

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 631.371:624.31

ПОГОДЖЕНО

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

проф., д.т.н. /КАПЛУН В.В./

вчене звання, науковий ступінь підпис

» _____ 2023 р.

число місяць рік

доц., к.т.н. /ОКУШКО О.В./

вчене звання, науковий ступінь підпис

» _____ 2023 р.

число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: „ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР У
МАГНІТНОМУ ПОЛІ”

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Кривоносов В.С.

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Савченко В.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Величко П.Д.

(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій

к.т.н., доцент /ОКУШКО О.В./

(підпис)

« 9 »

грудня

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Величку Павлу Дмитровичу

Спеціальність 141 електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: „Передпосівна обробка насіння зернових культур у магнітному полі”

затверджена наказом ректора НУБіП України від 8.12.2021 № 2066”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 15.05.2023

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

«Правила улаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз застосування передпосівної обробки насіння зернових культур в магнітному полі і технічних засобів для її реалізації.

2. Виконати теоретичні дослідження передпосівної обробки насіння зернових культур в магнітному полі.

3. Провести експериментальні дослідження впливу магнітного поля на насіння зернових культур.

4. Розробити та дослідити електротехнологічний комплекс для передпосівної обробки насіння зернових культур у магнітному полі

Дата видачі завдання 09.12.2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Савченко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

Величко П.Д.

(підпис)

(ПІБ)

(підпис) (прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 103 сторінки, 24 рисунки, 28 таблиць, 96 джерел.

Предмет дослідження – процес впливу магнітного поля на фізико-технологічні властивості насіння зернових культур.

Предмет дослідження – зразки впливу магнітного поля на насіння зернових культур в електротехнічних комплексах передпосівної обробки та параметри електротехнологічного комплексу.

Методи дослідження та обладнання: У теоретичних дослідженнях зміни електрофізичних та електрохімічних параметрів насіння при магнітній обробці,

використано методи математичного моделювання, аналізу та оптимізації електрофізичних процесів, теорії зіткнень. Дослідження параметрів магнітного поля пристроєм для магнітної обробки насіння здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ELCUT. Експериментальні дослідження

проводили в лабораторних умовах на спеціально розробленому приладі методами планування досліду. Обробку результатів експериментальних досліджень проводили математико-статистичними методами на персональному комп'ютері з використанням регресійного та дисперсійного методів аналізу в середовищі математичних програм «Mathcad 2001 Professional», «Curve Expert 1.3», «Advanced

Grapher», «Statistica» 6.0".

Проведено аналіз застосування передпосівної обробки насіння сільськогосподарських рослин у магнітному полі та технічних засобів для її проведення, що дало змогу визначити завдання дослідження.

Проведено теоретичні дослідження процесів, які відбуваються в насінні зернових культур під час його обробки в магнітному полі, що дало змогу визначити чинники активної обробки.

Експериментально визначено вплив магнітного поля на енергію проростання та проростання насіння зернових культур, водопоглинання насіння та біометричні показники сходів, що дало змогу визначити найбільш ефективний спосіб обробки.

Обґрунтував параметри та розробив електротехнологічний комплекс для передпосівної обробки насіння в магнітному полі та провів його дослідження.

НУБІП України
Сфера використання - Сільське господарство
Ключові слова: передпосівна обробка насіння, магнітне поле, водопоглинання, енергія проростання, схожість насіння, біометричні показники.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вступ.....

5

1 Застосування передпосівної обробки насіння зернових культур магнітним полем та технічні засоби для її проведення.....6

НУБІП України

2 Теоретичні передумови передпосівної обробки насіння зернових культур у магнітному полі.....

3 Експериментальні дослідження впливу магнітного поля на насіння зернових культур..... 14

НУБІП України

4 Розробка та дослідження електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння зернових культур у магнітному полі..... 85

Висновки.....30

Список літератури.....31

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК УМОВНИХ НАЗВ

ω – швидкість хімічної реакції;
 s – буксування двигуна;
 T_e – електромагнітний графік;
 T_m – електромеханічний час:

n – частота обертання;
 P – потужність двигуна;
 μ – кратність моменту;
 M – момент;

R – активний опір;
 X – реактивний опір;
 t – час;
 $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

У наш час все більш актуальною стає проблема підвищення посівної якості насіння, виробництва сільськогосподарської продукції та отримання екологічно чистої продукції. Збільшити виробництво та покращити якість продукції рослинництва можливо за рахунок просування насінництва, використання потенційних біологічних можливостей насіннєвого матеріалу та зменшення втрат врожаю через хвороби та різні види шкідників.

НУБІП України

У практиці сільськогосподарського виробництва основним шляхом підвищення врожайності сільськогосподарських культур є внесення мінеральних добрив і використання хімічних засобів захисту рослин від хвороб і шкідників.

НУБІП України

Застосування широкого спектру мінеральних добрив, хімічних фітопрепаратів, органічних добрив при відповідних технологіях обробки ґрунту забезпечує отримання врожаю на рівні 70-80% від генетичного потенціалу сорту. Проте, водночас спостерігаються негативні тенденції у використанні сільськогосподарських угідь, пов'язані зі стійким зниженням родючості ґрунтів. Тривале застосування мінеральних добрив і фітопрепаратів завдає незворотної шкоди навколишньому середовищу.

НУБІП України

Об'єктивно необхідно було підвищити врожайність методами, незалежними від внесення в ґрунт мінеральних і органічних добрив, застосування хімічних засобів захисту рослин.

НУБІП України

Тому все більше уваги науковців і практиків спрямовується на використання екологічно чистих методів обробки насіння сільськогосподарських культур з метою виведення нових сортів, підвищення врожайності та поліпшення зберігання.

НУБІП України

З точки зору отримання екологічно чистих продуктів, найбільш цікавими електрофізичними факторами є вплив на рослини, а саме на їх насіння, бульби, цибулини, саджанці або дорослі рослини на різних стадіях розвитку.

НУБІП України

Магнітні поля є одним із перспективних електрофізичних засобів впливу на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин. Дія магнітного поля поширюється безпосередньо, без трансформації, на весь об'єм біооб'єкта.

В даний час магнітні поля використовують для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських рослин, прискорення росту і розвитку рослин, захисту рослин від хвороб, обробки води і поживних розчинів для підвищення їх біологічної активності.

Але на шляху до широкого використання магнітних полів у практиці сільськогосподарського виробництва багато проблем. Однією з основних причин, що гальмує впровадження цих методів, є відсутність чіткої відтворюваності отриманих результатів і велика розбіжність експериментального матеріалу. Це свідчить про те, що механізми і закономірності дії магнітних полів на біологічний об'єкт до кінця не розкриті.

Визначення зв'язку між параметрами способу обробки та електрофізичними процесами, що відбуваються в насінні, а також розробка технічних засобів дозволить використовувати ефективний підхід до обробки насіння. Особливо важливо визначити методи та механізми впливу магнітного поля на насіння, що значно підвищить ефективність обробки.

Впровадження технології магнітної стимуляції насіння призводить до створення електротехнологічного комплексу, підбору параметрів обробки, які сприяють підвищенню врожайності та якості товарної продукції, що є актуальною проблемою.

Мета дослідження є встановлення режимних параметрів обробки насіння зернових культур у магнітному полі та розробка технічних засобів підвищення врожайності зернових культур.

Предмет дослідження – процес впливу магнітного поля на фізико-технологічні властивості насіння зернових культур.

Предмет дослідження – зразки впливу магнітного поля на насіння зернових культур в електротехнічних комплексах передпосівної обробки та параметри електротехнологічного комплексу.

Досягнення мети базується на вирішенні наступних завдань:

- дослідити фізико-хімічні процеси в насінні під дією магнітного поля, визначити механізм дії на насіння та параметри способу обробки,

- розробити методику та обладнання технічної системи моніторингу біоелектричного потенціалу насіння для прогнозування результатів магнітної обробки насіння сільськогосподарських рослин;

- дослідити та визначити закономірності зміни питомої електропровідності, рН, окисно-відновного потенціалу та концентрації кисню в насінні за стандартних параметрів процесу;

- дослідити зміну посівних властивостей насіння, біометричних показників і врожайності від режимних параметрів обробки насіння в магнітному полі та визначити правильність їх зміни в період після впливу;

- обґрунтувати методи обробки та параметри електротехнічного комплексу для передпосівної обробки насіння в магнітному полі;

- розробити та дослідити електротехнологічний комплекс передпосівної обробки насіння зернових культур для використання в технологіях стимуляції насіння та дати техніко-економічне обґрунтування його використання.

Методи дослідження. У теоретичних дослідженнях зміни електрофізичних та електрохімічних параметрів насіння при магнітній обробці, використовувалися методи математичного моделювання, чисельні методи інтегрування аналітично визначених функцій, аналіз та оптимізація електрофізичних процесів, теорія зіпкнень. Дослідження параметрів магнітного поля пристрою для магнітної обробки насіння здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення ELCUT. Експериментальні дослідження проводили в лабораторних умовах на спеціально розробленому приладі з використанням методів планування дослідів і

натурних дослідів. Обробку результатів експериментальних досліджень проводили математико-статистичними методами на персональному комп'ютері з

використанням регресійного та дисперсійного методів аналізу в математичному програмному середовищі «Mathcad 2001 Professional»

використанням регресійного та дисперсійного методів аналізу в математичному програмному середовищі «Mathcad 2001 Professional»

використанням регресійного та дисперсійного методів аналізу в математичному програмному середовищі «Mathcad 2001 Professional»

використанням регресійного та дисперсійного методів аналізу в математичному програмному середовищі «Mathcad 2001 Professional»

Наукова новизна отриманих результатів:

- проведено широкі дослідження електрофізичних та електрохімічних процесів у насінні;

встановлено, що обробка насіння під впливом магнітного поля викликає зміну швидкості хімічних і біохімічних реакцій, проникності клітинних мембран, збільшення поглинання води насінням і підвищення концентрації надходження кисню в клітини, збільшення транспорту іонів;

- Встановлено зв'язок між енергією проростання, схожістю, водопоглинанням насіння, біометричними показниками рослин, урожайністю та параметрами способу обробки магнітним полем, що дало змогу визначити найбільш ефективний спосіб передпосівної обробки рослин насіння в магнітному полі;

- обґрунтована можливість визначення ефективності передпосівної обробки насіння за зміною його біопотенціалу.

Практичне значення отриманих результатів.

Возроблений електротехнологічний комплекс, основними компонентами якого є пристрій для обробки насіння постійними магнітами та конвеєр, обґрунтовані методи обробки забезпечують практичну можливість використання магнітного поля в електротехнологічних системах обробки насіння сільськогосподарських культур.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі проведено аналіз застосування передпосівної обробки насіння сільськогосподарських рослин у магнітному полі та технічних засобів для її проведення, що дало змогу визначити завдання дослідження. Проведено теоретичні дослідження процесів, які відбуваються в насінні зернових культур під час його обробки в магнітному полі, що дало змогу визначити чинники активної обробки. Експериментально визначено вплив магнітного поля на енергію проростання та проростання насіння зернових культур, водопоглинання насіння та біометричні показники сходів, що дало змогу визначити найбільш ефективний спосіб обробки.

Публікація Величко П. Д., Савченко В. В. Передпосівна обробка насіння зернових культур магнітним полем

НУБІП України

РОЗДІЛ 1

ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В МАГНІТНОМУ ПОЛІ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ЇЇ ЗДІЙСНЕННЯ

1.1. Перенесення елементів мінерального живлення в рослини

Рослини належать до автотрофних організмів, у яких органічні речовини синтезуються з мінеральних солей, води та вуглекислого газу. Завдяки процесу живлення рослина створює власні структурні елементи і швидко набирає масу при правильному збалансованому харчуванні.

В основі життєдіяльності рослинного організму лежать різноманітні обмінні реакції як із зовнішнім середовищем, так і всередині клітини та між клітинами. При цьому збалансоване надходження окремих хімічних елементів забезпечує послідовність і взаємозв'язок усіх біологічних реакцій і фізіологічних функцій рослини.

Усі біохімічні процеси в клітинах рослин відбуваються у водному середовищі.

Частка води становить у середньому 70% від маси живих рослин. Вода бере участь у всіх хімічних реакціях, транспортує поживні речовини, підтримує гнучкість органів. Молекули органічних речовин (вуглеводів, ліпідів, білків і нуклеїнових кислот) складають 20-30% маси клітини, тоді як на частку іонів калію (K^+), натрію (Na^+), кальцію (Ca^{2+}) припадає близько 1%. Крім того, в клітині міститься від 2 до 6% неорганічних речовин (у вигляді солей), вітамінів і гормонів [1].

Рослинні клітини містять 20-25 хімічних елементів, з яких на частку макроелементів припадає 98%, мікроелементів – близько 1%. До макроелементів належать O (65-68%), C (18%), H (10%), N (3%), P, S, Mg, K, Ca, Fe. Вони легко вступають в реакції, активно взаємодіють з воднем, можуть створювати спільні електронні пари з атомами інших елементів, утворюючи різні хімічні органічні сполуки, добре розчинні у воді. До групи мікроелементів входять: Na, Cl, Mn, Co,

Cu, Zn, Mo, B, F, I. Без цих елементів неможливі багато хімічних реакцій і життєво важливих процесів, що протікають в органах рослин [1].

В даний час прийнято вважати, що транспорт поживних речовин в клітину забезпечується двома автономними механізмами - пасивним потоком речовин по електрохімічному градієнту і їх активним транспортом проти електрохімічного градієнта [2].

Іони проходять через мембрану (плазмолему) в процесі дифузії або разом з розчинником. Мембрана також забезпечує безпосереднє проходження води та розчинених у ній речовин. Постійне проходження іонів через мембрану викликає безперервний приплив нових іонів для балансування концентрації.

Мембрана визначає здатність клітини вибірково поглинати іони. Велика група сполук, що транспортують іони (наприклад, антибіотики грамцидин, амфотеріцин тощо), вбудовані в мембрану і утворюють у ній пори або канали, які вибірково пропускають іони. Коефіцієнти дифузії речовин через мембрану в 10^4 - 10^6 разів менші, ніж у водних розчинах [2].

Мембрана здійснює метаболічні та енергетичні реакції. Вони містять системи пасивного та активного транспорту речовин, спрямовані проти електрохімічного градієнта. Він забезпечує амінокислоти та цукри як джерела енергії для активного транспорту).

За сучасними уявленнями, мембрана складається з двох шарів фосфоліпідів, які сходяться на гідрофобних кінцях. Білки вбудовані в молекули фосфоліпідів окремими ділянками (рис. 1.1).

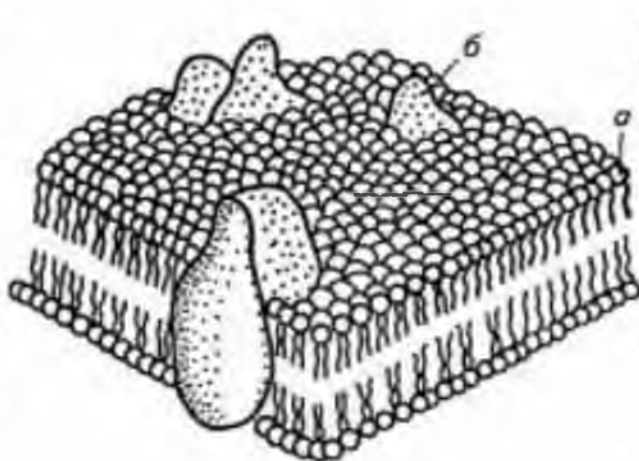


Рис. 1.1. Мозаїчна модель клітинної мембрани:

1 – ліпіди; 5 – білки [2]

Молекули фосfolіпідів мають полярні «голови» — гідрофільні групи і «неполярні» хвости — довгі вуглеводневі гідрофобні залишки. Завдяки мозаїчній структурі окремі ділянки мембрани мають позитивні та негативні заряди [3].

Білки є найважливішими компонентами мембрани. З них побудовані пори, білки покривають стінки каналів у мембрані. Вони з'єднуються з полярними головками мембранних ліпідів за допомогою містків, які створюють катіони двовалентних металів (рис. 1.2).

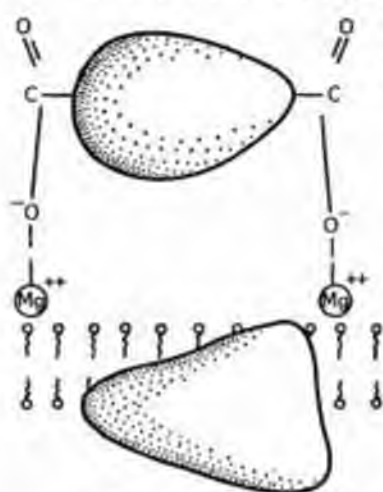


Рис. 1.2. Спосіб приєднання негативно заряджених білків і полярних головок мембранних ліпідів через містки, створені іонами двовалентних металів [2]

На клітинному рівні існують потоки води та розчинених речовин. Як правило, речовини синтезуються в одному місці клітини, а витрачаються в іншому. В результаті встановлюється градієнт концентрації і транспорт іонів і молекул шляхом дифузії вздовж градієнта концентрації через гідрофільні отвори (пори) в мембрані і шляхом розчинення в мембрані нейтральних молекул, добре розчинних в жирах. При цьому молекули речовини намагаються вирівняти свою концентрацію в системі. Вуглекислий газ, кисень і вода є основними речовинами, які переміщуються в клітині шляхом простої дифузії. Це пояснюється тим, що їх

молекули слабополярні (гідрофільні). Поверхня пір в мембрані не перевищує 0,1% її поверхні.

Якщо частинки мають електричний заряд, то процес проходження через мембрану залежить від різниці концентрацій і величини дифузійного потенціалу, який виникає між двома розчинами з різною концентрацією речовин, які розділені мембраною.

Коли іон перегинає клітинну мембрану, його подальший рух здійснюється через єдину систему клітин - симпласт - від клітини до клітини, оскільки протопласти всіх клітин з'єднані містками через плазмодесми, які встановлюють контакт між плазмалеммою однієї клітини, клітина і плазмалемма іншої клітини. Механізм плазмодесми дозволяє регулювати швидкість транспорту поживних речовин.

1.2. Аналіз способів передпосівної обробки насіння сільськогосподарських рослин

Метою передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур є підвищення їх схожості, енергії проростання та знезараження проти фітопатогенних інфекцій.

Ще 4000 років тому в Стародавньому Єгипті та Греції насіння замочували в цибульному соку або закривали голками кипариса для зберігання.

У середні віки з розвитком алхімії та хімії насіння почали замочувати в кам'яній і калійній солі, мідному купоросі і солях миш'яку. У Німеччині були популярні найпростіші способи - підживлення насіння в гарячій воді або в розчині гною.

У 1960-х роках були розроблені системні фунгіциди для попередньої обробки насіння, а з 1990-х років почали застосовувати комплекси сучасних вискоєфективних і відносно безпечних інсектицидів і фунгіцидів.

У минулому столітті основним способом підвищення врожайності сільськогосподарських культур було внесення мінеральних і органічних добрив. Проте надмірне використання мінеральних добрив викликає зміну структури ґрунту

та спричиняє забруднення навколишнього середовища та погіршення якості продукції внаслідок накопичення нітратів і нітритів.

Тому виникла необхідність підвищувати продуктивність іншими методами, щоб «повніше розкрити» генетичний і фізіологічний потенціал підвищення продуктивності рослин на тлі вже наявного мінерального живлення. Вони почали досліджувати різні стимулятори росту і розвитку рослин як хімічної, так і фізичної природи. Для отримання екологічно чистої продукції найбільший інтерес представляють фізичні фактори, що впливають на рослини, а саме на їх насіння, бульби, цибулини, саджанці або дорослі рослини на різних стадіях розвитку.

Нині для передпосівної обробки насіння використовують різні хімічні та фізичні методи.

Є небагато безпечних фізичних факторів, які можна легко застосувати в сільськогосподарському виробництві. Перш за все, це магнітні поля, об'єктом яких є насіння, бульби, цибулини, живці та саджанці рослин.

Активні дослідження впливу магнітного поля на насіння сільськогосподарських рослин почалися в 1950-х роках в СРСР, США, Канаді та Франції.

Канада першою в промислових масштабах застосувала рослини для передпосівної обробки насіння. У провінції Альберта цю технологію застосували на площі 20 000 га. У 1980-1991 роках в СРСР було проведено випробування і практичне застосування електромагнітної обробки насіння на десятках тисяч гектарів.

Середній приріст посівів зернових (пшениця, жито, ячмінь, овес, кукурудза) становив 10-12%. Але були й вищі результати: збільшення врожайності зернових культур на 16-22%, овочевих культур на 22-30%. Покращується і якість сільськогосподарської продукції.[4].

На відміну від інших електрофізичних факторів, чутливих до запиленості, технологічні установки в градієнтному магнітному полі абсолютно нечутливі до неї.

Низьке енергоспоживання при обробці, відсутність шумного магнітного поля поза зоною обробки (індукція дорівнює 0,01 мТл на відстані 0,5 м від зони обробки)

роблять ці пристрої абсолютно безпечними для обслуговуючого персоналу, який не потребує високої кваліфікації. [5].

Процес обробки відповідає встановленій технології обробки насіння перед посівом і нешкідливий для людей, тварин і навколишнього середовища. Індукція магнітного поля у відомих пристроях для магнітної обробки сільськогосподарської продукції коливається від 0,006 до 0,04 Тл.

Вибір методу магнітної обробки базується на гіпотезі про те, що біологічні ефекти магнітного поля визначаються не абсолютним значенням його напруженості, а змінами магнітного потоку в просторових координатах або в часі [6].

Усі дослідження передпосівної обробки насіння проводили в магнітному полі при різних значеннях магнітної індукції та експозиції. Оптимальних режимів обробки не встановлено, хоча спостерігається позитивний вплив на ріст і розвиток рослин, урожайність.

Застосовують також комбіновані способи передпосівної обробки насіння.

так В. Губанов [7], І. А. Потапенко та інші дослідники [8] пропонують обробляти насіння постійним магнітним полем з одночасним впливом на насіння озону. Обробка в озоновому середовищі знищує шкідників, що дозволяє відмовитися від використання відомих способів маринування. Але порушення дози озону знижує схожість насіння.

С. Д. Кутіє [9] провів дослідження впливу передпосівної обробки насіння магнітним полем, полем коронного розряду та комбінованим методом на проростання насіння жита сорту Харьков – 60. Через 24 години після замочування контроль необроблене насіння не дало сходів. У той же час при електрокоронній обробці (напруга 3 кВ / см) подібність склала 60%, при магнітній обробці (магнітна індукція 2,6 - 12,5 мТл) - 47 - 50%. При комбінованому лікуванні подібність була така ж, як і при магнітному лікуванні. Через 48 годин після замочування схожість контрольного насіння становила 68%, при електрокоронній обробці 86%, при магнітній обробці 90-92%. Комбіноване лікування виявилось найбільш ефективним: схожість досягала 92-95%.

Основним недоліком існуючих комбінованих способів обробки є складність їх реалізації, оскільки необхідно використовувати кілька різних технологічних процесів і обладнання, що має високу вартість.

Численні дослідження показали, що незалежно від використовуваного фізичного фактора, стимуляція росту і розвитку вищих рослин була в межах +10% - +30% порівняно з контрольними рослинами без обробки фізичними факторами. Це означає, що ми спостерігаємо неспецифічну біологічну реакцію стимулювання росту і розвитку вищих рослин на дію слабких фізичних факторів.[4].

Оскільки всі способи обробки насіння дають приблизно однакову прибавку врожаю, основну роль при виборі методу обробки відіграють економічна ефективність і екологічна чистота [10].

Тому з точки зору отримання «екологічно безпечної» продукції найбільший інтерес представляють фізичні фактори, які впливають на насіння, бульби, цибулини, саджанці чи дорослі рослини на різних стадіях розвитку. Серед усіх видів електрофізичних методів передпосівної обробки (гамма-випромінювання, рентгенівське, ультрафіолетове, видиме оптичне, інфрачервоне, мікрохвильове та мікрохвильове випромінювання, радіочастотне, магнітне та електричне поле) найбільш перспективним є вплив на насіння магнітного поля. Поля, як фактор, максимально наближений до природних, з якими рослини в процесі еволюції розвинули симбіоз і результатом якого в оптимальних дозах є «розкриття» генетичного та фізіологічного потенціалу рослин, що виражається в підвищенні врожаю та його якості [11].

Спроби повноцінно пояснити процес фізичного впливу магнітного поля на біологічні системи не привели до формування загальноприйнятої теорії, хоча деякі автори припускали важливу роль води в механізмі цього впливу [12], [13].

1.3. Дія магнітного поля на насіння сільськогосподарських рослин

Вчені припускають, що всередині насіння під впливом магнітного поля розривається частина хімічних зв'язків, в результаті чого утворюються іони, в тому

числі частинки з надлишковою енергією вільні радикали. Чим більше активних частинок у насінні, тим більша енергія їх проростання [14].

Н. В. Ксенз та інші дослідники [15] відзначають, що при проростанні насіння вирішальну роль відіграють «вихідні» реакції і продукти проміжного обміну, що відбуваються в зародках.

Дія магнітних полів пов'язана з їх дією на клітинні мембрани. Вплив магнітного поля на диполі сприяє змінам мембран, підвищує активність ферментів. Крім того, в результаті такої обробки в насінні відбувається багато процесів, які призводять до підвищення проникності оболонки насіння, прискорюється надходження води і кисню до насіння. Внаслідок цього підвищується активність ферментів, особливо гідролітичних і окисно-відновних [16]. Це забезпечує більш швидке і повне постачання ембріона поживними речовинами, прискорення темпів поділу клітин і активізацію процесів росту в цілому. У рослин, вирощених з протруєного насіння, інтенсивніше розвивається коренева система і прискорюється перехід до фотосинтезу, тобто.

Ефекти впливу магнітного поля на фізико-хімічні процеси в клітині пов'язані із зовнішнім магнітним полем і проявляються в предмембранному шарі в залежності від швидкості руху іонів під дією поля, період його дії та розмір клітини. Загальновідомо, що електромагнітне поле впливає на певні властивості мембран, оскільки практично вся напруга припадає на них. Однак зовнішнє поле не тільки являє собою малу частку електромагнітного поля на мембрані, але й значно нижче рівня її шуму [11].

У той же час вплив слабого зовнішнього постійного магнітного поля, як зазначає Т. С. Ніжарадзе, може викликати в клітині специфічні біологічні ефекти внаслідок нестационарних процесів, викликаних відносно повільним рухом іонів. І тут вирішальну роль відіграє не падіння напруги, а більша провідність іонних розчинів, що викличе помітний вплив навіть слабких полів на іонний струм [11].

Виражений вплив магнітного поля на біооб'єкт виявляється при незначному підвищенні температури насіння. Теоретичні та експериментальні дані показують, що вода також відіграє провідну роль у прояві нетермічних ефектів, коли загальна

температура обробленого насіння змінюється незначно. Ця роль пов'язана з деякими особливостями структурної організації води, яка гідратує молекулярні компоненти в біологічних системах [11].

У впливі магнітного поля на живі істоти умовно виділяють фізичний, фізико-хімічний і біологічний етапи. Фізичною основою первинної дії магнітного поля на живий організм є перетворення електромагнітної енергії поля в механічну енергію заряджених частинок. Впливаючи на рухомі електрично заряджені частинки біологічного об'єкта, магнітне поле впливає на фізико-хімічні та біохімічні процеси.

