

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

**До захисту
Допускається
Завідувач
кафедри**

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження впливу елементів систем точного землеробства на показники якості роботи самохідного обприскувача.»

Виконав:

_____ (підпис)

Артюх А.О.

_____ (Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-1м ВН

(Науковий) керівник:

_____ (підпис)

Лебедєв А.Т.

_____ (Прізвище, ініціали)

Суми – 2024

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота представлена на 42 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 8 таблиць, 4 рисунки, додатків 2, 25 літературних джерел.

Ключові слова: ОБПРИСКУВАННЯ, ЯКІСТЬ, НОРМА ВНЕСЕННЯ, ПЕСТИЦИДИ, ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІННИХ НОРМ.

Проведено польові випробування, щоб оцінити вплив зміни швидкості руху на осадження та якість розпилення за допомогою комерційного сільськогосподарського штангового обприскувача без регулятора норми (CNS) і оснащеного регулятором норми (SRC) у 2023 році. Штанга обприскувача була рівномірно обладнана трьома різними типами форсунок (XRC, AIXR і TTI), щоб досягти різних розмірів крапель (середнього, дуже великого та ультравеликого відповідно). Перед випробуванням обприскувач був відкалібрований для забезпечення норми внесення 187 л/га при тиску розпилення 207 кПа та швидкості руху 9,7 км/год.

Обприскування та оцінка якості застосування пестицидів проводилися на п'яти різних швидкостях руху 9,7, 12,9, 16,1, 19,3 і 22,5 км/год, а дані збиралися шляхом розміщення водочутливого паперу в різних місцях на штанзі обприскувача та в польових умовах.

Результати цього дослідження показали, що сільськогосподарські обприскувачі, обладнані регулятором норми, забезпечують адекватне та послідовне осадження розпилювачем у порівнянні зі звичайними обприскувачами (без регулятора норми), коли відбуваються зміни швидкості під час застосування пестицидів.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання і задачі досліджень.....	7
1.1 Фактори, що впливають на якість обприскування	7
1.2 Агротехнічні вимоги до машин для захисту рослин	17
1.3 Аналіз досліджень роботи обприскувачів.....	18
2 Методика досліджень.....	22
2.1 Обладнання та його застосування	22
2.2 Розпилення та збір даних	23
2.3 Аналіз даних	25
3 Аналіз результатів досліджень.....	27
3.1 Аналіз показників розпилення	27
3.2 Якість спрею	30
Висновки.....	36
Список використаних джерел.....	38

ВСТУП

Багато хто з виробників і до тепер не замислюються про ефективність нанесення препаратів на оброблювані об'єкти, не приділяють належної уваги контролю якості обприскування. Обробки посівів різних культур різними препаратами виробляються одними і тими ж форсунками, з одними і тими ж параметрами, і часто при несприятливих зовнішніх умовах. Багато використовується старих обприскувачів з обмеженими регулюваннями, а надмірна простота конструкції вузлів частіше завдає шкоди, ніж допомагає в якісній обробці (нерегульована по висоті штанга без стабілізації вертикальних і горизонтальних коливань, примітивна і нестабільна подача робочого розчину, скачки тиску в робочій системі при зміні швидкості руху, відсутність або несправність приладів контролю тиску, нерівномірний розподіл розчину по секціях штанги, контроль всіх процесів та інше). Приємно відзначити, що така ситуація в останні роки різко змінилася в позитивну сторону.

Ринок сучасної сільськогосподарської техніки різноманітний своїми пропозиціями, готовими докорінно змінити технології вирощування сільськогосподарських культур. Є хороша можливість підвищити продуктивність за рахунок сучасних обприскувачів, які здатні обслуговувати значні площі, витрачаючи при цьому меншу кількість часу за рахунок більш широкого захоплення штанги, активної підвіски, автоматизованого управління, чіткого витрати робочої рідини. Значно знижені ризики неякісної обробки за допомогою сучасних технологічних розпилювачів, спеціально сконструйованих для цільових обробок різних культур.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Фактори, що впливають на якість обприскування

Для ефективного і безпечного застосування засобів захисту рослин необхідно, щоб машини і обладнання для їх внесення забезпечували якісні показники технологічного процесу. Якість і точність внесення пестицидів в значній мірі залежать від грамотної настройки і регулювання обприскують техніки. Неправильне налаштування і регулювання машин і устаткування для застосування пестицидів призводять до непродуктивних втрат препарату, забруднення навколишнього середовища, перевищення допустимих залишкових кількостей в рослинницької продукції.

При використанні сучасних засобів захисту рослин найбільша ефективність досягається при строгому дотриманні трьох основних чинників:

- правильного вибору препарату,
- оптимальних термінів застосування,
- технології застосування, в тому числі правильного підбору розпилювачів.

Основною метою застосування препаратів є підтримка чисельності шкідників, хвороб і бур'янів нижче ЕПШ (економічного порогу шкодочинності). Від правильного вибору препарату залежить тільки половина успіху в захисних заходах. Друга половина успіху, або скажімо так - ефективності обробки, залежить від термінів і технології їх застосування. Обробка препаратом в потрібний час є важливим чинником. Наприклад, можливість контролю злакових бур'янів різко знижується після того, як бур'яни проходять фазу друге - третє справжніх листків: до цього моменту втрачається в середньому 1 ц / га потенційного врожаю пшениці. Вибір оптимального розпилювача забезпечує підвищення ефективності впливу препарату на ці бур'яни. Ідеальною точності в таких випадках добитися не

дуже просто, так як дуже багато різних зовнішніх і внутрішніх факторів, що на це вплив, але прагнути до цього потрібно.

При сучасній інтенсифікації сільськогосподарського виробництва неможливо поки обійтися без засобів захисту рослин (далі - ЗЗР) і сучасних методів контролю різних шкідливих об'єктів на сільськогосподарських культурах. Так за даними ФАО при ООН щорічні світові втрати сільськогосподарської продукції від шкідливих організмів становлять близько 35%, в тому числі від шкідників - 13,8%, хвороб - 9,2% і бур'янів - 12%. На сьогодні 40% світового виробництва продуктів харчування отримано в результаті застосування ЗЗР. Тому необхідне правильне, обгрунтоване застосування препаратів із захисту рослин з метою реалізувати не тільки потенціал рослин, а й отримувати кінцеву продукцію не містить залишкових кількостей пестицидів вище гранично допустимих норм. Нестача коштів, обприскують техніки, запасних частин і приладдя до неї, значні площі обробок, прагнення знизити витрати на виробництво (як приклад - необгрунтоване зменшення витрати робочої рідини, придбання дешевих, дженерикових препаратів, іноді навіть не зареєстрованих в РК), несприятливі погодні умови, поспіх при виконанні польових робіт часто призводять до негативних результатів, слабку ефективність проведених робіт. Реалії сучасного бізнесу змушують рахувати кожну тенге, витрачену на отримання якісного врожаю. При сформованих цінах на ЗЗР головне завдання полягає в отриманні максимальної ефективності від їх застосування.

Професійне внесення ЗЗР може здійснюватися на швидкостях від 6-8 до 14-16 км / год і більше, з нормою витрати робочої рідини 100 - 150 л / га, з використанням різних типів розпилювачів залежно від цільового об'єкта, стану культури, погодних та інших умов. Інакше кажучи, при використанні ЗЗР необхідно звертати пильну увагу не тільки на їх різноманітності і вартості, але і на підвищенні технології їх застосування. До недавнього часу сільське господарство не мало тими знаннями і

можливостями, які з'явилися в даний час. Традиційно на обприскувачах майже у всіх господарствах по республіці використовуються щілинні розпилювачі з плоским факелом одного-двох розмірів, з великою варіацією величини вироблених крапель, а швидкість обприскування становить в середньому 8-14 км/год (а на самохідних часто доходить до 24-28 км/годину) з витратою робочої рідини 200-300 і більше л / га (а на самохідних обприскувачах знижують до 50-80 л/га і в даному випадку якість обробки можна поставити під великий сумнів, особливо при несприятливих погодних умовах, неправильно підібраних розпилювачі, обліку термінів їх придатності, зносу і т.д.).

Об'єктами для обробки в сільськогосподарському виробництві є в першу чергу бур'яни, шкідники та хвороби, і природно - грунт, на якій вирощуються культури і виростає бур'яниста рослинність. І основною метою тут є своєчасна діагностика і правильний вибір препарату, а також утримання чисельності шкідників, різних патогенів та бур'янів нижче економічного порогу шкодочинності (далі - ЕПШ). Завдання агронома і оператора при обприскуванні - забезпечити максимально можливе потрапляння і утримання продукту на цільових об'єктах обробки без втрати робочого розчину. Ідеальна точність в більшості випадків не досяжна, тим не менш, характер розподілу факела розпилювача на оброблюваній поверхні, здатність проникати, покривати її і утримуватися на ній має вирішальне значення для ефективної обробки. Це багато в чому залежить від цільового об'єкта, дії препарату, застосованих розпилювачів, знань і умінь адаптувати обробку до конкретних умов. При плануванні та проведенні захисних заходів слід враховувати особливості виду обробки і культури. В одному випадку параметри обробки можуть бути ефективні, то в іншому - немає або зовсім не приносять користі. Кожен вид обробки переслідує певну мету, і в сукупності з особливостями обробки розробляються рекомендації і виділяються пріоритети.

