

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Факультет захисту рослин, біотехнології та екології

ДОПУКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
фізіології, біохімії рослин та
біоенергетики

_____ Світлана ПРИЛУЦЬКА
«___» _____ 2025 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Вплив засолення ґрунту на фізіологічні показники пшениці
озимої за дії активаторів росту»**

Спеціальність: 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Гарант освітньої програми

Кандидат біологічних наук, доцент
кафедри екобіотехнології
та біорізноманіття

_____ Олена КВАСКО
(підпис)

**Керівник бакалаврської кваліфікаційної
роботи**

Кандидат сільськогосподарських
наук, доцент кафедри фізіології,
біохімії рослин та біоенергетики

_____ Наталія НЕСТЕРОВА
(підпис)

Виконала

_____ Софія ГОРДЮТА
ла(підпис)

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнології та екології
Кафедра фізіології, біохімії рослин та біоенергетики
Освітній ступінь 162 «Біотехнології та біоінженерія»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри фізіології, біохімії
рослин та біоенергетики

_____ **Світлана ПРИЛУЦЬКА**

_____ **2025р.**

З А В Д А Н Н Я

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи

студенту

Гордюті Софії Олексіївни

1. Тема роботи «Вплив засолення ґрунту на фізіологічні показники пшениці озимої за дії активаторів росту»
2. Строк подання студентом роботи 20 травня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: літературні та інтернет джерела, загальноприйняті методи дослідження.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - 4.1. Проаналізувати літературні джерела щодо впливу засолення NaCl на ріст та розвиток сільськогосподарських культур.
 - 4.2. Проаналізувати літературні джерела щодо активаторів росту рослин.
 - 4.3. Вивчити вплив засолення NaCl в різних концентраціях на морфометричні показники пшениці озимої сорту «Поділька».
 - 4.4. Встановити вплив гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях на морфометричні показники пшениці озимої за умови сольового стресу.
 - 4.5. Вивчити динаміку зміни вмісту хлорофілів a+b та феофітинів a+b у листках пшениці озимої за умови сольового стресу.
 - 4.6. Встановити вплив гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях на вміст фотосинтетичних пігментів в листках пшениці озимої за умови сольового стресу.

5. Консультанти розділ роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Нестерова Н.Г.,		

	кандидат сільськогосподарських наук, доцент		
2	Нестерова Н.Г., кандидат сільськогосподарських наук, доцент		
3	Нестерова Н.Г., кандидат сільськогосподарських наук, доцент		

6. Дата видачі завдання 20 серпня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Проаналізувати літературні джерела щодо впливу засолення NaCl на ріст та розвиток сільськогосподарських культур	Серпень-вересень	
2	Проаналізувати літературні джерела щодо активаторів росту рослин	Жовтень	
3	Вивчити вплив засолення NaCl в різних концентраціях на морфометричні показники пшениці озимої сорту «Подолька»	Листопад	
4	Встановити вплив гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях на морфометричні показники пшениці озимої за умови сольового стресу	Грудень-лютий	
5	Вивчити динаміку зміни вмісту хлорофілів a+b та феофітинів a+b у листках пшениці озимої за умови сольового стресу. Встановити вплив гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях на вміст фотосинтетичних пігментів в листках пшениці озимої за умови сольового стресу. Оформлення дипломної роботи та підготовка до захисту	Березень-травень	

Керівник кваліфікаційної роботи

Наталія НЕСТЕРОВА

Завдання прийняла до виконання

Софія ГОРДЮТА

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему «Вплив засолення ґрунту на фізіологічні показники пшениці озимої за дії активаторів росту» складається з 53 сторінок формату А4. Також налічує 6 рисунків, 8 таблиць та 56 літературних джерел.

Структура роботи складається з вступу, трьох основних розділів – огляд літератури, умови та методика проведення дослідження, результати досліджень та їх аналіз, а також висновків та використаних літературних джерел.

Актуальність. На виробництво озимої пшениці значно впливає абіотичний стрес, зокрема засолення ґрунту, яке порушує фотосинтез і знижує фізіологічні показники, що веде до зменшення врожаю. Через зростання площі засолених ґрунтів в Україні важливо розробляти екологічні методи підвищення стійкості пшениці до сольового стресу. Одним із таких способів є застосування активаторів росту, наприклад гідролізату пивних дріжджів, отриманого шляхом гідролізу клітин *Saccharomyces cerevisiae*. Тому актуальним є вивчення впливу сольового стресу різної інтенсивності разом із гідролізатом пивних дріжджів на ріст і вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці сорту «Подільянка».

Мета дослідження. Оцінити вплив сольового стресу в різних концентраціях та застосування гідролізату пивних дріжджів (як активатора росту) на фізіологічні показники (ріст, пігментний склад) пшениці озимої сорту «Подільянка» та оцінити ефективність гідролізату як засобу підвищення солестійкості рослин. Відповідно до мети вирішувались наступні завдання:

1. Вивчити вплив засолення NaCl в різних концентраціях на морфометричні показники пшениці озимої сорту «Подільянка».
2. Встановити вплив гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях на морфометричні показники пшениці озимої за умови сольового стресу.
3. Вивчити динаміку зміни вмісту хлорофілів a+b та феофітинів a+b у листках пшениці озимої за умови сольового стресу.

4. Встановити вплив гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях на вміст фотосинтетичних пігментів в листках пшениці озимої за умови сольового стресу.

Об'єкт дослідження: озима пшениця сорту «Подільська».

Предмет дослідження: вплив сольового стресу та гідролізату пивних дріжджів на фізіологічні показники (ріст, вміст фотосинтетичних пігментів) озимої пшениці.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1. Біологічні особливості та ботанічні характеристики пшениці озимої.....	9
1.2. Засолення ґрунту та його вплив на ріст і розвиток рослин	15
1.3. Активатори росту рослин. Їх роль та функціональна значимість в онтогенезі культур	23
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	30
2.1. Об'єкт дослідження і порядок посіву	30
2.2. Методи визначення морфометричних показників рослин.....	34
2.3. Методи визначення вмісту фотосинтетичних пігментів.....	36
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	38
3.1. Вплив сольового стресу на морфометричні показники рослин	38
3.2. Вплив NaCl та гідролізату пивних дріжджів на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці.....	43
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

ВСТУП

У структурі національної економіки України вагоме місце займає аграрний сектор, основу якого складають зернові культури. Однією з провідних культур у сільському господарстві є пшениця, зокрема озима (характеризується високою продуктивністю в осінньо-зимовий період).

На виробництво озимої пшениці впливають фактори абіотичного стресу. Одним із основних факторів є засолення ґрунту, яке впливає на процес фотосинтезу та значно знижує фізіологічні показники, що призводить до зниження врожаю. Ця проблема стає дедалі гострішою в Україні через збільшення площі засолених ґрунтів, що робить особливо актуальною розробку екологічно безпечних методів підвищення стійкості пшениці до сольового стресу.

Одним із способів підвищення стійкості є використання активаторів росту, які можуть підвищити стресостійкість. Гідролізат пивних дріжджів - біоактивний продукт, отриманий в процесі гідролізу (розщеплення складних органічних сполук за допомогою води, часто під дією ферментів або кислот) клітин пивних дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*).

Саме тому актуальним є вивчення впливу сольового стресу різної інтенсивності в поєднанні з використанням гідролізату пивних дріжджів на динаміку ростових показників та вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої сорту — Подолянка.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Біологічні особливості та ботанічні характеристики пшениці озимої

Вирощування зернових — важлива галузь, яка забезпечує продовольчу безпеку та економіку країни. В Україні вона посідає провідне місце в сільському господарстві, хоча за обсягами виробництва зерна країна поступається таким лідерам, як Китай, США та Індія. Проте серед європейських країн Україна посідає одне з перших місць, одразу поступаючись Франції та Німеччині.

Пшениця є однією з основних сільськогосподарських культур, бо займає велику площу вирощування у світі. Є досить популярною саме озима пшениця через те, що вона має довший період вегетації (час, протягом якого рослина вегетує, тобто росте та розвивається) [2]., також вона краще використовує вологу ґрунту та його поживні речовини. Багато країн, в список яких входить Україна, досягли принагідних результатів у врожайності пшениці. Це дозволяє підтримувати досить стійке виробництво.

За біологічними ознаками пшеницю поділяють на тверду і м'яку. У твердої пшениці, які вирощена в Україні, є велика перевага - високий вміст білка (16-18%), а недоліком її є те, що клітковина твердої пшениці є надто жорсткою для виготовлення мучних виробів. Цю пшеницю залучають у виробництво макаронних виробів, наприклад. На відміну від твердої пшениці, м'яку пшеницю застосовують у кондитерській справі, оскільки в ній міститься 9-11% білка.

Відомо, що озима пшениця – одна з найбільш чутливих до умов вирощування. Вимоги її до температури, вологи, світла, ґрунту, вмісту поживних речовин тощо протягом вегетації змінюються. Вони залежать від фази росту, стану рослин, метеорологічних умов року та інших чинників. Крім того, необхідно враховувати також біологічні особливості окремих сортів. [1].

Дослідженнями Близнюка Б.В., Лось Р. М., Демидова О. А., Кириленко В.В., Гуменюка О.В., Данюка Т.А. було встановлено, що час вегетаційного періоду, що є одним з найважливіших біологічних особливостей зернової культури – озима пшениця, змінюється скільки від умов, в яких виводиться сорт, стільки і від генотипу. Фази розвитку, які проходять протягом вегетаційного циклу рослини, пов'язані зі створенням і формуванням нових органів. Вегетаційний період озимої пшениці поділяють на два провідні періоди: сходи-колосіння і колосіння-дозрівання. У генерації врожаю цієї зернової культури найважливішим є період сходів-колосіння, протягом якого рослини минають 8 з 11 етапів органогенезу і від якого залежить перспектива урожайності та скоростиглість сорту. [3]

Щоб досягти успіху у процесі вирощування озимої пшениці важливо деталізовано розглянути її вимоги з точки зору факторів онтогенезу. Це є основою для створення результативних адаптивних технологій, що відповідають умовам зазначеної території. Озима пшениця входить в топ найвибагливіших культур серед зернових, у зв'язку з тим, що в залежності від погодних умов, фази росту та в цілому стану рослини її запити до таких показників, як температура, вологість, освітленість змінюються. Також важливо враховувати біологічні особливості кожного сорту, оскільки будь який сорт має свої особливі вимоги.

Температурні вимоги є однією з найважливіших біологічних характеристик для забезпечення гарантованого результату в процесі вирощування озимої пшениці. Процес проростання насіння цієї культури при температурі 1-2°C може бути повільним, але цілком можливим. Також слід зазначити, що при температурі вище 25°C розсада буде більш сприйнятлива до захворювань, оскільки такий тепловий режим може згубно позначитися на зростанні саджанців. Найбільш сприятливою температурою для проростання насіння є 12-17°C.

