

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУГИ В ХІМІЧНОМУ ЗАХИСТІ РОСЛИН

Сташків М.Я., к.т.н., доц., Рибак Т.І., д.т.н., проф. Бортник І.М., асист.

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

Розглянуто вплив електричного поля високої напруги на процес нанесення засобів хімічного захисту рослин. Отримано рівняння для наближеного розрахунку значення напруги. Проведено аналіз залежності напруги від витрат робочої рідини та її концентрації у факелі розпилю.

Постановка проблеми. Проблема захисту рослин від хвороб та шкідників завжди потребувала застосування найсучасніших наукових і практичних досягнень в цій області. Одним з найбільш ефективних методів захисту рослин є хімічний метод, що базується на застосуванні спеціальних хімічних речовин - пестицидів. Найбільш поширеним способом використання хімічних препаратів у рослинництві є обприскування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У практиці хімічного захисту рослин як робочу рідину використовують розчини, суспензії та емульсії хімічних засобів із водою у якості носія. Технології та засоби їх внесення постійно вдосконалюються з метою підвищення якості та ефективності виконання технологічних процесів хімічного захисту рослин [1].

При розпилюванні хімічних засобів захисту рослин утворюється аерозоль з розмірами крапель від десятків до сотень мікрометрів. Для якісної обробки необхідно повне осадження крапель на листках і стеблах рослин. При цьому економічність обприскування, рівномірність і густина покриття крони рослин засобами захисту залежать від розмірів крапель аерозолю [2].

Однією з основних проблем хімічного захисту рослин шляхом обприскування є високі втрати робочої рідини. Причина втрат - знесення крапель рідини вітром за межі робочої зони обприскування, випаровування рідини, нерівномірний розподіл робочої рідини на оброблюваній поверхні, погане утримання крапель на оброблених поверхнях. Втрати знижують економічну і біологічну ефективність обприскування і, при цьому, несуть екологічну загрозу. Часто на оброблюваний об'єкт потрапляє лише 20 – 70 % хімічних препаратів. До 40 % цієї кількості робочої рідини розподіляється на оброблюваній поверхні вкрай нерівномірно.

Для скорочення втрат необхідні нові конструктивні розробки, а також наукові ідеї, які повинні реалізуватися в створенні перспективних обприскувачів, що відносяться до інноваційного покоління сільськогосподарської техніки. До таких машин можна віднести обприскувачі, які оснащені пристроями для отримання дуже малих (нанорозмірів) заряджених крапель рідини.

Найбільш перспективним на даний час є розвиток способів внесення хімічних препаратів для захисту рослин із наданням краплинам робочої рідини

електричного (електростатичного) заряду .

Мета досліджень. Метою даної роботи є отримання аналітичних залежностей для попередньої оцінки величини напруги електричного поля для надання заряду частинкам робочої рідини у факелі розпилу при хімічному захисті рослин.

Результати досліджень. Питанню застосування електричного поля високої напруги у сільському господарстві присвячено досить багато робіт, але більшість із них стосується дослідження лише стаціонарних процесів та обладнання. Роботи ж, які стосуються застосування електричного поля високої напруги в хімічному захисті рослин з використанням мобільних сільськогосподарських машин практично відсутні і мають, переважно, експериментальний характер [3, 4].

Відомо, що електростатичне поле має силову дію на заряджені частинки рідини. Під дією сил, зумовлених перерозподілом електричних зарядів, краплина рідини розтягується і розпадається на дрібніші частини. Гідравлічна нестійкість струменя рідини спостерігається, коли сили електричного поля перевищують сили поверхневого натягу робочої рідини. Електростатичне подрібнення струменя призводить до електризації крапель робочої рідини, в результаті чого аерозоль набуває нових властивостей, що дозволяє використовувати його більш ефективно.

Умова рівноваги сил, що діють на заряджену сферичну краплину радіусом r , що знаходиться в газовому середовищі, має вигляд [5]:

$$\frac{2\alpha}{r} - p - \frac{U^2}{8\pi \cdot r^2} \cdot \varepsilon_0 = 0, \quad (1)$$

де: α – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

p – капілярний тиск, Па;

U – напруга, В;

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/Н·м² – електрична стала.