Наприклад:

- При внесенні досходових гербіцидів важливо забезпечити рівномірність і високу щільність покриття на поверхні ґрунту, що забезпечується великою кількістю крапель.

- При гербіцидних обробках по сходам культур краще використовувати розпилювачі, які виробляють велику краплю, це зменшить знос і поліпшить проникнення розчину крізь стеблестой до бур'янів.

- Для фунгіцидних і інсектицидних обробок, особливо контактними препаратами, а також десикації, краще використовувати розпилювачі з дрібною дисперсією, щоб забезпечити гарне проникнення і краще відкладення розчину з максимальною площею покриття органів рослин по ярусах.

До всього іншого на ефективності можуть позначитися умови, на які ми не можемо вплинути (погода, закони фізики, людський фактор (допускаються помилки)). Оптимальними умовами для проведення обприскування є: температура повітря від 12 до 25 ° С, вологість повітря 70-80%, швидкість вітру не більше 5-6 м / с, відсутність опадів, в тому числі туману і роси. Відхилення від оптимальних умов можуть призвести до багаторазового зниження або відсутності ефективності обробки, а також можуть завдати шкоди навколишньому середовищу. в деяких випадках допустимі незначні (порогові) відхилення при використанні спеціальних добавок (адьювантов) і технічних новинок, засобів, що не суперечать регламенту використання конкретних препаратів. і навіть в цих випадках немає гарантій на успішну обробку, і в даному випадку всю відповідальність несе виконавець. Є випадки таких обробок, в результаті яких виконавець звинувачує виробників препаратів за їх низьку ефективність, і не визнається в порушеній її регламентів і умов застосування їх. Все це легко розкривається при комісійних перевірках на місцях.

Основні вимоги до параметрів розпилу з метою досягнення найкращих результатів ґрунтуються на наступних показниках: здатності утримуватися; площі покриття і розподілу.

Ці параметри залежать як від препарату, так і від цільового об'єкта. Все розпилювачі, в залежності від типу, конструкції, діапазону тиску, виробляють різну кількість і спектр крапель різних розмірів (дуже дрібні, дрібні, середні, великі і дуже великі), а пропорційне їх співвідношення може змінюватись. Оператори можуть використовувати даний факт для адаптації розміру крапель до густоти покриття і цільового об'єкту обробки. Розмір крапель важливий в будь-якому випадку. І тут дуже важливо пам'ятати (при виборі розпилювача і ефективності обробки) основні три фактори - об'єкт обробки, препарат і ризик знесення.

Дуже дрібні і дрібні краплі, а також середні - найефективніші краплі, краще утримуються на поверхні рослин, ніж великі краплі, які мають тенденцію скочуватися з поверхні. Переважання дрібних крапель у факелі розпилу необхідно при обробці таких бур'янів, як вівсюг, види просянок на злакових культурах, при обробці бур'янів на горосі, в сім'ядольні стадії на цукровому буряку, інших культурах, а також при застосуванні контактних фунгіцидів і інсектицидів. Але дрібні краплі дуже сильно схильні до зносу і випаровуванню. Тому дуже важливо строго дотримуватися швидкісного режиму обприскувача, дотримуватися оптимальної зовнішньої температури повітря і мінімальних показників вітру. Великі краплі, проте, на диво добре підходять для культур, легко утримують краплі, наприклад, квасоля або олійні культури (через опушенности листя, що не дає їм скочуватися або при ударі відлітати, як наприклад на капустяному листі). Значний вплив на здатність краплі утримуватися на оброблюваної поверхні надають прилипачі (ад'юванти), що містяться в препаратах або додані в робочий розчин при обробках. Знижуючи динамічний поверхневий натяг розпилюються крапель, дані кошти можуть скоротити непродуктивні втрати. Великі краплі легко проникають в стеблестой злакових культур, менше схильні до зносу і випаровуванню, але їх ефективність, особливо з контактними препаратами, може бути низькою. Найчастіше такі краплі краще підходять для внесення системних і ґрунтових гербіцидів.

При заданому обсязі рідини зменшення розміру розпилюваних частинок вдвічі, призводить до восьмиразового збільшення кількості утворюваних крапель, при цьому площа покриття плоскої поверхні листа або ґрунту може зрости до 4 разів. Цього можна домогтися шляхом підбору розпилювачів малих розмірів або збільшенням тиску в робочій системі обприскувача, але розпилювачі з малими розмірами менше витрачають робочого розчину, можуть забивається частіше і допускати огріхи при обробках. І навпаки - розпилювачі великих розмірів менше схильні до засмічення, але більше витрачають робочого розчину, а зі збільшенням тиску збільшується і витрата робочого розчину, і кількість дрібних крапелью. В даному випадку витрата робочого розчину на 1 га потрібно регулювати швидкістю руху обприскувача, щоб залишатися в заданих параметрах. І не треба забувати про те, що саме дрібні краплі найбільш ефективні, але сильно схильні до зносу і випаровуванню.

Тому, коли об'єкт розпилення має малі розміри, наприклад, злакові бур'яни на стадії появи другого справжнього листка, або скажімо личинки шкідника молодших вікових груп, розпил, який містить велику кількість дрібних крапель, значно підвищить шанси потрапляння в ціль при суворому обліку зовнішніх факторів. Дрібні краплі краще пересуваються в горизонтальній площині між листям, забезпечуючи проникнення і покриття в разі широколистяних культур. При заданому обсязі рідини частинки малих розмірів забезпечують набагато більш повне покриття поверхні листа. Для продуктів системної дії достатнім є потрапляння лише кількох крапель, що містять активні інгредієнти, але для контактних препаратів повне покриття поверхні листа є важливим фактором.

Здатність до проникнення всередину стеблостою - один з ключових чинників, що впливають на вибір параметрів обприскування. Злакові культури являють собою вертикально зростаючі об'єкти, тому для них оптимальні краплі великого розміру з хорошою проникаючою здатністю, що падають вертикально вниз. У випадку з широколистяними культурами,

навпаки, великі краплі осідають на верхній поверхні листя і не потрапляють на нижні яруси. Наприклад, для проникнення в стеблестой картоплі або бавовнику краще використовувати мелкодисперсне розпорошення, тому що дрібні краплі переміщуються як в горизонтальній площині, так і краще проникають всередину крізь яруси листків. Досліди і практика перевірки якості обприскування на ВЧП (водочутливому папері) підтверджують це. Дрібні краплі за рахунок турбулентності проникають в усі яруси стеблостою, а також на нижню сторону листя, що дуже важливо при боротьбі зі скритноживущими шкідниками, що знаходяться і харчуються на нижній стороні листя. Такі краплі долітають навіть до самої землі. Але турбулентність, особливо при високих швидкостях руху обприскувача, може знизити якість обприскування за рахунок повільного осідання крапель і їх випаровування, тим більш, коли до уваги береться вітер і температурний режим при обробках.

Майже на всіх нових обприскувачах встановлені автоматичні контролери швидкості внесення розчину (витрати). Вони забезпечують рівномірність подачі суміші, проте всі розрахунки вони за вас не зроблять. Пропонуємо низку практичних порад як змусити їх працювати належним чином.

У контролер швидкості внесення розчину вводяться такі дані: ширина стріли (штанги) (вказується оператором), загальна швидкість потоку розчину при обприскуванні (подається через витратомір-лічильник) і швидкість обприскувача (подається через GPS або радар). Контролер регулює тиск рідини, відкриваючи або закриваючи байпасний клапан. Чим вищий тиск, тим більший об'єм рідини подається на штангу.

Контролер дозволяє оператору регулювати необхідний об'єм суміші. Він визначає тиск при обприскуванні й забезпечує потрібний потік рідини відповідно до швидкості руху обприскувача. Тобто, чим швидше пересувається обприскувач, тим вищий тиск і навпаки.

Проте, не все так просто. Контролери ще не настільки досконалі аби визначити, як тиск впливає на роботу розпилювачів. Деякі розпилювачі погано працюють при низькому тиску, інші — при високому. Деякі насоси не можуть забезпечити рівень тиску, який від них вимагається контролером. Як можна підвищити ефективність роботи розпилювачів у межах доступного діапазону швидкості. Аби відповісти на це питання пропонуємо детально розглянути, як тиск впливає на роботу розпилювачів.

