

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

06.07. – М. 1730 «С». 2021.10.13. 07 ПЗ

**ШЛЯХТУН ІГОР СЕРГІЙОВИЧ**

2022

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**УДК: 606:631.5:633.812**

**ПОГОДЖЕНО**

**Декан факультету  
захисту рослин, біотехнологій та екології**

\_\_\_\_\_ **Коломієць Ю.В.** \_\_\_\_\_

(підпис)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри  
екобіотехнології та біорізноманіття**

\_\_\_\_\_ **Кваско О.Ю.** \_\_\_\_\_

(підпис)

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_р.

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

**на тему** \_\_\_\_\_ **«Фізіолого-біотехнологічні аспекти посухостійкості лаванди  
вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)»**

Спеціальність 162 біотехнології та біоінженерія \_\_\_\_\_

(код і назва)

Освітня програма Екологічна біотехнологія та біоенергетика \_\_\_\_\_

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна \_\_\_\_\_

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

**д. с-г. наук, професор**

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ **Лісовий М.М.** \_\_\_\_\_

(підпис)

(ПІБ)

**Керівник бакалаврської роботи**

**д. с-г. наук, професор**

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ **Кляченко О.Л.** \_\_\_\_\_

(підпис)

(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_ **Шляхтун І.С.** \_\_\_\_\_

(підпис)

(ПІБ студента)

**КИЇВ – 202\_**

Національний університет біоресурсів  
і природокористування України

Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології

Кафедра        екобіотехнології та біорізноманіття         
Освітній ступінь «Магістр»

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри

“        ”        202\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ВИПУСКНУ**  
**МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи       

керівник роботи       ,

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУБіП України від «     »        202\_ р. № 610 «С»

2. Строк подання студентом роботи       

3. Вихідні дані до роботи       

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)



# РЕФЕРАТ

# НУБІП України

Дипломна робота на тему «Отримання *in vitro* посухостійких рослин лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) виконана на сторінках друкованого тексту, містить 14 рисунків, 8 таблиць.

# НУБІП України

Складається з таких розділів: огляд літератури, матеріали та методи дослідження, результати дослідження, висновки та списку використаної літератури.

Дослідження проводили в лабораторії біотехнології рослин кафедри екобіотехнології та біорізноманіття НУБІП України.

# НУБІП України

В наших дослідженнях використано живильні середовища, в основу яких входили макро- та мікроелементи, за прописом Мурасіге-Скуга при добавлянні до них різних концентрацій цитокінінів та осмотично активних речовин.

# НУБІП України

Об'єкт дослідження – процес культивування рослин лаванди вузьколистої в умовах *in vitro* для з'ясування впливу засухостимулюючих осмотичних агентів на рослинні тканини.

Предмет дослідження – вплив осмотично активних речовин на ріст і розвиток лаванди вузьколистої *in vitro*.

# НУБІП України

Результати досліджень показали, що фактор посухи впливає не лише на приріст вегетативної маси рослин, а й затримує їх морфогенетичні процеси.

Так при високих концентраціях осмотичних агентів в живильному середовищі ризогенез відбувався лише в частини зразків і зі значною затримкою.

# НУБІП України

Доцільно культивувати ізоляти на середовищі з вмістом цитокінінів, так як при цьому відсоток регенератів які переживають культивування з осмотично активними агентами вищий.

# НУБІП України

# НУБІП України

ЗМІСТ

**СПИСОК СКОРОЧЕНЬ**..... 3

**ВСТУП**..... 4

**РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ**..... 5

1.1. Біологічні особливості та ботанічна характеристика лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 5

1.1.1. Систематична характеристика лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 8

1.2. Народне господарське значення та застосування лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 9

1.2.1. Ефірна олія лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 13

1.3. Мікроклональне розмноження лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 16

1.4. Отримання посухостійких рослин лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) в умовах *in vitro*..... 18

**РОЗДІЛ II. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**..... 21

2.1. Вихідний матеріал лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 21

2.2. Стерилізація рослинного матеріалу лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 22

2.3. Підбір живильних середовищ для культивування лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 24

2.4. Отримання посухостійких ліній лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)..... 25

2.5. Ризогенез лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) в

культури <i>in vitro</i> .....	26
<b>РОЗДІЛ ІІІ. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>28</b>
3.1. Введення лаванди вузьколистої ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) в культуру <i>in vitro</i> .....	28
3.2. Культивування асептичних рослин лаванди вузьколистої ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	30
3.3. Одержання посухостійких ліній лаванди вузьколистої ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	35
3.4. Ризогенез лаванди вузьколистої ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	40
<b>РОЗДІЛ ІV. ФІЗІОЛОГО-БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ЛАВАНДИ.....</b>	<b>43</b>
4.1. Фізіологічні та хімічні зміни лаванди вузьколистої ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) спричинені водним стресом.....	43
4.2. Вплив посухи на фотосинтез лаванди вузьколистої ( <i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	48
4.2.1. Вміст хлорофілу за етапами органогенезу.....	48
4.2.2. Вплив водного стресу на проходження процесу фотосинтезу..	50
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>55</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>57</b>

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ  
 НУБІП України

ІОК – індолілоцтова кислота;

БАП – бензиламінопурин;

НУБІП України

Кін – кінетин;

МС – Мурасіге – Скуга

МКР – мікроклональне розмноження.

ПЕГ – поліетиленгліколь  
 НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## ВСТУП

Лаванда вузьколиста (*Lavandula angustifolia* Mill.) – це вічнозелена ефіроолійна культура, яка широко застосовується в як сировина в фармакологічній, косметично-парфумерній та харчовій промисловостях, вирощується в декоративних та рекреаційних цілях. Промислове вирощування лаванди вузьколистої, та виробництво лавандової олії, поширене на півдні України. Однак лаванда не має великої популярності як сільськогосподарська культура і одна із причин – це відсутність доступного та якісного посадкового матеріалу, сортів пристосованих до умов України. Можливим шляхом вирішення цієї проблеми є розробка більш інтенсивних методів селекції, зокрема, клонального мікророзмноження в культурі *in vitro*.

На території України районовано сорти, які мають високу потенційну продуктивність, але через мінливість температурного режиму і кількість річних опадів він реалізується не повністю. Це зумовлює селекціонерів створювати і впроваджувати у виробництво сорти з високою екологічною пластичністю та стійкістю до стресових факторів.

На сьогодні на території України великі площі орних земель, особливо зони степу страждають від недостатнього зволоження, що призводить до 30-50% недобору врожаю, особливо в посушливі роки. Необхідно розробити методи мікроклонального розмноження лаванди для селекційної роботи націленої на створення нових, продуктивних сортів пристосованих до умов недостатньої вологості.

Метою магістерської роботи є розробка протоколу мікроклонального розмноження сортів лаванди вузьколистої для отримання перспективних посухостійких ліній.

## РОЗДІЛ I. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## НУБІП УКРАЇНИ

1.1. Біологічні особливості та ботанічна характеристика лаванди  
вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Лаванда вузьколиста (*Lavandula angustifolia* Mill.) – це багаторічний, вічнозелений напівчагарник, висотою до 40–60 см (рис. 1.1.).



**Рис.1.1.** Лаванда вузьколиста. А - квітуча рослина; 1 - квітка; 2 - квітка в подовжному розрізі; 3 - тичинка; 4 - пиляк; 5 - нижня частина пиляка з

нектарного диском, в розрізі; 6 - насінина; 7, 8 - насінина в поздовжньому та поперечному розрізі.

## НУБІП УКРАЇНИ

Гілки у нижній частині рослини дерев'яністі, голі, щільно зімкнуті, що надає кущу кулястої форми. Для лаванди характерні лінійне або лінійно-ланцетне листя з закрученими краями і сильно розгалужена коренева система. Сріблясто-зелене листя лаванди покрите ворсом, який захищає його від сильного сонячного вітру, світла та надмірних втрат води. Квітки лаванди ростуть в колосоподібних суцвіттях, розташованих колами (3–5 квіток на коло) у верхній частині стебла (рис. 1.2., 1.3.). Квіти як правило блакитно-фіолетового кольору, хоча існують декоративні сорти з білими (Alba та Nana Alba) та рожевими квітками (Rosea) [1].



**Рис. 1.2.** *Lavandula angustifolia* Mill. сорт *Munstead*.





**Рис. 1.3.** *Lavandula angustifolia* Mill. сорт *Ellagance Purple*.

Рослина віддає перевагу легким ґрунтам, які не затримують надлишкову вологу. Найкраще вона росте на добре освітлених ділянках з захистом від вітру та нейтральною, або злегка лужною реакцією ґрунту. При вирощуванні як біологічні так і мінеральні добрива вносять починаючи з другого року, але слід подбати про те, щоб не підкислити ґрунт або не вносити зовелику норму азоту, оскільки це призводить до надмірного приросту вегетативної маси.

Лаванда відрізняється своєю світло- та теплолюбивістю. При цьому вона проявляє високу морозостійкість. Вона витримує морози до  $-20^{\circ}\text{C}$ , а при наявності достатнього снігового покриву – до  $-28^{\circ}\text{C}$ . Рослини даного виду здатні виживати в умовах південного сходу України та утворювати значну кількість квіток та зав'язувати насіння як показують результати інтродукції лаванди у Донецькому ботанічному саду НАН України [2].

### 1.1.1. Систематична характеристика лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Лаванда (*Lavandula*) це рід покритонасінних, дводольних рослин сімейства глухокропивових (*Lamiaceae*). Рід нараховує близько 25 – 30 видів.

Лаванда вузьколиста (*Lavandula angustifolia* Mill.), також відома під назвами «Лікарська лаванда» та «Англійська лаванда» це вид лаванди який поцінюється за свою єірну олю, і використовується в усьому світі в фармацевтичній, харчовій, парфумерній галузях та в декоративних цілях.

Таблиця 1.1.

#### Таксономія лаванди вузьколистої

Домен:	Еукаріоти <i>Eukaryota</i>
Царство:	Зелені рослини <i>Viridiplantae</i>
Відділ:	Вищі рослини <i>Streptophyta</i>
Надклас:	Покритонасінні <i>Magnoliophyta</i>
Клас:	Еудикоти <i>Eudicots</i>
Порядок:	Губоцвіті <i>Lamiales</i>
Родина:	Глухокропивові <i>Lamiaceae</i>
Рід:	Лаванда <i>Lavandula</i>
Вид:	Лаванда вузьколиста <i>Lavandula angustifolia</i>

Рослини родини глухокропивних (*Lamiaceae*) – це кущі, напівкущі та трави, об'єднані в 236 родів і 7500 видів. До відомих представників відносяться такі рослини як: м'ята, розмарин, базилік, чебрець, меліса та шавлія.

Порядок губоцвіті (*Lamiales*) – включає велику кількість чагарників та трав в складі близько 20-и родин. Найбільші родини порядку – глухокропивої (*Lamiaceae*) та вербенові (*Verbenaceae*).

## 1.2. Народно господарське значення та застосування лаванди

### вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Батьківщиною лаванди вважається регіон Середземномор'я (Франція, Іспанія, та Італія), також рослина зустрічається Канарських островах та на Кабо-Верде, крім того лаванда поширена в північній та східній Африці, південно-західній Азії та південно-східній Індії. Назва лаванда походить з латини, від дієслова *lavo, lavare* і означає мити або чистити. Лаванда відома людині ще з давніх часів.

У Стародавньому Єгипті лаванду використовували у процесі муміфікації. Стародавні греки, араби та римляни вірили в її очищаючі властивості; крім того арабські лікарі використовували лаванду як засіб для очищення глибоких ран і полегшення їх загоєння. Греки та римляни також використовували розслаблюючі властивості лаванди для зняття занепокоєння, стресу та безсоння, а також додавали квіти лаванди в воду для миття рук та приймали з ними ванни [3, 4]. Давньоримський лікар Діоскорид в своїй роботі під назвою “*De Materia Medica*” описує її лікувальні властивості ще в 40-х роках нашої ери [5]. По мірі розвитку цих держав лаванда поширилася торговими шляхами по всій Європі та Азії, де траву використовували як джерело ефірної олії, інгредієнт для парфумів, та як лікувальну рослину. У середні віки католицька церква використовувала лаванду щоб відігнати злих духів. Люди розкидали її по підлозі своїх

будинків, щоб придати свіжості задушливим кімнатам. Рослина набула ще більшої популярності в часи чуми, де її використовували для відлякування бліх. В Середньовіччі лаванда була однією з найцінніших ефіроолійних рослин, яку використовували у парфумерії та миловарстві [6].

На сьогоднішній день лаванда вузьколиста – це одна з основних ефіроолійних рослин, які культивуються в світі, [7]. При тому, що лаванду вирощують в багатьох країнах світу, основні країни задіяні у вирощуванні та переробці лаванди являються Болгарія, Франція, Китай, Іспанія, країни Східної Європи в тому числі й Україна [8, 9].

Найбільші виробники лавандової олії у світі – це Болгарія та Франція. Разом ці дві країни виробляють більш ніж дві третіх всього світового обсягу лаванди. На рис. 1.4. наведені відсотки обсягу, вирощеної лаванди серед основних країн-виробників [10].

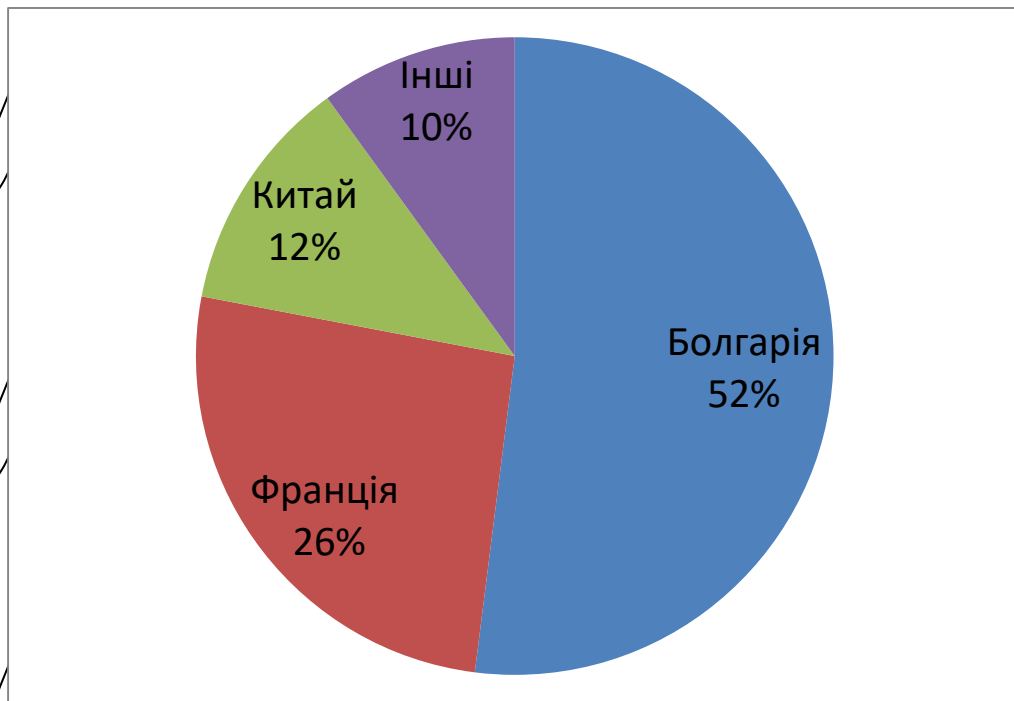


Рис. 1.4. Світове виробництво лавандової олії по країнах [10].

В Болгарії лавандою засаджено около 4500 га і при цьому з року в рік лавандова промисловість тільки розвивається. Болгарія виробила 45 тонн

лавандової олії в 2011 році, 120 тонн у 2013 році, 140 тонн у 2014 році, 200 тонн у 2015 році, 280 тонн у 2016 році та 200 тонн у 2018 році [11, 12].

Світовий ринок лаванди динамічно розвивається, приваблюючи підприємців по всьому світу. Лаванду вирощують заради її ефірної олії, квітів та листя в свіжому та сушеному виді та агротуризм. Хоча світовий попит на лавандову олію залишається більш-менш незмінним, теперішні масштаби виробництва не здатні повністю задовольнити цей попит [10].

