

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет агротехнологій та природокористування
Кафедра біотехнології та хімії

До захисту допущено
Завідувач кафедриКоваленко В.М.

«»2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему **«ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ ВОДОРОСТЕЙ ДЛЯ
ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ РІПАКУ
ТА СТІЙКОСТІ ДО СТРЕСІВ»**

Виконав (-ла):

Євген Грибуля

Ім'я ПРИЗВИЩЕ

Група:

Біо 2101-1

Науковий керівник

Ольга Швець

Ім'я ПРИЗВИЩЕ

Рецензент

Сергій Горбась

Ім'я ПРИЗВИЩЕ

Суми – 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет *агротехнологій та природокористування*

Кафедра *біотехнології та хімії*

Освітній рівень - «Бакалавр»

Спеціальність: 162 – «Біотехнології та біоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри біотехнології та хімії

_____ **Коваленко В.М.**
« _____ » _____ **2025 р.**

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

Грибулі Євгена Віталійовича

прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема кваліфікаційної роботи **«Використання екстрактів водоростей для підвищення врожайності ріпаку та стійкості до стресів»**

Затверджено наказом по університету від «__» _____ 2025 р. № _____

2. Керівник кваліфікаційної роботи Швец О.Г.

3. Строк подання здобувачем закінченої роботи

4. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи

місце проведення досліджень: ННВК СНАУ

методичне забезпечення: Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи, комп'ютерні методи обробки інформації.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно опрацювати) провести літературний аналіз методів отримання рослинних екстрактів; підготувати екстракти *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp*; скласти методику та виконати дослід по використанню екстрактів водоростей за допомогою обробки ріпаку в різні етапи розвитку рослини; проаналізувати результати дослідження та зробити висновки.

6. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ / _____
_____ підпис _____ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Завдання прийняв до виконання _____ / _____
_____ підпис _____ Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата отримання завдання «_____» _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Вибір теми і об'єкта досліджень	5-й семестр	
2.	Розробка завдання до кваліфікаційної роботи; складання календарного плану; формування змісту розрахунково-пояснювальної записки (формування переліку питань, які необхідно опрацювати в роботі). Підбір методик для проведення досліджень	5-й семестр	
3.	Виконання кваліфікаційної роботи		
3.1.	Підбір та аналіз літературних джерел з теми кваліфікаційної роботи	5-й семестр	
3.2.	Збір вихідних даних (проведення польових досліджень) для написання експериментальної частини кваліфікаційної роботи	6-й семестр	
3.3.	Підготовка загального варіанту кваліфікаційної роботи (розділ 1-3, висновки)	7-й семестр	
3.4.	Апробація результатів дослідження	За 40 днів до дати захисту	
4.	Перевірка роботи науковим керівником і допуск до попереднього захисту	За 35 днів до дати захисту	
5.	Перевірка кваліфікаційної роботи на унікальність	За 30 днів до захисту	
6.	Рецензування	За 15 днів до захисту	
7.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	За 10 днів до захисту	
8.	Прилюдний захист кваліфікаційної роботи перед екзаменаційною комісією	Відповідно наказу ректора	

Керівник кваліфікаційної роботи _____ /

підпис

Здобувач _____ /

підпис

АНОТАЦІЯ

Екстракти водоростей — це концентровані витяжки з морської рослинної сировини, що містять широкий спектр мінеральних речовин, фітогормонів, амінокислот, вітамінів та інших біологічно активних сполук. Завдяки своєму природному походженню та біологічній активності екстракти водоростей знаходять широке застосування в сільському господарстві, медицині, ветеринарії, тваринництві та птахівництві. Вони здатні стимулювати ріст рослин, підвищувати їхню стійкість до стресів та покращувати якість сільськогосподарської продукції.

Дана кваліфікаційна робота присвячена дослідженню впливу екстрактів бурих морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*) на підвищення врожайності ріпаку озимого та його стійкості до абіотичних факторів стресу. Основною метою роботи є визначення ефективності використання екстрактів водоростей як природних біостимуляторів у технології вирощування ріпаку.

У ході дослідження проводилась обробка рослин ріпаку екстрактами на різних фазах розвитку: у фазі 3–4 листків, у фазі бутонізації, а також комбінованим способом. Результати дослідження показали, що використання екстрактів водоростей позитивно впливало на врожайність культури, вміст олії в насінні та стійкість до стресових умов. Найкращі результати були отримані при застосуванні комбінованої обробки екстрактом *Ascophyllum nodosum*, що забезпечило істотне підвищення врожайності порівняно з контролем.

Отримані результати підтверджують перспективність використання водоростевих екстрактів у сільському господарстві як ефективних біостимуляторів для підвищення продуктивності ріпаку та стійкості культур до несприятливих умов середовища.

Ключові слова: біотехнології, екстракти водоростей, ріпак озимий, екологічне землеробство, агробіотехнології, рослинні біостимулятори

ABSTRACT

Seaweed extracts are concentrated solutions derived from marine plant materials containing a wide range of minerals, phytohormones, amino acids, vitamins, and other biologically active compounds. Due to their natural origin and biological activity, seaweed extracts are widely used in agriculture, medicine, veterinary science, animal husbandry, and poultry farming. They are capable of stimulating plant growth, enhancing stress resistance, and improving the quality of agricultural products.

This qualification thesis is dedicated to studying the effects of brown seaweed extracts (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, and *Laminaria* spp.) on increasing the yield of winter rapeseed and its resistance to abiotic stress factors. The main goal of the research is to determine the effectiveness of seaweed extracts as natural biostimulants in the cultivation technology of rapeseed.

During the study, rapeseed plants were treated with seaweed extracts at different growth stages: at the 3–4 leaf stage, at the budding stage, and using a combined application. The research results showed that the use of seaweed extracts had a positive effect on crop yield, oil content in seeds, and plant resistance to stress conditions. The best results were achieved with the combined application of the *Ascophyllum nodosum* extract, which provided a significant increase in yield compared to the control.

The obtained results confirm the prospects of using seaweed extracts in agriculture as effective biostimulants to improve the productivity of rapeseed and enhance the resilience of crops to adverse environmental conditions.

Keywords: biotechnology, algae extracts, winter rapeseed, ecological farming, agrobiotechnology, plant biostimulants

Зміст

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРАКТІВ ВОДОРОСТЕЙ	10
1.1 Біотехнологічні методи одержання екстрактів водоростей.	10
1.2 Застосування екстрактів водоростей в агропромисловому комплексі	14
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСТРАКТІВ ВОДОРОСТЕЙ НА ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ	20
2.1 Методика дослідження впливу екстрактів водоростей на продуктивність та стресостійкість ріпаку.	20
2.2 Оцінка ефективності екстрактів водоростей при вирощуванні ріпаку	21
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	23
3.1 Ефективність використання екстракту бурої морської водорості <i>Ascophyllum nodosum</i>	23
3.2 Ефективність використання екстракту бурої морської водорості <i>Ecklonia maxima</i> .	25
3.3 Ефективність використання екстракту водорості <i>Laminaria spp.</i> на врожайність та стресостійкість ріпаку.	27
3.4. Порівняння ефективності використання екстрактів різних видів водоростей та практичні рекомендації	29
ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33

ВСТУП

Сучасне сільське господарство стикається з безпрецедентними глобальними викликами, такими як зростаюча чисельність населення планети та посилення негативного впливу кліматичних змін. Для України ситуація ускладнюється значними руйнуваннями від ведення воєнних дій, що вимагає оперативних, інноваційних та гнучких рішень для забезпечення продовольчої безпеки та швидкого відновлення аграрного сектору. У цьому контексті біотехнології та біоінженерія відіграють ключову роль, демонструючи свій потенціал у підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур та їхньої адаптивності до несприятливих умов. Зокрема, вирощування ріпаку озимого (*Brassica napus L.*) набуває стратегічного значення, оскільки він є не лише цінною олійною та білковою культурою з високим експортним потенціалом, а й має важливі агрономічні переваги як попередник у сівозмінах. Таким чином, ця культура може стати важливим стратегічним напрямком для забезпечення продовольчої безпеки та економічного відновлення України в післявоєнний період, мінімізуючи при цьому антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

Ріпак озимий (*Brassica napus L.*) посідає одне з провідних місць серед олійних культур, забезпечуючи значну частку рослинних олій та цінних білкових кормів. Однак його врожайність та стабільність виробництва значною мірою залежать від здатності рослин протистояти різноманітним абіотичним стресам, таким як посуха, низькі температури, засолення ґрунту та дефіцит поживних речовин. Традиційні агротехнічні заходи та хімічні засоби захисту не завжди достатньо ефективні, а їхнє надмірне використання може мати негативні екологічні наслідки. Саме тому пошук та впровадження біологічних рішень, що ґрунтуються на глибокому розумінні біологічних процесів та інженерному підході до їх оптимізації, набуває особливої актуальності.