Результати впливу магнітного поля розглядаються як складні фізико-хімічні процеси:

- зміна окисно-відновних і ферментативних процесів;
- зміна швидкості реакції окислення ліпідів і реакції переносу електронів в системі цитохрому.

- вплив на проникність клітинних мембран;
- зміна градієнта $K-Na$ в клітині за рахунок зміни орієнтації молекул води, молекул білка та іонів поверхневого шару мембрани;

- зміна орієнтації макромолекул (РНК і ДНК), що впливає на біопроцеси;
- поляризація бічного ланцюга білкових молекул за рахунок розриву водневих зв'язків [11].

Аналіз поляризаційно-дифузійного механізму поглинання насінної рідини під дією магнітного поля показує, що збільшення поглинання насінної рідини в магнітному полі може бути пов'язане з:

- з одного боку, за рахунок зменшення товщини оболонки за рахунок дії розтягуючих сил поляризації-дисоціації;

- з іншого боку, збільшенням міжатомної відстані, що призводить до відповідної зміни коефіцієнта дифузії [18].

Магнітне поле є своєрідним стресовим фактором, під впливом якого змінюється швидкість деяких хімічних реакцій, насіння починає працювати активніше, вибирає більше вологи на початкових етапах проростання, крохмаль у клітинах перетворюється на цукор швидше [19].

Насіння, оброблене постійним магнітним полем, швидше набухає, споживає більше води, є більш життєздатним, у паростках прискорюються дихальні процеси та збільшується надходження поживних речовин. Цей факт зумовлений тим, що вплив постійного магнітного поля прискорює фізико-біологічні процеси в насінні та тканинах рослин, що сприяє швидкому росту та розвитку повноцінних проростків [20].

Багато вчених проводили лабораторні випробування технології передпосівної обробки насіння в постійному магнітному полі, результати яких не показали негативних наслідків практичного використання цього методу, що свідчить про можливість його використання в сільському господарстві [20].

Нині дослідження впливу магнітного поля на ріст і врожайність культурних рослин проводяться в багатьох наукових центрах світу [21].

У цих дослідженнях доведено позитивний вплив магнітного поля на якість насіння [22, 23, 24], біометричні показники та врожайність [25, 26], зберігання сільськогосподарської продукції [27], зниження захворювань рослин [28, 29], покращення біохімічні показники та якість рослинної продукції [30, 31, 32].

Обробка насіння пшениці, ячменю та вівса перед посівом градієнтним магнітним полем у дослідях Агрофізичного науково-дослідного інституту (Санкт-Петербург) дозволила підвищити енергію проростання та проростання насіння до 15% за масою та розміром зародків до 28%, кількості зерен на 3-15%, маси 1000 зерен від 2 до 8% порівняно з контролем. Урожайність зросла завдяки збереженню рослин і підвищенню продуктивності. Середня прибавка врожайності твердої пшениці становила 0,9 т/га, ячменю – 2,3 т/га, вівса – 2,6 т/га, кукурудзи – 4,2 т/га або 3-24% [33, 34].

На думку В.Ю. Асеев, обробка насіння пшениці в градієнтному магнітному полі прискорює появу сходів на 2-3 дні і підвищує польову схожість на 2-9%. Спостерігали збільшення висоти рослин порівняно з контролем у фазі колосіння на 5-7%. Інтенсивність транспірації знижується на 21-27%, а водоутримуюча здатність біоколоїдів листків підвищується на 4,5-8%. Площа листя збільшується на 5,0 – 18,5%, а чиста продуктивність фотосинтезу – на 8,5 – 17,5%. Суха речовина в зерні

збільшується на 0,3-1,8%. Урожайність підвищується на 1,0-3,0 ц/га або на 4-13% [35]. Збільшується швидкість появи сходів [36, 37].

Передпосівна обробка ячменю в магнітному полі з магнітною індукцією 75-85 мТл підвищує схожість насіння на 2-7%, лінійні розміри коренів на 6,3-21,8% і сходів на 9,0-12,7%, урожайність на 0,35 - 0,49 ц/га та покращує якість зерна (підвищує вміст сирого протеїну) [38].

У Болгарії Інститут фізіології рослин (Софія) проводив дослідження впливу магнітного поля на насіння кукурудзи. В результаті встановлено, що 10-хвилинна магнітоіндукційна обробка 0,16 Тл сприяє посиленню метаболізму рослин, підвищує вміст загального і білкового азоту, амінокислот (переважно лізину) і цукрів. Отже, рослини, отримані з насіння, обробленого магнітним полем, мали вищу висоту, вагу рослини та довжину кореня на 10-20 день після культивування [39].

Дослідження Науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіології Джорджії показали, що передпосівна обробка насіння кукурудзи в градієнтному магнітному полі збільшила врожайність на 10,3-11,9% у середньому за три роки [40].

Досліди по впливу магнітного поля на ріст, розвиток і врожайність вівса і гороху проводилися в Ставропольському державному аграрному університеті. Встановлено, що передпосівна обробка насіння в магнітному полі підвищує польову схожість на 5,8-8,6%, висоту рослин на 3,5-4,7 см, збереженість сходів на 13,9-17,2% і масу 1000 зерен. Урожайність підвищується на 21,5-24,0%, вегетаційний період скорочується на 4-5 днів [41].

Передпосівна обробка насіння гречки градієнтним магнітним полем при магнітній індукції 5 мТл забезпечила збільшення врожаю порівняно з контролем на 24%, а ячменю при магнітній індукції 8 мТл на 33%. Польова схожість підвищилася на 8-15%, кількість продуктивних стебел і маса колоса збільшилися на 16%. У вівсі та ячмені магнітна обробка насіння була особливо ефективною в партіях із спочатку зниженою якістю насіння. [42].

Передпосівна обробка насіння соняшнику сорту «Козачий» у магнітному полі призвела до підвищення лабораторної схожості на 4,5 – 12%, енергії проростання на

5,7 – 15 %, сили росту на 6,1 – 16,14 % та врожайності на 2 . 5 - 4,5 ц/га [43].

Застосування постійного магнітного поля 125 мТл і 250 мТл призводить до підвищення швидкості проростання насіння соняшнику [44].

Під час передпосівної обробки насіння в магнітному полі підвищується питоме водопоглинання насіння. За даними І. Г. Сидорцова, у ячменю сорту Бастіон питоме водопоглинання насіння зросло на 3,13 %, у пшениці озимій сорту Донська ювілейна – на 1,83 %, у Дону – на 2,45 % [95]. Зерна «8» – з 2,07%, кукурудзи сорту «Таск М» – на 1,4%. Найкращих результатів досягнуто за напруженості магнітного поля 3-5 кА/м і часу обробки 1-3 с [18].

Для насіння томатів ми використовували комбінацію стимуляції насіння в магнітному полі та поливу водою, обробленою магнітним полем [45]. Стимуляцію проводили магнітним полем з магнітною індукцією 10 мТл, а воду обробляли полем 80 мТл. Передпосівна стимуляція насіння в магнітному полі призвела не тільки до швидшого проростання, але й до кращої якості врожаю. Поєднання магнітної стимуляції перед посівом і зрошення водою, обробленою магнітним полем, підвищило ефект обробки.

Магнітне поле сприяє зменшенню захворювань рослин. Вплив магнітного поля на насіння зернових культур, на відміну від хімічних отрут, мав тривалий ефект і сприяв підвищенню стійкості до повітряно-крапельних збудників хвороб і знижував поширеність борошнистої роси на 11-27%, стеблової іржі - на 15-35%, бурої іржі - на 10-15%, темно-бурої плямистості - на 4-8%, гельмінтоспорової плямистості - на 9-71% порівняно з контролем залежно від культури [28].

Підвищення стійкості зерна до грибкових і бактеріальних захворювань при магнітній обробці дозволяє в багатьох випадках зменшити кількість отруги в насінні на 30%, що в кінцевому підсумку сприяє виробництву більш екологічно чистої продукції. [4].

Передпосівна обробка насіння зернових культур магнітним полем підвищує морозостійкість еходів на 20-40 % [18].

При обробці насіння в магнітному полі поліпшуються біохімічні показники рослин. Експериментально доведено, що магнітне поле може змінювати активність

деяких ферментів, таких як каталаза, супероксиддисмутаза, глутатіонредуктаза, глутатіонтрансфераза, пероксидаза, аскорбатпероксидаза і поліфенолоксидаза. Експерименти проводилися на кількох видах рослин, включаючи горох, редьку, китайську білу квасоллю, сою, огірок, боби, кукурудзу, петрушку та пшеницю [46–52].

Отримані результати показують, що магнітне поле викликає накопичення активних сполук кисню та зміни активності ферментів. Постійне магнітне поле має виражену дію на антиоксидантну систему листків рослин, бере участь в апопластних реакціях, опосередкованих антиоксидантами, що призводить до відновлення окисно-відновного балансу [53].

Підвищення концентрації хлорофіму виявлено при обробці насіння кукурудзи гібриду Сан-Хосе в магнітному полі [54].

При обробці насіння в магнітному полі підвищується якість сільськогосподарської продукції: вміст клейковини в зерні, олії в насінні соняшнику, цукру в коренеплодах цукрових і кормових буряків, каротину в моркві [4].

S. Pitruszewski (Польща) [55] за допомогою магнітних полів з індукцією від 10 до 30 мТл при передпосівній обробці насіння пшениці виявив підвищення врожайності та процентного вмісту альбуміну, клейковини та крохмалю. На думку В.Ю. Асєєв, вміст свухаречовини в зерні пшениці при передпосівній обробці в магнітному полі збільшується на 0,3–1,8%. Вміст азоту в зерні підвищується на 0,03–0,25 %, фосфору – на 0,14–0,19 %, калію – на 0,7 %, білка – на 0,7–1,5 %, клітковини зменшується на 0–0,4 % [35].

Обробка насіннєвого матеріалу сприяє зниженню втрат продукції. При обробці картоплі в магнітному полі з індукцією 68,6 мТл за час обробки 10 с втрати зменшилися з 6,9% до 1,2% [56].

На думку деяких дослідників, позитивний результат дає інкубація насіння після обробки. Проте В. Ф. Міндукшеев і Т. М. Моїсєєва показують, що найкращі результати були отримані при обробці насіння в день сівби, а через тиждень ефективність впливу знижувалася на 15 % [57]. О. В. Ківа та В. Є. Ходурський

встановили, що передпосівну обробку насіння слід проводити не раніше ніж за тиждень до сівби [13]. І. Г. Сидорцов встановив, що витримка насіння протягом 1-7 днів не впливає на його посівні властивості [18].

Жидацький Л. І. та Ботнарюк В. Г. проводили обробку насіння різних сільськогосподарських культур у градієнтному магнітному полі напруженістю 50 Е.

Встановлено, що при відсутності оптимальних температур, вологозабезпеченості та загальної родючості поля, при порушенні агротехніки обробка насіння сільськогосподарських культур проводиться в умовах градієнтного магнітного поля, знижується ефективність передпосівної обробки [58].

Експериментальні дослідження показали, що при градієнті магнітного поля менше 0,2 Тл/м вплив магнітного поля на насіння можна порівняти з впливом магнітного поля Землі та наближається до значень, характерних для контрольного насіння. При градієнті магнітного поля 50 Тл/м ефект магнітного впливу на насіння викликає зниження схожості та врожайності.

Згідно з лабораторними та польовими дослідженнями, проведеними в Азово-Чорноморській державній агротехнічній академії, оптимальний ефект передпосівної обробки проявляється при двократному проходженні насінням через активну зону, створювану постійними магнітами зі змінною полярністю (при чотириразовому проходженні насіння). Перемагнічування) з градієнтом магнітного поля від 0,2 до 50 Тл/м [43].

В даний час встановлено, що врожайність і біометричні властивості сільськогосподарських культур залежать від дози магнітної обробки незалежно від способу створення магнітного поля [59].

Були проведені численні досліді по впливу постійного магнітного поля на насіння різних сільськогосподарських культур при різних значеннях магнітної індукції і часу обробки (експозиції). Тому доза магнітного лікування була різною, а отже, були отримані різні результати.

Багато досліджень показують, що магнітне поле збільшує поглинання іонів і може бути хорошою альтернативою хімічним методам передпосівної обробки [60].

Для успішного проведення передпосівної обробки насіння в культурі необхідно визначити режимні параметри обробки та їх оптимальні значення.

1.4. Аналіз технічних засобів для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських рослин у магнітному полі

Для магнітної обробки сільськогосподарської продукції розроблені апарати з постійними магнітами, з електромагнітами і апарати з постійними і електромагнітами.

Перевагою установок з постійними магнітами є простота реалізації, низькі експлуатаційні витрати та відсутність електропроводки. Вони не споживають електроенергію, не завдають негативного впливу на навколишнє середовище і безпечні для обслуговуючого персоналу.

Установки з електромагнітами більш складні за конструкцією, мають більш високу вартість і експлуатаційні витрати, але дозволяють отримувати і регулювати більші магнітні індукції [61].

Існують апарати для передпосівної обробки насіння без переміщення насіння, які протрують протягом певного часу в магнітному полі і з безперервним рухом насіння.

Апарати для передпосівної обробки з постійним рухом насіння мають високу продуктивність. Це пов'язано з тим, що оброблене насіння з великою швидкістю рухається по зоні обробки. Час обробки визначається швидкістю руху насіння і габаритними розмірами робочої зони і коливається від десятих часток секунди до декількох секунд. Так, дозу опромінення можна регулювати, змінюючи загальні розміри зони обробки, швидкість руху в робочій зоні та інтенсивність опромінення [62].

Серед пристроїв з безперервним переміщенням насіння найбільшого поширення набули пристрої транспортного типу. Вони дозволяють поєднувати передпосівну обробку насіння із завантаженням його в транспортні засоби. Ці пристрої мають високі показники ефективності, так як матеріал обробляється на конвеєрі в кілька шарів (товщина шару становить кілька сантиметрів).

Пристрої, в яких подача зерна здійснюється з гравітаційного накопичувача, також дозволяють в окремих випадках поєднувати технологічні операції передпосівної обробки і завантаження насіння. Апарати мають високу продуктивність, що пов'язано з високою швидкістю руху зерна в зоні обробки під дією сили тяжіння. Однак швидкість руху насіння не регулюється. З насінням різної маси швидкість руху буде різною, як наслідок, різною буде і доза впливу на насіння. Оскільки час обробки невеликий, інтенсивність впливу повинна бути більшою.

Бондаренко Н.Ф. [63], Крон Р.В. [64], Кутис С.Д. [65], Ксенз Н.В. [66], Сидорцов І.Г. [67], Стародубцева Г.П. створення відповідного обладнання, G. Bucur [70], S. Pietruszewski [71], A. @ Souza Torres [72], Kato R. [73], Pittman U [74] та ін.

Для лабораторних досліджень використовують прилади, що складаються з соленоїда, всередину якого поміщають склянку з досліджуванним насінням (рисунок 1.3).

Розроблено пристрій для магнітної обробки насіння, утворений шістьма котушками, встановленими на залізного магнітопроводі з повітряним зазором. Насіння поміщають у повітряний зазор 2 см. Електричний струм у котушках створює магнітне поле, яке перетинає залізний сердечник і повітряний проміжок силовими лініями. Діапазон магнітної індукції, отриманої в зазорі, становить 0 - 230 мТл, що залежить від величини електричного струму всередині котушок [75].

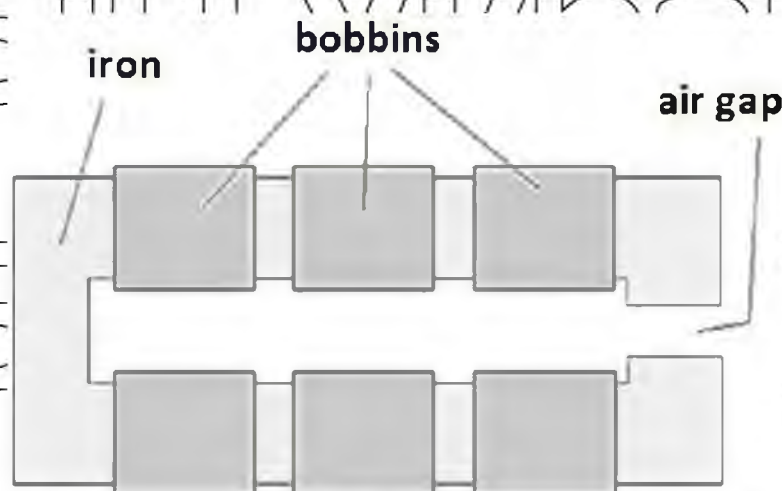


Рис. 1.3. Пристрій для обробки насіння в магнітному полі електрострумом

Відомі пристрої для обробки насіння з магнітним вискоком, які мають трубку з соленоїдом, через який протікання електричного струму створює постійне магнітне поле всередині трубки. Трубку ставлять вертикально, а зверху прикріплюють воронку, через яку в трубку зсипають насіння. Коли насіння рухається всередині трубки, воно обробляється магнітним полем [76].

Краще організований процес переміщення насіння в інший завод для передпосівної обробки насіння (рис. 1.4) [77].

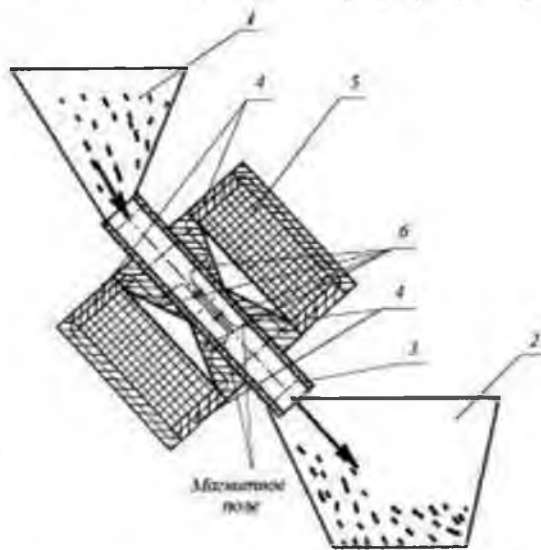


Рис. 1.4. Пристрій для передпосівної обробки насіння в магнітному полі:

1 – завантажувальний бункер; 2 – приймальна воронка оброблюваного матеріалу; 3 – діамантна трубка; 4 – циліндричний корпус із феромагнітного матеріалу; 5 – магнітопровід з магнітною котушкою; 6 – центруюча втулка з немагнітного матеріалу

Установка має обробну камеру у вигляді похилої діамантної трубки, розташованої всередині індуктора, де від кута нахилу трубки залежить час перебування насіння в активній зоні [77].

Недоліками цього пристрою є нестабільність швидкості руху насіння і, відповідно, нестабільність тривалості обробки насіння та нерівномірний розподіл магнітної індукції в робочій камері по відношенню до радіуса поперечного перерізу.

У Росії розроблений і випускається апарат для передпосівної стимулюючої обробки насіння «ЦИКЛ 7-3у» масою 8,5 кг і енергоспоживанням до 30 Вт, продуктивність

якого становить 10 т/год. максимум 20 т/год. Монтажна висота 650 мм, діаметр приймальної лійки 300 мм, висота циліндричного корпусу з електромагнітною системою 500 мм, діаметр 180 мм. [4].



Рис. 1.5. Загальний вигляд апарату для передпосівної стимулюючої обробки насіння

«ЦИКЛОН 7-3у».

Розроблено пристрій для передпосівної обробки насіння магнітним полем (рис. 1.6), який має завантажувальний бункер 1 і приймальний бункер 2, які з'єднані між собою діамагнітною трубкою 3, магнітопроводом 4 з намагнічувачем. котушка 5 — феромагнітний елемент, виконаний у вигляді двох однакових пов'язаних втулок, спрямованих одна до одної з конічними частинами меншого діаметра, які є конічними наконечниками 6. У діамагнітній трубці 3 розташований активатор 7, виконаний у вигляді діамагнітного стрижня з пластинами 8, розміщеними на ньому по спіральній лінії, які мають поверхню тертя, на якій стрижні 9 розміщені перпендикулярно їм у шаховому порядку на відстані, що дорівнює максимальній довжині насіння [78]

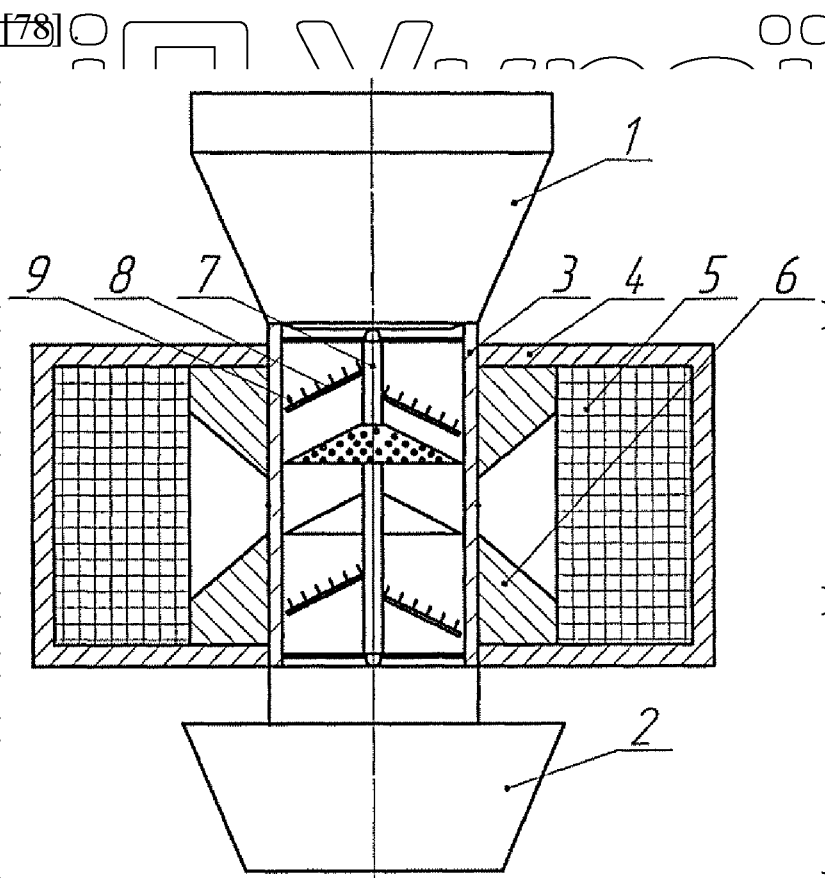


Рис. 1.6 Пристрій для передпосівної обробки насіння [78]

Пристрій для передпосівної обробки насіння магнітним полем працює наступним чином. Під дією сили тяжіння насіння падає із завантажувального бункера 1 через діамагнітну трубку 3 в приймальний бункер 2. Дійшовши до активатора 7, насіння скоочується без ковзання по похилим пластинам 8 і котиться по

стрижнях 9, розгортається навколо них, що дозволяє магнітному полю впливати на насіння з різних сторін, підвищуючи тим самим якість його обробки. Наявність активатора робить потік насіння турбулентним, дозволяючи насінню обертатися та піддаватися впливу магнітного поля з усіх боків.

Недоліком пристроїв для передпосівної обробки насіння електромагнітами є дуже висока неоднорідність магнітного поля, що не дозволяє впливати на насіння магнітним полем однакової індукції. Це призводить до невизначеності щодо ступеня впливу магнітного поля на насіння [79].

Обробка насіння здійснюється всередині соленоїда малого діаметра. Збільшення діаметра соленоїда викликає зменшення магнітної індукції, що знижує ефективність обробки.

Для живлення соленоїда потрібен спеціальний джерело постійного струму. З цієї причини витрати на установки з електромагнітами значно перевищують витрати на установки з постійними магнітами. Крім того, збільшуються експлуатаційні витрати та енергоємність процесу обробки. Тому апарати для магнітної обробки з електромагнітами дуже неекономічні [79].

Більш поширені пристрої для магнітної обробки сільськогосподарської продукції з постійними магнітами.

Найпростіші установки складаються з двох постійних магнітів, які створюють знакове поле [80].

Американські фірми виробляють пристрої для магнітної обробки насіння сільськогосподарських культур [7]. Вони стверджують, що намагнічене насіння зберігає свої властивості необмежений час, різниця між контрольним і обробленим насінням, висіяним через 11 років, така ж, як і відразу після обробки. Рекомендована індукція магнітного поля становить 30 Гд.

Розроблено пристрій для передпосівної обробки насіння постійними магнітами (рис. 1.7) [78], який має корпус 1 у вигляді трубки із завантажувальним вікном 2.

Усередині трубки створюється магнітне поле, створене в формі дискових магнітів 3 встановлених для створення постійного магніту, встановленого на одній осі 4, яка має

бічні грані 5, паралельні одна одній з прорізом 6. Дискові магніти розділені дуговими прокладками 7 і 8 з немагнітного матеріалу.

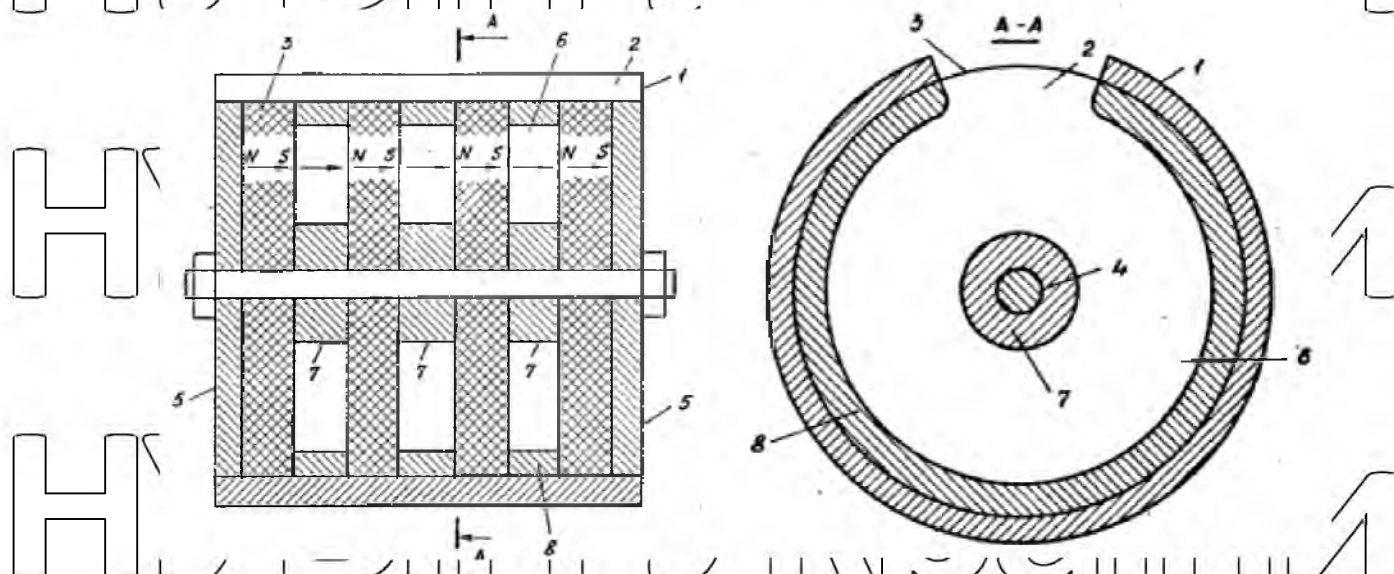


Рис. 1.7. Пристрій для передпосівної обробки насіння постійними дисковими магнітами [78]

Установка працює так. Насіння висипається через завантажувальне вікно в зазори між дисковими магнітами 3, де створюється однорідне магнітне поле, що діє на кожну насінину з однаковою інтенсивністю.