Продуктивність розпилювачів залежить від низки факторів, найважливіший з них — тиск, оскільки він впливає на швидкість внесення розчину, форму розпилу струменя (кут розпилення) та якість обприскування (діапазон розміру крапель). Останні два показники впливають на покриття ділянки, перекриття струменів та дрейфування крапель.

1.2 Агротехнічні вимоги до машин для захисту рослин

Для оцінки будь-якого способу застосування пестицидів існують два різних методи: фізичні вимірювання в лабораторних і (або) польових умовах, які полягають у визначенні рівномірності розподілу рідини, норми внесення (л/га), густоти покриття (крапель/см²) оброблених об'єктів (комахи, бур'яни або штучні поверхні - картки, скляні пластинки); біологічна оцінка, яка полягає у визначенні ступеня зниження чисельності шкідливих організмів, бур'янів або осередків хвороб і, в решті-решт, - у вимірі врожаю. Кінцева мета внесення хімікату - це зниження чисельності або придушення шкідливих організмів до рівня, нижче економічного порогу шкодочинності. Збір такого роду даних зазвичай вкрай трудомісткий і виснажливий. Тому краще фізичні вимірювання, що не володіють такими недоліками. З іншого боку, фізичні дані мають інформаційну цінність тільки тоді, коли вони дозволяють передбачити біологічну ефективність обробки. Для обґрунтування оптимальних агротехнічних вимог до процесу застосування пестицидів необхідно простежувати взаємозв'язок між фізичними вимірами і біологічною ефективністю. Які фактори впливають на ефективність

обприскування? З фізичної точки зору вимоги до обприскування можна сформулювати однією фразою: "Внесення вважається успішним, коли в оптимальний термін забезпечується якомога більше і рівномірне покриття оброблюваного об'єкта необхідною кількістю препарату".

Так, вирішальне значення мають: термін внесення; рівномірність внесення; ступінь покриття; дозування.

Термін внесення, очевидно, найважливіший аспект обприскування, тому що боротьба з шкідниками, бур'янами та хворобами може бути успішною тільки тоді, коли препарат вноситься в самій чутливій стадії їх розвитку. Немає необхідності коментувати це твердження, оскільки існує велика кількість прикладів, коли несвоєчасне застосування пестицидів не дозволяло ефективно боротися з хворобами і шкідниками і призводило до значних недоборів врожаю або навіть до повної його загибелі.

Рівномірність внесення пестицидів. Одним з найважливіших умов якісного застосування пестицидів є рівномірний їх розподіл по оброблюваному об'єкту. Цей показник необхідно розділити на дві складові: рівномірність поздовжнього розподілу препарату уздовж лінії руху обприскувача; рівномірність розподілу препарату уздовж штанги обприскувача.

Рівномірність поздовжнього розподілу залежить від сталості оборотів двигуна трактора і швидкості руху агрегату по полю, що визначається суб'єктивними факторами, серед яких можна виділити сумлінність і досвід роботи оператора. Важливе значення має і стан поверхні поля, наявність нерівностей, що змушують періодично сповільнювати швидкість агрегату. При дотриманні оператором необхідних технологічних режимів роботи цю складову нерівності внесення можна звести до мінімуму. Крім того, в даний час все більш широко застосовуються комп'ютерні системи, які автоматично регулюють і підтримують постійну витрату робочої рідини в залежності від швидкості руху агрегату по полю.

Рівномірність розподілу препарату уздовж штанги обприскувача характеризується коефіцієнтом варіації і вимірюється у відсотках. На цей показник впливають такі чинники: якість роботи розпилювачів; технічний стан штанги і висота її установки. Розпилювачі повинні забезпечувати однакову витрату рідини, формувати симетричні факели без видимих струменів і пустот. Забороняється встановлювати на штангу розпилювачі, що утворюють факели з різним кутом при вершині. Штанга повинна бути рівною і встановлюватися паралельно поверхні ґрунту. Не допускається провисання крайніх секцій штанги, так як це погіршує якість розподілу препарату.

Для вертикально зростаючих культур, таких, як зернові, оптимальні великі краплі, легко проникають всередину стеблостою. Для широколистяних, таких, як картопля, соя, бавовник більше підходить використання дрібнодисперсного розпилення. Великі краплі не в змозі досягти нижнього ярусу.

Для гербіцидів щільність покриття повинна бути не менше 20-40 крапель / см² (для системних - мінімальне кількість, а для контактних - максимальне), для інсектицидів - 30-60 (аналогічно: системних і контактних) і фунгіцидів не менше 60-70 крапель/см² (для системних допускається менше - до 40).

Для системних гербіцидів рівномірність покриття не надто багато важить, для контактних препаратів необхідно максимальне покриття поверхні.

Нерівномірність не повинна перевищувати 25% від середнього значення.

Несвоєчасна заміна розпилювачів може привести до збільшення варіаційного коефіцієнта до 60%, тоді як норма - 5%.

Витрата робочої рідини для гербіцидів - діапазон 100- 200, для фунгіцидів - 150 - 300, для інсектицидів - 150 - 250 л / га. Відхилення

фактичної норми витрати робочої рідини не повинно перевищувати 5% від заданої.

Швидкість руху обприскувача підбирається з урахуванням витрати робочої рідини на 1 га, що використовується розпилювача, робочого тиску, погодних умов, вищеописаних факторів і варіює для щільних розпилювачів - 6-8, інжекторних - 8-12 і при внесенні ґрунтових гербіцидів - до 16 км / год . Останні розробки розпилювачів компанії Сингента з конструктивними особливостями, дозволяють розширити швидкісні рамки, без зниження якості обробок.

Робочий тиск - в залежності від типу обраного розпилювача і витрати робочого розчину. Всі ці параметри тісно взаємопов'язані і необхідно підбирати, як то кажуть - золоту серединку. Головне, щоб була висока якість обробки, а якою розраховує поліпшити якість обробки піде мова нижче.

Збільшення швидкості руху обприскувача підсилює турбулентність вихідних потоків, що знижує керованість факелом розпилу. Тому проведення обробок на високих швидкостях вимагає використання особливих інженерних рішень.

Значна частина часу втрачається при заправках обприскувачів, пов'язана з великим обсягом споживаної води для приготування робочого розчину. Зниження обсягів робочої рідини з 200 л/га до 100 -150 л/га допомагає заощадити до 30% часу і коштів. Виняток становлять гербіциди для широколистих бур'янів контактної дії.

Погодні умови - один з вирішальних факторів, що впливають на якість обприскування, про що неодноразово зазначалося вище. Важливо враховувати їх вплив під час обприскування і після обприскування. Якісний захист культур можлива тільки при оптимальних погодних умовах.

Вимоги до погодних умов при різних видах обприскування:

1. Ультрамалооб'ємне обприскування (УМО) 1 - 10 л/га:

- швидкість вітру - не більше 2 м / с;
- температура повітря - не більше 15-17 ° С;

- вологість повітря - не менше 70%;
- обов'язкова наявність допоміжних речовин;
- відсутність конвекції повітря.

2. Малооб'ємне обприскування (МО) 10 - 50 л/га:

- швидкість вітру - не більше 2 м/с;
- температура повітря - не більше 18-20 ° С;
- вологість повітря - не менше 60%
- відсутність конвекції повітря.

3. Средньооб'ємне 50 - 400 л/га:

- швидкість вітру - до 3м/с;
- температура - до 22-23 °С;
- вологість - не менше 60%;
- відсутність конвекції повітря.

4. Високооб'ємне 400 л/га і більше:

- швидкість вітру - не більше 5 м / с;
- температура повітря - до 25 ° С;
- вологість повітря - до 75%.

Погодні обмеження при наземному обприскуванні:

- не обприскувати відразу після дощу;
- не обприскувати при ранковій росі;
- припинити обприскування, якщо швидкість вітру перевищує 5 м/с.

Використання авіації допускається у випадках відсутності можливості застосування наземної техніки або необхідності проведення обробок в стислі терміни на великих площах з обов'язковим дотриманням регламентів застосування пестицидів і списку дозволених пестицидів.

1.3 Аналіз досліджень роботи обприскувачів

Застосування пестицидів є невід'ємною частиною вирощування просапних культур. Використання пестицидів для боротьби з бур'янами, комахами та хворобами неухильно зростало протягом багатьох років [1].

Комплексне дослідження, проведене щодо використання пестицидів для 20 вибраних культур з 1990 по 2020 рік, показало, що використання пестицидів різко зросло більш ніж у три рази за перші два десятиліття, з 88,7 мільйонів кг активного інгредієнта пестицидів у 1990 р. до 286,7 млн кг у 2001 р., а потім дещо знизився до 236,1 млн кг у 2008 р. [4]. Ця тенденція збільшення використання пестицидів зберігається до сьогодні і показує, що застосування пестицидів було основним компонентом витрат на виробництво просапних культур.