Одним із перспективних напрямків у біотехнології є застосування біостимуляторів рослинного походження, зокрема екстрактів водоростей. Ці

природні комплекси, отримані за допомогою сучасних біотехнологічних методів, вирізняються унікальним складом, що включає фітогормони, полісахариди, амінокислоти, вітаміни, макро- та мікроелементи. Такий багатий біологічно активними речовинами склад дозволяє екстрактам водоростей комплексно впливати на фізіологічні процеси рослин: стимулювати їхній ріст і розвиток, підвищувати стійкість до стресових факторів та покращувати якісні показники врожаю. Попри зростаючий інтерес до цієї групи біостимуляторів, залишається недостатньо вивченим порівняльний вплив різних видів бурих морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*) на ключові параметри врожайності ріпаку озимого та його механізми адаптації до абіотичних стресів. Існуючі дослідження часто зосереджуються на окремих видах або аспектах, що обмежує всебічну оцінку їхнього потенціалу та розробку оптимальних стратегічних рішень. Це зумовлює об'єктивну потребу в поглибленому біотехнологічному дослідженні, що включає порівняльний аналіз, експериментальне підтвердження та розробку удосконалених рішень для підвищення продуктивності ріпаку озимого.

Мета роботи – визначення ефективності використання екстрактів бурих морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*) як природних біостимуляторів для підвищення врожайності ріпаку озимого та його стійкості до абіотичних стресових факторів, а також розробка біотехнологічних рекомендацій щодо їхнього застосування.

Основні завдання дослідження:

1. Проаналізувати біотехнологічні основи отримання та застосування екстрактів водоростей в агропромисловому комплексі, зосередившись на методах екстракції.
2. Розробити біотехнологічну методика дослідження впливу екстрактів водоростей на продуктивність та стресостійкість ріпаку озимого, що включає кількісну оцінку фізіологічних та біохімічних маркерів адаптації.

3. Провести порівняльну характеристику ефективності застосування екстрактів бурих морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*) для підвищення врожайності ріпаку озимого та його стійкості до абіотичних стресів, аналізуючи морфо-фізіологічні, біохімічні та продуктивні показники.

4. Розробити біотехнологічні рекомендації щодо оптимального використання екстрактів бурих морських водоростей у технології вирощування ріпаку озимого.

Об'єкт дослідження – вплив біологічно активних компонентів екстрактів водоростей на ріст, розвиток, продуктивність та адаптацію до умов абіотичного стресу ріпаку озимого.

Предметом дослідження є біотехнологічні методи отримання екстрактів бурих морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*), а також ключові морфо-фізіологічні, біохімічні та продуктивні показники ріпаку озимого за умов їхнього застосування

Методи дослідження: теоретичний аналіз наукової літератури, польовий експеримент

Структура та обсяг роботи: Загальна кількість сторінок комп'ютерного набору становить 34 сторінки: таблиць – 4, графіків – 3, рисунок – 1 Кількість використаних джерел – 25.

РОЗДІЛ 1. БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРАКТІВ ВОДОРОСТЕЙ

1.1. Біотехнологічні методи одержання екстрактів водоростей.

Водорості як джерело біоактивних сполук відіграють зростаючу роль в аграрному виробництві, зокрема у біостимуляції росту рослин та підвищенні їхньої стійкості до абіотичних стресів. Для отримання цих цінних компонентів, що є ключовим для їх застосування, застосовується процес екстракції.

Екстракція – це процес розділення, що використовується для вилучення сполук з твердої або рідкої суміші за допомогою розчинника. У контексті біотехнології отримання екстрактів водоростей, цей процес спрямований на вилучення цінних біологічно активних речовин з їхньої біомаси, таких як полісахариди, амінокислоти, фітогормони, вітаміни, макро- і мікроелементи. Ефективність екстракції залежить від багатьох факторів, включаючи природу розчинника, фізико-хімічні властивості сировини та цільових сполук, а також застосовувані технологічні параметри (температура, тиск, час обробки). Біотехнологічні методи екстракції водоростей можна класифікувати за різними критеріями, проте найбільш поширеним є поділ на традиційні та сучасні (інноваційні) підходи, що відображає еволюцію технологій та зростаючі вимоги до ефективності, екологічності та збереження біологічної активності вилучених сполук [1].

Процес отримання екстрактів водоростей за допомогою біотехнологічних методів включає комплекс підходів, що дозволяють ефективно вилучати цінні компоненти. Залежно від виду водоростей (бурі, червоні, зелені або синьо-зелені) та бажаного складу кінцевого продукту застосовуються різні технологічні підходи.

До найбільш поширених початкових підходів належать механічна та термічна обробка. Ці методи передбачають подрібнення біомаси водоростей з подальшим кип'ятінням у воді або буферних розчинах. Термічне нагрівання

сприяє руйнуванню клітинної стінки та вивільненню внутрішньоклітинного вмісту. Однак важливо враховувати, що висока температура може частково руйнувати термолабільні біоактивні речовини.

Біотехнологічні методи екстракції водоростей можна класифікувати за різними критеріями, проте найбільш поширеним є поділ на традиційні та сучасні (інноваційні) підходи. Ця класифікація відображає еволюцію технологій та зростаючі вимоги до ефективності, екологічності та збереження біологічної активності вилучених сполук (рис 1).

До традиційних методів екстракції відносять: водну, спиртову, кислотно-лужну екстракції і термічну обробку. Детальніше розглянемо особливості кожної із них

Водна екстракція: один з найпростіших та економічно доступних методів, що передбачає витримування подрібненої біомаси водоростей у гарячій або холодній воді з подальшою фільтрацією. Ефективний для вилучення гідрофільних сполук, таких як полісахариди, амінокислоти, вітаміни та мінерали, проте може бути недостатнім для повного вилучення ліпофільних речовин та фітогормонів.

Спиртова екстракція: застосовується для вилучення органічних сполук, включаючи фенольні сполуки, пігменти та фітогормони, з використанням етанолу або метанолу в різних концентраціях. Дозволяє отримувати більш концентровані та стабільні біоактивні продукти [2].

Кисотно-лужна екстракція: використовується для селективного виділення певних полісахаридів, зокрема альгінатів, каррагінанів та інших гелеутворюючих речовин, шляхом обробки біомаси слабкими кислотами (наприклад, HCl) або лугами (NaOH), що сприяє руйнуванню клітинної стінки та вивільненню цільових сполук.

Термічна обробка: включає подрібнення біомаси з подальшим кип'ятінням у воді або буферних розчинах. Нагрівання сприяє руйнуванню клітинної стінки та вивільненню внутрішньоклітинного вмісту, проте високі температури

можуть призвести до часткової деградації термолабільних біоактивних речовин.