При доброму загартуванні озима пшениця витримує під час зимівлі зниження температури на глибині вузла кущіння до мінус 16–18 °С, а морозостійкі сорти – до мінус 20 °С. Пухкий сніговий покрив на рівні 15–20 см захищає рослини навіть при зниженні температури повітря до мінус 35–40 °С. Стійкість культури проти низьких температур зменшується в кінці зими та на початку весни внаслідок періодичного коливання температури повітря і особливо періодичного відтавання – замерзання верхнього шару ґрунту. В цей період озима пшениця може загинути від невеликих морозів – 6–8 °С [1].

Вимоги до вологості також є важливою біологічною характеристикою. Озима зернова культура – озима пшениця потребує постійного забезпечення вологою протягом усього періоду вегетації. Для результативного проростання насіння важлива вологість 55-60% по відношенню до їх маси. Якщо рослини не кушаться, то є ризик нестачі вологи у верхньому шарі ґрунту, оскільки саме цей фактор значно знижує їх продуктивність при дефіциті. Недостатня кількість води особливо впливає на наступні етапи: фаза появи бульб, колосіння та формування зерна. Саме на цих стадіях потреба у достатній кількості води досягає максимуму. Найбільш сприятливі умови вирощування складаються при вологості ґрунту 75-80% мінімальної вологості. У фазі росту і розвитку озима пшениця споживає від 2800 до 4000 м³ води на гектар залежно від зовнішніх умов. Однак при достатньому зволоженні ґрунту і правильному температурному режимі насіння проростає впродовж 5-6 днів.

Але шкоди може завдати не тільки нестача води, а й надмірна вологість. Короткочасне одноразове перенасичення при низько-помірних температурах не вплине на розвиток рослини, але тривалий надлишок вологи може призвести до загнивання кореневої системи та пожовтіння листя, що спричинить затримку або зупинку росту та розвитку рослини.

Наприклад, посилення опадів навесні може викликати надмірний ріст зеленої маси, що призводить до погіршення їх загального стану та зниження врожайності. При перезволоженні ґрунту корені можуть зростати слабо і займати

лише поверхневі шари, оскільки йде погіршення обміну газів. Навпаки, при меншій вологості, за потрібну, корені можуть проникати на занадто більшу глибину.

Спираючись на дослідження М. Г. Письменного та інших можна зробити висновки, що денне світло є незамінною основою для всіх без винятку фотосинтезуючих рослин, адже сонячне світло є провідним джерелом енергії. Зернова культура - озима пшениця досить вибаглива до освітлення, незважаючи на те, що відноситься до рослин «довгого дня».

Також озима пшениця має особливо завищені вимоги до ґрунту, а саме до його кислотності. Сприятливою кислотністю ґрунту є рН на рівні 6–7,5, адже культура не надто добре росте на кислих і засолених полях. [4]

Вважається, що найвдаліші ґрунти це чорнозем, ґрунти середньосуглинкового гранулометричного складу, які мають правильний склад поживних речовин, чистий від бур'янів, а також досить забезпечений вологою. На таких ґрунтах успіх у вирощуванні гарного врожаю культури – пшениця озима, майже гарантований. В свою чергу, піщані ґрунти або супіщані вважаються малородючими ґрунтами і культура буде куцятися слабо. Також менш родючими ґрунтами є кислі, як зазначено вище, та солонуваті.

Також озиму пшеницю рекомендується розміщувати переважно на мінеральних осушуваних ґрунтах, наприклад суглинкові ґрунти, осушені закритим дренажем, де врожаї культури становлять 50–60 ц/га. [5]

Ботанічна характеристика пшениці. Пшениця належить до родини тонконогозих (*Poaceae*) роду *Triticum*. Найбільш поширені два її види:

- Пшениця м'яка *Triticum aestivum*
- Пшениця тверда *Triticum durum* [6]

Також варто зазначити, що пшениця озима є однорічною рослиною (ростуть, дають насіння, гинуть протягом року).

Пшениця – самозапильна рослина, але досить часто вона запилюється перехресно за допомогою вітру. Як правило, зерно в колоску утворюють 2-3 квітки. Зернівка у більшості пшениць гола. Маса 1000 зернин – від 25 до 45 г і більше. Встановлено, що чим округліша форма зерна, тим менше висівок утворюється при помелі. [7]



Рис. 1.1. Пшениця м'яка (<https://uk.wikipedia.org/wiki/>)

Коренева система. Коренева система має надзвичайно важливе значення в житті рослини – в ній активно відбуваються синтетичні процеси, поглинається ґрунтовий розчин, а також здійснюється його транспорт у надземні органи. Корені виділяють у ризосферу велику різноманітність органічних речовин. [1]

Пшениця озима, як і інші злакові колосові культури, має мичкувату та добре розвинену кореневу систему. Основна її маса розміщується в орному шарі ґрунту, окремі корені проникають на глибину 1,5-2 м і більше. Із зародка насінини спочатку виростає 3-6 однаково розвинутих зародкових коренів, утворюючи первинну кореневу систему. У процесі росту з підземних стеблових вузлів, і найбільше з вузла кущіння, утворюються стеблові або вузлові корені, які складають основну масу кореневої системи пшениці. [6]

Головну роль у надходженні води і неорганічних іонів відіграють кореневі волоски (діаметр 5–17 мкм). Тривалість життя корневих волосків у пшениці до 10 тижнів. Поверхня корневих волосків в 10–15 раз перевищує поверхню кореневої системи. [1]

Стебло. Стебло пшениці має назву соломина, вона складається з декількох міжвузлів, які відділяються стебловими вузлами. З проростання зерна і починається розвиток зачаткового стебла. Ріст стебла називається інтеркалярним.

Зона активного росту розташована між сформованими тканинами, які закінчили свій ріст і розвиток. Розмішена в основі міжвузля вставна меристема у злаків залишається активною протягом тривалого часу. Цим зумовлена здатність полеглих хлібів підніматися навіть тоді, коли полягання спостерігалось на пізніх етапах розвитку рослин. [8]

Листок. Лінійні листки мають листкову пластинку і листкову піхву. Там, де піхва листка переходить у пластинку, є язичок, що щільно прилягає до стебла і захищає лист від води та патогенів. Та частина листкової пластинки, що відходить від краю, є вушком. Досить важливим є підтримка хорошого функціонального стану верхнього листка, через те, що він має найдовший період асиміляції. Частка асимілятив у формуванні врожаю зерна у пшениці така: прапорцевий листок - 45% ; підпрапорцевий листок - 35% ; стебло колоса - 20%.

Врожайність пшениці (за відсутності затінення) пов'язано з площею листкової пластини. Оскільки, чим більша площа, тим вища врожайність.

Суцвіття. Суцвіття – складний колос, що складається з членистого стрижня і колосків. На кожному виступі стрижня сидить один колосок, загальна їх кількість у колосі 16–22. Колосок має дві колоскові луски, між якими міститься 2–5 квіток. Цвітіння починається з середини колоса і рівномірно поширюється до основи і верхівки колоса. Цвітіння одної квітки продовжується

30–60 хвилин. Кожна квітка захищена зовнішньою і внутрішньою квітковими лусками, в остистих сортів зовнішня луска має остюк. Залежно від місця розміщення колоска в колосі й умов вирощування в ньому може утворитися від 1 до 5 зернівок. [1]

Плід. Плід — зернівка. Зернівка має видовжену форму, довжиною 5-9 мм, шириною 2-4 мм. Колір оболонки може варіюватися від світло-жовтого до бурого або червонуватого залежно від сорту. Маса 1000 зерен становить 35-50 г. [9]

Сам зародок розвивається внизу відносно зернівки. Щиток існує для відділення зародка від ендосперму. В інтервалі між клітинами, що заповнені крохмальними зернами, містяться білкові речовини. Алейроновим називається зовнішній шар ендосперму, в самих клітинах знаходиться багато білка. Основним вуглеводом у зерні є крохмаль, а вміст білка варіюється від 10 до 16%, жиру – 2–3%.

Табл.1.1. Фази розвитку

Фаза проростання (насіння набухає, зародковий корінь починає ріст);
Фаза куціння (формування вузлових коренів і куцання рослини);
Фаза виходу в трубку (подовження стебла та утворення міжвузлів);
Фаза колосіння(вихід колоса з піхви верхнього листка);
Фаза цвітіння (запилення і формування зернівок);
Фаза наливу зерна (накопичення поживних речовин у зернівці);
Фаза дозрівання (зерно стає твердим, сухим).

1.2. Засолення ґрунту та його вплив на ріст і розвиток рослин

Екологізація та біологізація є важливими напрямками сучасного сільського господарства. Завданнями якого є реалізація генетичного потенціалу продуктивності сільськогосподарських культур та забезпечення виробництва біологічно чистого продукту. Це можна забезпечити шляхом організації сприятливих умов ґрунтового, водного та повітряного середовища.

Серед негативних процесів особливої уваги заслуговують як найбільш небезпечні – засолені ґрунти, їх заболочування, втрати гумусу і погіршення фізичних властивостей ґрунту, забруднення скидними водами рік, озер і морів. [10]

Засоленими називають ґрунти, що містять водорозчинні солі в таких кількостях, що перешкоджають розвитку рослин. Вони розташовані в основному в сухостепній і напівпустельній кліматичних зонах країни, що характеризуються достатком тепла, світла й значним перевищенням випаровуваності над опадами. У нашій країні близько 40% зрошувальних земель у різних ступенях засолення. Всі засолені ґрунти розділяються на солончаковаті й солончаки, солонцюваті й солонці. При оцінці ступеня засолення враховують і глибину залягання соленосних горизонтів. Класифікація ґрунтів по цьому дана Е. В. Лобовим і А. Н. Розановим: незасолені - глибше 150 см, глибокозасолені - 100–150 см, глибокосолончакуваті - 70–100 см, солончакуваті - 30–70 см, солончакові - 5–30 см. [20]

Причини засолення й заболочування. Джерело розчинних солей у ґрунті - продукти гірських порід, що накопичуються із часом, особливо в знижених місцях. При зрошенні внаслідок підйому ґрунтових вод і посиленого випару солі піднімаються з капілярним струмом води до поверхні, викликаючи вторинне засолення. Основна причина - порушення водокористування й технології оброблення культур при експлуатації зрошувальних систем. Негативні наслідки заболочування: порушуються умови повітряного живлення корінь рослин, гнітиться мікробіологічна діяльність, у ґрунті накопичуються закисні з'єднання хімічних елементів, отруюючи рослини, у підсумку різко знижується ґрунтова родючість. Рослини, особливо плодові, при надлишку вологи мають недолік у залізі, міді, цинку й із цієї причини занедужують хлорозом, літнім усиханням. [20]

Галофіти — рослини, які пристосувалися рости на ґрунтах, багатих на сіль. Однак більшість рослин досить вразливі до солоного середовища. Ці

рослини називаються глікофітами. Щоб адаптувати та оптимізувати вирощування цих культур, вчені розробляють стратегії підвищення врожайності на засолених сільськогосподарських ґрунтах.