Коли електростатична сила, що діє на поверхні рідини, досягає критичної величини, яка залежить від поверхневого натягу рідини та радіуса кривизни краплини, поверхня стає нестійкою, її деформація швидко збільшується і вона розпадається на дрібні краплини. Величину заряду q [Кл], при якому спостерігається гідродинамічна нестабільність краплини з поверхневою щільністю заряду $\sigma = \varepsilon_0 \cdot \alpha$, визначено у [6]

$$q = \sqrt{16\pi \cdot \sigma \cdot r^3}, \quad (2)$$

З рівняння (2) випливає, що із збільшенням радіусу r краплини та поверхневого натягу рідини σ граничний заряд краплини зростатиме.

В об'ємі уніполярно зарядженого аерозолі сили кулонівської взаємодії заряджених частин зумовлюватимуть процес електростатичного розсіювання зарядженого аерозолі, зміна концентрації n [1/м³] якого з часом t описується

рівнянням [7]:

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{n^2 q^2}{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r} \quad (3)$$

де: η - динамічна в'язкість повітря, Н с/м².

З рівняння (3) випливає, що електростатичне розсіювання є внутрішньою властивістю аерозолі та залежить від розміру, заряду та концентрації частинок аерозолі.

Залежності (1), (2), (3) дозволяють отримати значення напруги, необхідної для забезпечення стійкого протікання процесу надання електричного заряду краплинам робочої рідини при хімічному захисті рослин з використанням обприскувачів.

Для цього запишемо рівняння (3) у такому вигляді

$$\frac{1}{n^2} dn = -\frac{q^2}{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r} dt. \quad (4)$$

Вважаючи, що за час t перенесення зарядженої краплини від сопла форсунки до поверхні рослини втрат заряду q та зміни розміру r частинки не відбувається, після інтегрування лівої та правої частин рівняння (4), отримаємо

$$-\frac{1}{n} = -\frac{q^2 t}{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r}, \quad (5)$$

або, після перетворення

$$n = \frac{\varepsilon_0 6\pi\eta \Pi r}{q^2 t}. \quad (6)$$

Підставивши рівняння (2) у рівняння (6) розв'язуємо його відносно радіусу краплини r

$$r = \frac{\sqrt{\frac{3\eta}{2\pi}}}{4\sqrt{nt\alpha}}. \quad (7)$$

Підставивши рівняння (7) у рівняння (1), розв'язуємо його відносно різниці потенціалу між електродами U

$$U = \frac{\left(\frac{3\pi}{2}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{16\sqrt{nt} \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\eta} - p \sqrt{\frac{6}{\pi}} \eta}{nt\alpha}}}{2\sqrt{\varepsilon_0}}. \quad (8)$$

Оскільки концентрація частинок рідини у факелі розпилу залежить,

зокрема, від витрат робочої рідини Q [м³/хв або л/хв], то запишемо

$$n \cdot t = \frac{1}{Q} K_K, \quad (9)$$

де: K_K – коефіцієнт концентрації краплин робочої рідини у факелі розпилу.

Підставляючи залежність (9) у рівняння (8), отримаємо

$$U = \left(\frac{3\pi}{2}\right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{\frac{16 \cdot \alpha^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_K}{Q}\right)} \cdot \eta - p \cdot \eta \cdot \sqrt{\frac{6}{\pi}}}{\left(\frac{K_K}{Q}\right) \cdot \alpha \cdot 2 \cdot \sqrt{\varepsilon_0}}}. \quad (10)$$

Для аналізу залежності величини напруги від витрат робочої рідини та її концентрації у факелі розпилу графічно зобразимо рівняння (10) для чистої води з наступними значеннями параметрів: коефіцієнт поверхневого натягу води $\alpha = 73 \cdot 10^{-3}$ Н/м; динамічна в'язкість повітря $\eta = 18.6 \cdot 10^{-6}$ Па·с; капілярний тиск $p = 2\alpha/r = 5.84 \cdot 10^3$ Па; середній діаметр частинки розпилу $d = 50$ мкм [2].