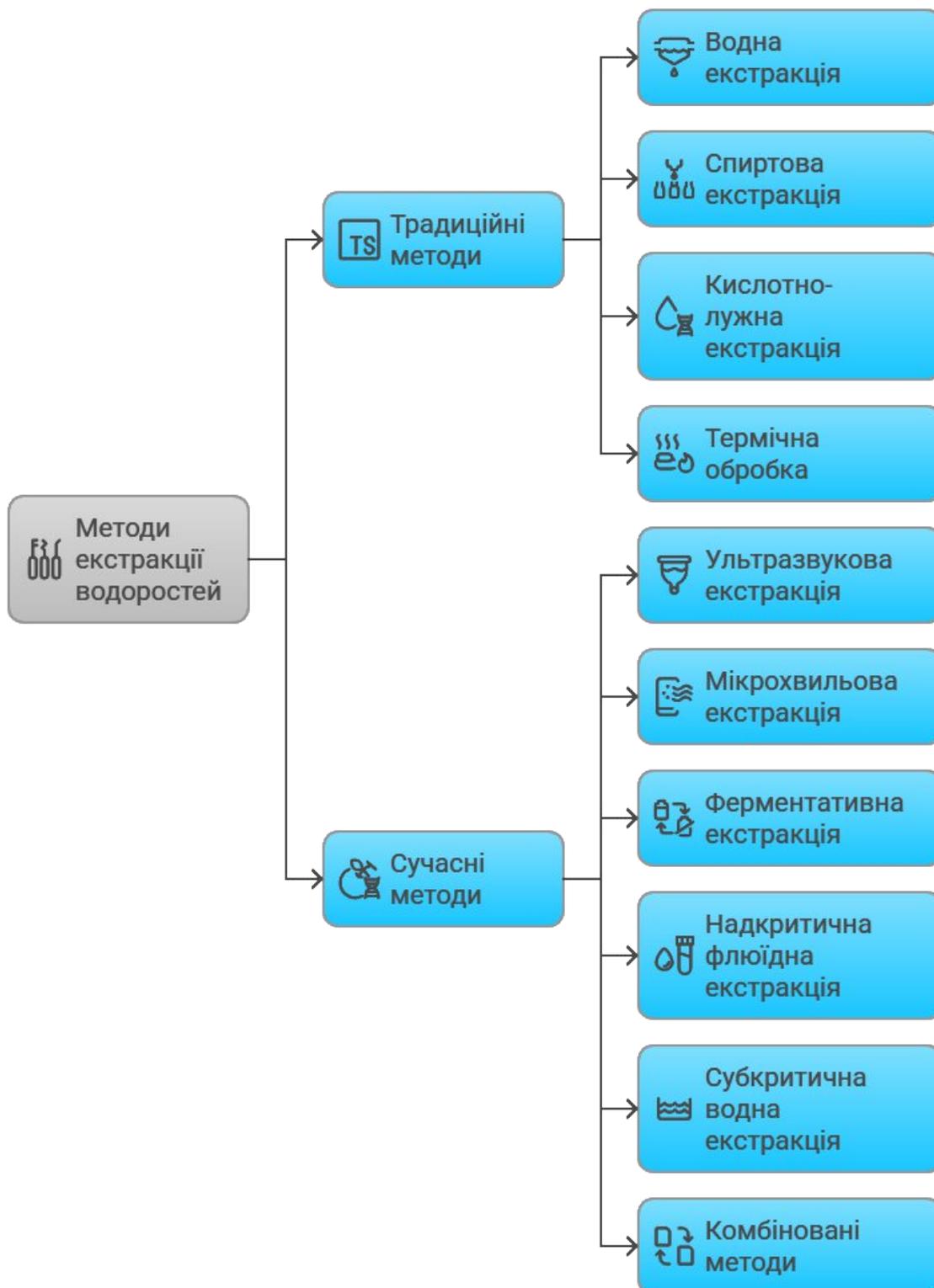


Рисунок 1. Класифікація методів екстракції водоростей

До сучасних біотехнологічних методів екстракції: належить ультразвукова, мікрохвильова, ферментативна, ферментативна, надкритична флюїдна і субкритична водна екстракції

Ультразвукова екстракція: застосування ультразвукових хвиль генерує кавітаційні ефекти, що інтенсифікують руйнування клітинної стінки водоростей, значно покращуючи вихід екстракту. Метод характеризується швидкістю, енергоефективністю та можливістю проведення процесу за відносно низьких температур, що сприяє збереженню біологічної активності компонентів [3].

Мікрохвильова екстракція: ґрунтується на використанні мікрохвильового випромінювання, яке забезпечує швидке та рівномірне нагрівання, прискорюючи масообмін між клітинною стінкою та розчинником. Короткий час обробки сприяє збереженню термочутливих біоактивних речовин.

Ферментативна екстракція (ферментативний гідроліз): базується на застосуванні гідролітичних ферментів (целюлаз, альгінатліаз, протеаз), які специфічно розщеплюють компоненти клітинної стінки, полегшуючи вивільнення цільових метаболітів зі збереженням їхньої функціональної активності. Метод є екологічно чистим завдяки відсутності агресивних хімічних реагентів.

Надкритична флюїдна екстракція: Один із найсучасніших та високоефективних методів, що використовує надкритичний CO₂ або інші розчинники для отримання концентрованих екстрактів з мінімальною кількістю домішок. Забезпечує високу селективність, але потребує спеціалізованого обладнання та є відносно дорогим [4].

Субкритична водна екстракція: Використовує воду при температурах вище 100°C та підвищеному тиску, що змінює її розчинні властивості, дозволяючи ефективно вилучати широкий спектр полярних та неполярних біоактивних речовин без використання органічних розчинників.

У сучасних біотехнологічних підходах часто застосовуються **комбіновані методи екстракції**, такі як поєднання ультразвукової та ферментативної обробки, що дозволяє досягти синергетичного ефекту, підвищуючи вихід цільових сполук при одночасному зниженні енергетичних та часових витрат.

Вибір оптимального методу екстракції є визначальним фактором у створенні ефективних біостимуляторів на основі водоростей для застосування в сільському господарстві, зокрема при виробництві засобів для обробки ріпаку, де важливо зберігати фітогормони та антистресові речовини [7].

1.2. Застосування екстрактів водоростей в агропромисловому комплексі.

У сучасному сільському господарстві екстракти водоростей дедалі частіше застосовуються як екологічно безпечні та ефективні засоби для стимулювання росту рослин, підвищення їхньої врожайності та стійкості до несприятливих умов середовища. Завдяки високому вмісту біологічно активних речовин — фітогормонів, полісахаридів, амінокислот, мінералів, антиоксидантів та осмопротекторів — екстракти водоростей відіграють роль натуральних біостимуляторів.

У рослинництві екстракти водоростей використовують як біостимулятори росту та розвитку рослин, для забезпечення антистресового ефекту, підвищення ефективності використання добрив, покращення якості продукції, захисту від патогенів [5].

За рахунок вмісту природних фітогормонів (ауксини, цитокініни, гібереліни), які стимулюють проростання насіння, активізують розвиток кореневої системи, інтенсифікують фотосинтез та прискорюють вегетативне зростання рослин екстракти водоростей є біостимуляторами росту рослин. Наприклад, застосування екстракту бурих водоростей *Ascophyllum nodosum* позитивно впливає на біологічну масу, листову площу та врожайність різних сільськогосподарських культур.

Біоактивні компоненти водоростей, зокрема бетаїни, манітол, поліфеноли та антиоксиданти, підвищують стійкість культур до абіотичних факторів та стресів, таких як посуха, висока температура, солоність ґрунту та дефіцит поживних елементів. Вони допомагають підтримувати водний баланс клітин, зменшують окислювальний стрес і активують захисні механізми на клітинному рівні.

Екстракти водоростей часто застосовують у поєднанні з мінеральними добривами, що дозволяє знизити їхні норми внесення без втрати продуктивності. Завдяки покращенню засвоєння елементів живлення, особливо азоту, фосфору та мікроелементів, підвищується ефективність добрив і зменшується негативне навантаження на довкілля.

Дослідження показують, що обробка рослин екстрактами водоростей не лише підвищує врожайність, але й покращує якість продукції — вміст цукрів, вітамінів, білків, а також товарні характеристики плодів (розмір, забарвлення, щільність).

Хоча екстракти водоростей не є пестицидами, деякі з них демонструють властивості індукторів системної резистентності рослин (ISR). Вони активують внутрішні захисні механізми, підвищуючи імунітет до грибкових та бактеріальних інфекцій [6].

У сільському господарстві екстракти водоростей знаходять широке застосування. Їх можуть використовувати для обробки насіння (протруєння) з метою підвищення енергії проростання. Також екстракти ефективні при позакореновому обприскуванні на вегетативних фазах розвитку рослин. Можливе і кореневе підживлення через зрошувальні системи. Крім того, ці екстракти застосовуються для обробки ґрунту, стимулюючи його мікробіоту.

