

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

УДК 631.171:621.311

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту енергетики,
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н.

вчене звання, науковий ступінь

/КАПЛУН В.В./

підпис

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

доц., к.т.н.

вчене звання, науковий ступінь

/ОКУШКО О.В./

підпис

„ _____ ” 2023 р.
число місяць рік

„ _____ ” 2023 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА (КВАЛІФІКАЦІЙНА) РОБОТА

на тему: «ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В
СИЛЬНОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ»

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Савченко В.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

к.т.н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Усенко С.М.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Іваницький Р.В.

(ПІБ)

КИЇВ – 2023

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

К.Т.Н., доцент

/ОКУШКО О.В./

науковий ступінь, вчене звання підпис

ПІБ

” _____ 2023 року

число місяць рік

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Іваницькому Руслану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Передпосівна обробка насіння зернових культур в сильному електричному полі»

затверджена наказом ректора НУБіП України від « 08 » 12 2021 р. № 2066 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____ 2023.05.15

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи:

- Результати науково-дослідницької роботи кафедри ЕЕЕ.
- Публікації співробітників кафедри ЕЕЕ.
- Результати навчально-дослідницької практики.
- Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.
- Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН тощо.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Провести аналіз літературних джерел, присвячених проблемам застосування передпосівної обробки насінневого матеріалу в рослинництві.
- Теоретично обґрунтувати утворення часткових розрядів в насінні під дією електричного поля високої напруги постійного струму.
- Розробити методику дослідження іонізаційних процесів в насінній масі.
- Розробка установки для дослідження дії сильних електричних полів на насінневий матеріал
- Провести експериментальні дослідження питомої електропровідності насінневої маси при зміні її температури і вологості.

Перелік графічного матеріалу (за потреби)

Дата видачі завдання « 04 » лютого 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Усенко С.М.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Іваницький Р.В.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Магістерська робота: 68 с., 13 рис., 3 табл., 42 джерела.

Об'єкт дослідження – процес обробки насіння в сильному електричному полі.

НУБІП України

Мета роботи – розробка наукових принципів застосування енергозберігаючих електротехнологій та технологічного обладнання для обробки насіння сільськогосподарських культур, що дозволить підвищити врожайність сільськогосподарських культур та якість продукції.

НУБІП України

Методи дослідження та апаратура: - моделювання, методи математичної статистики, теорії планування експерименту та ін.; кіловольтметр, мікроамперметри, вольтметри.

НУБІП України

Застосування технологій з використанням сильних електричних полів в обробці насіння сільськогосподарських культур дозволяє на 15-20% підвищити врожайність, на 10-15% підвищити зберігання зернових культур, покращувати використання мінеральних добрив та мінеральний склад рослин.

НУБІП України

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження з обробки насіння сільськогосподарських культур в електричному полі високої напруги. Встановлено, що при відповідному значенні напруженості електричного поля в насінцевій масі виникають іонізаційні процеси. Визначені залежності питомої характеристики іонізаційних процесів та концентрації озону від напруженості електричного поля. Встановлено, що електрична обробка насіння позитивно впливає на ріст і розвиток рослин.

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ	ЗМІСТ
НУБІП України	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1	
НАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ БАКТЕРИЦИДНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ В РОСЛИНИЦТВІ	7
1.1. Аналіз існуючих традиційних методів стимулювання та дезинсекції зерна	7
1.2. Стимулювання та антисептування насінневого матеріалу електрофізичними методами впливу	16
1.3. Огляд електротехнічних засобів з обробки насінневого матеріалу	20
1.4. Висновки та постановка задач	25
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УТВОРЕННЯ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ В НАСІННІ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	27
2.1. Систематизація основних факторів, які впливають на ефективність зберігання насінневого матеріалу	27
2.2. Теоретичні дослідження іонізаційних процесів в повітряних включеннях насінневої суміші під дією сильних електричних полів	31
РОЗДІЛ 3	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТИМУЮЮЧОЇ ДІЇ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	36
3.1. Загальні відомості про ячмінь та досліди по комплексній тематиці	36
3.2. Розробка установки для дослідження дії сильних електричних полів на насінний матеріал	37

3.3. Розробка дослідної експериментальної установки для стабілізації температури	40
3.4. Методика та експериментальні дослідження питомої електропровідності зернової маси при зміні її температури і вологості	45
3.5. Дослідження впливу енергії сильного електричного на енергію проростання і здатність до проростання насіння	49
РОЗДІЛ 4	
РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРООБРОБКИ НАСІННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	
4.1. Розробка принципової електричної схеми тиристорного регулятора напруги	55
4.2. Продуктивність установки з обробки насіннєвого матеріалу	57
4.3. Техніко – економічні показники роботи установки для обробки в сильних електричних полях насіння сільськогосподарських культур	59
ВИСНОВКИ	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

Підвищення врожайності зернових культур і зниження їх собівартості вже тривалий час є актуальною проблемою. Збільшення виробництва й підвищення якості продукції можливо шляхом зменшення втрат врожаю від хвороб, грибків та бактерій при зберіганні, а також при максимальному використанні потенційних біологічних можливостей насінневого матеріалу.

Проблема забезпечення потреби країни продуктами рослинництва є досить гострим і актуальним питанням. Інтенсивне застосування хімічних засобів для передпосівної обробки насіння, а також використання в землеробстві пестицидів, гербіцидів та мінеральних добрив, одночасно з підвищенням продуктивності рослин неминуче викликає цілий ряд небажаних явищ екологічного та економічного плану. Вчені і практики ряду розвинених країн переходять на альтернативні системи землеробства. Застосування отруйних хімікатів для обробки насінневого матеріалу призводить до непоправного екологічного збитку.

Тому, на сучасному етапі розвитку сільського господарства все більше уваги спрямовано на використання екологічно чистих методів обробки насіння сільськогосподарських культур з метою збільшення врожайності та покращення зберігання. Одним з напрямків підвищення врожайності є використання методів і прийомів стимуляції і управління ростовими процесами насіння і рослин, впровадження нових електротехнологій.

Електричні поля високої напруги є одним із перспективних засобів впливу на насіння сільськогосподарських культур. Використанням електричних полів високої напруги є передпосівна обробка насіння, обробка при зберіганні та переробці. Результати сучасних досліджень показують, що ефективність методів стимуляції посівних якостей насіння залежить від узгодження технологічних і конструктивних параметрів установок та їх режимів роботи з фізіологічними показниками і біохімічним складом насіння. Насамперед увага приділяється електрофізичним методам, які передбачають обробку насіння електромагнітним, іонізуючим, світловим, ультрафіолетовим, лазерним випромінюванням тощо.

Але ці методи не набули промислового використання через недостатню чітку відтворюваність отриманих результатів та низьку ефективність у боротьбі зі збудниками хвороб насіння, а деякі є дуже енергосмілими. Одним з таких екологічно чистих способів передпосівної обробки насіння є опромінення мікрохвильовим полем (МХП) високих частот (ВЧ).

Аналіз методів активації насіннєвого матеріалу показав, що за допомогою фізичних факторів впливу можна покращувати якість посівного матеріалу. Електромагнітні поля, як зовнішні фактори впливу мають ряд переваг. На базі цих методів вченими різних країн розроблені технології і технологічні операції, що дозволяють в тій чи іншій мірі впливати на схожість насіння, адаптивні здібності рослин і їх врожайність. Обробка насіння мікрохвильовим полем високих частот в порівнянні з іншими методами стимуляції має ряд переваг: низьку собівартість, екологічну безпечність, високу ефективність

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Розділ 1

НАУБІП УКРАЇНИ

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЮЮЧОЇ ОБРОБКИ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ В РОСЛИНИЦТВІ

1.1. Аналіз існуючих традиційних методів стимулювання та дезинсекції насіння

Підвищення врожайності є корисним ефектом, який дозволяє збільшити врожай при мінімальних затратах ресурсів. Завжди існує інтерес у збільшенні врожайності рослин за допомогою методів, які вимагають меншого зусилля та матеріальних ресурсів. Однак, застосування мінеральних добрив може приводити до небезпечного забруднення ґрунту та навколишнього середовища. Тому потрібні інші методи, такі як фізичні фактори, щоб розкрити повний генетичний і фізіологічний потенціал підвищення врожайності рослин.

Наприклад, досліджуються електромагнітні поля, гравітаційна дія, альфа і бета-частинки, іони різних елементів і т.д. Ці методи мають перевагу у вирощуванні екологічно чистої продукції. Методи можуть бути корисними для підвищення врожайності та поліпшення якості врожаю, а також для зменшення використання мінеральних добрив та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Дослідження показують, що електромагнітні поля різного діапазону можуть позитивно впливати на ріст рослин, збільшувати врожайність та покращувати якість врожаю. Також відомо, що гравітаційна дія може стимулювати ріст кореневої системи та поліпшувати поглинання води та поживних речовин рослиною.

Крім того, наразі активно досліджується використання біотехнологій, зокрема генетичної інженерії, для підвищення врожайності та покращення якості врожаю.

Наприклад, можна змінювати генетичний склад рослин таким чином, щоб вони могли ефективніше використовувати поживні речовини, протистояти хворобам та шкідникам, та інші позитивні властивості.

У загальному, на сьогоднішній день існує багато різноманітних методів та технологій для підвищення врожайності рослин, включаючи використання мінеральних добрив, фізичні та біологічні методи, а також біотехнології. Такі методи можуть позитивно впливати на виробництво продуктів харчування, зменшувати негативний вплив на навколишнє середовище та забезпечувати стійкий розвиток аграрного сектору.

Так, згідно даних ФАО (організація ООН з питань продовольства і сільського господарства), зараз приблизно 5% світового збору зернових культур знищується комірними шкідниками. Так як кількість заражених продуктів, та кількість шкідників з року в рік залишаються приблизно на одному рівні, потрібно постійно вдосконалювати заходи боротьби з шкідниками хлібних запасів. Класифікацію таких заходів наведено на рис. 1.1.

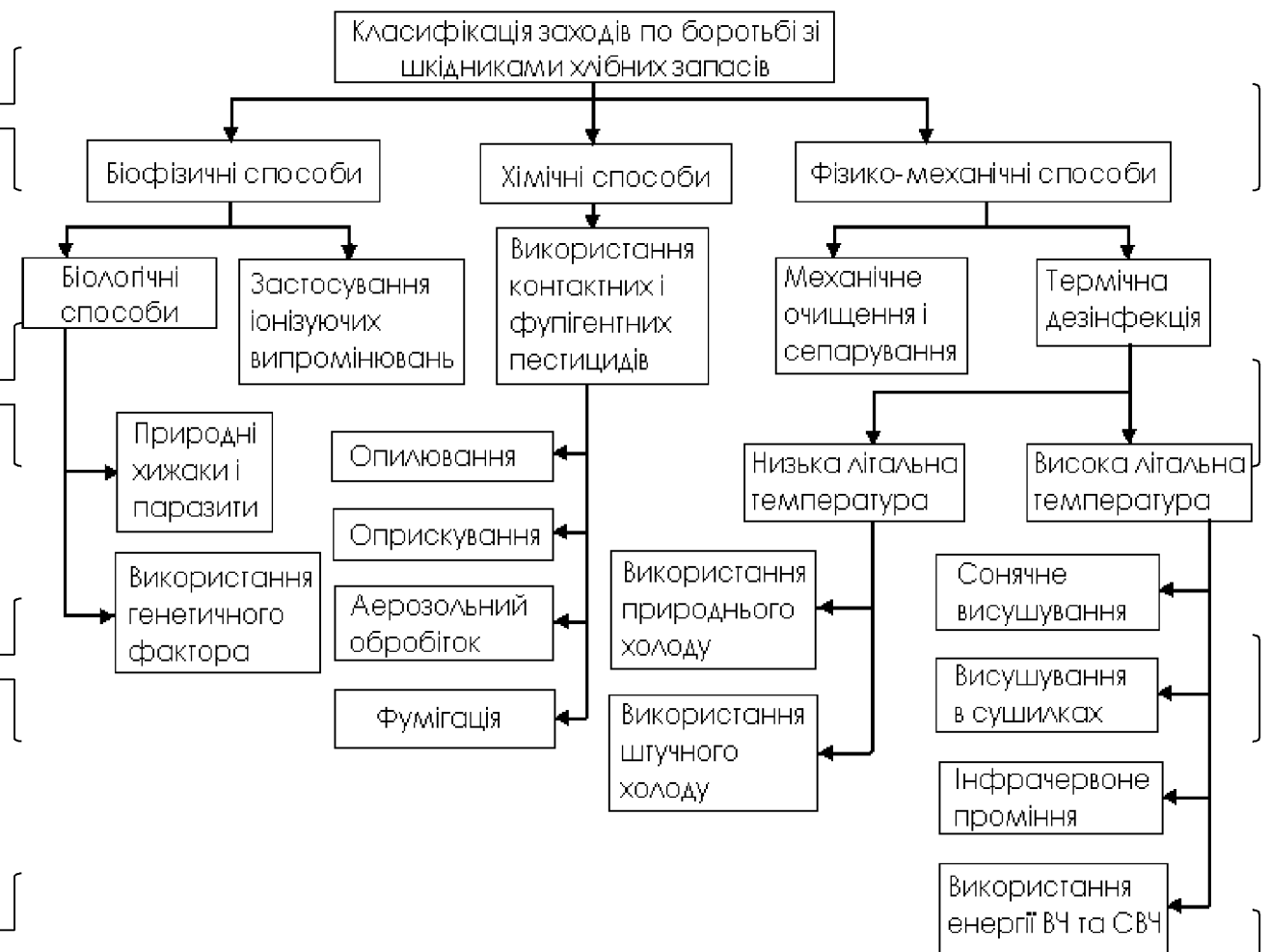


Рис. 1.1. Класифікація заходів з боротьби зі шкідниками рослин.

Подивимось на основні переваги і недоліки наявних методів. В загальній схемі виділяється три основних способи боротьби та стимулювання: біофізичний, хімічний і фізико-механічний. Ці способи охоплюють більшість методів, які використовуються або розробляються для боротьби зі шкідниками хлібних запасів.

Один із таких способів - біологічний. Зараз розвиток ядерної фізики та електроніки дозволяє займатися розробкою використання іонізуючих випромінювань для дезинсекції зернопродуктів. Біологічна дія іонізуючих випромінювань полягає у поглинанні їх енергії, що призводить до іонізації та збудження атомів та молекул живої матерії. Це може призвести до розриву молекулярних зв'язків та зміни хімічної структури різних з'єднань.

Порушення нормального функціонування клітки та її загибель відбуваються в результаті змін у хімічному складі, що впливає на обмін речовин та ділення.

Променева дезинсекція зернопродуктів має декілька недоліків, зокрема зниження агротехнічних якостей та товарних якостей зерна, а також потребує захисту обслуговуючого персоналу від опромінювання.

Хімічний спосіб боротьби. Одним з найрадикальніших і найпоширеніших способів зростання життєдіяльності насіння є використання хімічних способів захисту, штучно синтезуючих стимуляторів та природних фізіологічно активних сполук при обробці насіння рослин. Вказані способи збільшують польову врожайність насіння, мають позитивну роль в боротьбі з мікроорганізмами та шкідниками, знижують втрати насіння під час зберігання, та при проростанні.

В США проводили дослідження з двома сортами ячменю та трьома сортами озимої пшениці, підготовленими до посіву при замочуванні насіння хімічними розчинами підвищуючи засухостійкість проростків. Насіння замочували у воді та в розчинах CaCl_2 , ZnSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ на протязі 30 год, що дало змогу покращити їхні посівні якості. Передпосівні замочування насіння кукурудзи досліджувались у розчинах йодованих солей нікелю, неорганічних солей кобальта і цинку. Найбільш ефективними були солі Zn і Co, вони значно збільшили посівні якості зерна кукурудзи.

В Австрії запропонований метод дражування насіння люцерни та лугових трав, який полягає в отриманні гранул, що містять в собі від 1 до 5 насінин. Застосовуючи гідрофільний агент, речовини, такі як мочевино-формальдегідна смола, фосфор, калій, кальцій, магній, мікроелементи та інші, зв'язуються з насінням. Такі гранули можуть зберігатися в землі до сприятливих умов для проростання насіння. Крім того, застосовується метод багат шарового дражування, який сприяє інтенсифікації ростових процесів на початковому етапі розвитку. Згідно з результатами досліджень Воронежського агроуніверситету, включення молібдену і бору до суміші при дражуванні насіння люцерни збільшує урожай кормової маси на 17,2%.

Інші дослідження запропонували препарат "Униш" - текучу пасту з полімерною основою, яка містить 14% фентурама. Лабораторні і промислові дослідження показали, що "Униш" позитивно впливає на посівні якості люцерни, якщо затратити 9,3 кг на 1 тону насіння. Для перевірки ефективності плівкоутворювачів, використовуваних для протравлення насіння, було проведено серію лабораторних і польових досліджень. Використовували "Мобітокс", ІПЦ-1, Вітатіурам і додавали до них різні плівкоутворювальні речовини: ПВС, ПВА, NaKMЦ.

