

УДК 631.171:681.2.088

ОБРОБКА КАРТОПЛІ МАГНІТНИМИ ПОЛЯМИ

Синявський О.Ю., к. т. н.,

Савченко В.В., інж.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (063) 566-96-28

Анотація – в статті проаналізована дія магнітного поля на фізико-хімічні процеси, які протікають у бульбї картоплі. Обґрунтована методика визначення ефекту магнітної обробки картоплі за зміною потенціалу електродів 2-го роду. Наведені результати досліджень зміни рН та окислювально-відновного потенціалу картоплі при магнітній обробці та обґрунтовані оптимальні параметри обробки.

Ключові слова - магнітна обробка, рН, окислювально-відновний потенціал, біопотенціал картоплі, невизначеність вимірювань, магнітна індукція, знакозмінне магнітне поле.

Постановка проблеми. Застосування електротехнологій у рослинництві дає можливість на 15-20 % підвищити урожайність сільськогосподарських культур і на 17-20 % знизити втрати при зберіганні сільськогосподарської продукції.

Для підвищення ефективності вирощування картоплі необхідно впроваджувати енерго- та ресурсозберігаючі технології, серед яких однією з перспективних є магнітна обробка картоплі.

Впровадження технології магнітної стимуляції картоплі зумовлює створення електротехнічного комплексу, вибір параметрів обробки, які сприяють підвищенню урожайності і зменшенню втрат картоплі при зберіганні, що є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень. Нині в технологіях передпосадкової обробки картоплі найчастіше застосовується її прогрівання або пророщування на світлі. Проте в останні роки для стимуляції картоплі почали застосовувати різноманітні електрофізичні методи, серед яких найперспективнішим є магнітна обробка картоплі.

Проведені дослідження показали позитивний вплив магнітного поля на урожайність, ріст і розвиток картоплі. Встановлено, що при магнітній обробці насінневих бульб урожайність підвищується на 18 –

20 %, зменшується захворюваність рослин різноманітними хворобами, а втрати при зберіганні знижуються з 25 – 30 % до 4 – 5 %.

Проте не був встановлений механізм дії магнітного поля на бульбу картоплі, не визначений оптимальний режим обробки і конструктивні параметри відповідного обладнання.

Формулювання мети статті. Метою даної роботи є визначення впливу магнітного поля на фізико-хімічні процеси, які відбуваються у бульбі картоплі.

Основана частина. У бульбі картоплі протікають різноманітні хімічні та біохімічні реакції. При обробці речовин в магнітному полі зміна концентрації продуктів реакції прямо пропорційна коефіцієнту швидкості, який згідно з рівнянням Вант-Гоффа-Арреніуса визначається за формулою [1]

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right), \quad (1)$$

де k_0 – передекспоненціальний множник; E_a – енергія активації; R – універсальна газова стала; T – температура.

Звідси

$$\lg k = \lg k_0 - \frac{2,3 \cdot E_a}{RT}. \quad (2)$$

Стимуляція картоплі відбувається при зростанні швидкості хімічних реакцій, що протікають у бульбі, тобто коли зростає коефіцієнт швидкості. Як впливає із рівняння Вант-Гоффа-Арреніуса, це можна здійснити або за рахунок підвищення температури, або зниженням енергії активації, впливаючи на неї магнітним полем.

Для визначення ефекту магнітної стимуляції необхідно мати методику інструментального визначення дози обробки, бо застосовувані нині методи її визначення за урожайністю або біометричними показниками в значній мірі залежать від кліматичних факторів, родючості ґрунтів, застосовуваної технології вирощування тощо [2].

Проведені дослідження показали, що найдоцільніше використовувати потенціометричні методи вимірювання. Застосування електродів 2-го роду дає можливість встановити зміну енергії активації при магнітній обробці речовин. Зміна потенціалу електрода визначається за рівнянням Нернста

$$\Delta\phi = S_t(\lg f \cdot C_2 - \lg f \cdot C_1) = S_t(\lg C_2 - \lg C_1), \quad (3)$$

де S_i – крутість електродної характеристики; f – коефіцієнт активності, C_1 – концентрація іонів до магнітної обробки; C_2 – концентрація іонів після магнітної обробки.

Крутість електродної характеристики визначається за рівнянням

$$S_i = 2,3 \cdot \frac{R \cdot T}{z \cdot F}, \quad (4)$$

де R – універсальна газова стала; T – температура розчину; z – заряд іона; F – число Фарадея.