Величина магнітної індукції регулюється зміною відстані між дисковими магнітами 3. Для видалення обробленого насіння агрегат повертають на 180° і насіння видаляють через завантажувальне вікно 2.

У Росії розроблено обладнання для обробки насіння перед посівом при завантаженні насіннєвого матеріалу в транспортні засоби шляхом установки 6 пар магнітних модулів на відстані над розвантажувальним конвеєром ТЗК-30.110 ммодин від одного та від конвеєрної стрічки при швидкості руху горбка в діапазоні магнітного поля 1–1,3 м/с при напрузі 20 В.

Магнітний модуль складається з двох касет з двома магнітами в кожній. Касети з магнітами кріпляться до носія за допомогою гойдалки і засувки [81].

На рис 1.8 показано обладнання для магнітної соробки сходів сільськогосподарських культур або їх насіння.

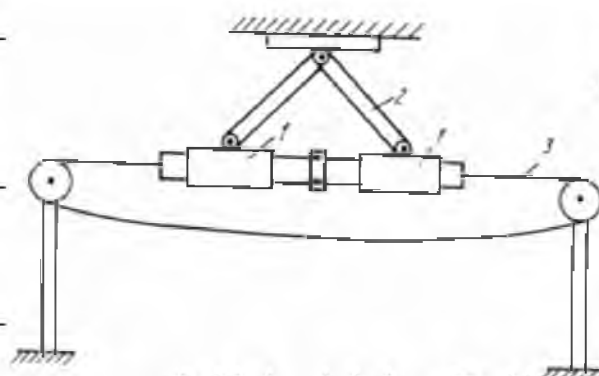


Рис. 1.8. Прилад для електромагнітної обробки сходів сільськогосподарських культур або їх насіння

Магнітні модулі 1 виготовлені з феритно-барієвого сплаву і мають полюси з плоскою поверхнею. За допомогою опори 2 встановлюються магнітні модулі 1 з полярністю чергування полюсів. Магнітне поле працює через конвеєрну стрічку 3, по якій розсада або насіння подаються на посадку. Кількість магнітних модулів 1, розміщених на носії 2, залежить від необхідної частоти магнітної обробки для окремого посівного матеріалу. Оптимальний метод магнітної обробки відбувається при значенні магнітної індукції в активній зоні обладнання 30–120 мТл [82].

Для переробки бульб картоплі в ЦНДІМЕСУ Нечорнозем'я розроблено пристрій, що складається з 6 пар магнітних модулів, встановлених над стрічкою транспортера завантаження картоплі ТЗК-30. Відстань між модулями 110 мм, від модуля до конвеєрної стрічки -150 мм. Модулі встановлюються з чергуванням полярності. При проходженні через магнітне поле насіння відчуває стимулюючу дію, яка проявляється в збільшенні проникності мембран, нерезподілі іонів в клітинах, появі електричного поля в результаті руху рідини і частинок в клітинах, магнітне поле та ін. [83].

Для передпосівної обробки та протравлювання насіння в знакозміному магнітному полі Азово-Чорноморської державної академією сільськогосподарського машинобудування (Росія) розроблено модулі на ферит-барієвих постійних магнітах М-3 U-подібної форми та з плоским твердим магніти зі сплаву (М-4 і М-5), які можна встановити над конвеєрною стрічкою або на пристрої підготовки.

І. Г. Сидорцов створив установку на циліндричних постійних магнітах, яка встановлена на виході шнека вилуговування ТГ-10А (рис. 1.9). Найбільш економічний спосіб обробки досягається при напруженості магнітного поля 3...5 кА/м і тривалості обробки 1...3 с [18, 67].

Рис. 1.9. Пристрій для передпосівної обробки насіння в магнітному полі постійних магнітів: 1 – блок касет постійних магнітів; 2 - Селектор PS - 10А

Обробка ріпи перед садінням магнітним полем зі зміною знака забезпечує виведення цибулин зі стану спокою, збільшення кількості біомаси при транспортному перетворенні цибулі в зелену продукцію в садівництві в захищеному і відкритому ґрунті на всьому протязі рік [84].

Пристрій для обробки посадкового матеріалу цибулі перед посадкою містить шість модулів. Кожен модуль (рисунок 1.10) складається з касети з магнітами 1, поворотного кронштейна 2, кронштейна 3, стопорного штифта 4 і кріпильних гвинтів 5.

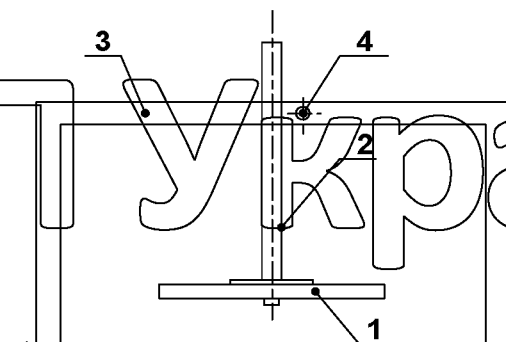


Рис. 1.10. Модуль установки для обробки насіння. Вид збоку

Модулі розміщуються на завантажувальному конвеєрі ТЗК-30 (рисунок 1.11) відповідно до змінної полярності магнітів. Відстань від них до конвеєра має бути близьким 100 мм.

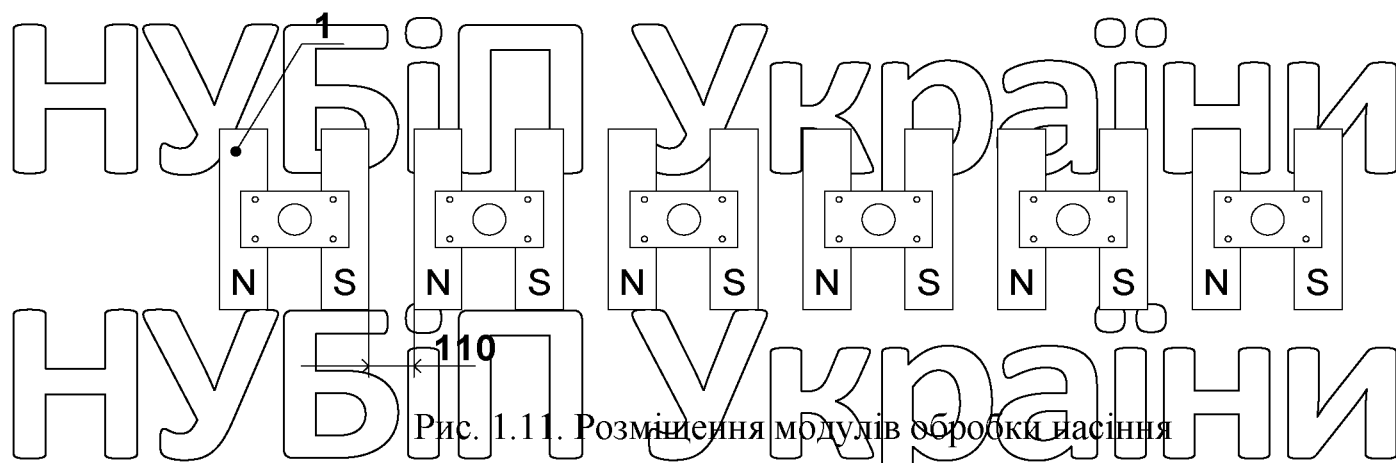


Рис. 1.11. Розміщення модулів обробки насіння

Сухі здорові цибулини 1 (рис. 1.12) діаметром 15-50 мм зі сховища 2 переміщуються конвеєрною стрічкою 3 зі швидкістю 1-1,3 м/с, яка проходить через зону змінного магнітного поля. Продуктивність пристрою до 25 т/рік. Обробка цибулі в характерно мінливому магнітному полі забезпечує вихід екстракту на 3-5 днів раніше, ніж без застосування обробки, і збільшення стандартної продукції зелені з 3,1 до 4,2 кг/м.

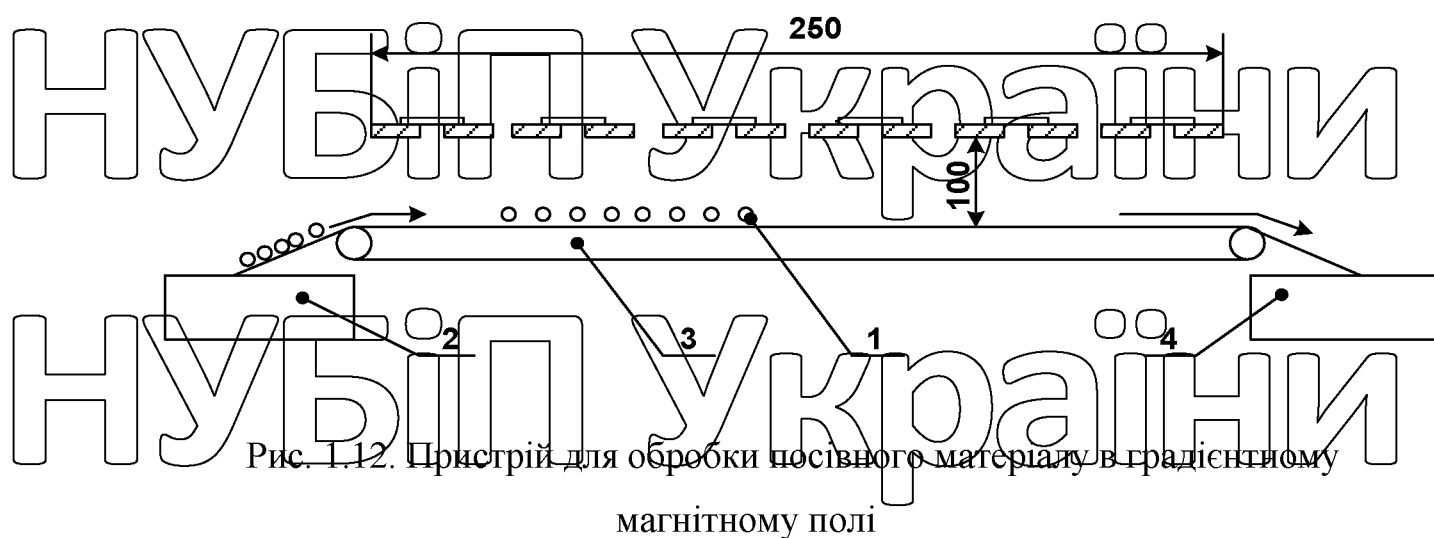


Рис. 1.12. Пристрій для обробки посівного матеріалу в градієнтному магнітному полі

Пристрій для обробки насіння соняшнику складається з воронки, клапана і магнітного модуля. Магнітний модуль являє собою циліндр, всередині якого за допомогою гвинтів і діелектричних вставок закріплені циліндричні магніти. Завдяки отворам в циліндрі можна змінювати кількість магнітів і відстань між ними. В результаті експериментальних досліджень встановлено наступні параметри пристрою для обробки насіння соняшнику в знакозмінному магнітному полі: градієнт 0,88 мТл/мм, два магніти, відстань між двома магнітами 8 см, переміщення насіння від північного до південного полюса. Прибавка врожайності соняшнику

сортів «Козачий», «Майстер» та гібрида «Сигнал» залежно від сорту становила від 1,9 до 2,6 т/га [85].

Апарати для магнітної обробки сільськогосподарської продукції прості за конструкцією, енергозберігаючі і не потребують спеціальної підготовки обслуговуючого персоналу для обслуговування. Порівняно з іншими способами магнітна обробка сільськогосподарської продукції системами постійного магніту не пов'язана з довгогривалими, дорогими і часто шкідливими для обслуговуючого персоналу операціями (наприклад, хімічна, радіоактивна чи електрична обробка) і є технологічним процесом [86].]

Результати проведеного аналізу переконливо свідчать про те, що рекомендовано використовувати апарати для передпосівної обробки насіння магнітним полем, оскільки використовуються технологічні прийоми, які забезпечують ефективність передпосівної обробки насіння, не дають летальних доз.

для насінневого матеріалу при переробці, є технологічними та легко автоматизованими процесами. Їх вплив на насіння точно вимірюється і легко узгоджується при використанні з агротехнічними методами, що сприяє збільшенню врожайності в середньому на 10-15% [17].

Так, аналіз пристроїв для електромагнітної обробки сільськогосподарських культур показав, що передпосівну обробку насіння найбільш доцільно проводити транспортними машинами [87] в магнітному полі зі змінними знаками з використанням постійних магнітів [86].

НУБІП України

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ВИМОГИ ДО ПРОГНОЗНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР У МАГНІТНОМУ ПОЛІ

НУБІП України

2.1 Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на кінетику хімічних реакцій у насінні

В даний час експериментально встановлено, що під впливом магнітного поля на розчині швидкість хімічних реакцій збільшується, внаслідок чого збільшується концентрація продуктів реакції:

$$dC_i = \omega dt, \quad (2.1)$$

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

Ми будемо використовувати теорію зіткнень для визначення швидкості хімічної реакції при обробці розчинів реагентів у магнітному полі.

У теорії зіткнень [88] реагенти розглядаються як набір сферичних частинок кінцевого розміру. Вони не реагують один на одного до зіткнення. У момент зіткнення, який триває 10^{-12} - 10^{-13} с, кінетична енергія поступального (руху) частинок перетворюється в енергію внутрішніх видів руху. Якщо енергія, накопичена в момент зіткнення, використовується для подолання енергетичного (потенційного) бар'єру реакції, то результатом такого непружного зіткнення є хімічне перетворення.

Розглянемо пару сферичних частинок радіусів r_1 і r_2 , що рухаються зі швидкостями v_1 і v_2 (Рис. 2.1, а).

НУБІП України

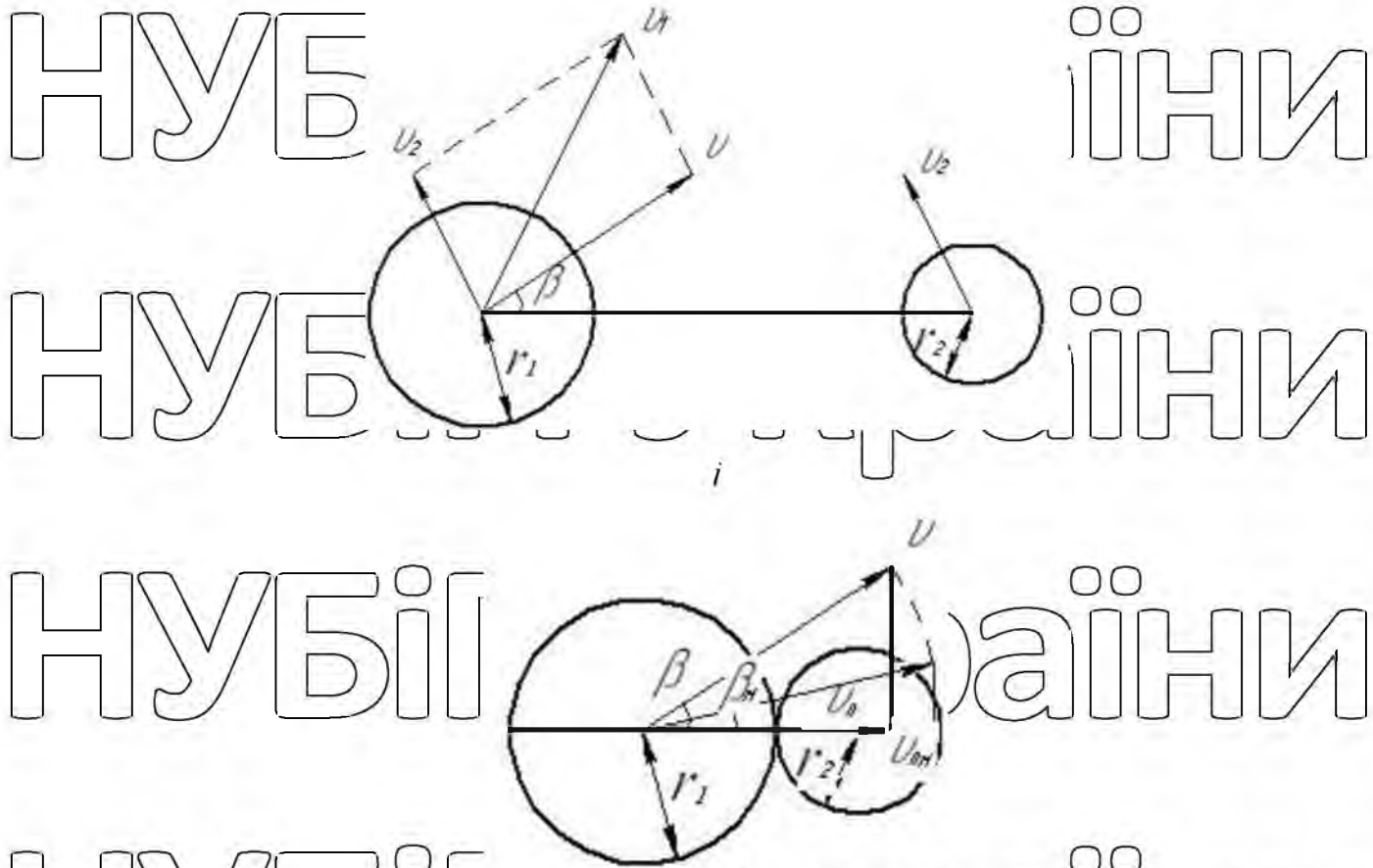


Рис. 2.1. Схеми руху іонів (а) і діаграма зіткнень (б)

Вектор відносної швидкості:

$$\vec{v} = \vec{v}_2 + \vec{v}_1 \quad (2.2)$$

У момент зіткнення центри частинок будуть знаходитися на відстані $r_1 + r_2$ (рисунк 2.1, б), а центр другої частинки буде знаходитися на поверхні зовнішньої сфери радіусом $r_1 + r_2$. [88].

Експериментальні дані з визначення констант швидкості реакції показують, що хімічні наслідки зіткнень залежать від кінетичної енергії відносного руху вздовж центрів, яка визначається нормальною складовою швидкості v_n [88]:

$$E = \frac{mv_n^2}{2} \quad (2.5)$$

де m — повна маса частинок:

$$m = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \quad (2.4)$$

де m_1 і m_2 – маса частинок, кг.

Нормальна складова швидкості визначається як:

$$v_n = v \cos \beta. \quad (2.5)$$

Відповідно до теорії зіткнень, хімічна реакція призводить до зіткнення лише тоді, коли кінетична енергія відносного руху вздовж центральної лінії частинок, що беруть участь у реакції, перевищує критичне значення E^* .

Якщо розглядати розподіл швидкості поступального руху частинок як максвеллівський, то для числа активних зіткнень Z можна записати:

$$Z(E \geq E^*) = Z \exp(-E^*/kT), \quad (2.6)$$

де Z – загальна кількість подвійних зіткнень, що визначається за формулою:

$$Z = Z_0 n_i n_j / \sigma_{ij}, \quad (2.7)$$

де Z_0 – конкретна кількість парних зіткнень, n_i, n_j – кількість частинок і. і Дж. клас в одиниці об'єму; $\sigma_{i,j}$ коефіцієнт симетрії, $\sigma_{i,j}=1$ для пар, утворених частинками і та j ; $\sigma_{i,j}=2$ для пар, утворених частинками і.

Значення Z_0 вказує на ймовірність зіткнення пари частинок за одиницю часу в одиниці об'єму і визначається за формулою:

$$Z_0 = (8\pi kT/\mu)^{1/2} (r_1 + r_2)^2, \quad (2.8)$$

де k – стала Больцмана, Дж/К; T – температура розчину, К.

Тоді з (2.6), (2.7) і (2.8) отримуємо:

$$Z(E \geq E^*) = \frac{n_i n_j}{\sigma_{ij}} \sqrt{\frac{8\pi kT}{\mu}} (r_1 + r_2)^2 \exp(-E^*/kT), \quad (2.9)$$

Ймовірність хімічного перетворення при зіткненні вказує стеричний фактор σ , яка враховує те, що взаємна орієнтація молекул у момент зіткнення може бути несприятливою для реакції. Тоді швидкість хімічної реакції буде визначатися рівнянням:

$$\omega = p \frac{n_i n_j}{\sigma_{ij}} \sqrt{\frac{8\pi kT}{m}} (r_1 + r_2)^2 \exp(-E^*/kT), \quad (2.10)$$

або з урахуванням (2.3)

$$\omega = p \frac{n_i n_j}{\sigma_{ij}} \sqrt{\frac{8\pi kT}{m}} (r_1 + r_2)^2 \exp(-mv_n^{*2} N_A / 2RT), \quad (2.11)$$

де v_n^* – мінімальне значення нормальної складової швидкості частинки, при якій відбувається хімічна реакція, м/с; N_A – число Авогадро, молекул/моль; R – універсальна газова стала, Дж/моль·К.

Коли іон потрапляє в магнітне поле, на нього діє сила Лоренца [61]:

$$F = qBv \sin \alpha, \quad (2.12)$$

де q – заряд іона, Сл; B – магнітна індукція, Тл; v – швидкість руху іонів, м/с;
 α – кут між напрямком поля та рухом іона, град.

Сила Лоренца – це відцентрова сила, яка лише змінює напрямок руху іонів і не змінює його кінетичну енергію та швидкість за модулем [89]:

$$F = \frac{m_i v^2}{r}, \quad (2.13)$$

де r – радіус кола, по якому рухається іон, м.

Під дією сили Лоренца іон рухається по колу радіусом

$$r = \frac{m_i v}{q_i B}, \quad (2.14)$$

Згідно з теорією Арреніуса, ймовірність асоціації іонів пропорційна ступеню їх зближення та часу перебування одного поруч з іншим [61]. Таким чином, дія сили Лоренца збільшує або зменшує ймовірність взаємодії катіонів і аніонів за рахунок зміни відстані між ними.

Під час магнітної обробки речовини внаслідок дії сили Лоренца нормальна складова швидкості іонів змінюється (рис. 2.1, б):

$$\Delta v_n = v_n^* - v_n, \quad (2.15)$$

де v_n^* – нормальна складова швидкості іонів, при якій відбувається хімічна реакція:

$$v_n^* = v \cos \beta_m \quad (2.16)$$

де β_m – кут між вектором швидкості та лінією, що сполучає центри частинок під час магнітної обробки, град.

Тоді зміна нормальної складової швидкості іонів становитиме:

$$\Delta v_n = v(\cos \beta_m - \cos \beta). \quad (2.17)$$

З виразів (2.12) і (2.13) отримуємо вираз для визначення швидкості іонів за параметрами магнітного поля при $\alpha = 90^\circ$:

$$v = rq_i B / m_i \quad (2.18)$$

Тоді збільшення нормальної складової швидкості іонів буде визначатися за формулою:

$$\Delta v_n = rq_i B (\cos \beta_m - \cos \beta) / m_i. \quad (2.19)$$

Як випливає з виразу (2.19), зміна нормальної складової швидкості іонів

залежить від магнітної індукції та типу іонів (їх маси та заряду).

Формула (2.19) також пояснює необхідність переманічування. Оскільки при певній орієнтації іонів різниця косинусів кутів може бути від'ємною, то зміна напрямку вектора магнітної індукції B сприятиме зміні орієнтації іонів і тим самим збільшенню швидкості збільшити.

При обробці розчинів в магнітному полі зміна нормальної складової швидкості іонів:

$$\Delta v_n = KB, \quad (2.20)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від концентрації та типу іонів і числа переманічувань, м/с Т.

Внаслідок зміни нормальної складової швидкості іонів під час магнітної обробки зміниться кінетична енергія відносного руху іонів уздовж лінії центрів:

$$E_{nm} = \frac{mv_n^*{}^2}{2} = \frac{m(v_n + \Delta v_n)^2}{2}. \quad (2.21)$$

Тому іони вступатимуть у хімічну реакцію зі швидкістю v , меншою за критичне значення v^* , що призводить до збільшення швидкості хімічної реакції ω_m :

$$\omega_m = p n_i n_j (8\pi kT/m)^{1/2} (r_1 + r_2)^2 \exp(-m(v_{n^*} - \Delta v_n)^2 N_a / 2RT). \quad (2,22)$$

або

$$\omega_m = p n_i n_j N_a (8\pi kT/m)^{1/2} (r_1 + r_2)^2 \exp(-m(v_{n^*} - KB)^2 / 2RT). \quad (2,23)$$

Вираз (2.23) можна подати у вигляді:

$$\omega_m = \omega \exp(-mN_a (K^2 B^2 - 2KBv_{n^*}) / 2RT). \quad (2.24)$$

або з урахуванням (2.15)

$$\omega_m = \omega \exp(mN_a (K^2 B^2 + 2KBv) / 2RT). \quad (2.25)$$

Таким чином, швидкість хімічних реакцій у клітинах рослин під впливом магнітного поля зростає і визначається квадратом магнітної індукції та швидкістю руху іонів.

2.2. Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на розчинність солей і кислот

Взаємодія електролітів з водою - це хімічна реакція, яка призводить до руйнування іонних або молекулярних кристалів або молекул і утворення гідратованих іонів.

У багатьох неводних розчинах іони утворюються не в результаті електрохімічної дисоціації, а в результаті інших хімічних реакцій, коли молекули потенційного електроліту і розчинника обмінюються протонами, іонами або електронами.

Отже, як і при будь-якій хімічній реакції, вплив магнітного поля на розчин прискорює хімічну реакцію утворення іонів.

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

$$\alpha = \frac{n}{N} = \frac{\omega t}{C}, \quad (2.26)$$

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

Під впливом магнітного поля на розчин за рахунок збільшення швидкості хімічної реакції ступінь електролітичної дисоціації зростає:

$$\alpha_M = \frac{\omega t e}{C} = \frac{m N_a (K_i^2 B^2 + 2 K_i B v)}{2 RT}, \quad (2.27)$$

де α_M і α – ступінь електролітичної дисоціації речовини після і до обробки в магнітному полі, v – швидкість руху затравки в магнітному полі, м/с.

З урахуванням (2.26) отримуємо

$$\alpha_M = \alpha \frac{m N_a (K_i^2 B^2 + 2 K_i B v)}{2 RT}. \quad (2.28)$$

Як випливає з формули (2.28), зміна ступеня електролітичної дисоціації при магнітній обробці залежить від величини магнітної індукції та швидкості руху затравки.

Вплив магнітного поля на розчинність солей більш помітно в розчинах слабких електролітів, оскільки в розчинах сильних електролітів майже всі молекули дисоціюють на іони і ступінь дисоціації електроліту близька до одиниці.

Таким чином, вплив магнітного поля на розчини сприяє кращій розчинності солей, кислот і лугів. Оскільки рослини споживають мінеральні елементи в дисоційованому стані, у вигляді іонів, це сприяє стимуляції росту і розвитку рослин.

2.3. Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на біопотенціал і рН насіння

Зміна швидкості хімічних і біохімічних реакцій, що відбуваються в рослинній клітині, а також розчинності солей і ксилот впливає на біопотенціал і рН середовища.