Також було випробувано варіанти з препаратами "Униш", "Бушівільд" і проведенням гідрофобізації насіння. В результаті всіх варіантів з використанням плівкоутворювальних розчинів для передпосівного протруювання насіння люцерни, лабораторне проростання збільшилося на 3-15%, збільшилась густина стояння, а також прибавка врожаю зеленої маси. Використання плівкоутворювачів при обробці насіння люцерни підвищує ефективність протруйників (100%), сприяє продуктивному куццюванню, що забезпечує прибавку врожаю.

В лабораторних умовах було проведено дослідження з обробки зерна кукурудзи кислотою з невеликими дозами (0,2-0,5%) пропіона, яке не впливає на якість основних хімічних компонентів зерна, що визначають його технологічну і живильну цінність. Норми витрати кислоти, пропіона, для збереження зерна

кукурудзи визначені залежно від початкової вологості і тривалості зберігання. Оптимальна доза кислоти, пропіона, для зниження фізіолого-біологічної активності зерна і придушення розвитку цвілевих грибів залежить від вологості зерна.

Для зниження фізіолого-біологічної активності зерна та для придушення розвитку цвілевих грибів оптимальною дозою кислоти пропіона є: для зерна вологістю до 20% - 0,2-0,3%, понад 20 до 25% - 0,3-0,4%, понад 25 до 32% - 0,5-0,6%, понад 32 до 36% - 0,7-0,8%, понад 36 до 40% - 0,9- 1,0%.

Проведена виробнича перевірка технологічної ефективності застосування способу консервації зерна кислотою пропіона, в дозуваннях, розроблених на підставі лабораторних досліджень. Перевірка здійснювалася на Тімашевському комбінаті хлібопродуктів Краснодарського краю в період заготовок 1983 р.

Для дозування кислоти пропіона в зерно в малих кількостях застосовували експериментальну установку (зображену на малюнку), розроблену згідно з вимогами, встановленими лабораторією технології зберігання зерна Кубанського філіалу ВНІЗ. Технічну документацію надала Краснодарський філіал ЦКТБ ВНІЗ, а сама установка виготовлена на експериментально-промисловій базі Кубанського філіалу ВНІЗ. Для введення консерванта в робочу камеру установки використовували пересувний універсальний розпилювач РУП-2, призначений для розпилювання фосфорорганічних пестицидів при знезараженні зерна, що забезпечувало рівномірну обробку зернової маси.

Дослідна партія свіжоприбраного зерна з початковою вологістю 20,1% масою 200 т оброблялась кислотою пропіона, в дозі 0,2% від маси зерна і закладалась на зберігання в залізобетонний силос елеватора. Для контролю була використана зерно ідентичної вологості, закладена на зберігання без обробки в аналогічних з дослідною партією умовах.

На шостий день зберігання контрольної партії зерна температура зросла з 25 до 42 градусів Цельсія. Цю партію вилучили зі зберігання, пресушили на зерносушарці ДСП-32 та передали на комбикормовий завод.

Зерно, яке було консервоване кислотою пропіона, зберігали протягом 3 місяців і не спостерігалось підвищення температури під час зберігання в силосі. Зернова маса залишилась сипкою та зберегла свій колір.

Оцінка якості зерна кукурудзи, що зберігається, проводилась за наступними показниками: енергія проростання і схожість (по ГОСТ 12038-66), інтенсивність розвитку мікрофлори (по Е.Н.Мішустіну і Л.А.Трісвятському), загальний азот (по ГОСТ 10846-64), фракційний склад білків (методом послідовної екстракції 5%-ним розчином сірчанокислого калія, 70%-ним розчином етилового спирту і 0,2%-ним розчином лугу), вміст крохмалю (по ГОСТ 10845-76), вміст тих, що редукують цукор (по Іссекунту), вміст сумарних продуктів окислення, кислотне число масла (по ГОСТ 10858-77).

Після обробки кукурудзи консервантом, зерно мало слабокислий запах, який поступово зменшувався протягом тривалості зберігання. Після 3 місяців зберігання зерно кукурудзи зберегло свіжий колір і гарну сипучість. Температура зерна протягом першого місяця зберігання знизилась до 15-19 °С. Рівень обсіменіння кукурудзи цвільовими грибами до кінця тримісячного виробничого зберігання не перевищував 5,0 тис./г, зокрема грибами роду *Aspergillus* - 1,3 тис./г.

Протягом трьох місяців зберігання, насіння, яке було оброблене кислотою пропіона, не виявлено мікотоксинів, але енергія проростання та схожість зменшилися відповідно в 4 та 2 рази під час обробки.

Руйнування афлотоксинів можна здійснювати за допомогою хімічних речовин з окислювальними властивостями, таких як водний розчин перекису водню та гідроксид аміаку. Обробку насіння проводили розпиленням 3-6% розчинами цих речовин у кількості 10% від маси насіння. Під час зберігання якість обробленого насіння не погіршувалась.

До фізико-механічних методів стимулювання насіння та боротьби зі шкідниками належить загартування насіння низькими температурами, що сприяє збільшенню стійкості рослин до заморозків та ранньому плодоношенню.

Існують два способи загартування: постійні знижені температури та змінні (високі та низькі). Очищення насіння механічним шляхом та сепарація зерна на машинах можуть бути використані як засіб боротьби з шкідливими комахами та кліщами, але не дають довготривалих результатів, оскільки зерно повністю не звільняється від шкідників, що знаходяться в міжнасінневому просторі. Механічне очищення насіння є ефективним лише в холодну погоду, коли одночасно з сепарацією насіння охолоджується.

Зменшення травмування насіння є економічно вигідним заходом, оскільки забезпечує додатковий вихід насіння, що особливо важливо для перспективних сортів польових культур. Пошкодження оболонки насіння приводить до глибоких фізіологічних змін, втрат поживних речовин та порушення обмінних процесів, що негативно впливає на ріст проростків.

Згідно з дослідженнями, травмування ендосперму насіння люцерни може знизити продуктивність рослини на 10-20%, а зародка - на 27-44%. Крім того, пошкодження насіння також знижує його посівні якості при зберіганні.

Наприклад, після 8 місяців зберігання енергія проростання пошкоджених насінин може зменшитись на 30-40%, а лабораторна схожість - на 62-89%. У той же час, енергія проростання цілих насінин залишається на рівні 85-90%, а лабораторна схожість - 94-97%.

Щоб ефективно знезаражувати насіння та знижувати його вологість, ефективнішим є використання високих температур, яких можна досягти різними методами: передачею тепла, конвекцією, інфрачервоними променями та використанням енергії високої і надвисокої частот. Однак, для досягнення повного знищення шкідників, необхідна температура порядку + (65 - 70)°C. Проте, підвищення температури насіння до цих рівнів може значно погіршити його агрономічні якості. Тому, необхідно використовувати методи, які забезпечують швидкий нагрів шкідників, а не насінневої маси. До таких методів можна віднести нагрів інфрачервоними променями нагрів за допомогою високої та надвисокої частоти.

Застосування екологічно чистих електротехнологічних методів (УФ та ІЧ випромінювання) для передпосівної обробки насіння пшениці може призвести до збільшення врожайності на 21–29 г/м² та зменшення споживання електроенергії при обробці насіння у більш ніж 10 разів. В рамках національної програми енергозабезпечення передбачено впровадження новітніх технологій у всіх галузях народного господарства, зокрема в елітному насінництві АПК.

Одна з головних проблем - підвищення ефективності галузі енергоресурсозберігаючого опромінювання при вирощуванні рослин-донорів та рослин-регенерантів. Для досягнення цієї мети досліджуються індуковані електромагнітними полями (ЕМП) структурно-функціональні зміни в рослинних організмах, при цьому застосовують математичне моделювання, яке значно скорочує трудомісткий, тривалий та дорогий експеримент.

Технології, які використовують надвисокочастотну (НВЧ) енергію, є енергозберігаючими завдяки специфіці їх розповсюдження та резонансної взаємодії з об'єктом обробки. Пристрої, які генерують НВЧ енергію, мають високий коефіцієнт корисної дії (70-85%). Дослідження доводять, що такі технології можуть стимулювати, інгібувати та коригувати ростові процеси в рослинах.

Енергію надвисоких частот поділяють на силову (енергетичну) при щільності потоку до сотень кВт на 1м², та інформаційну (низько енергетичну) від десятих часток до Вт на 1м², які використовуються у стаціонарних та мобільних пристроях..

У рослинництві використовують інформаційну НВЧ енергію, що підвищує врожай на 20-27%. Дослідження різних технологій нагрівання насіння показали, що діелектричний нагрів в електромагнітних полях надвисоких частот (ЕМП НВЧ) забезпечує найвищу інтенсивність нагрівання.

При цьому глибина проникнення в насіння НВЧ-енергії на дозволених для теплового нагрівання діапазонах 915 і 2400 МГц на порядок вища, ніж ІЧ-випромінювання. НВЧ-енергія перетворюється в теплову в середині матеріалу залежно від його діелектричних властивостей. Водневий вміст у насінні складається з води та сухої речовини. Оскільки діелектричні властивості води є

значно вищими, ніж сухої речовини. НВЧ-обробка відбувається переважно за рахунок нагрівання води. Під час процесу пароутворення всередині капілярів насіння, важливого етапу "вибуху" насіння, основна частина енергії спрямовується на цей процес.

Таким чином, енерговитрати для процесу мікронізації повинні бути значно меншими, ніж при нагріванні зерна теплопровідністю від зовнішнього джерела тепла. Однією з особливостей високочастотного нагріву є виділення теплової енергії в самому матеріалі, що відрізняє його від інших методів нагріву. Під час нагріву, енергія електромагнітного поля перетворюється на тепло завдяки наявності у матеріалах діелектричних втрат. Насіння та шкідники в ньому є діелектриками, тому вони підлягають загальним законам, властивим твердим діелектрикам. Сукупне виділення тепла в матеріалі за одиницю часу від зсуву заряджених частинок і струмів провідності, виражається формулою:

$$P_{\text{пот}} = 0,55 \varepsilon' \text{tg} \delta f E^2 \cdot 10^{-12} \quad \text{Вт / см}^3 \quad (1.1)$$

де ε' - відносна діелектрична проникність матеріалу;

$\text{tg} \delta$ - тангенс кута втрат;

f - частота коливань, Гц

E - напруженість поля В/см.

У формулі (1.1) показано, що процес виникнення тепла при нагріві в електромагнітному полі високої частоти залежить від фізичних властивостей матеріалу та його електричних параметрів. При неоднорідному складі матеріалу, до якого належить заражене шкідниками насіння, окремі його частини, що мають різні значення $\text{tg} \delta$, нагріватимуться різно. Тому, враховуючи електричні константи середовища, можна підібрати частоту f , при якій відбувається максимальне поглинання енергії шкідниками, а не насінням, якщо метою є дезинсекція зерна.

Першими подібними спробами можна вважати роботи ВНІЗ під керівництвом професора М. Г. Евреїнова (1932-1931 рр.) та роботи БНІЗ під керівництвом П. І. Тарутіна (1934--1936 рр.), які показали ефективність

застосування електромагнітної енергії високої частоти для дезинсекції зерна у всіх стадіях його зараження при повному збереженні його насінних і товарних якостей. Результати цих робіт свідчать про ефективність використання енергії високої частоти для дезинсекції насіння. Проте через слабкий розвиток електровакуумної техніки та відсутність належного устаткування, ці роботи були припинені. З появою нових електровакуумних приладів, таких як магнетрони, відкрилася широка можливість промислового застосування надвисокочастотного нагріву. Магнетрони мають просту конструкцію і здатні генерувати потужності до тисяч і десятків тисяч ватів на частотах 1000-3000 Мгц, що дозволяє створювати нові технологічні методи і процеси. У роботі були показані позитивні результати застосування енергії високої частоти для дезинсекції насіння. На жаль, через слабкий розвиток електровакуумної техніки та відсутність необхідного обладнання, ці дослідження були припинені.

1.2. Стимулювання та антисейтування насіннєвого матеріалу електрофізичними методами впливу

Якість насіння є основним фактором, який впливає на врожайність сільськогосподарських культур, залежно від досліджень науковців, до 30% врожаю залежить від якості підготовки насіннєвого матеріалу.

Щоб досягти збільшення врожайності, необхідно здійснювати вдалу селекцію та використовувати нові високоврожайні сорти, а також розробляти прогресивні технології вирощування. Зокрема, з 60-х років запропоновано методи передпосівного стимулювання насіння, які базуються на електрофізичній дії, такі як обробіток насіння в різних електромагнітних полях, випромінювання рентгенівським та γ -променями.

Ці методи активують біохімічні реакції, підвищують життєздатність і стимулюють пророщення насіння. Є багато інших методів, які використовують

електричну енергію, і всі вони мають подібний механізм дії на клітини рослинного походження.

Інститут картоплярства НААН провів виробничу перевірку ефективності електромагнітної стимуляції бульб картоплі з використанням статора електричного двигуна в якості робочого органу електромагнітного стимулятора. За результатами перевірки, зробленої в 2010 році, встановлено, що сходи були на 3 дні раніше, густина повних сходів становила 64,5 тис/га, що на 2,2 тис/га більше від контролю, перед збиранням врожаю - на 1,7 тис/га.

Фактична врожайність картоплі у досліді складає 20,4 т/га або перевищує контроль на 3,1 т/га або на 18,06%. Економічний ефект від оптимізації процесу електромагнітної стимуляції садивних бульб склав 18,6 тис. грн./га. Ця система має кілька переваг, зокрема, простоту конструкції, використання джерел живлення промислової частоти, підвищення інтенсивності поля завдяки багатофазній мережі та підвищення ККД установки за рахунок використання магнітної системи з концентрацією магнітного поля в статорі.

Це свідчить про доцільність досліджень в напрямі електромагнітної стимуляції та отриманні оптимальних режимів передпосівної обробки насінневого матеріалу в електромагнітному полі.

Дослідження, проведені у ВНІЗ, встановили, що під час збирання врожаю насіння збільшується чисельність мікрофлори. Крім того, на зерно, разом з пилком, потрапляє частина мікробної фауни ґрунту, на що впливають морфологічні особливості насіння. Наприклад, зерна, які вивільнені із колосу стерильним піпеткою, вміщали 1530 мікроорганізмів на 1 грам, вивільнені із колосу шляхом ручного обмолоту – 5400 мікроорганізмів, а зерна, які отримані після обмолоту комбайном – 63000 мікроорганізмів. Згідно з дослідженнями Михайлівського, на поверхні одного зерна може бути від 40 до 800 тис. бактерій. Щодо пліснявих грибів, то в насінні різних культур зустрічаються до 60 видів, серед яких найбільш поширені представники із сімейства аспергілових. Розвиток плісняви зазвичай починається в області зародку, тому при зберіганні насіння може зменшуватись його схожість.

В Кубанському державному аграрному університеті на кафедрі електричних машин і електропривода були проведені дослідження щодо обробки та обеззаражування насіння пшениці термічним методом. Для цього була створена установка на базі самохідного протравлювача насіння угорського виробництва, на якому встановлено генератор низькотемпературної плазми та циліндричну камеру обробки. Використання низькотемпературної плазми для обеззараження насіння є особливістю установки.

Під дією плазми, мікроорганізми, спори та шкідники, які паразитують на поверхні насіння, гинуть та згорають в її потоці. Обробка насіння дозволила знизити кількість хворого насіння, яке закладено на пророщування, на 40-50%. Збільшення часу обробки збільшує ефективність обеззараження, хоча не забезпечує повного обеззаражування насіння. Хвороби, такі як фузаріоз, не зменшуються значно, але швидкість їх розвитку уповільнюється.

Дослідження, проведені в проблемній лабораторії „ЧИМЭСХ” [11, 17], демонструють, що біологічна дія електричного струму може мати бактерицидний ефект, який проявляється в діапазоні температур 15...40 °С і призводить до інтенсивної гибелі деяких мікроорганізмів. При використанні електростатичного поля, якість очистки пшениці після збирання може підвищуватися, а на поверхні насіння можуть видалятися частинки діаметром 15...60 мкм.

Цей ефект можливий на протязі 2-3 місяців після обробки і підвищує схожість і енергію проростання. Поверхнева очистка насіння від зовнішньої мікрофлори в електростатичному полі виявилася ефективною, видаляючи до 60-70% спор грибів і бактерій з поверхні пшениці. У наших країнах та за кордоном проводять дослідження з використанням озону як консерванту для зберігання сільськогосподарської продукції. Згубна дія озону на мікроорганізми, які викликають псування продуктів при зберіганні, лежить в основі його впливу на стійкість сільськогосподарських продуктів. За даними різних авторів, бактерицидні властивості озону проявляються при концентрації від 0,3...0,5 мг/л до 1,2...1,7 мг/л, а гибель спор швілевих грибів відбувається при концентрації 20 мг/л. Обеззаражування суспензій практично всіх видів бактерій у воді

відбувається при дії озону в концентрації 2 мг/л протягом 1 хвилини. Дослідники провели дослідження з обробки озonom заспореного цвілью насіння під час зберігання. Гибель 99,8 – 99,9 % спор була досягнута при концентрації озону 350 мг/м³ і експозиції 2 хв. і більше. При концентрації 150 мг/м³ і тому ж експозиції гибель спор складала 33,8 – 76,5 %. Збільшення часу обробки до 5 – 10 хв. збільшувало спороцидний ефект. Для детоксикації токсичного насіння на протязі 15 хв. використовують озонopовітряну суміш з вмістом озону 320...340 мг/м³, що забезпечує детоксикацію на 70 %.

