

ТРАНСПОРТ ІОНІВ У КЛІТИНІ РОСЛИНИ ПІД ДІЄЮ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

В.В. Савченко, кандидат технічних наук

Проведено дослідження впливу магнітного поля на транспорт іонів у клітині рослини. Встановлені залежності зміни концентрації іонів і електролітичної провідності клітини рослини від параметрів магнітного поля.

Магнітне поле, магнітна індукція, градієнт магнітного поля, швидкість іонів, концентрація іонів, електролітична провідність клітини.

Передпосівна обробка насіння в магнітному полі дає можливість підвищити урожайність сільськогосподарських культур та якість продукції, знизити захворюваність рослин і зменшити втрати при зберіганні.

Для успішного впровадження цієї технології необхідно встановити механізм дії магнітного поля на насіння і бульби сільськогосподарських культур, обґрунтувати режими обробки, що дозволить створити обладнання, яке забезпечувало б оптимальний режим обробки.

Мета досліджень – встановлення механізму впливу магнітного поля на зміну концентрації іонів у клітині рослини та її електролітичну провідність.

Методика досліджень. Нині вважається, що транспорт елементів живлення в клітину здійснюється двома автономними механізмами – пасивним рухом речовин за електрохімічним градієнтом і їх активним перенесенням проти електрохімічного градієнта. Оскільки іони мають електричний заряд, то їх розподіл між клітиною і середовищем визначається як різницею потенціалів, так і різницею концентрацій. Сумарно ці дві величини прийнято позначати як електрохімічний градієнт [1].

Під дією дифузійного потенціалу іони починають впорядкований рух, створюючи при цьому електричний струм. Сила струму дорівнює сумарному заряду позитивно і негативно заряджених іонів, які проходять через пори в мембрані за одиницю часу.

При обробці насіння в магнітному полі зростає струм, який проходить через клітинну мембрану. Величина цього струму залежить від дифузійного потенціалу, градієнта і величини магнітної індукції, а також швидкості руху насіння в магнітному полі [3]:

$$I = \sum_{i=1}^k (n_{i+} v_{i+}^0 f_{i+} (a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_\phi B v) z_{i+} e \text{grad} \varphi + n_{i-} v_{i-}^0 f_{i-} (a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_\phi B v) z_{i-} e \text{grad} \varphi), \quad (1)$$

де n_{i+} , n_{i-} – кількість катіонів та аніонів; v_i^0 – абсолютна швидкість руху іона, м/с; f_i – коефіцієнт електропровідності; a – розмір пори в мембрані, м; K_M , K_K , K_ϕ – коефіцієнти; B – магнітна індукція, Тл; v – швидкість руху насіння в магнітному полі, м/с; z_{i+} , z_{i-} – валентність катіонів та аніонів; e – елементарний заряд, Кл; φ – дифузійний потенціал, В, або

$$I = (a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_\phi B v) \text{grad} \varphi \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}, \quad (2)$$

де α_i – ступінь електролітичної дисоціації речовини; β_i – коефіцієнт, що дорівнює добутку валентності на стехіометричний коефіцієнт хімічної реакції; λ_i^0 – рухливість іона, См·м² / моль; C_i – концентрація речовини, моль; R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; T – температура розчину, К.

Результати досліджень. При впливі магнітного поля на клітину змінюється концентрація мінеральних елементів, що надходять до неї. Швидкість зміни концентрації іонів буде визначатися залежністю, яка випливає з виразу (1):