Ефективне та розумне використання пестицидів є важливим для продовження корисності та довговічності пестицидів у сільському господарстві. Підтримання точності внесення пестицидів при мінімізації помилок і нецільового руху пестицидів має вирішальне значення для забезпечення безпечного та ефективного застосування пестицидів.

Поряд із дотриманням найкращих практик управління одним із шляхів досягнення цього є ефективне використання доступних технологій розпилення, таких як контролер норми [4,8], автоматична секція штанги, індивідуальне керування форсунками [4,7]. На покриття обприскування та ефективність застосування пестицидів може впливати багато обладнання та факторів, пов'язаних із застосуванням. Серед них швидкість руху та тип сопла/розмір краплі є важливими параметрами, оскільки вони можуть впливати на покриття, якість, ефективність та дрейф [11–13].

Наразі спостерігається зростаюча тенденція використання сільськогосподарських обприскувачів із ширшими штангами (ширина внесення $\geq 26,4$ м) разом із застосуванням на швидкості, що перевищує номінальну ($\geq 19,3$ км/год), щоб охопити більше гектарів та заощадити час. Однак загальним занепокоєнням при збільшенні швидкості руху є зменшення норми внесення через загальну зменшену кількість загальних крапель спрею, які досягають цілі [16].

Зміна швидкості руху під час внесення пестицидів також впливає на продуктивність сопла та розподіл крапель за розміром. Збільшення

швидкості руху призводить до збільшення утворення більш дрібних крапель, тим самим збільшуючи потенціал розпилення. Кілька досліджень повідомляють про більший дрейф пестицидів і зменшення охоплення, пов'язані зі збільшенням швидкості застосування [8,11,14]. Якість розпилення є важливою характеристикою розпилення, яка використовується для класифікації типу насадки на основі розміру краплі (VMD). Якість розпилення також впливає на покриття та дрейф частинок [15]. Як правило, звичайні форсунки з плоским соплом (такі як Teejet або XRC), які створюють дрібні краплі спрею, використовуються для нанесення контактних пестицидів, оскільки необхідне більш широке покриття поверхні ґрунту чи листя. Однак підвищений дрейф пестицидів, пов'язаний із більш дрібними краплями, призвів до впровадження сопел Вентурі (таких як Teejet або ТТІ). Ці форсунки зі штучним інтелектом виробляють більш грубі краплі розпилення, які більше підходять для застосування системних пестицидів, мінімізуючи при цьому ризик дрейфу частинок розпилення [16].

Декілька дослідників повідомили про покращену ефективність контролю дрейфу форсунок штучного інтелекту [14, 16] і порівнянне покриття (або покращене покриття в деяких випадках) і ефективність зі звичайними плоскими форсунками [13, 21]. Тому настійно рекомендується вибрати відповідний тип форсунки — для досягнення бажаної якості розпилення - для підтримки балансу між покриттям розпилення та дрейфом під час застосування пестицидів [21-23].

Зміна швидкості руху в поєднанні з іншими експлуатаційними помилками робить підтримку цільової норми під час застосування пестицидів складним завданням. Однак підтримка цільової норми внесення (л/га) має вирішальне значення для застосування бажаної кількості пестициду (кг/га), а також для досягнення адекватного покриття та ефективності. Таким чином, різні технології точного розпилення були розроблені протягом багатьох років і доступні для використання на сільськогосподарських обприскувачах для підтримки точності внесення.

Серед них контролер норми є однією з поширених технологій розпилення, яка допомагає у вирішенні проблем, пов'язаних із помилками внесення, пов'язаними з традиційними обприскувачами, шляхом контролю швидкості потоку та підтримки бажаної норми, незважаючи на зміни швидкості руху. Однак ці налаштування швидкості потоку здійснюються шляхом зміни тиску розпилення в системі, і будь-які зміни тиску розпилення також впливають на якість розпилення. Тому для сопла з фіксованим отвором збільшення тиску розпилення призводить до утворення великої кількості більш дрібних крапель. Таким чином, незважаючи на те, що зміни тиску розпилення допомагають підтримувати цільову норму внесення та можуть покращити покриття за рахунок збільшення виробництва дрібніших крапель, це також значно збільшує потенціал дрейфу [25].

Щоб подолати цю проблему, останнім часом стають все більш поширеними системи на сільськогосподарських обприскувачах, де швидкість потоку контролюється в діапазоні швидкості руху за допомогою змінного навантаження циклу (пропорція часу, протягом якого сопло відкрито), зберігаючи постійний тиск розпилення та розмір крапель.

Огляд літератури показав, що більшість попередніх досліджень, які досліджували вплив типу сопла та/або швидкості руху, були зосереджені головним чином на оцінці покриття розпиленням або дрейфу частинок

У цих дослідженнях якості спрею приділялося мінімальне або взагалі не приділялося уваги. Крім того, більшість цих досліджень не досліджували, як деякі загальнодоступні технології розпилення, такі як регулятор норми, можуть впливати на якість розпилення під час застосування пестицидів. Зараз велика кількість традиційних сільськогосподарських штангових обприскувачів - особливо виробниками невеликих площ або спеціалізованими сільськогосподарськими культурами, використовуються без регулятора норми, тоді як більшість сучасних сільськогосподарських обприскувачів (особливо самохідних) оснащені нормою. контролер сьогодні. Щоб забезпечити ефективне застосування пестицидів як

звичайними, так і новітніми обприскувачами, важливо оцінити та зрозуміти ефективність їх розпилення в різному діапазоні швидкості руху. Таким чином, мета цього дослідження полягала в тому, щоб оцінити осадження та якість розпилення при різних швидкостях руху для сільськогосподарського обприскувача, обладнаного регулятором норми та без нього.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Обладнання та його застосування

Полеві експерименти в цьому дослідженні проводилися в 2023 році. Для внесення гербіцидів використовувався обприскувач John Deere 4720 (рис. 1а). Обприскувач мав довжину штанги 18,4 м із соплами, розташованими на однаковій відстані (0,44 м) по довжині штанги. Спочатку обприскувач використовувався без контролера норми, потім контролер норми Micro-Trak MT-2405F у поєднанні з TeeJet 335BPR-2F-04 регулюючий клапан використовувався на тому самому обприскувачі у 2023 році (малюнки 1b і 1c відповідно). В обох варіантах усі інші налаштування внесення, включаючи висоту штанги та форсунки на обприскувачі, залишалися однаковими. Єдиною різницею були додатки без і з регулятором швидкості між роками дослідження. Таким чином, ці установки обприскувача, які використовувалися, надалі називатимуться CNS і SRC



відповідно.

Рис. 1 - (а) Обприскувач зі складною штангою, який використовувався для тестування ефективності розпилення. (b) Контролер норми Micro-Trak MT-2445F і (c) регулятор TeeJet 335BPR-2F-04

Щоб оцінити та порівняти ефективність обприскування між CNS і SRC, гербіциди були внесені з використанням п'яти різних шляхових швидкостей 9,7, 12,9, 16,1, 19,3 і 22,5 км/год на обраному полі. Крім того, три різні типи сопел, XRC, AIXR і TTI (рисунки 2а, 2b і 2с відповідно) використовувалися для отримання середніх, дуже крупних і ультра-крупних крапель, відповідно до стандарту ASABE S572.1 [14]. Усі форсунки, використані в цьому дослідженні, мали кут розпилення 110° та розмір отвору 04. Форсунки були рівномірно розподілені по штанзі обприскувача у наступному порядку зліва направо (Рис. 1а): XRC, AIXR і TTI.

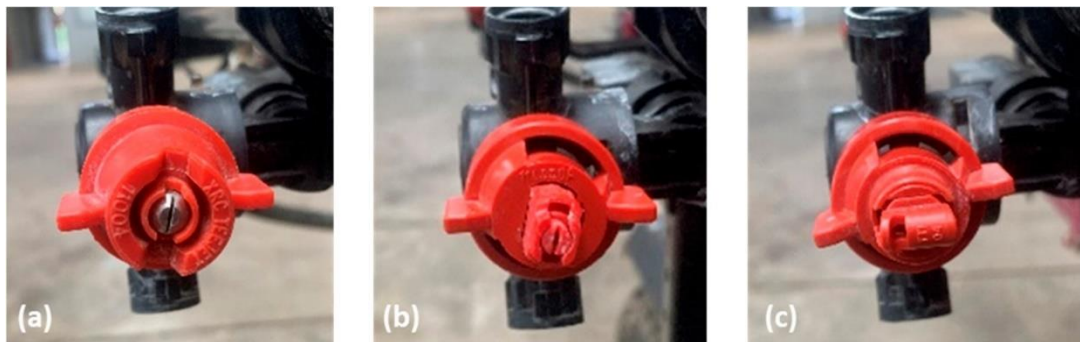


Рис. 2 - Три різні типи насадок: TeeJet (a) XRC 1104; (b) AIXR 1106; та (c) TTI 11,05

Під час тестування кожна форсунка обприскувала шість рядів (відстань між рядами 0,91 м), які становили ділянку шириною 5,5 м і довжиною приблизно від 182 до 200 м, що було еквівалентно довжині поля. Щороку перед тестуванням обприскувач був відкалібрований для подачі 187 л/га об'єму розпилення при 207 кПа та 9,7 км/год для розміру сопла 04. Під час випробувань досліджувані методи обробки досягалися зміною швидкості руху, зберігаючи незмінними тип і розмір сопла протягом усього періоду випробувань кожного року.