Таким чином, використання озону як консерванту може бути ефективним способом зберігання сільськогосподарської продукції, оскільки його бактерицидні властивості можуть знищувати мікроорганізми, які викликають псування продуктів. Крім того, дослідження показали, що обробка озonom може допомогти у детоксикації токсичного насіння та знищенні цвілевих спор. Результати досліджень вказують на можливість використання озону для зберігання та очищення сільськогосподарської продукції. Бородин И. Ф. вказує, що на теперішній час признаним є спосіб застосування озону для обробки питної і стічної води, а також різної сільськогосподарської продукції.

У своїй статті Линков Ф. С. зазначив використання установки "ОВУ - 1" для обробки картоплі при зберіганні за допомогою озono-повітряного методу.

Концентрація озону в повітрі може коливатися від 4 до 20 г/м³ залежно від потужності озонатора. Сучасні електроозонатори, які застосовуються в агропромисловому комплексі, мають низький ККД, не більше 2-3% .

Озонування є одним з перспективних методів для боротьби з мікробіологічними впливами в різних галузях, таких як сільське господарство, медицина, екологія тощо. Як дезінфікуючий, стимулюючий, дезодоруючий та стерилізуючий засіб, озон широко застосовується в різних країнах світу, таких як США, Німеччина, Японія, Франція тощо.

Застосування озону алотропічної модифікації киеню є найбільш перспективним як екологічно чистого окислювача, оскільки він природно бере

участь у біопроесах і при розкладанні не залишає шкідливих продуктів розпаду та запаху.

Розпад озону до гранично допустимої концентрації відбувається швидко, а це має важливе значення при роботі обслуговуючого персоналу. Озон перевершує такі речовини, як хлор і перекис водню за окислювальними властивостями, крім фтору і деяких вільних радикалів. Крім того, сировиною для озону може слугувати атмосферне повітря. Зростаючий інтерес до озону в сільському господарстві зумовлений суттєвим зменшенням затрат на його виробництво порівняно з хімічними реагентами аналогічного призначення.

Масштаби застосування озону на теперішній час швидко зростають, що вимагає широкої номенклатури технічних систем виробництва і технологій застосування з різними характеристиками в залежності від призначення і області застосування. Тому актуальною стає проблема розробки таких систем.

За результатами аналізу впливу озону на мікрофлору насіння виявлено, що він може бути ефективним мікоцидом при обробці та зберіганні насіннєвого матеріалу, а також передпосівної обробки. Однак потрібно додатково уточнити оптимальні режими обробки, такі як концентрація озону, тривалість експозиції та умови обробки.

Сучасні електроозонатори, які використовуються в агропромисловому комплексі, не мають широкого застосування через низький ККД та продуктивність, що пояснюється втратами озону в мережі подачі від генератора до оброблюваного продукту.

1.3. Огляд електротехнічних засобів з обробки насіннєвого матеріалу

Група науковців під керівництвом професора Губанова Я.В. розробила установку для обробки насіння, яка використовує постійне електромагнітне поле та озон високої концентрації. Згідно з авторами, це технічне рішення дозволяє швидко вибирати оптимальні режими обробки для практично всіх

сілськогосподарських культур, завдяки можливості регулювати напруженість, тривалість та концентрацію озону.

Потапенко К. А. і др. дослідники пропонують використовувати установку виконану за а. с. № 1022672, в якій дія магнітного поля підсилюється озоном. На рис. 1.2. представлена схема установки.

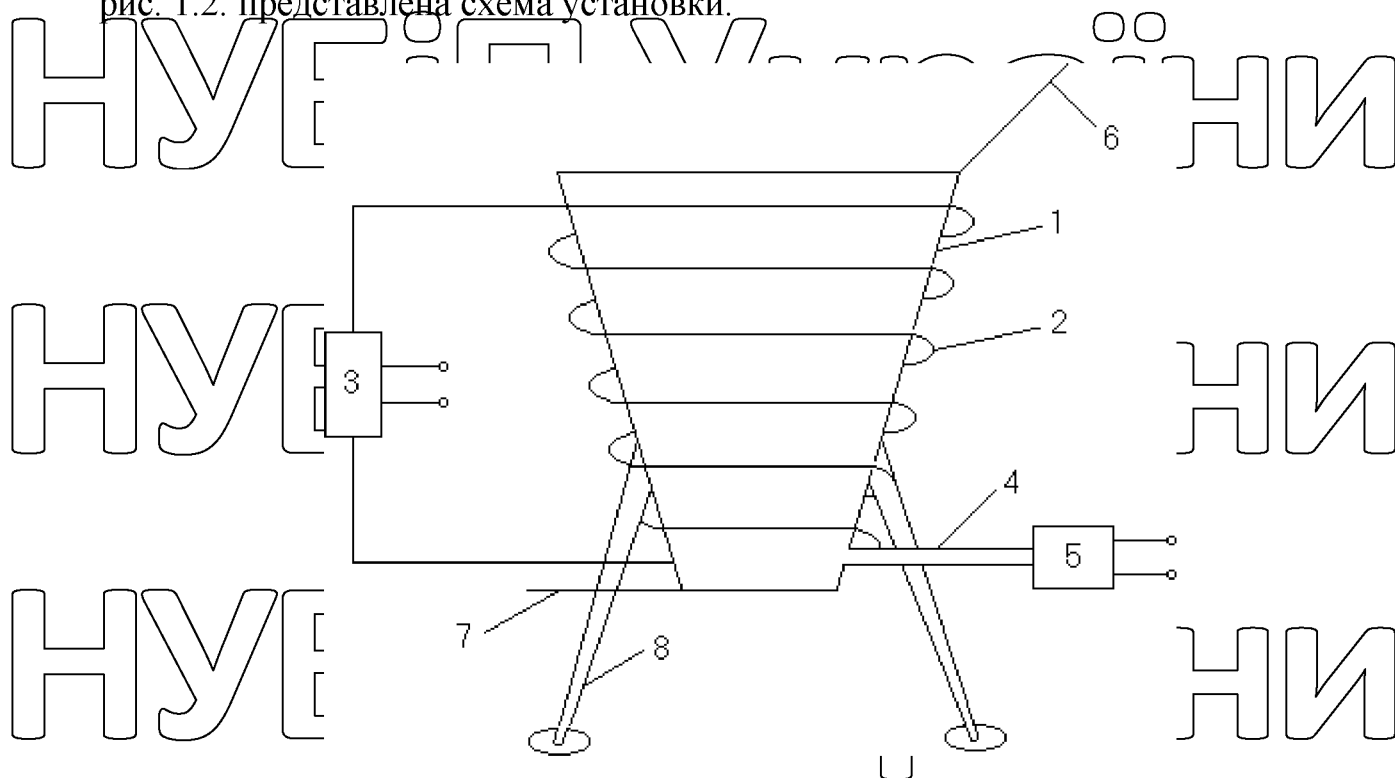


Рис. 1.2. Установка для обробітку насіння.

Пропонований пристрій має корпус у вигляді зрізаного конуса, з нижньою частиною, до якої приєднано озонатор. Така форма корпусу дозволяє поступово змінювати напруженість у центрі зрізаного корпусу від мінімального до максимального значення або навпаки. Насіння, що розміщене всередині котушки та піддається електромагнітній обробці, піддається дії іонізованого повітря з високою концентрацією озону (O₃), що знищує шкідливу мікрофлору. Протягом 4-10 хвилин насіння перебуває в іонізованому повітрі, що практично повністю знищує всі шкідливі мікроорганізми. Концентрація озону становить 6000 мкг/м³ або більше.

Установка складається з корпусу 1, виконаного з діамантного матеріалу у вигляді зрізаного конуса, зовнішня сторона якого оточена обмоткою 2. Обмотка утворює електромагнітне поле і приєднана до джерела постійного струму 3. У

нижній частині корпусу є отвір 4, через нього поступає іонізоване повітря з високою концентрацією озону, який виробляється в озонаторі 5. Зверху корпус закривається кришкою 6 з отвором для виходу повітря, 7. Корпус установлено на металевій тринозі 8. В корпусі утворюється електромагнітне поле, напруженість якого змінюється обернено пропорційно радіусу, рекомендована величина напруженості повинна знаходитись в межах 4000...6000 А/м. Перед початком обробки кришку 7 закривають і зерно починає поступати в камеру 1. Проходячи всередині камери воно підпадає під дію електромагнітного поля різної напруженості. При заповненні корпусу кришка 6 закривається і одночасно вмикається озонатор, який утворює концентрацію озону в камері.

Досліди, проведені в господарствах Краснодарського краю, підтвердили, що передпосівна обробка насіння кукурудзи озono-повітряною сумішшю дозволила досягти швидшого проростання насіння. Польова схожість виросла на 12%, а через 15...17 днів після сівби опитний посів не виявив значної різниці з контрольним посівом. Оськин С. Б. та його колеги разом з відділом селекції Кубанського ІІІІ розробили установку для цієї обробки насіння кукурудзи (рис. 1.3).

Ємність, яка обертається з частотою 120...150 хв-1, містить озono-повітряну суміш з концентрацією озону 20...30 мг/м³. Подача суміші здійснюється за допомогою нагнітального пристрою з продуктивністю 30 м³/г, а час обробки залежить від сорту і стану насіння. Продуктивність установки за одну зміну - 3т.

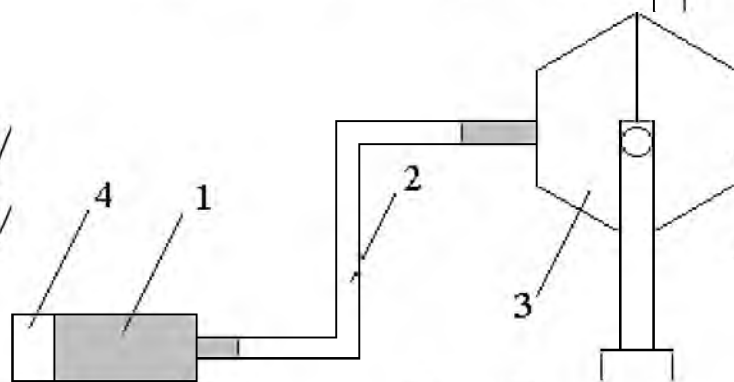


Рис. 1.3. Схема установки для передпосівної обробки насіння: 1 – генератор озону, 2 – гнучкий з'єднувальний патрубкок, 3 – ємність, 4 – нагнітальний пристрій (вентилятор).

Авторами встановлено, що ефективність дії озонної обробки з відлежуванням зберігається до висіву не менше ніж 15 міс. Найбільша схожість була після 20 днів відлежування.

Харківська електротехнічна компанія ХЕЛКО випускають установки для передпосівної обробки насіння с.г. культур УФ випромінюванням наприклад: установка АУФ-1К (рис. 1.4.), установка СН-100 УФ (рис. 1.5. а- загальний вигляд, б- схематичний вигляд.)

Установка АУФ-1К призначена для передпосівної активації насіння с.г. культур УФ випромінюванням для збільшення врожайності та стійкості до захворювань і несприятливих кліматичних чинників.



Рис.1.4. Установка для для передпосівної обробки насіння АУФ-1К

Установка СН-100 УФ- призначена для обробка насіння ультрафіолетовим випромінюванням дозволяє збільшити врожай с.г. культур на 10-50%, без застосування хімії. При цьому збільшується схожість та енергія проростання, зменшується термін досягання на 3-15 діб, збільшується стійкість врожаю до впливу навколишнього середовища. Продуктивність- 500 кг/год. Енергоспоживання-0.5 кВт/год.



Рис. 1.5. Установка СН -100УФ для передпосівної обробки насіння
а- загальний вигляд; б- схематичний вигляд.

Для обробки насіння у даній установці перед запуском необхідно завантажити насіння через спеціальний лоток в середину барабана. Після запуску барабану автоматично включається джерело ультрафіолетового випромінювання, що розташоване всередині. Конструкція установки забезпечує рівномірне опромінення зерна завантаженого в барабан шляхом оптимального розташування ультрафіолетових ламп і налаштування швидкості обертання барабану. Для керування роботою установки передбачена шафа управління.

Лабораторно-експериментальна установка, новизна якої захищена патентом України на винахід (№25302А від 30.10.98р.). Схема будови та принцип дії віброфрикційного сепаратора показані на рис. 1.6.

Встановлено позитивну дію ЕПКР на посівні якості насіння багаторічних трав. Внаслідок електрообробки на 3...12% підвищується енергія проростання та відповідно на 7...12% і 1..12% лабораторна та польова схожість. З дослідженими параметрами електрообробки насіння багаторічних трав ($E=2,5...3,3 \cdot 10^5$ В/м, $t=3...30$ сек), видно, що вони знаходяться в межах, які викликають у посівному матеріалі стимулювальний ефект. Це дозволяє в

технології його підготовки операції сепарування та передпосівної електрообробки суміщати та проводити одночасно.

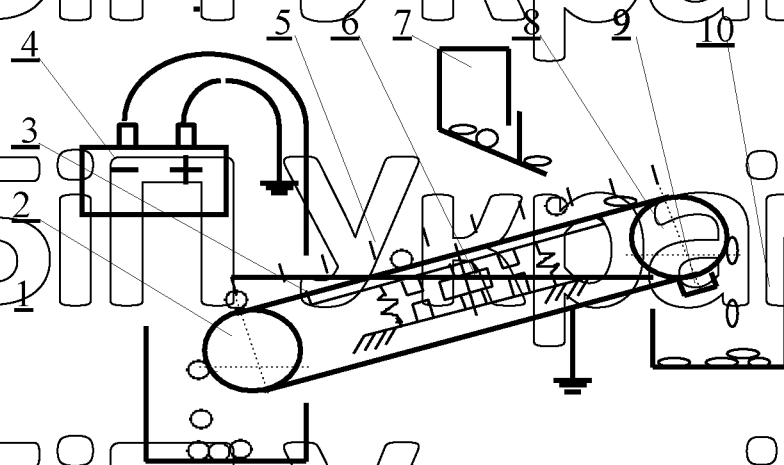


Рис. 1.6. Схема віброфрикційного сепаратора:

- 1 - приймач обробленого насіння; 2 - ведений валик; 3 - електропровідна стрічка;
4 - джерело високої напруги; 5 - коронувальний електрод; 6 - механізм вібрації;
7 - живильний бункер; 8 - ведучий валик; 9 - шітка; 10 - приймач відходів.

Основні параметри сепаратора: розміри робочої частини сепарувального пристрою - 0,70x0,68м, напруга в робочій зоні - 10...28кВ, міжелектродна відстань - 20...80мм; амплітуда коливань стрічки - 0...0,8мм; частота коливань стрічки - 50Гц; швидкість стрічки - 0,01...1,2м/с.

Використання сепаратора в процесі обробки насіння багаторічних трав у виробничих умовах забезпечує зниження втрат посівного матеріалу не менше ніж на 30%, а завдяки стимуляції продуктивність підвищується в середньому до 20%, зростає урожайність зеленої маси (до 25 %) та вихід сіна (до 30 %).

1.4. Висновки та постановка задач

Після аналізу результатів наукових досліджень, які були наведені в першому розділі, можна зробити наступні висновки щодо підвищення ефективності використання сильних електричних полів в рослинництві:

1. Сильні електричні поля можуть стати важливим елементом в різних технологічних процесах галузі рослинництва, оскільки вони ефективно впливають на біологічні системи. Крім того, обробка насіння в сильних електричних полях дозволяє утворювати озono-аероіонну суміш у всьому об'ємі насіння. Це підвищує ефективність дії сильних електричних полів.

2. Зменшення стійкості насіння при зберіганні та його схожість є наслідком розвитку пліснявих грибів та бактерій. Використання отруйних хімікатів не є прийнятним рішенням через непоправний екологічний збиток. Озон має високі бактерицидні властивості, які можливо використовувати для передпосівної обробки насінного матеріалу та його зберігання. Проте, необхідно розробити ефективні способи і засоби озонування.

3. Оцінка сучасних методів та технічних засобів для озонної обробки насінневого матеріалу показала, що необхідно розробити екологічно чисті та ефективні способи обробки, а також енергозберігаючу установку для їх реалізації.

Розділ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УТВОРЕННЯ ЧАСТКОВИХ РОЗРЯДІВ В НАСІННІ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУГИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

2.1. Систематизація основних факторів, які впливають на ефективність зберігання насіннєвого матеріалу

Залежність якості насіння від зберігання визначається комплексом факторів, які можна розділити на три групи. Перша група включає біотичні фактори, такі як мікроорганізми, комахи, кліщі та гризуни, які впливають на якість насіння і їхній розвиток свідчить про рівень технології та підготовки зерносховищ. Друга група факторів - абіотичні, такі як вологість, температура, світло та склад повітря міжзернових просторів.

