

## **ЕНЕРГЕТИЧНА ДОЗА ОБРОБКИ НАСІННЯ СОНЯШНИКА В МАГНІТНОМУ ПОЛІ**

***В. В. Савченко, кандидат технічних наук, доцент***

***О. Ю. Синявський, кандидат технічних наук, доцент***

***І. М. Болбот, доктор технічних наук, доцент***

***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

*E-mail: [vit1986@ua.fm](mailto:vit1986@ua.fm)*

**Анотація.** *Передпосівна обробка насіння соняшника в магнітному полі дає можливість покращити посівні показники насіння та підвищити врожайність соняшника без застосування мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин.*

*Порівняно з іншими електрофізичними методами, передпосівна обробка насіння в магнітному полі – це високопродуктивний, неенергоємний, безпечний для обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища метод.*

*Нині встановлено, що врожайність та біометричні показники сільськогосподарських культур залежать від величини дози магнітної обробки.*

*Тому метою дослідження було визначення оптимальної енергетичної дози обробки насіння соняшника в магнітному полі.*

*Отриманий аналітичний вираз для визначення енергетичної дози обробки насіння соняшника в магнітному полі. Він містить всі режимні параметри обробки насіння в магнітному полі. Встановлено, що енергетична доза обробки насіння соняшника в магнітному полі залежить прямо пропорційно від квадрата магнітної індукції та полюсної поділки та обернено пропорційно від швидкості руху насіння в магнітному полі.*

*Проведений багатофакторний експеримент дав можливість визначити енергію проростання та схожість насіння соняшника при різних енергетичних дозах обробки. Це дало змогу визначити оптимальний режим обробки насіння соняшника в магнітному полі.*

*Встановлено, що оптимальним режимом передпосівної обробки насіння соняшника в магнітному полі є магнітна індукція 0,065 Тл, чотириразове перемагнічування, полюсна поділка 0,23 м, швидкість руху насіння 0,4 м/с, що забезпечують енергетичну дозу обробки 3,8 Дж·с/кг. При оптимальному режимі обробки насіння соняшника в магнітному полі енергія проростання збільшилася на 28 %, схожість – на 24 %, а врожайність - на 26. %.*

**Ключові слова:** *соняшник, передпосівна обробка, магнітне поле, магнітна індукція, полюсна поділка, швидкість руху насіння, енергетична доза обробки*

**Актуальність.** У минулому сторіччі основним способом підвищення врожайності сільськогосподарських культур було внесення мінеральних і органічних добрив та застосування хімічних засобів захисту рослин. Але надмірне застосування мінеральних добрив призводить до зміни структури ґрунту і викликає забруднення навколишнього середовища та погіршення якості продукції.

Почали шукати шляхи підвищенні врожайності іншими методами для отримання екологічно чистої продукції, серед яких провідну роль мають електрофізичні фактори впливу на насіння, бульби, цибулини, проростки або дорослі рослини на різних фазах розвитку [1].

Тому підвищення врожайності сільськогосподарських культур та якості продукції без застосування хімічних засобів є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Обробка насіння в магнітному полі має переваги перед іншими електрофізичними методами. Застосовувані установки для обробки насіння в магнітному полі мають високу продуктивність, малу енергоємність, є безпечними для обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища.

Нині проведено багато експериментальних досліджень, які свідчать про позитивний вплив передпосівної обробки насіння в магнітному полі. Збільшується енергія проростання і схожість насіння [2]. Покращуються біометричні показники рослин [3].

Урожайність зернових культур збільшується на 16 – 22 %, овочевих культур – 22 – 30 %. Покращуються біохімічні показники та якість рослинної продукції: зростає вміст клейковини в зерні, олії в насінні соняшнику [4].

При магнітній обробці підвищується резистентність до грибкових та бактеріальних захворювань зерна та рослин [5], що робить у ряді випадків можливе зниження застосування протруйників до 30 %, а це сприяє отриманню більш екологічно чистої продукції [4].

Впровадження магнітної обробки насіння потребує встановлення механізму дії магнітного поля на насіння для визначення діючих факторів та їх оптимальних значень.

**Мета дослідження** – визначення оптимальної енергетичної дози обробки насіння соняшника в магнітному полі.

**Матеріали та методи дослідження.** Встановлено, що основними діючими факторами при обробці насіння в магнітному полі є магнітна індукція та її градієнт, а також швидкість руху насіння. Застосування чотириразового перемагнічування підсилює ефект магнітної обробки. Подальше збільшення числа перемагнічувань не суттєво змінює ефект обробки насіння [6].

Експериментальні дослідження проводилися з насінням соняшника сорту «Люкс» на лабораторній установці. Насіння соняшника переміщували на транспортерній стрічці через магнітне поле, яке створювалося чотирма парами постійних магнітів, встановлених зі змінною полярністю.