Використання засолених ділянок, які зосереджені повсюдно на сільськогосподарських масивах півдня України, набуває особливої ваги. Так, із 4,7 млн га засолених ґрунтів і солонців, що налічуються у складі угідь України, 260 тис. га – у Херсонській області. Пристосування культур до умов засолення ґрунту різноманітне. Проте будь-яка класифікація культур за солестійкістю умовна і її треба уточнювати в конкретних умовах. У більшості сільськогосподарських культур солестійкість змінюється під час розвитку. Це стосується, зокрема, гречки і проса. [10]

За солестійкістю сільськогосподарські культури можна охарактеризувати наступним чином:

1. соленестійкі - урожайність знижується при вмісті солі 0,1-0,4% маси ґрунту, або гинуть повністю. (капуста, горох, пшениця, картопля, огірки, морква та інші);
2. середньо солестійкі - продуктивність знижується при вмісті солі 0,4-0,6%. (томати, кукурудза, просо, райграс, плодові культури та інші);
3. солестійкі рослини - витримують засолення до 0,6-1,0%. (гарбуз, буряк, кавун, люцерна з фази бутонізації та інші).

Також існує поділ ґрунтів на солонці (це ґрунти, що містять у ввібраному стані велику кількість обмінного Na ($> 15\%$ від ЄП) або інколи Mg ($> 40\%$ від ЄП) в ілювіальному горизонті) та солонцюваті (це будь-який ґрунт, що містить у ввібраному стані Na, але $<15\%$ від ЄП). [21]

Сольовий стрес знижує товарний урожай через зниження продуктивності та збільшення нетоварного врожаю плодів, коренів, бульб і листя без комерційної цінності. Було показано, що зрошення солоною водою посилює появу гнилі на помідорах, плодах перцю та баклажанів, порушення харчування,

пов'язане з дефіцитом Ca^{2+} . Проте засолення сприятливо впливає на якість їстівної частини овочевих культур. Загалом сольовий стрес, за винятком зовнішнього вигляду (розміру, форми, відсутності дефектів), покращує якість їстівної частини овочевих культур. [19]

Наприклад, сольовий стрес збільшив кількість кислоти в плодах таких рослин, як диня, перець і огірок. Вміст каротиноїдів у салаті ромен і помідорах також збільшився, як і вміст поліфенолів у шпинаті. А також підвищив антиоксидантну активність томатів.

Для підтвердження попереднього абзацу наведу роботу Доктора Мезанура Рахмана та інших «Погляд на механізми стійкості до солі галофіту *Achras sapota* (Саподіла): важливого плодового дерева для сільського господарства в прибережних районах», далі буде анотація цієї роботи, що пояснює які негативні та водночас позитивні наслідки сольового стресу викликає засолення морською водою.



Рис. 1.2. Саподіла (<https://uk.wikipedia.org/wiki/>)

Саподіла (*Achras sapota*), фруктове дерево з поживними та лікувальними властивостями, як відомо, процвітає в районах, уражених сіллю. Тут ми досліджували різні морфологічні, фізіологічні та біохімічні особливості сапоти під градієнтом морської води (0, 4, 8 і 12 дСм·м⁻¹), щоб вивчити її адаптивні реакції проти солоності. Наші результати показали, що викликана морською

водою солоність негативно впливає на пов'язані з ростом атрибути, такі як висота рослини, довжина кореня, площа листя та суха біомаса залежно від дози. Це зниження росту позитивно корелювало зі зменшенням відносного вмісту води, продихової провідності, швидкості ексудації ксилеми та вмісту хлорофілу, вуглеводів і білка. Проте, індекс солепереносності не знижувався пропорційно збільшенню доз морської води, що вказує на здатність сапоти до солі терпіти. За умов сольового стресу іонний аналіз показав, що Na^+ здебільшого зберігається в коренях, тоді як K^+ і Ca^{2+} більше накопичуються в листі, ніж у коренях, що свідчить про потенційний механізм обмеження транспортування надмірної кількості Na^+ до листя для сприяння поглинанню інші необхідні мінерали. Рослини *Sapota* також підтримували покращену соковитість листя зі збільшенням рівня морської води. Крім того, підвищене накопичення проліну, загальної кількості амінокислот, розчинних цукрів і відновлюючих цукрів свідчить про підвищену осмозахисну здатність сапоти долати осмотичний стрес, спричинений солоністю. Наші результати демонструють, що стратегія адаптації солі сапоти пов'язана зі збільшенням соковитості листя, вибіркоким транспортуванням мінералів, ефективним утриманням Na^+ у коренях та накопиченням сумісних розчинених речовин. [23]

Також можу навести приклад впливу засоленості на більш поширений на наших територіях вид рослини, як полуниця. В роботі було взято два сорти полуниці – *Rociera* та *Camarosa*.

Було проведено горщиківий експеримент у теплиці з метою перевірити відповідні допуски та оцінити вплив стресу через засолення на ріст рослин, фізіологічні властивості плодів та якість двох сортів полуниці, *Camarosa* та *Rociera*. Рослини зрошували водою з електропровідністю (ЕС) $0,4 \text{ дСм} \cdot \text{м}^{-1}$ (контроль) або розчином солі з ЕСs $2 \text{ дСм} \cdot \text{м}^{-1}$ (помірний сольовий стрес) або $4 \text{ дСм} \cdot \text{м}^{-1}$ (підвищений сольовий стрес). Крім того, у теплиці проводився моніторинг кількох метеорологічних параметрів, а також вологості ґрунту. Результати показали, що солоність викликає осмотичний стрес, дефіцит води та

токсичні ефекти, що впливає на параметри росту та врожайність обох сортів. Підвищений сольовий стрес негативно вплинув на вуглеводи, органічні кислоти та антоціани плодів роцери, а антиоксидантна здатність зростає. Проте *Rociera* продемонструвала високу загальну врожайність на рослину та загальну врожайність навіть за підвищеного сольового стресу порівняно з *Camarosa*. Рослини *Camarosa*, вирощені в умовах високого рівня солі, показали низький індекс толерантності до засолення, вміст води в рослині та параметри росту. Плоди показали низьку свіжу вагу, але високий індекс солодкості та антиоксидантну дію. У св. Плоди *Camarosa* порівняно з *Rociera*. Тому два св. показали різну схему реакції на стрес солоності щодо їхніх фізіологічних, біохімічних та харчових характеристик; однак будь-яка з них може бути цікавою альтернативою для вирощування в районах, де незначне засолення води чи ґрунту накладає обмеження на досить чутливі до солі культури. Агрономічна та біохімічна оцінка засолення в поєднанні з моніторингом мікрокліматичних умов теплиці дозволить краще зрозуміти вплив на ріст рослин і якісні характеристики, підвищуючи врожайність сортів полуниці, особливо в умовах впливу солі. [24]

На вплив солоності на врожайність і якість овочів також впливає час застосування сольового стресу, що може бути важливим для покращення зрошення (наприклад, дефіцитне зрошення) і стратегії управління удобренням. [19]

Засолення ґрунту призводить до надмірного накопичення іонів солі, насамперед Na^+ і K^+ , у клітинах рослин, що призводить до сильної іонної токсичності. Крім того, сольовий стрес може викликати вторинні стреси, такі як осмотичний стрес і окисне пошкодження, які можуть порушити метаболічні процеси. Реакції рослин на осмотичний стрес та іонну токсичність, такі як регуляція іонного балансу, регуляція осмотичного балансу та очищення реактивного кисню, добре вивчені у *Arabidopsis thaliana*. [12] А також рису (*Oryza sativa*). [13]

Також, зниження споживання CO_2 корелює зі зниженням фотосинтезу, викликаного сіллю. [17]

Більше того, засолення також погіршує синтез білка, енергетичний метаболізм і клітинну передачу сигналів. Таким чином, це в кінцевому підсумку перешкоджає продуктивності сільського господарства, зумовлюючи високі метаболічні витрати на адаптацію рослин, підтримку росту та реакції на стрес, що спричиняє загальне зниження врожайності. [18]

Активність CO_2 -фіксуючих ферментів знижується під час сольового стресу, і цікаво, що стійкість цих ферментів до Na^+ *in vitro* відрізняється у різних видів, хоча актуальність цього спостереження для фотосинтетичної здатності рослин не розглядалася. [15]

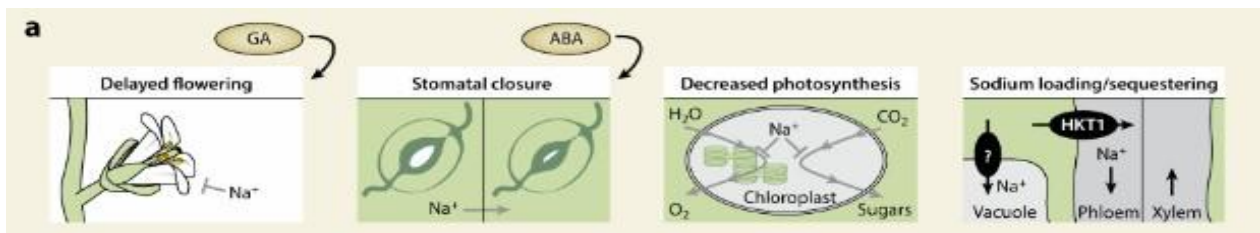


Рис. 1.3. Актуальність тканиноспецифічного транспорту іонів, сигналізації гормонів і росту тканин для фенотипічних змін, спричинених сіллю.

(*F. Bouché, 2018 Flower Arabidopsis*)

Пояснення малюнку: «у пагонах *Arabidopsis* Na^+ затримує цвітіння та індукує закриття продихів, опосередковане абсцизовою кислотою (ABA), щоб зменшити втрату води. Na^+ зменшує фотосинтетичну здатність, перешкоджаючи рушійній силі протонів і знижуючи ефективність CO_2 -фіксуючих ферментів. Щоб знизити рівень Na^+ у пагоні, Na^+ може бути секвестрований у вакуолі та завантажений у флоему за допомогою НКТ1 для транспортування назад до кореня.» [16]

До прикладу наведу роботу Ранія М.А. Нассар та інших «Фізіологічні та анатомічні механізми пшениці для боротьби з сольовим стресом, спричиненим морською водою», далі буде анотація цієї роботи, що пояснює який вплив на

фізіологічні та анатомічні показники пшениці має морська вода, як чинник сольового стресу.