Відповідна матеріально-технічна база для сушіння, очищення, вентилявання та охолодження можуть впливати на ці показники і гарантувати якість насіння. Третя група факторів - антропологічні, такі як техніко-технологічні впливи на насіння під час вирощування, збирання та післязбиральної обробки.

Наприклад, створення умов для гарного харчування рослин, використання різних методів стимуляції та уникнення травмування під час прибирання і доопрацювання впливають на стійкість насіння під час зберігання. Підготовлені таким чином насіння володіють підвищеною стійкістю і імунітетом до несприятливих факторів зберігання.

Багато досліджень проводились з фізіолого-біохімічних та техніко-технологічних аспектів зберігання насіння, зокрема Е.А. Агрономовим, В.Л. Кретовічем, Л.А. Трисвятським, О.М. Рєпіним, М.М. Кулешовим, І.Г. Строною, М.Г. Голіком, Н.Г. Хорошайловим, Б.В. Лесиком, В.І. Анискиним та іншими.

Більшість дослідників визнають, що найефективнішими способами зберігання є зберігання в сухому стані, охолодження та герметичні умови. Часто

Ці методи поєднуються, особливо при тривалому зберіганні, наприклад, застосовують сухе зберігання в поєднанні з охолодженням або герметизацією насіння. Сьогодні в практиці найбільш поширеним є зберігання насіннєвого матеріалу в сухому стані, і більшість партій зберігається упакованими в контейнери, мішки або пакети.

Для зберігання насіння важливим фактором є ступінь його сухості, який визначається вологістю. Відповідно до стандарту ДСТУ 2240-93, максимальна вологість насіння зернових культур повинна бути в межах 13-15,5%, залежно від культури та зони вирощування. Досліджено вплив різних факторів зберігання на насіння, таких як пакувальний матеріал, вологість, температура та препарати для протруювання.

Встановлено, що пакувальний матеріал є найважливішим фактором. Наприклад, насіння в поліетиленовій упаковці має вищу лабораторну схожість в середньому на 21-24%, а польову на 22-30%, порівняно зі стандартною паперовою упаковкою. Щільна упаковка має позитивний вплив на тривалості зберігання, але при цьому початкова вологість насіння повинна бути 9-10%.

У разі більш високої вологості (14-15%) рекомендується використовувати паперову упаковку. Для зберігання насіння багаторічних трав використовують мішки масою до 50 кг, дрібне насіння - у подвійні мішки. На кожному мішку роблять паперову етикетку з назвою господарства, де вирощувалося насіння, культурою, сортом, репродукцією, роком урожаю, масою нетто, номером партії, датою упакування та класом.

Мішки зберігають у приміщенні, яке має бути сухим та не зараженим хворобами та шкідниками. Кожну партію насіння складають в окремий штабель на дерев'яний настил, розміщений на відстані від підлоги не менше 15 см. Відстань між штабелями і стінами — не менше 0,75 м, а між окремими штабелями — не менше 1 м. Раз у 4 місяці мішки перекладають, верхні ряди кладуть униз, а нижні - вверх. Вологість насіння багаторічних бобових трав не повинна перевищувати 13%, а для люцерни - 14%. Якщо насіння бобових багаторічних

трав зберігається більше року, його вологість має бути не більше як 10%, а для люцерни - 12%.

Для зберігання насіння багаторічних трав потрібно зменшувати доступ кисню до зародку, що сприяє настанню стану спокою. Інтенсивність дихання насіння є одним з факторів, які впливають на його тривалість життя.

Але якщо на насінні з'являються грибки та бактерії, то інтенсивність дихання змінюється. Мікроорганізми можуть погіршувати якість насіння і зменшувати його вагу. Стерилізація насіння не завжди дає успішні результати, оскільки хімічні протравлювачі можуть впливати на процес дихання.

Деяко відмічає, що інтенсивність дихання протравленого насіння може бути вищою, ніж у контролі.

Вплив мікроорганізмів на насінневу масу при зберіганні може проявлятися у наступних формах:

1. втрати партією насіння ознак свіжості, тобто зміною таких показників якості, як колір, запах, смак і кислотність;
2. погіршення технологічних якостей насіння (круп'яних, мукомельних і хлібопекарських);
3. зниження посівних і товарних якостей насіння у зв'язку із ураженням його зародку;
4. придбанням насінням токсичних властивостей;
5. утворення і накопичення в насінневій масі значної кількості тепла;
6. втрати в вазі сухої речовини насіння.

Розвиток мікроорганізмів на початковому етапі є непомітним, і його можна встановити тільки за допомогою спостережень за динамікою мікрофлори насінневої маси. На цьому етапі бактерії та пліснява можуть активно розвиватися, що може призвести до руйнування зернової маси. Тому дуже важливо запобігти активному розвитку мікроорганізмів у насінневій масі. Для цього в сільськогосподарському виробництві застосовують різні методи, такі як сушіння, охолодження, проморожування, хімічне консервування та правильне вентильовання.

Однак, всі ці заходи потребують значних матеріальних та людських ресурсів. Щоб уникнути цих витрат, варто вчасно вживати заходів для запобігання розвитку мікроорганізмів у насіннєвій масі.

Як відомо, зберігання насіння при підвищеній температурі та вологості сприяє розвитку плісняви, деякі з яких можуть виробляти мікотоксини. Близько 220 видів пліснявих грибів можуть виробляти більш як 100 різних мікотоксинів, які можуть викликати захворювання у тварин та людей. Деякі з цих мікотоксинів мають тератогенну, мутагенну та канцерогенну дію, зокрема афлатоксини, які є найбільш відомими канцерогенами.

Афлатоксини виробляються грибами *Aspergillus flavus* Link та *A. parasiticus* Sreare. Забруднене мікотоксинами зерно не може бути використане в їжу або згодоване тваринам. Існує кілька способів знешкодження зерна, що містить афлатоксини, включаючи кулінарну обробку. Варіння під тиском та з використанням достатньої кількості води може руйнувати до 73% токсинів. При звичайному варінні ця цифра складає 49%, а при надмірній кількості води – 81,6%.

У Латвійському філіалі ВНИИКП було встановлено, що обробка озonom сухого насіння, що містить токсигенний штам *Aspergillus flavus* № 3, на протязі 15 хвилин при концентрації 320-340 мг/м³ знищує афлатоксини в ньому на 70%.

Дослідження показали, що токсичні властивості насіння кукурудзи, ячменя, пшениці та люцерни зникають при обробці в сильних електричних полях з концентрацією озону 2 г/м³ протягом 4 хвилин.

Отже, економічно ефективним і продуктивним способом обробки насіння є обробка в електричних полях, яка дозволяє утворювати озон без використання окремого генератора озону. Цей спосіб був запатентований в Україні під номером 51719 під назвою "Спосіб обробки продукції при зберіганні і пристрій для його здійснення".

НУБІП України

2.2. Теоретичні дослідження іонізаційних процесів в повітряних включеннях насінневої суміші під дією сильних електричних полів

Значення питомої електропровідності повітря γ_n (при низькій напруженості електричного поля) має мале значення. Електропровідність повітря обумовлена наявністю в ньому деякої кількості заряджених частинок. В нормальних умовах число заряджених частинок в 1 м^3 атмосферного повітря не перевищує 10^{13} . Питома провідність повітря в слабких полях за даними Сканава Г. И. дорівнює $\gamma_n \approx 0,8 \cdot 10^{-15} \text{ 1/(Ом} \cdot \text{см)}$.

При малих значеннях напруженості зовнішнього електричного поля густина струму в повітрі прямо пропорційна напруженості прикладеного поля і в цих умовах дотримується закон Ома (ділянка ОА на рис. 2.1).

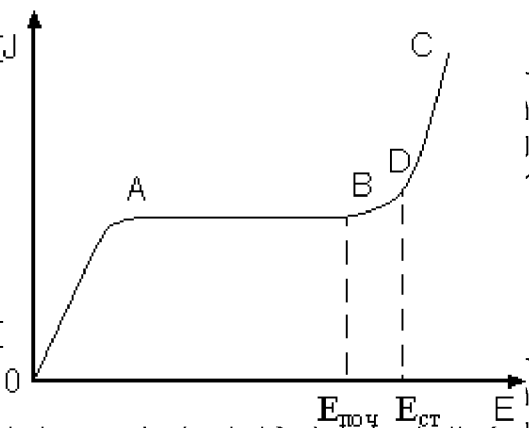


Рис. 2.1. Залежність густини струму через повітря від напруженості електричного поля (схематично).

При зростанні напруженості поля закон Ома вже не виконується. В повітрі буде мати місце струм насичення, який не збільшується з ростом напруженості поля і густина якого дуже мала (ділянка АВ на рис. 2.1). Для повітря і очищених газів $J_{нас}$ не перевищує $10^{-16} \dots 10^{-14} \text{ А/м}^2$ [36].

При збільшенні напруженості поля може виникати самостійний розряд, який генерує заряджені частки в електричному полі через ударну іонізацію. Це

призводить до різкого підняття кривої залежності J від E (ділянка BC на рис. 2.1). Зазвичай, напруженість поля $E_{поч}$, яка відповідає початку розвитку ударної іонізації, для нормальних умов становить близько 10 кВ/см. Проте за даними Богородицького Н.П., початок ударної іонізації для повітря відповідає напруженості зовнішнього поля близько 30 кВ/см.

При обробці насінневої маси в сильних електричних полях постійного струму важливу роль відіграють фізико-хімічні процеси, пов'язані з перетворенням частини кисню O_2 на його видозмінну форму - озон O_3 , а також утворенням окислів азоту та атомарного азоту.

Такий процес має особливе значення, оскільки насіннева маса містить повітря, тому при нормальному заповненні об'єму насінням кожна насіннина знаходиться в контакті з оточуючим повітрям. Зазвичай, коефіцієнт заповнення об'єму насінням становить $K=0,5...0,7$ при природній засипці насінневої суміші.

Розглянемо насіння люцерни, розміщену між двома паралельними пластинчастими електродами до яких підведена висока напруга постійного струму (рис. 2.2).

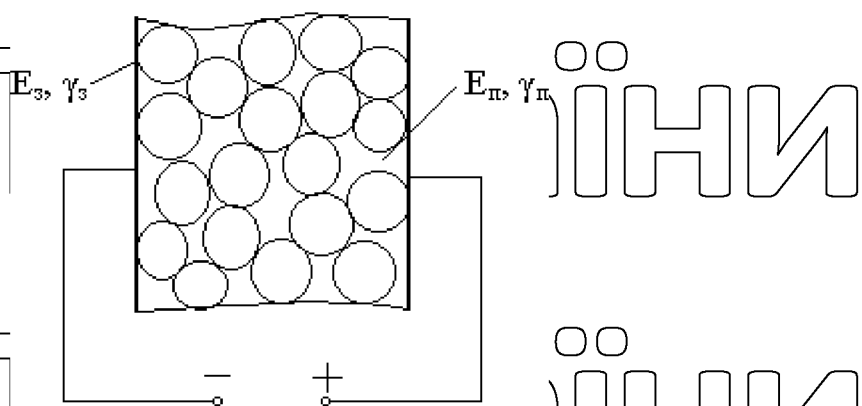


Рис. 2.2. Конденсатор з двокомпонентним діелектриком (насіння – повітря)

В цьому випадку при значеннях напруженості електричного поля у повітряних включеннях рівних $E_{поч}$ або більших по всьому об'єму насінневої суміші у повітряних включеннях буде відбуватися ударна іонізація. В результаті

ного у всьому об'ємі насінневої маси, яка знаходиться між електродами буде утворюватися O_3 (озон) і все насіння буде рівномірно оброблятися цими речовинами. Крім того часткові розряди будуть призводити до додаткового нагріву зерна та буде відбуватися бомбування поверхонь насіння електронами і іонами, які будуть виникати при цих розрядах.

Завдяки властивостям озону насіння буде піддаватися бактерицидній дії.

При аналізі дозових залежностей заслуговує на увагу висока чутливість репродуктивної функції бактерій до концентрації озону (*Erw. Carotovora*, *Ps. fluorescens*) рис. 2.3.

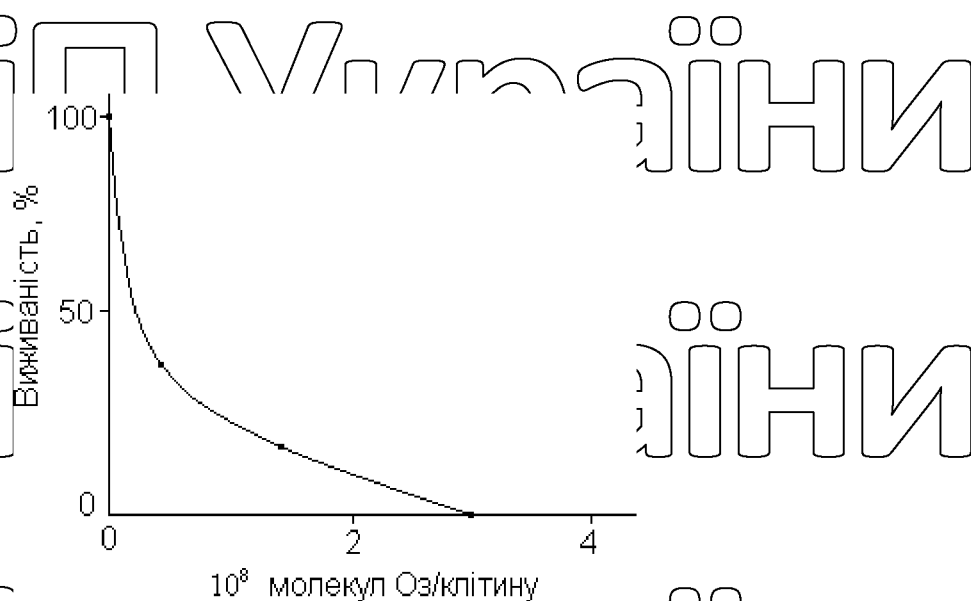


Рис. 2.3. Вплив концентрації озону на виживаність бактерій.

Аналогічні результати були отримані для інших видів бактерій [30], але чутливість однокліткових організмів до озону може варіювати навіть в межах однієї таксономічної групи. Важливою характеристикою дії озону є його здатність до окислення, яка підвищується при наявності окислів та атомарного азоту в повітрі.

Ці речовини, особливо у присутності вологи, діють як сильні окислювачі на органічні речовини та можуть бути важливими для бактерицидної обробки насіння різних сільськогосподарських культур. Разом вони діють у 20 разів сильніше, ніж окремо.

Помічено, що підвищення продуктивності рослин і покращення їх росту можливе не лише завдяки сильним електричним полям, але і за рахунок іонізації повітря. Обробка насіннєвого матеріалу в середовищі окислів азоту та атомарного азоту збільшує позитивний ефект.

Автори стверджують, що іонізований азот і окисли азоту, які насичують насіння, сприяють підсиленню процесів обміну речовин при рості та розвитку рослин і при формуванні врожаю. Тому, бактеріцидна ефективність обробки насіннєвого матеріалу залежатиме від рівня концентрації озону і окислів азоту, тривалості обробки та вологості насіння:

$$BE = f(K_o, \tau, W) \quad (2.1)$$

де. K_o – концентрація озону та окислів азоту;

τ – час знаходження насіннєвої суміші під дією електричного поля;

W – вологість насіння.

Розглянемо іонізаційні процеси в повітряних включеннях насіннєвої суміші.

Іонізаційні процеси можна підрозділити на нестійкі і стійкі.

Напруга початкової (нестійкої) іонізації $U_{поч}$ – це найменша напруга, при якій в насіннєвій масі можуть існувати іонізаційні процеси слабої інтенсивності (відповідає $E_{поч}$).

Напруга стабільної (стійкої) іонізації $U_{ст}$ – це найменша напруга, при якій в зерновій масі можуть існувати іонізаційні процеси значної інтенсивності (відповідає $E_{ст}$).

Форма насінин таких рослин, як люцерна та ячмінь, може вплинути на процес розряду в повітрі під час обробки насіннєвої суміші.

Це може в свою чергу вплинути на інтенсивність іонізаційних процесів в повітрі, а також на концентрацію озону та окислів азоту.

Однак, крім форми насіння, інші фактори, такі як підведена напруга до електродів, питома електропровідність насінневої суміші та вологість насіння, також можуть вплинути на ці процеси:

$$K_o = f(U, \gamma_{zc}, \Phi_3), \quad (2.2)$$

де Φ_3 – геометрична форма насіння;

γ_{zc} – питома електропровідність насінневої суміші.

Напруга початкової іонізації $U_{поч}$ є важливим параметром, який необхідно знати при обробці насінневого матеріалу в сильних електричних полях. Перевищення напруги над початковою буде визначати інтенсивність процесу іонізації.

