

**ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЗМІНУ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ ПРИ
ПЕРЕДПОСІВНІЙ ОБРОБЦІ НАСІННЯ**

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

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

А. Ю. Андросович, аспірант

Д. О. Розенгарт, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: vit1986@ua.fm

Анотація. Підвищити врожайність сільськогосподарських культур та якість продукції можна за рахунок застосування електрофізичних методів передпосівної обробки насіння, серед яких перспективним є передпосівна обробка насіння в магнітному полі.

Для успішного впровадження магнітної обробки насіння у виробництво необхідно встановити режимні параметри обробки та їх оптимальні значення. Для цього необхідно встановити вплив магнітного поля на зміну енергії активації при передпосівній обробці насіння.

Метою дослідження було визначення зміни енергії активації при передпосівній обробці насіння сільськогосподарських культур в магнітному полі.

Для визначення зміни енергії активації експериментально досліджувалася зміна біопотенціалу насіння при його обробці в магнітному полі методом планування експерименту.

Було встановлено, що зміна біопотенціалу насіння залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі.

Був отриманий аналітичний вираз, який пов'язує зміну енергії активації зі зміною біопотенціалу насіння, що дало змогу встановити залежність зміни енергії активації від режимних параметрів обробки.

Встановлено, що найбільше біопотенціал насіння та енергія активації змінюються при магнітній індукції 0,065 Тл, градієнті магнітного поля 0,57 Тл/м і швидкості руху 0,4 м/с. За такого режиму передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур енергія активації змінюється на 3,1 – 5,7 кДж/г-екв.

Ключові слова: *магнітна індукція, швидкість руху насіння, біопотенціал, енергія активації, сільськогосподарські культури*

Актуальність. Нині основним методом підвищення врожайності сільськогосподарських культур є внесення мінеральних добрив, а захисту рослин від хвороб і шкідників – застосування хімічних засобів захисту. Але їх тривале застосування мінеральних добрив та засобів захисту рослин призводить до непоправного екологічного збитку [1].

Тому найбільший інтерес з точки зору отримання екологічно чистої продукції мають електрофізичні фактори впливу на рослини, серед яких перспективним методом є застосування магнітного поля для передпосівної обробки насіння.

На відміну від традиційних та електрофізичних методів передпосівної обробки насіння він є технологічним, енергоефективним методом, не викликає негативної побічної дії на рослини, довкілля та обслуговуючий персонал.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Багатьма дослідниками встановлений позитивний вплив магнітного поля на насіння сільськогосподарських культур який проявляється в покращенні посівних якостей насіння [2], біометричних показників рослин та врожайності [3]) зберігання сільськогосподарських культур [4] та зменшенні захворюваності рослин [5], біохімічних показників і якості рослинної продукції [6].

Але дослідження проводилися при різних значеннях магнітної індукції та часу обробки (дози обробки), хоча встановлено, що урожайність та біометричні показники сільськогосподарських культур залежать від величини дози магнітної обробки, незалежно від способу створення магнітного поля [7]. У результаті запропоновано багато різних режимів обробки, які часом суттєво відрізняються один від одного.

Тому для успішного впровадження передпосівної обробки насіння у виробництво необхідно встановити режимні параметри обробки та їх оптимальні значення. Для цього необхідно встановити вплив магнітного поля на зміну енергії активації при передпосівній обробці насіння.

Мета дослідження – визначення зміни енергії активації при передпосівній обробці насіння сільськогосподарських культур в магнітному полі.

Матеріали та методи дослідження. Для визначення зміни енергії активації експериментально досліджувалася зміна біопотенціалу насіння при його обробці в магнітному полі.

Експериментальні дослідження впливу магнітного поля на біопотенціал насіння проводили з насінням жита сорту «Харківський 98», вівса сорту «Деснянський», ячменю сорту «Солнцедар», гороху сорту «Адагумський», квасолі сорту «Грибовський», соняшника сорту «Люкс» та картоплі сорту «».

Насіння 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 вимірювали тесламетром 43205/1. Швидкість руху насіння через магнітне поле регулювали зміною частоти обертання приводного двигуна транспортера за допомогою перетворювача частоти.

Оброблене у магнітному полі насіння пророщували і вимірювали значення ОВП паростків. Для вимірювання ОВП був розроблений вимірювальний електрод у вигляді платинової пластини із загостреним кінцем. Платиновий електрод вводився в паросток пророслого насіння. Як допоміжний електрод використовувався стандартний хлорсрібний електрод. За допомогою іономіра И-160М визначали ОВП паростків необробленого та обробленого в магнітному полі насіння.

