УДК 621.313.8 : 631.53.02

ОБРОБКА ВОДИ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

В. В. Савченко, кандидат технічних наук, доцент

О. Ю. Синявський, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. Я. Бунько, кандидат технічних наук, доцент

О. І. Ухан, студент магістратури

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

E-mail: vit1986@ua.fm

Анотація. *Метою дослідження було встановлення впливу магнітного поля на зміну pH та окислювально-відновного потенціалу води.*

На основі проведених досліджень встановлено, що зміна pH та окислювально-відновного потенціалу води при обробці в магнітному полі залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху води.

При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл pH води зростає, а при подальшому її збільшенні зменшуються. Окислювально-відновний потенціал спочатку зменшується, а потім зростає.

Найефективніший режим обробки поливної води має місце при магнітній індукції 0,065 Тл та швидкості руху води 0,4 м/с. За такого режиму обробки врожайність сільськогосподарських культур зростає 10 – 15 % та покращується якість продукції.

Ключові слова:*вода, магнітна індукція, швидкість руху води, pH, окислювально-відновний потенціал, врожайність*

Актуальність. Вода відіграє велику роль у біологічних об'єктах рослинного походження. Багатьма дослідниками встановлено, що вода, оброблена в елетромагнітних, електричних, вібраційних або магнітних полях, зберігає свою біологічну активність протягом тривалого періоду часу [1].

Обробка водних розчинів та біологічних об'єктів рослинного походження магнітним полем – перспективна технологія, яка дозволяє не тільки підвищити врожайність сільськогосподарських культур, знищувати патогенну мікрофлору, покращити використання мінеральних добрив, але і впливати на біосинтез,

інтенсифікувати процеси анаеробної переробки відходів біомаси в біопаливо і добрива.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині теорія магнітної обробки водних систем знаходиться на стадії висунення і обгрунтування гіпотез, хоча експериментально встановлено, що магнітна обробка води змінює її фізико-хімічні властивості: прискорюються коагуляція і абсорбція, змінюються розчинність солей і концентрація газів, кристалізація і змочування, магнітна сприйнятливість, в`язкість, гідратація іонів, кінетика хімічних реакцій [2, 3]

Відомі приклади успішного застосування магнітоактивованої води для замочування насіння, поливання рослин, розсолення грунтів [4, 5].

Поливання рослин магнітоактивованою водою впливає на засвоєння рослинами поживних речовин і прискорює їх ріст, підвищує врожайність, збільшує вміст мінеральних солей, цукру і сухої речовини.

Але на шляху широкого впровадження магнітної обробки водних розчинів існує ряд труднощів. Це пов’язано з тим, що нині не в повній мірі розкриті механізми й закономірності дії магнітного поля на водні розчини.

Мета дослідження – встановлення впливу магнітного поля на зміну pH та окислювально-відновного потенціалу води.

Матеріали та методи дослідження. При експериментальних дослідженнях воду в чашках Петрі переміщували на транспортері через магнітне поле, що створювалося чотирма парами постійних магнітів з інтерметалічного композиту NdFeB, встановленими паралельно над і під стрічкою транспортера зі змінною полярністю.

Магнітну індукцію регулювали зміною відстані між магнітами в межах 0 - 0,5 Тл і вимірювавали тесламетром 43205/1. Швидкість руху насіння через магнітне поле регулювали зміною частоти обертання приводного двигуна транспортера за допомогою перетворювача частоти.

ОВП і pH поливної води та розчинів мінеральних добрив визначали до магнітної обробки розчину і після неї за допомогою іономіра И-160М.

Дослідження виконувалися із застосуванням методу планування експерименту [6]. Значення верхнього, нижнього і основного рівнів становили для магнітної індукції відповідно 0, 0,065 і 0,13 Тл, для швидкості руху води і розчинів мінеральних добрив – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с.

Результати досліджень та їх обговорення. Під дією магнітного поля зростає швидкість хімічних реакцій, внаслідок чого збільшується концентрація продуктів реакції у водному розчині:

$$dC_i = \omega dt\,, \tag{1}$$

де C_i – концентрація речовини, моль/л; ω – швидкість хімічної реакції, моль/л·с; t – час, с.