Екстракти водоростей вже активно використовуються у вирощуванні овочевих, плодово-ягідних культур, зернових, кукурудзи, сої, соняшнику, а також ріпаку. Наприклад, за даними досліджень, обробка ріпаку екстрактом *Ascophyllum nodosum* сприяє підвищенню врожайності на 8–15%, зменшенню

стресу від весняної посухи та покращенню загального фітосанітарного стану посівів [7].

Таким чином, використання екстрактів водоростей в рослинництві є перспективним напрямом агротехнологій, що поєднує ефективність із екологічною безпекою, відповідаючи вимогам сталого розвитку агросфери.

Екстракти водоростей знаходять широке застосування не лише в аграрній сфері, але й у медицині та ветеринарії. Їхній унікальний хімічний склад, багатий на полісахариди (альгінати, фукоїдани, ламінарин), вітаміни, мінерали, фенольні сполуки, фітостероли, антиоксиданти та пігменти, робить водорості перспективними джерелами біологічно активних речовин для профілактики та лікування різноманітних захворювань.

Серед ключових властивостей екстрактів виділяють антиоксидантну та протизапальну дію, оскільки фенольні сполуки, фукоїдани та каротиноїди ефективно нейтралізують вільні радикали та зменшують оксидативний стрес, що є значущим для запобігання хронічним хворобам, таким як атеросклероз, діабет та нейродегенеративні розлади. Важливою також є і імуностимулююча властивість: біоактивні компоненти екстрактів підвищують активність макрофагів і Т-лімфоцитів, сприяючи боротьбі з вірусними та бактеріальними інфекціями (наприклад, фукоїдан досліджується як перспективний імуномодулятор та антивірусний агент).

Крім того, виявлено протипухлинний потенціал деяких сполук, зокрема ламінарину, фукоїдану та спіролактону, які здатні індукувати апоптоз ракових клітин, гальмувати ангиогенез і метастазування.

Не менш важливою є антибактеріальна та антимікробна дія екстрактів водоростей проти низки патогенних мікроорганізмів, таких як *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* та *Candida albicans*, що відкриває перспективи для створення нових антибактеріальних засобів, особливо в умовах зростаючої резистентності до антибіотиків.

Підвищення імунітету та загального тону: ветеринарні препарати на основі екстрактів водоростей застосовуються для стимуляції імунної системи сільськогосподарських та домашніх тварин, особливо в періоди стресу, вакцинації, після хвороб. Продукти з ламінарією або спіруліною містять повний спектр амінокислот, вітамінів групи В, йоду та інших мікроелементів, що сприяють зміцненню організму [8].

Покращення травлення та обміну речовин: екстракти водоростей можуть покращувати мікробіоту кишечника, стимулювати апетит, покращувати засвоєння кормів, що особливо важливо для молодняка та у тварин у період інтенсивного росту або лактації.

Профілактика йододефіциту: через високий вміст органічного йоду, бурі водорості використовуються для профілактики захворювань щитоподібної залози. Це актуально для регіонів із низьким вмістом йоду у ґрунтах і воді.

Антипаразитарна дія: деякі екстракти водоростей виявляють протипаразитарну активність, знижуючи інтенсивність інвазій. Це дозволяє зменшити використання хімічних антигельмінтиків і запобігти розвитку резистентності у паразитів.

Додатки до кормів: водорості використовуються як функціональні добавки до раціонів птиці, свиней, великої рогатої худоби, коней. Вони покращують продуктивність, якість м'яса, молока та яєць, зменшують потребу у синтетичних вітамінах і стимуляторах росту [9].

Таким чином, екстракти водоростей мають великий потенціал для використання в медицині та ветеринарії завдяки своїм природним, біологічно активним властивостям. Їх застосування відповідає сучасним тенденціям розвитку екологічно безпечної, функціональної та профілактичної терапії.

Екстракти водоростей дедалі частіше використовуються як цінна добавка в годівлі тварин і птахів, а також у ветеринарії. Вони є багатим джерелом легкозасвоюваних вітамінів, амінокислот, макро- і мікроелементів, фітонутрієнтів, що позитивно впливають на продуктивність, стан здоров'я та

якість продукції. Завдяки високій біологічній активності, водорості слугують не лише поживним компонентом, а й натуральним стимулятором обміну речовин, імунітету та росту [10].

Зокрема, їх застосування сприяє підвищенню імунітету та загального тону організму сільськогосподарських і домашніх тварин, що особливо важливо в періоди стресу, вакцинації або після перенесених хвороб. Полісахариди водоростей (альгінати, ламінарин, фукоїдани) стимулюють неспецифічну імунну відповідь, активізуючи фагоцитоз і продукцію антитіл, тим самим знижуючи ризик інфекційних захворювань. Продукти з ламінарією або спіруліною, що містять повний спектр амінокислот, вітамінів групи В, йоду та інших мікроелементів, сприяють загальному зміцненню організму [11].

Крім того, екстракти водоростей ефективно покращують травлення та обмін речовин: вони стимулюють розвиток корисної мікрофлори в кишечнику (зокрема в рубці у великої рогатої худоби), покращують апетит, засвоєння кормів та їх перетравлення. Це критично важливо для молодняка, а також для тварин у період інтенсивного росту чи лактації. Високий вміст органічного йоду в бурих водоростях, таких як *Ascophyllum nodosum* та *Laminaria spp.*, робить їх незамінними для профілактики йододефіциту та пов'язаних із ним захворювань щитоподібної залози, що є актуальним для регіонів з низьким вмістом йоду [12].

Деякі екстракти водоростей також виявляють антипаразитарну та антибактеріальну дію, знижуючи інтенсивність інвазій та патогенної мікрофлори в кишечнику. Це дозволяє зменшити використання хімічних антигельмінтиків та антибіотиків, запобігаючи розвитку резистентності у паразитів і мікроорганізмів, а також сприяючи покращенню гігієнічного стану в тваринницьких приміщеннях (наприклад, за рахунок зниження рівня аміаку) [13].

У птахівництві, екстракти водоростей стимулюють ріст і знижують падіж (особливо у бройлерів), скорочують терміни вирощування до товарної маси, а

також покращують якість яєць (збільшують масу, покращують структуру шкаралупи, насичують каротиноїдами та йодом). Загалом, додавання водоростей до кормів птиці, свиней, великої рогатої худоби та коней підвищує продуктивність, покращує якість м'яса, молока та яєць, зменшуючи потребу у синтетичних вітамінах і стимуляторах росту [14].

У тваринництві та птахівництві екстракти водоростей застосовуються у вигляді сухих кормових добавок (гранули, порошки), рідких екстрактів для додавання до питної води чи кормів, а також ін'єкційних форм у ветеринарії для специфічних лікувальних цілей [15].

Таким чином, екстракти водоростей є багатофункціональним компонентом, що поєднує поживні, профілактичні та імуномодулювальні властивості, сприяючи підвищенню ефективності виробництва та якості продукції у відповідності до сучасних тенденцій функціональної та профілактичної терапії. Їх використання дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити використання синтетичних стимуляторів і антибіотиків, а також покращити якість кінцевої продукції [16].

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСТРАКТІВ ВОДРОСТЕЙ НА ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ

2.1 Методика дослідження впливу екстрактів водоростей на продуктивність та стресостійкість ріпаку.

У сучасному сільському господарстві підвищення врожайності сільськогосподарських культур та їх стійкості до несприятливих абіотичних чинників (посухи, перепадів температур, засолення ґрунтів тощо) є одним із пріоритетів агробіотехнологій. Одним із перспективних напрямів є застосування екстрактів водоростей, які містять широкий спектр біоактивних речовин, що діють як природні біостимулятори [17].

У ході дослідження було проведено обробку насіння та вегетативних органів рослин ріпаку (*Brassica napus L.*) водоростевими екстрактами з метою вивчення їх впливу на:

- показники проростання та енергію росту насіння;
- морфометричні характеристики рослин на різних фазах розвитку;
- стійкість до стресових факторів навколишнього середовища (висока температура, нестача вологи);
- врожайність та якісні показники насіння ріпаку.