Два експерименти в горщиках були проведені в теплиці, щоб дослідити фіксацію ^{14}C і його розподіл у біохімічних компонентах листа, а також фізіологічну та анатомічну реакцію адаптації пшениці (*Triticum aestivum* L.), вирощеної морською водою, розведеною до 0,2, 3,0, 6,0 і 12,0 дСм $^{-1}$. Результати показали значне зниження вмісту хлорофілу, фіксації ^{14}C (фотосинтезу), висоти рослини, діаметра головного стебла, загальної площі листа на рослину та загальної сухої маси при 3,0, 6,0 та 12,0 дСм \cdot м $^{-1}$ сольового стресу морської води. Втрата ^{14}C була дуже високою – 12,0 дс/м через 120 год. ^{14}C у ліпідах (ефірний екстракт) показав значні зміни при 12,0 дСм \cdot м $^{-1}$ через 96 і 120 год. Результати вказують на зміну анатомічних особливостей листа та стебла рослин пшениці в результаті адаптації до засолення. Зменшення анатомічних ознак діаметра стебла та листа, товщини стінки, діаметра порожнистої порожнини серцевини, загальної кількості судинних пучків, кількості великих і малих судинних пучків, довжини та ширини пучка, товщини тканини флоєми та діаметра знайдено метаксилемну посудину рослин пшениці. Підсумовуючи, сольовий стрес викликає як анатомічні, так і фізіологічні зміни в стовбурових і листових клітинах пшениці, а також у тканинах і органах, і ці зміни, у свою чергу, дозволяють рослинам успішно адаптуватися до солоного середовища. [22]

Засоленість ґрунту визначається вмістом у ньому розчинних солей. Солі утворюються в основному натрієвими, кальцієвими та магнієвими катіонами із хлорними та сірчаними аніонами. Незначну частину становлять калійні катіони, бікарбонатні, карбонатні та нітратні аніони, хоча за певних умов вони можуть бути основними складовими ґрунтів. Для вимірювання вмісту солі у ґрунті традиційно використовуються три види аналізів: електропровідність (ЄС), відсоток заміщення натрію (ESP) та абсорбуючий коефіцієнт натрію (SAR). Показник рН ґрунту також використовується як індикатор наявності натрію в

грунті. Звичайний ґрунт має електропровідність до 4 mmho/cm, відсоток заміщення натрію – менше ніж 10%, абсорбуючий коефіцієнт – менше ніж 13 і рН – до 8,3. [11]

Вплив сольового стресу на надземний ріст можна розділити на два етапи: початкова швидка реакція на підвищення зовнішнього осмотичного тиску та подальша повільна реакція на накопичення Na^+ у листі. На першому етапі утруднюється ріст нових пагонів, а на другому — прискорене старіння старих листків. Слід зазначити, що у зернових культур на початковій стадії спостерігається значне зменшення кількості кущіння та колосків за сольового стресу. Зменшення потенціалу клітинної води, спричинене осмотичним стресом, може обмежити використання води рослинами. Під впливом сольового стресу як солестійкі, так і солечутливі сорти відчують зниження відносного вмісту води (RWC), хоча й меншою мірою у солестійких сортів пшениці. [14]

На другій стадії відбувається накопичення солей в пагоні, фаза характеризується токсичною дією на рослину і протікає вона дуже повільно.

1.3. Активатори росту рослин. Їх роль та функціональна значимість в онтогенезі культур.

Біостимулятори вважаються біологічно активними речовинами, які є або неорганічними, або органічними мікроорганізмами, які можуть підвищити продуктивність урожаю при використанні в невеликих кількостях [31], оскільки вони можуть покращити продуктивність і ріст, а також підвищити ефективність використання поживних речовин і води різними культурами. [32, 33, 34, 35, 36] [30]

Важливими факторами, що визначають продуктивність культурних рослин, є регуляція росту рослин, розвиток і послаблення негативних впливів екологічних стресів в онтогенезі. Хоча добре відомо, що біотичний і абіотичний стрес заважає практично всім системам сільськогосподарських культур досягти

свого потенціалу врожайності, поточне розуміння задіяних механізмів і стратегій пом'якшення цих наслідків є обмеженими. Абіотичним стресам можна запобігти шляхом оптимізації умов росту рослин, а також шляхом забезпечення водою та поживними речовинами та регуляторами росту рослин (PGR — ауксини, цитокініни, гібереліни, стриголактони, брасиностероїди). На додаток до цих традиційних підходів, біостимулятори все частіше інтегруються у виробничі системи з метою модифікації фізіологічних процесів у рослинах для оптимізації продуктивності. [28]

Існує гіпотеза, що біостимулятори, взаємодіючи з сигнальними процесами рослин, зменшують ступінь негативної реакції рослин на стрес і збільшують виділення біомаси у складі зібраного врожаю. [29]

Регулятори росту рослин (PGR) — це хімічні речовини, які використовуються для зміни росту рослин, наприклад для збільшення розгалуження, пригнічення росту пагонів, посилення повторного цвітіння, видалення зайвих плодів або зміни зрілості плодів. [25]

Регулятори росту для рослин мають досить багато переваг, наприклад, вони є безпечними для людини та екології в цілому, через те, що не містять хімічних складових. Також перевагою є простота у використанні та незмінність складу та смаку продукту.

Стимулятор і регулятор росту рослин застосовується не тільки для прискорення розвитку культури, але і для його уповільнення, якщо виникне потреба. Такі засоби дозволяють зібрати у зручний час урожай, підвищити стійкість до різних захворювань та шкідників. [25]

Регулятори росту (речовини, що націлені на стимулювання росту рослини) поділяються на класи:

- **Ауксини** (індукують ріст та поділ клітин)

Ауксин самої загальної дії — це індоліл-3-оцтова кислота (ІОК), виявлена у всіх рослин. Синтетичними аналогами ІОК є 2,4-дихлорфеноксіоцтова

кислота (2,4-Д), α -нафтилоцтова кислота (НОК), індолілмасляна кислота (ІМК) та інші. Синтез ІОК найбільш активно відбувається в апікальній меристемі пагонів, молодому листі, плодах, що розвиваються. Найбільша кількість цього Ф. міститься в молодих бруньках та листі, квітках, камбії, насінні. [26]

- **Цитокініни** (виступають стимуляторами для процесу цитокінезу)

Природний цитокінін — це зеатин, синтетичні — 6-фурфуріламінопурин (кінетин) та 6-бензиламінопурин (6-БАП) є похідними аденіну або амінопурину. Цитокініни в присутності ауксинів стимулюють реплікацію ДНК та індукують поділ клітин, активують ріст сім'ядолей дводольних рослин, *in vitro* у збільшених концентраціях зумовлюють утворення калюсу та індукують на ньому пагоноутворення. [26]

- **Гібереліни** (сприяють подовженню клітин, росту пагонів і беруть участь у регуляції спокою) [25]

Гібереліни приводять до видовження стебла рослин, збільшення кількості міжвузля, індукції цвітіння, регулюють стать, стимулюють процеси проростання насіння. Однак, на відміну від ауксинів, вони не впливають (або викликають слабкий ефект) на ріст ізольованих міжвузлів або колеоптилів. [26]

- **Абсцизова кислота** (сприяє гальмуванню ростових процесів, а також бере участь в водній регуляції рослини, контролює втрату води)

АБК бере участь у регулюванні спокою, оскільки є інгібітором проростання насіння та росту бруньок. Перехід рослини від активного росту до фізіологічного спокою (та навпаки) зумовлений балансом ендогенних інгібіторів (АБК) і активаторів (гібереліни, цитокініни) росту. Особливо багато АБК міститься в старому листі, зрілих плодах, бруньках та насінні, що перебувають у стані спокою. [26]

- **Етилен** (контролює проростання насіння, ріст клітин розтяганням, захист від патогенів, також сприяє опаданню листя і плодів)

Етилен бере участь у відповіді рослини на різні стреси (різкі коливання температури, анаеробіоз, посуха, механічні пошкодження). Дуже характерним процесом, який активує етилен, є прискорення старіння листя. Цитокініни гальмують цей процес, тому старіння листя залежить від співвідношення концентрацій етилену та цитокінінів. А процес опадання листя зумовлюється співвідношенням в тканинах рослин етилену та ауксину. [26]

- **Брасиностероїди** (стимулюють ріст рослин)

Це фітогормони стероїдної природи, що беруть участь у регуляції ростових процесів при взаємодії з іншими фітогормонами. Найбільшу кількість БС мають генеративні органи рослин. [26]

- **Жасмонова та саліцилова кислоти, системін** (підвищення стійкості у разі стресів)

Є стресовими фітогормонами, оскільки внаслідок впливу широкого спектра патогенів, різких коливань температури, засолення, водного дефіциту і механічних пошкоджень рослинного організму вони приводять до синтезу різних захисних сполук та підвищення стійкості. [26]

Кілька досліджень показали, що біостимулятори сприяють стійкості рослин, особливо за рахунок підвищення антиоксидантної активності всередині рослини в негативних умовах навколишнього середовища [37]. Він може діяти безпосередньо на рослині через коригування метаболізму азоту та вуглецю та гормонального профілю рослини або опосередковано через мікробіом. Біоактивні білки, отримані з їжі, мають фізіологічний вплив на основні системи організму, такі як агоністи та антагоністи опіоїдів на нервову систему; антигіперліпідемічний, антитромботичний, антиоксидантний та антигіпертензивний вплив на серцево-судинну систему; цитомодулюючу, імуномодулюючу та антимікробну дію на імунну систему; і зв'язування мінералів, антиапетитний і антимікробний вплив на шлунково-кишкову систему. [38, 39, 40, 41] [30]

Амінокислоти для виробництва біостимуляторів отримують шляхом хімічного синтезу з рослинних білків, таких як соя, кукурудза, водорості, кукурудза та ін., а також з тваринних білків шляхом ферментативного та хімічного гідролізу [42, 43, 44, 45, 46, 47]. Амінокислоти діють як життєво важливі молекули з різними фізіологічними ролями і відіграють важливу функцію в проростанні насіння, а під впливом солоності вони можуть вести себе як осмоліти, які можуть сприяти контролю відкриття продихів, регуляції транспорту, активації ферментів, детоксикація важких металів, підтримка окисно-відновного гомеостазу та експресія генів [48, 49, 50, 51]. Доповнення рослин екологічно чистими амінокислотними біостимуляторами може зменшити застосування неорганічних добрив [52]. [30]

Використання амінокислот може збільшити утворення коферментів і процес фотосинтезу, а також підтримує різні рослинні організми, які можуть зіткнутися з екологічними стресами. Було також повідомлено, що екзогенне використання амінокислот може підвищити статус азоту та вміст мінеральних елементів у рослинних тканинах. Залежно від умов навколишнього середовища та виду рослин, рослини відновлюють неорганічний азот до амінокислот у коренях, бульбочках і листі. [30]

Табл.1.2. Приклад впливу амінокислот на різні рослини.