На території України центром промислового вирощування лаванди до 2014 року був Інститут ефіроолійних культур та Нікітський ботанічний сад, розташований в Криму. Там же проводились селекційні роботи з цією культурою. У 2013 р. у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні, знаходилося 5 сортів лаванди вузьколистої: Степова (1962 р.), Рання (1983 р.), Синева (1997 р.), Ізіда (2000 р.), Темп (2002 р.) і

Вдала (2008 р.) [13]. На сьогоднішній день виробництво лаванди втратило свою популярність, а вслід за ним селекційні роботи теж були закінчені. Так у 2017 р. в Державному реєстрі сортів рослин вже не було жодного сорту лаванди вузьколистої [14]. Попри це окремі виробництва продовжують

експериментувати з вирощуванням лаванди, реагуючи на незадовільнений попит на культуру. Відновлення наявної, вітчизняної інфраструктури та розширення посадкових площ в сьогоднішніх умовах видається перспективним. Як результат сорти вітчизняної селекції пристосовані до

умов різних регіонів України можуть бути перспективним напрямком для селекції [15]. Одна із основних перешкод для розширення насаджень лаванди – відсутність посадкового матеріалу. Серед шляхів вирішення цієї проблеми може бути розробка інтенсивних біотехнологічних методів розмноження, як альтернатива традиційному насінництву [7].

Лавандова олія та її компоненти широко використовується як в усьому світі, так і в Україні при виготовленні гігієнічних та косметичних засобів, у фармацевтичній промисловості, як інгредієнт для лікарських препаратів



заспокійливої, знеболювальної, спазмолітичної, та антисептичної дії, а також як засіб для покращення запаху ліків. Сама ж лаванда широко застосовується в народній медицині. Її використовують для лікування мігрені, неврозів, гнійних ран та опіків, хвороб дихальних шляхів, ревматизмів, порушень роботи шлунково-кишкового тракту та грипу [17, 18]. Лавандовий аромат відлякує міль та мух, тому висушену лаванду розкладають у шафах. Також рослина знаходить своє місце в харчовій промисловості. Її застосовують при виготовленні сиропів та вин в лікерному виробництві. Квітки та листя лаванди вживають в їжу, додаючи до салатів, желе, морозива, чаїв та м'ясних і рибних страв. Вони надають стравам особливий аромат [19].

Настой виготовлені з квітів лаванди мають знеболюючі та седативні властивості. Вважається, що настоянка лаванди полегшує депресію, головний біль і тривогу [20]. В одному експерименті, проведеному на щурах, екстракт лаванди запобігав деменції, спричиненій хворобою Альцгеймера [21], а цитотоксичне дослідження впливу екстракту лаванди на рак легень показало пригнічення канцерогенного росту клітин [22].

Не варто забувати про те що лаванда – це цінний медонос. З одного гектару лаванди збирають до 150 кг цінного лавандового меду. Мед середньої солодкості, з легкою кислотою. Має приємний квітковий запах, дрібнозернисту консистенцію та білий колір. Завдяки високій концентрації ефірної олії мед не кристалізується, а гусне, зберігаючи кремову текстуру.

Лавандовому меду приписують ряд корисних, лікарських властивостей: нормалізує тиск, прискорює обмін речовин, покращує відхаркування, нормалізує сон, покращує пам'ять, тощо.

Лаванду вирощують як ефективну протиерозійну рослину на рекультивованих землях. Рослина економічно вигідна тим, що здатна рости, на досить бідних, щербенистих ґрунтах, де вирощування інших культур неможливе, або збиткове [17]. Лаванда популярна в усьому світі як декоративна рослина. Виведено багато декоративних сортів лаванди, як

наприклад: "Hidcote" – з темно-пурпуровим цвітом та сіро-зеленим листям, "Alba" – з білим цвітом та "Loddon Pink" – з яскраво-рожевим цвітом [23].

Безпосередньо самі лавандові поля приваблюють людей за рахунок своєї живописності. Туристи приїжджають на місця де вирощують лаванду, для проведення фотосесій. Це теж додає рентабельності, та створює безплатну рекламу виробництву.

### 1.2.1. Ефірна олія лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

В суцвіттях лаванди міститься ефірна олія. Вміст макроелементів в ефірній олії може відрізнятись залежно від сорту та умов росту [24]. Вміст калію коливається від 15 до 25 г\*кг<sup>-1</sup>. Кліматичні умови помітно впливають на вміст кальцію, середнє значення для Румунії складає 2-2,5 г/кг [25], тоді як у Пакистані це 10,50 г/кг [26]. Лаванія характерний низький вміст магнію (від 1,40 г\*кг<sup>-1</sup> дм для сорту "Lavender Lady" до 3,60 г\*кг<sup>-1</sup> для сорту "Munstead") та натрію (від 0,1 г\*кг<sup>-1</sup> для "Munstead" до 0,15 г\*кг<sup>-1</sup> для "Lavender Lady"). Рівень цинку коливається від 23,0 до 106 мг\*кг<sup>-1</sup> [25, 26]. Окремі дослідження [24] також підтвердили високий вміст цинку в деяких сортах: 25,7 мг\*кг<sup>-1</sup> для "Lavender Lady" та 39,2 мг\*кг<sup>-1</sup> для "Ellagance Purple". Вміст міді становить 7,2–11,1 мг\*кг<sup>-1</sup>, марганцю – 9,6–18,0 мг\*кг<sup>-1</sup> для сортів "Munstead" та "Lavender Lady". Вміст заліза в "Ellagance Purple" складає 489 мг\*кг<sup>-1</sup>, а у "Munstead" мг\*кг<sup>-1</sup>.

Найцінніша речовина, виділена з лаванди – ефірна олія міститься в масляних залозах, розташованих на поверхні квіткової чашечки. Вміст ефірної олії складає 2-3%. Її отримують гідродистиляцією або дистиляцією парою; ефірна олія жовта, має сильний запах лаванди з ніжним деревним відтінком [27-30].

Якісний та кількісний склад ефірної олії залежить від багатьох факторів, серед яких: генотип, місце вирощування, кліматичні умови та морфологічні характеристики рослини [31]. В складі ефірної олії понад 300 хімічних

сполук, але основними являються ліналоол ( 9,3-68,8%) та ліналілацетат (1,2%-59,4%) .

Якість ефірної олії залежить від вмісту цих двох сполук та від їх пропорції відносно одна одної. Також в ефірній олії присутні борнеол,  $\alpha$ -терпінеол, терпінен, оксиди каріофілену та ліналоолу та лавандулоловий ацетат. Саме висока концентрація лавандулолу та його ацетату надає лавандовій олії її характерний аромат [31]. Ціна справжньої лавандової ефірної олії висока, тому її часто підробляють, змішуючи її з дешевшою ефірною олією, видобутою з “*Lavandula latifolia*”, чи з гібридної “*Lavandula x intermedia*”, або додаванням синтетичних хімічних речовин [31].

У результаті парової дистиляції квітів лаванди отримують не тільки ефірну олію, а й побічні продукти – гідролати [32, 33]. Гідролати, також відомі як рослинна вода залежності від специфіки технологічного процесу можуть мати солодкий квітково-трав'яний запах лаванди. Гідролати багаті на легкі органічні сполуки, вміст яких у гідролатах складають від 24,83 до 97,23 на мг/100 мл гідролату. Хімічний склад гідролату включає ліналоол (39%),  $\alpha$ -терпінеол (15%) та кумарин (7%). Ліналілацетату, наявного у великій кількості в ефірній олії лаванди, в гідролаті немає. Слід зазначити, що в процесі висихання лаванда втрачає більше 40% ефірної олії. ○○

Як в цій роботі вказувалося раніше, ефірна олія широко використовується в косметичній, парфумерній та побутовій хімії. Вона присутня в парфюмах, лосьйонах та кремах після гоління, надаючи їм аромат свіжості та чистоти, для чого її також додають в домашні чистячі засоби. Багато відомих косметичних компаній, таких як Avon, Aloe Vera, та Procter and Gamble продають продукцію з ароматом лаванди.

Ефірна олія лаванди має антибактеріальні властивості. Дослідження підтвердили її антимікробний ефект у концентраціях до десяти відсотків проти 65 штамів бактерій (при цьому ефективність проти грампозитивних бактерій була помітно вищою, ніж проти грам негативних бактерій). Ефірні

олії рослин роду *Lavandula* виявляють широкий спектр біологічної активності. Наприклад лавандова ефірна олія має антиоксидантні властивості, тим самим вона захищає клітини від шкідливого впливу вільних радикалів [34-37].

Такі компоненти ефірної олії, такі як терпенеол і ліналоол здатні впливати на центральну нервову систему і послаблювати фізичну активність людей та тварин і таким чином зменшувати тривожність і полегшувати сон. Системного введення ефірної олії мишам та щурам також сприяє сонливості.

Дослідження мозкових хвиль 40-а здорових дорослих людей показали підвищену активність  $\beta$ -хвиль головного мозку після вдихання ефірного масла та продемонстрували кращі результати в математичних тестах. Зі слів пацієнтів, вони почувались розслаблено і проявляють оптимізм, що супроводжується сонливістю. Клінічне дослідження проведене на групі з 245 осіб показало, що при вдиханні лавандової олії 72% пацієнтів відчували міцний нічний сон. Контрольна група повідомляла про міцний сон у 11% випадків. 80% пацієнтів, які приймали участь в експерименті, повідомляли про загальне почуття добробуту, в той час як у контрольній групі це число складало 25%.

*Лаванда вузьколиста* також виявляє анксиолітичну активність, тобто пом'якшує страхи та тривоги, знижує емоційну напругу. У тварин знижувалась тяжкість хвороби руху, коли підлога транспортного засобу була покрита рослинами лаванди. Дослідження *in vitro* також доказали знеболюючу активність та анестезуючі властивості ефірної олії [38, 39]. Так масаж з використанням ефірної олії лаванди зменшує потребу в знеболюючих препаратах серед молодих ВІЛ пацієнтів. В деяких випадках це навіть повністю прибирало біль.

Вдихання ефірної олії кроликами призвело до зниженню вмісту холестерину в аорті. Так олія істотно знижує артеріальний тиск та частоту серцевих скорочень. Ефірна олія дуже корисна при лікуванні розладів

травлення, допомагає регулювати роботу кишечника та жовчовивідних шляхів, та запобігає метеоризму. Дослідження показали, що вдихання ефірної олії може покращувати роботу органів та збільшувати активність ферментів, що беруть участь у катаболізмі [40].

Лаванду одночасно відносять і до афродизіаків, і до засобів для росту волосся. Це вказує на потенційне використання ефірних олій для лікування статевих розладів та для покращення росту волосся [41].

Гідролати лаванди теж мають лікувальні властивості. Вони можуть бути використані для лікування безсоння та головного болю. Їх застосовують при деяких дерматологічних захворюваннях та опіках [42, 43].

### 1.3. Мікроклональне розмноження лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Не дивлячись на широке практичне використання технологій мікроклонального розмноження, їх використання на деяких видах рослин не рентабельне, через ряд проблем які їх ефективність.

До таких проблем відносяться: висока генотипічна залежність морфогенезу *in vitro*, утворення каллюса в процесі культивуванні меристем, низька частота адаптації *in vivo*, витрифікація пагонів та інші [44]. Ці проблеми призводять до значного ускладнення процесу розмноження в культурі *in vitro* і як наслідок до значного збільшення собівартості процесу.

Для подальшого вдосконалення технології розмноження в ізолюваній культурі необхідно проводити дослідження, спрямовані на підвищення коефіцієнту розмноження, на скорочення етапів розмноження, розробку методів культивування на дешевших, простіших та більш доступних середовищах.

Отримання нових високопродуктивних і при тому пластичних сортів лаванди може бути успішним лише при наявності різноманітного вихідного селекційного матеріалу та за інтересу підприємств зацікавлених у

вирощуванні лаванди. При цьому важливу роль відіграє створення сортів пристосованих до різних умов вирощування, стійких до абіотичних стресів, і, зокрема, до посухи.

Традиційне розмноження лаванди, використовуючи насіння застосовується мало через значну варіабельність морфологічних ознак коного наступного покоління: схожості, сили росту, періодом цвітіння, урожайністю, вмістом та якістю ефірної олії в квітах. В Україні районований всього лиш один сорт стійкий до подібних морфологічних змін при насінневому розмноженні – Ізіда. Однак цей сорт не отримав широкої популярності в промисловому виробництві.

Серед усіх сучасних методів біотехнології одним з найефективніших підходів до вирішення проблеми вихідного матеріалу є клітинна селекція, яка дозволяє відбирати резистентні клітини і тканини в селективних умовах *in vitro* [45].

В літературі існує обмежена кількість робіт які описують біотехнологічні методи розмноження лаванди вузьколистої. Більша частина робіт по лаванді присвячена її вторинним метаболітам та їх накопиченню у клітинних культурах рослини, ті ж які описують методи мікроклонального розмноження, надають перевагу процесам калусо- та морфогенезу. Навколо соматклональної варіативності калусних культур досі ведуться дискусії. Можливість клонального мікророзмноження лаванди методом регенерації із калусних культур застосовуючи соматичний ембріогенез або органогенез була показана вже не раз [48]. При цьому деякі вчені [49, 50] вказують на недосконалість такого підходу, пояснюючи це соматклональною мінливістю отриманих таким чином рослин-регенератів. Значний об'єм наявних дослідів вивчає морфогенетичний потенціал калусних культур лаванди. Наприклад у роботі M.N. Quazi [48], була показана можливість розмноження двох видів лаванди – *L. angustifolia* та *L. latifolia* в умовах *in vitro* використовуючи соматичний ембріогенез. Вченим M.C. Calvo і J. Segura вдалось отримати

лаванди – *L. angustifolia* та *L. latifolia* в умовах *in vitro* використовуючи соматичний ембріогенез. Вченим M.C. Calvo і J. Segura вдалось отримати

калусні культури лаванди здатні до морогенезу, використовуючи які вони добилися регенерації пагонів культури. Їм також вдалось визначити граничну ефективність пагонотворення з листового калусу лаванди. Вона склала 55,3

%. Дослідниця Н.О. Єгорова вивчила особливості процесу органогенезу калусних культур лаванди і навіть вдалось виділити морфогенні штами рослини [50]. Крім того М.С. Calvo і J. Segura почали вивчати прямиий морфогенез лаванди в культурі *in vitro* та встановили частоту утворення бруньок в сегментах гіпокотилу та листових експлантах відбувається з частотою 80 %.

Б.Ш. Алімгазінова і К.Д. Рахімов спостерігали за утворенням адвентивних пагонів лаванди, використовуючи в якості первинних експлантів фрагменти листків та стебел лаванди [51].

Клітинні суспензії лаванди можна використовувати як продуценти таких вторинних метаболітів як монопротеноїди, блакитний пігмент та розмаринова кислота [47]. Значно менше фактів стосується клонального мікророзмноження лаванди на основі культури ізольованих меристем. Більша частина літературних даних з цього питання присвячена гормональній регуляції морфогенезу апікальних меристем лаванди *in vitro*, і свідчить про

видову та сортову специфічність морфогенетичних реакцій ізольованих меристем лаванди [46].

1.4. Отримання посухостійких рослин лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) в умовах *in vitro*

Глобальні зміни клімату спричинені діяльністю людини, призводять до підвищення температури повітря по всій планеті. Як результат такі зміни призводять до більш тривалих і суворих періодів посухи. [52]. Екстремальні засухи впливають на агроєкосистеми у всьому світі. Середземноморський регіон один із перших постраждалих від зменшення кількості річних опадів в наслідку чого рослини потерпають від водного стресу. Сільськогосподарські культури цієї місцевості, в тому числі й посіви вузьколистої лаванди

стикаються не лише із зменшенням кількості опадів, але і з пов'язаними з цим атаками патогенів. Хоча необхідність рослин у водному живленні добре вивчена, але фізіологічні пороги, що призводять до загибелі рослин від нестачі вологи, все ще нечіткі [53].

Зниження росту рослин, в основному спричинене дефіцитом води, вважається одним з найважливіших екологічних факторів, що обмежує виживання та становлення рослин. Стрес впливає на більшість рослин, що ростуть в посушливих і напівзасушливих регіонах [54].

Посуха та солоність ґрунту негативно впливають на ріст, розвиток та продуктивність сільськогосподарських культур індукуючи осмотичний та окисний стрес. Зазвичай рослини реагують на ці стресові умови пригніченням фотосинтезу, зниженням або пригніченням росту та активацією широкого спектру механізмів толерантності, активацією антиоксидантних систем та експресією специфічних захисних білків. Також активізуються специфічні для певних стресових станів, відповіді [52].

Морфологічна, біохімічна та фізіологічна реакція на посуху.

Посуха має великий вплив на ріст рослин. Вони витрачають більше енергії на утворення обширних корневих систем, щоб полегшити поглинання води з ґрунту. Аби уникнути лишніх втрат води за рахунок транспірації, у рослин зменшується площа листя, що негативно впливає на їх ріст та фотосинтез.