Оскільки при магнітній обробці речовин концентрації іонів пропорційні коефіцієнту швидкості реакції, то різниця логарифмів концентрації іонів визначаються виразом

$$\lg C_2 - \lg C_1 = \lg k_2 - \lg k_1, \quad (5)$$

де k_1 – коефіцієнт швидкості хімічної реакції до магнітної обробки; k_2 – коефіцієнт швидкості хімічної реакції після магнітної обробки.

Тоді з урахуванням (2) і (4) можна записати

$$\Delta\varphi = 2,3^2 \cdot \frac{\Delta E_a}{z \cdot F} = A \cdot \Delta E_a, \quad (6)$$

де ΔE_a – зміна енергії активації.

Оскільки більшість хімічних реакцій, які відбуваються у бульбах картоплі, є окислювально-відновними, то оцінювати зміну енергії активації доцільно за зміною окислювально-відновних потенціалів (ОВП) або біопотенціалів (БП)

$$\Delta OVP = \Delta BP = A \cdot \Delta E_a. \quad (7)$$

Визначити ефект магнітної обробки картоплі можна також за зміною рН. Зміна рН визначається виразом

$$\Delta pH = \lg f \cdot C_{H_2^+} - \lg f \cdot C_{H_1^+}, \quad (8)$$

де C_n – концентрація іонів водню.

Тоді з урахуванням (2) і (5) можна записати

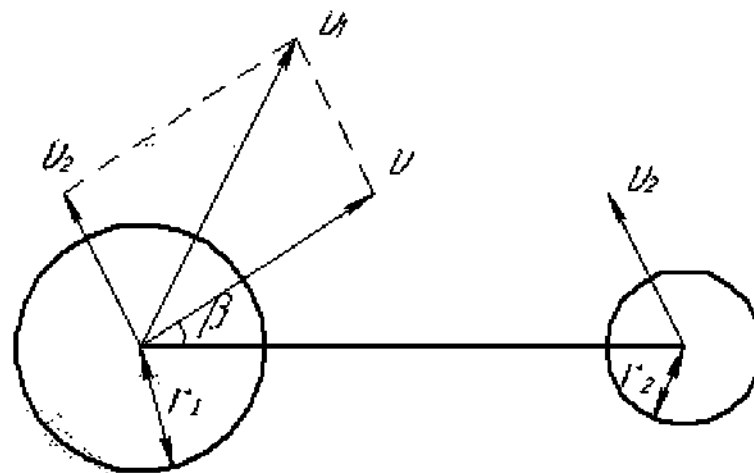
$$\Delta pH = 2,3 \frac{E_{a1} - E_{a2}}{RT} = 2,3 \frac{\Delta E_a}{RT}. \quad (9)$$

Окислювально-відновний потенціал або рН вимірюють рН-метром-мільвольтметром або іономіром. Для вимірювання ОВП або біопотенціалу в картоплі скляною паличкою роблять отвір глибиною 10 мм, де розміщують допоміжний електрод, а платиновий вимірювальний електрод встромлюють у картоплю і приладом вимірюють різницю потенціалів вимірювального і допоміжного електродів. Для вимірювання рН у картоплі роблять отвір, діаметром 10 і глибиною 10–15 мм, для скляного вимірювального електрода і скляною паличкою отвір для допоміжного електрода. Потім приладом вимірюють величину рН.

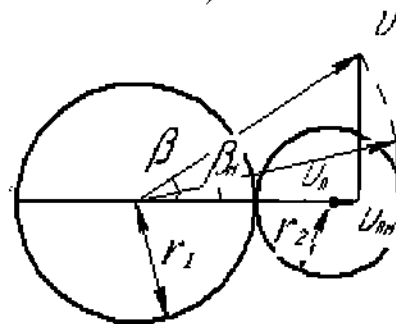
Визначають різницю рН та ОВП (біопотенціалу) картоплі до магнітної обробки і після неї та порівнюють із значенням розширеної невизначеності вимірювань відповідних величин [3]. Якщо зміна ОВП при обробці перевищує 2 мВ, а рН – 0,03 одиниці, то можна стверджувати про вплив магнітної обробки на процеси, які відбуваються у картоплі.

При теоретичних дослідженнях процесів, які відбуваються у бульб картоплі, скористаємося теорією зіткнень [1].

Розглянемо пару сферичних часток з радіусами r_1 і r_2 , які рухаються зі швидкостями v_1 і v_2 (рис. 1,а).



а)



б)

Рис. 1. Схема руху іонів (а) та діаграма зіткнень (б).

Вектор відносної швидкості становить

$$\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1. \quad (10)$$

В момент співударяння центри часток будуть знаходитися на відстані $r_1 + r_2$ (рис. 2.1, б), а центр 1-ої частки – на поверхні зовнішньої сфери радіуса $r_1 + r_2$ [1].