В загальному вигляді напругу початкової іонізації можна представити виразом:

$$U_{поч} = f(H, W, \Phi_3, \delta), \quad (2.3)$$

де H – товщина шару насінневої маси;

δ – відносна густина повітря

Таким чином, з вищенаведеного можна зробити висновок, що при високій напрузі між пластинчастими електродами, які розташовані у насінневій суміші, відбуваються іонізаційні процеси, які призводять до часткових розрядів у повітряних включеннях.

Ці процеси стимулюють хімічну активацію насіння та безпосередньо електричні розряди. Крім того, насіння нагрівається. Вказані процеси є важливими в режимі обробки насінневого матеріалу за допомогою запропонованого електрофізичного способу, але їх вплив на насінневу суміш досі не досліджувався.

Тому детальніше про ці питання буде розповідатися в Розділі 3.

Розділ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТИМУЛЮЮЧОЇ ДІЇ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ НА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

3.1. Загальні відомості про ячмінь та досліді по комплексній тематичі

Ячмінь (лат. *Hordeum vulgare*) - це одна з найбільш поширених зернових культур в світі, яку використовують як кормову та хлібну культуру. Ячмінь є однорічною рослиною, яка належить до родини тонконогових (Poaceae). Зерна ячменю мають дозрівання від середини липня до початку серпня, залежно від сорту та кліматичних умов.

Основні виробництва ячменю зосереджені в Австралії, Канаді, Росії та ЄС.

В Україні також зернова культура вирощується на широкій площі, але переважно як кормова культура.

Основна використання ячменю - це виробництво пива, а також використовують ячмінь у виробництві кормів для худоби. Зерно ячменю містить велику кількість вуглеводів, білків, вітамінів та мінералів.

Для ячменю існує багато сортів, які відрізняються кольором зерна (від світло-жовтого до темно-коричневого) та формою. Використовують як ячмінь з високою вмістом білка, так і з низьким вмістом білка.

Ячмінь є одним з найбільш ранніх зернових культур, що може бути зібрана вже за 90-100 днів після сходів. Збір відбувається зазвичай вручну або за допомогою комбайнів.

Також ячмінь є цінним кормом для тварин. Його сіно і силос часто використовують для годівлі худоби, особливо у вигляді концентрату. Ячмінь містить білки, жири та вуглеводи, а також вітаміни і мінерали, необхідні для здоров'я тварин.

Ячмінь також може бути використаний для виробництва пива та спирту. У процесі виробництва пива використовують ячмінь як основний інгредієнт. Ячмінь містить речовину, яка дозволяє зберігати пиво свіжим із найкращим смаком та

ароматом. Після виробництва спирту, то ячмінь може бути використаний для виробництва різних видів алкогольних напоїв, включаючи водку, горілку та бурбон.

І нарешті, ячмінь є важливою культурою для землеробства. Його можна використовувати для покриття ґрунту та для боротьби з ерозією. Ячмінь також дуже корисний для збагачення ґрунту азотом, оскільки його коріння має спеціальні бактерії, які здатні фіксувати азот і зберігати його в ґрунті.

Отже, ячмінь є важливою культурою, яка має широке застосування в харчовій та промисловій галузях, а також є корисним для землеробства та охорони довкілля.



Рис. 3.1. Пророщування ячменя сорту Скарлет контрольного і обробленого зразка в сильному електричному полі: а – контрольний зразок; в – дослідний зразок

3.2. Розробка установки для дослідження дії сильних електричних полів на насінний матеріал

Для ефективного впливу на насінний матеріал необхідно провести комплексні дослідження електрофізичних процесів, які відбуваються в ньому під дією сильних електричних полів. З цією метою була розроблена лабораторна дослідна установка для обробки насіння сільськогосподарських культур в сильному електричному полі.

Для обробки матеріалу з використанням режимів, які не потребують великих струмів, в якості джерела високої напруги використовується двополярний каскадний помножувач напруги. Схема установки для дослідження режимів обробки насіння в сильному електричному полі з використанням двополярного каскадного помножувача напруги наведена на рисунку 3.3.

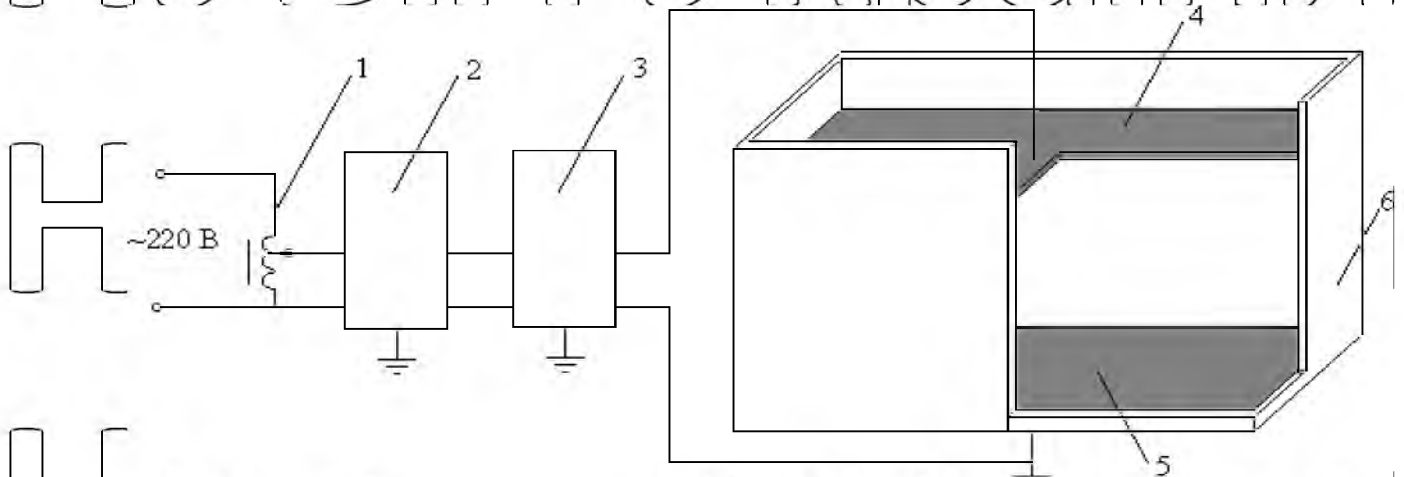


Рис. 3.2. Схема дослідної лабораторної установки. 1 – автотрансформатор; 2 – високовольтний трансформатор; 3 – каскадний двополярний помножувач напруги; 4 і 5 – плоскопаралельні електроди; 6 – камера для обробки насінневого матеріалу.

Установка працює наступним чином: в камеру для обробки 6 насінневий матеріал засипається або розміщується в пакетах (в залежності від призначення обробки). Вмикається автотрансформатор 1, за допомогою якого подається напруга на високовольтний трансформатор 2 і двополярний каскадний помножувач напруги 3. Після множення уже високовольтна напруга подається на електроди 4 і 5. Нижній електрод 5 приєднано до корпусу камери обробки і він знаходиться в нерухомому стані.

Верхній електрод 4 вільно пересувається в камері обробки і при необхідності виймається. Це дає можливість легко засипати і висипати

обробляемий матеріал а також регулювати його об'єм. Згідно з умовами експлуатації 5 електрод заземлювався. Рівень напруги регулюється за допомогою автотрансформатора І. При відповідному рівні напруженості поля по всьому об'єму продукції утворюється озono – аероіонна суміш, концентрація якої регулюється часом обробки та напруженістю електростатичного поля.



Рис. 3.3. Зовнішній вигляд дослідної лабораторної установки для дослідження режимів обробки насіння в сильному електричному полі з використанням високовольтного трансформатора та селенового випрямляча.

При струмах до 250 мА в якості джерела високої напруги використовувався високовольтний трансформатор ОК120 – 05.01.000 з селеновим випрямлячем БГЕ200АФ-СІ.0321.068ТУ. Зовнішній вигляд такої установки приведено на рис. 3.4.

Пластинчасті електроди виготовлялися з алюмінію і нержавіючої сталі. Корпус камери обробки було виготовлено з діелектричного матеріалу оргстекла та фторопласту.

3.3. Розробка дослідної експериментальної установки для стабілізації температури

Температура є одним з параметрів, який впливає на електропровідність зернової маси. Це особливо важливо при дослідженні температурних залежностей електрофізичних параметрів насінневої маси, оскільки температура впливає на ступінь теплової дисоціації іонів та форму зв'язку вологи в насінні. Дослідження цих параметрів є важливим для визначення якості насіння різних культур.

Однією з таких культур є ячмінь, для якого важливим є схожість та енергія проростання. Фізична стимуляція зерна може допомогти досягнути максимальних значень цих параметрів. Для контролю температурних умов використовуються вегетаційні та кліматичні камери, але ці установки є дорогими і громіздкими. Тому, для створення ефективних технологічних режимів впливу на насіннєвий матеріал, дослідження температурних залежностей електрофізичних параметрів насінневої маси повинні проводитись комплексно разом з іншими параметрами..

На базі термоелектричного холодильника з автоматичною схемою керування була здійснена технічна реалізація дослідження температурних залежностей електрофізичних параметрів насінневої маси та режиму пророщування ячменю. На рис. 3.4 показано функціональну схему експериментальної установки.

Для роботи використовували холодильник термоелектричний переносний ХТЭП – 9,2 ПР з номінальною напругою 12В, терморегулятор – ПТР – 2, в якості термоопору КМТ на 10 кОм. Підтримання заданої температури відбувалося в межах $\pm 0,2$ °С. На розроблений пристрій отримано Патенти України на винахід № 66585 та №78856//Пристрій для керування режимами роботи термоелектричного холодильника.

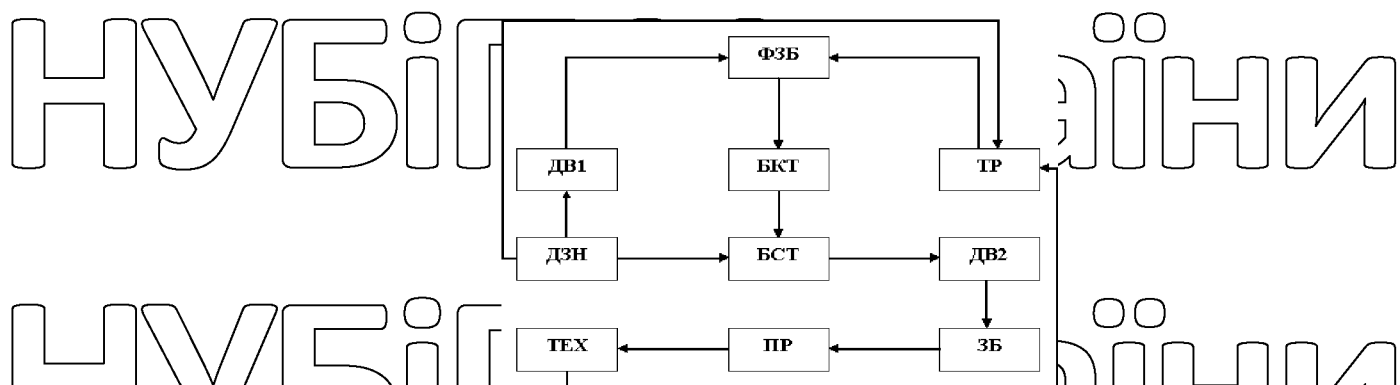


Рис. 3.4. Функціональна схема експериментальної дослідної установки: БСТ – блок силових тиристорів; ДЗН – джерело змінного струму; ДВ1, ДВ2 – діодні випрямлячі; ФЗБ – фазозсуваючий блок; БКТ – блок керування тиристорами; ТР – температурний регулятор; ЗБ – згладжувальний блок; ПР – перемикач режимів; ТЕХ – термоелектричний холодильник.

Принципова електрична схема автоматичного керування представлена на рис. 3.5. В основу роботи схеми керування закладено принцип фазового регулювання, тобто зміни тривалості проходження струму на навантаженні в кожен півперіод напруги мережі в залежності від заданого режиму роботи і величини напруги.

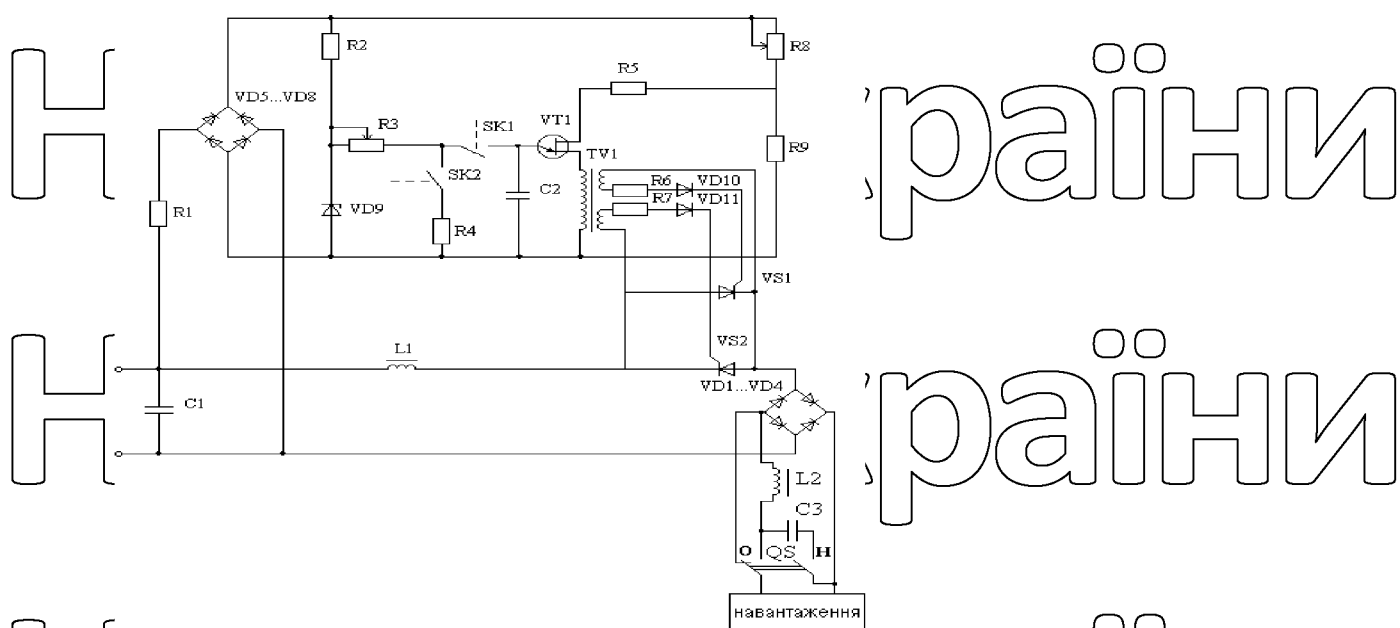


Рис. 3.6. Принципова електрична схема автоматичного керування термоелектричним холодильником.

Під час підключення пристрою до мережі живлення, комутуючі елементи VS1 і VS2 закриваються на початку кожного півперіоду, що призводить до прикладання напруги мережі до них. Після цього, напруга мережі подається на випрямляч з діодами VD5...VD8, який випрямлюється і подається на формувач імпульсів через резистор R2 і стабілітрон VD9.

На виході формувача утворюються трапецеїдальні імпульси постійної амплітуди. Конденсатор C2 заряджається через резистор R3 і контакт температурного реле SK1, що призводить до повільного зростання напруги на емітері одноперехідного транзистора VT1 від нуля до напруги відкриття. Далі, випрямлена напруга через резистор R8 формує міжбазову напругу одноперехідного транзистора VT1, яка визначає момент відкриття транзистора.

При відкритті транзистора, конденсатор C2 розряджається на первинну обмотку трансформатора TV1, що призводить до виникнення імпульсів в його вторинних обмотках, які подаються на керуючі електроли комутуючих елементів VS1 і VS2. Живлення через тиристри поступає на перший випрямляч на діодах VD1...VD4, випрямлюється і подається на індуктивність L2 і конденсатор C3, який згладжує напругу (осцилограма згладженої напруги живлення приведена на рис.

3.6а). Після цього, згладжена напруга подається на термоелектричну батарею холодильника. Функціональна схема експериментальної дослідної установки зображена на рис 3.6.

Електричний струм, який заряджає конденсатор C2, проходить через змінний резистор R3. Зміна опору резистора R3 призводить до зміни струму зарядки конденсатора і, відповідно, до зміни часу зарядки конденсатора до напруги відкриття транзистора VT1 та моменту виникнення імпульсів керування. Це в свою чергу призводить до зміни інтервалу ввімкненого стану комутуючих елементів і напруги на навантаженні.