Рослина	Родина	Вплив	Довідка
Пшениця озима (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Роасеае	INTERMAG Co. (Олкуш, Польща) — AminoHort і AminoPrim, що містять 20% і 15% амінокислот при 1,25 л/га і 1,0 л/га, можуть значно підвищити вміст поживних речовин, таких як молібден, кальцій, натрій і мідь у зерні. Застосування амінокислот разом з дріжджовим екстрактом може значно підвищити фізіологічну врожайність і ознаки.	[30]
Томат (<i>Solanum</i>)	Пасльонові	Комбіноване застосування амінокислот і гумінових кислот	[30]

<i>lycopersicum</i> L.)		може позитивно підвищити загальну антиоксидантну здатність, загальний вміст флавоноїдів і загальний вміст фенолу.	
-------------------------	--	---	--

Білкові гідролізати, особливо ті, що містять антиоксидантні пептиди, отримують з природних компонентів, і багато дослідників і вчених вважають їх біостимуляторами через мінімальні побічні ефекти, легке засвоєння, низьку вартість, високу активність і меншу молекулярну масу. [30]

Протеїнові гідролізати та пептиди можуть бути використані як помітні інгредієнти у рецептурах функціональних харчових продуктів. Їх можна використовувати як позакореневе обприскування або через системи крапельного зрошення, а амінокислоти можуть поглинатися як листям, так і корінням. Їх використання може істотно вплинути на метаболізм азоту в рослинах і підвищити продуктивність, особливо при застосуванні для попередньої обробки насіння. [30]

Табл. 1.3. Вплив різних білкових гідролізатів на різні рослини.

Рослина	Родина	Гідролізат	Вплив	Довідка
Салат (<i>Lactuca sativa</i> L.)	Айстрові	Гідролізат білка, отриманий з <i>Gramina ceae</i>	Це може покращити ріст і врожайність рослин і підвищити стійкість рослин в умовах помірної солоності.	[30]
Пшениця (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Роасеae	Гідролізат протеїну	Це може покращити проростання насіння зерна пшениці та покращити кінцеве виробництво.	[30]

Фенольні сполуки є найбільш поширеними вторинними метаболітами в багатьох рослинах, які зазвичай виявляються в клітинних стінках субепідермальних і в вакуолях епідермальних клітин. Ендогенні фенольні компоненти в рослинах виконують різні функції, які можуть використовуватися рослинами для захисту від патогенів, травоядних тварин і бур'янів. Вони беруть участь у проростанні та стані спокою насіння, придатні як екрани від шкідливого ультрафіолетового випромінювання та діють як пігменти для

залучення агентів розсіювання насіння та запилювачів. Функція фенольних кислот як сигнальних молекул у симбіозах рослин і мікробів була описана в попередніх дослідженнях. Деякі з найбільш важливих фенольних сполук з біопротекторною активністю - це ферулова кислота, куркумін, елагова кислота, катехол, галова кислота, кумарин, кавова кислота, катехін, кверцетин, синапінова кислота, рутин, ресвератрол, саліцилова кислота та сиринова кислота. [53] [30]

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт дослідження і порядок посіву

Озима пшениця «Подільянка» (*Triticum aestivum L.*) (рис.4) - це один із найпопулярніших сортів озимої пшениці в Україні, що придатний до вирощування за інтенсивною технологією із внесенням оптимальних доз мінеральних добрив, а також своєчасним захистом від бур'янів, хвороб і шкідників. Цей сорт є один із лідерів за площею посівів поряд з такими сортами, як Богдана та Мудрість Одеська, через те, що характеризується стабільно високим потенціалом врожайності. Рекомендований для вирощування в Степу, Лісостепу та на Поліссі.

Сорт відноситься до групи сортів м'якої пшениці - Лютесценс (*Lutescens*).

[54]



Рис 4. Сорт пшениці озимої «Подільянка» (фото автора)

Морфобіологічні ознаки сорту. «Подільянка» — середньоранній сорт, зазвичай ці рослини досягають у висоту близько 95-99 см. Стебло товсте та міцне, має порожнисту соломинку та темно-зелене листя, ці характеристики є найкращими для оптимізації врожаю та захисту від збитків. Колос має конічну форму, його довжина досягає близько 11 см., з остюкоподібними відростками на

верхівці. Колоскова луска овальна. Зубець короткий, тупий. Колір самого колоса білий. Сорт має досить великі яйцеподібні червоні зернівки. Маса 1000 зерен коливається від 43,8 до 45,7 грам. Період вегетації сорту «Подольянка» складає приблизно 276-287 днів.

Сорт «Подольянка» є провідним серед інших та являє собою національний стандарт. Щодо агрономічних характеристик, то сорт пшениці «Подольянка» є досить невибагливим та має багато привілеїв над іншими видами цієї культури. Наприклад, відносно інших сортів «Подольянка» відзначається високою здатністю до регенерації, активним розвитком вегетативної маси та швидким стартом росту. До того ж, сильною стороною цього сорту є властивість заглушування рослин-шкідників.

Головною перевагою вважається постійність врожаю, з постійність врожаю відзначається як ключова перевага, з мешною прив'язкою до мінеральних підживлень.

Біологічні особливості сорту:

1. Висока урожайність, максимальна урожайність 113,7 ц/га.
2. Висока зимостійкість, оціненою в 7–8 балів.
3. Середня стійкість до вилягання, оціненою 7–8 балів.
4. Висока стійкість до засухи, оціненою в 8 балів.
5. Висока стійкість до хвороб, яка оцінюється в 8 балів (при належному захисті рослин, насамперед після процесу викидання колосу). Але має середню стійкий до ураження борошнистою росою, бурюю листовою іржею, кореневими гнилями.
6. Висока стійкість до опадання, оціненою в 7-9 балів.

Сорт стандартного типу та має широке використання в лабораторних, наукових та продовольчих умовах. Сам по собі є адаптивним, невибагливим та досить екологічно чистим через високу стійкість до хвороб, що дає змогу зменшити до мінімального хімічні втручання. Посівною нормою вважається -

4,5-5,5 млн. схожого насіння на 1 га, а період з 15 вересня до 15 жовтня вважається найбільш сприятливим терміном для висіву.

Для індустрії хлібопекарства та помолу борошна сорт «Подолька» є фаворитом, тому і підсумкова оцінка властивостей для хлібопечення є 4,2-5,0 бала. Причиною цього є характеристики зерна:

1. Вміст білка – 13,5-15 %
2. Вміст сирої клейковини – 28,7-31,6 %
3. Сила борошна – 320- 414 а.о.,

Перед висівом, насіння попередньо замочували у дистильованій воді протягом 3 годин, а також пророщували протягом 3-х діб в чашках Петрі на вологому фільтрувальному папері при температурі $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ в темному місці, задля кращого проростання (дата замочування – 30.09.2024).

Для виконання посіву були використані касети для розсади з піддоном на 50 комірок, кожна з них розміром $4*4*4,5$ см, а також універсальний субстрат.



Рис. 5. Результат посадки (на даному фото - контроль)
(фото автора)

Сорти озимої пшениці краще адаптовані до підвищеної вологості, але їх пристосованість до засухи суттєво нижче. Для правильного посіву критично

важливим аспектом є правильне розміщення насіннєвого матеріалу в ґрунт, на оптимальну глибину від 3-ох до 8-ми сантиметрів.

Після попереднього проростання, внесли насіння по шести варіантам плюс контроль. У кожен комірку розмістили по п'ять насінин, а кожен варіант містив шість таких комірок. Тобто, один варіант складався з тридцяти насінин.

Табл. 2.1. Схема вирощування досліджуваного об'єкта

1. Насіння рослин пшениці озимою сорту «Подільська»;
2. Попередньо замочували у дистильованій воді протягом 3-ох годин;
3. Пророщували насіння протягом 3-х діб в чашках Петрі на вологому фільтрувальному папері при температурі $22\pm 1^\circ\text{C}$ в темному місці;
4. Висаджували пророщене насіння на універсальний субстрат;
5. Варіанти досліджень у таблиці 2;
6. Дослідження проводили на 7, 10 та 14-у доби росту рослин.

У контрольному варіанті NaCl та гідролізат пивних дріжджів не вносили. Перший та другий варіанти обробляли виключно NaCl різних концентрацій, починаючи з третього варіанта, включно, здійснювали обробку насіння і NaCl, і гідролізатом дріжджів у різних концентраціях.

Обробка рослин проводили на 3, 7, 9, 14, 17, 21 добу по варіантам з різними концентраціями NaCl та гідролізату пивних дріжджів. (табл. 2.2)

Табл. 2.2. Концентрації поливу пшениці озимої сорту «Подільська» по варіантам

N варіанту	NaCl	Гідролізат пивних дріжджів
контроль	-	-
1 варіант	50 мМ	-
2 варіант	150 мМ	-
3 варіант	50 мМ	0,1 мМ
4 варіант	150 мМ	0,1 мМ
5 варіант	50 мМ	0,3 мМ

6 варіант	150 мМ	0,3 мм
-----------	--------	--------

Аналіз ростових показників здійснювали на 7-му, 10-ту, 14-ту добу методом морфометрії. Кількісний вміст пігментів визначили спектрофотометрично на 14-ту добу.

Дане дослідження проводили з використанням морфометричного методу для оцінки ростових показників, а також спектрофотометричного - для оцінки кількісного вмісту пігментів.

2.2. Методи визначення морфометричних показників рослин

Морфометрія — це кількісний аналіз, опис і порівняння розмірів, маси та форми об'єктів.



Рис. 6. Фото автора

Ця галузь поєднує геометрію та статистичні методи, про це свідчить широкий спектр застосування морфометричних досліджень, врахування як розмірних, так і формених параметрів.

Водночас цей метод дозволяє вивчати вплив факторів навколишнього середовища (температура, вологість, рівень освітлення тощо) на морфометричні показники органів рослини (листя, бруньки, квітки чи плоди тощо).

Морфометричні дослідження дають інформацію, що часто не може бути отримана будь-яким іншим шляхом. Це в першу чергу:

1. Оцінка рівня продукційного процесу й росту рослин у їх морфогенетичних проявах з аналізом динаміки росту й формоутворення протягом онтогенезу.
2. Закономірності формоутворення рослин з кількісною оцінкою співвідношення окремих частин рослини як за розміром, так і за формою.
3. Встановлення масштабів мінливості й пластичності рослин та їх основних структурних частин з виявленням біорізноманіття на рівні особин і фенотипів рослин, тобто морфометричного, або розмірного, біорізноманіття в межах популяції і між різними популяціями.
4. Встановлення рівня стабільності й інтегрованості рослинного організму як вираження загальної життєздатності й адаптованості.
5. Оцінка стрес-стійкості рослин на основі методів морфометричної адаптометрії й флюктууючої асиметрії.
6. Рішення завдань таксономії й мікроеволюції.
7. Морфометричні дані виявляються незамінними при комп'ютерному моделюванні стійкості особин і популяцій рослин. [55]

Існують дані, що за умов впливу стресових чинників, різного роду, зазнає зміни не тільки стан життєвих процесів організму, а також його структурна будова. Тому аналітичні дані, отримані за допомогою цього методу, можуть бути використані для розробки майбутніх досліджень того, як рослини адаптуються до умов навколишнього середовища.