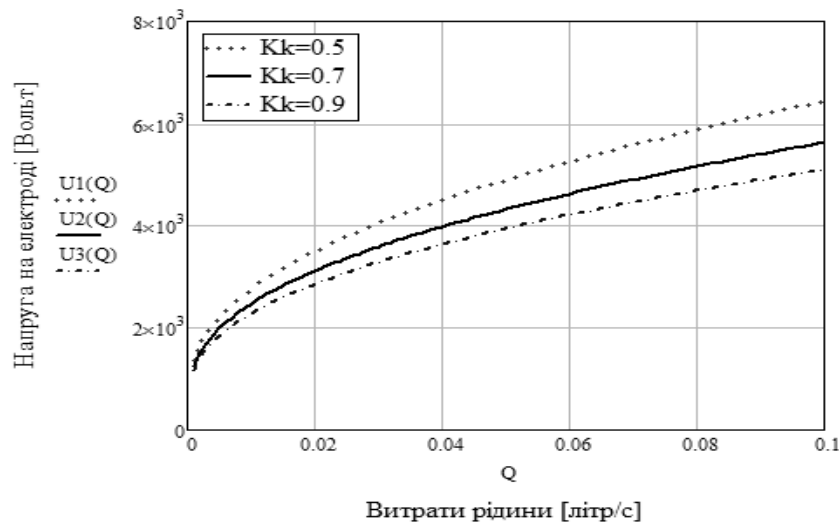


Рис. 1 – Залежність напруги від витрати рідини та концентрації

Із рис. 1 бачимо, що необхідне значення робочої напруги на електродах для надання електростатичного заряду частинкам робочої рідини зростає із збільшенням витрат рідини та зменшенням її концентрації у факелі розпилу.

Очевидно, що отримане рівняння (10) даватиме занижені значення напруги, оскільки при його виведенні не враховувалися зміна концентрації робочої рідини по довжині факелу розпилу; процеси коагуляції, дифузії та випаровування часток робочої рідини та вплив сили гравітації та інерційних сил; розсіювання заряду при взаємодії заряджених краплин робочої рідини із повітрям (оскільки рівняння (2) отримано для частинок, що знаходяться у вакуумі). Вплив цих параметрів потребує додаткових досліджень.

Подальших досліджень потребує також питання впливу дисперсності розпилу на процес електризації робочої рідини, оскільки цей параметр буде впливати на інтенсивність взаємодії краплин робочої рідини між собою та навколишнім середовищем і, відповідно, на перерозподіл заряду частинок.

Список використаних джерел

1. М. Сташків. Шляхи підвищення ефективності штангових обприскувачів // Зб. тез доповідей XVI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. – Том II «Матеріалознавство та машинобудування» - Тернопіль: ТНТУ, 2013. - С.33.
2. Сташків М. Аналіз характеристик крапель при хімічному захисті рослин / М. Сташків, Т. Рибак, І. Бортник // Зб. тез доповідей XVIII наукової конференції ТНТУ ім. Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2014. - С.89 - 90.
3. Яцков Р.П. Технологический процесс и оборудование для опрыскивателей с электроподзарядкой капель: Дис. канд. с.-х. наук. - М.: РГБ, 2005. - 147 с.
4. Ксенз А.Я. Совершенствование технологии и оборудования для опрыскивания сельскохозяйственных культур с применением электризации жидкостно-воздушной смеси: Дис. канд.с.-х. наук. – зерноград, 2014. – 181 с.
5. Х. Грин, В. Лейн, Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Изд. 2-е, стер. Изд-во «Химия», 1972. – 428 с.
6. Releigh L. On the Instability of jets, London, Mathematical Society. – 1988.
7. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. – 351 с.

Аннотация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ В ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Сташков Н.Я., Рыбак Т.И., Бортник И.М.

Рассмотрено влияние электрического поля высокого напряжения на процесс нанесения средств химической защиты растений. Получено уравнение для расчета значения напряжения. Проведен анализ зависимости напряжения от расхода рабочей жидкости и ее концентрации в факеле распыла.

Abstract

USE OF HIGH VOLTAGE ELECTRIC FIELD IN CHEMICAL PROTECTION OF PLANTS

M. Stashkov, T. Ribak I, I. Bortnik

The influence of the electric field of high voltage in the process of applying chemical means of plant protection is reviewed. The equation for calculating the approximate value of the voltage is defined. The value of the voltage depending on the rate of the flow and its concentration in the spray cone is analyzed.