Під впливом посухи рослини можуть зазнати оксидативного стресу, можуть спричинити окислювальний стрес шляхом утворення активних форм кисню, але вони можуть подолати окислювальний стрес як наслідок порушення балансу між окисно-відновлювальними процесами в організмі.

Рослини синтезують антиоксиданти, антиоксидантні ферменти та осмопротектори. Важливим механізмом осмотичного регулювання являється

Пролін, який діє як поглинач вільних радикалів для захисту клітин рослини від активних форм кисню.



Але не потрібно забувати, що рослини здатні адаптуватись до змін навколишнього середовища [55].

Морфологічна, фізіологічна та біохімічна реакція на затінення.

Сонячна радіація – це незамінний ресурс, необхідний для процесу фотосинтезу. Сонячна радіація впливає на морфологічні ознаки рослин,

схожість насіння та фізіологічні процеси в рослинах. Потреба в сонячному світлі залежить від виду рослин, розміщення і типу листя рослини. Також воно впливає на схожість насіння та фотосинтетичну активність культури

Деякі види рослин невибагливі до освітлення та можуть жити як при інтенсивному освітленню, так і при слабкому.

Однак інтенсивне освітлення може бути несприятливим для росту сходів. Це явище називається Фотонігібіцією [55].

Отримання нових високопродуктивних і пластичних сортів лаванди може бути успішним тільки при наявності досить різноманітного вихідного селекційного матеріалу, при цьому важливу роль відіграє створення генотипів, стійких до абіотичних стресів, і, зокрема, до посухи. Серед сучасних методів біотехнології одним з ефективних підходів до вирішення цієї проблеми є клітинна селекція, що дозволяє відбирати резистентні

клітини і тканини в селективних умовах *in vitro*.

## РОЗДІЛ ІІ. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

# НУБІП УКРАЇНИ

### 2.1. Вихідний матеріал лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Матеріалом дослідження були вирощені в умовах відкритого ґрунту комерційні сорти лаванди вузьколистої «*Munstead*» та «*Ellagance Purple*»:

Лаванда сорту «*Munstead*» – це невеликий багаторічний кущ, що має компакту округлу форму, є одним з найпопулярніших і стійких сортів в Україні.

Рослина має вигляд вічнозеленого багаторічного куща компактною округлої форми з великою кількістю пагонів. Лаванда сорту «*Munstead*» досягає висоти 40 см і стільки ж в діаметрі. Пагони численні, квітконосні, зеленувато-сірого кольору та з ніжним опушенням. Листя ланцетне, вузьке, сіро-зелене та має приємний аромат. Квітки насиченого синього-відтінку та дуже ароматні. Період цвітіння припадає на липень-серпень. Інтенсивність цвітіння зменшується при затіненні. Сорт «*Munsted*» досить посухостійкий, але в жарку пору потребує помірного поливу. Рослина не переносить

глинисті ґрунти з підвищеною кислотністю і постійною вологістю.

«*Munstead*» один із найпопулярніших сортів у всьому світі. Таку лаванду використовують ландшафтні дизайнери та садівники-любители в садово-парковому мистецтві, для створення оригінальних композицій і ароматних садів. Лаванду «*Munstead*» можна знайти на альпійських гірках, квітниках, низьких бордюрах, терасах та балконах. Не менш часто сорт використовують для промислових цілей, переробляючи лаванду для отримання ефірної олії та без переробки для кулінарії чи інших цілей.

Лаванда «*Ellagance Purple*» – це напівчагарник округлої форми, з щільною кроною пахкого листя і з фіолетово-синім кольором квітів. Цей сорт було виведено і представлено на ринку голландської компанії Florensis

Лаванда «*Ellagance Purple*» – це напівчагарник округлої форми, з щільною кроною пахкого листя і з фіолетово-синім кольором квітів. Цей сорт було виведено і представлено на ринку голландської компанії Florensis

Лаванда «*Ellagance Purple*» – це напівчагарник округлої форми, з щільною кроною пахкого листя і з фіолетово-синім кольором квітів. Цей сорт було виведено і представлено на ринку голландської компанії Florensis

(Флоренсіс). Його представили як частину серії Ellagance Series (*Lavandula angustifolia* Ellagance Series). Сорт підходить для вирощування в горщику і відкритому ґрунті. Висота і ширина рослини: 25-30 см. Період цвітіння припадає на пізню весну – пізнє літо. Загалом до серії Ellagance Series входять три сорти: «Ellagance Purple» з фіолетово-синіми квітами; «Ellagance Sky» зі світло синім цвітом та «Ellagance Ice» з білими квітами із світло-блакитним відтінком.

Цей сорт відрізняється дуже довгим періодом цвітіння. Це кущиста, вертикальноростуча, акуратна рослина. Сорт потребує довго світлового дня та легкого, гарно дренованого ґрунту. Сорт витримує зниження температури до  $-29^{\circ}\text{C}$ , але холодна волога зима може призвести до його загибелі. Черенкувати рослину слід з червня по вересень. Пріоритетна галузь використання даного сорту – декоративна.

## 2.2. Стерилізація рослинного матеріалу лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Зазвичай покривні тканини рослин забруднені шкочинними мікроорганізмами та їх спорами. Тому основною умовою успішного мікроклонального розмноження являється стерилізація рослинних об'єктів, яка полягає у знищенні грибних та бактеріальних спор на зовнішній поверхні без пошкодження внутрішніх тканин. Для цього зазвичай використовують різні стерилізуючі речовини. Вид стерилізуючих речовин, їх концентрація та тривалість застосування залежать від специфіки рослинного матеріалу, який буде стерилізуватися. Правильний вибір стерилізуючої речовини полягає в знищенні всіх мікроорганізмів при чому тканинам рослини має завдаватись мінімальна шкода. Ще однією важливою умовою є те, що стерилізуюча речовина повинна легко видалятися із тканини промиванням дистильованою водою або розкладатися. В іншому випадку відбудеться отруєння тканин, що негативно вплине на подальший ріст рослини в умовх *in vitro*.

Перед стерилізацією рослинний очищають від залишків бруду, мертвого рослинного матеріалу, покривних лусок (якщо такі наявні). Ретельно промивають з мильним розчином, потім ополіскують дистильованою водою. Така ретельна підготовка набагато зменшує контамінацію поверхневих тканин.

Обробка тканин етанолом руйнує восковий наліт на листках та посилює дію стерилізуючих речовин які використовуються після.

Найчастіше для поверхневої стерилізації рослинних тканин використовують етиловий спирт, хлоровмісні сполуки (гіпохлорит натрію, гіпохлорит кальцію, хлорамін), ртутні препарати (сулема, діацид) і окисники (перекис водню, перманганат калію), рідше – концентровану сірчану кислоту, або антибіотики.

Для отримання стерильних експлантатів нами було використано дві схеми стерилізації (табл. 2.1.). Перший варіант передбачав послідовне витримання рослинного матеріалу в мильному розчині 10хв, потім в 70% етанолі протягом 1с та в розчині гіпохлориту натрію (1 : 4) з експозицією 15 хв, з подальшим потрійним промиванням в стерильній дистильованій воді. Другий варіант передбачає таку саму послідовність дій, з однією відмінністю – експлантати стерилізують в розчині гіпохлориту натрію (1 : 2) протягом 10

хв.

Таблиця 2.1.

Стерилізуючі речовини, їх концентрація та експозиція обробки

Стерилізуючі речовини	Концентрація, %		Час експозиції	
	1 варіант	2 варіант	1 варіант	2 варіант
Мильний розчин	2%	2%	10 хв	10 хв
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	70%	70%	1 с	1 с
NaClO : H <sub>2</sub> O	1 : 4	1 : 2	15 хв	10 хв

Стерилізовані експлантати ввели в культуру *in vitro*, з метою спостереження за ефективністю методів стерилізації. Для культивування експлантів використовували базове живильне середовище Мурасиге і Скуга (МС) [56].

### 2.3. Підбір живильних середовищ для культивування лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Після стерилізації рослини висаджують на живильне середовище, в якому містяться макро- та мікроелементи, вітаміни, та джерело вуглецю необхідні для нормального росту та розвитку рослини. Також до живильних середовищ додають регулятори росту для впливу на ростові процеси рослини.

Основне завдання при підборі або розробці живильного середовища – це підбір концентрацій живильних речовин та регуляторів росту, які будуть оптимальними для конкретної рослини.

Для морфогенезу лаванди вузьколистої було використано модифіковані живильні середовища (МС) з різною концентрацією кінетину (табл. 2.2.).

Оскільки в наявній літературі вказано, що ініціація розвитку меристем, та подальший морфогенез лаванди – це цитокінінзалежний процес.

Таблиця 2.2.

## Склад живильного середовища для морфогенезу

Складові живильного середовища:	1-й варіант	2-й варіант
Макроелементи МС	100 мл	100 мл
Мікроелементи МС	1 мл	1 мл
Вітаміни МС	1 мл	1 мл
Fe-хелат	5 мл	5 мл
Кінетин	0,25 мг	0,5
Сахароза	20 г	20 г
Агар-агар	4 г	4 г

2.4. Отримання посухостійких ліній лаванди вузьколистої (*Lavandula**angustifolia* Mill.)

Для створення в умовах *in vitro* стресового ефекту посухи використовували живильні середовища, в які було додано осмотично активні речовини, які знижують зовнішній водний потенціал клітин (табл. 2.3.). Нами був використаний високомолекулярний ПЕГ 12000 в концентраціях 5% та 7,5%, який здатен імітувати водний стрес без проникнення в клітини і діяти як осмотичний агент.

Таблиця 2.3.

## Склад ПЕГ-вмісного живильного середовища

Складові живильного середовища:	1-й варіант середовища	1-й варіант середовища
Макроелементи МС	100 мл	100 мл
Мікроелементи МС	1 мл	1 мл
Вітаміни МС	1 мл	1 мл
Fe-хелат	5 мл	5 мл
Кінетин	0,5 мг	0,5
ПЕГ 12000	75 мг	50 мг
Сахароза	20 г	20 г
Агар-агар	4 г	4 г

Для порівняння ступеня впливу осмотичного стресу на рослини лаванди також використовували контрольні зразки, вирощені на середовищі ідентичного складу, за виключенням того що в ньому була відсутня осмотично активна речовина.

### 2.5. Ризогенез лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) в культурі *in vitro*

В культурі *in vitro* застосовують такі методи індукції ризогенезу:

- 1) При культивуванні пагонів або рослин регенратів на середовищі з невеликою кількістю ауксинів (БАП, ІОК в концентрації 0.3-1 мг/л).
- 2) При розведенні в 2 рази мінерального складу безгормонального живильного середовища.
- 3) При обгортанні нижньої частини пробірок фольгою або додаванні в живильне середовище активованого вугілля, враховуючи пригнічувальну дію на процес коренеутворення високої інтенсивності світла.

4) При висадженні проростків в нестерильні умови ґрунту.

5) При обробці пагонів синтетичними ауксинами.

Для превкування ризогенезу лаванди вузьколистої ми пересадили пагони на модифіковане живильне середовище Мурасіге-Скуга з додаванням ІОК (індоліл-оцтової кислоти) в концентрації 0,3 мг/л.

Індукція ризогенезу потрібна для створення стерильних регенератів

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## РОЗДІЛ III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## НУБІП України

3.1. Введення лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) вкультуру *in vitro*

## НУБІП України

Основною умовою успішного культивування ізольованих органів рослин є стерильність живильного середовища та рослинного матеріалу. При цьому використовують різні стерилізуючі речовини, які не проникають у тканину і легко змиваються водою. Враховуючи, що в природних умовах на поверхні

## НУБІП України

рослин знаходиться велика кількість грибів, їх спор, бактерій, рослинний матеріал протягом 10 хв відмивали в мильному розчині, а потім занурювали у 70% етиловий спирт на 1-2 хв. В подальшому нами використано два варіанти

стерилізації, результати якої представлено у табл. 3.1.

## НУБІП України

Таблиця 3.1.

## Результати стерилізації первинних експлантів.

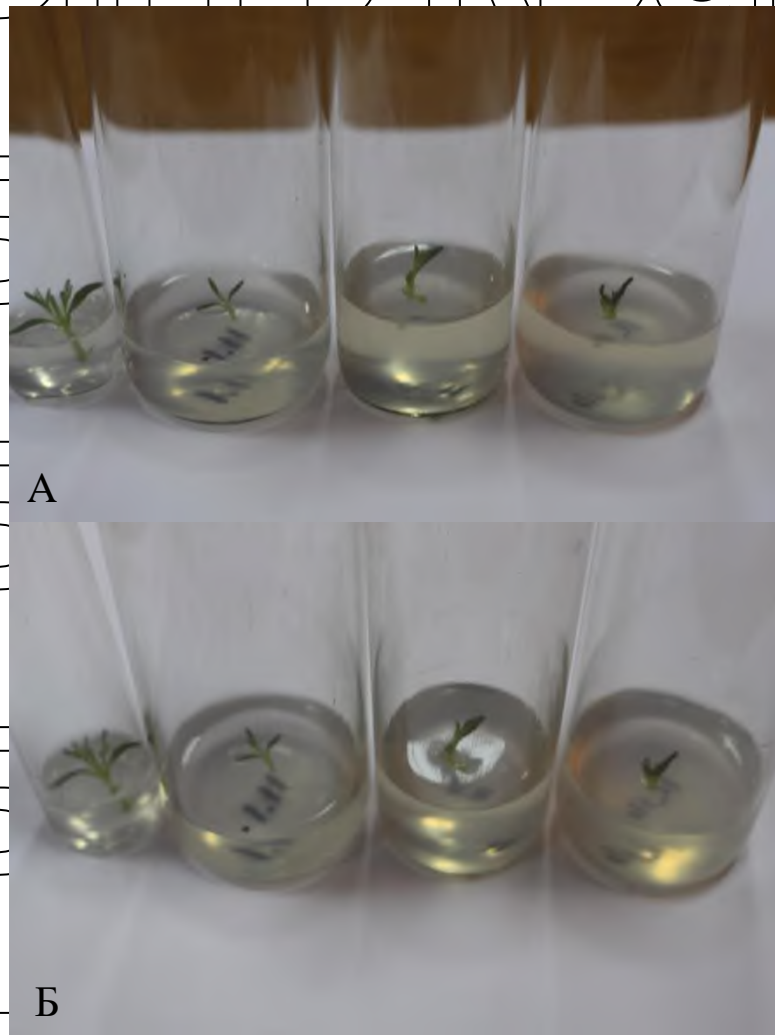
Схема стерилізації	Експлантатів загнило, %	Експлантатів заражено, %	Життєздатні, незаражені експлантати, %
I. Мильний розчин (10 хв), 70% спирт (1 с), 25% гіпохлорит натрію (15 хв)	13	37	50
II. Мильний розчин (10 хв), 70% спирт (1 с), 55% гіпохлорит натрію (10 хв)	33	0	67

## НУБІП України

З представлених даних можна бачити, що кількість живих, незаражених експлантів становила для 1 варіанту 50% від початкової кількості, а для 2

варіанту – 67%. Це свідчить про те, що попри більшу концентрацію гіпохлориту натрію в стерилізуючому розчині, менший час експозиції означає меншу кількість пошкоджень тканин самих експлантів.

Для вивчення впливу схеми стерилізації на розвиток експлантів лаванди *in vitro* проводили пересадження їх на модифіковані середовища МС з різним вмістом кінетину (рис. 3.1). Перший варіант живильного середовища містив – 0,25 мг/л кінетину, тоді як 2 варіант – 0,5 мг/л.



**Рис.3.1.** Простерилізовані експланти пересаджені на модифіковане середовище МС: А – лаванда сорту «*Munstead*»; Б – лаванда сорту «*Ellagance Purple*».

Враховуючи те, що цитокініни приймають участь в індукції клітинного поділу, затримують процес старіння, активують диференціювання

хлоропластів, індукують розвиток пазушних бруньок і регулюють ріст соматичних зародків.