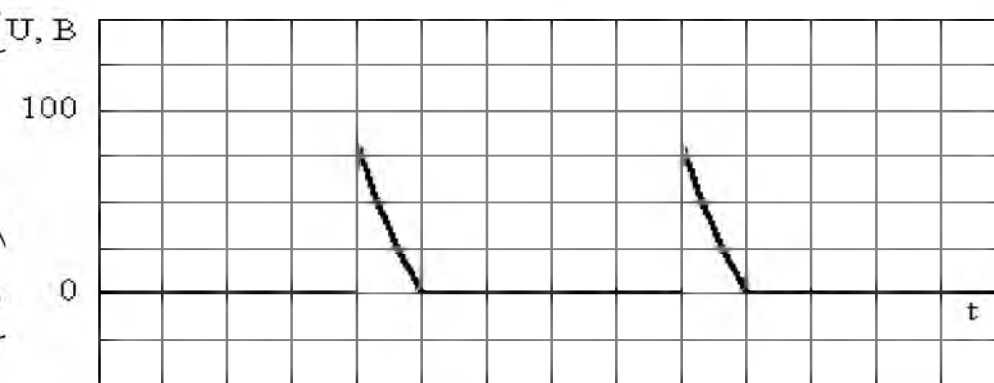
Якщо температура в робочій камері знижується до певного значення, контакт температурного реле SK1 відкривається, що призводить до того, що конденсатор C2 перестає заряджатися. Це в свою чергу призводить до закриття

комутуючих елементів і відсутності живлення для термоелектричної батареї, що призводить до зупинки зниження температури в холодильній камері. Після певного часу температура в робочій камері починає зростати відповідно до теплообміну з оточуючим середовищем до температури замикання контакту температурного реле

SK1. Після цього термоелектрична батарея отримує живлення і температура відновлюється в заданих межах.



а



б

Рис. 3.6. Осцилограми напруги живлення в режимі охолодження (а) і нагрівання (б) в робочій камері термоелектричного холодильника.

Коефіцієнт пульсації згладженої напруги розраховували за формулою:

$$K_n = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_{\max}} \quad (3.1)$$

НУБІП України

де U_{\max} – максимальна напруга;

U_{\min} – мінімальна напруга.

В запропонованій схемі в режимі охолодження коефіцієнт пульсації згладженої напруги знаходиться в межах 1%.

Для підтримки режиму нагрівання в робочій камері потрібно встановити перемикач режимів роботи в положення "Н". У цьому випадку виводи випрямляча на діодах VD1...VD4 без зміни полярності безпосередньо підключаються до термоелектричної батареї (осцилограма імпульсної напруги живлення приведена на рис. 3.76), а додатковий контакт перемикача режимів роботи вимикається від мережі електродвигун-вентилятора. Це призводить до перевищення миттєвого значення струму через термоелектричну батарею, що перебільшує теплоту Джоуля відносно теплоти Пельтьє, що забезпечує зростання температури в робочій камері.

При досягненні відповідної температури в холодильній камері, контакт температурного реле SK2 замикається, що призводить до зменшення струму зарядки конденсатора C2, що не дозволяє зарядити його до напруги відкриття транзистора VT1 і комутуючі елементи залишаються закритими, живлення на термоелектричну батарею не подається, температура в робочій камері перестає збільшуватися. Після певного часу, через теплообмін з оточуючим середовищем, температура в робочій камері зменшується до температури розмикання контакту температурного реле SK2, що дозволяє термоелектричній батареї отримувати живлення, температура в робочій камері знову починає зростати. Таким чином, система забезпечує підтримку температури в робочій камері в заданих межах.

Таким чином використання термоелектричного холодильника з запропонованою схемою автоматичного керування для дослідження температурних залежностей електрофізичних показників насінневої маси і пророщування насіння в лабораторних умовах дозволяє здійснювати, як

НУБІП України

нагрівання, так і охолодження робочої камери та значно зменшує матеріальні витрати на обладнання.

3.4. Методика та експериментальні дослідження питомої електропровідності зернової маси при зміні її температури і вологості

Параметри режиму стимуляції сильно впливають на результат обробки насіння, і цей вплив залежить від електрофізичних характеристик насінневої маси, зокрема від її електропровідності. Температура також є важливим фактором, що впливає на питому електропровідність насіння.

Зміна температури може перевести насіннєву масу з одного електрофізичного стану в інший, тобто з діелектрика в напівпровідник. Це можливо завдяки зростанню швидкості руху іонів у насінні з підвищенням температури, що збільшує електропровідність насінневої маси. Таким чином, режим обробки насінневої маси в значній мірі залежатиме від температури. Для дослідження використовували ячмінь сорту «Скарлет». Дослідження електропровідності насінневої маси проводили на спеціально розробленій установці рис. 3.7.

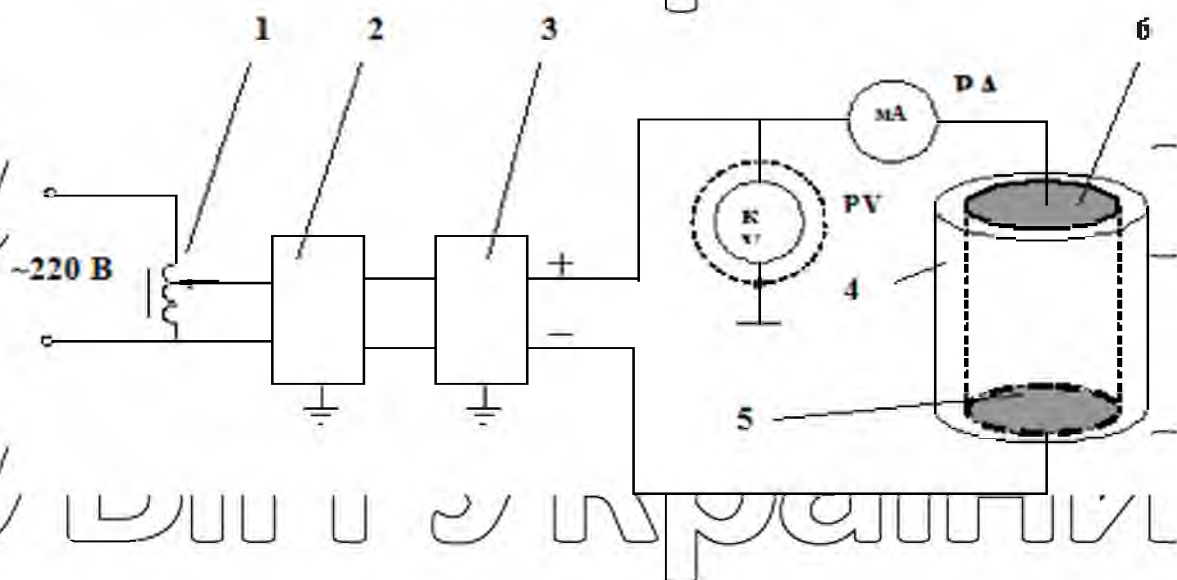


Рис. 3.7. Дослідна установка: 1 – автотрансформатор; 2 – підвищувальний трансформатор; 3 – каскадний двополярний помножувач напруги; 4 – циліндр з

діелектричного матеріалу; 5 – нижній пластинчатий електрод; 6 – верхній пластинчатий електрод.

При дослідженнях впливу температури на електричні властивості сільськогосподарських матеріалів, які проводили Бородин І.Ф., Грачева Л.І., Меренбах Я.Ф. [19, 34] та інші, не достатньо приділялась увага температурам в межах 10...25 °С, при яких саме і відбуваються основні технологічні процеси.

Задачу встановлення температури насінневої маси в межах 10...25 °С вирішували за допомогою розробленої дослідної установки на базі переносного термоелектричного холодильника марки ХТЭП – 9,2 ПР.

Для контролю температури насінневої маси використовували нелінійний об'ємний опір типу КМТ, який був підключений до терморегулятора ПТР-2. Термістор, що знаходився в центральній зоні вимірювальної комірки, визначав середню температуру матеріалу.

Вимірювальна комірка мала малу теплопровідність, тому похибка вимірювання температури була мінімальною за рахунок теплових втрат.

Електричні параметри були досліджені на вільно насипаному насінні люцерни, яке знаходилося в вимірювальній комірці. Контакт верхнього електрода з матеріалом здійснювався під дією своєї ваги в 93,3 грами.

Питому електропровідність насінневої маси для даних умов розраховували за формулою:

$$\lambda = \frac{I \cdot H}{U \cdot S}, \text{ См/м.} \quad (3.2)$$

де I – струм, який проходить через насінневу масу, А;

U – напруга, прикладена до насінневої маси, В;

S – внутрішня площа поперечного перерізу циліндричної комірки, м²;

H – висота стовпчика насінневої маси, м.

При проведенні досліджень напруга на електродах датчика подавалася такого значення щоб час поляризації був у межах 2 секунд.

На рис 3.8. приведені отримані залежності питомої електропровідності насінневої маси ячменю сорту “Скарлет” від температури.

А. С. Гінзбург відмічав, що специфіка насіння, як біологічного об'єкту обробки, активно проявляє себе при використанні температурного фактора. Крім того необхідно враховувати різкі зміни структури і властивостей води при температурах, які знаходяться в межах фізіологічної активності насіння.

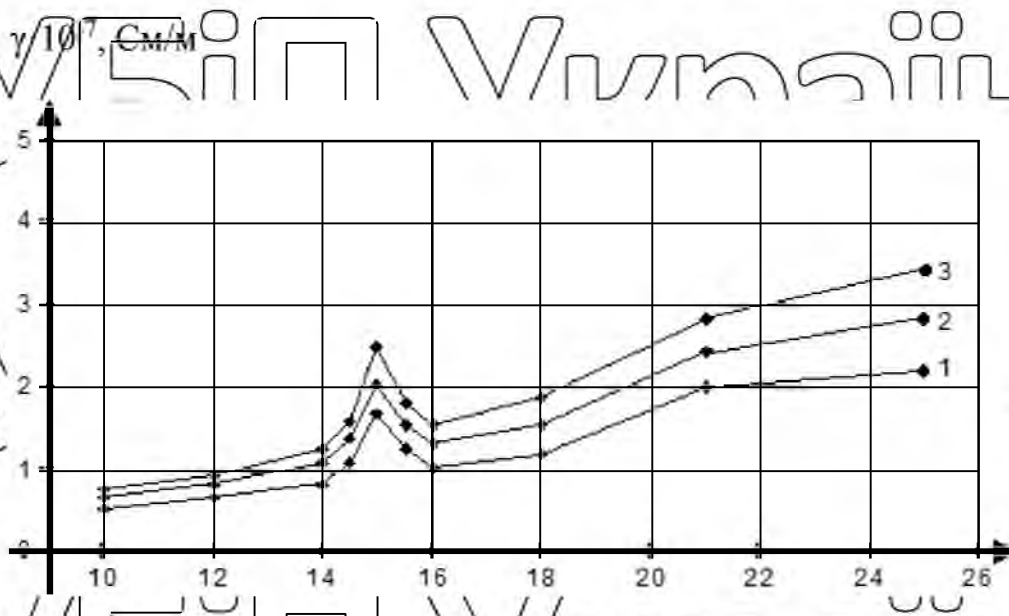


Рис. 3.9. Температурна залежність питомої електропровідності насінневої маси насіння ячменю сорту “Скарлет”: 1 – напруженість поля 2 кВ/см; 2 – напруженість поля 2,66 кВ/см; 3 – напруженість поля 3,33 кВ/см.

Результати досліджень показали, що електропровідність насінневої маси ячменю суттєво залежить від температури, що вносить відповідні труднощі для вибору режиму обробки. Крім того встановлено, що біля 15 °C відбувається значна зміна електричних властивостей насінневої маси. Цей момент потребує в подальшому проведення більш детальніших досліджень.

Експериментальні дослідження по вивченню впливу вологості насінневої маси на питому електропровідність проводили на ячменю сорту Скарлет. Для

Отримання менших значень вологості ячмінь просушувався. Вологість насіння вимірювалася вологоміром ВЗПК - 1, а температура – ртутним термометром.

Для досліджень отримали таким чином вісім партій ячменю з різною вологістю: $W_1=12,6\%$, $W_2=14,6\%$, $W_3=16\%$, $W_4=17,8\%$, $W_5=18,4\%$, $W_6=19\%$, $W_7=21\%$, $W_8=24\%$. Дослідження електропровідності насінневої маси проводили в трикратній повторності і однакої температурі $19,4\text{ }^\circ\text{C}$ ячменю при відносній вологості повітря в лабораторному приміщенні 74% .

Результати експериментальних досліджень наведені на рис. 3.9.

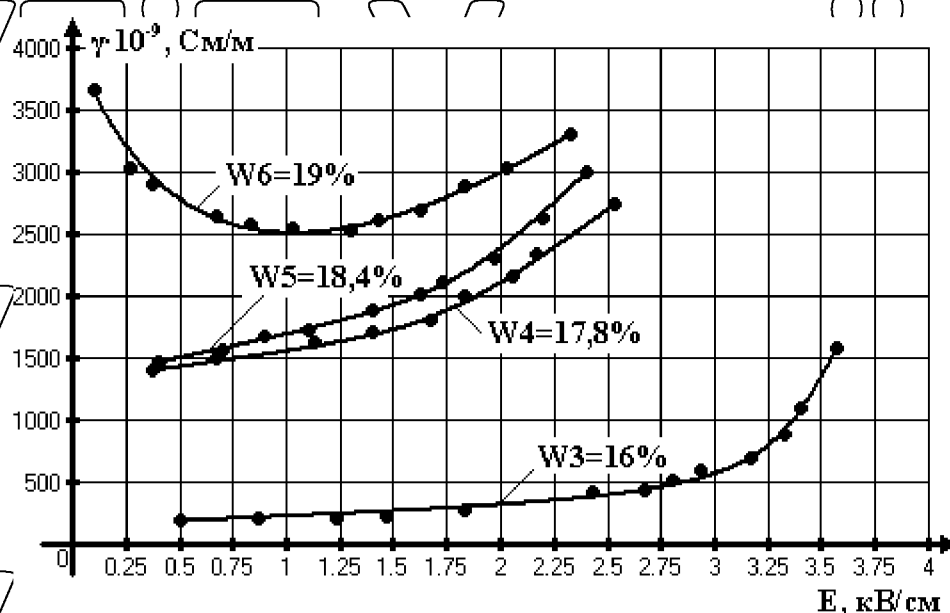


Рис. 3.9 Залежність питомої електропровідності маси ячменю сорту «Скарлет» від прикладеної до електродів напруги в залежності від вологості.

З отриманих результатів досліджень стало очевидним, що зі збільшенням напруги, яка прикладається до електродів, питома електропровідність насінневої маси ячменю з вологості від $12,6\%$ до $18,4\%$ також збільшується. При вологості ячменю 19% характеристика спочатку зменшується, а потім зростає, тобто має перехідний характер (екстремум біля 3-4 кВ).

Це свідчить про те, що насіння з максимальною вологістю не може бути ефективно оброблене з метою стимуляції, оскільки його об'ємна

електропровідність буде недостатньою. Найбільш ефективно стимулювати насіння слід при вологості менше 19%.

3.5. Дослідження впливу енергії сильного електричного на енергію проростання і здатність до проростання насіння

Як вже згадувалося раніше, застосування електричних полів високої напруги на насіннєвий матеріал призводить до підвищення його продуктивності, зокрема, через активізацію процесів росту та обміну речовин. Розроблений на кафедрі електрифікованих технологій в аграрному виробництві спосіб обробки насіння отримав патент на винахід, однак, для його дальшого застосування потрібне більш глибоке вивчення параметрів режиму обробки.

Особливо важливо знайти узагальнений параметр, який буде визначати результат електрообробки (дозу впливу D), оскільки через специфіку насіннєвого матеріалу важко підібрати комплекс параметрів, який функціонально визначатиме кінцевий результат електрообробки. Можлива достатньо сильна кореляція між D і результатом обробки.

Ми вважаємо, що найбільш оптимальним підходом є визначення дози у вигляді питомої енергії, тобто кількості енергії, яка поглинається одиницею маси або об'єму матеріалу. Цей підхід вже знайшов застосування для багатьох методів фізичного впливу, таких як поле промислової частоти, високої частоти, електромагнітне випромінювання, магнітне поле та ультразвук.

Хоча для більшості методів немає даних про коефіцієнт кореляції між питомою енергією та кінцевим результатом, проте використання питомої енергії є логічним при електрофізичній обробці насіння в електричному полі високої напруги постійного струму. Важливо також, щоб підхід до визначення дози був спільним для різних методів фізичного впливу.

Відносно розробленого методу питома енергія може бути визначена тільки розрахунковим шляхом за відомими параметрами режиму обробки матеріалу.

Енергія (об'ємна енергії у насіннєвій масі) Q_e , при розробленому способі обробки складається з енергії Q_{en} , яка виділяється в об'ємі насіннєвої маси при

проходженні струму провідності, енергії Q_n , яка запасється в об'ємі маси при поляризації, енергії Q_{cp} , яка виділяється в масі насіння внаслідок проходження розрядних струмів, і енергія $Q_{вт}$, яка втрачається через конструктивні елементи установки. Таким чином рівняння енергії, яка поглинається насінневою масою при обробці в електричному полі високої напруги постійного струму, буде мати вираз:

$$Q_e = Q_{cn} + Q_n + Q_{cp} - Q_{вт} \quad (3.3)$$

З формули (2.20) отримаємо вираз для визначення енергії, яка виділяється в об'ємі насінневої маси при проходженні струму провідності Q_{cn} :

$$Q_{cn} = \iiint_V j \cdot E \cdot dt \cdot dV \quad (3.4)$$

Для визначення енергії, яка запасється в об'ємі насіння при поляризації, Q_n скористуємося відомим виразом з електротехніки [31]:

$$Q_n = \int_V \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E_{вн}^2}{2} \cdot dV, \quad (3.5)$$

де ε_0 – електрична постійна;

ε – відносна діелектрична проникність насіння;

$E_{вн}$ – напруженість електричного поля всередині зернини (еліпсоїда).