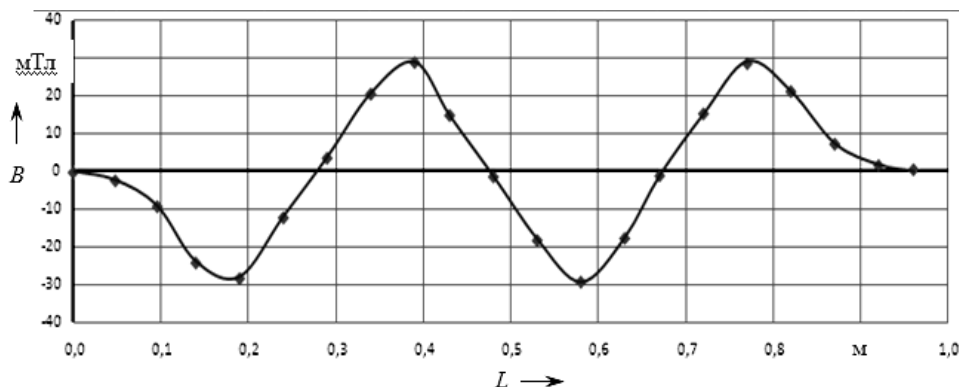
$$\frac{dn_{i2}}{dt} = n_{i1} v_i^0 f_i (a + K_i \text{grad} B)(a + K_i \text{grad} B + \hat{E}_e \hat{E}_a B v) \text{grad} \varphi, \quad (3)$$

де n_{i2} – кількість іонів, що надійшли з розчину 1 в розчин 2.

Тоді зміна концентрації іонів в розчині 2 буде

$$\Delta n_{i2} = \int_0^{t_{\text{об}}^0} n_{i1} v_i^0 f_i(a + K_i \text{grad} B)(a + K_i \text{grad} B + \hat{E}_e \hat{E}_a B v) \text{grad} \varphi dt. \quad (4)$$

При обробці насіння в градієнтному магнітному полі магнітна індукція змінюється вздовж його руху (рисунок).



Зміна магнітної індукції при русі насіння в магнітному полі

У цьому випадку

$$\frac{\partial B}{\partial y} \approx 0, \frac{\partial B}{\partial z} \approx 0; \quad (5)$$

$$\frac{\partial B}{\partial x} = \frac{2\hat{A}}{\tau}, \quad (6)$$

де τ – полюсна поділка, м.

Тоді вираз (4) можна записати у вигляді:

$$\Delta n_{i2} = n_{i1} v_i^0 f_i(a + \frac{2K_i B}{\tau})((a + \frac{2K_i B}{\tau})t_{\text{об}}^0 + \frac{1}{2} \hat{E}_e \hat{E}_a \hat{A} N_i \tau) \text{grad} \varphi, \quad (7)$$

де $t_{\text{об}}$ – час обробки насіння в магнітному полі, с; N_n – число перемагнічувань.

Вираз (7) можна також представити у вигляді:

$$\Delta n_{i2} = \alpha_i N_a C_{i1} v_i^0 f_i(a + \frac{2K_i B}{\tau})((a + \frac{2K_i B}{\tau})t_{\text{об}} + \frac{1}{2} K_k K_e B N_n \tau) \text{grad} \varphi e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}. \quad (8)$$

Тоді зміна концентрації іонів в розчині 2 буде визначатися залежністю:

$$\Delta C_{i_2} = C_{i_1} v_i^0 f_i (a + K_M \text{grad} B) (a + \frac{2K_M B}{\tau}) ((a + \frac{2K_M B}{\tau}) t_{обр} + \frac{1}{2} K_K K_B N_n \tau) \text{grad} \varphi e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}. \quad (9)$$

Оскільки час обробки насіння в магнітному полі

$$t_{\hat{a}\hat{a}\hat{o}} = \frac{l}{v} = \frac{N_i \tau}{v}, \quad (10)$$

де l – шлях, який проходить насіння в магнітному полі, м,

то

$$\Delta C_{i_2} = C_{i_1} v_i^0 f_i N_n \tau (a + \frac{2K_M B}{\tau}) (\frac{a}{v} + \frac{2K_M B}{\tau v} + \frac{1}{2} K_K K_B B) \text{grad} \varphi e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}. \quad (11)$$

Таким чином, при дії магнітного поля на клітину рослини зростає концентрація мінеральних речовин, що беруть участь у хімічних реакціях. Це викликає їх прискорення. При цьому також змінюється електролітична провідність клітини.

