

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації
виробництва та інженерної екології
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Шевелюк Олександр Олександрович

УДК 620.93

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування технологічної схеми та установки надвисокої частоти для
передпосівного обробітку насіння сосни**

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Л.Г.

к.і.н., доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Шевелюк Олександр Олександрович. Обґрунтування технологічної схеми та установки надвисокої частоти для передпосівного обробітку насіння сосни. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даному дипломному проекті обґрунтовано параметри НВЧ-установки для обробки насіння в електромагнітному полі; обрано установку з частотою $f=2450$ МГц, встановленою потужністю генератора $P_{\text{уст}} = 1$ кВт; часом нагріву в камері не більш як 10 хвилин для лабораторних досліджень; визначено граничні умови галузі дослідження: питома потужність від 80 до 200 Вт/см³ і час нагріву від однієї до трьох хвилин. Отримані залежності дають змогу з точністю 95% прогнозувати значення схожості насіння сосни в межах вивченої області факторного простору. Результати лабораторної схожості підтверджують стимулюючу дію електромагнітного поля надвисокої частоти (різниця з контролем у % 12) і визначають ефективний режим з максимальною лабораторною схожістю насіння до 97,3%. при режимі питомої потужності 80 Вт/см³; експозицією 180 с).

Розроблено конструкцію установки з НВЧ-модулем для обробки різного насіння. На основі запропонованого режиму розроблено алгоритм керування установкою, що дозволяє підвищити схожість насіння.

Ключові слова: насіння, електромагнітне поле надвисокої частоти, потужність, схожість.

ANNOTATION

Sheveliuk Oleksandr Oleksandrovych. Substantiation of the technological scheme and ultra-high frequency unit for pre-sowing treatment of pine seeds – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for the bachelor's degree in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

This thesis project substantiates the parameters of a microwave installation for seed treatment in an electromagnetic field; an installation with a frequency of $f = 2450$ MHz, an installed generator power of $P_{\text{ген}} = 1$ kW, and a heating time in the chamber of no more than 10 minutes for laboratory research was selected; the boundary conditions of the research area were determined: specific power from 80 to 200 W/cm³ and heating time from one to three minutes. The obtained dependencies allow predicting the germination rate of pine seeds within the studied area of the factor space with an accuracy of 95%. The results of laboratory germination confirm the stimulating effect of the ultra-high frequency electromagnetic field (difference with the control in % 12) and determine the effective mode with a maximum laboratory germination of seeds up to 97.3%. at a specific power mode of 80 W/cm³; exposure of 180 c).

The design of the installation with a microwave module for the treatment of various seeds was developed. On the basis of the proposed mode, an algorithm for controlling the installation has been developed, which allows to increase seed germination.

Keywords: seeds, ultra-high frequency electromagnetic field, power, germination.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ МЕТОДИ І ПРИЙОМИ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ.....	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ СОСНИ ДО СІВБИ.....	16
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ПРОЄКТОВАНОЇ УСТАНОВКИ.....	23
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

ВСТУП

Питання про охорону та відновлення лісів в Україні є одним з актуальних у політиці держави. Щороку в Україні звільняються величезні території лісових насаджень через лісові пожежі, спалахи розмноження комах та промислову заготівлю деревини, що, своєю чергою, негативно впливає на лісовий фонд загалом. На звільнених від лісу територіях відбувається розпад лісової екосистеми, порушується екологічна рівновага, що, своєю чергою, призводить до зниження лісистості, остепеніння територій. Держава зазнає величезних фінансових збитків. Потрібне проведення заходів із лісовідновлення. У зв'язку з цим щорічно на постійних і тимчасових розплідниках висаджується велика кількість стандартного посадкового матеріалу, витрачаються значні фінансові та матеріальні ресурси. Але для забезпечення відтворення лісів насіннєвим і садивним матеріалом необхідна технологічна інфраструктура, техніка та обладнання, що на сьогодні є проблемою для лісовідновлення загалом - зношеність лісгосподарської інфраструктури становить понад 85%. Виникла потреба у виробництві спеціальних технологічних ліній і лісгосподарських машин. Існуючі методи та способи вирощування насіннєвого матеріалу на сьогоднішній день потребують модернізації з використанням наукового потенціалу, сучасних інноваційних методів та науково-технічних розробок, тоді як у дійсності для вирощування саджанців використовується стандартний матеріал з низькими показниками схожості. Вивчення наукової інформації засвідчує, що проблему відтворення лісів можна розв'язати, використовуючи електромагнітний і тепловий ефекти НВЧ-поля. Використання цієї перспективної технології значно скорочує тривалість технологічного процесу, але при цьому позитивний і енергозберігаючий ефекти електромагнітного поля надвисокої частоти (ЕМП НВЧ) можливі тільки за дотримання точно підібраних параметрів (інтенсивність потоку, напруженість, частота,

експозиція). Ці чинники визначають актуальність дослідження розроблення енергозберігаючої технології для підготовки насіння до посіву.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості насіння сосни звичайної при зниженні енергетичних витрат на передпосівний обробіток шляхом реалізації енергозберігаючої технології впливу електромагнітного поля надвисокої частоти з обґрунтованими параметрами.

Виходячи з мети визначимо завдання:

- провести аналіз сучасних методів і технологій підготовки насіння до посіву з урахуванням фізіологічних характеристик насіння як об'єкта електрофізичного впливу;
- установити ефективні режими передпосівної обробки насіння сосни;
- розробити виробничу установку для проведення технологічних операцій з підвищення посівних якостей насіння сосни.

Об'єкт дослідження: процес передпосівної обробки насіння сосни з використанням електромагнітного поля надвисокої частоти.

Предмет дослідження: закономірності впливу електромагнітного поля надвисокої частоти на схожість насіння сосни.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Савченко Л. Г., Шевелюк О. О.** Сучасні методи і прийоми передпосівної обробки насіння сосни звичайної. Збірник тез IX-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК, . С. 309-312.