Швидкість хімічних реакцій при магнітній обробці розчинів визначається виразом [7]:

$$\omega_м = \omega \exp m(K^2B^2 + 2KBv)N_a / 2RT\,, \tag{2}$$

де ω– швидкість хімічної реакції без впливу магнітного поля, моль/(л·с); m – зведена маса іонів, кг; B – магнітна індукція, Тл; v – швидкість руху іонів, м/с; K – коефіцієнт, який залежить від концентрації та виду іонів, а також кількості перемагнічувань, м/(с·Тл); N_a– число Авогадро, молекул/моль; R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; T – температура, К.

Взаємодія електролітів з водою є хімічною реакцією, яка призводить до руйнування іонних або молекулярних кристалів або молекул та утворення гідратованих іонів. Тому внаслідок дії магнітного поля на розчин прискорюється хімічна реакція утворення іонів.

Процес розчинення електролітів характеризується ступенем електролітичної дисоціації, який можна представити у вигляді:

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{\omega t}{C}, \tag{3}$$

де n – кількість молекул, яка розпалася на іони; N – загальне число молекул; ω – швидкість реакції електролітичної дисоціації, моль/л·с; t – час реакції, с; C – загальна концентрація розчину, моль/л.

З урахуванням (2) отримаємо:

$$\alpha_м = \frac{\omega t e^{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i B v)}{2RT}}}{C}, \tag{4}$$

або

$$\alpha_м = \alpha e^{\frac{m(K_i^2 B^2 + 2K_i B v)}{2RT}}, \tag{5}$$

де $\alpha_м$ і α – ступінь електролітичної дисоціації після і до обробки в магнітному полі.

Зміна швидкості хімічних реакції, а також розчинності солей впливає на pH і окислювально-відновний потенціал водного середовища.

Зміна pH визначається виразом:

$$\Delta pH = \lg fC_{H_1^+} - \lg fC_{H_2^+} = \lg C_{H_1^+} - \lg C_{H_2^+}, \tag{6}$$

де f – коефіцієнт активності; $C_н$ – концентрація іонів водню, моль/л.

З урахуванням (1)

$$\Delta pH = \lg \omega_{H_1^+} - \lg \omega_{H_2^+}. \tag{7}$$

Якщо в рівняння (7) підставити вираз для швидкості хімічної реакції (2), то зміна pH при магнітній обробці водного розчину :

$$\Delta pH = \frac{mN_a K}{2{,}3RT}\left(\frac{KB^2}{2} + v_n B\right), \tag{8}$$

або

$$\Delta pH = A_1 B^2 + A_2 B v, \tag{9}$$

де A_1 і A_2 – коефіцієнти.

Зміна окислювально-відновного потенціалу (ОВП) розчину визначається за рівнянням Нернста:

$$\Delta ORP = 2{,}3\frac{RT}{zF}\left(\lg fC_2 - \lg fC_1\right), \tag{10}$$

де z – валентність іона; F – число Фарадея, Кл/моль; C_1 – концентрація іонів до магнітної обробки, моль/л; C_2 – концентрація іонів після магнітної обробки, моль/л,

або

$$\Delta ORP = 2{,}3\frac{RT}{zF}\left(\lg \omega_2 - \lg \omega_1\right). \tag{11}$$

Із урахуванням (2) можна записати:

$$\Delta ORP = -\frac{mN_a K}{zF}\left(\frac{KB^2}{2} + vB\right). \tag{12}$$

або

$$\Delta ORP = A_3 B^2 + A_4 Bv, \tag{13}$$

де A_3, A_4 – коефіцієнти.

Коефіцієнти, які входять у рівняння (9) і (13), аналітично визначити не можливо. Їх визначали на основі експериментальних даних.

Експериментально встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл pH води зростає, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися (рис. 1). Збільшення швидкості руху розчинів знижує ефект магнітної обробки.

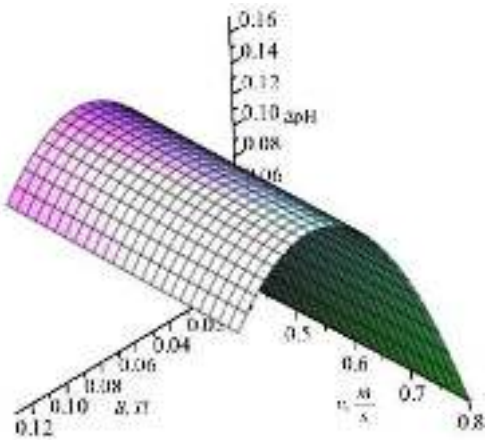

Рис. 1. Зміна pH води під дією магнітного поля

У результаті проведеного багатофакторного експерименту було отримано рівняння регресії, яке у фізичних величинах має вигляд:

$$\Delta pH = 3.1B - 0.31Bv - 16.17B^2. \quad (14)$$

Піл дією магнітного поля змінюється ОВП води. При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл ОВП води зменшується, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зростати (рис. 2*)*. Збільшення швидкості руху води обумовлює меншу зміну ОВП.