### 3.2. Культивування асептичних рослин лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

На 10-ту добу спостережень за процесом культивування лаванди вузьколистої залежно від варіанту живильного середовища та схеми стерилізації, можна було спостерігати відмінності росту і розвитку культури *in vitro*. Найкращі результати спостерігали на експлантатах, що були простерилізовані за першою схемою, оскільки вони мали більший приріст вегетативної маси порівняно з експлантатами стерилізованими за другою схемою (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

#### Послідовність проходження окремих етапів морфогенезу лаванди в культурі ізольованих меристем

Схема стерилізації	Приживлення і початкові етапи розвитку меристем	Початок основного розвитку пагона	Індукція численного пагоноутворення	Початок розвитку кореневої системи
I	10-11	18-19	25-26	35-36
II	10-11	17-18	24-25	35-36

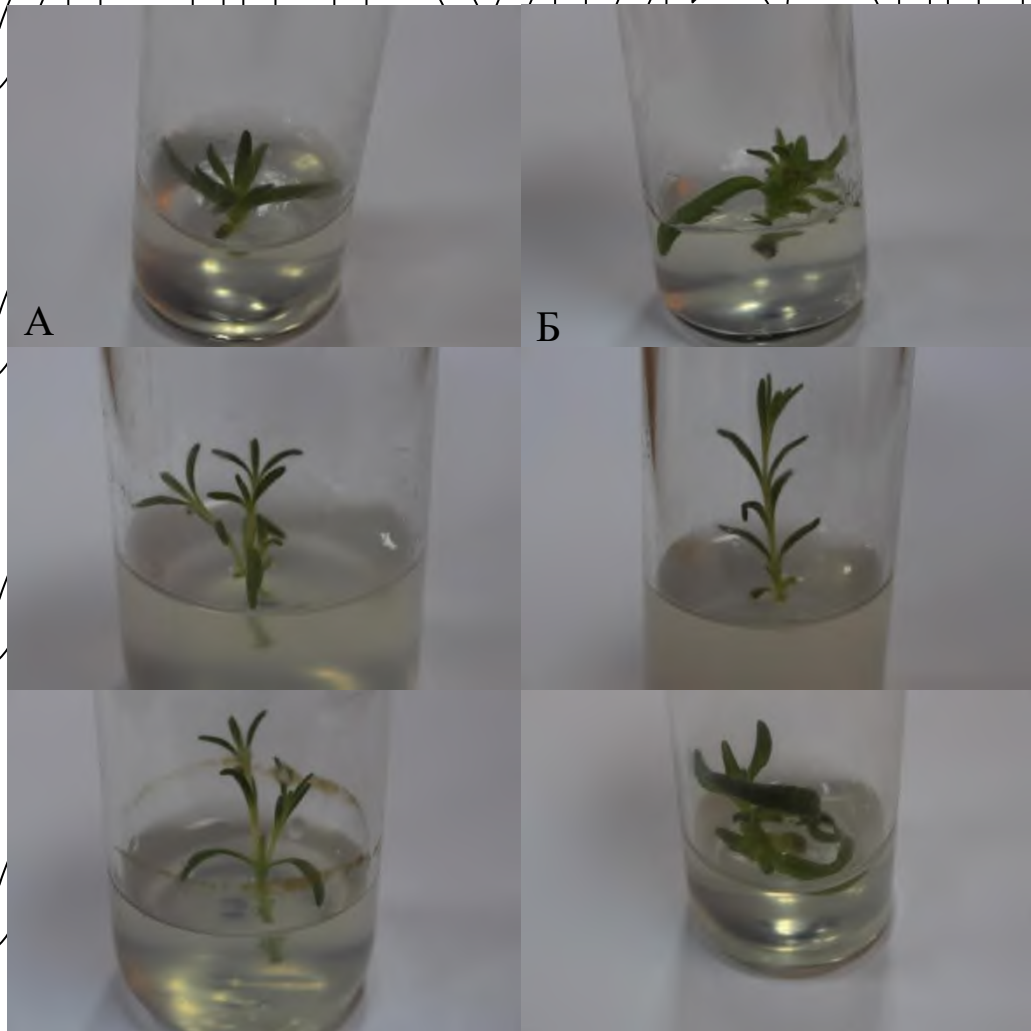
Серед двох варіантів середовищ для морфогенезу кращі результати спостерігали на морфогенному середовищі II, яке містило вдвічі більшу концентрацію кінетину. Експлантати, висаджені на цьому середовищі відрізнялися інтенсивнішим пагоноутворенням, порівняно з експлантатами висадженими на морфогенному середовищі I. Коефіцієнт розмноження було враховано по відношенню кількості експлантатів використаних в досліді та середньої кількості пагонів на один експлантат (табл. 3.3.). Ризогенез пагонів

спостерігали на 25-ту добу культивування серед експлантів висаджених на морфогенне живильне середовище варіанту II, тоді як на середовищі варіанту I відбувалось тільки збільшення розмірів пагонів.

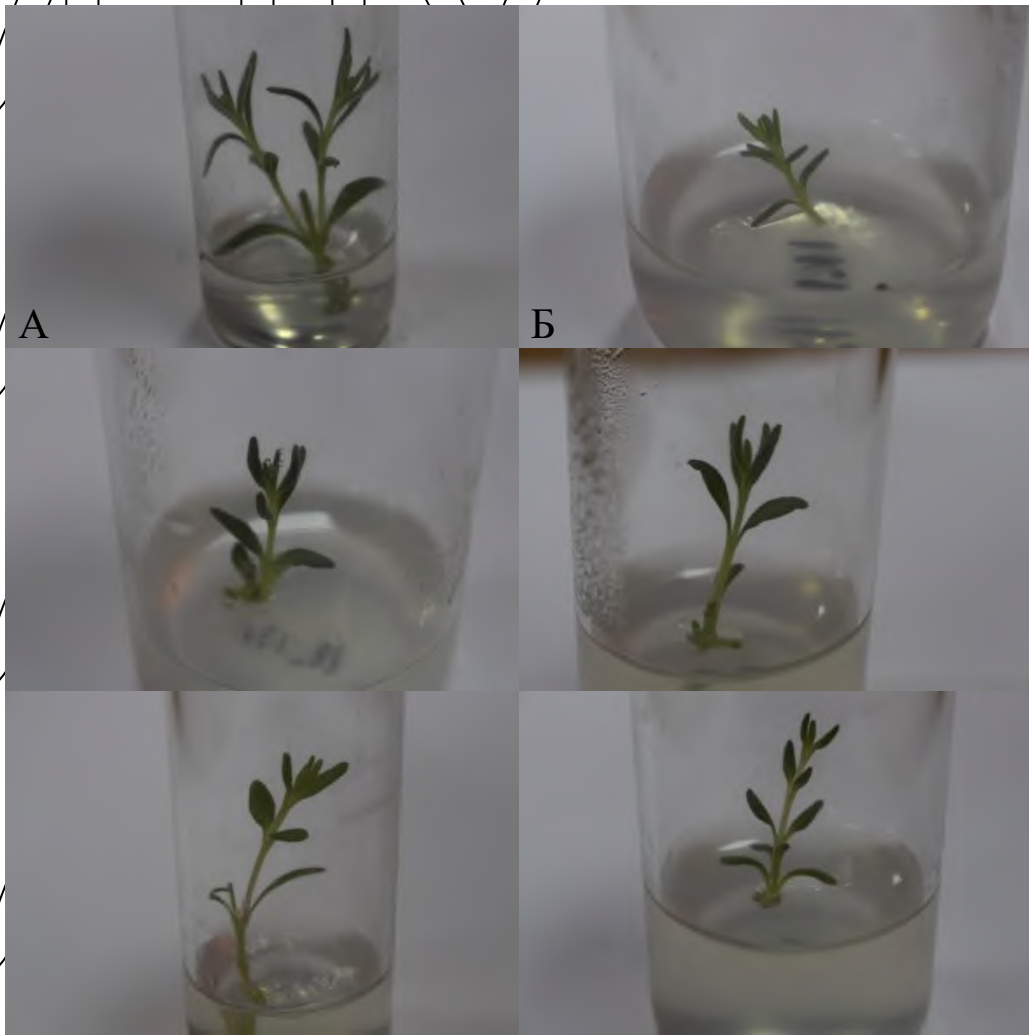
Таблиця 3.3.

**Індукція розвитку мікропагонів із вегетативних бруньок лаванди в умовах *in vitro***

Варіант живильного середовища	Початок пагоноутворення, дб	Коефіцієнт розмноження
МС+кінетин 0,25 мг/л	16	1 : 1,3
МС+кінетин 0,5 мг/л	15	1 : 1,7

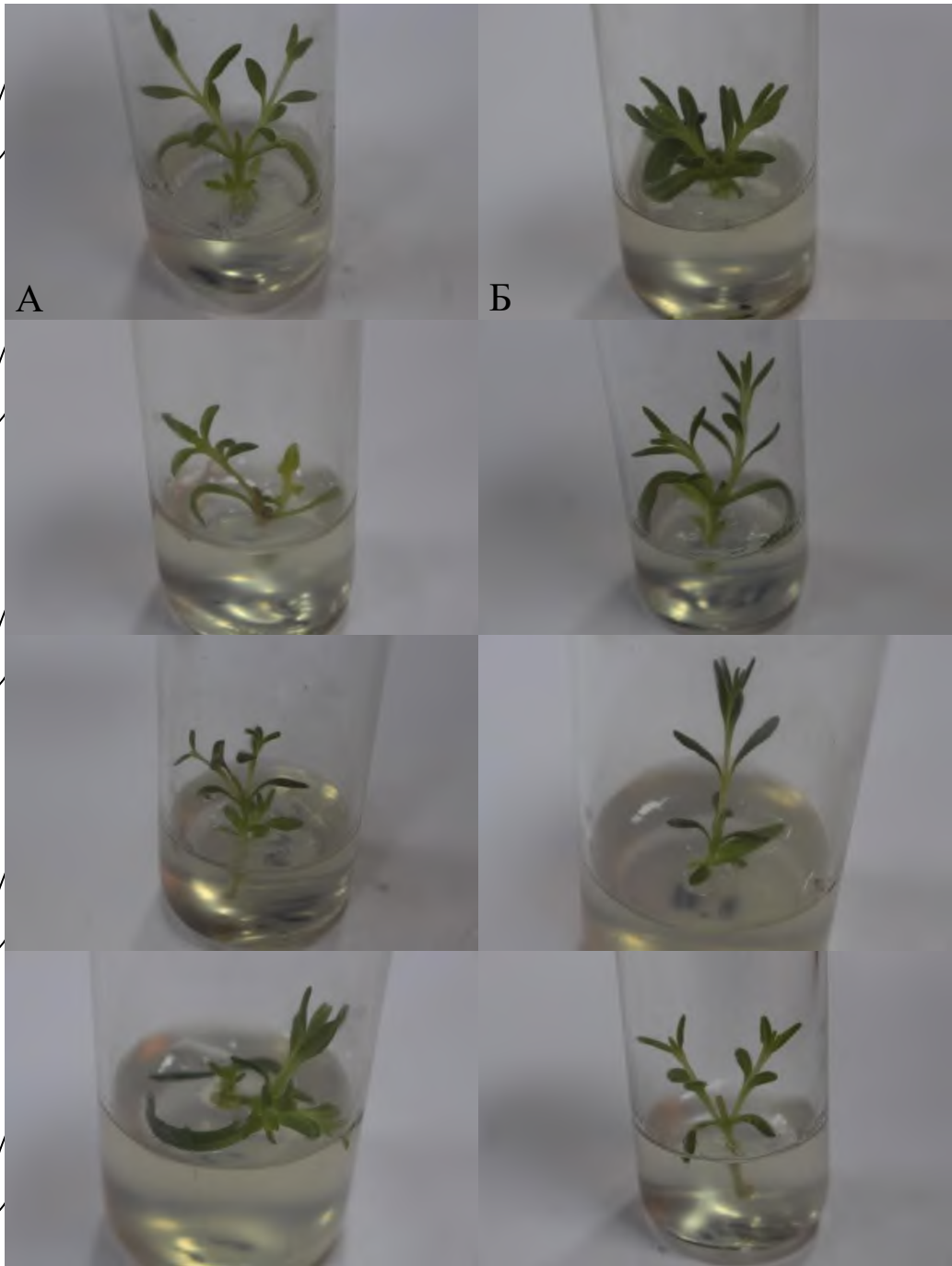


**Рис. 3.2.** Регенерати 1-го варіанту стерилізації, середовище з 0,25 мг/л кінетину. А – лаванда сорту «*Munstead*»; Б – лаванда сорту «*Ellagance Purple*».



**Рис. 3.3.** Регенерати 1-го варіанту стерилізації, середовище з 0,5 мг/л кінестину: А – лаванда сорту «*Munstead*»; Б – лаванда сорту «*Elegance Purple*».

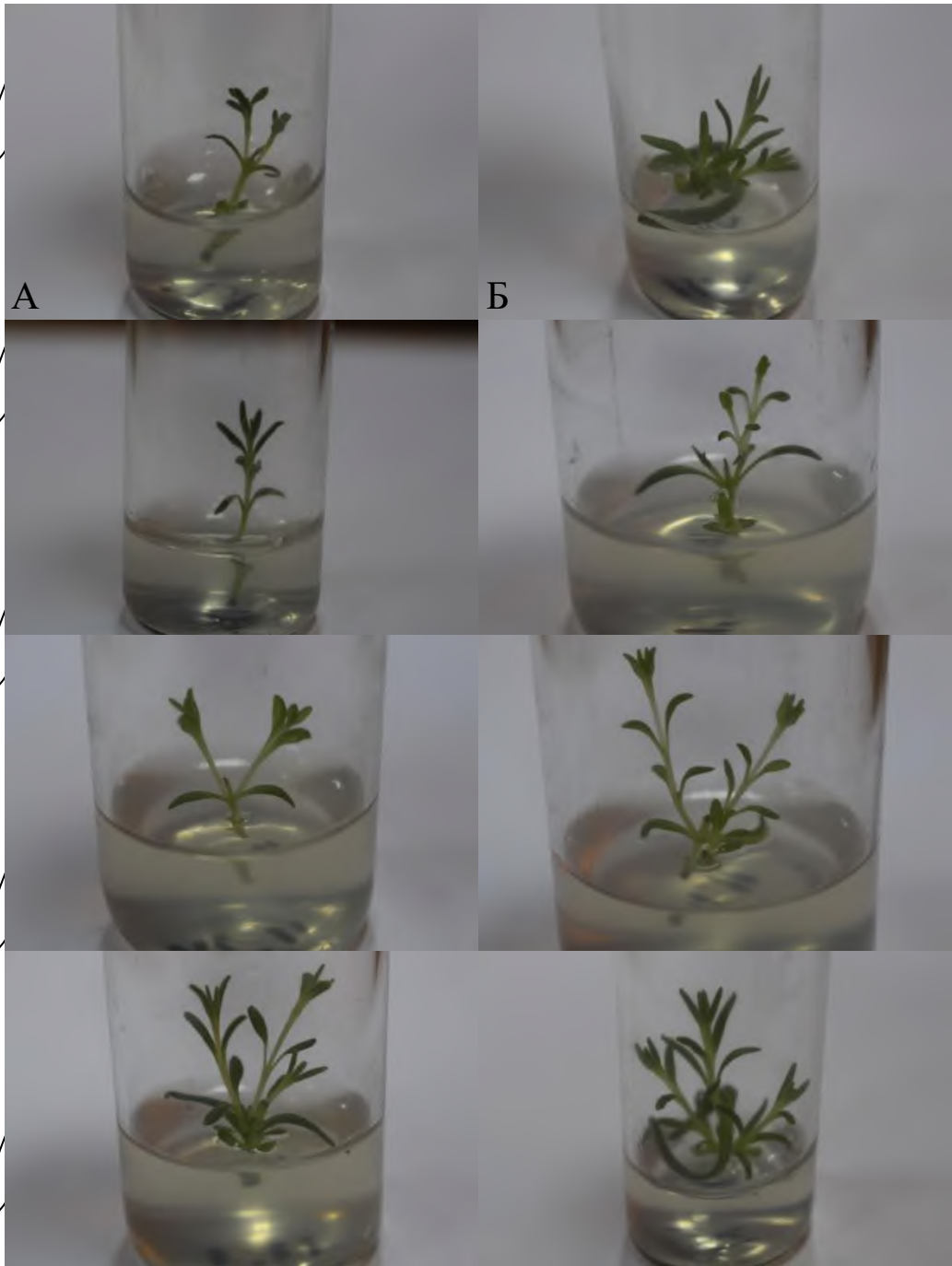




**Рис. 3.4.** Регенерати 2-го варіанту стерилізації, середовище з 0,25 мг/л кінетину: А — лаванда сорту «*Munstead*»; Б — лаванда сорту «*Ellagance Purple*».

НУБІП України

НУБІП України



**Рис. 3.5.** Регенерати 2-го варіанту стерилізації, середовище з 0,5 мг/л кінетину: А — лаванда сорту «*Munstead*»; Б — лаванда сорту «*Ellagance Purple*».