2. **Савченко Л. Г., Шевелюк О. О.** Розробка технологічної схеми та технічного засобу для підготовки насіння сосни до сівби. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 196-200.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи, а саме розроблена установка для передпосівної обробки та сушіння насіння сосни НВЧ-енергією, можуть бути впровадженні в підприємствах агропромислового комплексу Житомирської області.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 30 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 7 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ МЕТОДИ І ПРИЙОМИ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

Схожість і розвиток насіння залежать від безлічі чинників, як від зовнішніх чинників (середовища проживання і розвитку), так і від біологічних якостей насіння. Різноманіття цих факторів дуже велике, і в різні періоди розвитку рослин вони по-різному впливають на їхній ріст і дозрівання. Врахувати їх усі практично неможливо, але сучасна агрокультура має у своєму арсеналі велику кількість методів, препаратів, технологій, технічних засобів тощо для цілеспрямованого впливу на насіння і середовище його розвитку, з метою отримання стабільного врожаю.

Сутність усіх технологічних прийомів полягає в тому, щоб нейтралізувати вплив одних факторів (негативних) і посилити вплив інших (позитивних).

У табл. 1 наведено групу фізичних і біофізичних чинників, що визначають репродуктивні якості насіння сільськогосподарських культур у процесі виробництва продукції рослинництва.

Операції передпосівної стимуляції зазвичай проводять перед сівбою, їх можна об'єднати в одну групу методів підготовки насіння до посіву. Методи підготовки насіння до посіву умовно можна розділити на біологічні, хімічні та фізичні.

Таблиця 1.1 – Класифікація суттєвих фізичних та біофізичних чинників, що визначають репродуктивні якості насіння в процесі виробництва.

Загальна класифікація	Фактори
1	2
1. Зовнішні фізичні впливи	Електромагнітна (сонячна) енергія, температура, вологість середовища, газовий склад середовища тощо.

2. Біофізичні властивості насіння	Гігроскопічність, вологопоглинальна здатність, фізико-механічні властивості оболонки насіння (твердість, газо- і водопроникність) тощо.
3. Природні біологічні процеси, які властиві насінню	Дозарювання, старіння, фізіологічний спокій тощо.
4. Насіння як середовище для життєдіяльності мікроорганізмів, комах, шкідників тощо.	Концентрація в насінні білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, води та ін. речовин, стійкість насіння до ураження патогенної мікрофлори, шкідливими комахами тощо.

Біологічні методи передпосівної стимуляції насіння полягають у замочуванні насіння в різноманітних рослинних екстрактах, багатих на вітаміни групи В, а також на окисно-відновні та гідролітичні ферменти.

Недоліками біологічних методів є: низька технологічність; складність процесу отримання стимулювальних речовин; неоднакова реакція насіння через їхню різноякісність; необхідність проведення рекогносцирувальних дослідів із визначення оптимальних доз під час обробки великих партій насіння.

Виділяють три види хімічної обробки насіння: просте протруювання, дражування та інкрустування.

Стандартне протруювання - це найпоширеніший і традиційний спосіб обробки насіння. Насіння замочують у розчині з протруйниками для того, щоб знезаразити насіння від збудників грибків і хвороб. Протруювання здійснюють спеціальними фунгіцидними препаратами, які називають протруйниками.

При інкрустуванні насіння вкривається липкими речовинами, які забезпечують прилипання хімічних речовин на його поверхню.

Під час дражування насіння вкривають хімічними речовинами, які під час подальшої обробки утворюють товстий шар хімічних речовин на насінні, збільшуючи його вагу до 25 разів і змінюючи форму на кулясту або еліптичну.

Негативний наслідок використання цього методу полягає в наявності в препаратах солей важких металів, які містять токсичні елементи і не розкладаються в природі. Також систематичне застосування хімічних препаратів призводить до накопичення пестицидів у ґрунті, ґрунтових водах і як наслідок, до дестабілізації фітосанітарної обстановки агроєкосистеми.

Найперспективнішими методами є фізичні методи впливу на насіння, сутність яких полягає в нейтралізації впливу негативних чинників на насіння та підвищенні позитивних чинників, що впливають на ріст і розвиток рослини.

Основні фізичні методи передпосівної обробки насіння поділяють на фізико-механічні, термічні, радіаційні, магнітні, фотоенергетичні, електрофізичні.

Фізико-механічна стимуляція насіння включає обробку насіння ультразвуком, барботування (обробка насіння у воді киснем або повітрям при температурі 20 ± 2 °C).

Термічні методи обробки насіння сосни звичайної включають в себе обробку насіння парою, стратифікацію (витримування насіння в певній температурі тривалий час), вплив на насіння змінними температурами.

Недоліком термічної обробки є відносна тривалість процесу, а також суворе дотримання термічного режиму.

Радіаційні методи передпосівної обробки включають опромінення насіння різними іонізуючими випромінюваннями (альфа, бета, гамма).

Фотоенергетичні методи передпосівної стимуляції насіння передбачають обробку насіння концентрованим світлом, імпульсним концентрованим сонячним світлом, імпульсним високочастотним електричним світлом, лазером; інфрачервоне опромінення, ультрафіолетове опромінення; світлодіодне опромінення тощо.

Основними недоліками радіаційного та фотоенергетичного методу є висока вартість обладнання, складність в обслуговуванні, низька продуктивність.

Електрофізичні методи передпосівної стимуляції включають обробку насіння постійним електричним струмом, полем коронного розряду; електромагнітною енергією низьких, середніх, високих частот; полем надвисокої частоти. Даний тип обробки насіння є найперспективнішим, оскільки ефективно впливає на насіння, і виключає використання шкідливих отрутохімікатів і пестицидів.

