УДК 631.937.33

Експериментальна перевірка дозуюче-висівного пристрою безпілотного літального апарата для розселення трихограми

Маранда С. О.,
аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», e-mail: sergiy.maranda@ukr.net; ORCID iD 0000-0001-5718-2392

Анотація

Мета. Підвищення якості розселення трихограми завдяки встановленню раціональних режимів роботи дозуюче-висівного пристрою (ДВП) безпілотного літального апарата (БпЛА).

Методи. Експериментальні дослідження з використанням методу планування трифакторного експерименту, методи статистичної обробки даних.

Результати. На основі аналізу технічних засобів для розселення трихограми обґрунтовано конструкцію дозувально-висівного пристрою безпілотного літального апарата для розселення трихограми. Унаслідок проведених експериментальних досліджень встановлено, що під час розселення трихограми дозувально-висівним пристроєм стабільне витікання матеріалу завдяки ежекції забезпечувалося використанням діафрагм із діаметром отвору 2,5 мм і більше.

За результатами досліджень встановлено, що зі збільшенням висоти польоту якість розподілу матеріалу суттєво не змінюється. Але необхідно приймати до уваги фактори, такі як висота рослин та наявність перешкод на полі, тому необхідно дотримуватися висоти польоту не менше ніж 5 м.

Через зміну розміру конфузора дальність польоту частинки не змінювалась, що приводить до висновку використовувати конфузор меншого діаметра, завдяки чому зменшується лобовий опір.

Під час використання дозувально-висівного пристрою для розселення трихограми на квадрокоптері завдяки повітряному потоку від пропелерів ширина захвату значно зменшується. Тому для якісного розподілу біоматеріалу на поверхні поля відстань між суміжними проходами повинна становити 6 м.

Висновки

1. Висота польоту безпілотного літального апарата під час розселення трихограми не повинна бути менше 5 м від верхнього краю рослини.
2. Рівномірність розподілу матеріалу на поверхні поля залежить від швидкості польоту, яка повинна бути в межах 3–5 м/с.
3. Якість розподілу матеріалу підвищується від правильного вибору ширини перекриття, яка повинна бути близько 6 м.

Ключові слова: дозувально-висівний пристрій, ежектор, безпілотний літальний апарат, біологічний захист рослин, розселення трихограми, норма розселення, ширина захвату.

UDC 631.937.33

Experimental inspection of the dosing-sowing device by unmanned aerial vehicle for the resettlement of trichogrammes

Maranda S. O.,
postgraduate, National Scientific Center “Institute of agricultural engineering and electrification”,
e-mail: sergiy.maranda@ukr.net;
ORCID iD 0000-0001-5718-2392

Annotation

Purpose. Improving the quality of the trichograms' resettlement by establishing rational operating modes of the dosing and sowing device of an unmanned aerial vehicle.

Methods. Experimental studies using the method of planning a three-factor experiment, methods of statistical data processing.

Results. Based on the analysis of the technical means for resettlement of

the trichograms, the design of the dosing-sowing device of a unmanned aerial vehicle for the resettlement of the trichogram was substantiated. As a result of the experimental studies, it was established that during the deployment of a trichogram with a dosing-seeding device, a stable leakage of the material due to ejection was ensured by using diaphragms with a diameter of 2.5 mm or more.

According to the results of the research it was established that with the increase in flight altitude, the quality of material distribution does not change significantly. But factors such as the height of the plants and the presence of obstacles on the field must be taken into account, so it is necessary to keep the flight altitude not less than 5 m.

Due to changing the size of the confuser, the range of flight of the particle did not change, which leads to the conclusion to use a smaller cone of diameter due to which reduces the frontal resistance.

When using a dosing-seeding device for resettlement of a trichogram on a quadracycle, due to air flow from propellers, the width of the capture significantly decreases. Therefore, for the qualitative distribution of biomaterials on the surface of the field, the distance between adjacent passages should be 6 m.

Conclusions

1. The height of the flight of an unmanned aerial vehicle during the resettlement of the trichogram must not be less 5 m from the upper edge of the plant.

2. The uniform distribution of material on the surface of the field depends on the flight speed, which should be within the range of 3–5 m/s.

3. The quality of the material distribution increases from the right choice of the width of the ceiling, which should be about 6 m.

Conclusions: dosing sowing device, ejector, unmanned aerial vehicle, biological protection of plants, reshaping of trichograms, norm of settlement, width of capture.

УДК 631.937.33

Экспериментальная проверка дозирующе-высевающего устройства беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы

Маранда С. А.,
аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», e-mail: sergiy.maranda@ukr.net; ORCID iD 0000-0001-5718-2392

Аннотация

Цель. Повышение качества расселения трихограммы путем установления рациональных режимов работы дозирующее-высевающего устройства беспилотного летательного аппарата.

Методы. Экспериментальные исследования с использованием метода планирования трифакторного эксперимента, методы статистической обработки данных.

Результаты. На основании анализа технических средств для расселения трихограммы обосновано конструкцию дозирующе-высевающего устройства беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что при расселении трихограммы дозирующе-высевающим устройством стабильное вытекание материала за счет эжекции обеспечивалось использованием диафрагм с диаметром отверстия 2,5 мм и более.