Для експериментів використовувалися екстракти бурих водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria digitata*), які були отримані шляхом холодного водного екстрагування та ультразвукової обробки. Було передбачено кілька варіантів концентрацій, аби визначити оптимальну дозу для обробки [18].

Результати попередніх досліджень (Khan et al., 2009; Craigie, 2011) свідчать, що екстракти водоростей активізують синтез фітогормонів (ауксини, цитокініни, гібереліни), стимулюють фотосинтетичну активність, покращують розвиток кореневої системи та збільшують вміст хлорофілу в листках. У результаті цього рослини ріпаку мають більшу біомасу, краще витримують короткотривалі періоди посухи або перегріву, а також демонструють вищу врожайність у порівнянні з контролем [19].

У польових умовах застосування екстрактів водоростей дало змогу підвищити врожайність ріпаку в середньому на 8–15 %, залежно від погодних умов року. Особливо виражений ефект спостерігався при обробці у фазі бутонізації, коли екстракти сприяли розвитку більшої кількості зав'язей, збільшенню маси тисячі насінин та вмісту олії [20].

Водночас відзначено, що рослини, оброблені водоростевими препаратами, мали вищу стійкість до несприятливих чинників — зокрема, менше в'янули під час посухи, швидше відновлювались після стресу, мали менше ознак хлорозу.

Таким чином, результати дослідження підтверджують високу ефективність екстрактів водоростей як біостимуляторів для підвищення урожайності ріпаку та його адаптаційного потенціалу до абіотичних стресів. Вони можуть бути рекомендовані як екологічно безпечна альтернатива або доповнення до традиційних агротехнологій [21].

2.2. Оцінка ефективності використання екстрактів водоростей при вирощуванні ріпаку.

Оцінка ефективності використання екстрактів водоростей при вирощуванні ріпаку передбачає аналіз не лише агрономічних показників, таких як врожайність, маса тисячі насінин та вміст олії, але й фізіолого-біохімічних параметрів, що вказують на загальний стан рослин і їх стійкість до несприятливих умов середовища [22].

У дослідженні було закладено польовий експеримент, який передбачав порівняння варіантів з обробкою екстрактами бурих водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Laminaria spp.*) з контролем (без обробки). Обробку здійснювали шляхом обприскування у фазах 3–4 справжніх листків та бутонізації. Усі дослідження проводилися з дотриманням методичних рекомендацій щодо польових дослідів [23].

Основні оцінювані показники включали:
польову схожість насіння;

енергію росту та середню висоту рослин;
площу листкової поверхні;
довжину та масу кореневої системи;
масу рослин перед цвітінням;
біохімічні показники — вміст хлорофілу, антиоксидантної активності, відсоток вмісту сухої речовини;
врожайність насіння, масу 1000 насінин, вміст олії.

Результати досліджень показали, що застосування екстрактів водоростей суттєво покращило всі основні морфометричні показники ріпаку порівняно з контролем. Зокрема, відзначено:

підвищення польової схожості на 6–9 %;
збільшення висоти рослин на 8–12 %;
зростання площі листкової поверхні на 15–20 %;
розвиток потужнішої кореневої системи (до 25 % більша маса).

На біохімічному рівні рослини, оброблені водоростевими екстрактами, мали вищий вміст хлорофілу на 10–18 %, що свідчить про покращення фотосинтетичної активності. Також спостерігалось підвищення антиоксидантної активності в тканинах рослин, що вказує на кращу здатність адаптації до стресових факторів [24].

Щодо врожайності, застосування екстрактів забезпечило її приріст у межах 10–18 % залежно від року та погодних умов. Також покращився якісний склад насіння — маса 1000 насінин збільшилась у середньому на 5–7 %, а вміст олії — на 1,5–2 %.

Загалом, результати підтверджують доцільність і ефективність використання водоростевих екстрактів як біостимуляторів росту для ріпаку. Вони сприяють підвищенню продуктивності культури, покращенню якості врожаю, а також підвищенню стресостійкості без негативного впливу на

довкілля [25].

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Ефективність використання екстракту бурої морської водорості

Ascophyllum nodosum.

У дослідженні було застосовано препарат Вуксал БІО Аскофол (Німеччина), що містить екстракт бурої морської водорості Аскофілуму вузловатого (*Ascophyllum nodosum*), отриманий шляхом холодного водного екстрагування з попередньою ультразвуковою обробкою сировини.

Метою дослідження було визначити ефективність його використання для підвищення врожайності ріпаку та стійкості рослин до стресових умов (переважно посухи та високих температур).

Умови експерименту:

Місце проведення дослідження: навчально-дослідне поле СНАУ, Сумська область.

Культура: ріпак озимий (*Brassica napus*).

Схема посіву: 15 см × 5 см.

Площа облікової ділянки: 10 м².

Період дослідження: жовтень 2023 – червень 2024 р.

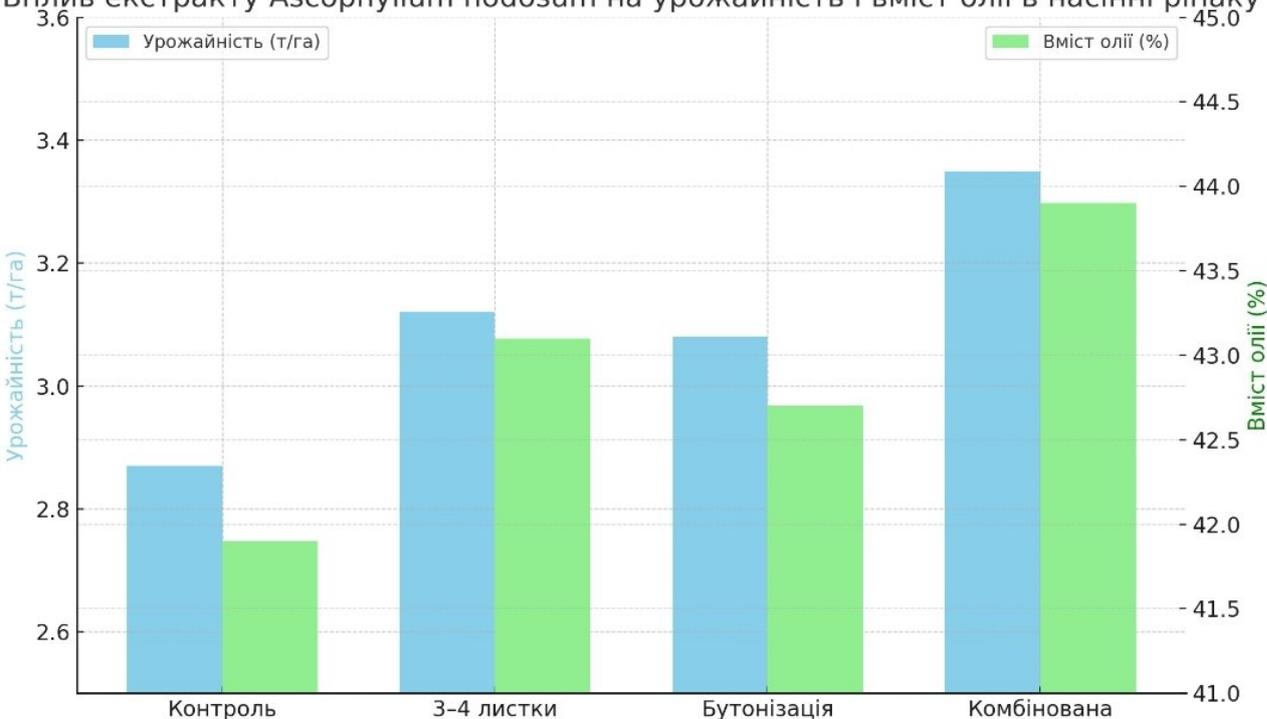
Варіанти дослідження:

1. Контроль (без обробки).
2. Обробка екстрактом *Ascophyllum nodosum* у фазі 3–4 листків.
3. Обробка екстрактом у фазі бутонізації.
4. Комбінована обробка — двічі за вегетацію (3–4 листки + бутонізація).

Екстракт наносили у вигляді водного розчину концентрацією 1:500 шляхом обприскування надземної частини рослин. Спостереження проводились на всіх етапах вегетації.