Недоліками таких технологій є складність обслуговування і дотримання технічних норм, також використання гамма- і рентгенівського опромінення небезпечне для життя людини, а тому малоприсадатне для експлуатації у сільському господарстві. Застосування надвисокочастотного та радіочастотного опромінення викликає проблеми під час експлуатації.

На підставі проведеного аналізу було зроблено порівняльний аналіз методів підготовки насіння сосни до посіву та їх недоліків.

На сьогодні існують різні технології та способи передпосівної обробки. Серед альтернативних методів проведення передпосівного обробітку насіння найперспективнішим є обробка в електромагнітному полі надвисокої частоти (далі ЕМП НВЧ), що об'єднує теплові та електрофізичні методи. Ця технологія дасть змогу знизити металоємність на 10-15%, зменшити питому витрату енергії на 25-40% і виключити застосування отрутохімікатів і пестицидів на етапі передпосівної обробки, збільшити енергію проростання насіння сосни звичайної та приживлюваність розсади на 10-20% (порівняно з порівнянні з обробкою хімічними засобами та мікроелементами).

Застосування електромагнітного поля НВЧ у сільському та лісовому господарстві характеризується складними фізичними процесами, що протікають під час поглинання ЕМП НВЧ: тепломасопереносом, фазовими

переходами речовини, термомеханічними процесами, пов'язаними зі швидким нагріванням або пароутворенням усередині об'єму об'єкта, що нагрівається.

Таблиця 1.2. Зведена таблиця підготовки насіння сосни звичайної до посіву.

Методи обробки	Вид обробки	Недоліки
1	2	3
Фізичні	Барботування, ультразвукова обробка, скарифікація	Тривалість процесу обробки, необхідність подальшого сушіння насіння, низька технологічність і трудомісткість процесу
Термічні	Стратифікація, обробка насіння парою, вплив на насіння змінними температурами	Тривалість обробки від кількох тижнів до кількох місяців, необхідність суворо підтримувати задану температуру
Фото енергетичні	Лазерна обробка насіння, обробка насіння імпульсним концентрованим сонячним світлом (ІКСС), імпульсним високочастотним електричним світлом, концентрованим світлом	Низька продуктивність
Електрофізичні	Обробка постійним електричним струмом,	Складність у підборі режимів і параметрів

	полю коронного розряду, електромагнітною енергією інфрачервоного та ультрафіолетового спектрів, електромагнітними полями низької, середньої, високої та надвисокої частоти	
Біологічні	Обробка насіння речовинами, що пригнічують ріст мікроорганізмів і вбивають їх	Безліч елементів і сполук, шкідливих для здоров'я людини
Хімічні	Обробка насіння хімічними речовинами, згубно позначаються на патогенній мікрофлорі	Негативний вплив на навколишнє середовище, тварин, людину, порушення екологічного балансу в природі

Сьогодні виробниками як українського, так і іноземного виробництва, розробляються різні конструкції та пристрої для потреб сільського та лісового господарства. Ці технології використовуються для проведення дезінфекції, сушіння, розморожування різних культур, також проводять дослідження щодо впливу магнітних полів на комах-шкідників, особливого поширення технологія електромагнітних полів високих і надвисоких частот набула під час стимуляції насіння. Аналіз літературних даних засвідчив, що дослідження і розробки щодо впливу ЕМП НВЧ на біологічні об'єкти були проведені ще в 20-х, 30-х роках

минулого століття. Наразі накопичено великий досвід, достатній для застосування НВЧ-енергії в сільському господарстві. Проведено безліч досліджень з підвищення схожості насіння впливом на насіння високими і надвисокими частотами, метою яких було зниження енергетичних, матеріальних і трудових витрат.

Використанням надвисоких частот у сільському господарстві зацікавлені зарубіжні вчені. Турецькими вченими Rağbet Ezgi Duran, Barış Budak, Ozan Yolcu вивчався вплив НВЧ опромінення на насіння сільськогосподарських культур, оброблених солями. Так само було визначено оптимальні режими роботи НВЧ установки з позитивним ефектом росту коренів і висоти рослин для таких культур як кукурудза, рис і пшениця.

Вчені з Румунії Crețescu Iuliana, Velicevici Giancarla, Ropciuc Sorina, вивчають дії мікрохвильового опромінення на проростання насіння ячменю, а також було вивчено ефективні параметри ЕМП НВЧ.

Вплив мікрохвильової термообробки на насіння кукурудзи було вивчено вченими Ashabahebwa Ambrose, Wang-Hee Lee, Byoung-Kwan Cho в Національному університеті Чуннам, Республіка Корея. Було проведено дослідження, спрямоване на вивчення ефективності мікрохвильової термообробки для проростання насіння кукурудзи та оптимізації потужності й часу впливу, необхідного для ефективного прогрівання ядер кукурудзи з використанням мікрохвильової термообробки.

Наразі виробники як українського, так і іноземного виробництва розробляють різні конструкції та пристрої для потреб сільського та лісового господарства. Ці технології використовують для проведення дезінфекції, сушіння, розморожування різних культур, також проводять досліди на вплив магнітних полів на комах-шкідників, але особливого поширення технологія електромагнітних полів високих і надвисоких частот набула на стимуляцію насіння.

Нині підприємствами пропонуються безліч установок для стимуляції насіння та проведення його передпосівної обробки. Літературний огляд установок показав, що їх застосування для проведення передпосівної обробки насіння хвойних порід неможливе у зв'язку з відсутністю необхідних параметрів обробки. Установки, що випускаються підприємствами, не задовольняють повністю вимогам, що висуваються до способу передпосівної обробки насіння хвойних порід. Існуючі установки для передпосівної обробки насіння та його стимуляції мають такі недоліки: установки не розраховані на обробку насіння хвойних культур, відповідно електрофізичні параметри установки не відповідають необхідним параметрам при обробці насіння сосни. Деякі установки мають велику потужність, тому насіння сосни руйнується і згорає, відомі установки не можуть відповідати вимогам для виконання передпосівної обробки насіння хвойних порід, тому слід розробити НВЧ-установку з необхідними параметрами, а також необхідно дослідити режими електрофізичного впливу ЕМП НВЧ на насіння дерев хвойних порід для подальшого розроблення виробничої НВЧ-установки.

