

УДК 621.324

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЗАРЯДУ КРАПЛИН РОЗЧИНІВ З НИЗЬКИМ ПИТОМИМ ОБ'ЄМНИМ ОПОРОМ ПРИ НАНЕСЕННІ ЇХ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИМ МЕТОДОМ**

*Г.Б. Іноземцев, доктор технічних наук  
С.Д. Ващишин, аспірант*

*У статті наведені експериментальні дослідження щодо визначення електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором. Встановлена, залежність зміни електричного заряду краплин розчинів щодо експоненціального закону від міжелектродної відстані.*

*Електростатичний метод нанесення, сумарний електричний заряд, електричне поле, розчини з низьким питомим об'ємним опором, міжелектродна відстань.*

Технології захисту та живлення рослин є важливими складовими процесу вирощування овочевих культур, що займають значне місце в сільському господарстві, особливо в тепличному овочівництві. До таких технологій відносять кореневу та позакореневу обробку рослин.

Позакореневе внесення живильних та протруючих розчинів здійснюють переважно установками, що працюють за різними методами нанесення розчинів: механічний, пневматичний, гідравлічний, ультразвуковий та ін.[4]

Аналізуючи ці методи диспергування розчинів, відповідно до сучасних вимог, можна констатувати, що вони характеризуються високими втратами робочих розчинів (до 75%), нерівномірністю осадження розчинів на поверхні рослин (до 60%), створюють не найкращі умови поглинання та всмоктування розчинів поверхнею рослин (осадження краплин тільки на верхній листовій поверхні), збільшують витрати енергії та розчинів [3].

Згідно останніх досліджень, однією із перспективних технологій, що може ліквідувати вказані вище недоліки є застосування електростатичного методу нанесення, який обумовлює високу якість обробки рослин, зменшення втрат робочих розчинів (до 85%), забруднення навколишнього середовища (до 90%) та ін. [3, 4].

Ефективність електростатичного методу нанесення в значній мірі залежить від параметрів електричного поля: електричного заряду ( $q$ ), напруженості електричного поля ( $E$ ), сили взаємодії електричних зарядів ( $F_v$ ) та ін. і електрофізичних властивостей матеріалу: поверхневого натягу розчину ( $\sigma_p$ ) та листя рослин ( $\sigma_n$ ), питомого об'ємного опору ( $\rho_v$ ), кута змочування ( $\Theta$ ), електропровідності розчину ( $\epsilon_p$ ) та зеленої маси рослин ( $\epsilon_z$ ) та ін.

Процес зарядки краплин в електричному полі впливає на проходження всіх інших процесів електростатичного нанесення: динаміку руху краплин їх осадження та подальше утримання на поверхні рослин.

Слід відмітити, живильні та протруючі розчини, мають низький питомий об'ємний опір ( $\rho_v=10^2\dots10^3$  Ом см) [5], що обумовлює швидку зарядку та розрядку краплин, яка знижує ефективність роботи електростатичної установки. Тому, для ефективного застосування даного методу обробки рослин розчинами з низьким питомим об'ємним опором в електричному полі, необхідно провести дослідження щодо визначення електричного заряду краплин розчинів.

**Мета дослідження** – визначення електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором при нанесенні їх в електричному полі.

**Матеріали та методика досліджень.** Необхідність експериментального визначення заряду, краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором, виникає для оцінки характеристики технологічних режимів та процесу електростатичного нанесення розчинів, що обумовлює вирішення двох задач: вимірювання сумарного електричного заряду великої кількості краплин та вимірювання електричного заряду однієї краплини.

Заряд однієї краплини, служить основою для аналізу її впливу на траєкторію руху та осадження краплин в електричному полі.

Сумарний заряд краплин застосовують для оцінки ефективності роботи електростатичної установки та її режимів.

Електричні заряди краплин, що наносяться в електричному полі, як правило, малі. Наприклад, при зарядці в полі коронного розряду напруженістю 2 кВ/см електропровідні краплини розміром 2 мкм отримують максимальний заряд  $10^{-16}$  Кл, а краплина розміром 20 мкм  $10^{-14}$  Кл [1].

На практиці, визначення електричного заряду краплин здійснюють двома методами: прямим та непрямим (наприклад шляхом вимірювання за рахунок відомої ємності та напруги). Кожен з цих методів має свої особливості, точність вимірювання, складність реалізації [2].

Для вимірювання електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором, був обраний прямий метод вимірювання, оскільки він передбачає безпосереднє вимірювання електричного заряду краплин.

У зв'язку з цим, були поставлені задачі експериментального дослідження: визначення сумарного електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором та встановити залежності його зміни від міжелектродної відстані в процесі електростатичного нанесення.