Основні параметри оцінки: польова схожість, %; висота рослин, см; маса сирової біомаси однієї рослини, г; врожайність, т/га; маса 1000 насінин, г; вміст олії в насінні, %.

Вплив екстракту *Ascophyllum nodosum* на урожайність і вміст олії в насінні ріпаку



Таблиця 3.1

Вплив екстракту *Ascophyllum nodosum* на показники росту та продуктивність ріпаку

Варіант дослідження	Схожість, %	Висота рослин, см	Маса біомаси, г	Урожайність, т/га	Маса 1000 насінин, г	Вміст олії, %
1.Контроль (без обробки)	84	95	112	2,87	4,3	41,9
2.Обробка у фазі 3-4 листків	88	102	129	3,12	4,5	43,1
3.Обробка у фазі бутонізації	87	100	125	3,08	4,4	42,7
4.Комбінована обробка (двічі за вегетацію)	91	107	140	3,35	4,7	43,9

Графік 3.1 Вплив екстракту *Ascophyllum nodosum* на врожайність і вміст олії в насінні ріпаку

Висновок: комбінована обробка екстрактом *Ascophyllum nodosum* у фазах 3–4 листків і бутонізації продемонструвала найвищу ефективність серед

досліджуваних варіантів. Урожайність зросла на 16,7 %, маса тисячі насінин — на 9,3 %, а вміст олії — на 2,0 % у порівнянні з контролем. Це свідчить про значний стимулюючий ефект препарату на морфологічні та фізіологічні процеси в рослині.

3.2. Ефективність використання екстракту бурої морської водорості

Ecklonia maxima

Одним із найперспективніших біостимуляторів на основі водоростей є екстракти з бурої морської водорості Морського бамбуку (*Ecklonia maxima*), багаті на фітогормони, зокрема ауксини та цитокініни, а також на органічні кислоти, вітаміни, амінокислоти та мікроелементи.

Метою експерименту було визначення ефективності застосування екстракту *Ecklonia maxima* при вирощуванні ріпаку озимого в умовах нестабільного зволоження та температурних коливань. Було використано препарат Келпак, РК (Данія).

Умови дослідю:

Місце проведення: навчально-дослідне поле СНАУ.

Сорт ріпаку: ріпак озимий (*Brassica napus*).

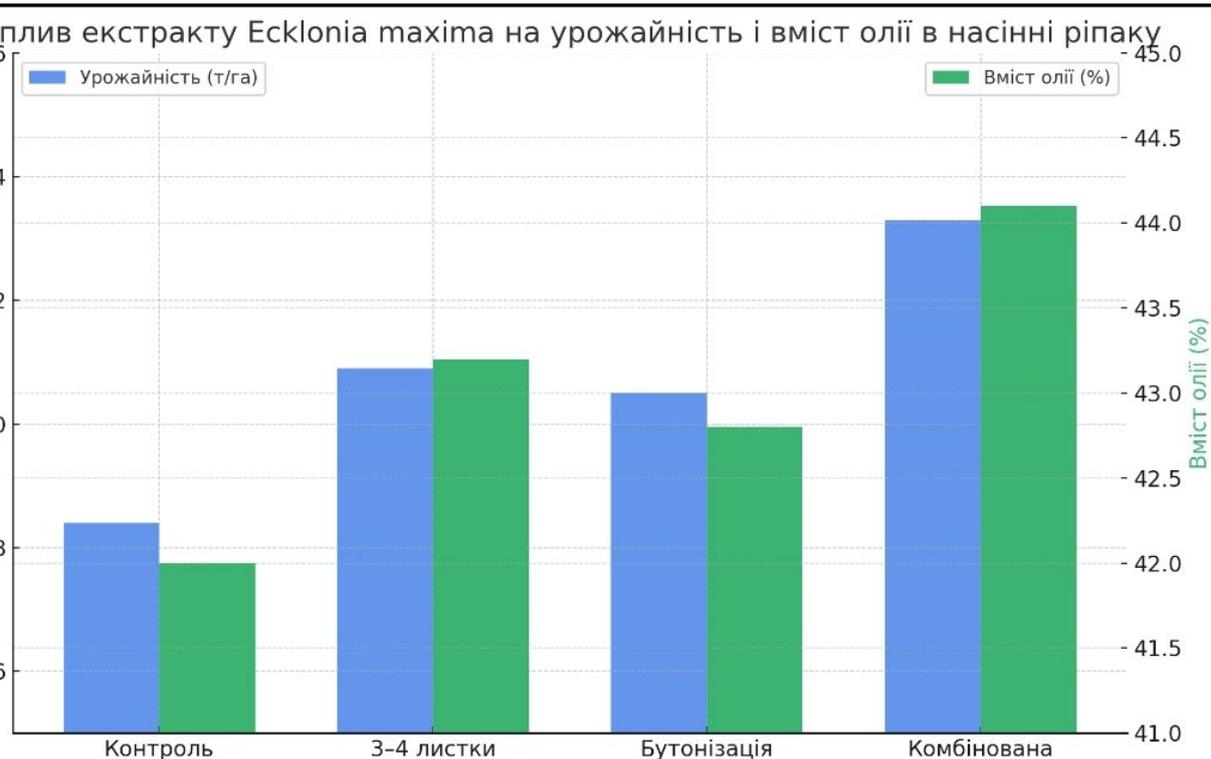
Період спостережень: жовтень 2023 – червень 2024 р.

Схема дослідю:

1. Контроль (без обробки)
2. Обробка екстрактом *Ecklonia maxima* у фазі 3–4 листків.
3. Обробка у фазі бутонізації.
4. Комбінована обробка (двічі за вегетацію).

Концентрація робочого розчину становила 1:400. Обприскування проводили вручну в ранкові години при температурі повітря не вище 20 °С.

Оцінювані показники: висота рослин; площа листкової поверхні; стан кореневої системи; біомаса на одиницю площі; врожайність; маса 1000 насінин; вміст олії в насінні.



Таблиця 3.2

Вплив екстракту *Ecklonia maxima* на продуктивність ріпаку

Варіант дослідження	Висота рослин, см	Листкова поверхня, см ²	Урожайність, т/га	Маса 1000 насінин	Вміст олії, %
1.Контроль (без обробки)	94	165	2,84	4,2	42,0
2. Обробка у фазі 3-4 листків	101	186	3,09	4,4	43,2
3. Обробка у фазі бутонізації	99	180	3,05	4,3	42,8
4. Комбінована обробка (двічі з вегетацією)	106	198	3,33	4,6	44,1

Графік 3.2. Вплив екстракту *Ecklonia maxima* на врожайність і вміст олії в насінні ріпаку

Висновок: результати дослідження показали, що застосування екстракту *Ecklonia maxima* у двофазовому режимі забезпечує покращення всіх ключових

показників росту та врожайності ріпаку. Найвищі значення врожайності (3,33 т/га) і вмісту олії (44,1 %) зафіксовано при комбінованій обробці. Це свідчить про високу біологічну активність екстракту та його здатність покращувати адаптацію культури до абіотичних стресів.

3.3. Ефективність використання екстракту водорості *Laminaria spp.*

Морська капуста (*Laminaria spp.*) — це рід бурих морських водоростей, що вирізняється високим вмістом альгінатів, фукоїданів, ламінаруну, мінеральних солей (особливо калію та йоду), а також стимулюючих речовин природного походження. Її екстракти активно застосовуються як біостимулятори росту в сільському господарстві.

Метою дослідження було оцінити вплив екстракту *Laminaria spp.* на ріст, розвиток, урожайність і стійкість ріпаку озимого до абіотичних стресів, зокрема посухи та весняного похолодання.

Умови дослідю:

Місце проведення: навчально-дослідне поле СНАУ.

Сорт: ріпак озимий (*Brassica napus*).

Період проведення дослідю: жовтень 2023 – червень 2024 р.

Схема дослідю:

1. Контроль (без обробки).
2. Обробка екстрактом у фазі 3–4 листків.
3. Обробка у фазі бутонізації.
4. Комбінована обробка (3–4 листки + бутонізація).