Висновки по розділу

На підставі аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що до теперішнього часу немає достатньо повного опису теорії використання електромагнітних полів, які могли б дозволити розробити модель процесу обробки насіння з оптимальними параметрами ЕМП (інтенсивність потоку ЕМП, напруженість, частота ЕМП, експозиція).

Тому особливого значення у світлі поставлених завдань набуває питання вибору найбільш ефективних значень параметрів ЕМП НВЧ для отримання насіння сосни з високими показниками схожості.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ НАСІННЯ СОСНИ ДО СІВБИ

Відома установка для термічної обробки сипучих діелектричних матеріалів, що містить робочу камеру, підключену до НВЧ-генератора, завантажувальний і розвантажувальний пристрої, розміщені діаметрально протилежно на стінці робочої камери, транспортувальний агрегат, виконаний із радіопроникного циліндра, на поверхні якого за гвинтовою лінією з розривом встановлено металеві лопатки з немагнітного матеріалу, на кінцях яких закріплено гнучкі елементи з радіопроникного матеріалу, які дотичні до нижньої частини камери, а нижню частину камери виконано у формі напівциліндра, обладнано пристроєм для зміни кута нахилу транспортувального агрегату і робочої камери, виконаним у вигляді вертикально встановленого гвинтового з'єднання.

Відома установка для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією має такий недолік, як нерівномірне нагрівання насіння в робочій камері, внаслідок чого отримане насіння не відповідає якісним показникам чинних стандартів.

Технічний результат, на досягнення якого спрямована корисна модель, полягає в рівномірності температурного впливу, усунення браку та скороченні втрат, а також підвищенні якісних показників і збільшенні обсягу оброблюваного насіння під час проведення передпосівної обробки та сушіння насіння.

Технічний результат досягається тим, що установку для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією буде забезпечено транспортувальним пристроєм, виконаним у вигляді шнека, стрижень якого може бути розташований на $3-7^\circ$ відносно осі робочої камери, а гвинтова поверхня виконана у вигляді лопатей, на кінцях яких по всій довжині шнека

паралельно одна від одної розташовані лопатки. Сутність пропонованого винаходу пояснюється кресленнями.

На рис. 1 зображено установку для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією, загальний вигляд. На малюнку 4.2 зображено шнек із лопатками, ізометрія.

На рис. 1 установка для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією виконана на платформі установки для передпосівної обробки насіння НВЧ-енергією, що містить робочу камеру 1, виконану з радіопроникного циліндра, завантажувальний 2 і розвантажувальний 3 пристрої, розміщені діаметрально протилежно на стінці робочої камери, у верхній частині робочої камери розміщений НВЧ-генератор 4 та хвилевід, що виходить із нього, 5, блок управління 6, двигун 7, карданний вал 8, пильовик 9, агрегат 10, що транспортує, виконаний у вигляді вала, стрижень якого може бути розташований на $3-7^\circ$ відносно осі робочої камери з прикріпленими до нього гвинтовими лопатками 11, виконаними з немагнітного матеріалу, що утворюють гвинт циліндричної форми, які дотикаються до нижньої частини камери. На кінці лопатей по всій довжині шнека впаяні лопатки 12, що розташовуються на протилежних одна від одної сторонах лопатей вала (рис. 2).

Установка для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією працює таким чином. Сировина у вигляді насіння сільськогосподарського призначення для сушіння або проведення передпосівного обробітку із завантажувального пристрою 2 надходить до робочої камери 1, де нагрівання насіння здійснюється завдяки НВЧ-генератору 4 і хвилеводу 5, який виходить із нього. Перемішування насіння здійснюється за рахунок руху вала шнека 10 і прикріплених до нього гвинтових лопатей 11, в яких впаяні лопатки 12, просування вала шнека забезпечує електродвигун 7, передача обертового моменту від двигуна 7 до вала шнека 10 здійснюється за допомогою карданного вала 8, для запобігання виходу НВЧ випромінювання з робочої камери передбачений пильовик 9. Оброблене насіння надходить у розвантажувальний

пристрій 3 для подальшого зберігання або посадки. Пуск, регулювання часу, потужності обробки та встановлення інших параметрів здійснюються через блок управління 6.

Установка для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією може бути використана в сільському господарстві та інших галузях народного господарства і дасть змогу підвищити якість одержуваного насіння за рахунок рівномірного впливу НВЧ-енергії на насіння. Це досягається тим, що перемішування і переміщення по робочій камері відбувається за рахунок транспортувального пристрою, виконаного у вигляді шнека, стрижень якого може бути розташований на $3-7^\circ$ відносно осі, а гвинтова поверхня виконана у вигляді лопатей, а також лопаток, установлених паралельно одна до одної на кінцях лопатей по всій довжині.

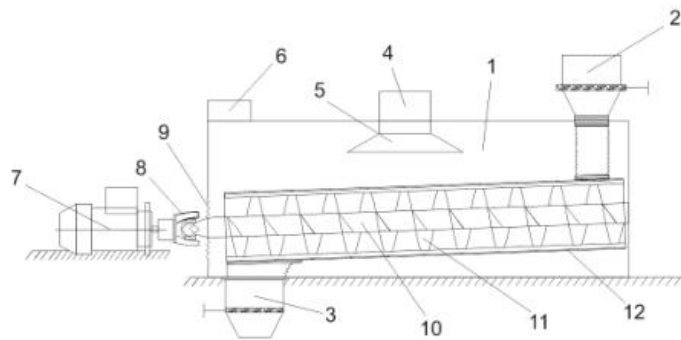


Рис. 2.1. Загальний вигляд установки для передпосівної обробки та сушіння насіння НВЧ-енергією.