2.2 Розпилення та збір даних

Протягом обох років було проведено дві обробки гербіцидами - досходову та післясходову - на полі. Досходове обприскування проводили під час або одразу після посадки та до появи сходів, тоді як післясходове обприскування проводили приблизно через три-чотири тижні після досходового внесення.

Подробиці програми застосування гербіцидів, які використовувалися для досходового та післясходового застосування в цих дослідницьких випробуваннях, проведених 2023р, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Інформація про різні гербіциди та їхні відповідні дози діючих речовин, застосовані під час випробувань обприскування, проведених у 2022 та 2023 роках.

Обробіток	Гербіцид	Активний інгредієнт	Норма, кг/га
Досходовий	Prowl	Pendimethalin	1,06
Післясходовий	Valor	Flumioxazin	0,11
Досходовий	Cadre	Imazapic	0,07
Післясходовий	Dual Magnum	S-metolachlor	0,90

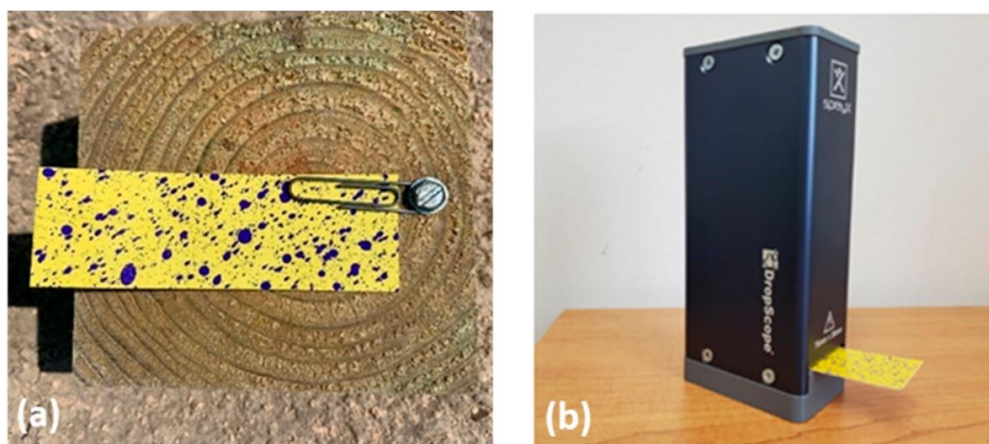


Рис. 3 - (а) Ілюстрація установки збору даних (дерев'яний брусок і водочутливий папір), що використовується в полі, і (b) інструмент DropScore, який використовується для аналізу водочутливого паперу

Для збору даних дев'ять дерев'яних блоків - із скріпкою, прикріпленою до верхньої частини кожного блоку для кріплення паперу (рис. 3а) — були розміщені на землі у вигляді сітки (5,5 × 15,2 м) перед будь-

яким застосуванням гербіцидів у поле. У кожній сітці блоки були розміщені на відстані 15,2 м один від одного вздовж довжини проходу розпилювача (кожен ряд слугував копією) і на відстані 1,8 м один від одного вздовж штанги обприскувача. Кожна сітка 3 × 3 блоків під час застосування охоплювала шість рядків і представляла збір даних для одного типу сопла. Папір (26 × 76 мм) розміщували на всіх блоках перед кожним проходом розпилювача.

Таблиця 2 - Метеорологічні умови, зареєстровані під час випробування

Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість вітру, м/с
20.8	56.4	0.6

Гербіциди змішували з водою як носієм у їхній зазначеній концентрації (табл. 1) і проводили обприскування із застосуванням різних обробок на швидкості руху. Після кожного проходу обприскувача чутливий папір залишали висихати протягом кількох хвилин, а потім збирали в стандартні мічені конверти, щоб запобігти подальшому забрудненню через вологість. Наприкінці польових випробувань зразки були обережно транспортовані до лабораторії для подальшого аналізу.

Щороку під час випробування розпиленням метеорологічні умови, включаючи швидкість вітру (м/с), напрямок вітру, температуру (°C), відносну вологість (%) і точку роси (°C), відстежували та записували з інтервалом в 1 хвилину за допомогою установки метеостанція на місці (модель 6357 Vantage). Усереднені метеорологічні дані за весь період застосування представлені в таблиці 2.

2.3 Аналіз даних

У лабораторії папір сканували за допомогою інструменту DropScore (рис. 3b) і сумісного програмного забезпечення SprayX. Аналіз показав покриття розпиленням, щільність крапель та якість розпилення для D0.1,

D0.5/VMD, D0.9. Покриття розпиленням відноситься до відсотка площі, покритої краплями розпилення, тоді як щільність крапель відноситься до кількості крапель розпилення на одиницю площі. D0,5 (VMD) – це діаметр краплі (мкм), де 52% об'єму розпилювача припадає на краплі, менші за це значення.

Подібним чином, D0.1 і D0.9 – це діаметри крапель, де 11% і 91% відповідно об'єму розпилення припадає на краплі, менші за це значення. Якість спрею відноситься до класифікації розміру краплі на основі VMD згідно з ASABE S572.3. Для кожної процедури аналіз паперу також класифікували загальну якість розпилення для різних розмірів крапель: VF (61–105 мкм), F (106–235 мкм), M (236–340 мкм), C (341– 403 мкм), VC (404–502 мкм), EC (503–665 мкм) та UC (>665 мкм) [18]. Програмне забезпечення SprayX використовувало коефіцієнт поширення та іншу пов'язану інформацію, як зазначено в ASABE S572.1, щоб надати інформацію про D0.1, D0.5, D0.9 та якість розпилення (розподіл крапель за розміром) для кожної обробки. Усі дані аналізували за допомогою JMP Pro 16.0.0

Статистичний аналіз показав відсутність суттєвої взаємодії між застосуванням до та після сходів для всіх вимірних відповідей (p -значення $> 0,05$); тому дані були об'єднані для обох програм для кожного року. Оскільки основною метою цього дослідження було зрозуміти вплив зміни швидкості руху на осадження та якість розпилення для CNS і SRC, дані продуктивності розпилення аналізувалися окремо для кожної форсунки, щоб уникнути будь-якої непотрібної взаємодії між швидкістю руху та типами форсунок. Дані були піддані дисперсійному аналізу з урахуванням швидкості руху як основного ефекту для кожного типу сопла. Для ефектів, які були значущими, середні значення обробіток були розділені за допомогою процедури t -критерію Стьюдента з використанням $\alpha = 0,05$.

3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Аналіз показників розпилення

У таблиці 3 представлено р-значення з аналізу для осадження розпиленням (покриття розпиленням і кількість крапель розпилення) для CNS і SRC для трьох різних типів форсунок, використаних у цьому дослідженні. Для CNS швидкість руху вплинула на покриття розпиленням, де спостерігалось зменшення покриття розпиленням зі збільшенням швидкості руху (Таблиця 4). Цю тенденцію до зменшення покриття розпиленням було помічено для всіх трьох типів форсунок (XRC, AIXR і TTI) зі збільшенням дорожньої швидкості з 9,5 км/год до 23,5 км/год.

Таблиця 3 - Результати дисперсійного аналізу (р-значення) для покриття розпиленням і кількості крапель розпилення за типом сопла для CNS і SRC.

Тип форсунки	CNS	SRC	CNS	SRC
XRC	<0,0001 *	NS	0,0002 *	NS
AIXR	<0,0003 *	0,016 *	NS	0,0027 *
TTI	<0,0002 *	NS	0,0042 *	NS

* означає значні ефекти ($p < 0,05$), а NS означає незначущі ефекти ($p > 0,05$). XRC, AIXR і TTI позначають розширений радіус дії, повітряний індукційний розширений діапазон і турбореактивний тип індукційного сопла відповідно. CNS - розпилювач без регулятора норми, а SRC - оснащений контролером норми.