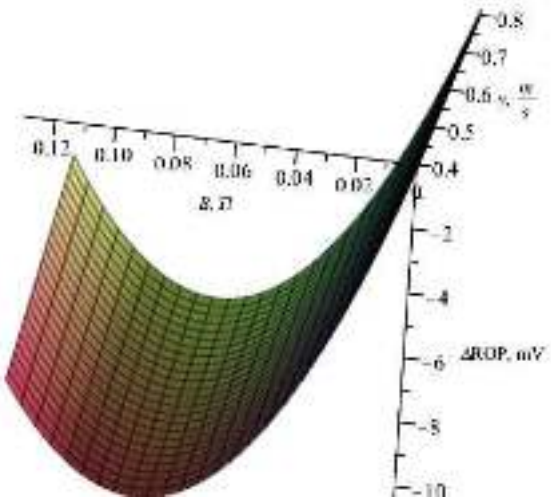

Рис. 2. Зміна ОВП води під дією магнітного поля

Рівняння регресії, яке описує зміну ОВП води при магнітній обробці у фізичних величинах має вигляд:

$$\Delta ОВП = 3.1B - 0.31Bv - 16.17B^2. \quad (15)$$

Збільшення числа перемагнічувань підсилює ефект магнітної обробки води. Оптимальним можна вважати чотириразове перемагнічування, оскільки його зростання не призводить до суттєвої зміни параметрів води (зміна pH не перевищує 0,01, а ОВП – 1 мВ).

На основі проведених досліджень з впливу магнітного поля на зміну pH та ОВП води встановлено, що найефективніший режим магнітної обробки поливної води має місце при магнітній індукції 0,065 Тл, чотириразовому перемагнічуванні та швидкості руху розчину 0,4 м/с.

Дослідження впливу магнітної обробки поливної води на ріст і розвиток рослин проводилися відповідно до методики польового досліду [7]. Досліди виконувалися за такою схемою: 1–й варіант (контрольний) – насіння замочували у водопровідній воді і нею поливали рослин, 2–й варіант – насіння замочували в магнітоактивованій воді і нею поливали рослини.

Досліди проводилися з огірками гідриду “Топольок” у грунтовій теплиці, обладнаній краплинною системою поливання. Дослідні ділянки площею 8 м^2 розміщували методом звичайних повторень.

У результаті проведених досліджень встановлено, що магнітна обробка поливної води позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. При поливанні огірків магнітоактивованою водою прискорюється їх ріст, причому перевищення в рості було більш помітним та статистично значущим у період початку цвітіння і плодоношення та склало відповідно 14,75 і 15,75 см.

При магнітній обробці поливної води раніше наступало цвітіння та плодоношення огірків (на 2-3 дні) та підвищувалася врожайність на 14,7 %.

При цьому покращилася якість продукції. Вміст нітратів в огірках при магнітній обробці поливної води зменшився на 6 %.

Висновки і перспективи. Встановлено, що зміна pH та окислювально-відновного потенціалу води при магнітній обробці в залежить від квадрата

магнітної індукції і швидкості руху води в магнітному полі. Найефективніший режим обробки має місце при магнітній індукції 0,065 Тл і швидкості руху 0,4 м/с. За такого режиму обробки врожайність сільськогосподарських культур зростає 10 – 15 % порівняно з контролем і покращується якість продукції.

Список літератури

1. Nakasono S, Saiki H. Effect of ELF magnetic fields on protein synthesis in *Escherichia coli* K12. Radiat. Res., 2000, Vol. 154, pp. 208–216.

2. Малкін Є. С. Процес обробки води в магнітних полях / Є. С. Малкін, Н. Є. Журавська, Н. О. Коваленко // Вентиляція, освітлення та водопостачання. – 2015. – Вип. 18. – С. 70 – 74.

3. Классен В. И. Омагничивание водных систем. – М.: Химия, 1982. – 296 с.