Дослідні дані з визначення констант швидкості реакції показують, що хімічні наслідки зіткнень залежать від кінетичної енергії відносного руху вздовж лінії центрів, тобто вона визначається нормальною складовою швидкості v_n , а тангенціальна складова не істотна при активації [1]

$$E_a = \frac{\mu v_n^2}{2}, \quad (11)$$

де μ – зведена маса часток.

Нормальна складова швидкості визначається як

$$v_n = v \cdot \cos \beta, \quad (12)$$

При потраплянні іона в магнітне поле на неї діє сила Лоренца [4]

$$F = q \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha, \quad (13)$$

де q – заряд іона; B – магнітна індукція; v – швидкість руху іона; α – кут між напрямом поля і рухом іона.

Сила Лоренца – це відцентрова сила, яка змінює тільки напрям руху іона, і не змінює його кінетичну енергію та швидкість за модулем, внаслідок чого іон рухається колом радіуса r

$$F = \frac{mv^2}{r}. \quad (14)$$

При магнітній обробці речовин внаслідок дії сили Лоренца змінюється нормальна складова швидкості іона (рис. 1,б)

$$\Delta v_n = v_{nm} - v_n, \quad (15)$$

де v_{nm} – нормальна складова швидкості іона при магнітній обробці

$$v_{nm} = v \cdot \cos \beta_m, \quad (16)$$

де β_m – кут між вектором швидкості і лінією, яка з'єднує центри часток, при магнітній обробці.

Тоді зміна нормальної складової швидкості іона становитиме

$$\Delta v_n = v \cdot (\cos \beta_m - \cos \beta), \quad (17)$$

Із виразів (13) і (14) отримаємо вираз для визначення швидкості іона через параметри магнітного поля при $\alpha=0$

$$v = r \cdot q \cdot B / m, \quad (18)$$

Тоді приріст нормальної складової швидкості іона визначатиметься за формулою

$$\Delta v_n = r \cdot q \cdot B \cdot (\cos \beta_m - \cos \beta) / m. \quad (19)$$

Як випливає з виразу (19), зміна нормальної складової швидкості іона залежить від магнітної індукції, виду іонів (їх маси і заряду) та кількості перемагнічувань, бо при реверсі змінюється орієнтація іонів (відповідно кут β_m).

При обробці картоплі у магнітному полі із заданим числом перемагнічувань зміна нормальної складової швидкості іона

$$\Delta v_n = K \cdot B, \quad (20)$$

де K – коефіцієнт, який залежить від виду іонів та числа перемагнічувань.

Внаслідок зміни нормальної складової швидкості іонів зміниться кінетична енергія відносного руху часток вздовж лінії центрів

$$\Delta E_n = E_{nm} - E_n = \frac{\mu(v_n + \Delta v_{nm})^2}{2} - \frac{\mu \cdot v_n^2}{2}, \quad (21)$$

або

$$\Delta E_n = \frac{\mu \cdot \Delta v_{nm}^2}{2} + \mu \cdot v_n \cdot \Delta v_{nm}. \quad (22)$$

Із урахуванням (20) вираз (22) прийме вигляд

$$\Delta E_n = \frac{\mu \cdot K^2 B^2}{2} + K \cdot \mu \cdot v_n \cdot B. \quad (23)$$

Таким чином, зміна кінетичної енергії, відповідно, і коефіцієнта швидкості хімічної реакції при магнітній обробці картоплі залежить від величини магнітної індукції і нормальної складової кутової швидкості іонів. Оскільки зміна потенціалу електрода другого роду прямо пропорційна зміні кінетичної енергії, то зміна ОВП або біопотенціалу становитиме

$$\Delta OVP = \Delta BP = A \cdot \left(\frac{\mu \cdot K^2 B^2}{2} + K \cdot \mu \cdot v_n \cdot B \right). \quad (24)$$

При незмінній швидкості руху картоплі можна записати

$$\Delta OVP = \Delta BP = A_1 \cdot B^2 + A_2 \cdot B, \quad (25)$$

де A_1 і A_2 – коефіцієнти.

З урахуванням (9) зміна рН при магнітній обробці картоплі

$$\Delta pH = \frac{2,3}{RT} \cdot \left(\frac{\mu \cdot K^2 B^2}{2} + K \cdot \mu \cdot v_n \cdot B \right). \quad (26)$$

При незмінній швидкості руху картоплі зміна рН визначатиметься виразом

$$\Delta pH = A_3 \cdot B^2 + A_4 \cdot B, \quad (27)$$

де A_3 і A_4 – коефіцієнти.