По результатам исследований установлено, что с увеличением высоты полета качество распределения материала существенно не меняется. Но необходимо принимать во внимание факторы, такие как высота растений и наличие препятствий на поле, поэтому необходимо соблюдать высоту полета не менее 5 м.

За счет изменения размера конфузора дальность полета частицы не менялась, что приводит к выводу использовать конфузор меньшего диаметра, за счет чего уменьшается лобовое сопротивление.

При использовании дозирующе-высевающего устройства для расселения трихограммы на квадрокоптере за счет воздушного потока от пропеллеров ширина захвата значительно уменьшается. Поэтому для качественного распределения биоматериала на поле расстояние между смежными проходами должно быть 6 м.

Выводы

1. Высота полета беспилотного летательного аппарата при расселении трихограммы не должна быть меньше 5 м от верхнего края растения.

2. Равномерность распределения материала на поле зависит от скорости полета, которая должна быть в пределах 3–5 м/с.

3. Качество распределения материала повышается от правильного выбора ширины перекрытия, которая должна быть около 6 м.

Ключевые слова: дозирующе-высевающее устройство, эжектор, беспилотный летательный аппарат, биологическая защита растений, расселение трихограммы, норма расселения, ширина захвата.

Постановка проблеми. Сучасне життєзабезпечення населення планети вимагає якісної сільськогосподарської продукції харчування. Світові аграрії все більше акцентують увагу на виробництво органічної продукції, що вимагає заборони використання в рослинництві хімічних препаратів, особливо пестицидів. Альтернативою хімічному захисту рослин від шкідників є біологічний метод. Цей метод полягає в тому, що для боротьби зі шкідливими організмами використовують їхніх природних ворогів – птахів, комах, що живляться шкідниками сільськогосподарських культур. Одним із таких ворогів, який широко використовується в боротьбі зі шкідниками, є трихограма. Трихограму використовують як на полях, так і в садах та виноградниках проти ряду шкідників, серед яких є листокрутки, плодожерки та інші. Для якісної боротьби трихограми зі шкідниками її розселяють на площі поля з певною щільністю, яка залежить від дози та нерівномірності розселення. Для виконання такої операції потрібні високопродуктивні технічні засоби, які в процесі розселення трихограми не будуть пошкоджувати як трихограму, так і самі рослини сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх десятиліть було розроблено низку технічних засобів для механізованого розселення трихограми насамперед для машинно-тракторних агрегатів (МТА) і сільськогосподарської авіації. Однак, як показала практика, розселенню трихограми такими засобами притаманні принципові недоліки. Наприклад, робота МТА характеризується малою продуктивністю. МТА як наземні технічні засоби мають обмеження щодо часу їх застосування, зокрема, коли рослини досягають значної висоти та коли ґрунт після дощу має високу вологість. Літальні апарати не мають названих недоліків. Але вітчизняний досвід застосування літаків АН-2 і вертольотів Ми-2 на операції розселення трихограми показав, що їх використання призводить до різкого зростання експлуатаційних затрат у зв'язку з порівняно високою коштовністю зазначених технічних засобів і великими питомими витратами пального. Окрім того, вони не забезпечують задану норму та рівномірність розселення трихограми. У зв'язку з цим для реалізації процесу біологічного захисту рослин привабливим є використання безпілотних літальних апаратів. Характерною їхньою особливістю є жорсткі обмеження щодо вантажомісткості, а отже і до конструкції дозувально-висівного пристрою для розселення трихограми. Тому актуальним стало створення дозувально-висівного пристрою для розселення трихограми, який мав би порівняно просту форму конструкційного виконання та малу масу.

Необхідно зазначити, що трихограму розселяють як у стадії імаго, так і в стадії лялечки. Оскільки імаго – це доросла стадія розвитку комах, то її розселяють ручним способом, попередньо розфасувавши. Слід зазначити, що під час механізованого розселення трихограма знаходиться в стадії лялечки. Виробництво трихограми відбувається зараженням трихограмою яєць зернової молі, в яких вона розвивається. Тому в агропромисловому виробництві на поля сільськогосподарських культур вносять яйця зернової молі, які заражені трихограмою. Через певний проміжок часу з лялечки відроджується трихограма, прогризаючи оболонку яйця вона виходить назовні. Розселення трихограми в стадії лялечки має переваги, оскільки є можливість дозування та запас часу на її розселення.

Розселення трихограми – складний процес, який включає дозування біоматеріалу та його розподіл на поверхні поля. Зазначений процес ускладнюється тим, що розселення трихограми необхідно здійснювати малими нормами, які знаходяться в межах 1–8 г/га. У зв'язку з цим для підвищення рівномірності розселення трихограми використовують наповнювач – манну крупу.

Вивчивши фізико-механічні властивості яєць зернової молі, автори праць [3–9] встановили, що їхня довжина знаходиться в межах 0,55–0,65 мм, а ширина – 0,25–0,35 мм,

за формою вони подібні до еліпсоїда. Швидкість витання яйця знаходиться в межах 0,5–1,5 м/с. Коефіцієнт парусності знаходиться в межах 61,3–2,7 1/м. 23% яєць зернової молі, заражених трихограмою, мають швидкість витання 0,74 м/с і коефіцієнт парусності 17,9 1/м. Об'ємна густина залежить від стадії розвитку трихограми та за одну-дві доби до відродження ентомофага становить 0,35–0,55 г/см^3. Кількість яєць в 1 г досягає в середньому 80–96 тис. шт., абсолютна маса 1000 шт. яєць – 0,0104 г. Навантаження на стиск не повинно перевищувати 0,1 кПа. У разі удару яйця об перешкоду зі швидкістю 20 м/с трихограма не відроджується [1–10].