Рис. 2.2. Шнек із лопатками, ізометрія

На підставі аналізу проведених лабораторних досліджень, математичного аналізу та статичної оцінки отриманих гістограм доведено підвищення лабораторної схожості, у зв'язку з чим було розроблено алгоритм управління процесом нагрівання насіння сосни звичайної.

Розроблено детальну схему проведення технологічного процесу з проведення передпосівного оброблення насіння та сушіння шишок енергією ЕМП НВЧ у НВЧ-модулі (рис. 2.3).

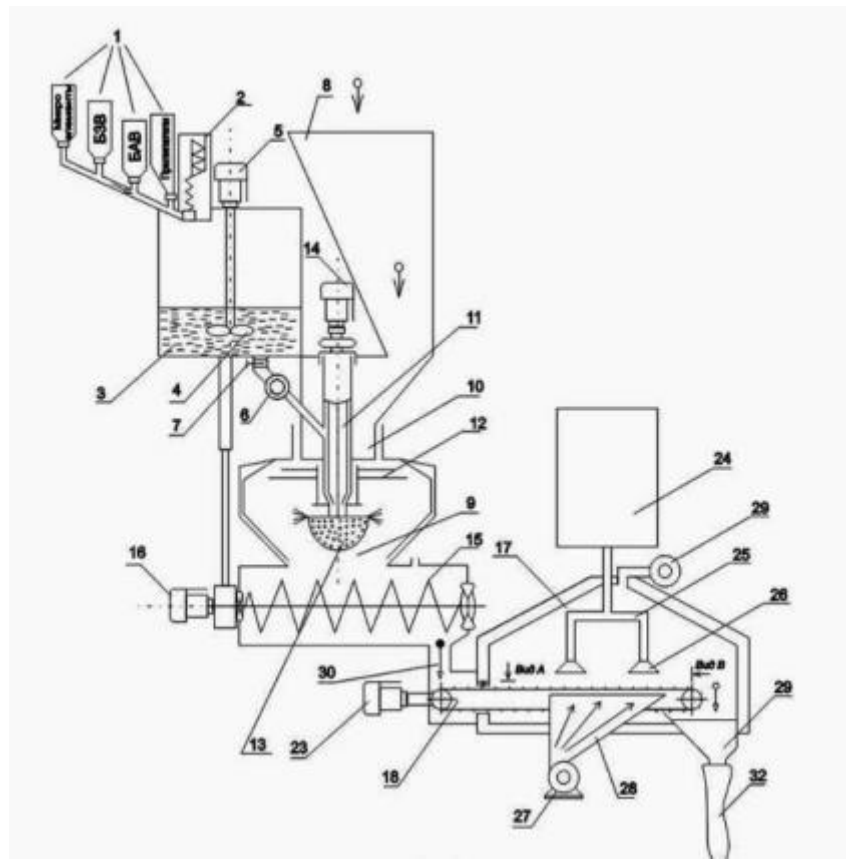


Рис. 2.3. Схема технологічного процесу з проведення передпосівної обробки насіння та сушіння шишок енергією ЕМП НВЧ у НВЧ-модулі: 1 - ємності для біологічних захисних добавок, біологічно активних добавок, мікроелементів, прилипачів, 2 - електрозаслінка, 3 - оброблюваний склад, 4 - мішалка, 5 - електродвигун мішалки, 6 - електрочлапан, 7 - кран, 8 - бункер-накопичувач, 9 - ємність для зволоження насіння, 10 - корпус зволожувача, 11 - привід зволожувача, 12 - дозатор, 13 - зволожувач, 14 - електродвигун зволожувача, 15 - шнек, 16 - електродвигун шнека, 17 - камера НВЧ-обробки, 18 - транспортувальна стрічка, 23 - електропривод транспортувальної стрічки, 24 - блок управління, 25 - хвилевід, 26 - НВЧ-рупор, 27 - електродвигун вентилятора, 28 - повітропровід, 29 - бункер-накопичувач, 30 - оброблюваний матеріал, 32 - мішок для транспортування.

Принцип роботи розробленої схеми полягає в такому. Зволожені насіння хвойних порід дерев із бункера-дозатора надходять на транспортер. Під час руху стрічковим транспортером насіння потрапляє в НВЧ-камеру, де піддається впливу електромагнітного поля НВЧ, яке передається від магнетрона через рупори. У камері насіння обробляється електромагнітним полем НВЧ діапазону протягом певного часу, за який відбувається нагрівання насіння до певної температури. З урахуванням того, що бактерії, які перебувають на поверхні насінини, вбирають вологу в десятки разів швидше, ніж саме насіння, їхня вологість за період зволоження досягає близько 70%. За час перебування в робочій камері бактеріальна клітина, за рахунок вологи, нагрівається до температури близько 60-70 оС, і під дією температури відбувається розрив клітини і вона гине. Саме ж насіння за цей період нагріється не більше ніж до 35-39°С. Таким чином відбувається термічне знезараження і стимуляція насіння. Оброблене насіння надалі надходить у бункер-накопичувач, а з нього висипається в мішок для насіння.

На підставі отриманих технологічних режимів, вивченого процесу передпосівного обробітку насіння сосни звичайної та технології НВЧ-нагріву було розроблено експериментальну установку з НВЧ-модулем (рис. 4).

Машини лінії експлуатуються протягом серпня-жовтня та квітня-травня по 8...10 годин на добу, в інші місяці - по 7 годин на добу. На підставі розробленої технологічної схеми, ТЗ і ТУ було виготовлено експериментальну установку з НВЧ-модулями для передпосівної обробки насіння хвойних порід дерев.



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд експериментальної установки з НВЧ-модулем для проведення передпосівної обробки насіння дерев хвойних порід Лінія розрахована на роботу в закритих виробничих приміщеннях, забезпечених електроенергією та холодною водою для технологічних потреб.