Дослідження виконувалися із застосуванням метода планування експерименту. Для цього використовувався ортогональний центрально-композиційний план [8]. За значення нижнього, основного і верхнього рівнів приймали для магнітної індукції відповідно 0, 0,065 і 0,13 Тл, для швидкості руху насіння – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с, за відгук – біопотенціал пророслого насіння.

Результати досліджень та їх обговорення. Внаслідок зміни нормальної складової швидкості іонів під дією сили Лоренца при магнітній обробці насіння зміниться кінетична енергія відносного руху часток вздовж лінії центрів. Тому в

хімічну реакцію будуть вступати іони, швидкість яких менша за критичне значення, що призводить до зростання швидкості хімічної реакції ω_M [9]:

$$\omega_M = \omega \exp\left(-\frac{E^* + \Delta E^*}{kT}\right), \quad (1)$$

де E^* – енергія активації, Дж/моль; ΔE^* – зміна енергії активації, Дж/моль; k – стала Больцмана, Дж/К; T – температура розчину, К;

Оскільки реакції, які відбуваються в клітині, є переважно окисно-відновними, то зміна їх швидкості призведе до зміни окислювально-відновного потенціалу, яку можна визначити за рівнянням Нернста [10]:

$$\Delta_{ОВП} = 2,3 \frac{RT}{zF} (\lg \omega_M - \lg \omega), \quad (2)$$

де R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; z – валентність іона; F – число Фарадея, Кл/моль.

З урахуванням (1) зміна ОВП становитиме:

$$\Delta_{ОВП} = -\frac{\Delta E^*}{zF}, \quad (3)$$

а зміна біопотенціалу визначатиметься рівнянням:

$$\Delta_{ВР} = -\Delta_{ОВП} = \frac{\Delta E^*}{zF}. \quad (4)$$

Тоді

$$\Delta E^* = zF \Delta_{ВР}. \quad (5)$$

Тому зміну енергії активації при обробці насіння в магнітному полі, кДж/г-екв, можна визначити за формулою:

$$\Delta E^* = 96,48 \Delta_{ВР}. \quad (6)$$

Отже, за зміною біопотенціалу насіння можна визначити зміну енергії активації.

Проведені експериментальні дослідження показали, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл біопотенціал насіння зростає, а при її подальшому збільшенні починає зменшуватися (рис. 1). За магнітної індукції, яка перевищувала

0,13 Тл, біопотенціал насіння практично не змінювався, але перевищував його значення для насіння, необробленого в магнітному полі.

Швидкість руху насіння впливає на зміну його біопотенціалу, але в меншій мірі, ніж магнітна індукція. Тому швидкість руху насіння, як і градієнт магнітного поля, є менш суттєвими факторами, ніж магнітна індукція.

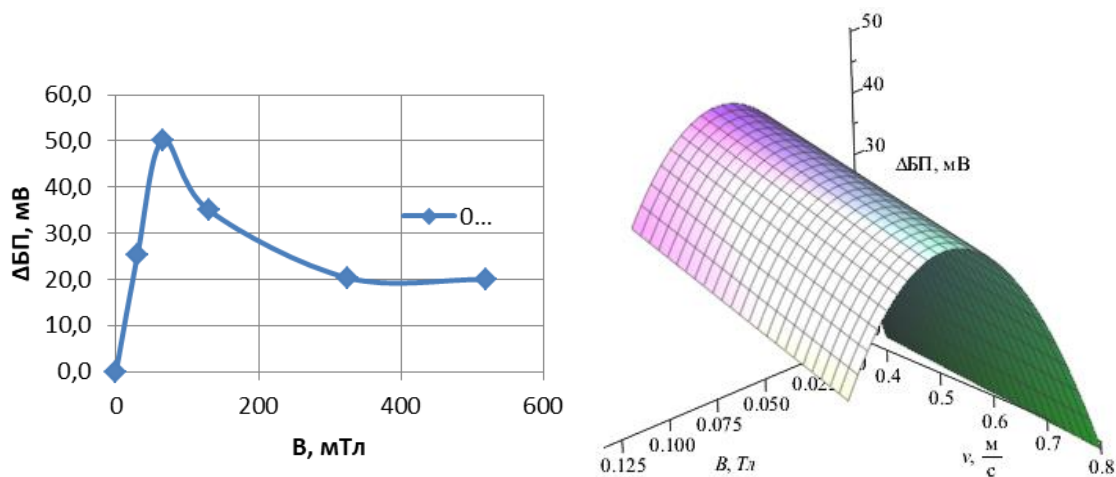


Рис. 1. Залежність зміни біопотенціалу насіння вівса від магнітної індукції і швидкості руху насіння в магнітному полі

За результатами багатofакторного експерименту отримали рівняння регресії, яке пов'язує біопотенціал насіння з режимними параметрами обробки:

$$\Delta BP = a_0 + a_1 B + a_2 v + a_{12} Bv + a_{11} B^2, \quad (7)$$

де $a_0, a_1, a_2, a_{12}, a_{11}$ – коефіцієнти/

З урахуванням (5), рівняння регресії для зміни енергії активації буде мати вигляд:

$$\Delta BP = b_0 + b_1 B + b_2 v + b_{12} Bv + b_{11} B^2, \quad (8)$$

де $b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}$ – коефіцієнти, значення яких для різних сільськогосподарських культур наведені в табл. 1.