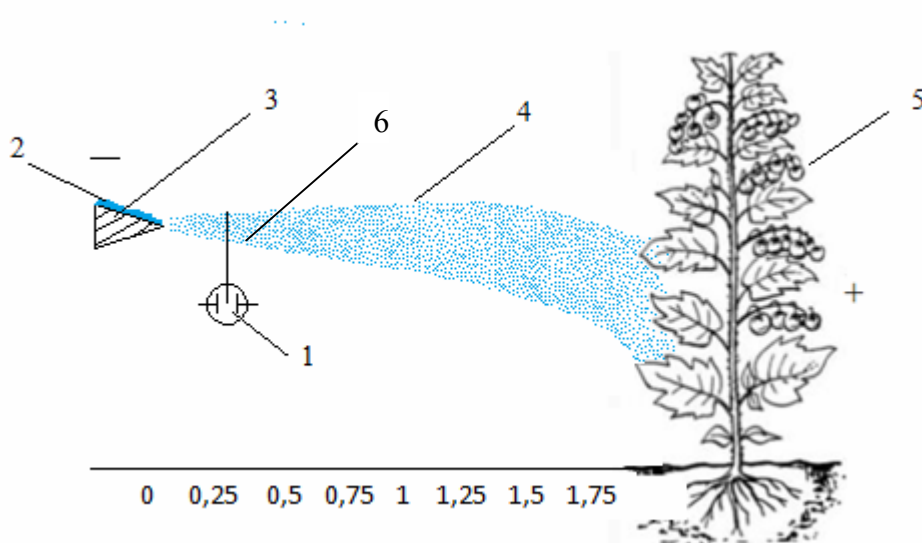
**Технічна характеристика електростатичної установки**

Параметр	Одиниці вимірювання	Величина
Напруга	кВ	25
Струм	мА	7,5
Об'єм робочої ємності	л	14
Режими подачі розчину	мл/с	20,40,60,80
Дальність розпилення	м	до 2
Маса	кг	11,9

Для вирішення поставлених задач, було застосоване наступне обладнання: електростатична установка (технічна характеристика якої наведена в табл.1), відкалібрований електрометр з точністю вимірювання  $\pm 5$ , живильний розчин (з питомим об'ємним опором  $(\rho_v=10^2 \dots 10^3 \text{ Ом см})$ ), термометр, гігрометр, секундомір.

Експеримент здійснювався при нанесенні живильних розчинів з подачею (20 – 80 мл/с) та напругою до 25 кВ. Вимірювання електричного заряду крап-лин розчинів з низьким питомим об'ємним опором здійснювався на відстані від (0...1,75 м) з кроком (0,25 м).

Принципова схема вимірювання сумарного електричного заряду наведена на рис.1.



**Рис.1. Принципова схема вимірювання сумарного електричного заряду краплин розчину:**

1 – електрометр, 2 – коронуючий електрод, 3 – живильний розчин, 4 – повітря-крапельний потік, 5 – об'єкт осадження

Живильний розчин 3, заряджається на коронуючому електроді 2, де отримує негативний електричний заряд, що обумовлює утворення монодисперсних краплин, які рухаються у повітря-крапельному потоці 4, під дією сили електричного поля та аеродинамічної сили до об'єкта осадження 5. В міжелектродному проміжку переміщують зонд 6, електрометра 1, з кроком

0,25м з подальшою фіксацією при кожному кроці, значення електричного заряду. Експерименти повторюються до 20 разів.

Точність вимірювання є головною характеристикою якості вимірювання, що відображає близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини та визначається за формулою [2]:

$$\Theta = \frac{1}{\delta} \quad (1)$$

$\sigma$  – відносна похибка вимірювання, %

Відносну похибку вимірювання (відношення абсолютної похибки вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини) визначаємо за формулою [2]:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_d} \cdot 100\% \quad (2)$$

де  $\Delta X$  – абсолютна похибка вимірювання, %;

$X_d$  – дійсне значення сумарного електричного заряду, Кл.

Визначити істинне значення сумарного електричного заряду краплин вимірюванням неможливо, через обмежені можливості засобів вимірювань, тому для визначення похибки, істинне значення сумарного електричного заряду замінюємо дійсним  $X_d$ .

При проведенні експериментальних досліджень дійсне значення сумарного електричного заряду знаходимо за допомогою багаторазових вимірювань з наступним усередненням результатів спостережень і представленням цього середнього в якості дійсного.

Відповідно абсолютну похибку вимірювання (різниця між результатом вимірювання і дійсним значенням вимірюваної величини) визначаємо за формулою [2]:

$$\Delta X = X - X_d \quad (3)$$

**Результати досліджень.** Визначення сумарного електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором, проводилось за схемою на (рис.1), при температурі повітря (+20...23°C), вологості повітря (65...75%) та часом нанесення ( $t = 30$ с) з режимами подачі (1 – 20 мл/с, 2 – 40 мл/с, 3 – 60 мл/с, 4 – 80 мл/с). Отримані результати фіксувались та оброблялись за допомогою комп'ютерного, програмного забезпечення Microsoft Excel 2007 з подальшим визначенням точності вимірювання (відносна похибка не перевищує 4,5%).