Базове поняття морфометрії - розмір. Однозначного визначення розміру рослини не існує, хоча з розміром організму тісно пов'язано багато властивостей рослини: тривалість життя, місце у біоценозі, яку роль займає вид у харчових ланцюгах екосистеми й інші важливі структурні та функціональні

особливості. Точніше за все характеризує розмір рослини його загальна фітомаса, але нерідко використовуються й інші оцінки: величина надземної фітомаси, висота, площа листової поверхні, тощо. [55]

2.3. Методи визначення вмісту фотосинтетичних пігментів

Для визначення стану рослинного організму та ефективності фотосинтезу часто використовують визначення вмісту фотосинтетичних пігментів. В цьому дослідженні нами було використано метод спектрофотометрії, за допомогою якого ми визначали вміст хлорофілів А і В, а також феофітинів А і В.

Спектрофотометрія – це метод визначення кількості речовини в розчині (в забарвленому або в незабарвленому). Метод базується на вимірюванні інтенсивності світлопоглинання розчину. Визначення цього показника вимірюють на спектрофотометрі, за допомогою кварцевої призми, яка ідентифікує монохроматичні пучки спектра, пропускає їх через зразки (контрольний та досліджуваний) і фотоелемент фіксує зміну інтенсивності. За ступенем поглинання визначають кількість речовини, яку досліджують.

Спектрофотометричний метод аналізу це метод фотометричного аналізу, в якому визначення вмісту речовини проводять за поглинанням нею монохроматичного світла у видимій, УФ- та ІЧ-областях спектра. У спектрофотометрії, на відміну від фотометрії, монохроматизація забезпечується не світлофільтрами, а монохроматорами, що дозволяють безперервно змінювати довжину хвилі. Як монохроматори використовують призми або дифракційні решітки, які забезпечують значно вищу монохроматичність світла, ніж світлофільтри, тому точність спектрофотометричних визначень вища. [56]

Перший крок включав взяття наважки 100-200 мг свіжого рослинного зразку, її ретельне подрібнення та переміщення у фарфорову ступку. Після того, як матеріал було подрібнено, до розчину додавали невелику кількість CaCO_3 (щоб уникнути кислотного руйнування хлорофілу) разом із 4-5 мл ацетону з подальшим ретельним подрібненням. Фільтрування отриманої

витяжки проводили за допомогою обеззолених фільтрів. За потреби додавали невелику кількість ацетону. Для повного вилучення пігментів саму процедуру повторювали до тих пір, поки розчин не ставав повністю безбарвним. На наступному етапі отриманий екстракт перемістили в мірну колбу на 25 мл і довели до мітки чистим ацетоном.

Заключним етапом ми проводили спектрофотометричний аналіз. Абсорбцію вимірювали на довжинах хвиль, що відповідають максимальному поглинанню хлорофілу: 662 нм (хлорофіл а), 644 нм (хлорофіл б). За формулами Хольм Веттштейна ми розрахували концентрації хлорофілів:

$$C_{\text{хл. а, мг/л}} = 9,784 * D_{662} - 0,990 * D_{644} \quad (1)$$

$$C_{\text{хл. б, мг/л}} = 21,426 * D_{644} - 4,650 * D_{662} \quad (2)$$

$$C_{\text{хл. а+б, мг/л}} = 5,134 * D_{662} + 20,436 * D_{644} \quad (3)$$

Наступним етапом ми розраховували вміст пігментів в рослинному матеріалі (мг/г сирої маси):

$$A = (C * V) / (H * 1000) \quad (4)$$

де C — концентрація пігментів (мг/л); V — об'єм екстракту (мл); H — наважка рослинного матеріалу (г).

З метою кількісного визначення вмісту феофітину ми внесли одну краплю 25% розчину соляної кислоти (HCl) до 5 мл розведеного екстракту пігментів та ретельно перемішували. В результаті весь наявний хлорофіл у витягу перетворився на феофітин. Вимірювання оптичної щільності ми проводили за допомогою спектрофотометра при довжинах хвиль – 653 нм, 665 нм та 670 нм.

Проводили розрахунки концентрації феофітинів а та б ми за допомогою наступних формул:

$$C_{\text{pha}} = 22,42 D_{665} - 6,81 D_{653} \quad (\text{мкг/мл}) \quad (5)$$

$$C_{\text{phb}} = 40,17 D_{653} - 18,58 \quad (\text{мкг/мл}) \quad (6)$$

Розрахунок проводили вмісту феофітинів а та б за різницею визначених концентрацій хлорофілу а та б та феофітинів.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Вплив сольового стресу на морфометричні показники рослин

Прийняття рослин до засолення, як до умови навколишнього середовища в першу чергу відображається на процесах росту, особливо на кореневу систему, що є найбільш вразливою до сольового стресу. Для оцінки впливу сольового стресу на ріст та розвиток рослин визначали такі морфометричні показники, як довжина кореневої системи та висота пагонів, маса сухої та сирої речовини, а також площа листкової пластинки.



Рис. 7. Проміжний результат пророщування в чашках Петрі (фото автора)

Підсумкові дані аналізу змін ростових показників кореневої системи та пагонів пшениці озимої сорту «Подільська» за дії NaCl та гідролізату пивних дріжджів в різних концентраціях, в залежності від варіанту наведено у таблиці 3.1.

Табл. 3.1. Вплив NaCl засолення та гідролізату пивних дріжджів на ростові показники пшениці озимої сорту «Подільська» (у % від контролю).

Варіант	7 доба		10 доба		14 доба	
	Довжина кореня	Висота пагона	Довжина кореня	Висота пагона	Довжина кореня	Висота пагона
Контроль	51,4±2,1	74,3±2,9	69,3±1,8	69,0±1,3	98,7±1,8	85,3±1,8

50 мМ NaCl	46±4,6	60±1,6	70±3,5	41±1,1	98±4,8	73±0,9
150 мМ NaCl	29±2,9	41±1,1	61±3,0	29±0,8	82±4,0	48±6,1
50 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів	48,0±2,7	62,9±1,3	70,1±2,9	51,3±1,8	95,2±2,9	78,1±2,0
150 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів	46,7±2,6	61,3±1,4	69,0±2,7	59,3±1,4	91,2±2,2	79,3±1,9
50 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів	49,3±1,7	68,7±1,9	77,2±2,1	62,3±2,2	96,0±2,2	82,4±1,9
150 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів	47,3±2,5	62,3±1,9	66,0±2,1	58,0±2,3	90,8±1,8	84,6±2,1

Проведення аналізу впливу NaCl засолення в різних концентраціях та гідролізату пивних дріжджів на ростові показники пшениці озимої сорту «Подільська» протягом 14-ти діб показало істотне пригнічення і надземної частини, і кореневої системи. Висновки дослідження свідчать, що сольовий стрес чинить токсичну дію на рослину.

В умовах засолення NaCl на 7-му добу було зафіксоване значне зниження показників як довжини кореня, так і висоту пагона у варіантах з 50 мМ та 150 мМ NaCl відносно контролю. Але, варто зазначити, що при вищій концентрації NaCl (150 мМ), пригнічення ростових показників рослини було сильніше.

Зміни ростових показників за 14-ть діб в умовах засолення 50 мМ NaCl відображали поступову адаптацію та відновлення значень, близьких до контролю. До прикладу, на 7-му добу відзначалось зниження показників відносно контролю, але на 10-ту та 14-ту добу вимірювання значення довжини коренів практично зрівнялося з контрольним (наприклад, 98.0 ± 4.8 при 50 мМ NaCl проти 98.7 ± 1.8 у контролі на 14-ту добу). Але варто зазначити, що ростові показники висоти пагонів, на відміну від довжини коренів, є більш чутливими до солестійкості і тому були пригнічені протягом усього періоду досліджень.

Проте, при засоленні 150 мМ NaCl, ріст коренів та пагонів був ослаблений протягом усіх 14-ти діб дослідження. Наприклад, на 14-ту добу показник був 82.0 ± 4.0 відносно контролю.

Після додавання до варіантів гідролізату пивних дріжджів у різних концентраціях (0.1 мМ і 0.3 мМ) реакція рослин на сольовий стрес в умовах як 50 мМ, так і 150 мМ NaCl покращилась. Гідролізат пивних дріжджів нейтралізував токсичний вплив через сольовий стрес, тому можна вважати, що складові гідролізату сприяють покращенню процесів адаптації у рослин в умовах стресу.

За даними дослідження найсприятливішим варіантом було відзначено 50 мМ NaCl з додаванням 0.3 мМ гідролізату пивних дріжджів. Поєднання помірного рівня сольового стресу з досить високою концентрацією гідролізата дало ефект максимальної адаптації та вирівнювання показників приближених до контрольних значень. На 14-ту добу ростові показники коренів та пагонів були або максимально наближені до контролю, або навіть перевищували його (наприклад, довжина кореня на 10-ту добу – 77.2 ± 2.1 мм порівняно з контролем 69.3 ± 1.8 мм). Якщо підсумувати, то варіант 50 мМ NaCl з додаванням 0.3 мМ гідролізату пивних дріжджів є найефективнішим для компенсації токсичної дії засолення.

Однак, незважаючи на сприятливу дію гідролізату пивних дріжджів у попередніх варіантах (і 0.1 мМ, і 0.3 мМ), наявність його при високій концентрації солі (150 мМ NaCl) не призводить до нейтралізації токсичної дії і тим самим не відновлює значення ростових показників. Хоча різниця між варіантом 150 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів та варіантом 150 мМ NaCl все ж була, особливо у пагонів (84.6 ± 2.1 мм на 14-ту добу при 150 мМ NaCl + 0.3 мМ гідролізату проти 48.0 ± 6.1 мм при 150 мМ NaCl), але навіть ці покращенні не наближували значення до контрольних. Проте, якщо порівнювати різні концентрації гідролізату пивних дріжджів (0.1 мМ, 0.3 мМ): варіант з 0.3 мМ гідролізату мав вищу ефективність, ніж з 0.1 мМ у впливі на ростові процеси.

Табл. 3.2. Маса сирії та сухої речовини (мг/рослину) та вміст води у рослинах пшениці озимої сорту «Подільська», 14-та доба експозиції з NaCl та гідролізатом пивних дріжджів, універсальний субстрат.

Варіант		Маса сирії речовини	Маса сухої речовини	Частка води, %
Контроль	Корінь	985,0±110,6	160,0±11,9	84,0
	Пагін	1311,9±122,1	66,0±9,2	95,0
50 мМ NaCl	Корінь	334,2±106,4*	26,0±8,0*	92,0
	Пагін	612,2±69,2*	49,0±6,3	92,0
150 мМ NaCl	Корінь	319,0±26,5*	22,0±2,2*	93,0
	Пагін	269,0±47,4*	20,0±3,6*	93,0
50 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів	Корінь	912,2±101,6	151,0±9,2	81,0
	Пагін	1217,3±102,1	71,3±4,6	92,0
150 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів	Корінь	816,8±101,2	93,6±6,1	80,0
	Пагін	1201,2±103,6	39,2±4,9	89,0
50 мМ NaCl + 0,3 мМ	Корінь	971,6±102,2	146,7±9,0	83,0

гідролізат пивних дріжджів	Пагін	1296,9±103,6	69,9±5,1	94,0
150 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів	Корінь	602,3±101,6	61,0±9,1	81,0
	Пагін	1001,2±103,9	29,9±4,1	92,0

Примітка: різниця з контролем істотна при * $P \leq 0,95$

Вплив засолення ґрунту на формування асиміляційного апарату рослин ми оцінювали за величиною загальної площі листкової поверхні. Під час проведення експерименту нами було зафіксовано, що дія NaCl та гідролізату пивних дріжджів призводила до зниження величини досліджуваного показника протягом всіх етапів спостережень.

Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено, що для рослин озимої пшениці сорту «Подільянка» характерна обернено пропорційна залежність між концентрацією солей у середовищі та загальною площею їх листкової поверхні. Помітне зниження даного показника можна пояснити кількома факторами. Не виключено, що одним із чинників є пряме пошкодження клітини, спричинене дією токсичних іонів. Ще одна можлива причина - гальмування процесів поділу і розтягування клітин листя. Це пригнічення зумовлене змінами фітогормонального балансу, які впливають на регуляцію цих клітинних процесів. Під впливом стресових факторів у рослинах підвищується концентрація абсцизової кислоти (АБК). При цьому відбувається зміна співвідношення морфогенетично активних цитокінінів, які є важливими, оскільки активують синтез РНК і білків. Разом з ауксинами вони контролюють процеси клітинного поділу. Таким чином, зміни фітогормонального балансу під час стресових процесів, впливають на ці життєво важливі функції клітин.

Одним з адаптивних способів, метою яких є мінімізації потреби рослини у воді, є зменшення загальної площі поверхні листя. Таке пристосування сприяє зниженню інтенсивності транспірації (за рахунок обмеження інтенсивності

випаровування), що безпосередньо призводить до зменшення споживання води. Крім того, акумуляція метаболітів в клітинних мембранах, як наслідок накопичення солі, також може пояснювати зменшення даного показника. Внаслідок чого значно погіршується еластичність оболонок, і відповідно, знижується їх здатність до розтягування.

3.2. Вплив NaCl та гідролізату пивних дріжджів на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці

Є підстави вважати, що зниження інтенсивності фотосинтезу у рослин під впливом засолення NaCl пояснюється реакцією продихів, тобто їх закриттям, а також зменшенням міжклітинного насичення CO₂. Однак є докази, які пояснюють інші причини гальмування процесу фотосинтезу, такі як зниження активності фотосинтетичних ферментів і зміни в структурі та функціональності пігментної системи.

Вміст хлорофілу вважається важливою характеристикою, яка відображає потужність процесу фотосинтезу в рослинах. Однак немає однозначних даних про характер впливу засолення, зокрема NaCl, на пігментну систему рослин відповідно до їх сольової чутливості. Тому одним із напрямків дослідження було вивчення впливу засолення NaCl на вміст хлорофілу та феофітину (продукту перетворення хлорофілу). Феофітин є похідною молекули хлорофілу, в якій центральний іон Mg заміщений двома атомами водню. Феофітин є первинним акцептором електронів фотосистеми II і утворюється з хлорофілу під впливом слабкокислого середовища.

Табл. 3.3. Сума хлорофілів a+b та феофітинів a+b у листках озимої пшениці сорту «Подольанка» за дії NaCl та гідролізату пивних дріжджів

Варіант	Сума хлорофілів a+b	Сума феофітинів a+b
7 доба		
К	0,66±0,39	0,16±0,06
Варіант 1	0,68±0,34	0,69±0,23

Варіант 2	0,28±0,09	0,71±0,17
Варіант 3	0,69 ± 0,10	0,40 ± 0,15
Варіант 4	0,35 ± 0,10	0,25 ± 0,10
Варіант 5	0,71 ± 0,12	0,25 ± 0,10
Варіант 6	0,45 ± 0,10	0,20 ± 0,08
10 доба		
К	0,37±0,11	0,34±0,13
Варіант 1	0,24±0,15	0,18±0,04
Варіант 2	0,46±0,03	0,52±0,15
Варіант 3	0,30 ± 0,10	0,25 ± 0,08
Варіант 4	0,40 ± 0,05	0,40 ± 0,10
Варіант 5	0,41 ± 0,08	0,20 ± 0,05
Варіант 6	0,38 ± 0,06	0,35 ± 0,10
14 доба		
К	0,49±0,05	0,48±0,11
Варіант 1	0,38±0,08	0,21±0,08
Варіант 2	0,31±0,03	0,27±0,08
Варіант 3	0,40 ± 0,07	0,30 ± 0,08
Варіант 4	0,35 ± 0,05	0,35 ± 0,08
Варіант 5	0,51 ± 0,06	0,40 ± 0,09
Варіант 6	0,40 ± 0,08	0,40 ± 0,08

*Позначення в таблиці: «К» - контроль; «Варіант 1» - 50 мМ NaCl; «Варіант 2» - 150 мМ NaCl; «Варіант 3» - 50 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів; «Варіант 4» - 150 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів; «Варіант 5» - 50 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів; «Варіант 6» - 150 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів.

Вміст суми хлорофілів а+в. За умов дії NaCl без додавання гідролізату пивних дріжджів коливання рівня вмісту хлорофілу були неоднорідними. Задля порівняння, на 7-й день сума хлорофілів у варіанті 1 (50 мМ NaCl) була близькою до контролю (0,68 ± 0,34 до 0,66 ± 0,39), тоді як у варіанті 2 (150 мМ NaCl) вона була суттєво нижчою (0,28 ± 0,09). Натомість, на 14-ту добу обидві концентрації солі зменшували кількість хлорофілу порівняно з контролем (0,38 ± 0,08 для варіанту 1 та 0,31 ± 0,03 для варіанту 2 порівняно з контрольним значенням 0,49 ± 0,05).

Проте додавання гідролізату пивних дріжджів значно компенсує шкідливий вплив засоленості NaCl на вміст хлорофілів, зокрема при 50 мМ NaCl.

Наприклад, на 10 і 14 день варіант 3 (50 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів) показав вищу концентрацію хлорофілів порівняно з варіантом 1 (50 мМ NaCl). Значення $0,40 \pm 0,07$ для варіанта 3 на 14-ту добу порівнювали зі значенням $0,38 \pm 0,08$ для варіанта 1. Разом з тим, на 14-ту добу у варіанті 5 ($0,51 \pm 0,06$) вміст хлорофілів навіть перевищував контроль ($0,49 \pm 0,05$).

При 150 мМ NaCl гідролізат (варіант 4 - 150 мМ NaCl + 0,1 мМ гідролізат пивних дріжджів, варіант 6 - 150 мМ NaCl + 0,3 мМ гідролізат пивних дріжджів) також мав сприятливий вплив на підтримку вищого рівня хлорофілів порівняно з варіантом 2 протягом усього дослідження, але так і не досягнув контрольного значення.

Висновок дослідження вмісту хлорофілу полягає в тому, що найвища концентрація гідролізату в поєднанні з найнижчим сольовим стресом (варіант 5) продемонструвала тенденцію до більш ефективного підтримання вмісту хлорофілів в умовах солоності.

Вміст суми феофітинів a+b. Концентрація феофітину значно підвищувалася під впливом сольового стресу (варіант 1 – 50 мМ NaCl і варіант 2 – 150 мМ NaCl) на 7-му добу порівняно з контрольним значенням ($0,69 \pm 0,23$ та $0,71 \pm 0,17$ проти $0,16 \pm 0,06$). Після додавання гідролізату (варіанти 3-6) рівень феофітинів знизився. Крім того, варіанти, що містять 0,3 мМ гідролізату, показали нижчі значення, ніж ті, що містять 0,1 мМ.

Під час дослідження на 10-й і 14-й дні рівні феофітину у варіантів 1 і 2 були значно знижені порівняно з контролем (наприклад, $0,21 \pm 0,08$ і $0,27 \pm 0,08$ проти $0,48 \pm 0,11$ на 14-й день). Додавання гідролізатів підвищувало рівень феофітину. Це може свідчити про те, що гідролізат має здатність впливати на динаміку похідних хлорофілу, захищаючи його від деградації.

Отже, результати свідчать про те, що стрес від засолення має негативний вплив на пігментний апарат рослин, що призводить до зниження вмісту хлорофілу на пізніх стадіях. Використання гідролізату пивних дріжджів демонструє захисну

дію, допомагаючи підтримувати більш високий рівень хлорофілу в умовах сольового стресу, що важливо для підтримки ефективності фотосинтезу. Вплив на феофітини більш складний і потребує подальшого вивчення.

ВИСНОВКИ

1. Дослідженнями показано істотне пригнічення як надземної та і кореневої частини рослин пшениці озимої на 14-ту добу експерименту за дії сольового стресу. Варто зазначити, що пригнічення росту було прямопропорційне величині стресового чиннику і мало найвищий вплив за концентрації 150 мМ.

2. У варіантах комплексування сольового стресу та гідролізату пивних дріжджів реакція дослідних рослин покращилася в усіх варіантах концентрацій. Так, Найсприйнятливішим варіантом нами було відзначено – 50 мМ NaCl+0.3 мМ гідролізату дріжджів. На 14-ту добу експерименту рослини зазначеної групи за морфометричними показниками були максимально наближені до контролю, а достовірна різниця між варіантом і контролем складала до 3 %.

3. Нами встановлено коливальний характер показників фотосинтетичної системи за дії сольового стресу та гідролізату дріжджів. В усіх варіантах одноосібної дії сольового стресу спостерігали зниження вмісту суми хлорофілів a+b на 15-18 % порівняно із контролем. Додавання розчину гідролізату дріжджів у концентрації 0,3 мМ дещо стабілізувало ситуацію, але досягти контрольних значень не вдалося, очевидно внаслідок суттєвого впливу сольового стресу.