Зміна рН визначається виразом:

$$\Delta pH = \lg fC_{H_1^+} - \lg fC_{H_2^+}, \quad (2.29)$$

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

З урахуванням (2.1) вираз (2.29) можна подати у вигляді

$$\Delta pH = \lg \omega_{H_1^+} - \lg \omega_{H_2^+}. \quad (2.30)$$

Тоді з урахуванням (2.25) можна записати:

$$\Delta pH = \lg \omega_{H_1} - \lg \omega_{H_2} \exp(mN_a (K^2 B^2 + 2KBv) / 2RT), \quad (2.31)$$

де

$$\Delta pH = -\frac{mN_a K}{2,3RT} \left(\frac{KB^2}{2} + vB \right), \quad (2.32)$$

або

$$\Delta pH = A_1 B^2 + A_2 Bv, \quad (2.33)$$

де A_1 і A_2 – коефіцієнти.

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

$$\Delta OBP = 2,3 \frac{RT}{zF} (\lg fC_2 - \lg fC_1), \quad (2.34)$$

або

$$\Delta OBP = 2,3 \frac{RT}{zF} (\lg C_2 - \lg C_1), \quad (2.35)$$

де f – коефіцієнт активності, R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; T – температура розчину, К; 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.

Тоді з урахуванням (2.1) можна записати:

$$\Delta OBP = 2,3 \frac{RT}{zF} (\lg \omega_2 - \lg \omega_1). \quad (2.36)$$

або з урахуванням (2.25)

$$\Delta OBP = 2,3 \frac{RT}{zF} \left(\lg \alpha_1 \exp(mN_a (K^2 B^2 + 2KBv) / 2RT) - \lg \alpha_2 \right). \quad (2.37)$$

Зміна ОВП:

$$\Delta OBP = \frac{mN_a K}{zF} \left(\frac{KB^2}{2} + vB \right). \quad (2.38)$$

Для вивчення біологічних об'єктів А. Ст. Гуоґуї ввів концепцію біопотенціалу, яка пов'язана з коефіцієнтом ОВП.

$$BP = 820 - OBP. \quad (2.39)$$

Тоді зміна біопотенціалу буде визначатися рівнянням:

$$\Delta BP = -\Delta OBP = -\frac{mN_a K}{zF} \left(\frac{KB^2}{2} + vB \right), \quad (2.40)$$

або

$$\Delta BP = A_3 B^2 + A_4 Bv, \quad (2.41)$$

де A_3, A_4 – коефіцієнти.

Таким чином, зміна рН і біопотенціалу рослинної клітини при магнітній обробці залежить від величини магнітної індукції та швидкості руху насіння.

Коефіцієнти, задіяні в рівняннях (2.33) і (2.41), не можуть бути визначені аналітично. Вони визначаються на основі експериментальних даних.

2.4. Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на дифузію молекул речовини через клітинну мембрану

Молекули розчиненої речовини постійно хаотично рухаються в клітинному розчині, стикаючись з іншими молекулами і молекулами розчинника. Через мембрану будь-якої клітини проходять сотні різних речовин, розчинених як у жирах, так і у воді.

Якщо мембрана розділяє два розчини різної концентрації, залежно від її проникності через неї буде проходити або розчинник, або розчинена речовина, і завдяки процесу дифузії концентрація стає рівною (рис. 5) [90, 91].

Розглянемо дифузію молекул розчиненої речовини через проникну мембрану (рис. 2.2). Спочатку відбувається сумарний рух речовин через мембрану (зображення зліва), потім настає динамічна рівновага і немає сумарного потоку (зображення справа) [90].

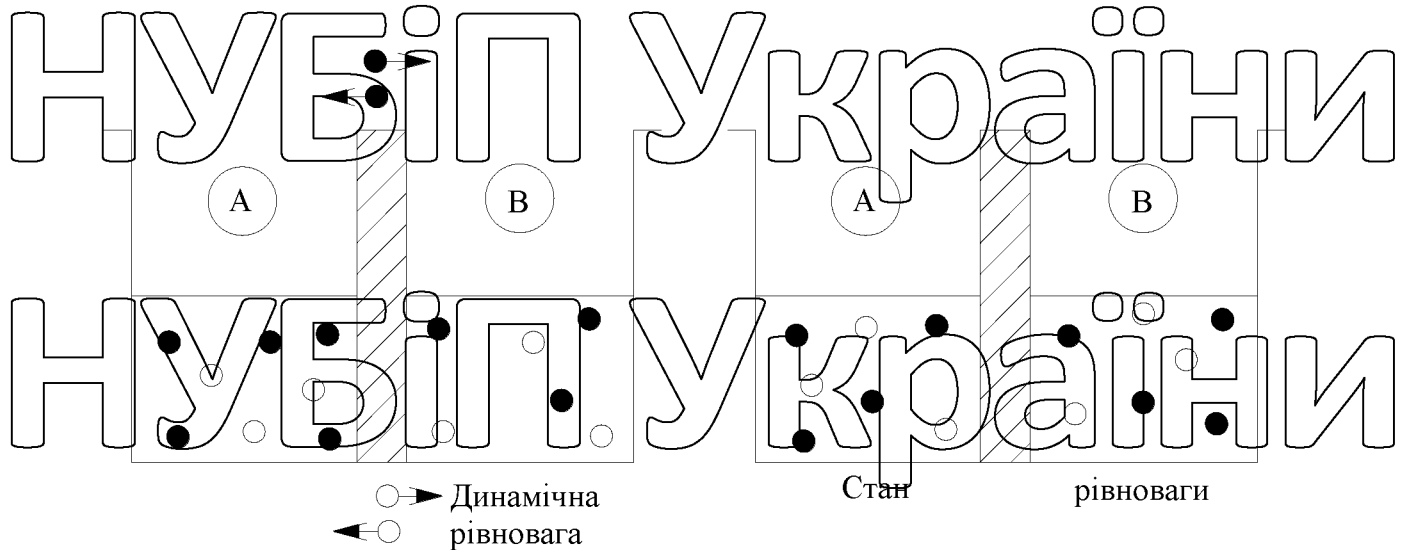


Рис. 2.2. Розподіл молекул розчиненої речовини в результаті дифузії через проникну мембрану: чорні кружечки – молекули розчиненої речовини; світлі кола — це молекули води [90]

Якщо концентрації речовин у розчинах, розділених мембраною, дорівнюють C_1 і C_2 , то при динамічній рівновазі співвідношення

$$C_1 - \Delta C = C_2 + \Delta C, \tag{2.42}$$

де ΔC – зміна концентрації речовини в розчині.

Це призводить до зміни концентрації речовини у розчинах

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2}, \tag{2.43}$$

і концентрації розчиненої речовини в стані рівноваги

$$C_1 = C_2 = \frac{C_1 + C_2}{2}. \tag{2.44}$$

Процес дифузії речовини через мембрану описується законом Фіка:

$$\frac{d\Delta C}{dt} = -\frac{D}{L^2} (C_2 + \Delta C - (C_1 - \Delta C)), \quad (2.45)$$

де D – коефіцієнт дифузії, м²/с; L – товщина мембрани, м.

Звідси ми маємо:

$$\frac{L^2}{2D} \frac{d\Delta C}{dt} + \Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2}. \quad (2.46)$$

Для початкових умов при $t=0$, $\Delta C_{\text{start}}=0$ це диференціальне рівняння має розв'язок:

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2} \left(1 - e^{-\frac{2D}{L^2}t}\right). \quad (2.47)$$

Коефіцієнт дифузії через клітинну мембрану можна визначити за формулою [18]:

$$D = k_d a^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}, \quad (2.48)$$

де k_d – коефіцієнт, с⁻¹, a – розмір пор, м; E_a – енергія активації дифузії, Дж; k – стала Больцмана, Дж/К; T – абсолютна температура, К.

Молекули клітинної мембрани є, за сучасними уявленнями про її будову, диполями. Відомо, що сила, яка діє на магнітний диполь, поміщений у магнітне поле, намагається повернути його так, щоб магнітний момент диполя вирівнявся з магнітним полем:

$$F_z = M \text{grad} B, \quad (2.49)$$

де M – магнітний момент диполя, Дж/Тл.

Ця сила призводить до деформації клітинної мембрани. Відповідно до закону Гука абсолютна деформація [18]

$$F_z = k_g X, \quad (2.50)$$

де k_g – коефіцієнт жорсткості (пружності) мембрани, Н/м; X – абсолютна деформація, м.

Якщо магнітна індукція змінюється вздовж руху сфаврки в періодичному магнітному полі, то

$$\text{grad} B = \frac{2B}{\tau}, \quad (2.51)$$

де τ – поділлка поноса, м.
Тоді величина абсолютної деформації мембрани:

$$x = \frac{2MB}{k_2 \tau} \quad (2.52)$$

або

Розмір пор в мембрані під дією магнітного поля буде збільшуватися і буде $a + K_M B / \tau$. Це означає, що її проникливість зростає.

$$X = \frac{K_M B}{\tau} \quad (2.53)$$

Тоді кількість речовини, яка пройшла через мембрану шляхом дифузії, буде визначатися рівнянням:

$$\Delta C = \frac{C_1 - C_2}{2} \left(1 - e^{-\frac{2k_d (a + K_M B / \tau)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{L^2} t} \right) \quad (2.54)$$

Під дією магнітного поля змінюється розчинність речовин, тому посилиться процес дифузії:

$$\Delta C = \frac{(C_1 - C_2) e^{-\frac{mN_a (K_T^2 B^2 + 2K_M B \nu)}{2RT}}}{2} \left(1 - e^{-\frac{2k_d (a + K_M B / \tau)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{\Delta L^2} t} \right) \quad (2.55)$$

Таким чином, внаслідок дії магнітного поля на клітину змінюється коефіцієнт дифузії та її швидкість, внаслідок чого змінюється кількість речовини, яка проходить через клітинну мембрану.

Швидкість зміни концентрації речовини залежить від величини і градієнта магнітної індукції, а також від швидкості руху затравки в магнітному полі.

Оскільки кисень потрапляє в клітину шляхом легкої дифузії, обробка насіння в магнітному полі, яке прискорює процес дифузії, збільшить

надходження кисню в клітину. Експериментальні дослідження показали, що магнітна обробка водних розчинів підвищує розчинність кисню [61]. Це також прискорить його надходження в клітину:

$$\Delta C = \frac{mN_a(K_{O_2}^2 B^2 + 2K_{O_2} Bv)}{2RT} \left(\frac{C_{1O_2} - C_{2O_2}}{2} \right) e^{-\frac{E_a}{kT}} \left(1 - e^{-\frac{2k_d(a+K_M B/\tau)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{L^2} t} \right), (2,56)$$

де C_{1O_2} , C_{2O_2} - або концентрація молекул кисню в клітинах 1 і 2, розділених мембраною.

Підвищення концентрації кисню в клітинах гальмує процес споронування фітопатогенних грибів і сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур [61].

Якщо два розчини різної концентрації розділити мембраною, то вирівнювання концентрацій можна досягти за рахунок дифузії молекул води

(рис 2.3) [90].

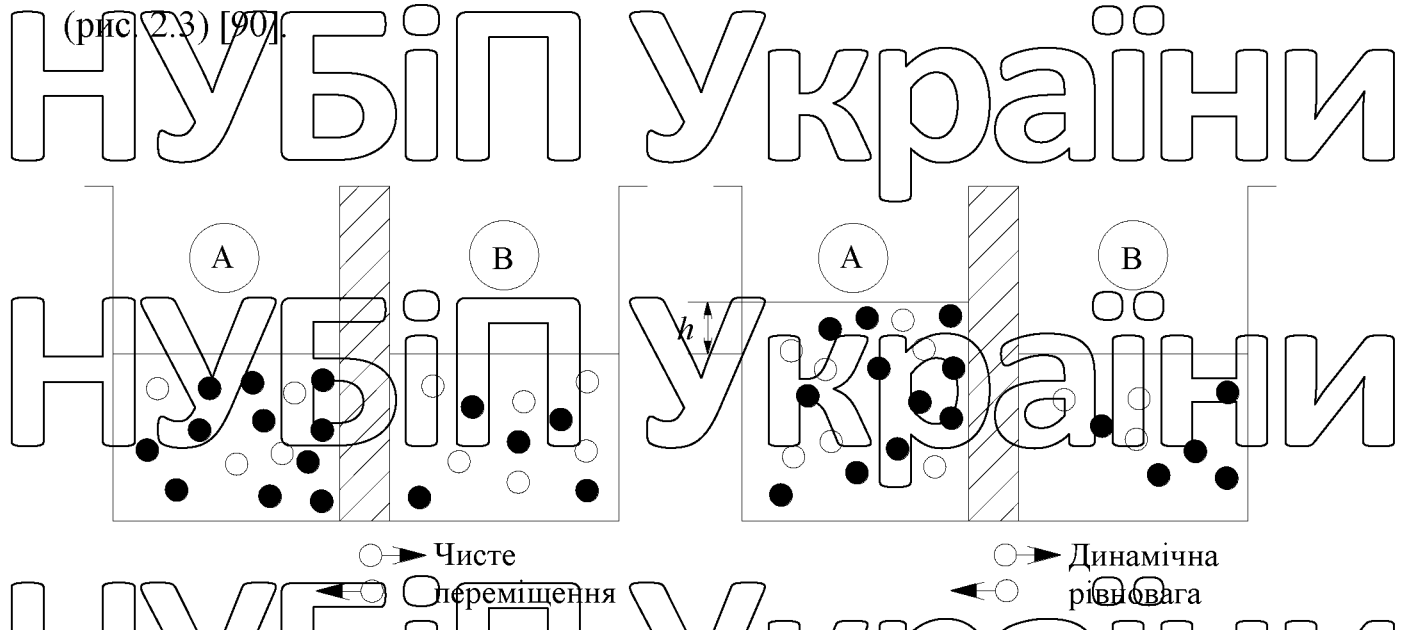


Рис. 2.3. Рух молекул води через напівпроникну мембрану: чорні кружечки – молекули розчиненої речовини; світлі кола — це молекули води [90]

У початковий момент кількість речовин у розчинах, розділених мембраною, становить $C1V$ або $C2V$ відповідно. У стані динамічної

рівноваги після дифузії молекул води з розчину з меншою концентрацією в розчин з більшою концентрацією речовини концентрації розчинів вирівнюються і стають

$$\frac{C_1 V}{V + \Delta V} = \frac{C_2 V}{V - \Delta V}, \quad (2.57)$$

де ΔV – об'єм води, що пройшла через мембрану, м³.

З рівняння (2.57) отримуємо

$$\Delta V = \frac{(C_1 - C_2)V}{C_1 + C_2}. \quad (2.58)$$

Відповідно до закону Фіка:

$$\frac{(C_1 + C_2)d\Delta V}{dt} = -\frac{D}{L^2} (C_2(V + \Delta V) - C_1(V - \Delta V)). \quad (2.59)$$

де D – коефіцієнт дифузії, м²/с; ΔL – товщина мембрани, м.

Звідси ми маємо:

$$\frac{(C_1 + C_2)d\Delta V}{dt} = -\frac{D}{L^2} ((C_2 - C_1)V + (C_1 + C_2)\Delta V), \quad (2.60)$$

або

$$\frac{\Delta V^2}{D} \frac{d\Delta V}{dt} + \Delta V = \frac{(C_1 - C_2)V}{C_1 + C_2} \quad (2.61)$$

Для початкових умов при $t=0$, $\Delta V_{\text{start}}=0$ це диференціальне рівняння має

розв'язок:

$$\Delta V = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} V \left(1 - e^{-\frac{D}{L^2} t} \right). \quad (2.62)$$

або з урахуванням (2.48) і (2.53)

$$\Delta V = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} V \left(1 - e^{-\frac{k}{\beta} \left(a + \frac{K_M}{M} B \tau \right)^2 e^{-\frac{E_a}{RT}} t} \right). \quad (2.63)$$

Таким чином, під дією магнітного поля на клітину прискорюється транспортування води в неї.

Дифузія молекул води змінює концентрацію розчину

$$\Delta C_1 = C_1 \frac{C_2 V}{V + \Delta V} = C_1 \left(\frac{\Delta V}{V + \Delta V} \right) \quad (2.64)$$

З урахуванням (2.63) отримуємо:

$$\Delta C_1 = C_1 \frac{k_d (a + K_M B / \tau)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{L^2} (C_1 - C_2) (1 - e^{-\frac{E_a}{kT}}) \quad (2.65)$$

Таким чином, під впливом магнітного поля прискорюється дифузія молекул речовин і води через клітинну мембрану, що спричиняє зміну концентрації речовин у клітинах, що, у свою чергу, викликає збільшення швидкості хімічних реакцій. Швидкість зміни концентрації речовини залежить від величини і градієнта магнітної індукції, а також від швидкості руху заправки в магнітному полі.

2.5. Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на

водопоглинання насіння

Для визначення впливу магнітного поля на водопоглинання в комірці використаємо рівняння (2.63):

$$\Delta m = \rho \Delta V = \frac{C_1 - C_2}{C_1 + C_2} \rho V \left(1 - e^{-\frac{k_d (a + K_M B / \tau)^2 e^{-\frac{E_a}{kT}}}{L^2} t} \right) \quad (2.66)$$

де ρ – густина води, кг/м³.

При обробці насіння в магнітному полі підвищується проникність мембрани, тому підвищується і поглинання води.

$$\Delta n = \frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} \rho V \left(1 + e^{-\frac{k_B (a + K) (B/r)^2 v}{2} - \frac{E_a}{kT}} \right) \quad (2.67)$$

Це збільшує водопоглинання насіння під час його обробки в магнітному полі. Це пояснюється тим, що коефіцієнт дифузії води збільшується за рахунок збільшення розмірів пор в мембранах, а також збільшення швидкості хімічних реакцій.

Зміна водопоглинання насінням визначається величиною і градієнтом магнітної індукції та швидкістю руху насіння в магнітному полі.

2.6 Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на транспорт

іонів у клітину

Оскільки іони мають електричний заряд, їх розподіл між клітиною та навколишнім середовищем визначається різницею потенціалів і різницею концентрацій. Разом ці дві величини зазвичай називають електрохімічним градієнтом.

Відомо, що якщо мембрану помістити між розчинами з різною концентрацією іонів, то створюється дифузійний потенціал, величина якого визначається рівнянням Хендерсона [88]:

$$\varphi = \frac{RT}{F} \frac{(U_1 - V_1) - (U_2 - V_2)}{(U_1 - V_1) - (U_2 - V_2)} \ln \frac{U_1 + V_1}{U_2 + V_2} \quad (2.68)$$

де R – універсальна газова стала, Дж/моль·К; T – температура розчину, К; F – число Фарадея, Кл/моль;

$$U_{1(2)} = \Sigma(\tilde{N}_{+v+})I_{(2)}; \quad V_{1(2)} = \Sigma(\tilde{N}_{-v-})I_{(2)};$$

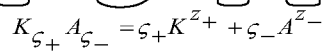
$$U'_{1(2)} = \Sigma(\tilde{N}_{+z+v+})I_{(2)}; \quad V'_{1(2)} = \Sigma(\tilde{N}_{-z-v-})I_{(2)};$$

НУБІП України

C^+, C^- – концентрація катіонів або аніонів, моль/м³; v^+, v^- – швидкості руху катіонів та аніонів, м/с; z^+, z^- – валентність катіонів та аніонів; індекс 1 відноситься до іонів в розчині 1, індекс 2 - в розчині 2.

Наявність дифузійного потенціалу визначає рух іонів через клітинну мембрану.

Іони утворюються при дисоціації солей і кислот в результаті хімічної реакції:



При дисоціації від однієї молекули утворюються катіони ζ_+ з валентністю z_+ і аніони ζ_- з валентністю z_- . Позначимо через β добуток цих величин:

$$\beta = \zeta_+^{z_+} \zeta_-^{z_-} = \frac{\xi}{\alpha} \quad (2,69)$$

Частка молекул, що розщеплюються на іони, визначається ступенем електролітичної дисоціації:

$\alpha = \frac{n}{N} \frac{C}{a} \quad (2,70)$

де N_A – число Авагадро, молекул/моль; C – молярна концентрація речовини, моль/л.

Під дією дифузійного потенціалу іони починають впорядковано рухатися і створювати електричний струм I . Сила струму буде дорівнює сумарному заряду позитивно і негативно заряджених іонів, що проходять через пори в мембрані за одиницю часу.

За одиницю часу крізь мембрану пройдуть ті іони, які знаходяться на відстані, що не перевищує швидкість їхнього руху, тобто v_i через 2 . Тоді буде течія

$$I = \sum_{i=1}^k (n_{i+} a^2 v_{i+} z_{i+} e + n_{i-} a^2 v_{i-} z_{i-} e), \quad (2,71)$$

де e - основний заряд, Кл.

Під час руху іона на нього діють сили електричного поля F_e , тертя F_t і взаємодії між іонами та молекулами розчинника F_b [92].

Відповідно до другого закону Ньютона маємо:

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = F_{e_i} + F_{\beta_i} - F_{\hat{a}_i}, \quad (2.72)$$

де m_i – маса іона, кг.

Напруженість електричного поля визначається за формулою [92]:

$$F_{e_i} = z_i e E = z_i e \varphi / L. \quad (2.73)$$

Сили тертя та взаємодії між іонами прямо пропорційні швидкості [92]:

$$F_{\hat{\alpha}_3} = k_{\hat{\alpha}_3} v_i, \quad (2.74)$$

$$F_{\hat{a}_3} = k_{\hat{a}_3} v_i, \quad (2.75)$$

де k_t і k_v – коефіцієнти тертя та взаємодії іонів, Н·с/м.

Заміна (2.73), (2.74), (2.75) у рівняння (2.72), отримуємо.

$$m_i \frac{dv_i}{dt} = z_i e \varphi / L - k_{m_i} v_i - k_{e_i} v_i. \quad (2.76)$$

Розв'язання (2.76), знаходимо рівняння руху іона:

$$v_i = \frac{z_i e \varphi}{L (k_{m_i} + k_{e_i})} \left(1 - e^{-\frac{k_{m_i} + k_{e_i}}{m_i} t} \right). \quad (2.77)$$

Оскільки коефіцієнти тертя і взаємодії йонів значно перевищують масу іона, то для $e \frac{k_{\hat{\alpha}_3} + k_{\hat{a}_3}}{m_i}$ можна знехтувати [92] і вважати, що іон рухається з рівномірною швидкістю

$$v_i = \frac{z_i e g \varphi}{L (k_{m_i} + k_{\beta_i})}. \quad (2.78)$$

При $g \varphi = 1$ В/м і $k_{\beta_i} = 0$ іон рухається з абсолютною швидкістю [92]:

$$v_i^0 = \frac{z_i e}{k_{\hat{\alpha}_3}}. \quad (2.79)$$

Взаємодія між іонами і молекулами враховується коефіцієнтом електропровідності:

Годі швидкість руху іонів буде визначатися виразом:

$$v_i = v_i^0 f_i \varphi / L. \quad (2.81)$$

Підставивши вираз для швидкості руху іонів (2.81) у рівняння (2.71), отримуємо:

$$I = \sum_{i=1}^k (n_{i+} a^2 v_{i+}^0 f_{i+} z_{i+} e \varphi / L + n_{i-} a^2 v_{i-}^0 f_{i-} z_{i-} e \varphi / L). \quad (2.82)$$

Оскільки число Фарадея визначається виразом

то формулу (2.82) можна записати у вигляді

$$I = \frac{a^2 F \varphi}{N_a L} \sum_{i=1}^k (n_{i+} v_{i+}^0 f_{i+} z_{i+} + n_{i-} v_{i-}^0 f_{i-} z_{i-}). \quad (2.84)$$

При дисоціації від однієї молекули утворюються катіони ζ_+ і аніони ζ_- , т.е.

$$n_{i+} = \zeta_{i+} n_i; \quad (2.85)$$

$$n_{i-} = \zeta_{i-} n_i. \quad (2.86)$$

Підстановка виразів (2.85), (2.86) у рівняння (2.84) з урахуванням (2.79) і (2.70) отримуємо:

$$I = \frac{a^2 F \varphi}{L} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i C_i (v_{i+}^0 + v_{i-}^0), \quad (2.87)$$

або

$$I = \frac{a^2 \varphi}{L} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i C_i (\lambda_{i+}^0 + \lambda_{i-}^0) = \frac{a^2 \varphi}{L} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i, \quad (2.88)$$

де λ_i^0 - рухливість іонів, см м²/моль.

При дії магнітного поля на клітину змінюється напрямок вектора швидкості, збільшується площа поверхні пір в мембрані, збільшується ступінь дисоціації електроліту.

При русі в магнітному полі на іон діють електричне поле F_e , тертя F_t , взаємодія іонів з молекулами розчинника F_b і сила Лоренца F_l . Відповідно до другого закону Ньютона нормальна складова швидкості:

$$m_i \frac{dv_{x_i}}{dt} = F_{e_i} - F_{m_i} - F_{b_i}, \quad (2,89)$$

або

$$m_i \frac{dv_{x_i}}{dt} = z_i e \varphi / L - k_{m_i} v_i - k_{b_i} v_i. \quad (2,90)$$

Звідси

$$v_{x_i} = v_i^0 f_i \varphi / L \quad (2,91)$$

Для тангенціальної складової швидкості маємо:

$$m_i \frac{dv_{y_i}}{dt} = F_{l_i} - F_{m_i} - F_{b_i}, \quad (2,92)$$

або

$$m_i \frac{dv_{y_i}}{dt} = z_i e B v - k_{m_i} v_i - k_{b_i} v_i. \quad (2,93)$$

Якщо знехтувати коефіцієнтами тертя та взаємодії іонів [92] і врахувати (2.79), (2.80), то можна написати

$$v_{y_i} = v_i^0 f_i B v. \quad (2,94)$$

За одиницю часу ті іони, які є в об'ємі, пройдуть кризь пори в мембрані, поверхня яких збільшиться під дією магнітного поля (рисунок 2.4)

$$V_1 = a S_{ABCD} = v_{x_i} \cdot (a + K_i B / \tau)^2 + \frac{1}{2} v_{x_i} v_{y_i} (a + K_i B / \tau). \quad (2,95)$$

Під дією сили Лоренца іони, що знаходяться в області CDE (рисунок 2.4), перемістяться в область DEG, де їх концентрація збільшиться. Тому рекомендується змінити напрямок магнітного поля, щоб ці іони могли перетинати мембрану. Тоді іони, які є в обсязі, пройдуть через мембрану

$$V_2 = v_{x_i} (a + K_M B / \tau)^2 - K_M v_{x_i} v_{y_i} (a + K_M B / \tau). \quad (2,96)$$

де K_k – коефіцієнт, що враховує кількість іонів, які залишилися в області ДЕР, від їх загальної кількості, що перемістилися з області СДР. Загалом коефіцієнт K_k знаходиться в межах від 0,5 до 1,0.