Результатом експериментальних досліджень є визначення сумарного електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором, які знаходяться в межах ( $10^{-10} \dots 10^{-11}$  Кл), що обумовлює утворення монодисперсних краплин, однорідність покриття, осадження на обох поверхнях листя.

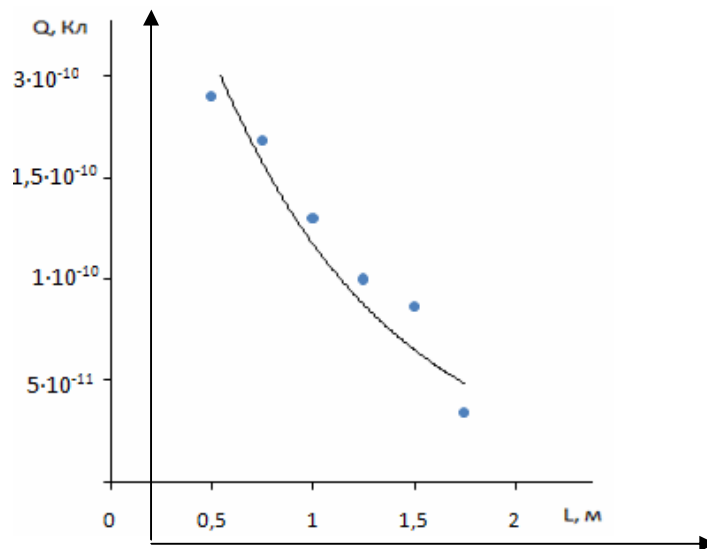
Отримані результати підтверджують проведені нами експериментальні дослідження по визначенню якості обробки росли, електростатичним методом нанесення, які були викладені в статті [4].

Згідно, задач експериментального дослідження, було визначено залежність зміни сумарного електричного заряду краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором від міжелектродної відстані рис. 2.

Рівняння, яке описує залежність зміни сумарного електричного заряду краплин від міжелектродної відстані (рис.2) має наступний вигляд:

$$y = 4 \cdot 10^{-10} e^{-1.17x}, \quad (4)$$

що дає можливість стверджувати – заряд краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором зі збільшенням міжелектродної відстані зменшується по експоненціальному закону, що негативно впливає на процес електростатичного нанесення розчинів згідно виразу (4). Це пояснюється тим, що розчини з низьким питомим об'ємним опором, швидко отримують електричний заряд та швидко його віддають, що впливає на траєкторію руху та осадження заряджених краплин.



**Рис.2. Залежність зміни електричного заряду краплин розчину від міжелектродної відстані**

Експериментально встановлено, що ефективна робота електростатичної установки забезпечується на міжелектродній відстані (0,5...1м), що обумовлює осадження та утримання краплин з високим ступенем зарядки.

### **Висновки**

Визначено сумарний електричний заряд краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором ( $\rho_v=10^2 \dots 10^3$  Ом см), який становить ( $10^{-10} \dots 10^{-11}$  Кл) та встановлена його зміна від міжелектродної відстані (зі збільшенням

міжелектродної відстані, електричний заряд краплин зменшується по експоненціальному закону).

Похибка отриманих результатів вимірювання сумарного електричного заряду не перевищує 4,5%.

Нанесення краплин з високим ступенем зарядки, відбувається при міжелектродній відстані (0,5...1м), що обумовлює сприятливі умови осадження краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором.

### Список літератури

1. Верещагин И.П. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов и др. – М., «Энергия», 1974. – 479 с.
2. Васильев Л.А. Основы метрологии и электроизмерительная техника / Л.А. Васильев. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 99 с.
3. Іноземцев Г.Б. Науково-технічні передумови застосування електричного поля при захисті рослин / Г.Б. Іноземцев // Енергетика і автоматика – 2006. – №3(7). – С. 12 – 18.
4. Іноземцев Г.Б. Активація та стимуляція росту овочевих культур шляхом нанесення живильних розчинів електростатичним методом / Г.Б. Іноземцев, С.Д. Ващишин // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК» –К.: ВЦ НУБіП України, 2012. – Вип 174, ч.2. – С. 199 – 206.
5. Іноземцев Г.Б. Дослідження електрофізичних параметрів живильних розчинів на здатність їх до електростатичного розпилення / Г.Б. Іноземцев, С.Д. Ващишин // Енергетика і автоматика – 2012.– №2. – С. 58 – 64.

*В статье приведены экспериментальные исследования по определению электрического заряда капель растворов с низким удельным объемным сопротивлением. Установлено, зависимость изменения электрического заряда капель растворов по экспоненциальному закону от межэлектродного расстояния.*

***Электростатический метод нанесения, суммарный электрический заряд, электрическое поле, растворы с низким удельным объемным сопротивлением, межэлектродное расстояние.***

*The paper presents the experimental study to determine the electric charge of droplets of solutions with low volume resistivity. Established dependence of the electric charge of droplets of solutions exponentially from the inter-electrode distance.*

***Electrostatic deposition method, the total electric charge, electric field, solutions with low volume resistivity, electrode spacing.***