Будемо вважати, що зернина має форму еліпсоїда, тоді напруженість електричного поля в середині зернини можна записати:

$$E_{вн} = E_{вн}^{\infty} + (E_{вн}^0 - E_{вн}^{\infty}) e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (3.6)$$

де $E_{вн}^0$ - напруженість електричного поля всередині зернини в момент включення напруги ($t=0$);

$E_{вн}^\infty$ - напруженість електричного поля всередині зернини в установленому режимі ($t \rightarrow \infty$);

τ - постійна часу встановлення електричного поля в еліпсоїді.

$$\tau = \epsilon_0 \frac{(\epsilon - 1)d + 1}{\gamma d + k\rho_i(1 - d)} \tag{3.7}$$

де d - коефіцієнт деполаризації еліпсоїда по тій осі, яка орієнтована вздовж зовнішнього поля;

k - рухомість іонів;

ρ_i - об'ємна густина заряду іонів.

$$E_{вн}^0 = \frac{E}{1 + d(\epsilon - 1)} \tag{3.8}$$

$$E_{вн}^\infty = E \tag{3.9}$$

$$E_{вн} = \frac{E}{1 + d(\epsilon - 1) \exp(-t/\tau)}$$

При розрахунку Q_n приймаємо максимальне значення $E_{вн}$, тобто $E_{вн}^0$, підставивши вираз (3.4), отримаємо:

$$Q_n = \int_V \frac{\epsilon \epsilon_0}{2} \cdot \left(\frac{E}{1 + d(\epsilon - 1)} \right)^2 \cdot dV, \tag{3.10}$$

Отримаємо вираз для визначення енергії, яка виділяється в масі насіння внаслідок проходження розрядних струмів $Q_{ср}$:

$$Q_{cp} = \sum_{i=0}^n \int_0^{\tau_i} \frac{U_{enp}^2}{R_2(t) + R_4(t)} dt + \sum_{i=0}^n \int_0^{\tau_i} \frac{U_{enp}^2}{R_2(t) + R_4(t)} dt \cdot C^2 \quad (3.11)$$

Згідно формули отримаємо вираз для визначення енергії, яка втрачається через конструктивні елементи установки $Q_{вт}$:

$$Q_{вт} = \int_0^t \frac{2S\Delta X}{\frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_з}} dt \quad (3.12)$$

Отримані рівняння дають можливість розрахувати дозу обробки насіннєвого матеріалу в електричному полі високої напруги постійного струму за виразом:

$$D = q_e t, \quad (3.13)$$

де t — час обробки.

Важливим із практичної точки зору питанням є дослідження результатів обробки насіннєвого матеріалу за його проростанням. Тому при різних режимах обробки досліджували енергію проростання та здатність до проростання з метою визначення ефективної дози обробки. Дослідження проводили в лабораторних умовах за стандартною методикою при температурі 20 °C і 16 °C.

Данні отримані в результаті дослідження наведені в таблиці 3.1.
З наведених результатів видно, що при температурі 20 °C найкращі результати з проростання насіння ячменю відповідають межах дози обробки 1100...1300 (Дж·год)/м³. Концентрація озону в цих межах знаходиться 120...150 мг/м³. Кількість виділеної питомої теплоти буде становити 2,7...5,8 кДж/м³. Межі

за густиною струму становлять 30...90 мА/м². межі за напруженістю електричного поля становлять 2,8...4,7 кВ/см.

Таблиця 3.1

Відносна енергія проростання ячменю сорту Скарлет та здатність до проростання в залежності від дози обробки.

Е, кВ/см	3,98	5,36	5,20	2,93	2,86	2,76	2,98	3,48	3,53	4,02	4,70	5,17	5,33
І, А/м ²	0,02	0,03	0,04	0,09	0,11	0,15	0,07	0,12	0,16	0,21	0,05	0,10	0,08
X _{від}	8,04	9,41	1,49	13,41	16,88	7,32	17,8	15,0	12,3	4,11	13,1	2,59	5,33
Z _{від}	9,19	9,41	11,49	14,28	20,51	7,14	21,3	17,3	13,3	5,33	13,4	3,48	5,95
T, °C	20	15	15	20	20	20	20	20	20	15	15	15	15
Д, (Дж/год) м ²	330	893	628	467	1475	3243	939	1992	2739	2369	1216	2612	736

Результати дослідження також приведені на рис. 3.10 і рис. 3.11.

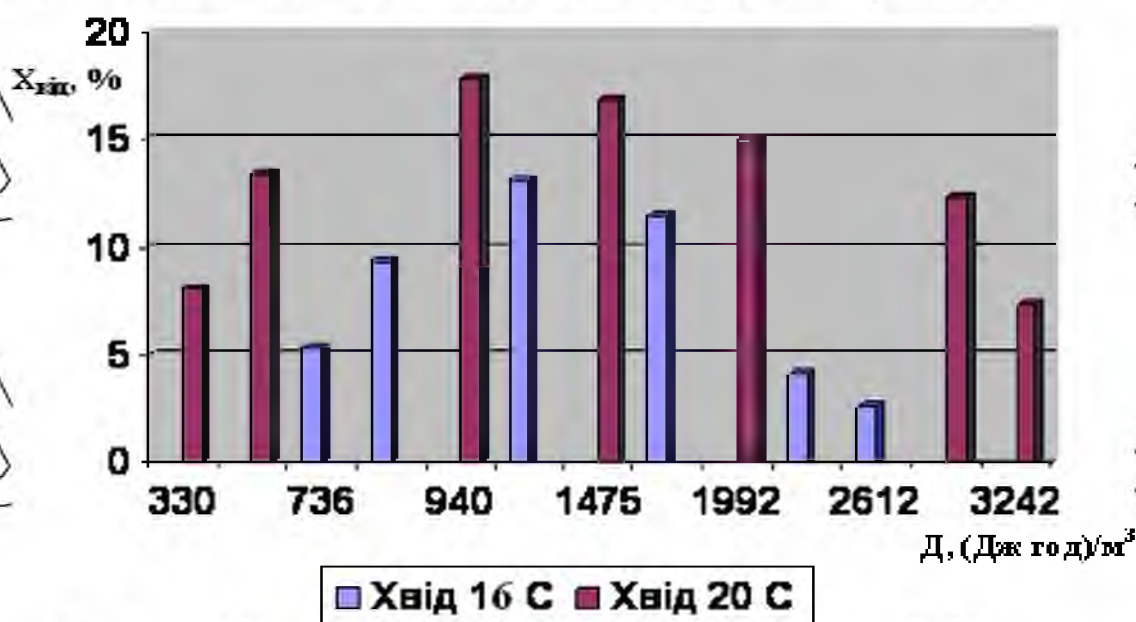
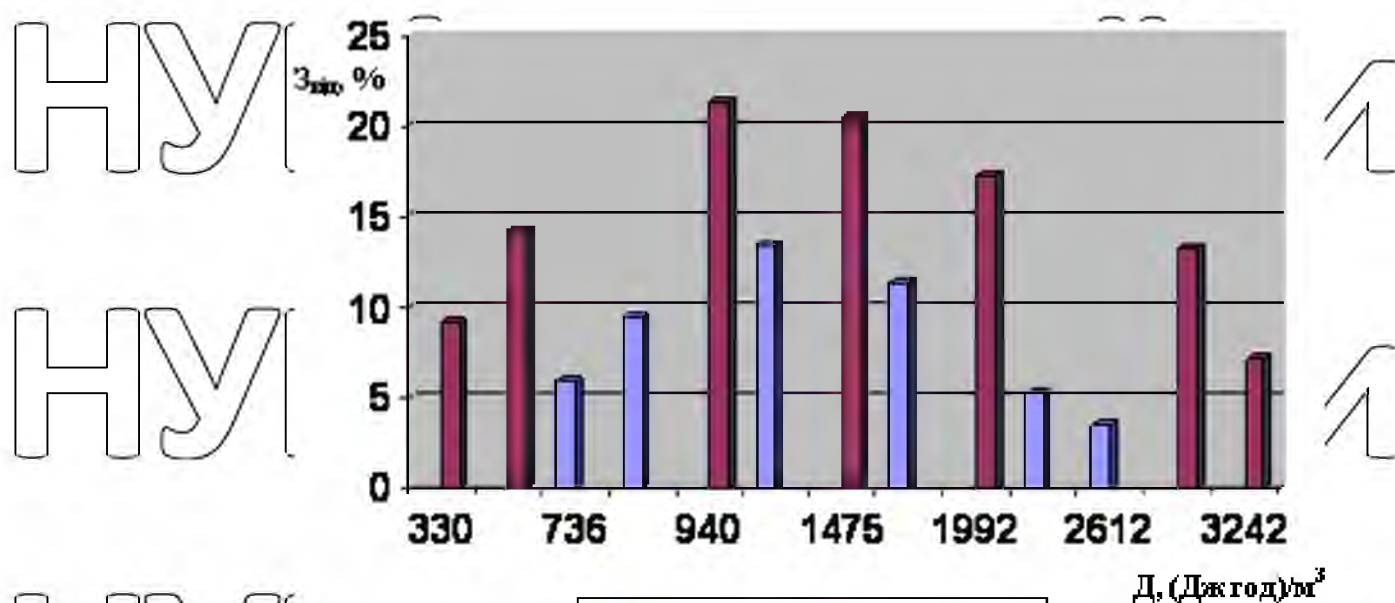


Рис. 3.12. Відносна енергія проростання дослідних зразків ячменю сорту «Скарлет» у залежності від дози обробки.



Вис. 3.12 Відносна здатність до проростання дослідних зразків ячменю сорту «Скарлет» у залежності від дози обробки.

Отже, експериментальні дослідження були проведені, щоб визначити найкращі дози обробки насіння ячменю в електричному полі високої напруги постійного струму, а також межі основних параметрів обробки. Ці параметри були встановлені на основі отриманих результатів, які відображають ефективність обробки насіння з точки зору біологічної дії, такої як енергія проростання та здатність до проростання.

Розділ 4

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРООБРОБКИ НАСІННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

4.1. Розробка принципової електричної схеми тиристорного регулятора напруги

Для забезпечення режимів обробки широкого асортименту насіннєвого матеріалу та різного призначення самого процесу обробки (стимуляція або зберігання) необхідно передбачити в установці можливість регулювання напруги живлення зі сторони 220 В. Тому була розроблена принципова електрична схема тиристорного регулятора напруги, в основі якої використані схемні рішення. Принципова електрична схема наведена на рис. 4.1.

Тиристорний регулятор напруги працює наступним чином.

В основу роботи пристрою покладений принцип фазового регулювання – зміни тривалості проходження струму по навантаженню в кожному півперіод напруги мережі в залежності від величини останньої. Напругу на навантаженні комутують силові елементи – тиристори VS1, VS2, які вмикаються схемою керування через трансформатор TV1.

Пристрій забезпечує режим роботи на навантаженні при ручному або автоматичному керуванні.

Розглянемо роботу пристрою в автоматичному режимі. В якості реле часу використовується електронний програматор – „Електроника КП – 1”. За допомогою програматора відбувається вмикання живильного транспортера та, з відповідною витримкою часу, мережі керування тиристорами.

В заданий час програматор замикає контакти КТ1. При підключенні пристрою до мережі живлення на початку кожного півперіоду комутуючі елементи VS1 і VS2 закриті, напруга мережі прикладена до них. Напруга мережі подається на випрямляч з діодами VD1... VD4 випрямляється і подається на

формує імпульси, резистор R2, R5, R6 і транзистор VT1, на виході якого утворюються трапецеїдальні імпульси постійної амплітуди.

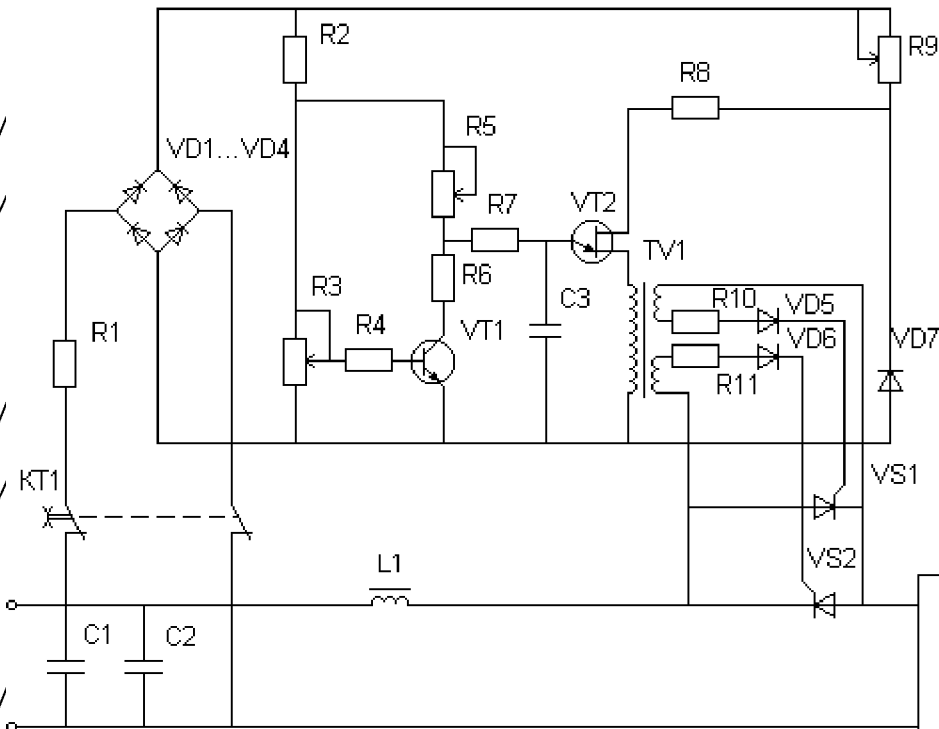


Рис. 4.1. Принципова електрична схема тиристорного регулятора напруги.

Конденсатор C3 через резистор R7 починає заряджатися, в результаті чого на емітері одноперехідного транзистора VT2 напруга повільно зростає від нуля до напруги відкриття. Випрямлена напруга через резистор R9 подається на стабілітрон VD7, який формує міжбазову напругу одноперехідного транзистора VT2, величина якої визначає момент відкриття транзистора. При відкритті транзистора VT2 конденсатор C3 розряджається на первинну обмотку трансформатора TV1, в результаті чого в його вторинних обмотках виникають імпульси, що подаються на керуючі електроди комутуючих елементів VS1 і VS2.

Відмикається той тиристор, до якого підведена пряма напруга. Живлення через тиристори поступає на первинну обмотку підвищувального трансформатора.

Струм, що заряджає конденсатор C3, проходить через змінний резистор R5.

при зміні величини якого змінюється і струм зарядки конденсатора, що призводить до зміни часу зарядки конденсатора до напруги відкриття транзистора VT2 і зміщення моменту виникнення імпульсів керування, таким чином змінюється інтервал ввімкнутого стану комутуючих елементів, відповідно змінюється напруга на первинній обмотки підвищувального трансформатора.

При обробці насінного матеріалу та рідин важливе значення має підтримання напруженості електричного поля, в камері обробки, в встановлених межах і особливо неперевикнення її певної величини. Тому в пристрої передбачено обмеження напруги на первинній обмотки підвищувального трансформатора при збільшенні напруги мережі відносно номінального або заданого значення. Відбувається це наступним чином.

Напруга мережі випрямляється і прикладається до подільника напруги R3. При збільшенні напруги мережі відносно встановленого значення, відповідно збільшується напруга між базою і емітером транзистора VT1, в результаті чого збільшується струм в ланцюзі емітер – колектор цього транзистора, відповідно збільшується час зарядження конденсатора C3 до напруги відкриття транзистора VT2 і зміщенню моменту виникнення імпульсів керування в сторону зменшення інтервалу відкритого стану тиристорів. При цьому величина діючого значення напруги на навантаженні відновлюється.

Висока напруга на електродах камери обробки контролюється по вольтметру на стороні низької напруги трансформатора, а ступінь навантаження – по амперметру.

4.2. Продуктивність установки з обробки насінневого матеріалу

Одним із головних показників технологічної придатності установки є її продуктивність. Розглянемо продуктивність установки для обробки насінневої маси. Її можна визначити за формулою:

НУБІП України

де Q – продуктивність установки, кг/год;

G – маса обробленого насіння, кг;

t – тривалість обробки насінневої маси, год.

НУБІП України

Масу обробленого насіння визначаємо враховуючи об'єм насінневої маси

пропущеної через установку:

НУБІП України

де V – об'єм насінневої маси пропущеної через установку під час обробки, м³;

γ – густина обробленого насіння, кг/м³;

k – коефіцієнт заповнення об'єму насінням.