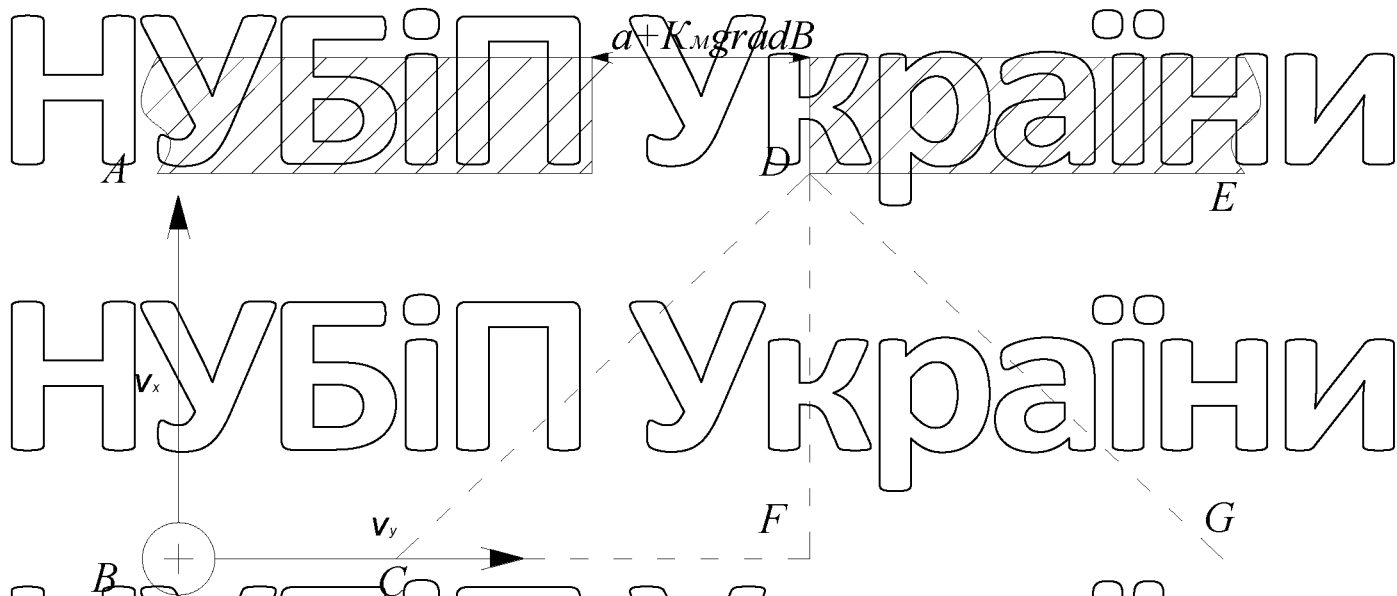


Рис. 2.4. Принципова схема руху іонів через мембрану

Сила струму через клітинну мембрану під дією магнітного поля становитиме:

$$I = \sum_{i=1}^k (n_{i+} v_{x+} z_{i+} e^{(a+K_M B/\tau)(a+K_M B/\tau+K_K v_{y+})} + n_{i-} v_{x-} z_{i-} e^{(a+K_M B/\tau)(a+K_M B/\tau+K_K v_{y-})}) \quad (2.97)$$

Підставляючи вирази для складових швидкості руху іонів (2.91) і (2.94) у рівняння (2.97), отримуємо:

$$I = \sum_{i=1}^k (n_{i+} v_{i+}^0 f_{i+} z_{i+} e^{\frac{\varphi}{L}(a+K_M B/\tau)(a+K_M B/\tau+K_K v_{y+})} + n_{i-} v_{i-}^0 f_{i-} z_{i-} e^{\frac{\varphi}{L}(a+K_M B/\tau)(a+K_M B/\tau+K_K v_{y-})}) \quad (2.98)$$

де K_v – коефіцієнт. Оскільки під дією магнітного поля ступінь електролітичної дисоціації зростає, отже

$$I = F(a + K_M B/\tau)(a + K_M B/\tau + K_K K_B Bv) \frac{\varphi}{L} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i e^{\frac{mN_a(K_i^2 B^2 - 2K_i Bv)}{2RT}} \beta_i C_i (v_i^0 + v_i^0), \quad (2.99)$$

$$I = (a + K_M B/\tau)(a + K_M B/\tau + K_K K_B Bv) \frac{\varphi}{L} \sum_{i=1}^k f_i \alpha_i \beta_i \lambda_i^0 C_i e^{\frac{mN_a(K_i^2 B^2 - 2K_i Bv)}{2RT}}. \quad (2.100)$$

Порівнюючи вирази (2.88) і (2.100), можна зробити висновок, що струм, який протікає через мембрану клітини, під дією магнітного поля збільшується. Величина цього струму залежить як від потенціалу дифузії, так і від величини магнітної індукції та швидкості руху затравки в магнітному полі.

2.7. Теоретичні дослідження впливу магнітного поля на зміну концентрації іонів у клітині

Під впливом магнітного поля на клітину змінюється концентрація надходять в неї мінеральних елементів. Швидкість зміни концентрації іонів буде визначатися залежністю, отриманою з виразу (2.98):

$$\frac{dn_{i_2}}{dt} = n_{i_1} v_i^0 f_i \frac{\varphi}{L} (a + K_M B/\tau)(a + K_M B/\tau + K_K K_B Bv), \quad (2.101)$$

де n_{i_2} — кількість іонів, що прийшли з розчину 1 у розчин 2.

Тоді зміна концентрації іонів у розчині становитиме:

$$\Delta n_{i_2} = \int_0^t n_{i_1} v_i^0 f_i \frac{\varphi}{L} (a + K_M B/\tau)(a + K_M B/\tau + K_K K_B Bv) dt. \quad (2.102)$$

де tr — час руху іонів у магнітному полі, с.

З урахуванням (2.70), (2.85) і (2.86) вираз (2.102) можна записати у вигляді:

$$\Delta n_{i_2} = \alpha_i N_a C_i \zeta_i v_i^0 f_i t \frac{\varphi}{L} (a + K_M B/\tau)(a + K_M B/\tau + K_K K_B Bv) e^{\frac{mN_a(K_i^2 B^2 - 2K_i Bv)}{2RT}}. \quad (2.103)$$

Зміна концентрації іонів у розчині 2 буде визначатися залежністю:

$$\Delta C_{i_2} = C_i v_i^0 f_i t \frac{\varphi}{L} (a + K_M B/\tau)(a + K_M B/\tau + K_K K_B Bv) e^{\frac{mN_a(K_i^2 B^2 - 2K_i Bv)}{2RT}}. \quad (2.104)$$

Таким чином, обробка насіння в магнітному полі призведе до збільшення

концентрації мінеральних речовин, які беруть участь у хімічних реакціях.
Це збільшує їх швидкість.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА НАСІННЯ ЗЛАКОВИХ КУЛЬТУР

3.1 Лабораторний пристрій для проведення експериментальних досліджень впливу магнітного поля на насіння зернових культур

У результаті теоретичних досліджень встановлено, що діючими факторами при обробці насіння сільськогосподарських культур у магнітному полі є магнітна індукція та її градієнт (9-полюсний поділ), кількість переміщень та швидкість руху насіння в магнітному полі.

Для експериментальних досліджень дії магнітного поля на насіння сільськогосподарських рослин розроблено лабораторну установку, зображену на рисунку 4.1.

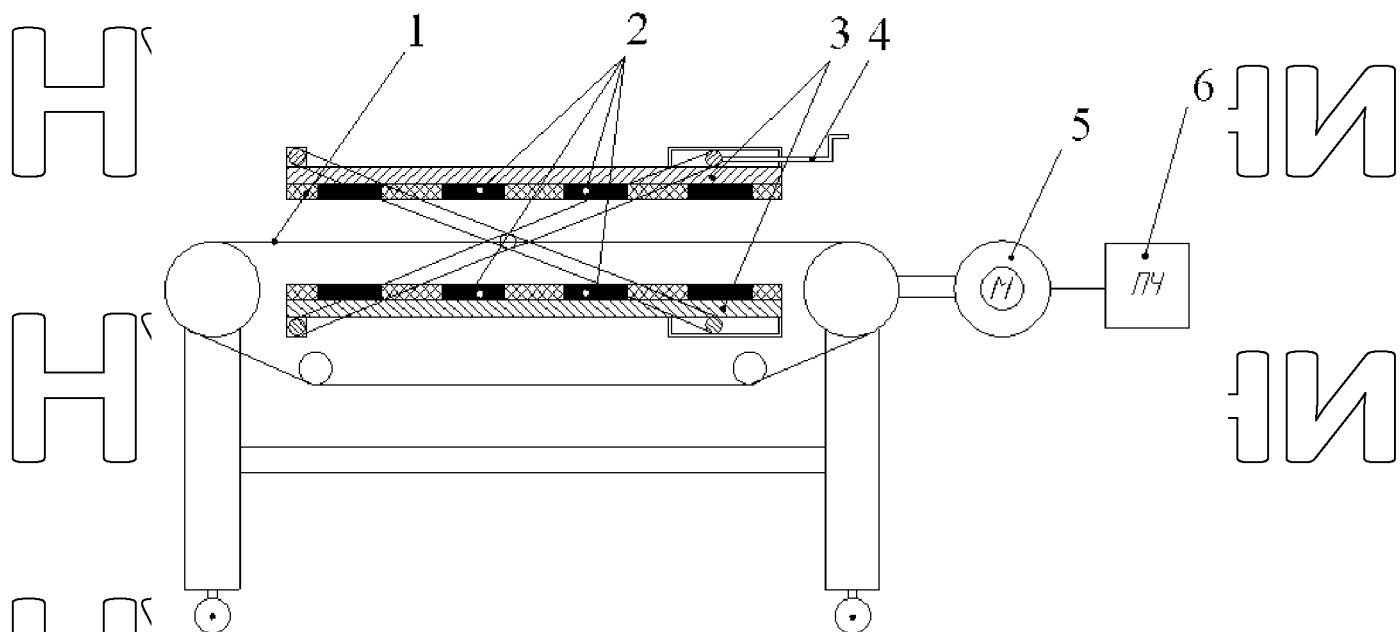


Рис. 3.1. Пристрій для магнітної обробки насіння зернових:

1 – конвеєрна стрічка; 2 – постійні магніти; 3 – сталева пластина; 5 – електродвигун; 6 – перетворювач частоти

НУБІП України

Установка містить чотири пари магнітів 2 з інтерметалічного композиту NdFeB, розташованих паралельно над і під конвеєрною стрічкою зі змінною полярністю. Магніти розташовані на пластині 3 зі сталі.

Спереду магніти розміщені між двома стрічками з нержавіючої сталі, що дозволяє переміщати магніти, змінюючи відстань між ними. Щілини між магнітами заповнені дерев'яними паличками різної ширини, щоб забезпечити належне значення поділу полюсів.

Необхідну величину магнітної індукції встановлюють зміною відстані між магнітопроводами регулятором магнітної індукції 4.

Щоб забезпечити можливість розміщення магнітної пластини під конвеєрною стрічкою, в її конструкції передбачено використання чотирьох роликів.

Транспортер 1 приводиться в рух трифазним асинхронним електродвигуном потужністю 0,25 кВт через редуктор. Двигун отримує живлення від частотного перетворювача 6, який забезпечує необхідну швидкість руху насіння в магнітному полі.

Таке технічне рішення дозволило створити простий і надійний пристрій, що забезпечує певний спосіб магнітної обробки насіння сільськогосподарських культур.

3.2. Методи експериментальних досліджень впливу магнітного поля на насіння зернових культур

Експериментальні дослідження впливу магнітного поля на насіння зернових культур проводили на розробленій лабораторній установці (рисунок 3.1).

Насіння рухалося вздовж конвеєрної стрічки через магнітне поле, створене чотирма парами постійних магнітів, розташованих паралельно над і під конвеєрною стрічкою зі змінною полярністю.

Магнітна індукція регулювалася зміною відстані між магнітами в діапазоні 0 - 0,5 Тл і вимірювалася тесламетром 43205/1.

Розподіл полюсів змінювався шляхом зміни відстані між магнітами в межах 0,14 - 0,32 м.

Швидкість руху насіння через магнітне поле регулювалася в межах 0,4-0,8 м/с шляхом зміни кутової швидкості приводного двигуна конв'єрсної стрічки за допомогою частотного перетворювача.

Дослідження впливу режимних параметрів обробки насіння в магнітному полі на посівні якості насіння проводили з використанням теорії планування досліду [93].

У дослідженні використовувався ортогональний центральнокмпозитний дизайн або дизайн Бокса-Бенкіна.

За фактори брали магнітну індукцію, швидкість руху насіння (в деяких дослідах і поділ полюсів), початкові значення енергії проростання, схожості та біопотенціалу.

На основі однофакторних дослідів визначено значення верхнього, нижнього та основного рівнів фактора, які розраховані для магнітної індукції відповідно 0; 0,65 і 0,130 Т, для швидкості руху насіння - 0,4; 0,6 і 0,8 м/с, поділ полюсів - 0,14; 0,23 і 0,32 м.

Насіння, оброблене магнітним полем, пророщували та визначали енергію проростання та швидкість проростання [94, 95].

Енергію проростання насіння в індивідуальному аналізованому зразку розраховують у відсотках за формулою:

$$E = \frac{500 - n}{500} \cdot 100 \% \quad (3.1)$$

де n - кількість насінин, які не проросли протягом 72 годин; 500 - це кількість насінин у зразку для аналізу.

Схожість (схожість) насіння кожної досліджуваної проби у відсотках розраховували за формулою:

$$G = \frac{500 - n_1}{500} \cdot 100 \% \quad (3.2)$$

де n_1 – кількість насінин, які не проросли протягом 120 годин, шт.

Обробка результатів багатоваріантних експериментів відбувалася за методикою, описаною в пунктах 2.1.2 та 2.1.4.

4.3. Методи визначення ефекту магнітної обробки насіння

Загальним недоліком існуючих методів електромагнітної стимуляції є відсутність інструментального визначення лікувальної дози. Його

оптимальне значення визначається наслідками – отриманими результатами,

які значною мірою залежать від агрокліматичних факторів, родючості ґрунту, застосовуваної технології вирощування тощо.

Тому при визначенні оптимальних методів магнітного лікування

важливим питанням є вказівка на його дію, що потребує наукового

обґрунтування та вирішення [61].

Проведені дослідження показали, що для визначення ефекту магнітної

обробки найбільш доцільно використовувати потенціометричні методи

вимірювання, які дозволяють проводити вимірювання в суспензії без

спеціальної підготовки зразка, що не піддається впливу електричного або

магнітного поля.

Оскільки більшість хімічних реакцій, що відбуваються в насінні

сільськогосподарських рослин, є окисно-відновними, ефект магнітної

обробки рекомендується визначати за зміною біопотенціалу насіння.

Біопотенціал вимірюють рН-метром-мільвольтметром або іонометром із

системою електродів, що складається з платинових вимірювального та

хлоридсрібного допоміжного електродів.

Для вимірювання біопотенціалу розроблено вимірювальний електрод,

який являє собою пластину з платини із загостреним кінцем у формі ножа. У

паросток пророщеного насіння вставляють платиновий електрод. Як

допоміжний електрод використовувався стандартний хлорсрібний

електрод.

Визначасмо різницю в біопотенціалі необроблених і оброблених зародків насіння в магнітному полі і порівняємо її зі значенням розширеної невизначеності вимірювання цього значення. Якщо різниця біопотенціалів перевищує розширену невизначеність вимірювання, то можна стверджувати про вплив магнітної обробки на процеси, що відбуваються в насінні.

При розробці методу визначення ефекту магнітної обробки насіння необхідно констатувати невизначеність вимірювань. Однак у настанові зазначено лише загальні підходи до розрахунку невизначеності вимірювання.

Тому виникла потреба у розробці методики розрахунку невизначеності вимірювання біопотенціалу при магнітній обробці картоплі.

При вивченні невизначеності вимірювань проводили вимірювання біопотенціалу проростків необробленого та протрушеного насіння в магнітному полі за допомогою іонометра І-160М у п'ятикратному повторенні. За результатами вимірювання біопотенціалу визначено середнє значення вимірюваної величини:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k, \quad (3.3)$$

де x_k – спостереження за вимірюваною величиною, n – кількість вимірювань.

Дослідження невизначеності вимірювань біопотенціалу насіння проводили згідно з рекомендаціями щодо розрахунку невизначеності вимірювань [96].

Для цього розраховували середнє значення кореня з квадратичного відхилення вимірюваної величини за формулою:

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2}. \quad (3.4)$$

Стандартні невизначеності типу А визначалися експериментальним стандартним відхиленням середнього [96]:

$$u(\bar{x}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad (3.5)$$

Стандартну невизначеність типу В отримують з даних попередніх вимірювань або в результаті накопиченого досвіду чи загальних знань про поведінку та властивості відповідних матеріалів і пристроїв; характеристики виробника приладу або еталонної речовини, видані свідоцтва про метрологічну атестацію, перевірку, калібрування; невизначеність, пов'язану з довідковими даними.

Якщо розподіл вимірюваної величини є прямокутним, стандартна невизначеність типу В визначається за формулою [96]:

$$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}}, \quad (3.6)$$

де a – межі гранично допустимих похибок вимірювального приладу.

Загальну стандартну невизначеність розраховували за формулою [96]:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)} = \sqrt{c_i^2 u(x_i)^2}, \quad (3.7)$$

де $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ – коефіцієнт чутливості,

а розширену невизначеність – за формулою:

$$U = k \cdot u_c(y), \quad (3.8)$$

де $k=2$ – коефіцієнт охоплення для 95% рівня довіри [96].

Рівняння моделі вимірювання біопотенціалу необхідне для розрахунку загальної стандартної невизначеності. Рівняння моделі вимірювання біопотенціалу має вигляд [8]:

$$БП = 820 - E_0 - 2,3 \frac{RT}{zF} \lg \frac{a_{ox}}{a_{red}}, \quad (3.9)$$

де E_0 – стандартний потенціал, a_{ox} – концентрація окисненої форми іонів; a_{red} – концентрація відновленої форми іонів.

Тоді загальна стандартна невизначеність вимірювання біопотенціалу згідно з рівнянням (3.9) розраховується за формулою:

$$u^2(БП) = u^2(E_0) + \left(\frac{2,3RT}{zF} \lg \frac{a_{ox}}{a_{red}}\right)^2 u^2(T), \quad (3.10)$$

або

$$u^2(БП) = u^2(E_0) + \frac{E - E_0}{T} u^2(T). \quad (3.11)$$

Похибка вимірювання потенціалу електродної пари повинна визначатися щодо типу А експериментальним стандартним відхиленням середнього значення. Тип В обчислює невизначеність, пов'язану зі змінами температури.

Розрахунок невизначеності вимірювання біопотенціалу зародків насіння наведено в таблиці. 3.1.

Таблиця 3.1

Розрахунок невизначеності вимірювання біопотенціалу насіння іонометром І-160М

Вхідні значення x_i	Значення оцінки	+/-	Тип невизначеності	Розподіл ймовірностей	Стандартна невизначеність $u(x_i)$	Коефіцієнт чутливості становить	Внесок невизначеності $u(y)$	Відсотковий вклад
Виміряне значення біопотенціалу В	448	-	I	нормальне	0,71	1.0	0,71	88,8
Відхилення температури розчину, °З	0	1.0	I	Прямокутний	0,58	-0,16	0,09	11,2
Певне значення біопотенціалу	448	-			0,91		-	
Розширена невизначеність при $k=2$, мВ					1,83			

Отже, ефект від магнітної обробки насіння настане, коли різниця між вимірними значеннями біопотенціалу до і після обробки насіння в магнітному полі перевищить 2 мВ.

3.5. Експериментальні дослідження зміни біопотенціалу насіння зернових культур при передпосівній обробці магнітним полем.

При обробці насіння в магнітному полі змінюється швидкість хімічних і біохімічних реакцій у рослинній клітині, які є насамперед окисно-відновними. В результаті змінюється окисно-відновний потенціал (біопотенціал) насіння.

Експериментальні дослідження впливу магнітного поля на біопотенціал насіння проводили з насінням гороху сорту Адагумський, квасолі сорту Грибовський, жита сорту Харківський 98, вівса сорту Деснянський, ячменю сорту Сонцедар, огірка сорту Сквирський, соняшнику сорту Люкс. "

Насіння рухалося по конвеєрній стрічці через створене магнітне полечотири пари постійних магнітів. Магнітна індукція регулювалася в діапазоні 0-0,5 Тл, швидкість конвеєрної стрічки - 0-0,8 м/с.

Насіння, оброблене магнітним полем, пророщували та вимірювали значення біопотенціалу зародків необробленого та обробленого насіння в магнітному полі.

Залежність зміни біопотенціалу паростків гороху від магнітної індукції та швидкості руху при передпосівній обробці насіння в магнітному полі наведено на рисунку 3.6. При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл біопотенціал зростає, а при подальшому його збільшенні починає зменшуватися. При магнітній індукції, яка перевищувала 0,13 Тл, біопотенціал практично не змінювався, але перевищував його значення в насінні, яке не було оброблене магнітним полем.

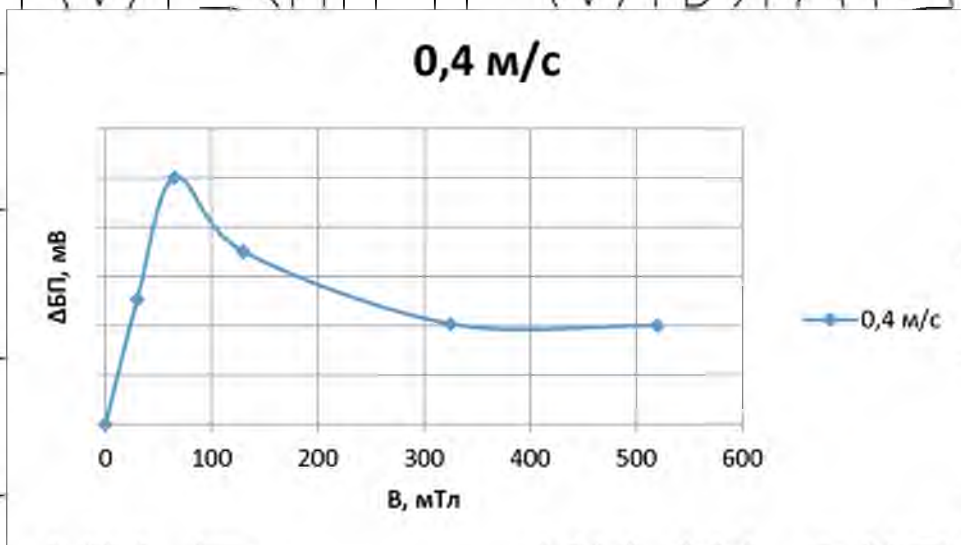
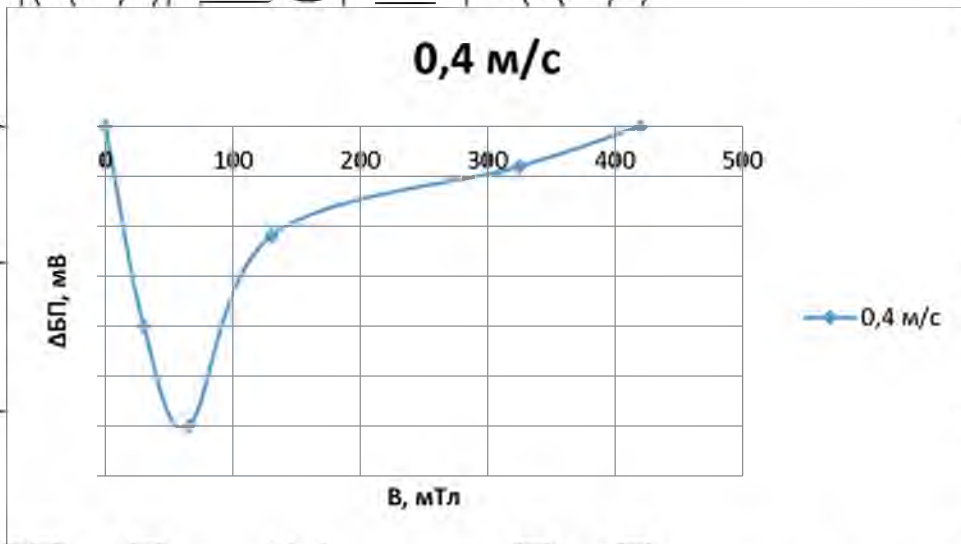
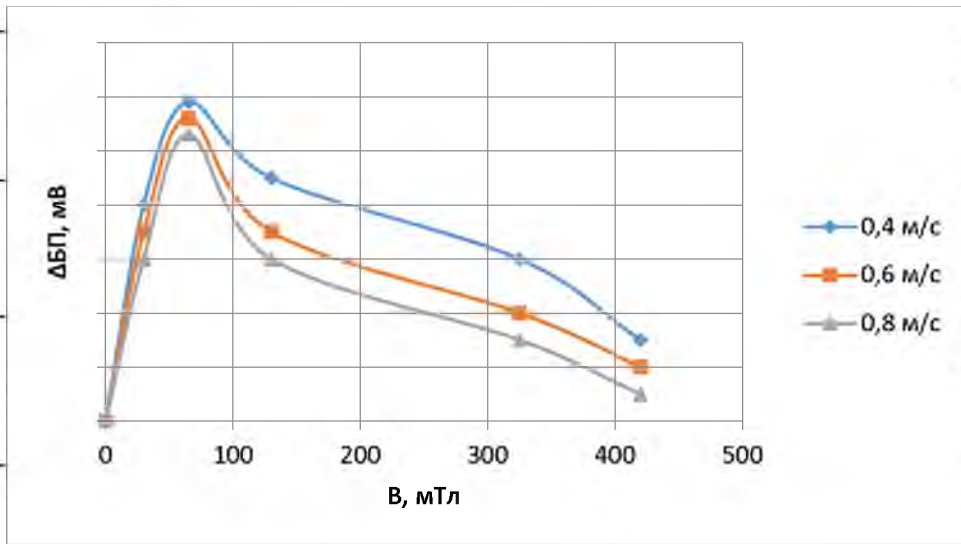


Рис. 3.6. Залежність зміни біопотенціалу насіння від магнітної індукції та швидкості руху в магнітному полі:
а - жито; б – овес; в - ячмінь

Дослідження впливу параметрів способу обробки на зміну біопотенціалу насіння проводили методом планування досліду.

Рівняння регресії, що зв'язує біопотенціал насіння з режимними параметрами обробки, має такий фізичний вигляд:

для жита

$$\Delta BII = 34,825 + 1124B - 33,426v - 18,519Bv - 8532B^2 \quad (3.12)$$

для вівса

$$\Delta BII = 34,825 + 1124B - 33,426v - 18,519Bv - 8532B^2 \quad (3.13)$$

для ячменю

$$\Delta BII = 34,825 + 1124B - 33,426v - 18,519Bv - 8532B^2 \quad (3.14)$$

Проведені експериментальні дослідження зміни біопотенціалу насіння під час його обробки в магнітному полі підтвердили доцільність отриманої аналітичної залежності. Зміна біопотенціалу насіння при передпосівній обробці в магнітному полі залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що найбільше змінюється біопотенціал насіння при магнітній індукції 0,065 Тл.

На біопотенціал насіння під час передпосівної обробки в магнітному полі також впливає швидкість його руху, але в діапазоні швидкостей 0,4-0,8 м/с є менш важливим фактором, ніж магнітна індукція. Найвищі значення біопотенціалу насіння досягалися при швидкості 0,4 м/с.

За такого режиму обробки біопотенціал насіння гороху збільшився на 33 мВ, квасолі – на 38 мВ, жита – на 59 мВ, вівса – на 30 мВ, ячменю – на 50 мВ,

огірка – на 58 мВ, соняшнику – на 34 мВ, що значно перевищує поширену невизначеність вимірювання біопотенціалу насіння (2 мВ).

3.6. Експериментальні дослідження зміни водопоглинання насіння

зернових культур під час передпосівної обробки в магнітному полі.

При обробці насіння в магнітному полі швидкість дифузії молекул води через клітинну мембрану збільшується, що призводить до більшого поглинання води насінням.

Експериментальні дослідження водопоглинання насіння при обробці в магнітному полі проводили з насінням пшениці сорту «Наталка» та ячменю сорту «Солнцедар».