Магнітну індукцію регулювали, змінюючи відстань між магнітами і вимірюючи її значення тесламетром 43205/1.

Швидкість руху насіння регулювалася за рахунок зміни частоти обертання приводного електродвигуна транспортера за допомогою перетворювача частоти Delta VFD004EL43A.

При дослідженнях використовувався ортогональний центральном-композиційний план [7]. Як фактори приймалися магнітна індукція і швидкість руху насіння соняшника в магнітному полі. За значення нижнього, основного і верхнього рівнів факторів приймали для магнітної індукції відповідно 0; 0,065 і 0,130 Тл, для швидкості руху насіння – 0,4; 0,6 і 0,8 м/с.

Оброблене в магнітному полі насіння пророщували і визначали енергію проростання та схожість насіння соняшника за відомою методикою [8].

Обробку даних багатофакторного експерименту виконували за відомою методикою.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Нині встановлено, що врожайність та біометричні особливості сільськогосподарських культур залежать від величини дози магнітної обробки, незалежно від способу створення магнітного поля [9].

Енергетичну дозу обробки насіння в магнітному полі визначають за формулою:

$$D = \int \frac{W}{m} dt, \quad (1)$$

де  $W$  – енергія магнітного поля, Дж;  $t$  – час обробки, с;  $m$  – маса насіння, кг;  
або

$$D = \int \frac{B^2 dt}{2\mu\mu_0\rho}, \quad (2)$$

де  $B$  – магнітна індукція, Гн;  $\mu$  – відносна магнітна проникність;  $\mu_0$  – магнітна стала;  
 $\rho$  – густина насіння, кг/м<sup>3</sup>.

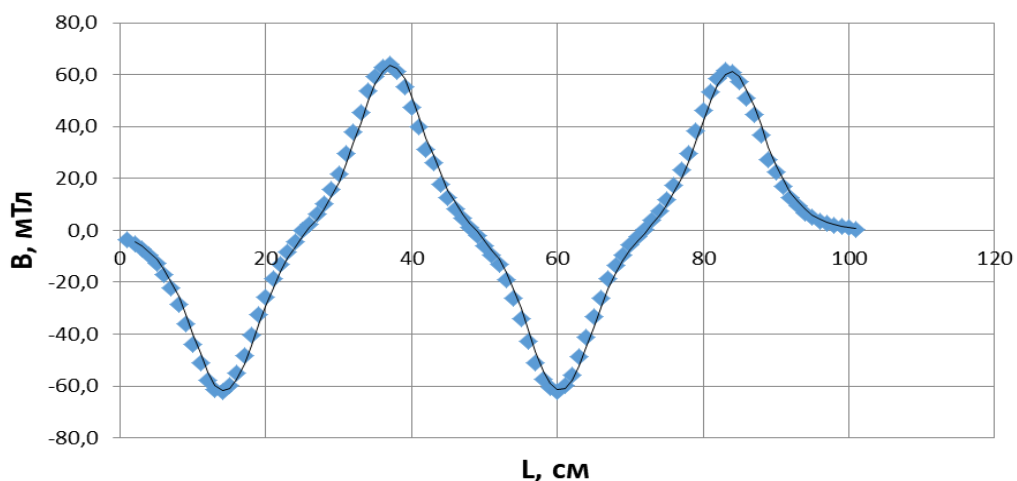
Якщо виконати заміну  $dt$  на  $dl$ :

$$dt = \frac{dl}{v}, \quad (3)$$

де  $l$  – відстань, м,  
отримаємо:

$$D = \int \frac{B^2 dl}{2\mu\mu_0\rho v}. \quad (4)$$

При русі насіння соняшника в магнітному полі магнітна індукція змінюється вздовж стрічки транспортера. Залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного зазору показана на рис. 1.



**Рис. 1. Залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного зазору  
вздовж осі транспортера**

Інтеграл (4) визначили методом трапецій. Для цього окремі ділянки представленої на рис. 1 залежності апроксимували лінійними функціями. Тоді

$$\int_0^L B^2 dl = \int_0^{L/8} \left(-\frac{8B_m}{L}l\right)^2 dl + \int_{L/8}^{3L/8} \left(-2B_m + \frac{8B_m}{L}l\right)^2 dl + \int_{3L/8}^{5L/8} \left(4B_m - \frac{8B_m}{L}l\right)^2 dl + \int_{5L/8}^{7L/8} \left(-6B_m + \frac{8B_m}{L}l\right)^2 dl + \int_{7L/8}^L \left(8B_m - \frac{8B_m}{L}l\right)^2 dl, \quad (5)$$

де  $B_m$  – максимальне значення магнітної індукції, яке має місце в площині установки магнітів, Тл;  $L$  – відстань, яку проходить насіння в магнітному полі, м.