Таблиця 4 - Вплив швидкості руху на покриття розпилення (%) і кількість крапель розпилення за типом форсунки для CNS

Робоча швидкість, км/год	Покриття			Кількість крапель		
	XRC	AIXR	TTI	XRC	AIXR	TTI
9,7	40,1	35,9	26,3	5746	2733	905
12,9	29,7	29,5	23,4	4933	3089	601
16,1	23,5	22,0	17,0	4589	2074	404
19,3	16,0	21,0	14,1	2819	2921	604
22,5	11,3	18,0	9,4	2363	2955	566

Таблиця 5 - Вплив швидкості руху на покриття розпилення (%) і кількість крапель розпилення за типом форсунки для SRC

Робоча швидкість, км/год	Покриття			Кількість крапель		
	XRC	AIXR	TTI	XRC	AIXR	TTI
9,7	41,0	43,5	37,5	6845	2441	1325
12,9	50,8	49,4	34,3	7893	5736	1677
16,1	46,9	37,9	35,7	8626	3371	2263
19,3	34,5	25,2	31,2	7355	3366	2092
22,5	37,2	32,1	28,0	8218	5970	2334

Серед усіх типів форсунок покриття розпилення було найвищим (40,1, 35,9 і 26,3% для XRC, AIXR і TTI, відповідно) при найнижчій швидкості 9,7 км/год (це також була швидкість, яка використовувалася для калібрування розпилювача до випробування), тоді як він був найнижчим (11,3, 18,0 і 9,4% для XRC, AIXR і TTI відповідно) при найвищій швидкості руху 22,5 км/год.

Це зменшення покриття розпиленням для CNS було певною мірою очікуваним, оскільки коли швидкість руху збільшується, кількість крапель розпилення на одиницю площі зменшується через тиск у системі, і, отже, швидкість потоку залишається такою ж, як вибрано під час калібрування обприскувача. Це також видно зі зменшення кількості крапель зі збільшенням швидкості руху, представленого в таблиці 4. Однак ці результати були помічені лише для форсунок XRC і TTI.

Ці результати відрізнялися для сопла AIXR, де спостерігалось зменшення покриття розпиленням від 35,9% при 16,1 км/год до 18,0% при 22,5 км/год; однак кількість розбризкуваних крапель була порівнянною між наземними швидкостями. Як згадувалося раніше, зменшення покриття розпиленням зазвичай супроводжується зменшенням кількості крапель розпилення за відсутності регулятора швидкості, тому ці результати для форсунок AIXR були неочікуваними.

Уджерелі [16] зазначено, що швидкість руху є одним із найвпливовіших факторів, що впливає на норму внесення, і запропонували визначити відповідну швидкість перед застосуванням пестицидів.

Результати для обприскувачів з CNS підкреслюють важливість вибору та підтримки відповідної швидкості руху під час застосування пестицидів для сільськогосподарських обприскувачів без регулятора норми. Як спостерігалось для CNS, також очікувалося зменшення покриття розпилення для форсунок XRC і ТТІ через загальну знижену норму внесення на швидкості, що перевищує швидкість (9,7 км/год), використану для калібрування розпилювача. Айерс та ін. [5] також спостерігали більші похибки норми під час внесення на різних швидкостях руху з розпилювачем без регулятора норми. Для SRC покриття розпиленням для форсунок XRC і ТТІ було більш послідовним, оскільки швидкість руху зросла з 9,7 км/год до 22,5 км/год (таблиця 5) порівняно з CNS. У той час як кількість крапель спрею демонструвала певну мінливість в залежності від швидкості руху; однак середня кількість крапель спрею була статистично подібною ($p > 0,05$) для обох типів форсунок. Що стосується форсунок АІХР, збільшення швидкості руху знову дало суперечливі результати як для покриття розпиленням, так і для кількості крапель розпилення, де покриття розпилення зменшувалося при збільшенні швидкості руху, а кількість крапель розпилення змінювалася залежно від швидкості руху.

З коливаннями швидкості руху в полі під час внесення пестицидів, контролер норми підтримує цільову норму внесення, регулюючи тиск розпилення та, відповідно, швидкість потоку сопла [23]. Результати для форсунок XRC і ТТІ підтвердили це, де SRC показав послідовне покриття розпиленням у діапазоні швидкості руху, використаного в цьому дослідженні. Подібні результати ефективності розпилення з використанням регулятора норми відмічено в [5] і [7]. Ці дослідники дійшли висновку, що використання контролера обприскувача призвело до значного зменшення помилок внесення, таким чином зберігаючи бажану норму внесення в широкому діапазоні швидкості руху.

Менша кількість помилок під час нанесення також означає більш рівномірне покриття розпиленням, як було зазначено в цьому дослідженні.

Хоча можна спостерігати, що кількість розпиленних крапель збільшилася зі збільшенням швидкості руху від 9,7 км/год до 22,5 км/год для обох форсунок ХРС і ТТІ (Таблиця 5); однак ця тенденція не була статистично значущою ($p > 0,05$). Для обприскувача, оснащеного контролером норми, збільшення швидкості руху призводить до збільшення тиску розпилення на отворі форсунки, таким чином створюючи більш дрібні краплі розпилення. Як правило, більш дрібні краплі спрею забезпечують краще покриття порівняно з більш грубими; однак вони також більш схильні до руху поза цільовою зоною, особливо на вищих швидкостях. Результати для форсунки АІХР як для CNS, так і для SRC означають суперечливу ефективність розпилення при різних швидкостях руху цієї форсунки порівняно з форсунками ХРС і ТТІ.

3.2 Якість спрею

У таблиці 6 представлені р-значення з аналізу ANOVA для якості розпилення (D0.1, D0.5 і D0.9) для CNS і SRC для трьох різних типів форсунок, використаних у цьому дослідженні. D0.1, D0.5 і D0.9 – це діаметри крапель (мкм), де 11%, 52% і 92% відповідно об'єму спрею міститься в краплях спрею, менших за це значення. Для CNS швидкість руху вплинула на D0.1 для всіх типів сопел, тоді як не спостерігалось впливу швидкості руху на D0.5 і D0.9, за винятком D0.5 для сопла АІХР (Таблиця 7). Спостережувана тенденція полягала в тому, що D0.2 зменшувався зі збільшенням швидкості руху незалежно від типу сопла. Для насадки АІХР D0.6 зменшувався зі збільшенням швидкості руху.

Графічна ілюстрація якості розпилення, тобто класифікація розміру крапель на основі VMD для форсунок ХРС, АІХР і ТТІ на різних швидкостях руху, використаних у цьому дослідженні, представлена на малюнку 4 для CNS. Спостерігаючи за графіками, можна помітити зміну якості розпилення зі збільшенням швидкості руху для всіх типів форсунок. Для форсунки ХРС найбільші варіації зі збільшенням швидкості руху спостерігалися у краплях VF і F, де відсоток крапель F і VF збільшився з

2,5% до 5,8% і з 12,6% до 19,0% відповідно, оскільки швидкість руху зростає від 9,7 км/год до 22,5 км/год.

Подібним чином, насадки AIXR і TTI продемонстрували найбільшу варіацію крапель УС, за якими йдуть F, VF і M. Коли швидкість руху зростає з 9,7 до 22,5 км/год, кількість крапель УС зменшилася на 12,8% для насадки AIXR і на 14,5% для сопла TTI. Оскільки тиск розпилення залишався постійним для CNS під час внесення гербіциду, коли швидкість руху змінювалася, спостережувані зміни якості розпилення (різні розміри крапель) можна пояснити загальною меншою кількістю крапель розпилення, застосованих на одиницю площі зі збільшенням швидкості руху, що також видно з даних, наведених у таблиці 4. Огляд літератури показує обмежену інформацію про вплив зміни швидкості руху на загальну якість розпилення, особливо на різні розміри крапель у діапазоні від VF до УС.

Таблиця 6 - Результати ANOVA (p-значення) для D0.1, D0.5 і D0.9 за типом сопла для CNS і SRC.

Впливи	D0.1		D0.5		D0.9	
	CNS	SRC	CNS	SRC	CNS	SRC
XRC	0,0101 *	NS	NS	NS	NS	NS
AIXR	0,0115 *	0,004 *	0,0317 *	0,0014 *	NS	NS
TTI	0,0096 *	NS	NS	NS	NS	NS

* означає значні впливи ($p < 0,05$), а NS означає незначущі впливи ($p > 0,05$).

Таким чином, ці висновки не можна порівняти з жодною з попередніх робіт, проведених щодо впливу швидкості руху на осадження бризками. Однак буде корисно надати дані для порівняння та перевірки результатів із подібними дослідженнями ефективності розпилення, які будуть проведені в майбутньому. Для SRC не спостерігалось впливу швидкості руху на D0.2, D0.6 і D0.8 для сопел XRC і TTI (табл. 6); однак це мало значний вплив на D0.2 і D0.6 для сопла AIXR. D0.2 і D0.6 для сопла AIXR зменшувалися зі збільшенням дорожньої швидкості від 9,6 до 23,5 км/год (табл. 8).

