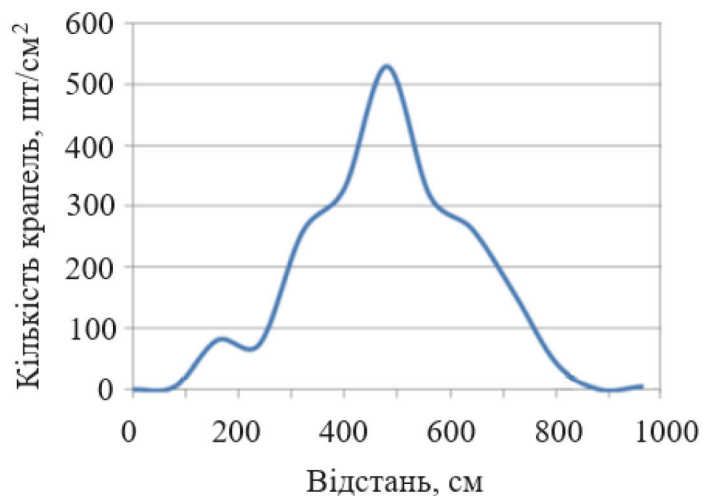


Рисунок 6 – Розподіл густоти покриття цільової поверхні краплями за шириною захвату при дослідженнях мобільно оприскувача «JT 15L-608P»

розчину знижується. Так, для висоти 5 м при зміні швидкості з 6 м/с до 8 м/с рівень покриття знижується на 1,7%, при цьому при зміні швидкості з 8 м/с до 10 м/с покриття знижується на 8,6%. Таким чином, з урахуванням продуктивності внесення робочого розчину, оптимальний швидкісний режим знаходиться у межах 7,5-8,5 м/с для висоти 5 м [Зубко, 2021].

Іноземні вчені з метою усунення дрейфу та налаштування рівномірності розподілу засобів захисту рослин розробили електростатичні розпилювачі та представили специфікації системи для підвищення ефективності осадження пестицидів, а також експериментально підтвердили можливість розпилення об'єму із середнім діаметром 50 мкм, створили

насадку прямого розпилення зі змінною швидкістю для рівномірного розпилення; проводили експерименти і програмне моделювання «COMSOL» розпилення води на мішені різної форми з метою встановлення прямої залежності між потоком води та струмом у методах електростатичного розпилення, апропоновані локальні автоматичні форсунки контролю селективності, які можуть точно контролювати кількість пестициду для зменшення забруднення навколишнього середовища, одночасно зменшуючи витрати [Kim et al., 2021].

Тести на дрейф пестицидів проводять країни в усьому світу, а компанії, що займаються безпілотниками, хімічні компанії та сільськогосподарські університети здійснюють відповідні дослідження [Faizal et al., 2014; Sahni et al., 2024]. Німеччина, Китай, Угорщина, Австралія, Японія, Україна та інші країни також проводили аналогічні випробування, сподіваючись створити основу для правил використання сільськогосподарських дронів [Agricultural Drone Industry ..., 2021]. Розроблено рекомендації, які спростять використання сільськогосподарських дронів, перспективної техніки для агропромислового комплексу, мінімізуючи при цьому ризики для працівників, населення та навколишнього середовища [Borysenko et al., 2024].

Висновки. За результатами експериментальних досліджень ефективності застосування безпілотних літальних оприскувачів «JT 6L-606» та «JT 15L-608P» встановлено, що в обох безпілотних мобільних оприскувачів отримані значення медіано-масового діаметру крапель, характерні для процесу механічного розпилення, задовольняють вимоги ультрамалооб'ємного обприскування. Однак відмічено нерівномірність розподілу крапель робочої рідини за шириною захвату БПЛА, що вимагає додаткових налаштувань.

При налаштуванні агродронів рекомендовано звернути увагу на рівень і вплив дрейфу, який можна значно зменшити, дотримуючись таких рекомендацій:

зменшити відстань між штангою і ціллю (висота штанги повинна бути приблизно такою ж, як і відстань між форсунками); використовувати найгрубіший ефективний розмір крапель, який зазвичай досягається за допомогою форсунок, що зменшують дрейф, наприклад, повітряної індукції.

Перелік літератури

Васильковська, К. В., Андрієнко, О. О., & Шепілова, Т. П. (2023). Ефективність агродронів в системі точного землеробства. *Аграрні інновації*, (17), 13-18.

Зубко, В. М. (2021). Експериментальні дослідження ефективності використання безпілотних літальних апаратів при вирощуванні агрокультур. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 4, 117-128. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.117>

Хаблак С. (2024) Знесення засобів захисту при внесенні дронами —обприскувачами. *Агробізнес Україна*. №1-2024 Електронний ресурс: <https://agrobusiness.com.ua/znesennia-zasobiv-zakhystu-pryvneseni-dronamy-opryskuvachamy>

Agricultural Drone Industry Insight Report (2021). DJI Official. URL: <https://drone.hrpeurope.com/agricultural-drone-industry-insight-report-2021/> (date of access: 21.05.2024).

