

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЗАРЯДКИ КРАПЛИН РОЗЧИНІВ З НИЗЬКИМ ПИТОМИМ ОБ'ЄМНИМ ОПОРОМ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ

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

Розглянуто процес електростатичного нанесення розчинів з низьким питомим об'ємним опором. Встановлено особливості, які необхідно враховувати при нанесенні живильних та протруючих розчинів для обробки рослин.

Електростатичний метод нанесення, електричний заряд, електричне поле, розчини з низьким питомим об'ємним опором, монодисперсність, рух краплин, осадження на зелену масу рослин.

Врожайність сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від ряду факторів, основними з яких є захист та підживлення рослин. Технології щодо захисту та підживлення рослин відіграють важливу роль у сільськогосподарському виробництві, оскільки від них залежить кількість й якість вирощуваної продукції. До таких технологій належить: кореневе та позакореневе підживлення рослин, що сприяє створенню сприятливих умов для їх росту і розвитку.

Позакореневе підживлення проводять тоді, коли знижується ефективність поглинання поживних речовин кореневою системою рослин та для врівноваження дисбалансу мінеральних елементів [4]. Позакореневе підживлення та внесення протруючих розчинів проводять шляхом їх нанесення, переважно пневматичним, механічним та гідравлічним методами, яким притаманна висока полідисперсність розпилювання (від 30 до 500 мкм), значні втрати розпилюючих розчинів (до 75 %), нерівномірність осадження (від 45 до 60 %), низький ступінь покриття розчином із зворотної поверхні листя рослин (від 5 до 15 %) тощо [3]. Все це обумовлює перевитрати хімічних розчинів, забруднення навколишнього середовища, затримання і зменшення ефективності засвоєння поживних речовин у рослин.

Ліквідація цих недоліків можлива за рахунок застосування електростатичного методу нанесення розчину, що дозволяє підвищити якість обробки рослин, ефективність осадження та утримання краплин з обох поверхонь листя тощо. [3].

Електростатичний метод нанесення в технологічному процесі обробки рослин розчинами з низьким питомим об'ємним опором нині є недостатньо вивченим і потребує більш чіткого уявлення процесу зарядки краплин, їх динаміку руху та осадження на зелену масу рослин.

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Г.Б. Іноземцев

© Г.Б. Іноземцев, С.Д. Ващишин, 2013

Мета досліджень – отримання нових уявлень процесу зарядки і руху краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором в електричному полі.

Матеріали та методика досліджень. Електростатичний метод нанесення є одним із прогресивних та ефективних методів нанесення, що займає одне з провідних місць в промисловості багатьох країн світу. Цей метод економічний, забезпечує високу якість покриття, можливість автоматизації процесу та високу продуктивність. За рахунок впливу електростатичного поля на краплини розчинів, досягається практично їх повне осадження (втрати $\leq 10\%$, а при сучасних методах нанесення, втрати досягають до 60–65 %).

Процес електростатичного нанесення розчинів, складається з таких основних етапів: зарядка розчину, його розпилення, утворення факела, рух та осадження краплин на поверхню обробки. Зарядження краплин в електричному полі є вирішальним, оскільки впливає на проходження таких процесів: динаміку руху, осадження краплин на поверхню обробки, що визначають дисперсність, рівномірність осадження, густоту покриття, адгезію та ін. [3, 2].

Ефективність зарядки суттєво залежить від електрофізичних властивостей розчинів (діелектричної проникності – ϵ , питомого об'ємного опору – ρ_v , поверхневого натягу розчину та зеленої маси рослин – σ_1, σ_2), що наносяться. Встановлено, що електричний заряд збільшується при зменшенні питомого об'ємного опору та зменшується при його збільшенні; збільшення ($\rho_v > 10^8$ Ом см), обумовлює гальмування або повне припинення процесу зарядки (рис.1.)

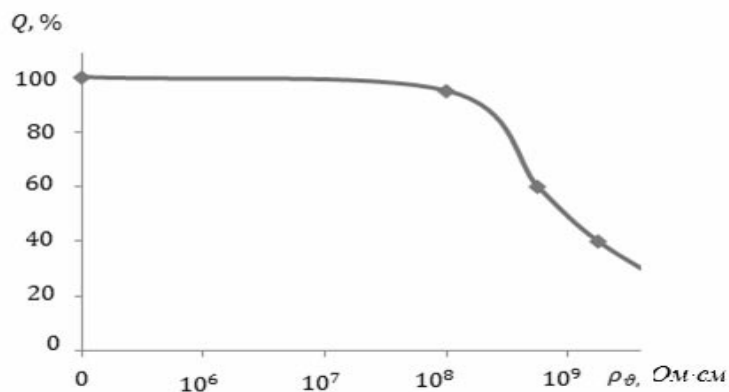


Рис. 1. Залежність електричного заряду розчину від величини його питомого об'ємного опору

Процес зарядки, досліджували: І.П. Верещагін, В.І. Попков, Г.Б. Іноземцев, В.Ф. Дунський, В. Н. Бородін та ін., а їх працях наголос робився на матеріали з високим питомим об'ємним опором ($10^7 \dots 10^{11}$ Ом см). Розчинам з низьким питомим об'ємним опором ($10^2 \dots 10^3$ Ом см) було приділено недостатньої уваги. Оскільки процес зарядки краплин розчинів залежить від значення їх питомого об'ємного опору, то відповідно процеси, які будуть відбуватися при електростатичному нанесенні розчинів з низьким та високим питомим об'ємним опором будуть відрізнятися.