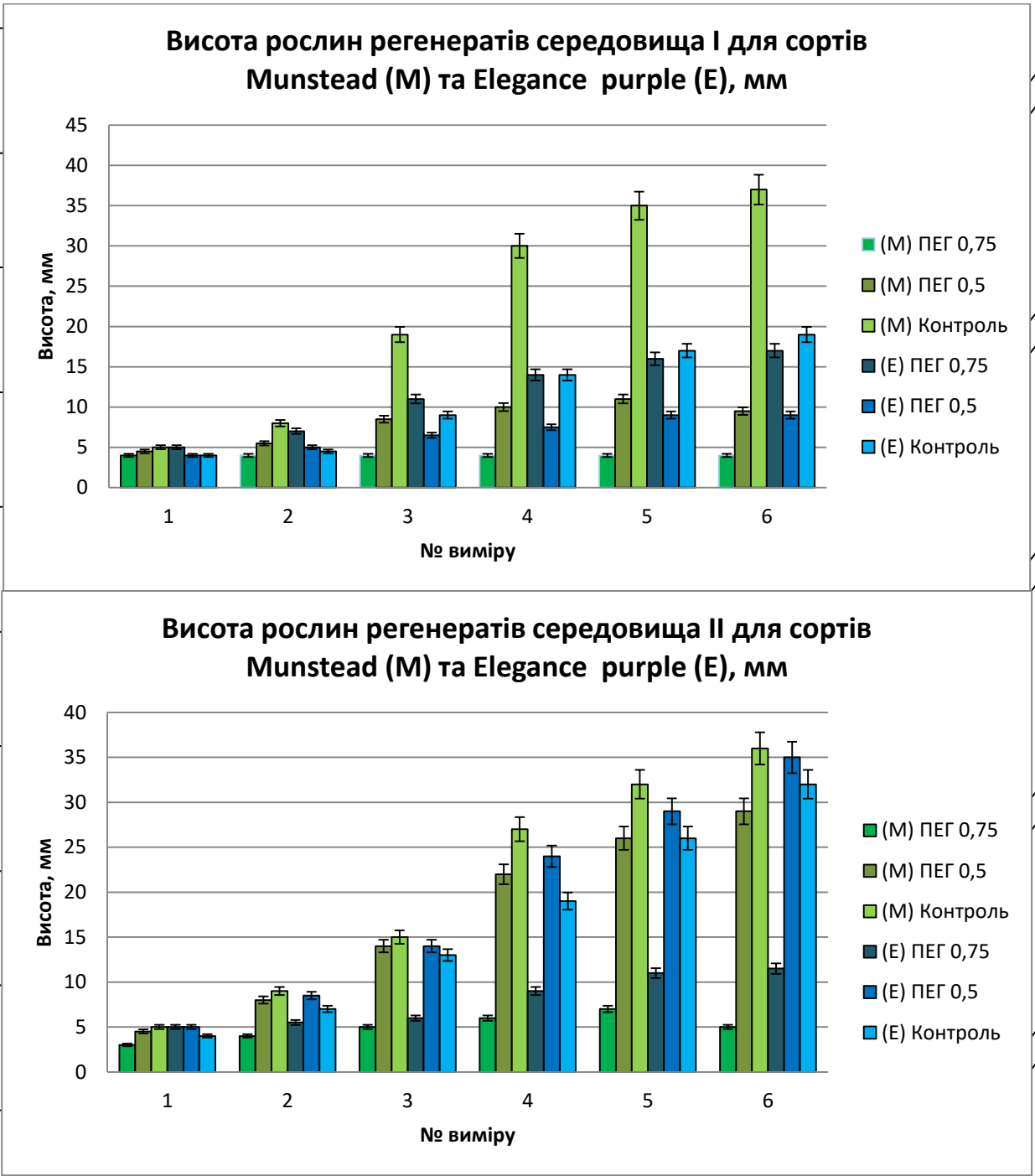
### 3.3. Одержання посухостійких ліній лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Типова реакція на осмотичний стрес – інгібування росту рослини, насамперед пов'язана зі зменшенням тургору і перерозподілом речовин і енергії, які мали б використовуватися для збільшення вегетативної маси, на захист і протидію стресовим факторам. В процесі культивування регенератів лаванди вузьколистої на середовищі з осмотичною речовиною, призначеною імітувати ефект посухи, нами проводились виміри різних параметрів росту, для того щоб побачити зміни які відбувались в рослинному організмі на протязі всього періоду культивації. До цих параметрів відносяться: висота регенератів, кількість пагонів на регенрат, кількість міжвузлів на пагоні та площа листкової пластинки. Також ми слідкували за процесом ризогенезу в регенаратів. На основі зібраних та проаналізованих даних було зіставлено графіки, які зображують динаміку росту та розвитку лаванди під впливом водяного стресу. Регенерати показали відмінні результати в залежності від концентрації ПЕГ 12000, та від варіанту стерилізації.

Було проведено 6 окремих вимірів параметрів росту здійснених через кожні 10 днів культивації. Перший вимір – в день введення культури, останній – на 50-й день культивації.

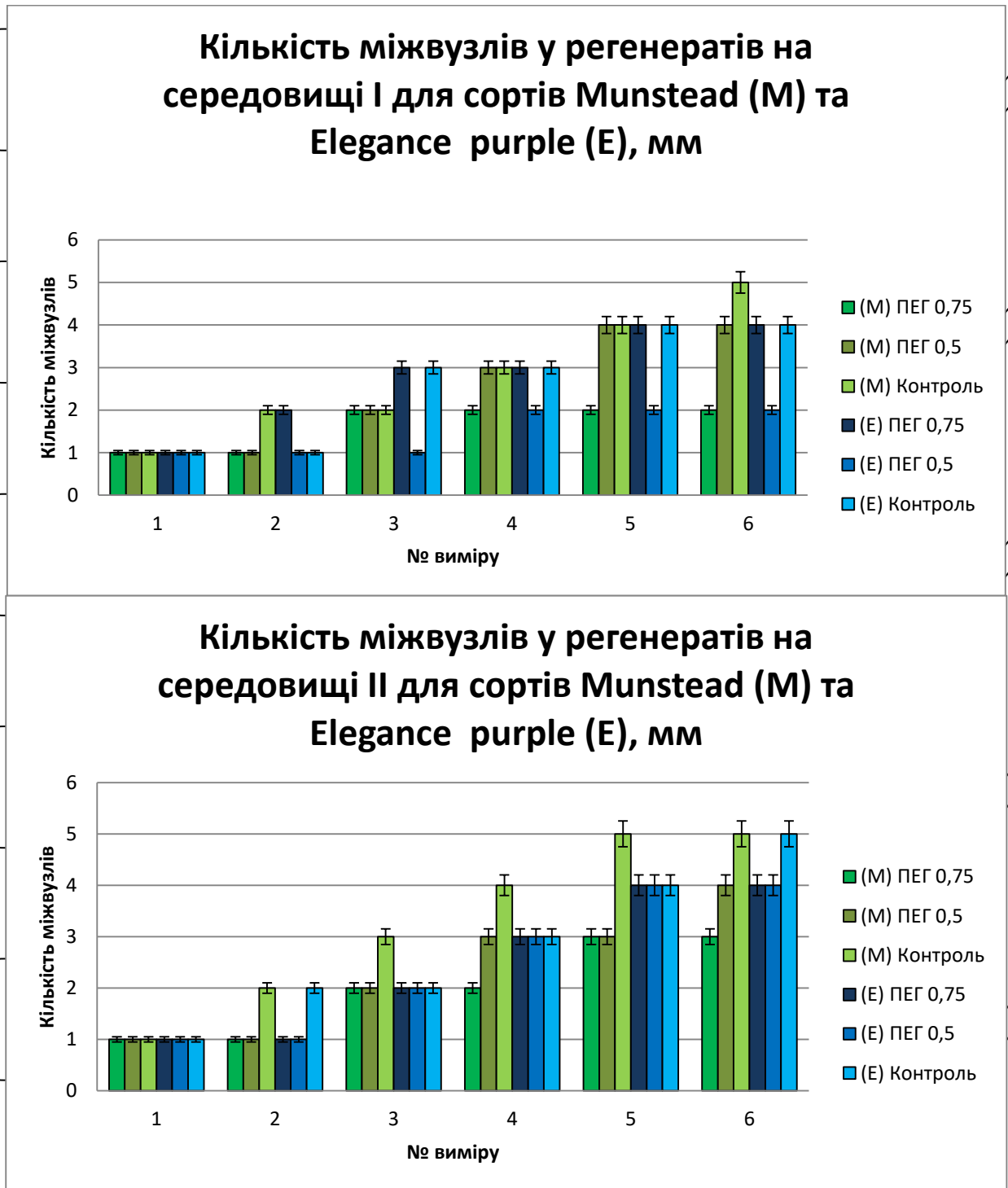
Регенерати які вирощували при концентрації ПЕГ 12000 в 7,5% відрізнялись значно меншим приростом вегетативної маси, порівняно з контрольним варіантом та навіть з регенератами вирощеними на живильному середовищі з концентрацією ПЕГ 12000 в 5,0%. При цьому середній приріст вегетативної маси в регенератів вирощених на середовищі з вдвічі більшою концентрацією кінетину (середовище II) перевищує приріст регенератів на першому середовищі (рис. 3.6.).





**Рис. 3.6.** Графіки залежності висоти рослин регенератів, від умов вирощування.

Інтенсивне пагоноутворення розпочалось на 20-30 день культивування, не залежно від факторів які впливали на рослини лаванди. Але активність пагоноутворення відрізнялась, співвідносячись із загальним трендом описаним вище (рис. 3.7.).



**Рис. 3.7.** Графіки залежності кількості міжвузлів у регенератів, від умов вирощування.

Як видно з даних графіків існує закономірність між кількістю міжвузлів та висотою регенерата. Чим вище рослина тим більше в неї буде міжвузлів, але важливо також враховувати і їх довжину. Так рослини контролю, маючи

значну перевагу в висоті регенератів, не мають настільки ж значної переваги в кількості міжвузлів. Це пояснюється тим, що ресурси та енергія, які рослина затрачає на подовження міжвузель, витрачаються на протидію осмотичному стресу, так міжвузля цих рослин в середньому коротші (рис. 3.8.).

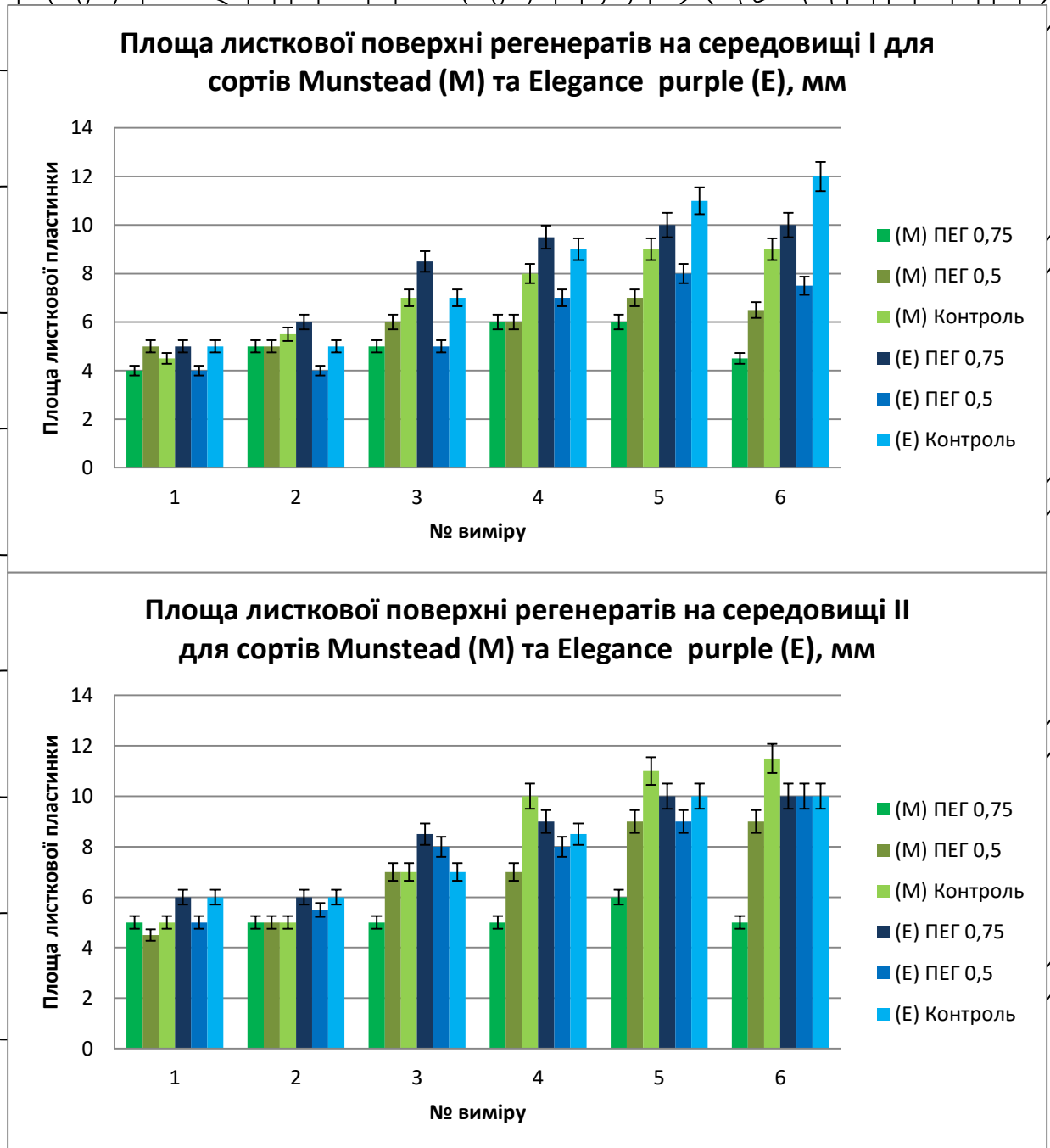


Рис. 3.8. Графік залежності площі листової поверхні, від умов вирощування.

Динаміка зміни площі листкової поверхні хоч і співвідноситься із загальним трендом росту описаним вище, але різниця між регенератами вирощеними на різних живильних середовищах, та простерилізованих за різними схемами стерилізації не настільки значуща, як для інших показників, описаних вище (рис. 3.9.).

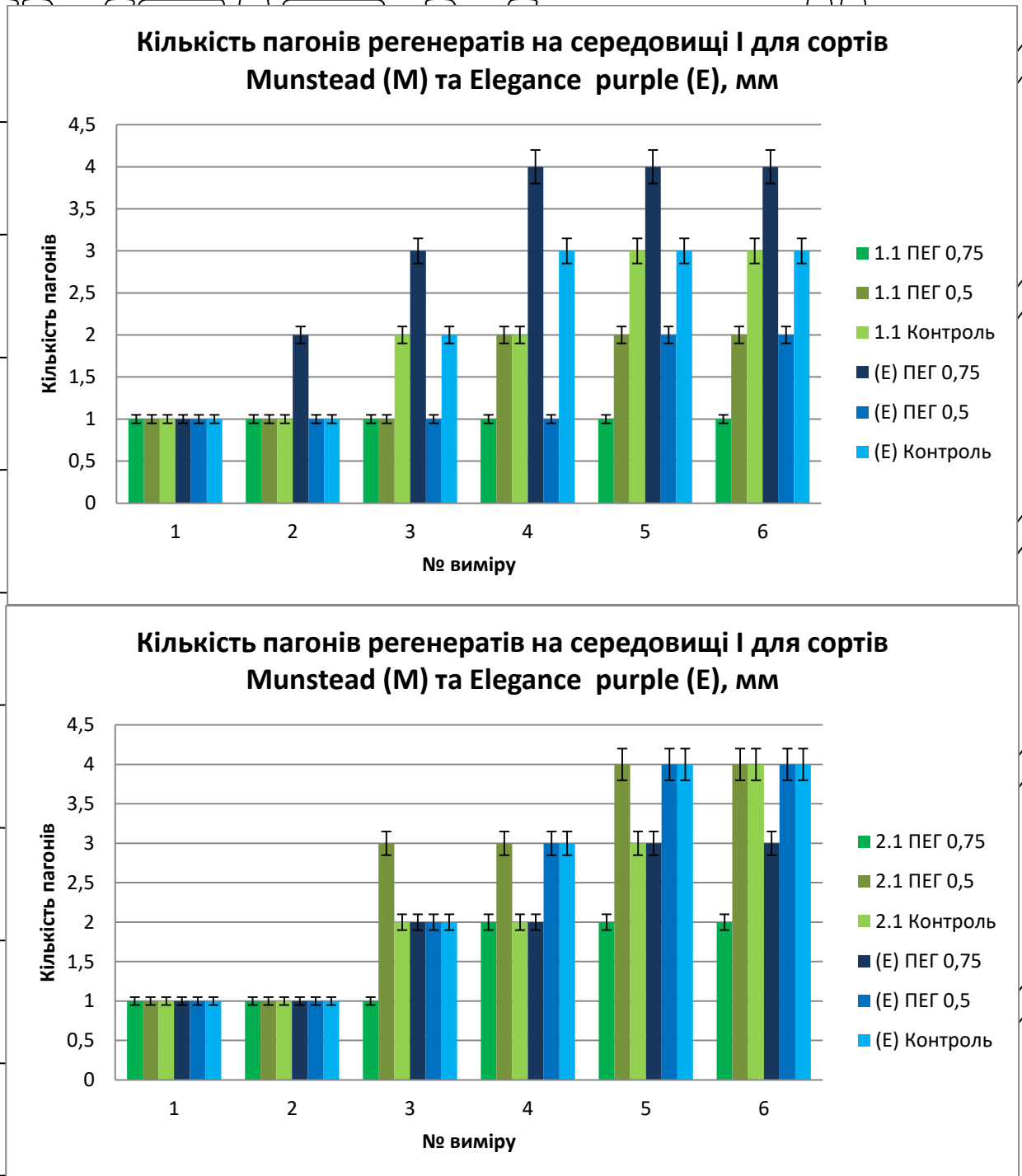


Рис. 3.9. Графік залежності кількості пагонів регенератів, від умов вирощування.

