

## ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ДИФУЗИЮ МОЛЕКУЛ КИСНЮ ЧЕРЕЗ КЛІТИННУ МЕМБРАНУ

Савченко В. В., Синявський О. Ю.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Проведено дослідження впливу магнітного поля на дифузію молекул кисню через клітинну мембрану насіння сільськогосподарських культур. Встановлено залежності швидкості дифузії кисню від характеристик магнітного поля.*

**Постановка проблеми.** Підвищення урожайності сільськогосподарських культур і якості продукції рослинництва є важливим народногосподарським завданням. Для його вирішення в останні роки застосовують різноманітні електрофізичні методи передпосівної обробки насіння, серед яких одним із перспективних є магнітна обробка.

Підвищення урожайності сільськогосподарських культур пов'язують із зростанням дифузії молекул речовин через клітинну мембрану, підвищенням розчинності солей та насичення клітини киснем [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині встановлено, що на клітинному рівні існують потоки води та розчинених речовин. Як правило, речовини синтезуються в одному місці в клітині, а споживаються в іншому. В результаті встановлюється градієнт концентрації і відбувається транспорт іонів та молекул шляхом дифузії за градієнтом концентрації через гідрофільні отвори (пори) в мембрані. Вуглекислий газ, кисень та вода – головні речовини, які переміщуються в клітині шляхом простої дифузії [2]. Під дією магнітного поля підвищується проникність клітинної мембрани. Проте відсутнє теоретичне обґрунтування цього процесу та не встановленні діючі фактори.

**Мета статті.** Встановлення впливу характеристик магнітного поля на дифузію молекул кисню через клітинну мембрану.

**Основні матеріали досліджень.** Якщо мембрана розділяє два розчини різної концентрації, то залежно від її проникності будуть проходити або розчинник, або розчинена речовина, і в результаті процесу дифузії відбувається вирівнювання концентрації (рис.1) [3]. Розглянемо дифузію молекул через проникну мембрану (рис. 1). Спочатку відбувається чисте переміщення речовини через мембрану (рис. 1,а), потім настає динамічна рівновага і чистий потік відсутній (рис. 1,б) [3]. Якщо концентрації речовин в розчинах, розділених мембраною, становлять  $C_1$  та  $C_2$ , то при динамічній рівновазі має місце співвідношення

$$C_1 - \Delta C = C_2 + \Delta C, \quad (1)$$

де  $\Delta C$  – зміна концентрації речовини в розчині.

Звідси випливає, що зміна концентрації речовини у розчинах

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2}, \quad (2)$$

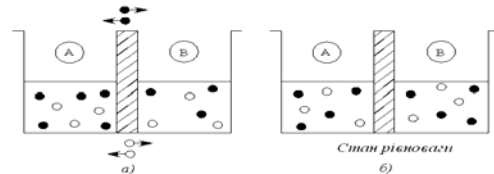


Рисунок 1 – Розподіл молекул в результаті дифузії через проникну мембрану: ● – молекули розчиненої речовини; ○ – молекули води [2, 3]

а концентрації розчинів будуть в стані рівноваги

$$C_1 = C_2 = \frac{C_1 + C_2}{2}. \quad (3)$$

Процес дифузії речовини через мембрану описується законом Фіка:

$$\frac{d\Delta C}{dt} = -\frac{D}{\Delta L^2} (C_2 + \Delta C - (C_1 - \Delta C)), \quad (4)$$

де  $D$  – коефіцієнт дифузії, м<sup>2</sup>/с;  
 $\Delta L$  – товщина мембрани, м.

При початкових умовах при  $t=0$ ,  $\Delta C_{поч}=0$  це диференціальне рівняння має розв'язок:

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2} \left( 1 - e^{-\frac{2D}{\Delta L^2} t} \right). \quad (5)$$

Коефіцієнт дифузії через клітинну мембрану можна визначити за формулою [4]:

$$D = k_0 a^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}, \quad (6)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт, с<sup>-1</sup>;  
 $a$  – розмір пори, м;  
 $E_a$  – енергія активації дифузії, Дж;  
 $k$  – стала Больцмана, Дж/К;  
 $T$  – абсолютна температура, К.