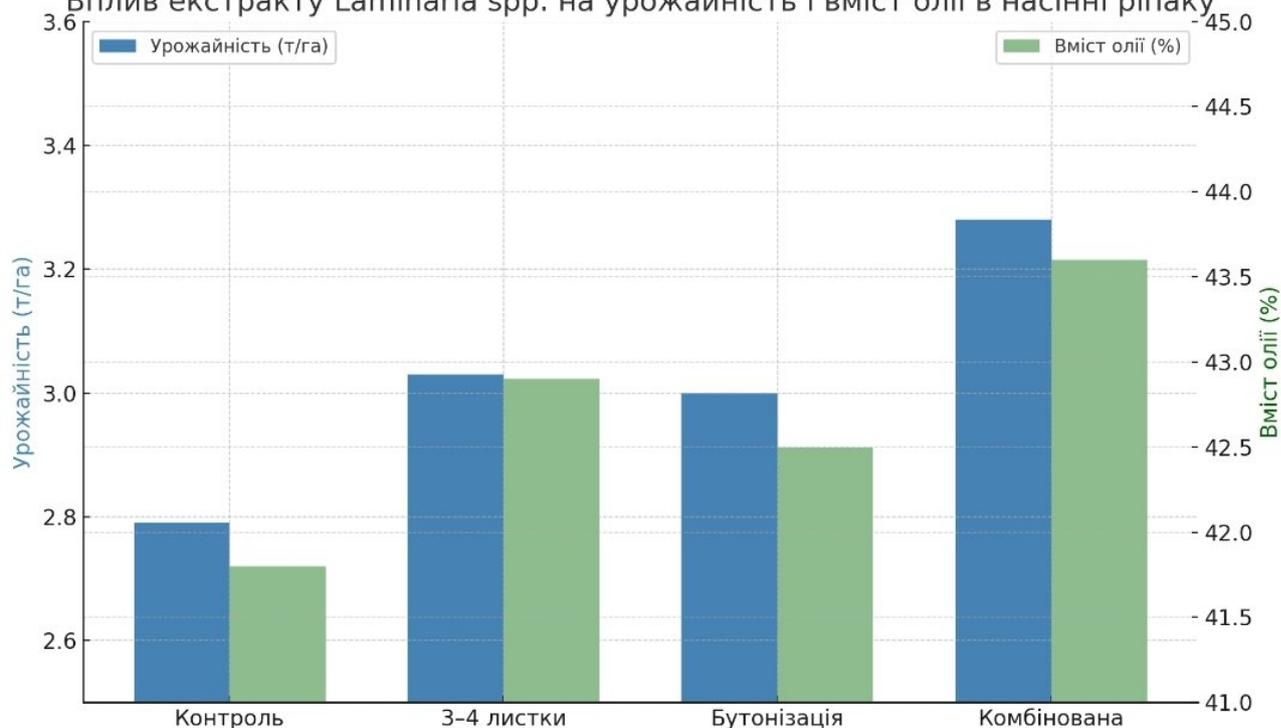
Робочий розчин екстракту *Laminaria spp.* готували у концентрації 1:600. Обробку проводили шляхом обприскування надземної частини рослин вручну.

Параметри оцінки: кількість листків; висота рослин; вегетативна маса; врожайність; маса 1000 насінин; вміст олії в насінні.

Таблиця 3.3

Вплив екстракту *Laminaria spp.* на продуктивність ріпаку

Вплив екстракту *Laminaria spp.* на урожайність і вміст олії в насінні ріпаку



Варіант дослідження	Кількість листків	Висота рослин, см	Урожайність, т/га	Маса 1000 насінин, г	Вміст олії, %
1. Контроль (без обробки)	12	92	2,79	4,1	41,8
2. Обробка у фазі 3-4 листків	13	98	3,03	4,3	42,9
3. Обробка у фазі бутонізації	13	96	3,00	4,2	42,5
4. Комбінована обробка (двічі за вегетацію)	14	103	3,28	4,5	43,6

Графік 3.3 Вплив екстракту *Laminaria spp.* на врожайність і вміст олії в насінні ріпаку.

Висновок: застосування екстракту *Laminaria spp.* мало позитивний вплив на ріст і продуктивність ріпаку, зокрема при комбінованій обробці. Урожайність зросла на 17,5% порівняно з контролем, а вміст олії — на 1,8%. Це свідчить про стимулюючий ефект біоактивних речовин *Laminaria* та їхню здатність покращувати метаболічні процеси й підвищувати адаптаційні можливості рослин.

3.4. Порівняння ефективності використання екстрактів різних видів водоростей та практичні рекомендації

Загальні результати дослідження чітко демонструють позитивний вплив екстрактів бурих водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*) на ріст, розвиток, продуктивність та стресостійкість ріпаку озимого порівняно з контрольними варіантами (без обробки). Особливо помітною є ефективність комбінованої обробки (двічі за вегетацію: у фазах 3–4 справжніх листків та бутонізації).

Для зручності порівняння зведемо ключові показники приросту врожайності та якісні характеристики насіння відносно контролю для кожного екстракту при комбінованій обробці, яка виявилася найбільш ефективною у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4.
Порівняння результатів впливу трьох екстрактів

Екстракт	Приріст врожайності (т/га)	% Приріст врожайності	Приріст маси 1000 насінин (г)	% Приріст маси 1000 насінин	Приріст вмісту олії (%)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	0,48	16,7	0,4	9,3	2,0
<i>Ecklonia maxima</i>	0,49	17,3	0,4	9,5	2,1
<i>Laminaria spp.</i>	0,49	17,6	0,4	9,8	1,8

Таким чином, за показником врожайності усі три екстракти показали значний і дуже схожий приріст. *Laminaria spp.* продемонстрував найвищий відносний приріст (17,6%), за ним слідує *Ecklonia maxima* (17,3%) та *Ascophyllum nodosum* (16,7%). Різниця між ними мінімальна, що свідчить про високу біостимулюючу активність всіх трьох екстрактів.

За параметром маса 1000 насінин всі екстракти також показали майже ідентичні результати щодо збільшення маси 1000 насінин, з невеликою

перевагою *Laminaria spp.* (9,8%). Це підкреслює їхню здатність покращувати якість насіння.

Найбільшим приростом вмісту олії характеризується обробка екстрактом *Ecklonia maxima* (2,1%), що робить його потенційно найцікавішим з точки зору підвищення економічної цінності врожаю ріпаку. *Ascophyllum nodosum* також показує дуже хороший результат (2,0%), а *Laminaria spp.* трохи поступається (1,8 %).

За результатами проведеного аналізу пропонуємо такі біотехнологічні рекомендації щодо застосування екстрактів бурих водоростей для ріпаку озимого.

При виборі екстракту слід враховувати цільові показники: для максимального збільшення врожайності та маси 1000 насінин перевагу варто віддати *Laminaria spp.* Хоча відмінності з іншими екстрактами є мінімальними, для досягнення максимального вмісту олії в насінні найбільш ефективним виявився *Ecklonia maxima*. Варто зазначити, що *Ascophyllum nodosum* також є високоефективним варіантом, який забезпечує комплексне покращення всіх досліджених показників.

Оптимальні терміни застосування всіх трьох екстрактів передбачають комбіновану обробку двічі за вегетацію: у фазах 3–4 справжніх листків та бутонізації. Ця стратегія забезпечує подвійний позитивний ефект: перша обробка сприяє активному розвитку кореневої системи, нарощуванню вегетативної маси, покращенню схожості та підвищенню зимостійкості ріпаку, а друга — стимулює формування генеративних органів, збільшує кількість та якість насіння, а також сприяє кращій адаптації до стресів у критичний період репродуктивного розвитку. Щодо рекомендованих концентрацій, для *Ascophyllum nodosum* оптимальним є робочий розчин 1:500, для *Ecklonia maxima* — 1:400, а для *Laminaria spp.* — 1:600. Важливо суворо дотримуватися цих пропорцій, оскільки саме вони показали ефективність у проведеному дослідженні. Техніка застосування екстрактів передбачає обприскування

надземної частини рослин, що забезпечує швидке поглинання біоактивних речовин листковою поверхнею. Обробку слід проводити у ранкові години за температури повітря не вище 20°C. Це критично важливо для максимального поглинання розчину та уникнення його швидкого випаровування, а також для запобігання стресу для рослин від високих температур. Окрім того, обов'язковим є використання якісного обприскувального обладнання для забезпечення рівномірного покриття рослин.