НУБІП України

Об'єм насінневої маси, що обробляється буде залежати від поперечного

перерізу камери обробки, швидкості проходження через неї насіння і часу

роботи установки при обробці:

НУБІП України

НУБІП України

де v – швидкість проходження насіння крізь камеру обробки, м/год;

S – площа поперечного перерізу камери обробки, м²;

Площа поперечного перерізу камери обробки знаходиться за виразом:

НУБІП України

$$S = 2 \cdot h \cdot l, \quad (4.4)$$

де l – відстань між заземленим і високовольтним електродом, м;

l – ширина електроду, м.

Таким чином, враховуючи приведене вище, продуктивність запропонованої установки буде визначатися за виразом:

$$Q = k \cdot \gamma \cdot D \cdot S \quad (4.5)$$

З наведеного матеріалу видно, що основними складовими, які впливають на продуктивність установки є швидкість руху насіння і площа поперечного перетину камери обробки, тобто чим вони більші тим більша продуктивність. Ці параметри обмежуються тільки потужністю джерела високої напруги, чим більша вихідна високовольтна напруга і допустимий струм, тим більшої продуктивності буде установка.

4.3. Техніко – економічні показники роботи установки для обробки в сильних електричних полях насіння сільськогосподарських культур

Отже, для визначення економічної ефективності пристрою обробки насіння сільськогосподарських культур були використані методики, які передбачають урахування капітальних вкладень в енергетику та результатів науково-дослідних робіт, нових технічних засобів та раціоналізаторських пропозицій. Для порівняння ефективності були взяті технічні засоби та способи, які використовують хімічні засоби. Вихідні дані були отримані під час виробничої перевірки.

Порівняння інвестиційних проектів і вибір кращого з них рекомендується здійснювати з використанням таких показників:

чистий дисконтирований прибуток (ЧДП) або інтегральний ефект;

НУБІП України

індекс прибутковості (ІП),
внутрішня норма прибутковості (ВНП);
термін окупності.

Величину ЧДП при постійній нормі дисконту (E) визначаємо за формулою:

$$\text{ЧДП} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot (1+E)^{-t} - K, \quad (4.1)$$

де R_t – результати, які досягаються на кроці t ;
 Z_t – витрати, які здійснюються на кроці t (без капітальних вкладень),
 T – тривалість розрахункового періоду;
 E – постійна норма дисконту;

K – капітальні вкладення.

Результати, що досягаються у будь-якій період розраховуються за формулою:

$$R_t = R_s + R_n + R_k + R_l, \quad (4.2)$$

де R_s – вартість заощаджених коштів; R_n – вартість додатково отриманого якісного насіння; R_k – вартість заощадженої електроенергії; R_l – вартість заощаджених людино-годин.

Капітальні вкладення в даному випадку будуть тільки на першому етапі експлуатації і розраховуються за формулою:

$$K = B_{np} + B_{op} + B_m, \quad (4.3)$$

де B_{np} – вартість пристрою;

B_{op} – вартість проводу для додаткової провідки;

B_m – вартість монтажних робіт.

НУБІП УКРАЇНИ

Норма дисконту приймається постійною і дорівнює $E = 0,2$.

Індекс прибутковості який є відношенням суми приведених ефектів до величини капітальних вкладень, розраховується за формулою:

$$IPI = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \quad (4.4)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Індекс прибутковості тісно зв'язаний з ЧДП, якщо ЧДП позитивний, то ІП > 1 і навпаки. Якщо ІП > 1 , проект ефективний, якщо ІП < 1 – неефективний.

Внутрішня норма прибутковості E_{BH} (ВНП) являє собою ту норму дисконту, при якій величина приведених ефектів дорівнює приведеним капітальним вкладенням. E_{BH} визначається розв'язанням рівняння:

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{BH})^t} = \frac{K}{(1 + E_{BH})^0} \quad (4.5)$$

НУБІП УКРАЇНИ

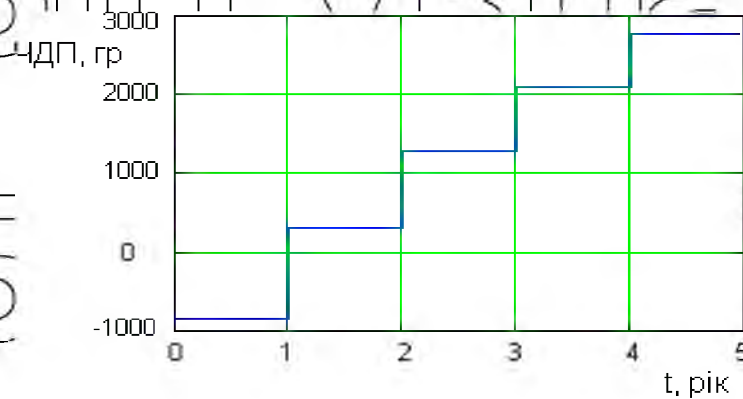
У випадку, коли ВНП дорівнює або більше потрібної інвестору норми прибутку на капітал, інвестиції в даний інвестиційний проект виправдані, і може розглядатися питання о його прийнятті. В протилежному разі інвестиції в даний проект недоцільні.

НУБІП УКРАЇНИ

Термін окупності – мінімальний часовий інтервал (від початку здійснення проекту), за межами якого інтегральний ефект стає і в подальшому остається невід'ємним.

НУБІП УКРАЇНИ

На рис. 4.2 та рис. 4.3. наведені зміни чистого дисконтованого прибутку



та індексу прибутковості при різній тривалості розрахункового періоду з кроком експлуатації пристрою керування установками до періоду експлуатації 5 років.

Рис. 4.2. Чистий дисконтований прибуток в залежності від тривалості розрахункового періоду p

ЧДП реалізує принцип вартості грошей у часі.

З рис. 4.2. видно що на другому році ЧДП позитивний, що являється показником ефективності проекту

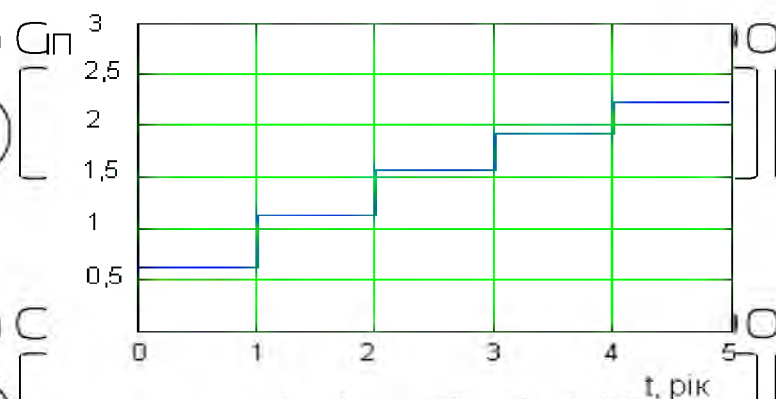


Рис. 4.3. Індекс прибутковості

На другому році експлуатації індекс прибутковості позитивний.

З наведених залежностей видно, що термін окупності становить один рік.

Внутрішня норма прибутковості при терміну два роки дорівнює 0,29, що більше встановленої норми дисконту 0,2, тим самим показуючи, що інвестиції в даний інвестиційний проект виправдані.

ВИСНОВКИ

Отримані теоретичні та експериментальні дослідження показали, що сильні електричні поля можуть мати стимулюючі властивості, які можна використовувати для обробки та зберігання насіння, а також для передпосівної обробки.

Проте, потрібно додатково уточнити режими обробки, такі як концентрація озону, експозиція та умови обробітку. Крім того, з досліджень встановлено, що при дії електричного поля високої напруги на насіннєву масу в системі плоско-паралельних електродів відбувається електросинтез озону в повітряних включеннях, що залежить від ряду факторів, включаючи напруженість електричного поля, вид сільськогосподарської культури, електропровідність насіння та його об'єм.

Дослідження показали, що питома електропровідність насіннєвої маси ячменю збільшується зі збільшенням напруги, коли вологість знаходиться в межах від 12,6% до 18,4%. При вологості 19%, характеристика має перехідний вид, з екстремумом біля 3-4 кВ. Це означає, що для стимуляції насіння необхідно його обробляти при вологості менше 19%, коли воно має об'ємний характер електропровідності. Досліди на полі показали, що оброблені сильними електричними полями насіння ячменю "Скарлет" дали кращий врожай, з більшим купуванням та покращеним періодом проростання, порівняно з контрольним зразком.

Список використаної літератури

1. Ефективність біологічних добрив і стимуляторів росту на польових культурах / Л.М. Скачок, Л.В. Потапенко, Т.М. Ярош// сільськогосподарська мікробіологія: міжвід. темат. наук. збірник. – 2008. – № 8. – С.122-130.– Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/sgmb/2008_7/2008/SM07_13.pdf.
2. Стимулювання проростання насіння полімерними похідними гуанідину / А. В. Лисиця //Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. Електронне наукове видання.–2010.–№3.–Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/ejournals/nd/2010_3/10lavpdg.pdf.
3. Симпозиум по пестицидам фірми «Korn and Has» // Хімія в сільському господарстві, 1978, № 40. С. 69-71.
4. Попова Э.Н., Кашин А.А. Протравитель семян – уныш // Защита растений, 1983, № 3, С. 35.
5. Старикова В.Г. Влияние ингибиторов роста и фитогормонов на рост и некоторые стороны энергетического обмена проростков кукурузы // Рост растений и пути его регулирования. М., 1980. С. 34-40.
6. Кадыров Ч.Ш. Гербециды и фунгициды как антиметаболиты ферментных систем/ Под ред. Ракитина Ю.В. Ташкент: Фан, 1970. 159 с.
7. Кондратьева Н.П. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность // Механизация и электрификация с. х. – 2001 – №12. – С. 17.
8. Скрипник М. Електротехнологія опромінювання рослин – донорів та рослин-регенерантів // Харчова і переробна промисловість. 2002.- №10. С.- 18- 20.
9. Ляпин В.Г., Инкин А.И. Поглощение электромагнитной энергии в растительной ткани // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – №11. – С.6 – 8.
10. Щербаков К.Н. Стимуляция ростовых процессов растений низкоэнергетическим магнитным полем // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. - №7. – С. 26 – 29.

11. Наумов Е. М. Влияние послеуборочной обработки пшеницы в электростатическом поле на посевные качества семян // Электротехнология в сельском хозяйстве. Труды ЦИМЭСХ. Вып. 75. – Челябинск, 1974. – С. 159 – 162.

12. Пересечный П. П. Обработка поверхности зерна водой. – М.: Изд – во технической и экономической литературы по вопросам заготовок, 1955. – 124

13. Мишустин Е. П., Трисвятский Л. А. Микробиология зерна и муки. – М.: Изд – во технической и экономической литературы по вопросам хлебопродуктов, 1960. – 407с.

14. Наумова Н. А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. – Л.: Колос, 1970.

15. Ирха А. П., Шеховцова Е. П., Пустовалова Г. Ю. Использование термической и магнитной обработки для обеззараживания и улучшения посевных качеств семян // Применение энергосберегающих технологий в агропромышленном комплексе. Труды КГАУ. Вып. 331 (359). – Краснодар, 1993. – С. 136 – 141.

16. Карасенко В. А. Технологические основы применения электрического тока для обработки кормов // Электротехнологические методы обработки кормов. Сб. науч. тр. Вып. 100. – Горки: БСА, 1983. – С. 15 – 22.

17. Шмигель В. П., Наумов Е. М., Плюхин П. С. К очистке поверхности семян пшеницы от пыли в электростатическом поле // Электротехнология в сельском хозяйстве. Труды. Вып. 75. – Челябинск: ЦИМЭСХ, 1974. – С. 129 – 134.

18. Александрова Н. Е., Плясухина О. И., Алексеева А. В. Действие озона на плесени хранения зерна // Биохимия и качество зерна. Вып. 103. – М.: ВНИИЗ, 1983. – С. 35 – 40.

19. Болога М. К., Литинский Г. А., Онофранц Л. Ф., Руденко В. М. Исследование влияния газового разряда на продуктивность микроорганизмов // Электронная обработка материалов. № 2(104). – Кишинев: ИПФ, 1982. – С. 62 – 65.

20. Кривопишин И. П. Действие озона на микроорганизмы // Научные основы промышленного производства яиц и мяса птиц. Том – 38. – М.: Колос, 1980. – С. 32–37.

21. Иерусалимов М. Е., Ильченко Н. С., Кириленко В. М. Расчет и конструирование электрической изоляции. – К.: КПИ, 1980. – 111 с.

22. Давидчик Л. Я., Чемм Т. В., Шевелева Е. А. Изучение возможности использования озона для обеззараживания токсинов // Передовой научно – производственный опыт в птицеводстве. Экспресс – информация. Вып. 6. – М.: МСХ СССР, 1981. – С.39 – 40.

23. Кривопишин И. П., Исаев Ю. В. Действие озона на микроорганизмы // Труды ВНИТИП. Т. 38. – М.: ВНИТИП, 1974. – С. 32 – 37.

24. Кривопишин И. П., Игнатъев А. Д. Использование озона для сохранения и повышения биологической ценности кормов и продуктов птицеводства

// Приемы профилактики болезней сельскохозяйственной птицы. Том – 54. – Загорск: ВНИТИП, 1982. – С. 10 – 21.

25. Бородин И. Ф., Ксенз Н. В., Шубина Т. П. Электроозонирование воздушной среды в животноводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 7. – М.: Колос, 1995. С. 18 – 21.

26. Линьков Ф. С., Ершов Ю. Ф., Оруджив Н. Ф. Озоно – воздушная установка ОВУ – 1 // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 11. – М.: Колос, 1991. – С. 19.

27. Нормов Д. А., Овсянников Д. А. Повышение энергетической эффективности электроозонаторов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 11. – М.: Колос, 2004. С. 29 – 30.

28. Першин А. Ф., Федорова А. В., Евдосеева А. Ю. Исследование режимов озонирующей установки с дезинфекционной камерой // Электротехнологии в сельскохозяйственном производстве. Том 73. – М.: ВИЭСХ, 1989. – С. 73 – 78.

29. Андрейчук В. К., Реднев А. Е., Потапенко И. А. Электрофизические методы предпосевной обработки семян различных сельскохозяйственных культур //

Применение электротехнических устройств в АПК. Труды КГАУ. Вып. 381 (409). – Краснодар, 2000. – С. 74 – 78.

30. Потапенко И. А., Третьяков Г. И., Прудников А. Г. Магнитная установка для предпосевной обработки семян риса // Применение энергосберегающих технологий в агропромышленном комплексе. Труды КГАУ. Вып. 331 (359). – Краснодар, 1993. – С. 25 – 29.

31. Оськин С. В. Предпосевная обработка семян озоном // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 11. – М.: Колос, 2004. С. 7.

32. Трисвятский Л. А. Хранение зерна. – М.: Колос, 1966. – 408 с.

33. Крокер В., Бартон Л. Физиология семян // Перевод с английского Н. В. Цингер. Под редакцией А. В. Попцова. – М.: Изд-во Иностранной литературы, 1955. – 399 с.

34. Александрова Н. Е., Плясухина О. И., Львова Л. С., Кизленко О. И. Изучение возможности использования озона для детоксикации зерна // Послеуборочная обработка и хранение зерна. Вып. 108. – М.: ВНИИЗ, 1986. – С. 25 – 32.

35. Патент на винахід № 51719 А23L 3/32, А01F 25/00. Спосіб обробки продукції при зберіганні і пристрій для його здійснення // Берека О. М., Червінський Л. С., Салата М. П. (Україна). – №20041008542; Заяв. 20.10.2004; Опубл. 15.11.2006. Бюл. №11.

36. Сканави Г. И. Физика диэлектриков (область слабых полей). – М.-Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. – 500 с.

37. Богородицкий Н. П., Волокобинский Ю. М., Воробьев А. А., Тареев Б. М. Теория диэлектриков. – М. – Л.: Изд-во „Энергия”, 1965. – 344 с.

38. Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов. – М.: „Энергия”, 1973. – 328 с.

39. Бондаренко І. В., Мороз І. Х. Передсадивна електромагнітна стимуляція бульб для підвищення врожайності картоплі // Картоплярство: міжвід. темат. наук. зб. – 2011. – № 40. – С. 205-211.

40. Патент на винахід № 51719 А/01 К31/00, G05F 1/44 Пристрій для регулювання світлового режиму в пташниках // Берека О. М., Жулай Є. Л. (Україна). – №99021126; Заяв. 26.02.1999; Опубл. 16.12.2002. Бюл. №12.

41. Патент на винахід № 17150 А, G 05 F 1/44. Безтрансформаторний обмежувач напруги змінного струму // Герасименко Г. С., Кучін В. Д., Жудай Є. Л., Берека О. М. (Україна). – №96072641; Заяв. 03.07.1996; Опубл. 18.03.1997.

42. Ильин Ш.И., Лукманова И.Г., Немчин А.М. и др. Управление проектами – М., 1996. – 610 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України