Молекули клітинної мембрани, згідно сучасних уявлень про її будову, є диполями. Відомо, що на магнітний диполь, розміщений у магнітному полі, діє сила:

$$F_M = MgradB, \quad (7)$$

де  $M$  – магнітний момент диполя, Дж/Тл,  
 $B$  – магнітна індукція, Тл.

Ця сила призводить до деформації клітинної мембрани. За законом Гука абсолютна деформація [4]

$$F_2 = k_2 X, \quad (8)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт жорсткості (пружності) мембрани, Н/м;  
 $X$  – абсолютна деформація, м.

Тоді із (7) і (8) отримаємо значення абсолютної деформації мембрани:

$$X = \frac{MgradB}{k_2} = K_M gradB. \quad (9)$$

Розмір пори в мембрані при дії магнітного поля зростає і буде становити  $a + K_M gradB$ . Це означає, що при дії магнітного поля на кліткову мембрану підвищується її проникність.

Тоді кількість речовини, яка пройшла шляхом дифузії через мембрану, буде визначатися рівнянням:

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2} \left(1 - e^{-\frac{2k_d (a + K_M gradB)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{\Delta L^2} t}\right). \quad (10)$$

Оскільки кисень потрапляє в клітину шляхом простої дифузії, то обробка насіння у магнітному полі, яка прискорює процес дифузії, обумовить зростання надходження кисню в клітину:

$$\Delta C = \frac{C_{1O_2} - C_{2O_2}}{2} \left(1 - e^{-\frac{2k_d (a + K_M gradB)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{\Delta L^2} t}\right), \quad (11)$$

де  $C_{1O_2}$ ,  $C_{2O_2}$  – відповідно концентрації молекул кисню в клітинах 1 і 2, розділених мембраною.

Крім того, встановлено, що при магнітній обробці водних розчинів зростає розчинність кисню [1]. Це також прискорить його надходження у клітину:

$$\Delta C = \frac{\left(C_{1O_2} - C_{2O_2}\right) e^{-\frac{\mu(K_{O_2}^2 B^2 - 2K_{O_2} B v_{n*})}{2RT}}}{2} \times$$

$$\times \left(1 - e^{-\frac{2k_d (a + K_M gradB)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{\Delta L^2} t}\right). \quad (12)$$

Зростання концентрації кисню в клітинах придушує процес споруутворення фітопатогенних грибків і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур [2].

**Висновки.** При дії магнітного поля на клітинні мембрани підвищується їх проникність, що обумовлює зростання коефіцієнта дифузії та прискорює дифузію через клітинну мембрану молекул кисню. Швидкість зміни концентрації кисню залежить від величини і градієнта магнітної індукції, а також швидкості руху насіння у магнітному полі.

### Список використаних джерел

1. Классен В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – [2-е изд.]. – М.: Химия, 1982. – 296 с.
2. 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.
3. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки / Д. Кларксон. – М.: Мир, 1978. – 368 с.
4. Сидорцов И. Г. Повышение эффективности воздействия постоянного магнитного поля на семена зерновых культур при их предпосевной обработке: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.20.02 "электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве" / Сидорцов И. Г. – зерноград: 2008. – 18 с.

### Аннотация

#### ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ДИФУЗИЮ МОЛЕКУЛ КИСЛОРОДА ЧЕРЕЗ КЛЕТОЧНЫЕ МЕМБРАНЫ

Савченко В. В., Синявский А. Ю.

*Проведено исследование влияния магнитного поля на диффузию молекул кислорода через клеточную мембрану семян сельскохозяйственных культур. Установлены зависимости скорости диффузии кислорода от характеристик магнитных поля.*

### Abstract

#### INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON THE DIFFUSION OF OXYGEN MOLECULES THROUGH THE CELL MEMBRANE

V. Savchenko, A. Sinyavsky

*The influence of magnetic field on the diffusion of oxygen molecules through the cell membrane seed crops are carried out. The dependences of the rate of diffusion of oxygen from the characteristics of magnetic field are established.*