Мета досліджень. Підвищення якості розселення трихограми завдяки встановленню раціональних режимів роботи дозуючевисівного пристрою безпілотного літального апарата.

Методи досліджень. Експериментальні дослідження з використанням методу планування трифакторного експерименту, методи статистичної обробки даних.

Результати досліджень. Для перевірки якості розподілу біоматеріалу на поверхні поля при біологічному захисті рослин у лабораторно-польових дослідах було використано дозувально-висівний пристрій із суцільним розподілом матеріалу, який складається з конфузора, дозатора, розтруба-розпилювача та розміщеного над дозатором бункера для біоматеріалу (рис. 1).

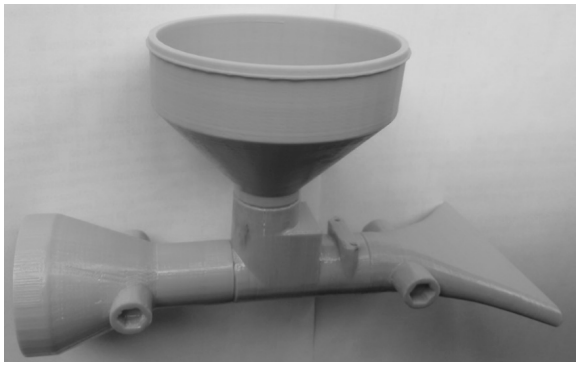

Рис. 1. Дозувально-висівний пристрій для розселення трихограми
Fig. 1. Dosing-seeding device for resettlement trichogramma

Для проведення дослідів дозувально-висівний пристрій монтувався на підвіс, спеціально розроблений для квадрокоптера DJI Phantom 4 (рис. 2).

Рис. 2. Підвіс дозувально-висівного пристрою на квадрокоптері DJI Phantom 4
Fig. 2. Pendant dosing-seeding sowing drone DJI Phantom 4

Лабораторно-польові досліди з розселення трихограми проводились із врахуванням методичних вказівок СОУ 74.3.37.137:2004 [11].

Досліди проводилися на спеціальній ділянці без насаджень. Земельна ділянка повинна бути рівною. Висота травостою повинна бути не більше 50 мм.

Виходячи із заданої норми витрати, розрахункової ширини захвату і робочої швидкості руху дозувально-висівного пристрою, обчислюють секундну витрату трихограми.

Відповідно до норми витрати матеріалу дозатор пристрою для розселення трихограми встановлюють на необхідну витрату трихограми. Після цього визначають фактичну витрату трихограми і за необхідності коригують її. Отримана норма є фактично встановленою.

Розселення проводять за швидкості вітру не більше 5 м/с.

Визначення показників розселення трихограми по ефективній ширині захвату проводиться в кількості, встановленій на підстилковій поверхні площею в 1 м^2.

Вловлювання трихограми здійснюється в деки розміром 0,5 м х 0,5 м х 0,05 м, які використовуються під час оцінки роботи машини для внесення рідких і сипучих добрив.

Розміщення дек у рядках проводять на відстані, яка перевищує розрахункову ширину захвату на 25%.

Для підвищення точності (особливо на мінімальних нормах розселення) дослід проводиться через здійснення двох або трьох проходів по одній і тій же лінії.

Вивчення характеристик розподілу і визначення нерівномірності й ефективної ширини захвату проводиться відповідно до даного ГСТУ. Критерієм для визначення ефективної ширини захвату є показник густоти розселення.

За кількістю розподілу біоматеріалу по ширині захвату будують графіки розподілу, де на осі абсцис відкладають відстань до досліджуваних точок у метрах, на осі ординат – кількісний розподіл трихограми.

Статистичну обробку отриманих результатів із визначенням нерівномірності розподілу проводять за такими формулами.

Середнє значення концентрацій $\overline{K}$ для всіх показників обчислюють за формулою:

$$\bar{K} = \sum_{i=n}^{n} \cdot k_i \,, \qquad (1)$$

де k_i – концентрація в кожній пробі.

Нерівномірність концентрації характеризується коефіцієнтом варіації V у відсотках, який обчислюють за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{K}} \cdot 100 \,, \qquad (2)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення концентрації від середнього в досліді:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=n}^{n} \bullet (k_i - \bar{K})^2}{n-1}} \,. \qquad (3)$$

Відхилення норми розселення ентомофагів у грамах за хвилину від фактично встановленої визначають під час лабораторно-польових випробувань, проводячи спеціальні досліди.

Задають норми витрати біоматеріалу відповідно до розрахункової ширини захвату і визначають швидкість руху агрегату пробним заїздом.

Обчислюють потрібну витрату ентомофагів у грамах за хвилину через дозуючий пристрій.

Налагоджують на дану витрату дозатор біоматеріалу і визначають фактичну витрату контрольними замірами.