4. Аналогічні результати отримані нами щодо вмісту суми феофітинів a+b, проте достовірно ефективності використання гідролізату дріжджів для зниження вмісту феофітинів нами не відслідковано. Це може пояснюватися високим рівнем солей у дослідних варіантах, а також безпосередньо участь гідролізату дріжджів у зниженні суми феофітинів має спірних характер і потребує подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М. Г. Письменний, П. В. Волох, А. С. Кобець, В. І. Козечко, О. О. Мицик. Пшениця озима: морфобіологічні особливості та технологія вирощування. 442-444с.
2. Н. D. Protsenko. Vehetatsiinyi period // Encyclopedia of Modern Ukraine [Online]. URL : <https://esu.com.ua/article-32606>
3. Blyzniuk, B.V., Los, R.M., Demydov, O.A., Kyrylenko, V.V., Humeniuk, O.V., & Daniuk, T.A. The influence of weather conditions on duration of particular vegetation periods and yield of bread winter wheat in Forest-Steppe and Polissia. Myronivka Bulletin, 8. 73-90с.
4. Наталія Демчук. Яра пшениця в сівозміні: обробіток ґрунту, система удобрення, сівба та система захисту, 2020.
5. Лариса Степанушко. URL : <https://agrotimes.ua/agronomiya/dano-rekomendacziyi-shhodo-vyboru-typu-gruntu-dlya-ozymo-yi-pshenyczi-u-zoni-polissya/>
6. А.В. Черенков, В.Г. Нестерець, М.М. Солодушко. Пшениця озима в зоні Степу кліматичні зміни та технології вирощування. 20-21с.
7. С.П. Полторецький, Н.М. Полторецька. Рослинництво. 7с.
8. Загороднюк Н.В. Фізіологічні аспекти росту рослин. 28с.
9. Zemliak.com, 2021-2024. URL : <https://zemliak.com>
10. Аверчев О.В. ВПЛИВ ЗАСОЛЕНИХ ГРУНТІВ НА ПРОЦЕС РОСТУ ТА ІНТЕНСИВНІСТЬ ПРОДУКЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ РОСЛИН ГРЕЧКИ І ПРОСА. 10с.
11. James Cook, Roger J. Fasset. Вплив кислотності та засоленості ґрунту на врожай пшениці.
12. Sitao Liu, Bigen Mao, Dingyan Yuan, Meijuan Duan, Chencai Chu. Толерантність до солі в рисі: фізіологічні реакції та молекулярні механізми.

13. Jiping Liu, Manabu Ishitani, Ursula Hahlbrock, Cheol-Soo Kim, Jian-Kang Zhu. Ген SOS2 *Arabidopsis thaliana* кодує протеїнказу, необхідну для стійкості до солі.
14. Zechao Zhang, Zelin Xia, Chunjiang Zhou, Geng Wang, Xiao Meng, Pengcheng Yin. Уявлення про стійкість пшениці до засолення.
15. J. Bose, R. Manns, S. Shabala, M. Gilliam, B. Pogson, S.D. Tyerman. Функція хлоропластів та регуляція іонів у рослин, що ростуть на засолених ґрунтах: уроки галофітів. *J. Exp. Bot.* 68 : 2017 р. 3129–43.
16. Eva van Zelm, Yanxia Zhang and Christa Testerink. Salt Tolerance Mechanisms of Plants. URL : <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100005>
17. Aleksandra Orzechowska, Martin Trtílek, Krzysztof Michał Tokarz, Renata Szymańska, Ewa Niewiadomska, Piotr Rozpondek, Katarzyna Wątor. Термічний аналіз реакції проростків за солоності та високого освітлення.
18. Rana Munns, Matthew Gilliam. Salinity tolerance of crops – what is the cost?
19. Rui Manuel Almeida Machado and Ricardo Paulo Serralheiro. Soil Salinity: Effect on Vegetable Crop Growth. Management Practices to Prevent and Mitigate Soil Salinization.
20. Лекція 11. Особливості обробітку ґрунту в меліорованих землях (Inferred Title). URL : <http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/lekcija11.osoblyvosti-obrobitku-gruntu-v-meliorovanyh-zemljah.pdf>
21. Назаренко І.І., Польчина С.М. Нікорич В.А. Ґрунтознавство.
22. Rania M.A. Nassar, Hedaya A. Kamel, Ahmed E. Ghoniem, Juan Jose Alarcon, Agnieszka Sekara, Christian Ulrichs, Magdy T. Abdelhamid. Фізіологічні та анатомічні механізми пшениці для боротьби з сольовим стресом, спричиненим морською водою.
23. Mezanur Rahman, Mohammad Gholam Mostofa, Abiar Rahman, Md Giashuddin Miah, Satya Ranjan Saha, M Abdul Karim, Sanjida Sultana Keya, Munni Akter, Mohidul Islam, Lam-Son Phan Tran. Погляд на механізми

- стійкості до солі галофіту *Achras sapota*: важливого плодового дерева для сільського господарства в прибережних районах.
24. Nikoleta-Kleio Denaha, Aggeliki Nomikou, Nikolaos Malamos, Eleni Liveri, Petros Anargyrou Roussos, Vasileios Papasotiropoulos. Salinity Effect on Plant Growth Parameters and Fruit Bioactive Compounds of Two Strawberry Cultivars, Coupled with Environmental Conditions Monitoring.
 25. Kathryn Carter and Erica Pate, Amanda Green. Plant growth regulators.
 26. Картель Н.А., Макеева Е.Н., Мезенко А.М. ФІТОГОРМОНЫ.
 27. Біостимулятори та регулятори росту для озимої пшениці (Inferred Title).
URL: <https://www.eridon.ua/vidi-diyalnosti/zasobi-zahistu-roslin/biostimulyatori-ta-regulyatori-rostu/biostimulyatori-ta-regulyatori-rostu-dlya-ozimoyi-pshenici>
 28. Oleg I Yakhin, Aleksandr A Lubyantsev, Ildus A Yakhin, Patrick H Brown. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective.
 29. Patrick Brown, Sebastian Saa. Biostimulants in agriculture.
 30. Wenli Sun, Mohamad Hesam Shahrajabian, Yue Kuang, Na Wang. Amino Acids Biostimulants and Protein Hydrolysates in Agricultural Sciences.
 31. La Bella S., Consentino BB, Roupheal Y., Ntatsi G., De Pasquale C., Iapichino G., Sabatino L. Вплив екстракту морських водоростей *Ecklonia maxima* та позакореневої обробки Мо на біофротифікацію, урожайність шпинату, якість та NUE. Рослини. 2021.
 32. Mashamaite CV, Ngcobo BL, Manyevere A., Bertling I., Fawole OA. Оцінка корисності екстракту листя *Moringa oleifera* як біостимулятора для доповнення синтетичних добрив: огляд. Рослини. 2022.
 33. Sun W., Shahrajabian MH, Lin M. Дослідження прогресу ферментованих функціональних харчових продуктів і технології білкової фабрики мікробної ферментації. Ферментація. 2022.
 34. Sun W., Shahrajabian MH. Застосування арбускулярних мікоризних грибів як мікробного біостимулятора, стійкі підходи в сучасному сільському господарстві. Рослини. 2023.

35. Sun W., Shahrajabian M. H. Терапевтичний потенціал фенольних сполук у лікарських рослинах - природних продуктах для здоров'я людини. Молекули. 2023.
36. Sun W., Shahrajabian M. H., Petropoulos S. A., Shahrajabian N. Розробка систем сталого сільського господарства у виробництві лікарських і ароматичних рослин за допомогою біостимуляторів на основі хітозану та хітину. Рослини. 2023.
37. Gonzalez-Morales S., Solis-Gaona S., Valdes-Caballero MV, Juarez-Maldonado A., Loredano-Trevino A., Benavides-Mendoza A. Транскриптоміка біостимуляції рослин під абіотичним стресом. Фронт. Жене. 2021.
38. Bazsefidar N., Yazdi APG, Karimi A., Yahyavi M., Amini M., Gavlighi HA, Simal-Gandara J. Brewers використовували гідролізат білка зерна як функціональний інгредієнт для кексів: антиоксидантна, антидіабетична та сенсорна оцінка. Харчова хім. 2023.
39. Kong Y., Toh NP, Wu Y., Huang D. Гідролізат протеїну нуту, оброблений трипсином, підвищує цитоафінність мікрокульок для застосування в м'ясних культурах. Харчова рез. Міжн. 2023.
40. Sharma S., Pradhan R., Manickavasagan A., Thimmanagari M., Dutta A. Дослідження розчинників кукурудзяних дистиляторів із технології селективного помелу як нового джерела рослинних гідролізатів інгібіторів АПФ. Харчова хім. 2022.
41. Wang C., Rao J., Li X., He D., Zhang T., Xu J., Chen X., Wang L., Yuan Y., Zhu X. Гідролізат протеїну нуту як новий кріопротектор на рослинній основі в заморожені сурімі: уявлення про цілісність білкової структури та гелеутворення. Харчова рез. Міжн. 2023.
42. Shahrajabian MH, Sun W., Cheng Q. Використання бактерій і грибів як біостимуляторів рослин для систем сталого сільськогосподарського виробництва. Рес. Пат. Біотехнологія. 2022.

43. Shahrajabian MH, Sun W., Cheng Q. Позакореневе внесення поживних речовин на лікарські та ароматичні рослини, стійкі підходи для більш високого та кращого виробництва. Бені-Суеф Уні. J. Basic Appl. Sci. 2022.
44. Shahrajabian MH, Sun W. Механізм дії колагену та епідермального фактора росту: Огляд теорії та методів дослідження. Mini Rev. Med. Chem. 2023.
45. Shahrajabian MH, Sun W. П'ять важливих насіння в традиційній медицині та фармакологічні переваги. Насіння. 2023.
46. Shahrajabian MH, Sun W. Золота спеція для життя: Куркума з фармакологічними перевагами компонентів куркуміноїдів, включаючи куркумін, бісдеметоксікуркумін і деметоксикуркумін. Curr. Орг. Синт. 2023.
47. Shahrajabian MH, Kuang Y., Cui H., Fu L., Sun W. Метаболічні зміни активних компонентів важливих лікарських рослин на основі традиційної китайської медицини під різними стресами навколишнього середовища. Curr. Орг. Chem. 2023.
48. Shahrajabian MH, Chaski C., Polyzos N., Tzortzakis N., Petropoulos SA. Системи стійкого сільського господарства в овочівництві з використанням хітину та хітозану як рослинних біостимуляторів. Біомолекули. 2021.
49. Shahrajabian MH, Chaski C., Polyzos N., Petropoulos SA. Застосування біостимуляторів: інструмент для управління культурою з низькими витратами для сталого вирощування овочів. Біомолекули. 2021.
50. Shahrajabian MH, Sun W., Cheng Q. Різні методи молекулярного та швидкого виявлення нового коронавірусу людини. Curr. Pharm. Des. 2021.
51. Shahrajabian MH, Sun W. Стійкі підходи до підвищення врожайності та хімічних складових ароматичних і лікарських рослин шляхом застосування біостимуляторів. Недавній пат. Їжа Nutr. Agric. 2022.
52. Shahrajabian MH, Cheng Q., Sun W. Вплив амінокислот, фенолів і білкових гідролізатів як біостимуляторів на стійке рослинництво та послаблення стресу. Res. Пат. Біотехнологія. 2022.

53. Kumar K., Debnath P., Singh S., Kumar N. Огляд фенольних сполук рослин та їх участі в стійкості до абіотичного стресу. Підкреслює. 2023.
54. Лютеценс (Inferred Title). URL :
<https://ukr.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%81>
55. Ю.А. Злобін, В.Г. Скляр, Л.М. Бондарєва, К.С. Кирильчук. Чорноморськ. Бот.ж. 2009, т.5. 5-22.
56. Шпилик О.Б, Кушнірук Н.В. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ Спектральні методи дослідження. Спектрофотометрія. Визначення феруму (ІІІ) у вигляді сульфосаліцилату.