Визначивши інтеграли, які входять до виразу (5), отримаємо:

$$\int_0^L B^2 dl = \frac{B_m^2 L}{24} + \frac{B_m^2 L}{12} + \frac{B_m^2 L}{12} + \frac{B_m^2 L}{12} + \frac{B_m^2 L}{24} = \frac{B_m^2 L}{3}. \quad (6)$$

Тоді значення енергетичної дози обробки

$$D = \frac{B_m^2 L}{6\mu\mu_0\rho v}. \quad (7)$$

Оскільки

$$L = n\tau, \quad (8)$$

де  $n$  – кількість перемагнічувань;  $\tau$  – полюсна поділлка, м,

то

$$D = \frac{B_m^2 n\tau}{6\mu\mu_0\rho v}. \quad (9)$$

Знаючи магнітну індукцію та швидкість руху насіння можна за формулою (9) розрахувати енергетичну дозу обробки насіння в магнітному полі.

Формула для визначення енергетичної дози обробки (9) містить всі режимні параметри обробки насіння соняшника в магнітному полі (магнітна індукція, швидкість руху насіння, кількість перемагнічувань, полюсна поділлка). Тому важливо знати її величину при передпосівній обробці насіння в магнітному полі.

Проведені багатofакторні експерименти дали можливість визначити енергетичну дозу обробки насіння соняшника в магнітному полі.

Було встановлено взаємозв'язок між енергетичною дозою обробки і зміною енергії проростання та схожості насіння соняшника.

Найбільшими енергія проростання і схожість насіння соняшника були при енергетичній дозі обробки 3, 8 Дж·с/кг, яка має місце при магнітній індукції 0,065 Тл та швидкості руху насіння 0,4 м/с. При більших чи менших дозах вони зменшуються (рис. 2).

### **Рис.2. Залежність енергії проростання насіння соняшника від енергетичної дози обробки в магнітному полі**

Оптимальна енергетична доза обробки насіння соняшника в магнітному полі дала можливість визначити полюсну поділку, значення якої становить 0,23 м.

**Висновки та перспективи.** На основі проведених досліджень встановлено, що оптимальною енергетичною дозою обробки насіння соняшника в магнітному полі є 3,8 Дж·с/кг, яка має місце при магнітній індукції 0,065 Тл, чотирикратному перемагнічуванні, полюсній поділці 0,23 м та швидкості руху насіння 0,4 м/с. При такому режимі обробки енергія проростання соняшника збільшується на 28 %, схожість – на 24 %, а врожайність – на 26. %.

#### **Список використаних джерел**

1. Kasakova A.S., Yudaev I.V., Mayboroda S.Y., Taranov M.A., Ksenz N.V., Chronyuk V.B. Prospects for the use of stimulation by electric field of old cereal seeds. *Asia Life Sciences*. 2019. Vol. 1. P. 229-239.
2. Martinez, E., Florez, M., Carbonell, M.V.). Stimulatory Effect of the Magnetic Treatment on the Germination of Cereal Seeds. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*. 2017. Vol. 2 (1). P. 375-381.
3. [Kataria S.](#), [Baghel L.](#), [Kadur N. Guruprasad.](#) Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. [Biocatalysis and Agricultural Biotechnology](#). 2017. Vol. 10. P. 83-90.
4. Кутис С. Д., Кутис Т. Л. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Ч. 1. Электромагнитная обработка семян и посадочного материала. (2017). М.: Ridero, 49 с.
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. Kozyrskiy V., Zablodskiy M., Savchenko V., Sinyavsky O., Yuldashev R., Kalenska S., Podlaski S. Z. Magnetic Treatment of Water Solutions and Seeds of Agricultural Crops. *Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development*. IGI Global, 2019. P. 256 – 292.

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

8. 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.

9. 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.

## References

1. Kasakova, A.S., Yudaev, I.V., Mayboroda, S.Y., Taranov, M.A., Ksenz, N.V., Chronyuk, V.B. (2019). Prospects for the use of stimulation by electric field of old cereal seeds. *Asia Life Sciences*, 1, 229-239.

2. Martinez, E., Florez, M., Carbonell, M.V. (2017). Stimulatory Effect of the Magnetic Treatment on the Germination of Cereal Seeds. *Int. J. of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2 (1), 375-81.

3. [Kataria, S.](#), [Baghel, L.](#), [Kadur, N. G.](#) (2017). Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. [Biocatalysis and Agricultural Biotechnology](#), 10, 83-90.