Коефіцієнти, які входять у рівняння (25) і (27) аналітично визначити не можливо. Їх визначили на основі експериментальних даних.

Експериментальні дослідження виконувалися на експериментальній установці з електромагнітами. Знакозмінне магнітне поле створювалося чотирма індукторами, увімкненими зустрічно. Магнітну індукцію у повітряному зазорі індуктора регулювали у межах 0 – 45 мТл шляхом зміни напруги постійного струму, прикладеної до коту-

шок індуктора. Швидкість руху картоплі через індуктори становила у середньому 1,0 м/с. При цьому вимірювали зміну рН і окислювально-відновного потенціалу картоплі.

Залежність зміни ОВП картоплі при магнітній обробці від магнітної індукції показана на рис. 2. При зростанні магнітної індукції до оптимального для процесу обробки значення 30 мТл ОВП картоплі знижується, а потім починає зростати. Ця залежність описується рівнянням

$$\Delta OVP = 0,0272B^2 - 2,1362B. \quad (28)$$

Залежність зміни рН картоплі при магнітній обробці від магнітної індукції показана на рис. 3. При зростанні магнітної індукції до 30 мТл значення рН картоплі зростає, а потім починає зменшуватися. Залежність зміни рН від магнітної індукції описується рівнянням

$$\Delta pH = -0,0001B^2 + 0,0087B. \quad (29)$$

На кривих 2 і 3 (див. рис. 2 і 3) показані зміни відповідно ОВП і рН картоплі, виміряні через два тижні і місяць після магнітної обробки. Як впливає із представлених залежностей, ефект магнітної обробки картоплі зберігається не менше місяця після обробки.

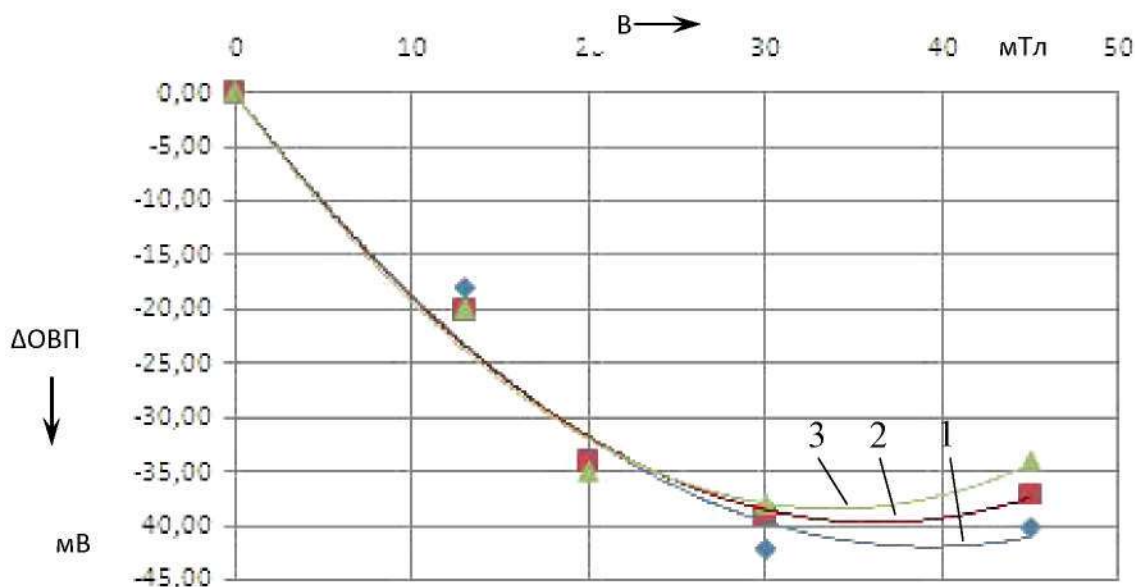


Рис. 2. Залежність зміни ОВП від магнітної індукції при магнітній обробці картоплі: 1 – в день обробки; 2 – через 2 тижні після обробки; 3 – через місяць після обробки.