Насіння рухалося по конвеєрній стрічці через магнітне поле, створене чотирма парами постійних магнітів, розташованих із змінною полярністю.

Магнітну індукцію регулювали в межах 0-0,5 Тл, а швидкість руху насіння через магнітне поле в межах 0-0,8 м/с.

Контрольне та магнітно оброблене насіння зважували до замочування та після замочування в дистильованій воді протягом 30 хвилин. Питоме водопоглинання розраховували за формулою [18]:

$$\gamma = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\% \quad (3.15)$$

де m_2 – маса насіння (контрольного та обробленого) після зрошення; m_1 – маса насіння до поливу.

Експериментально встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл поглинання води в насінні збільшується, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися (рис. 4.7). При магнітній індукції понад 0,130 Тл водопоглинання насіння суттєво не змінюється і становить у середньому 11,5 % для насіння пшениці (у контролі – 8,3 %), ячменю – 17% (у контролі – 9,8 %).

Дослідження впливу режимних параметрів обробки насіння в магнітному полі на водопоглинання насіння проводили за допомогою теорії

планування дослідів. На основі однофакторних експериментів визначено значення верхнього, нижнього та основного рівнів фактора, які для магнітної індукції становили 0; 0,65 і 0,13 Т, для швидкості руху насіння - 0,4; 0,6 і 0,8 м/с.

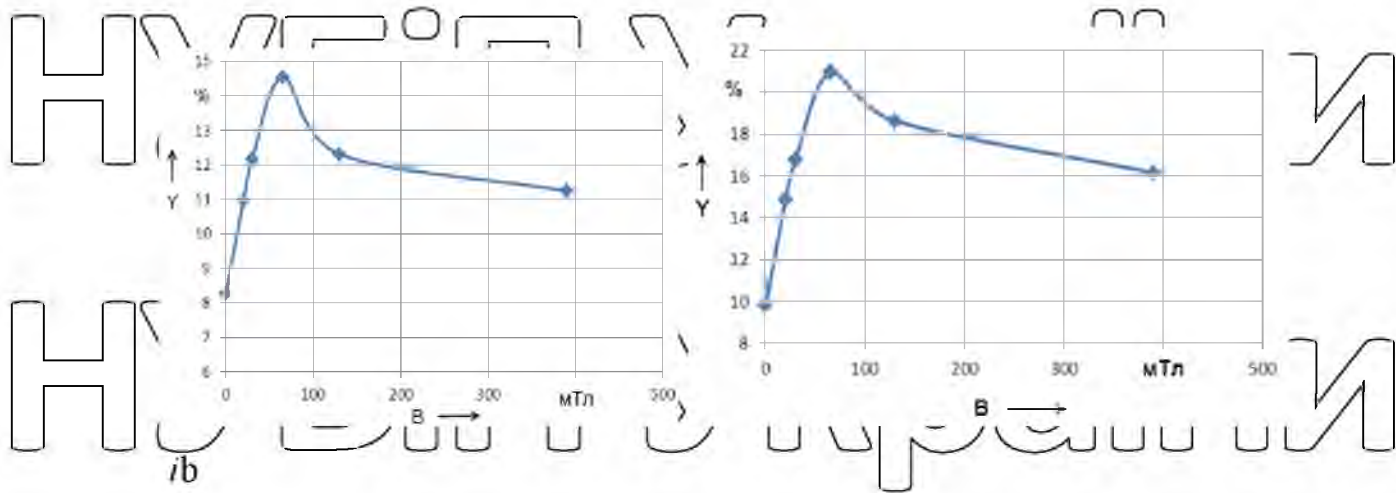


Рис. 3.7. Залежність питомого водопоглинання насіння пшениці (а) та ячменю (б) від магнітної індукції

За результатами багатфакторного експерименту отримано рівняння регресії, які у фізичному вираженні мають вигляд (рисунк 3.8):

для насіння пшениці

$$Y = 8,894 + 1,54,53B - 1,028v - 33,333Bv - 844,18B^2; \quad (3.16)$$

для насіння ячменю

$$Y = 9,836 + 298,33B - 0,486v - 75Bv - 1562B^2. \quad (3.17)$$

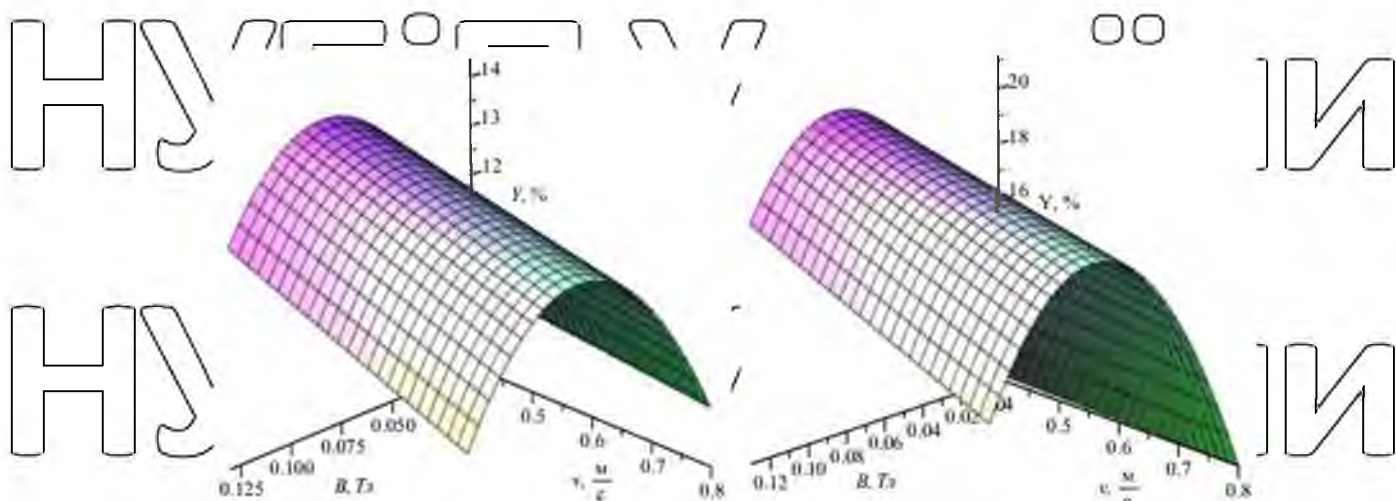


Рис. 3.8. Зміна питомого водопоглинання при обробці насіння пшениці (а) та ячменю (б) в магнітному полі

Максимальне поглинання води насінням відбувається при магнітній індукції 0,065 Тл. Ефект магнітної обробки також залежить від швидкості руху насіння, але в діапазоні швидкостей 0,4-0,8 м/с це менш важливий фактор, ніж магнітний. індукція. .

Проведені експериментальні дослідження підтвердили правильність отриманої аналітичної залежності (2.67).

За результатами досліджень встановлено, що найбільше водопоглинання насіння збільшується при магнітній індукції 0,065 Тл, чотирикратному перемагнічуванні та швидкості руху насіння 0,4 м/с. При цьому відносне водопоглинання насіння пшениці підвищується на 6%, ячменю – на 11%.

3.7. Експериментальні дослідження зміни енергії проростання та проростання насіння зернових культур за передпосівної обробки в магнітному полі.

Збільшення швидкості хімічних і біохімічних реакцій у насінні під впливом магнітного поля, розчинності солей і кислот, дифузії кисню і води через клітинну мембрану, прискорення транспорту іонів призводять до збільшення енергії пророщування та пророщування насіння сільськогосподарських культур.

Експериментальні дослідження впливу магнітного поля на енергію проростання та проростання насіння зернових культур проводили з насінням пшениці сорту Наталка, жита сорту Харківський 98, ячменю сорту Сонцедар, кукурудзи Зоря. 123 та овес сорту Деснянський.

Експериментальні залежності енергії проростання насіння від магнітної індукції поділу полюсів і швидкості руху в магнітному полі наведено на рис.

10, а. При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл енергія проростання насіння зростає, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися. При магнітній індукції понад 0,13 Тл енергія проростання змінюється незначно, але більша, ніж у контролі.

Рис. 3.9. Залежності енергії проростання насіння зернових культур від

магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі:

а – пшениця, б – жито, в – ячмінь; г – кукурудза

Для визначення рівнянь регресії, що зв'язують енергію проростання з параметрами обробки насіння в магнітному полі, використовували ортогональний центрально-композитний метод проектування експерименту.

За результатами багатофакторного експерименту отримано рівняння регресії для енергії проростання насіння зернових культур, які у фізичному вираженні мають вигляд:

для пшениці

$$E = 80,021 + 680,889B - 60,889v + 300Bv - 5733B^2; \quad (3,18)$$

для жита

$$E = 55,5 + 821B - 3,61v - 153,85Bv - 4536B^2; \quad (3,19)$$

для ячменю

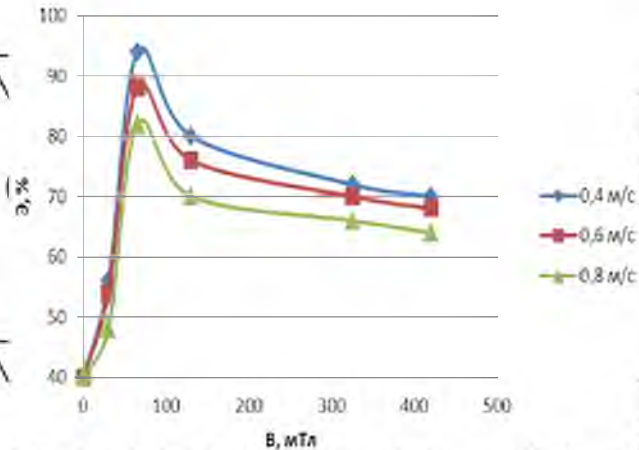
$$E = 52,907 + 1021B - 8,611v - 153,846Bv - 6062B^2; \quad (3,20)$$

для кукурудзи

$$E = 43,91 + 576,92B - 5,28v - 64,1Bv - 3734B^2. \quad (3,21)$$

На енергію проростання насіння, крім магнітної індукції, впливає також швидкість руху насіння в магнітному полі, але це менш важливий фактор, ніж магнітна індукція. Максимальна енергія проростання насіння зернових культур становила 0,065 Тл за магнітної індукції та швидкості руху насіння 0,4 м/с.

Дослідження впливу розподілу полюсів на енергію проростання насіння були проведені з використанням дизайну Бокса-Бенжона. Експериментальні залежності енергії проростання насіння від магнітної індукції поділу полюсів і швидкості руху в магнітному полі наведено на рисунку 4.10.



Фіг. 3.10 Залежність енергії проростання насіння вівса від магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі під час поділу полюсів:

$$i - 0,14 \text{ м}; b - 0,23 \text{ м}; v - 0,32 \text{ м}$$

За результатами багатofакторного експерименту отримано рівняння регресії для енергії проростання насіння вівса, яке у фізичному вираженні має вигляд:

$$E = 42,6 + 6781B - 2,5v - 9,7\tau - 153,9Bv - 213,7B\tau - 3461,5B^2. \quad (3.22)$$

Виявилося, що спільне використання полюсів є менш важливим фактором, ніж магнітна індукція. У межах варіації 0,23±0,09 м енергія проростання насіння не змінюється більш ніж на 3 %.

За передпосівної обробки насіння в магнітному полі з індукцією 0,065 Тл, чотириразовим перемагнічуванням, поділом полюсів 0,23 м і швидкістю руху насіння 0,4 м/с енергія проростання насіння пшениці зросла на 50%, ячменю – на 42%, жита – на 30%, кукурудзи – 24%, вівса – 24%.

Залежності проростання насіння зернових культур від магнітної індукції та швидкості руху в магнітному полі показано на рис. 4.11. При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл схожість насіння підвищується, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починає зменшуватися. При

магнітній індукції понад 0,130 Тл схожість насіння практично не змінювалася, але була більшою, ніж у контролі. Збільшення швидкості руху насіння в магнітному полі знижує його схожість.

Рис. 3.11. Залежності проростання насіння зернових культур від магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі:

i - пшениця; *б* - жито; *v* – ячмінь; *г* - кукурудза

За результатами багатофакторного експерименту отримано рівняння регресії схожості насіння зернових культур, яке у фізичному вираженні має

вигляд:

для пшениці

$$G = 75,831 + 533,667B - 9,875v - 91,667Bv - 3511B^2; \quad (3.23)$$

для жита

для ячменю

$$G = 71,61 + 721,82B - 3,61v - 153,85Bv - 4339B^2; \quad (3.24)$$

$$G = 58,63 + 988,034B - 4,444v - 192,308Bv - 5667B^2; \quad (3.25)$$

для кукурудзи

$$G = 48,81 + 702,4B - 5,97v - 121,79Bv - 4339B^2; \quad (3.26)$$

Найбільшу схожість мало насіння, оброблене в магнітному полі за магнітної індукції 0,065 Тл і швидкості руху 0,4 м/с.

Вплив полюсного поділу на схожість насіння вівса вивчали методом планування дослідів із застосуванням дизайну Бокса-Бенкіна.

Експериментальні залежності проростання насіння вівса від магнітної індукції, розподілу полюсів і швидкості руху в магнітному полі наведено на рисунку

4.12.

фіг. 3.12. Залежність проростання насіння вівса від магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі при поділі полюсів:

$i = 0,14 \text{ м}; b = 0,23 \text{ м}; v = 0,32 \text{ м}$

В результаті експерименту було отримано рівняння регресії, яке має фізичний вигляд:

$$G = 64,5 + 636,5B + 1,25v - 16,7\tau - 192Bv - 341,9B\tau - 2899,4B^2. \quad (3,27)$$

Поляризація є менш важливим фактором, ніж магнітна індукція. У межах зміни полюсного розподілу $0,23 \pm 0,09 \text{ м}$ подібність змінюється максимум на 5%. схожість насіння зернових культур при магнітній індукції $0,065 \text{ Тл}$, чотириразовому перемагнічуванні, поділі полюса $0,23 \text{ м}$ і швидкості руху насіння $0,4 \text{ м/с}$ схожість насіння пшениці підвищилася на 22%, ячменю - на 38%, жита - на 26%, кукурудзи - 28%, овес - 20%.

3.8. Вплив замочування насіння в магнітоактивованій воді на енергію проростання та проростання насіння при передпосівній обробці в магнітному полі.

На основі проведених досліджень впливу магнітного поля на зміну рН, ОВП, електропровідності водного розчину та концентрації розчиненого в ньому кисню встановлено, що найбільш ефективним методом магнітної обробки водних розчину проводять при магнітній індукції $0,065 \text{ Тл}$, чотириразовому перемагнічуванні та швидкості руху розчину $0,4 \text{ м/с}$.

Дослідження зміни посівних властивостей насіння при обробці його в магнітному полі показали, що найбільш ефективними режимами обробки насіння сільськогосподарських рослин є такі ж і водні режими. Тому були проведені дослідження впливу замочування насіння в магнітоактивованій воді на зміну посівних характеристик.

Дослідження проводили з насінням вівса, обробленим магнітним полем. Оброблене насіння замочували у водопровідній воді та у воді, обробленій у

магнітному полі при магнітній індукції 0,065 Тл, чотириразовому перемагнічуванні та швидкості руху 0,4 м/с.

Встановлено, що енергія проростання насіння вівса, обробленого магнітним полем і замоченого водопровідною водою, найбільше збільшилася порівняно з необробленим насінням (контроль) на 21 % при магнітній індукції 0,065 Тл і швидкості руху насіння 0,4 м/с.

Насіння вівса, оброблене таким же методом обробки магнітним полем і замочене в магнітно-активованій воді, показало збільшення енергії проростання на 25% порівняно з необробленим зерном (контроль) (рис.

3.13).

Рис. 3.13. Залежність енергії проростання (а) і проростання (б) насіння вівса, замоченого в магнітоактивованій воді, від магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі:

Насіння вівса, оброблене магнітним полем і замочене у водопровідній воді, мало найбільше збільшення схожості порівняно з необробленим насінням (контроль) на 16%. Для насіння вівса, обробленого магнітним полем і замоченого в магнітоактивованій воді, схожість підвищилася на 19% (рис. 4.19).

Таким чином, на основі проведених досліджень можна досягти того, що замочування насіння в магнітоактивованій воді покращує його посівні властивості.

3.9. Зміни енергії проростання та схожості насіння в часі після обробки в магнітному полі

Для визначення тривалості ефекту магнітної обробки були проведені дослідження зміни енергії проростання та проростання насіння жита протягом одного місяця після обробки в магнітному полі.

Для цього насіння жита обробляли в магнітному полі з магнітною індукцією 0,03, 0,065, 0,13, 0,325 і 0,42 Тл з чотириразовим перемагнічуванням і швидкістю руху насіння 0,4 м/с, кожні 5 діб визначали енергію проростання і насіння проростання.

Встановлено, що ефект від магнітної обробки насіння зберігається протягом місяця після обробки. Енергія проростання насіння жита (рис. 3.14, а) протягом місяця після обробки знизилася з 82 % до 78 %, тобто на 4 %. Схожість насіння жита за місяць змінилася з 96% до 92%, тобто на 4%.

Енергія проростання та схожість насіння жита, обробленого магнітним полем, були вищими, ніж у контролі, протягом місяця спостереження. Максимальна енергія проростання та проростання насіння становила 0,065 Тл за магнітної індукції.

Рис. 3.14. Зміна енергії проростання (а) та проростання (б) насіння жита, обробленого магнітним полем, у часі

3.10. Вплив магнітного поля на біометричні показники посівів

зернових культур

Передпосівна обробка насіння магнітним полем позитивно впливає на ріст і розвиток рослин.

При цьому покращуються біометричні показники рослин. На рис. 3.14 зображено схоли кукурудзи при магнітній обробці насіння в магнітному полі з різною магнітною індукцією. Найкращі біометричні показники були за магнітної індукції 0,065 мТл та швидкості руху насіння 0,4 м/с.

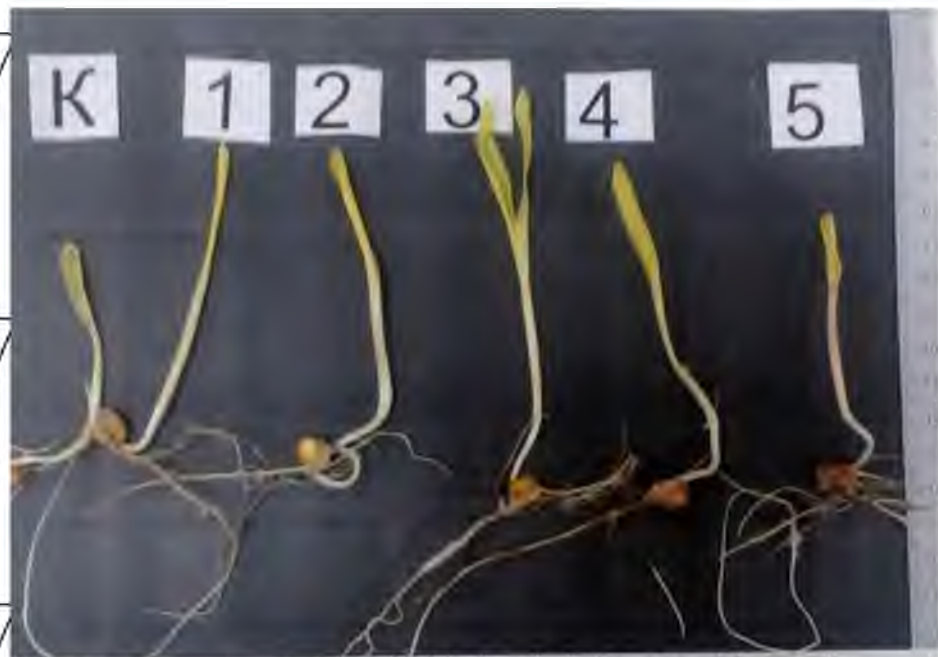


Рис. 3.14. Кукурудза проростає при обробці насіння в магнітному полі з магнітною індукцією:

1 – 20 мЛ; 2 – 30 мЛ; 3 – 65 мЛ; 4 – 130 мЛ; 5 – 190 мЛ

РОЗДІЛ 4

НУВБІП УКРАЇНИ

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР МАГНІТНИМ ПОЛЕМ

4.1. Обґрунтування структури електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння зернових культур у магнітному полі.

НУВБІП УКРАЇНИ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дали змогу обґрунтувати вимоги до електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння в магнітному полі. Він повинен забезпечувати магнітну індукцію в центрі повітряного проміжку 0,065 Тл, періодичне магнітне поле при чотирикратному перемагнічуванні і швидкість руху 0,4 м/с. Для забезпечення оптимальної дози енергії обробки насіння в магнітному полі відстань між полюсами має бути 0,23 м.

НУВБІП УКРАЇНИ

Огляд літературних джерел показав, що передпосівну обробку насіння в магнітному полі найдоцільніше проводити на апаратах транспортного типу.

Установки з постійними магнітами забезпечують найнижчі експлуатаційні витрати та нижчі порівняно з установками з електромагнітами.

НУВБІП УКРАЇНИ

Електротехнологічний комплекс для передпосівної обробки насіння в магнітному полі повинен включати конвеєр і пристрій для магнітної обробки насіння постійними магнітами. Конструкція пристрою для магнітної обробки насіння передбачає розміщення 4 пар магнітів на основі NdFeB паралельно над і під конвеєрною стрічкою змінної полярності. Магніти приклеєні до пластини зі сталі St2211. Проміжки між магнітами заповнені текстолітом. Лицьові сторони панелей покриті нержавіючою сталлю.

НУВБІП УКРАЇНИ

Конструкція конвеєра передбачає використання 4-х роликів, які забезпечують можливість розміщення магнітної пластини під конвеєрною стрічкою. Рама конвеєра в зоні розміщення пластин виконана з нержавіючої

НУВБІП УКРАЇНИ

сталі. Конвеєрна стрічка приводиться в рух трифазним асинхронним електродвигуном через редуктор.

4.2. Моделювання магнітного поля та обґрунтування геометрії

пристрою магнітної обробки з періодичною магнітною системою.

Теоретичні дослідження магнітного поля пристрою магнітної обробки насіння та аналіз його параметрів проводяться за допомогою

спеціалізованого програмного забезпечення ELCUT, яке дозволяє

досліджувати геометричний об'єкт, встановлювати зв'язки між його параметрами та властивостями матеріалу, джерелами та межами поля умови.

Пакет ELCUT можна використовувати для вирішення лінійних і нелінійних задач магнітостатики в планарних і осесиметричних налаштуваннях. Джерелом поля є зосереджені і розподілені струми і струмові шари, постійні магніти, а також зовнішні магнітні поля.

При розв'язуванні цих задач використовується рівняння Пуассона для векторного магнітного потенціалу A ($B = \text{rot } A$, де B — вектор магнітної індукції). У розглянутих задачах вектор індукції B завжди лежить у площині моделі (xz або yz), а векторний потенціал A перпендикулярний до нього.

Тільки компоненти j_z і A_z відмінні від нуля в плоскопаралельному випадку.

Вони позначаються як j і A . Для плоскопаралельних задач рівняння Пуассона

має вигляд [7, 59]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{\mu_y} \frac{\partial A}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{1}{\mu_x} \frac{\partial A}{\partial y} \right) = -j + \left(\frac{\partial H_{cy}}{\partial x} - \frac{\partial H_{cx}}{\partial y} \right) \quad (4.1)$$

де μ_x і μ_y — компоненти магнітної проникності, H_{cx} і H_{cy} — компоненти коерцитивної сили, j — густина струму. Ці значення постійні в кожному з

блоків моделі.

У нелінійному формулюванні властивості матеріалу вважаються ізотропними ($\mu_x = \mu_y$) і визначаються залежністю $B = f(H)$, яка представлена кубічним сплайном

При побудові моделі на внутрішніх і зовнішніх межах області, в нашому випадку, використовується гранична умова Діріхле.

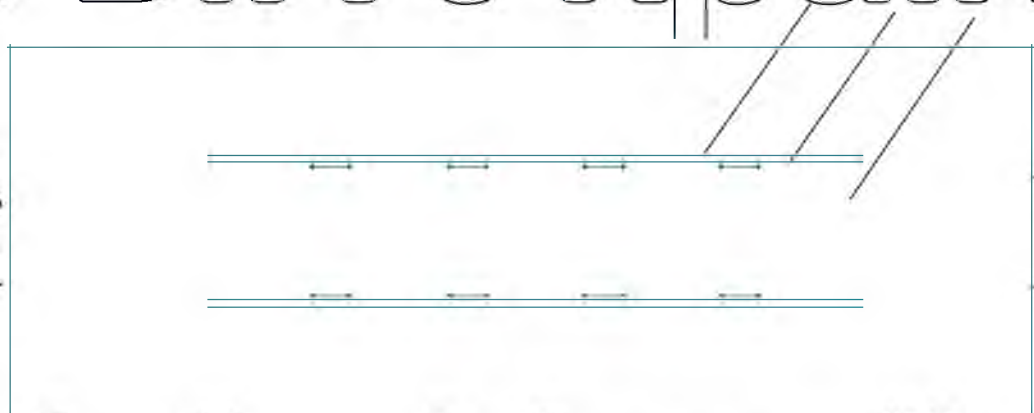
Умова Діріхле полягає в заданні заздалегідь відомого вектора магнітного потенціалу A_0 на частині межі у верхній або крайній частині моделі. Ця гранична умова визначає поведінку нормальної індукційної складової на межі. Її часто використовують для встановлення нульового значення,

наприклад, на осі симетрії задачі, або для позначення повного ослаблення поля на межі, далекій від джерел.

Нульова умова Діріхле використовується для визначення зовнішніх границь моделі, а також границь у плоскопаралельних задачах на площині.

При встановленні цієї граничної умови силові лінії магнітного поля не повинні перевищувати певної межі. Частковим прикладом нульової граничної умови Діріхле є $B_n = 0$, що означає, що нормальна складова індукції дорівнює нулю.

Для вирішення відповідної магнітостатичної задачі була створена геометрична модель у програмному середовищі ELCUT, яка представлена на рисунку 6.1а.