Для проведення дослідів було вибрано ділянку поля завдовжки 100 м та завширшки 20 м (рис. 3). На цій ділянці було розміщено через 0,5 метра деки розміром 0,5м х 0,5 х 0,05 м.

Рис. 3. Дослідна ділянка поля
Fig. 3. Experimental plot of the field

Лабораторно-польові досліди проводились у сонячну погоду. Вітер – південний поривчастий до 4,5 м/с. Висота польоту квадрокоптера становила 5, 7, 9 м, а швидкість польоту – 1, 3, 5 м/с.

У конструкції дозуючо-висівної системи під час проведення дослідів змінювалися конфузор із вхідним діаметром 50, 70, 90 мм та діаметр отвору мембрани дозатора 2,5 та 3 мм.

Досліди проводилися за наступною методикою. У дозаторі ДВП встановлювали мембрану на задану норму висіву з діаметром 3 мм, після чого засипався біоматеріал. Квадрокоптер запускали в місці старту на початку лінії польоту, яка проходила по центру дослідної ділянки. Дрон підіймали на задану висоту й із заданою рівномірною швидкістю він пролітав над дослідною ділянкою. Досліди проводилися з трикратною повторністю. За такою схемою було проведено досліди для всіх передбачених факторів, зазначених вище. Після чого проводився візуальний підрахунок кількості частинок дослідного матеріалу в кожному квадраті залікової ділянки. Результати дослідів наведено в таблицях 1–4 та на рисунках 4–9.

Таблиця 1. Розподіл матеріалу на поверхні поля, шт./м^2
(діаметр отвору мембрани дозатора – 2,5 мм, швидкість польоту – 5 м/с)
Table 1. Distribution of material on the surface of the field, pc/m
(diameter of the membrane aperture – 2.5 mm, speed of flight – 5 m/s)

		Номер вимірювальної деки											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Висота польоту – 5 м													
Номер досліду	1	0	3	7	33	36	36	37	36	31	6	0	0
	2	0	1	9	29	36	38	38	37	34	8	2	0
	3	0	0	5	32	37	40	40	36	30	6	4	0
Середнє		0	1,33	7	31,33	36,33	38	38,33	36,33	31,67	6,67	2	0
Висота польоту – 7 м													
Номер досліду	1	0	2	11	33	39	40	42	39	32	9	1	0
	2	0	2	9	30	38	41	40	37	32	10	1	0
	3	0	3	10	31	37	40	39	37	31	12	3	2
Середнє		0	2,33	10	31,33	38	40,33	40,33	37,67	31,67	10,33	1,67	0,67
Висота польоту – 9 м													
Номер досліду	1	0	2	13	32	40	41	42	39	32	11	2	1
	2	1	2	13	31	39	41	40	38	31	11	1	0
	3	0	4	11	32	37	40	41	38	33	12	3	1
Середнє		0,33	2,67	12,33	31,67	38,67	40,67	41	38,33	32	11,33	2	0,67

За даними таблиці 1 побудовано графік розподілу матеріалу (рис. 4).

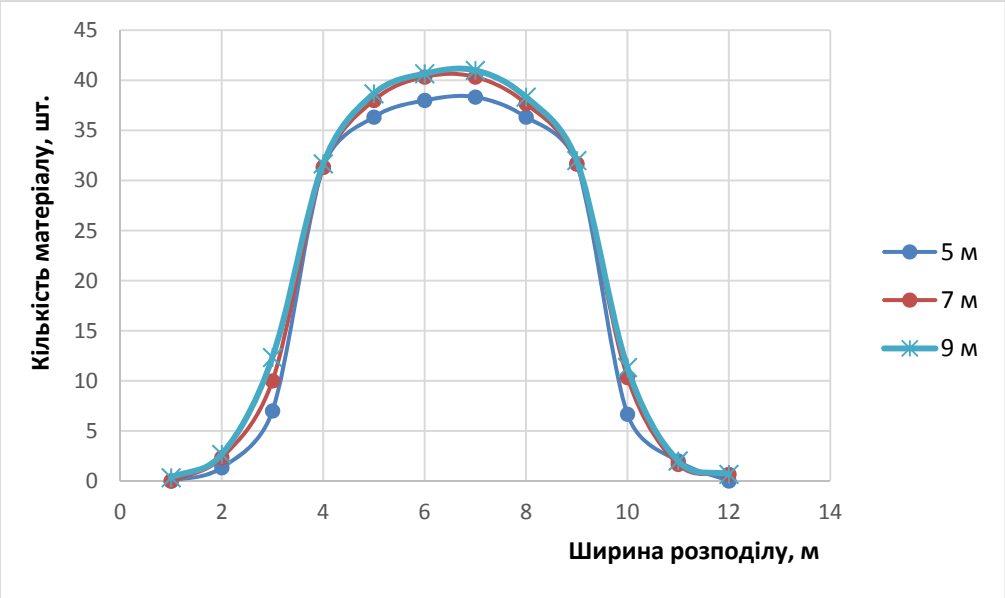

Рис. 4. Графік розподілу матеріалу при швидкості польоту 5 м/с
Fig. 4. Schedule of material distribution at a flight speed of 5 m/s

Таблиця 2. Розподіл матеріалу на поверхні поля, шт./м^2
(діаметр отвору мембрани дозатора – 2,5 мм, швидкість польоту – 3 м/с)
Table 2. Distribution of material on the surface of the field, pc/m
(diameter of the membrane aperture – 2.5 mm, speed of flight – 3 m/s)