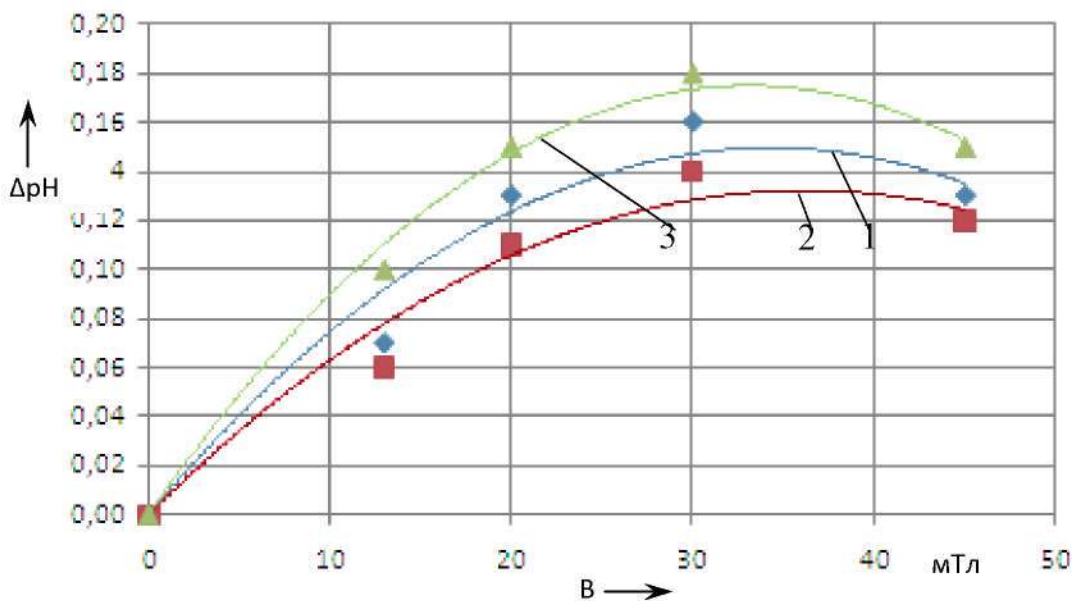


Рис. 2. Залежність зміни рН від магнітної індукції при магнітній обробці картоплі: 1 – в день обробки; 2 – через 2 тижні після обробки; 3 – через місяць після обробки.

Висновки. При магнітній обробці картоплі зростає швидкість хімічних реакцій внаслідок зменшення енергії активації.

Встановлено, що визначити ефект магнітної обробки картоплі можна електродами 2-го роду, зміна потенціалу яких пропорційна зміні енергії активації. Ефект магнітної обробки має місце тоді, коли зміна ОВП і рН при обробці перевищує невизначеності їх вимірювання, які відповідно складають 2 мВ і 0,03 одиниці.

Проведені теоретичні і експериментальні дослідження впливу параметрів процесу обробки картоплі в магнітному полі показали, що зміна ОВП, біопотенціалу та рН картоплі залежать від квадрату магнітної індукції, швидкості руху бульби та кількості перемагнічувань. Встановлені оптимальні режими магнітної обробки картоплі: магнітна індукція у центрі повітряного зазору 30 мТл, чотирикратно перемагнічування при швидкості руху транспортера 1 м/с.

Література

1. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство / Б.П. Никольский, Н.А. Смирнова, М.Ю. Панов [и др.] ; под ред. акад. Б.П. Никольского. – Л. : Химия, 1987. – 880 с.
2. Проектирование комплексной электрификации / Л.Г. Прищеп, А.П. Якименко, Л.В. Шаповалов [и др.] ; под ред. Л.Г. Прищеп. – М. : Колос, 1983. – 271 с.
3. Савченко В.В. Визначення ефекту електромагнітної обробки картоплі / В.В. Савченко // Науковий вісник національного університе-

ту біоресурсів і природокористування України. – К. : 2010. – Вип. 153. – С. 138-144.

4. *Классен В.И.* Омагничивание водных систем / *В.И. Классен.* – 2-е изд. – М. : Химия, 1982. – 296 с.

ОБРАБОТКА КАРТОФЕЛЯ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Синявский О.Ю., Савченко В.В.

Аннотация - проанализировано действие магнитного поля на физико-химические процессы, которые протекают в клубне картофеля. Обоснована методика определения эффекта магнитной обработки картофеля за изменением потенциала электродов 2-го рода. Приведены результаты исследований изменения рН и окислительно-восстановительного потенциала картофеля при магнитной обработке и обоснованы оптимальные параметры обработки.

TREATMENT OF POTATO THE MAGNETIC FIELDS

O. Synyavskyu, V. Savchenko

Summary

Operating of the electromagnetic field is analysed on physical and chemical processes which flow in the tuber of potato. The methods of determination of effect of magnetic treatment of potato are reasonable after the change of potential of electrodes of 2th family. Results over of researches of change of pH and redox of potato are brought at magnetic treatment and the optimal parameters of treatment are reasonable.