4. Kutis, S.D., Kutis, T.L. (2017). Electromagnetic technologies in crop production. Part 1. Electromagnetic treatment of seeds and planting material. Moscow: Ridero, 49.

5. Nizharadze, T. S. (2013). Vliyaniye ekologicheskikh priyemov predposevnykh obrabotok semyan yachmenya na porazhennost' listosteblevymi boleznymi [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. Kozyrskiy, V., Zablodskiy, M., Savchenko, V., Sinyavsky, O., Yuldashev, R., Kalenska, S., Podlaski, S. Z. (2019). Magnetic Treatment of Water Solutions and Seeds of Agricultural Crops. *Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development*. IGI Global, 256 – 292.

7. 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.

8. 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.

9. Pietruszewski, S., Martínez, E. (2015). Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: a review. *Int. Agrophys.* 29. 377-89.

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ДОЗА ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

***В. В. Савченко, А. Ю. Синявский, И. М. Болбот***

**Аннотация.** *Предпосевная обработка семян подсолнечника в магнитном поле дает возможность улучшить посевные качества семян и повысить урожайность подсолнечника без применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений.*

*По сравнению с другими электрофизическими методами, предпосевная обработка семян в магнитном поле – это высокопроизводительный, неэнергоемкий, безопасный для обслуживающего персонала и окружающей среды метод.*

*В настоящее время установлено, что урожайность и биометрические показатели сельскохозяйственных культур зависят от величины дозы магнитной обработки.*

*Поэтому целью исследования было определение оптимальной энергетической дозы обработки семян подсолнечника в магнитном поле.*

*Получено аналитическое выражение для определения энергетической дозы обработки семян подсолнечника в магнитном поле. Оно содержит все режимные параметры обработки семян в магнитном поле. Установлено, что энергетическая доза обработки семян подсолнечника в магнитном поле зависит прямо пропорционально от квадрата магнитной индукции и полюсного деления и обратно пропорционально от скорости движения семян в магнитном поле.*

*Проведенный многофакторный эксперимент позволил определить энергию прорастания и всхожесть семян подсолнечника при различных энергетических дозах обработки. Это позволило определить оптимальный режим обработки семян подсолнечника в магнитном поле.*

*Установлено, что оптимальным режимом предпосевной обработки семян подсолнечника в магнитном поле является магнитная индукция 0,065 Тл, четырехкратное перемагничивание, полюсное деление 0,23 м, скорость движения семян 0,4 м/с, обеспечивающих энергетическую дозу обработку 3,8 Дж·с/кг. При оптимальном режиме обработки семян подсолнечника в магнитном поле энергия прорастания увеличилась на 28 %, всхожесть – на 24 %, а урожайность – на 26 %.*

**Ключевые слова:** *подсолнечник, предпосевная обработка, магнитное поле, магнитная индукция, полюсное деление, скорость движения семян, энергетическая доза обработки*

## **ENERGY DOSE OF SUNFLOWER SEED TREATMENT IN A MAGNETIC FIELD**

***V. Savchenko, O. Sinyavsky, I. Bolbot***

**Abstract.** *Pre-sowing treatment of sunflower seeds in a magnetic field makes it possible to improve the sowing quality of seeds and increase the yield of sunflower without the use of mineral fertilizers and chemical plant protection products.*

*Compared to other electrophysical methods, pre-sowing treatment of seeds in a magnetic field is a highly productive, energy-consuming, safe method for operating personnel and the environment.*



*It has now been established that the yield and biometric indicators of agricultural crops depend on the dose of magnetic treatment.*

*Therefore, the aim of the study was to determine the optimal energy dose for processing sunflower seeds in a magnetic field.*

*An analytical expression has been obtained for determining the energy dose of sunflower seed treatment in a magnetic field. It contains all the operating parameters of seed treatment in a magnetic field. It has been established that the energy dose of sunflower seeds treatment in a magnetic field depends in direct proportion to the square of the magnetic induction and pole division and inversely to the speed of the seeds in the magnetic field.*

*The carried out multifactorial experiment made it possible to determine the sunflower seeds germination energy and germination at various energy doses of treatment. This made it possible to determine the optimal mode of sunflower seeds treatment in a magnetic field.*

*It was found that the optimal mode of pre-sowing treatment of sunflower seeds in a magnetic field is a magnetic induction of 0.065 T, four-fold re-magnetization, pole division 0.23 m, a seed velocity of 0.4 m/s, providing an energy treatment of 3.8 J·s/kg. With the optimal treatment of sunflower seeds in a magnetic field, the germination energy increased by 28 %, the germination – by 24 %, and the yield – by 26 %.*

***Key words: sunflower, pre-sowing treatment, magnetic field, magnetic induction, pole division, velocity of seed movement, energy dose of treatment***