

ЕНЕРГЕТИЧНА ДОЗА ОБРОБКИ НАСІННЯ ЛЬОНУ В МАГНІТНОМУ ПОЛІ

В. В. Савченко, кандидат технічних наук, доцент

О. Ю. Синявський, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: vit1986@ua.fm

Анотація. *Передпосівна обробка насіння льону в магнітному полі дає можливість покращити посівні показники насіння та підвищити врожайність льону 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 льону в магнітному полі.

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

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

Встановлено, що оптимальним режимом передпосівної обробки насіння льону 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 1,79 Дж·с/кг. При оптимальному режимі обробки насіння льону в магнітному полі енергія проростання збільшилася на 30 %, схожість – на 26 %, довжина стебел – на 10,5 %, врожайність соломи – на 0,7 т/га, насіння – 0,79 т/га.

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

Актуальність. Льон є цінною технічною культурою, тому останніми роками в Україні і за кордоном значно підвищився інтерес до його вирощування. У зв'язку з цим виникла необхідність у зростанні ефективності вирощування льону.

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 [1].

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

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Насіння льону має специфічні особливості поверхні оболонки, що ускладнює їх передпосівний обробіток хімічними засобами, тому виникла необхідність у розробці раціональних способів проведення передпосівних робіт з метою прискорення метаболізму всередині насіння, і як наслідок, підвищення врожайності і якості продукції.

Досліджувалася передпосівна обробка насіння льону ультразвуком та НВЧ-випромінюванням [2], але висока вартість обладнання і складність технології не дозволили широко застосовувати цей метод.

Передпосівна обробка насіння льону в магнітному полі має переваги перед іншими електрофізичними методами, оскільки вона є високопродуктивним, екологічно чистим та безпечним для обслуговуючого персоналу методом.

Нині багатьма дослідниками встановлений позитивний вплив магнітного поля на підвищенні посівних якостей насіння [3], біометричних показників рослин та врожайності сільськогосподарських культур [4].

При магнітній обробці насіння покращується біохімічний склад рослин льону та зростає якість продукції. Встановлено, що під дією магнітного поля зростають активність каталази і пероксидази рослин льону, а також вміст фотосинтетичних пігментів в проростках льону [5]. Магнітне поле сприяє накопиченню активних видів кисню та зміну активності ферментів. [6].

Крім того, встановлено, що обробка насіння в магнітному полі зменшує захворюваність рослин [7].

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 льону 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 чотиразового перемагнічування підсилює ефект магнітної обробки. Подальше збільшення числа перемагнічувань не суттєво змінює ефект обробки насіння [8].

Експериментальні дослідження проводилися з насінням льону сорту «Гладіатор» на лабораторній установці. Насіння льону 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 [9]. Як фактори приймалися магнітна індукція і швидкість руху насіння льону 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 льону за відомою методикою [10].

Результати досліджень та їх обговорення. Нині встановлено, що врожайність та біометричні показники сільськогосподарських культур залежать від величини дози магнітної обробки, незалежно від способу створення магнітного поля [11].

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; μ – відносна магнітна проникність; μ_0 – магнітна стала, Гн/м; ρ – густина насіння, кг/м³.

Виконаємо заміну dt на dl :

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

де l – відстань, м.

Тоді отримаємо:

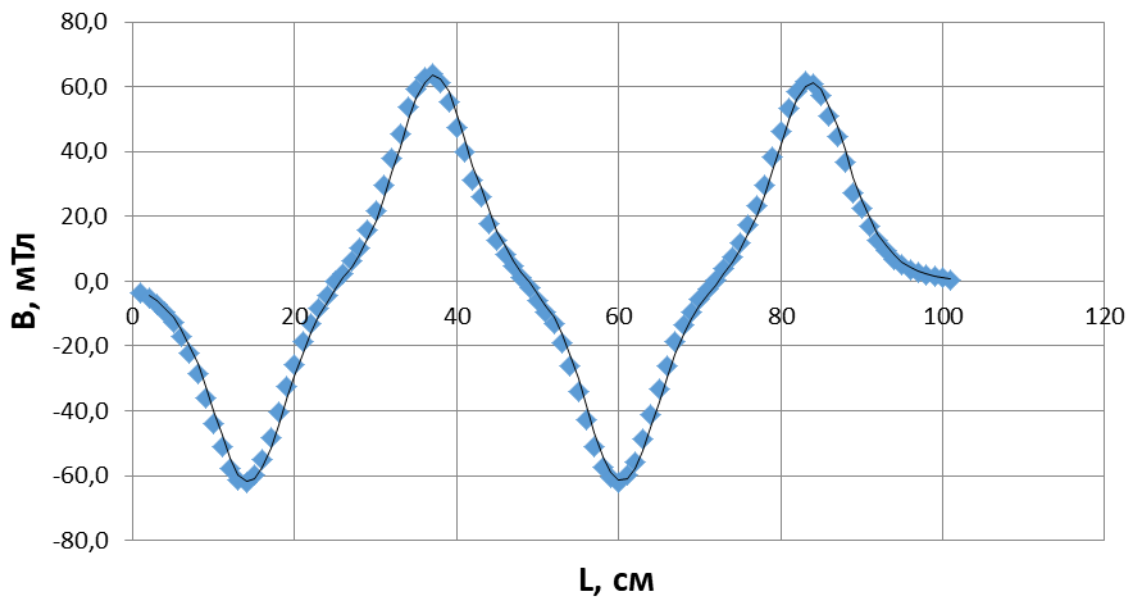
$$D = \int \frac{B^2 dl}{2\mu\mu_0\rho v}. \quad (4)$$