Це можна пояснити тим, що збільшенню площі листової пластинки в організмі віддається пріоритет, так як це орган який має сильний вплив на інтенсивність проходження фотосинтезу, а одже й на життєздатність всієї рослини.

При вивченні ефективності дії різних доз ПЕГ 12000 на ріст і розвиток культури, впливу складу живильного середовища, наявних в ньому регуляторів росту та різних способів стерилізації, можна сказати, що що 7,5% концентрація ПЕГ 12000 може бути селективним агентом, оскільки, при цьому, виявлено істотні відмінності між дослідженими зразками лаванди вузьколистої за зменшенням приросту вегетативної маси регенератів, яка залежно від концентрації гормонів росту доступних рослині знижувалась на 50% і більше. Отримані посухостійкі лінії використовували для регенерації рослин.

#### 3.4. Ризогенез лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Ризогенез *in vitro* – це складний процес, що включає в себе біохімічні, гістологічні та фізіологічні зміни. Коренеутворення *in vitro* може відбуватися як на вегетативних органах рослини, так і на окремих її частинах. Співвідношення ауксинів і цитокінінів має важливе значення для ризогенезу. При вищих концентраціях цитокінінів порівняно до ауксинів відбувається формування пагонів або бруньок, тому один із способів індукції ризогенезу включає культивування регенератів на середовищі з вищою концентрацією ауксинів, ніж цитокінінів.

Результати проведених дослідів показують, що осмотично активні речовини, такі як ПЕГ 12000 негативно впливають на процес коренеутворення. Так найпершим ризогенез відбувся в контрольних зразках які культивувались на середовищі без осмотично активних речовин. На

середовищах з ПЕГ коренева система почала розвиватись з значною затримкою (табл. 3.4.)

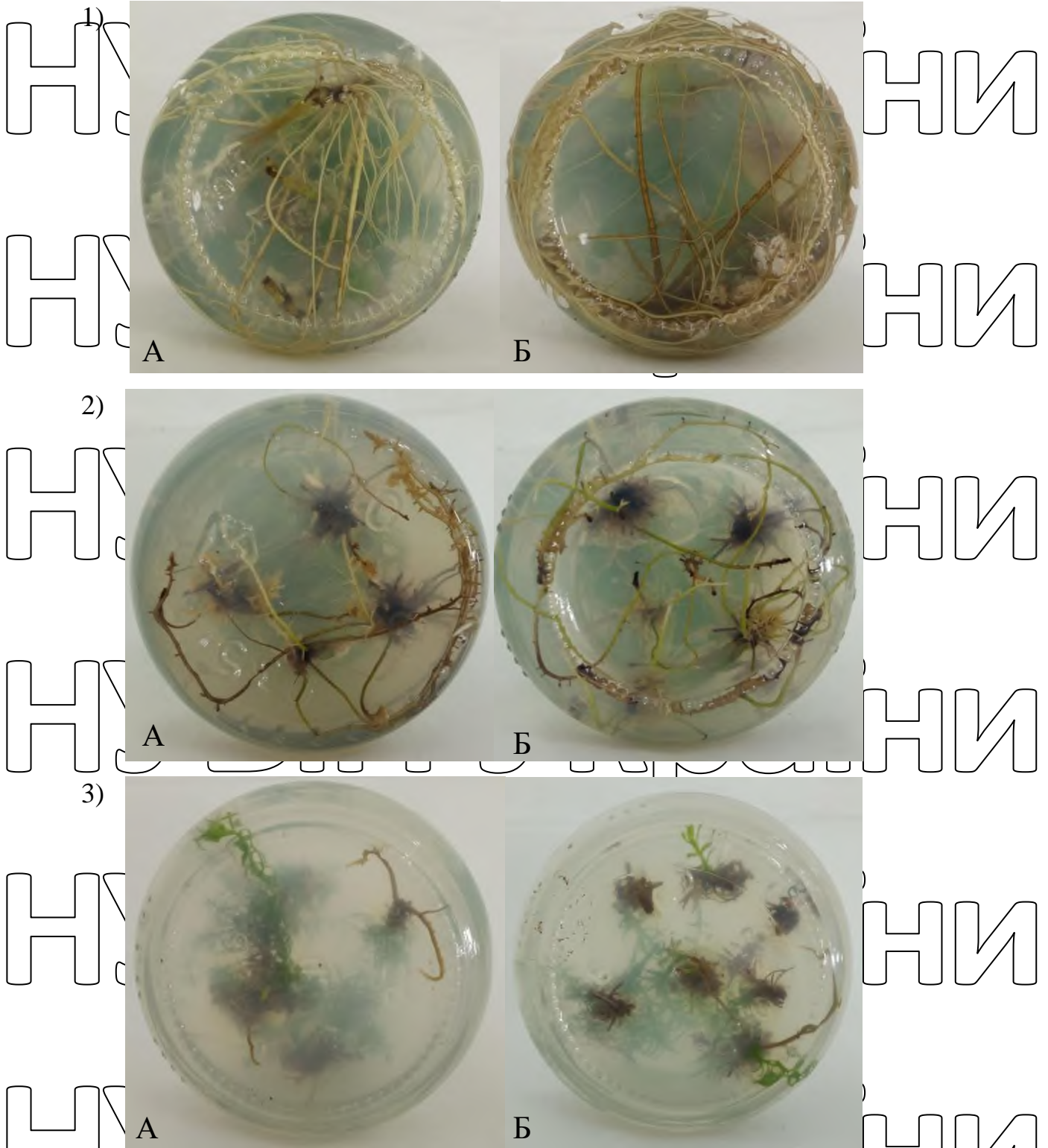
Таблиця 3.4.

**Доба початку утворення кореневої системи регенератів лаванди  
вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)**

Сорт	Вміст Кін в п. ж.	Вміст ПЕГ 12000 в п. ж., діб		
		Контроль	5%	7,5%
<i>Munstead</i>	0,25 мг/л	34,6	46,5	51,2
	0,5 мг/л	38,5	49,7	53,1
<i>Ellagance Purple</i>	0,25 мг/л	35,1	47,0	50,9
	0,5 мг/л	38,7	50,4	52,6

На проходження ризогенезу також впливає вміст цитокінінів в живильному середовищі. Вищі концентрації кінетину негативно впливають на процес коренеутворення.

Окрім часу необхідного для початку ризогенезу ПЕГ 12000 також впливає на кількість та довжину коренів, як проілюстровано на рис. 3.10.



**Рис. 3.6.** Ризогенез лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.):

1) Контроль; 2) Вміст ПЕГ 12000 – 5%; 3) Вміст ПЕГ 12000 – 7,5%; А –

лаванда сорту «*Mistead*»; Б – лаванда сорту «*Ellagance Purple*».

## РОЗДІЛ IV. ФІЗІОЛОГО-БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ЛАВАНДИ

### 4.1. Фізіологічні та хімічні зміни лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) спричинені водним стресом

У природі рослини постійно стикаються з низкою епізодів посухи, які критично впливають на розподіл рослин. Рослини переносять посуху регулюючи та змінюючи свій метаболізм. Однократний водний стрес призводить до зменшення маси листя, стебла та кореневої системи, що являється формою захисного механізму властивого рослинам в цілому [58]. Також це впливає на мінеральний склад листя та хімічний склад ефірної олії.

Недостатній вміст води в організмі рослини призводить до значного збільшення вмісту перекису водню ( $H_2O_2$ ). Загальний вміст вуглецю та азоту також зростають [57]. Так, стрес від посухи призводить до збільшення відсотку камфори порівняно до вмісту евкаліптову та ендобернеолу. Ендобернеол знижувався під час одноразового стресу, але повторний стрес збільшував відсоток сполуки.

Таким чином можна вважати що концентрація фенольних сполук може бути використана як індикатор водного стресу [58]. Посуха збільшує кількість проліну в листі, антиоксидантну активність, активність ферментів каталази, пероксидази, аскорбатпероксидази та супероксиду, вміст малонового діальдегіду, загальну кількість флавоноїдів, загальний фенол, загальний вміст цукру та ефірної олії [59].

Рослини лаванди сильно реагують на дефіцит води, і фізіологічні зміни в основному відновилися до попереднього рівня після зрошення, за винятком загального вмісту вуглецю та азоту. Таким чином, епізодичні посухи можуть вплинути на ріст і продуктивність навіть рослин з високою стійкістю [57].



Аскорбат-глутатионовий цикл, також відомий як цикл Фойера-Халлівела-Асади, відіграє важливу роль у захисті рослин і метаболічному функціонуванні в умовах дефіциту води [64]. Аскорбат може накопичуватися до мілімолярних концентрацій як у зелених, так і в незелених тканинах [64], який окислюється додегідроаскорбат (DHA) у процесі детоксикації АФК (активні форми кисню). Окислений аскорбат необхідно відновити до аскорбату під дією дегідроаскорбатредуктази (DHAR), використовуючи глутатіон (GSH) як відновлюючий субстрат. Потім окислений GSH (GSSG) у свою чергу відновлюється GSH-редуктазою (GR) за рахунок NADPH [64].

Таким чином, діяльність DHAR і GR має велике значення для підтримки окисно-відновного статусу пулів аскорбату та GSH.

На додаток до детоксикації АФК, накопичення сумісних осмопротекторів може підвищити стійкість до зневоднення під час сильних посух, які супроводжуються збільшенням щільності, подовження, глибини та маси коренів для збільшення можливості доступу до більшої кількості води [65].

Через свою сидячу природу рослини не можуть уникнути біотичних і абіотичних факторів стресу [66], але вони вирішують проблему за допомогою розробленої системи, яка включає передачу сигналів, регуляцію експресії генів, рівні та коригування стресостійких або уникаючих факторів [67]. Разом із відповідними коригуваннями як захисними стратегіями рослини добре оснащені, щоб справлятися зі шкідливим впливом стресу. У зв'язку з цим пластичність у морфологічному, фізіологічному та хімічному складі є розвиненим механізмом захисту від стресових умов [68]. Як, наприклад, у випадку живих організмів, умови стресу також є динамічними, і тому відповідні стресори можуть з'являтися або повторюватися епізодично протягом певних періодів, наприклад, дні, сезони або роки. У такій ситуації рослини можуть періодично стикатися з тими самими або іншими факторами стресу.

Піддаючи рослини лаванди повторюваній посусі в тепличних умовах (включаючи три цикли по 11 днів посухи через утримування води, з подальшими періодами відновлення по 6 днів, а потім періоди подвійного стресу та одиничного стресу), було помічено, що суха маса стебла та довжина кореня істотно не відрізнялися ( $p = 0,259$  та  $0,169$ , відповідно) серед рослин, які зазнали одного стресу, відновлених та подвійного стресу. Однак на інші параметри, такі як свіжа маса листя, суха маса листя, довжина листя, ширина листя, довжина стебла, свіжа вага стебла, свіжа вага даху та суха вага кореня, суттєво вплинули на відповідні стресові обробки. Зокрема, у першому циклі (одноразовий стрес проти умов повного зрошення, цикл 1) стрес від посухи зменшив значення свіжої ваги листя, ширина листка, довжина листка, ширина листка, довжина стебла, свіжа маса кореня та суха маса кореня ( $p < 0,05$ ). Цікаво відзначити, що реакції сухої маси листя (зменшення) і свіжої ваги кореня (збільшення) були значущими лише після відновлення, тобто в другому циклі, тоді як інші параметри не відрізнялися між одно- рослини, що пережили стрес і одужали. У третьому циклі не було суттєвих відмінностей у свіжій масі листя, сухій вазі листя, довжині листя, ширині листя, довжині стебла, свіжій вазі стебла, довжині кореня та сухому вазі кореня через попередні періоди стресу. Істотно зменшилася лише маса свіжого кореня внаслідок пережитого раніше стресового періоду. У третьому циклі також цікаво відзначити, що застосування посухи до повністю зрошуваних рослин призвело до критичного зниження ваги свіжого листя, ваги сухого листя, довжини листя, ширини листя, довжини стебла, ваги свіжого стебла, ваги свіжого кореня та ваги сухого кореня. З цих причин відмінності між зрошуваними обробками були значними. Ці результати можуть свідчити про те, що рослини лаванди, які зазнали стресу, підготували себе до повторного стресу (подвійного стресу) у третьому циклі [69].

Відповідно до відповідних обробок було відмічено, що реакції основних (Ca, K, Mg і P) і мікроелементів (B, Mo, Fe, Zn і Mn) у тканинах листя

лаванди були статистично значущими ( $p = 0,000$ ). ), крім  $\text{Cu}$  ( $p = 0,121$ ).

Зокрема, посуха спричинила значне збільшення концентрацій  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Zn}$  і  $\text{Mn}$ , тоді як значне зниження концентрацій  $\text{K}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{Mg}$  і  $\text{B}$  було відмічено в лаванді, що зазнала стресу, наприкінці циклу 1. У циклі 2, Відновлення в

рослинах, що зазнали стресу, зменшило концентрації  $\text{Ca}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Mo}$  та  $\text{Zn}$ , тоді як

підвищило концентрації  $\text{K}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{Fe}$  та  $\text{Mn}$ . Однак концентрації  $\text{Mg}$  і  $\text{Cu}$  не відрізнялися між рослинами, які зазнали одноразового стресу, і рослинами, що відновилися. У третьому циклі, через пережиті раніше стресові періоди,

повторний стрес знизив концентрації  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{B}$  і  $\text{Mo}$ , тоді як це збільшило

концентрації  $\text{K}$ ,  $\text{P}$  і  $\text{Cu}$ . Однак серед мікроелементів концентрації  $\text{Fe}$ ,  $\text{Zn}$  і  $\text{Mn}$

не відрізнялися між однократним і повторним стресом від посухи.

Відповідно до застосування стресу до повністю зрошуваних рослин після стадії відновлення (цикл 2), посуховий стрес спричинив значне збільшення

концентрацій  $\text{Ca}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Zn}$  і  $\text{Mn}$ , тоді як він знизив концентрації  $\text{Mg}$  і

$\text{Fe}$ . Як і у випадку стресових рослин з першого циклу, концентрація  $\text{Cu}$  не

відрізнялася між повністю зрошеними та стресовими контрольними рослинами. Цікаво відзначити, що серед кількісно визначених елементів

реакції лише  $\text{K}$  і  $\text{P}$  були однаковими проти стресових умов, що відповідають

контрольним рослинам і рослинам, що зазнали стресу, які піддалися тому ж

стресу після стадії відновлення. Решта елементів поведилися відносно порізно в рослинах, які зазнали та не зазнали стресу [69].

Сполуки ефірної олії. Сполуки дельта-3-карен, камфен, 2(10)-пінен,

4(10)-туєн, о-цимол, D-лімонен, евкаліптол, камфора та ендоборнеол були

перевірені в листках груп, що піддалися стресу, і груп, які не піддалися

стресу. У обробках, які підлягали стресу та повністю зрошувалися, усі

ідентифіковані сполуки, крім евкаліптолу ( $p = 0,201$ ), зазнали істотного

впливу ( $p = 0,01$ ). З ідентифікованих сполук евкаліптол, камфен, камфора та

ендоборнеол були основними складовими, виходячи з їх процентного вмісту.