При електростатичному нанесенні розчинів застосовують переважно такі методи зарядки: іонну, контактну та індукційну.

Іонний метод зарядки полягає в тому, що іони, які рухаються в газовому середовищі, наприклад у зовнішній зоні коронного розряду, зіштовхуються з краплинами розчинів та осідають на їх поверхні. Заряд, який отримують краплини при цьому методі зарядки, визначають за формулою:

$$Q_{\max} = \left(1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon - 2}\right) ER^2, \quad (1)$$

де $Q_{\max}$ – електричний заряд краплини, Кл; ε – діелектрична проникність розчину; E – напруженість поля в даній точці, В/м; R – радіус краплини, мкм.

Для отримання високого значення заряду краплина повинна тривалий час знаходитися в полі коронного розряду. При зарядці розчинів з низьким питомим об'ємним опором ця особливість обумовлює значні технологічні та конструктивні складнощі.

Контактна зарядка відбувається в результаті контакту розчину з коронуючим електродом. При контактному методі зарядки розчинів у полі коронного розряду (в 10 – 25 разів ефективнішого в порівнянні з іонним методом [6]), величина заряду краплини Q , Кл, виражається формулою:

$$Q = R^2 \frac{U}{r \ln \frac{2H}{r}} \left[1 - A 10^{-12} \frac{\varepsilon \rho_v}{H^2} (U - U_k) \right] \quad (2)$$

де R , r – радіус краплини та радіус гострої кромки коронуючого електрода, мкм; U , U_k – напруга джерела живлення та початкова напруга, що відповідає утворенню коронного розряду на коронуючому електроді, кВ; H – відстань від коронуючого електрода до рослин, м; ε – діелектрична проникність розчину; ρ_v – питомий об'ємний опір розчину, ом·см; A – розрахункова постійна [3, 5].

Результати досліджень. При електростатичному нанесенні живильних та протруючих розчинів час зарядки та розрядки краплин становить ($t \approx 10^{-1}$ с). Він залежить від величини питомого об'ємного опору, що підвищує вимоги до процесу електростатичного нанесення. Вирішення цього питання, можливо за рахунок застосування високошвидкісного потоку повітря, що прискорює процес руху та осадження заряджених краплин в електричному полі.

Краплини розчинів, отримавши електричний заряд, рухаються до поверхні осадження по певній траєкторії, напрямом і форма якої визначається дією на краплину сил [1]:

$$\sum F = F_{mg} + F_q + F_E + F_c, \quad (3)$$

де F_{mg} – сила земного тяжіння, Н; F_q – сила, обумовлена дією електричного поля, Н; F_E – сила, обумовлена нерівномірним розподіленням напруженості електричного поля, Н; F_c – сила опору середовища, Н.

При нанесенні розчинів з низьким питомим об'ємним опором з врахуванням аеродинамічних сил, що виникають при застосуванні високошвидкісного потоку повітря, формула (3) набуде вигляду:

$$\sum F = F_{mg} + F_q + F_E + F_c + F_\alpha, \quad (4)$$

де F_α – аеродинамічна сила, Н.

Силу дії земного тяжіння визначають за формулою:

$$F_{mg} = mg, \quad (5)$$

де m – маса краплини, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Силу електричного поля, що діє на заряджену краплину, визначають за формулою:

$$F_q = Eq, \quad (6)$$

де E – напруженість електричного поля, В/м; q – електричний заряд краплини, Кл.

Силу обумовлену нерівномірним розподіленням напруженості електричного поля на заряджену краплину, визначають за формулою [1]:

$$F_E = E_1 q_2 - E_2 q_2. \quad (7)$$

Сила опору середовища при русі зарядженої краплини, визначають за формулою [1]:

$$F_c = k_c 6\pi\mu r(v - v^*), \quad (8)$$

де $k_c, v^* = \frac{(\text{Re}^* v)}{2r}$ – коефіцієнти лінійної апроксимації; u – швидкість руху краплини відносно повітряного середовища, м/с; r – радіус краплини, м; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища, $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$.

Аеродинамічну силу повітряного потоку, що діє на заряджену краплину, визначають за формулою:

$$F_\alpha = C_{F\alpha} \frac{\rho V^2}{2} S, \quad (9)$$

де $C_{F\alpha}$ – безрозмірний коефіцієнт аеродинамічної сили; V – швидкість напору повітря, м/с; ρ – густота повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$; S – площа краплини, м^2 .

Траєкторія руху та осадження краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором в електричному полі наведена на рис.2.