		Номер вимірювальної деки											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Висота польоту – 5 м													
Номер досліду	1	0	1	12	54	59	60	61	58	50	10	0	0
	2	0	0	11	47	60	62	63	60	56	11	3	0
	3	0	0	9	60	61	63	62	59	50	10	1	0
Середнє		0	0,33	10,67	53,67	60	61,67	62	59	52	10,33	1,33	0
Висота польоту – 7 м													
Номер досліду	1	0	2	17	53	62	65	67	63	52	13	1	0
	2	0	7	13	48	61	66	64	60	52	15	1	0
	3	0	4	15	49	60	65	63	60	50	18	4	2
Середнє		0	4,33	15	50	61	65,33	64,67	61	51,33	15,33	2	0,67
Висота польоту – 9 м													
Номер досліду	1	0	2	17	53	61	67	66	62	49	15	0	0
	2	1	4	16	50	61	66	66	63	51	15	1	0
	3	0	4	15	49	63	66	65	62	50	17	3	1
Середнє		0,33	3,33	16	50,67	61,67	66,33	65,67	62,33	50	15,67	1,33	0,33

За даними таблиці 2 побудовано графік розподілу матеріалу (рис. 5).

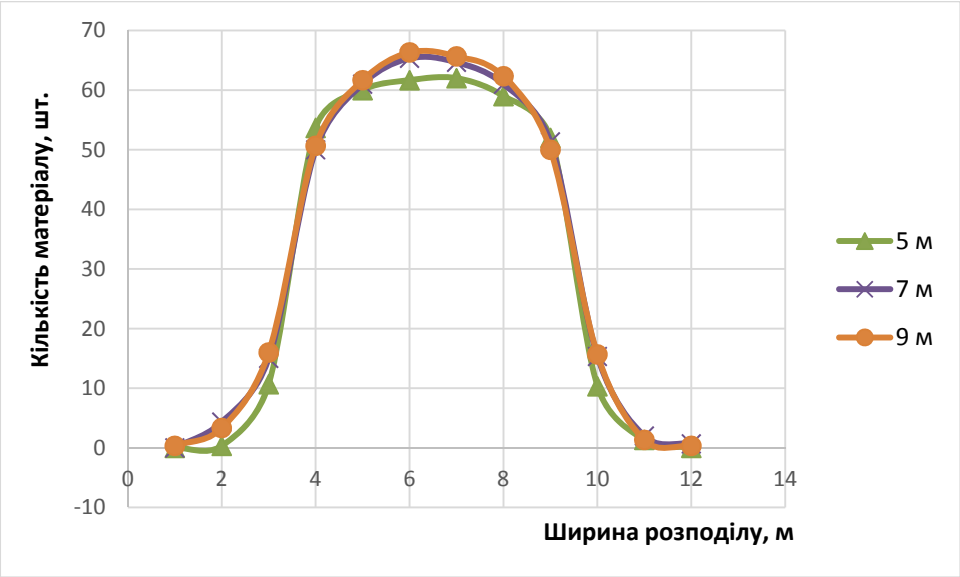

Рис. 5. Графік розподілу матеріалу при швидкості польоту 3 м/с
Fig. 5. Schedule of material distribution at a flight speed of 3 m/s

Таблиця 3. Розподіл матеріалу на поверхні поля, шт./м^2
(діаметр отвору мембрани дозатора – 2,5 мм, швидкість польоту – 1 м/с)
Table 3. Distribution of material on the surface of the field, pc/m
(diameter of the membrane aperture – 2.5 mm, speed of flight – 1 m/s)

		Номер вимірювальної деки											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Висота польоту – 5 м													
Номер досліду	1	0	4	30	150	173	171	173	171	148	30	0	0
	2	0	2	33	145	164	179	176	168	150	32	4	0
	3	0	0	25	160	170	176	180	180	147	30	5	0
Середнє		0	2	29,33	151,67	169	175,33	176,33	173	148,33	30,67	3	0
Висота польоту – 7 м													
Номер досліду	1	0	1	55	165	183	193	197	182	151	40	1	0
	2	0	0	45	150	184	201	200	185	158	49	0	0
	3	0	1	46	155	181	192	195	185	155	51	1	1
Середнє		0	0,67	48,67	156,67	182,67	195,33	197,3	184	154,67	46,67	0,67	0,33
Висота польоту – 9 м													
Номер досліду	1	0	1	56	162	182	195	199	184	156	48	1	0
	2	0	0	46	151	185	202	195	186	160	50	1	0
	3	0	1	46	154	182	196	200	190	161	51	0	1
Середнє		0	0,67	49,33	155,67	183	197,67	198	186,67	159	49,67	0,67	0,33

За даними таблиці 3 побудовано графік розподілу матеріалу (рис. 6).