Висновки по розділу

Таким чином, використання отриманих технічних рішень щодо підготовки насіння сосни звичайної до посіву дає змогу:

- підвищити якість одержуваного насіння за рахунок підтримання раціонального температурного впливу на оброблюване насіння та раціонального використання препаратів (біологічно активних (БАД) і біологічно захисних речовин (БЗР), мікроелементів і плівкоутворювачів);

- інтенсифікувати процес видалення вологи, що випаровується, відповідно до основних кінетичних закономірностей за рахунок використання комбінованого теплопідводу до оброблюваного насіння;

- підвищити технологічні можливості лінії з сушіння та підготовки насіння до посіву;

- досягти рівномірного сушіння внаслідок використання м'яких, щадних режимів обробки при максимальному збереженні схож

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ПРОЄКТОВАНОЇ УСТАНОВКИ

Результати спостережень експерименту відповідно до варіантів варіювання плану записуються в стовпчики таблиць дисперсійного аналізу для кожного фактора в трикратній повторності (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Результати лабораторного експерименту

№	X ₁	X ₂		Температура нагріву насіння, °C				Лабораторна схожість насіння, %			
				Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y _{u1} cp	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y _{u1} cp
1	1	1	15,3	43,7	44,4	44	44,00	86	83	78	81,3
2	-1	1		34,4	36,4	35,4	35,2	99	98	98	98,3
3	1	-1		35,5	37,9	37,8	36,5	88	93	89	90,0
4	-1	-1		29,9	31,2	29,5	30,47	80	79	86	81,6
5	1	0		39,4	38,9	39,1	39,07	90	91	86	89
6	-1	0		33,9	35,6	32,8	34,03	97	92	91	93,3
7	0	1		38,7	40,2	39,4	39,73	87	90	89	88,6
8	0	-1		36,1	35,7	35,8	35,80	79	77	81	79
Кон- троль	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	77

Аналізуючи дані експерименту (таблиця 3.1), встановили, що знизивши потужність обробки до мінімуму, а час залишивши на попередньому рівні, отримуємо температуру нагрівання насіння 33-35 °C. За такої температури схожість становить у середньому 97%. Можна припустити, що цей режим є найбільш оптимальним. Вивчення реакції на вплив різних режимів ЕМП НВЧ є експериментальною основою для оцінки цих режимів. У результаті такого дослідження виявилася повна картина всіх ефектів (рис. 3.1, рис. 3.2). З'явилася можливість порівняти значення температури нагріву маси насіння, за яких ці ефекти виникають, встановити межі позитивного ефекту. Усі ці відомості

необхідні для первинної оцінки стану сходів та їхньої швидкості появи у виробничих умовах.

Реалізація матриці плану дала змогу отримати адекватні рівняння регресії щодо лабораторної схожості насіння. Зіставляючи рівняння та графіки залежності за температурою та схожістю, зазначаємо, що схожість перебуває в прямій залежності від температури. Режимми, що створюють температуру вище 40°C, є жорсткими, і сама температура згубна для насіння. Однак очікувати на ефект стимуляції чи пригнічення, орієнтуючись лише на температуру нагрівання, не можна. Аналізуючи поверхню відгуку, залежності лабораторної схожості від параметрів НВЧ обробки, констатуємо, що оптимальним режимом є режим із мінімальним рівнем потужності 400 Вт і максимальним часом 3 хв. Жорсткий режим є згубним для насіння. Порівнюючи дані, отримані після обробки насіння енергією ЕМП НВЧ, з результатами рентгенографії, можна зробити висновок, що схожість насіння збільшилася з 78,9 % до 86,8 %. Дисперсійний аналіз підтвердив однорідність вибіркової дисперсії.

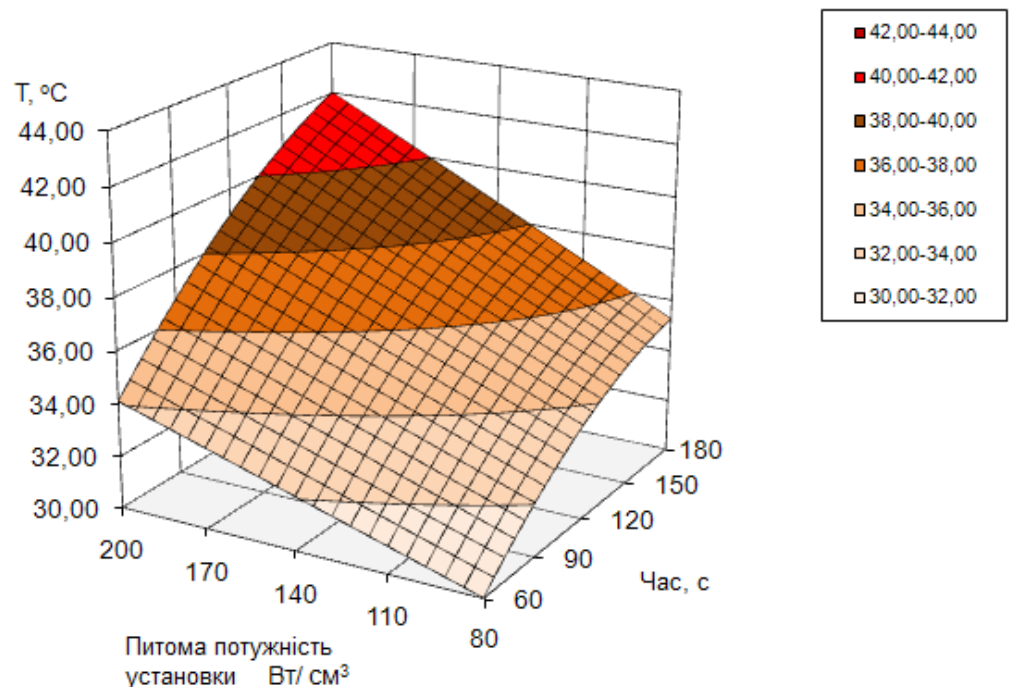


Рис. 3.1. Залежність температури нагріву від питомої потужності та часу нагріву насіння в ЕМП НВЧ