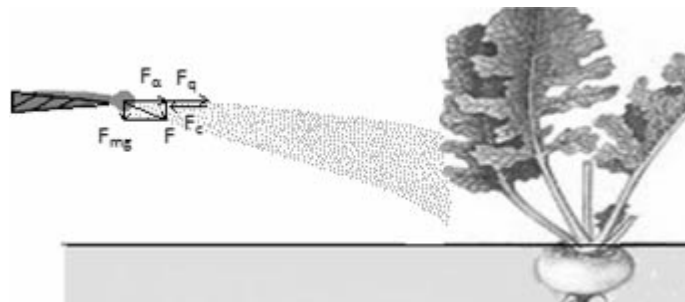


Рис.2. Траєкторія руху та осадження краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором в електричному полі

Завершальним етапом електростатичного нанесення є процес осадження краплин на поверхню рослин, що супроводжується розтіканням та стіканням з них електричного заряду.

Всмоктування діючих речовин у тканини рослини здійснюється тільки в рідинному стані і визначається явищем змочуваності, тобто контактною взаємодією на межі „ тверде тіло (листя) – рідина (робочий розчин)”. При цьому утримування крапель корелює з явищем змочування, яке в процесах захисту та живлення рослин відіграє важливу роль.

Відомо, що найкраща взаємодія, яка і визначає змочуваність, відбувається при такій умові [3]:

$$\sigma_m \geq \sigma_{pp}, \quad (10)$$

де σ_m , σ_{pp} – поверхневий натяг відповідно твердого тіла (рослин) та робочого розчину, Н/м.

Умову (8) необхідно враховувати при розробці технологічних процесів, тому що невиконання її обумовлює негативний результат.

Згідно з роботою [1] сили утримання суттєво залежать від напруженості електричного поля для краплин розміром $d_k \geq 40\text{--}60$ мкм. Напруженість електричного поля в цьому випадку збільшує силу утримання краплин на поверхні зеленої маси рослин.

Надання розчину високого потенціалу обумовлює створення більш розвинутої поверхні крапель і як результат більший контакт з поверхнею рослин, зростання розтікання по поверхні листового покриву, утримання його на поверхні.

Висновки

Отримано нові уявлення процесу зарядки і руху краплин розчинів з низьким питомим об'ємним опором ($\rho_v = 10^2 \dots 10^3$ Ом см) в електричному полі.

Проведений аналіз електростатичного методу нанесення розчинів з низьким питомим об'ємним опором показав, що час зарядки та розрядки краплин становить ($t \approx 10^{-1}$ с) та залежить від величини питомого об'ємного опору, що підвищує вимоги до процесу електростатичного нанесення.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування високошвидкісного потоку повітря, що сприяє прискоренню процесу руху та осадження краплин на поверхню рослин в електричному полі.

Напруженість електричного поля ($E = 3\text{--}3,5$ В/м) обумовлює збільшення сили утримання краплин, тому необхідно, щоб ($V_3 > V_p$, де V_3 , V_p – швидкість зарядки та розрядки краплин на поверхні зеленої маси рослин.)

Сили прилипання суттєво залежать від напруженості електричного поля для краплин розміром ($d_k \geq 40\text{--}60$ мкм).

Список літератури

1. Верещагин И.П. Основы электрогазодинамики дисперсных систем / И.П. Верещагин, В.И. Левитов. – М.: Энергия, 1974. – 479 с.
2. Дунский В.Ф., Монодисперсные аэрозоли / Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. – М.: Наука, 1975. – 188 с.

3. Іноземцев Г.Б. Науково-технічні передумови застосування електричного поля при захисті рослин / Г.Б. Іноземцев // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 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 // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2012. – №1. – С. 14 – 22.

5. Попков В.И. Сильные электрические поля в технологических процессах / В.И. Попков. – М.: Энергия, 1971. – 231 с.

6. Фізико-технологічні та електрофізичні властивості сільськогосподарських продуктів і матеріалів: навч. посібник / [Іноземцев Г.Б. Червінський Л.С., Берека О.М., Окушко О.В.]. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2010. – 180 с.

Рассмотрен процесс электростатического нанесения растворов с низким удельным объемным сопротивлением. Установлены особенности, которые необходимо учитывать при нанесении питательных и защитных растворов для обработки растений.

Електростатический метод нанесения, электрический заряд, электрическое поле, растворы с низким удельным объемным сопротивлением, монодисперсность, движение капель, осаждение на зеленую массу.

The process of electrostatic coating solutions with a low volume resistivity. Installations the features that should be considered when applying the nutrients and protective solutions for treating plants.

Electrostatic deposition method, electric charge, electric field, solutions with low volume resistivity, monodispersity, the movement of droplets deposited on the green mass.

УДК 621.31: 631.6.03

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НА ЗМІНИ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ

О.М. Берека, доктор технічних наук

Д.Ю. Ілюхін, аспірант*

Розглянуто спосіб обробки води в сильному електричному полі, наведено результати досліджень рН та ОВП дистильованої води протягом десяти днів після обробки в сильному електричному полі.

Сильне електричне поле, дистильована вода, електрофізичні властивості, борошно, зволоження.

Сучасний розвиток сільськогосподарського виробництва потребує застосування передових технологій, які здатні забезпечити максимальну

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор, О.М. Берека.

© О.М. Берека, Д.Ю. Ілюхін, 2013