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

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

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

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



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

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; τ – полюсна поділка, 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 льону в магнітному полі (магнітна індукція, швидкість руху насіння, кількість перемагнічувань, полюсна поділка). Тому важливо знати її величину при передпосівній обробці насіння в магнітному полі.

Проведені багатфакторні експерименти дали можливість визначити енергетичну дозу обробки насіння льону в магнітному полі.

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

За даними багатфакторних експериментів зміни посівних якостей насіння льону при його обробці в магнітному полі за формулою (9) визначили енергетичну дозу обробки за відповідними значеннями магнітної індукції і швидкості руху насіння.

Найбільшими енергія проростання і схожість насіння льону були при енергетичній дозі обробки 1,79 Дж·с/кг, а при більших чи менших дозах вони зменшуються.

За оптимальною енергетичною дозою обробки насіння льону була визначена полюсна поділка, значення якої становить 0,23 м.

Висновки та перспективи. На основі проведених досліджень встановлено, що оптимальною енергетичною дозою обробки насіння льону в магнітному полі є 1,79 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 насіння льону збільшилася на 30 %, схожість – на 26 %, довжина стебел – на 10,5 %, врожайність соломи – на 0,7 т/га, насіння – 0,79 т/га.

Список використаних джерел

1. Кутис С. Д., Кутис Т. Л. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Ч. 1. Электромагнитная обработка семян и посадочного материала. (2017). М.: Ridero, 49 с.
2. Спиридонов А. Б. Технология дражирования семян льна-долгунца с использованием наноудобрений и электрофизических полей. Приволжский научный вестник. Ижевск, 2013. № 10 (26). С. 48-50.

3. Iderawumi A. M., Friday C. E. (2020). Effects of magnetic field on pre-treatment of seedlings and germination. Journal of Agriculture and Research (ISSN: 2455-7668), 6(9), 01-08. Retrieved from <https://ijrdo.org/index.php/ar/article/view/3818>
4. Nyakane Neo E., Markus E. D., Sedibe M. M. The Effects of Magnetic Fields on Plants Growth: A Comprehensive Review. International Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 5, No. 1. P. 79-87.
5. [Пурьгин П. П.](#), [Васильева Т. И.](#), [Пурьгин В. А.](#), [Советкин Д. А.](#), [Цаплев Д. А.](#) Влияние предпосевной обработки семян льна на рост и биохимические показатели проростков. Вестн. СамГУ. Естественнонаучн. сер. 2015. [Выпуск 10\(132\)](#). С. 166–173
6. Cakmak T., Cakmak Z. E., Dumlupinar R., Tekinay T. Analysis of apoplastic and symplastic antioxidant system in shallot leaves: impacts of weak static electric and magnetic field. J. Plant Physiol. 2012. Vol. 169. P. 1066–1073.
7. 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.
8. 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.
9. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 278 с.
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.
11. 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. Kutis, S.D., Kutis, T.L. (2017). Electromagnetic technologies in crop production. Part 1. Electromagnetic treatment of seeds and planting material. Moscow: Ridero, 49.
2. Spiridonov, A. B. (2013). Tekhnologiya drazhirovaniya semyan l'na-dolguntsa s ispol'zovaniyem nanoudobreniy i elektrofizicheskikh poley [Technology for coating fiber flax seeds using nanofertilizers and electrophysical fields]. Privolzhskiy nauchnyy vestnik. Izhevsk, № 10 (26), 48-50.
3. Iderawumi, A. M., Friday, C. E. (2020). Effects of magnetic field on pre-treatment of seedlings and germination. Journal of Agriculture and Research (ISSN: 2455-7668), 6(9), 01-08. Retrieved from <https://ijrdo.org/index.php/ar/article/view/3818>
4. Nyakane, Neo E., Markus, E. D., Sedibe, M. M. (2019). The Effects of Magnetic Fields on Plants Growth: A Comprehensive Review. International Journal of Food Engineering, 5 (1), 79-87.
5. Purygin, P. P., Vasil'yeva, T. I., Purygin, V. A., Sovetkin, D. A., Tsaplev, D. A. (2015). Vliyaniye predposevnoy obrabotki semyan l'na na rost i biokhimicheskiye pokazateli prorostkov [Influence of presowing treatment of flax seeds on the growth and