За формулою (9) була визначена зміна енергії активації при обробці насіння в магнітному полі за експериментально визначеними значеннями зміни біопотенціалу при магнітній обробці насіння. Найбільше енергія активації змінювалася при магнітній індукції 0,065 Тл, градієнті магнітного поля 0,57 Тл/м та швидкості руху

насіння в магнітному полі 0,4 м/с. Значення зміни енергії активації за такого режиму обробки насіння в магнітному полі наведені в табл. 2.

1. Значення коефіцієнтів в рівнянні регресії для зміни енергії активації насіння сільськогосподарських культур

Культура	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}
горох	0,04	87,5	-0,04	-11,7	-521
квасоля	0,08	97	-0,15	-14,2	-560
жито	-0,09	156,4	-0,08	-27,2	-869
овес	0,09	81,2	-0,18	-9,3	-534
ячмінь	0,53	117,5	-0,81	-17,9	-651
соняшник	0,4	84,7	-0,68	-13	-544
огірок	0,4	137,8	-0,61	-14,2	-793

2. Зміна енергії активації при передпосівній обробці насіння в магнітному полі

Сільськогосподарська культура	Зміна біопотенціалу, мВ	Зміна енергії активації, кДж/г-екв
Жито	59	5,69
Ячмінь	50	4,82
Овес	30	2,89
Горох	33	3,18
Квасоля	38	3,67
Соняшник	34	3,28
Огірок	58	5,6
Картопля	42	4,1

Висновки і перспективи. Встановлено, що зміна енергії активації при передпосівній обробці насіння в магнітному полі залежить від квадрата магнітної індукції і швидкості руху насіння в магнітному полі. Найбільше енергія активації змінюється при магнітній індукції 0,065 Тл, градієнті магнітного поля 0,57 Тл/м і швидкості руху 0,4 м/с. За такого режиму передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур енергія активації змінюється на 3,1 – 5,7 кДж/г-екв.

Список використаних джерел

1. Кутис С. Д., Кутис Т. Л. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Ч. 1. Электромагнитная обработка семян и посадочного материала. М.: Ridero, 2017. 49 с.
2. Martínez F. R., Pacheco A. D., Aguilar C. H., Pardo G. P., Ortiz E. M. Effects of magnetic field irradiation on broccoli seed with accelerated aging. *Acta Agrophysica*. 2014. Vol. 21(1). P. 63-73.
3. Zepeda-Bautista R., Hernández-Aguilar C., Suazo-López F., Domínguez-Pacheco A. F., Virgen-Vargas J., Pérez-Reyes C., Peón-Escalante I. Electromagnetic field in corn grain production and health. *Academic Journals*. 2014. Vol. 13(1). P. 76-83.
4. Лысаков А. А., Иванов Р. В. Влияние магнитного поля на сохранность картофеля. *Успехи современного естествознания*. 2014. № 8. С. 103-106.
5. Нижарадзе Т. С. Влияние экологических приемов предпосевных обработок семян ячменя на пораженность листостеблевыми болезнями. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2013. №6 (44). С. 56-58.
6. Ramalingam Radhakrishnan. Seed pretreatment with magnetic field alters the storage proteins and lipid profiles in harvested soybean seeds. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2018. Vol. 24 (2). P. 343–347.
7. Pietruszewski S., Martínez E. Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: a review. *Int. Agrophys*. 2015. Vol. 29. P. 377-389.
8. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 278 с.
9. Zablodskiy M., V. Savchenko V., Sinyavsky O., Pliuhin V. Interactions between Magnetic Field and Biological Objects of Plant Origin”, 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2018. Proceedings 8477484. P. 261-266.
10. Kozyrskiy V., Savchenko V., Sinyavsky O. Presowing Processing of Seeds in Magnetic Field. *Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development*. IGI Global, 2018. P. 576 – 620.