За законом Ома густина струму

$$j = \gamma E = \gamma \text{grad} \varphi, \quad (12)$$

де j – густина струму, А/м²; γ – електролітична провідність, См/м; E – напруженість електричного поля, В/м.

Під дією магнітного поля на клітину рослини густина струму буде визначатися виразом:

$$j = \frac{(a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_B B) \text{grad} \varphi}{S} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}, \quad (13)$$

де S – площа мембрани, м².

Порівнявши вирази (12) і (13), можна зробити висновок, що електролітична провідність клітини:

$$\gamma = \frac{(a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_B B)}{S} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}. \quad (14)$$

Ступінь електролітичної дисоціації і коефіцієнт взаємодії залежать від концентрації електроліту [1, 4]. Оскільки концентрація мінеральних речовин у

клітинах невелика, то можна вважати ступінь електролітичної дисоціації незмінним, а коефіцієнт електропровідності близьким до одиниці. Тому з достатньою точністю можна вважати, що електролітична провідність клітини

$$\gamma = \frac{(a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_B v)}{S} \sum_{i=1}^k K_{\gamma_i} C_i e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}, \quad (15)$$

де $K_{\gamma_i} = f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0$ – коефіцієнт, См·л/м·моль.

Оскільки співвідношення між концентраціями мінеральних елементів у клітинах практично не змінюється, то

$$\gamma = \frac{(a + K_M \text{grad} B)(a + K_M \text{grad} B + K_K K_B v)}{S} K_{\gamma} C_{\Sigma} e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}, \quad (16)$$

де C_{Σ} – загальна концентрація мінеральних речовин в клітині, або з урахуванням (6)

$$\gamma = \frac{K_{\gamma} C_{\Sigma}}{S} \left(a^2 + B^2 \left(\frac{4K_M^2}{\tau^2} + \frac{2K_M K_K K_B v}{\tau} \right) + B \left(\frac{4K_M a}{\tau} + K_K K_B a v \right) \right) e^{\frac{K_1 B^2 + K_2 B v}{RT}}. \quad (17)$$

Таким чином, під дією магнітного поля на клітину рослини зростає її електролітична провідність, яка залежить від загальної концентрації солей і кислот, градієнта і величини магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі.

Висновки

При обробці насіння в магнітному полі прискорюється транспорт іонів, зростає концентрація мінеральних елементів, які надходять в клітину, та її електролітична провідність.

Встановлено, що основними діючими факторами, які впливають на транспорт іонів у клітині при обробці насіння в магнітному полі, є магнітна індукція та її градієнт, а також швидкість руху насіння.

Список літератури

1. Агрохимия / [Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др.]; под ред. Б.А. Ягодина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 639 с.
2. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия / Антропов Л.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1969. – 512 с.
3. Козырский В.В. Влияние магнитного поля на транспорт ионов в клетке растений / В.В. Козырский, В.В. Савченко, А.Ю. Синявский // Вестник ВИЭСХ. – 2014. - №3 (16). – С.18–22.
4. Хмельницкий Р.В. Физическая и коллоидная химия / Хмельницкий Р.В. – М.: Высш. школа, 1988. – 400 с.

Приведено исследование влияния магнитного поля на транспорт ионов в клетке растения. Установлены зависимости изменения концентрации ионов и электролитической проводимости клетки растения от параметров магнитного поля.

Магнитное поле, магнитная индукция, градиент магнитного поля, скорость ионов, концентрация ионов, электролитическая проводимость клетки.

The researches of the effect of magnetic field on the transport of ions in plant cells are carried out. The dependence of the ion concentration and electrolytic conductivity cell plants on the parameters of the magnetic field are established..

The magnetic field, magnetic induction, the magnetic field gradient, the ion speed, ion concentration, an electrolytic conductivity cell.