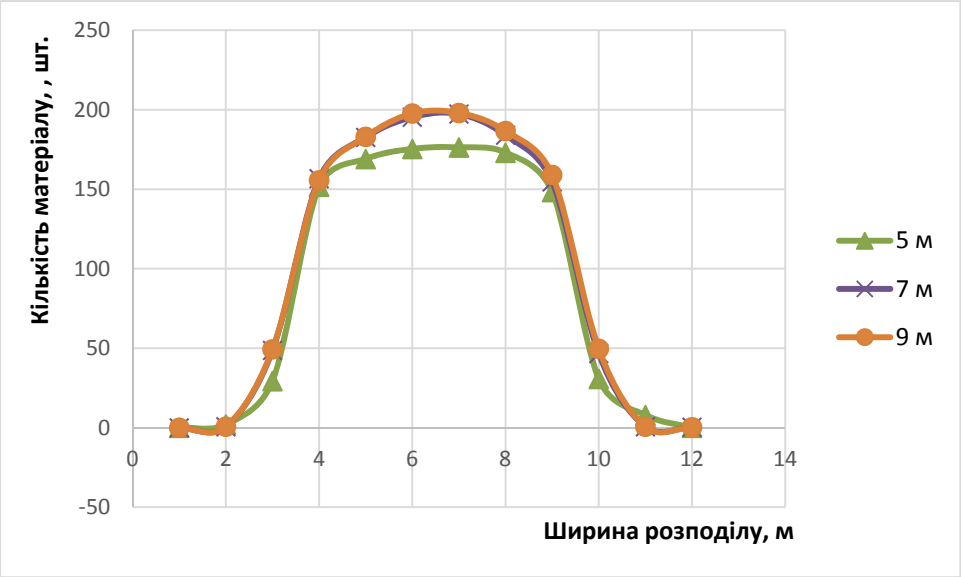

Рис. 6. Графік розподілу матеріалу при швидкості польоту 1 м/с
Fig. 6. Schedule of material distribution at a flight speed of 1 m/s

Також було проведено досліди з визначення впливу діаметра конфузора на норму внесення біоматеріалу. Результати дослідів записані в таблиці 4.

Таблиця 4. Розподіл матеріалу на поверхні поля, шт./м^2 залежно від діаметра конфузора (діаметр отвору мембрани дозатора – 2,5 мм, швидкість польоту – 5 м/с)
Table 4. Distribution of material on the surface of the field, pc/m depending on the diameter of the confuser (diameter of the membrane aperture – 2.5 mm, speed of flight – 5 m/s)

		Номер вимірювальної деки											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Діаметр отвору конфузора – 50 мм													
Номер досліду	1	0	3	7	33	36	36	37	36	31	6	0	0
	2	0	1	9	29	36	38	38	37	34	8	2	0
	3	0	0	5	32	37	40	40	36	30	6	4	0
Середнє		0	1,33	7	31,33	36,33	38	38,33	36,33	31,67	6,67	2	0
Діаметр отвору конфузора – 70 мм													
Номер досліду	1	0	1	8	37	41	42	44	41	37	7	0	0
	2	0	1	8	34	43	45	44	44	37	9	2	0
	3	0	0	6	35	41	46	46	41	35	7	3	0
Середнє		0	0,67	7,33	35,33	41,67	44,33	44,67	42	36,33	7,67	1,67	0
Діаметр отвору конфузора –90 мм													
Номер досліду	1	0	2	9	40	46	46	47	46	40	8	0	0
	2	0	1	7	37	48	49	48	45	41	7	1	0
	3	0	0	6	41	44	50	49	46	38	8	0	0
Середнє		0	1	7,33	39,33	46	48,33	48	45,67	39,67	7,67	0,33	0

За даними таблиці 4 побудовано графік розподілу матеріалу (рис. 7).

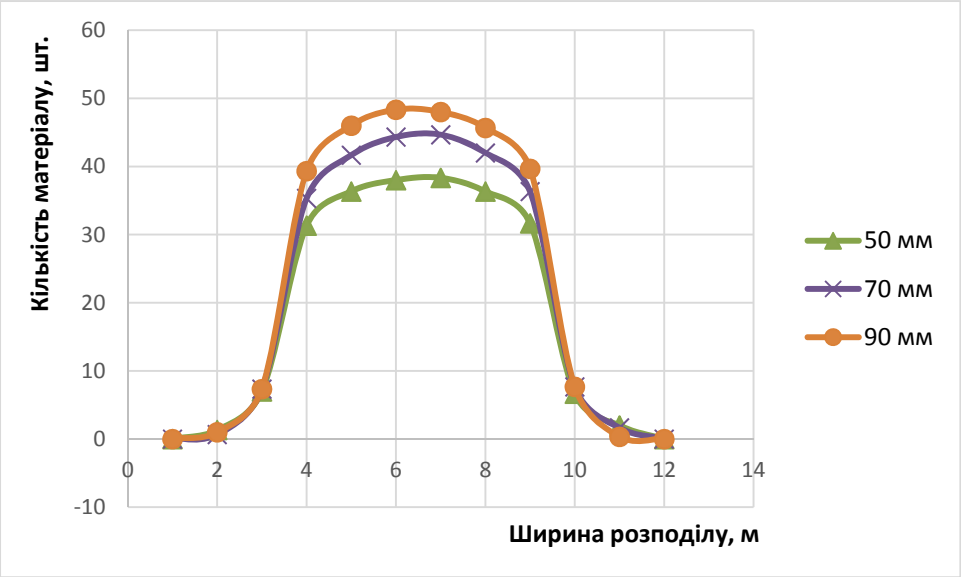

Рис. 7. Графік розподілу матеріалу залежно від діаметра конфузора
Fig. 7. Schedule distribution of material depending on the diameter confuser

Для встановлення робочої ширини захвату було визначено оптимальне перекриття (рис. 8).