Borysenko, A. A., Antonenko, A. M., Omelchuk, S. T., Bardov, V. G., & Aleksiichuk, V. D. (2023). Substantiation of recommendations for safe aerial application of pesticides used by unmanned aerial vehicles (UAVs). *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 27(2), 284-287.

Chen, H., Lan, Y., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., & Liu, S. (2021). Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(1), 38-49. DOI: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211401.5714>

Faizal, B. S., Costa, F. G., Pessin, G., Ueyama, J., Freitas, H., Colombo, A., ... & Braun, T. (2014). The use of unmanned ae-

rial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides. *Journal of Systems Architecture*, 60(4), 393-404.

Kim, S. K., Ahmad, H., Moon, J. W., & Jung, S. Y. (2021). Nozzle with a feedback channel for agricultural drones. *Applied Sciences*, 11(5), 2138. <https://doi.org/10.3390/app11052138>

Kulbacki, M., Segen, J., Knieć, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikodem, J., ... & Serester, A. (2018, June). Survey of drones for agriculture automation from planting to harvest. In 2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES) (pp. 000353-000358). IEEE. DOI:10.1109/INES.2018.8523943

Lan, X., Wang, J., Chen, P., Liang, Q., Zhang, L., & Ma, C. (2024). Risk assessment of environmental and bystander exposure from agricultural unmanned aerial vehicle sprayers in golden coconut plantations: Effects of droplet size and spray volume. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 282, 116675.

Mogili, U. R., & Deepak, B. B. V. L. (2018). Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia computer science*, 133, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>

Novak, L., Bajcar, T., Љbirok, B., Orbanić, A., & Bizjan, B. (2018). Investigation of vortex shedding from an airfoil by computational fluid dynamics simulation and computer-aided flow visualization. *Thermal Science*, 22(6 Part B), 3023-3033. DOI:10.2298/TSCI170615002N.

Puri, V., Nayyar, A., & Raja, L. (2017). Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. *Journal of Statistics and Management Systems*, 20(4), 507-518. <https://doi.org/10.1080/09720510.2017.1395171>

Sahni, R. K., Kumar, S. P., Thorat, D., Rajwade, Y., Jyoti, B., Ranjan, J., & Anand, R. (2024). Drone Spraying System for Efficient Agrochemical Application in Precision Agriculture. In *Applications of Computer Vision and Drone Technology in Agriculture 4.0* (pp. 225-244). Singapore: Springer Nature Singapore.

Zaller, J. G., & Zaller, J. G. (2020). What

is the problem? Pesticides in our everyday life. *Daily Poison: Pesticides-an Underestimated Danger*, 1-125.

References

Agricultural Drone Industry Insight Report (2021). DJI Official. URL: <https://drone.hrpeurope.com/agricultural-drone-industry-insight-report-2021/> (date of access: 21.05.2024).

Borysenko, A. A., Antonenko, A. M., Omelchuk, S. T., Bardov, V. G., & Aleksiichuk, V. D. (2023). Substantiation of recommendations for safe aerial application of pesticides used by unmanned aerial vehicles (UAVs). *Reports of Vinnytsia National Medical University*, 27(2), 284-287.

Chen, H., Lan, Y., Fritz, B. K., Hoffmann, W. C., & Liu, S. (2021). Review of agricultural spraying technologies for plant protection using unmanned aerial vehicle (UAV). *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(1), 38-49. DOI: <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20211401.5714>

Faizal, B. S., Costa, F. G., Pessin, G., Ueyama, J., Freitas, H., Colombo, A., ... & Braun, T. (2014). The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides. *Journal of Systems Architecture*, 60(4), 393-404.

Khablak S. (2024). Demolition of protective equipment when applied by drones and sprayers. *Agribusiness Ukraine*. №1-2024 Electronic resource: <https://agrobusiness.com.ua/nesennia-zasobiv-zakhystu-pry-vnesenni-dronamy-opryskuvachamy>

Kim, S. K., Ahmad, H., Moon, J. W., & Jung, S. Y. (2021). Nozzle with a feedback channel for agricultural drones. *Applied Sciences*, 11(5), 2138. <https://doi.org/10.3390/app11052138>

Kulbacki, M., Segen, J., Knieć, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikodem, J., ... & Serester, A. (2018, June). Survey of drones for agriculture automation from planting to harvest. In 2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES) (pp. 000353-000358). IEEE. DOI:10.1109/INES.2018.8523943

Lan, X., Wang, J., Chen, P., Liang, Q.,

Zhang, L., & Ma, C. (2024). Risk assessment of environmental and bystander exposure from agricultural unmanned aerial vehicle sprayers in golden coconut plantations: Effects of droplet size and spray volume. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 282, 116675.