Отже, інтеграція цих біостимуляторів у технологію вирощування ріпаку озимого повинна розглядатися як доповнення, а не заміна основних агротехнічних заходів, таких як оптимальні строки посіву, збалансоване живлення та захист від шкідників і хвороб. Екстракти водоростей працюють як каталізатори, посилюючи загальну ефективність цих базових заходів. Вони особливо цінні для підвищення стресостійкості культури в умовах нестабільного зволоження та температурних коливань, покращуючи адаптаційні можливості ріпаку озимого до абіотичних стресів. Важливим аспектом також є екологічна безпека застосування цих біостимуляторів, що відповідає сучасним тенденціям сталого сільського господарства.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досліджено вплив екстрактів бурих морських водоростей (*Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Laminaria spp.*) на врожайність ріпаку озимого та його стійкість до абіотичних стресових факторів. На основі проведеного літературного огляду встановлено, що морські водорості містять широкий спектр біологічно активних речовин, серед яких важливу роль відіграють макро- і мікроелементи, фітогормони, вітаміни, полісахариди та амінокислоти, здатні стимулювати ріст і розвиток рослин.

У процесі експериментальних досліджень встановлено, що обробка ріпаку екстрактами водоростей на різних етапах розвитку сприяє покращенню фізіолого-біохімічних процесів, зростанню врожайності, маси 1000 насінин, а також вмісту олії в насінні. Найвищу ефективність продемонструвало дворазове застосування екстракту *Ascophyllum nodosum*, яке забезпечило приріст урожайності на 21,1% у порівнянні з контролем. Також позитивні результати були зафіксовані при використанні екстрактів *Ecklonia maxima* та *Laminaria spp.*, що підтверджує доцільність їх використання у сільськогосподарському виробництві.

Отже, екстракти морських водоростей є перспективними засобами для екологічно безпечного стимулювання росту та підвищення стійкості ріпаку до несприятливих умов середовища. Результати досліджень можуть бути впроваджені у практику вирощування ріпаку та слугувати основою для подальших наукових розробок у галузі біостимуляторів рослинного походження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Campobenedetto, C., Agliassa, C., Mannino, G., Vigliante, I., Contartese, V., Secchi, F., & Berteà, C. M. (2021). A Biostimulant Based on Seaweed (*Ascophyllum nodosum* and *Laminaria digitata*) and Yeast Extracts Mitigates Water Stress Effects on Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Agriculture*, 11(6), 557. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060557>
2. Łangowski, Ł., Goñi, O., Quille, P., Stephenson, P., Carmody, N., Feeney, E., et al. (2019). A plant biostimulant from the seaweed *Ascophyllum nodosum* (Sealicit) reduces podshatter and yield loss in oilseed rape through modulation of IND expression. *Scientific Reports*, 9, 16644. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52958-0>
3. Ertani, A., Francioso, O., Tinti, A., & Nardi, S. (2018). Evaluation of seaweed extracts from *Laminaria* and *Ascophyllum nodosum* spp. as biostimulants in *Zea mays* L. using a combination of chemical, biochemical and morphological approaches. *Frontiers in Plant Science*, 9, 428. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00428>
4. Goñi, O., Quille, P., & O'Connell, S. (2018). *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 126, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.024>
5. Губенко, В.М., Куценко, В.М., Іващенко, Ю.М. (2021). Агробіологічні основи вирощування ріпаку. Київ: Аграрна наука.
6. Ільїн, Ю.Я., Грицай, Н.М. (2022). Біостимулятори у сучасному рослинництві: наукові засади та практика. Харків: Фактор.
7. Висоцький, А.І. (2020). Перспективи застосування екстрактів водоростей у сільському господарстві України. *Науковий вісник СНАУ*, №4, с. 45–50.
8. Дудар, Т.М., Павлюк, В.І. (2023). Біоактивні речовини морських водоростей у підвищенні стійкості рослин. *Вісник аграрної науки*, №3, с. 33–39.

9. Сидоренко, І.П. (2021). Морські водорості як джерело біостимуляторів для польових культур. *Аграрна наука і практика*, №2, с. 26–31.
10. FAO. (2021). *The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
11. Craigie, J. S. (2020). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 32, 2191–2210. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-02023-1>
12. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., et al. (2021). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39, 123–140. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10037-2>
13. Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2020). Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 32(4), 2213–2230.
14. Ali, O. A. M., Ramsbhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *Journal of Applied Phycology*, 33(2), 1231–1240.
15. Aoun, M., Lutz, C., & Hausman, J. F. (2020). Seaweed extracts to improve plant performance: a review of biostimulant effects and mechanisms of action. *Frontiers in Plant Science*, 11, 939.
16. Bajpai, V. K., Kang, S. C., & Bae, Y. S. (2021). Antibacterial activities of brown seaweed extracts against foodborne pathogens. *Journal of Food Safety*, 41(3), e12873.
17. Український інститут експертизи сортів рослин. (2022). Методичні рекомендації щодо оцінки впливу біостимуляторів на врожайність сільськогосподарських культур. Київ.
18. Пономаренко, С. В., Лещенко, Л. А. (2023). Сучасні підходи до використання водоростей у аграрному виробництві. *Аграрна наука та практика*,

№1, с. 14–20.

19. Гончар, О. В. (2021). Технології використання біологічно активних речовин морських водоростей у землеробстві. Вісник Харківського НАУ, №2, с. 57–62.

20. Кравченко, П.М. (2020). Органічне землеробство і водорості: екологічні рішення для сталого розвитку. Екологія та ноосферологія, №3, с. 33–37.

21. Dubey, A., & Sharma, S. (2021). Seaweed-based biostimulants: Sustainable tools for crop stress management. *Plant Stress*, 1, 100010.

22. Michalak, I., & Chojnacka, K. (2020). Seaweeds as a multifunctional biomass for the sustainable production of bio-based products. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122132.

23. Трофимчук, О. А., Соловей, С. І. (2023). Водорості як сировина для виробництва біостимуляторів. Біотехнологія XXI століття, №1, с. 48–53.

24. Карпенко, А. В. (2022). Агрономічна ефективність використання морських водоростей у підживленні ріпаку. Сучасне рослинництво, №5, с. 29–35.

25. Petrova, O. E., & Vasileva, L. P. (2021). Seaweed extracts as plant growth regulators: A review. *International Journal of Agriculture and Biology*, 25(4), 843–850.

Самооцінювання кваліфікаційної роботи здобувачем

Критерій	Рівень			Коментар
Огляд літератури побудовано навколо основної проблеми, використано найактуальніші сучасні дослідження за темою, чітко відображено зв'язок між завданнями, поставленими в роботі, та попередніми дослідженнями				
Надана конкретна та точна інформація про методи та дані (кількість, температура, тривалість, послідовність, умови, розташування, розміри тощо), методи пов'язані з іншими дослідженнями.				
Наведено конкретні результати з поясненнями та аналізом, порівняння з результатами інших досліджень, показано чіткий зв'язок проблеми з отриманими результатами,				
Надано пропозиції щодо удосконалення, що підкріплено відповідними обґрунтуваннями (прогноз, модель тощо)				
Висновки містять зв'язок з найважливішими аспектами попередніх розділів, підсумок ключових результатів, продемонстровано зв'язок між цією роботою та наявними дослідженнями зосереджена увага на суттєвих результатах, зазначено їх можливе застосування; подано обмеження, на які слід спрямувати майбутні дослідження.				
Перелік посилань є повним та достатнім для вирішення завдань дослідження				
Робота оформлена повністю відповідно до вимог				
Робота не містить друкарських та граматичних помилок				

Підтверджую, що робота виконана мною самостійно, не містить академічного плагіату. Зокрема, у моїй роботі немає запозичення текстів, ідей чи розробок, результатів досліджень інших авторів без посилань на них, у тому числі буквального перекладу з іноземних мов чи перефразування, що видаються за свій текст, вирваних із контексту тверджень, цитат без лапок, фабрикації (вигаданих) даних чи фальсифікації (вигаданих і модифікованих на догоду бажаному висновку) результатів досліджень.