Що стосується обробок, посуха спричинила значне зниження процентного

вмісту камфену та ендоборнеолу, тоді як відсоток камфори значно зріс у лаванді, що зазнала стресу, наприкінці циклу 1. У циклі 2 відновлення в рослинах, що зазнали стресу, збільшило відсоток камфену та ендоборнеолу

та знизило відсоток камфори. У циклі 3 попередній стрес не вплинув суттєво на відсоток камфори між рослинами, які зазнали однократного стресу та

повторного стресу від посухи, але попередній стрес підвищив відсоток камфену та ендоборнеолу. Стосовно застосування стресу у лаванд з повним зрошенням після стадії відновлення, стрес від посухи знизив відсоток

камфену та камфори порівняно з лавандою з повним зрошенням, одночасно збільшуючи відсоток ендоборнеолу. Подібно до поведінки елементів,

відносно, деякі відмінності були відзначені між рослинами через попередньо вдрукований стрес. Як повідомлялося раніше, цікаво відзначити, що обробка

суттєво не вплинула на переважаючу сполуку евкаліптол, приблизно відсоток якого коливається від 62,67% до 69,20% [69].

Варто відзначити, що реакції сполук на стресові умови були відносно різними. Зокрема, у циклі 1 посуха спричинила значне збільшення вмісту аскорбінової кислоти, катехіну, кавової кислоти, о-кумарової кислоти та

розмаринової кислоти по відношенню до повністю зрошуваних рослин, при цьому зменшився вміст ферулової кислоти та кверцетину. У циклі 2

відновлення в рослинах, що зазнали стресу, збільшило вміст катехіну, кавової кислоти, ферулової кислоти, о-кумарової кислоти та розмаринової

кислоти, одночасно зменшивши вміст аскорбінової кислоти. Відновлення не вплинуло лише на вміст кверцетину. У циклі 3 попередній стрес знизив вміст

аскорбінової кислоти, катехіну, ферулової кислоти та розмаринової кислоти, одночасно підвищивши вміст кавової кислоти та о-кумарової кислоти. Однак

вміст кверцетину істотно не вплинув. Крім того, піддавання повністю зрошуваних рослин стресу після стадії відновлення збільшило вміст

аскорбінової кислоти та о-кумарової кислоти порівняно з повністю

зрошеними рослинами, але знизило вміст катехіну та розмаринової кислоти [69].

У цій поточній моделі повторюваного стресу від посухи для лаванди, реакції сполук ефірної олії та окремих фенольних кислот були чітко розрізнені та могли бути оцінені як індикатори для наступних дослідників через їх добре відомі властивості в системі захисту. Як згадувалося в різних розділах дослідження, недостатньо досліджень, пов'язаних із біосинтезом вторинного метаболіту під час рецидивів стресу. Важливо відзначити, що чіткої відповідності між агрономічними ознаками, мінеральним статусом і

вторинними метаболітами не спостерігалось. З цієї причини, хоча теперішні висновки, безсумнівно, сприятимуть відповідним дослідженням, необхідні комбіновані та комплексні підходи, що включають метаболоміку та епігеноміку, щоб виявити приховані точки. Як згадувалося в різних розділах

дослідження, недостатньо досліджень, пов'язаних із біосинтезом вторинного метаболіту під час рецидивів стресу. Важливо відзначити, що чіткої відповідності між агрономічними ознаками, мінеральним статусом і вторинними метаболітами не спостерігалось. З цієї причини, хоча теперішні

висновки, безсумнівно, сприятимуть відповідним дослідженням, необхідні комбіновані та комплексні підходи, що включають метаболоміку та епігеноміку, щоб виявити приховані точки [69].

## 4.2. Вплив посухи на фотосинтез лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.)

### 4.2.1. Вміст хлорофілу за етапами органогенезу.

Процеси фотосинтезу в рослин лаванди вузьколистої весною розпочинаються від часу розкриття захисних лусок (видозмінених листків, що виконують захисні функції) на бруньках стебел.

Підвищення навесні температури повітря до понад 10-12°C призводить до початку активного сокоруху в провідних системах наземних частин рослин лаванди. Надходження пластичних речовин і води до клітин меристеми апікальних і колатеральних бруньок на стеблах рослин активізує їх обмінні процеси та ріст. Клітини меристеми здатні не лише активно ділитися, а й трансформуватися в інші види тканин: покривні, основні чи провідні. Унаслідок таких трансформацій бруньки збільшуються в розмірах, покривні луски розкриваються і листкові зачатки у формі туніки отримують доступ до світла. Наявність світла стимулює формування молекул хлорофілу в тканинах листкових пластинок лаванди, що активно наростає.

На етапі повного формування листків кількісні показники хлорофілів у їх тканинах, насамперед у клітинах стовпчастої та губчастої хлоренхіми (паренхіми), були неоднаковими. Від початку вегетації навесні вміст хлорофілів у листкових пластинках рослин лаванди різних сортів поступово підвищувався до фази цвітіння.

Результати аналізів свідчать, що на етапі розкриття листків уміст у них хлорофілу а залежно від сорту становив від 0,55 до 0,75 г/дм<sup>2</sup> (табл.4.1.). До часу повного формування листків у рослин лаванди вузьколистої (лишкові пластинки досягали своєї максимальної величини) уміст хлорофілу а істотно збільшувався - до 0,82-1,05 г/дм<sup>2</sup>, тобто його приріст порівняно з попереднім обліковим періодом становив 40-49%.

Як відомо, хлорофіл а є основною формою хлорофілу в рослин, що належать до відділу Покритонасінних. Лаванда вузьколиста не є винятком. Усі інші форми цього пігменту, зокрема й хлорофіл б, формуються внаслідок модифікацій молекул хлорофілу а.

У процесі весняної вегетації після формування листового апарату в рослинах лаванди вузьколистої поступово посилюється інтенсивність усіх фізіологічних, біохімічних та обмінних процесів, що відбуваються в різних органах рослин. Після накопичення необхідної кількості пластичних речовин

у тканинах рослин розпочинаються процеси підготовки до наступних етапів органогенезу. Наступним етапом є віргінальний, під час якого закладаються та формуються генеративні структури рослин лаванди. Про зростання активності фізіологічних процесів свідчить збільшення концентрації хлорофілу а.

Таблиця 4.1.  
Динаміка накопичення хлорофілу а (г/дм<sup>2</sup>) у листках лаванди вузьколистої за етапами органогенезу.

Сорт	Етапи органогенезу				
	Початок вегетації	Повне формування листків	Формування бутонів	Початок цвітіння	Повне цвітіння
Лівандія	0.74	0.99	1.18	1.41	1.54
Оріон	0.64	0.88	1.08	1.28	1.40
Маестро	0.64	0.82	1.08	1.26	1.37
Richard Walls	0.75	1.01	1.29	1.50	1.64
Feuervogel	0.56	0.85	1.09	1.28	1.37
НІР <sub>0.05</sub>	0.07	0.13	0.13	0.11	0.34

#### 4.2.2. Вплив водного стресу на проходження процесу фотосинтезу.

Низький рівень води впливає на різні біологічні процеси. Фотосинтез, який є важливим біологічним процесом для виживання рослин, зазнає значного впливу [61].

Зменшення фотосинтезу пояснюється зниженням тургорного тиску, закриттям продихів, обмеженням газообміну, зниженням асиміляції CO<sub>2</sub>, порушенням фотосинтетичного апарату, головним чином фотосистеми I (ФСІ) та фотосистеми II (ФСІІ) [60].

Нестача вологи в ґрунті призводить до збільшення концентрації солей, що призводить до зниження водного потенціалу ґрунту порівняно з рослинною клітиною. Це призводить до зниження тиску тургору, що, у свою

чергу, пригнічує ріст клітин у багатьох аспектах. Втрата води призводить до неефективного виконання метаболічних процесів через вплив на активність ферментів, які беруть участь у фотосинтезі, і таким чином порушує роботу фотосинтетичного апарату. Посилені потоки метаболітів викликають утворення вільних радикалів, які перешкоджають розвитку, індукуючи окислювальний стрес усередині клітини [60].

Відкриття та закриття продихів в основному зрівноважує втрату водяної пари та поглинання  $\text{CO}_2$  і на нього впливають умови, що переважають всередині або поза клітиною, такі як доступність світла, співвідношення  $\text{CO}_2$  до атмосферного повітря, та регулятори росту рослин. Закриття продихів сприяє неефективній асиміляції  $\text{CO}_2$ , що збільшує дифузійний опір і метаболічні реакції, що спричиняє фотопошкодження. Зміни на анатомічному рівні впливають на активність біологічних частинок на біохімічному та молекулярному рівнях. Коли тургор знижується, клітина накопичує осмоліти, такі як пролін, гліцинбетаїн, органічні сполуки, поліоли та іони для підтримки осмолярності та pH для підтримки життя [60].

Певні поживні речовини, такі як калій і кремній, також відіграють ключову роль у підтримці цілісності клітини шляхом осмотичних змін відповідно до середовища. Рослинні гормони, поліаміни, Са-антиоксиданти, осмопротектори та переважна більшість метаболічних кофакторів і регуляторів є життєво важливими для боротьби зі стресом від посухи [60].

Посуха є одним із найскладніших кліматичних явищ, що впливає на структуру, склад і функції наземних екосистем. Протягом останніх десятиліть спостерігалася тенденція до збільшення частоти та інтенсивності посух, що спричинило серйозний вплив на ріст рослинності [70]. Розуміння впливу посухи на ріст рослинності має важливе значення для дослідження земного балансу вуглецю та пом'якшення потенційного впливу глобальної зміни клімату [71].



Порівняно з впливом температури та радіації на рослинність, ефект посухи є більш складним і недостатньо вивченим, особливо враховуючи, що існує очевидний відстрочений вплив посухи на ріст рослинності. Високі температури та низька відносна вологість зазвичай збільшують попит на випаровування, а стрес рослинності від посухи виникає, коли наявна в ґрунті вода більше не може задовольнити попит на випаровування. Рослинність може реагувати на стрес від посухи, змінюючи свою структуру та фізіологію, наприклад, змінюючи індекс площі листя, тривалість площі листя, товщину листя, співвідношення коренів і пагонів, як а також процеси фізіологічної акліматизації. Різноманітні дослідження визнали прямий відстрочений вплив посухи на рослинність, такий як зміна фенології рослин [72], зниження росту в наступний період через зниження запасів вуглеводів під час попередньої посухи, змінюючи склад типів рослинності і навіть викликаючи загибель рослинності.

Крім того, опосередкований відстрочений вплив посухи на фотосинтез полягає в підвищенні вразливості екосистем до додаткових ризиків, таких як шкідники та патогени, і подальших посух, зниження росту в наступний період через зниження запасів вуглеводів під час попередньої посухи, коригування складу типів рослинності і навіть спричиняє загибель рослинності [73]. Крім того, опосередкований відстрочений вплив посухи на фотосинтез полягає в підвищенні вразливості екосистем до додаткових ризиків, таких як шкідники та патогени, і подальших посух, зниження росту в наступний період через зниження запасів вуглеводів під час попередньої посухи, коригування складу типів рослинності і навіть спричиняє загибель рослинності [73].

Фотосинтез вважається найважливішим процесом на землі для підтримки життя, оскільки це єдиний спосіб уловлювати та перетворювати світлову енергію на хімічну, яка далі використовується живими організмами. Нестача вологи в ґрунті призводить до збільшення концентрації солей, що

призводить до зниження водного потенціалу ґрунту порівняно з рослинною клітиною. Це призводить до зниження тиску тургору, що, у свою чергу, пригнічує ріст клітин у багатьох аспектах. Втрата води призводить до

неефективного виконання метаболічних процесів через вплив на активність ферментів, які беруть участь у фотосинтезі, і таким чином порушує роботу

фотосинтетичного апарату. Посилені потоки метаболітів викликають утворення вільних радикалів, які перешкоджають розвитку, індукуючи окислювальний стрес усередині клітини. Відкриття та закриття продихів в

основному врівноважує втрату водяної пари та поглинання  $\text{CO}_2$  [74] і на

нього впливають умови, що переважають всередині або поза клітиною, такі як доступність світла,  $\text{CO}_2$ , регулятори росту рослин, та іони. Закриття продихів сприяє неефективній асиміляції  $\text{CO}_2$ , продиховий і мезофітальний

обмін, який збільшує дифузійний опір і метаболічні реакції, що спричиняє

фотопошкодження. Зміни на анатомічному рівні впливають на активність

біологічних частинок на біохімічному та молекулярному рівнях. Коли тургор знижується, клітина накопичує осмоліти, такі як пролін, гліцинбетаїн, органічні сполуки, поліоли та іони для підтримки осмолярності та рН для

підтримки життя. Певні поживні речовини, такі як калій і кремній, також

відіграють ключову роль у підтримці цілісності клітини шляхом осмотичних змін відповідно до середовища.

Рослинні гормони, поліаміни, антиоксиданти, осмопротектори та переважна більшість метаболічних каталізаторів і регуляторів є життєво

важливими для боротьби зі стресом від посухи. Крім того, надмірні

дослідження для ідентифікації різних генів. Фактори транскрипції та білки, які реагують на водний стрес, були виявлені в різних культурах, таких як канола, кукурудза, бавовна, рис, пшениця, ячмінь, квасоля, нут тощо [75].

Зміни в фотосинтетичному шляху щодо синтезу біологічних частинок і

порушення PSI і PSII, що сприяє неефективному фотосинтезу у відповідь на посуху, детально проілюстровано на малюнку 1. Цілеспрямована маніпуляція

з'ясованими шляхами може сприяти розвитку трансгенів із посухостійкістю.

[76]. Зміни в фотосинтетичному шляху щодо синтезу біологічних частинок і порушення PSI і PSII, що сприяє неефективному фотосинтезу у відповідь на посуху.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВИСНОВКИ

НУБІП України

В результаті проведених досліджень та опрацьованої літератури можна зробити наступні висновки:

1) Лаванда вузьколиста придатна для вирощування в умовах *in vitro*. В якості материнської культури слід використовувати рослини в фазі активного росту.

2) Для стерилізації рослинного матеріалу лаванди вузьколистої ефективним способом є послідовне витримання рослинного матеріалу в мильному розчині на протязі 10хв, потім обробка 70% етанолом протягом 1с та в розчині гіпохлориту натрію (1 : 2) з експозицією 10 хв, з подальшим потрійним ополіскуванням в стерильній дистильованій воді.

3) Встановлено, що для культивування лаванди в культурі *in vitro* доцільно використовувати живильне середовище Мурасіге-Скуга, доповнене кінетином в концентрації 0,5 мг/л.

4) Досліджено, що живильні середовища з 7,5% вмістом ПЕГ 12000 створюють достатні стресові умови для отримання посухостійких рослин лаванди, але при цьому сильно уповільнюється процес корененутворення, що значно впливає на час необхідний для виведення та адаптації стійких ліній лаванди вузьколистої.

5) Альтернативно можна використовувати живильне середовище з 5% концентрацією ПЕГ. При цьому відсоток посухостійкого адаптованого посадкового матеріалу буде вищим, хоча ступінь пристосованості до засушливих умов буде нижчою.

6) Посуха негативно впливає на біохімічні процеси в організмі лаванди вузьколистої, що у випадку довготривалого впливу може призвести до загибелі рослини, але при короткотривалому впливі більшість змін не мають незворотнього характеру.

НУБІП України

7) Посуха вповільнює проходження процесу фотосинтезу через зміни до хімічних процесів в організмі рослини. При відновленні нормального водного режиму й стабілізації внутрішньоклітинних процесів фотосинтетична активність рослини відновлюється.

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

НУБІП Україна

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Prusinowska, Renata & Śmigielski, Krzysztof. (2014). Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L). A review. *Herba Polonica*. 60. 10.2478/hepo-2014-0010.
2. Манушкіна Т. М. Морфогенетичні реакції *Lavandula angustifolia* Mill. у культурі ізольованих апікальних меристем *in vitro* / Т. М. Манушкіна // Вісник Уманського національного університету садівництва. - 2014. - № 2. - С. 95-100.
4. Lavender 101. URL: <https://www.traditionalmedicinals.com/articles/plants/lavender-101/#>
5. Greek Medicine. URL: [https://www.nlm.nih.gov/hmd/greek/greek\\_dioscorides.html](https://www.nlm.nih.gov/hmd/greek/greek_dioscorides.html)
6. Георгієва Є. І. Вплив концентрації цитокінінів і ауксинів на ріст і розвиток лаванди (*Lavandula Angustifolia* mill.) в умовах *in vitro* / Є. І. Георгієва // Студентський науковий вісник [МНАУ]. Сільськогосподарські науки. - 2018. - Вип. 1 (11). - С. 46-53.
7. Манушкіна Т. Н., Бугаєнко Л. А. Биотехнология клонального микро-размножения лаванды (*Lavandula angustifolia* Mill.) В. Бюллетень Никитского Ботанического Сада, 2009, вып. 99, с. 115-118.
8. Grebenicharski, S. (2016). Lavender production in Bulgaria: Market and Opportunity Analysis. Nikolay V. and Bozhinov, B. (eds), InteliAgro, Sofia.
9. Stanev, S., Zagorcheva, T. and Atanassov, I. (2016). Lavender cultivation in Bulgaria - 21st century developments, breeding challenges and opportunities. *Bulg. J. Agric. Sci.* 22: 584-590.
10. Giray, F.. "An Analysis of World Lavender Oil Markets and Lessons for Turkey." *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 21 (2018): 1612 - 1623.
11. Anonymous (2018b). Ultra International (2018). Market Reports, 2015-2018. <http://ultranl.com/market/>

12. Anonymous (2018c). Market price information on essential oils and oleoresins, International Trade Centre, <http://www.intracen.org/itc/market-insider/essential-oils/>

13. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2013 році. Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України, Київ. 2013. 416 с.

14. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2017 році. Державна ветеринарна та фітосанітарна служба України, Київ. 2017. 366 с.

15. Рудник-Іващенко О. І. Методи створення нових сортів лаванди вузьколистої (*Lavandula Angustifolia* Mill.) // О. І. Рудник-Іващенко, Р. І. Кременчук // Садиництво. - 2019. - Вип. 74. - С. 65-72.

16. Латушкіна Т. М. Перспективи використання та особливості розмноження в культурі *in vitro* *Lavandula angustifolia* Mill. / Т. М. Латушкіна, А. В. Дробітько // Вісник аграрної науки Причорномор'я. - 2007. Вип. 2. С. 223-227.

17. Назаренко Л.Г., Бугаєнко Л.А. Эфиромасличные, пряно-ароматические и лекарственные растения. – Симферополь: Таврия, 2003.

18. Buchbauer G., Jirovetz L., Jaeger W., Dietrich H., Plank C., Karamat E. Aromatherapy: Evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation // Zeitschrift fuer Naturforschung, Section C Biosciences. - 1991. - 46 (11-12).

19. Śmigielski K, Prusinowska R, Krosowiak K, Sikora M. Comparison of qualitative and quantitative chemical composition of hydrolate and essential oils of lavender (*Lavandula angustifolia*). J Ess Oil Res 2013, 25(4):291-299.

20. Akhondzadeh S, Kashani L, Fotouhi A, Jarvandi S, Mobaseri M, Moin M, Khani M, Jamshidi AH, Baghalian K, Taghizadeh M. Comparison of *Lavandula angustifolia* Mill. tincture and imipramine in the treatment of mild to moderate

depression: a double-blind, randomized trial. *Progress in Neuro-Psychopharm. & Biolog. Psychiatry* 2003;27(1):123-7.

21. Kashani MS, Tavirani MR, Talaei SA, Salami M. Aqueous extract of lavender (*Lavandula angustifolia*) improves the spatial performance of a rat model of Alzheimer's disease. *Neurosci Bull* 2011; 27(2):99- 106.

22. Shou-Dong S, Chang-Xu C, Ji-Shu Q, Ming-Hua S. Study on antitumor effect of *Lavender angustifolia* extract. *Food Sci Technol* 2009; 2: 213-215.

23. Курганская С.А. Лаванда // Цветоводство. – 1993. – №2.

24. Adaszyńska M, Swarcewicz M, Dobrowolska A. Skład chemiczny i mineralny różnych odmian lawendy wąskolistnej (*Lavandula angustifolia*). *Prog Plant Prot* 2011; 51(1):15-20.

25. Colceru-Mihul S, Armatu A, Draghici E, Nita S. Studies concerning the relationship between essential elements content and myorelaxant effect of three vegetal selective fractions. *Romanian Biotechnol Lett* 2009; 14(6):4792– 4797.

26. Adnan M, Hussain J, Tahir M, Shinwari Z. Proximate and nutrient composition of medicinal plants of humid and sub-humid regions in north-west Pakistan. *J Med Plants Res* 2010; 4(4):339–345.

27. Śmigielski K, Raj A, Krosowiak K, Gruska R. Chemical composition of the essentials oil of *Lavandula angustifolia* cultivated in Poland. *J Essent Oil Bearing Plants* 2009; 12(3):338-347.

28. Góra J, Lis A. Najcenniejsze olejki eteryczne, 2005

29. Ognyanov I. Bulgarian lavender and Bulgarian lavender oil. *Perf Flav* 1983-1984; 8(6):29-41.

30. Stajkov W. The Lavender – processing to lavender products in Bulgaria. *Farmachim, Sofia* 1984.

31. Lawrence BM. Progress in essential oils, lavender oils. *Perf Flav* 1993; 18(1):58-61.



32. Rajeswara Rao B, Kaul P, Bhattacharya A, Rajput D. Comparative Chemical Composition of Steam-Distilled and Water-Soluble Essential Oils of South American Marigold (*Tagetes minuta* L.). *J Essent Oil Res* 2006; (18):622-626.

33. Edris AE. Identification and absolute quantification of the major water-soluble aroma components isolated from the hydrosols of some aromatic plants. *J Essent Oil Bear Plants* 2009; 12(2):155-161.

34. Dapkevicius A, Venskutonis R, Van Beek TA, Linssen JPH. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *J Sci Food Agricult* 1998; 77:140-146.

35. Economou KD, Oreopoulou V, Thomopoulos CD. Antioxidant activity of some plant extracts of the family Labiatae. *J Amer Oil Chem Soc* 1991; 68:109-113.

36. Lu Hui, Li He, Lu Huan, Li Xiao Lan, Zhou Ai Guo. Chemical composition of lavender essential oil and its antioxidant activity and inhibition against rhinitis related bacteria. *African J Microbiol Res* 2010; 4(4):309-313.

37. Chia-Wen Lin, Chia-Wen Yu, Sung-Chuan Wu, Kuang-Hway Yih. DPPH free-radical scavenging activity, total phenolic contents and chemical composition analysis of forty-two kinds of essential oils. *J Food Drug Anal* 2009; 17(5):386-395.

38. Skoglund L, Jorkjed L. Postoperative pain experience after gingivectomies using different combinations of local anaesthetic agents and periodontal dressings. *J Clin Periodontol* 1991; 18:204-209.

39. Ghelardini C, Galeotti N, Salvatore G, Mazzanti G. Local anaesthetic activity of the essential oil of *Lavandula angustifolia*. *Planta Med* 1999; 65:700-3.

40. Yurkova O. Vegetable aromatic substances influence on oxidative-retoration enzymes state in chronic experimen with animals. *Fiziol Zh* 1999; 45:40-43.

41. Hay IC, Jamieson M, Ormerod AD. Randomized trial of aromatherapy: successful treatment for alopecia areata. *Arch Dermatol* 1998; 134:1349-1352.

42. Soković M, Marin PD, Brkić D, Van Griensven LJJL. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of ten aromatic plants against human pathogenic bacteria. Food 1(1), x-y. Global Science Book 2007.

43. Stanojević L, Stanković M, Cakić M, Nikolić V, Nikolić L, Ilić D, Radulović N. The effect of hydrodistillation techniques on yield, kinetics, composition and antimicrobial activity of essential oils from flowers of *Lavandula officinalis* L. *Hemijaska Industrija* 2011; 65(4):455–463.

44. Влияние физиологических факторов на развитие меристем некоторых сортов лаванды *in vitro* // Актуальные проблемы химии, биотехнологии и сферы услуг: мат.-лы Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием. - Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2017. – С. 72-79.

45. Егорова Н.А. Влияние осмотического стресса на развитие каллусных культур лаванды *in vitro* // Бюл. Никит. бот. сада. — 2012. — № 105. — С. 139—143

46. Бугаенко Л. О. Лаванда як об'єкт біотехнологічних досліджень / Л. О. Бугаенко, Т. М. Манушкіна // Актуальні питання біології, екології і хімії / Запорізький національний університет. – Запоріжжя, 2009. - № 2. – С. 14-19.- (Електронне наукове фахове видання).

47. Pavlov A.I. Nutrient medium optimization for rosmarinic acid production by *Lavandula vera* MM cell suspension / A.I. Pavlov, M.P. Lieva, I.N. Panchev // *Biotechnol. Progr.* – 2000. – 16, №4. – P. 668-670

48. Quazi M.H. *In vitro* multiplication of *Lavandula* spp. / M.H. Quazi // *Ann Bot.* – 1980. – V.45, №3. – P. 361–362.

49. Новикова В.М. Получение растений в культуре изолированных почек амфигаллоида лаванды / В.М. Новикова, В.Д. Работягов // Культура клеток растений и биотехнология: Тез.докл. IV Всесоюз. конф. – Кишинев: Штиинца, 1983. – С. 145.

50. Егорова Н.А. Культура *in vitro* эфиромасличной лаванды / Н.А. Егорова // Агробиотехнологии растений и животных: Тез. докл. междунар. конф. – К, 1997. – С. 92.

51. Алимгазинова Б.Ш., Рахимов К.Д. Использование культуры тканей в микроразмножении лаванды / Б.Ш. Алимгазинова, К.Д. Рахимов // Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье: Труды VIII Междунар. симп. – Симферополь. – 1999. – С. 345.

52. Szekely-Varga Z, González-Orenga S, Cantor M, Jucan D, Boscaiu M, Vicente O. Effects of Drought and Salinity on Two Commercial Varieties of *Lavandula angustifolia* Mill. *Plants* (Basel). 2020 May 16;9(5):637. doi: 10.3390/plants9050637. PMID: 32429357; PMCID: PMC7284986.

53. Lamacque, L., Charrier, G., dos Santos Farnese, F., Lemaire, B., Améglio, T., & Herbette, S. (2019). Drought-induced mortality: stem diameter variation reveals a point of no return in lavender species. *bioRxiv*, 848879.

54. Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M., et al. Drought Tolerance and Antioxidant Activities in Lavender Plants Colonized by Native Drought-tolerant or Drought-sensitive *Glomus* Species. *Microb Ecol* 54, 543 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00248-007-9237-y>

55. Kwon, M. Y., & Woo, S. Y. (2016). Plants' responses to drought and shade environments. *African Journal of Biotechnology*, 15(2), 29-31.

56. "A Revised Medium for Rapid Growth and Bio-Assays with Tobacco Tissue Cultures" / Murashige, T; Skoog, F // *Physiologia Plantarum*. 1962, 15 (3): 473 – 497.

57. Du, B., & Rennenberg, H. (2018). Physiological responses of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) to water deficit and recovery. *South African Journal of Botany*, 119, 212-218.

58. Kumlay, A. M., Kocak, M. Z., Gohari, G., Nouraein, M., Celikkan, F., Kaysim, M. G., & Kulak, M. (2022). Agronomic traits, secondary metabolites and element concentrations of *Lavandula angustifolia* leaves as a response to single or reiterated

drought stress: How effective is the previously experienced stress?. *FOLIA HORTICULTURAE*, 34(1), 1-16.

59. Gorgini Shabankareh, H., Khorasaninejad, S., Soltanloo, H., & Shariati, V. (2021). Physiological response and secondary metabolites of three lavender genotypes under water deficit. *Scientific reports*, 11(1), 1-22.

60. Zargar, S. M., Gupta, N., Nazir, M., Mahajan, R., Malik, F. A., Sofi, N. R., ... & Salgotra, R. K. (2017). Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. *Plant Gene*, 11, 154-159.

61. Xie, X., Li, A., Tan, J., Lei, G., Jin, H., & Zhang, Z. (2020). Uncertainty analysis of multiple global GPP datasets in characterizing the lagged effect of drought on photosynthesis. *Ecological Indicators*, 113, 106224.

62. Zollinger, N., Kjølgren, R., Cerný-Koenig, T., Kopp, K., & Koenig, R. (2006). Drought responses of six ornamental herbaceous perennials. *Scientia Horticulturae*, 109(3), 267-274.

63. Nogués, S., & Alegre, L. (2002). An increase in water deficit has no impact on the photosynthetic capacity of field-grown Mediterranean plants. *Functional plant biology*, 29(5), 621-630.

64. Noctor, G., Foyer, C.H., 1998. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control *Annual Review of Plant Biology* 49, 249–279

65. Chaves, M.M., Oliveira, M.M., 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany* 55, 2365–2384.

66. Atkinson, N. J., and Urwin, P. E. (2012). The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field. *Journal of Experimental Botany*, 63(10), 3523–3543.

67. Chinnusamy, V., Schumaker, K., and Zhu, J. K. (2004). Molecular genetic perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signalling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 55(395), 225–236.

68. Negin, B., and Moshelion, M. (2020). Remember where you came from: ABA insensitivity is epigenetically inherited in mesophyll, but not seeds. *Plant Science*, 295, 110455, doi: 10.1016/j.plantsci.2020.110455.

69. Kumlay, Ahmet & Koçak, Mehmet & Gohari, Gholamreza & Nouraein, Mojtaba & Celikcan, Ferdi & Kaysim, Mustafa & Kulak, Muhittin. (2022). Agronomic traits, secondary metabolites and element concentrations of *Lavandula angustifolia* leaves as a response to single or reiterated drought stress: How effective is the previously experienced stress?. *Folia Horticulturae*. 34. 10.2478/fhort-2022-0005.

70. AghaKouchak, A., Cheng, L., Mazdriyasni, O., Farahmand, A., 2014. Global warming and changes in risk of concurrent climate extremes: insights from the 2014 California drought. *Geophys. Res. Lett.* 41, 8847–8852.

71. Gonsamo, A., Chen, J.M., Lombardozzi, D., 2016. Global vegetation productivity response to climatic oscillations during the satellite era. *Glob. Change Biol.* 22, 3414–3426.

72. Peng, J., Wu, C., Zhang, X., Wang, X., Gonsamo, A., 2019. Satellite detection of cumulative and lagged effects of drought on autumn leaf senescence over the Northern Hemisphere. *Glob. Change Biol.*

73. Martínez-Vilalta, J., Lloret, F., 2016. Drought-induced vegetation shifts in terrestrial ecosystems: the key role of regeneration dynamics. *Global Planet. Change* 144, 94–108.

74. Chaves, M.M., Oliveira, M.M., 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture, *J. Exp. Bot.* 55, 2365–2384.

75. Roohi, E., Tahmasebi-Sarvestani, Z., Modarres-Sanavy, S. A. M., Siosemardeh, A., 2013. Comparative Study on the Effect of Soil Water Stress on Photosynthetic Function of Triticale, Bread Wheat, and Barley. *J. Agr. Sci. Tech.* 15, 215–228.

76. Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Rad, A.H.S., Noormohammadi, G., Zarei, G., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.), *AmEuras. J. Agri. Environ. Sci.*, 2, 417–422.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

## Статті:

1. Klyachenko, O., & Shliakhtun, I. (2021). Physiological-biotechnological aspects of drought resistance of narrow-leaved lavender (*Lavandula angustifolia* mill.). *Науковий журнал «Біологічні системи: теорія та інновації»*, 12(3). doi:10.31548/biologiya2021.03.002

## Тези:

1. Шляхтун І.С., Кляченко О.Л. Особливості вирощування лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) *in vitro*. «Сталий розвиток, циркулярне управління та екологічна інженерія» ISCMEE 2021. 16 квітня 2021 року, м.Одеса. Збірник тез доповідей, присвячений 50-річчю ПНЦ НАН і МОН України.
2. Шляхтун І.С., Кляченко О.Л. Особливості регенерації лаванди в умовах *in vitro*. Журнал «Науковий вісник Чернігівського університету (Біологічні системи)». 7 грудня 2020 року, ЧНУ, м. Чернівці.
3. Шляхтун І.С., Кляченко О.Л. Отримання *in vitro* посухостійких рослин лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.). «БІОТЕХНОЛОГІЯ: ЗВЕРШЕННЯ ТА НАДІЇ» Збірник тез ІХ Всеукраїнської науково-практичної онлайн конференції 20-21 травня 2021 року, НУБІП. М.Київ. Тези доповідей. с.56.
4. Шляхтун І.С., Кляченко О.Л. Вплив посухи на проходження морфогенетичних процесів лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) в умовах *in vitro*. збірник матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів «Селекція, генетика та технології вирощування сільськогосподарських культур» 29 квітня 2022 року на базі Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла. Тези доповідей. с.121.
5. Шляхтун І.С. Введення в культуру *in vitro* і клональне мікророзмноження лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) збірник матеріалів VI міжнародної науково-практичної конференції «Новітні досягнення біотехнологій» 23-24 вересня 2022 року. Тези доповідей.