4. Малкін Є. С. Перспективи створення ресурсозберігаючих технологій шляхом магнітної обробки води та водних розчинів / Є. С. Малкін, І. Є. Фуртат, Н. Є. Журавська, В. П. Усачов // Вентиляція, освітлення та водопостачання. – 2014. – Вип. 17. – С. 120 – 127.

5. Amaya, J., et al. Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Hortic. Abst, 1996, Vol. 68, p. 1363.

6. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. – М.: Наука, 1976. – 278 с.

7. Kozyrskyi V. Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field / V. Kozyrskyi, V. Savchenko, O. Sinyavsky // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. – IGI Global, 2018. –P. 576 – 620.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

1. Nakasono, S, Saiki, H. (2000). Effect of ELF magnetic fields on protein synthesis in *Escherichia coli* K12. Radiat. Res., 154, 208–216.

2. Malkin, Y.S., Zhuravska, N.Y., Kovalenko, N.O. (2015).Protses obrobky vody v mahnitnykh poliakh [The process of water treatment in magnetic fields]. Ventyliatsiia, osvitlennia ta vodopostachannia, vol. 18, pp. 70 – 74.],

3. Klassen, V. I. (1982). Omagnichivaniye vodnykh system [Magnetization of water systems]. Moskow: Khimiya, 296 p.

4. Malkin, Y.S., Furtat, I.Ye., Zhuravska, N.Y., Usachov, V.P. (2014). Perspektyvy stvorennia resursozberihaiuchykh tekhnolohii shliakhom mahnitnoi obrobky vody ta vodnykh rozchyniv [Prospects for resource-saving technologies through magnetic processing of water and water solutions]. Ventyliatsiia, osvitlennia ta vodopostachannia,.17, 120 – 127.

5. Amaya, J., et al. (1996). Effects of stationary magnetic fields on germination and growth of seeds. Hortic. Abst, 68, 1363.

6. Adler, Y.P., Markova, E.V., Granovskiy, Y.V. (1976). Planirovaniye eksperimenta pri poiske optimal'nykh usloviy [Planning an experiment when searching for optimal conditions]. Moskow: Nauka, 278.

7. Kozyrskyi V., Savchenko V., Sinyavsky O. (2018). Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field. Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development. IGI Global, pp.576 – 620

8. Dospekhov, B.A. (1985). Metodika polevogo opyta [Technique of field experience]. Moskow: Agropromizdat, 351.

ОБРАБОТКА ВОДЫ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В. В. Савченко, А. Ю. Синявский, В. Я. Бунько, О. И. Ухан

Аннотация. *Целью исследования было установление влияния магнитного поля на изменение pH и окислительно-восстановительного потенциала воды.*

На основе проведенных исследований установлено, что изменение pH и окислительно-восстановительного потенциала воды при обработке в магнитном поле зависит от квадрата магнитной индукции и скорости движения воды.

При изменении магнитной индукции от 0 до 0,065 Тл pH воды возрастает, а при дальнейшем ее увеличении уменьшаются. Окислительно-восстановительный потенциал сначала уменьшается, а затем возрастает.

Наиболее эффективный режим обработки воды имеет место при магнитной индукции 0,065 Тл и скорости движения воды 0,4 м/с. При таком режиме обработки урожайность сельскохозяйственных культур растет 10 - 15% и улучшается качество продукции.

Ключевые слова: вода, магнитная индукция, скорость движения воды, pH, окислительно-восстановительный потенциал, урожайность

WATER TREATMENT IN MAGNETIC FIELD

V. Savchenko, O. Sinyavsky, V. Bunko, O. Uhan

Abstract. *The purpose of the study was to determine the influence of the magnetic field on the change in pH and oxidation-reduction potential of water.*

On the basis of the performed researches it was established that the change in the pH and the oxidation-reduction potential of water when processed in a magnetic field depends on the square of the magnetic induction and the velocity of the water.

When the magnetic induction is changed from 0 to 0.065 T, the pH of the water increases, and with its further increase it decreases. The oxidation-reduction potential initially decreases and then increases.

The most effective treatment of water takes place with a magnetic induction of 0.065 T and a velocity of water 0.4 m/s. Under this treatment, the yield of crops increases by 10 – 15 % and the quality of products improves.

Key words: water, magnetic induction, velocity of water, pH, oxidation-reduction potential, yield