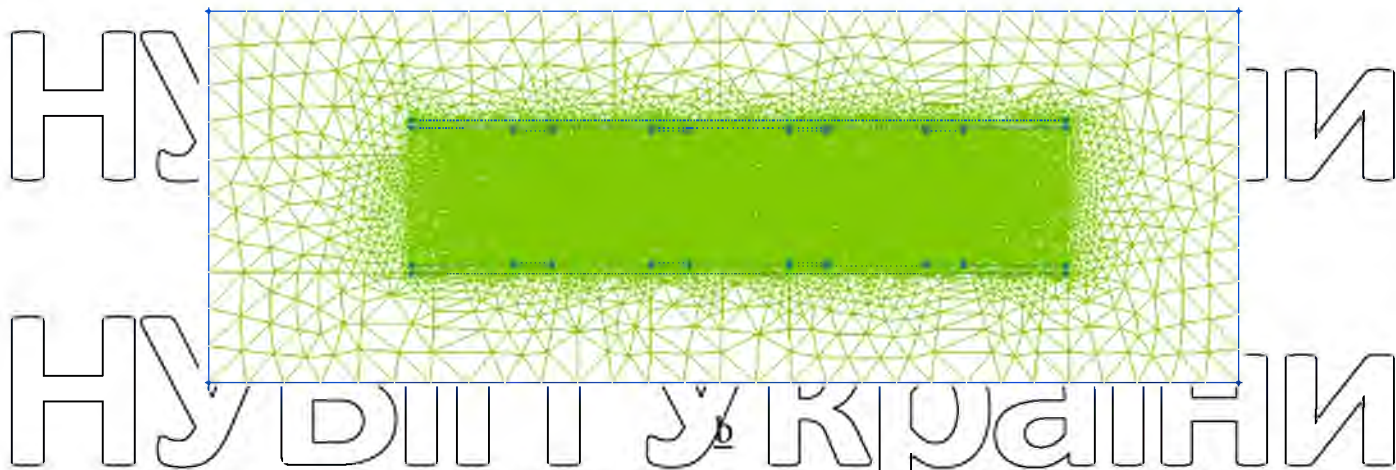


Рис. 4.1. а – геометрична модель пристрою для магнітної обробки

картоплі в програмному середовищі ELCUT:

1 – феромагнітні пластини, 2 – постійні магніти, 3 – повітряна зона;
 б – розподіл поверхні геометричної моделі на кінцеві елементи та кількість вузлів сітки

Точність розрахунків при використанні методу скінченних елементів залежить від поділу області моделі на скінченні елементи та кількості вузлів сітки скінченних елементів (рис. 4.1, б). Область геометричної моделі ELCUT розділена на кінцеві елементи так, щоб максимальна насиченість кінцевими елементами сітки припадала на активну частину моделі (повітряний зазор, феромагнітні елементи та постійні магніти).

За допомогою розробленої імітаційної моделі ELCUT було проведено аналіз пристрою магнітної обробки насіння. В результаті встановлено, що магнітна індукція 0,065 Тл в центрі повітряного проміжку забезпечується за допомогою чотирьох пар постійних магнітів з інтерметалічного NdFeB композиту N78SH розмірами 400x55x6,3 мм, які встановлені на Ст3. Сталева пластина товщиною 10 мм. Полярний полюс 230 мм, розмір повітряного зазору 90 мм.

Зображення моделі магнітного поля відображає напрямок векторів магнітної індукції та її розподіл по поперечному перерізу об'єкта моделювання (рисунок 4.2).

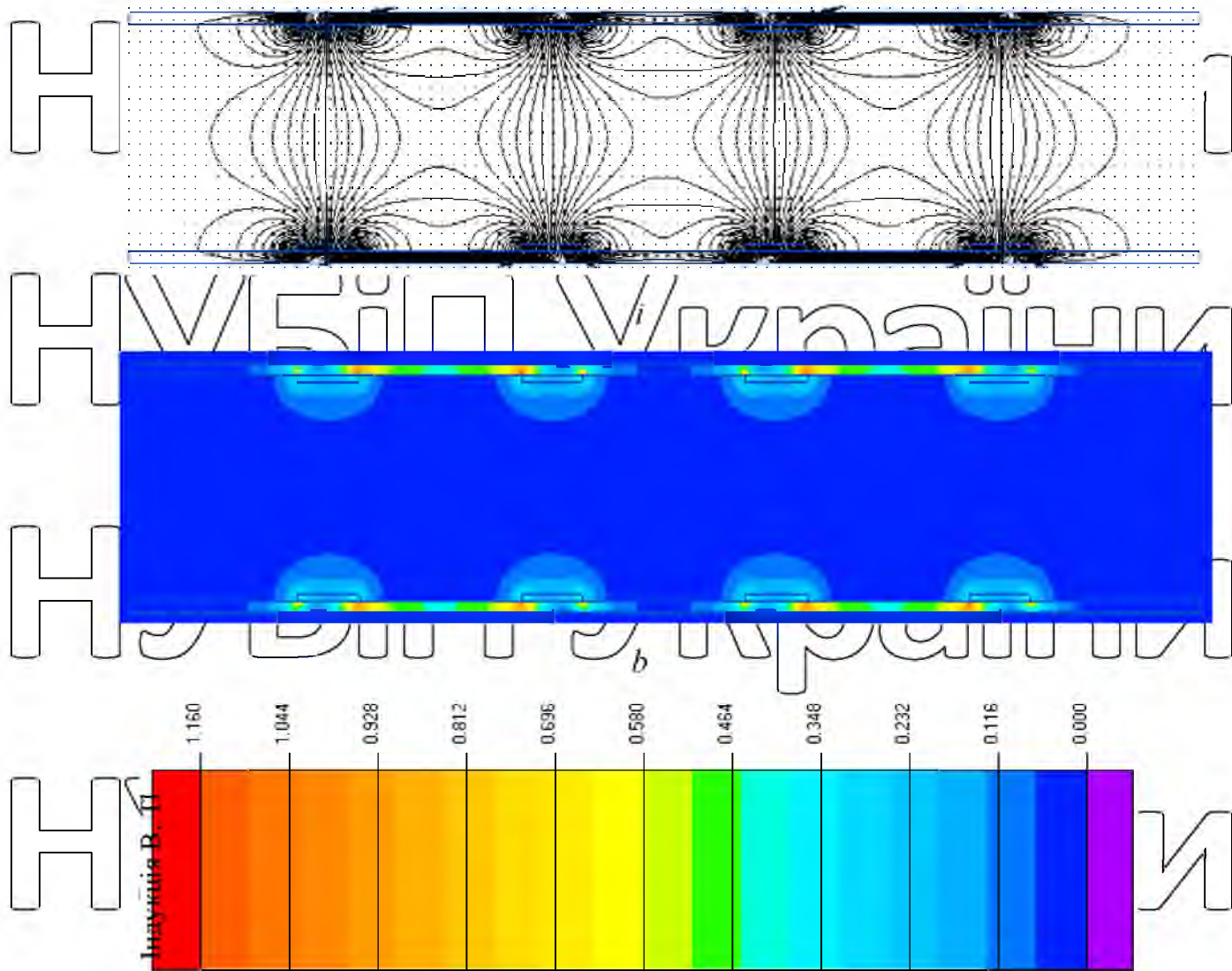


Рис. 4.2. Зображення магнітного поля пристрою магнітної обробки насіння (а), розподіл модуля магнітної індукції (б) та значення модуля магнітної індукції (в)

Залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного зазору вздовж конвеєрної стрічки наведена на рисунку 4.3.

Як випливає з наведеної залежності, магнітна індукція змінюється під час руху оброблюваного матеріалу по конвеєрній стрічці. Максимального значення вона досягає в площині установки постійних магнітів. Під час руху матеріалу по конвеєрній стрічці від одного магніту до іншого індукція

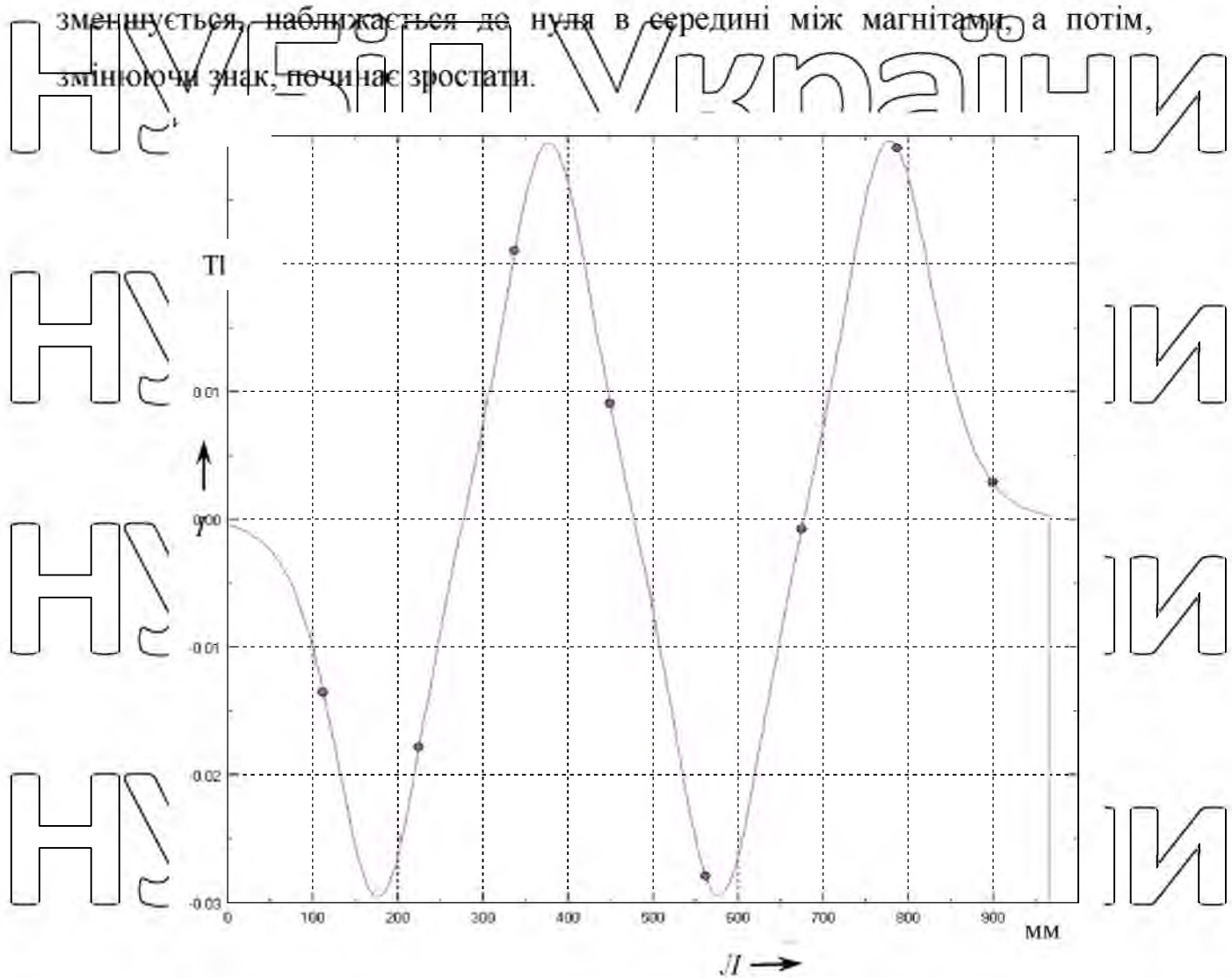


Рис. 4.3 Залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного зазору вздовж конвеєрної стрічки

4.3. Експериментальні дослідження електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння зернових культур у магнітному полі.

Експериментальні дослідження пристрою для магнітної обробки картоплі проводили шляхом вимірювання магнітної індукції тесламетром 43205 в різних точках повітряного проміжку.

При дослідженні зміни магнітної індукції вздовж конвеєрною стрічкою та центрами магнітів магнітну індукцію вимірювали на відстані 1 см від центру

нижнього магніту до центру верхнього. Експерименти проводили в трьох повторях. Їх відтворюваність визначали за допомогою критерію Кокрена. Оскільки розраховане значення критерію Кокрена, яке дорівнює 0,08, менше критичного значення 0,27, то досліди повторюють з імовірністю 95%.

Залежність магнітної індукції від відстані між конвеєрною стрічкою та центрами магнітів зображено на рисунку 4.4.

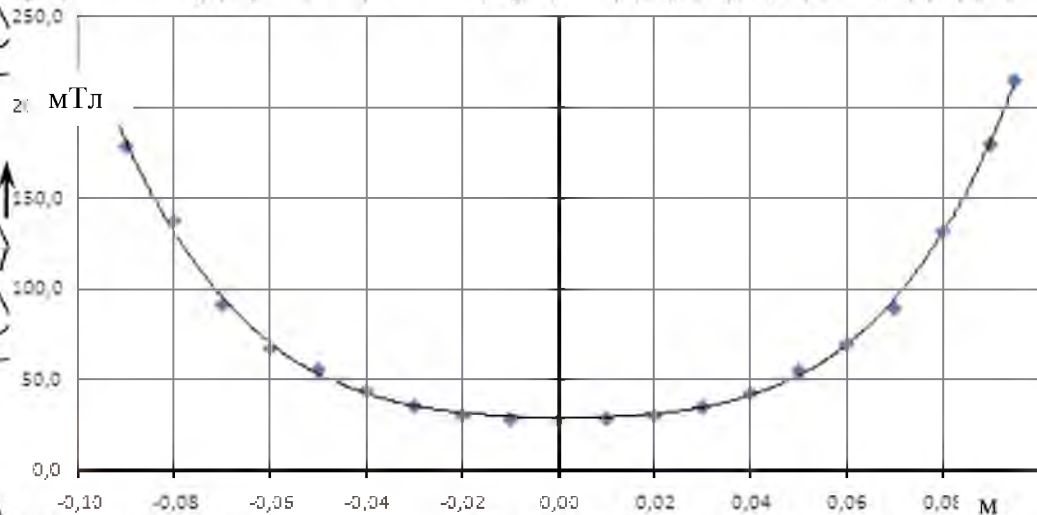


Рис. 4.4 Залежність магнітної індукції від відстані між конвеєрною стрічкою та центрами магнітів

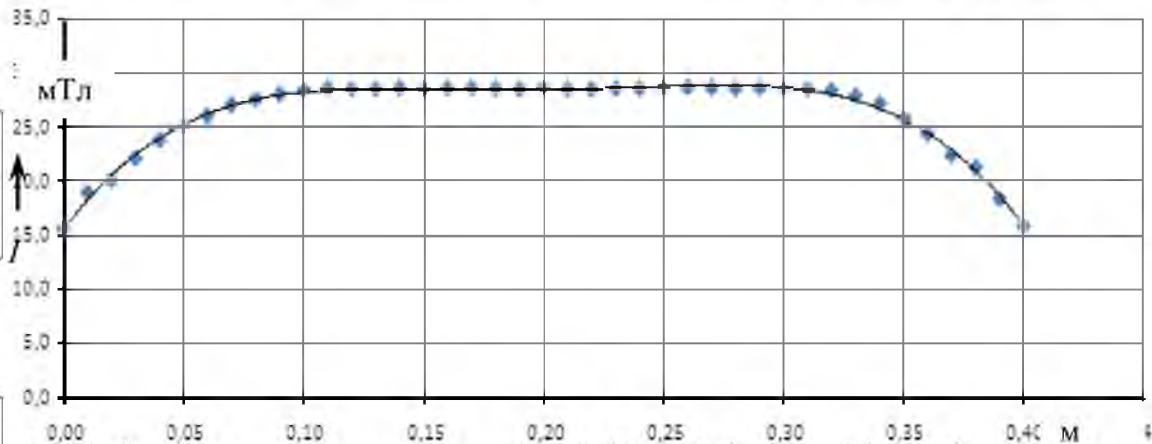
Зміну магнітної індукції в центрі повітряного проміжку між магнітами над конвеєрною стрічкою досліджували шляхом вимірювання магнітної індукції тесламетром з кроком 1 см. Експерименти проводили в трьох повторях. Їх відтворюваність визначали за допомогою критерію Кокрена.

Оскільки розраховане значення критерію Кокрена, яке дорівнює 0,07, менше критичного значення 0,16, досліди повторюють з імовірністю 95%.

Залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного проміжку між магнітами поперек конвеєрної стрічки при різних полярностях магнітів наведена на рисунку 4.5.

На підставі проведених досліджень зміни магнітної індукції в повітряному проміжку (рис. 4.4, 4.5) можна зробити висновок, що відхилення магнітної індукції в робочій зоні від оптимального значення 0,065 Тл не

перевищує 5%. При дослідженні зміни магнітної індукції в центрі повітряного зазору вздовж осі конвеєра магнітну індукцію вимірювали через кожні 1 см. Експерименти проводили в трьох повторах. Їхній



0,00 0,05 0,10 0,15 0,20 0,25 0,30 0,35 0,40 M 0,45

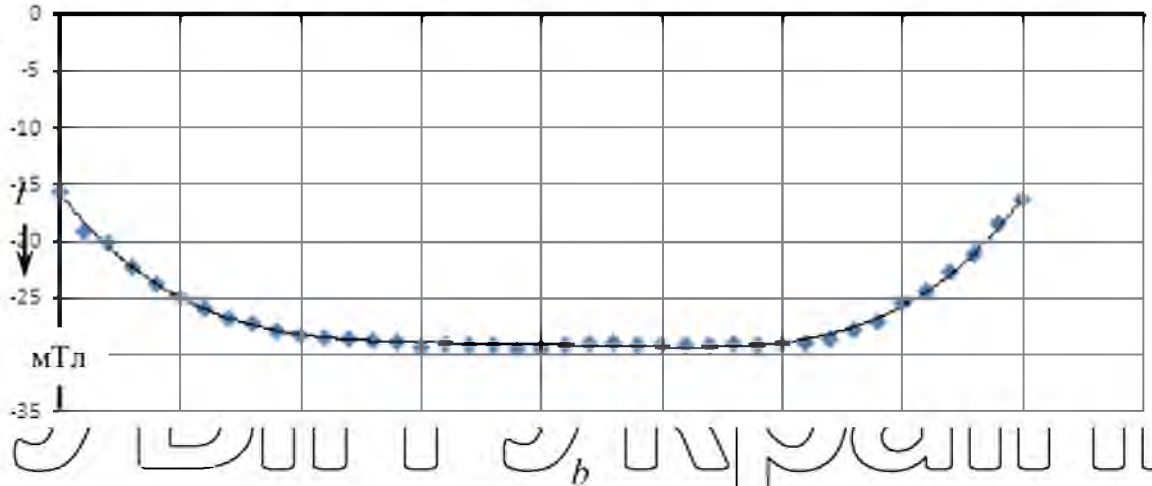


Рис. 4.5. Залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного

проміжку між магнітами поперек конвеєрної стрічки при різних полярностях

магнітів:

$i - NS; b - SN$

відтворюваність визначали за критерієм Кохрена, а відповідність

математичної моделі – за критерієм Фішера. Оскільки розрахований критерій

Фішера 0,29 менший за критичне значення 1,19, математична модель

відповідає експериментальним даним. Різниця між експериментальними і

розрахунковими значеннями не перевищує 5%. Залежність зміни магнітної

індукції в центрі повітряного зазору вздовж осі конвеєра наведено на рисунку 4.6.

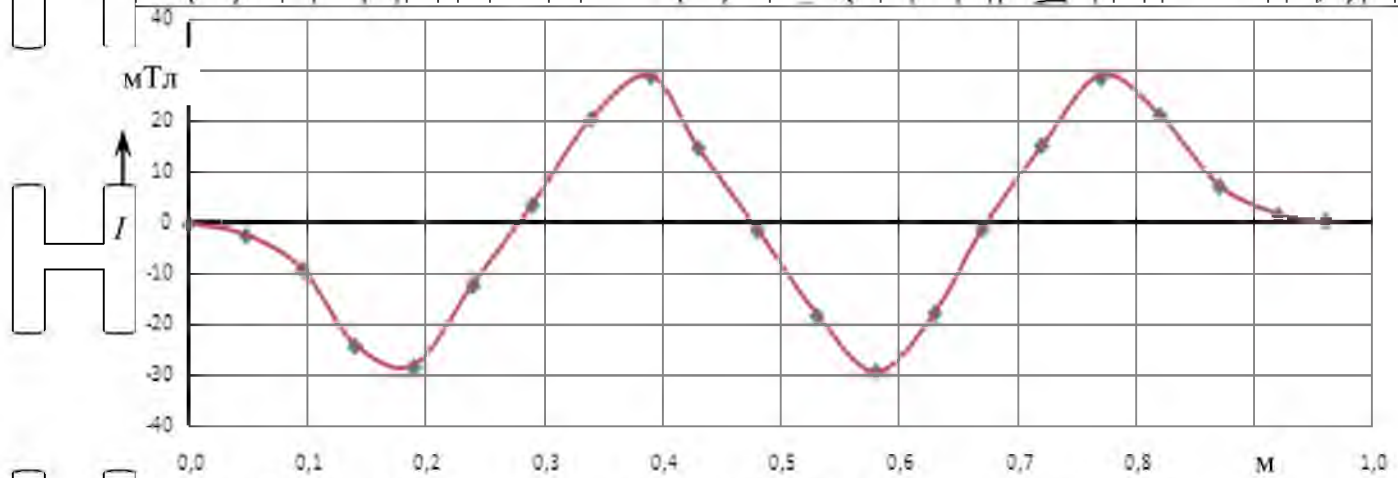


Рис. 4.6. Експериментальна залежність зміни магнітної індукції в центрі повітряного зазору вздовж осі конвеєра

4.4. Визначення тягового зусилля на приводному барабані конвеєра та потужності електродвигуна

Геометрична схема конвеєрної стрічки наведена на рис. 4.7.

Рис. 4.7. Геометрична схема конвеєра

Визначаємо носії руху і натягу стрічки у відповідних точках транспортної діаграми (рисунок 4.7):

де ε – коефіцієнт опору на відхилювальному барабані, $\varepsilon = 1,02$.

$$F_3 = F_2 + (q_c + q_{pn})lk_p = F_1\varepsilon + (q_c + q_{pn})lk_p \quad (4,3)$$

де q_c – навантаження на 1 погонний метр конвеєрної стрічки, кг/м; q_{pn} – погонне навантаження від обертових частин роликів опор, кг / м; l – довжина порожньої гілки, м; k_p – коефіцієнт опору роликонідшипників, $k_p = 0,022$.

$$F_4 = F_3 \varepsilon = F_1 \varepsilon^2 + (q_c + q_{pn}) l_{kp} \varepsilon, \quad (4,4)$$

$$F_5 = F_4 k_1 = F_1 k_1 \varepsilon^2 + (q_c + q_{pn}) l_{kp} k_1 \varepsilon, \quad (4,5)$$

де k_1 – коефіцієнт збільшення натягу стрічки при намотуванні на барабан,
 $k_1 = 1,05$.

$$F_6 = F_5 + (q_v + q_c + q_{pz}) l_{kzh} + F_{zav} + F_{bort}, \quad (6,6)$$

де k_{zh} – коефіцієнт опору роликотримувачів, $k_{zh} = 0,025$; q_v – навантаження вантажу, що перевозиться, кг/м; q_{pz} – погонне навантаження від стійок з пазами, м;

$$k_v = \rho B h, \quad (4,7)$$

де ρ – питома щільність матеріалу, що транспортується, кг/м³; B – ширина стрічки, м;
 h – висота транспортованого матеріалу, м; F_{zav} – опір навантажувального пристрою, кг; F_{bort} – опір сторін лотка.

Опір навантажувача:

$$\Phi = \frac{l_v}{B} q_6 h_z + G k_{жк}, \quad (4,8)$$

де l_v – довжина завантажувальної воронки, м; B_v – ширина воронки, м;

h_z – коефіцієнт, $h_z = 0,5$; G – сила тиску вантажу на ремінь:

$$G = 0,1 Q \sqrt{h_1}, \quad (4,9)$$

де Q – продуктивність конвеєрної стрічки, кг/с; h_1 – висота падіння вантажу, м, $h_1 = 0,1$ м.

Тоді з (6.8) і (6.9) отримуємо:

$$F_{zav} = \frac{l_v}{B} q_6 h_z + 0,1 q_6 v \sqrt{h_1} / k_{жк} = q_6 \left(\frac{l_v}{B} h_z + 0,1 v \sqrt{h_1} / k_{жк} \right). \quad (4,10)$$

Стійкість бортів лотка:

$$F_{bort} = f h 2 p n b l, \quad (4,11)$$

де f – коефіцієнт тертя об стінки лотка, $f = 0,8$; h – висота вантажу по бортах,

м; pn – коефіцієнт бокового тиску;

$$pn = \frac{1,2 + v}{1 + 2 f^2}, \quad (4,12)$$

де f_v – коефіцієнт внутрішнього тертя, $f_v = 0,7$.

$$n_\sigma = \frac{1,2 + 0,4}{1 + 2 \cdot 0,7^2} = 0,81.$$

Потім

$$F_6 = F_1 k_1 \varepsilon^2 + (q_c + q_{nn}) l k_n k_1 \varepsilon + (\rho B h + q_c + q_{nj}) l k_{ж} + \rho B h \left(\frac{l}{B} h'_3 + 0,1 v \sqrt{h_1 k_{ж}} \right) + f h^2 n_\sigma l \quad (4,13)$$

Силу F_6 можна визначити за формулою:

$$F_6 = F_1 \varepsilon a \quad (4,14)$$

де εa – коефіцієнт робочого опору, $\varepsilon a = 2,56$.

Тоді з (6.13) і (6.14) отримуємо:

$$F_1 = \frac{e^{\mu a} - 1}{e^{\mu a} - k_1 \varepsilon^2} (l k_n k_1 \varepsilon (q_c + q_{nn}) + l k_{ж} (q_c + q_{nj}) + \rho (B h l k_{ж} + B h \left(\frac{l}{B} h'_3 + 0,1 v \sqrt{h_1 k_{ж}} \right) + f h^2 n_\sigma l)) \quad (4,15)$$

$$F_c = F_6 - F_1 = F_1 (\varepsilon a - 1) \quad (4,16)$$

Сила тяги на приводному барабані

Тоді з урахуванням (6.15) отримуємо

$$F_c = \frac{e^{\mu a} - 1}{e^{\mu a} - k_1 \varepsilon^2} (l k_n k_1 \varepsilon (q_c + q_{nn}) + l k_{ж} (q_c + q_{nj}) + \rho (B h l k_{ж} + B h \left(\frac{l}{B} h'_3 + 0,1 v \sqrt{h_1 k_{ж}} \right) + f h^2 n_\sigma l)) \quad (4,17)$$

Якщо підставити відповідні значення величин у формулу (6.17), то отримаємо:

$$F_c = \frac{2,56 - 1}{2,56 - 1,05 \cdot 1,02^2} (1,25 \cdot 0,022 \cdot 1,05 \cdot 1,02 (3,2 + 9,6) + 1,25 \cdot 0,025 (3,2 + 24) + \rho (0,4 \cdot 0,02 \cdot 1,25 \cdot 0,025 + 0,4 \cdot 0,02 \left(\frac{0,3}{0,3} \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,4 \sqrt{0,5 \cdot 0,025} \right) + 0,8 \cdot 0,02^2 \cdot 0,31 \cdot 1,25) = 1,3 + 0,0049 \rho \quad (4,18)$$

Для насіння пшениці $\rho = 770 \text{ кг/м}^3$, тому $F_c = 5,07 \text{ кг}$.

Потужність електродвигуна для приводу конвеєрної стрічки визначається за формулою:

$$P = \frac{K_z F_c v}{102 \eta_n}, \quad (4,19)$$

де K_z – коефіцієнт запасу, $K_z = 1,25$; η_n – ККД передачі, $\eta_n = 0,87$.

$$P = \frac{1,25 \cdot 5,07 \cdot 0,4}{102 \cdot 0,87} = 0,029 \text{ кВт}$$

Для приводу конвеєрної стрічки обрано мотор-редуктор 5ГН20К з двигуном 5К40В-РН номінальною потужністю 40 Вт, частотою обертання 1300 об/хв, номінальним крутним моментом 0,295 Н·м, пусковим моментом - 0,65 Н·м. Мотор-редуктор має передавальне число 20, номінальний крутний момент на валу 5 Н·м.

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. Сьогодні замість мінеральних добрив для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і хімічних засобів захисту рослин почали застосовувати електрофізичні методи. Магнітна обробка насіння, яка забезпечує підвищення врожайності та якості товарної продукції порівняно з іншими електрофізичними методами, є дуже продуктивним, дешевим, енергозберігаючим і безпечним для обслуговуючого персоналу методом. Його найбільш доцільно проводити на апаратах рідинного типу в змінному магнітному полі, створюваному постійними магнітами, які не вимагають спеціальних джерел енергії, додаткових експлуатаційних витрат, забезпечують високу продуктивність і є екологічно безпечними.