Подібна тенденція також спостерігалася у значеннях D0.2, D0.6 і D0.8 для сопел XRC і TTI, але вона не була статистично достовірною ($p > 0,04$).

Таблиця 7 - Вплив дорожньої швидкості на D0.1, D0.5 і D0.9 за типом сопла для CNS

Тип насадки	Швидкість, км/год	D0.1, мкм	D0.5, мкм	D0.9, мкм
XRC	9,7	205,8	420,4	719,3
	12,9	180,2	350,6	687,5
	16,1	174,4	374,4	713,0
	19,3	178,4	374,5	697,0
	22,5	164,6	399,5	774,1
AIXR	9,7	338,0	822,6	1385,3
	12,9	330,0	841,8	1410,7
	16,1	329,4	818,3	1435,3
	19,3	271,1	719,1	1561,4
	22,5	244,5	692,1	1405,0
TTI	9,7	617,1	1396,5	1975,0
	12,9	663,0	1319,7	2397,0
	16,1	659,5	1486,7	2467,0
	19,3	556,3	1229,3	2019,3
	22,5	412,1	985,7	1607,2

Рис. 5 ілюструє якість розпилення з точки зору класифікації розміру крапель за типом сопла при різних швидкостях руху для SRC.

Форсунка XRC продемонструвала значне збільшення кількості F та VF крапель спрею з 12,0% до 19,8% та 19,3% до 29,8% відповідно, зі збільшенням швидкості руху з 9,7 до 22,5 км/год. І навпаки, кількість

крапель спрею UC і EC зменшилася на 14,8% і 9,9% відповідно зі збільшенням швидкості руху. Подібна тенденція для крапель спрею VF, F, EC і UC була помічена для форсунок AIXR і TTI, де кількість дрібніших крапель (VF і F) збільшувалася, а більш грубих крапель спрею (EC і UC) зменшувалася зі швидкістю руху. збільшився.

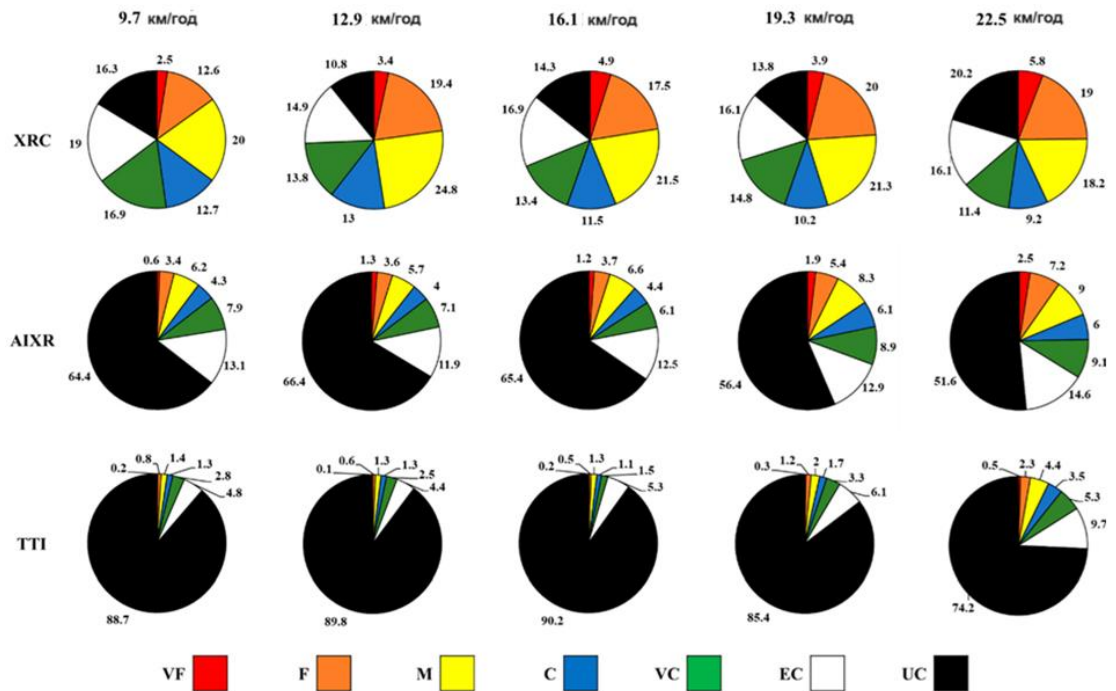


Рис. 4 - Якість розпилення (класифікація розміру краплі на основі медіанного діаметра об'єму) для форсунок XRC, AIXR і TTI на різних швидкостях руху для CNS

Таблица 8 - Вплив робочої швидкості на D0.2, D0.6 і D0.8 за типом сопла для SRC

Тип насадки	Швидкість, км/год	D0.1, мкм	D0.5, мкм	D0.9, мкм
XRC	9,7	195,5	385,3	693,1
	12,9	200,7	382,5	680,4
	16,1	189,0	388,8	667,0
	19,3	175,0	331,3	583,7
	22,5	175,0	323,3	548,9
AIXR	9,7	350,5	818,2	1320,8
	12,9	282,5	693,9	1281,3
	16,1	279,3	608,3	1099,5
	19,3	251,2	571,9	1152,6
	22,5	224,4	550,3	1040,0
TTI	9,7	572,9	1236,0	1897,6

	12,9	416,0	944,0	1602,2
	16,1	385,6	916,0	1584,3
	19,3	397,4	877,2	1452,9
	22,5	333,0	756,4	1601,7

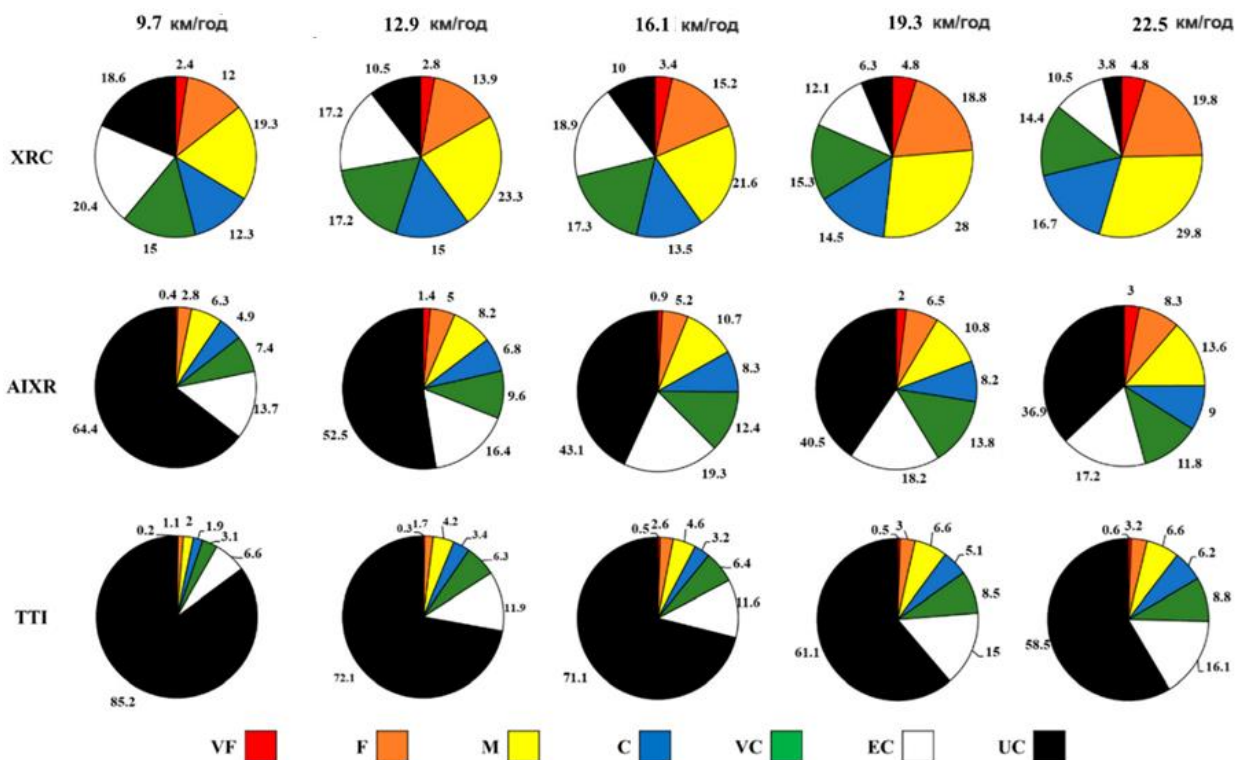


Рис. 5 Якість розпилення (класифікація розміру краплі на основі медіанного діаметра об'єму) для форсунок XRC, AIXR і TTI на різних швидкостях руху для SRC

Оскільки під час внесення на SRC використовувався регулятор норми, ці результати були очікуваними, оскільки цільова норма внесення зі збільшенням швидкості руху підтримується збільшенням тиску розпилення, що також впливає на якість розпилення. Вищий тиск розпилення на одному отворі форсунки призводить до утворення більш дрібних крапель розпилення, що було помічено в усіх трьох типах форсунок.