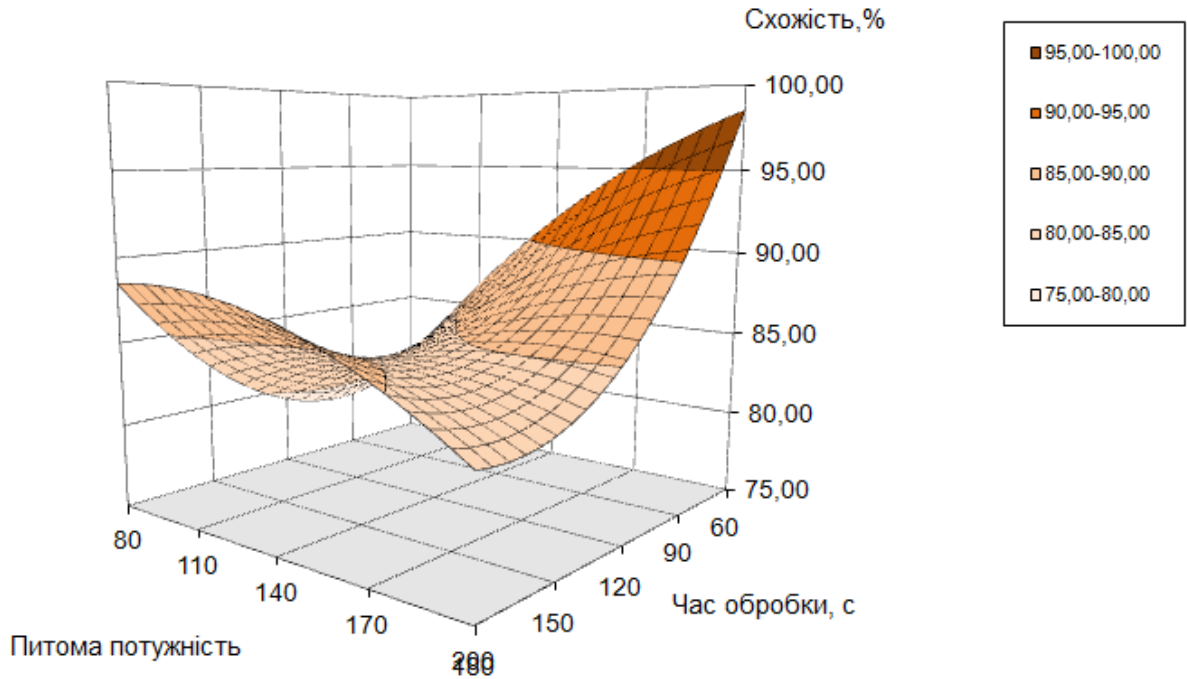


Рис. 3.2. Залежність схожості насіння сосни від питомої потужності та часу обробки в ЕМП НВЧ

Видно, що максимальна схожість насіння сосни 97% відповідає мінімальній потужності 200 Вт/м³ і максимальному часу обробки 180 с. При цьому режимі насіння було нагріте до 34 °С (рис. 3).

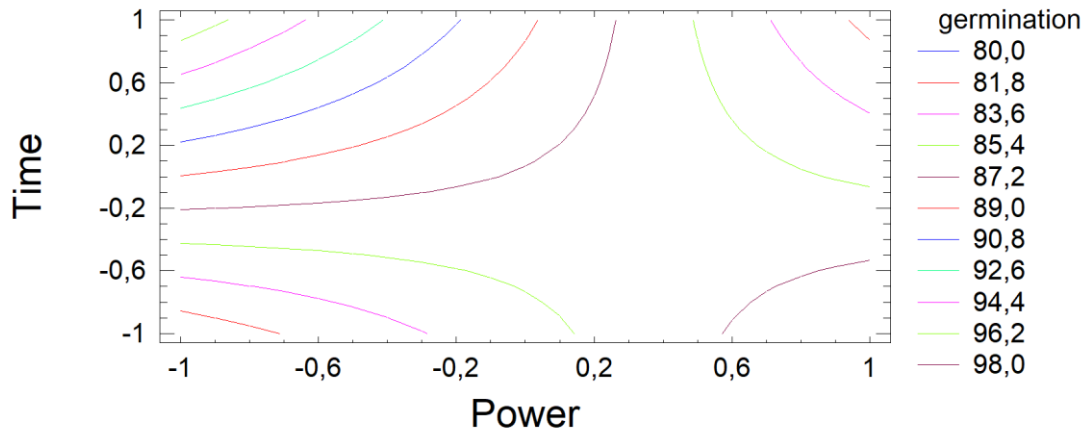


Рис. 3.3. Контури розрахункової поверхні відгуку.

Вивчення впливу ЕМП НВЧ на реакцію насіння різними режимами показало, що наявність або відсутність ефекту стимуляції залежить від жорсткості режимів. Підбір режимів під час порівняльних досліджень має визначатися не тільки шляхом аналізу специфічності та вибіркової дії, а

й шляхом з'ясування фізіологічної однорідності об'єктів впливу. Якщо використовувати однакові режими, але водночас узяти насіння низької якості, то воно свідомо спочатку потрапляє в нерівні умови. Слабке, щупле опиняється в умовах, близьких до летальних, а сильне, здорове насіння отримує додаткову енергію. У такому разі весь процес розвитку проростків відбувається по-різному. Різна їхня реакція є наслідком неоднакових рівнів стимуляції, загального фізіологічного стану організмів.

Реалізація матриці плану дала змогу отримати адекватні рівняння регресії щодо лабораторної схожості насіння. Зіставляючи рівняння та графіки залежності за температурою та схожістю, зазначаємо, що схожість перебуває в прямій залежності від температури.