2. Встановлено механізм дії магнітного поля на насіння. Стимуляція зародків відбувається в результаті збільшення швидкості хімічних і біохімічних реакцій, що відбуваються в клітині, в результаті зміни енергії активації під дією сили Лоренца на іони. При цьому змінюється розчинність солей і кислот. Зміна розчинності солей і кислот, зрушення балансу хімічних реакцій викликають зміну біопотенціалу та pH насіння.

Під дією сили Лоренца підвищується проникність біологічної мембрани, як наслідок, посилюється дифузія молекул та іонів. Підвищується концентрація кисню, внаслідок чого знижується захворюваність рослин, а дифузія молекул води прискорює поглинання води. Завдяки силі Лоренца посилюється транспорт іонів через мембрану, що збільшує струм і електропровідність клітинного розчину.

3. Отримано аналітичні залежності, що описують зміну швидкості хімічних реакцій, розчинності солей і кислот, pH, біопотенціалу, дифузії молекул через клітинну мембрану, концентрації кисню, поглинання води в насінні, питомої електропровідності клітини під час посіву, лікування. В

магнітному полі. На основі проведених теоретичних досліджень встановлено, що при магнітній обробці насіння зміна цих величин залежить від квадрата магнітної індукції, швидкості руху насіння та градієнта магнітного поля.

Застосування багаторазового перемагнічування підвищує ефект магнітної обробки насіння.

4. Проведені експериментальні дослідження зміни енергії проростання, схожості та водопоглинання пшениці, жита, ячменю, вівса, кукурудзи, біометричних показників сходів під впливом магнітного поля

підтвердили адекватність отриманих аналітичних залежностей та

ідентифікували активні фактори. при магнітній обробці насіння: магнітна індукція та її градієнт і швидкість руху насіння в магнітному полі. Ефект обробки насіння залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху

насіння в магнітному полі. Менш важливим фактором є полярний розподіл,

оскільки при його зміні на $0,23 \pm 0,09$ м енергія проростання насіння змінюється не більше ніж на 5%.

Під впливом магнітного поля покращуються посівні властивості насіння, їх водопоглинання та біометричні показники рослин. Найбільші їх значення

були досягнуті при магнітній індукції 0,065 Тл, чотирикратному

перемагнічуванні, відстані полюсів 0,23 м, швидкості руху насіння 0,4 м/с. За

такого режиму обробки енергія проростання насіння зросла на 24-54%, а схожість на 20-30% порівняно з контролем. При магнітній індукції понад 0,13

Тл енергія проростання насіння та проростання змінюється незначно, але

більша порівняно з контролем.

Замочування обробленого насіння в магнітному полі в магнітоактивованій воді покращує його посівні властивості на 3-4%.

Відносне водопоглинання насіння пшениці зросло на 6%, ячменю – на 11%.

5. Проведені дослідження показали, що дльза зміною біопотенціалу

насіння можна визначити ефективність його передпосівної обробки. На основі отриманих аналітичних виразів для розрахунку невизначеності

вимірювання біопотенціалу пророщеного насіння встановлено, що ефект магнітної обробки виникає, коли його зміна під час обробки перевищує 2 мВ.

5. Встановлений найбільш ефективний спосіб обробки насіння зернових культур у магнітному полі послужив основою для розробки електротехнологічного комплексу, який має конвеєрну стрічку з приводом від електродвигуна потужністю 0,04 кВт і пристрій для магнітної обробки з 4 парами постійних магнітів на основі NdFeB, встановлені паралельно над і під конвеєрною стрічкою змінної полярності з відстанню між полюсами 0,23 м.

За допомогою розробленої імітаційної моделі ELCUT встановлено, що магнітна індукція 0,065 Тл в центрі повітряного зазору забезпечується при використанні 4 пар постійних магнітів марки НЗ8Ш1 розмірами 400x55x6,3 мм, встановлених на виготовленій пластині, виготовлені з електротехнічної сталі Ст2211 товщиною 10 мм, на взаємній відстані 145 мм і повітряному зазорі 90 мм.

Проведені експериментальні дослідження зміни магнітної індукції в повітряному проміжку підтвердили адекватність математичної моделі магнітного поля експериментальним даним. Відхилення магнітної індукції в робочій зоні обробки насіння від оптимального значення 0,065 Тл не перевищує 5%.

6. Завдяки передпосівній обробці насіння магнітним полем урожай підвищився на 17%. Питома енергоємність процесу передпосівної обробки насіння в магнітному полі становить 0,002 кВт·год/т.

НУБІП України

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ботаніка / [Огурєєва Г., Миклева І., Сулова Е. та ін.]; менше годин Огурєєвої Г.М.: Світ енциклопедій Аванта+, Астрель, 2010. 432 с.
2. Агрохімія / Ягодін Б.А., Смирнов П.М., Петербургський А.В. та ін.]; за ред. Б. А. Беррі 2-е вид., перероб. і доп. М.: Агропромиздат, 1989. 639 с.
3. Бергельсон Л. Д. Біологічні мембрани: факти та гіпотези. М.: Наука, 1975. 181 с.
4. Кутис С. Д., Кутис Т. Л. Електромагнітні технології у вирощуванні сільськогосподарських культур. Частина 1. Електромагнітна обробка насіння та садивного матеріалу. М.: Издательские речи, 2017
5. Застосування магнітних полів у сільському господарстві [Електронний ресурс] Російські високі технології 2008. - Спосіб доступу: <http://skutis.ucoz.ru/publ/26-1-0-56>
6. Використання ЕМІ [Електронний ресурс] // Екологія, охорона навколишнього середовища регіону - 2008. - Спосіб доступу: http://www.p01.ru/news/data_html/aaaacaab.html
7. Андрейчук В. К., Реднев А. Є., Потапенко І. А. Електрофізичні методи передпосівної обробки насіння різних сільськогосподарських культур. Використання електротехнічних пристроїв у сільському господарстві. Наукові праці КДАУ, 2000. № 381 (409). стор. 74 - 78.
8. Потапенко І. А., Третяков Г. І., Прудников А. Г. Магнітний пристрій для передпосівної обробки насіння рису. Використання енергозберігаючих технологій в агропромисловому комплексі. Праці КДАУ. 1993. № 331 (359). стор. 25 - 29.
9. Кутис С. Д. Обґрунтування методів електромагнітної обробки насіння високопродуктивного пристрою Електротехніка в сільськогосподарському виробництві. Наукові праці ВНИИЭП. 1989. Том 73. С. 58-63.

10. Бобринцев Ф.Ю., Стародубцева Г.П., Попов В.Ф. Ефективні способи передпосівної обробки насіння. Сільське господарство 2000. № 3. стор. 45.
11. Нижаарадзе Т. С. Теоретичні основи використання фізичних методів передпосівної обробки насіння при захисті посівів зернових культур від хвороб. дис. ... доктор. С.-Містер Знає: 06.01.07 - захист рослин. Самара, 2016. 375 с.
12. Кисловський Л. Д. Роль води в лабільності поверхневих структур. М.: ВИНТИ, 1982. 148 с.
13. Ківа О. В., Ходурський В. Є. Дослідження та розробка пристрою для передпосівної обробки насіння цукрових буряків. Вісник Одеської державної аграрної академії. 2010. № 4. стор. 176-178.
14. Вахрушев Н. А. Агробіологічні основи поліпшення посівних і врожайних характеристик насіння сорго та озимої пшениці на чорноземах півдня Росії: дис. ... дс-х. №: 06.01.09 / Н. А. Вахрушев. Ставрополь, 2000. 536 с.
15. Коєнз Н.В., Качешвілі С.В. Електростатичне поле та врожайність зернових культур. Механізація та електрифікація сільського господарства. М., 2000. №. 6. стор. 18-19.
16. Перспективна ресурсозберігаюча технологія виробництва ячменю ярого: метод. рекомендації. М.: ФГНУ «Росінформагротех», 2009. 60 с.
17. Желобова М.В. Аналіз рослин для передпосівної обробки насіння. Науковий журнал КубГАУ, №. 83 (09), 2012, стор. 1-10.
18. Сидорцов, І. Г. Підвищення ефективності впливу постійного магнітного поля на насіння зернових культур при їх передпосівній обробці: автореф. дисертації... кандидата технічних наук. Зерноград, 2008. 19 с.
19. Савельєв В.А. Магнітне поле стимулює. Уральські поля. 1984. немає. 12. стор. 28-29.
20. Сафаралієв Н. М., Шукуров Н. Передпосівна обробка бульб постійним магнітним полем. Агробізнес. 18.04.2018 Спосіб

доступу: <https://agbz.ru/articles/predposevnaia-obrabotka-klubnenosnyih-kultur-postoyannym-magnitnyim-polem/>

21. Петрущевський С., Мартінес Е. Магнітне поле як метод підвищення якості насінневого матеріалу: огляд. *Агрофізика*, 2015, 29, 377-389.

22. Martinez, E., Florez, M., Carbonell, MV Стимулюючий ефект магнітної обробки на проростання насіння зернових. Міжнародний журнал навколишнього середовища, сільського господарства та біотехнології (ЦЕАВ). 2017. Том 2 (1). стор. 375-381.

23. О. Григорєва. Способи підготовки насіння до сівби / О. Григор'єва // *ЛісПром*. 2014. № 6 (104), стор. 176-177.

24. Amaya JM, Carbonell MV, Martinez E., Raya A. Вплив стаціонарних магнітних полів на проростання та ріст насіння. *Сільське господарство Revista Agropesquera*. 1996. Вип. 65 (773). стор. 1049-1054.

25. Катарія С., Бублик Л., Кадур Н. Гурупрасад.. Попередня обробка насіння статинним магнітним полем покращує схожість і властивості раннього росту в умовах сольового стресу кукурудзи та сої. *Біокатализ і сільськогосподарська біотехнологія*. 2017. Том 10. Стр. 83-90.

26. Massimo E. Маффей. Вплив магнітного поля на ріст, розвиток та еволюцію рослин. *Фронт. Plant Sci*. 2014. № 5. стор. 445.

27. Лисаков А. А., Іванов Р. В. Вплив магнітного поля на збереження картоплі. *Досягнення сучасного природознавства*. 2014. № 8. стор. 103-106.

28. Нишарадзе, Т. С. Вплив екологічних прийомів передпосівної обробки насіння ячменю на ураження стебла листя // *Известия ОГГАУ*, 2013. - №. 6 (44). - стор. 56-58.

29. Де Соуза, А., Суейро, Л., Гарсія, Д., Поррас, Е. (2010). Надзвичайно низькочастотні неоднорідні магнітні поля покращують проростання насіння томатів і ранній ріст розсади. *Seed Sci. технол.* 38, 61-72.

30. Пуригін П.Н., Васильєва В.И., Пуригін У.А., радянська жінка ТАК, Чаплід. А. Вплив передпосівної обробки насіння льону-девігунця на ріст і біохімічні

показники сходів. Сумлінний. Серія природознавства СамДУ. 2015 рік. число 10 (132). С. 166–173.

31. Рамалінгам, Раджакрішнан. Попередня обробка насіння магнітним полем змінює білкові та ліпідні профілі зберігання в зібраному насінні сої. Фізіологія та молекулярна біологія рослин. 2018. Том 24 (2). стор. 343–347.

32. Podleśna A., Боярщук Я., Підлішній Дж. (2019). Вплив передпосівної обробки магнітним полем на деякі біохімічні та фізіологічні процеси у квасолі (*Vicia faba* L. spp. Minor). Журнал регулювання росту рослин, 38, стор. 1153–1160.

33. Серьогіна М. Т. Ефективність обробки насіння зернових культур у градієнтному магнітному полі. З Всесоюзна конф. в сільській радіології м. Обінськ, 27 липня 1990 р.: Тез. повідомляє Т.4. Обінськ, 1990. С. 88-90.

34. Серьогіна М.Т., Павлова Н.А., Алімова З.І. Біологічний вплив магнітного поля на ріст, розвиток і продуктивність рослин озимих зернових культур. Електронна обробка матеріалів 1991. № 1. С. 67-71.

35. Асєєв В. Ю. Вплив передпосівної обробки насіння фізичними полями на ріст, розвиток і врожайність різних сортів пшениці. автореф. докторська дисертація С. Мр. наук: 06.01.09 – рослинництво. Балашиха, 1998. 26 с.

36. Петрушевецький С. Магнітна біостимуляція посівного матеріалу ярої пшениці. 1999. Rozprawy Naukowe AR Люблін, Польща.

37. Waleed A. Jabail, Riad Ch. Abul.Hail, Hussein FH Вплив магнітного поля на проростання насіння *Triticum aestivum*. Всесвітній журнал сільськогосподарських наук. 2013. том 1 (5), стор. 168-171.

38. Кулешов А.Н., Єрешко А.С., Хронюк В.Б. Застосування магнітних полів постійних магнітів для передпосівної обробки насіння ячменю. Донський вісник аграрної науки. 2011. № 1 (13). стор. 95-100.

39. Мітров П.П., Крумова З.Т., Байданова В.Д. Вплив магнітного ефекту на деякі біохімічні зміни рослин cereviziєвих. // Фізіологія рослин Софії. 1988. Вип. 14. С. 50-55.

40. Джаконія С.С., Зедгінідзе Ш.А., Дедул Ф.А., Мачаровілі Х.Р. Дослідження впливу терміну зберігання насіння, обробленого в градієнтному магнітному полі (ГМП), на врожайність зерна гібриду кукурудзи. Тези Всесоюзної конференції «Використання низькоенергетичних фізичних факторів у біології та сільському господарстві». Кірова. 3-6 липня 1989 р. Стор. 50-51.
41. Свириденко Е.О., Ляхова Р.Н., Стародубцева Г.П. Порівняльний аналіз ефективності використання різних фізичних методів передпосівної обробки насіння кукурудзи // Науч.тр. Ставрополь. НЕБО, 1980. № 43, том. 6. Стор. 33-35.
42. Кутис С. Д., Гуськова М. Ю., Гак Є. З. Обробка насіння сільськогосподарських культур у градієнтному магнітному полі.// Науч.-техн. Вісник агрономічної фізики. -1989,- немає. 5.-С. 50-53.
43. Патент Російської Федерації № 2261574 А01С1/00 Спосіб передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур. Гукова Н.С., Жидченко Т.В., Коєв Ю.Н., Паршин С.Н. Заява 05.05/2004; опубліковано 10.01.2008. бул. немає. 1.
44. Carbonell Padrino MV, Ramírez EV, García V. F, Amaya García JM Escasa Influencia de campos magneticos estacionarios de 125 mT y 250 mT en la germinación de semillas de girasol. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. 2005. Вып. II, №1. P. 34-39.
45. Аблу Ель-Йозід, Ель-Гізаві А.М., Халф С.М., Ель-Сатар А. та Шалабі О.А. Вплив обробки магнітним полем і зрошувальної води та рівнів N, P і K на продуктивність рослин томатів. J. Appl. Sci. рез., 2012. Вып. 8(4) стор. 2088-2099.
46. Xia L., Guo J. Вплив магнітного поля на активацію пероксидази та ізоферменту *Leymus chinensis*. Ін Юн Шен Тай Сюе Бао. 200. 11, 699–702.
47. Regoli F., Gorbi S., Marchella N., Tedesco S., Principato G. Прооксидативний ефект електромагнітних полів надзвичайно низької частоти

в наземному равлику *Helix aspesa*. Вільне радіо. Biol. мед 2005. Вип. 39. Стор. 1620–1628 pp..

48. Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Біохімічні та біофізичні зміни, пов'язані з магнітопраймінгом у проростаючому насінні огірка. Фізіол рослин. біохім. 2012. Том 57. С. 67–73.

49. Шайн М., Гурупрасад К. Вплив передпосівного впливу магнітного поля на насіння в стаціонарному магнітному полі на ріст, активні форми кисню та фотосинтез кукурудзи в польових умовах. Acta Physiol. Рослина. 2012. том 34. стор. 255–265.

50. Payez A., Ghanati F., Behmanesh M., Abdolmaleki P., Hajipourouzi A., Rajabbeigi E. Посилення проростання насіння, росту та цілісності мембрани проростків пшениці за допомогою статичного впливу та впливу електромагнітного поля 10 кГц. електромагніт. Біол. мед 2013. Том 32. Стр. 417–429.

51. Rajabbeigi E., Ghanati F., Abdolmaleki P., Payez A. Антиоксидантна здатність клітин петрушки (*Petroselinum crispum* L.) по відношенню до рівня феритину, індукованого залізом і статичним магнітним полем. електромагніт. Biol. мед 2013. Том 32. Стр. 430–441.

52. Сердюков Ю., Новіцький Ю. Т. Вплив слабого постійного магнітного поля на активність антиоксидантних ферментів у проростках редису. Русь. J. Plant Physiol. 2013. Том 60. Стр. 69–76.

53. Sakmak T., Sakmak ZE, Dumlupinar R., Tekinay T. Аналіз апопластичної та симпластичної антиоксидантної системи в листі шалот: вплив слабких статичних електричних і магнітних полів. J. Plant Physiol. 2012. Т. 169. С. 1066–1073.

54. Артуро Домінгес А., Круз О.А. Вплив передпосівної електромагнітної обробки на проростання насіння та ріст сходів кукурудзи (*Zea mays* L.). Агрон. Колумб. 2011/ том 29, №. 2. Стор. 405 -411.

55. Pietruszewski S. Вплив магнітної обробки насіння на врожайність пшениці. Насінництво і технологія, 1993. 21. С. 621-626.

56. Лисаков А. А., Іванов Р. В. Вплив магнітного поля на збереження картоплі. Досягнення сучасного природознавства. 2014. № 8. стор. 103 – 106.
57. Міндукшеев В. Ф., Моїсєєва Т. М., Половиков А. І., Яковлев І. П., Горбов К. П., Усольцев В. А. Підвищення врожайності при передпосівній обробці насіння люцерни магнітним полем. Тези Всесоюзної конференції «Використання низькоенергетичних фізичних факторів у біології та сільському господарстві». Кірова. 3-6 липня 1989 р. Стор. 129-130.
58. Жидацький Л. І., Ботнарюк В. Г. Передпосівне опромінення насіння сільськогосподарських культур у градієнтному магнітному полі. Застосування низькоенергетичних фізичних факторів у біології та сільському господарстві : автореф. зг. Всесловенська наукова конференція. Кіровське НЕБО. Кіров, 1989. С. 102-104.
59. Stanisław Pietruszewski S., Martínez E. Магнітне поле як метод покращення якості посівного матеріалу: огляд. Міжн. Агрофіз. 2015. том 29. стор. 377-389.
60. Stange BC, Rowlands RE, Rapley BI, Podd JV Магнітні поля ELF збільшують поглинання амінокислот корінням *Vicia faba* L. і змінюють рух іонів через плазматичну мембрану. Біоелектромагнетика. 2002. Вип. 23. Стор. 347-354.
61. Классен В. І. Намагніченість водяних систем [2. проблема]. М.: Хімія, 1982. 296 с.
62. Васильєв А. Н., Кононенко А. Ф. Електротехнологія та управління при реалізації адаптивних режимів передпосівної обробки зерна з активним вентилюванням: Монографія. – Ростов-н/Д., Терра/Принт, 2008. – 192 с.
63. Бондаренко Н.Ф., Роїнсон Є.Є., Кліміна Л.Ф. Особливості та можливості використання магнітних пристроїв у сільському господарстві. Автоматизація виробничих процесів в сільських господарствах М., 1995. С. 151-152.
64. Крон Р. В. Обґрунтування параметрів технологічного процесу поліпшення посівних властивостей насіння зернових культур . автореф.

дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: спеціаліст 05.20.02 «Електрифікація сільськогосподарського виробництва». Жерноград, 1999, 19 с.

65. Кутис С. Д., Кутис Т. Л., Хак Е. З. Електромагнітний пристрій для передпосівної обробки насіння. Технологія механізації та автоматизації. процеси в аграрній промисловості. комплекс 2 частина. М., 1989 С. 35-36.

66. Ксенз Н.В., Гукова Н.С. До механізму впливу енергії магнітного та електричного полів на рівень водопоглинання насіння сільськогосподарських рослин. кімнати Азово-Чорноморська державна академія агротехніки «Електротехнології та електрообладнання в сільськогосподарському виробництві». 2002. Випуск 1. С. 28-30.

67. Сидорцов І. Р. Пристрій для передпосівної обробки насіння. Техніка в сільському господарстві. 2007. № 3. стор. 61-62.

68. Стародубцева Г. П., Свириденко Е. А., Гуляева Н. В. Результати лабораторних дослідів передпосівної обробки насіння рослинних культур магнітним полем. Методи та технічні засоби підвищення ефективності використання електроенергії в сільському господарстві. Ставрополь, 1994 (1995). стор. 21-23.

69. Стародубцева Г. П. Підвищення якості посіву та врожайності насіння та адаптаційних властивостей сільськогосподарських культур. автореф. дис... д-р с-х наук ставроп. пнш-акад. Ставрополь, 1997. 49 с.

70. Bucur G. Calitatile seminiere si recolta boabelor la griul de toamna in aplicarii stimulatorilor de acuerte. Lucrari sti./Univ.agrara de stat din Moldova. Кишинів, 1997. Т.5. стор. 30-32

71. Петрушевський С. Вплив передпосівної магнітної біостимуляції на проростання та врожайність пшениці / С. Петрушевський // Roczn. Доктрина роллів. - Сер.А, 1998. Т.112, з. 3/4. С. 91-99.

72. Соуза Торрес А. де, Поррас Леон Е.; Casate Fernandez R. Вплив магнітної обробки насіння томатів (*Lycopersicon esculentum* Mill) на

проростання та ріст рослин. Розслідувати. сільськогосподарський Продукція захисту овочів. 1999. Вип. 14, вип. 3. Стор. 437.

73. Kato R. Вплив магнітного поля на первинний ріст коренів *Zea mays*. Фізіологія рослинної клітини. 1988. № 7. стор. 1215–1219.

74. Pittman UI. Вплив магнітної обробки насіння на врожайність пшениці та вівса бурлай у південній Альберті. Канадський журнал рослинництва, січень, 1977 р. Том. 57. Стор. 37–45.

75. Garcíal AS, Reina FG, Franco YP, Páez DD Стимуляція проростання та росту насіння сої обробкою стаціонарним магнітним полем. Азіатський J. Agri Biol. 2013, том 1(2). стор. 85-90.

76. Патент Франції 2237399, А 01 С 1/00, 1975.

77. Патент 2193833 РФ, МПК А01С1/00 Пристрій для передпосівної обробки насіння / М.А.Таранов, Г.П.Стародубцева, П.А.Бондаренко, М.Г.Федоріщенко; заявник і власник патенту - Азовська державна академія агротехніки. - Заява № 2000115106/13 09.06.2000; опубліковано 10.12.2002.

78. Патент 2415536 Російської Федерації А01С1/00 Методи та апаратура для випробування або обробки насіння, коренеплодів тощо. перед посівом або посадкою. Таранов М.А., Семеніхін А.М., Алексєнко Н.П., Федоріщенко М.Г., Дрозда Є.А. 22.06.2009 № 2009123763/21 реєстр. 04.10.2011 р. Бюл. немає. 10.

79. АС 950213 ЄРСР. А 01 С 1/00. Пристрій для магнітної обробки насіння. Мельников Е. А., Морозов А. С. Повідомлено 16.3.81, № 3260972/30-15; опубліковано 15.08.82, бул. немає. 30 (56).

80. Флореза М. Вплив стаціонарних магнітних полів на насіння кукурудзи: вплив на проростання та ранній ріст / М. Флореза, М. Карбонелла, Е. Маргінес // Екологічна та експериментальна ботаніка. – 2007. – Т. 59, № 1, – Стр. 68–75.

81. стійло 2058698 Російська Федерація МПК А01С1/00 Спосіб стимулювання росту рослин картоплі / Галєєв Р.Р.; Заявник і патентовласник Новосибірський державний аграрний університет. - немає. 5022943/15; заява 03.07.91; опубліковано 27.04.96.

82. стійло 2110910 Російська Федерація МПК А01G7/04, А01G1/00 Спосіб вирощування сільськогосподарських культур / автор, заявник і патентовласник Ткаченко Ю.П. - немає. 96120845/13; заява від 25.10.96; опубліковано 20.05.98.

83. Колін А. Р. Вплив градієнтного магнітного поля на посадковий матеріал і вегетуючі рослини картоплі [Електронний ресурс] / А. Р. Колін, В. В. Сергєєв, Н. А. Горбацевич // Російські високі технології – 2008. Спосіб доступу: <http://skufis.ucoz.ru/publ/26-1-0-13>

84. Серьогіна М. Т. Обробка цибулі ріпчастої перед посадкою в магнітному полі / М. Т. Серьогіна, О. А. Штігліц // Картопля і овочі. - 1987. - Ні. 1. - стор. 34.

85. Ксенз Н. В. Обробка насіння соняшнику в градієнтному магнітному полі / Н. В. Ксенз, Н. С. Пукова // Зб. науки тр. Азово-Чорноморський. Пан інженер сільського господарства акад. – зерноград, 2004. – Число 4, Том 1. – Стор. 67-69.

86. стійло 2110910 Російська Федерація МПК А01G7/04, А01G1/00 Спосіб вирощування сільськогосподарських культур / автор, заявник і патентовласник Ткаченко Ю.П. - немає. 96120845/13; заява від 25.10.96; опубліковано 20.05.98

87. Каменір Е. А. Дослідження електронно-іонної технології в деяких процесах сільськогосподарського виробництва. Використання приладів і засобів ЕПТ у птахівництві та насінництві. Наукові праці Чимееха: Челябінськ, 1984. С. 7-18.

88. Фізична хімія. Теоретичні та практичні вказівки [Нікольський Б.П., Смирнова Н.А., М.Ю. Панов та ін.]; під ред акад. Б. П. Нікольський. Л.: Хімія, 1987. 880 с.

89. А. Синявський, В. Савченко Обробка бульб картоплі перед садінням магнітним полем. ЕКОНТЕХМОД. МІЖНАРОДНИЙ КВАРТАЛЬНИК 2012, рік. 01, № 2, 49-52.

90. *Кларксон, ДТ (1974). Транспорт іонів і структура клітин у рослин. Макгроу-Хілл, Лондон.*

91. Бейкер Д.А., Холл Дж.Л. Транспорт у рослинних клітинах і тканинах. Essex Longman, 1988. 592 с.
92. Теоретична електрохімія: Навч. для хімії – технолог. спец-вузів 4-е вид., перероб. і доп. М.: Вішня школа, 1984. 519 с.
93. Адлер Ю.П., Маркова Є.В., Грановський Ю.В. Побудова експерименту в пошуках оптимальних умов. М.: Наука, 1976. 278 с.
94. пшениця. Методи визначення схожості та енергії проростання: ГОСТ 10968-88. [Представлено 01.07.1988]. М.: Стандартінформ, 2009. – 4 с.
95. Насіння сільськогосподарських рослин. Методи визначення схожості: ГОСТ 12038-84. – [Опубліковано 01.07.1986]. - М.: Стандартінформ, 2011. - 64 с.
96. Єфремова Н.Ю. Оцінка невизначеності вимірювань: Практичний посібник. Мінськ: BelGYM, 2003. 50 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України