biochemical parameters of seedlings]. Vestnik SaMGU. Yestestvennonauchnaya seriya, 10(132), 166–173.

6. Cakmak, T., Cakmak, Z. E., Dumlupinar, R., Tekinay, T. (2012). Analysis of apoplastic and symplastic antioxidant system in shallot leaves: impacts of weak static electric and magnetic field. J. Plant Physiol., 169, 1066–1073.

7. 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.

8. Kozyrskyi, 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.

9. 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.

10. 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, 576 – 620.

11. 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 ЛЬНА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

В. В. Савченко, А. Ю. Синявский

Аннотация. *Предпосевная обработка семян льна в магнитном поле позволяет улучшить посевные показатели семян и повысить урожайность льна 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 характеристики сельскохозяйственных культур зависят от величины дозы магнитной обработки.

Поэтому целью исследования являлось определение оптимальной энергетической дозы обработки семян льна в магнитном поле.

Получено аналитическое выражение для определения энергетической дозы обработки семян льна в магнитном поле, содержащее все режимные параметры обработки семян. Установлено, что энергетическая доза обработки семян льна в магнитном поле зависит прямо пропорционально квадрату магнитной индукции и полюсного деления и обратно пропорционально скорости движения семян в магнитном поле.

Проведенный многофакторный эксперимент позволил определить энергию прорастания и всхожести семян льна при различных энергетических дозах

обработки. Это позволило определить оптимальный режим обработки семян льна в магнитном поле.

Установлено, что оптимальным режимом предпосевной обработки семян льна в магнитном поле является магнитная индукция 0,065 Тл, четырехкратное перемагничивание, полюсное деление 0,23 г, скорость движения семян 0,4 м/с, обеспечивающие энергетическую дозу обработки 1,79 Дж·с/кг. При оптимальном режиме обработки семян льна в магнитном поле энергия прорастания увеличилась на 30 %, всхожесть – на 26 %, длина стеблей – на 10,5 %, урожайность соломы – на 0,7 т/га, семена – 0,79 т/га.

Ключевые слова: лен, предпосевная обработка, магнитное поле, магнитная индукция, полюсная деление, скорость движения семян, энергетическая доза обработки

ENERGY DOSE OF FLAX SEED TREATMENT IN A MAGNETIC FIELD

V. Savchenko, O. Sinyavsky

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

Compared to other electrophysical methods, pre-sowing seed treatment in a magnetic field is a highly productive, low-energy, safe method for service personnel and the environment.

It is now established that the yield and biometric indicators of crops depend on the dose of magnetic treatment.

Therefore, the aim of the study was to determine the optimal energy dose of flax seed treatment in a magnetic field.

An analytical expression for determining the energy dose of flax seed treatment in a magnetic field is obtained, which contains all the mode parameters of seed treatment. It is established that the energy dose of flax seed treatment in a magnetic field depends in direct proportion to the square of magnetic induction and polar division and inversely proportional to the velocity of seed movement in a magnetic field.

The conducted multifactorial experiment made it possible to determine the germination energy and germination of flax seeds at different energy doses of treatment. This made it possible to determine the optimal mode of flax seeds treatment in a magnetic field.

It is established that the optimal mode of pre-sowing treatment of flax seeds in a magnetic field is magnetic induction 0.065 T, four-fold re-magnetization, pole division 0.23 m, seed velocity 0.4 m/s, providing an energy treatment dose of 1.79 J · s/kg. With the optimal treatment of flax seeds in a magnetic field, germination energy increased by 30 %, germination - by 26 %, stem length - by 10.5 %, straw yield - by 0.7 t/ha, seeds - 0.79 t/ha.

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