Режими, що створюють температуру вище 40°C, є жорсткими, і сама температура згубна для насіння. Однак очікувати на ефект стимуляції чи пригнічення, орієнтуючись лише на температуру нагрівання, не можна.

Порівнюючи дані, отримані після обробки насіння енергією ЕМП НВЧ, з результатами рентгенографії, можна зробити висновок, що схожість насіння збільшилася з 78,9 до 97,3%.

Для визначення та вибору енергоефективних режимів щодо впливу ЕМП НВЧ під час передпосівної обробки насіння сосни необхідно більш детально розглянути питомі витрати в усіх проведених дослідах (таблиця 3.4).

Таблиця 3.2. Результати обчислення питомих енергетичних витрат за варіантами

Номер досліджу	Встановлена потужність ЕМП НВЧ		Експозиція		Енергетичні затрати	Питомі енергетичні затрати
	Вт	кВт	с	год	кВт×год	кВт×год/кг
1	1100	1,1	180	0,050	0,050	84,33
2	500	0,5	180	0,050	0,020	34,33
3	1100	1,1	60	0,017	0,017	28,78
4	500	0,5	60	0,017	0,007	12,11
5	1100	1,1	120	0,033	0,033	56,57
6	500	0,5	120	0,033	0,013	23,23
7	800	0,8	180	0,050	0,035	59,34
8	800	0,8	60	0,017	0,012	20,44

З таблиці 3.2 видно, що витрати за мінімальних і максимальних значень вхідних параметрів і постійної маси обробленого матеріалу мають діапазон від 11 до 83 кВт.год/кг. Максимальна лабораторна схожість 97,3% отримана за питомих витрат енергії в 33 кВт.год/кг (другий варіант плану В2). Варіант 6 має задовільні показники за енерговитратами (33 кВтг/кг) і лабораторною схожістю (92,3%).

Висновки по розділу

Порівнюючи результати лабораторної схожості восьми дослідів плану Бокса обробки насіння енергією ЕМП НВЧ, можна зробити висновок, що схожість насіння в семи дослідах збільшилась на 2,6...19,3% порівняно з контролем, а один варіант залишився на рівні контролю, що підтверджує стимулюючу дію ЕМП НВЧ.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз наявних технічних засобів передпосівної обробки насіння дерев хвойних порід показав, що конвективні установки, які широко застосовують у технологічних процесах одержання та приготування насіння, є енергомісткими та трудомісткими, а з теплових та електрофізичних впливів на насіннєвий матеріал із метою підвищення його посівних якостей, які застосовують у сучасних технологіях обробки насіння, найперспективнішим є НВЧ-нагрівання, але для його впровадження необхідно відпрацювати технологічні режими з найменшими енергетичними витратами й високими витратами.

2. Розрахунковим методом обґрунтовано параметри НВЧ-установки для обробки насіння в електромагнітному полі; обрано установку з частотою $f=2450$ МГц, встановленою потужністю генератора $P_{\text{уст}} = 1$ кВт; часом нагріву в камері не більш як 10 хвилин для лабораторних досліджень; визначено граничні умови галузі дослідження: питома потужність від 80 до 200 Вт/см³ і час нагріву від однієї до трьох хвилин.

3. Отримані залежності дають змогу з точністю 95% прогнозувати значення схожості насіння сосни в межах вивченої області факторного простору. Результати лабораторної схожості підтверджують стимулюючу дію ЕМП НВЧ (різниця з контролем у % 12) і визначають ефективний режим з максимальною лабораторною схожістю насіння до 97,3% при режимі питомої потужності 80 Вт/см³; експозицією 180 с).

4. Розроблено конструкцію установки з НВЧ-модулем для обробки різного насіння. На основі запропонованого режиму розроблено алгоритм керування установкою, що дозволяє підвищити схожість насіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афонін І.Л., Бичков А.О., Саламатин В.В. Електронні прилади НВЧ і квантові прилади. Севастополь: 2001. 242 с.
2. Соколов С.В., Писаренко Л.Д., Журба В.О. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ. Навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2011. 393 с.
3. Оборжицький В.І. Технічна електродинаміка і пристрої надвисоких частот. Львів: Національний університет Львівська політехніка. 2002. 47 с.
4. Омельчук А.О. Електричні системи та мережі. Київ: Видавничий центр НУБІП України. 2006. 160 с.
5. Дебринюк Ю.М. Лісове насінництво : навч. посібн. Львів : Вид-во "Світ", 1998. 432 с.
6. Попов О.Ф. Інтенсифікація вирощування садивного матеріалу сосни звичайної на півдні лівобережного лісостепу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація. Харків, 2008. 22 с
7. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. Київ : Вища школа. 1989. 343 с.
8. Гайдук В. М. Електронагрівні сільськогосподарські установки. Київ : Урожай, 1986. 144 с.
9. Гулевський В. Б., Богатирьов Ю. О, Кузнецов І. О. До питання удосконалення пристроїв передпосівної обробки насіння. *Енергетика і автоматика*. 2014. № 3. С. 29-31.
10. Матвійчук В.А., Рубаненко О.Є., Стаднійчук І.П. Електротехнології в АПК. Вінниця : (ВНАУ). 2020. 272 с.
11. Павленко Т.П., Петренко О.М., Лукашова Н.П. Електротехнологічні установки : Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 130 с.

12. Болотов Г.П., Болотов М.Г., Руденко М.М. Електротехнологічні процеси та установки. Чернігів : ЧНТУ, 2016. 39 с.

13. Берека О.М. Пророщування пивоварного ячменю в електростатичному полі високої напруги. *Електрифікація та автоматизація сільського господарства*. 2003. №2. С. 9 – 12.

14. Гордієнко М. І., Корецький Г. С., Маурер В. М. Лісові культури. Київ. Сільгоспосвіта. 1995. 328 с.