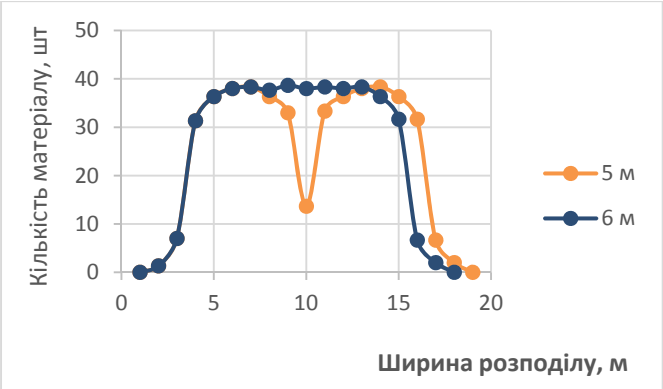

Рис. 8. Графік розподілу матеріалу з перекриттям
Fig. 8. Chart overlay material distribution

Із графіків розподілу встановлено, що максимальна відстань находження частинки матеріалу від лінії прольоту не перевищує 6 м. Через дію повітряного потоку від пропелерів квадрокоптера ширина розподілу матеріалу суттєво зменшується і діаграма подібна перевернутій параболі.

Для підвищення якості розподілу матеріалу обробляти поле необхідно з перекриттям 6 м.

З рисунку 9 видно, що рівномірність розподілу матеріалу (коефіцієнт варіації) найбільша зі швидкістю польоту 3–5 м на висоті 7 м.

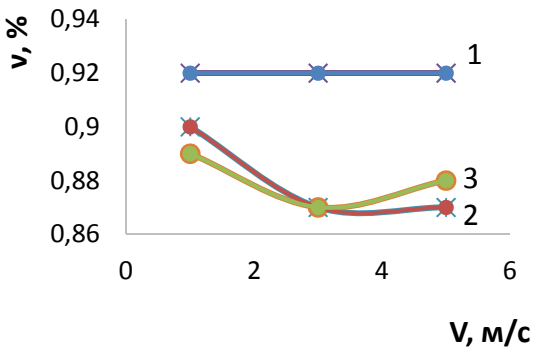

Рис. 9. Залежність коефіцієнта варіації від швидкості польоту квадрокоптера:
1, 2, 3 – висота польоту – 5, 7, 9 м, відповідно
Fig. 9. Dependence of the coefficient of variation on the flight speed of the quadcopter:
1, 2, 3 – flight height – 5, 7, 9 m, respectively

Аналізуючи проведені досліди, можна зробити висновок, що для якісного розподілу матеріалу висота польоту не повинна бути меншою ніж 5 м від поверхні рослини, швидкість польоту – 3–5 м/с, а перекриття – 6 м.

Висновки

1. Висота польоту безпілотного літального апарата під час розселення трихограми не повинна бути менше 5 м від верхнього краю рослини.

2. Рівномірність розподілу матеріалу на поверхні поля залежить від швидкості польоту, яка повинна бути в межах 3–5 м/с.

3. Якість розподілу матеріалу підвищується від правильного вибору ширини перекриття, яка повинна бути близько 6 м.

Бібліографія

1. Адамчук В. В., Маранда С. О. Обґрунтування дозатора літальних апаратів для розселення трихограми. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2018. № 7 (106). С. 27–36.

2. Адамчук В. В., Мироненко В. Г., Маранда С. О. Безпілотні літальні апарати у рослинництві. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 8. С. 35–39.

3. Мироненко В. Г., Маранда С. О. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві України. MOTROL *Motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2011. T. 13 B. C. 25–35.

4. Абашкин А. С., Кику Б. Б., Гончарук А. И. К совершенствованию средств механизации расселения трихограммы. *Трихограмма в защите растений*. М.: Агропромиздат, 1988. С. 93–103.

5. Аленчикова Т. Ф. Биологическая оценка качества работы расселителя трихограммы. *Актуальные вопросы создания машин для внесения удобрений и защиты растений*: сб. науч. тр. / Науч.-произв. об-ние по с. х. машиностроению. М., 1988. С. 65–68.

6. Инструкция по наземному механизированному расселению трихограммы / Ш. М. Гринберг, Л. П. Зильберг, Б. В. Пынзарь и др. М., 1985.

7. Пушкарёв Б. В. Повышение производительности механизированного расселения

трихограммы. *Трихограмма (Биология, разведение. Применение)*. Кишинёв, 1985. С. 54–55.

8. Аленчикова Т. Ф., Краховецкий Н. Н. Изучение качества биоматериала трихогрммы при водно-воздушном перемешивании. *Известия ТСХА*. 1985. № 1. С. 143–148.

9. Сохта А. А., Эргашев К. О механизации полевого расселения полезных насекомых. *Механизация хлопководства*. 1981. № 5. С. 14.

10. Бондаренко Н. В. Биологическая защита растений. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 278 с.

11. СОУ 74.3.37.137:2004. Випробування сільськогосподарської техніки «Обприскувачі, обпилювачі і розселювачі ентомофагів, машини для приготування і транспортування робочої рідини. Методи випробувань». Київ: Мінагрополітики України, 2006.