Mogili, U. R., & Deepak, B. B. V. L. (2018). Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia computer science*, 133, 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.063>

Novak, L., Bajcar, T., Jbirok, B., Orbanić, A., & Bizjan, B. (2018). Investigation of vortex shedding from an airfoil by computational fluid dynamics simulation and computer-aided flow visualization. *Thermal Science*, 22(6 Part B), 3023-3033. DOI:10.2298/TSCI170615002N.

Puri, V., Nayyar, A., & Raja, L. (2017). Agriculture drones: A modern breakthrough in precision agriculture. *Journal of Statistics and Management Systems*, 20(4), 507-518. <https://doi.org/10.1080/09720510.2017.1395171>

Sahni, R. K., Kumar, S. P., Thorat, D., Rajwade, Y., Jyoti, B., Ranjan, J., & Anand, R. (2024). Drone Spraying System for Efficient Agrochemical Application in Precision Agriculture. In *Applications of Computer Vision and Drone Technology in Agriculture 4.0* (pp. 225-244). Singapore: Springer Nature Singapore.

Vasylykivska, K. V., Andrienko, O. O., & Shepilova, T. P. (2023). The effectiveness of agricultural drones in the system of precision agriculture. *Agrarian innovations*, (17), 13-18.

Zaller, J. G., & Zaller, J. G. (2020). What is the problem? Pesticides in our everyday life. *Daily Poison: Pesticides-an Underestimated Danger*, 1-125.

Zubko, V. M. (2021). Experimental studies of the effectiveness of the use of unmanned aerial vehicles in the cultivation of agricultural crops. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No. 4, 117-128. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.117>

UDC 631.348

STUDY OF THE EFFICIENCY OF UAV APPLICATION FOR ULTRA-SMALL VOLUME SPRAYING OF CROPS

Khalin S., Ph. D of Econ. Sc.,
<https://orcid.org/0000-0002-7510-5056>

Voinovskyi V.,
<https://orcid.org/0000-0002-9994-2617>

Haidai T., Ph. D of Tech. Sc.,
<https://orcid.org/0000-0001-9141-4820>

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of the work is to study the effectiveness of using UAVs for ultra-small-volume spraying of crops by assessing the degree of coverage of the target plant surface with drops.

Methods and materials: The study of the effectiveness of the use of UAVs in agriculture for high-quality spraying of crops was carried out on the lands of UkrNDIPVT named after L. Pohorily, using mobile sprayers «JT 6L-606» and «JT 15L-608P».

Research of the «JT 6L-606» mobile sprayer model was carried out with a colored aqueous solution. The evaluation indicators were the median mass diameter of the settled droplets and the density of the coating

of the treated surface with drops of the working solution, which were evaluated in accordance with the standard methodology of SOU 74.3-37-266:2005 "Testing of agricultural machinery. Tractor and self-propelled sprayers. Program and test methods".

Results. The size of the drops is a determining qualitative indicator of spraying. It characterizes the degree of grinding of the liquid and significantly affects the effectiveness of action and the rate of consumption of plant protection products. The value of the median mass droplet diameter, obtained as a result of tests of the «JT 6L-606» mobile sprayer, showed that the relative number of droplets whose diameter is less than or equal to 100 μm is 50% of the total number of droplets. However, asymmetry of droplet deposition on the right and left sides of the UAV and high unevenness of the distribution of drops of the working fluid along the width of the grip were found. Therefore, this sprayer model required additional settings in the future.

Under the established conditions and modes of testing of the «JT 15L-608P» mobile sprayer, the obtained value of the median mass droplet diameter proved that the relative number of drops whose diameter is less than or equal to 100 μm is 60% of the total number of drops. The degree of coverage with drops of the target surface on the right and left sides of the UAV (grip width) of the «JT 15L-608P» sprayer was relatively symmetrical.

Conclusions. According to the results of experimental studies of the effectiveness of the use of unmanned aerial sprayers «JT 6L-606» and «JT 15L-608P», it was established that in both unmanned mobile sprayers, the obtained values of the median mass diameter of drops, which are characteristic of the process of mechanical spraying, meet the requirements of ultra-small-volume spraying. However, the uneven distribution of drops of the working fluid along the width of the UAV was noted, which requires additional settings.

When setting up agricultural drones, it is recommended to pay attention to the degree and impact of drift, which can be significantly reduced by following the following recommendations: reduce the distance between the rod and the target (the height of the rod should be approximately the same as the distance between the nozzles); use the coarsest effective droplet size typically achieved with drift-reducing nozzles such as air induction.

Keywords: unmanned aerial vehicles, distribution uniformity, aerial spraying, quality of surface coverage, droplet size.