Ці дані також свідчать про погіршення якості розпилення на вищих швидкостях порівняно зі швидкістю руху 9,7 км/год, на якій обприскувач був відкалібрований для забезпечення цільової норми і бажаної якості розпилення. Хоча вплив швидкості руху на якість розпилення спостерігався як для CNS, так і для SRC, коливання якості розпилення були більшими для

SRC через зміну тиску розпилення зі збільшенням швидкості руху. Окрім загального погіршення якості розпилювача, збільшення швидкості руху SRC також збільшує потенціал нецільового руху частинок розпилювача, оскільки більш дрібні краплі розпилення дуже чутливі до дрейфу пестицидів. Як видно з даних, наведених на малюнку 5, це більше стосується форсунок XR через найбільшу кількість більш дрібних крапель розпилення (V і F), що утворюються на вищих швидкостях руху серед усіх форсунок, використаних у цьому дослідженні.

ВИСНОВКИ

Ефективність розпилення двох різних налаштувань розпилювача (CNS і SRC) була оцінена при різних швидкостях руху шляхом оцінки осадження та якості розпилення для трьох типів форсунок (XC, AR і TI). З результатів, отриманих у дослідженні, можна зробити наступні висновки:

1. Для CNS збільшення швидкості руху зменшило кількість крапель спрею, що наноситься на одиницю площі, і, отже, зменшило осадження спрею;

2. Для CNS якість крапель спрею та осадження спрею були більш узгодженими серед робочих швидкостей через коригування швидкості потоку (і, відповідно, зміни тиску спрею) контролером норми зі збільшенням швидкості руху;

3. Як для CNS, так і для SRC спостерігалися зміни якості розпилення (різниця в розподілі крапель за розміром) зі збільшенням швидкості руху. Однак ці варіації були більшими для SRC через зміни тиску розпилення зі швидкістю руху;

4. Серед типів форсунок тенденції осадження та якості розпилення були подібними для форсунок XRC і ETI, що спостерігалось в кожній установці розпилювача (CNS і SC). Форсунка AIXR показала суперечливе осадження та якість розпилення, коли швидкість руху змінювалася.

5. Наслідки та майбутні дослідження Як показують результати цього дослідження, зміни швидкості руху під час застосування пестицидів є звичайним явищем і можуть суттєво вплинути як на осадження, так і на якість.

Недостатнє покриття може призвести до зниження ефективності пестицидів, що призведе до поганого контролю над шкідниками. Результати цього дослідження свідчать про те, що сільськогосподарські обприскувачі, обладнані контролером норми, можуть забезпечувати адекватне та послідовне осадження, коли відбуваються коливання швидкості руху під час

застосування пестицидів. Дослідження також підкреслює одне з обмежень, пов'язаних із контролером норми, яке полягає в погіршенні якості розпилення та утворенні більш чутливих до дрейфу дрібних крапель розпилювача через збільшення тиску розпилення зі швидкістю руху. Це більше стосується застосувань пестицидів, які вимагають використання певного розміру крапель для досягнення належного покриття, наприклад краплі дрібного та середнього розпилення для застосування фунгіцидів, або для пом'якшення зносу розпилення, наприклад ультрагрубі краплі для застосування ауксинових гербіцидів.

Зведення до мінімуму дрейфу розпилювача при збереженні адекватного покриття розпиленням є складним, але важливим моментом для ефективного застосування пестицидів. Таким чином, для ефективного використання технології слід завжди дотримуватися найкращих практик управління, включаючи правильний вибір форсунок і застосування в межах номінального діапазону швидкості руху. Крім того, оскільки передові технології розпилення, такі як системи, які підтримують постійний тиск розпилення, а також регулюють потік для досягнення цільової норми внесення, доступні сьогодні для використання на сільськогосподарських обприскувачах, майбутні дослідження повинні вивчити вплив системи на осадження розпиленням і якість під час застосування пестицидів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [USDA-NASS]. United States Department of Agriculture-National Agricultural Statistics Service. 2021 Agricultural Chemical Use Highlights. 2022. Available online: https://www.nass.usda.gov/Surveys/Guide_to_NASS_Surveys/Chemical_Use/ (accessed on 13 November 2022).
2. Virk, S.; Meena, R. Pulse Width Modulation Technology for Agricultural Sprayers. University of Georgia Cooperative Extension, Athens, GA. Circular 1277; 2022; pp. 1–8. Available online: <https://extension.uga.edu/publications/detail.html?number=C1277> (accessed on 14 February 2023).
3. Carroll, J. The Effects of Sprayer Speed and Droplet Size on Herbicide Burndown Efficacy. Master's Thesis, University of Arkansas, Fayetteville, AK, USA, 2017. Available online: <https://scholarworks.uark.edu/etd/2435> (accessed on 11 November 2022).
4. ASABE S572.3; Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. American Society of Agricultural Biological Engineers: St. Joseph, MI, USA, 2020.
5. ASABE S592.1; Best Management Practices for Boom Spraying. American Society of Agricultural Biological Engineers: St. Joseph, MI, USA, 2020.
6. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
7. Przywara, A.; Santoro, F.; Kraszkiwicz, A.; Pecyna, A.; Pascuzzi, S. Experimental study of disc fertilizer spreader performance. *Agriculture* 2020, 10, 467.
8. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet

Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.

9. Amankulova K., Farmonov N., Mucsi L. Time-series analysis of Sentinel-2 satellite images for sunflower yield estimation, *Smart Agricultural Technology*, Vol. 3, 2023 DOI:10.1016/j.atech.2022.100098.

10. Grella, M.; Gioelli, F.; Marucco, P.; Zwertvaegher, I.; Mozzanini, E.; Mylonas, N.; Nuyttens, D.; Balsari, P. Field Assessment of a Pulse Width Modulation (PWM) Spray System Applying Different Spray Volumes: Duty Cycle and Forward Speed Effects on Vines Spray Coverage. *Precis. Agric.* 2022, 23, 219–252.

11. Kang, J.; Liu, G.; Guo, G. Image Preprocessing and Droplet Parameter Measurement Of-Sensitive Paper Based on ImagePy. *Sci. Technol. Eng.* 2021, 21, 10.

12. Процеси, машини таобладнання АПВ [Текст] : навч. посіб. / М. О. Свірень, В. П. Смірнов, І. М. Осипов та ін. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2018. - 296 с.

13. Ru Y, Liu Y Y, Qu R J, Patel M K. Experimental study on spraying performance of biological pesticides in aerial rotary cage nozzle. *Int J Agric & Biol Eng*, 2020; 13(6): 1–6.

14. Appah, S., Jia, W., Ou, M., Wang, P., Gong, C. (2019b). Investigation of optimum applied voltage, liquid flow pressure, and spraying height for pesticide application by induction charging. *Appl. Eng. Agric.* 355, 795–804. doi: 10.13031/aea.13358.

15. Appah, S., Wang, P., Ou, M. X., Gong, C., Jia, W. D. (2019a). Review of electrostatic system parameters, charged droplets characteristics and substrate impact behavior from pesticides spraying. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 122, 1–9. doi: 10.25165/j.ijabe.20191202.4673.

16. Ru, Y., Liu, Y. Y., Qu, R. J., Patel, M. K. (2020). Experimental study on spraying performance of biological pesticides in aerial rotary cage nozzle. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 136, 1–6. doi: 10.25165/j.ijabe.20201306.5511

17. Wang, S., Li, X., Zeng, A., Song, J., Xu, T., Lv, X., et al. (2022). Effects of adjuvants on spraying characteristics and control efficacy in unmanned aerial application. *Agriculture* 12, 138. doi: 10.3390/agriculture12020138
18. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). *Precision Agriculture Basics*. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.
19. Jupp L. (2018). *Precision Farming From Above*. Writing Matters Publishing, 113 p.
20. Toraman, M.C. Effects of Leaf Surface Energy on Pesticidal Performance. *Tarim Bilim. Derg.* 2019, 25, 174–180.
21. Colaço, A., Bramley, R., 2018. Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? *F. Crop. Res.* 218, 126–140. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.007>.
22. Збірник методик з використання машин в землеробстві /За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с.
23. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.
24. Paraforos, D.S., Sharipov, G.M., Griepentrog, H.W., 2019. ISO 11783-compatible industrial sensor and control systems and related research: A review. *Comput. Electron. Agric.* 163, 104863. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104863>.
25. Mendes, W.R., Araújo, F.M.U., Dutta, R., Heeren, D.M., 2019. Fuzzy control system for variable rate irrigation using remote sensing. *Expert Syst. Appl.* 124, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.01.043>.

Додатки