References

- 1, Kutis, S.D., Kutis, T.L. (2017). *Electromagnetic technologies in crop production. Part 1. Electromagnetic treatment of seeds and planting material* Moscow: Ridero p 49.
2. Martínez, F. R., Pacheco, A. D., Aguilar, C. H., Pardo, G. P., Ortiz, E. M. Effects of magnetic field irradiation on broccoli seed with accelerated aging. *Acta Agrophysica*. 2014. Vol. 21(1)^ 63-73.
3. Zepeda-Bautista, R., Hernández-Aguilar, C., Suazo-López, F., Domínguez-Pacheco, A. F., Virgen-Vargas, J., Pérez-Reyes, C., Peón-Escalante, I. Electromagnetic field in corn grain production and health. *Academic Journals*. 2014. Vol. 13(1): 76-83.
4. Lysakov, A. A., Ivanov, R. V. (2014). Vliyaniye magnitnogo polya na sokhrannost' kartofelya [The influence of the magnetic field on the conservation of potatoes]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 8, 103-106.
5. Nizharadze, T. S. (2013). Vliyaniye ekologicheskikh priyemov predposevnykh obrabotok semyan yachmenya na porazhennost' listosteblevymi boleznyami [The impact of environmental practices of presowing treatment of barley seeds on the incidence of leaf

stem diseases]. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 6 (44), 56-58.

6. Ramalingam, Radhakrishnan (2018). Seed pretreatment with magnetic field alters the storage proteins and lipid profiles in harvested soybean seeds. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24 (2), 343–347.

7. Pietruszewski, S., Martínez, E. (2015). Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: a review. *Int. Agrophys*, 29, 377-389.

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

9. Zablodskiy, M., Savchenko, V., Sinyavsky, O., Pliuhin, V. (2018). Interactions between Magnetic Field and Biological Objects of Plant Origin. 2018 IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2018. Proceedings 8477484, 261-266.

10. Kozyrskiy, 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, 576 – 620.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН

В. В. Савченко, А. Ю. Сиявский, Д. А. Розенгарт, В. Я. Бунько, А. Ю. Андросович

Аннотация. *Повысить урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции можно за счет применения электрофизических методов предпосевной обработки семян, среди которых перспективным является предпосевная обработка семян в магнитном поле.*

Для успешного внедрения магнитной обработки семян в производство необходимо установить режимные параметры обработки и их оптимальные значения. Для этого необходимо установить влияние магнитного поля на изменение энергии активации при предпосевной обработке семян.

Целью исследования было определение изменения энергии активации при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур в магнитном поле.

Для определения изменения энергии активации экспериментально исследовалось изменение биопотенциала семян при их обработке в магнитном поле методом планирования эксперимента.

Было установлено, что изменение биопотенциала семян зависит от квадрата магнитной индукции и скорости их движения в магнитном поле.

Было получено аналитическое выражение, которое связывает изменение энергии активации с изменением биопотенциала семян, что позволило установить зависимость изменения энергии активации от режимных параметров обработки.

Установлено, что биопотенциал семян и энергия активации в наибольшей степени изменяются при магнитной индукции 0,065 Тл, градиенте магнитного поля 0,57 Тл/м и скорости движения 0,4 м/с. При таком режиме предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур энергия активации изменяется на 3,1 - 5,7 кДж/экв.

Ключевые слова: магнитная индукция, скорость движения семян, биопотенциал, энергия активации, сельскохозяйственные культуры

INFLUENCE OF MAGNETIC FIELD ON CHANGE OF ACTIVATION ENERGY DURING PRE-SOWING SEED TREATMENT

V. Savchenko, O. Synyavsky, D. Rosengart, V. Bunko, O. Androsovykh

Abstract. *It is possible to increase crop yields and product quality through the use of electrophysical methods of pre-sowing seed treatment, among which pre-sowing seed treatment in a magnetic field is promising.*

For successful introduction of magnetic seed treatment in production it is necessary to establish mode parameters of treatment and their optimum values. To do this, it is necessary to establish the effect of the magnetic field on the change in activation energy during pre-sowing seed treatment.

The aim of the study was to determine the change in activation energy during pre-sowing treatment of crop seeds in a magnetic field.

To determine the change in the activation energy, the change in the biopotential of the seed during its treatment in a magnetic field was experimentally investigated by the experimental planning method.

It was found that the change in seed biopotential depends on the square of the magnetic induction and the velocity of the seed in a magnetic field.

An analytical expression was obtained that relates the change in activation energy to the change in seed biopotential, which made it possible to establish the dependence of the change in activation energy on the treatment parameters.

It was found that the greatest seed biopotential and activation energy change at a magnetic induction of 0.065 T, a magnetic field gradient of 0.57 T/m and a velocity of 0.4 m/s. Under this mode of pre-sowing seed treatment of agricultural crops, the activation energy changes by 3.1 - 5.7 kJ/g-eq.

Key words: *magnetic induction, seed velocity, biopotential, activation energy, crops*