Bibliohrafiia

1. Adamchuk V. V., Maranda S. O. Obgruntuvannya dozatora lital′nykh aparativ dlya rozselennya trykhohramy. *Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil's'koho hospodarstva*: zahal′noderzhavnyy zbirnyk / NNTS «IMESH». Hlevakha, 2018. № 7 (106). S. 27–36.

2. Adamchuk V. V., Myronenko V. H., Maranda S. O. Bezpilotni litalni aparaty u roslynnytstvi. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 2015. № 8. S. 35–39.

3. Myronenko V. H., Maranda S. O. Perspektyvy vykorystannya bezpilotnykh lital′nykh aparativ u silskomu hospodarstvi ukrayiny. MOTROL *Motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2011. T. 13 B. S. 25–35.

4. Abashkyn A. S., Kyku B. B., Honcharuk A. Y. K sovershenstvovanyyu sredstv mekhanyzatsyy rasselenyya trykhohrammy. *Trykhohramma v zashchyte rastenyy*. M.: Ahropromyzdat, 1988. S. 93–103.

5. Alenchykova T. F. Byolohycheskaya otsenka kachestva raboty rasselytelya trykhohrammy. *Aktualnye voprosy sozdanyya mashyn dlya vnesenyya udobrenyy y zashchyty rastenyy*. M., 1988. S. 65–68.

6. Ynstruktsyya po nazemnomu mekhanyzyrovanomu rasselenyyu trykhohrammy / SH. M. Hrynberh, L. P. Zylberh, B. V. Pynzar y dr. M., 1985.

7. Pushkarëv B. V. Povyshenye proyzvodytelnosty mekhanyzyrovannoho rasselenyya trykhohrammy. *Trykhohramma (Byolohyya, razvedenye. Prymenenye)*. Kyshynëv, 1985. S. 54–55.

8. Alenchykova T. F. Krakhovetskyy N. N. Yzuchenye kachestva byomateryala trykhohrmmy pry vodno-vozdushnom peremeshyvanyy. *Yzvestyya TSKHA*. 1985. № 1. S. 143–148.

9. Sokhta A. A., Érhashev K. O mekhanyzatsyy polevoho rasselenyya poleznykh nasekomykh. *Mekhanyzatsyya khlopkovodstva*. 1981. № 5. S. 14.

10. Bondarenko N. V. Byolohycheskaya zashchyta rastenyy. 2-e yzd., pererab. y dop. M.: Ahropromyzdat, 1986. 278 s.

11. SOU 74.3.37.137:2004. Vyprobuvannya sil′s′kohospodars′koyi tekhniky «Obpryskuvachi, obpylyuvachi i rozselyuvachi entomofahiv, mashyny dlya pryhotuvannya i transportuvannya robochoyi ridyny. Metody vyprobuvan′». Kyyiv: Minahropolityky Ukrayiny, 2006.

References

1. Adamchuk V. V., Maranda S. O. Substantiation of a dispenser of aircraft for resettlement of a trichogram. *Mechanization and electrification of agriculture*: national collection / NSC “IAEE”. Glevaha, 2018. No. 7 (106). Pp. 27–36.

2. Adamchuk V. V., Mironenko V. G., Maranda S. O. Unmanned aerial vehicles in plant growing. *Bulletin of Agrarian Science*. 2015. No. 8. Pp. 35–39.

3. Mironenko V. G., Maranda S. O. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in Ukrainian agriculture. MOTROL *Motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2011. Vol. 13 B. Pp. 25–35.

4. Abashkin A. S., Kik B. B., Goncharuk A. I. On the improvement of means of mechanization of the reshaping of a trichogram. *Trichogramma in the protection of plants*. Moscow: Agropromizdat, 1988. Pp. 93–103.

5. Alenchykova T. F. Byolohycheskaya otsenka kachestva raboty rasselytelya trykhohrammy. *Aktual'nye voprosy sozdanyya mashyn dlya vnesenyya udobrenyy y zashchyty rastenyy*: sb. nauch. tr. / Nauch.-proyzv. ob-nye po s. kh. mashynostroenyyu. Moscow, 1988. Pp. 65–68.

6. Instruction on ground mechanized resettlement of the trichogramm / SH. M. Greenberg, L. P. Zilberg, B. V. Pynzar et al. Moscow, 1985.

7. Pushkarev B. V. Improvement of productivity of mechanized reshaping of a trichogram. *Trichogramma (Biology, Breeding, Application)*. Chisinau, 1985. Pp. 54–55.

8. Alenchikova T. F., Krakhovetsky N. N. The study of the quality of the biomaterial of the trichogramm during water and the air mixing. *Proceedings of the TSCA*. 1985. No. 1. Pp. 143–148.

9. Sokhta A. A, Ergashev K. On the mechanization of field propagation of useful insects. *Mechanization of cotton farming*. 1981. No 5. P. 14.

10. Bondarenko N. V. Biological protection of plants. 2nd ed., pererab. and add. Moscow: Agropromizdat, 1986. 278 p.

11. JSB 74.3.37.137:2004. Tests of agricultural machinery “Spraying, pollinators and settlers of entomophages, machines for the preparation and transport of working fluid. Test methods”. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006.